

ロシア自然科学アカデミー

V.A.アツェコフスキー

エーテル動力学的自然科学の始動

第 2 巻

エーテル動力学の方法論，エーテルの性質と物質構造

モスクワ 2009 年

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

В.А.Ацюковский

НАЧАЛА ЭФИРОДИНАМИЧЕСКОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Книга 2

**Методология
эфиродинамики,
свойства эфира и
строение вещества**

Startup of Etherdynamical Natural Science

Book 2. The Methodology of Etherdynamics,
the properties of Ether and the structure of Matter

Москва
2009 г.

UDC 530.3.

V. A. アツュコフスキー『エーテル動力学的自然科学の始動』, 第2巻: 第1部 エーテル動力学の方法論とエーテルの性質; 第2部 物質構造のエーテル動力学的基础, モスクワ, «Petit», 2009, 全396頁.

本書第1部では, エーテル動力学の方法論の基礎としての弁証法的唯物論のいくつかの命題, エーテルの構造および地球周辺の空間内におけるエーテルの数値的パラメーター, エーテルの運動形態, エーテル動力学の渦の構造および渦の周囲のエーテルと渦の間の相互作用が検討される。

本書第2部では, 核子, 原子核, 原子および分子のエーテル動力学の構造が検討される。

本書は現代自然科学と現代理論物理学の諸問題に関心のあるすべての読者を対象としている。

著者: ウラジーミル・アキモヴィッチ・アツュコフスキー, 工学博士, 教授, ロシア自然科学アカデミー会員, K. E. ツィオルコフスキー記念ロシア宇宙航行学アカデミー会員, ロシア電気工学アカデミー名誉会員。

編集者: ワレリー・グリゴリエヴィッチ・ワシリエフ, 化学準博士, ロシア電気工学アカデミー準会員。

V.A.アツュコフスキーの自然科学シリーズ『エーテル動力学的自然科学の始動』は次の全6巻から構成されている。[全6巻および全巻目次が下記のサイトに掲載されている。]

- 第1巻 現代理論物理学の方法論的危機
- 第2巻 第1部 エーテル動力学の方法論とエーテルの性質
第2部 物質構造のエーテル動力学的基础 [本書]
- 第3巻 宇宙論と宇宙進化論のエーテル動力学的基础
- 第4巻 第1部 電磁気現象のエーテル動力学的基础
第2部 光学現象のエーテル動力学的基础
- 第5巻 最初のエーテル動力学の実験と技術
- 第6巻 最新のエーテル動力学の実験と技術

ISBN 978-5-85101-029-3

© V.A. Atsukovsky, 2009

*****日本語版について*****

本訳書は«В.А.Ацюковский. Начала эфиродинамического естествознания Книга 2. Ч.1. Методология эфиродинамики и свойства эфира; Ч.2. Эфиродинамические основы строения вещества. М.: «Петит», 2009. – 396 с.»のロシア語原文からの全訳である。原文(PDF版)は下記のサイトで入手することができる。

著者: ウラジーミル・アキモヴィッチ・アツュコフスキー (Владимир Акимович Ацюковский, Vladimir Akimovich Atsukovsky)

著者の経歴: 下記のサイトに掲載されている V. A. アツュコフスキー『相対性理論の基礎に関する批判的分析』の「付録 著者の研究業績」を参照されたい。

訳者: 吉田 正友 (サイト「物理の旅の道すがら」<http://naturalscience.world.coocan.jp>)
日本語版公開: 2018年6月

* 訳文中の角括弧 [] 内は訳注である (文献番号を除く)。

* 訳文中における記号の添え字については巻末の [訳注1], 「物質*」については [訳注2] を参照されたい。

目 次

第 1 部 エーテル動力学の方法論とエーテルの性質

まえがき エーテルと弁証法的唯物論	5
第 1 章 エーテル小史	9
1.1. エーテルに関する理論とモデルの概観	9
1.2. エーテルに関する既知の仮説, 理論およびモデルの欠点	22
1.3. エーテル風, 現実と捏造	24
結 論	30
第 2 章 エーテル動力学の方法論的基礎	32
2.1. 普遍的物理不変量	32
2.2. 構造と過程のモデル的 (定性的) 理解	39
2.3. 現象の内部メカニズムの解明方法	43
結 論	47
第 3 章 エーテルの構造	49
3.1. エーテルの構造	49
3.2. エーテルの諸パラメーターの数値の決定	53
3.3. エーテルの運動形態	59
結 論	66
第 4 章 気体渦の構造	68
4.1. 渦運動論小史	68
4.2. 線状気体渦の形成と構造	71
4.3. 気体渦のエネルギー論	77
4.4. 線状渦の周りにおける気体の運動, エネルギー論的パラドックス	84
4.5. トロイダル気体渦の形成と構造, らせん運動の形成	86
4.6. トロイダル渦の周辺における気体の運動	93
4.6.1. らせんトロイダル渦の周辺における気体のトロイダル運動と 円周運動	93
4.6.2. 渦の近傍における温度場と渦による周囲気体の吸収	95
4.7. 渦の拡散	97
4.8. 気体と渦の力の相互作用	99
4.8.1. 物体に対する気体媒質の力の作用の本質	99
4.8.2. 物体の前面に対する気体流の作用	100
4.8.3. 物体の側面に対する気体流の作用	101
4.8.4. 物体に対する媒質の熱力学的作用	103
結 論	105
あとがき	107
文 献	108

第2部 物質構造のエーテル動力学的基础

まえがき	117
第1章 核子と原子核	119
1.1. 原子核研究小史と既存の原子核モデル	119
1.1.1. 原子核の発見と物質構造の実験的研究	119
1.1.2. 現代の原子核モデル	123
1.1.3. 原子核の研究方法論に対する批判的コメント	125
1.2. 陽子のエーテル動力学のパラメーターの決定	127
1.3. 陽子の強い相互作用と電磁相互作用の物理的本質	135
1.4. 中性子の形成と構造	146
1.5. 原子核モデル	147
1.5.1. 元素周期系と原子核の組成	147
1.5.2. 原子核の構造的組織化の基礎的なエーテル動力学の原理	149
1.5.3. 複合核のいくつかの一般的性質	154
1.5.4. 複雑な核の構造	161
1.6. 渦トロイドの励起状態——弱い相互作用	169
1.7. 元素変換の可能性について	173
1.8. 核異性	177
結 論	179
第2章 原子物理学	181
2.1. 原子物理学・量子力学形成小史	181
2.2. 量子力学の哲学のいくつかの特徴について	186
2.3. 量子力学の方程式の流体力学的解釈	189
2.4. 原子と分子の電子殻の構造	197
2.5. オーラのエーテル動力学的本性	203
結 論	205
第3章 分子と化学的相互作用	206
3.1. 化学結合と分子の形成	206
3.2. 共有結合と化学動力学の相互作用	208
3.3. 分子間結合の形成	209
3.4. オーラとキルリアン発光	213
3.5. 触媒作用のメカニズム	216
結 論	221
第4章 エーテル動力学の熱力学	222
4.1. 熱と物質の集合状態	222
4.2. 自由電子の構造と金属の電気伝導および熱伝導の物理的本質	224
4.3. 発熱核反応のエーテル動力学のメカニズム	227
結 論	228
あとがき	230
文 献	231
付録1. オグジェヴァリスキーによる分子構造のモデル化	236
付録2. キルリアンの方法による写真	246
[訳注1] 日本語版における添え字一覧表	251
[訳注2] 訳文中の「物質*」について	252

第1部 エーテル動力学の方法論とエーテルの性質

まえがき エーテルと弁証法的唯物論

古代から20世紀初めまでの自然科学のあらゆる発展には、世界空間全体を満たしている媒質としてのエーテルに関する理解が伴っていた。ミレトスのタレス、デモクリトス、アナクシマンドロス、R.デカルト、I.ニュートン、M.V.ロモノーソフ、L.ボルツマン、W.トムソン、M.ファラデー、J.C.マクスウェル、J.J.トムソン、D.I.メンデレーエフ、A.K.チミリャーゼフ、N.P.カステリン、ソ連科学アカデミー会員の電気工学者 V.F.ミトケーヴィッチ、その他多数の人々がこの問題に注意を払っていた [1]。マクスウェルはその有名な方程式を理想流体としてのエーテルの渦運動に依拠して導き出した [2]。メンデレーエフはその表の最初（「ゼロ」）の行にエーテルを掲げたが [2]、その後、その行は表から削除された。

上記の、そしてその他多数の著者たち [4, 5] は首尾一貫した矛盾のないエーテル理論を創出することができなかった。今日では、それは次の理由によって説明することができる。最古の知識はほとんど完全に失われ、一方、新たな自然科学は必要とされる諸段階をまだ通過していなかった。電磁気に関する研究が現われたのはやっと19世紀半ばになってからであり、「素粒子」が発見されたのは20世紀半ば近くになってからにすぎない。そのようなエーテル理論にとって不可欠であることが判明している気体力学、またその重要な一部をなしている境界層理論は航空学の創出との関連で、すなわち20世紀半ば近くになって初めて詳しく研究されるようになった。上に挙げた著者たちは不可欠な材料を手元にまったく持っていなかった。これが彼らを彼らのエーテルに関するモデル、仮説、理論における一連の誤りに導いた。そしてようやく不可欠な材料全体が現われたときには、科学者たちの意識においては、エーテルと取り組んではならないという考え方がより強固になっていた。アインシュタインの特殊相対性理論がエーテルを否定したからである。

今日では、既に20世紀に各種実験の実施の過程で自然科学が獲得した知識にもとづき、あらゆる物理的物体はそれを構成している構築材料を持っているということ、その構築材料はある構造に組織化されており、その構造が構築材料自体の性質とともに、その物体のすべての性質を規定し、それらの性質が他の物体との相互作用において発現しているということを、一義的に断言することができる。微視的世界の物理的物体についての議論が進められ、それらのすべての物理的物体は相互に変換する能力を持っていることが明らかになりつつある（あらゆる素粒子はそれ以外のすべての素粒子からなっているとさえ言われている）現在、それらのすべての多数の「素」粒子は共通の構築材料を持っていることが明らかになりつつある。また、磁場の強度が大きいときには真空中において新たな素粒子が「誕生」することが可能である以上、磁場と真空自体はともに、世界空間全体を満たしている同一の構築材料を含んでいると結論せざるを得ない。それこそが具体的な物理的性質を有する物質*的な物理的物体、物理的媒質、すなわちエー

テルである。この世界におけるあらゆるものはエーテルから構成されており、その運動がすべての種類の相互作用の力場を規定しているのである。

エーテルは現代の物理学者たちが倦むことなく繰り返し主張している「物理的真空」とは原理的に異なっている。エーテルは具体的な構造と具体的な物理的性質を持つ、具体的な物理的物体である。他方、「物理的真空」、すなわち空虚でない真空はいかなる機構も、いかなる構造も、それを構成するいかなる材料も持たないにもかかわらず、ある性質を持っており、それゆえ、既知の諸現象がまさにそのようなものであり、それ以外のものではないことのいかなる理由についても説明する可能性をまったく持っていない。

ここから、自然科学の現状にとって最も重要な課題、すなわちエーテルの性質、その物理的パラメーターを決定し、それらを基盤として統一的で無矛盾な物理学的世界像を形成しなければならないという課題が導き出される。遠い将来に先送りすることなく、既に今日ただちに解決すべき課題の設定の仕方とは、そのようなものである。なぜなら、その解決のために必要とされるすべてのものは既にはるか以前から存在しており、不足しているのは正常な唯物論的方法論のみであるからである。

しかし実は、そのような唯物論的方法論ははるか前に既に創出されている。それは、いわゆる弁証法的唯物論である。古代以来、その創出のために実に様々な自然科学者たちが長い間努力を傾けてきた。その方向性は F.エンゲルスにより、その 2 冊の主著『自然の弁証法』および『反デューリング論』、また多数の個別論文において最も明確に定式化されている。

物理学者はまさに弁証法的唯物論に依拠しなければならないことに注意を促したのは VI.レーニンであった。彼はその有名な著書『唯物論と経験批判論』[6]において、物理学に危機が生じた 20 世紀初頭当時の物理理論の状況について評価を与えている。その危機は、そこにはいかなる危機もパラドックスも存在しない自然界における危機ではなく、理論物理学者たちの頭の中に生じた危機であったことに注意しなければならない。彼らは、自分たちには既にすべてのことが知られている、自然は「我々物理学者によって十分検証された」法則を持っており、すべての問題は解決済みだ、残るは具体的な課題を解決する際、それらの法則をしかるべく適用することだけだと決めつけていた。それゆえ、19 世紀末、放射能、X 線その他の電磁放射等々、自然の構造に関する既存の理解の枠内にはどうしても収まらない物理現象が発見され始めたとき、彼らの驚きは激しかった。しかし物理学者たちは自然の構造に関する自らの理解を修正する代わりに、物質*は消滅するのだ、そもそも自然現象の内部メカニズムを知る必要などないのだ、数学の方程式を使ってすべての現象を記述すればそれで十分なのだと、叫び声をあげた。

物理学者たちにおいては「物質*は消滅し、方程式だけが残った」と、VI.レーニンは当時の理論物理学の状況を特徴づけている。彼はさらに「物理学者たちが弁証法を知らなかったために、物理学は観念論に墮落してしまった」とも言っているが、これは正しい。なぜ正しいかと言えば、それは、当時の、そして現在の物理学者たちもまた、得られた知識というものは常に部分的な知識であり、常にそれらを修正し発展させる可能性があるということ、とりわけ物質*の階層的組織化を考慮した場合にそうであることを理解していないからである。なぜなら、物質*の性質の総数は物質の組織化のあらゆる

レベルにおいて無限に大きく、研究されているのは、常に、研究者たちが具体的な目的のために研究する必要があるとみなしている、ごくわずかな部分のみだからである。それだけでなく、研究対象が持つ様々な性質のうちの一部の性質だけを取り出したとしても、それらの性質を完璧な精度で決定することは不可能である。すべての研究は具体的な場合のための、ある許容誤差までの精度で行われるのであって、それより深い所にあるすべてのものは見落とされる。それは正しい。なぜなら、さもないと、研究は想像もできないほど複雑で費用のかかるものとなり、あるいはそもそも実施不可能になるからである。しかしこのことは、必要があれば常に研究をより発展させることが可能であり、個別的・具体的な研究の場合であっても物質*のうちにさらに新たな性質を発見することができるということを意味している。理論物理学者たちが忘れていたのは、まさにこのことであった。

あらゆる研究にはさらにもう一つの側面がある。「十分に立証された」いかなる事実も、それ自体は何も意味しない。その事実には常にある特定の解釈が伴っているが、解釈は無数に存在し得る。それゆえ、ある理論が新たな事実を予言し、その事実が裏づけられたとしても、それは、その事実がそれを予言した理論と矛盾しないということのみを意味するのであって、けっしてその理論が裏づけられたことを意味しない。その事実は別の任意の理論によっても予言され得るからである。ここでその例となるのはローレンツ変換である。これは、自然界には絶対的に静止しているエーテルが存在するという条件にもとづいてローレンツが導出したものである。アインシュタインは特殊相対性理論を創出する際、自然界にエーテルは存在しないという条件にもとづき、他ならぬローレンツ変換を導出した。特殊相対性理論の命題のあらゆる実験的「裏づけ」は、実は、ローレンツ変換と一致しているということにすぎないのだから、その一致は、ローレンツによる自然界におけるエーテルの存在に対しても、アインシュタインによる自然界におけるエーテルの不存在に対しても同等に当てはめることができる。これは、例えば気体力学においては多数の依存関係が存在しており、それらの依存関係同士における互いの一致の度合いはローレンツ変換の場合と比べていささかも劣っていないばかりか、多くの点でそれ以上であるということについては、もはや言うまでもない。

したがって、エーテルの性質を決定する際には、何よりもまず、奇術めいた片言隻句によって証明するのではなく、先行する自然科学全体の経験から導き出される結論である、弁証法的唯物論の命題に依拠しなければならない。F.エンゲルスはこう述べた。そしてこれは正しい。

その経験は次のことを教えている。

1. 出発点となる普遍的物理不変量、すなわち、すべての物質*的な構造と現象に関与しており、そのことによってあらゆる理論構築の出発点となるような諸量(カテゴリー)を決定する必要がある。
2. 自然科学によって既に達成されているレベル、すなわち物質「素粒子」のレベルより深い物質*組織化レベルにおいて新たな基盤を探究しなければならない。
3. 物理現象の物理学的説明という課題を設定しなければならない。開始段階においては、既に我々に知られているすべての現象に関与している基本的構造と相互作用、すなわち安定的「素粒子」の構造および4つの基本的種類の力の相互作用——核の強い相

8 第1部 まえがき エーテルと弁証法的唯物論

相互作用と弱い相互作用, 重力相互作用, 電磁相互作用——を研究対象とし, その後, 個々の具体的な構造と現象に研究範囲を拡大する。

その際には, あらゆる物質構造と物理現象に対するアプローチは, それらのうちには物質*の内部運動と内部メカニズムが存在し, それらのおかげで当該の構造と現象は存在するのであるという観点からなされる必要がある。そしてこのことが, 質的に新たな地平線を切り開くことになる。

第1章 エーテル小史

全宇宙にはすべて単一のエーテルがみなぎっている。

古代中国の道教

1.1. エーテルに関する理論とモデルの概観

かつて存在したエーテルに関する多数の仮説やモデル、理論について、批判的な検討を行う必要がある。なぜなら、それらのエーテル理論においては、物体間の相互作用は何らかの中間的媒質——エーテル——によってもたらされているはずだという正しい前提を出発点としているにもかかわらず、ある面から見ると、それらのうちどれ一つとして既知の現象全体の総体を満足に説明するだけの力を持たず、また別の面から見ると、研究の何らかの新たな方向性を予測することを可能にできなかったからである。その結果、物理学の発展の過程で、それらの理論やモデル、仮説だけでなく、エーテルの概念それ自体までもが「自らの信用を失墜させたもの」として放棄されてしまった。

自然科学に存在したエーテルに関する主な構想について検討し、それらの肯定的な側面と短所を分析してみよう。

エーテルと物理的理解の歴史に関する一連の研究者たちは、自然科学にエーテルの着想を導入したのはルネ・デカルト（1596~1650年）であり、原子論の考え方を導入したのはデモクリトス（紀元前470~380年）であると考えている。しかし、世界媒質としてのエーテルの概念、そして物質要素としての原子の概念はそれよりもはるか以前から知られており、現在知られている人類文明の歴史の事実上全体を通じて存在していたと考えるべきである。

何よりもまず、世界のあらゆる宗教は、存在するこの世界全体の基礎に横たわっている、ある種の目に見えない超自然的で神聖な「力」の存在を様々な形で認めていたという事実に注目しなければならない。そのような力の実在性に対する確信、その力を認識し、その謎めいた遍在する力との関係を獲得したいという欲求——これがあらゆる宗教の最も重要な側面の一つをなしている [1]。

現代のキリスト教神学者アレクサンドル・メニはその未知の力について次のように記述している [2]。

「インディアンの一族アルゴンキン人は、世界を支配する力をマニトゥという名で呼んで崇拝している。そのような力に関する観念はマレー半島の住民たちの間にも認められる。その力はある一定の超自然的な性格を持っている。それはマナと呼ばれている。パプア人はその神秘的な力をオニムと呼んでいる。

オーストラリア先住民の世界観によれば、ワンガルと称されるものが存在する。それは永久不変の克服しがたい曖昧模糊とした力であり、世界創造の時に現れ、今日にいたるまで生命に対して有益な影響を与え続けている。マナの概念はアフリカの諸民族にも見出すことができる。マナを西スーダンの住民はニアラ、ピグミー族はメグベ、ゾール族はウモジャ、ウガンダ人はジョク、西コンゴ人はエリマと呼ぶ。北米インディアンにはきわめて興味深くて意味深い、“至高の始原”という観念がある。ある研究者は次

のように書いている。“ダコタ族の人々の宗教的観念の対象は、そのようなものとしての神々のうちには存在しない。それは認識し得ない神秘的な「何ものか」のうちに存在しており、彼らはその化身なのである。最も偉大な崇拜の対象は超自然的で神秘的なタク・ワカンである。その力（イロコイ族がオレンダ、ヨルング族〔オーストラリア先住民〕がワンガルと呼んでいるもの）は自然全体にみなぎっている”。

生きとし生けるものを生み出す母なる女神という多くの民族における表象は、これと呼応している。

エジプト人におけるアトゥムは永遠の神であり、全にして無である。アトゥムはまだカオス以外の何ものも存在しなかったときに存在していた、そして世界が将来、それに与えられている行程を歩み終えた後も同じ原始の海の中に存在し続ける存在である。アトゥムは存在者全体を自らのうちに含んでいる。多くの民族において、すべてのものがそこから生まれ出たカオスが世界の根源とされている。

古代ギリシアの有名な詩人ヘシオドスの叙事詩『神統記』には、不動なるもののカオスの克服の過程としての、神々による世界創造が書かれている。神々からエーテル——大気上部の光り輝く層——が生まれた。この描像は東方の宇宙進化論の図式をその源流としている。

エーテルという観念がかなり広く伝播したのは少なくとも紀元前 6~4 世紀、最も公算が大きいのはそれよりはるか以前のことに推測するためのあらゆる根拠がある [3]。例えば古代インドの主な教説——ジャイナ教、ローカーヤタ、ヴァイシェシカ、ニヤーヤなど——、またバラモン教や仏教といった宗教は、感覚によっては直接知覚されず、すべて単一で永久不変な、万物を透過する物理的実体としてのエーテル（アーカーシャ）に関する教説を元々から含んでいた。エーテルはすべて単一であり、永久不変である。そもそも物質*（プドガラ）は最小粒子（アヌ）からなり、これが運動性（ダルマ）を持つ原子（パラマヌ）を形成している。あらゆる事象は空間と時間の中で生じる。

プラクリティ——賢者カピラによって開かれたサーンキヤ学派の教説における物質——は、何ものによっても生み出されたものではない、万物の第一原因である。プラクリティは永久不変であり、いたるところにあまねく存在している。それは世界を周期的に創造し、破壊する、最も繊細で神秘的な巨大な力である。その要素（グナ）は単純で分割することが不可能であり、永久不変である。

ジャイナ教徒は、彼らの教説は 24 人の師によって彼らに伝えられてきたとみなしている。その最後の師ヴァルダマーナは紀元前 6 世紀、彼の祖パールシュヴァナータは紀元前 9 世紀の人物であり、それ以外は有史以前の時代の人物たちである。

古代中国の道教（紀元前 4 世紀）の経典『道德経』と書物『莊子』、『老子』においては、世界の万物は粗い粒子「粗」と最も微細な粒子「精」からなっていると教えられている。それらはすべて単一の「気」——エーテル、太古より存在し、万物に共通するもの——を形成している。「すべて単一のエーテルが宇宙全体にみなぎっている。それは“陰”（物質*的なもの）と“陽”（火、エネルギー）からなる。他の事物と無関係な事物は一つとしてなく、“陰”と“陽”がいたところで発現している」[4]。

古代日本の哲学者たちは、空間は「無極」、すなわち質も形状も持たず、人間の知覚によって捉えることのできない、無際限で普遍的な超自然的な力によって満たされてい

と考えていた。神秘的な絶対者である「太極」は、物質*的な始原である「気」と結びついている観念的な第一始原、すなわち「理」の本性である。「理」とは、「気」——物質——と永久に結合しているエネルギーであり、物質なしには存在しない。

すべての世界宗教——仏教、キリスト教、儒教、神道、ヒンズー教、ユダヤ教、等々——は、初期段階においては様々な形で古代エーテル動力学の唯物論的観念を借用していたが、より後の発展段階になると、権力の座についた支配階級の要求に従い、教説を骨抜きにし、神秘主義を正当化し、唯物論を否定するようになったと推定するためのあらゆる根拠が存在する。古代ギリシアの場合、その転換は、氏族制度を終わらせ、奴隷制度の勝利をもたらした紀元前 7~6 世紀の革命後に生じた公算が最も大きい。

しかし、先進的な思想家たちは古代の唯物論的知識を守り続けようとした。ミレトスのタレス（紀元前 625~547 年）——古代ギリシアの哲学者、古典古代の哲学と科学、そしてヨーロッパの哲学と科学全体の祖、ミレトス哲学派の創始者——により、多様な現象と事物全体を統一的な基礎（第一元素、あるいは第一始原）に還元する必要があるという問題が提起された。タレスは、それは液体（「湿の本性」）であると考えた [5~8]。

タレスの弟子アナクシマン드로ス（紀元前 610~546 年）によって「アペイロン」——存在者の無限の多様性を生み出す、すべて単一の永久不変の無限定な物質——という第一始原の概念が哲学に導入された。

アナクシマン드로スの弟子アナクシメネス（紀元前 585~525 年）は気体（「空気」）をその第一始原とみなし、万物はその濃密化と希薄化によって生じると考えた。

「第一始原」の観念はレウキッポス（紀元前 5 世紀）によって発展させられた。彼は存在者全体を多数の要素に分割する空虚という観念を提唱し、それらの要素の性質はその大きさと運動形態に依存していると考えた。「第一始原」の観念をさらに発展させたのはレウキッポスの弟子デモクリトスである。ヨーロッパ科学は彼を原子論の創始者とみなしている。

一連の証言によれば、デモクリトスは最初、彼の父親の家に派遣されて来たカルデア人やマギから学問を学び、その後、メディア国でマギを訪問して教えを受けた。デモクリトス自身は自分を原子論の創唱者とは言っておらず、原子論をメディア人、特にマギから借用したことに言及している。マギとは祭司階級（ヘロドトスの証言によれば種族）のことで、メディア（イラン高原北西部）に住んでいた 6 つの種族のうちの 1 つである。

マギ（「卓越した能力を持つ者たち」）における支配的な観念——それは、内的な偉大さと威力、英知と知識の力であった。一連の証拠によれば、マギはその知識を占星術と天文学の創始者とみなされているカルデア人から得た。カルデア人は古代ギリシアと古代ローマにおいて大きな社会的意義を与えられ、祭司や占い師、また博物学者、数学者、神智学者となっていた。マギは自然の秘密に関する知識にもとづいて異常現象を引き起こすことを可能とする魔術 [英語の magic の語源はマギ (magi)] の教説を創始した。残念ながら、その教説はその後、多数のいかさま師の偽マギによって信用を失墜させられた。

古代原子論は他ならぬデモクリトスの仕事のうちに最も詳しく反映されており、これをテーマとする多数の文献研究がなされている。しかし、デモクリトスの原子論のいく

つかの命題は現在もなお、彼が創出した学説に関する事実上すべての研究者たちによって理解されないままとなっている。これは何よりもまず、原子と、原子の諸部分であるアーメルとの相互関係について言うことができる。

デモクリトスは、原子（*ἄτομος*）——物質の要素——はその密度が高く、内部に空虚が存在しないため、物理的に一体不可分であり、切断不可能であると指摘している。原子は可視的世界の物体の多数の性質、すなわち柔軟性、屈曲性、ピラミッド状の形状、等々の性質を持っている。形状、大きさおよび秩序の点でのその無限の多様性の中で、原子は客観的世界の内容物全体を形成している。しかし、形状と大きさの点で相異なる諸原子の基礎には、アーメル（*ἀμερής*）[amer]^{〔訳注〕}——真に分割不可能で、諸部分を持たないもの——が横たわっている。

2種類の原子という考え方は、デモクリトスに続く研究者たち、例えばエピクロス（紀元前342~271年）によっても言及されている。

アーメル（デモクリトスによる）あるいは「要素」（エピクロスによる）は原子の諸部分ではあるが、原子の性質とはまったく異なった性質を持っている。例えば、原子が重さを持っているのに対し、アーメルはこの性質をまったく持っていない。

この見かけ上の矛盾に対する何世紀にもわたる完全な無理解が、デモクリトスの学説の解釈に著しい歪みをもたらした。既にアフロディシアスのアレクサンドロスは、諸部分を持たない一体不可分であるものが、理性によって原子中に存在すると理解され、原子の諸部分となっているにもかかわらず、重さを持っているという点についてレウキッポスとデモクリトスを非難している。この無理解は現代も続いている。例えば S. Ya. ルリエ [7] はアーメルについて、それを数学的な量として言及している。M.D. アフンドフは依然としてアーメルを抽象的な数学的概念として解釈している [9]。

上記の見かけ上の矛盾の基礎には、重量（重さ、重力）はあらゆる物質*の固有の性質であるという理解がある。ちなみに、重量はアーメルの運動と相互作用（衝突）の結果として説明することができる。その場合、アーメルによって取り囲まれている、アーメルの集合体としての原子は、当該原子のいずれの側に他の原子が存在しているかに応じて様々な形でアーメルによって伝達されるエネルギー運動量により、他の原子から引力を受け、このことが原子の相互引力効果を創出する。実際に生じているのは引力ではなく、周囲媒質のアーメルが当該原子を他の原子の方へ押しやる力なのである。アーメル自体は運動エネルギーの担体であり、それ自体はいかなる重さも持つことはない。したがって、重力を物質*の固有の性質ではなく、アーメルの集合体の運動の発現の結果（複合体の諸部分に帰属する現象ではなく、複合体に固有の現象）とみなせば、上記の矛盾は容易に解決される。真空中を移動しているアーメルの総体こそが、世界全体に共通する媒質、すなわちアナクシマン드로スの表現によるところのアペイロン、それより後世の呼び方によるところのエーテルに他ならない。

それより後、ローマの詩人で唯物論哲学者のティトゥス・ルクレティウス・カルス（紀

〔訳注〕 古代ギリシア語の *ἀμερής* を語源とする *amer*（アクセントは *ámer*）はエーテル動力学における重要な用語である。「エーテル」が *aether, ether* のドイツ語 *Äther* の日本語での読み方であるので、それに対応させるという意味を込めて、また *amer* のロシア語 *амер* の発音が「アーメル」であることも考慮し、この訳文では *amer* に「アーメル」という読み方を当てることにする。

元前1世紀)は、哲学詩『事物の本性について』において、自然の構造に関するデモクリトスとエピクロスの唯物論的理解を詩の形式で叙述した。彼の場合、エーテルの要素は「第一始原」と名づけられており、すべての事物はまさにそれから成り立っており、全体としてのエーテルは事実上、気体の性質を持っているとされている。なぜなら、「(略)無限に広がる空虚の中で、事物の第一始原たちがせわしなく動き回っている」[10]からである。

このように、エーテルの歴史はかなり古く、文化的な人類の知られている歴史の最初期までさかのぼる。

それよりはるかに後の時代になり、ルネ・デカルト(1596~1650年)が空間全体をくまなく満たし、光波の伝搬を担っている物質*の存在という問題を再び提起した。デカルトは物質一般、特に惑星の形成について、多数の球形粒子からなるエーテルの渦の性質によって説明した。デカルトはそのいくつかの著作[11]において物理現象の力学的モデルを構築しようと試みたが、それらのモデルはときとして互いに矛盾していた。しかし、デカルトの仕事の最大の特徴は、彼が物理現象の内部メカニズムを探索しようとしていたことにあった。

アイザック・ニュートン(1643~1727年)はエーテルの構造、またその存在の事実そのものに関する自らの見解を何度か変えている[12~14]。しかし、ニュートンはその晩年の著書においてエーテルの見方を改善、発展させているものの、結局、根本的にはそれを変えていない。ニュートンは「それ以外のすべての自然現象を力学の諸原理から導き出すこと」が可能であるみなし、「それらすべての現象はいくつかの力に起因しており、物体の粒子はそれらの力とともに、今はまだ知られていない諸原因の結果として、あるいは互いに引き付け合い、規則正しい形に結合し、あるいはまた互いに斥け合い、互いに遠ざかる」のだと考えている。特に、ニュートンはその著書『光学、すなわち光の反射・屈折・回折・色についての論考』[12]において、光を物質に、また逆に物質を光に転化させることが可能であるという着想を発展させている。

ニュートンはケプラーの天体力学の法則全体がそこから導き出されるような統一的な法則を発見するという目標を自らに与えた[13]。そのような法則が彼によって発見され、万有引力の法則と名付けられた。ニュートンは引力の物理的原因を発見するために多大な努力を払い、この目的により、エーテル——世界空間全体を満たす媒質——を導入しようとした。そのバリエーションの一つは、空気のような気体状の、しかしより微細でより弾力性を持ったエーテルという理解であった。

1679年2月28日にR.ボイルに宛てて書いたエーテルに関する書簡において、ニュートンはエーテルに関する彼の理解を明確に表している次の5つの命題について述べている[14]。

1) エーテル的な実体が空間全体に拡散していると推測される。それは圧縮・膨張することができ、きわめて弾力性が高く、「一言で言えば、あらゆる点で空気に似ているが、ただしそれよりも著しく精細である」とニュートンは書いている。

2) エーテルはあらゆる物体の内部に浸透しているが、しかし物体の孔隙内においては自由空間中におけるよりも希薄であり、また孔隙が微細であればあるほど、より希薄であると推測される。

3) 物体内部の希薄なエーテルとその外部のより高密度なエーテルとは、段階的に互いに遷移し合っており、輪郭が明確な数学的な表面によって区切られていないと推測される。

4) 2つの物体が接近すると、それらの間のエーテルは前よりも希薄となり、段階的に希薄化していく領域が、一方の物体の表面から他方の物体の表面に向かって広がっていくと推測される。「その原因は、物体と物体の間の狭い空間内においては、エーテルはもはやそれほど自由に運動したり、あちこち移動したりすることができなくなることにある」とニュートンは書いている。

5) 以上の4つの命題から、次のことが導き出される。すなわち、物体同士が接近し、それらの間のエーテルが希薄化していくと、両物体が密接に接近したとき、それに対する抵抗、また両物体を互いに離間させようとする動因が現われる。両物体がさらに接近していくと、中間のエーテルのさらなる希薄化の結果、そのような抵抗と離間の動因は増大していく。しかし最後に、両物体がきわめて近くまで接近し、その結果、両物体の周囲の外部エーテルが物体間の希薄化されたエーテルに及ぼす差圧が接近に対する両物体の抵抗力に打ち勝つほど大きくなると、差圧がその力で両物体を接近させ、互いにきわめて緊密に結合させる。

エーテルの密度（希薄度）をエーテル内部の圧力と混同していたとは言え、ニュートンはエーテルの性質の決定における多くの事柄を定性的なレベルで先取りしていたことを指摘する必要がある。

1717年、75歳のとき、ニュートンは『光学』の英語第2版においてエーテルに関する自らの見解を問答形式で述べている。例えば、物体から空間に遷移するときのエーテルの密度勾配が引力の説明のために適用されているが、そこではエーテルは個別粒子からなるものとして理解されている。ニュートンは次のように書いている。「密度のそのような増大は、大きな距離においてはきわめて緩慢である可能性がある。しかし、その媒質の弾性力がきわめて大きいとすれば、我々が引力と呼んでいる力全体をもってすれば、物体を媒質のより密度の大きい部分からより希薄化された部分に向かわせるためには、そのような増大だけで十分かもしれない」。

ニュートンはエーテルの原子論的構造に関する問題を再び提起している。

「もし誰かが、エーテルは（我々の空気と同様に）互いに斥け合おうとする粒子を含んでいる可能性があり（そのエーテルとは何なのかを私は知らないのだが）、その粒子は空気の粒子と比べて、また光の粒子と比べてさえもきわめて小さいと仮定したとすれば、それらの粒子の極度の小ささが力の大きさを助長するのかもしれない、その力のおかげで粒子は互いに斥け合い、このことが媒質を空気と比べてきわめて希薄でかつ弾性に富んだものにし、したがって投げ出された物体の運動に対して抵抗する能力を微々たる程度のものにし、また膨張の動因の結果、大きな物体に圧力を加える能力をはなはだしいものにするのかもしれない」。

このように、天体の運動に対するエーテルの抵抗から生じる困難を回避することが可能であることを、ニュートン自身が指摘している。

「もしこのエーテルが我々の空気より 700,000 倍弾性が大きく、かつ 700,000 倍希薄であると仮定すれば、その抵抗は水の抵抗より 600,000,000 倍小さいということにな

る。これほどまでに小さい抵抗が 1 万年の間に惑星の運動の目立った変化を生じさせることは、おそくないであろう。

ニュートンはこの同じ著書において、視覚は網膜と神経の内部におけるエーテルの振動の結果ではないかと問いかけている。

エーテル(「世界エーテル」)の存在を確信していたマイケル・ファラデー(1791~1867年)は、それをある種の力線の集合体として理解していた。ファラデーは遠隔作用(“*actio in distans*”)——当時の多くの物理学者たちの見解——の可能性を断固として認めなかった。しかし、その力線の本性と構造原理はファラデーによって解明されなかった[15~17]。

ジェームズ・クラーク・マクスウェル(1831~1879年)はその著書——その中で何よりもまず挙げる必要があるのは[18~22]である——において、世界エーテル中におけるある地点から別の地点への擾乱の伝播について次の結論を下している。

「実際、もしもそもそもエネルギーがある物体から別の物体へ瞬時にではなく、有限な時間の間に伝達されるのであるのならば、第1の物体から出発した後、第2の物体に到達するまでの間、エネルギーがそこで一時的に滞在する媒質が存在しなければならない。それゆえ、これらの理論は、その伝播がその中で生じる媒質の概念に導くに違いない」。

ファラデーの見解を完全に受け入れていたマクスウェルは、ファラデーと同様、いかなるエーテルモデルも与えることなく、「力線」という一般的な理解の枠内にとどまっている。しかしそれでもなお、実は、マクスウェルは理想的な流体媒質中における渦の運動に関するヘルムホルツ、ランキンおよびその他の流体力学者たちの理解に依拠しつつ、[21]において流体としてのエーテルについて言及し、[20~22]においてその有名な方程式を導出している事実を指摘しなければならない。

19世紀を通じていくつかのエーテルモデルが提唱された。そのかなりの部分はエーテルの構造や相互作用の性格に関する問題に答えていなかった。それらの理論の提唱者たちは、それを用いればせめていくつかの現象の原理的説明を得ることができると期待できそうなあれこれの性質をエーテルに帰そうと試みていた[23~26]。

例えば、1728年にブラッドリーによって発見された 20.5"に達する年周光行差を説明するため、1818年、アラゴ宛の書簡において、静止エーテルに関する着想がフレネルによって初めて提唱された[27~29]。この着想は後にストークス[30]とローレンツ[31~33]によって著しく発展させられ、補足された。

フレネルの着想によれば、エーテルは連続的な弾性媒質であり、その中には原子の粒子の物質が存在している。概して言えば、それらの粒子はその媒質とはいかなる関係も持っていない。エーテルの役割は力学的な振動と波動の伝達である。光行差を説明する際、当初、フレネルは地球の速度と光の速度との単純な合成から出発していた。しかしいくつかの実験、特に偏極した光束の干渉に関するアラゴの実験(1818~1819年)、また鏡筒に水を満たした望遠鏡を用いたボスコヴィッチ-エアリー[Boscovich-Airy]の実験は、もしエーテルが静止しているのなら存在していなければならない、追加的な光の偏向が存在しないことを示した。フレネルは自分の仮説を救うため、媒質による光の引きずり係数[=随伴係数]

$$k = 1 - 1/n^2$$

(ここで、 n は媒質の光学的屈折率)を導入することを提唱した。

この係数についての説明の要点は、運動している媒質はその原子によって光を引きずろうとするのに対し、エーテルは静止しているため、それを妨げるということに帰着する。フレネル自身は、その媒質によってエーテルが引きずられる原因を解明しようと試みなかった。結局、独立した3種類の物理的実体、すなわち独立したエーテル、独立した光学的媒質、そして最後に独立した光が得られることになるが、それらの間の物理的相互作用はまったく不明瞭である。

しかし、フレネル-ローレンツの理論は、相互作用の担体としてのエーテルという出発点をなす理解と矛盾している。実際、もしエーテルが物質の運動にまったく関与していないのだとすると、物質もまたエーテルと相互作用することはできない。したがってエーテルは物質に対してその運動エネルギーを伝達することができない。ここにある論理的矛盾は、エーテルの構造およびエーテルと物質の相互作用の定性的な描像が欠如していることから生じている。

1845年、地球による周囲のエーテルの引きずりという考え方がストークスによって発表された[30]。しかし、より詳細な計算は、ストークスの着想の無条件での採用は、地球の周囲の空間全体中にエーテルの速度ポテンシャルが存在することが不可欠であることを意味していることを示した。ローレンツ[33, 34]は次のように書いている。

「この困難を回避するためには、我々は限られた領域のみを相手にしているのだから、速度ポテンシャルの存在は地球の周囲の空間全体中において不可欠というわけではないという事情を利用することができる。しかし、そのような仮定は、とてもありそうもない、きわめて人為的な理論構成に我々を導くに違いない」。このようにして、ストークスの着想にはたしかに合理的な核心が含まれていたにもかかわらず、その理論構成の複雑さの結果、それ以上の発展を遂げることはなかった。それだけでなく、ストークスはエーテルと地球の相互作用の性格やエーテル自体の本性に関する予測をまったく述べなかった。

プランクはエーテルは収縮し得ること、またエーテルは重力の影響を受けることを仮定すれば、ストークスの仮説に含まれる困難は回避できることを示した。プランクはそのような影響のあり得る原因についていかなる予想も述べなかった。プランクは講演において、上記の仮定は重力場中のエーテルが著しく凝縮した状態にあることを示していると述べている。その凝縮度は自由空間と比べ、地球近傍においてはその60000倍、太陽近傍においてはさらにその28倍となる。プランクの仮説はそれ以上発展させられなかった。

1835年にフィゾー自身[35]によって行われ、1914~1915年にゼーマン[36]によって再度行われた運動する媒質(水)による光の引きずりに関するフィゾーの実験は、フレネルの引きずり係数と数値的には一致していた。しかし、フィゾーの見解によれば引きずり係数の計算は理論と実験の良好な一致を得ることを可能にしたとは言え、この種の事柄を裏づける上で不可欠な統計は取られておらず、また実験に付随する多くの事情が考慮に入れられていなかった以上、上記の実験にもとづいて言えるのは、最良の場合でも、フレネルの着想が定性的な裏づけを得たということ(ただし、このことすら疑うことができる)だけであるという点を指摘しなければならない。フレネルの引きずり係

数の計算は多数の物質について数値的に高い精度で行われたにもかかわらず、実際にはその係数の値の実験的検証はそれ以上誰によっても行われたことはなく、またその係数自体、いかなる物理的機器においても利用されたことがない……。

エーテルは物質*によって完全に捕獲されるという着想がヘルツによって提唱された[37,38]。しかし、ヘルツの仮説はフィゾーの実験と矛盾している。この実験は物質によるエーテルの部分的捕獲しか示さなかったからである。

マクスウェル方程式に換算時間を導入し、事実上ローレンツの仮説に立ち戻ったリッツは、マクスウェル方程式と光学実験の結果との満足すべき一致を得た。その結果、リッツの「弾道仮説」[39]が生まれた。そしてこの仮説から、運動している光源が放出する光は、真空中での光速度と光源の速度との絶対座標における幾何学的和と等しい速度を持っているという結論が導き出された。リッツはその推論において数学的な演算操作しか行っていない。また、ローレンツと同様、物質とエーテルの関係の性格を示しておらず、光の本性とエーテルの構造についても検討していない。このような問題設定の仕方は、検討対象が際限なく広げられているため、例えば連星の場合、その2つの星のうち、地球に向かう方向に運動している側の星が逆方向に運動しているように見えなければならない時期が生じるはずであるという主張に導く。ド・ジッターの観測(1913年)[40]は、そのような現象は存在しないことを示した。

このように、以上列举した19世紀に生まれたエーテルに関する仮説やモデル、理論は、第1に、エーテルを、空間のすべての地点と任意の物理的条件において同様な、連続的で一様な媒質とみなしていた。第2に、それらの理論は、エーテルの構造に関しても、物質とエーテルの相互作用の性格に関してもまったく推測を行わなかった。このような状態であったため、事実上エーテルのどれか一つだけの個別的性質に依拠しているそれらの理論の枠内においては、既知の多様な諸現象全体を満足するような結果を得ることは不可能であった。それでもなお、ここでは、光の速度は光が伝播する媒質の性質に依存しているとしたフレネルの理論が若干の例外をなしている。フレネルの理論はアインシュタインの研究においてさらに発展させられた。

エーテルに関する記述的な理論構想と並行して、エーテルの構造を探り出そうとするいくつかの仮説も発展していた。それらの仮説は「力学的仮説」と呼ばれていた。それらは力学的な理解——移動と力——について論じているからである。

既に言及したように、初期の力学的エーテルモデルはルネ・デカルトとアイザック・ニュートンによって提唱された。18世紀と19世紀、またそれ以降もエーテルに関するいくつかの力学的な理論とモデルが作り出された。

ある意味で興味を引くのは、引力の本質を説明しようとしているG.-L.ルサージュの理論である。ルサージュ[41,42]によれば、エーテルは気体に似た何ものであるが、エーテル粒子同士はきわめて稀にしか衝突せず、事実上それらの間では相互作用しないという違いがある。質量を持つ物質*はエーテル粒子を吸収する。それゆえ物体はエーテル粒子の流れを遮断する。その結果、第2の物体はエーテル粒子は様々な方向から非一様な推力を受け、第1の[エーテル粒子の流れを遮断している]物体の方に動き始める。ルサージュ理論は、それが現われた当時はしかるべき理解を得なかった。しかしそれから100年後、プレヴォ[43]、シュラム[44,45]、W.トムソン[46]、テイト[47]がこの

理論に大きな関心を払った。

弾性媒質としてのエーテルの理論はナビエ (1824 年), ポアソン (1828 年), コーシー (1830 年) によって提唱された [23]。ナビエはエーテルを粘性を持つ非圧縮性の流体と考えていた。彼はエーテルの粘性を, 物質粒子とエーテルの間の相互作用, したがってまたエーテルを通じた物質粒子同士の間の相互作用の原因とみなしていた。

コーシーはエーテルを連続媒質と考え, 空間の各地点における応力と変形について論じた。コーシーはその光学に関する著書において, フレネルの理論および分散理論の数学的精緻化を与えている。その後, この説明は事実上, 磁場をエーテル粒子の移動とする解釈に導くことになるが, これは誘電変位という事実と矛盾していることが判明した。

ノイマンはその研究 [48, 49] において, エーテルの密度はすべての媒質中において一定であるという仮定から出発している。ノイマンはエーテルを弾性媒質とみなし, 光の偏極過程を分析した。

グリーン [50] はエーテルを連続的な弾性媒質とみなし, これにもとづき, 変形した弾性体に適用されるエネルギー保存則から出発して結晶媒質中における光の反射と屈折について検討した。以上列举した力学的モデルにおいて, エーテルの本性, またエーテルが弾性体として振る舞う理由は解明されていなかった。

マッカラー (1809~1847 年) の数学に関する著書 [51] では, 光波の表面に関する幾何学的研究が行われている。そこでは, エーテルは, その内部におけるポテンシャル関数が回転角の 2 次関数となっているような媒質とみなされている。マッカラーのエーテルは連続的である。マッカラーの理論は弾性媒質理論であり, その媒質中における電磁気とはどのようなものかについては一言も述べられていないにもかかわらず, ローレンツが指摘しているように, 本質的にはマクスウェルの電磁理論の方程式と一致している。他の弾性エーテル理論と比較してみると, マッカラーの理論のきわめて好ましい特徴は, そこには他ならぬ渦運動が存在している点にあることが分かる。ヴァン-ゲリン [Van-Gein か?] の表現によれば, マッカラーの理論とはエーテルの渦理論なのである。

W. トムソン (ケルヴィン卿, 1824~1907 年) はいくつかのエーテルモデル [52~58] を提唱した。当初, ケルヴィンはマッカラーのエーテルモデルを改良しようと試みたが, 次に, 準易動性エーテルモデル [quasi-labile ether model], すなわちその内部に渦が存在している, 一様で等方的な媒質というモデルを提唱した。このモデルにおいてはポテンシャルエネルギーはどこにも最小値を持っていないため, エーテルの平衡の不安定性がその欠点となっていることが判明した。準易動性エーテルモデルは境界条件の固定を要求しているが, これは無際限かつ無限な宇宙空間という理論と矛盾している。

磁束としてのエーテルの速度, また誘電変位の大きさとしてのエーテルの回転速度に関する仮定がケルヴィンによって提唱された。数学的な困難との関連で, これらの仮説はしかるべく発展させられなかった。ケルヴィンはさらなる精緻化の結果, 回転に起因する変形に対してのみ抵抗を示す系を得るため, 固体と流体のジャイロスタット (ジャイロスコープ) からなるエーテルというモデルを構築するに至った。ケルヴィンはこの場合に得られる方程式は電気力学の方程式と一致していることを示した。それだけでなく, ケルヴィンはエーテルを乱流運動のうちにある流体として検討しようと試み, 乱流運動には振動運動が伴っていることを示した。

この理論はケルヴィンの著書『渦原子について』（1867年）[55]においてさらに発展させられた。そこでは、エーテルは摩擦のない完全な非圧縮性流体として提示されている。ケルヴィンは、原子はヘルムホルツのトロイダル渦環であることを示した。この着想はそれより少し前にランニグ [William Duncan Rannig か?] によってその著書『分子渦について』（1849~1850年）において提唱された。この本の著者はいくつかの最も単純な相互作用について検討している。エーテルと物質の相互作用のあり得るメカニズムがラーモア [59] によって検討された。

J.J.トムソン（1856~1940年）の学派はこの方向での研究を継続した。J.J.トムソンはその著作『電気と物質*』、『物質*とエーテル』、『光の構造』、『ファラデーの力管とマクスウェル方程式』その他 [60~64] において、物質*と相互作用の渦理論を逐次発展させていった。彼は既知の単純な仮定に従った場合、量子渦環の表式がプランクの法則の表式 $E = h\nu$ と一致していることを示した。J.J.トムソンはエーテルの渦理論から出発して $E = mc^2$ であることを示した。J.J.トムソンがこの公式を得たのはアインシュタインよりもはるか前の1903年であり、しかもこれが重要な点であるが、アインシュタインとはまったく別の前提、とりわけ自然界にはエーテルが存在するという前提から出発してこの公式を得たにもかかわらず、この公式を導出したのはアインシュタインだとされている。

J.J.トムソンは1880年から1928年までの間に出版された一連の著書において述べられている、きわめて整然とした理論を創出した。しかし残念ながら、エーテルの性質が理想化されていること、すなわちエーテルが連続的な理想的非圧縮性流体として理解されていることが、この理論の唯一の欠点となっている。

このように、W.トムソン（ケルヴィン卿）とJ.J.トムソンはすべて単一の物質*であるエーテルについて検討し、その様々な発現の仕方を、その相異なる形態の動力学的運動に起因するものとした。

エンゲルスがエーテルの渦理論を見逃さなかったことを指摘しておきたい。彼は『自然の弁証法』[65]の「電気」の節で次のように書いている。「[ファラデーによる仮定によれば、——訳者補足] 電気とはエーテル粒子の運動であり、そしてその運動には物体の分子が関与している。様々な理論はその運動の性格を相異なった仕方でも描き出している。マクスウェル、ハンケルおよびレナールの理論は、渦運動に関する最新の研究に依拠しつつ、各理論のそれぞれのやり方で、エーテル粒子の運動のうちにやはり渦運動を見ている。こうして、古いデカルトの渦が、あらゆる新知識の領域において再び名誉ある地位を見出しつつある」。エンゲルスの表現によれば、「エーテル理論は、(略) 電氣的運動の本来の物質的基体となっているものは何か、その運動によって電氣的現象を呼び起こしている本来の事物は何かを解明する見通しを与えている」。ここではさらに、エンゲルスが現象の単なる記述的抽象化ではなく、現象のまさに物理的本質の解明に大きな注意を払っている点に関心を引く。

一連のエーテル理論がロシアにおいて創出された。世界エーテルの性質に関するオイラー（1707~1783年）の着想 [66~68] はリーマン（1826~1866年）に影響を与えた。リーマンはその講義「幾何学の基礎にある仮説について」において世界空間の構想について述べ、オイラーが直面したいくつかの困難を解決した。

M.V.ロモノーソフ（1711~1765 年）はすべての特殊な種類の物質*——熱、光——を否定し、エーテルのみを認めた。彼はエーテルを用いて、圧力差から生じる惑星に対するエーテル粒子による推力の結果として引力を説明した [69~75]。ロモノーソフのこの着想は、ルサーージュの同様の着想よりほぼ 40 年前に発表された。

エーテルの化学的性質を決定しようとした D.I.メンデレーエフの試み [76] はきわめて興味深い。D.I.メンデレーエフはエーテルに実験的にアプローチするため、きわめて低い圧力下における気体の弾性に関する幅広い研究を行った。D.I.メンデレーエフは次のように書いている。「既に 70 年代、化学的な意味においてエーテルとはいったい何なのか？という疑問が私の頭の中にしつこく居座っていた。最初、私はエーテルは極限状態にある希薄気体の総体だと考えていた。その答えに対するヒントを得るため、私は低圧下での実験を行った」。「世界エーテルは完全に一様な気体ではなく、極限状態に近い何種類かの気体の混合物である、すなわち我々の地球大気と同様、何種類かの気体から構成されていると考えられるのではないかと、私には思われる」。

エーテルはメンデレーエフによって化学元素表の「ゼロ行目」に記載され、「ニュートニウム」と命名されたが、後にこの行は表から削除された。

1870 年代、気体状エーテルの理論が I.O.ヤルコフスキー [77] によって提案された。彼の見解によれば、エーテルの要素はある固有の性質、すなわち、衝突時には相互に抑制し合い、障害が取り除かれると、停止する前と同様にその運動を継続するという性質を持っている。ヤルコフスキーはエーテル粒子のそのような挙動の本性について検討しなかった。ヤルコフスキーは気体状媒質としてのエーテルという理解に依拠していくつかの物理的現象について検討し、特に、引力モデルを創出しようと試みた。1920 年代には気体状エーテルモデルが P.A.ピオトロスキー [P.A. Piotrovsky] によって検討されたが、それはいくつかの個別現象、主として引力の定性的モデルのレベルにおける検討であった。

相対性理論が既に広く知られるようになったそれより後の時代にも、ソ連と外国の何人かの学者は渦モデルの観点に立って力学的エーテル理論を擁護した。彼らの仕事の中では、K.E.ツィオルコフスキー [78] による研究、Z.A.ツェイトリン [79, 80] による主として概観的な性格の研究、J.M.ウィテカー [81] による研究、N.P.カステリン [82] による研究、V.F.ミトケーヴィチ [83~85] による研究、等々に注目する必要がある。

カステリンの著書 [82] では空気流の渦運動と電磁気現象の間の類似性が検討され、渦運動に関するオイラーの数学的結論に含まれる理解の不十分さが指摘されている。気体は個別粒子からなり、連続的ではないにもかかわらず、オイラーの結論は連続媒質という理解から出発しているからである。カステリンは主として渦運動に関する空気力学の方程式、また電磁場の方程式を精緻化し、それらの間の深い類似性を指摘した。

ソ連科学アカデミー会員 V.F.ミトケーヴィチによる「W.トムソンの仕事」（1930 年）、「現代物理学の基本的な見方」（1933 年）、基本的な物理学的見方」（1934 年）[83~85] その他の論文では、エーテルが存在する事実を承認する必要性が主張されているだけでなく、あるエーテルモデルが提案されている。ミトケーヴィチは、そのモデルの基礎には J.J.トムソンの着想が取り入れられていることを包み隠さず語っている。

ミトケーヴィチはエーテルに対する力学的観点を擁護し続けた。彼はある著作におい

て、「厳密な軌道に沿って運動しており、普通は電子の体積とみなされている体積の中に収まりきる、要素的な磁気渦として特徴づけることのできる環状電子」について検討している。ミトケーヴィチは「エネルギー源から分離し、エネルギーを他に供与するにつれて縮小してゆく、閉じた磁力線」がエネルギーの伝達体であると考え、磁束がヘルムホルツの渦と相似していることを指摘していた。しかしそれでもやはり、ミトケーヴィチの仕事における主要な功績はかなり未完成なこのエーテルモデルではなく、エーテルの存在を訴えたことにある。

ミトケーヴィチは「基本的な物理学的見方」で次のように書いている。「物理的内容をまったく持たない絶対的に空虚な空間はいかなる波動の伝播の舞台にもなり得ない。

(略) 力学的運動——すなわち、我々の3次元空間全体を連続的に満たしているこの第一物質*^{〔訳注〕}の体積要素の空間的移動——がその中で生じることのできるエーテルを承認することそれ自体は、機械論的な観点の特徴ではない。(略) 最後に、“力学的運動”という用語の内容をしかるべきやり方で現代化した上で、この用語を完全に明確な形で復活させるとともに、我々があれこれの物理的過程の究極的構造を認識しようと努力を払ういかなる場合にも、当該の物理的实在物の空間的移動を取り扱う合法的権利を物理学的思考が持っていることを承認し、物理学的思考を解放する必要がある。(略) 誤った科学哲学的道具立てとの闘いを、力学的運動を検討する合法的試みに対する迫害とすり替えてはならない。力学的運動それ自体は物理的過程の本質のすべてを解き明かすものでは決してないが、疑いもなく、あらゆる物理的過程の構造の土台をなしている。最後に、“力学的 [mechanical]”と“機械論的 [mechanistic]”を同一視した用語の使い方をやめるべきである。残念ながら、現代の科学哲学と物理学の文献においては、これがしばしば生じている」。

文献〔23~26, 79, 81, 86~96〕では、エーテルに関する構想および「物理的真空」に対する現代的見解の発展の歴史に関する概観が与えられている。

エーテルに関する理論とモデルの精緻化と並行して、そのようなものとしてのエーテルは自然界に存在しないという見方も発展していった。

1910年、アインシュタインはその論文「相対性原理とその帰結」において「空間全体を満たしているという媒質の存在を否定することなしに、満足すべき理論を創出することはできない」と書いた。アインシュタインはそれより後の論文「エーテルと相対性理論」(1920年)と「エーテルについて」(1924年)ではエーテルの存在に関する見解を変えているが、この事実はあまり知られておらず、大多数の理論物理学者のエーテルに対する態度に影響を及ぼさなかった〔97〕。

科学アカデミー会員のYa.I.フレンケリは世界エーテルの存在を断固として否定し、エーテルの性質の探求を「求神主義と建神主義」になぞらえ〔89〕、遠隔作用の原理を擁護した。現在も「遠隔作用」に関連した着想は発展し続けている。ところが、それと同時に、多くの研究では「物理的真空」、「真空流体」、等々といった考え方がますますしばしば用いられるようになってきている。これは事実上、世界エーテルの考え方が別の

〔訳注〕 「第一物質*」(または「一次物質*」)は、哲学用語としては「第一質料」(または「一次質料」)(ラテン語: *materia prima*)と訳されている。

呼び名で復活しつつあることを意味している。一連の真空効果——場のエネルギーのゼロ準位、粒子の仮想状態、真空偏極、等々——が発見されている。このことは、空虚としての真空という考え方を放棄し、真空の構造という問題を再度設定することを余儀なくさせている [90, 91]。

上記の議論は、実は、現象の内部メカニズムの物質*的基礎を探求する必要があるという見解と、現象の外的記述のための適切な数学的道具立てを見出せばそれば十分であるという見解との間の論争である。これは動力学と現象論の間の論争である。しかし動力学的アプローチにとって、現象とは内部メカニズムの作用、物質*の隠れた運動形態の結果なのであって、外的記述はそのメカニズムからの帰結にすぎない。自然現象がまさにそのようなものである理由を理解しようとすることは、現象論や現象の外的記述の枠内にとどまっている研究者には気づかれることのない、数多くの側面を考慮に入れることを可能にする。

1.2. エーテルに関する既知の仮説、理論およびモデルの欠点

エーテルに関する多種多様な仮説やモデル、理論が多数存在するにもかかわらず、それらの提唱者たちは、少なくとも主要な形態の物質と主要な種類の相互作用を包含しているような、多少なりとも完結した無矛盾な世界像を創出することができなかった。それらすべての仮説とモデルには、それが発展していくことを不可能とする、あれこれの原理的欠点がある。それらの欠点の主な原因は方法論上の原因である。

主な欠点は3つあった。

第1の欠点は、最初期のものから最近のものにいたるまで、あらゆる仮説やモデル、理論は、ある一定の狭い範囲の現象のみを検討し、それ以外の現象には触れようとしなかったことである。当然のことながら、デカルトとニュートンのモデルは電磁気現象、いわんや原子内相互作用を考慮に入れることができなかった。ファラデー、マクスウェル、ローレンツ、ヘルツその他の研究者たちによる研究では重力が考慮されず、物質構造の問題も検討されなかった。ストークスとフレネルは事実上、光行差現象のみを説明しようと試みていた。ナビエ、マッカラー、さらに W.トムソンと J.J.トムソンは主として電磁気現象の領域を検討していた。ただし、W.トムソンと J.J.トムソンはそれでもやはり、ある程度まで物質構造の本質を洞察しようと試みていた。

このように、いずれのエーテル理論も物質構造の問題や主要な種類の相互作用の問題に対する答えを与えようとせず、そのため、それらを別々の問題として扱う結果を招いた。

ニュートンとルサージュのモデルを除き、ほぼ例外なしにすべてのエーテルに関する理論やモデルに共通していた第2の大きな欠点は、エーテルを連続媒質として検討していたことであった。それだけでなく、研究者たちの大部分はエーテルを理想的な流体あるいは理想的な固体として検討していた。ある一つの物理的条件あるいは現象についてのみ許容されるエーテルの性質のそのような形而上学的理想化が、考え得るすべての物理的条件や現象に対して自動的に敷衍して適用され、このことが不可避免的に矛盾に導いた。

最後に挙げた W.トムソンと J.J.トムソンの理論を除くすべての理論の第3の欠点は、原子や粒子の物質の物質*をエーテルの物質*から分離して取り扱っていることである。エーテルは、まったく不可解な仕方で物質粒子からエネルギーを受け取り、また物質粒子にエネルギーを与える自立的な実体として立ち現れている。フレネルとローレンツの著書においては3種類の互いに独立した実体、すなわち、エーテルに依存していない物質；物質を自由に透過するエーテル；不可解な仕方で物質によって創出され、物質によってエーテルに伝達され、再び物質によって受け取られる光が立ち現れている。そこでは、それらすべての伝達と転化のメカニズムのいかなる解明もなされていない。

相互作用エネルギーの担体であり、物質構造の基礎である媒質の存在という事実自体は上に列挙した提唱者たちによって正しく主張されていたにもかかわらず、上に列挙した欠点が、それらの理論を利用し、また出発点をなしている前提の枠内でそれらの理論を発展させることを事実上不可能にした。

しかし、エーテルに関するすべての理論とモデルの最も重大な欠点は、エーテルの性質が実質的に公準 [postulate] として設定されていたことである。事実上誰一人として、エーテルの物理的パラメーターのいかなる哲学的あるいは方法論的基礎についても、一度たりとも提唱したことはない。この点において、エーテルの諸パラメーターの決定は、自然界にエーテルは存在しないという主張と同様の公準的な性格を持っていた。エーテルの物理的性質は、既知の実験データ——当時、それは明らかに不十分であった——にもとづいて決定されたものではなく、当該の構想のそれぞれの提唱者の趣味にもとづいて公準として定められたものであった。しかし、すべての提唱者は、エーテルは理想的で絶対な何ものか、例えば理想流体であるという点では意見が一致していた。エーテルは万物を透過する性質を持つとされていたが、その際、その万物透過のメカニズムはまったく裏づけられていなかった。物質を透過するとき、エーテル流は粘性その他の原因によって抑制力を受ける可能性があることは、一度も検討すらされなかった。

フレネルのエーテルはローレンツのエーテルと同様に絶対的に静止したエーテルである。ヘルツのエーテルは運動する物体によって絶対的に捕捉されるという性質を持っている。マクスウェルのエーテルは理想流体であり、そこではヘルムホルツの渦の法則が働いている。マクスウェルは、ヘルムホルツによれば、渦——マクスウェルにおける磁場——とはエーテルの渦状形成物であり、理想流体中においては生成することも消滅することもできない（それは明らかに実験と矛盾する）ことに注意を払わなかった。このように、エーテルの性質の理想化は、そのようなすべての理論をただちに矛盾と崩壊の運命に陥れる。

エーテルのそのような理想化がエーテルに関する実に多様な構想の多くの提唱者によって研究方法として採用された理由は、方法論的な観点から理解することができる。それは、当時はエーテルの性質を多少なりとも正確に決定するためのデータが存在しなかったからである。自然科学は物質素粒子の挙動に関するデータを蓄積しておらず、気体力学はまだ発展していなかった。ただし、それらのデータのいくつかの側面は当時既に知られていたのだが、それらの側面は重視されていなかった。一般的に、自然科学のどの発展段階においても普遍的物理不変量を定式化することは可能である。せめて、媒質は世界空間全体を自然な仕方で満たしていなければならない、顕著な抵抗を生じさせな

いという観点から出発しさえすれば、エーテルの性質を公準として定める際、気体媒質をモデルとして提案することは可能であった。しかしそれはまったくなされなかった。これは、自然科学の事実上での発展段階においても物理学の方法論的基礎の検討が不十分であったことを物語っている。弁証法的唯物論はある程度までこの空白を埋めた。しかし経験が示しているように、エーテルに関する理論や仮説、モデルを開発しようと試みていたどの研究者の場合にも、弁証法的唯物論が研究のための道具となることはついになかった。自然界におけるエーテルの存在を薄弱な根拠にもとづいて否定している者たちの場合、弁証法的唯物論が研究のための手引きにならなかったことは言うまでもない。

1.3. エーテル風. 現実と捏造

エーテル風の探求の歴史 [92, 98] は、現代自然科学の歴史の中で最も込み入ったもののうちのひとつとなっている。エーテル風を研究することの意味は、何らかの個別的物理現象に関する研究の枠を大きく越えている。この方面における初期時代の研究結果は 20 世紀の自然科学全体に対して決定的な影響を及ぼした。1881 年と 1887 年にこれに関する実験を行なった米国の研究者、A. マイケルソンと E. モーリーの初期の実験におけるいわゆる「ゼロ結果」は、エーテル風は地球表面には存在しないという考え方だけでなく、エーテル——世界空間全体を満たす世界媒質——は自然界に存在しないという確信へと 20 世紀の物理学者を導いた。それより後の時期にこれらの研究者や他の研究者たちによって得られたいかなる肯定的結果も、もはやその確信を揺るがすことはなかった。また、A. アインシュタイン本人が 1920 年および 1924 年の論文で「物理学はエーテルなしでは考えられない」と主張し始めた時でさえ、このことは状況をいささかも変えなかった。

しかし、現在明らかになりつつあるように、かつて、エーテル風研究の分野においては、一連の研究者たちによってきわめてしっかりした研究がなされていた。そのうちのいくつかの研究はきわめて豊富な肯定的データを与えていた。そのような研究としてまず最初に挙げる必要があるのは、言うまでもなく、その人生の事実上すべてをエーテル研究に費やしたすぐれた米国人研究者、ケース応用科学学校教授デイトン・ミラーによって行なわれた研究である。彼とその研究グループによって得られた結果全体が同時代の学者たち、またそれより後の時代の理論物理学者によって「不承認」のカテゴリーに分類されたことは彼の罪ではないが、彼と我々にとって災厄であった。ミラーの研究が終了した 1933 年頃までの間に相対論者たち (A. アインシュタインの特殊相対性理論の追随者たち) の学派は既にしっかりと地歩を固め、何ものもその基盤を揺るがすことができないよう、用心深く監視を行なっていた。それに加えていくつかの実験の結果もそのような「不承認」を促した。それらの実験において、実験者らは、本人たちはそう願ったわけではないが誤りを犯してしまい、その結果、所要の効果を得ることができなかった。そのような結果が意図的なものであったという理由で彼らを責めることはできない。彼らはただ単に、エーテルの本性、性質、エーテルと物質の相互作用を理解していなかったために、実験を行なう際に原理的な誤りを見逃してしまい、その結果として成

功を収めることができなかつたすぎない。今日では、それらの不首尾の原因は完全に理解されている。

しかし、エーテル風をめぐる問題の上には、いわゆる「科学共同体」の否定的見解が相変わらず重くのしかかつており、これがエーテルに関する理解の復活、そしてこのきわめて将来性のある自然科学領域における活動の展開にとって深刻な障害となっている。今日必要とされているのは、せめてこの問題における真の状況を理解し、将来、過去の研究者たちが犯した誤り——それは、この方向におけるそれ以降の研究が放棄された間接的な原因でもあった——を繰り返さないようにするため、エーテル風探求の歴史全体を批判的に解釈し直すことである。

エーテル風の問題の発端となったのは、1728年に天文学の分野で J.ブラッドリーによって発見された光行差現象である。光行差を説明するため、一連の仮説が提唱されたが、その中で最も有益なのは、1825年に A.フレネルによって提唱され、後に H.ローレンツによってその運動する媒質の電気力学において利用された仮説である。

J.C.マクスウェルはその死の少し前、地球がエーテル中を通過して運動しているとすれば、地球表面にエーテル風が存在していなければならないと指摘した [99]。残念ながら、経路の一区間における光の通過時間の変化を測定するためのあらゆる方法は光を出発点に戻すことを必要としており、それゆえ時間差はエーテル風の速度の 2 乗と光の速度の 2 乗の比に依存することになるが、それはきわめて小さい値であり、そのため、それを測定することは事実上不可能であるとマクスウェルは指摘していた。

それにもかかわらず、1880年、A.マイケルソンが干渉計——交差する 2 本の光路を持つ測定装置——を開発し、これを用いることでそのような測定を行うことが可能になった。しかし、得られた結果は予想される値と一致しておらず、偏差は誤差の大きさの範囲内にあることが判明した [100]。

マイケルソンは 1881 年の実験結果に満足せず、その際に使用した干渉計が振動ノイズに対して高い感受性を持っていたことを反省し、1886~1887 年、E.モーリー教授と共同で作業を継続し、干渉計を著しく改良した。そして水銀を満たした容器に浮かべたフロートの上にその干渉計を設置することにより、振動の影響を取り除いた [101]。結果は再び肯定的なものであったが、しかし、予想されていた値とはまたも一致していなかった。得られたエーテル風の速度は予想値の少なくとも 10 分の 1 であったからである。そのような不一致の原因という問題が生じた。

1892 年、G.フィッツジェラルドと H.ローレンツは互いに独立に、干渉縞のシフトが生じない原因は、干渉計のアームの物質がエーテル中を通過して運動するとき、アームが短縮すること、すなわち、物質中のあらゆる結合は電気的な性格を持っているために各電荷の場の変形が生じ、その結果、原子が近づき合う（そのとき、物体の幅はそれに比例して増加する）ことにあるという仮説を発表した。そこで、異なる物質はおそらく相異なる相対的短縮作用を受けるはずであり、それゆえ、異なる材料で作られた 2 本の棒（検証実験では鋼材とマツ材が用いられた）の短縮における差を捉えることができるという予想が立てられた。これに関する検証実験は肯定的結果をもたらさなかった。ただし、地球の表層がエーテル流を遮断している可能性がある [25~27] 以上、実験を地下

室で行うのは誤りであるという意見, また, 干渉計を孤立した山の上に設置して実験を行うことが適切であるという意見が表明された。

その実験は, 1905 年, E. モーリーと D.C. ミラーによってユークリッド山 [Euclid Heights (米国オハイオ州クリーブランド近郊の山)] の山頂の海拔高度 250 m の地点において継続された。結果は確実に記録された。エーテル風のマグニチュード [wind magnitude (風ベクトルの大きさ, すなわち風速)] は $3 \sim 3.5 \text{ km/s}$ であった [102]。

その後, その実験は D.C. ミラー教授によって継続された。彼は実験の実施のために約 40 年を費やし, 1925 年にすべての実験を終了し, その結果をワシントン科学アカデミーにおいて報告し [103], 報告書 [104] を発表した (図 2.1)。

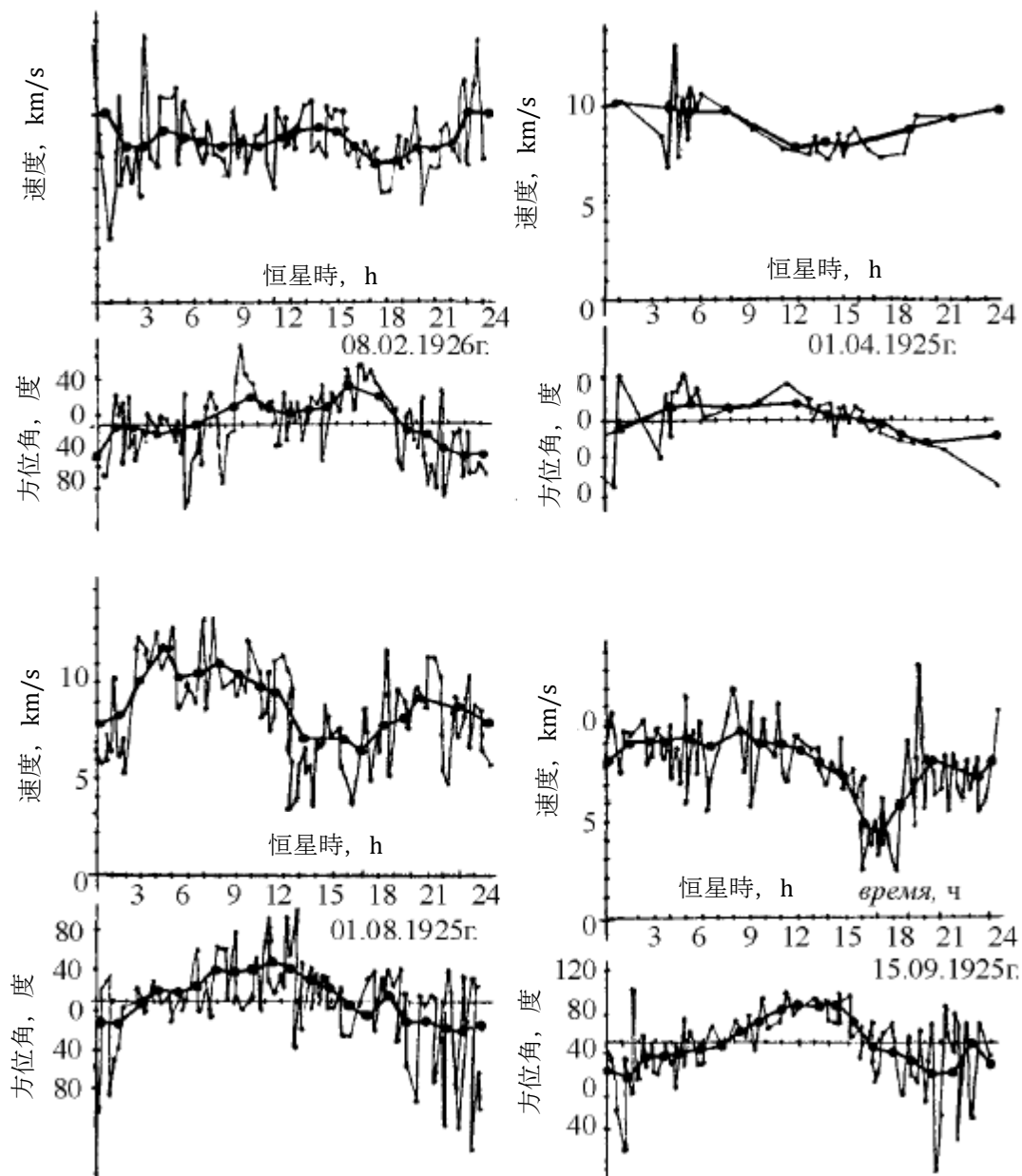


図 2.1. 1925 年に D. C. ミラーのグループによりウィルソン山上で行われたエーテル風の記録の断片

実験は高度 6000 フィート (1860 m) のウィルソン山天文台において大型干渉計を用いて行われた。ミラーとそのグループによって膨大な統計データが収集された。例えば、1925 年だけで 100,000 回以上のカウントが行われた。その結果、この高度におけるエーテル風の速度が約 10 km/s であり、その方向は軌道方向ではなく、銀河系の方向であることが検出された。エーテル風の速度が高度によって変化していることを考慮し、エーテル流は地球によって部分的に捕捉されているという結論が下された。これは、境界層の法則性および球 (地球) の周りの気体流に関する気体力学の今日の理解と完全に一致している。

マイケルソンとモーリーから受け継いだ干渉計を用いて 1905~1907 年と 1921~1925 年に一連の実験を行ったミラーによる研究の結果、エーテル風の速度の高度に対する明確な依存性が存在することが明らかになった。エーテル風の相対速度は、1881 年と 1887 年に示されたとおり、地球表面では小さく、海拔高度 250 m ではおよそ 3 km/s、高度 1860 m では 8 km/s ないし 10 km/s であった。このように、エーテル風の相対速度は高度とともに増大している。

ミラーはデータの処理結果において、エーテル風の方法は、仮に地球が静止エーテル中を運動しているとした場合、地球がりゅう座 (赤緯+65°, 赤経 262°) の方向に向かって移動することになるような方向であることを見出した。ミラーの実験における確率誤差は 2°を超えていなかった。

ミラーは得られた結果について 1927 年 2 月 4~5 日にウィルソン山天文台で開催された特別会議において報告し [105]、その後、1933 年に長大な総括論文を発表した [106]。

ミラーが得た結果は球の周りの気体流に関する理論と完全に一致している。

球の周りを流れるとき、気体は境界層を形成する。境界層内においては、物体の表面に最も近い層は物体と一緒に運動し、物体から離れた層はある中間的な速度を持つ。さらに離れると、気体の速度はある値以降、自由空間における速度と一致するようになる。言い換えると、境界層はある一定の厚さを持っており、その厚さは気体と球の両方の諸パラメーターによって決定される。

境界層は、気体流の中心軸に対する反射角が $\varphi_{\text{ref}}=109.6^\circ$ である座標を持つ地点において剥離する。気体は、その座標以降は、球からの距離がそれとは異なっている地点においては、剥離した後には球からある距離のところを通過する境界層までの間において、球に対して静止していなければならない。

これと類似した方向性を持つ研究が、別の研究者たちによっても行われていた。上記の特別会議において、R.J. ケネディ [R.J.Kennedy] は、ミラーが 1926 年にその結果を発表した後、自分がミラーとは別の測定装置を考案し、開発したことを報告した。彼の意見によれば、それはより単純で、しかし干渉縞が 0.001 に達するきわめて高い感度を持った装置である (ただし、干渉縞の端部のぼやけは 10~20% (!) にも達していた。——筆者)。装置はヘリウムが充填された気密な金属箱の中に密閉された。装置の調整作業は 1927 年初めまでに完了し、すべての実験が既に実施され終わっていた。ケネディはその会議において、いかなる結果も得られなかったと報告した。彼はその結果を、金属箱で厳重に遮断された彼の装置が検出装置として不適切であったためとは解釈せず

に、自然界にエーテル風は存在しないことを裏づけるものとして解釈した。それ以外にもそれと類似した試みがなされた。例えば、1926年、A.ピカルル [A. Piccard] と E.スタエル [E. Stahel] はブリュッセルにおいて干渉計を上空まで気球によって上昇させた。彼らもまた、装置を金属箱の中に密閉していた。この実験の場合、結果は不確定と判定された [97]。

1929年、A.マイケルソンは F.G.ピーズおよび F.ピアソンとともにエーテル風検出実験を再度行なった [107, 108]。今回の実験はウィルソン山天文台の前回と同じ高度において完全に成功裡に遂行され、彼らは 6 km/s の風速値を得た。この速度がミラーのデータよりも小さいことは、マイケルソンが実験を行った場所が堅牢な建物内であり、その壁がエーテル流の速度を若干低下させたという理由によって容易に説明される。

このように、自然界にエーテルは存在しないことが 1881 年と 1887 年に行われた実験の結果にもとづいて「確実に立証された」と考えることに根拠はない。逆に、これらの研究、特にミラーの研究はエーテルの存在を明確に裏づけている。他の研究者たちによる短期間の検証の不確定性は、何らかの証拠というより、むしろ、実験のずさんな準備の仕方を示していると考えられる。

ミラーによって得られたエーテル風の方向が、予想される地球の公転軌道平面内の方向と一致していない点に注目したい。この結果は、世界空間中において地球が太陽や銀河系と一緒に運動しているということより、むしろ、エーテル風が銀河系内部において運動しているということを反映している。

1929~1933年、マイケルソンとその共同研究者たちにより（マイケルソンは 1931 年に死去した）、部分真空中における実験が行われた。光速度の測定はウィルソン山上に設置された長さ 1600 m、直径 1 m の鉄管中で行われた。鉄管内の空気は排除されていた。エーテル風の影響は検出されなかったが、それは驚くにあたらない。なぜなら、金属は特に高いエーテル動力学的抵抗を持っており、したがって鉄管が効果を遮蔽するからである。そのような方法によってエーテル風の検出に成功する確率は、屋外で吹いている空気の風の速度を密閉された室内に配置された測定装置を使って測定しようとする場合と同じである。

1958~1962年、アメリカの研究者でレーザーの発明者である Ch.タウンズ [Ch. Townes] の研究グループは、回転プラットフォーム上に配置された 2 台のレーザーを用いてエーテル風の速度を測定しようと試みた。エーテル風は光を加速させ、受け取る光の周波数を変化させると予想された。その効果は得られなかったため、実験者らは自然界にエーテルは存在しないと宣言した。

上記の実験にはきわめて重大な誤りが含まれている。すなわち、エーテル風は信号の位相を変化させることはできるとしても、その周波数を変えることはけっしてできない。なぜなら、互いに静止している振動源（レーザー）と受光器（干渉像）におけるドップラー効果は、常にかつ原理的にゼロと等しいからである。

文献 [98] においては、ここまでに列举されている実験が記述され、自然界におけるエーテル風の存在の問題に立ち戻る必要があるという問題提起がなされている。

現在、エーテル風に関する研究作業は一連の研究者たちによって創意に富んだやり方で進められている。それらの作業は 1 次精度の効果（その効果は、エーテル風の速度の

光速度に対する比の 1 乗に比例している) ——電波領域における信号の位相変化の測定, レーザービームの平均状態からの偏差の測定——を利用して行なわれている。それらの研究結果は地球表面においてさえもエーテル風が存在することを裏づけたが, しかし今のところ, 相対性理論の支持者たちを動揺させるには至っていない。

1998~2002 年, ハリコフのウクライナ国立科学アカデミー電波物理学・電子工学研究所において, エーテル風に関する複合的研究——最初に気象条件が 8 ミリ波帯の電波の伝播に及ぼす影響に関する研究 (基線長 13 km), 次にエーテル風が光の伝播に及ぼす直接的影響に関する研究——が Yu. M. ガラエフによって行われた [109]。この研究では日間変動と年間変動が検出された。測定結果の処理は 1925 年のミラーの結果との間の事実上完全な相関を示した (図 2.2, 図 2.3)。

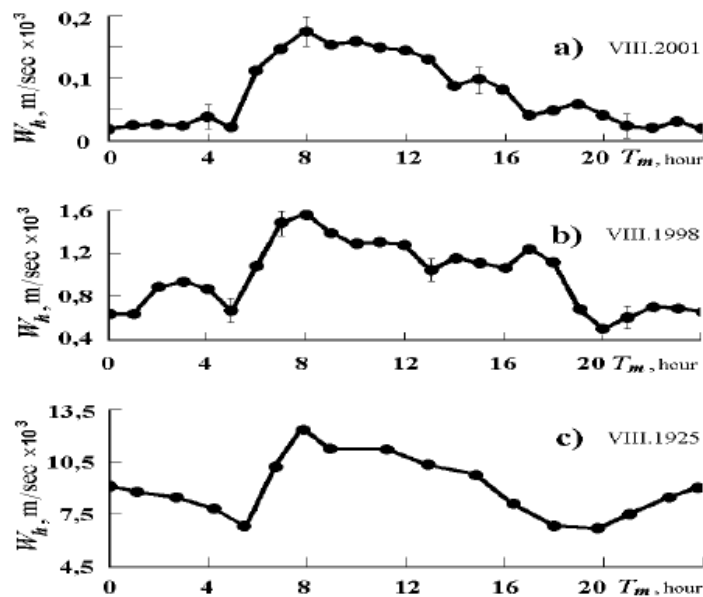


図 2.2 各種実験データによる 8 月期におけるエーテル風の速度の日間変化: a) 光の伝播に関する Yu.M. ガラエフの実験 [109]; b) 8 ミリ波帯の電波の伝播に関する Yu.M. ガラエフの実験 [109]; c) D.C. ミラーの実験 [103~106]。

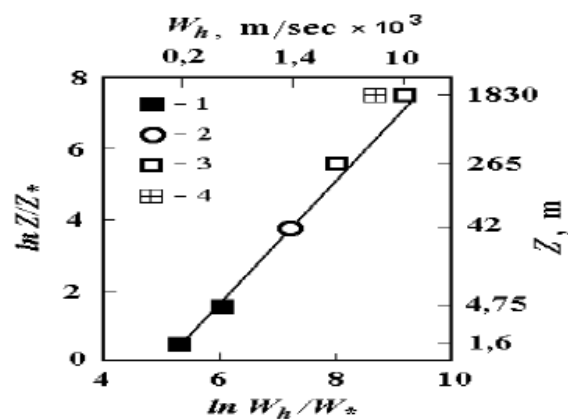


図 2.3 地球表面からの高さに対するエーテル風の速度の依存性: 1) 光の伝播に関する Yu.M. ガラエフの実験 [109]; 2) 8 ミリ波帯の電波の伝播に関する Yu.M. ガラエフの実験 [109]; 3) D.C. ミラーの実験 [102~105]; 4) A. マイケルソンの実験 (1929 年) [107, 108]。

このように、エーテル風が存在しないことは実験的に裏づけられているなどとみなすことに根拠はない。逆に、行なわれた実験は、エーテル風は存在すること、エーテル風は高度とともに増大すること、エーテル風は軌道方向ではなく、銀河系の方向を持っていることを明瞭に示した。このことは、エーテル風に関する研究が継続して行われなければならないこと、特に、山頂における実験と人工衛星を用いた宇宙空間における実験が実施されなければならないことを意味している。

エーテル風の測定は科学と実践のために何を与えるか？ 科学にとっては、その測定は地球近傍空間、太陽系および銀河において進行している諸過程、また宇宙全体の構造に関する従来よりはるかに完全な理解を得る可能性を与えてくれる。

実践的な目的のために地球近傍およびより遠い空間におけるエーテル風に関する体系的研究を行えば、それによって地球上で生じる諸過程に対して宇宙的要因が及ぼす影響を適時に検出し、それを考慮することが可能になる。それらすべての過程は例外なしに慣性的なものであるから、地球近傍空間におけるエーテルの諸パラメーターの状態——エーテルの密度、粘性率、温度、エーテル流の方向と速度の変化——にもとづき、将来の地球的諸過程を経時的に予測する方法を開発することができる。これによって宇宙からの影響が地球に及ぼす多数の否定的結果を著しく削減することが可能になり、それらの結果について警告を発し、あるいはそれらを完全に回避することさえできるようになるかもしれない。

結 論

1. 古代から現代にいたるまで、自然科学の発展にはエーテルに関する構想が伴ってきた。20 世紀初頭までの間に様々な提唱者によって作り出された世界像と物理理論は、自然界には世界媒質——物質構造の基礎であり、物理的な場と相互作用のエネルギーの担体であるエーテル——が存在することを想定していた。

2. エーテルに関する理論、モデルおよび仮説の多数の提唱者たちの不成功は、エーテルの問題に対するそれらの提唱者たちの誤った方法論的アプローチに起因していた。それらのアプローチに従い、エーテルの性質は実在する現実の諸現象の一般化の結果から導き出されるのではなく、公準として定められ、理想化されたものであったため、このことが不可避免的に矛盾をもたらした。しかし、その理由は何よりもまず、自然科学は必要とされる事実の蓄積段階をまだ通過しておらず、気体力学も素粒子に関するデータも存在していなかったという事情によって説明される。それらの科学領域やデータが現われたのはようやく 20 世紀半ばになってからであるが、この時期、エーテル理論に関するあらゆる研究は官僚的なやり方で停止された状態にあった。

3. 20 世紀に根をおろした物理現象に対する現象論的アプローチは、特に理論物理学への相対性理論と量子力学の導入と関連したものであり、エーテル概念の放棄、その結果として現象の内部メカニズムの無視、物質*の内部運動の軽視へと導いた。物理現象は時空のゆがみの結果として説明されるようになった。さらに、電磁相互作用の個別的性質、特に電磁気エネルギーの量子化、光速度が、例外なくあらゆる物理的相互作用に対して人為的かつ根拠なしに適用された。このようなアプローチが自然についての人間

の認識可能性に限界を設けてしまった。

4. 現代理論物理学は、信用を失ったものとして「エーテル」という呼び名を避け、「物理的真空」、「特殊な種類の物質*たる場」といった呼び名の下で世界媒質概念を間接的に導入することを余儀なくされており、これによってその哲学的基礎における一貫性の欠如を露呈している。

5. 得られた実験結果と相対性理論あるいは量子力学の公式との一致は、それらの理論の妥当性を意味しない。なぜなら、それらとはまったく異なる基礎、例えば自然界には普通の実在気体の性質を持ったエーテルが存在するという理解から導き出される気体力学の依存関係を基礎として、それらと同じ数値的結果を得ることが可能であるからである。

6. 否定的結果を与え、自然界にエーテルは存在しないという主張の根拠となっている「エーテル風」検出実験は、あるいは方法論的に誤ったやり方で（Ch.タウンズ，1958~1962年），またあるいは不適切な装置を用いて（ケネディ，1925~1927年；イリングワース [K. K. Illingworth]，1926~1927年；ピカールとスタエル，1926年）行われた。それらの実験結果は、自然界にエーテルは存在しないという一義的結論のための根拠を与えない。

7. 地球近傍空間における「エーテル風」の存在を証明する直接的な実験的証拠が存在する。それらのデータはモーリー（1901~1905年），ミラー（1921~1925年）およびマイケルソン（1929年）によって得られた。彼らの研究結果は、自然界にはエーテルが存在するという事実だけでなく、それが気体状の構造を持っていることも物語っている。現在、エーテル風の測定に関する新たなすぐれた試みが順調に進められている。また、1次精度の高感度測定装置が創出されており、これがエーテル風の研究を質的により高いレベルに引き上げることを可能にしている。

8. 地球近傍空間におけるエーテル風の体系的研究を行う必要性は、認識上の一般的な目的だけでなく、実践的課題とも関連している。宇宙が地球に及ぼすすべての影響は地球の周囲のエーテルを通じて生じているからである。それらすべての過程は慣性的なものであることを考慮すると、宇宙からの影響に起因する地球上の多数の事象の効率的予測システムを創出するために、他の既知の方法とともに、地球近傍空間におけるエーテルの諸パラメーター——エーテルの密度、粘性率、温度、エーテル流の速度と方向——の状態に関する体系的研究という方法を利用することができる。これにより、自然と人間に起因する多数のカタストロフィを含め、そのような影響から生じる否定的結果を最小化することが可能になる。

第2章 エーテル動力学の方法論的基礎

自然の認識を課題とする科学は、その認識が可能であるという仮定から出発し、この命題に従って判断を下しながら研究を行わなければならない。

H. ヘルムホルツ [1]

2.1. 普遍的物理不変量

エーテル動力学の方法論の基礎的原理を決定するためには、その前に、自然科学の目的という問題に答えなければならない。特に、それに対するあれこれの答えが方法論そのものをかなりの程度まで決定することになるため、自然科学の目的を明確にしておく必要がある [2]。

自然科学の目的は、新たな知識の応用的利用を可能にすることであるとする言明が知られている。また、科学の目的は記述的なものであるとする意見、例えば、得られた実験結果を補外し、さらに物質*的世界の法則として宣言される数学的依存関係を得ることであるとする意見が存在する。

しかし、上に挙げた意見は、ある面から見ると極端であり、また別の面から見ると明らかに不十分である。実際、科学全体およびその個別分野のプラグマティックな目的を究極的な目的としてではなく、最重要かつ唯一の目的として解釈することは、自然の認識そのものが背景に追いやられ、あるいは完全に消えてしまい、そしてその結果、応用的な成果も表面的で偶然的なものになってしまうという結果を不可避免的にもたらす。経験が示しているように、最良の実践的結果は、設定されている応用的課題とは無関係のように見えるかもしれない、科学の諸領域が交差する地点に存在する。それを得るためにはさらなる努力が要求される。したがって、実際における科学の最大効率、応用的結果を迅速に得るという発想とは矛盾している。

現象の数学的な定量的・関数的記述は有益なものであり、ある場合には、応用的結果を得るための、また新たな効果や現象を予言するための不可欠な条件ともなっている。しかし、それぞれの物質*的物体が持つ質と性質の無限の多様性を考慮すると、あらゆる数学的記述は客観的現実のきわめて狭く、かつ一面的な反映であると断言することができる。そこには、1) 数学的依存関係が現象のすべての本質的側面を反映しているといういかなる保証もない。2) 新たな実験を設定することが現象の何らかの新たな側面を解明するという保証はない。なぜなら、新たな実験の設定自体が、既に得られている「法則」そのものが導き出されたのと同じ数学的依存関係に依存しており、したがってまた、同一の狭い領域の現象に属しているからである。こうして、「法則」は常に裏づけられることになる。かつてある時に発見された「法則」の枠外に出ることは、きわめて困難である。なぜなら、それぞれの実験には誤差が存在するため、「十分確立された法則」からの逸脱はその誤差に分類されてしまい、質的に新たな実験は行われなからである。新たな領域の探索は偶然的なものとなり、期待される結果は不確定なものと

なる。

マクスウェル [3] が正しく指摘していたように、数学の公式は現実の現象の単純化の結果であり、物理的理解によって裏づけられていない数学の公式を利用することは、「それにより、我々は当該の法則からの帰結をあらかじめ計算することができるものの、説明されるべき現象を完全に見失い、そのため、それらの現象の内的関係についてのより幅広い理解に到達できなくなる」という結果に導く。

このように、応用的側面も記述的側面も自然科学の主たる目的にはなり得ない。

現象の本性を解明し、その現象が他ならぬそのようなものである理由を説明するとともに、今はまだ知られていない何らかの質がそれらの現象の内に存在しないかどうかを解明することが、自然科学全般、とりわけ物理学の主たる目的とならなければならない。しかし、そのようなアプローチは、現象の内部メカニズムの理解、検討される現象や効果に参与している物質*的形成物の間の因果関係の分析を要求する。それらの内的関係や因果関係を解明すれば、現象を説明すること、すなわちその現象が他ならぬそのようなものである理由を説明することが可能になる。現象における物質*の内的関係と内部運動を解明すれば、外的記述のみを利用する場合より、さらに完全に現象の本質を究明することが可能になる。そのようなアプローチを取った場合には、得られた数学的依存関係の適用範囲を考慮し、許容可能な近似を正しく定式化することができる。このことは、必要な場合、得られた数学的依存関係をさらに精緻化する可能性を与えてくれる。

あらゆる現象に共通する物理的基礎、あらゆる種類の物質のための共通の構築材料、物質*の階層的組織化のあらゆるレベルにおける物質*的形成物の構造的組織化を解明することが、自然科学の基礎としての物理学の最高の目的とならなければならない。しかし、それをなし遂げることができるようにするためには、まず最初に普遍的物理不変量、すなわち、物質*的構造の任意の変換時や任意の過程において不変であり続けるようなカテゴリーを決定する必要がある。

よく知られているように、あらゆる実験の結果となるのは、物理諸量の間の相関関係である。それらの諸量のうちのどれを恒常的で独立した不変量とみなすかに応じて、実験において得られた最初の相関関係と結びついているそれ以外の諸量は変量となる。ある場合には、そのような相関関係から得られる結論が、自然科学全体の発展に本質的な影響を与えるほど重要なものとなることがある。

例えば、粒子速度が光速度に近づいていくときの粒子質量の決定に関する実験においては、粒子が飛行するコンデンサーの場および磁場の強度と、粒子の電荷、飛行時間、軌道の曲率半径および質量とを結びつける複雑な依存関係が得られる [10]。それらの場の強度と粒子の電荷を不変量として採用した場合には、質量は変化するという結論が導き出される。ところが質量を不変量とみなした場合には、その同じ依存関係を、速度に対する電荷の依存性の検出として解釈することができる。これはブッシュ [Vannevar Bush] によって指摘されたことである。粒子速度が光速度（電場の伝播速度）に近づいていくとき、粒子と場の間の相互作用が減少しなければならない（進行磁場中を運動している非同期電動機の回転子とのアナロジーによる）ことを考慮すると、それと同じ依存関係は、電荷と質量が不変であるときにおける、荷電粒子と場の間における相互作用係数の依存性として解釈されなければならない。この依存関係には、これら以外の解釈

もあり得る。

アインシュタインの相対性理論では光速と4次元インターバルが普遍的物理不変量として採用されている。4次元インターバルにおいては、座標の増分は同一の光速を通して時間の増分と結びついている。このことは、第1に、光速は電磁的な量であり、核の相互作用とも重力相互作用ともまったく無関係であるにもかかわらず、すべての種類の相互作用を光速に対する依存性の下に置き、第2に、空間のゆがみと時間の遅れという理解に導いた。不変量のこの選択からの直接的な結果は、物体の速度が変化したときの質量の可変性、物体の大きさの変化、エネルギーと質量の等価性、等々であった。もし普遍的物理不変量として別の量が選択されていたならば、結果はまったく異なるものとなり、相対性理論はまったく異なる姿を持ったことであろう [5]。

以上述べたことから、不変量の選択には大きな注意をもって臨まなければならないことが分かる。不変量の選択において恣意が生じる可能性があることとの関連から、当該の研究対象に関する方法論的基礎を入念に検討する必要がある。普遍的物理不変量に求められる基礎的要件について検討しよう。

普遍的物理不変量の役割を要求することができるのは、絶対的にすべての物理現象に存在しており、あらゆる形態のあらゆるレベル、またあらゆる種類の相互作用においてあれこれの形で本質的な仕方で発現しているような物理量のみであることは明らかである。それらの物理量は、物体、物質、分子、原子および素粒子の内部における物質*組織化レベル、また惑星、恒星、銀河および全宇宙のレベルにおいて存在していなければならない。それぞれの巨視的過程の基礎をなしているのは、巨視的過程の法則性を決定づける、それに対応する微視的過程であるのだから、このことが不可欠な要件をなす。自然は統一的なものであるから、微視的世界と巨視的世界に共通する普遍的物理不変量を探し出さなければならない。そうすることにより、様々な過程、現象、実験に存在するその他の量も、その不変量との関係において評価することが可能になる。このアプローチによれば、普遍的物理不変量は、あらゆる物質*組織化レベルに存在し、あらゆる現象にとって本質的な意味を持つ諸量の中からのみ探し出すことが必要となる。

この見地に立った場合、例えば電荷のような量は普遍的物理不変量にはなり得ない。このカテゴリーは微視的世界に実在してはいるものの、分子、物質、星、銀河への物質*組織化レベルにおいては本質的な仕方で発現していないからである。いずれにしても、原子および分子の内部における電荷の存在は、より高い段階の組織化における物理的相互作用にとっては本質的な意味を持たない。特に重力については、そもそも電荷の理解なしですませることができる。それだけでなく、素粒子のレベルにおいてさえも、電荷を持たない素粒子が存在する以上、電荷のカテゴリーは必ずしも本質的な役割を演じているわけではない。

それと同じ理由により、個別的物理現象あるいは個別的形態の物質*が持つ特性、例えば光子の諸パラメーター（光子の形状の不変性、光子の運動速度——光速——の不変性、伝播の線形性、等々）は普遍的物理不変量にはなり得ない。

物質*のあらゆる組織化レベルにおける物質*の最も一般的な特性について検討すると、それらすべてのレベルにおいて存在するのは、真に普遍的な4つの物理的カテゴリーのみであると断定することができる。それらのカテゴリーとは、語の本来の意味での

物質*, 空間, 時間である。空間と時間における物質*の存在とは, 物質*の運動, しかも力学的運動である [6]。

このことは, ある物質*組織化レベルにおけるあらゆる物理現象は, 力学に帰着しなければならないということを意味している。

実際, 生起するあらゆる現象についての判断は, その現象が, 空間 (空間の外では何も生起しない) と時間 (すべての過程は経時的に進行する) の中で, 物質*と無関係ではなく, 物質*とともに生起する (すべての現象は物質*的である) こと, そしてこのことそれ自体が既に物質*の運動を意味していることとの関連においてのみ下すことができる。F.エンゲルスが正しく指摘したように, 世界には運動する物質*以外の何ものも存在しないのである。

物質*, 空間, 時間およびそれらの総体である運動のカテゴリーは全宇宙の基礎をなしている。あらゆる物質*組織化構造, あらゆる過程, あらゆる物理的自然現象を検討する際には, 常にこれらのカテゴリーを, 出発点をなすカテゴリーとみなさなければならない。出発点をなすこれらのカテゴリーは, それら自身に対して論理的前提をなすカテゴリーとなっている。それらは連続的である。すなわち, 空間と時間における物質*の運動は連続的であり, 変えることができるのは, その運動の形態のみである。このことから, 原因と結果の連鎖は連続的であり, それぞれの結果は明確な原因を持っていると同時に, 今度はそれ自体が新たな結果にとっての原因となる [7]。

物質*, 空間, 時間およびそれらの総体である運動のカテゴリーは, 宇宙全体から物質素粒子にいたるまでのあらゆる物質*組織化レベルにおいて妥当する。それゆえ, それらのカテゴリーは物質「素」粒子より深い物質*組織化レベルにおいては妥当しないとみなすことには, いかなる根拠もない。そしてこれは, あらゆる物質*組織化レベルにおいて同じ物理法則が働いているということ, したがって微視的世界においては巨視的世界と同じ法則が働いており, そこには巨視的世界とは異なる微視的世界に「固有」のいかなる法則も存在しないということを意味している。

語の本来の意味での物質*, 空間, 時間は, あらゆる物質*組織化レベルにとって普遍的なカテゴリーとして, それら自身に対し, いかなる個別的組織化形態にも, 個別的種類の運動にも, 個別的現象にも依存しない, 普遍的物理不変量として立ち現れる。したがって, 普遍的物理不変量は公準として定められるのではなく, 自然の解明に対する唯物論的アプローチにおいてはそうでなければならないように, 自然科学に知られているあらゆる実験データの一般化にもとづいて決定される。

不変量を実際の依存関係の中で利用するためには, それに対応する尺度——測定単位——が必要とされる。測定単位としては, それに対応する物理量の単位を取ることができる。例えば, 時間の尺度としては, 以前は 1 日の $1/24 \cdot 60 \cdot 60$ と定義され, その後, 原子周波数標準と関連づけられるようになった秒という時間の単位が登場する。空間の尺度としては, 長さの単位およびその誘導量 (面積と体積の尺度) が登場する。長さの単位としてはこれまで様々な標準が採用されてきたが, 現在では, メートル (パリ子午線の長さの $1/40,000,000$) が単位として採用され, その後, これも原子周波数標準と関連づけられるようになった。これらの量を時間と空間の尺度として採用することの妥当性は自然科学の経験全体によって裏づけられている。物質*と運動の量の尺度について

言えば、ここでは追加的な但し書きが必要となる。

物質*量の直接的な尺度は現在にいたるまで発見されていない。古典物理学においては、質量が間接的な、しかし物質*量の厳密に比例的な尺度とみなされていた。相対性理論は速度に伴う質量の可変性という概念を導入し、このことにより、質量を物質*量の尺度として利用する可能性に対して疑念を生じさせた。

原理的に、質量は物質*量の間接的な尺度にしかなり得ず、直接な依存関係によってではなく、他の諸量も含まれている関数的依存関係によってのみ物質*量と関連づけることができる。しかし、慣性質量が物質*量の不変的な尺度である公算、すなわち、慣性質量が物質*量に比例している公算は、運動する粒子においては、電荷と実験で用いられる電場および磁場との相互作用が不変である公算よりもはるかに大きい。

実際、光速度とは電磁場の伝播速度である。電荷は電氣的な本性を持っている。荷電粒子の速度がその粒子に作用する力の伝播速度に近づくことは、(磁場と電場の強度は電荷に作用する力であるので) 必然的に相互作用の大きさを変化させる。もし粒子が光速度と等しい速度を持っているとすると、電場、少なくとも粒子の軌道に沿った方向を持っている電場は、そもそも粒子に影響を及ぼすことができないはずである。したがって電荷と強度との相互作用は、粒子が運動している場合には非線形でなければならない。質量に対する作用について言えば、質量に対する電磁場の直接的な作用は現在にいたるまで発見されていない。それだけでなく、重力質量と慣性質量の間には厳密な比例関係があることが知られており、実験的にも裏づけられている。しかし、重力相互作用の大きさは電磁相互作用のそれと何桁も異なっている。このことは、重力相互作用は、したがってまた質量もまた、別の物理的基礎を持っているということを意味している。

このように、粒子の速度が光速度に近づくにつれて粒子の質量は変化すると予想することには、そもそもいかなる根拠もない。もしそのような変化が生じるとすれば(このことは上記の実験からは導き出されず、別の方法、例えば停止される粒子の運動エネルギーを決定する方法によって検証することができる)、それは、物質*粒子に、その周囲の媒質の質量が付け加わることによってのみ生じる。今最後に述べた状況には明快なアナロジーがある。すなわち、飛行中の飛行機の前方には高密度のエアクッションが形成され、これが飛行機に対して若干の付加的な質量を創出し、その質量が飛行機の空気力学に影響するという事実である。

慣性質量は物質*量の間接的な尺度である以上、原理的にではあるが、同一でない条件の下では、同一の量の物質*が相異なる質量(とりわけ、重力質量)を持つような条件があり得ると予想することができる。

運動の尺度について言えば、ここでは運動量やエネルギーといった伝統的な尺度が知られている。これらは実験的に何度も裏づけられており、当然、物質*のあらゆる組織化レベルにおいて生起する諸現象も含め、あらゆる現象や相互作用にとって妥当な尺度となっている。あれこれの現象においてそれらのうちいずれの尺度を適用するかは、現象の性格に依存している。ここではエンゲルスの分析を思い出す必要がある。その分析からは、運動量が同一の階層レベルに属する運動の尺度であるのに対し、エネルギーは物質*のより深いレベルに不可逆的に移行する運動の尺度、例えば非弾性体同士が衝突してエネルギーが熱に遷移する場合の運動の尺度であるという結論が導き出される[8]。

不変量のある最も重要な性質に注目する必要がある。根源的な量である不変量は加法法則に厳密に従わなければならない。不変量について、それを非線形的な量として語ることはできない。なぜなら、それ以外のすべての量の測定と評価は、まさに不変量との関係において行わなければならないからである。したがって、重力質量の近傍における光線の曲がりを空間の「ゆがみ」として検討してはならない。そこでは、重力の作用の下で、あるいはそれ以外の過程の結果として光子の軌道が曲がる物理的過程を検討する必要がある。

光学と重力のパラドックスを援用して空間の閉包性について語ってはならない。必要なのは、それらのパラドックスの出現をもたらした推論、また抽象数学的で観念化された性格を持っている推論においては考慮されていなかった物理的要因を探し出すことなのである。それらの現象の検討は、あらゆる現象の本性はそれよりはるかに複雑なレベルにあるにもかかわらず、今はまだきわめてプリミティブなレベルで行われている。

微視的世界のレベルにおける空間と時間の離散性について語ってはならない。なぜなら、あらゆる量の離散性は、別の連続量との関係においてのみ決定することができるからである。他のすべての量にとって出発点となる量である普遍的物理不変量の場合にも、離散性のような概念は原理的に存在することができない。

空間と時間は物質*とともに、何らかの条件やそれらの中で生起する現象には依存しない、客観的なカテゴリーとして立ち現れる。それらは、物質*組織化のあらゆる階層レベルにおける全宇宙の物質*の運動の総体を反映する。あらゆる公式の依存関係のいたる所において、それらの量は引数としてのみ立ち現れることができ、いかなるものの関数にもなることはできない。したがって弁証法的唯物論の原理の利用は、物理的認識のあらゆるレベルにおいて、ユークリッド空間および離散化し得ない一方向的な時間を必然的にもたらす。

空間と時間の見かけ上の「非線形性」が生じたすべての場合において、物質「素」粒子の物質*組織化レベルよりもさらに深い物質*組織化レベルにおける過程も含め、まだ考慮されていない深いレベルの過程を探求する必要がある。

あらゆる物質*組織化レベルにとって普遍的な物理不変量が存在し、個別的現象の間における因果関係の連続的な連鎖、またあらゆる物質*組織化レベルを包含する因果関係の連続的な連鎖が存在する以上、自然界には空間と時間のいかなる優先的なスケールも存在せず、それゆえ、あらゆる物質*組織化レベルにおいて同一の物理法則が働いており、微視的世界の現象のためのいかなる「特殊」法則も存在しないとみなさざるを得ない。このことから、巨視的世界の現象と微視的世界の現象の間の類似性には特別の認識論的意義があるという結論が導き出される。

イギリスの物理学者レイリー卿（1842~1919年）は物理現象における類似性と相似性の問題に特別の意義を与え、これについて次のように述べている。「私は、大科学者たちでさえ、“相似性”という重要な原理に対してわずかな注意しか払っていないことに驚くことがしばしばある。多大の努力を払ってなし遂げられた研究の結果が、それがほんの数分もあればアプリアリなやり方で得ることが可能な結果であるにもかかわらず、新たに発見された“法則”であるかのように伝えられることが稀ではない」。原則的な点では、レイリー卿は正しい。ただし、いかなる場合には他ならぬいかなる類似性

を利用することが可能なのか、いかなる場合には利用することができないかを、その都度知る必要がある。

得られた結果の確実性が明らかになるのは、通常、研究を行った後になってからであって、その前ではない。

4つの普遍的物理不変量、すなわち運動およびその3つの構成要素——物質*、空間および時間——は、次の7つの基礎的性質を持っている。

- ・あらゆる構造と現象のうちに存在する。
- ・あらゆる変換において保存される。
- ・無際限の分割可能性
- ・加法性
- ・線形性
- ・無境界性
- ・いかなる優先的なスケールや区間も存在しない。

不変量のこれらの性質から、我々の客観的世界の次の性質が必然的に導き出される。

- 1) 物質*、空間、時間および運動は消滅させることも創出することもできない。
- 2) 空間のユークリッド性
- 3) 時間の流れの一様性
- 4) 物質*、空間、時間および運動の無際限の分割可能性
- 5) 物質*と運動は空間のあらゆる最小体積のうちに存在する。
- 6) 物質*の空間的構造（場の構造を含む）および経時的過程の連続性（ある過程の終了は別の過程の開始を与える）。
- 7) 空間と経時的過程における物質*の階層的組織化
- 8) あらゆる物質*組織化レベルにおける物理法則の一様性
- 9) あらゆる空間地点とあらゆる時間区間における物理法則の一様性
- 10) あらゆる過程（いわゆる基本相互作用すべてを含む）は力学——空間中における物質*の質量の移動——に帰着する。
- 11) 空間における宇宙の無限性と無際限性
- 12) 時間における宇宙の無限性と無際限性
- 13) 宇宙の姿はあらゆる時代を通じて（平均的には）不変である。

原理的には、普遍的物理不変量およびそこから導出される結論を定式化するための資料は、自然科学のあらゆる発展段階において十分に存在していた。しかし、19世紀初頭までの段階においては、その定式化は緊急を要する問題ではなかった。19世紀には唯物論的方法論は既にかかなりの程度まで失われた。そして20世紀には物理学全体が観念論に向かっていった。いずれにせよ、その定式化がなされたことはない。

自然科学のどの発展段階においても、普遍的物理不変量は物質*の構造と過程のモデル構築のための基盤を創り出す。自然科学が次なる危機を迎えている時代である現在、これはとりわけ緊急を要する問題となっているのだから、この機会を利用する必要がある。

以上述べたことから、次の原理的な命題が導き出される。世界には運動する物質*以外の何ものも存在しない以上、あらゆる物理的相互作用は内部メカニズムを持っており、

力学，すなわち空間と時間における物質*の質量の移動に帰着させることができる。互いに帰着させ得ない 4 つの基本相互作用——核の強い相互作用と弱い相互作用，電磁相互作用，重力相互作用——が存在するという現代理論物理学の有名な命題は，それらは現実には互いの間で帰着し合わないという意味においてのみ正しい。しかし，かつて，熱は力学に帰着させ得ない物質*の特殊な種類の運動に属するとみなす誤りを J.フーリエが犯し（1822 年），それから 50 年後，L.ボルツマンが熱とは分子の動力的運動の一変種であることを示したのと同様に，現代物理理論もまた，それらの基本相互作用は力学に帰着させることができないとみなす誤りを犯している。以上において検討した普遍的物理不変量からは，それらの基本相互作用は力学に帰着する——ただし，それらの基本相互作用より深いレベルにおいて——という結論が直接的に導き出される。

2.2. 構造と過程のモデル的（定性的）理解

あらゆる現象の内部メカニズムの解明は，それらの現象に關与する物質*的形成物の間の關係と相互作用の背景に因果原理が認められている場合にのみ可能となる。物理現象とは，内的過程，往々にして現在到達している物理学の發展レベルでは突き止めることのできない内部メカニズムの結果であるから，因果性という事実を認めることは原理的な意義を持っている。それを承認することが，認識のあらゆる段階において，現象の内部メカニズムが存在し，それを解明することが可能であることに事前に確信を持たせるからである。

このこととの關連において，エンゲルスの次の主張を思い出すことが有意義である。「(略)しかし，表面上，偶然の戯れが生じているまさにそこで，その偶然性そのものが隠れた内的法則に起因していることが判明する。問題全体は，それらの法則を発見することにある」[8,9]。

しかし，現在においては，世界の構造を非決定論的なものとみなし，そうすることによって世界の構造の解明と認識に原理的な制約を課している，それとは正反対の見地の方がはるかに広く流布している。

自然界にはエーテル——物質の構築材料である世界媒質——が存在するという理解を放棄したことが，物理学を原子内媒質の放棄に導いた。相対性理論が成立した直後の 1920 年代に出現した量子力学は数学的抽象化を利用し始めたが，そのとき依拠していたのは，実は，1911 年に提唱された，かなり視覚的にイメージすることができるラザフォードの惑星モデルであった。しかし，それには多数の欠点があり，それが多数のパラドックスをもたらした。それらのパラドックスの解決は，明らかに不満足なモデルを改善する方法によってではなく，公準や「原理」を導入する方法によって行われるようになった。公準や原理とは，公理タイプの恣意的な主張であり，その根拠は，そこから導き出される若干の帰結が裏づけを見出したということではない。しかし，公準や原理の際限のない適用は新たなパラドックスをもたらした，それらの解決は同じ方法で行われた。現象の力学自体は検討されなかった。こうして，既に 20 世紀初頭にレーニンが物理学について述べた「物質*は消え，方程式だけが残った」[10]という命題，すなわち，他ならぬ世界の構造に關する物理的理解が物理学から投げ捨てられたという命題が

裏づけられた。しかし、このことによって袋小路への道が敷かれた。

有名なハイゼンベルクの不確定性原理（ボームの表現によれば「非決定性原理」）は、量子力学のレベル、より正確に言えば物質*を物質「素」粒子に分割したレベルで行われる研究においては、そのような個別的系の詳細な挙動に関する精密な因果律を見出すことはできず、こうして、原子の領域においてはそのようなものとしての因果関係の解明を断念せざるを得ないという結論に物理学者たちを導いた。事実上、これによって物質*および客観的世界の法則性の認識の可能性に障壁が築かれた。

それゆえ、何人かの指導的物理学者は非決定論の原理に同意せず、偶然性を、客観的に存在している諸要因が考慮されていない結果とみなしている。例えばボームはその著書 [11] において、実験には非本質的な未考慮の要因が常に関与しており、このことが偶然性として発現しているのだと指摘している。しかし、ボームが指摘したのは、偶然性の発現のわずか一つの主観的な側面にすぎないという点に注目しなければならない。それに劣らず重要なのは、巨視的過程のレベルにおける効果が発現するためには、微視的過程のレベルにおける変化の十分な蓄積が必要とされるということに関連した第 2 の客観的な側面である。この事情が、あらゆる種類の量子過程や離散過程、またあらゆる種類の非線形性、感知不能領域、現象の内的調節因子のフィードバックと関連している。その例として、普通の乾燥摩擦を挙げることができる。ある固い表面上に横たわっている物体は、それに加えられた力がある大きさに達しないうちはその場から動かないが、その大きさを過ぎると一気に動き出す。物体がその場から動き出すやいなや、摩擦の大きさが低下するからである。しかし、これと類似した過程が微視的世界でも生じている可能性がある。速度、物体の大きさおよびレイノルズ数と呼ばれる媒質の粘性の間に、ある関係があるときの流体流中における渦の形成もその良い例となる。レイノルズ数の値が小さいときは渦は形成されないが、速度が増加し、レイノルズ数が増大すると、ある一定の時点から乱流が現れ始め、次に定常渦が現われる。

微視的世界のレベルにおけるあらゆる過程は、客観的には、観測可能性という事実に依存していないことにも注意しなければならない。ところが、一種の独我論が多数の物理学者たちによって主張されている。すなわち、現象は、我々がそれを観測する限りにおいて存在するのであり、それゆえ、測定機器による結果の歪曲が、現象の性格に関する一義的結論を下すことを不可能にするという主張である。確かに、しかるべき措置を取らない限り、測定技術がその方法の不完全さのせいで実験結果を歪めることは言うまでもない。しかし、必要とされるのは、歪曲を許容範囲内に収めるような測定手段を選び、あるいは創出すること、また測定される値が歪められないような補正方法を適用することなのである。

以上の見地から、物質*のあらゆる組織化レベルにおける現象の内部メカニズムを解明することが原理的に可能であるという結論が導き出される。

因果関係という事実を承認することは、現象のメカニズムを解明することを可能にすると同時に、現象の内部における素相互作用 [elementary interaction] という問題を我々に課する。それらの素相互作用は、粒子同士の直接的な衝突であれ、粒子と場の相互作用であれ、相互作用する 2 つの要素の間において、空間の共通地点における直接的な接触を通じてのみ生じることができる。空虚な空間を通じた 2 つの要素の相互作用を含意し

ている「遠隔作用」(“*actio in distans*”)の原理は、相互作用する要素同士の間他に他ならぬ空虚な空間が存在することを想定しているため、現象のメカニズムを解明することが原理的にできない。この原理に類する試みは現在にいたるまで止むことなく続けられているとは言え、この原理は既に19世紀の物理学者たちによって無効を宣告されたものであり、そこに立ち戻るべきいかなる必要もない。

それぞれの素相互作用は別の素相互作用からの結果であるとともに、今度はそれ自体が別の諸要素の間における次の相互作用の原因となる。このように、原因と結果の連続的な連鎖が存在する。

諸事象の因果関係の連鎖の連続性を承認することは、概して言えば、あらゆる素現象[*elementary phenomenon*]と素相互作用には統一的な内部メカニズムがあるということ、したがっていかなる場合にもそのようなメカニズムを排除しないということを含意している。歴史が示すところによれば、現象の種類が増加し、したがって現象のメカニズムのバリエーションも増加する可能性が大きくなったはずであると思われるにもかかわらず、実際には、自然科学の発展の過程でそれらのバリエーションの数の減少過程が進んだことに注目したい。

1822年、フーリエは「(略)力学理論がいかに大きな包括性を持っていようと、それらの理論は熱的效果にはけっして適用することはできない」という結論に達した[12]。ところが既に1868年、すなわちフーリエのその言明からわずか46年後、ボルツマンは、熱運動とは力学的運動の一変種であることを示した[13]。

相互作用の種類の数はこの減少過程は今も続いている。現在、その数は4つ、すなわち核の強い相互作用と弱い相互作用、電磁相互作用、重力相互作用に帰着している。しかし、因果関係の連鎖の閉包性を承認することは、それらの4つの相互作用の基礎には統一的な過程が存在していなければならないという結論に導く。世界には運動する物質*以外の何ものも存在しないという事実から、空間中における物質*の質量の移動こそがその統一的な過程でなければならない、したがっていわゆる「基本」相互作用は空間中における物質*の質量の移動に帰着させられなければならないという結論が必然的に導き出される。

現象の内部メカニズムの解明の原理的可能性は様々な方法で現実化することができる。その一つはランダムな仮説を提唱し、それらの仮説からの帰結を検証し、現実の事象と比較する方法である。それらの仮説は抽象数学的な性格、あるいは定性的な性格を持つことができる。その肯定的な例は、かなり抽象的な立てられ方をしているが、微視的世界の検討にとって有益で、しかも実際の観測結果と完全に満足し得るほど一致している一連の解を与えたシュレーディンガー方程式である。若干の既知の現象を記述するだけでなく、若干の新たな現象を予言することを可能にした相対性理論は、それとは異なる例としての役割を果たすことができる。

しかし、その外見的な魅力にもかかわらず、この方法は現象の内的本質を解明しないため、多くの場合、現実から遠ざかる方向へ導く。

実際、現象の研究の基礎に据えられた恣意的な仮説は、それと同様に恣意的な帰結の体系を与える。そして、それらの帰結が若干の既知の現象と偶然に一致することもある。しかし、それらの帰結がまだ発見されていない、現実中存在するそれ以外の事実と一致

するという確信はまったくない。新事実の発見は、承認を勝ち得たその仮説がその事実の予言にとって不整合であればあるほど困難となる。

それぞれの個別的現象は1つの方法ではなく、多数の方法によって説明することが可能であるから、個別的現象のグループは、それらの現象を一般化する任意の数の仮説や理論の範囲内にちゃんと収めることができる。したがって、仮説から導き出される諸帰結を比較する方法だけではまったく不十分である。

現象のメカニズムの本質的側面の検討は、それらの現象の一般性に関する理解からのみ出発することができる。そのためには、その検討を行うのと同時に、あらゆる既知の現象を検討し、それらの一般的な特徴を抽出することが必要とされる。しかし、これを行う際にも、任意の数の理論が得られる可能性がある。それには、互いに排除し合う理論も含まれている。ここでその良い例として挙げられるのは、自然におけるエーテルの存在を絶対的に否定しているにもかかわらず、独自の静止エーテル理論から出発して当該の変換を導出したローレンツの変換を数学的基礎として利用している、アインシュタインの特殊相対性理論である。したがって、統合理論を構築するためには、現象そのものだけでなく、弁証法的唯物論の諸命題をも考慮に入れなければならない。その際には、それらの諸命題を、客観的世界の最も一般的な側面を反映している実験的に検証済みの事実とみなすべきである。それだけでなく、統合理論においては、その理論の限界、またその後における精緻化の可能性も検討され、明確化されていなければならない。理論と実際の事実の間に矛盾が生じた場合には、特殊相対性理論がエーテル風検出実験に関してそうしたように事実を投げ捨てるのではなく、その矛盾を理論の精緻化、また必要となるときは理論の修正のために利用しなければならない。最後に、統合理論は、定量的・関数的記述によって裏打ちされた定性的理解から出発しなければならない。しかもその定性的理解は、具体的な課題を解決する際、関数的・定量的記述の限界および許容される単純化を見出すことを可能とするようなものでなければならない。

それぞれの対象や現象は無数の側面と質を持っており、したがってそれらは無数の項を持つ無数の方程式を用いない限り、完全に記述することはできないということを忘れてはならない。

このように、対象や現象に関する実際のあらゆる数学的記述は部分的、近似的な性格を持ち、研究された対象や現象のごく一部の側面しか捉えておらず、しかも、必ずしも設定されている研究目的にとって本質的であるとは限らない。このことから、あらゆる対象や現象に関する理解、すなわちそれらのモデルは絶えず精緻化することができ、またそうしなければならない、したがってそれらのモデルを記述している数学的依存関係も精緻化することができ、またそうしなければならないという結論が導き出される。そのような近似化や精緻化の数は無限である。

以下において提案される方法は、客観的な物質*的現象、あらゆる物質*組織化レベルにおける諸現象の因果性、そしてあらゆる自然現象は統一的であり、モデルと記述を客観的現実の逐次的に近似させていく必要があるという理解から出発している。これは何か特に新しいものではなく、唯物論的認識論の普通の方法である。物質、相互作用および物理現象の統合理論の構築を可能とすることができるのは、まさにこの方法に他ならない。

2.3. 現象の内部メカニズムの解明方法

現象の内部メカニズムの解明方法を決定する際には、各現象およびその各要素の性質の数が原理的に無限大であることに関連した、ある種の原理的困難が生じる。それゆえ、性質の総体の中から、設定されている課題にとって本質的な意味を持っているような性質を抽出することが特に重要となる。それを抽出する際は、捨象される性質をどう取り扱うかを決定する必要がある。それらの性質を考慮の範囲外に置くことが、物質*や現象の形態の単純化をもたらすからである。

文献においては、研究対象の単純化の方法論という問題が幾度も検討されてきた。研究者たちはあれこれの理論を選択する際、しばしば「単純性」という判断基準を主要な論拠の一つとして利用してきた。それゆえ、この点についてより詳しく論じることが適切と思われる。

一部の文献、例えば[14]では、あれこれの理論体系の選択における真理性の判断基準として「帰納的単純性」を選択すること、すなわち、「(略) その諸前提が、より幅広い変換群に対して不変であり続ける」ような理解の体系を選択することが提案されている。しかし、これには異議を唱えなければならない。なぜなら、その変換群自体は既得の知識のレベルを反映しているのだから、その変換群はその意味で必然的に一面的なものとなり、そのようなアプローチは主観的な性格を持つことになるからである。

より単純な方法を選択することは、最終的に研究者を当初の目的——真理の探究——から遠ざける可能性がある。例えば、現象の内部メカニズムの探索を捨象し、数学的記述に独立した意味を与えることは、そうしないことよりも著しく単純である。しかし、それは結局、真の一次的理解の代わりに、数学的な面で最も都合の良い理解が採用され始めるという結果をもたらす。残念ながら、まさにそのようなことがかなりしばしば生じている。内部メカニズムの存在を完全に無視し、その代わりに確率的概念を採用した量子力学全体がその例である。

いわゆる「単純性の原理」はしばしば「世界の客観的物理像を無視する原理」となっている。

そのようなアプローチがいかに遠い所まで影響を及ぼすかは、E.マッハの言明を例に取るとよく分かる。マッハは物質*量概念を否定し、「数学的量としての質量の概念は理論物理学のいくつかの方程式を満足している」ことを認め、このことが「科学にとってきわめて好都合である」[15]と言っている。ここでは、質量は客観的実在としてではなく、研究者にとって「好都合な」、方程式中の一種の係数として立ち現れている。

アインシュタインは次のように書いている[16]。

「概念や関係性、特に実在する対象の存在、また一般的に言って“実在する世界”の存在は、それらが感覚的知覚と結びついている程度においてのみ正しいと認められるのであって、それらはその感覚的知覚の間で思考のつながりを形成する。(略) カントの大きな功績の一つは、この認識可能性を抜きにして外的世界の实在性を主張することの無意味さを示したことにある。(略) 科学の目的は、ある面から見ると、様々な感覚的知覚の総体の中におけるそれらの感覚的知覚の間の関係をより完全に認識することなのかもしれない。そしてそれは、別の面から見ると、(世界像における論理的統一性を

可能な限り達成する、すなわち、論理的要素が最小限になるよう努めつつ) 最小限の一次的な概念や関係性を適用する方法で、その目的を達成することなのである」。

アインシュタインにとって、単純性という判断基準は直接的な行動指針であったことに注目する必要がある。既に言及したように、アインシュタインはその著書 [5] において、フィゾーの実験結果とマイケルソンの実験結果の矛盾を解決するためには 2 つの可能性があると指摘している。すなわち、1) エーテルは完全に静止している。2) エーテルは運動する物質*によって引きずられるが、物質*の運動速度とは異なる速度で運動している。彼はその先でこう書いている。「(略) 第 2 の仮説を発展させるためには、エーテルと物質*の間の関係に関する何らかの仮定を導入する必要がある。第 1 の可能性は**きわめて単純であり** (強調は筆者)、マクスウェルの理論にもとづいてこれを発展させるためには、理論の基礎を複雑化させる可能性のあるいかなる追加的仮説も必要とされない」。この命題がアインシュタインをエーテルの否定に導いた。

もしアインシュタインが第 1 の命題の「単純性」の誘惑に負けずに「より複雑な」第 2 の命題を研究していたなら、彼がどのような結果に到達したであろうかは、今はもう憶測するしかない。いずれにせよ、第 2 の命題においてはエーテルの否定など原理的にまったく問題にすることはできず、したがって特殊相対性理論はこの世に出現しなかったはずである。アインシュタインは第 1 の命題を追究したことにより、この路線上で統一場理論を構築するという実りのない試みに多大な時間を浪費することを余儀なくされた。

以上の例にみられるように、「単純性の原理」の適用における恣意は、はるか遠い所にまで影響を及ぼす。しかし他方では、あらゆる物質*的对象の性質の数は無限大である以上、物質*や現象をその性質の総体において検討することは不可能である。このことから、提起されているこの問題の方法論上の重大性が明瞭となる。

いかにすれば対象と現象の本質的側面を抽出することが可能かという問題について決定を下すためには、この問題を歴史的な角度から検討するのが当を得た方法となる [17]。

哲学文献においては、自然現象の本質の分析に関する要件はミレトスのタレスによって最初に提唱されたとみなされている。タレス以前には自然は何か単一にして不可分なものとみなされていたのに対し、彼はその何か単一にして不可分なもののうちに、共通の根源を持つ多数の相異なるものの存在を見て取り、これによって自然の複雑性を指摘し、一種の共通の根源を探究する方法で自然現象を分析するという原理的な方向性を指し示した。彼は「湿の本性」——現代の言い方では流体力学——をそのような根源とみなしていた。

それより後、エンペドクレス (紀元前 490~430 年) はそのような根源として 4 つの「元素」——土、水、空気、火——を提案し、あらゆる対象と現象はこれら 4 つの「元素」の組み合わせから成り立っていると指摘した。

エンペドクレスの着想は、普通歴史家たちに理解されているより、はるかに深い。実際、エンペドクレスが用いている元素の概念を幾分拡張して理解すると、例えば「土」を固体 (固体状態)、「水」を液体、「空気」を気体、「火」をエネルギーとなり、我々は事実上、物質*の 3 つの基本状態——固体、液体、気体状態——および物質が持つエネ

ルギーと出会うことになる。それと同時に、これらの状態のいずれに対してもいかなる追加的な性質も付与されていないということは、エンペドクレスによって導入された各「元素」はその基礎において要素的なもので、単一の質を与えられていることを含意しているということを意味している点に注目する必要がある。

中世における錬金術の発展は、あらゆる物体がそれによって構成されている諸元素の別の体系という問題を提起した。いくつかの「物質」、特に金属、イオウその他若干のものが分離され、そのそれぞれに対し、ある限定された一群の質を与えられた。R.ベーコン（1214~1292年）が述べた物質の発生という着想は、事実上、単純な物質から複雑な物質を合成するという試みであった。このように、物質*の構造に関する理解の発展のこの段階においても、複雑な物質は最小限の数の質を持つ、単純な物質から構成されていることが含意されていた。

化学の発展は、当該の物質のすべての化学的性質を持つ、物質の最小粒子という理解をもたらした。「分子」という用語はようやく 1860 年になってカールスルーエで開催された国際化学者会議において正式の用語として認められたものであるが、この用語とその事実上の意味はそれよりはるか前に既にラヴォアジエ（1743~1794年）によって知られていた。実際、ラヴォアジエは次のことを告白している。「(略) もし我々が、物体がそれによって構成されている**単純な物体や分割不可能な分子を元素**という名称で表すことを望んだとしても、我々はそれらのものを知っていないという公算がきわめて大きい」[18]。

それにもかかわらず、複雑な対象——物体——はより単純な対象——分子——から構成されていると予想されるという論理は、ここでも維持されている。それだけでなく、ラヴォアジエは分解することのできない物質を単純な物質と名づけ、これによって方法の一般性を裏づけた。

物質*の深奥についてのさらに深い洞察はJ.ドルトン（1766~1844年）の名前と結びついている。ドルトンはその著書[19]において次のように指摘している。「(略) 私はこれらの一次粒子を表す言葉として、“粒子”，“分子”あるいは小さいものを表すその他の名称よりも優れていると考え、**原子**という言葉を選んだ。この言葉は他の言葉よりもはるかに意味が深いと私には思われるからである。この言葉はそのうちに他の言葉にはない、分割不可能性という理解を含んでいる」。ドルトンは「(略) 単純な原子であれ、複雑な原子であれ、同一の種類のすべての原子は、必ず、互いの間で形状、形態その他のあらゆる特徴の点で一樣なものとして検討されなければならない」と提案している。

それより後の研究がそれはそうではないことを示したとは言え、原子の一樣性という理解、すなわち性質の数に形而上学的なやり方で制限を設け、より複雑な形成物——分子、物質、物体——がそれによって構成されているレンガである要素に単純性という特徴を与えたことは、自然科学のこの発展段階においては、物質*に関する分析と総合を可能にするための、きわめて重要不可欠な条件であった。

20 世紀初頭に確定された原子の多様性という事実、一部の原子から出る放射線の存在、ある物質の原子の別の物質の原子への変換は、原子は物質*の最も単純で分割不可能な形成物ではないことを示した。1911年にラザフォードが提案した原子の惑星モデルは、原子を構成する「素粒子」の概念を定式化することを可能にした。いくつかの限

られた数の性質が素粒子に帰せられたが、その主要な性質の一つは素粒子の分割不可能性であった。このように、自然科学のこの発展段階においては、原子は複雑な形成物と認められ、そのあらゆる多様性は素粒子の単純な組み合わせによって説明された。そして原子核の深奥についての洞察のみが、「素粒子」そのものはけっして「素」ではないことを示した。

ここまで述べてきたことをまとめると、自然科学のすべての発展段階における物質*構造の分析に共通する方法論的アプローチを指摘することができる。その方法論の要点は次のとおりである。

物質*の性質、形状および運動の多様性に関する事実の蓄積は、物質*の既に解明されている複雑性に関する問題、また既に開発されているレベルよりもさらに深いレベルにおける物質*の共通の形状と性質の存在という問題を提起している。それらの形状と性質は、a) それらに帰せられる本質的な質の数が少ないという意味で単純である； b) それに先行する（より前の）物質*組織化レベルにおける形状や運動の特徴から生じている； c) 現在検討されている（より後の）物質*組織化レベルにおける物質*のすべての性質のうちの一部にすぎず、この理由により、その物質*組織化レベルの開発の初期段階においては、少なくとも必要なデータが蓄積されるまでの間、暫定的に無視されなければならない。

その先においては、新たなデータが蓄積されるにつれて、当該レベルの物質*的形成物は複雑なものであることが再び判明し、より深い物質*組織化レベルに関する理解を導入することが再び必要となる。そして再び暫定的に、後者のレベルにおける「レンガ」が単純なものとみなされることになる。

新たな組織化レベルにおいて発見された物質*の性質は、本質的な性質以外のものではあり得ないことに注意する必要がある。なぜなら、新たな組織化レベルにおける諸性質のうち、先行する組織化レベルにおける物質*の形状と性質の多様性を説明している性質のみが抽出されるからである。このように、上記において述べられていた現象の「単純性」に関する主観的な理解とは異なり、物質*の性質を相異なる組織化レベルにおいて解明しようとする際には、我々は単純性に関する弁証法的概念を相手にすることになる。

物質「素粒子」の複雑性と多様性に関するデータ、また物質「素粒子」には共通の構築材料が存在していることを物語るそれらの相互変換に関するデータが既に十分に蓄積されている以上、見出された一般的な方法論的原理が今すぐに適用されなければならない。

以上述べたことから、次のことを行う必要があるという結論が導き出される。相互作用時における物質「素粒子」の挙動を分析し、その分析にもとづいてあらゆる形態の相互作用に共通する特性を抽出すること。物質「素粒子」のための構築材料である新たな微小な物質*的形成物に対して**最小要素性** [elementariness の仮訳] の性質を付与すること。その形成物の性質からその多様な運動形態を導き出すこと。それらの運動形態から、物質「素粒子」から宇宙全体にいたるまでのより前の形態のすべての種類の相互作用を構成すること。実験によって検証されるべき、自然科学の諸領域における新たな現象や効果を予言すること。

以上説明した方法論的原理は様々な研究者、例えばボルツマン [13] や A.K.チミリャーゼフ [20] によって物質*運動論の個別的課題に対して適用され、成功を収めた。

結 論

1. 現象の本性の解明、すなわち現象の内部メカニズム、現象に関与する物質*的形成物の間における因果関係の解明、ならびにそれらの一般化にもとづいた自然構造の一般的法則性の発見が自然科学の主たる目的とならなければならない。

2. 因果関係という事実を認めることは、現象の内部における素相互作用の本性に關する問題を提起する。要素間におけるそれらの相互作用は空間の共通地点における直接的な接触を通じてのみ生じることができる。このことにより、空虚な空間を通じた物体間の相互作用を想定している「遠隔作用の原理」は否定され、あらゆる物質*組織化レベルにおける近接作用の原理の正しさが確認される。

3. それぞれの対象と現象は無数の側面と質を持っている。それゆえ、それぞれの具体的な記述（モデル、数学的公式、言葉やグラフによる記述、等々）は近似的なものである。このことは、対象や現象に関する理解は、物理的なモデルおよびその数学的記述の改善によって絶えず精緻化されなければならないということを意味している。このことはまた、自然の一部の一般的法則性しか反映していない物理学の基本的な依存関係を改善することが、理論物理学の最も重要な課題の一つにならなければならないということも意味している。

4. あらゆる数学的（論理的、関数的、定量的）に先行して、定性的記述——対象や現象のモデルの構築——がなされなければならない。それらのモデルは、設定されている目的にとって基礎的な意味を持つ対象や現象の質的側面を反映し、それらを質的側面から説明するもの、すなわち、それらの対象や現象を諸部分——ただし、その各部分はその基礎的性質の点では既に明瞭になっているとみなすことができる——の総体、および諸部分の間の相互作用に帰着させることができるものでなければならない。ここから、既知の対象や現象との類似性を適用すること、またあれこれの類似性を具体的な場合に適用することの妥当性を裏づけることが持つ、原理的な重要性が導き出される。

5. 一般的な物理理論を構築する際は、あらゆる変換時や物理的物体の相互作用時にその性質を変えることのないカテゴリーである普遍的物理不変量の決定が、基本的な意味を持つ。普遍的物理不変量は公準として定められるのではなく、既知のあらゆる物理的相互作用と現象の総括的分析にもとづいて決定されなければならない。例外なしにすべての物質*的形成物と自然現象において当該のカテゴリーが存在する事実と一致していることが、普遍的物理不変量の選定基準となる。

6. 普遍性の原理を満たしていないカテゴリーは普遍的物理不変量となることができない。したがって、4次元インターバルや光速度といったカテゴリーは、アインシュタインの相対性理論によって普遍的物理不変量として不当に宣言されたものである。とりわけ、重力現象は電磁気とは無関係である以上、一般相対性理論において電磁気概念（光速度）が重力現象に適用され、この理論が「重力理論」という呼び名を要求していることはまったく不当である。

7. 本章において行われた総括的な分析は、いたる所に存在するカテゴリーとなっているのは物質*, 空間および時間であって、このことは物質*の運動を意味していることを示している。それゆえ、他ならぬこれらのカテゴリーこそが、いたる所で普遍的物理不変量——それ以外のあらゆる物理法則がそれとの関係において検討されなければならない一次的概念——として立ち現れる。

物質*, 空間, 時間およびそれらの総体である運動は普遍的物理不変量として、あらゆる構造や現象における存在, 一次性, 任意の変換時における保存性, 無限の分割可能性, 加法性, 線形性, 無境界性という性質を持っている。

このことは、とりわけ、現実の物理的空間のユークリッド性, 時間の一様性と一方向性, 物質*, 空間, 時間および運動の永遠性と非消滅性, そして宇宙は平均すると同じ姿で維持され, 宇宙にはいかなる「始め」も「終わり」もないことを意味している。宇宙全体は定常的で動的であり, そこでは諸過程の絶えざる移り変わりが進行している。それらの過程はすべて例外なしに空間中における物質*の移動と結びついており, これによって力学的な過程となっている。

8. 巨視的世界と微視的世界のための普遍的物理不変量の性質から, 運動, 物質*, 空間および時間のためのいかなる優先的なスケールも存在も存在せず, したがって, 巨視的世界と微視的世界におけるあらゆる物質*組織化レベルにおいて同一の物理法則が働いており, 微視的世界にはいかなる「特殊な」物理法則も存在しないという結論が導き出される。このことは, 微視的世界における現象を分析したり, 物質*的対象の構造モデルを構築したりする際, 巨視的世界との類似性を幅広く利用することを可能にする。

9. 自然科学の主要な発展方向は, 常に物質*の階層的組織化の深奥に向かう発展であった。次なる発展段階は, 質量と大きさがより小さい, 新たな物質*的形成物に関する理解の導入を特徴としていた。形状と相互作用の点で最も単純な形成物が, 暫定的にそのような物質*的形成物とみなされた。

10. 物質*の構造的組織化は階層レベルの深奥と上方に向かって無限に広がっている。階層レベルの総数は無限であり, 宇宙における物質*, 空間, 時間および運動の総量は無限である。ただし, それぞれの具体的な過程が包含する物質*, 空間, 時間および運動の量は有限である。このことは, 特に, 空間と時間におけるあらゆる場と相互作用の伝播には限界があることを意味している。

11. エーテル動力学の方法論のあらゆる命題は弁証法的唯物論の命題と完全に一致している。

第3章 エーテルの構造

経験は、新たな発見への到達は、ほとんどもっぱら具体的な力学的理解を用いることによってなされてきたことを示している。(略) [エネルギーの] あらゆる特殊な発現の仕方に対して否定的な態度を取り、質的に相異なる種類のエネルギーの存在を認めるという現在流行の傾向は、前進の一步になり得るのであるか？

L. ボルツマン [1]

力学的運動、すなわちこの「第一物質*」の体積要素の空間的移動がその中で生じることのできるエーテルの存在を認めることは、それ自体としては力学的観点の特徴ではない。

V. F. ミトケーヴィチ [2]

3.1. エーテルの構造

前章において述べた方法論は、エーテルの性質の決定に着手することを可能にしている。

あらゆる種類の物質*の構造の基礎をなし、あらゆる種類の相互作用を担っている世界媒質としてのエーテルの基礎的性質の導出は、客観的世界の一般的性質の分析にもとづく方法のみに従って行う必要がある。また、エーテルは世界媒質、すなわち世界空間全体を満たしている媒質であると予想されることも考慮すると、その性質を決定するためには、宇宙空間の真空の最も特徴的な性質を分析する必要がある。さらに、エーテルの要素は、それと同時に、あらゆる物質*的形成物——これには既に研究されている最小の形成物である物質素粒子が含まれる——の構築材料とみなされなければならないものであることを考慮すると、エーテルの性質を決定するためには、物質素粒子の相互作用の最も一般的な側面を分析する必要がある。

客観的世界の一般的な性質から出発してエーテルの性質を決定する際には、物質*、空間および時間は不変量であり、したがって微視的世界のレベルおよびエーテルのレベルにおいて、物質*、空間、時間のいずれにも特殊な性質は存在しないことを考慮しなければならない。そしてこのことは、エーテルは巨視的および微視的世界と同一の物理法則に従っているということを意味している。このことから、エーテルは普通の媒質——固体、液体または気体——のうちの一つでなければならないという結論がただちに導き出される。巨視的世界にはそれら以外のいかなる媒質も存在しないからである。エーテルの性質を決定する際、客観的世界の性質の無限の多様性全体の中でまず最初に考慮する必要があるのは、相互作用エネルギーの伝達および物質*の構造変換に関連する性質である。

巨視的世界の特徴的な現象、およびそれらから導き出される、世界空間全体を満たす媒質としてのエーテルに求められる要件について検討しよう。

宇宙空間は任意のエネルギーの場合および擾乱の伝播に対して等方的であることが自然科学の実際の経験から知られている。宇宙空間のこの性質から、それを満たす媒質は等方性を持っており、その媒質は宇宙空間を空所や転位なしにおのずと満たすという性質を持っていることがただちに導き出される。

実際、宇宙空間では、光、電波および重力場はあらゆる方向に向かって平均的には一様に伝播する。電場、磁場および原子核場もまた、空間中のいかなる方向も選好しない。このように、空間、したがってまた物質が存在しない所で空間を満たす媒質には何らかの非等方性があるとみなすことには、いかなる根拠もない。

宇宙空間を満たす媒質に異方性はないということは、その媒質は、これまで多数の提唱者によって想定されたような液体でも固体でもあり得ないということを意味する。液体は無重量の条件下においては表面張力の作用により、集まって球にならなければならず、このことが球同士の間における空所の形成をもたらすはずである。実在する任意の物理的固体の場合には、あれこれの種類の転位がその特有の性質となっている。液体と固体のいずれの場合も、真空中における場の非一様な伝播をもたらすはずである。

しかし、エーテルは気体状の物体である可能性がある。なぜなら、そのような物体は、それに与えられた空間全体を空所や転位なしにおのずと満たす性質、また、自らの分布が何らかの理由で乱された場合にはその分布を平均化する性質さえ持っているからである。

物体の運動に対するエーテルの抵抗が小さいという事実からは、特に、エーテルは相対的に小さい密度と粘性率を持っているということが導き出される。もしエーテルがその部分同士の間における大きな凝集力を持っているとすると、それが惑星の運動に影響を及ぼすはずであるが、それは観測されていない。例えば固体とは異なり、気体状の媒質はこの要件も十分に満たす。

よく知られているように、空間中における擾乱は大きな伝播速度を持っているが、このことは、エーテルには大きな弾性があると予想することを余儀なくさせる。そしてこれが、一部の提唱者がエーテルを固体とみなしていた理由となっている。しかし、物体の粒子間における相互作用のエネルギーが反作用的な性格を持っていて、熱には変換しない、つまり媒質の損失率は小さいという条件の下では、大きな弾性は固体だけでなく、任意の物体の特徴でもある。大きな弾性という要件は、固体、液体、気体のいずれもが満たしている。

このように、すべての要件の総体という点で、巨視的世界の性質を満たしているのは気体状媒質のみである。

次に、微視的世界のいくつかの特徴的な現象、およびそこから導き出される媒質の要素に求められる要件について検討しよう。

周知のように、いわゆる物質素粒子は相互変換という性質を持っている。任意の素粒子はそれ以外のすべての素粒子から構成されているという表現、つまり、2つ以上の素粒子の間における相互作用の結果、きわめて幅広いスペクトルの別の種類の素粒子を得ることができるという表現さえ知られている。しかも、崩壊して別の素粒子に変わらないような素粒子、あるいは別の素粒子の分裂の結果得られないような素粒子は存在しない。また、相互に変換し合わない個別的な素粒子群も存在しない。これらすべてのこと

は、あらゆる物質素粒子は同一の諸部分、同一の構築材料から構成されているということ、また、諸場がある特定の相互関係にあるときにおける真空中における素粒子の「誕生」という周知の実験事実は、真空中に含まれるまさにその構築材料が物質素粒子に組織化される事実とみなすことができることを意味している。もしそのような材料が真空中に存在しないとすれば、物質素粒子が形成される元となる材料も存在しないことになるはずである。したがって、物理的真空の物質*と物質素粒子の物質*には、単一の種類しかない。

その結果としてそれらの形状と形態の変換が生じるような物質素粒子同士の相互作用を検討すると、それらの相互作用は空間中における素粒子の力学的移動の結果であることが分かる。それらの相互作用に際しては、すべての力学的パラメーター——エネルギーと運動量——が保存される。物質*は消滅し得ないとみなすとすれば、一連の衝突において生じる質量欠損は、素粒子を構成する物質*の一部が周囲の媒質中に移行することに起因すると考えることができる。したがって、物質素粒子の相互作用の基礎には力学の法則がある。

物質素粒子の諸部分も、それらの素粒子そのものの一員として空間中を移動する。この秩序運動は現在存在する測定手段によって観測することができる。しかし、物質「素粒子」の相互作用と変換の結果として物質*の一部が素粒子から周囲の媒質中に移行し、このことが質量欠損として発現した後においては、現在の測定技術のレベルにおいては、物質*のその部分は最新の機器を用いても観測することができなくなる。ただしこのことはその部分が存在しないことを意味しないのであって、それゆえ、観測されないという事実は暫定的なものとみなされなければならない。遅かれ早かれしかるべき機器が創出され、今日観測不可能なものが、将来は観測可能になるかもしれないからである。

かつて、著名な物理学者ポンテコルボ [Bruno Pontecorvo] は質量欠損の問題と出会い、電荷を持たない小さな粒子がその不足している分の質量を持ち去るのだと考えた。彼は中性子（ニュートロン）とのアナロジーに従い、その粒子に「小さいニュートロン」を意味する「ニュートリノ」という名称を与えた。原理的には、質量欠損のこのような解釈に反対する論拠はないはずである。しかし、別の可能性にも注意を払うべきである。それは、遊離したエーテルが新たな粒子を形成することなく、周囲の空間中で散乱するという可能性である。この可能性は現在にいたるまで物理学によって考慮されていない。

このように、素粒子が相互作用する際のそれらの挙動の分析にもとづいた場合にも、気体状媒質としてのエーテルという理解を受け入れることができる

もしエーテルが気体であるのなら、では、エーテルはいったいどうすれば物質素粒子の構成のうちに保持され続けることができるのか？という疑問が生じる。この疑問に対しては、物質素粒子とは高密度の気体状エーテルのトロイダル渦状形成物であることを考慮すれば、簡単に答えることができる。このような主張の根拠となるのは、他ならぬトロイダル渦こそが、高密度の気体を閉空間内に保持することのできる唯一の運動形態であるという事情である。

物質素粒子の比質量の違いは、媒質が幅広い範囲の圧縮性を持っていると仮定することを要求するが、これは気体状媒質のみが持つ性質である。物体間の相互作用の著しく大きな力とエネルギーは、空間中における気体粒子の大きな移動速度のおかげで気体が

持つことができる，大きな圧力と弾性力によって容易に説明することができる。

ここまでに挙げた客観的世界が持つすべての性質について総合的に検討すると，世界空間全体を満たし，あらゆる種類の物質を形成し，あらゆる種類の相互作用を担う世界媒質であるエーテルとは，実在気体，すなわち粘性と圧縮性を持つ気体であるという一義的な結論に達することができる（表 3.1）。

この気体は物質素粒子よりもはるかに小さな粒子からなっている。この粒子は**アーメル**と呼ぶことが適当である。この粒子は古代にデモクリトスによってアーメル，すなわち物理的に分割不可能な物質*粒子と名付けられていたからである。言うまでもなく，この粒子に与えられている分割不可能という性質は，アーメルの多様性およびその相互転化と相互変換に関するデータが蓄積されるまでの間における，条件付きの暫定的な性質である。

表 3.1. エーテルの基礎的性質の定性的決定

客観的世界の性質	エーテルの性質
巨視的世界	
あらゆる物理現象の不変量は物質*，空間，時間，運動である。	エーテルの不変量は物質*，空間，時間，運動である。
空間中における物質*と場の特性は等方性を持っている。	空間はエーテルによって空所や転位なしにおのずと満たされる。
物体の運動に対する抵抗が小さい。	密度と粘性が小さい。
相互作用の伝播速度が大きい。	弾性が大きい。
微視的世界	
あらゆる物質素粒子は相互転化する。	相異なる様々な構造を形成することができる。
安定的「素粒子」の相互転化の条件は，運動パラメーター（エネルギーと運動量）の保存を伴う相互衝突である。	エーテルの要素は，運動パラメーター（エネルギーと運動量）の保存を伴う相互衝突の可能性を確保し得るものでなければならない。
物質*は安定的物質「素粒子」の範囲内に保持されている。	エーテルが物質*的形成物の構成のうちに保持されることを可能にする運動形態が存在する。
物質「素粒子」の比密度には違いがある。	エーテルは幅広い範囲の圧縮性を持っている。

アーメルが空間中を移動し，相互に衝突するということは，アーメルの諸部分も力学の法則に従っており，世界空間を満たす媒質を形成していると考えることを余儀なくさせる。その媒質も気体状である。その媒質の要素はアーメルよりも小さく，その空間中における移動速度はアーメルの移動速度よりも著しく大きい。それらの粒子の総体は空間中において，アーメルによって形成されているエーテル-1 よりも微細なエーテル-2

となっている。しかし、エーテル-2 に適用されているのと同じ論理が、エーテル-2 の要素はエーテル-3 からなっており...等々と、以下無限に続いているとみなすことを余儀なくさせる。

あらゆる物質*組織化レベルにおいて同一の法則が働いている以上、エーテルに対しては普通の気体力学のあらゆる法則が適用される。気体力学は自然科学の他の分野において一定の発展経路をたどった領域であるが、今や、エーテルそのもの、さらに、エーテルがそのための構築材料となっているあらゆる物質*的形成物、またエーテルがその運動によって引き起こしているあらゆる種類の相互作用のパラメーターの計算のために利用し、これによって成果を得ることができるようになった。

結論： エーテルは実在気体の性質を持つ気体状の物体である。

エーテル-1（以下、単にエーテルと呼ぶ）の性質に関するデータはまだ不足しているため、我々は、このエーテルのみの性質の決定（表 3.1）を行うにとどめざるを得ない。

3.2. エーテルの諸パラメーターの数値の決定

粘性と圧縮性を持つ実在気体としてのエーテルの地球近傍空間における諸パラメーターの数値は、あれこれの物理的過程を特徴づける実験データにもとづき、それらの過程の本質に関するエーテル動力学的理解を考慮に入れる方法で決定することができる。物理現象に関する研究の大部分は地球上の諸条件の下で行われているものであるから、語ることができるのは、地球を直接取り囲んでいる空間のみにおけるエーテルの諸パラメーターの数値である。宇宙のそれ以外の領域におけるエーテルに対するそれらの数値の適用は、それらの領域におけるエーテルの存在条件が明確化されるにつれて行っていくほかない。宇宙の他の領域におけるエーテルの密度、圧力、温度、等々のパラメーターは、地球近傍空間におけるそれと著しく異なっている可能性がある。原理的には、それらの差異については、地球外における研究、天体観測、等々にもとづいて判断することができる。物質内部におけるエーテルの諸パラメーターもまた、真空中におけるそれとは著しく異なっている。本節では、物質が存在しない地球近傍の自由空間中におけるエーテルの諸パラメーターのみが計算される。本節における計算は、陽子の周りの電場のエーテル動力学的本質、また陽子自体の内部構造に関する理解にもとづいて行なわれた。前者はエーテルの質量密度の決定、後者はエーテル中の圧力の下限の決定のための基礎を与える。それ以外のすべてのパラメーターは、気体力学の関係式 [3~12] を用いた単純計算によって得られたものである。

自由空間中におけるエーテルの密度 第 6.1 節および第 8.6 節で示されるように、真空の誘電率 ϵ_0 とは、物質が存在しない自由空間中におけるエーテルの密度 ρ_{et} である。このことは、陽子の電場のエネルギー w_{ep} と、陽子の電場と同一視される、陽子の周りにおけるエーテルの円周運動^{〔訳注〕}のエネルギー w_c （陽子の周りにおけるエーテルのトロ

〔訳注〕 この訳文における「円周運動」や「円周速度」などの用語の「円周」のロシア語 «кольцевой» は «circular, ring, circumferential»などに相当する。これらの用語は「トロイドの小円周方向の運動/速度」、すなわち「ポロイダル運動/速度」を意味するものと思われるが、原文では「ポロイダル」という用語は使わ

イダル運動が存在する場合)との比較から、直接導き出される。なぜなら、

$$w_{ep} = \int_{r_p}^{\infty} \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} dV \quad (3.1)$$

$$w_c = \int_{r_p}^{\infty} \frac{\rho_{et} v_c^2}{2} dV \quad (3.2)$$

であるからである。ここで、 E は電場の強度、 v_c は陽子の周りにおけるエーテルの円周運動の速度、 dV は陽子の周りの空間の体積要素、 r_p は陽子の半径である。

これより、 ε_0 と ρ_{et} のべき指数は1であるので、

$$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1} = \rho_{et} = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (3.3)$$

であり、これが静止エーテル理論に関するA.フレネルの見解(1823年)と完全に一致していることがただちに分かる。

このように、地球近傍空間におけるエーテルの密度は既に高い精度で知られている。それ以外のパラメーターに関しては、今のところ値のオーダーについてしか語ることができない。

アーメル(エーテルの要素)の密度 陽子とは、最大限まで圧縮されたエーテルの渦である。その渦の内部にはエーテルの希薄なバルクが存在する。陽子の壁の内部のエーテルは高密度であるが、気体であり続けている。陽子の壁の内部において、アーメルは自由行程を持たなければならない。それゆえ、アーメルの密度は陽子の密度よりも2桁以上大きくなければならず、したがってこれをアーメルの密度の下限とみなす必要がある。

陽子の半径は、原子核の有効半径に関する既知の表式、すなわち

$$R = aA^{1/3} \quad (3.4)$$

に従って決定することができる[3]。ここで、 A は原子核内の核子の数、 a は核子の半径であり、水素原子の核の場合は $a = r_p = 1.12 \text{ fm} = 1.12 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ である。

陽子の体積は

$$V_p = \frac{4}{3} \pi r_p^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot 1.12^3 \cdot 10^{-45} = 5.88 \cdot 10^{-45} \text{ m}^3 \quad (3.5)$$

となり、したがって核子の密度 ρ_p は核子(陽子、中性子)の体積に対する核子の質量の比にもとづいて決定することができる。陽子の質量が $m_p = 1.6725 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ であり、その半径が $r_p = 1.12 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ であることを考慮すると、次式が得られる。

$$\rho_p = \frac{m_p}{V_p} = \frac{1.6725 \cdot 10^{-27}}{5.88 \cdot 10^{-45}} = 2.8 \cdot 10^{17} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (3.6)$$

これに2桁を加えると、アーメルの密度の下限値は

れていない。「円周」以外のより適切な訳語があるかもしれない。

$$\rho_{\text{am}} = 3 \cdot 10^{19} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (3.7)$$

となる。

アーメルの直径に対するその自由行程の比 自由空間中におけるエーテルの密度 ρ_{et} は、アーメルの質量 m_{am} および単位体積当たりのアーメルの個数 n_{am} を通じて

$$\rho_{\text{et}} = m_{\text{am}} n_{\text{am}} \quad (3.8)$$

と表すことができる。

自由エーテルの単位体積当たりのアーメルの個数は、平均自由行程 λ_{am} とその横断面積 $\sigma_{\text{am}} = \pi d_{\text{am}}^2 / 4$ （ここで、 d_{am} はアーメルの直径）によって

$$n_{\text{am}} = \frac{1}{\sqrt{2} \lambda_{\text{am}} \sigma_{\text{am}}} \quad (3.9)$$

と決定される [4]。

アーメルの質量は

$$m_{\text{am}} = \rho_{\text{am}} V_{\text{am}} \quad (3.10)$$

である。ここで、アーメルの体積 V_{am} は

$$V_{\text{am}} = \frac{\pi d_{\text{am}}^3}{6} \quad (3.11)$$

である。

これより、

$$\rho_{\text{et}} = \rho_{\text{am}} V_{\text{am}} n_{\text{am}} = \rho_{\text{am}} \frac{\pi d_{\text{am}}^3 \cdot 4}{6 \cdot \sqrt{2} \lambda_{\text{am}} \sigma_{\text{am}}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{d_{\text{am}}}{\lambda_{\text{am}}} \rho_{\text{am}} \quad (3.12)$$

が得られる。これより、アーメルの直径に対するその自由行程の比は

$$k_{\lambda} = \frac{\lambda_{\text{am}}}{d_{\text{am}}} = \frac{\sqrt{2} \rho_{\text{am}}}{3 \rho_{\text{et}}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 10^{19}}{3 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 1.6 \cdot 10^{30} \quad (3.13)$$

となる。

自由空間中におけるエーテルの圧力 P_{et} を、アーメルは隣接層の中に存在する他のアーメルに対し、両者が接触したときに限り、自らの運動方向に対して横方向の運動量を与えることができるという理解から出発して決定しよう。すると

$$P_{\text{et}} = P_{\mu} \lambda_{\text{am}} / d_{\text{am}} \quad (3.14)$$

となる。ここで、 P_{μ} は真空の透磁率の逆数、すなわち

$$P_{\mu} = 1/\mu = 1/4\pi \cdot 10^{-7} = 8 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \quad (3.15)$$

である。

この圧力の物理的意味は、アーメルの運動方向に対して横方向のエネルギーが伝わる

ということにある。これより次式が得られる。

$$P_{\text{et}} = P_{\mu} \lambda_{\text{am}} / d_{\text{am}} = 8 \cdot 10^5 \cdot 1.6 \cdot 10^{30} = 1.3 \cdot 10^{36} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \quad (3.16)$$

エーテルの単位体積当たりのエネルギー含量（熱含量のエネルギー）は、あらゆる気体の場合と同様、その圧力と等しい。すなわち、

$$w_{\text{et}} = P_{\text{et}} = 1.3 \cdot 10^{36} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3} \quad (3.17)$$

である。

比較のため、次のことを想起することが適切である。1 発のメガトン級水素爆弾は爆発時に $5 \cdot 10^{15} \text{ J}$ のエネルギーを放出する。したがって 1 立方センチメートルの自由エーテルは約 200 兆発のメガトン級水素爆弾の爆発に相当するエネルギーを含有し、1 立方メートルの自由エーテルはその 100 万倍のエネルギーを含有している。

自由空間中におけるアームルの平均熱運動速度はエーテルの単位体積当たりのエネルギー含量から決定され、次のようになる。

$$u_{\text{am}} = \left(\frac{2w_{\text{et}}}{\rho_{\text{et}}} \right)^{1/2} = \left(\frac{2 \cdot 1.3 \cdot 10^{36}}{8.85 \cdot 10^{-12}} \right)^{1/2} = 5.4 \cdot 10^{23} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.18)$$

第1音速（縦方向の擾乱の伝播速度）は次のとおりである。

$$v_1 = \frac{u_{\text{am}}}{1.24} = \frac{5.4 \cdot 10^{23}}{1.24} = 4.34 \cdot 10^{23} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.19)$$

第2音速（エーテル中における温度波の伝播速度）は次のとおりである。

$$v_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.20)$$

絶対粘性率（内部摩擦係数） η は、粘性気体の境界層内における横方向の圧力に関する方程式（粘性気体の運動に関するニュートン方程式）

$$dF_y = \eta dS dv / dx \quad (3.21)$$

から決定することができ [4]、これより、次のようになる。

$$\eta = \frac{dF}{dS} \cdot \frac{dx}{dv} = P_{\text{et}} \frac{dx}{dv} = P_{\text{et}} \frac{\Delta x}{\Delta v} \quad (3.22)$$

陽子の半径を $r_p = 1.12 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ 、重水素の原子核内における核子の相互作用の有効半径を $r_{\text{nu}} = 1.2 \cdot 10^{-15}$ とすると、境界層の厚さは次のように決定される。

$$\delta = r_{\text{nu}} - r_p = 8 \cdot 10^{-17} \text{ m} \quad (3.23)$$

第6章で示されるように、互いに向き合っている陽子と中性子の壁面上におけるエーテルの相対運動速度は

$$\Delta v = 3 \cdot 10^{21} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.24)$$

であるから、絶対粘性率は次のように決定することができる。

$$\eta = P_{\text{et}} \frac{\Delta x}{\Delta v} = 1.3 \cdot 10^{36} \frac{8 \cdot 10^{-17}}{3 \cdot 10^{21}} = 3.5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.25)$$

動粘性率は絶対粘性率と密度の比

$$\chi = \eta / \rho \quad (3.26)$$

に等しく、したがって次のようになる。

$$\chi = \frac{3.5 \cdot 10^{-2}}{8.85 \cdot 10^{-12}} \approx 4 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.27)$$

液体とは異なり、気体の動粘性率は温度が低下するにつれてほぼ 1 乗に従って減少する [10] ことに留意しなければならない。すなわち、

$$\chi_2 = \chi_1 \frac{T_2}{T_1} \quad (3.28)$$

となる。

普通の粘性圧縮性気体の場合、その**温度伝導率**の大きさは動粘性率と一致する。すなわち、

$$a = \chi \approx 4 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.29)$$

である。

物質の外部における**アーメルの平均自由行程**は、[4, 5, 6] の表式より次のように決定することができる。

$$\lambda_{\text{am}} = 3\chi/u \approx 4 \cdot 10^9 / 5.4 \cdot 10^{23} = 7.4 \cdot 10^{-15} \text{ m} \quad (3.30)$$

アーメルの長さは次の簡単な比から決定される。

$$d_{\text{am}} = \lambda_{\text{am}} / k\lambda = 7.4 \cdot 10^{-15} / 1.6 \cdot 10^{-30} = 4.6 \cdot 10^{-45} \text{ m} \quad (3.31)$$

アーメルの横断面積は次のようになる。

$$\sigma_{\text{am}} = \pi d_{\text{am}}^2 / 4 = \pi (4.6 \cdot 10^{-45})^2 / 4 = 1.66 \cdot 10^{-89} \text{ m}^2 \quad (3.32)$$

アーメルの体積は次のようになる。

$$V_{\text{am}} = \pi d_{\text{am}}^3 / 6 = \pi (4.6 \cdot 10^{-45})^3 / 6 = 5.1 \cdot 10^{-134} \text{ m}^3 \quad (3.33)$$

自由エーテルの単位体積当たりのアーメルの個数は次のようになる。

$$n_{\text{am}} = 1/\sqrt{2} \cdot \lambda_{\text{am}} \sigma_{\text{am}} = 1/1.41 \cdot 7.4 \cdot 10^{-15} \cdot 1.66 \cdot 10^{-89} = 5.8 \cdot 10^{102} \text{ m}^{-3} \quad (3.34)$$

アーメルの質量はエーテルの密度から決定することができる。

$$m_{\text{am}} = \rho_{\text{et}}/n_{\text{am}} = 8.85 \cdot 10^{-12}/5.8 \cdot 10^{102} = 1.5 \cdot 10^{-114} \text{ kg} \quad (3.35)$$

こうして、アーメルの密度は次のようになる。

$$\rho_{\text{am}} = m_{\text{am}}/V_{\text{am}} = 1.5 \cdot 10^{-114}/5.1 \cdot 10^{-134} = 3 \cdot 10^{19} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (3.36)$$

あらゆる気体と同様、エーテルの温度は次式によって決定される。

$$T = m_{\text{am}} u^2 / 3k = 1.5 \cdot 10^{-114} \cdot (5.4 \cdot 10^{23})^2 / 3 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} = 10^{-44} \text{ K} \quad (3.37)$$

$P = \text{const}$ のときのエーテルの比熱容量は次式から見出される。

$$c_P = 3k/2m_{\text{am}} = 3 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} / 2 \cdot 1.5 \cdot 10^{-114} = 1.4 \cdot 10^{91} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \quad (3.38)$$

ここで、 $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ はボルツマン定数である。

$V = \text{const}$ のときのエーテルの比熱容量は次式から見出される。

$$c_V = c_P / (1 + 2/N) = 1.4 \cdot 10^{91} / (1 + 2/5) = 10^{91} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \quad (3.39)$$

ここで、 N はアーメルの自由度である ($N = 5$ と予想される)。

あらゆる気体と同様、自由エーテルの熱伝導率は次式から見出される。

$$\begin{aligned} k_T &= u \lambda \rho_{\text{et}} c_V / 3 = 5.4 \cdot 10^{23} \cdot 7.4 \cdot 10^{-15} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{91} / 3 \\ &= 1.2 \cdot 10^{89} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1} \end{aligned} \quad (3.40)$$

自由エーテル中における各アーメルの衝突数は次式から決定される。

$$\gamma_{\text{am}} = u/\lambda = 5.4 \cdot 10^{23} / 7.4 \cdot 10^{-15} = 7.3 \cdot 10^{37} \text{ s}^{-1} \quad (3.41)$$

自由エーテルの単位体積当たりのアーメルの衝突数は次のようになる。

$$\gamma_{\text{et}} = \gamma_{\text{am}} n_{\text{am}} = 7.3 \cdot 10^{37} \cdot 5.8 \cdot 10^{102} = 4.2 \cdot 10^{140} \text{ s}^{-1} \quad (3.42)$$

アーメルの直径とその自由行程の著しい違いを考慮すると、エーテルは、少なくとも高密度のエーテル渦によって形成された物質が存在しない自由空間中においては、気体としてのその性質の点で、古典的な理想気体に近似したものとみなされなければならない。この気体の場合、アーメルの座標と運動量に関してはボルツマン統計が十分に近似している。また、その速度分布がマクスウェル分布によって近似的に記述されることは明らかである。ただし、それでもやはり、粘性が存在していることが、エーテルが諸パラメーターの分布の点でボルツマン統計やマクスウェル分布とは若干異なったところ

を持っていることを物語っている。

以上において行われた計算と得られた数値は概算値である（表 3.2）。地球近傍空間および宇宙のそれ以外の領域におけるエーテルの諸パラメーターは、さらに精緻化され、再検証されなければならない。

表 3.2 地球近傍空間におけるエーテルの諸パラメーター

パラメーター	値	測定単位
エーテル全体		
密度	$\rho_{\text{et}} = 8.85 \cdot 10^{-12}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
圧力	$P > 1.3 \cdot 10^{36}$	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$
比エネルギー含量	$w > 1.3 \cdot 10^{36}$	$\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$
温度	$T < 10^{-44}$	K
第1音速	$v_1 > 4.3 \cdot 10^{23}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
第2音速	$v_2 = c = 3 \cdot 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
温度伝導率	$a \approx 4 \cdot 10^9$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
熱伝導率	$k_T \approx 1.2 \cdot 10^{89}$	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
動粘性率	$\chi \approx 4 \cdot 10^9$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}$
絶対粘性率	$\eta = 3.5 \cdot 10^{-2}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
断熱指数	1~1.4	—
定圧熱容量	$c_P > 1.4 \cdot 10^{91}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
定積熱容量	$c_V > 10^{91}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
アーメル（エーテルの要素）		
質量	$m_{\text{am}} < 1.5 \cdot 10^{-114}$	kg
直径	$d_{\text{am}} < 4.6 \cdot 10^{-45}$	m
単位体積当たりの個数	$n_{\text{am}} > 5.8 \cdot 10^{102}$	m^{-3}
平均自由行程	$\lambda_{\text{am}} < 7.4 \cdot 10^{-15}$	m
平均熱運動速度	$u_{\text{am}} \approx 5.4 \cdot 10^{23}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

3.3. エーテルの運動形態

エーテルの要素——アーメル——が持っている運動形態は唯一つ、空間中における等速並進運動のみである。アーメル同士の相互作用は唯一の方法である弾性衝突、したがって運動量の交換によって行われる。大きく近似すると、この衝突は完全弾性衝突、すなわち運動量の損失を伴わない衝突とみなすことができる。

アーメルの総体——エーテルの体積要素——は拡散運動、並進運動および回転運動の3つの運動形態を持っている [7]（図 3.1）。

エーテル中においては、エーテルが完全に均衡状態にあり、そこにいかなる外部運動も存在しないときでさえ、常にアーメルの拡散形態の運動が存在する。それゆえ、この運動形態は、他のあらゆる形態の運動を検討するための基礎的な、出発点をなす形態となっている。

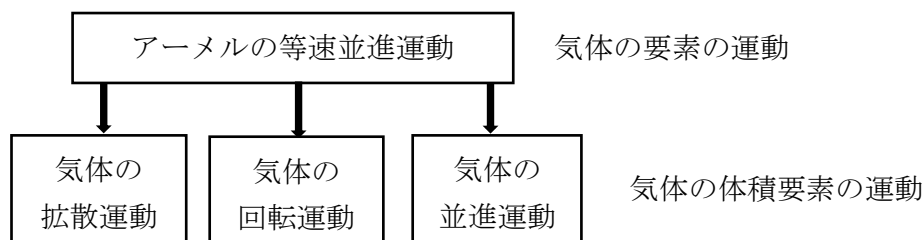


図 3.1 アーメルの運動，エーテルの運動の形態と種類

エーテルの拡散形態の運動は、あらゆる気体と同様、3種類の運動、すなわち**密度の輸送**、**運動量の輸送**および**エネルギーの輸送**を生じさせる。

エーテルの並進形態の運動は、2種類の運動、すなわち**層流**（風タイプ）と**縦振動流**（音タイプ。弾性率の範囲内におけるもの）を生じさせる。

エーテルの回転形態の運動は、2種類の運動、すなわち**開いた回転運動**（竜巻タイプ）と**閉じた回転運動**（トロイドタイプ）を生じさせる。

基礎的な種類の運動は全部で7種類ある。

上に挙げた運動の種類は、あれこれの物理的相互作用、物理的な場および現象に対応する、組み合わされた運動の種類の幅広いスペクトルを与えることができる。しかし、エーテルの運動のそれらすべての形態と種類の根底には、唯一の種類の運動——空間中におけるアーメルの移動——と、アーメルの唯一の種類の相互作用——弾性衝突——が横たわっており、まさにこのことが、物質素粒子から宇宙全体にいたるまでのエーテルのあらゆる形態の運動および物質のあらゆる種類の組織化にとって、共通の基礎をなしている。これより、あらゆる種類の相互作用を力学——空間中におけるエーテル質量の移動——に帰着させることが原理的に可能であることがただちに分かる。

エーテルの拡散形態の運動（図 3.2）

1. 密度の輸送 輸送拡散運動は、密度分布が一様であると否とにかかわらず、あらゆる気体中において生じる。非一様状態を回復させようとする原因が存在しない限り、輸送運動は密度と質量の集中を平準化させようとする（自己拡散）。

輸送拡散運動の特徴は、エーテルがそうであるように、単一成分媒質中においては熱拡散過程が自己拡散過程に影響を及ぼすことに関連した、いくつかの特殊性が存在することである。それだけでなく、エーテルは単一成分系であり、アーメルは互いに一様であるという主張には根拠はない。むしろそれとは逆に、エーテル-2の渦状形成物としてのアーメルは、必然的に互いに相異なっており、分子タイプの複雑な構造を形成しているに違いない。しかし、エーテルの微細構造に関する問題は将来に持ち越さなければならない。

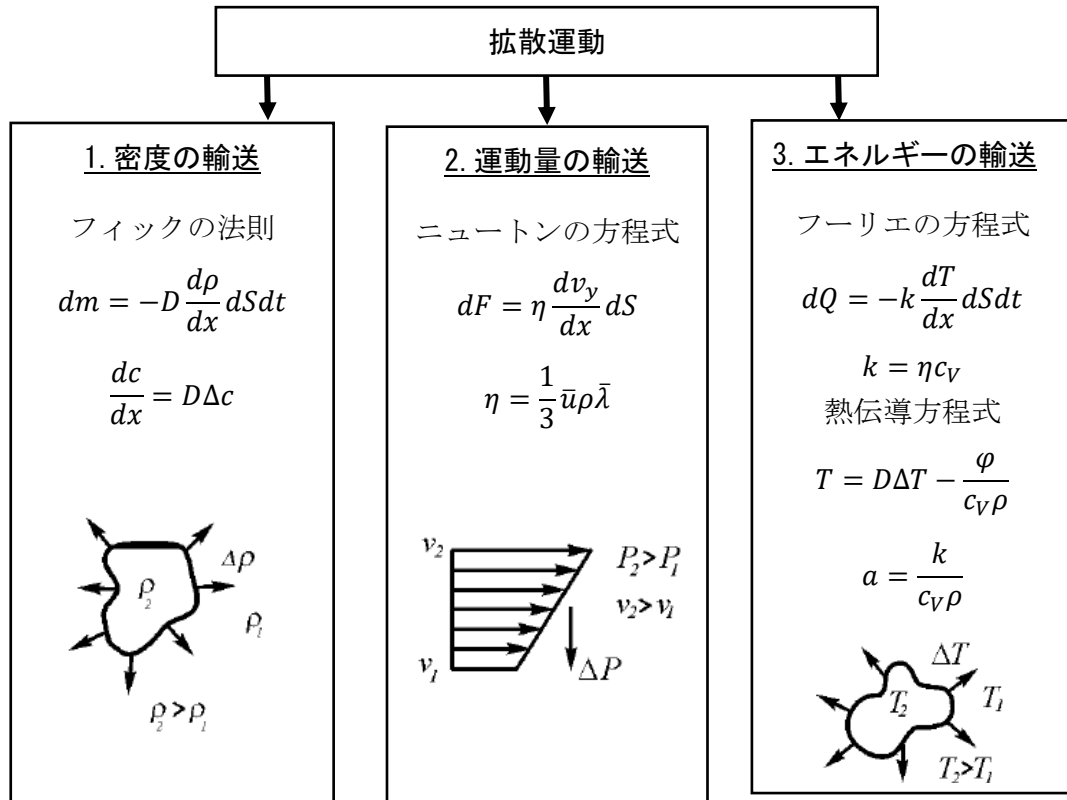


図 3.2 エーテルの拡散形態の運動

1次元の場合の密度拡散現象はフィックの第1法則

$$dM = -D dS dt d\rho_{\text{et}}/dx \quad (3.43)$$

によって記述される [4]。ここで、 dM は時間 dt の間に単位面積 dS を通過し、その単位面積に対する法線 x の方向に、密度が減少する側に向かって輸送される質量； D は自己拡散係数； $d\rho_{\text{et}}/dx$ は密度勾配である。

3次元の拡散の場合には、温度が一定で外力が存在しないとき、濃度 c の経時的変化は次の自己拡散微分方程式によって記述される。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial c}{\partial z} \right) \quad (3.44)$$

D が濃度に依存しない場合には、方程式は次の形になる（フィックの第2法則）。

$$\partial c / \partial t = D \Delta c \quad (3.45)$$

ここで、 Δ はラプラスの微分演算子、 c は気体粒子の濃度である。

2. 運動量の輸送 運動量の輸送は、互いに対してある速度で運動している2つの媒質層において現実化する。一方の媒質層から他方の媒質層への運動量（物理的には、運動量——力と作用時間の積——は、独立して運動している1個の粒子には存在しない。そのような粒子を特徴づけるのは、それ以外の粒子の総体の質量と平均運動速度である）の輸送は、粘性摩擦あるいは気体の粘性の原因となる。

運動量の輸送は、粘性流体の運動に関するニュートン方程式 [4]

$$dF_x = \eta dS dv_y/dx \quad (3.46)$$

によって記述される。ここで、 dF は表面積 dS に対して表面の平面に沿って作用する内部摩擦力； dv_y/dx は媒質層の表面に対して垂直な方向 y への媒質層の運動速度の勾配； η は内部摩擦係数である。数値的には、内部摩擦係数は単位面積と等しい面積の2つの媒質層の間の摩擦力に等しく、速度勾配の場合は1である。

初等運動論によれば、

$$\eta = \bar{u} \bar{\lambda} \rho_{\text{et}}/3 \quad (3.47)$$

である。

より精緻な理論においては、因数 $1/3$ の代わりに、分子の相互作用の性格に依存する係数 φ が用いられる。例えば、滑らかな剛体球同士のように衝突する分子の場合には $\varphi = 0.499$ となる。相互作用力のより精緻なモデルにおいては、係数 φ は温度の増加関数となる。エーテル動力学の場合、その発展の現段階においてそのような問題を立てることは時期尚早である。

積 $\lambda\rho$ は ρ に依存しないので、輸送係数 k と内部摩擦係数 η は気体の密度に依存しない。気体の密度は温度の上昇 $\sqrt{T}$ に比例して増大する。

3. エネルギーの輸送 気体を構成する粒子の統計的平均速度が相異なっている領域——温度が相異なっている領域——が気体の内部に存在する場合には、熱拡散が生じる。空間中において熱が連続的に散乱しない場合、またそれらの領域に外部から熱がもたらされない場合には、熱拡散の結果、温度が平準化する可能性がある。そうでない場合には、ある温度勾配が成立する。

単位表面積を通る熱の輸送はフーリエ方程式

$$dQ = -k dS dt dT/dx \quad (3.48)$$

によって決定される [4]。ここで、 $k = \eta c_v$ は熱伝導率であり、数値的には、温度勾配が1のときに単位表面積を通して輸送される単位時間当たりの熱量に等しい； dT/dx は温度勾配である。

境界層の2層間の差は次式によって決定される。

$$\Delta T = \Delta u^2/2c_p \quad (3.49)$$

ここで、 Δu は2層間の速度の差； c_p は気体の定圧熱容量である。

境界層内における絶対粘性率と温度の関係は次式によって決定される。

$$\eta/\eta_0 = (T/T_0)^\xi, \quad 0.5 \leq \xi \leq 1 \quad (3.50)$$

このように、著しい速度勾配が生じている境界層内においては、気体の温度は相対的に低く、それに対応してその粘性率も相対的に低い。このことは、エーテルの渦状形成物の安定性にとって大きな意味を持っている。

あらゆる気体中におけるのと同様、エーテル中の熱分布方程式は表式

$$T_t = a\Delta T - f/c_V\rho_{et}, \quad a = k_T/c_V\rho_{et} \quad (3.51)$$

によって決定される [9]。ここで、 $T(M, t)$ は時刻 t における点 $M(x, y, z)$ の温度； $k_T = \text{const}$ は熱伝導率， a は温度伝導率； f は熱源の密度である。

エーテルの並進形態の運動 (図 3.3)

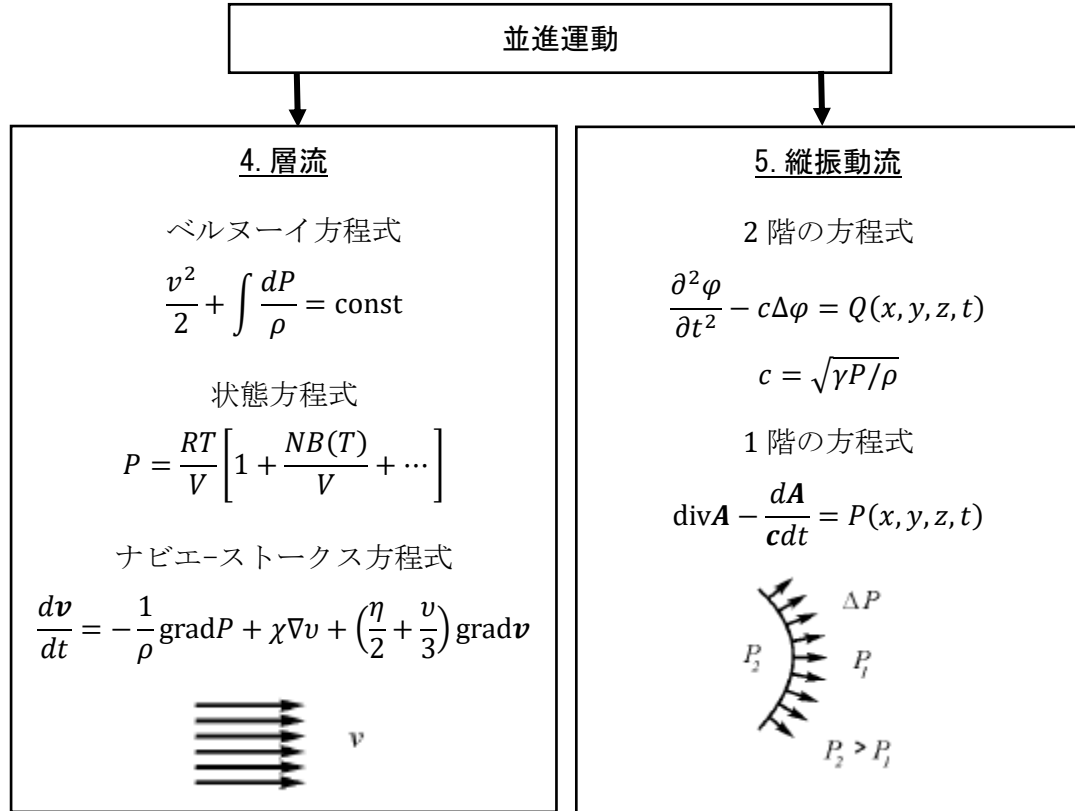


図 3.3. エーテルの並進形態の運動

1. 層流 気体の層流は、空間の2つの領域内の圧力に差が存在するときに発生する。気体が並進運動をするとき、拡散運動は保存されるが、しかし、分子の無秩序運動に対しては全体的方向における分子の秩序運動が影響を及ぼす。その場合には、気体バルクの回転運動は存在しない。並進運動をするとき、気体バルクの変形が生じる可能性がある。

層流の状態におけるエーテルの並進運動を記述する数学的表現としては、圧縮性粘性気体に関する流体力学の方程式が用いられる。これには次の方程式が含まれる。

・気体細流^{〔訳注〕} 中におけるエネルギー保存を反映しているベルヌーイ方程式（細流の任意の断面において、気体細流中における運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの和は保存される）：

$$\frac{v^2}{2} + \int \frac{dP}{\rho} = \text{const} \quad (3.52)$$

〔訳注〕 「細流」は英語の「stream」に相当するロシア語の仮訳である。この用語は1つの流れを構成している諸部分の細い流れを意味している。

・状態方程式：

$$P = \frac{RT}{V} \left[1 + \frac{NB(T)}{V} + \frac{N^2C(T)}{V^2} + \dots \right] \quad (3.53)$$

・ナビエーストークス方程式：

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \text{grad}P + \nabla^2 \mathbf{v} \quad (3.54)$$

さらに、境界層内における気体の運動を記述する方程式、例えばカルマンの積分方程式その他若干の方程式が用いられる。

流体力学の方程式をエーテルに関して利用する際の特徴は、少なくとも研究の初期段階（この段階ではエーテル-2が存在する事実は無視される）においては、体積力が存在しないということである。あらゆる個別的な場合に、もしそれが具体的なモデルから導き出されることであれば、例えばナビエーストークス方程式の代わりにオイラー方程式を適用するといったように、方程式を単純化することができる。

大部分の場合、粘性と圧縮性を無視できるということが著しい単純化をもたらす。ただし、その単純化の程度は、出発点となる現象のモデルに反しない範囲内に限られる。

例えば電気力学のような若干の分野の場合、それに関する方程式の導出は、かつては、エーテルは非圧縮性で粘性を持たないという理解に依拠して行なわれていた。しかし現在ではもはや、それらのパラメーターを無視することが可能とは思われない。それらのパラメーターは多数の個別的現象にとって本質的な重要性を持っていることを、様々な研究が示しているからである。

2. 気体中における縦振動運動（第1音速）は微小な差圧が現われたときに発生する。弾性率の範囲内においては、その差圧の伝播速度は音の伝播速度である [7, 8]。

媒質中における縦振動を記述する数学的表現としては、2階の波動方程式

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} - c \Delta \varphi = Q(x, y, z, t) \quad (3.55)$$

を用いることができる。ここで、 $Q(x, y, z, t)$ は擾乱作用； φ はスカラーポテンシャル； c は縦方向の擾乱の伝播速度（音速）であり、気体の場合には表式

$$c = \sqrt{\gamma P / \rho} \quad (3.56)$$

によって決定される [4]。ここで、 γ は断熱指数； P は圧力； ρ は気体の密度である。

原理的には、1階の波動方程式が存在する。これは2階の波動方程式よりも単純であり、しかもそこでは、解のうち、発散する式を与える解を消去するための人為的な手法を採用する必要がないという利点を持っている。そのような方程式としては、1次元振動の場合の表式

$$\frac{dA_x}{dx} - \frac{dA_x}{c_x dt} = P(x, t), \quad (3.57)$$

また、3次元振動の場合の表式

$$\operatorname{div} \mathbf{A} - \frac{d\mathbf{A}}{cdt} = P(x, y, z, t) \quad (3.58)$$

がある。後者の式において、ベクトル $\mathbf{c}$ で割る操作は許される操作である。このベクトルの方向は分子のベクトル $\mathbf{A}$ の方向と正確に一致しているからである。

エーテルの回転形態の運動 (図 3.4)

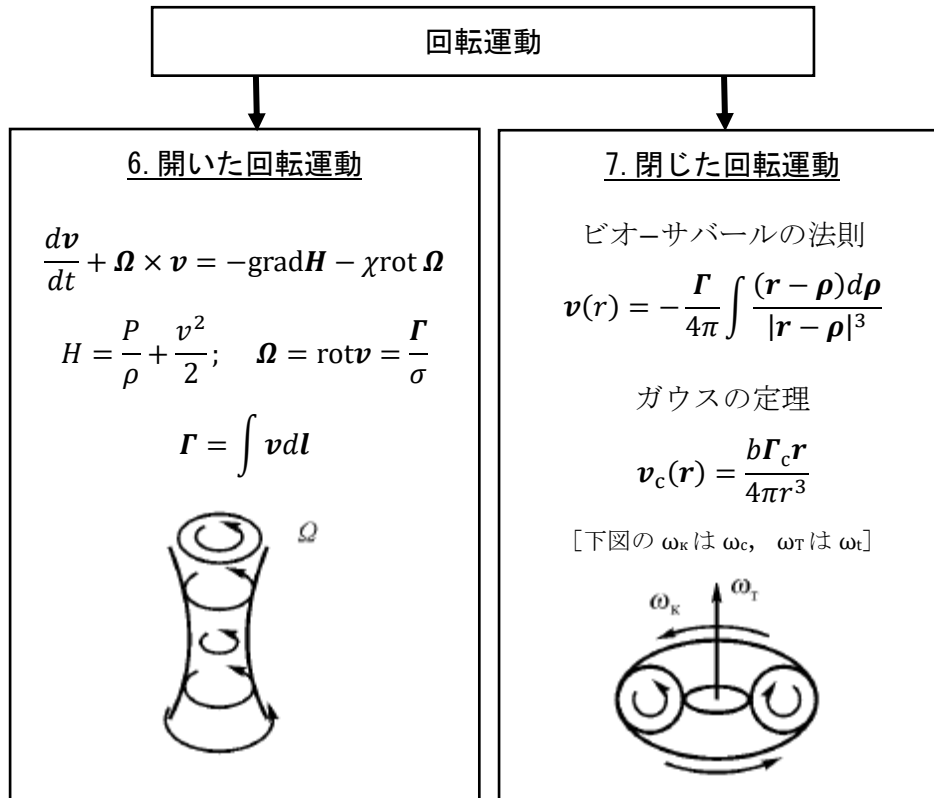


図 3.4. エーテルの回転形態の運動

1. **開いた回転運動**は乱流中および形成された渦の中で現れる。開いた回転運動の場合、渦軸は無限遠まで遠ざかり、回転速度は軸から離れるにつれて減少する。

エーテルの圧縮性を無視することができる場合——これは例えば、物質が存在しない自由空間中において生じる——には、回転運動の方程式は非圧縮性流体の渦運動の方程式と一致する。すなわち、

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v} = -\operatorname{grad} H - \chi \operatorname{rot} \boldsymbol{\Omega} \quad (3.59)$$

$$\operatorname{div} \mathbf{v} = 0 \quad (3.60)$$

$$H = \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} \quad (3.61)$$

$$\boldsymbol{\Omega} = \operatorname{rot} \mathbf{v} = \frac{\boldsymbol{\Gamma}}{\sigma} \quad (3.62)$$

$$\Gamma = \int v dl \quad (3.63)$$

ここで、 v は検討されている空間地点における粒子の平均並進速度； Γ は渦度； σ は渦の面積である。

しかし、物質の構造を検討する場合には、渦の圧縮性を無視してはならない。エーテルの挙動を説明する際、その圧縮性という事実が決定的となるからである。この場合には、方程式は著しく複雑になる可能性がある。しかも、様々な因子の総体の中から、各場合ごとに本質的な意味を持つ因子（例えば、境界層中における過程を検討する場合は粘性率と温度）を特定することが特別の意義を持つ。

2. 閉じた回転運動は気体のトロイダル運動である。気体の圧縮性と粘性を無視できる場合には、トロイダル運動を記述するためには、上に挙げた関係式の他にビオーサバールの法則

$$v(r) = -\frac{\Gamma}{4\pi} \int \frac{(r - \rho) d\rho}{|r - \rho|^3} \quad (3.64)$$

（ここで、 ρ は動径ベクトル）を利用することができる。

エーテルの閉じた回転運動は、素粒子タイプの物質*組織化レベルにおける各種の物質*的形成物の構造の基礎をなしている。

結 論

1. 巨視的世界と微視的世界の一般的性質の比較は、空間は実在気体、すなわち粘性と圧縮性を持つ気体の性質を持った物質*的媒質によって満たされていることを示した。この媒質は以前と同様にエーテルと呼ばれなければならない、媒質の要素はアーメル（デモクリトスによる）と呼ばれなければならない。

2. エーテルは、素粒子から星や銀河にいたるまでのあらゆる種類の物質的・形成物のための構築材料となっている。物理的な力場は、エーテルの各種形態の運動からの結果である。

3. エーテルのパラメーターの数値を決定する際は、普通の気体力学の道具立てを利用することが可能であり、それが適切な方法である。行われた計算により、地球近傍空間におけるエーテルの基礎的パラメーター（密度、圧力、比エネルギー含量、温度、第1音速、第2音速、温度伝導率、熱伝導率、動粘性率、絶対粘性率、断熱指数、定積熱容量、定圧熱容量）およびアーメルの基礎的パラメーター（質量、大きさ、単位体積当たりの個数、平均自由行程、平均熱運動速度）を概算的に決定することができた。

4. 気体状物体としてのエーテルの運動諸形態の分析は、エーテルの要素（アーメル）は唯一の運動形態（空間中における等速並進運動）を持っていること、またエーテルの体積要素は3つの運動形態（拡散形態、並進形態、回転形態）を持っていることを示した。ここで、

・ **拡散形態の運動**は3種類の運動、すなわち密度の輸送、運動量の輸送およびエネルギーの輸送を生じさせる。

- ・ **並進形態の運動**は2種類の運動，すなわち層流と縦振動流を生じさせる。

- ・ **回転形態の運動**は2種類の運動，すなわち開いた回転運動（竜巻タイプ）と閉じた回転運動（トロイドタイプ）を生じさせる。基礎的な種類の運動は全部で7種類ある。

上記のすべての形態と種類の運動は普通の気体力学の既知の数学的依存関係によって記述される。

5. アーメルの構造の内部特性，またエーテル-1 よりも深い物質*運動レベルにおける物質*内部の運動形態を無視することは，認識論上の暫定的な手法である。アーメルは複雑な形成物であるが，それに続く物質*組織化レベルに関する研究は，エーテル動力学の今後の発展諸段階における課題となる。

第4章 気体渦の構造

我々の意識とは無関係に存在している客観的現実としての物質*は、形態の幅広い多様性を持っている。

T. エルデイー-グルーズ [1]

4.1. 渦運動論小史

渦運動論の歴史の概略については、文献 [2] において論じられている。

現代的な渦運動論の基礎を築いたのは H. ヘルムホルツである。1858 年、彼は論文「渦運動に適合する流体力学方程式の積分について」[3, 4] を発表した。この論文において、彼は初めて渦の保存定理を定式化した。この定理によれば、力がエネルギー保存則を満たしている場合には、渦を創出することも、既に存在している渦を消滅させることもできず、しかも、渦の強さを変えることすらできない。自然界に見られる渦の誕生と消滅は、摩擦抗力によって完全に決定されている。渦は摩擦抗力のおかげで存在するのであり、また逆に、誕生した渦を減衰させるのも摩擦抗力に他ならない。

そこからの帰結として渦の保存定理が導き出される流体力学方程式の積分は、既に 1815 年にコーシーによって得られていた。しかしコーシーは事の解析的側面にしか関心がなかった。その結果の幾何学的解釈はヘルムホルツのものである。現在、渦理論の対象となっている一群の問題と解釈は、彼がその解釈を行ったことによって初めて生まれた。

ただし、渦の保存定理の個別的な事例は既にラグランジュに知られていた。彼は 1788 年に発表した著書『解析力学』[5] において、ある時点にある速度ポテンシャルを持っている理想流体の運動は、運動している間ずっとそのままであり続けることを証明している。さらに、理想流体のあらゆる粒子は、それが初期時点に回転を持っていなかったならば、周囲環境から回転を得ることは決してないことをコーシーとストークスが証明した。

1839 年、スウェーデンの科学者スヴァンベリ [A.F. Svanberg か?] は、粒子の回転の角速度は、運動軌道上におけるその相異なる位置において、軌道からのその距離の 2 乗に常に逆比例しているという定理を証明した^[訳注]。これより、ある時点に角速度を得た流体粒子は決して回転することをやめず、また逆に、運動初期に角速度がゼロであった流体粒子は回転することはないという結論が導き出される。

ヘルムホルツの上記の論文において、渦の保存の原理が完璧に根拠づけられた。そこではさらに、理想的な非圧縮性流体中に存在する集中渦の運動速度、および流体バルクの中の渦が存在しない部分の運動速度の決定則が示されている。さらに、彼は流体粒子の運動速度と、磁極に作用するガルバーニ電流の力の類似性を示した。

[訳注] このセンテンスの原文には誤記があるらしく、「その相異なる位置」および「軌道からのその距離」の「その」が何を指示しているのか（したがってセンテンス全体の意味）は不明であるが、原文のまま逐語訳した。

1858 年以降に現れたすべての仕事は、本質的にはヘルムホルツが得た基礎的結果の拡張と一般化である。

イタリアの科学者ベルトラミは、ヘルムホルツが導出した定理を用いて、有限な体積中に閉じ込められた、渦運動をしている圧縮性流体の粒子の速度決定則を与えた。電気力学的類似性を定めたこの規則はベルトラミの定理として知られている [6]。

ヘルムホルツ以後に大きな前進をなし遂げたのはキルヒホッフであった。彼はその著書『数理物理学講義』[7]において、非圧縮性流体の非有界なバルク中に存在する直線集中渦と平行集中渦の運動微分方程式を与えた。彼はまた、それらの方程式の 4 つの積分を示した。

1877 年、グレブリ [Walter Gröbli] はキルヒホッフの方程式にもとづき、3 個、4 個および $2n$ 個の渦の平面運動に関するいくつかの課題を解決した。グレブリは、4 個の渦の運動に関する課題については、それらの渦が対称面内に配置されて存在しているという制限、また $2n$ 個の渦の運動に関する課題については、それらの渦が n 個の直交する対称面内に配置されて存在しているという制限を設けている。

グレブリの論文から 2 年後、クーツ (Cootes) の研究が発表された。彼は渦環の運動について検討し、環状形態の渦が安定した形態であることを示した。渦環の運動に関する研究には J.J. トムソンも熱心に取り組んでいた。

グレッツ [Leo Graetz] とシュレ [不明] の研究は圧縮性流体中における渦運動をテーマとしていた。壁で仕切られている渦の運動についてはヘルムホルツ自身が研究を進めていた。

ヘルムホルツは理想的な非圧縮性流体中における 2 個の線状平行渦の運動について検討し、強さは等しいが符号が異なる 2 つの渦の間の距離を分ける平面は、それがその距離に対して垂直ならば、壁とみなすことができることを示した。渦はその壁に対して平行に運動することになり、こうして、その壁を鏡とみなすとすれば、その壁の効果は、渦の鏡像から生じる効果であるということに帰着する。

1877~1878 年、グリーンヒル [A.G. Greenhill] は円筒面によって制限されている流体中における渦の運動に関する課題を検討した。彼は円筒面の内部と外部、および直四角柱の表面によって制限されている空間中における 1 個および 2 個の渦の平面運動に関する課題を鏡像法を用いて解決した。

1876~1883 年、イギリスの物理学者 O. レイノルズ [8] は円筒管中における層流の乱流への遷移の基準を実験的に定め、その比がある一定の値のとき、層流が乱流に、さらには渦流に遷移することになる、慣性力と粘性力との臨界比を特徴づける基準を導入した。「レイノルズ数」と呼ばれるその臨界比 $Re = \rho v l / \eta$ は ρ (流体の密度)、 v (流速)、 l (特性長さ)、 η (絶対粘性率) を関係づけ、様々な表面や形状の近傍における流体流の具体的な場合に、乱流と渦の形成条件を決定することを可能にする。

この時期、一連の科学者たちによって渦運動に関する多数の個別的課題が解決された。1894 年、N.E. ジュコーフスキーはきわめて独特な課題に取り組み、流体に浸漬したくさびの先端の近傍における渦の運動に関する課題を共形鏡像法を用いて解決した。彼は渦の軌道について検討し、集中渦は、それに近づけられるナイフから常に離れてゆくことを示した。後に、ジュコーフスキーはいわゆる「束縛渦」理論を生み出した。この理論

は多数の応用的な事柄にとって基礎的な意義を持っている [9]。

W.トムソンは渦の保存定理にもとづいて特異な原子論的仮説 [10~11] を提唱した。彼は、宇宙空間全体はエーテル——理想流体——によって満たされており、その流体中では、その流体中で誕生した無限に小さい閉じた渦が物質*の原子となっていると予想した。W.トムソンは、各種原子の性質における多様性を運動の多様性によって説明した。そしてその運動の多様性のうちには、同じ種類の単純な物質の粒子が存在している。W.トムソンによって創出された原子の渦理論は人々に認められず、発展させられなかった。ようやく 1920 年代になり、ドイツの流体力学研究者 A.コルン [A. Korn] が W.トムソンの着想を再度復活させようと試みたが、その着想は物質の原子に対してではなく、電子の本性の解釈に対して適用された。

それより少し後、N.P.カステリンは素粒子の渦理論を構築しようと試みた。しかし、A.コルンと N.P.カステリンの着想は科学界の幅広い人々からの大きな不信に出会った。そのため、彼らの仕事には興味深い見解が少なからず含まれていたにもかかわらず、彼らの着想は孤絶状態のまま放置された。

航空機の発達とともに、科学者たちは固体の周りを流体が流れたときの渦状形成物を解明する必要性に直面した。この方面で特に注目になるのはカルマンと N.E.ジュコーフスキーの仕事である。カルマンは、いわゆるカルマン渦列の挙動をきわめて詳しく研究した [9,12,13]。また、ロシア語で書かれた A.A.フリードマンの素晴らしい著書『圧縮性流体の流体力学の実験』および「温度が変化する流体中における渦について」 [14,15] がある。これらの著書では圧縮性流体中における渦の運動に関する課題が与えられている。

最後に、粘性流体中における渦の運動に関する課題を立ててそれを解決したオゼーンの研究 [16] を挙げなければならない。オゼーンとフリードマンの着想は今もその継続的研究を待っている。

渦運動の領域における理論的探求は、それよりさらに後の時代にもソ連と諸外国の一連の研究者たちによって引き続き行われている [追加文献参照]。

気体の乱流および渦の動力学に関する課題は複雑であるため、研究者たちは必ずしも正確ではない、単純化されたモデルを用いることを余儀なくされていることに注目する必要がある。例えば、液体渦に関する検討においては、直線渦の中心部は固体に関する法則に従って回転しているという理解が用いられているが、それにはいかなる物理学的前提も存在しない [17]。物理現象に対応していないモデルが利用され、それを無視してはならないところで気体の圧縮性が無視され、粘性効果、温度効果その他の効果についての検討がなされていない場合が多い。

媒質、特に気体の渦運動に関する数多くの課題が今なお未解決のまま残されている。そのような課題としてまず第一に挙げなければならないのは、気体渦の形成、構造およびエネルギー論に関する問題である。境界層理論においては既に沢山のことがなし遂げられている [18] もの、この理論は満足すべき状態と言うには程遠い状態にある。気体らせん流の相互作用の領域では、解は事実上まったく存在しない。希薄気体中における渦流の相互侵入、らせんトロイダル渦環タイプの超高密度気体らせん構造の相互作用、あるいは多数の渦からなる複雑ならせん渦構造の相互作用に関連した課題は、これまで

まったく検討されたことがない。

とは言え、この領域においてももしっかりした研究の蓄積が既に創出されている。物質*構造に関するエーテル動力学の基礎を開発する際には、その蓄積を活用しなければならない。エーテル動力学にとって、気体の渦運動およびらせん運動に関する問題は特別の重要性を持っている。それゆえ、エーテル動力学が出現したことに伴い、現在、それらの問題を解決することの切実性がますます増大している。

4.2. 線状気体渦の形成と構造

気体媒質中において気体バルクが互いに対して移動すると乱流が発生し、それらの乱流が渦状形成物に遷移する。

原理的には、

$$\text{rot} \mathbf{v} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\oint \mathbf{v} d\mathbf{l}}{\Delta S} \neq 0 \quad (4.1)$$

であるような、すなわち、閉路に沿った速度の循環がゼロでない液体または気体の任意の運動は渦状形成物とみなされる。ただし、上記の比が満たされるすべての運動が、この言葉の完全な意味での渦というわけではない。静止した壁に沿った気体流は壁からの距離が異なる場所では非一様であるにもかかわらず、そのような流れの場合は

$$\text{rot}_z \mathbf{v} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) = \frac{1}{2} \frac{\partial v_x}{\partial y} \neq 0 \quad (4.2)$$

となる。縦方向（ x 軸方向）の速度 v_x は、壁から遠ざかるにつれて、すなわち z の値が大きくなるにつれて変化していくからである。それにもかかわらず、壁からの距離が異なる場所における流速の差（図4.1）のおかげで乱流が現われるための前提条件が創出されているものの、そのような流れの場合には、そのようなものとしての渦は存在し得ないのである。

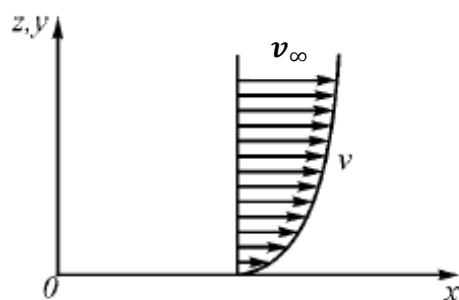


図4.1. 平板の境界層における速度分布

周知のように、流体力学においては、流体の運動は一般的には層流運動、乱流運動および渦運動に区別され、それらのうちのある運動から別の運動への遷移はレイノルズ数 Re 、すなわち

$$Re = vl/\chi \quad (4.3)$$

によって決定される。ここで、 v は媒質の流速； l は特性長さ； χ は媒質の動粘性率である。

文献[8, 18~21 その他]に示されているように、層流運動から乱流運動への遷移はレイノルズ数の値がおおよそ2000（レイノルズ自身による研究によれば2300）に達したときから始まるが、発生した乱流は必ずしも媒質粒子の回転を伴わない。レイノルズ数がさらに高い値になると、乱流は安定的になる。レイノルズ数がそのような値のときに媒質粒子の回転が発生すると、運動は渦運動になる。

安定的かつ連続的な渦形成が生じることが可能なのは、ある最小体積のエーテルが渦形成過程に引き込まれ、気体細流同士の衝突時にある最小速度勾配が確保されている場合に限られる。

気体流が他の気体流、または気体流の間の境界上で静止しているバルクに対して運動しているときには境界層が発生し、その層内において速度勾配が生じる[22]。境界層内では温度の低下が生じる。これは、

$$T = T_{\infty} - \sqrt{Pr}u^2/2c_p \quad (4.4)$$

であるからである。ここで、 Pr はプラントル数、すなわち

$$Pr = \eta c_p / k_T \quad (4.5)$$

であり、 u は境界層の境界の速度； c_p は媒質の定圧熱容量； η は絶対粘性率； k_T は熱伝導率である。

速度勾配が存在するという事は、媒質の各点に互いに逆向きの2つの気体流が存在するという事に等しい。

温度の低下は境界層内における絶対粘性率の減少をもたらす[18, 22]。これは、

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\xi}; \quad 0.5 \leq \xi \leq 1 \quad (4.6)$$

であるからである。そしてこのことが渦状形成物の安定性を高める。これは、外側の媒質の隣接する層に対して渦状形成物が伝えるエネルギーが減少するからである(図4.2)。

一方において渦の境界層内の粘性が低下すること、また他方において気体の遠心力が渦の中心領域から周縁部に向かって働くことが、気体渦が回転する渦管として形成され、渦の質量の主要部分がその管壁の内部に配置されることの原因となる。

飛行中の飛行機の翼の表面が氷結するという広く知られている事実が、境界層内における温度低下の実験的裏づけとなる。

境界層内における動粘性の低下という点に対しては何人かの著者が注意を払っている。この事実は実験的にも裏づけられている(例えば[22]を参照)。一部の著者は、絶対粘性率の減少はいわゆる「速度の不連続性」に起因して生じると考えている[19~20]。

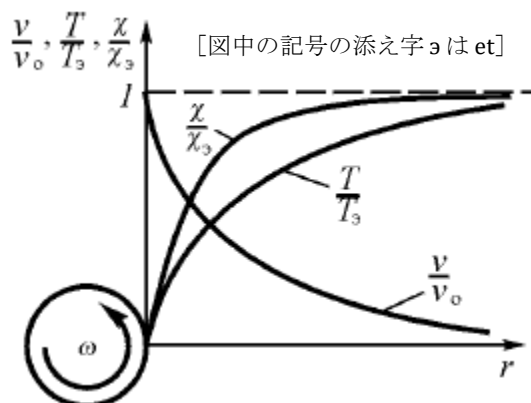


図 4.2. 気体渦の壁からの距離に対する流速，温度および動粘性率の依存性

渦の境界層内においては圧力の低下が生じる。これは，境界層内に存在する気体を回転中心からより遠くへ追いやろうとする遠心力が，定常的な運動状態においては，外部媒質の圧力と，外部媒質よりも回転中心により近い所に位置している領域にある各層の圧力との差によって生じる力によって相殺されることの結果である（図 4.3）。

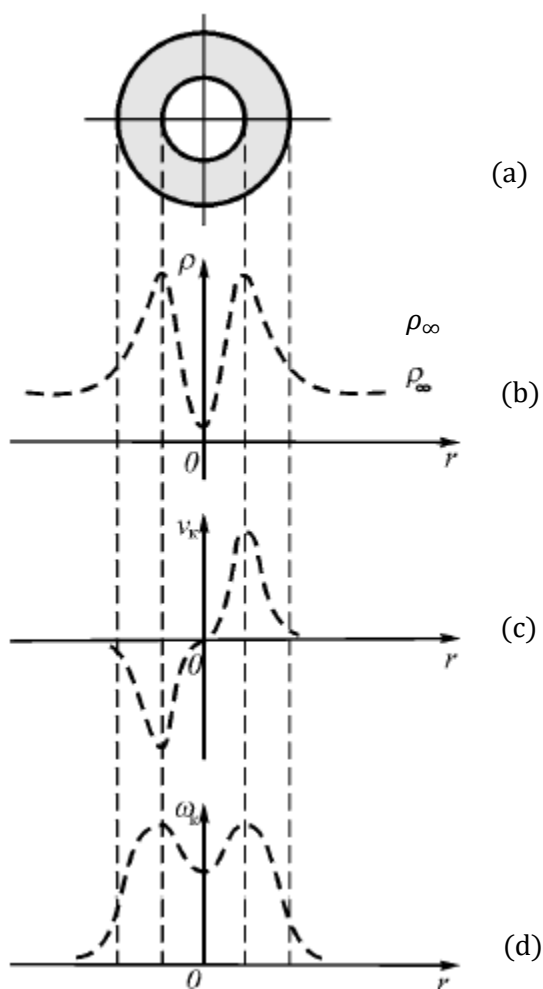


図 4.3. 円筒形気体渦：(a)渦の横断面；(b)気体の密度分布；(c)接線速度の正射投影図；(d)渦中における回転角速度の半径に対する気体の依存性 [図中の v_θ は v_c ； ω_θ は ω_c]

特別に開発された実験台を用いて行われた、エンジン始動時にジェット機吸気口の入口上に渦が現われる条件に関する解明作業は、線状気体渦が実際には高密度の壁を持った管タイプの形成物であることを示した。



図 4.4. 飛行機（駐機中）のジェットエンジン吸気口の入口上における気体渦の圧縮

図 4.4 においては、タービン吸気口の入口上に形成された渦の直径は吸気口のその 10 分の 1、横断面積は吸気口のその 100 分の 1 と著しく小さく、渦自体は管状構造を持っていることがよく見て取れる。

管の外側に存在する気体要素は内部圧力と遠心力の作用によって管から離れようとするが、外部圧力がそれを妨げる。内部圧力が外部圧力を上回っている場合には、気体要素は管から離れ去る。気体にとって、それを妨げるものは存在しないからである。管内に留まっている気体の内力の合計は、外力より小さいかまたは外力と等しい。後者の状態は不安定である。外力——周囲媒質の圧力——による渦体の圧縮は回転速度の増大をもたらし、しかもそのとき、内部圧力は低下する。そのため、平衡は依然として不安定であり、渦は圧縮され続ける。

そのような管の要素に対しては、遠心力および外部圧力 $[P_{\text{ext}}]$ と内部圧力 $[P_{\text{int}}]$ の差が作用する。それゆえ、

$$dF = adm = (P_{\text{ext}} - P_{\text{int}})dS - \omega^2 r dm \quad (4.7)$$

となる。ここで、

$$dS = rh_0 d\alpha$$

であり、 a は質量 dm が得た動径方向の加速度； r はその質量が存在している管の中心からの半径； h_0 は管の区間の長さ； $d\alpha$ は質量要素 dm がなしている角度である。

表式 (4.7) から分かるように、半径の値が

$$r > r_0 = \frac{P_{\text{ext}} - P_{\text{int}}}{\omega^2} \cdot \frac{dS}{dm} \quad (4.8)$$

のときは

$$\omega^2 r dm > (P_{\text{ext}} - P_{\text{int}}) dS \quad (4.9)$$

を得る。すなわち、加速度 a は正となり、質量 dm は渦の外へ放出されることになる。残った部分は $r \leq r_0$ を持っている。

$r < r_0$ のとき、加速度 a は負の符号を持ち、渦は外部圧力によって圧縮され始める。力の差は

$$dF = (P_{\text{ext}} - P_{\text{int}}) dS = \omega^2 r dm \quad (4.10)$$

となる。

$$P = \rho RT \quad (4.11)$$

であること、また、気体が遠心力によって中心から壁に向かって追いやられることによって内部領域においては密度 ρ が減少することを考慮すると、次式が得られる。

$$P_{\text{int}} = \rho_{\text{int}} R \left(T_{\infty} - \sqrt{Pr} \frac{u^2}{2c_p} \right) = P_{\text{ext}} - (\rho_0 - \rho_{\text{int}}) RT_{\infty} - \sqrt{Pr} \frac{u^2}{2c_p} \quad (4.12)$$

したがって

$$P_{\text{ext}} - P_{\text{int}} = (\rho_0 - \rho_{\text{int}}) RT_{\infty} + \sqrt{Pr} \frac{u^2}{2c_p} \quad (4.13)$$

となる。

これ以降の過程は角運動量の保存に対する要件によって次のように決定される。

$$L = rmu = \text{const} \quad (4.14)$$

したがって

$$\begin{aligned} dF &= \left[(\rho_0 - \rho_{\text{int}}) RT_{\infty} + \sqrt{Pr} \frac{u^2}{2c_p} \right] dS - \frac{u^2}{2} dm \\ &= (\rho_0 - \rho_{\text{int}}) RT_{\infty} r d\alpha + \sqrt{Pr} \frac{u^2}{2c_p} \frac{L dL}{r dm} d\alpha - \frac{2L dL}{r^3 dm} d\alpha \end{aligned} \quad (4.15)$$

となる。

このように、渦壁の内部における力の変化の半径に対する複雑な依存性が生じる。半径の減少に伴って第1項が減少する場合には、第2項と第3項は増大する。半径の縮

小は、第3項が最初の2つの項を相殺するようになるまで続くことになる。

半径が臨界値 r_{cr} に達し、 $dF = 0$ となったとき、この過程は停止する。このときの渦は、壁内部の気体密度の著しい上昇と周囲媒質より著しく低い温度によって特徴づけられる。渦中心の圧力は渦の周囲の気体より低くなる。この圧力低下は渦内の気体密度の減少と関係しているだけでなく、それよりむしろ、温度の低下と関係している。

文献[23~25]に挙げられているデータは、上に述べたことを裏づけている(図4.5, 図4.6)。

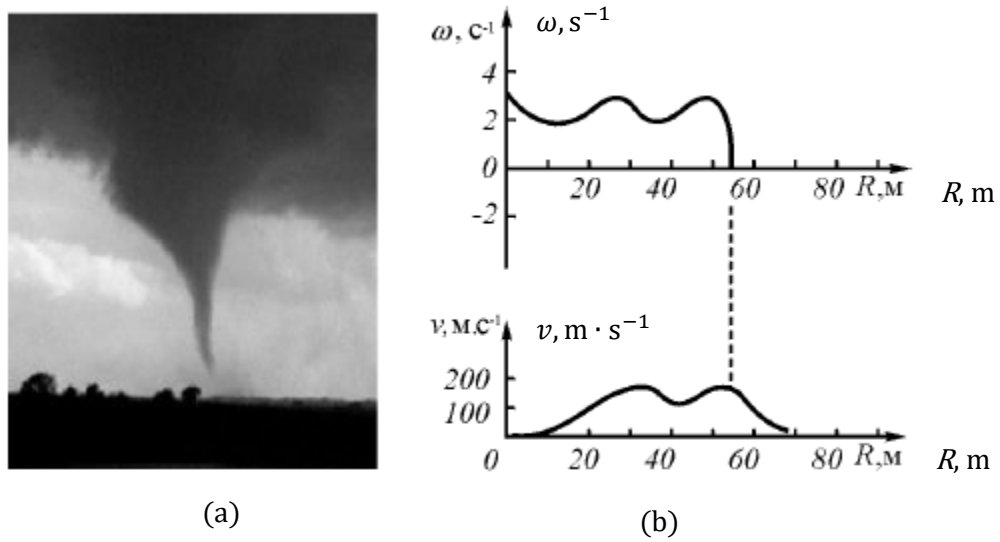


図 4.5. 竜巻の外観 (a) と観測データにもとづくその構造 (b)



図 4.6. フロリダ海域におけるサイクロンの形成 (衛星写真)

4.3. 気体渦のエネルギー論

前節から分かるように、気体渦の渦体は渦形成の過程で周囲媒質によって圧縮される。このことの裏づけとなるのは、竜巻の本体は、そこでは竜巻が大きな回転速度を出すことを地面との摩擦が妨げている、竜巻の基部よりも細いという事実である。駐機場においてジェット機のターボジェットエンジンを始動させる際、吸気口の前方に渦（しかも単独渦）がしばしば形成されるという事実もまた、大気の渦体の圧縮のもう一つの裏づけとなる。この渦の横断面積は吸気口自体の面積の数百分の1であり、もし渦の外部において、吸気口に向かう空気流がほぼ存在しないとすると、渦自体の内部における空気の縦方向流の速度はきわめて大きいものとなり、タービンに入る空気のほぼ全体が、コンプレッサーの入口上において自発的に形成されたこの渦の中を通過して進んで行くということになる。

このように、渦の形成過程におけるその横断面積の自発的減少という事実は、現実には起きていることなのである。当然のことながら、渦の横断面積の減少はその半径の減少の結果である。このように、渦の形成にはその半径の減少、またそれと同時に渦体の密度の上昇が伴っている。

回転半径の変化を伴う物体の回転運動には2つの種類がある。残念ながら、力学の教科書ではそれらに関する検討は十分詳しく行われていない。

その1番目の種類の運動——エネルギー投入を伴わない自発的運動——を図4.7(a)と図4.8(a)に示す。物体の運動が円筒の周りで起こり、物体を引き留める糸がその円筒に巻き付く。この場合には、物体は、慣性に従って円筒の周りを運動しながら、円筒の母線上にある瞬間中心（図の点O）の周りを回転する。瞬間中心は物体の後を追って移動する。糸はぴんと張っており、物体の軌道は各瞬間に糸に対して厳密に垂直である。それゆえ、糸の張力の軌道への射影はゼロである。

この場合には、半径は変化する（減少する）にもかかわらず接線加速度は存在せず、それゆえ物体は（損失がないときには）定常周速度で運動することになる。したがって、 $r = \text{var}$ [variable] であるにもかかわらず、損失もエネルギー投入もないときにはそうでなければならないように、周速度、運動量およびエネルギーは不変であり続ける。すなわち、

$$v = \text{const}; \quad p = mv = \text{const}; \quad w = mv^2/2 = \text{const} \quad (4.16)$$

となる。

回転半径の変化を伴う物体の回転運動の2番目の種類——外部からのエネルギー投入により、半径を変化させながら静止した中心の周りを回る運動——を図4.7(b)と図4.8(b)に示す。この場合には、軌道の半径を減少させるためには、遠心力に打ち勝つための追加的な仕事をする必要がある。

すると、質量はらせんに沿って運動し始め、そのとき、糸と軌道の間の角度は直角より小さくなる。遠心力の軌道への射影が現われる。物体の運動全体は、それにとっての回転中心が、点Oから離れる方向に動いた所にある点O'であるような曲線に沿って行なわれる。点Oには糸が付着しており、向心力 F_{cp} は点Oに向かっている。このとき、

向心力 F_{cp} の運動方向への射影はゼロではなく，したがって渦は軌道に沿った加速度を得る。

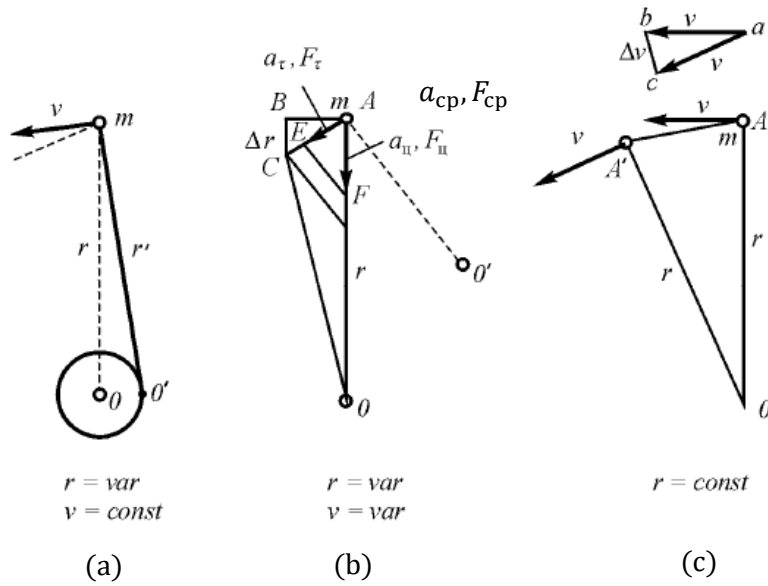


図 4.7. 半径の変化を伴う軌道に沿った物体の運動： (a)エネルギー投入なし； (b)エネルギー投入あり； (c)向心加速度の計算のための参考

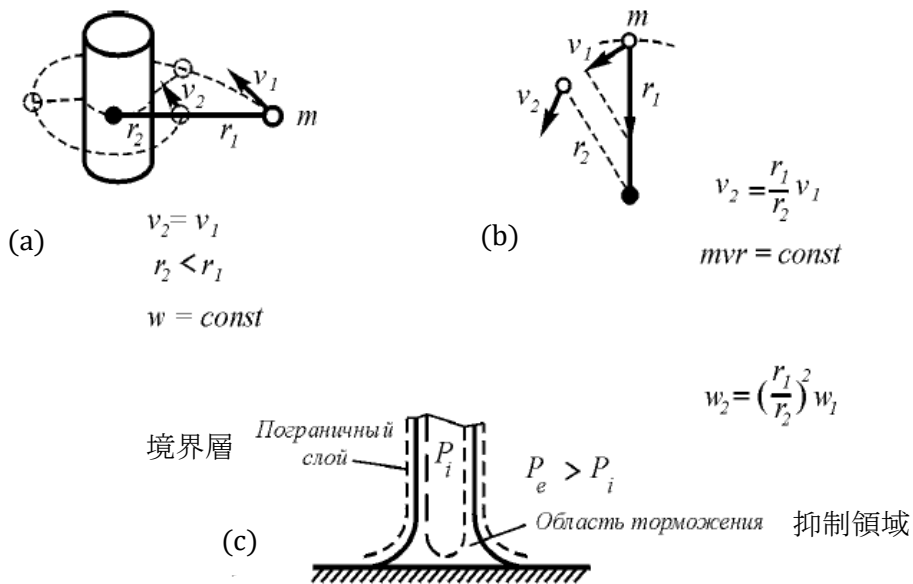


図 4.8. 物体の回転： (a)円筒の周りの回転； (b)回転半径が変化するときの中心の周りの回転； (c)その中で気体が回転半径を変化させながら運動している竜巻下部の構造[図中の P_i は P_{int} ， P_e は P_{ext}]

普通の回転運動（図 4.7(c)）の場合には，3 三角形 $AA'O$ と abc の相似より，

$$\Delta v/v = S/r = v\Delta t/r \quad (4.17)$$

または

$$\Delta v / \Delta t = a_{cp} = v^2 / r \quad (4.18)$$

が導き出され、3 角形 ABC と AEF (図 4.7(b)) の相似からは

$$a_{\tau} / a_{cp} = -v_r / v_{\tau} \quad (4.19)$$

または

$$a_{\tau} = -a_{cp} \frac{v_r}{v_{\tau}} = -\frac{v_{\tau}^2 v_r}{r v_{\tau}} = \frac{v_{\tau} v_r}{r} \quad (4.20)$$

が導き出され、これより

$$a_{\tau} = -\omega v_r \quad (4.21)$$

が得られる。すなわち、この場合における質量の加速度はコリオリの加速度の本性を持っている。

上式の 2 つの項に半径 r を掛けると

$$a_{\tau} r + v_{\tau} v_r = 0 \quad (4.22)$$

となり、これを時間に関して積分すると

$$\int (a_{\tau} r + v_{\tau} v_r) dt = \int \left(\frac{\partial v_{\tau}}{\partial t} r + v_{\tau} \frac{\partial r}{\partial t} \right) dt = \text{const} \quad (4.23)$$

が得られる。

括弧内は全微分であるから

$$vr = \text{const} \quad (4.24)$$

が得られる。

質量が不変の場合には

$$mvr = \text{const} \quad (4.25)$$

が得られ、これより、 $r_2 < r_1$ のとき、

$$p_2 = mv_2 > p_1 = mv_1; \quad w_2 = \frac{mv_2^2}{2} > w_1 = \frac{mv_1^2}{2} \quad (4.26)$$

となる。

このように、系内において、外部エネルギー源により、物体の回転半径の該当する変化（増大または減少）のために送られるエネルギーが変化する場合には、角運動量不変の法則が当てはまる。以上検討した事例は、物体の回転エネルギーが変化するという点が前の事例 [=1 番目の種類の運動] とは原理的に異なっている。なお、加速する物体のそれ以外のすべての特性、例えば温度等々は変化しない。

回転半径が減少するときの物体の運動の接線速度は初期接線速度よりも著しく大き

く、角運動量不変の条件から得られる次の表式によって決定される。

$$u_c = \frac{r_0}{r_c} u_0 \quad (4.27)$$

気体（「圧縮性流体」）の渦運動の形成の場合にも、それと同様とならなければならない。すなわち、渦がより圧縮されれば、渦流の運動速度はより大きくなる。形成された渦の構造においても、それと同じことが生じなければならない。すなわち、内層は外層よりも大きな速度で運動しなければならない。

単位時間にバルクが得た接線方向の運動エネルギーは次のようになる。

$$w_\tau = \frac{F_\tau \Delta S_\tau}{\Delta t} = m a_\tau v_\tau = m \frac{v_\tau^2 v_r}{r} = m \omega v_\tau v_r = m \omega^2 v_r r \quad (4.28)$$

それと同じ単位時間に渦の動径方向の移動に投入されたエネルギーは

$$w_{cp} = \frac{F_{cp} \Delta S_{cp}}{\Delta t} = m a_{cp} v_{cp} = m \frac{v_\tau^2 v_r}{r} \quad (4.29)$$

となり、したがって

$$w_\tau = w_{cp} \quad (4.30)$$

となる。このことは、バルクが得たエネルギーはもっぱら外部起源のエネルギーであるという事実を裏づけている。

バルクを加速させる力は

$$F_\tau = \frac{v_\tau v_r}{r} = m \omega v_r \quad (4.31)$$

であり、角速度および半径の変化速度に比例している。

バルクに投入する必要のある動径方向の力は次のようになる。

$$F_r = \frac{v_\tau^2}{r} = m \omega^2 r \quad (4.32)$$

このように、 F_r は全力であり、物体が速度 v_r で移動するときにこの力に打ち勝つために投入されたエネルギーこそは、半径の縮小を確保し、バルクが追加的な回転エネルギーを獲得するために系に投入する必要のある、全エネルギーなのである。

以上検討した回転する物体のエネルギー蓄積メカニズムは、周知のようにエネルギー容量がきわめて大きな形成物である、気体渦のエネルギーの起源を理解することを可能にする。

上記の結論は固体の回転の場合だけでなく、動径方向の運動エネルギーが回転半径の変化、したがってまた接線方向の運動エネルギーの変化のみのために費やされる非圧縮性流体の回転の場合にも当てはまる。圧縮性気体の場合には、動径方向の運動エネルギーは、さらに気体の縮小によって気体の内部エネルギーを変化させるためにも費やされる。

しかしここで、一般的な描像は著しく複雑になる。

渦形成時に気体のあるバルクが構造の変化を伴わずに圧縮されたとすると、そのバル

ク中では、周知の法則

$$P = RT/V \quad (4.33)$$

(ここで、 R は普遍気体定数； T は絶対温度； V は体積)との関連で、気体の圧力は必然的に増大するはずである。ところが、そうであるとする、渦自体の形成も不可能になるはずである。しかし、形成中の渦の内部には、中心からの距離が異なる所に相異なる層が存在し、このことが、それらの層が相異なる速度で——内層は外層よりも速く——運動するという結果をもたらす。そのため、渦の各地点には速度勾配が存在し、このことが描像全体を著しく変化させる。

微分形のベルヌーイ方程式

$$\rho v dv + dP = 0 \quad (4.34)$$

に従い、流れの速度が増大するとき、圧力は低下しなければならない。

気体流中における圧力低下は温度低下を意味し、圧力低下は傍らからの気体バルクの追加によって相殺される。したがって渦体の壁の内部では密度上昇と温度低下が生じることになり、まさにこのことが実際に生じているのである。

上記の推論は厳密ではないことに留意する必要がある。渦体の圧縮は、渦体の外部の気体の圧力の仕事によって生じているからである。その圧力は気体流を加速させる。ただし、気体流の加速は、その加速が気体細流中へのエネルギーの追加によって生じるような仕方で行われるのであって、ただ単に、ベルヌーイ方程式から導き出されるようなエネルギーの再分配のみによって行われるのではない。とは言え、気体渦の渦体の圧縮という事実そのものは、渦壁の密度が上昇し、渦壁の温度が低下していることを物語っている。このことは、外部圧力による渦の圧縮によって引き起こされた渦の内層の並進速度に対して、熱エネルギーの並進運動エネルギーへの再分配によって引き起こされた速度が追加されていることを意味している。このように、渦の内層の運動の接線速度は、公式(4.27)から導き出される速度よりも大きい。

残念ながら、気体力学においては、渦流の並進運動に対する気体分子の無秩序運動の熱エネルギーの寄与メカニズムに関する検討は、まだまったく不十分にしかなされていないことを認めなければならない。この課題の複雑性との関連から、ここでは、そのメカニズムについては、渦壁内の気体は密度が高く、外部媒質よりも低い温度を持っているという疑う余地のない事実から出発して、仮定的な形でしか語ることができない。

原理的には、気体の内層による熱エネルギーの伝達は、外部媒質に向かう方向と、渦体自体の加速中の流れに向かう方向の2つの方向へ生じることができる。

外部媒質への熱伝達は、(液体が表面から蒸発するのと同様に)最大速度を持つ分子が遠心力によって内層から外層に向かって放出されることによって行われる。残った分子が速度を再分配し、層温度は低下する。

並進運動をしている層への熱エネルギーの伝達は、接線方向への分子の平均行程が増大することによって生じることができる。気体の比エネルギーが保存されているときは、接線速度と法線速度の間で再分配が生じる。すなわち、運動の接線成分の秩序的部分の増大が無秩序運動の接線部分の減少をもたらす、その結果、熱運動全体の速度が低下す

る。温度は次のように低下する。

$$T_2 = \frac{m\bar{u}_2^2}{3k} = \frac{m(\bar{u}_\tau^2 - v_\tau^2 + \bar{u}_r^2 + \bar{u}_l^2)}{3k} < T_1 = \frac{m(\bar{u}_\tau^2 + \bar{u}_r^2 + \bar{u}_l^2)}{3k} \quad (4.35)$$

ここで、 m は気体分子の質量； τ は運動の接線成分の座標； r は動径成分の座標； l は軸成分の座標； $\bar{u}$ は分子の無秩序（熱）運動の平均速度； v_τ は秩序的接線運動の速度（気体細流の速度）； k はボルツマン定数である。

しかし、この場合には、内部気体流の速度は、渦の周囲の媒質の外部圧力による加速のみによって得られる速度よりも大きいことが分かる。このことが、この過程を回転半径の変化を伴う固体の運動過程と本質的に異なったものになっている。

このようにして、定性的レベルにおいてはあがあるが、渦の内層による熱エネルギー損失のメカニズムが理解できるようになる。ただし将来的には、この課題に対し、より本質的な注意が払われなければならない。

外部圧力によって渦体が圧縮されるとき、渦表面においては次の圧力の等式が得られる。

$$P_{\text{ext}} = P_{\text{cf}} + P_{\text{int}} \quad (4.36)$$

ここで、 P_{ext} は自由空間中におけるエーテルの圧力； P_{cf} は渦表面において遠心力によって創出される圧力； P_{int} は渦の内部領域における圧力である。このとき、

$$P_{\text{ext}} = \rho_0 \frac{u_{\text{ext}}^2}{2} \quad (4.37)$$

（ここで、 ρ_0 は自由空間中における気体の圧力； u_{ext} は分子の無秩序運動の平均速度）,

$$P_{\text{cf}} = \frac{v^2 \delta \rho}{r} \quad (4.38)$$

（ここで、 v は渦壁の運動の並進（接線）速度； δ は壁の厚さ； ρ は渦壁内の気体の密度； r は渦壁の半径）である。

渦の中心領域における内部圧力 P_{int} および渦壁内の気体の密度は、次の2つの関係式によって温度と結びつけられる。

$$P_{\text{int}} = P_{\text{ext}} \frac{T_{\text{int}}}{T_{\text{ext}}} \quad (4.39)$$

$$\rho = \rho_0 \frac{T_{\text{int}}}{T_{\text{ext}}} \quad (4.40)$$

$T_{\text{int}}/T_{\text{ext}} = \kappa_T$ と表すと、(4.36) より次の方程式が得られる。

$$\rho_0 \frac{u^2}{2} = \rho_0 \frac{v^2 \delta}{r \kappa_T} + \rho_0 \frac{v^2 \kappa_T}{2}$$

または

$$\kappa_T^2 - \kappa_T + 2 \frac{v^2 \delta}{u^2 r} \quad (4.41)$$

この方程式の解は次のようになる。

$$\kappa_T = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \left(1 - 8 \frac{v^2 \delta}{u^2 r} \right)^{1/2} \approx 1 - 2 \frac{v^2 \delta}{u^2 r} \quad (4.42)$$

こうして、渦内および渦壁内の温度は

$$T_{\text{int}} = T_{\text{ext}} \left(1 - 2 \frac{v^2 \delta}{u^2 r} \right) \quad (4.43)$$

として決定され、渦壁の密度は

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - 2 \frac{v^2 \delta}{u^2 r}} \quad (4.44)$$

となる。

これより、渦の回転速度が増大するにつれて、渦内の温度は低下し、渦壁の密度は増大することが分かる。

渦が圧縮されるとき渦壁の運動速度を決定しよう。

渦壁の運動速度の増加は渦内の気体の熱含量の低下によって生じる。それゆえ、

$$\frac{\Delta v^2}{u^2} = \frac{\Delta T}{T_{\text{ext}}} = \frac{T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}}{T_{\text{ext}}} = 1 - \kappa_T \quad (4.45)$$

であり、したがって

$$\Delta v^2 = \Delta v^2 (1 - \kappa_T) = 2v \frac{\delta}{r} \quad (4.46)$$

となる。その結果、次式を得る。

$$v \approx \frac{v_0 R_0}{r \left(1 - \sqrt{2} \frac{\delta}{r} \right)} \quad (4.47)$$

ここで、 R_0 は渦形成の初期半径； v_0 は渦形成の瞬間における気体の並進運動の初期速度である。

このように、渦体内における圧縮された気体の流速は、渦の外部パラメーターが同じ場合であっても、圧縮されていない気体の流速を著しく上回っている可能性がある。

渦内の希薄化している領域においては、接線速度は中心に向かって滑らかに減少していく。これは回転している固体内における速度の減少を思わせるが、その減少の本性は異なっている（図 4.3(c)）。

その中心がその周縁部と同じ密度の液体によって満たされていて、若干の著者によって主張されているように、その中心が固体に関する法則に従って回転している [17]（もちろん、これは不正確である）液体渦とは異なり、気体渦は管状構造を持っている。

気体渦の中心部における気体の圧力は、粒子が遠心力によって中心から周囲へ追いやられることによって低下している。そして気体渦自体は外側から境界層によって制限されている。境界層の温度と粘性の値は低下しており、その密度の値は渦壁の高い密度から周囲媒質中の気体の密度へと滑らかに遷移している。

以上述べたことから、気体渦はその形成時に周囲媒質のエネルギーを自らの内部に集中させており、したがってこの過程は、周囲空間へのエネルギー拡散を伴っている他のあらゆる過程と根本的に異なっているという結論が導き出される。

4.4. 線状渦の周りにおける気体の運動。エネルギー論的パラドックス

非圧縮性流体に関する流体力学の周知の命題に従い、渦糸の周りにおいて、次の法則に従った流体の円運動が生じる。

$$\Gamma = \oint \mathbf{v} d\mathbf{l} = \text{const} \quad (4.48)$$

ここで、 Γ は循環の大きさ； $\mathbf{v}$ は渦中心から距離 r の所における渦中心の周りにおける流体の運動速度； $d\mathbf{l}$ は流れの線素である。

これより、流速は

$$v = \Gamma / 2\pi r \quad (4.49)$$

となる。すなわち、流速は渦中心からの距離に逆比例しており、双曲線法則に従って減少する。

H.ヘルムホルツによって初めて定式化され、それ以来流体力学に関する事実上すべての体系的教科書に記載されているこの命題は、実はまったく不正確である。この命題はエネルギー論的パラドックスを引き起こすからである。それによれば、単位長さの線状渦の周りにおける流体の運動エネルギーは、循環の値がいかなるときでも無限大となる。

実際、渦中心の周りを運動する流体のエネルギーの大きさは

$$W = \int_V \rho v^2 / 2 dV = \int dl \int_l^{l+\Delta l} \rho \Gamma^2 \frac{2\pi r dr}{4\pi^2 r^2} = \frac{\Delta l \rho \Gamma^2}{2\pi} \int_R^\infty \frac{dr}{r} = \frac{\Delta l \rho \Gamma^2}{2\pi} \ln r|_R^\infty \quad (4.50)$$

という表式によって決定される。すなわち、渦の単位長さ当たりでは

$$W = \frac{W}{\Delta l} = \frac{\rho \Gamma^2}{2\pi} \ln r|_R^\infty = \infty \quad (4.51)$$

となるが、もちろん、純粋に物理学的な判断に従えばこれはあり得ないことである。

渦に関するエネルギー論的パラドックスは、実は、利用されているモデル——この場合は非圧縮性・非粘性の流体としての媒質のモデル——の不十分さを示す実例であるにすぎない。

実際には渦が発生し、消滅しているにもかかわらず、ヘルムホルツの定理によれば、渦は創出することも消滅させることもできないとされていることを忘れてはならない。このこともまた、利用されている非圧縮性・非粘性の流体の円運動としての渦モデルの不十分さを物語っている。圧縮性のみを考慮しただけでも、双曲線法則にもとづく速度分布則に対する背反がもたらされ、さらに粘性をも考慮すると、エネルギー損失を考慮する必要性が生じることになる。このことは、渦糸がその周囲の流体を運動に引き込むときの距離をさらに縮小させる。

それだけでなく、上に挙げたすべての数学的結論は、そもそも渦形成自体の過程を考慮しておらず、渦糸およびその周囲の流体を、それ以前の履歴をまったく持たない一種の不動な渦のようなものとみなしている。ここでは、渦糸は周囲の流体を運動に引き込む原因ではなく、渦糸と周囲の流体はただ単に動的平衡状態にあるにすぎない。

実際には、現実の物理的条件においては、それらすべてはそうっていない。渦はそれによって周囲の流体が運動する原因となっており、渦はその運動のためにエネルギーを費やさなければならず、その結果、渦自体のエネルギーは減少する。流体中における運動は段階的に伝播し、それに対応して渦のエネルギーも段階的に減少する。このことが渦の回転速度の低下とその直径の増大をもたらす（渦の拡散）。そして粘性の存在がこの過程を不可逆過程にする。

圧縮性流体のエネルギーの伝達にはその圧縮が必然的に伴い、その圧縮の度合いは流体が渦体に近ければ近いほどより強くなる。これは、渦近傍における流体速度の双曲的減少の法則に反している（図 4.9）。

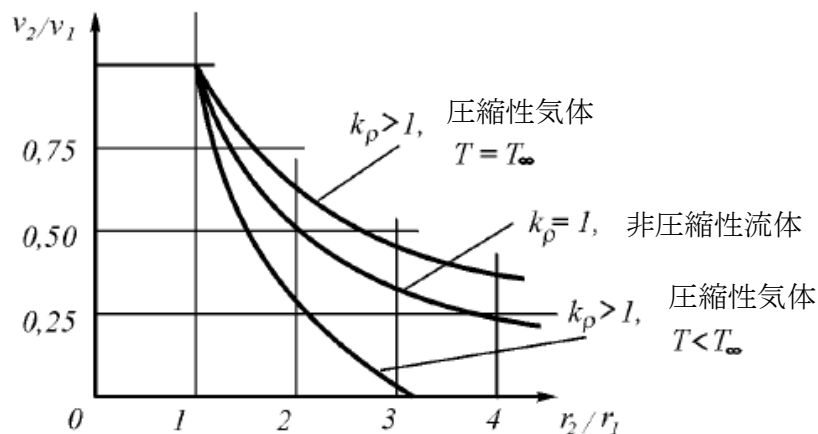


図 4.9. 理想的（非圧縮性）流体および気体の場合の円筒形渦の周りにおける速度分布

このように、そもそも自然がいかなる「パラドックス」も知らないのと同様、現実の状況にはいかなる「エネルギー論的パラドックス」も存在しない。あらゆる「パラドックス」は例外なく、検討対象に関する我々の不完全な、往々にしてきわめて皮相な知識から生じた結果なのである。

渦中における流体の運動に関する理解にも、やはりそれと類似したものが存在している。

循環の不変性によれば、流体の運動速度は半径が減少するにつれて増大し、半径が無限小のときは無限大となる。そこで、流体力学研究者たちはある公準を導入した。その公準によれば、渦の中心には、固体に関する法則に従って回転する一種のコアが存在しなければならず、コアの内部では、速度は渦の中心に向かって線形的に減少しているとされている。この公準を導入する際にはいかなる物理学的判断もなされておらず、ただ単に、無限大の速度はあり得ないという事実が挙げられているにすぎない。

実際には、これはすべて間違っている。

渦体内においては、媒質の運動速度の増大が疑いもなく生じている。なぜなら、それ

は渦形成メカニズムから直接的に導き出されることだからであり、またもしそうでないとすると、流体の動的平衡が損なわれることになるからである。しかし、上記において示したように、渦内の圧縮性流体中においては渦壁が必然的に形成され、その流体（実際には気体。なぜなら、「圧縮性流体」の概念自体が液体の物理的本質と矛盾するからである）は縮小する。それらの渦壁は境界層によって流体のそれ以外のバルクから分離されている。境界層内において、渦壁の速度から周囲媒質の速度への滑らかな遷移、ならびに密度、温度および粘性の滑らかな遷移が生じている。渦体内においては、渦体内の媒質の温度は（おそらく密度も）渦体の外部のそれよりも高いという特徴を持つ、同様の遷移が生じているはずである。そうだとすると、渦壁の内側表面の速度から渦中心の速度への滑らかな遷移が進行しているのは、そもそも渦体内に存在していない高密度のコアの内部においてではなく、その希薄化された内部空間においてである。第1近似においては、ここでは多分、図4.3(c)に示されているように、2つの双曲線の合成を利用することが可能であろう。

4.5. トロイダル気体渦の形成と構造. らせん運動の形成

ローゼンヘッド [26] が示しているように、平面細流の境界層の表面は、巻かれて一連の二重らせんになり、渦を形成しようとする（図4.10）。それらの渦の軸は細流の方向および速度勾配に対して垂直である。得られた渦は半径を減少させ、周速度を増大させながら、自発的に圧縮され始める。

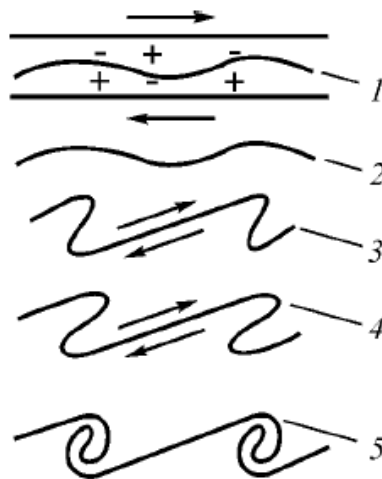


図4.10. 気体流同士の間境界層の非安定性： 矢印は流れの方向を示す； +記号は高圧領域を示す； 数字はこの過程の発展段階に対応している。

ジェット機の吸気口入口における渦の形成が、渦が自発的に圧縮されることの実験的裏づけとなっている。吸気口入口の面積が 1 m^2 のとき、入口上に形成される渦の直径は約 $4\sim 6 \text{ cm}$ である（図4.4 参照）。

この過程について検討しよう。圧縮性気体中の細い渦糸、あるいはその全体が勾配を持っている層は不安定な形成物であり、安定的なのは渦環のみである。その中で最も安定的なのはらせんトロイダル渦である。その表面における速度勾配が最大である、すな

わち、境界層の粘性が最小であるからである。線状渦、あるいは勾配層からのそのような渦環の形成は渦糸の変形を促進する。その変形は、歪んだ渦束自体の近傍における媒質の速度場、あるいは渦束内部における乱流のゆらぎ、あるいは周囲媒質の乱流によって引き起こされる。それだけでなく、渦束の軸に沿って振動が発達し、その結果、渦体に沿って相異なる波長の定在波が形成され、それらの定在波が渦束の個別区間への分断を促進する。さらに、それらの個別区間は一対ずつ結合して渦ループを形成する [27] (図 4.11)。

渦ループは気体流を形成する。その気体流が渦ループを広げようとし、その結果、渦環が形成される。渦環は、環の直径が渦体の直径を著しく上回ると (リヒテンシュタインによれば $D/d \geq 86$ [28]) 形状が不安定となる。

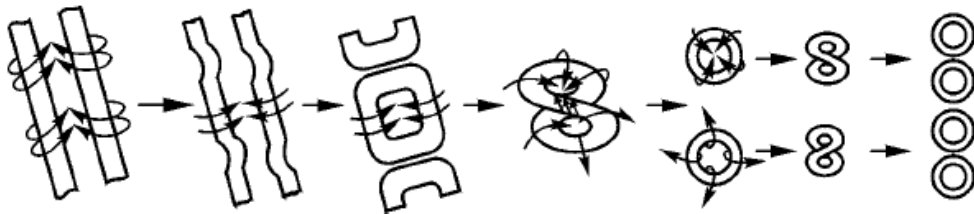


図 4.11. 渦環の形成諸段階の順序

周知のように [21,29], 渦環は周囲媒質中において気体流を誘発し、そのとき、渦環が高密度でない場合には、渦環自体は空間中を速度

$$v = \frac{\Gamma}{4\pi D} \left(\ln \frac{8D}{d} - \frac{1}{4} \right) \quad (4.52)$$

で移動する。

高密度の渦環はゆっくりと加速する。ただし、渦環の形状が歪んでいるときには、気体流の方向が変化し、渦環の諸部分が 1 つの共通の流れを創出した場合には、複数の渦ループが形成される。それらの渦ループは即座に伸びて真っ直ぐになる。

そのような系の最小値に相当するのは、関係式

$$l/S = \min \quad (4.53)$$

の最小値である。ここで、 l は平均長さ； S は 2 つの渦ループに共通する 1 つの気体流の横断面積である。

エネルギー最小に向かおうとする系の傾向は、渦ループの面積の拡張および渦ループの交叉し合う諸部分の接近に向かう力を創出する。渦ループの交叉し合う諸部分における回転方向は一樣であるため、それらの諸部分は合体するが、しかしまさにそのとき、渦ループは自らの形を整えて独立した渦環となり、それらの渦環は互いに分離する。得られた渦環はさらに分裂する。そのような分裂は、トロイドの直径がトロイド本体の半径 [訳注] に匹敵する大きさになるまで続く。その結果、トロイドの形状は球に近づき (ヒ

[訳注] より一般的な用語では、「トロイドの直径」は「トロイドの小半径×2」, 「トロイド本体の半径」は「トロイドの大半径」と言い換えることができると思われる。

ルの球形渦), そのとき, トロイドの壁は高密度となる。

以上検討した渦環の形成と分裂のメカニズムは, 唯一のものではない。形成後における渦環の分裂の様子は, 静水の入っている容器に 2~3 cm の高さからインクを 1 滴たらすという簡単な実験によって容易に見ることができる。図 4.12 において, インク滴の水中への落下によって最初に形成されたトロイダル渦環がより小さいトロイダル渦環に分裂し, 今度はそれらがより小さいトロイダル渦環に分裂してゆく……等々という過程が見て取れる。



図 4.12. 液滴が落下したときの流体中におけるトロイダル渦環の形成と分裂

このように, 流体流の無秩序な移動もまた, 分裂するトロイダル渦環を生み出すことができる。

気体のらせん渦トロイドは, 丸く巻かれた管のタイプの形成物である。丸管の内側の空洞内の気体の圧力と密度は自由媒質中のそれよりも低い。しかし, 管壁内の気体は著しく高密度である。中心軸近傍の管壁はそこに最も高い気体密度を作り出している(軸方向の中心穴自体を除く)。この領域はらせんトロイダル渦のコア(核)と呼ぶことができる。

普通の煙のトロイドを用いた実験が示すところによれば, そのような管は楕円形の形状を持っている。その結果, トロイドの直径 D の寸法はトーラスの直径 d の 2 倍未満,

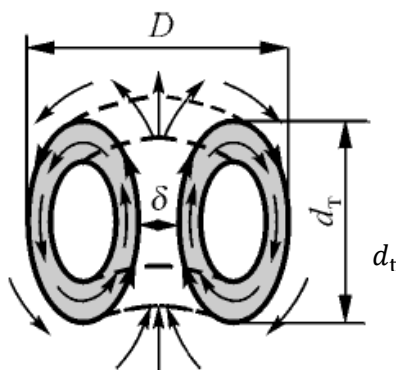


図 4.13. トロイダル気体渦 (断面図)

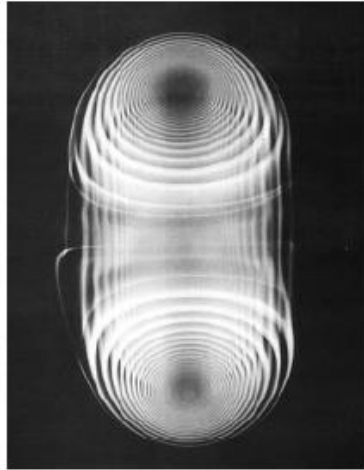


図 4.14. 煙環の構造：煙を管の一端から空気中に放出すると、それがきつく巻かれたトロイダルらせんになるのを見ることができる。しかし、それは過渡的構造でしかなく、その後、層状のトロイダル渦が形成される。

ただし1倍超の大きさであり、およそ $1.7d$ である。トーラスの内側の穴の直径 δ はおよそ $0.25d$ である。楕円の長軸と単軸の寸法の比はおよそ $0.7:1$ である（これらのデータは文献 [30] から借用したもので、空気煙のトロイドの構造に関するものである）（図 4.13, 図 4.14）。エーテルのらせん渦トロイドの場合には、各寸法の比と形状はおそらく若干異なっているであろうが、著しく異なっているとはまず考えられない。

その構造が高密度の壁を持つ閉じた管に似ている渦状気体トロイドの内部では、コア——軸方向の穴を持つ中心部——，その管の外壁によって形成されている外殻，気体を高密度の状態で壁内部に保持している表面境界層が明確に分かれている。

管壁内でのトロイダル運動における気体の流線は、トロイド内の外面側よりも著しく小さい面積を通過している。それゆえ、トロイドの中心部における気体のトロイダル運動の速度は、外壁内におけるよりも著しく大きい。ただし、高密度の気体の流れの運動エネルギーはどこにも放出されないため、流れの最大速度は変化することができない。それゆえ、気体の流線は方向を変える。すなわち、トロイダル方向に円周方向が追加される。トーラスの軸から遠ざかるにつれて、速度のトロイダル成分は減少し、円周成分が増大する。管壁内における気体の運動はらせん運動の性格を持つようになる。

トロイド内におけるらせん運動の符号は、周囲空間中における気体流がその時点までにらせん運動のいずれの符号を持っていたかによって決定される。周囲空間中において一定の符号の気体細流の運動が既に存在していた場合には、新たに形成されたトロイダル渦はそれと同じ符号のらせん運動を持つことになる。このことは、空間のある領域内においてたった1つでもらせん渦トロイドが既に創出されていた場合には、新たに形成されるそれ以外のすべてのトロイドはそれと同じ符号のらせん運動を持つということを意味している。

トロイダル渦は、トロイドの形状（太いドーナツ形タイプの形状）の中に閉じ込められている渦状形成物である。トロイドの半径 r がトロイド本体の半径 R よりも何倍も小さい場合には、その渦の内部構造は上記の線状渦の構造と異ならない。しかし、これ

ら 2 つの半径の値が互いに比較し得るような大きさである場合には、描像は著しく変化する。トロイドとトロイド本体の半径が互いに比較し得るような値を持っている場合には、管壁の相異なる部分——管壁内の高密度の気体——は、相等しい状態にはない。中心軸により近い所に存在する管壁部分は、軸から遠い所に存在する管壁部分よりも著しく小さい総断面積を持っている。

管壁を形成している気体流（トロイダル流）は、ある 1 つの断面も次の 2 番目の断面も完全に通過しなければならない。したがって 2 つの断面を通過する気体の流量は同一でなければならない。しかし、2 番目の断面の面積は 1 番目の断面の面積よりも著しく大きいことから、外側断面における気体のトロイダル速度は、内側におけるそれよりも著しく小さくしなければならない。トロイドの中心部におけるトロイダル運動の速度は大きいことから、細流は慣性に従って軸に沿った方向に押し流され、トロイド全体はネギ坊主型の丸屋根の形状を持つようになる。

気体流のトロイダル速度が低下するためには、その速度が何かによって打ち消されるか、または自らの方向を変化させなければならない。この場合には、トロイド管壁内の気体は高密度であり、エネルギーを外部に放出することも、あるいは外部から取り込むこともできないため、速度を打ち消すものは存在しない。したがって気体流の速度は一定であり続けものの、自らの方向を最初の方角に対して垂直に変化させることを余儀なくされる。その結果、トロイド全体の円周運動が発生し、トロイド表面の各地点においてトロイダル運動と円周運動の組み合わせが生じ、それらが合わさってトロイド管壁のらせん運動を与える。トロイドの半径とトロイド本体の半径が比較し得る大きさであるときの、トロイダル渦の管壁のトロイダル運動と円周運動の速度分布を図 4.15 に示す。

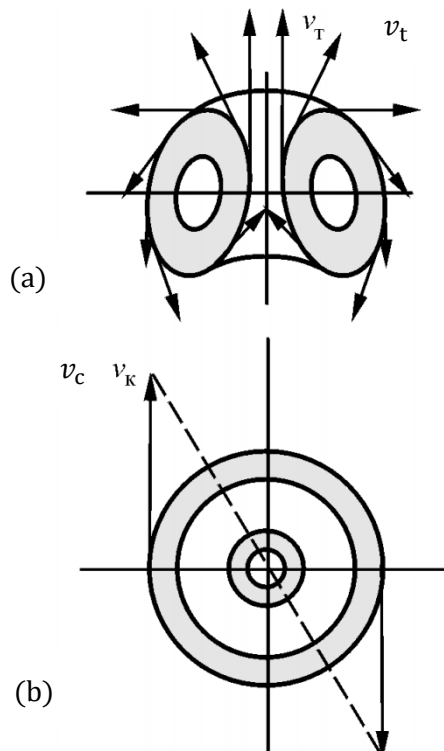


図 4.15. トロイダル渦の管壁の運動速度分布： (a)トロイダル運動； (b)円周運動

らせん渦トロイドは、トロイダル運動の強度、円周運動の強度および内部エネルギーによって特徴づけることができる。

その渦環の半径 r が渦環本体の半径 R_c よりもはるかに小さい、細い渦環の場合には、トロイダル運動（渦環の軸方向の運動）の強度は次のようになる。

$$\Gamma_t = v_t S = 4\pi^2 r R_c v_t \quad (4.54)$$

ここで、 v_t は接線運動速度である。円周運動の強度は

$$\Gamma_c = v_c S = 4\pi^2 r R_c v_c \quad (4.55)$$

（ここで、 v_c は円周運動の速度）となる。

球状トロイドの場合には、表式はより正確になる。その表式は次のようになる。

$$\Gamma_t = v_t S_t = 4\pi R_t^2 v_t \quad (4.56)$$

$$\Gamma_c = v_c S_t = 4\pi R_t^2 v_c \quad (4.57)$$

ここで、 S_t はトロイドの表面積； R_t はトロイドの外半径； v_t と v_c はそれぞれ球状トロイドの赤道上的におけるトロイダル速度と円速度である。

トロイド表面の温度 T_s は次式によって決定される。

$$T_s = T_\infty - \sqrt{Pr} v_s^2 / 2c_p \quad (4.58)$$

ここで、 T_∞ は自由空間中の気体の温度； Pr はプラントル数（ $\chi = 1.4Pr = 0.723$ の場合）； v_s はトロイド表面における気体の速度； c_p は気体の定圧熱容量である。

トロイドの総内部エネルギーは次のようになる。

$$w_t = mv^2/2 = m(v_t^2 + v_c^2)/2 \quad (4.59)$$

ここで、 v_t はトロイド内における気体流の速度である。気体流の速度は、球形トロイドの場合はトロイドの赤道上的における円周運動の速度とほぼ等しく、細い渦環の場合はその1.41倍となる。

著しく高密度の気体状媒質——エーテル——のらせん渦環は、物質を形成する安定的素粒子とみなすことができる。

圧縮性気体のトロイダル渦の内部エネルギーについて検討しよう。渦を構成している気体の要素細流の質量は

$$\Delta m = 2\pi r \Delta r b \rho \quad (4.60)$$

である。

$$\Delta r / \Delta r_0 = r / r_0; \quad \rho / \rho_0 = r_0^2 / r^2 \quad (4.61)$$

であるから、

$$\Delta m = 2\pi r \Delta r b \rho = 2\pi r_0 \Delta r_0 b \rho \quad (4.62)$$

となる。

さらに,

$$\Gamma = 2\pi r_0 v_0 = 2\pi r v = \text{const} \quad (4.63)$$

$$v = \omega r = 2\pi r v \quad (4.64)$$

$$r^2 = r_0^2 v_0 / v \quad (4.65)$$

であるから、渦内の気体の要素細流のエネルギーは次のようになる。

$$\Delta E = \frac{\Delta m v^2}{2} = \pi r_0 \Delta r_0 b \rho_0 \cdot 4\pi^2 v^2 r^2 = 4\pi^3 r_0^3 \Delta r_0 b v_0 \rho_0 v = \Delta h v = 2\pi \hbar v \quad (4.66)$$

ここで,

$$\Delta h = 4\pi^3 r_0^3 \Delta r_0 b v_0 \rho_0 \quad (4.67)$$

である。

したがって渦全体の内部エネルギーは

$$E = h v = 2\pi \hbar v = 2\pi \hbar r \omega \quad (4.68)$$

となる。これより、渦が外部圧力によってより強く圧縮されるほど、渦の運動の角速度はより大きくなるという結論が導き出される。

同様にして、細いトロイダル渦環の場合は

$$E_c = \frac{J \omega^2}{2} = \frac{M r^2 \omega^2}{2} \quad (4.69)$$

となる。

$$\Gamma_c = 2\pi r_0 v_0 = 2\pi r v = \text{const}; \quad v = r \omega \quad (4.70)$$

を考慮すると

$$\Gamma_c = 2\pi r^2 \omega \quad (4.71)$$

が得られ、したがって円周回転運動のエネルギーは

$$E_c = \frac{M \Gamma_c \omega}{2} = \pi M \Gamma_c f = \hbar f = 2\pi \hbar f \quad (4.72)$$

となる。

このようにして、プランク定数 $\hbar$ は

$$\hbar = M \Gamma_c / 2, \quad (4.73)$$

すなわち、らせんトロイダル渦の質量に円周速度の循環を掛けたものの半分という単純

な物理的意味を得る。普通、物理学では周波数を記号 f ではなく、 ν で表すことになっている。

同様に、らせんトロイダル渦の角運動量（スピン）は

$$L = Mrv = Mr^2\omega = M\Gamma_c = p \quad (4.74)$$

となる。

4.6. トロイダル渦の周辺における気体の運動

4.6.1. らせんトロイダル渦の周辺における気体のトロイダル運動と円周運動

無限に長い線状渦の場合、媒質の運動速度の減少は距離の1乗に比例して生じる。近傍において無限に長い2つの渦糸が互いに反対方向に回転している場合には、空間の各地点においてベクトルの引き算が生じ、媒質の移動の総速度の減少は今度は距離の2乗に比例する。

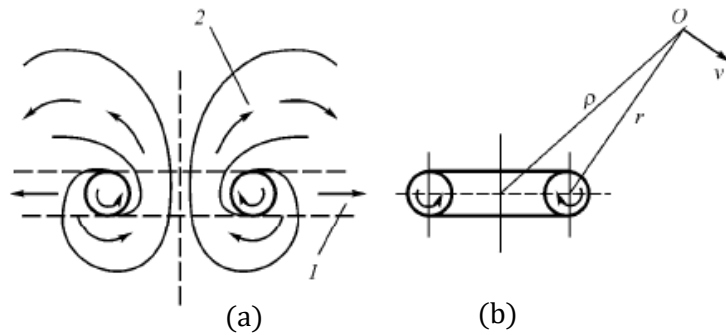


図 4.16. トロイダル環状渦の周りにおける速度分布則の導出のための図： (a)トロイダル運動および(b)円周運動の場合； 1：トロイダル運動が存在しないときの回転する物体による円周運動の分布； 2：トロイダル運動による円周運動の分布

しかし、渦糸が無限に長くない、トロイダル渦環である場合には、媒質の運動速度の減少は一次近似においては距離の3乗に比例して生じ、ビオ-サバールの法則によって記述される（図 4.16）。すなわち、

$$v(r) = \frac{\Gamma_t}{4\pi} \int_L \frac{(r - \rho)d\rho}{|r - \rho|^3} \quad (4.75)$$

となる。ここで、 Γ_t は渦表面における接線速度の循環の値； r は渦糸 L の動径ベクトル； ρ は速度が検討されている地点の動径ベクトルである。

各座標軸の速度成分は次の形を持っている。

$$v_x \sim \frac{3}{4} \Gamma_t \frac{\sin\varphi \cos\varphi}{r^3} \cos\theta$$

$$v_y \sim \frac{3}{4} \Gamma_t \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{r^3} \sin \theta \quad (4.76)$$

$$v_z \sim \frac{3}{2r^3} \Gamma_t$$

トロイダル渦がトロイダル運動だけでなく、さらに自軸周りの円周回転運動も持っている場合には、その渦はその運動によって周囲の気体を捕捉し、その気体を渦から遠ざかる方向に放出する。トロイダル渦の運動が、その両端面に気体の吸込み口を持っている円筒形渦の近傍で生じているとすると、気体の並進運動速度は双曲線法則

$$v = \Gamma / 2\pi r \quad (4.77)$$

(ここで、 Γ は円周運動の循環)に従って変化するはずである。そのとき、円周運動の拡大は、円筒の厚さの範囲内のみにおいて平たいホットケーキの形で進行するはずである。

しかし、トロイダル渦の内部では、渦の周りにおけるトロイダル運動の存在が、円周運動がその内部で生じている層を浸食する。その結果、媒質の運動は、まず最初に球面的一方の半分を、次に他方の半分を捕捉する。体積の循環は $b\Gamma_c$ (b は渦環の厚さ; Γ_c は円周運動の循環)であり、層の浸食は球の表面($4\pi r^2$)の範囲内で生じるのだから、トロイダル渦の周囲の空間中における円周速度は表式

$$v_c = \frac{b\Gamma_c}{4\pi r^2} \quad (4.78)$$

によって決定され、したがってらせんトロイダル渦の周辺における円周運動の場合は $v_c \sim 1/r^2$ となる。

円周速度の流れはオストログラツキー-ガウスの定理とのある種のアナロジーである

$$\int_S v_c dS = b\Gamma_c \quad (4.79)$$

によって決定される。

上に挙げた表式は純粋に運動論的な性格のものであり、特に、トロイダル渦の渦体の近傍において発現する媒質の圧縮性、またトロイドの中心穴から流出する気体の慣性質量を考慮に入れていないことに留意しなければならない。慣性力を考慮すると、流れは渦環の平面に対して非対称的になる。この非対称性は円周運動にも影響を及ぼす。

トロイダル運動とは異なり、エーテルの円周運動は、らせんトロイダル渦の周辺における円周運動の速度分布において、渦体から直近の領域内に閉じ込められる場合があり得ることに留意する必要がある。

動き回っていない気体要素からの圧力によって伝達される気体のトロイダル運動とは異なり、円周運動は主として気体の粘性によって伝達される。速度勾配が相対的に小さい場合には、粘性の著しい低下も生じない。なぜなら、粘性は温度比(4.6)と関係しており、温度自体は表式

$$\Delta T = \sqrt{Pr} \frac{(\Delta v)^2}{c_p \rho} \quad (4.80)$$

(ここで, Pr はプラントル数 ($0.72 < Pr < 1$ の気体の場合); c_p は定圧熱容量; ρ は気体の密度) によって速度の低下と関係しているからである。

これは境界層内において生じ得ることであるが, 速度の低下が大きい場合には, それに対応して温度の低下が大きくなり, 粘性も著しく小さくなる。この場合には円周運動は外層に伝達されなくなる。渦のそのような状態は安定的となり, トロイドはその境界層内において, 自らの運動をそれ以上伝達することなく, 滑り軸受のように回転することになる。

このように, 円周運動を持っているトロイダル渦それ自体はらせん渦なのであって, その周辺領域はらせん運動によって捕捉される。そのらせん運動のらせん因子は変化する。なぜなら, トロイダル運動と円周運動の速度比は渦中心からの距離に依存して, 相異なる仕方で変化するからである。すなわち, トロイダル運動は渦中心からの距離の3乗, 円周運動は2乗に比例して減少する。

4.6.2. 渦の近傍における温度場と渦による周囲気体の吸収

上に示したように, トロイド渦を含むあらゆる渦は外部媒質より低い温度を持っている。周知のように [18, 22, 30, 31], 気体中の温度分布は熱伝導方程式

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (4.81)$$

または簡略形の方程式

$$T(M, t) = a\Delta T - \frac{f}{c_p \rho} \quad (4.82)$$

によって決定される。ここで, $T(M, t)$ は座標 x, y, z の地点 M における時刻 t における温度; a は媒質の熱伝導率であり, これによって非一様に熱せられた物体中における温度の均一化速度が特徴づけられる; f は熱源の密度; c_p は媒質の比熱容量; ρ は媒質の密度;

$$\Delta = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \quad (4.83)$$

である。

高密度のトロイダル渦はその形状という点で球に近似しており, わずか半径数個分の距離だけ離れた所において, トロイドと球の温度場の間の差はまったく微々たるものになる。それゆえ, トロイドの周囲の媒質中における温度分布に関する課題全体を単純化するため, トロイドのモデルとして球が採用されている。

球面座標で表すと, 強度 q の球状熱源の場合, 方程式 (4.82) の解は次の形を持つ。

$$T(r, t) = -\frac{q}{4\pi a c_p \rho r} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{r/\sqrt{a t}}^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha \quad (4.84)$$

ここで, r は熱源の中心からの距離である。

温度勾配は熱流に比例しており, 次式によって決定される。

$$\text{grad} T = \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{q}{2\pi^{3/2}ac_p\rho r} \frac{\partial}{\partial r} \left(-\frac{1}{r} \int_{r/2\sqrt{at}}^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha \right) \quad (4.85)$$

熱源からの距離が小さい場合には、温度勾配は次のように決定される。

$$\begin{aligned} \text{grad} T &= k_q q \frac{\partial}{\partial r} \left(-\frac{1}{r} \int_{r/2\sqrt{at}}^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha \right) \\ &= k_q q \frac{\partial}{\partial r} \left(-\frac{1}{r} \int_0^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha + \frac{1}{r} \int_0^{r/2\sqrt{at}} e^{-\alpha^2} d\alpha \right) \\ &= \frac{k_q q \sqrt{2\pi}}{r^2} - k_q q \frac{r^2}{4at} \end{aligned} \quad (4.86)$$

上式の最後の項は $r \rightarrow 0$ のとき 0 に収束する。距離が小さい場合には、表式

$$\frac{1}{r} \int_{r/2\sqrt{at}}^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha \quad (4.87)$$

は、 $1/r$ よりも著しく急速に減衰する。この積分の最大値は $r = 0$ のときであるからである。それゆえ、熱源からの距離が大きいとき、温度勾配は r^{-2} よりも著しく急速に減少する。

3次元空間における温度勾配は次の形で表すことができる。

$$\text{grad} T = \frac{k_q q}{r^2} \Phi(r, t) \quad (4.88)$$

$$\Phi(r, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} r^2 \frac{\partial}{\partial r} \left(-\frac{1}{r} \int_{r/r_0}^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha \right); \quad r_0 = 2\sqrt{at} \quad (4.89)$$

このとき、

$$\lim_{r \rightarrow 0} \Phi(r, t) = 1 \quad (4.90)$$

である。

このように、温度勾配は、距離が小さいときは距離の2乗に比例して減少し、距離が大きいときはそれより著しく急速に減少する（図4.17）。

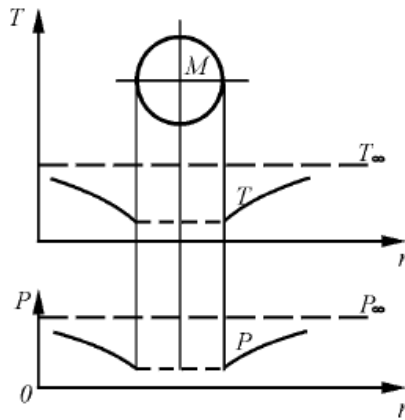


図 4.17. 自由空間中のトロイダル渦総体の周囲における温度と圧力の分布

温度勾配の伝播速度の決定には興味深い点がある。気体中の圧力は温度に対する比例的な依存性

$$T = \frac{2Pm_a}{3\rho k} \quad (4.91)$$

(ここで、 P は圧力； m_a は分子の質量； ρ は密度； k はボルツマン定数)と結びついている。それゆえ、

$$\text{grad}T = \frac{2m_a}{3\rho k} \text{grad}P \quad (4.92)$$

である。したがって、温度勾配の伝播速度とは圧力勾配の伝播速度であり、それは、

$$a = \sqrt{\gamma P / \rho} \quad (4.93)$$

として決定される第1音速なのである。

気体全体は圧力勾配の作用によってトロイダル渦の方へ移動し始め、渦によって吸収される。これによって渦の質量と体積は連続的に増大する。トロイダル運動と円周運動の角運動量は保存されるので、トロイド表面における気体の運動速度は減少し、これに対応して速度勾配およびトロイド表面の温度は増大する。その結果、トロイド表面の気体の粘性が増大し、トロイドの表面積も増大する。それゆえ、気体細流の運動エネルギーの外部媒質への放出量も増大する。渦はその大きさとエネルギー放出量を増大させる。渦の安定性は減少し、時間の経過とともに渦は拡散し、存在しなくなる。

4.7. 渦の拡散

気体渦は、それが創出されるときには、その周囲の気体の圧力によって渦体が圧縮されることでそのエネルギーを増大させるが、その後、その気体の粘性によってそのエネルギーを消費し始める。このような過程は、煙で満たされている、いわゆる「ウツの箱 [Wood's box]」——箱の片側に穴が開いていて、その反対側に弾性の膜が張られている——を用いて形成された環状渦を例にとるとよく理解することができる。膜に衝撃を加えると、穴から煙の環状渦——トロイド——が噴出し、大きさを変えながら直線的に運動する (図 4.18)。

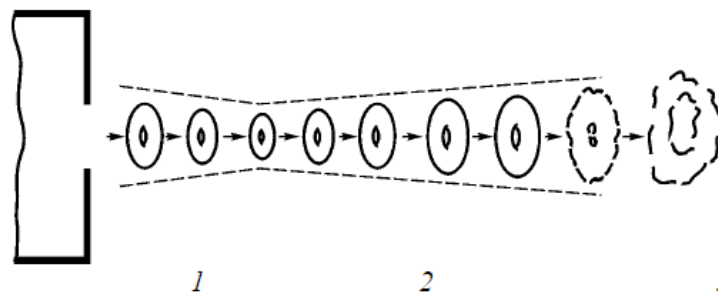


図 4.18. 気体トロイドの運動と変容： 1：トロイドの圧縮段階； 2：トロイドの膨張段階（拡散）； 3：トロイドの崩壊段階

数分の1秒間続く第1段階では、トロイドの直径は減少してゆく。この段階では、トロイドは気体の外部圧力による圧縮によってそのエネルギーを増大させる。続く第2段階では、トロイドは増大してゆく。今やトロイドは粘性によってエネルギーを失いつつある（渦の拡散）。この第2段階は第1段階よりも長く続く。次に第3段階が訪れる。この段階では、トロイダル渦環は減速して膨れ始めた後、崩壊する。トロイドは存在しなくなる。

以上述べたことは水中における渦環のモデル化（図 4.19）によって裏づけられている。

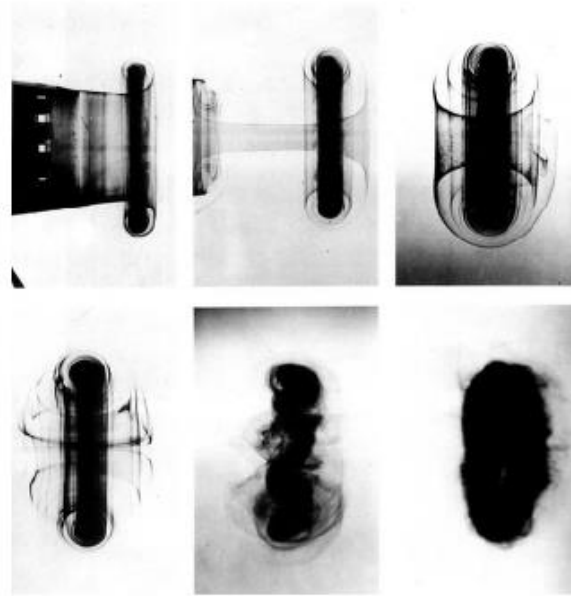


図 4.19. 層状渦環の不安定性： 上段の写真は、染料で色付けされた水が直径 5 cm の穴を通して流れていく様子を示している。その結果、軸対称の渦環が形成される。下段の写真は、不安定性によって渦環が逐次崩壊してゆく様子を示している。さらに、渦環は完全に拡散する [54] [文献番号は原文ママ]。

しかし、渦体の密度が増大すると、外部媒質へ放出されるエネルギーの割合が渦と外部媒質の密度比に比例して減少し、それに対応して緩和時間が増大する。渦体の密度増大は渦体の大きさの減少およびそれに対応した渦の回転速度の増大、すなわち境界層内における速度勾配の増大と粘性の低下によって生じることを考慮すると、緩和時間は渦体の密度 $[\rho_t]$ と外部媒質の密度 $[\rho_{med}]$ の比の 2 乗にほぼ比例して増大すると考えなければならない。したがって、高密度の渦の場合、緩和時間は

$$\tau = 0.36 \frac{d^2}{\chi} \left(\frac{\rho_t}{\rho_{med}} \right)^2 \quad (4.94)$$

となる。

渦の拡散に対しては、外部媒質の粘性だけでなく、渦が周囲空間の気体を吸収するという事実も影響を及ぼす。温度勾配によって引き起こされた気体中の圧力勾配は、渦の周囲の気体粒子の渦の方への移動、周囲空間の気体の渦による連続的な渦体内への吸収、

そして渦の質量増大をもたらす。トロイダル運動と円周運動の角運動量が保存される一方、質量は増大するため、このことは渦の体積の段階的増大、渦体内における流れの運動速度の低下、境界層内における速度勾配の減少およびそれに対応した粘性の増大をもたらす。渦の体積と表面積の増大は粘性の増大と相まって、それら2種類の運動エネルギーの損失の加速をもたらす、その加速は安定性の喪失をもたらす。そして渦は存在しなくなる。

4.8. 気体と渦の力の相互作用

4.8.1. 渦に対する気体媒質の力の作用の本質

渦に対する気体媒質の主要な作用は渦の形成時に生じる。そのとき、外部圧力が渦体を圧縮し、渦体の密度をある極限值まで持ってゆく。この過程については既に検討した。既に示したように、渦形成過程においては、渦体を形成するエーテル流の加速、渦体全体、またそれに対応して渦表面の温度低下が生じる。その結果、周囲媒質中においては、既に形成されている渦によって流れが創出され、温度が低下し、このことがそれに応じた速度勾配と温度勾配を創出する。このことが渦近傍においてエーテルの圧力勾配の出現をもたらす。その圧力勾配場に入った別の渦は、今度はエーテルの側から力の作用を受ける。これはまさに、渦系、すなわちあらゆる物質*的物体に関わる事柄である。なぜなら、それらすべてはエーテル渦のある一定の総体であるからである。

このようにして、物体の相互作用は中間媒質——エーテル——を通じて行われる。エーテル中においては、あるアーメルから別のアーメルへの運動量の伝達は弾性衝突によって生じる。

エーテル媒質中の渦によっていかなる種類の運動が創出されるかについては既に示した。事実上、そのような運動は2種類しかない。その1つは相異なるらせん因子を持つ、主にらせん構造物の細流の流れであり、もう1つは熱拡散運動である。媒質中における第1の種類の運動は、らせん渦トロイドの表面の運動によって、すなわち接触的な方法で創出されるか（ここでは粘性が重要な役割を果たす）、または圧力差によって、すなわち普通の方法で創出される。圧力差は、例えば渦が崩壊し、それまで渦体内で圧縮されていたエーテルが解放される結果として生じることができる。媒質中における第2の種類の運動は、渦体内の温度は常に周囲媒質よりも低いため、渦体によって媒質が冷却される結果として創出される。

エーテル中におけるあらゆる種類の相互作用の基礎には、空間中におけるアーメルの熱移動の結果であり、圧力の形で現実化される内部エネルギーがある。その圧力はきわめて大きく、 $1.3 \cdot 10^{36}$ Pa（下限）に達する。その圧力のおかげで、エーテル中で形成されたあらゆる渦は圧縮された状態にあり、基礎的な渦——陽子——は極限密度まで圧縮されている。ただし、その圧力は渦構造物の相互作用に直接的に影響を及ぼすわけではない。なぜなら、そこではすべてが均衡しており、それぞれの渦に対し、その圧力はあらゆる側から作用しているからである。大気が物体の各 1 cm^2 を 1 kg の力で押しているにもかかわらず、大気の圧力が感じられないのと同様、その圧力は感じられない。エ

一テルと渦の力の相互作用が行われるのは、渦が圧力勾配に入り、相異なる圧力が渦の相異なる側に対して作用を及ぼすときである。媒質中における圧力勾配の存在に起因するその圧力差が一体的構造としての渦に作用を及ぼし、渦を移動させ、あるいは変形させる。それらの作用は、その性格にもとづいて次のように区分することができる。

- ・物体の前面に対する気体流の作用
- ・物体の側面に対する気体流の作用
- ・物体に対する媒質の熱力学的作用

4.8.2. 物体の前面に対する気体流の作用

気体流に入り込んだ物体は、その気体流から前面に圧力を受ける。その動圧は、物体の気体流に向いている側において気体流が抑制される結果生じる。物体の後面では希薄領域が、またある場合には束縛渦も形成される可能性がある。束縛渦の境界上では圧力が低下し、そのことによって媒質から渦に対して追加的な作用が働くことになる（図4.20）。

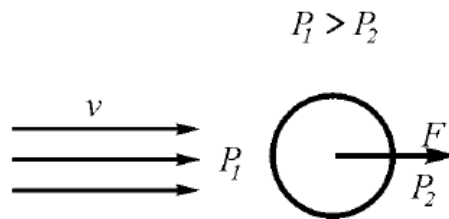


図 4.20. 気体流から物体の前面に働く作用

物体が静止した媒質中を運動する場合には、上記のすべての作用は今述べたのと同じ形のままとするが、しかしこの場合には、普通、物体が受ける前面抵抗について語ることが一般的な流儀となっている。

いずれの場合にも、物体に作用する力は次式によって記述される。

$$F = c_w \rho S v^2 \quad (4.95)$$

ここで、 ρ は媒質の密度； S は物体の横断面積； v は物体に衝突する気体流の速度； c_w は無次元係数であり、無次元数であるレイノルズ数

$$Re = \frac{vd}{\chi} \quad (4.96)$$

の関数である。ここで、 d はいわゆる「特性寸法」（球の場合ならその直径）； χ は媒質の動粘性である [18, 40~42]。

レイノルズ数と前面抵抗の無次元係数のいずれも、幅広い範囲で変化し得る。後者は数百のオーダー（レイノルズ数が小さく、10分の1のオーダーのとき）から10分の1のオーダー（レイノルズ数が大きく、数十万ないし数百万のオーダーのとき）までの範囲内で変化し得る。このとき、レイノルズ数が増大すると、前面抵抗係数は減少する。

4.8.3. 物体の側面に対する気体流の作用

物体の片側側面を過ぎる気体細流の流れは、物体に対して縦方向と横方向の 2 つの作用を及ぼす (図 4.21)。

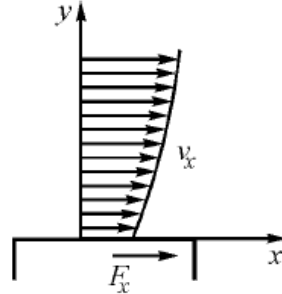


図 4.21. 物体を過ぎる気体流から物体に作用する縦方向の力の起源

物体の側面に対する気体細流の縦方向の作用は、媒質の粘性によって物体の側面の流れが抑制される結果である。生じる力の流れ方向の値はニュートン方程式

$$dF_x = -\eta dS \frac{dv}{dy} \quad (4.97)$$

によって決定される [33]。ここで、 η は媒質の絶対粘性； dS は流れと接している表面の面積要素； dv/dy は表面に対して垂直方向の速度勾配である。ただし、ニュートン方程式はこの過程を 1 次近似でのみ記述している。実際には、その描像はかなり複雑であり、温度による気体の粘性の変化、密度の変化の影響、等々と関係している。

気体流が平板を過ぎる場合には、平板の表面の圧力は低下する。1 次近似では、その力はベルヌーイ方程式

$$\frac{v^2}{2} + \int \frac{dP}{\rho} = \text{const} \quad (4.98)$$

によって決定することができる。

1 次近似のため $\rho = \text{const}$ と仮定する（すなわち、密度の変化を無視する）と、気体流の全エネルギーの表式

$$\frac{\rho v^2}{2} + P = w = \text{const} \quad (4.99)$$

が得られる。ここで、 w は気体流の単位体積当たりの全エネルギーである。

気体流と接している小領域の平面に垂直な方向について 1 次導関数を求めると次式が得られる。

$$\rho v \frac{dv}{dy} = -\frac{dP}{dy} \quad (4.100)$$

y_1 (このとき $v = v_1$) から y_2 (このとき $v = v_2$ 。それゆえ $v_2 - v_1 = \Delta v$) までの値の積分を求めると次式が得られる。

$$\frac{\rho(\Delta v)^2}{2} = -\Delta P \quad (4.101)$$

このように、平板の気体流に接している側における圧力はその反対側の圧力よりも小さくなり、気体流の方向に垂直な方向の合成力が形成される（図 4.22）。

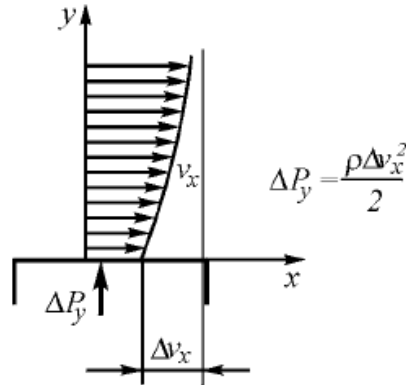


図 4.22. 物体を過ぎる気体流から物体表面に作用する横方向の力の起源

気体流が回転する円筒または円筒形気体渦を過ぎると、その内部に速度勾配が生じる。気体流の方向と円筒の壁の運動方向が逆向きになっている側の側面における速度勾配は、それらの方向が一致している反対側の側面におけるそれよりも大きくなる。後者の側面における速度勾配はより小さくなる。それに対応して、後者と比べ、前者における圧力低下はより大きくなり、圧力自体はより小さくなる。

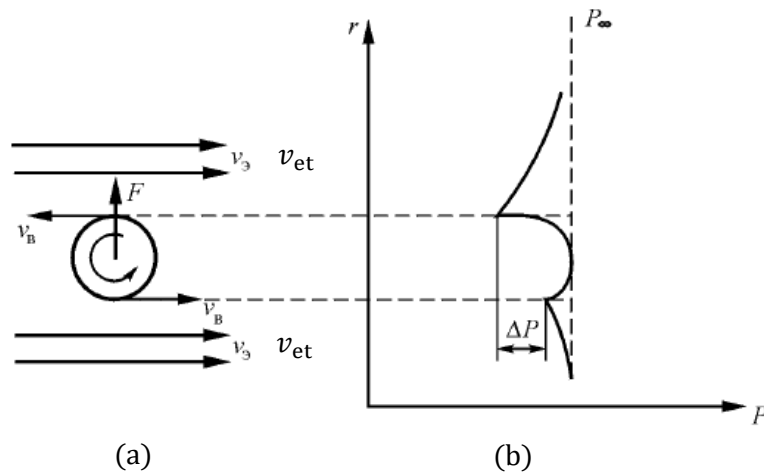


図 4.23. 回転する円筒を過ぎる気体流から円筒に作用する横方向の力の起源：(a)円筒の周りの気体流；(b)気体圧力の円筒への正射投影図 [図中の ω は回転速度]

それらの圧力差は、衝突してくる気体流に対して垂直方向で、より圧力の低い側面、すなわち速度差が最大となっている側面に向かう力を円筒表面において創出する。この現象は 1852 年にドイツの科学者 H.G.マグヌス [H.G.Magnus] によって発見され、マグヌス効果と呼ばれている（図 4.23）[34, 35]。

N.E.ジュコーフスキーによって証明された定理によれば、流れの中に置かれた物体に働く力 Y は、媒質の密度 ρ 、流速 v_f および任意の閉回路に沿ったその流速の循環 Γ の積として次のように決定される。

$$Y = \rho v_f \Gamma \quad (4.102)$$

ジュコーフスキーの定理は積分的な性格を持っている。この力の物理的本性を解明するためには、この力の微分による表式を決定することが有意義である。

回転する円筒体に対しては圧力差

$$\Delta P = \Delta P_2 - \Delta P_1 = \frac{\rho}{2} (\Delta v_2^2 - \Delta v_1^2) \quad (4.103)$$

が作用する。ここで、 v_2 と v_1 は、それぞれ、円筒表面の速度と、円筒の2つの側面に衝突する流れの速度との差である。

このように、流れの方向に垂直な方向においては、周囲媒質の圧力の減少に起因する力が円筒表面に作用することになる。流れと接する表面における流速の変化の物理的基礎をなしているのは媒質の粘性である。この先において示されるように、強い相互作用と電磁相互作用の物理的基礎をなしているのは、この力に他ならない。

4.8.4. 物体に対する媒質の熱力学的作用

物体が勾配のあるエーテルの温度場の中に存在しているとき、その物体に対しては、気体の圧力が気体の温度に比例しており、関係式

$$P_{et} = \frac{3\rho_{et}}{2m_{am}} k T_{et} \quad (4.104)$$

によって温度と関係していることに起因する力が作用する [38, 39]。ここで、 $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ はボルツマン定数； $\rho_{et} = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ はエーテルの密度； $m_{am} = 1.5 \cdot 10^{-114} \text{ kg}$ はアーメルの質量である。

したがって、エーテル中における圧力分布を解析するためには、気体の密度と温度の分布を検討する必要がある。エーテルの圧力の絶対値そのものは、物体をある地点から別の地点へ移動させようとする力の出現に対していかなる影響も与えない。そのような力の出現の原因となり得るのは、互いに向かい合う側から物体に作用する圧力の間の差のみである。その差は、空間中に圧力勾配が存在する場合にのみ出現することができる。そのとき、エーテル中における温度と圧力の比およびそれらの勾配の比は次のようになる。

$$\frac{T_{et}}{P_{et}} = \frac{\text{grad} T_{et}}{\text{grad} P_{et}} = \frac{2m_{am}}{3K\rho_{et}} = \frac{2 \cdot 1.5 \cdot 10^{-114}}{3 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 8.2 \cdot 10^{-81} \text{ K} \cdot \text{Pa}^{-1} \quad (4.105)$$

媒質から物体、例えば閉じたトロイダル渦に作用する合成力は、渦の圧力勾配と大きさに比例する（ただし、温度場を創出した物体からの距離と比べてその渦の大きさが小さいことを条件とする）。その力は次のようになる。

$$F = S_{\text{eq}} L_{\text{eq}} \text{grad} P = V_{\text{eq}} \text{grad} P \quad (4.106)$$

ここで、 S_{eq} は物体の等価横断面積； L_{eq} は力の作用対象である当該の渦と同じ力を受ける平行6面体の長さで等価な距離； V_{eq} は物体の等価体積である。

媒質中の圧力勾配が一定のとき、物体に作用する力は空間中における物体の方位に依存しないことを示すことができる。例えば、各辺の長さがそれぞれ a, b, c で、辺 a の方位が、圧力勾配がそれに沿って作用する軸の方向を向いている平行6面体の場合には、各面の圧力差

$$\Delta P = P_2 - P_1 = a \text{ grad} P \quad (4.107)$$

が得られる（図4.24）。

この物体の断面積は

$$S = bc \quad (4.108)$$

である。

物体に作用する全ての力は

$$F = S \Delta P = abc \text{ grad} P = V \text{ grad} P \quad (4.109)$$

となる。

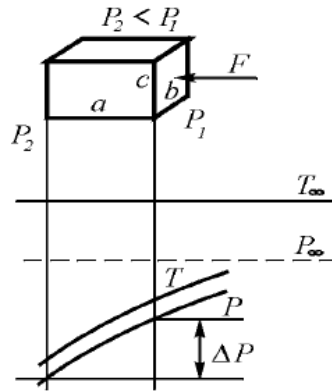


図4.24. 加熱された非一様な媒質から物体に加わる熱力学的な力の作用の起源

力の方位が辺 b に沿っている場合には、

$$\Delta P = P_2 - P_1 = b \text{ grad} P \quad (4.110)$$

となり、物体の断面積は

$$S = ac \quad (4.111)$$

となる。

この場合にも、物体に作用する全ての力は

$$F = S\Delta P = abc \operatorname{grad} P = V \operatorname{grad} P \quad (4.112)$$

となる。

$$\operatorname{grad} P_{\text{et}} = \frac{3\rho_{\text{et}}}{2m_{\text{am}}} k \operatorname{grad} T_{\text{et}} \quad (4.113)$$

であるから、第1の物体から第2の物体に作用する力を求める問題は、空間中で熱流を創出する第1の物体からの距離に対する媒質中の温度勾配の依存性を求めることに帰着する。

作用する力は小さく、エーテルの密度を著しく変化させないため、1次近似で計算する場合は $\rho_{\text{et}} = \text{const}$ とみなすことができる。この先において示されるように、エーテルが物体に及ぼす熱力学的作用は、物体同士の重力相互作用の基礎をなしている。

結 論

1. あらゆる物質の物質*的形成物は気体状エーテルの高密度の渦であり、それゆえ、気体の渦（回転）運動は物質*の構造において特別の役割を果たしている。これまで多数の研究者が渦運動の研究に取り組み、彼らによって重要な結果が得られた。しかし、渦の形成と拡散、そのエネルギー論、らせん流同士の相互作用、境界層理論、等々は今日に至ってもなおおしるべき発展を得ていない。

2. 渦運動が生起する条件は、勾配を持つ流れ、例えば2つの気体細流の衝突の結果生まれる流れが存在することである。トロイダル渦は、その形成の過程で分裂し、高密度化して、さらに小さく、さらに高密度のトロイダル渦を形成する性質を持っている。渦体の温度は高密度化するにつれて低下する。その接線運動速度は外部圧力によって渦体が圧縮されること、また、分子の熱運動速度が渦の接線回転速度の増大に再分配されることによって増大する。渦の内層の接線運動速度は外層のそれよりも大きい。

3. 気体流の形成過程においては、渦の周囲の気体のポテンシャルエネルギーが渦の回転運動エネルギーに自発的に変換する。その際には角運動量の不変則が守られ、渦体がより強く圧縮されるほど、より多くのエネルギーが周囲媒質から渦体内に流入する。気体渦の形成とは、気体の圧力のポテンシャルエネルギーが渦の回転運動エネルギーに変換される自然過程なのである。

4. 局所バルク中の高密度気体は、それ自身で閉じている管のタイプのトロイダル構造の渦の内部でのみ保持されるという性質を持っている。気体の密度と圧力はトロイドの内側の空洞内では低く、渦壁とコアは著しく高密度である。トロイダル渦は気体の境界層によって取り囲まれており、その内部の温度と粘性は周囲媒質の温度と粘性よりも低い。このことが渦トロイドの安定性と長い寿命を保障している。

5. トロイダル渦内においては、その中心軸の周りにらせん運動——トロイダル運動と円周運動の組み合わせ——が自発的に生じる。らせん運動は、トロイダル運動をしている気体流の、トロイドの内側領域と外側領域における横断面積の差によって生じる。そのとき、トロイダル運動の速度は中心から周縁部に向かって減少してゆき、円周運動

の速度は増大してゆく。らせんトロイダル渦は高い安定性を持っている。

6. 気体のらせんトロイダル渦はその形成の過程で周囲媒質のエネルギーを自らの内部に集中させる。このように、この渦は、気体媒質のポテンシャルエネルギーを渦の回転運動エネルギーに変換させる自然的メカニズムとなっている。

7. らせんトロイダル渦の周辺では、各種形態の運動、すなわち、ビオ-サバールの法則によって記述されるトロイダル運動、オストログラツキー-ガウスの定理によって記述される円周運動、および熱伝導方程式によって記述される熱拡散運動が生じる。

8. 渦の周囲の空間中に熱勾配が生じる結果、渦へ向かう気体の移動、外部気体媒質の渦体による吸収、これに起因する渦の大きさの増大と回転速度の減少が生じ、このことが渦の安定性を低下させ、外部媒質への放出による回転エネルギーの損失、そして最後に渦の拡散と崩壊をもたらす。

9. 共通の気体媒質中に存在する気体渦同士の間におけるあらゆる相互作用は、その媒質を通じた近接作用の原理に従って生じる。それぞれの渦状形成物はその運動により、その周囲の気体中にそれに対応した運動を創出し、今度はその運動が他の渦状形成物に対して作用を及ぼす。

10. 気体媒質の運動が物体に及ぼす作用には全部で4つの種類がある。すなわち、気体流の方向に沿った物体前面に対する作用、気体流の方向に沿った物体側面に対する作用、気体流の方向に対して横方向の物体側面に対する作用、および温度作用である。これらすべての作用は、気体媒質中に生じる気体の圧力勾配、速度勾配、あるいは温度勾配と関係している。

あとがき

古代から 20 世紀初頭にいたるまでの自然科学のあらゆる発展には、世界空間全体を満たす媒質としてのエーテルという理解が伴っていた。

エーテル動力学に関する構想の多数の提唱者たちは、首尾一貫した矛盾のないエーテル理論を創出することができなかった。今日では、それは次の理由によって説明することができる。最古の知識はすっかり失われ、一方、新たな自然科学は必要とされる諸段階をまだ通過していなかった。電磁気に関する研究が現われたのはやっと 19 世紀半ばになってからであり、「素粒子」が発見されたのは 20 世紀半ば近くになってからにすぎない。そのようなエーテル理論にとって不可欠であることが判明している気体力学、またその重要な一領域である境界層理論は航空学の創出との関連で、すなわち 20 世紀半ば近くになって初めて詳しく研究されるようになった。エーテル動力学に関する提唱者たちは不可欠な材料を手元にまったく持っていなかった。これが彼らを彼らのエーテルに関するモデル、仮説、理論における一連の誤りに導いた。そしてようやく不可欠な材料全体が現われたときには、科学者たちの意識においては、エーテルと取り組んではならないという考え方がより強固になっていた。アインシュタインの特殊相対性理論がエーテルを否定したからである。

現在では、あらゆる物質*的形成物の構築材料としてのエーテルの存在を証明し、その性質とパラメーターを決定するという、現代自然科学にとって最も重要な課題は既にかなりの程度まで解決され、これにもとづいて矛盾のない、統一的な物理学的世界像が構築されている。今や、これを土台として様々な科学分野の個別的領域を発展させ、応用的諸課題の解決のために必要とされる新たな研究領域、そして多様な技術を創出しなければならない。

文 献

まえがき

1. 『哲学の歴史』, 全5巻, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1958, 第1巻.
2. **Maxwell J. C.** 『電気磁気論』, 英語からの翻訳, モスクワ, Nauka, 1989.
3. **Mendeleev D.I.** 『周期律』, 監修/注釈: B.M. Kedrov, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1958.
4. **Lorentz H. A.** 『エーテルの理論とモデル』, モスクワ, ソ連通商産業人民委員会合同科学技術出版所, 1936.
5. **Engels F.** 『自然の弁証法』, モスクワ, 政治文献出版所, 1969. 同『反デューリング論』, モスクワ, 政治文献出版所, 1983.
6. **Lenin V.I.** 「唯物論と経験批判論. ある反動哲学についての批判的覚え書」, 『全集』(第5版), 第18巻, モスクワ, 政治文献出版所, 1961.

第1章

1. 『世界の宗教』, 「第1部 古代の宗教. イラン, インドの宗教. ユダヤ教. 仏教」, 1997 ; 「第2部 中国と日本の宗教. キリスト教. イスラム教」, 1999, モスクワ, «Avanti+»出版社.
2. **Men A.** 『宗教の起源』, ブリュッセル, 1970.
3. 『哲学の歴史』, 全5巻, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1958, 第1巻.
4. 『中国と日本. 歴史と哲学』, 監修: S.L. Tikhvinsky, モスクワ, 東洋文献出版所, 1961, 121頁.
5. **Volkov G.N.** 『科学のゆりかごの傍らで』, モスクワ, Molodaya gvardia, 1971.
6. **Makovel'sky A.O.** 『古代ギリシアの原子論者たち』, バクー, アゼルバイジャン共和国科学アカデミー出版部, 1946.
7. **Lur'e S.Ya.** 『デモクリトス』, レニングラード, 1970, 44頁.
8. **Zubov V.P.** 『19世紀初めまでの原子論的理解の発展』, モスクワ, Nauka, 1965.
9. **Akhundov M.D.** 『空間と時間の不連続性と連続性の問題』, モスクワ, Nauka, 1974, 10~55頁.
10. **Lucretius T.C.** 『事物の本性について』, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1958.
11. **Descartes R.** 『著作選集』, フランス語からの翻訳/監修: V.V. Sokolov, モスクワ, 国営政治文献出版所, 1950.
12. **Newton I.** 『光学: 反射, 屈折, 光の伝播と色について』, 英語からの翻訳/監修: G.S. Landsberg, モスクワ, 国営技術理論文献出版所, 1954.
13. **Newton I.** 『自然哲学の数学的諸原理』, 英語からの翻訳: A.N. Krylov, ペトログラード, 1916.
14. **Vavilov S.I.** 「ニュートン物理学におけるエーテル, 光および物質」, 論文集『アイザック・ニュートン』, 監修: S.I. Vavilov, モスクワ, レニングラード, ソ連科学アカデミー出版部, 1943.
15. **Faraday M.** 『電気に関する実験的研究』, 英語からの翻訳/監修: T.P. Kravts, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 第1巻, 1947 ; 第2巻, 1951 ; 第3巻, 1959.
16. **Helmholtz H.** 『ファラデー講話: ファラデーの電気概念の現代的発展』, 英語からの翻訳: V. Tyurin, サンクトペテルブルク, P.P. Soikin 出版社, 1898.

17. **Faraday M.** 『自然の力とその相互関係. 公開講演』, 英語からの翻訳 : V. Luchinin, O.I. Baket 出版社, 1865.
18. **Maxwell J.C.** 『電磁場理論に関する著作選集』, 英語からの翻訳 : Z.A. Tseitlin, モスクワ, 国営技術理論出版所, 1952.
19. **Maxwell J.C.** 『物質*と運動』, 英語からの翻訳 : B.P. Veinberg, サンクトペテルブルク, L.F. Panteleev 出版社, 1885.
20. **Maxwell J.C.** 『電気磁気論』, 英語からの翻訳, モスクワ, Nauka, 1989.
21. **Maxwell J.C.** 「ファラデーの電気力線について」, 『電磁場理論に関する著作選集』, 英語からの翻訳/監修 : P.S. Kudryavtsev, モスクワ, 国営技術理論出版所, 1952, 11~104 頁.
22. **Maxwell J.C.** 「物理的な力線について」, 同上所収, 107~248 頁.
23. **Lorentz H.A.** 『エーテルの理論とモデル』, 英語からの翻訳/監修 : K.A. Timiryazev, モスクワ・レニングラード, ソ連通商産業人民委員会合同科学技術出版所, 1936.
24. **Laue M.** 『物理学の歴史』, ドイツ語からの翻訳/監修 : I.V. Kuznetsov, モスクワ, 国営技術理論出版所, 1956.
25. **Giozzi M.** 『物理学の歴史』, イタリア語からの翻訳 : E.L. Burshtein, モスクワ, Mir, 1970.
26. **Kagalnikova I.I.** 「重力の本性に関する非相対論的理解の発展の歴史」, K.D. ウシンスキー記念ヤロスラヴリ教育大学研究紀要, ヤロスラヴリ, ヤロスラヴリ教育大学出版部, 1963, 第 56 冊, 87~188 頁.
27. **Fresnel A.J.** Mémoire sur la diffraction de la lumière. Paris, 1821. [光の回折に関する覚書]
28. **Fresnel A.J.** Considérations mécaniques sur la polarisation de la lumière. Paris, 1823. [光の偏極に関する力学的考察]
29. **Fresnel A.J.** Mémoire sur la double réfraction. Paris, 1823. [複屈折に関する覚書]
30. **Stokes G.G.** On the Aberration of Light. Phil. Mag. XXVII. 1845. P.9.
31. **Lorentz H.A.** De aberratie theorie van Stokes. Zittingsverslagen Kon. Akad. v. Wet. Amst. 1892. S. 97. [ストークスの光行差理論 (オランダ語)]
32. **Lorentz H.A.** De aberratietheorie van Stokes in de onderteflung van een, aether die niet overal dezelf de dicht heid heeft. Zittingsverslagen Kon. Akad. v. Wet. Amst. VII. 1899. S. 528. [ストークスの光行差理論…エーテル… (以下不明. オランダ語)]
33. **Lorentz H.A.** De relative beweging. Van de aarde en den aether. Zittingsverslagen Kon. Akad. v. Wet. Amst. 1892. S. 74. [相対運動…エーテル… (以下不明. オランダ語)]
34. **Lorentz H.A.** 『電子理論と光放射・熱放射現象へのその適用』, 英語からの翻訳/監修 : A.K. Timiryazev, Z.A. Tseitlin, モスクワ, 国営技術理論出版所, 1956.
35. **Fizeau H.** Compt. Rend. 1851. Vol. 33. P. 349-355; Ann. d. chim et phys. 1859. Vol. 57. P. 385-404.
36. **Zeeman P.** Proc. Amsterdam Academy. 1915. Vol. 18. S. 398.
37. **Hertz H.** Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft. Leipzig. 1894. [電気力の伝播に関する研究]
38. **Hertz H.** Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper. Wiedemans Annalen der Physik. 1890. Vol. 40; 1890. Vol.41. [静止物体に関する電気力学の基礎方程式]
39. **Ritz W.** Ann. de chim. et phys. 13. 145; 1908; Über ein neues Gesetz der serienspektrum. Physikalische Zeitschrift, Leipzig. 1908. 6. [連続スペクトルの新たな法則について]
40. **W. de Sitter.** Amst. Proc. 15, 1927, 1913; 16, 385, 1913.
41. **Le Sage G.-L.** Lucrèce G. Newtonian, Nouv. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Berlin, 1782. [ルクレチウス]
42. **Le Sage G.-L.** Physique mécanique de Georges-Lois le Sage (Deux traités Pierre Prévost). Genève, Paris. 1818. [ジョルジュ＝ルイ・ルサージュの力学的物理学 (ピエール・プレヴォの 2 つの論考)]

43. **Prévost P.** Deux traités de Physique Mécanique. Genève, Paris, 1918. [力学的物理学の2つの論考]
44. **Schramm H.** Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundsatz der Erscheinungen. Wien, 1872. [諸現象の原理としての物質の一般的運動]
45. **Schramm H.** Anziehungskraft als Wirkung der Bewegung. Graz, 1873. [運動の作用としての引力]
46. **Thomson W.** Proc. Roy. Soc. Edinburgh, 1872. Vol. 7. P.577.
47. **Tait P.G.** Vorlesungen über neuere Fortschritte der Physik. Braunschweig, 1877. [物理学の新たな前進に関する講義]
48. **Neuman F.** Vorlesungen über Theoretische Optik, Leipzig. 1885. [理論光学講義]
49. **Neuman F.** Gesammelte Werke. Bd. 1-3, Leipzig. 1906. S. 28. [全集]
50. **Green G.** On the Laws of Reflexion and Refraction of Light. Cambridge Transactions, VI, 1838, p.400.
51. **MacCullagh J.** An Essay towards a Dynamical Theorie of crystalline Reflexion and Refraction. Cam. 1839.
52. **Thomson W.** On a Gyrostatic Construction for Ether. Math. and Phys. Papers, 1890. Vol. III. P. 100.
53. **Thomson W.** On the Propagation of Laminar Motion through a turbulently moving inviscied Liquid. Phil. Mag. (4). XXIV, 1886. P.324.
54. **Thomson W.** On the Reflexion and Refraction of Light. Phil. Mag. (4). XXVI, 1887. P. 414.
55. **Thomson W. Kelvin** 「渦原子について」, **Thomson J.J.** 『電気と物質*』, モスクワ・レニングラード, 国営出版所, 1928, 184~198 頁.
56. **Thomson W.** Ether, Electricity and Ponderable Matter. Math. and Phys. Papers. 1890. Vol. III. P. 484.
57. **Thomson W.** On the Motion of Ether produced by collisions of Atoms or Molecules, containing or not cotaining Electrons. Math. and Phys. Papers. 1911. P. 211.
58. **Thomson W.** Electrical Insulation in Vacuum. Phil. Mag. VIII. 1904. P. 472.
59. **Larmor J.** Aether and Matter. Cambridge, 1900.
60. **Thomson J.J.** 『電気分野の最新研究にもとづく物質*とエーテルの相互関係』, 英語からの翻訳/監修: I.I.Bogman, サンクトペテルブルク, "Estestvoispytatel"出版所
61. **Thomson J.J.** 『電気と物質*』, 英語からの翻訳/監修: A.K. Timiryazev, モスクワ・レニングラード, 国営出版所, 1928.
62. **Thomson J.J.** 「物質の粒子理論」, 英語からの翻訳/監修: G. Levintov, 『実験物理学・初等数学通報』, オデッサ, 1910.
63. **Thomson J.J.** 「光の構造」, 『電気と物質』, モスクワ, 国営出版所, 1928, 113-131 頁.
64. **Thomson J.J.** 「ファラデーの力管とマクスウェル方程式」, 『電気と物質*』, モスクワ, 国営出版所, 1928, 218~234 頁.
65. **Engels F.** 「電気」, 『自然の弁証法』, 『マルクス=エンゲルス全集』, 第2版, モスクワ, 国営政治文献出版所, 1961, 第20巻, 433-485 頁.
66. **Euler L.** Recherches physiques sur la nature des moindres parties de la matière/ Histoire de l'Académie des Sciences de Berlin, 1746. [物質の最小粒子の本性に関する物理学的研究]
67. **Euler L.** Dissertatio de magnete. Opuscula varii argumenti. Acad. St. - Peterbourg, Vol. III, 1751. [磁石に関する論文. 様々な論拠に関する小論 (?)]
68. **Euler L.** Anleitung zur Naturlehre. Bullet. Physicomsth. Acad. St. - Peterbourg, Acad. St.-Peterbourg, VII, 1849. [自然科学への手引き]
69. **Lomonosov M.V.** 「感知されない物体粒子および一般的に個別的質の原因に関する理論の実験 (1743~1744)」, 『全集』, ソ連科学アカデミー出版部, 1950, 第1巻.
70. **Lomonosov M.V.** 「物体の重さに関する覚書 (1743~1744)」, 同上.
71. **Lomonosov M.V.** 「粒子の結合に関する覚書 (1743~1744)」, 同上.

72. Lomonosov M.V. 「オイラー宛 1748 年 7 月 5 日付書簡」, 同上.
73. Lomonosov M.V. 「物体の引力と一次運動の恒久性について (1748)」, 同上.
74. Lomonosov M.V. 「物質*量と重さの関係について (1757~1758)」, 同上.
75. Lomonosov M.V. 「物体の固体性と液体性に関する考察 (1760)」, 同上.
76. Mendeleev D. 『世界エーテルの化学的理解の試み』, サンクトペテルブルク, M.P.Frolova 印刷所, 1905 ; 「世界エーテルの化学的理解の試み」, 『著作選集』, モスクワ・レニングラード, 1934, 第 2 巻, 467 頁.
77. Yarkovsky I.O. 『天体内部における質量を持つ物質*の形成の結果としての万有引力』, サンクトペテルブルク, 1912.
78. Tsiolkovsky K.E. 「エーテルの島」, 『星への道』, ソ連科学アカデミー出版部, 1960, 317~326 頁.
79. Tseitlin Z.A. 「物質*の渦理論, その発展と意義」, Thomson J.J. 『電気と物質*』, モスクワ, 国営出版所, 1928
80. Tseitlin Z.A. 「光の本性に関する見方の発展」, 同上.
81. Whittaker J.M. Proc. Royal Ed. 1926. Vol. 46. P. 116-306. (電磁運動の渦理論)
82. Kasterin N.P. 『空気力学と電気力学の基礎方程式の一般化』, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1937.
83. Mitkevich V.F. 「電流の本性について」, 『無線方式の電話と電信』, 第 15 号, ニジェゴロド研究所, 1922, 1~13 頁.
84. Mitkevich V.F. 『ファラデーの仕事と電気エネルギーの応用の現代的発展』, モスクワ・レニングラード, 国営技術理論出版所, 1932.
85. Mitkevich V.F. 『磁流とその変換』, モスクワ・レニングラード, ソ連科学アカデミー出版部, 1946.
86. Whittaker E.T. History of the Theories of Aether and Electricity, p. 1. The Classical Theories. 1951. 435. P. 11. The Modern Theories 1900-1926. 1953. London.
87. Kudryavtsev P.S. 『物理学の歴史』, 監修 : A.K. Timiryazev, モスクワ, 国営学習教育出版社, 1948.
88. Khvolson O.D. 『物理学教程』, 全 5 巻, ベルリン, ロシア共和国国営出版所, 1923.
89. Frenkel' Ya.I. 『新物理学の夜明けに』, レニングラード, Nauka, 1970, 136~146 頁, 169~171 頁.
90. Berestetsky V.V. 「真空」, 『物理学百科事典』, モスクワ, ソビエト百科事典, 1960, 第 1 巻, 221~222 頁.
91. Lapchinsky V.G. 『物理的真空』, モスクワ, 原子科学情報・技術経済中央研究所, 1982, 137~204 頁.
92. Vavilov S.I. 「相対性理論の実験的根拠」, 『著作集』, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1956, 第 4 巻, 9~109 頁.
93. Khvolson O.D. 「エーテル問題の現状」, Michelson A.A. 『光波とその適用』, モスクワ・レニングラード, 国営技術理論出版所, 1934, 134~140 頁.
94. Bronshtein M. 「エーテルと新旧物理学におけるその役割」, 『人間と自然』, 1929, 第 16 号, 1~9 頁.
95. Lodge O. 『世界エーテル』, Mathesis-Odessa, 1911, 16~88 頁.
96. La-Roza 『エーテル. ある仮説の歴史』, "Estestvoispytatel" 書籍出版所, サンクトペテルブルク, 1914, 3~76 頁. O.D. Khvolson の注釈は本書にある.
97. Einstein A. 「相対性原理とその帰結」, 『科学論集』, 第 1 巻, モスクワ, Nauka, 1965. 同「エーテルと相対性理論 (1920)」, 『科学論集』, 第 1 巻, モスクワ, Nauka, 1965, 682~689 頁. 同「エーテルについて」, 同上, 第 2 巻, 682~689 頁.

98. 論文集『エーテル風』, 監修: 工学博士 V.A. Atsukovsky, モスクワ, Energoatomizdat, 1993.
99. **Maxwell J.C.** Ether. Gr. Brit. Enc. v.8, 1878. **Maxwell J.C.** 「エーテル」, **Maxwell J.C.** 論文集『論文と講演』, モスクワ, Nauka, 1968, 193~206 頁.
100. **Michelson A.A.** The relation motion of the Earth and the Luminiferous Aether. Amer. J. of Sci. (3). XXXII.1881. P. 220; Amer. J. Phys. 1881. Vol. 22. P. 120-129; Compt. Rend. 1882. Vol. 94. P. 520-523. **Michelson A.A.** 「地球の相対運動と光伝達エーテル」 [98, 6~17 頁] .
101. **Michelson A.A., Morley E.W.** The Relative Motion of the Medium on the Velocity of light. Ibid. (3). XXXII.1886. P. 337; The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Aether. Ibid. (3).XXXIV.1887. P. 333; Phil. Mag. (4) XXIV. 1887. P. 449; Amer. J. Sci. 1887. Vol. 34. P. 333-345; Phil. Mag. 1887. Vol. 24. P. 120-129. **Michelson A.A., Morley E.W.** 「光伝達エーテル中における地球の相対運動について」 [98, 17~31 頁] .
102. **Morley E., Miller D.** Phil. Mag. 1905. Vol. 9. P. 680-685. **Morley E.W., Miller D.C.** 「フィッツジェラルド-ローレンツ効果の検出実験に関する報告」 [98, 35~42 頁] .
103. **Miller D.C.** Phys. Rev. 1922. Vol. 19. P. 407-408; Proc. Nat. Acad. Amer. 1925. Vol. 11. № 6. P. 306-314; Science. 1925. Vol. 6/1, № 1590. P. 617-621. **Miller D.C.** 「エーテル風」 (ワシントン州科学アカデミーで行なわれた報告), 『物理科学の成果』, 1925, 第5巻, 177~185 頁, [98, 62~71 頁].
104. **Miller D.C.** Significance of the ether-drift experiments of 1925 at Mount Wilson. Science. 1926. Vol. 68. № 1635. P. 617-621. **Miller D.C.** 「ウィルソン山における 1925 年のエーテル風検出実験の意義」 [98, 71~95 頁].
105. Conference on Michelson-Morley experiments. The Astrophysical J. 1928. Vol. 68, № 5. P. 34-402. 「1927 年 2 月 4・5 日にカリフォルニア州パサデナ市ウィルソン山天文台で開催されたマイケルソン-モーリーの実験に関する会議」 [98, 112~173 頁].
106. **Miller D.C.** The ether-drift experiment and the Determination of the Absolute Motion of the Earth. 1933. **Miller D.C.** 「エーテル風に関する実験と地球の絶対運動の決定」 [98, 185~259 頁].
107. **Michelson A.A., Pease F.G., Pearson F.** Repetition of the Michelson-Morley experiments. J. of the Optical Society of America. 1929. Vol. 18. № 3. P. 181-182; **Michelson A.A., Pease F.G., Pearson F.** 「マイケルソン-モーリーの実験の再実施」 [98, 177~178 頁].
108. **Pease F.G.** Ether drift data. Astron. Soc. of t. Pacific. S.-Fr. Calif. Aug. 1930. V. XLII, N 248, p. 197-202; **Pease F.G.** 「エーテルの運動に関するデータ」 [98, 179~185 頁].
109. **Galaev Yu.M.** 「電波伝播実験におけるエーテル風の効果」, 『電波物理学と電子工学』, 第5巻, 第1号, 119~132 頁, ハリコフ, ウクライナ国立科学アカデミー, 2000. 同『光学干渉計によるエーテル風速度とエーテル動粘性の測定』, ハリコフ, 有限責任会社 «Informbank», 2007.
110. **Terentiev M.V.** 『エーテルの歴史』, モスクワ, «FAZIS」出版社, 1999.

第2章

1. **Helmholtz H.** 『力の保存について (物理学的研究)』, モスクワ・レニングラード, 国立技術理論文献出版所, 1934.
2. **Atsukovsky V.A.** 「自然科学の目的と自然認識の原理」, **Atsukovsky V.A.** 『現代自然科学の哲学と方法論. 連続講義』, モスクワ, «Petin», 2005, 60~64 頁. 同「社会的生産と科学の目的」, **Atsukovsky V.A.** 『唯物論と相対論. 現代理論物理学の方法論に対する批判』 (V.I. レーニン『唯物論と経験批判論』出版 100 周年に寄せて), モスクワ, Petit, 2009, 176~180 頁.
3. **Maxwell J. C.** 「ファラデーの力線について」, 『電磁場理論に関する著作選集』, モスクワ, 国営技術出版所, 1952, 11~104 頁.

4. **Jammer M.**『現代物理学と古典物理学における質量概念』, 英語からの翻訳/監修: N.F. Ovchinnikov, モスクワ, Progress, 1967, 98 頁, 99 頁, 175 頁.
5. **Einstein A.**「相対性原理とその帰結」, 『科学論集』, モスクワ, Nauka, 1965, 第1巻, 138~164 頁. 同「物理学と実在性」, 『科学論集』, モスクワ, Nauka, 1967, 第4巻, 201 頁.
6. **Atsukovsky V.A.**「普遍的物理不変量」, Atsukovsky V.A.『一般エーテル動力学. 気体状エーテルに関する理解にもとづく物質と場の構造のモデル化』, 第2版, モスクワ, Energoatomizdat, 2003, 80~90 頁.
7. **Atsukovsky V.A.**「自然科学における因果関係」, **Atsukovsky V.A.**『現代自然科学の哲学と方法論. 連続講義』, モスクワ, «Petin», 2005, 88~90 頁.
8. **Engels F.**『反デューリング論』, モスクワ, 政治文献出版社, 1983.
9. **Engels F.**『自然の弁証法』, モスクワ, 政治文献出版社, 1969.
10. **Lenin V.I.**「唯物論と経験批判論」, 『全集』, 第5版, 第18巻, 政治文献出版社.
11. **Bohm D.**『現代科学における因果関係』, 英語からの翻訳/監修: Ya.P. Terletsky, モスクワ, 外国語文献出版社, 1959.
12. **Fourier J.**『熱の解析的理論』, パリ, 1922.
13. **Boltzmann L.**『物理学の方法論概説』, ドイツ語からの翻訳/監修: S.F. Vaciliev, モスクワ, チミリャーゼフ研究所出版部, 1929.
14. **Mamchur E.A., Ovsyannikova N.F.**「単純性と対称性の原理」, 『自然』, 1968, 第6号, 2~11 頁.
15. **Mach E.**『力学. その発展の歴史的・批判的概論』, ドイツ語からの翻訳/監修: N.A. Gezekhus, サンクトペテルブルク, 1909.
16. **Einstein A.**「物理学と実在性」, 『科学論集』, モスクワ, Nauka, 1967, 第4巻, 201 頁.
17. **Atsukovsky V.A.**「自然科学の発展の主要段階としての物理学革命」, **Atsukovsky V.A.**『一般エーテル動力学』, 第2版, モスクワ, Energoatomizdat, 2003, 29~40 頁.
18. **Lavoisier A.-L.**『回想録』, 世界科学の古典, フランス語からの翻訳/監修: M.A. Blokh, レニングラード, レニングラード州立出版所, 1931.
19. **Dalton J.**『原子論に関する著作選集 (1802~1810)』, 英語からの翻訳/監修: B.M. Kedrov, レニングラード, 国営化学文献出版社, 1940.
20. **Timiryazev A.K.**『物質*の運動論』, モスクワ, モスクワ国立大学出版部, 1954.

第3章

1. **Boltzmann L.**『気体論講義』, 国営技術出版社, 1956.
2. **Mitkevich V.F.**『基礎的な物理学観』, 第3版, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1939.
3. **Shapiro I.S.**「原子核」, 『ソビエト大百科事典』, 第3版, モスクワ, ソビエト百科事典, 1978, 第30巻, 456~461 頁.
4. **Yavorsky B.M., Detlav A.A.**『技術者・大学生のための物理学便覧』, モスクワ, Nauka, 1977, 210 頁, 211 頁, 271 頁.
5. **Galaev Yu. M.**『光学干渉計によるエーテル風速度とエーテル動粘性の測定』, ハリコフ, 有限責任会社 «Informbank», 2007.
6. **Atsukovsky V.A.**『一般エーテル動力学』, 第2版, モスクワ, Energoatomizdat, 2003, 29~40 頁.
7. **Patterson G.N.**『気体の分子流』, モスクワ, 国営物理数学文献出版社, 1969, 59~71 頁.
8. **Mikhailov I.G., Soloviev V.A., Syrnikov Yu.P.**『分子音響学の基礎』, モスクワ, Nauka, 1969, 55~87 頁.
9. **Azjukowski W.** Dynamik des Aethers. Ideen des exakten Wissens, № 2, 1974, Stuttgart. S. 48-58. [エーテル動力学]

10. Schlichting H.『境界層理論』, 英語からの翻訳/監修: L.G.Loitsyansky, モスクワ, Nauka, 1974.
11. Tikhonov A.N., Samarsky A.A.『数理解物理学の方程式』, モスクワ, Nauka, 1966, 447~455 頁.

追加文献

12. Marshak R.「核力」,『物理学者たちは何を考えているか』, モスクワ, Nauka, 1965, 第4冊, 5~26 頁.
13. Kravtsov V.A.『原子の質量と核の結合エネルギー』, 第2版, モスクワ, 国営原子科学技術文献出版所, 1974, 316~336 頁.
14. Nekrasov A.N.「渦の拡散」,『著作集』, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1961, 第1巻, 92~116 頁.

第4章

1. Erdey-Grúz T.『物質*構造の基礎』, ドイツ語からの翻訳/監修: G.B.Zhdanov, モスクワ, Mir, 1967.
2. Predvoditelev A.S.「渦運動について」,『物理学的流体力学の諸問題』, ミンスク, ベラルーシ共和国科学アカデミー熱交換・質量交換研究所出版部, 1971, 178~211 頁.
3. Helmholtz H. Wissenschaftliche Abhandlungen, Bd 1-3, Leipzig, 1882-1895; [科学論集] Vorlesungen über theoretische Physik, Bd 1-6, Leipzig, 1898-1903. [理論物理学講義]
4. Helmholtz H.『流体力学に関する2つの研究』, モスクワ, 1902;『力の保存について』, モスクワ・レニングラード, 国立技術理論文献出版所, 1934.
5. Lagrange J.L.『解析力学』, 第2版, 第1巻・第2巻, フランス語からの翻訳/監修: V.S.Gokhman, モスクワ・レニングラード, 国営技術理論文献出版所, 1950.
6. Beltrami E. Opera matematiche, t. 1-4. Milan, 1902-1920. [数学著作集]
7. Kirchhoff G.R. Vorlesungen über mathematische Physik. Bd. 1-4. Leipzig, 1874-94. [数理解物理学講義]; Kirchhoff G.R.『著作集』, 第2巻, モスクワ・レニングラード, 1941.
8. Reynolds J. An experimental Investigation of the Circulation which determine the Motion of Water shall be Direct or Sin and the Law of the Resistance in parallel Channels. Phil. Trans. CLXXIV, 935, 1883. Papers 11, 51; Papers on mechanical and physical subjects, v. 1-3, Camb., 1900-1903.
9. Zhukovsky N.E.『著作集』, 第1巻~第7巻, モスクワ・レニングラード, 1948-50;「渦理論の基礎」,『電気と物質*』, モスクワ・レニングラード, 国営出版所, 1928, 172~184 頁.
10. Thomson W. Mathematical and physical papers, v. 1-6, Camb., 1882-1911.
11. Thomson W.『物質*の構造』, サンクトペテルブルク, 1895.
12. Karman Th. und Rubach H. Über den Mechanismus des Flüssigkeits- und Luftwiderstandes. Physikalische Zeitschrift, 13 (1912), s. 48. [流体と空気抵抗の力学について]
13. Kochin N.E., Kibel I.A., Roze N.V.『理論力学』, 第1部・第2部, モスクワ, 物理数学文献出版所, 1963, 207~236 頁(第2部).
14. Friedmann A.A.『圧縮性流体の流体力学の実験』, モスクワ・レニングラード, 国立技術理論文献出版所, 1934.
15. Friedmann A.A.「温度が変化する流体中における渦について」,『選集』, モスクワ, Nauka, 1966.
16. Oseen. Hydrodinamiks, Leipzig, 1927. [流体力学]
17. Fabrikant N.Ya.「渦運動」,『物理学百科事典』, モスクワ, ソビエト百科事典, 1960, 第1巻, 279~281 頁.
18. Schlichting H.『境界層理論』, 英語からの翻訳/監修: L.G.Loitsyansky, モスクワ, Nauka, 1974, 285 頁, 316 頁.
19. Predvoditelev A.S.「流体力学の方程式の分子運動論的根拠」,『物理学的流体力学の諸問題』,

- ミンスク, ベラルーシ共和国科学アカデミー熱交換・質量交換研究所出版部, 1971, 154~171 頁.
20. Predvoditelev A.S. 「乱流について」, 同上, 212~235 頁.
21. Lamb H. 『流体力学』, 英語からの翻訳/監修: N.A. Slezkin, モスクワ・レニングラード, 国営技術理論文献出版所, 1947, 99 頁, 304 頁, 839 頁.
22. Frankl F.I., Voitel V. 「高速時における圧縮性気体 2 次元平行流の近傍における乱流境界層内の摩擦」, 『中央空気流体力学研究所論集』, 中央空気流体力学研究所出版部, 1934, 第 321 冊.
23. Glazer A.H. 「観測データにもとづく竜巻の渦構造」, 『積雲の動力学』, 英語からの翻訳/監修: Ch. Anderson, モスクワ, Mir, 1964, 217~229 頁.
24. Bubnov V.A., Soloviev A.A., Gabdullin I.Z. 「乱流竜巻のモデル化」, 『レーザー放射の空気熱光学的な制御・診断方法』, ミンスク, ベラルーシ共和国科学アカデミー熱交換・質量交換研究所出版部, 1981, 150~173 頁.
25. Bubnov V.A., Martynenko O.G., Solodukhin A.D. et al. 『台風の流れ力学的構造 (実験の部)』, プレプリント第 12 号, ミンスク, ベラルーシ共和国科学アカデミー熱交換・質量交換研究所出版部, 1983.
26. Rosenhead, L. The Formation of Vortices from a Surface of Discontinuity. Proc. of t. R. S., 1931. A. Vol. 134. P. 323.
27. Kabardin Yu., Kiselev A. 「飛行機雲の物理」, 『航空学と宇宙飛行学』, 1978, 第 3 号, 26~27 頁.
28. Lichtenstein. Math. Zeitsch. XXIII. 1925. Vol. 89. P. 310. ; Grundlagen der Hydrodynamik. Berlin, 1929. [流体力学の基礎]
29. Lugovtsov A.A., Lugovtsov B.A., Tarasov V.F. 「乱流渦環の運動について」, 『連続媒質の動力学』, ノヴォシビルスク, ソ連科学アカデミーシベリア支部流体力学研究所出版部, 1969, 第 3 冊, 50~54 頁.
30. Lavrentiev M.A., Shabat E.V. 『流体力学の諸問題とその数学的モデル』, モスクワ, Nauka, 1973, 339~340 頁.
31. Tikhonov A.N., Samarsky A.A. 『数理物理学の方程式』, モスクワ, Nauka, 1966, 447~455 頁.
32. Nekrasov A.N. 「渦の拡散」, 『著作集』, モスクワ, ソ連科学アカデミー出版部, 1961, 第 1 巻, 92~116 頁.
33. Yavorsky B.M., Detlav A.A. 『技術者・大学生のための物理学便覧』, モスクワ, Nauka, 1971, 210 頁.
34. Prandtl L. 『流体空気力学』, ドイツ語からの翻訳, モスクワ, 外国語文献出版所, 1951.
35. Khaikin S.E. 『力学の物理学的基礎』, 第 2 版, モスクワ, Nauka, 1971.
36. Zhukovsky N.E. 「束縛渦について」, 『全集』, 第 5 巻, モスクワ・レニングラード, 合同科学技術出版所, 1937.
37. Loitsyansky L.G. 『流体と気体の力学』, 第 5 版, モスクワ, Nauka, 1978.
38. Patterson G.N. 『気体の分子流』, 英語からの翻訳/監修: V.S. Avduevsky, モスクワ, 国営物理数学文献出版所, 1960.
39. Boltzmann L. 『気体論講義』, ドイツ語からの翻訳/監修: B.I. Davydov, モスクワ, 国営技術出版所, 1956.

追加文献

40. 『動力学的气象学』, 監修: B.I. Izvekov, I.A. Kibel, N.E. Konchin, ソ連統一水文気象局管理センター出版部, 1935.
41. Villat H. 『渦理論』, フランス語からの翻訳/監修: P.M. Gumensky, モスクワ・レニングラード, 合同科学技術出版所, 1936.
42. Abramovich T.Y. 「流体と気体の乱流自由細流」, 『中央空気流体力学研究所論集』, 1940, 第 512

号.

43. **Byushgens O.S.** 「らせん流について」, 『ヴィリヤムス記念モスクワ水文土壌改良学研究所研究紀要』, 第17巻, モスクワ, 1948.
44. **Gandi L.S. et al.** 『力学的気象学の基礎』, レニングラード, 国営水文気象学出版所, 1955.
45. **Vasiliev O.F.** 『らせん流と循環流の力学の基礎』, モスクワ・レニングラード, 国営エネルギー論文出版所, 1958.
46. **Avduevsky V.S., Kryukov V.Y., Solntsev K.N.** 「粗表面上における境界層の構造と熱交換の実験的研究」, 『流体流と気体流中における熱交換の研究』, モスクワ, Mashinostroenie, 1965, 55~90頁.
47. **Batchelor G.** 『流体力学入門』, 「第7章 実効的に非粘性の流体の渦流」, 英語からの翻訳, モスクワ, Mir, 1973, 623~732頁.
48. **Sedov L.I.** 『連続媒質の力学』, モスクワ, Nauka, 1976, 第2巻.
49. **Bobr V.A., Garmize L.Kh., Kalinets V.I.** 「大気形成物のモデル化」, 『非一様媒質中におけるエネルギー移動の進化的問題』, ミンスク, ベラルーシ共和国科学アカデミー熱交換・質量交換研究所出版部, 1979, 3~19頁.
50. **Hill M.M.** On a spherical vortex. Phil. Trans. A. CLXXXV. 1889.
51. **Coker and Glementa.** Phil. Trans. A. CCI, 45, 1902.
52. **Boltze E.** Grenzschichten an Rotationskörpern. Gött. 1908. [回転する物体の近傍における境界層]
53. **Prandtl L., Tietjens O.** Hydro- und Aeromechanik. Berlin, 1929. S. 175-208. [流体力学と空気力学]

第2部 物質構造のエーテル動力的基礎

まえがき

物質の構造に関する現代物理学の理解は、エーテルを否定し、そのことによって原子内媒質を否定している相対性理論と量子力学の公準に基礎をおいている。原子内媒質と核内媒質が否定されているため、核物理学者と原子物理学者は原子核、そして原子自体の構造の決定に対する抽象数学的アプローチを探し求めることを余儀なくされている。

相対性理論と量子力学の命題から導き出される帰結は、原子核の構造を解明するためには、高エネルギー粒子によってそれに衝撃を加える必要があるという理解に導いた。そのために高エネルギー加速器が建造された。そしてその理解が、より強力な荷電粒子加速器の建造へと核物理学者たちを追い立てた。既に 1970 年代には、加速器で加速される粒子のエネルギーは数十ないし数百・十億電子ボルト (GeV) に達していた。そして今なお、粒子の衝突エネルギーが高ければ高いほど、高エネルギーが物質*の構造を、より小さい距離の所で解明する可能性を開くとみなされている。

粒子加速器を用いていわゆる物質「素粒子」が多数得られた。加速器の開発者たちの考え方によれば、それらは原子核内に含まれているとされている。しかし実際には、そこにはそのようなものは存在しない。元素周期表においてさえ、すべての元素の同位体が含んでいるのは陽子と中性子のみであり、それ以外のものは一切含んでいないからである。それゆえ、それらの実験において出現した多数の「素粒子」はすべて、それらの実験自体の実施の過程で人工的に創出されたものである。

量子力学は原子内過程の理解における一連の成果をもたらし、多数の応用面の結果を与えた。しかし、それらの結果が他ならぬそのようなものであり、それ以外のものではないのはなぜなのか、また量子効果のメカニズムはどこにあるのかについての理解は、今も得られていない。それだけでなく、シュレーディンガー方程式における波動関数は「当該空間地点において電子が出現する確率の密度」として解釈されているが、そこでは、その「確率」関数の値の安定性という事実そのものはまったく説明されていない。

核の相互作用理論にも、やはりいかなる物理学的基礎も存在しない。量子力学や核物理学全般における「負の結合エネルギー」といった概念の操作は、第 1 に、物質*的担体が存在しないにもかかわらず、エネルギーが存在すること（「特殊な種類の物質*である場」という用語は何も説明していない）、第 2 に、自然界には負のエネルギーが存在し得ることを前提としている。しかし、数学的抽象とは異なり、現実には負のエネルギーが存在するということはそもそもあり得ない。粒子がそれを通じることによって相互作用することのできる、いかなる媒質も存在しないとされているために、研究者たちの論理全体は、研究結果を何とかして説明し得るような粒子の探索に向けられてきた。このことから、実験結果において収集された多数の不一致は、すべて、次なる新粒子の出現によって説明されてきた。しかし、高エネルギー加速器を用いて発見されたその多様な粒子全体は物質中に含まれているものではなく、実験自体において得られるものであ

るということ、そしてそのすべては、標的に衝撃が加えられたときに創出された物質の破片、または破片の組み合わせであり、無数の種類の破片を得ることが可能であるということは、誰の頭にも浮かんでこなかった。それが可能であるということは、実践が裏づけている。

さらに、原子核と強い相互作用に関する各種のモデルと理論においては、それらの大部分が哲学的裏づけを持っておらず、科学的方法論が欠如していることが明瞭に現われていると断言せざるを得ない。粒子の構成や構造、また粒子を取り囲む場の本性に関するいかなる理解も存在しないことが、既存の「素粒子」理論の大きな欠点となっている。誰もこの問題に関心を持っていない。それらの多数の粒子がその固有の性質を持っており、しかも相互に変換する能力を持っている物理的理由は、まったく検討されていない。

1869~1871年にD.I.メンデレーエフが考案し、現在、全世界の物理学者と科学者があらゆる実践的応用において利用している元素周期表からは、あらゆる自然元素の原子核内には核子——陽子と中性子——以外のいかなる素粒子も存在しないという結論が直接的に導き出される。新たな物質素粒子が出現するのは、不安的な放射性元素の自発的崩壊の結果において、または人為的条件——素粒子加速器（シンクロファゾトロンまたは衝突型加速器）内における安定粒子（陽子、中性子、電子）の衝突——の下においてのみである。

そのような研究は原子炉内で生じる核過程の解析にとっては有益かもしれないが、そこから普通の安定的物質の原子核の構造に関する結論を下すのは無意味である。このことから、シェルモデル、液滴モデルその他のタイプの既存の原子核モデルは原理的に皮相な抽象数学的な性格を持っており、元素の原子核の現実の構造を理解する助けにはまったくならないという単純な結論が導き出される。

エーテル動力学は、陽子と中性子を含むあらゆる物質素粒子、またあらゆる原子の核を構成している共通の構築材料の存在を最初から前提としている。このことは、陽子と中性子の組み合わせとしての核の構造に関する問題、原子の内部、核の内部および陽子と中性子自体の内部における物質*の運動に関する問題、さらにそれらすべてのものの性質の起源に関する問題を設定することを、ただちに可能とする。これこそが物質*組織化の階層的構造を当初から想定している唯物論的方法論の基礎であり、これこそが最も実りある方法なのである。

第1章 核子と原子核

普通の量子力学を客観的な統計力学として認めるような、個々の微視的対象物のモデルと決定論的力学を探求しなければならない。

ジャン-ピエール・ヴィジエ [1]

1.1. 原子核研究小史と既存の原子核モデル

1.1.1. 原子核の発見と物質構造の実験的研究

原子核の存在は 1911 年にイギリスの研究者 E.ラザフォード [2] によって発見された。彼は自然放射線源（当時ラジウム）によって放射される α 粒子を様々な物質の薄膜を通して透過させる実験を行っていたとき、 α 粒子が予想されていた以上に高い頻度で大きな角度で散乱することを発見した。彼はこの事実を、原子自体よりもはるかに小さな正に荷電した核が原子内に存在していることを示すものと、正しく解釈した。ラザフォード以前の原子論においては、J.J.トムソンの理解が支配的な見解となっていた。。それによれば、原子が持つ正電荷は原子の体積全体に均一に分布していて、電子はレーズンパンのレーズンのように、その体積の中にある程度均一に散らばっているとみなされていた。1919 年、ラザフォードは原子核から叩き出される粒子の中から陽子——単位正電荷と電子の 1840 倍の質量を持つ粒子——を検出した。

ラザフォードによって行われた実験の、最高度の緻密さに注目するべきである。現在知られているように、原子核の半径はおよそ 10^{-15} m であるのに対し、原子の半径はおよそ 10^{-10} m である。これは、原子の断面積は原子核の断面積の 10^{10} 倍、すなわち 100 億倍であるということを意味する。したがってラザフォードが標的に撃ち込んだ 100 億個の α 粒子のうち、1 個しか反射しないことになる。その 1 個を記録し、しかもその反射角を測定する必要がある。それだけでなく、膨大な統計データを収集する必要があるのである。これは、この実験にはかなり長い時間がかかることを意味する。

原子核が発見された当時、それまでに知られていた素粒子は電子と陽子の 2 種類しかなかった。これに従い、原子核はおそらくその 2 種類によって構成されているとみなされていた。陽子に関する理解は、すべての原子核は水素の原子核によって構成されているという仮説の形で 20 世紀初頭に生まれた。1919~1920 年、ラザフォードは α 粒子によって水素以外の元素から叩き出される水素原子核を実験的に観測した。1920 年代初頭に「陽子」という用語を導入したのは、他ならぬラザフォードであった [2]。

ラザフォードの着想は彼の同時代人たちによってただちには受け入れられなかった。その主な障害となったのは、原子内電子は原子核の周りの軌道を運動するとき、電磁放射のためにエネルギーを失い、そのため、原子核に落ち込むことが避けられないという確信であった。この障害はそれより後、ボーアの公準によって取り除かれた。実は、その確信自体は考え違いの上に成り立っていた。なぜなら、惑星モデルにおいては電子は核の周りを回転しているとされているが、そのときに電子が受けるのは接線加速度では

なく、法線方向の向心加速度であるからである。ところが、エネルギーの増大（加速時）あるいは損失（減速時）を伴うのは接線加速度のみであって、その増大や損失は向心加速度の本性とはいかなる関係も持っていない。回転している電子と原子核との間の関係において不可逆的な損失が生じさえしなければ、向心加速度は円回転時にエネルギーを不変のまま保つのである。

ラザフォードの惑星モデルが人々の承認を得るに当たっては、N.ボーア [3] の素晴らしい仕事が大きな役割を果たした。

1913年、ボーアは、M.プランクが以前（1900年）に放射理論において提唱したエネルギーの量子化の着想から出発して原子理論を創出し、その理論において、電子の運動はいくつかの追加的な制限、すなわちある一定の公準に従っているとみなせば、原子の惑星状構造とそのスペクトルの性質を説明することが可能であることを示した。それらの公準（「ボーアの公準」）によれば、電子には、選ばれた、あるいは「許された」軌道が存在する。そして電子はその軌道を運動するとき、古典電気力学の法則に反してエネルギーを放射せず、しかしより近い軌道へ跳躍によって遷移し、そのときには電磁波の周波数に比例する電磁エネルギーの量子（単位量）を放出することができる。これらの公準にもとづいて構築され、後にボーア自身やその他の物理学者によって発展させられた原子理論は、原子の固有の安定性、また相対的に弱い衝突時には原子はその構造とスペクトル特性を維持するという性質を初めて説明した。

ボーアは、軌道の安定性を原子内電子の運動の量子化の出発点をなす原理として公準化（！）し、次にその原理から、広範な経験的データ（バルマー系列その他）を説明する光の線スペクトルの法則性を導き出した。

それから間もなく（1913年末）、ラザフォードの弟子H.モーズリーは、電子の電荷を単位とした原子核の電子は数 Z 、すなわち原子軌道上の電子の数と等しいと仮定すれば、元素周期表における元素番号 Z が変化したときの原子のX線線スペクトルの短波長側境界のシフト量はボーア理論と一致していることを実験的に示した。

この発見は不信のバリアを完全に打ち砕いた。新たな物理的対象——原子核——は、一見したところ多種多様に見える一連の現象全体と固く結びついていることが判明し、今や、それらの現象は統一的で物理学的に透明な説明を得た。モーズリーの研究の後、原子核が存在する事実は物理学において最終的な承認を得た。

しかし1920年代末、陽子-電子仮説は「窒素カタストロフィ」と呼ばれる深刻な困難に突き当たった。窒素の原子核は、その構成中に21個の粒子——陽子14個と電子7個——を持っており、その各粒子のスピンは $1/2$ であるから、予想によれば、原子核全体のスピンは $1/2$ であるはずであった。ところが、分子の光スペクトルの測定データによれば、そのスピンは1であることが判明したのである。

原子核の構成は、ラザフォードの弟子J.チャドウィック [4] による中性子の発見（1932年）によって明らかになった。その質量は陽子の質量に近く、電荷は存在せず、スピンは $1/2$ であることが判明した。チャドウィックは、ドイツの物理学者W.ボーテとH.ベッカーによって検出された原子核（特にベリリウムの原子核）に α 粒子を衝突させたときに発生する透過性放射線は、陽子の質量に近い質量を持つ非荷電粒子からなっていることを立証した。

原子核内には陽子以外に中性子も含まれているという着想を出版物において最初に述べたのは D.D.イワネンコ（1932 年）[5] であった。この着想はその直後に W.ハイゼンベルク [6] によって発展させられた。陽子と中性子は核子という共通の呼び名で統合された。陽子、中性子およびこれらから構成される原子核の理論をテーマとする多数の研究 [7~28] が行われた。

その後、原子核理論は複雑化し始めた。そして、原子核の構造を解明するためには、大きなエネルギーを持つプローブ粒子を用いて原子核内に侵入する必要があるということになった。エネルギーは電子ボルトを単位として測定され、アインシュタインの公式 $E = mc^2$ に従って定義されるようになった。しかも、その定義には、粒子自体の運動の尺度としてのエネルギーだけでなく、エネルギーと等価であるとみなされた質量も含まれるようになった。このことから、標的である原子核の可能な限り奥深くまで蓄積エネルギーによって侵入し、そこで可能な限り大きな破壊を生じさせる方法により、そこに含まれている隠れた粒子を分離させるためには、各種物質の標的に衝撃を加えるのに用いられる粒子を、可能な限り高い速度まで加速させなければならないという結論が導き出された。分離されたそれらの粒子の分析は、検出器、例えばウィルソン霧箱を用いて行うことができる。霧箱は過飽和蒸気によって満たされており、放出された粒子は霧箱内にその痕跡を残す。その分析は感光乳剤を塗った写真乾板を用いて行うこともでき、この場合は粒子の軌跡（飛跡）が乾板上に現れることになる。粒子自体は、電場を創出する偏向板システムと磁石の両極の間を事前に通過する。粒子の飛跡にもとづき、叩き出されたのはいかなる粒子なのか、それはいかなるパラメーターと寿命を持っているかを評価することができる。

荷電粒子加速器の設計者たちは、まさにこの論理に準拠していた [28~31]。荷電粒子加速器はまず何よりも原子核の本性の研究のために用いられていたが、その後、化学、生化学、地球物理学など多数の分野において幅広い応用を見出した。加速器の応用は現在も広がりつつあり、冶金工業では部品や構造物の欠陥検出（探傷法）のために、木材加工業では製品の迅速で高品質な加工のために、食品工業では機器や食品の滅菌処理のために、医療分野では放射線治療や「非観血的手術」のために、またその他一連の分野で利用されている。

荷電粒子加速器の発展の推進力となったのは、高エネルギー荷電粒子の流束を必要としていた原子核構造の研究であった。当初用いられていた自然荷電粒子源——放射性元素——には、強度の点でも、放出される粒子のエネルギーの点でも制約があった。放射線源物質から出る α 粒子流束を用いた最初の人工核変換が行われたとき (E.ラザフォード, 1919 年)、加速粒子ビーム生成方法の探求が始まった。

加速器の発展の歴史の概略は文献 [29] に述べられている。1919~1932 年には高電圧によって粒子を加速させる方式の加速器が利用されていたが、その後、静電起電機 (1931 年)、カスケード起電機 (1932 年) が用いられ始めた。これらの加速器ではおよそ 1 MeV (100 万電子ボルト) のエネルギーを持つ粒子が得られた。1932 年、陽子によるリチウム原子核の核分裂反応がこれらの加速器を用いて実現された。

1931~1944 年は共振型加速器による加速方式が萌芽し、開花した時期であった。この方式では、被加速粒子は加速ギャップを繰り返し通過し、穏やかな加速の場合でも大

出力に達する。この方式にもとづいた繰返し型の加速器——サイクロトロン——は間もなく、その発展の過程で静電起電機を駆逐した。サイクロトロンでは 10~20 MeV のオーダーの陽子エネルギーが達成された。

現在用いられているタイプの加速器の開発は 1944 年に始まった。この年、共振型加速器に適用され、しかも加速粒子のエネルギーの著しい上昇を可能とする自動位相調整方式がアメリカとは独立に、ソ連において発見された。この方式にもとづき、シンクロトロン、ファゾトロン、シンクロファゾトロンおよびマイクロトロンが提案された。それと同時に、電波工学の発展が電子粒子と重粒子の効率的な線形加速器の創出を可能にした。

1950 年代初頭には、繰返し型加速器と線形加速器で達成されるエネルギーの技術的限界を著しく上昇させる、粒子の交番勾配集束原理が提案された。それに続く数十年間に実現されたのは、他ならぬこの着想である。

1957 年、ソ連のドゥブナにおいて当時最大のシンクロファゾトロンが稼働を開始した。1966 年、スタンフォード（アメリカ）のシンクロファゾトロンが 22 GeV で稼働を開始した。1967 年、ソ連のセルプホフ市郊外のプロトヴィノ町で当時最大の 76 GeV のシンクロファゾトロンが稼働を開始した。そのトンネルの長さは 22 km で、トンネル内には液体ヘリウムで冷却される 6000 個の磁石が存在する。

現在では、一連のビーム衝突型新世代シンクロファゾトロンが創出されている。それらの加速器では、数百 GeV のエネルギーを持つ粒子を得ることが想定されている。その最大のものは CERN [欧州原子核研究機構]（スイスのフランス国境付近）に建設されたトンネル長 26.65 km の大型ハドロン衝突型加速器 [Large Hadron Collider, LHC] である。同様の加速器がアメリカで建設中である。また、ドゥブナから北東方向へ 45 km の長さを持つ線形加速器の建設計画が発表されている。これらの加速器（ハドロン衝突型加速器）では、電子や陽子から鉛原子核にいたるまでのきわめて多様なハドロン（マイクロ粒子）のビームを加速し、互いに衝突させることが想定されている。これらの最大級の粒子加速器の目的は、「ヒッグス・ボソン」および地球表面における「ブラックホール」の創出である。計画立案者たちの意見によれば、それは、アインシュタインの相対性理論と量子力学を含め、現代物理学理論の正しさを再度裏づけるに違いないとされている。

それらの衝突型加速器によって 1 秒間に 1 個の頻度で創出される「ブラックホール」は、それぞれ 10 秒間のうちに消散すると予想されている。それゆえ、計画立案者たちの見解によれば、それらの「ブラックホール」が周囲の物質を捕捉するだけの時間は無いという公算が最も大きいとされている。それらはこの点で、その周囲の空間に含まれる物質を吸収し尽くした後、およそ 100 億年間のうちに消散する宇宙の巨大「ブラックホール」とは異なっているとされている。

加速器は、さらに新たな「素粒子」を得るテンポを著しく増大させた。重い反粒子である反陽子（1955 年）、反中性子（1956 年）、反 Σ ハイペロン（1960 年）が得られた。1964 年には陽子の約 2 倍の質量を持つ最も重いハイペロンが発見された。1960 年代には、多数のきわめて不安定な粒子が発見され、「レゾナンス粒子」という名称が与えられた。それらの大部分の質量は陽子の質量を上回っている。1970 年代には、まったく予想されていなかった性質を持つ、新たに発見された粒子の数は急激に増大した。それ

らの新たな性質を記述するため、「ストレンジネス」、「チャーム」、等々といった一連の新たな概念を導入することが必要になった。その際、メンデレーエフの元素周期表に掲げられているすべての元素は陽子と中性子のみを含んでおり、それ以外のいかなる粒子も含んでいないことに、当時、誰も注意を払わなかったし、現在も払っていない。

上に述べたこととの関連において、ニュートリノ——電子の静止質量よりもはるかに小さい静止質量を持ち、電氣的に中性な素粒子——の発見の歴史をあらためて思い出すことが有益である。物理学者たちの意見によれば、ニュートリノの発見は20世紀物理学における最も輝かしく、かつ最も困難なページに属する。

ニュートリノが実験物理学に初めて登場したのは、1914年、原子核の β 崩壊時に放出される電子が連続的なエネルギースペクトルを持っていることをイギリスの物理学者J.チャドウィックが発見したときのことである。この現象は量子論と明らかに矛盾しており、エネルギー保存則に反していた。

1930年、スイスの物理学者W.パウリはテュービンゲンで開催された物理学会議の参加者に宛てた書簡^{〔訳注〕}において、エネルギー保存則を救済しようとする自らの「破れかぶれ」の試みについて報告している。パウリは、そのせいでエネルギー保存則が破られているかのような印象が生み出されている、質量が小さく、電氣的に中性で強い透過力を持つ、新たな粒子が存在するという仮説について述べている。1932年に中性子が発見された後、イタリアの物理学者E.フェルミはそのような粒子を「ニュートリノ（小さな中性子）」と命名することを提案した。その後、ニュートリノが発見され、ニュートリノ放射は恒星内における諸過程の解明手段として利用されるようになった。

高エネルギー加速器で行われた様々な多数の実験により、粒子の強い相互作用に関する相異なる多様なデータが得られた。また、きわめて多種多様な物質「素粒子」が得られた結果、素粒子の総数は200種類ないし2000種類に達した（その数はどう数えるか、何を考慮に入れるかによって異なる）。しかし、それらすべての実験結果は互いの間であまり良く整合しておらず、そのため、理論家たちは自分のモデルや理論を絶えず複雑化しなければならなくなっている。彼らは、その理由は研究対象の複雑性によって説明されると考えている。

1.1.2. 現代の原子核モデル

原子核の構造の研究手段の創出と並行して、原子核のあれこれの性質を説明し、それに応じて実験作業の方向性を明確にする役割を担う、様々な原子核モデルの創出も進んだ〔28〕。

加速器で行われた実験が、原子核およびいわゆる物質「素粒子」の多数のパラメーターを解明することを可能にした。

中性子と陽子のパラメーター（質量、大きさ、スピン、電荷、磁気モーメント、等々）が決定され、世界中のあらゆる便覧に記載されるようになった。原子核の半径 R は

〔訳注〕 「親愛なる放射性紳士淑女の皆さん」で始まるこの書簡は、W.パウリ『パウリ 物理学と哲学に関する随筆集』（並木美喜雄監修・岡野啓介訳、シュプリングー・フェアラー東京、1998、225-226頁）に収録されている。

$$R = aA^{1/3} \quad (1.1)$$

と決定された。ここで、 $a = 1.12 \text{ fm} = 1.12 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ ； A は核内の核子の数である（複雑な核の場合、1.12 という数字は若干大きくなり、1.2 ないし 1.4 となる）。核物質の密度はおよそ 10^{18} kg/m^3 であることが明らかになった。核子と原子核の有効相互作用半径、核子の結合エネルギー、核の量子的特性その他多数の事柄が決定された。こうして、核過程について推察を行うことを可能にする大量の事実データが得られた。それらの過程をより良く理解できるようにするため、一連の研究によっていくつかの原子核モデルが考案された。

まず第1に、核子間相互作用の中間子モデルが考案された。それによれば、核子同士の間の相互作用は、中間子の交換、すなわち中間子——その質量が互いに相異なっており、電子の質量から陽子の質量までの大きさである、何種類かのミクロ粒子——の放出と吸収によって実現される。ただし、陽子を超える質量を持つ中間子も発見されている。すべての中間子の寿命はきわめて短い、その過程自体は既に解明済みとみなされており、見直しの対象とはされていない。さらに、このモデルにもとづいて次のような様々な核モデルが構築されている。すなわち、シェルモデル（これによれば、原子核内において、それぞれの核子はある一定の個別的な量子状態にある）、回転モデル（核は回転楕円面をなしている）、超流動モデル（これによれば、核物質は超流動状態にある）およびその他のいくつかのモデル（振動モデル、クラスター（ブロック）モデル、等々）である。これらの各モデルは核構造のいくつかの特徴を説明しているが、それ以外の特徴を説明しようとするとは困難に直面する。それゆえ、一般に認められているように、満足すべき物理学的な原子核モデルは今なお発見されていない。

それだけでなく、これらすべてのモデルを記述する数学的道具立てはますます複雑になりつつあり、個別的な研究を必要とする数学的な困難が既に生じている。それゆえ、原子核の最も重要な性質に関してさえ、物理学の一般原理と核子の相互作用に関するデータの強固な土台の上に立ち、それについて首尾一貫した説明を行うことが、今なお現代理論物理学の未解決の根本問題の一つであり続けている。

現在、クォーク理論 [24] が流行になっている。それによれば、重粒子は「真に素な」粒子——3つのクォークと3つの反クォーク——から構成されており、その各粒子は陽子の約5倍の質量を持っている。クォーク同士の結合はクォークの質量の結合エネルギーへの変換をもたらし、その結果、例えば結合して陽子になった場合、それぞれが陽子5個分の質量を持ち、合計すると陽子15個分の質量を持っている3つのクォークは陽子1個分の質量しか保存せず、残りの陽子14個分の質量はクォーク同士の結合エネルギーに変わる。実は、実験においては、クォークはどうしても見つけることができないでいる……。

素粒子から構成されているものとしての原子核の検討と並んで、一連の核モデル、すなわち、その性質が既に十分解明されている、あるいは比較的単純な理論的分析によって解明し得るような何らかの系と原子核を同一視することにもとづいた近似的記述方法が提唱された。そのようなものとしては、例えば縮退フェルミ気体モデル、液滴モデル、回転子（こま）モデル、シェルモデルなどが挙げられる。

原子核内で核子を結合している核力（強い相互作用）の説明においても、各種のモデルが利用されている。1935年、日本の物理学者 H.湯川は、核子は、核力の担体である何らかの有質量粒子を互いに交換しているという仮説を発表した [25]。それとは独立に、同様の仮説が I.E.タムと D.D.イワネンコによって提唱された。1947年にそのような粒子が検出され、 π 中間子と名付けられた。しかしその後、強い相互作用を説明するためには、その他の一連の粒子も導入する必要があることが判明した。現在では、核子自体も強い相互作用に対してある一定の寄与をしていると考えられている。強い相互作用に関与している粒子（ハドロン）は中間子の雲に取り囲まれている。R.ファインマンはパートンモデルを提案した。このモデルにおいては、ハドロンは非弾性衝突においては、何らかの仕方で運動量別に分布している点粒子——パートン——の総体として振る舞うと想定されている。ハドロンは3つのクォークの他にクォーク-反クォークの雲も含んでいると考えれば、クォークをパートンとみなすことができる。ところで、その「最も一次的な粒子」であるクォークの種類の総数は、既に96に達している……。

1.1.3. 原子核の研究方法論に対する批判的コメント

1869年に D.I.メンデレーエフによって考案された元素周期系は後に続く研究者たちによって若干改良を加えられた（原子量が原子番号に替えられた）が、そのすべての基礎的な構築原理は今日まで維持されており、その正しさに疑いを抱く者はない。元素周期系はあらゆる側面から検証・承認され、物理学者、化学者、宇宙論研究者、生物学者その他数多くの分野の研究者のための参照資料になっている [32]。

しかし、この元素周期表には、どうした訳かしかるべき注意が払われていない一つの特徴がある。それは、あらゆる元素の原子核の構成の中には、核子——陽子と中性子——以外の何ものも存在しないということである。すべての同位体の原子量が高い精度で測定されているにもかかわらず、核の中にはいかなる中間子も、その他いかなる粒子も含まれていない。陽子の質量を上回る質量を持つ中間子などというものが含まれていないことは言うまでもない。

このことから何が導き出されるか？ それは、それらすべてのいわゆる物質「素粒子」は原子核に含まれているものではなく、加速された粒子による標的衝撃実験の過程で形成されたものだということである。ここから、粒子加速器を用いた原子核構造の研究は完全に無意味であるという結論が直接的かつ一義的に導き出される。このことは、高エネルギー粒子加速器がまったく無益であるということを意味しない。加速器によって多様な技術が創出されているからである。加速器が無益なのは、加速器の開発目的であった原子核構造の研究という部分においてのみである。

これまで、高エネルギー粒子加速器によって膨大な数のいわゆる物質「素粒子」が創出されてきた。その総数は2000種類を超えている（この数字は数え方によって異なる。極短寿命な粒子のいわゆる「レゾナンス」を計算に含めればその数は約2000、含めなければ約200となる）。しかし、それらすべてをどう取り扱うべきかは、事実上誰も理解していない。

それらすべての粒子はいかなる構築材料も持っていない。少なくとも、構築材料はい

かなる理論においても議論の対象とされておらず、構築材料が何らかの形で含意されている理論においても、その性質はまったく決定されていない。

核子の強い相互作用はそれに対応する準位のエネルギーによって生じるが、そのエネルギーに関する議論は、物質*的担体についての検討を抜きにした形で行われている。中間子の放出と吸収は、そもそもいかなるメカニズムも持っていない。それら全体はどのような仕組みになっているのか、それがそれ以外のものではなく、まさにそうになっているのはなぜなのかという疑問は、提起すらされていない。いたるところで行われているのは、公準やら、由来が不明な量子数やらについての議論、そしてエーテルのみならずあらゆる核子間媒質を絶対的に否定している特殊相対性理論の遵守といった議論のみである。

原子に関する議論の場合もそれと同様である。

中性子が発見され、最初の粒子加速器が建造された時から 80 年以上が過ぎたが、今にいたるまで、核物理学の方法論的な側面においてはいかなる前進もなされていない。一つだけ続いており、またそう見せかけられている科学的進歩——それは、加速器の出力の増大である。それは、人類とこの惑星全体の運命にとってきわめて危険なものになりつつある。これは、より詳しく論じるだけの意味を持っている問題である。

流体力学と気体力学にはいわゆるレイノルズ数

$$Re = \frac{vd}{\chi} \quad (1.2)$$

がある。ここで、 v は物体とそれを過ぎる媒質の流れとの相対速度； d は物体のいわゆる特性寸法（例えば球の直径あるいは管の直径）； χ は媒質の動粘性率である。

レイノルズ数が 1000 未満のとき、流れは層流であり続け、それより大きい 1000 以上 2000 未満のとき、流れは乱流となり、渦が発生するが、それは急速に崩壊する。しかしレイノルズ数が 2000 以上になると、流れは乱流、渦流となり、竜巻がそうするように、渦は周囲の媒質を吸収し始める。

上述した衝突型加速器においては、速度がほぼ光速であること、またハドロンの大きさがどれだけかも知られている。しかし粒子流についてとなると、もう何も言えなくなる。なぜなら、そのような条件の下におけるエーテルの密度値が知られていないため、そこでのエーテルの粘性についても何も言えないからである。ところが、引き起こされる過程にはエーテルが関与しているという事実それ自体についての知識が、衝突型加速器の設計者たちには完全に欠如している。現代「科学」がエーテルの存在を認めていないからである！

これが意味しているのは、現在進められているより大出力の加速器の建設は、その過程の最も重要な構成要素を考慮することなく、加速器の運転要員にとってだけでなく、人類全体にとってのそのような実験の安全性に対するいかなる保証もなしに行われているということである。そこでは正のフィードバックを持つ過程が生じている。すなわち、渦がより大きいほど、渦が周囲空間から取り込むエーテルと物質の量はより大きくなり、これによって渦はより急速に成長するようになる。もちろん、渦はそれと同時に消散もするが、成長と消散のどちらがより速く進むのか？ そのためのいかなる方法論

も創出されていないのに、そのパラメーターをどのようにして決定するのか？ 渦が消散する速度の方がより大きい場合には、「ブラックホール」は相対的に安全なものとなるが、その逆の場合はどうか？ その場合は速度の指数関数的増加を伴う等比数列の法則が働き、その法則が作動を停止するのは、すべての物質、すなわち地球全体、もしかしたら太陽系全体が「ブラックホール」によって食い尽くされたときのみとなる。それは誰にとって必要なことか?!

筆者は、少なくともそのようなプロジェクトの立案者がその有益性と安全性を証明するまでの間、粒子加速器を用いたあらゆる実験を全世界においてただちに停止し、既に建造されている衝突型加速器を廃棄するとともに、この分野への資金供与を停止しなければならないと確信している。

1.2. 陽子のエーテル動力学的パラメーターの決定

物質レベルにおける宇宙全体の基礎的ミクロ粒子は陽子である。このことは、陽子は水素原子の基礎であり、あらゆる物質の原子核の構成に含まれており、しかも既に判明しているように、中性子とは、陽子の諸状態のうちの1つの状態にある、他ならぬ陽子であるということから導き出される。それゆえ、我々の銀河、またおそらく宇宙全体の可視的物質の質量の99%以上は陽子からなっていると予想することができる。

閉じた体積の中に高密度のエーテルを集合させる能力を持つ、エーテルの運動の唯一の種類はトロイダル渦であるから、陽子の構造はまさにそのような構造と同一であると考えるなければならない。

現在の流体力学で行われている渦流と乱流との分類はきわめて明確というわけではないものの、液体媒質と気体媒質の流れの性格はレイノルズ数の値に対して顕著に依存しているという点を指摘することができる。このこととの関連において、我々の銀河におけるエーテル流の運動パラメーター値の決定が興味を引く。

この先で示されるように、我々の銀河におけるエーテル流は2つの腕に沿って互いに対向方向に運動し、中央部——銀河核——で出合っている。エーテル細流の衝突と混合の結果、閉じたトロイダル渦が形成される。水中に落下する液滴を用いたジュコーフスキーの実験が示しているように、トロイダル環状渦は液滴が水と接触した直後に形成される。形成されたトロイドはいくつかの細流を放出し始め、分裂し、より小さいいくつかのトロイダル環を形成し、これを何回か繰り返す（第1部第4章の図4.12参照）。液体中における渦形成の場合とは異なり、エーテル中における渦形成の場合には、渦環はその周囲のエーテルの圧力によって圧縮され、その後、さらに小さいトロイドに再分裂する。この高密度化と分裂の過程は、形成された陽子の壁がある臨界量まで高密度化し、それに伴って分裂が停止するまで繰り返し生じる。最終段階で形成されたらせんトロイダル渦こそが陽子なのである。

安定した渦形成のためのレイノルズ数は2000以上でなければならないのだから、1つの腕に沿ったエーテルの運動速度を1万 km/s とした場合、境界層の厚さはわずか

$$d = Re\chi/v = 2000 \cdot 3.5 \cdot 10^{-2}/10^7 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ m} \quad (1.3)$$

ということになる。

このように、その厚さが光年単位で測られるエーテル細流の範囲内において、渦が大量に形成されている可能性があり、実際にそれが観測されている。

地球近傍空間におけるエーテルの密度に換算した場合には、陽子1個を形成するのに必要とされるエーテルの消費量は、1辺が $8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ の立方体に相当する量となる。しかし、それより3~5桁以上高いエーテル密度を持つ銀河核内においては、その立方体の1辺の長さは 10^{-7} m 以下である可能性がある。このように、銀河核内には陽子の形成のための条件が存在する。

エーテル動力学の理解によれば、陽子は高密度の壁を持つらせんトロイダル渦であり、その構造は、環の形に閉じた管のある種の類似物に相当する。ある時媒質中において生じた渦運動は、媒質の別の領域において、既に創出された渦と同一の方向を持った渦の出現を促す。らせん運動についても同じことが言える。銀河核内で創出された、渦運動のいずれか一方の符号を持った渦は、銀河核の空間全体において、それと同一のらせんの符号——右らせんのみ、または左らせんのみ。いずれの符号であるかは将来解明すべき課題である——を持ったらせんトロイドが創出されることを促すことになる。しかし、これと同じことが宇宙全体にも当てはまる。それゆえ、いわゆる「反物質*」、すなわち反陽子を基礎とする領域がこの宇宙の範囲内に存在することは、まずあり得ない。そのような反陽子は人工的にしか創出することができない。

陽子の全体的形状は球形に近いとは言え、それでもやはり球形ではない。それゆえ、陽子には、電場についても磁場についても完全な対称性は存在し得ない。電場と磁場の対称性が存在し得るのは、陽子の中心を通る軸に関してのみである。

陽子の構造を図1.1に示す。ここにはエーテルの密度の正射投影図およびトロイダル速度と円周速度の正射投影図が与えられている。

このような理解から、陽子内には、陽子の中心にあるコア——管壁——および陽子の内側の小さな軸穴が存在するという結論がただちに導き出される。管の内部においては、遠心力の作用の結果、そのエーテルの圧力は外部エーテルの圧力より低くなければならない。ただし、もし陽子内部のエーテルの温度が外部媒質の温度より低ければ、エーテルの密度はそれより高い可能性がある。陽子の外壁に勾配流が存在することを原因として、その外壁もやはり外部エーテルより低い温度を持っているという判断は、このような予想に導く。

陽子の中心における流れの断面は、トロイダル流であるにしても、陽子の外壁内における流れの断面と比べて著しく小さい面積を持っているため、中心における流速は外壁内における流速よりも著しく大きくなる。慣性力が陽子とその中心部分において軸に沿って引き伸ばし、その反対側では速度の増大によって漏斗状の形状が形成される。その結果、陽子の形状は、全体的に正教会のネギ坊主型の丸屋根を思わせるような形状になる。

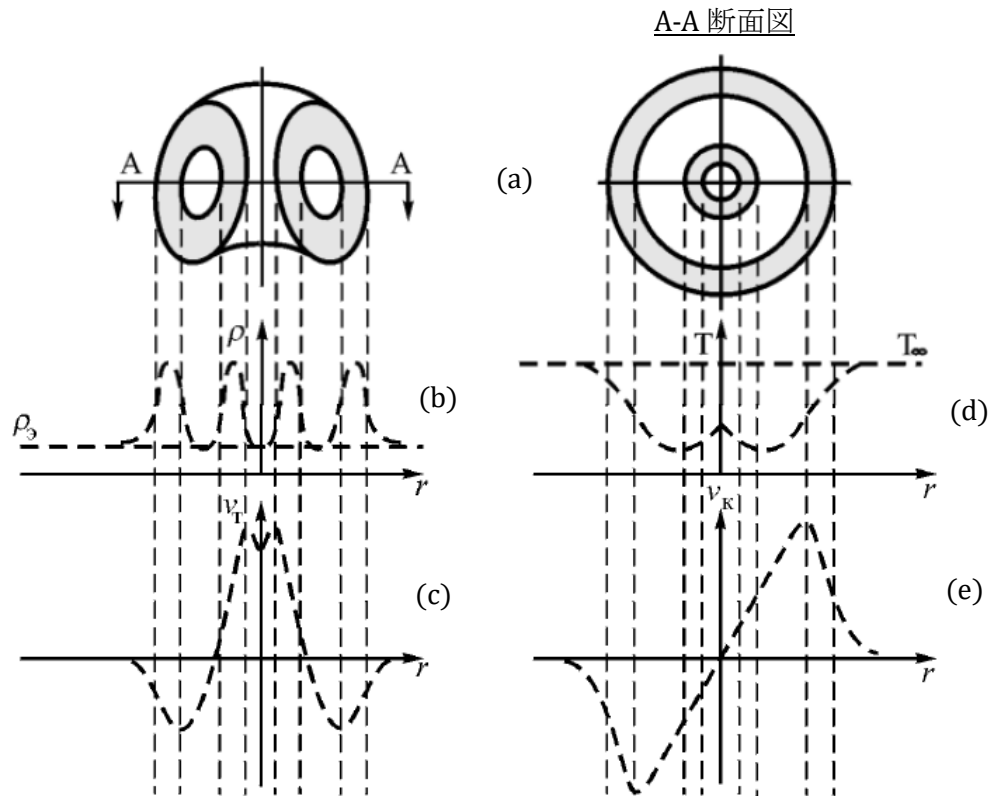


図 1.1. 陽子の構造： (a)横断面； (b)密度の正射投影図； (c)温度の正射投影図； (d)接線方向の流速の正射投影図； (e)円周方向の流速の正射投影図 [図中の v_t は v_t ； v_c は v_c]

トロイドの内側部分から外壁へのエーテル流の遷移に伴い、トロイダル方向における流速の低下が生じる。しかし流れは、陽子の周囲の外部エーテルの密度が小さいために、その運動エネルギーをどこにも渡すことができない。このことは、エーテル流は中心部分から出た直後に、全体的な速度の値を維持しつつ、その運動方向を変化させなければならないということを意味する。すなわち、トロイダル方向は陽子の主軸の周りの円周方向に変換する。その結果、陽子の外壁内においてらせん運動——トロイダル運動と（トロイドの主軸の周りにおける）円周運動の同時存在——が形成される。

らせんトロイダル渦は、その中心部——中心流路——かららせんエーテル流を吹き出す。陽子の中心部においては、エーテル流は事実上速度勾配を持っていないが、その代わり、圧縮された状態になっている。このことは、その場所におけるエーテルの温度と粘性率は高く、陽子と良く連結しており、それゆえ、陽子は、陽子の周囲のエーテルを自分の中を通過して移動させる原動力として働くということを意味する。その流れの並進運動は、陽子の周りにおけるエーテルのトロイダル運動に変化する。陽子の外部の空間におけるそのトロイダル運動はビオ-サバールの法則、すなわち陽子の磁場と同じ法則に従っており、その速度は距離の 3 乗に逆比例して減少する。

トロイダル運動によって浸食されるエーテル流円周運動の速度は距離の 2 乗に比例して減少する。

トロイダル運動においては、ある体積の気体が別の体積の気体に掛かる直接的圧力に

よってその気体を引き込むのに対して、円周運動においては、隣接層はエーテルの粘性によって捕捉される。このことは、トロイダル運動が周囲空間全体に波及するのに対して、円周運動は周囲空間に波及する状態、またはある境界層の範囲内に局所化される状態の2つのうち、いずれかの状態を取る可能性があるという結果をもたらす。後者の状態においては、速度勾配の値が大きいために、粘性率と温度は著しく低くなる。

この先で示されるように、エーテルのトロイダル運動は磁場として感受される。それゆえ、陽子、中性子およびその他すべての物質素粒子が磁場を、したがってまた磁気モーメントを持っているという事実は、まさにこのことによって説明される。エーテルの円周運動は電場として感受される。円周運動が境界層の内部に局所化されている場合には、粒子は電氣的に中性なものとして感受される。

陽子のいくつかのパラメーターを決定しよう。

陽子の半径は関係式

$$R = aA^{1/3}, \quad a = 1.12 \text{ fm} \quad (1.4)$$

によって決定される原子核の有効半径の大きさから見出すことができる [27]。

有効半径はハドロン（核子、中間子、 α 粒子その他）と原子核の間の相互作用の諸過程にもとづいて決定され、1.12 fm という値よりも若干大きい値——1.2 fm ないし 1.4 fm となる場合がある。これらの値の間の差は複雑な核における核子間の層の厚さによるものとみなすことができるため、この先の計算においては $r_p = a = 1.12 \text{ fm} = 1.12 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ という値が採用される。

陽子の体積は一次近似においては 1.12 fm の半径を持つ球の体積として決定することができる。

$$V_p = \frac{4}{3}\pi r_p^3 = 5.9 \cdot 10^{-45} \text{ m}^3 \quad (1.5)$$

陽子の質量は周知のように $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ である。

陽子の平均密度は次の関係式から決定される。

$$\rho_p = m_p/V_p = 1.67 \cdot 10^{-27} / 5.9 \cdot 10^{-45} = 2.8 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3 \quad (1.6)$$

陽子の壁は臨界値まで高密度化されていなければならないので、その密度はトロイドの中心近傍においても、その表面の近傍においても一様である。陽子のあらゆる横断面において次の関係式が満たされなければならない。

$$v_t S_t = \text{const} \quad (1.7)$$

ここで、 v_t は陽子中におけるエーテルトロイダル流の速度； S_t はトロイダル流の総断面積である。 S_t は各被乗数に対して決定されているわけではない。ただし、中心近傍における流れの断面積は表面近傍におけるよりも著しく小さく、それゆえ、中心近傍におけるエーテル細流の移動速度は周縁におけるよりも著しく大きくなければならない。ここ

では厳密な計算を行うことは困難である。

陽子の形状は球状に近いので、陽子表面におけるアーテルの運動速度を概算することができる。

陽子表面におけるトロイダル速度の値は、陽子の磁気モーメントの値から試算することができる。

陽子の磁気モーメントの物理的本質は、外部の強い磁場、すなわちエーテル流に入った粒子に対して作用する現実の力学的モーメントの最大値として決定される（図 1.2）。

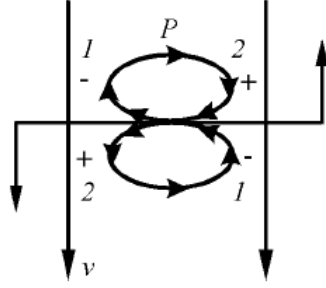


図 1.2. 陽子がエーテルの層流に入ったときにおけるねじりモーメントの発生： 1：低圧領域； 2：高圧領域

外部流と陽子表面における流れが一致している陽子表面の区域においては、圧力の低下は次のようになる。

$$\Delta P_1 = \rho_{\text{et}}(v_f - v_t)^2 \cos^2 \alpha / 2 \quad (1.8)$$

ここで、 α は外部流の方向と陽子表面におけるエーテルのトロイダル運動の方向の間の角度である。[v_f は外部流の速度。]

陽子のそれとは反対側の同様の区域においては、圧力の低下は次のようになる。

$$\Delta P_2 = \rho_{\text{et}}(v_f + v_t)^2 \cos^2 \alpha / 2 \quad (1.9)$$

そして陽子に対しては、それらの圧力低下の差として決定されるねじりモーメント

$$\Delta P = \Delta P_2 - \Delta P_1 = 2\rho_{\text{et}}v_f v_t \cos^2 \alpha \quad (1.10)$$

が作用することになる。

陽子の表面全体におけるこの圧力差は、陽子の内側におけるエーテル流が外部流の方向に対して反平行の状態となるように陽子を方向転換させる力学的モーメントを創出する。

トロイダル運動と外部流の相互作用は粘性によって横方向に光速度で生じることを考慮すると、陽子に衝突する流れの速度としては、 $v_f = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ を表式に代入しなければならない。すると、磁気モーメントに関しては、

$$\mu_p = k\pi\rho_{\text{et}}c v_t S_p r_p = k'\rho_{\text{et}}c v_t V_p \quad (1.11)$$

が妥当な表式ということになる。ここで、 k' は陽子の形状および陽子に衝突するエーテ

ル流に対する表面領域の角度の方向を考慮した係数； ρ は自由空間中におけるエーテルの密度； c は光速； v_t は陽子の赤道領域の表面におけるエーテル流の速度； S_p , r_p , V_p はそれぞれ陽子の表面積，半径，体積である。

このように，陽子の磁気モーメントの物理的本質は陽子が受ける力学的モーメントであり，その回転軸は光速で運動しながら陽子に衝突するエーテル流の方向に対して垂直である。

陽子表面におけるエーテルのトロイダル運動の速度は，等価円形電流に関する理解から見出すのが最も簡単である。

陽子の磁気モーメントは $2.79\mu_N$ である。ここで， μ_N は核磁子であり， $5.05 \cdot 10^{-27} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$ ，すなわち $\mu_p \cdot 1.41 \cdot 10^{-26} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$ に等しい。

周知のように，陽子の磁気モーメントは，面積 S の閉ループを流れるある円形電流 i の磁気モーメント

$$M = iS \quad (1.12)$$

として決定することができる。

陽子のエーテル動力学モデルから，そのようなループの直径は陽子の半径にほぼ等しいことが分かる。アンペールの法則より，その磁場の強度は

$$H = \frac{i}{2\pi r} \quad (1.13)$$

(ここで， $r = r_p/2$) という値であることが導き出される。こうして，陽子に関しては

$$H = \frac{\mu_p}{2\pi r S} = \frac{\mu_p}{\pi^2 r_p^3} = \frac{1.41 \cdot 10^{-26}}{\pi^2 \cdot 1.12^3 \cdot 10^{-45}} = 10^{18} \text{ A/m} \quad (1.14)$$

が導き出される。

第8章において示されるように，磁場とは物理的にはそのそれぞれがエーテルの渦流である磁力線の集まりであり，磁場の強度は磁力線の構造内におけるエーテル流の速度に対応している。 1 A/m という値はエーテル流の速度 376.65 m/s に対応している。したがって，陽子表面におけるエーテル流の速度は

$$v_t = 376.65 \cdot 10^{18} = 3.76 \cdot 10^{20} \text{ m/s} \quad (1.15)$$

となる。

言うまでもなく，この計算全体はまったく近似的なものである。

陽子の電荷の物理的本質 陽子——半径 r_p の球状の形状を持つ，回転しているトロイド——は，その周辺に回転場を創出する。トロイダル運動は回転している層を押し流し，それゆえ，球の中心からの距離 r における円周運動速度は

$$v_c = v_{c_0} (r_p/r)^2 \quad (1.16)$$

となる。

陽子の電場の比エネルギーは

$$w_{ep} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} \quad (1.17)$$

となり、エーテル細流の比エネルギーは次式によって決定される。

$$w_c = \frac{\rho_{et} v_c^2}{2} \quad (1.18)$$

ここで、 E は電場の強度； v_c は陽子の周りにおけるエーテルの円周運動速度である。

これより、 ε_0 と ρ_{et} のべき指数は1であるから、

$$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1} = \rho_{et} = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (1.19)$$

であることがただちに分かる。

ガウスの定理より、電荷は

$$q = \varepsilon_0 E S \quad (1.20)$$

(ここで、 S は荷電粒子の表面積)であることが導き出される。

したがって

$$q = \varepsilon_0 E S = \rho_{et} v_c S \quad (1.21)$$

となる。

このように、陽子の電荷の物理的本質はエーテルの密度の表面循環である。

$r_p = 1.12 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ の陽子の場合、 $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ であるから、陽子の境界層表面の円周運動速度は

$$v_c = \frac{1.6 \cdot 10^{-19}}{4\pi \cdot 1.12^2 \cdot 10^{-30} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 1.15 \cdot 10^{21} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (1.22)$$

となる。

エーテル流の運動方向のトロイダル方向から円周方向への変化は、トロイドの軸からの距離が増大するにつれて増大する。それゆえ、一次近似においては、トロイド全体はその主軸の周りをあたかも固体のように回転する。すなわち、接線速度は、回転中心においてはゼロであるが、距離が増大するにつれて半径に線形的に比例して増大してゆく。一方、トロイダル運動においてはそれとは逆の状況が生じる。すなわち、陽子の中心におけるエーテル速度はその周縁におけるよりも著しく大きい。

トロイダル速度の方向と円周速度の方向は互いに垂直であるから、トロイドの表面におけるエーテル流の速度の絶対値は

$$v_p = \sqrt{v_c^2 + v_t^2} = 10^{20} \cdot \sqrt{11.5^2 + 3.76^2} = 1.2 \cdot 10^{21} \text{ m/s} \quad (1.23)$$

と決定することができる。

陽子の単位体積当たりのアーメルの個数は

$$n_p = n_{am} \rho_p / \rho_{et} = 3 \cdot 10^{141} \cdot 2.8 \cdot 10^{17} / 8.85 \cdot 10^{-12} = 3 \cdot 10^{169} \quad (1.24)$$

となる。ここで、 n_{am} は地球近傍空間におけるエーテルの単位体積当たりのアーメルの個数； ρ_p は陽子の平均密度（ $2.8 \cdot 10 \text{ kg/m}^3$ ）； ρ_{et} は地球近傍空間におけるエーテルの密度である。

陽子内におけるアーメルの平均自由行程は次のようになる。

$$\lambda_p = 1/\sqrt{2}n_p\sigma_{\text{am}} = 1/\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 10^{169} \cdot 2.64 \cdot 10^{-115} = 10^{-55} \text{ m} \quad (1.25)$$

[第1部第3章の式(3.9)によれば、 σ_{am} はアーメルの横断面積。]

核子の温度は核子の表面におけるおおよその圧力均衡から見出すことができる（遠心力の圧力を無視した場合）。[4つ後の段落の訳注を参照のこと。]

$$T_{\text{nu}} = T_{\text{et}}\rho_{\text{et}}/\rho_{\text{nu}} = 2 \cdot 10^{-83} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}/2.8 \cdot 10^{17} = 6.3 \cdot 10^{-78} \text{ K} \quad (1.26)$$

核子内におけるアーメルの平均熱運動速度は次のようになる。

$$u_{\text{nu}} = u_{\text{et}}\sqrt{\rho_{\text{et}}/\rho_{\text{nu}}} = 5.4 \cdot 10^{23}\sqrt{8.85 \cdot 10^{-12}/2.8 \cdot 10^{17}} = 3 \cdot 10^9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (1.27)$$

核子内における各アーメルの衝突数は次のようになる。

$$\gamma_p = u_p/\lambda_p = 3 \cdot 10^9/2.3 \cdot 10^{-41} = 1.3 \cdot 10^{50} \text{ s}^{-1} \quad (1.28)$$

核子の温度は核子の表面におけるおおよその圧力均衡から見出すことができる（遠心力の圧力を無視した場合）。

$$T_{\text{nu}} = T_{\text{et}}\rho_{\text{et}}/\rho_{\text{nu}} = 10^{-46} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}/2.8 \cdot 10^{17} = 3.1 \cdot 10^{-75} \text{ K} \quad (1.29)$$

[この段落の本文は4つ前の段落とまったく同じである。式(1.26)と(1.29)は数字のみが異なっている。おそらく編集ミスと思われる。]

陽子表面の境界層内におけるエーテルの動粘性率は自由エーテルの動粘性率、および陽子表面の境界層の温度と自由エーテルの温度の比にもとづいて次のように決定される。[第1部第3章の式(3.28)を参照されたい。]

$$\chi_b = \chi_{\text{et}} \frac{T_b}{T_{\text{et}}} = 4 \cdot 10^9 \frac{3.1 \cdot 10^{-75}}{10^{-44}} = 1.24 \cdot 10^{-22} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.28')$$

陽子の緩和（自発崩壊）時間はあらゆる渦の場合と同様に次式によって決定される。

$$\begin{aligned} \tau &= 0.36 \frac{r_p}{\chi_{\text{et}}} \cdot \frac{\rho_p}{\rho_{\text{et}}} = 0.36 \frac{1.12 \cdot 10^{-15} \cdot 2.8 \cdot 10^{17}}{7 \cdot 10^{-5} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 1.82 \cdot 10^{17} \text{ s} \\ &= 5.8 \cdot 10^9 \text{ y} = 58 \text{ 億年} \end{aligned} \quad (1.30)$$

陽子の境界層内における速度勾配は大きく、したがってその範囲内における粘性は自

由空間中におけるよりも小さいことから、実際の緩和時間の値はおそらくそれよりも大きいものと思われる。渦巻銀河内における陽子の形成と崩壊に関する理解にもとづいて判断すると、その時間はおそらく 100 億年ないし 200 億年と見積もることができる。これは既知の方法にもとづく実験によって立証されている陽子の崩壊時間と一致している。ただし、その方法論は誤った理解にもとづいており、したがって考慮に入れることはできないという点を指摘しなければならない。

陽子を慣性に従って回転している球とみなした場合には、その球が完全に停止するまでの時間はおよそ 10^{14} 年ということになる。しかし陽子は球ではなく、気体トロイダル渦である。その渦は次第にエネルギーを失い、減速し、大きさが増大してゆく。このことは表面積の増大と動粘性率の上昇をもたらし、内部エネルギーの損失速度の加速を引き起こす。エネルギー損失過程は雪崩現象的に強まり、それゆえ緩和時間は短くなる。

おそらく、陽子の誕生から崩壊までの実際の時間はおよそ 10^{10} 年であろう。これについては、我々の銀河の渦状腕の長さにもとづいて判断することができる。太陽系の年齢はおよそ 55 億年であるから、太陽系は、銀河核から陽子が崩壊する周縁部に至るまでのその行程の既に $2/3$ を通過したわけである。周縁部に到達したとき、太陽系全体はエーテル中に溶解する。

1.3. 陽子の強い相互作用と電磁相互作用の物理的本質

物質粒子の相互作用は、それらの粒子によってエーテル中に圧力勾配が創出される場合にのみ生じることができ、その圧力勾配こそが相互作用の力場として感受される。そのとき、別の物体によって創出された不均等に分布した圧力場に入った物体は、エーテルのその圧力勾配を通じて別の物体の相互作用を受け始める。そのような相互作用については、その軸が互いに平行な 2 つの回転円筒を例に取って考察することができる。

平行な 2 つの回転円筒が互いに近くに配置されている場合には、円筒間の相互作用は、互いに対するそれらの回転方向によって決定される (図 1.3)。

2 つの円筒の間に対称面を置いてみると、それらの円筒がその回転により、気体を自由空間から、円筒表面とその対称面の間の領域へ追い込まなければならないことが容易に見て取れる。気体は密度を持ち、したがって慣性も持っていることを考慮すると、気体はその中間領域内で加速的に運動するためには、気体を圧縮させる必要がある。その圧縮は、円筒と対称面の間の中間領域内の気体密度が自由空間中の気体密度よりも高くなった状態をもたらす、そのことが気体の温度と圧力を上昇させる。気体の状態方程式より

$$P = \frac{RT}{V} \quad (1.31)$$

(ここで、 R は普遍気体定数； T は絶対温度； V はモル体積) となるからである。

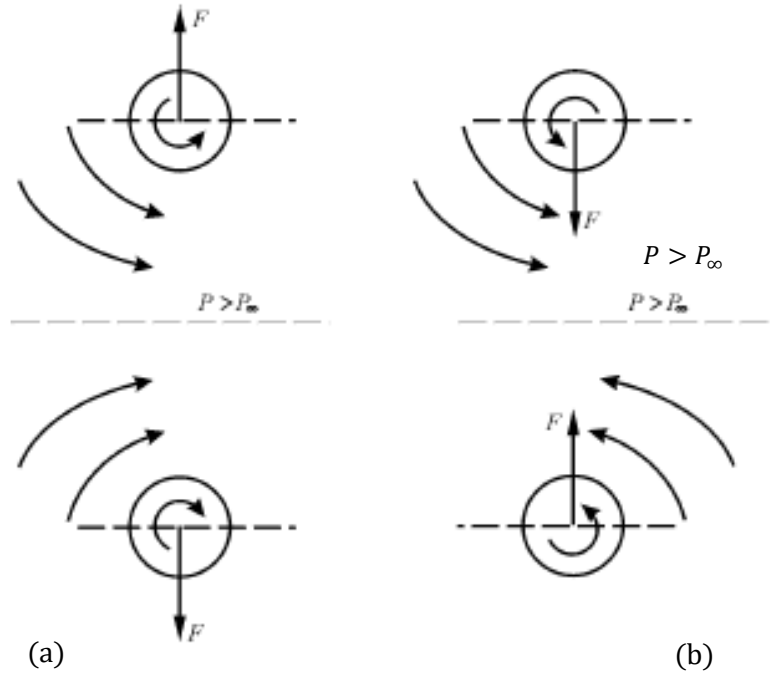


図 1.3. 2つの円筒形気体渦の相互作用：(a)反対方向に回転；(b)同一方向に回転

体積が減少し、温度が増大するのだから、これによって円筒と対称面の間の中間領域内の気体の圧力は増大することになる。圧力の相対的増分は次のようになる。

$$\Delta P_1 = P \left(\frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta V}{V} \right) \quad (1.32)$$

しかし速度勾配により、その領域における圧力は

$$\Delta P_2 = \frac{\rho v^2}{2} \quad (1.33)$$

(ここで、 v は円筒壁の運動速度)だけ低下することになる。したがって、円筒と対称面の間の中間領域内における圧力の変化は差

$$\Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2 \quad (1.34)$$

によって決定される。

2つの円筒が同一方向に回転している場合には、 ΔP の値は負となる。勾配流中においては温度は常に低下するのだから、なおさらそうなる。したがって、同一方向に回転している2つの円筒は互いに向かって進んでゆく。

それらの円筒、あるいは円筒形気体渦に対しては、さらに、それら自身が周囲媒体中に創出する外部気体流に起因する横力が作用する。その横力の作用がそれらを互いの周りで回転させる。それらが得る加速度は気体流の速度、面積および質量に依存する。

2つの円筒が反対方向に回転している場合には、それらの間の中間領域には勾配流はなく、加速された気体流のみが存在する。この場合、 $\Delta P_2 = 0$ であり、圧力の増分 ΔP_1 のみが残る、2つの円筒は互いに斥け合うようになる。

円筒同士の引力または斥力は、対称面に対して反対の側における速度勾配によっても

促進される。ただし、そこにおける流速、つまり速度勾配は対称面の側におけるよりも弱いこととの関係から、その領域における圧力変化の影響は、円筒と対称面の間の領域におけるよりも著しく弱くなる。

同一方向に回転している3つの円筒のうち、2つが互いに近い所にあり、3番目の円筒がやや離れた所にある場合（図1.4）についての検討は興味を引く。

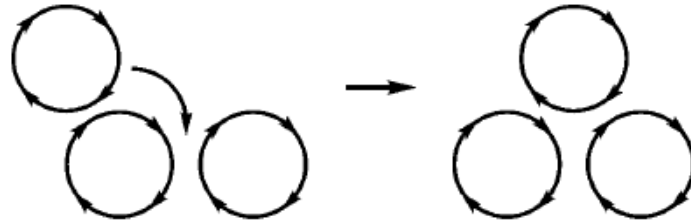


図1.4. 2つの回転円筒の相互作用

最初の2つの円筒が外部空間中に共通の流れを創出するため、3番目の円筒はそれらの方へ引き寄せられる。しかしその後、その円筒はそれらの周りを転がり始め、それらの間のくぼみの所に来たとき、転がるのをやめる。そのくぼみは、その円筒にとって真のポテンシャルの井戸なのである。粘性による力が、3番目の円筒がそのくぼみから脱出するには不十分な場合には、その円筒はそこに留まり続ける。

いずれの事例においても、気体流の運動にとってのエネルギー源は渦自体である。今検討されている平面は、渦同士に配置された対称面である。いずれの事例においても、それぞれの渦は気体を外部空間から渦同士の間の中間領域に追い込み、気体を圧縮させ、気体流に追加エネルギーを与える。しかし、第1の事例においては渦同士の間流速が大きいのに対し、第2の事例においては小さく、そのため、渦と気体流の間、したがってまた渦同士の間相互作用は著しく異なっている。

以上述べたことにもとづき、核の強い相互作用 [sni] と電磁相互作用 [emi] のメカニズムを検討することができる（図1.5）。

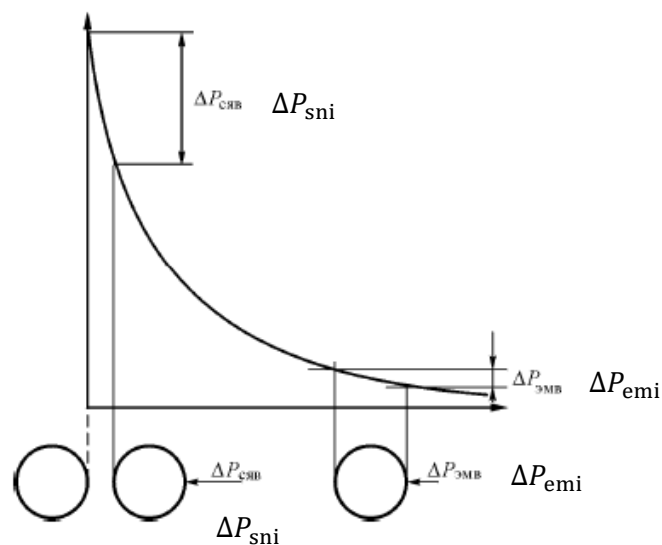


図1.5. 圧力勾配を通じた物質粒子の相互作用

普通、この種の計算ではベルヌーイ方程式が用いられる。しかし、ベルヌーイ方程式においては、それらの和が一定の場合における圧力エネルギーと並進運動エネルギーの相互交換のみが想定されている。それゆえ、ベルヌーイ方程式は上記の事例の計算には適さないことが判明する。温度、粘性および圧力の変化を考慮に入れた渦の相互作用の計算に関する気体力学的課題は、かなり複雑なものになることがある。とは言え、ここではある一定の判断を下すことが可能である。

核子間におけるエネルギーの依存性とそれに対応する力の依存性を図 1.6 と図 1.7 に示す。

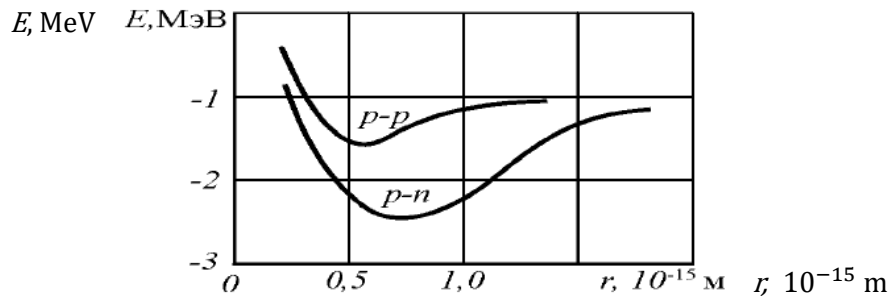


図 1.6. 反平行スピンの場合における核子間距離に対する核子間相互作用（陽子-陽子間および陽子-中性子間相互作用）のエネルギーの依存性

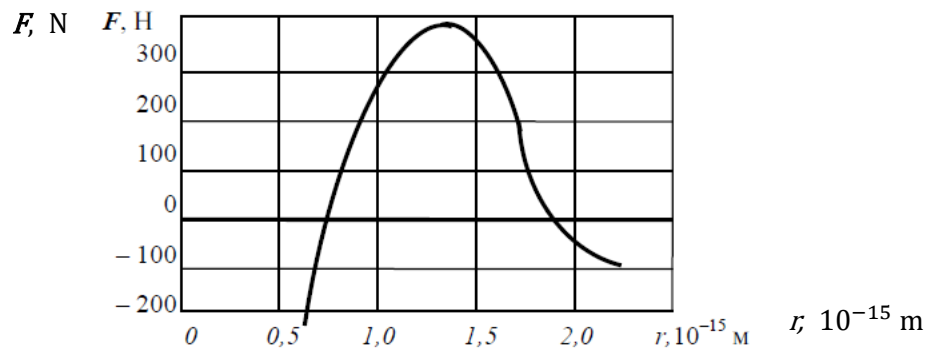


図 1.7. 反平行スピンの場合における核子間距離に対する核子間相互作用（陽子-中性子間相互作用）の力の依存性

文献 [13] から引用して図 1.6 に示した 2 つの曲線のうち、信頼し得ると思われるのは、陽子-中性子間相互作用エネルギーの依存性を反映している下側の曲線のみである。陽子-陽子間相互作用は元素の安定核には存在しないからである。核子が互いに分離するときに核子間に生じる力は、結合エネルギーの距離に関する 1 次導関数、すなわち

$$F = \frac{\partial E}{\partial r} \quad (1.35)$$

として決定することができる。

図 1.7 には、核子間距離の変化に対する陽子-中性子間相互作用力の変化の依存性が示されている。この図から読み取れるように、力のゼロ値（平衡状態）に対応している

核子間距離は $0.7 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ であり、力の最大値 370 N は $1.25 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ の核子間距離の所にある。

現在、電磁相互作用と強い相互作用は原理的に異なった本性を持っていると予想されている。実際、電磁相互作用は原子内の距離 10^{-10} m の所においてさえ、作用半径が約 10^{-15} m である核力を何桁も上回っている。

電磁相互作用は物質の基礎的な「レンガ」——原子・分子——が存在する要因としての役割を果たしており、それらの微視的系内における原子核と電子の相互作用を決定している。それゆえ、巨視的現象において見られる力の大部分（摩擦力、弾性力、等々）は電磁相互作用に帰着する。物質の各種の集合状態（結晶、非晶体、液体、気体、プラズマ、化学的変換、電磁波の放射・伝播・吸収過程）の性質は電磁相互作用によって決定されている。

それに対し、強い相互作用は核内における過程（核内における核子と α 粒子の相互作用）の要因、そしてハドロン（強い相互作用に関与するあらゆる種類の粒子——陽子と中性子、ならびにハイペロン、中間子、レゾナンス、等々——が持つ特性の要因としての役割を果たしている。なお、筆者の見解によれば、ハイペロン、中間子、レゾナンス、等々は、実際には、その同じ陽子と中性子、およびたたみ込まれた核子間エーテル境界層^{〔訳注〕}の過渡的形態であるにすぎない。

2つの陽子の電磁相互作用定数と強い相互作用定数の比は、相互作用エネルギーが 1 GeV のとき、 10^{-2} となる。より短い距離においては、強い相互作用と比べた陽子の電磁相互作用の割合はさらに減少する。このように、これらの相互作用——電磁相互作用と強い相互作用——は相異なるものであるとみなすための根拠が存在する。

しかし、この場合に行われているのは明瞭に現われている現象についての議論であるということ、すなわち、対象に関する判断はその内的な物理的本質ではなく、その外的な発現にもとづいて行なわれており、そのような判断は実際の描像を理解することを可能にすることはできず、したがってその結果、誤った結論に導くという点を強調しなければならない。実際には、電磁相互作用と強い相互作用の物理的本性は同一のものなのである。2つの同じ種類の粒子が相互作用するとき、力の符号が斥力から引力に変化するという事実は、その相互作用の過程には同時に2つの過程が関与しており、そのそれぞれの過程が空間中において相異なる減衰率を持った独自の相互作用を創出し、それに応じて反対方向の力を創出していることを物語っている。

エーテル動力学的な理解によれば、各陽子はらせんトロイダル渦であり、その渦が周囲空間中において、陽子を形成しているエーテル流と同一のらせん符号を持ったらせんエーテル流を励起している（図 1.8）。

ある1つの陽子によって創出された空間的らせんエーテル流は2番目の陽子の表面らせん流と相互作用し、2番目の陽子を反平行方向に方向転換させる。すると、2つの陽子の間の中間領域における2つの陽子の近傍におけるエーテルの運動の円周成分は同一の方向を向く。

それゆえ、エーテル流のトロイダル成分は2つの陽子を互いに引き付けさせ、円周成

〔訳注〕 核子間エーテル境界層のたたみ込みについては、この先の第2部第4.5節を参照されたい。

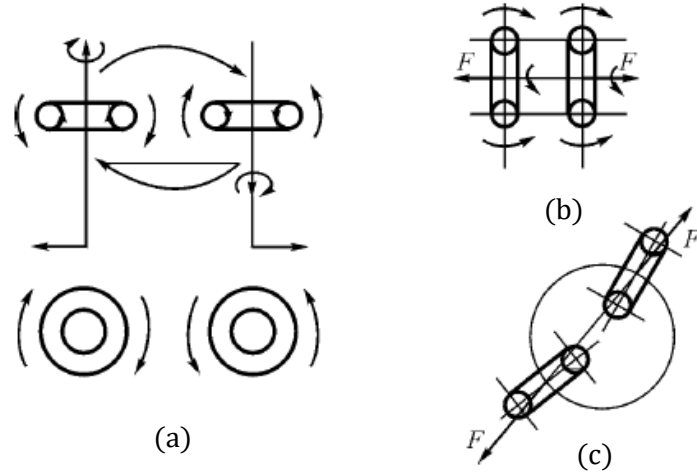


図 1.8. らせんトロイダル渦の遠隔（電磁）相互作用：(a)渦が共通の平面上にある場合；(b)渦が同軸の位置にある場合；(c)一般的な場合

分は互いに斥け合わせる。

核子に作用する力は、トロイダル速度と円周速度の勾配の 2 乗の差に比例している。すなわち、

$$F = S\Delta P = \frac{S\rho}{2} \left[\frac{\partial}{\partial r}(v_t^2) - \frac{\partial}{\partial r}(v_c^2) \right] \quad (1.36)$$

である。ここで、 S は核子の断面積； ρ はエーテルの密度； ΔP はトロイダル速度と円周速度の圧力勾配によって創出される圧力差である。

ビオ-サバールの法則により、自由空間中においてある 1 つの陽子によって創出されるトロイダル運動は、陽子の中心からの距離の 3 乗に比例して減少する。2 番目の陽子はその速度場に入ると、エーテル流からその陽子に対し、それを力の流れに対して反平行の方向に回転させようとする力のモーメントが作用し始める。これは、そのような状態のみが安定的である結果として生じる。なぜなら、2 番目の陽子の周縁部全体に沿って速度勾配が最大となり、その結果、エーテルの圧力が最小となるからである。他方、円周運動は陽子の中心からの距離の 2 乗に比例して減少する。

トロイダル運動が陽子の中心からの距離の 3 乗に比例して減少し、円周運動がその距離の 2 乗に比例して減少することから、次の結果が得られる。

- ・エーテルのトロイダル運動から掛かる圧力の低下に関しては

$$F_t = -S\Delta P_t = -\frac{S\rho}{2} \frac{\partial}{\partial r}(v_t^2) = -\frac{S\rho}{2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v_t^2 r_0^6}{r^6} \right) = -3 \frac{S\rho v_t^2 r_0^6}{r^7} \quad (1.37)$$

- ・エーテルの円周運動から掛かる圧力の低下に関しては

$$F_c = S\Delta P_c = \frac{S\rho}{2} \frac{\partial}{\partial r}(v_c^2) = \frac{S\rho}{2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v_c^2 r_0^4}{r^4} \right) = 2 \frac{S\rho v_c^2 r_0^4}{r^5} \quad (1.38)$$

これら 2 つの力は反対側に作用する。すなわち、トロイダル運動は 2 番目の核子を 1 番目の核子に引き寄せようとし、円周運動は両者を遠ざけようとする。2 つの力が互いに完全に平衡となるのは、条件

$$F_t = F_c; \quad \frac{F_t}{F_c} = 1 \quad (1.39)$$

が満たされるときである。これより

$$\frac{3r_0^2}{2r^2} = 1; \quad r^2 = 1.5r_0^2; \quad r = 1.22r_0 = 1.37 \text{ fm} \quad (1.40)$$

が得られる。

核子の半径の大きさを差し引くと、平衡状態における核子間の隙間の大きさは

$$\Delta = 0.25 \text{ fm} = 2.5 \cdot 10^{-16} \text{ m} \quad (1.41)$$

となる。

実際にはこの隙間は **0.1 fm** ないし **0.2 fm** であるから、上記の値よりも若干小さい。これは、互いの間の相互作用によって核子自体が変形していること、またそれ以外の諸要因が完全には考慮されていないことによって説明することができる。いずれにせよ、得られた結果は原子核内における実際の相互関係と悪くない一致を持っている。

核子と核子は、境界層の厚さの範囲内における互いの距離が小さいときは、互いに引き付け合い（外部エーテルの圧力によって押しやられ）、その距離が大きいたときは、それらの核子の反対側のエーテルよりも大きな値を持つ、それらの核子間のエーテルの圧力によって互いに斥け合う（図 1.9）。

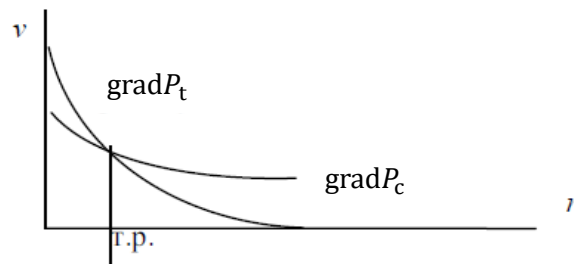


図 1.9. 核子表面近傍におけるエーテルの圧力勾配の分布： r.p.は圧力平衡点

距離が 2 つの核子の境界層の合計厚さよりも小さいときは、それらの核子のトロイダル流は混じり合い、圧力が増大し、相互作用している核子は圧力平衡点の近傍で停止する。

このように、強い相互作用と電磁相互作用は同一のメカニズムを持っており、相互作用している核子間の距離が異なるとき、相異なる発現の仕方をしているにすぎないと断言することができる。

このことから、強い相互作用と電磁相互作用の力は、その起源を次の 3 つの成分に負っているという結論が導き出される。

・核子——陽子と中性子——の表面におけるエーテルのトロイダル運動と関連している力

・それと同じく核子の表面におけるエーテルの円周運動と関連している力

・核子間の空間中におけるエーテルの高密度化と関連している力

最初の2つの成分は、その起源をエーテル流の速度勾配に負っており、速度勾配の方向を向いている。なぜなら、そこではエーテルの圧力は外部エーテルの圧力よりも低く、したがって外部エーテルの圧力が核子に対する圧力を外部から創出しているからである。

核子表面におけるエーテルの圧力低下と関連している力は、核子表面におけるエーテル流の速度と、外部からその表面に向かってくるエーテル流の速度との差によって決定される。すなわち、

$$\Delta F = S_{\text{nu}} \Delta P = \frac{\rho_{\text{et}} S_{\text{nu}} \Delta v^2}{2} \quad (1.42)$$

となる。ここで、 ρ_{et} はエーテルの密度； S_{nu} は核子の横断面積； Δv は核子に向かってくるエーテル流の速度と核子表面におけるエーテル流の速度との差である。

円周運動は距離の2乗に比例して減少する、すなわち

$$v_c = \frac{b \Gamma_c}{4\pi r^2} \quad (1.43)$$

(ここで、 b はトロイドの厚さ； Γ_c はトロイドの赤道に沿った円周運動の循環)であるから、トロイド同士の引き付け合いと斥け合いに作用する力は、2つのトロイドの厚さと循環の積に比例し、それらの中心間の距離の2乗に反比例することになる。すなわち、

$$F_c = \frac{b_1 \Gamma_{c1} b_2 \Gamma_{c2}}{4\pi r^2} \quad (1.44)$$

が得られる。これはクーロンの法則と一致している。

第3の成分は、その起源を核子間の空間中におけるエーテルの高密度化に負っており、ここでも次の3つの要因を考慮する必要がある。

- ・距離の減少に比例して圧力を上昇させる、エーテルの圧縮という要因それ自体
- ・それと同じエーテルの圧縮から生じる結果である、温度の上昇という要因。この要因もまた、距離の減少にさらに大きな度合いで比例して圧力を上昇させる。
- ・核子同士が接近するにつれて核子表面がさらに扁平になることによる、表面積の変化という要因。この要因が、距離の減少に伴う圧力変化の双曲線型依存性にさらに大きな度合いを追加する。

エーテルが圧縮される理由は、陽子の中心穴から吹き出されるエーテルがきわめて強く圧縮されており、その強さは自由空間中におけるエーテル密度の数百倍に達すると予想されることによって説明される。それゆえ、陽子の中心穴から出て陽子の表面の周りを流れているエーテルは圧縮されているが、陽子の表面から遠ざかるにつれて、圧縮度は減少してゆく。

核子間空間におけるエーテルの圧縮と加熱により、また核子の形状の変化の結果として、追加的な圧縮力^{〔訳注〕}、すなわち

〔訳注〕「圧縮力」は原文では「斥力」となっているが、式(1.45)の左辺の添え字は「圧縮力」と表す記号になっているのでこう改めた。

$$F_{\text{com}} = \frac{16.62}{\delta^3} N; \quad \delta = \frac{d}{r_p} \quad (1.45)$$

(ここで、 d は核子間の距離； r_p は陽子の直径)が生じる。

上に列挙したすべての力は、原理的には核子の表面から無限大の距離まで作用しているが、それらの力の減少は相異なる性格と大きさを持っている。それゆえ、

・エーテルのトロイダル流と関連している力は、3次関数的な依存性により、1 fermi よりも小さい距離の所で減衰する。これは強い核相互作用に関する実験データと数値的に一致する。

・エーテルの円周流と関連している力は、2次関数的な依存性により、原子半径に相当する距離、すなわち 1 fermi より 5 桁以上大きな距離の所で減衰する。

らせんトロイダル渦環同士の相互作用と荷電粒子の挙動を比較すると、次の結論を下すことができる。

1. 荷電粒子の方位はトロイダル運動によって決定されるのだから、荷電粒子の磁気モーメントは、荷電粒子の表面におけるエーテルのトロイダル運動と同一と考えられ、周囲空間中のエーテルの密度 ρ_{et} 、光速 c 、陽子表面の赤道上におけるトロイダル運動速度 v_t および陽子の体積 V_p の積

$$\mu_p = k\pi\rho_{\text{et}}cv_tS_p r_p = k'\rho_{\text{et}}cv_tV_p \quad (1.46)$$

として決定される。

2. 電荷とは、陽子の表面におけるエーテル流の円周運動の発現である。粒子の電荷の大きさは境界層の表面におけるエーテル密度の循環であり、

$$q \text{ C} = \rho_{\text{et}}v_cS_p \text{ kg/s} \quad (1.47)$$

となる。

3. 引き付け合い、あるいは斥け合うという事実はトロイダル運動に対する円周運動の方位によって決定されるのだから、電荷の極性は、トロイダル運動に対する円周運動の方位（すなわち、らせん運動の符号）と同一であると考えなければならない。

4. 原子核内における強い相互作用は、その境界層を境として隣接し合っている核子同士の間で生じるのだから、強い相互作用の物理的本質は、その境界層の範囲内における著しい速度勾配の結果、核子間境界層内におけるエーテル圧力が低下することにより、外部エーテルの圧力によって核子同士が互いに押し付け合うことであると考えなければならない。

5. 陽子同士の電磁相互作用の本質は、陽子によって遠隔的に引き起こされる、核子表面におけるエーテルの圧力の相互変化である。

6. 強い相互作用と電磁相互作用は、その基礎に共通のエーテル動力学的メカニズムを持っており、両者の異なる点は、核子間空間中におけるエーテル流の速度勾配の違いに起因する、核子表面におけるエーテルの圧力低下の大きさの違いのみである。

核子同士の押し付け合いによる核子の変形により、原子核内における核子の半径は前に採用した大きさ [式 (1.1) 参照] [=第1の場合] よりも若干大きくなることを念頭におい

て、核子の半径を $1.2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ 、断面積を $4.5 \cdot 10^{-30} \text{ m}^2$ [=第2の場合] としよう。核子間中間領域の大きさを $\delta = 0.1 \text{ fm} = 10^{-16} \text{ m}$ としたとき、核子間中間領域における圧力低下の値 $[\Delta P_{\text{intnu}}]$ として、第1の場合には

$$\Delta P_{\text{intnu}} = \frac{w_{\text{bond}}}{S_{\text{nu}}\delta} = \frac{3.6 \cdot 10^{-13}}{4.5 \cdot 10^{-30} \cdot 10^{-16}} = 8 \cdot 10^{32} \text{ Pa} \quad (1.48)$$

を、また第2の場合には

$$\Delta P_{\text{intnu}} = \frac{w_{\text{bond}}}{S_{\text{nu}}\delta} = \frac{3.8 \cdot 10^{-13}}{4.5 \cdot 10^{-30} \cdot 10^{-16}} = 8.4 \cdot 10^{32} \text{ Pa} \quad (1.49)$$

を得る [訳注]。

このように、行なわれた計算は実験データと良く一致しており、自由エーテル中における圧力 ($1.3 \cdot 10^{36} \text{ Pa}$) ととも悪くない一致を示している。また、強い相互作用のエネルギーは核子間空間の体積中に含まれるエーテルエネルギーの 10^{-4} (0.01%) 以下 (!) であることが分かる。

行なわれた計算は、圧縮されていないエーテルの場合、トロイダル成分により、力の値は、 $d = 1.25 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ のとき 22 N、 $d = 0.75 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ のとき 63.7 N となることを示した。しかし、陽子の周りにおけるエーテルの円周運動によって力は減少し、それぞれ 14.5 N と 48.5 N となる。

$\delta = 0.7$ のとき、エーテルのトロイダル運動によって引き起こされる引力は、陽子の周りにおけるエーテルの円周運動と関連している力、および核子間中間領域におけるエーテルの圧縮と関連している力によって平準化される。 $\delta = 1.25$ のときは $F_{\text{com}} = 8.5 \text{ N}$ であり、したがって相互作用の合計力はわずか 40 N となる。実際には、その力は 370 N である。したがってエーテルは $d = 1.25 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ のとき、 $370/40=9.3$ 分の 1 に圧縮されているということになる。

核子同士が接近したときに生じる力について言えば、その力はきわめて急速に増大する。すなわち、 $d = 0.7 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ のとき $F = 0$ 、 $d = 0.5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ のとき $F > 100 \text{ N}$ 、 $d = 0.2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ のとき $F > 2000 \text{ N}$ 、 $d = 0.1 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ のとき $F > 16000 \text{ N}$ となる。この力もやはり核子間中間領域におけるエーテルの圧縮と関連しているが、これは核子同士の接近によって引き起こされた力である。

第1の場合には、速度勾配が存在しないとき、渦同士の間的气体の圧力は气体の圧縮によって上昇する。气体は自由空間から、円筒間の相対的に狭い空隙部に追い込まれるからである。圧力の上昇は渦同士の斥け合いをもたらす。

第2の場合にも、それとまったく同様に、气体は自由空間からそれと同じ空隙部に押し込まれることが図 [図表番号なし] からはっきり見て取れる。しかしこの場合には、大きな速度勾配が生じ、その結果、气体中の圧力は、气体の圧縮による上昇分よりも著しく大きく低下する。これは、气体の勾配流中における温度が次の法則に従って低下するためである。

[訳注] 式 (1.48) と (1.49) で使われている記号 w_{bond} の添え字は原文ではロシア文字で w_{cb} と表記されている。原文ではこの記号についての説明がなされていないが、一般的にこの添え字は「結合」の意味で使われているので、 w_{bond} (結合エネルギー) とした。

$$\Delta T = -\Delta u^2/2c_p \quad (1.50)$$

ここで、 Δu は速度の低下； c_p は気体の定圧熱容量である。

渦同士が境界層の範囲内における近い距離にある場合には、主要な圧力差を創出するのは渦間領域における速度差である。その差は $2v_v$ [v_v は渦の速度] であり、そのとき、圧力の増大は

$$\Delta P \approx -2\rho v_v^2 \quad (1.51)$$

となり、渦同士の圧縮力は

$$\Delta F = S\Delta P \quad (1.52)$$

となる。

渦同士の相互作用エネルギーは

$$W = \Delta PV \quad (1.53)$$

(ここで、 V は渦間空間の体積) となる。

以上述べたことにもとづき、原子核の核子間空間におけるエーテルの圧力低下(強い相互作用)を決定することができる。

互いに近い距離の所、すなわち速度勾配の値が大きい領域に存在する渦同士の相互作用の場合には次式を得る。

$$\Delta P_{\text{nu}} \approx -0.5\rho_{\text{et}}v_p^2 \quad (1.54)$$

ここで、 v_p は陽子の表面におけるエーテルの運動速度である。

核子間空間におけるエーテルの圧縮を考慮に入れなければ、算出済みの値を上式に代入することで次の結果が得られる。

$$\Delta P_{\text{nu}} \approx -0.5 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 1.6^2 \cdot 10^{42} = 1.13 \cdot 10^{31} \text{ Pa}$$

エーテルの圧縮を考慮した場合には、その値は上記よりも若干大きくなければならない。

周知のように、原子核内における核子の結合エネルギーは 2.27 MeV 、あるいはそれと同じことだが $3.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ である。 α 粒子においては、核子 1 個当たりの結合エネルギーは 7.6 MeV であるが、1 つの共役面当たりではわずかに 3.8 MeV 、あるいは $6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ である。

核子間中間領域におけるエーテルの圧力減少はその領域におけるエーテルの密度増大によって相殺され、その減少の大きさは自由空間中におけるエーテルの圧力のごく小さい割合しか占めない。すなわち、第 1 の場合には

$$\delta P_{\text{nu}} = 8 \cdot 10^{32} / 1.3 \cdot 10^{36} = 6.15 \cdot 10^{-4} = 0.0615\%$$

となり、第 2 の場合には

$$\delta P_{\text{nu}} = 8.4 \cdot 10^{32} / 1.3 \cdot 10^{36} = 6.46 \cdot 10^{-4} = 0.0646\%$$

となる。

1.4. 中性子の形成と構造

以上述べたことを考慮すると、原子核内における中性子の形成メカニズムを検討することができる。

気体中における陽子の接近速度が電氣的斥力を克服し得るほどの速度である場合には、2つの陽子は反平行に方向転換することになる。そのとき、2つの陽子の周縁部において円周速度のきわめて高い勾配が形成されるからである。陽子表面におけるトロイダル流の安定性はきわめて高くなる。これは、エーテルのトロイダル流は陽子の表面によって創出されているというより、むしろ、吹き通されるエーテルの密度と温度が高いためにエーテル流と陽子の結合がそこではより強固になっている、陽子の内側の穴によって創出されているからである。陽子表面における円周流はエーテル層内の粘性によって陽子表面によってのみ創出されるため、円周流の安定性は高くない。しかも、そこではエーテルの温度は低く、速度勾配は高く、したがって粘性は大きくない。

2つの陽子が境界層の範囲内で互いに接触し合っている場合には、2つのトロイダル流の間の相互作用は弱いものになる。一方の陽子の円周流は、他方の陽子の円周流に対して競合的な状況に置かれることになる。その状況が不安定であれば、2つの流れの一方は制動される。このことは、抑制されている側の流れの円周運動の速度勾配が増大し始め、粘性が低下し始めるという結果をもたらす。その結果、その円周運動全体はその境界層の内部に閉じ込められた状態になる。陽子は中性子に転化する（図 1.10）。

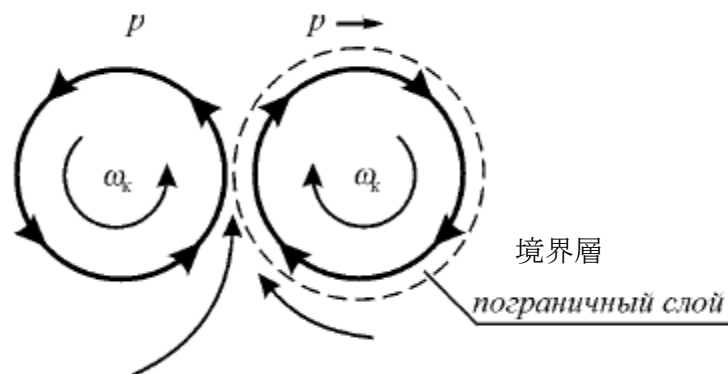


図 1.10. 陽子の相互作用と中性子の形成メカニズム [図中の ω_k は ω_c]

中性子が原子核の内部でのみ形成されるということは、中性子は遊離状態では多少なりとも長く存在することができないということによって裏づけられる。中性子は自発的に陽子に転化するのである。その際、電子も形成されるとみなされているが、実際には、それは決してそうでなければならないということではない。なぜなら、それはただ単に、中性子の境界層が陽子の境界層に変容しているだけであって、電子のいかなる誕生

も伴っていない公算が最も大きいからである。それが生じる理由は、原子核から遊離した中性子には、その通常の円周運動の復活をそれ以上妨げるものは何も存在しないということにある。ただし、それには若干の時間がかかる（16分以下）。

中性子に形成された境界層内においては、円周運動は完全に閉じている。それゆえにこそ、中性子は電氣的に中性な粒子として感受される。しかし、粘性が低下しているその境界層により、トロイダル運動も再配分され、その運動は外部空間中で弱まっていく。実際のデータがこれを裏づけている。すなわち、陽子の磁気モーメントは核磁子の2.79倍であるが、中性子の磁気モーメントは核磁子の1.91倍である。

中性子の質量は $1.67482 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ であり、陽子の質量 $1.67252 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ よりも $0.0023 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ だけ大きい。このことは、中性子の境界層の構成に含まれているエーテルが中性子の質量に算入されるのに対し、陽子の周りを運動しているエーテルは、その運動が陽子の電磁場として感受され、陽子の質量には算入されないということによって容易に説明される。

1.5. 原子核モデル

1.5.1. 元素周期系と原子核の組成

周知のように、元素周期表は1869年にD.I.メンデレーエフによって発案され、1871年までの間に彼によって事実上完成された。すべての元素の分類の基礎におかれていたのは原子量、すなわちすべての元素に共通するパラメーターであった。その後、元素周期表を若干修正することが適切であることが判明し、原子量ではなく、元素の核の電荷、すなわち陽子数が表の基礎におかれるようになった。

1911年にE.ラザフォードによって考案された原子の惑星モデルにもとづき、1913年、元素周期系における順序番号（原子番号Z）は素電荷の単位で表された原子核の電荷と数値的に等しいという予想がオランダの科学者ファン・デン・ブルーク [Antonius van den Broek] によって発表された。この予想は、化学元素の特性X線のスペクトル線の振動数と化学元素の順序番号との関係を解明したイギリスの物理学者H.モーズリーによって実験的に裏づけられた。このことが元素番号の順序に若干の修正をもたらしたものの、周期律の本質は元のまま維持された。

元素の原子量を決定する際に用いられる4つの基礎的単位を次に示す。

1. 陽子の静止質量 $m_p = 1.67252 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1.0072766 \text{ u}$
2. 中性子の静止質量 $m_n = 1.67482 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1.0086654 \text{ u}$
3. 統一原子質量単位 (u) = 炭素の同位体 $^{12}_6\text{C}$ の原子質量の $1/12 = 1.6603 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
4. 原子質量単位 (amu) = 酸素の同位体 $^{16}_8\text{O}$ の原子質量の $1/16 = 1.6597 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 0.99994 \text{ u}$

元素周期表の最初の30種類の元素の原子量を下表に示す。

このデータに依拠することにより、すべての化学元素の原子核の構成を決定することができる。

表 1. 1.

元素	原子量 (u)	分布 (%)	元素	原子量 (u)	分布 (%)
${}^1\text{H}$	1.0079	1 - 99.985 2 - 0.015	${}^{16}\text{S}$	32.06	32 - 95.02 33 - 0.75 34 - 4.21
${}^2\text{He}$	4.0026	3 - $1.38 \cdot 10^{-4}$ 4 - 9 9.99986	${}^{17}\text{Cl}$	35.453	35 - 77.75 37 - 24.23
${}^3\text{Li}$	6.94	6 - 7.5 7 - 92.5	${}^{18}\text{Ar}$	39.94	36 - 0.337 38 - 0.063 40 - 99.6
${}^4\text{Be}$	9.0122	9 - 100	${}^{19}\text{K}$	39.09	39 - 93.2581 41 - 6.7302
${}^5\text{B}$	10.81	10 - 19.5 11 - 80.5	${}^{20}\text{Ca}$	40.08	40 - 96.941 42 - 0.647 43 - 0.135 44 - 2.085 46 - 0.004 48 - 0.187
${}^6\text{C}$	12.011	12 - 98.9 13 - 1.1	${}^{21}\text{Sc}$	44.9559	45 - 100
${}^7\text{N}$	14.0067	14 - 99.634 15 - 0.366	${}^{22}\text{Ti}$	47.90	46 - 8.0 47 - 7.3 48 - 83.8 49 - 5.5 50 - 5.4
${}^8\text{O}$	15.9994	16 - 99.672 17 - 0.038 18 - 0.2	${}^{23}\text{V}$	50.941	50 - 0.25 51 - 99.75
${}^9\text{F}$	18.9984	19 - 100	${}^{24}\text{Cr}$	51.996	50 - 4.435 52 - 83.739 53 - 9.501 54 - 2.36
${}^{10}\text{Ne}$	20.17	20 - 90.51 21 - 0.27 22 - 9.22	${}^{25}\text{Mn}$	54.938	55 - 100
${}^{11}\text{Na}$	22.9877	23 - 100	${}^{26}\text{Fe}$	55.847	54 - 5.8 56 - 91.72 57 - 2.2 58 - 0.28

^{12}Mg	24.305	24 – 78.99 25 – 10.00 26 – 11.01	^{27}Co	58.9332	59 – 100
^{13}Al	26.9815	27 – 100	^{28}Ni	58.70	58 – 68.27 60 – 26.10 61 – 1.13 62 – 3.59 64 – 0.91
^{14}Si	28.086	28 – 92.23 29 – 4.47 30 – 3.10	^{29}Cu	63.54	63 – 69.17 65 – 30.83
^{15}P	30.97376	31 – 100	^{30}Zn	65.38	64 – 48.6 66 – 27.9 67 – 4.1 68 – 18.8

上表に示されているデータから、次の結論が導き出される。

安定元素の原子核内には、核子——陽子と中性子——以外のいかなる粒子も含まれておらず、いわゆる物質「素粒子」は不安定原子核の放射性崩壊時、または加速器内における粒子の衝突時に形成される。

1.5.2. 原子核の構造的組織化の基礎的なエーテル動力学的原理

核子の相互作用エネルギー、磁気モーメントの値、等々を含め、原子核のパラメータを多かれ少なかれ正確に記述している様々な原子核モデルが存在している [9~23]。それらのモデルの欠点は、それらが現象論的な性格を持っていること、また、構造的理解、核内相互作用の本性についての理解が事実上欠如していることにある。

驚くべきことに、原子核の構造についての物理学的基礎は、D.I.メンデレーエフが考案した元素周期表によって築かれた。それは1869年、すなわち原子内には原子核が存在するという事実について、まだ何も知られていなかった時代のことであった。

何よりもまず、メンデレーエフによって創出された元素周期表の基礎を当初からなしていたのは元素の原子量、すなわち各種の元素に共通する深い性質であったという事実注目しなければならない。このように、それは、方法論的には現象論、すなわち、元素を体系化しようと試みていた彼以前のすべての研究者が利用しようとしていた外的性質、あるいは動力学、すなわち原子の外的構造とは一致していなかった。

その後、メンデレーエフの元素周期表は原子の電荷の値を考慮することによって修正されたが、それは原理的には何も変えなかった。

メンデレーエフの元素周期表は実践によってあらゆる面から検証されているのだから、元素周期表は原子の実際の構造、すなわち第一に、原子核の構造と一致していると

断言することができる。これまで、この点に注意が払われたことはない。実際、メンデレーエフの元素周期表によれば、原子核内には陽子と中性子以外の何ものも存在しないのである。そしてこれは、あらゆる原子の核の構造に関するエーテル動力学的理解と完全に一致している。

1931年のD.D.イワネンコによる中性子の存在に関する予言、1932年のJ.チャドウィックによる中性子の発見は複合核^{〔訳注〕}の存在を裏づけ、メンデレーエフの元素周期表の理解の枠内に完全に収まった。そしてこのことが、事実上、元素周期表の正しさを裏づけた。

それに続くいわゆる「素粒子」——それらはみな不安定粒子であることが判明した——の発見は、すべて、安定粒子——陽子と中性子——を、やはりそれと同じ安定粒子からなる標的に衝突させたときに人工的な方法で得られたものであるという事実は注目を引く。自然界にはそのようなものは存在しない。ただし、「宇宙線粒子」流は例外と言えるかもしれないが、その粒子は、「宇宙線」の陽子流が地球大気中に進入した結果として、つまり、それとまったく同様の衝突によって得られたものなのである。

このように、実験的方法によって得られたすべての「素粒子」は安定粒子と原子核の破片であるにすぎない。それらは物質には含まれておらず、当該の実験時に形成される。原子核自体の中には陽子と中性子、そなわち、それらに対応するエーテル境界層に取り囲まれた同じ陽子以外の何ものも存在しない。核子(陽子と中性子)同士の間での結合は、エーテルの圧力勾配の発生の結果として生じる。

現代のエーテル動力学的理解は原子核の構造を見出し、核力の本性を理解することを可能にする。しかも、既に知られている核子同士の相互作用エネルギーの値、スピン値 I^{π} 、磁気モーメント、パリティおよび変形係数 [25~27] が、主要元素の原子核の構造の単純な構築原理を見出すことを可能にする。今後においては、原子核の構造に関する詳細検討もこの基礎にもとづいて行なうことが当を得たやり方となる。

水素～ヘリウムの原子核群

最も単純な複合核は重陽子である。重陽子は原子量 2 の重水素の原子核であり、陽子 1 個と中性子 1 個からなる。重陽子にさらに中性子 1 個を付加すると、三重陽子(原子量 3 の重水素である三重水素の原子核)が得られる。重陽子に 2 個目の陽子を付加すると、同位体ヘリウム 3 の原子核が得られる。重陽子 2 個を結合すると、 α 粒子とも呼ばれるヘリウム 4 が得られる。以上挙げた原子核のいくつかのパラメーターを表 1.2 に、それらの構造を図 1.11 に示す。

〔訳注〕 この「複合核」という用語は、1936年にN.ボーアによって導入された概念とは異なった意味(「陽子と中性子によって構成されている核」という意味)で使われている。

渦系の安定状態が生じるのは、系の内部エネルギーが最小、または相互作用エネルギーが最大という条件が満たされるときであり、そのためには、エーテルのトロイダル流に対する媒質中の抵抗が最小となるように、そのトロイダル流（中心流）が閉じていることが必要である。その抵抗が最小となることが可能なのは、2つの核子が1つの共通の流れを形成し、そのとき、既に示したように、重陽子中において、それらの核子が互いに側面で結合し合うようになった場合のみである。陽子の中心流は中性子の中心流よりも大きいので、そのトロイダル流の合成部分は外部媒質中に出て、これが重陽子の磁場として感受され、一方、陽子の円周運動は全部そっくり外部空間中に出て、これが陽子自体および重陽子全体の電場として感受される。

核子に共通の中心流が存在するとき、それらの核子が互いに側面で結合し合うと、それらの核子は互いに反平行な方位を向かなければならなくなる。そのとき、2つの核子の母線に沿ったトロイダル運動の方向は互いに反対である。すなわち、トロイダル運動の速度勾配は最大となる。そして、陽子に円周運動が存在することがその勾配をさらに増大させる。これらすべてのことは核子間中間領域における圧力低下をもたらす。外部のエーテルの圧力が核子を互いに押し合わせる。

容易に分かるように、2つの核子が互いに反平行な方位を向いているときには、それらの固有スピン（円周運動の角運動量）の和はゼロである。しかし、陽子の円周運動が、系全体を1つの共通の軸の周りで回転させる。その軸は中間領域を、2つのトロイダの主軸に対して平行な方向に通過している。核子は管状構造を持っているので、2つの核子の各質量中心は、単一の核子内においてその質量の主要部分が集中している所と同じ距離だけ回転軸から離れた所に配置される。重陽子においては総質量は2倍であるから、その総運動量も2倍になる。すなわち、重陽子のスピンは

$$I = 2I_{\text{nu}} = 1 \quad (1.55)$$

である。

周知のように、重陽子の磁気モーメントは

$$\mu_D = 0.86\mu_N \approx \mu_p + \mu_n = 2.792743\mu_N - 1.913139\mu_N = 0.879604\mu_N \quad (1.56)$$

（ここで、 μ_N は核磁子）である。2%の差は、核子間領域におけるトロイダル運動の一部が吸収されることによるものと考えることができる。

重陽子に2番目の中性子が付加されると、三重陽子、すなわち三重水素の核が形成される。三重陽子の磁気モーメントは、近似的に陽子の磁気モーメントと等しい。これは、2つの中性子の核内における方位が互いに反平行で、それらの磁気モーメントが互いに相殺し合うからである。すなわち、

$$\mu_T = 2.9797\mu_N \approx \mu_p = 2.792743\mu_N \quad (1.57)$$

ここでは、磁気モーメントの若干の余剰（約8%）は、三重陽子の核に含まれる2つの中性子の磁気モーメントが完全には差し引かれないためと考えることができる。三重陽子の内部スピンは1/2であるが、これは当然である。2つの中性子の方位が反平行の場合には、それらの内部スピンは相殺し合い、陽子のスピンのみが残るからである。

三重陽子の相互作用エネルギーはおよそ **8.48 MeV**、核子の間における相互作用表面数は **3** である。3 つの重陽子の相互作用エネルギーと比べたときの三重陽子の相互作用エネルギーの余剰は

$$\Delta E = 8.48212 - 3 \cdot 2.27463 = 1.65823 \text{ MeV} \quad (1.58)$$

となる。

重陽子と比べたときの三重陽子のこの追加的な結合エネルギーは、三重陽子においては渦の変形がさらに大きく、相互作用面積もさらに大きいということによって説明することができる。ここでは、それぞれの核子は隣接核子との間で、重陽子におけるように1つの表面ではなく、2つの表面を通じて相互作用し、また、核子間空間中のより低い圧力が核子の変形をもたらしている。

ヘリウム3の磁気モーメントは $2.1275 \mu_N$ である。これは陽子の磁気モーメント ($2.79 \mu_N$) とおおよそ一致している。23%の差は、核子間層内における陽子のトロイダル運動の衰弱によるものと考えることができる。ヘリウム3の核内における核子の結合エネルギーは **7.72 MeV** であり、3つの重水素核と比べたときのエネルギーの余剰は

$$\Delta E = 7.72 - 3 \cdot 2.27463 = 0.91 \text{ MeV} \quad (1.59)$$

となる。

この余剰は三重陽子の場合よりも小さいが、その理由は、2つの陽子が反平行に結合しているとき、それらの間の中間領域におけるエーテルの円周運動の流れは平行であり、それゆえその陽子間中間領域における結合エネルギーはより小さいということによって容易に説明される。

4番目の核子の付加は、核内における核子の総相互作用エネルギーを **3 MeV** だけ増加させるはずである。しかし実際には、その代わりに **28.29614 MeV** への増加、すなわち予想より約 **18 MeV** だけ大きなエネルギーのジャンプが生じる。そのようなジャンプが生じる理由は、 α 粒子を形成している核子系全体の構造が再編成されるためであるということによってのみ説明することができる。

実際、そのような再編成が現実に必要なことは容易に理解される。4つの核子の存在は、中心流の通過抵抗が最小となるためのあらゆる可能性を創出するからである。なぜなら、今や、4つの核子の渦によって形成される1つの共通の渦環を通過する、4つのすべての核子にとって共通の単一の流れが形成されることが可能になったからである。それだけでなく、4つの核子の表面全体に沿って1つのエーテル対向流が形成され、この流れが4つの核子をさらに結合する。 α 粒子の内部にはさらにもう1つの流れが形成されなければならないが、結合エネルギーに対するその流れの寄与は大きくない (図 1.11(f))。

α 粒子の系内におけるスピンの方向は、すべて対ごとに相殺されており、したがって α 粒子の総角運動量はゼロである。

α 粒子がそうであるような偶偶系の高い安定性は、このようにして容易に説明することができる。 α 粒子が持つ特別の安定性を考慮すると、あらゆる原子核の構造、また中性子数がいわゆる「魔法数」となっている特に安定的な原子核の構造についての検討は、

α 粒子を基礎として行うことが適切である。得られたこの原子核モデルは、 α 粒子モデルと呼ぶことができる。

1.5.3. 複合核のいくつかの一般的性質

文献[25~27]に掲げられている原子核の核子の相互作用エネルギーに関する分析は、あらゆる種類の同位体の場合について、いくつかの一般的性質を抽出し、それらの核の α 粒子モデルを構築する際にそれらの性質を利用することが可能であることを示している。それらの性質のうちのいくつかについて検討してみよう。

第1に、同位体の総体に関して特徴的なのは、偶数番目の中性子が付加されたときの結合エネルギーの増分は、奇数番目の中性子が付加されたときの増分よりも大きいということである。これは、陽子数が偶数の元素と奇数の元素の両方において特徴的な点となっている。その例として、ホウ素と炭素の同位体のエネルギーに関するデータを表1.3と表1.4に示す。これらの同位体は、それに含まれる中性子の数の昇順に並べられている。上記の性質は、例外なしにすべての元素の同位体の特徴となっている。

表 1.3.

中性子数	同位体	I^π	E, MeV	$\Delta E, \text{MeV}$
3	${}_5\text{B}^8$	2	37.74	–
4	${}_5\text{B}^9$	–	56.315	18.6
5	${}_5\text{B}^{10}$	3+	64.75	8.44
6	${}_5\text{B}^{11}$	3/2–	76.21	11.45
7	${}_5\text{B}^{12}$	1+	79.58	3.37
8	${}_5\text{B}^{13}$	3/2–	84.46	4.9

表 1.4.

中性子数	同位体	I^π	E, MeV	$\Delta E, \text{MeV}$
3	${}_6\text{C}^9$	–	39.04	–
4	${}_6\text{C}^{10}$	0+	60.32	21.3
5	${}_6\text{C}^{11}$	3/2–	73.44	13.12
6	${}_6\text{C}^{12}$	0+	92.16	18.72
7	${}_6\text{C}^{13}$	1/2	97.11	4.96
8	${}_6\text{C}^{14}$	0+	105.29	8.18

第2に、 ${}_{30}\text{Zn}^{60}$ までのすべての偶偶核においては、新たな中性子の付加時における結合エネルギーの増分が相対的に大きい（約 13 MeV）ものと、相対的に小さいもの（6~7 MeV 以下）との間で、結合エネルギーの点に関する明確な境界を引くことができる。このエネルギーのジャンプが、偶偶核、すなわち α 粒子のみからなっていると理解することのできる原子核：

${}^2\text{He}^4, {}^4\text{Be}^8, {}^6\text{C}^{12}, {}^8\text{O}^{16}, {}^{10}\text{Ne}^{20}, {}^{12}\text{Mg}^{24}, {}^{14}\text{Si}^{28}, {}^{16}\text{S}^{32}, {}^{18}\text{Ar}^{36}, {}^{20}\text{Ca}^{40}, {}^{22}\text{Ti}^{44}, {}^{24}\text{Cr}^{48}, {}^{26}\text{Fe}^{52}, {}^{28}\text{Ni}^{56}, {}^{30}\text{Zn}^{60}$ を、それ以外の原子核から常に区別している。

奇偶核においてもそのような境界を引くことは可能ではあるが、そこでのエネルギーのジャンプはより小さい。

結合エネルギーのこのような分布は、原子核のすべての構造は α 粒子を基礎として検討することができ、偶偶核は α 粒子のみからなっており、それ以外の原子核は α 粒子および互いの間で結合物を形成しているその他の核子からなっているとみなすことができるということを意味している。

スピン値は事実上すべての同位体の原子核について知られており、偶偶構造の場合は常にゼロである。これは、上述した予想を裏づけている。それ以外の構造の場合のスピン値は、原子核の構造を各事例ごとに描出することを可能とするが、その原子核においてもやはり α 粒子が基礎をなしている。

偶偶核のエネルギー値、およびそれらの値を当該個数の α 粒子の内部結合エネルギーと比較した結果をエネルギー比較表（表 1.5）に示す。また、この表にはエネルギー増分の 1 階差分と 2 階差分、また、その同位体の列における、最小値 A を持つ同位体から数えた偶偶核の順序番号 (k) が示されている。表の最終列には、表に示されている同位体を自然界に最も広く分布している同位体、すなわち最も安定的な同位体とは異なったものとしている中性子数 Δn が示されている。結合エネルギーの 2 階増分における変化は、数 Z が新たな値に移行するときに原子核の構造の再編成が生じていることを物語っている。魔法数 2, 8, 20, 28 を持つ原子核は同じ構造の列を完結させている。原子核 ${}^4\text{Be}^8$ も構造を完結させているが、これは不安定である。なぜなら、その結合エネルギーはそれに対応する 2 つの α 粒子の結合エネルギーよりも小さいからである。この事例は、2 つの α 粒子が相互に対していかなる位置関係を取った場合にも、それらの α 粒子の中心から流れ出るエーテル流に対する抵抗はかなり大きく、 α 粒子の構成に含まれる核子の凸形の表面もまた、高エネルギー結合を確保するための十分な基礎を創出しないという理由によって説明することができる。

ところが、さらにもう 1 つの核子——陽子または中性子——の付加は同位体を安定的にする（図 1.12）。なぜなら、その核子は 2 つの α 粒子を結合する架橋となるからである。

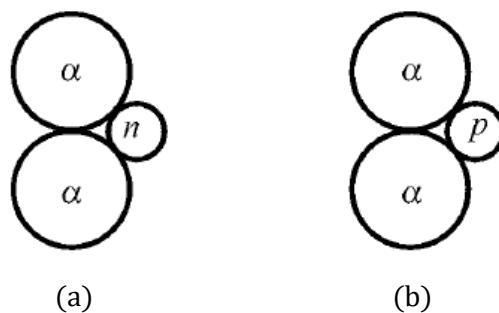


図 1.12. ベリリウム原子の同位体 ${}^9\text{Be}$ と ${}^{10}\text{Be}$ の安定性の保障

表 1.5.

$N_\alpha E_\alpha$	X	k	E_α , MeV	ΔE , MeV	$\Delta^2 E$, MeV	Δn
28.29624	${}_2\text{He}^4$	2	28.29624	0	–	–
56.59248	${}_2\text{Be}^{8*}$	2	56.5006	–0.0914	–0.0914	0
84.88872	${}_2\text{C}^{12*}$	4	92.1635	+7.2748	8.3662	0
113.1850	${}_8\text{O}^{16}$	4	127.6212	14.4362	7.1614	0
141.4812	${}_{10}\text{Ne}^{20*}$	4	160.6473	18.1661	4.7299	0
169.7774	${}_{12}\text{Mg}^{24}$	4	198.2573	28.4802	10.3141	0
198.0737	${}_{14}\text{Si}^{28}$	4	236.5386	38.4549	9.9747	0
226.3699	${}_{16}\text{S}^{32}$	4	271.7820	45.4121	6.9572	0
254.6662	${}_{18}\text{Ar}^{36}$	4	306.7198	52.0536	6.6415	0
282.9624	${}_{20}\text{Ca}^{40}$	4	342.0555	59.0926	7.0380	0
311.2586	${}_{22}\text{Ti}^{44*}$	4	375.477	64.2184	5.1258	4
339.5549	${}_{24}\text{Cr}^{48}$	3	411.468	71.9131	5.6947	4
367.8511	${}_{26}\text{Fe}^{52}$	1	447.707	79.8559	7.9428	4
396.1274	${}_{28}\text{Ni}^{56}$	1	484.004	87.8566	8.0007	2.4
424.4436	${}_{30}\text{Zn}^{60*}$	4	515.009	90.5654	2.7088	4.6

注：記号「*」は構造の再編成を意味する。

このように、魔法核、すなわちその中性子数がいわゆる魔法数（2, 8, 20, 28, 50, 82, 126）となっている原子核こそが核構造の構築の基礎をなしていなければならない。そのような各原子核の構造は、一定の個数の α 粒子および中性子と陽子（陽子は、核内中性子の数が奇数の場合）の自由な対からなっていると理解することができる。一般的な場合には、魔法核は

$$A = 4m_\alpha + N + i_p \quad (1.60)$$

という形で表すことができる。ここで、 m_α は α 粒子の数； N は α 粒子の構成に含まれていない中性子の数（ $N = 0, 2, 4, \dots$ ）； i_p は自由陽子の数（ $i_p = 0, 1$ ）である。

魔法核においては、自由中性子の数は常に偶数であり、スピンはゼロであることを考慮すると、それらの核においては、 α 粒子の構成に含まれていない中性子は対ごとに結合し、互いに対して反平行の方向を向いていると予想することができる。ただし、それらのそのような結合は、おそらく、渦の円周運動によって追加的な速度勾配を創出する陽子または α 粒子が存在しない場合にのみ可能であろう。

魔法核のエネルギーおよびエネルギー増分を表 1.6~1.12 に示す。これらの表から、中性子の魔法数を持つすべての原子核が、実際に高いエネルギー準位を持っているわけではないことが分かる。

表 1.6. 中性子の魔法数 2 を持つ原子核

Z	A_x	$m_\alpha + N + I_p$	E, MeV	I^π	$\Delta E, \text{MeV}$
1	T ³	$3n + p$	8.4812	1/2-	-
2	He ⁴	A	28.26924	0+	19.78712
3	Li ⁵	$\alpha + p$	26.330	3/2-	-1.9324

表 1.7. 中性子の魔法数 8 を持つ原子核

Z	A_x	$m_\alpha + N + I_p$	E, MeV	I^π	$\Delta E, \text{MeV}$	$\Sigma E_\alpha, \text{MeV}$	$\Delta E_\alpha, \text{MeV}$
5	B ¹³	$2\alpha + 4n + p$	84.456	3/2-	-	56.593	27.864
6	C ¹⁴	$3\alpha + 4n$	105.2867	0+	10.8307	84.8887	24.3980
7	N ¹⁵	$3\alpha + 4n + p$	115.4939	1/2+	10.2072	84.8887	30.6062
8	O ¹⁶	4α	127.6212	0+	12.1273	113.1849	14.4363
9	F ¹⁷	$4\alpha + p$	128.221	5/2-	0.7998	-	-
10	Ne ¹⁸	$2\alpha + 2p$	132.1433	+	3.9223	-	-

表 1.8. 中性子の魔法数 20 を持つ原子核

Z	A_x	$m_\alpha + N + I_p$	E, MeV	I^π	$\Delta E, \text{MeV}$	$\Sigma E_\alpha, \text{MeV}$	$\Delta E_\alpha, \text{MeV}$
16	S ³⁶	$8\alpha + 4n$	308.7198	0+	-	226.370	84.350
17	Cl ³⁷	$8\alpha + 4n + p$	317.105	3/2+	88.3852	226.370	90.736
18	Ar ³⁸	$9\alpha + 2n$	327.3475	0+	10.2425	254.666	72.681
19	K ³⁹	$9\alpha + 2n + p$	333.726	3/2+	6.3785	254.666	79.060
20	Ca ⁴⁰	10α	342.0555	0+	8.3295	282.962	59.093
21	Sc ⁴¹	$10\alpha + p$	343.140	7/2-	1.0845	-	-
22	Ti ⁴²	$10\alpha + 2p$	346.909	0+	3769	-	-

表 1.9. 中性子の魔法数 28 を持つ原子核

Z	A_x	$m_\alpha + N + I_p$	E, MeV	I^π	$\Delta E, \text{MeV}$	$\Sigma E_\alpha, \text{MeV}$	$\Delta E_\alpha, \text{MeV}$
19	K ⁴⁷	$9\alpha + 10n + p$	400.197	3/2+	-	254.666	145.531
20	Ca ⁴⁸	$10\alpha + 8n$	416.004	0+	15.807	282.962	133.042
21	Sc ⁴⁹	$10\alpha + 8n + p$	425.623	7/2-	9.619	282.962	142.661
22	Ti ⁵⁰	$11\alpha + 6n$	437.797	0+	12.174	311.259	126.538
23	V ⁵¹	$11\alpha + 6n + p$	445.8463	7/2-	8.0493	311.259	134.587
24	Cr ⁵²	$12\alpha + 4n$	456.3537	0+	10.5074	339.555	116.799
25	Mn ⁵³	$12\alpha + 4n + p$	462.912	7/2-	6.554	339.555	123.357
26	Fe ⁵⁴	$13\alpha + 2n$	471.770	0+	8.858	367.851	103.912
27	Co ⁵⁵	$13\alpha + 2n + p$	476.820	7/2-	5.050	367.851	108.969
28	Ni ⁵⁶	14α	484.004	0+	7.184	396.147	86.857

表 1. 10. 中性子の魔法数 50 を持つ原子核

Z	A_x	$m_\alpha + N + I_p$	E, MeV	I^π	$\Delta E, \text{MeV}$	$\Sigma E_\alpha, \text{MeV}$	$\Delta E_\alpha, \text{MeV}$
34	Sc ⁸⁴	$17\alpha + 16n$	727.330	0+	–	481.036	346.294
35	Br ⁸⁵	$17\alpha + 16n + p$	737.380	3/2	10.050	481.036	256.344
36	Kr ⁸⁶	$18\alpha + 14n$	749.239	0+	11.059	509.332	239.907
37	Rb ⁸⁷	$18\alpha + 14n + p$	757.858	3/2–	8.619	509.332	248.526
38	Sr ⁸⁸	$19\alpha + 12n$	768.462	0+	10.604	573.629	230.833
39	Y ⁸⁹	$19\alpha + 12n + p$	775.534	1/2–	7.072	537.629	237.905
40	Zr ⁹⁰	$20\alpha + 10n$	783.904	0+	8.370	565.924	227.980
41	Nb ⁹¹	$20\alpha + 10n + p$	789.050	9/2+	5.146	565.924	223.126
42	Mo ⁹²	$21\alpha + 8n$	796.519	0+	7.469	594.221	202.298
43	Tc ⁹³	$21\alpha + 8n + p$	800.623	9/2+	4.104	594.221	186.402
44	Ru ⁹⁴	$22\alpha + 6n$	807.040	0+	6.417	622.517	184.523

表 1. 11. 中性子の魔法数 82 を持つ原子核

Z	A_x	$m_\alpha + N + I_p$	E, MeV	I^π	$\Delta E, \text{MeV}$	$\Sigma E_\alpha, \text{MeV}$	$\Delta E_\alpha, \text{MeV}$
54	Xe ¹³⁶	$27\alpha + 28n$	1141.891	0+	–	763.270	378.621
55	Cs ¹³⁷	$27\alpha + 28n + p$	1149.320	7/2+	7.429	763.270	386.050
56	Ba ¹³⁸	$28\alpha + 26n$	1158.322	0+	9.002	791.539	366.783
57	La ¹³⁹	$28\alpha + 26n + p$	1164.520	7/2+	6.198	791.539	372.981
58	Ce ¹⁴⁰	$29\alpha + 24n$	1172.891	0+	8.144	819.808	352.355
59	Pr ¹⁴¹	$29\alpha + 24n + p$	1177.891	5/2+	5.227	819.808	358.083
60	Nd ¹⁴²	$30\alpha + 22n$	1185.116	0+	7.225	848.077	337.039
61	Pm ¹⁴³	$30\alpha + 22n + p$	1195.910		10.794	848.077	347.833
62	Sm ¹⁴⁴	$31\alpha + 20n$	1195.682	0+	0.228	876.346	319.336
63	Eu ¹⁴⁵	$31\alpha + 20n + p$	1198.944	–	–	876.346	322.599
64	Gd ¹⁴⁶	$32\alpha + 18n$		–	–	–	–

表 1. 12. 中性子の魔法数 126 を持つ原子核

Z	A_x	$m_\alpha + N + I_p$	E, MeV	I^π	$\Delta E, \text{MeV}$	$\Sigma E_\alpha, \text{MeV}$	$\Delta E_\alpha, \text{MeV}$
80	Hg ²⁰⁶	$40\alpha + 46n$	1621.068	0+	–	1130.77	490.298
81	Ti ²⁰⁷	$40\alpha + 46n + p$	1628.434	1/2–	7.366	1130.77	497.664
82	Pb ²⁰⁸	$41\alpha + 44n$	1636.452	0+	8.018	1159.04	477.413
83	Bi ²⁰⁹	$41\alpha + 44n + p$	1640.255	9/2–	3.803	1159.04	481.216
84	Po ²¹⁰	$42\alpha + 42n$	1645.232	0+	4.977	1187.31	457.924
85	At ²¹¹	$42\alpha + 42n + p$	1648.213	9/2–	2.981	1187.31	460.905
86	Rn ²¹²	$43\alpha + 40n$	1652.511	0+	4.298	1215.58	436.934

87	Fr ²¹³	$43\alpha + 40n + p$	1654.708	-	2.197	1215.58	439.131
88	Ra ²¹⁴	$44\alpha + 38n$	1658.470	0+	3.762	1243.85	414.623
89	Ac ²¹⁵	$44\alpha + 38n + p$	1659.770	-	1.300	1243.85	415.923

エネルギー値とそれらの差から導き出されるように、魔法数に関する法則性はいくつかの箇所においてジャンプを生じている。すなわち、数8の場合はフッ素とネオン、数20の場合はスカンジウムとチタン、数82の場合はプロメチウム、サマリウムおよびユロピウムが一般的法則性に収まっていない。このように、完璧な原子核の構造となっているのは、 α 粒子の数が1, 4, 10, 14, 22, 30, 44である原子核のみである。

表から見て取れるように、中性子の数が増加するとき、結合エネルギーの低下と上昇の周期性が生じているが、これはすべての原子核に当てはまる。これは、相互作用面の数の変化および核子の変形によって説明することができる。例えば、原子核の表面上に核子1個を置いたとき、その核子と核のそれ以外のバルクとの間には、相互作用面は1つしかない。2番目の核子を置いたとき、相互作用面は2つとなる。このとき、それより前に置かれた核子の一方の側は凸形となる。3番目の核子を追加すると、相互作用面はやはり2つであるが、このとき、一方の側はさらに凸形となり、このことが相互作用エネルギーを先行する核子の結合エネルギーよりも低くする。4番目の核子を追加すると、相互作用面は3つになるが、そのうちの2つは凸形である（図1.13）。

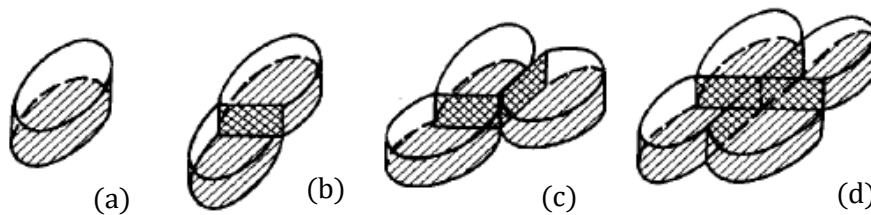


図 1.13. 原子核内の核子数が増加したときの核子の結合エネルギーの増分の周期性に関する説明： 原子核の表面上に核子を(a)1個；(b)2個；(c)3個；(d)4個置いたとき

以上述べたことから、次の結論を下すことができる。

原子核同位体における中性子2個の付加は、大部分の場合にはスピンの値を変化させない。したがって、それらの中性子は反平行に結合しているが、しかし、それが可能なのは α 粒子が存在するときのみである。これと同じことを、磁気モーメントが変化しないことが裏づけている。なぜそうなるかは、渦の構造から容易に理解することができる。この場合には、それらの中性子の基礎的なトロイダル流は閉じた経路を通過し、まさにこのことがそれらの中性子の反平行性を決定づける。しかし、それらの中性子の一方または両方は、 α 粒子のうちの1つに対し、その側壁をやはり反平行にもたれさせる。

スピンがゼロでない原子核のスピンの値は、 α 粒子の構成に含まれておらず、かつ互いに平行な方位を向いている核子の数を判定することを可能にする。最も単純な場合には、その数は次式によって決定される。

$$k = \frac{|I|}{1/2} \quad (1.61)$$

ここで、 $1/2$ は $\hbar$ を単位とするスピン数である。このとき、奇数の Z を持つ原子核においては、そのスピン数は陽子のうちの1つに含まれ、それ以外の陽子は、原子核の基礎的バルクを形成している α 粒子の構成に含まれている。

エネルギーの変化の一般的法則性に関する検討は、 ${}_{28}\text{Ni}^{56}$ までにおいては、追加された各核子当たりの結合エネルギーの一般的レベルは、相対的原子量が増加するにつれて大きくなることを示している。

例えば、 ${}_{28}\text{Ni}^{61}$ から ${}_{28}\text{Ni}^{62}$ への遷移は 10.59 MeV を与えるが、 ${}_{29}\text{Cu}^{62}$ から ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ への遷移が与えるエネルギーは 10.85 MeV となる。すなわち、追加的な陽子が存在する場合には、中性子の数が同じであっても、中性子1個の追加はより大きな結合エネルギーの増分を与える。

その理由は次のように説明することができる。核子の総数がより大きくなると、核子の充填密度は若干より高くなり、それらの渦は互いにより密に押し付け合う。このことによって境界層内における核子の接触面積が増大し、核子の相互作用エネルギーが増大する。

こうして、原子核は次のようなものとみなすことができる。

- 1) 原子核がその構成のうちに含んでいる α 粒子の数は、原子番号に最も近い4で割り切れる数で、しかし Z に最も近い偶数よりも大きくない数によって決定される。
- 2) 原子核はその構成のうちに、互いに平行な方位を向いている核子を含んでおり、その数は k である。
- 3) 原子核はその構成のうちに、互いに反平行な方位を向いている中性子対を含んでおり、その数は差

$$n = A - N - k \quad (1.62)$$

に等しい。

例えば、 $E = 239.286 \text{ MeV}$ 、 $I^\pi = 1/2$ である ${}_{15}\text{P}^{29}$ は7個の α 粒子からなっているが($m_\alpha = 7$)、そのためには28個の核子と、さらにスピン $1/2$ の陽子1個が必要である。 ${}_{15}\text{P}^{28}$ と比べた ${}_{15}\text{P}^{29}$ のエネルギーの増分は 17.87 MeV である。これは、 ${}_{15}\text{P}^{28}$ の構成には6個の α 粒子しか含まれていないことを意味している。7番目の α 粒子が形成されたのは14番目の中性子(29番目の核子)が結合したときであり、その結合がこれほどまでに大きな相互作用エネルギーの増加を与えたのである(表1.13)。

P^{30} ($E = 250.6119 \text{ MeV}$, $I^\pi = 1$)の構成には依然として7個の α 粒子が含まれているが、陽子1個と中性子1個が、スピン1を持つ重陽子タイプの結合物を形成している。ここでは別の解釈を行うことも可能である。すなわち、陽子1個と中性子1個は平行なスピンを持っており、この原子核内におけるそれらの軸流は閉じていないという解釈である。

P^{31} ($E = 262.918 \text{ MeV}$, $I^\pi = 1/2$)の構成にも7個の α 粒子が含まれている。追加された中性子1個は中性子に対して反平行に付加されている。

P^{32} ($E = 270.865 \text{ MeV}$, $I^\pi = 1$) の構成にも依然として 7 個の α 粒子が含まれている。追加された中性子 1 個は陽子に対して反平行に付加され、スピン 1 を持つ重陽子を形成している。このとき、磁気モーメントは差し引かれる ($\mu = -0.2523 \mu_N$)。

表 1.13.

A_x	$E, \text{ MeV}$	$\Delta E, \text{ MeV}$	I^π	μ/μ_N
${}_{15}\text{P}^{28}$	224.419	–	–	–
P^{29}	239.286	17.87	$1/2+$	–
P^{30}	250.6119	11.33	$1+$	–
P^{31}	262.918	12.30	$1/2+$	+1.1317
P^{32}	270.855	7.94	$1+$	–0.2523
P^{33}	280.9594	10.1	$1/2+$	–
P^{34}	287.520	6.57	$1+$	–

以上述べたことにもとづいて、複雑な核の推定される構造を検討することができる。

1.5.4. 複雑な核の構造

リチウム～酸素の原子核群

リチウム リチウムの同位体のエネルギー値その他いくつかの特性を表 1.14 に示す。

表 1.14.

A_x	$E, \text{ MeV}$	$\Delta E, \text{ MeV}$	I^π	μ/μ_N	Q
${}_3\text{Li}^5$	26.330	–	–	–	–
Li^6	31.9948	5.6648	1	+0.822	–0.0008
Li^7	39.2455	7.2507	$3/2$	+3.2564	–0.040
Li^8	41.2782	2.0327	2	+1.6532	–
Li^9	45.330	4.1518	$3/2$	–	–

リチウムの同位体 ${}_3\text{Li}^5$ の結合エネルギーは **26.33 MeV** である。すなわち、そのエネルギーは α 粒子中における核子の相互作用エネルギーよりも小さい。それゆえ、この同位体の構成においては、 α 粒子を形成するのに十分な数の陽子と中性子が存在しているにもかかわらず、 α 粒子は形成されていない。したがってこの同位体は不安定であり、短時間で崩壊しなければならない。実際、この同位体は半減期 $T = 10^{-21} \text{ s}$ で崩壊してエネルギーを放出する。このとき、

$${}_3\text{Li}^5 \rightarrow \alpha + p \quad (1.63)$$

となる。

この同位体の場合、最も現実的な構造のバリエーションは2つある。1つは立体構造であり、そこでは中性子2個が同軸的に配置され、陽子は両脇に対称的に配置されている。もう1つは平面構造であり、そこでは陽子1個が側面にずれている。平面構造は立体構造からスピンの再配向によって形成される(図1.14(a), (b))。予想されるスピン値はいずれの場合も $1/2$ である。

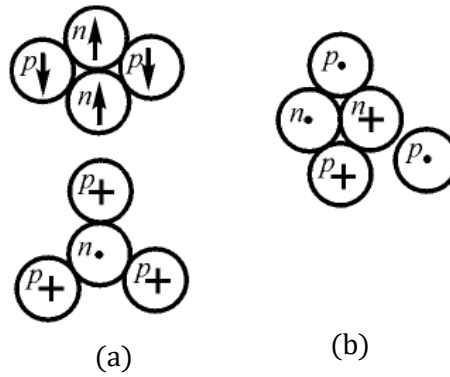


図 1.14. ${}_3\text{Li}^5$ の核の構造 : (a)下層 ; (b)上層

同位体 ${}_3\text{Li}^6$ の核子の結合エネルギーは $E = 31.9948 \text{ MeV}$ であり, したがって $E > E_\alpha$ で, スピンは 1 である。それゆえ,



となる。すなわち, α 粒子に重陽子が付加されていると予想することができる。立体構造(a)と平面構造(b) (図 1.15) の両方のバリエーションが可能である。

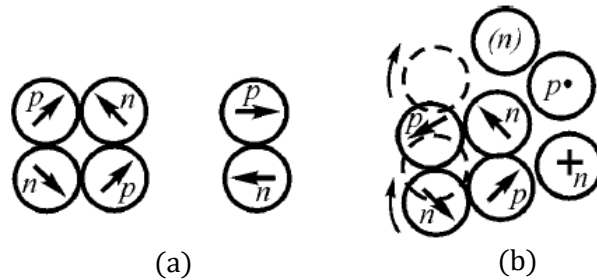


図 1.15. ${}_3\text{Li}^6$ の核の構造

同位体 ${}_3\text{Li}^7$ における 7 番目の核子の追加は, 原子核内の空所の充填による相対的に大きなエネルギー増分 (7.25 MeV) を良く説明している。スピン $3/2$ は, 7 番目の核子が D のスピンに対して平行な方位を向いていることを物語っている。

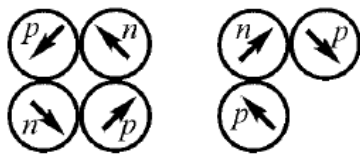
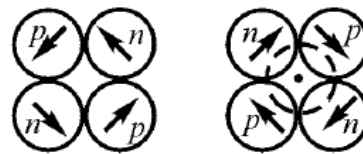
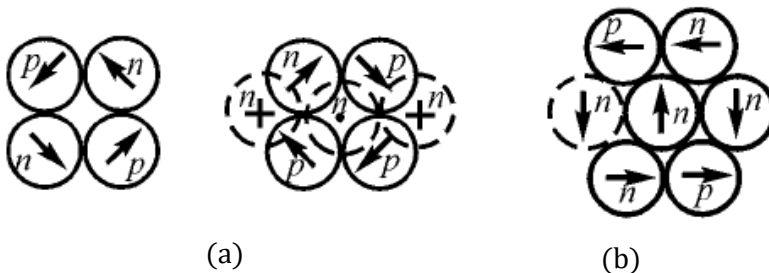
8 番目と 9 番目の核子 (5 番目と 6 番目の中性子) は, 系の外側のうちの 1 つの側から, 陽子と陽子の間に付加されている公算が最も大きい。このとき, 結合エネルギーが小さい中性子 1 個は α 粒子の陽子と陽子の間に配置され, 最後の中性子は 5 番目の中性子と 3 番目の陽子の間に配置されなければならない。

ベリリウム ベリリウムの同位体の特性を表 1.15 に示す。

表 1.15.

A_x	E, MeV	$\Delta E, \text{MeV}$	I^π	μ/μ_N	Q	B
${}_4\text{Be}^7$	37.6012	–	$3/2^-$	–	–	–
Be^8	56.5006	18.9	0^+	–	–	–
Be^9	58.1657	1.66	$3/2^-$	-1.1776	0.03	–
Be^{10}	64.9777	6.83	0^+	–	–	1.22
Be^{11}	65.478	0.5	$1/2^+$	–	–	–
Be^{12}	–	–	–	–	–	–

同位体 ${}_4\text{Be}^7$ の核子の結合エネルギーは 37.6012 MeV であるから、その原子核系内には 1 個の α 粒子が形成されていると予想することができる。スピンにもとづいて判断すると、残った $2p+n$ は He タイプの核を形成することなく、それぞれ独立にその α 粒子に付加されている。その付加は 2 番目の層によってなされている公算が最も大きい。そのとき、陽子 1 個と中性子 1 個はスピン 1 の重陽子構造を形成している (図 1.16)。

図 1.16. ${}_4\text{Be}^7$ の核の構造図 1.17. ${}_4\text{Be}^9$ の核の構造図 1.18. (a) ${}_4\text{Be}^{10}$ と (b) ${}_4\text{Be}^{11}$ の核の構造

同位体 Be^9 は同位体 Be^7 から、それに中性子 2 個が付加されることによって形成される。それらの 2 つの中性子は互いに反平行な方位を向いており、その結果、スピン値は維持されることができる (図 1.17)。

同位体 Be^{10} は、そのスピンのゼロであることにもとづいて判断すると、スピンの反平行な 2 個の中性子によって互いに連結された、2 個の α 粒子である。それは 3 層構造のバリエーションを持っている可能性がある。その構造においては、渦の変形を考慮に入れた原子核の変形係数は 1.22 ($e - a = 2.5r_p$ 。ここで、 r_p は陽子の渦の半径) となっ

ている可能性がある (図 1.18)。

同位体 Be^8 は 4 番目の中性子を空所に付加する方法で形成される。2 番目の層の再編成が生じ、陽子と中性子の渦の中心流れが閉じられる。このことは、18.9 MeV という付加エネルギーが物語っている。2 つの α 粒子が形成される。しかし、この同位体の結合エネルギーはわずか $56.5006 \text{ MeV} < 2E_\alpha = 56.59248 \text{ MeV}$ であるため、この同位体は長い時間存続することができない。それは実際に生じており、 Be^8 の半減期はわずか $T = 3 \cdot 10^{-16} \text{ s}$ である。このように、18.9 MeV というエネルギー増分は、2 番目の層が α 粒子に再編成されることを物語っている。

同位体 Be^{11} は中性子 1 個の付加によって形成され、その中性子のスピンの原子核全体のスピンを決定している。

Z が偶数であるあらゆる原子核と同様、中性子数が偶数のとき、ベリリウムのスピンはゼロになる。 $A=2Z$ の場合、それらの原子核は複数の α 粒子からなっていると予想することができる。核子の相互作用エネルギーのジャンプが生じ、これが渦系の構造の α 粒子への再編成を引き起こしているということが、これを物語っている。

ホウ素 ホウ素の同位体の基礎的特性を表 1.16 に示す。

表 1.16.

A_x	E, MeV	$\Delta E, \text{MeV}$	I^π	μ/μ_N	Q
${}^5\text{B}^8$	37.7382	–	2+	–	–
B^9	56.315	18.6	–	–	–
B^{10}	64.7509	8.44	3+	1.8007	+0.074
B^{11}	76.5760	11.45	3/2–	2.6825	+0.0355
B^{12}	79.5760	3.37	1+	1.002	–
B^{13}	84.456	4.9	3/2	–	–

ホウ素の同位体 ${}^5\text{B}^8$ の結合エネルギーは 37.7382 MeV、スピンは 2+ であることが知られている。これより

$${}^5\text{B}^8 = \alpha + 3p + n \quad (1.65)$$

が導き出され、このとき、陽子と中性子は互いに平行な方位を向いている。このような原子核の 2 層構造のバリエーションを図 1.19 に示す。

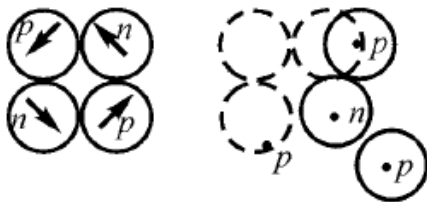


図 1.19. ${}^5\text{B}^8$ の核の構造

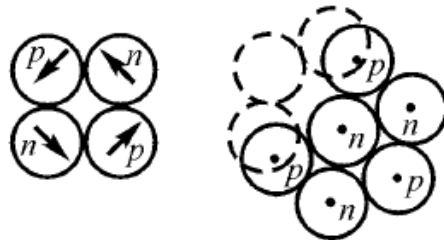


図 1.20. ${}^5\text{B}^{10}$ の核の構造

同位体 B^9 の結合エネルギーは $56.315 \text{ MeV} < 2E_\alpha = 56.59248 \text{ MeV}$ であり，したがってこの同位体は不安定で，

$${}_5B^9 \rightarrow 2\alpha + p \quad (1.66)$$

となる。

同位体 B^{10} の結合エネルギーは 64.7509 MeV ，スピンは $3+$ である。この場合は $E > 2E_\alpha$ であるにもかかわらず，スピン値は，この同位体の構成には 1 個以下の α 粒子が含まれていることを示している。それ以外のすべての核子は平行なスピンを持っている（図 1.20）。

同位体 B^{11} は最も広く分布している。そのスピンは $3/2$ である。したがって，8 個の核子がともに 1 のスピンを与えている。すなわち，それらの核子が 2 つの α 粒子を構成している。さらに，6 番目の中性子の付加が相対的に大きなエネルギー増分を与えている。こうして，

$${}_5B^{11} \rightarrow 2\alpha + p + 2n \quad (1.67)$$

となる。

あり得る構造のバリエーションを図 1.21 に示す。

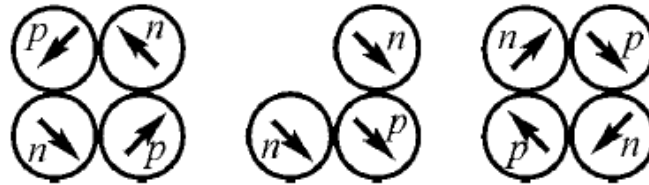


図 1.21. ${}_5B^{11}$ の核の構造

炭素 炭素の同位体の核の基礎的特性を表 1.17 に示す。

表 1.17.

A_x	$E, \text{ MeV}$	$\Delta E, \text{ MeV}$	I^π	μ/μ_N	Q
${}_6C^9$	59.037	—	—	—	—
C^{10}	60.318	21.28	$0+$	—	—
C^{11}	73.4418	13.12	$3/2+$	10.3	+0.031
C^{12}	92.1635	18.72	$0+$	—	—
C^{13}	97.1099	4.95	$1/2-$	0.7024	—
C^{14}	105.2867	8.14	$0+$	—	—
C^{15}	106.5048	1.22	$1/2-$	—	—
C^{16}	110.757	4.25	$0+$	—	—

結合エネルギーにもとづいて判断すると，同位体 C^9 には α 粒子は 1 個だけ含まれている。しかし，既に 4 番目の中性子の付加に伴って， 21.3 MeV のエネルギーが増加し

ている。したがって、

$${}_6\text{C}^{10} = 2\alpha + p \uparrow + p \downarrow \quad (1.68)$$

である。

あり得る構造のバリエーションは3層構造である（図 1.22）。 α 粒子 2 個が反平行な方位を向いており、陽子 2 個が中性子に付加されている。それ以上の中性子の増分は3番目の α 粒子を充填する。したがって

$${}_6\text{C}^{12} = 3\alpha \quad (1.69)$$

である。

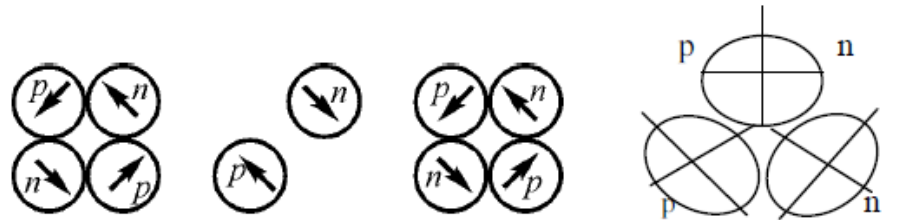


図 1.22. ${}_6\text{C}^{10}$ の核の構造

図 1.23. ${}_6\text{C}^{12}$ の核の構造

この結合は安定的である。その結合エネルギーが、3 個の α 粒子の内部結合エネルギーを著しく（7 MeV）上回っているからである。ここで最もあり得る構造は、 α 粒子 3 個が共通の平面内にあたかも 3 つの球のように配置されているという構造である（図 1.23）。新たな中性子は外側の陽子に付加される。外側の陽子の数は 4 であり、それゆえ、炭素の最後の同位体は C^{16} である。

窒素 窒素の同位体の核の基礎的特性を表 1.18 に示す。74.038 MeV の結合エネルギーを持つ同位体 N^{12} には、2 つ以下の α 粒子が含まれている。この同位体のスピンは+1 であるから、それ以外の核子のうち、陽子 1 個と中性子 1 個がスピン 1 の重陽子を形成し、中性子 2 個が反平行に結合していると予想することができる。

表 1.18.

A_x	E, MeV	$\Delta E, \text{MeV}$	I^π	μ/μ_N	Q
${}_7\text{N}^{12}$	74,038	–	1+	0,46	–
N^{13}	94,1069	20,7	1/2–	0,3221	–
N^{14}	104,6603	10,55	1+	+0,4036	+0,01
N^{15}	115,4939	10,83	1/2–	–0,2831	–
N^{16}	117,9838	2,5	2–	–	–
N^{17}	123,868	5,88	1/2–	–	–
N^{18}	126,536	2,67	–	–	–

6 番目の中性子の付加に伴い、結合エネルギーは 20.7 MeV だけ増加する。したがっ

て3番目の α 粒子が形成されたことになる。スピンは $1/2$ となる。したがって

$${}_7\text{N}^{13} = 3\alpha + \text{p} \quad (1.70)$$

である。

中性子をさらに1個追加すると、スピンは $1/2$ だけ増加して1となる。次の中性子1個の付加はスピンを再び減少させる。したがって中性子2個が反平行の対1個を形成したことになる。窒素は酸素に対する遷移元素である [この表現は原文ママ]。

酸素 今検討している原子核の列の中で完結性が最も高い構造は、酸素 ${}_8\text{O}^{16}$ の核構造である。このことは、特に、酸素の同位体に関する結合エネルギーの表から読み取ることができる (表 1.19 参照)。

O^{16} の構造は、炭素 ${}_6\text{C}^{12}$ の原子核をさらに増大させたときにおける4個の α 粒子からなる構造、すなわち

$${}_8\text{O}^{16} = 4\alpha \quad (1.71)$$

として理解することができる。

表 1.19.

A_x	E, MeV	$\Delta E, \text{MeV}$	I^π	μ/μ_N	Q	B
${}_8\text{O}^{13}$	75.560	–	–	–	–	–
O^{14}	94.1069	23.17	0+	0.7189	–	–
O^{15}	111.9522	13.22	$1/2^-$	–	–	0.084
O^{16}	127.6212	15.67	0+	-1.8937	-0.0265	–
O^{17}	131.7635	4.14	$5/2^+$	–	–	0.30
O^{18}	139.810	8.05	0+	–	–	–
O^{19}	143.7671	3.95	$5/2^+$	–	–	–
O^{20}	151.371	7.61	0+	–	–	–

この構造においては、4個の α 粒子は、次に続く各 α 粒子がその前の α 粒子に対して、2つの平面において各 α 粒子が 90° 方向転換しながら環に沿って結合している (図 1.24)。 ${}_8\text{O}^{16}$ よりも前の酸素と窒素のすべての構造は、これまでに述べてきた手法を考慮に入れて、この原理にもとづいて構築することができる。

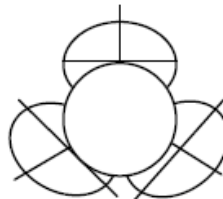


図 1.24. ${}_8\text{O}^{16}$ の核の構造

酸素 O^{16} の 4 個の外側陽子には、それぞれさらに 4 個の中性子を付加することができ、それによって同位体 O^{20} が与えられる。

それらの中性子 4 個のうち、1 番目と 3 番目の中性子の付加はスピンを $5/2+$ だけ変化させるため、それらの中性子に最も近い α 粒子の再編成が生じる。偶数個の中性子の付加は α 粒子の構造の復活をもたらし、2 個の中性子は互いに反平行に結合し合う。

同位体 O^{16} の高い安定性は、この同位体の構造の完結性によって説明される（魔法数の 2 倍）。

フッ素～カルシウムの原子核群

酸素以降においては、原子核の構成の増大は、酸素の核の表面に α 粒子、個別の陽子および個別の中性子が付加されることによって生じる。

${}^{20}_{20}\text{Ca}^{40}$ の原子核は完結した構造を持っている。 ${}^{20}_{20}\text{Ca}^{40}$ の核は、 ${}_8O^{16}$ の核にさらに 6 個の α 粒子（2 個は両極に、4 個は赤道に沿って）が付加されることによって形成されたものである（図 1.25）。

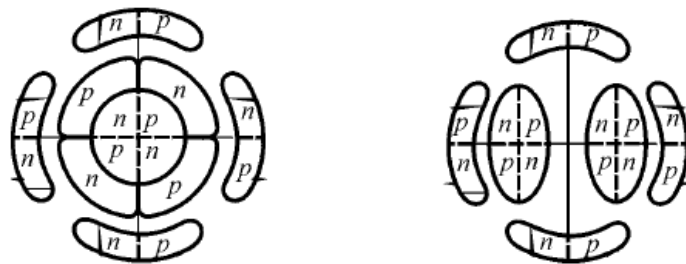


図 1.25. ${}^{20}_{20}\text{Ca}^{40}$ の核の構造

${}_9F^{16}$ から ${}_{20}Ca^{50}$ までの原子核の遷移形態は、 ${}_8O^{16}$ の構造の表面における、将来の α 粒子の位置に核子が付加されることによって形成される。そのとき、それぞれの新たな核子は相互エネルギーが最大になるように付加される。

スカンジウム～ルテニウムの原子核群

その次の完結構造は、22 個の α 粒子を含んだ構造で、魔法中性子数を持つ原子核内における最大限可能な α 粒子数は 50 である。この構造は、 ${}^{20}_{20}\text{Ca}^{40}$ の各半球に α 粒子を 6 個ずつ付加することによって形成することができる（図 1.26）。

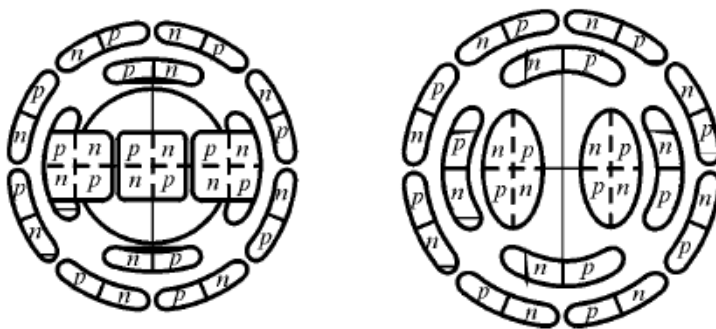


図 1.26. ${}^{44}_{44}\text{Ru}^{94}$ の核の構造

ルテニウムにおける核子の最大数は 108 である。すなわち、その原子核の構成には、22 個の α 粒子の他にさらに 20 個の中性子が含まれている。図 1.26 から見て取れるように、12 個の中性子は上層の 12 個の外側 α 粒子に配置することができ、9 個の中性子はその前の層の α 粒子同士の間、中性子 4 個ずつは各半球に配置することができる。中性子の配置のこれ以外のバリエーションも可能であり、それゆえ、この問題はさらに精緻化されなければならないことに留意する必要がある。

中間に位置する原子核は、ルテニウムの原子核の部分的構造として形成される。 Ca^{40} に極周囲の α 粒子のみが付加される場合には、魔法数 28 を持った完結構造が形成される。その構造の完結形態は ${}_{28}\text{Ni}^{56}$ である。

ロジウム～ガドリニウムの原子核群

両極のそれぞれに α 粒子をさらに 5 個ずつ十字形に付加すると、その次の一連の魔法核が得られる。そのうちの最後の魔法核は ${}_{64}\text{Gd}^{146}$ である。中性子の魔法数 82 に対応する同位体は

$${}_{64}\text{Gd}^{146} = 32\alpha + 18n \quad (1.72)$$

である。その構造を図 1.27 に示す。



図 1.27. ${}_{64}\text{Gd}^{146}$ の核の構造

テルビウム～アクチニウムの原子核群

ガドリニウムの完結構造にさらに α 粒子 12 個を付加すると、中性子の魔法数 126 を持ったその次の完結構造が得られる。ただし、ここでは核子の具体的な配置を追跡することはもはや困難である。トリウムの同位体 ${}_{90}\text{Th}^{216}$ が存在しないという事実は注意を引く。これは、外側核子の凸形の度合いが増大し、それによって結合エネルギーが低下するということによって説明することができる。トリウムに続く一連の元素の原子核の不安定性にも注目すべきである。

1.6. 渦トロイドの励起状態——弱い相互作用

周知のように、一連の元素は放射性崩壊という性質を持っている [33, 34]。

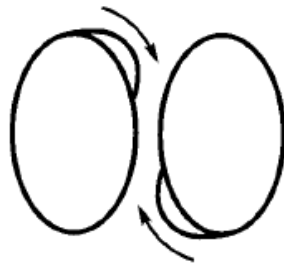


図 1.28. 核子に沿った表面波の進行

らせん渦トロイドの表面が境界層によって周囲媒質から仕切られており、トロイド自体は高密度であることとの関連により、衝撃とパルスの励起が作用したときには、トロイド全体に波動——表面波（横波）（図 1.28）と深部波（縦波）——が伝播するはずである。

表面からの相異なる距離におけるトロイド本体の密度には差があること、また、縦波の伝播速度は横波の伝播速度よりも常に著しく大きいという事実を考慮すると、発生した波は多数の成分を持っており、それらの成分はトロイド本体の内部を互いに無関係にかつ非同期的に移動している可能性があると考えなければならない。

その内部で個別の核子が共通の境界層を通じて互いに結合している原子核内においては、それらの核子のうちの 1 つの表面に沿って進行する横波のエネルギーは他の核子に伝わり、それらの核子内において横波と縦波を励起することになる。

横波は核子の表面に沿って進行しながら、周囲のエーテル中に振動を創出する。振動は周囲のエーテル中を伝播し、高周波電磁放射として感受されることになる。核子の並外れて高い弾性により、それらの振動はきわめて高い周波数—— 10^{18} Hzないし 10^{23} Hz——を持つ（ γ 線）。核子と自由エーテルの密度の差を考慮すると、励起された核による振動エネルギーの外部空間への放出はかなり緩慢に生じ、長い時間、ときには何年間も続くことになり、これが実際に生じていると断定せざるを得ない。

非同期的な波が原子核内を進行するとき、個々の成分の波頂または波底がときおり重なり合う可能性がある。核子を仕切っている 1 つの境界層の範囲内で複数の波頂が重なり合う場合には、それらの核子は互いの間の距離を変化させることになる。

互いに向かい合っている 2 つの核子の表面に沿って複数の波頂が通過する場合には、その瞬間、境界層の厚さが減少する。そして、核子同士の引力と斥力との平衡は境界層がある一定の厚さであるときにのみ存在するのだから、この場合には、斥力が発生する。その斥力の力積が、境界層の厚さを著しく超える距離まで核子同士を引き離すのに十分なほど大きい場合には、その波頂が通過した後、それらの核子は分離された状態となり、電氣的斥力（円周方向の回転による相互作用力）がそれらの核子を互いにさらに大きく遠ざけさせる。

それとは逆に、互いに向かい合っている 2 つの核子の表面に沿って複数の波底が同時に通過する場合には、それらの核子は引き付け合う。しかし次に波底が通過し終わると、境界層の厚さは安定状態における境界層の厚さよりも減少し、それらの核子はやは

り斥力の力積を受ける。

このように、核子間空間中における2つの核子の表面波の複数の波頭の同時出現は、渦トロイド系——核子系——の崩壊、すなわち核崩壊をもたらす可能性がある。

陽子-中性子相互作用の2つの表面の結合エネルギーがおよそ6 MeVであり、 α 粒子1個の結合エネルギーが28.3 MeVであることを念頭において考えると、そのような崩壊の結果、 α 粒子の構成に含まれる個別の核子が分離するのではなく、 α 粒子がまるごとそっくり分離すると予想しなければならない。そして、これこそが α 崩壊なのである。

また、原子核がそれよりも大きな部分に分裂する可能性もある。しかし、その分裂は α 粒子に沿って起こるのではなく、主として α 粒子同士の境界に沿って起こることになる。すなわち、分裂した両方の部分において、 α 粒子はそっくり保存される。もちろん、原子核の構成に α 粒子の他にさらに個別の核子も含まれている場合には、そのような核子が分離することもあり得る。

原子核に沿った波の通過は個別の中性子中における波底の出現ももたらす可能性があり、このことが原子核の健全性、また重要なことに、原子核の境界層の健全性を損なう。いったん引き裂かれるとその境界層は保存されず、必ずしも復活しない。その境界層は引きちぎられ、閉じた状態になり、陥没 [collapse] して1個の独立した粒子になる可能性がある。その粒子内におけるらせん運動の方向は陽子内におけるのと反対であるから、形成された粒子は負の電荷を持った粒子——電子——として感受されることになる。 β 崩壊のメカニズムのあり得るバリエーションはこのようなものである。

原子核が崩壊するとき、あるいは中性子の境界層または核子間の境界層が変容するとき、エーテルの一部は自由状態に移行する。これは質量欠損として感受され、今日、これはニュートリノの形成と関係しているとされている。電子の質量に近い質量を持っているが、しかし円周方向の回転を持っていないそのような粒子、あるいはまた、自らの境界層によって遮蔽されている円周方向の回転を持っているそのような粒子が形成される可能性は否定されないものの、境界層の余剰部分がいかなる粒子も形成することなく、ただ単に自由エーテル中に溶解している可能性にも注意を払わなければならない。この方向での検討は、今までまったくなされたことがない。

ここで述べられている構想によれば、あらゆる元素の原子核の変容の過程において、きわめて多様な形態と質量を持った不安定ならせん渦構造が形成される可能性がある。それらの構造の大部分は安定した構造にはならず、渦巻状態にある残りのバルクが何らかの安定的形態に到達しない限り、変容——分裂（崩壊）、高密度化、再分裂、あるいはエーテル中への単なる溶解——を続ける。一様な初期条件が成立している場合には、その種の諸過程は相対的に一様な進行の仕方をし、このことが中間的形態の安定性という印象を生じさせることになる。それでもやはり、それらすべての中間的形態は安定的形態の粒子——核子およびその境界層——の破片なのであって、物質を構成しているような微視的世界の「素粒子」ではけっしてない。物質はそのような破片からはなっていない。それらの破片は、粒子同士の衝突の結果として、あるいは中性子その他の粒子による元素の原子核に対する衝撃、あるいはその他のそれに類する操作の結果として形成されるものである。遷移形態は任意の数だけあり得るのだから、いわゆる「素粒子」の

種類も任意の数だけあり得る。

原子核がそうであるような複雑なトロイダル渦系の崩壊に関する以上の理解は、弱い相互作用のモデルと一致している。

弱い相互作用の力に関する現代的理解は、放射性原子核の崩壊の安定性という理解をもたらした。不安定同位体の大部分について元素の半減期、すなわち、同位体の初期質量のうち半分の質量が残り、それ以外の半分の質量が別の元素の該当する同位体に転化しなければならない時間が決定されている。

しかし、何人かの研究者の意見によれば、放射性元素の半減期は実際には広い範囲で変化するとされており、このことが弱い相互作用に関する現代理論のいくつかの主張の妥当性に疑念を抱かせる。例えば G.ル・ボンはその著作 [34] において、ベクレルが 1 g のラジウムの存在期間を 10 億年と決定したのに対し、キュリーはそれを 100 万年と決定したと指摘している。ラザフォードはこの物質 1 g の存在期間を 1000 年、クルックスは数百年に限定した。ハイトワイラー [A. Heidweiler] は重量を直接測定する方法により、5 g のラジウムは 24 時間に約 0.02 mg を失うと決定した。損失速度が一樣であるとすれば、その 5 g はその質量 1 g を 137 年間で失うはずである。ル・ボンの実験は、同一の物体の放射能が、その物体が大きな表面上に広がっている場合には著しく増大することを示した。その状態は、供試体の溶液をろ紙でこし、ろ紙を乾燥させる方法で達成される。ル・ボンはその実験の結果、ラジウム 5 g はその質量 1 g を 20 年間で失うという結論を得た。

文献 [33] に引用されている、最も寿命の長い放射体は α 放射体の ^{226}Ra であることを示すデータ（半減期 1600 年）を考慮に入れたとしても、また、いわゆる崩壊系列の存在に注意を払ったとしても、もし何の原因もなしに急速に生じた放射能を持つ物体が遠い過去の地質時代に存在していたとしたら、それらの物体ははるか昔に既に存在しなくなっていたはずであることを示すのは、難しいことではない……。

この事情は、放射能は、物体がある一定の化合物を形成した後にのみ出現するというル・ボンの所説を裏づけているとも解釈することができる。したがって、電子殻の状態が一部の原子核の安定性に影響を及ぼしている可能性がある。

今述べたこととの関連において、不安定核の放射能の起源について次の推測を述べることができる。原子核の物質*は高い弾性と相対的に小さい摩擦損失を持っており、このことによって高い Q 値を持っている。渦は外部媒質からエネルギーを受け取る性質を持っており、それゆえ渦のエネルギー上昇の源泉が常に存在しているのだから、複雑な原子核系は相対的に微小な外部擾乱に対してさえ感受性を持っている。その結果、原子核系の揺動運動のメカニズムが出現し、このことが波動の出現をもたらす。電子殻（エーテルの束縛渦）がダンパーの役割を果たすが、しかし、解離した物質の場合にはそのダンパーは弱化し、その過程は加速する。このように、原子核およびそれを取り囲む電子殻のレベルにおいて自己励起の傾向を持った自動調整過程が生じ、不安定核系においては常にこれが生じていると予想することができる。それゆえ、今後、弱い相互作用の過程を自動調整理論の観点から研究することが有意義となる。

1.7. 元素変換の可能性について

最近まで、元素変換、すなわちある元素の別の元素への変換は不可能とみなされていた。現在、変換 [transmutation] という用語自体は、物理学においては使用されなくなり、主として放射線生物学において使用されている。生体組織内に含まれる放射性核種の変換効果が、放射性核種が持つ生物学的作用の重要な要因となっている可能性があるからである。

古代や中世の錬金術は元素変換を普通のこととみなし、そこでは元素変換と普通の化学反応の区別はされていなかった。錬金術に関する研究者、とりわけフランスの傑出した化学者マルセラン・ベルテロ (1827~1907 年) はその著書『錬金術の起源』(1885 年)、また彼が編纂した古代ギリシア、西欧、シリアおよびアラブの錬金術に関する手稿集 (翻訳、注釈、批評付き) において、元素変換に関する錬金術の考え方を批判している。彼は、錬金術師たちが元素変換を、現実の変換とはいかなる関係も持たない普通の化学反応と誤認していたことを示した。

現代の科学文献においては、化学を含む科学の発展、実験方法論の発展、また哲学における自然の統一性の承認といった面において、錬金術が肯定的な役割を果たしたことは認められているものの、卑金属の貴金属への変換を含め、錬金術師が元素変換を行う能力を持っていたことは完全に否定されている。失敗に終わった錬金術師による多数の金属変換実験は、そのような変換が不可能であることを証明したとみなされている。そして、ロジャー・ベーコン (1214~1292 年) (「実験の父」) やラモン・リュイ (1235~1315 年) のような中世の傑出した学者たちが元素の相互変換の現実性について述べていたことが、かつては常に驚きを引き起こしていた。

しかし、20 世紀における原子物理学の発展は、原理的にはあるが、元素変換が可能であり、しかも様々な変換方法、例えば自然放射能あるいは人工 (誘導) 放射能による方法、複雑な核の破碎あるいは逆に単純な核の融合による方法が存在し得ることを示した。しかし、そこで起こっているのは、高エネルギーの使用を必要とする純粋の核反応であり、「常温」核融合の可能性は今も明確ではない。

エーテル動力学は、元素変換の問題を物質*の構造的組織化の統一性という観点から検討することを可能にする。そこでは、少なくとも 2 種類の変換メカニズムのバリエーションが区別される。

第 1 のバリエーションは、陽子の中性子への変換と中性子の陽子への変換である。

エーテル動力学の命題によれば、あらゆる種類の物質はその基礎において共通の構築材料——エーテル——を持ち、あらゆる原子核は核子——強い相互作用、すなわち核子間の空間中におけるエーテルの圧力低下によって結合された陽子と中性子——のみからなっている。しかも、**中性子とは、勾配を持つエーテル境界層によって取り囲まれた、同じ陽子なのである。**円周運動はそのエーテル境界層内に閉じ込められており、そのため、中性子は電氣的に中性となっている。こうして、過剰な中性子を持つあらゆる元素は、元素周期表のそれ以降の元素に変換するのに必要とされる構築材料全部を持っており、それ以降の元素に変換するか否かは、中性子の陽子への変換が確保されるかどうかにかかっている。

原理的には、陽子が中性子に変換する方法によるそれとは逆の過程も可能であり、その場合には、変換される元素は元素周期表の別の元素、ただし番号がより小さい元素に変換する。

原理的には、核子——陽子と中性子——の数が同じ場合には、変換される原子核の核子の相互作用エネルギーが新たに形成される核におけるよりも小さくなるような仕方で、相異なる元素の同位体の対を選び出すことが可能である。その際には、核子間の結合エネルギーが負であり、それゆえ、より小さいエネルギーを持つ核のより大きいエネルギーを持つ核への変換はエネルギーの放出を伴いながら生じることを考慮に入れる必要がある。

その例として、マンガン-鉄対および鉄-コバルト対のエネルギー：

$${}_{25}\text{Mn}^{56} (489.354 \text{ MeV}) - {}_{26}\text{Fe}^{56} (492.268 \text{ MeV}) - {}_{27}\text{Co}^{56} (486.917 \text{ MeV})$$

を挙げることができる。

ここに見られるように、この鉄の同位体における核子の負の結合エネルギーは、それに対応するマンガンおよびコバルトの同位体におけるよりも大きい。これは、マンガンおよびコバルトの鉄への変換という原子核反応を創出することが原理的に可能であるが、そのためにはあるポテンシャルの閾値を克服する必要があるということを意味している。

自然界には元素周期表のすべての元素が存在しているという事実そのものが、そのような可能性が原理的に存在していることを物語っている。

元素変換メカニズムの第2のバリエーションは、原子核を取り囲む電子殻を通じた原子核に対する作用である。

原子核に対する作用が困難である理由は、もちろん何よりもまず、核内における核子の相互作用エネルギーは化学的相互作用エネルギーとは何桁も異なるという点にある。高エネルギー粒子を用いなければ原子核に作用を及ぼすことはできないという確信は、まさにこのことから生まれている。原子の研究者が取り組んでいるのは、高エネルギー粒子を用いた研究に他ならない。

しかし、実は、これまで科学によって利用されたことのない、さらにいくつかの可能性も存在することを示すことができる。ここでは、その例として、酸素の炭素への変換の可能性について検討することが適切であろう。

現在、植物中におけるクロロフィルの役割は光エネルギーを吸収し、それによって葉の中における化学反応を促進することにあるということは「確定的事実」とみなされている。

また、空気中に 0.03%含まれている炭酸ガスが葉によって吸収され、植物体の構築材料——炭素がその組成に含まれているセルロース（繊維素）——のための基礎を創出しているとみなされている。

CO₂分子の組成に占める炭素の質量はたかだか 30%であることを考慮すると、空気中に含まれる炭素の質量は空気 1 kg（あるいは 1 m³）当たりわずか 0.01%（あるいは 0.1 g）ということになる。このことは、まさにこの炭素量が、木の幹や植物体全体が急激に生長する時期、例えば春季に、そのための構築材料を供給するのに十分な量であるということに疑念を抱かせる。

セルロース分子中には酸素原子 13 個、水素原子 34 個、炭素原子 3 個が含まれる。すなわち、セルロース分子中の炭素の質量は 3% である。木質中にはおよそ 50% のセルロースが含まれ、したがって木質の各 1 kg 当たり 15g の炭素が必要とされる。

植物に風が吹きつけることが、必要量の炭素を植物に供給するための十分条件を創出していると、暗黙のうちに了解されている。しかし、それについては、風というものは主として空気塊の平行移動であるから、例えば南米の大森林においては、炭酸ガスはある場所で森林によって吸収され、別の場所では不十分な量になってしまうのではないかという疑念が生じてくる。

しかも、空気中の炭酸ガス含有量に対する植物の生長の依存性の決定に関する研究はこれまで事実上行われたことがなく、すべては裏づけのない主張に依拠している。逆に、室内植物を大気から遮断するという研究が何人かの研究者によって行われ、その遮断は植物の生長にまったく影響を及ぼさなかったという結果が得られた。

植物が生長するためには水と光が必要であることは良く知られている。もちろん、必要とされる炭酸ガスは根を通じて水と一緒に植物体中に入ってくると推測することが可能であるが、しかしこの方向での研究も事実上存在しない。

それゆえ、伝統的にそうみなされているように、空気中に含まれている、または水中に溶解している炭酸ガスのみが植物に炭素を供給しているというのは、本当にすべてそのとおりなのか、それ以外の何らかの可能性は存在しないのかという疑問が生じてくる。

ところが、原子のエーテル動力学構造に関する検討は、そのような可能性が存在すること、また、炭素だけでなく、セルロースのそれ以外の成分や植物体の構築材料のその他の成分の主たる供給源は、他ならぬ水であることを示している。しかし、セルロースの組成に含まれる酸素と水素は化学的方法で得ることができるとしても、炭素はそのような方法では得ることができない。したがってここでは、水の炭素への変換を可能とするメカニズムが見出されなければならない。

周知のように、酸素の原子核は炭素の原子核とは α 粒子 1 個だけ異なっている。

1 個の α 粒子中における核子の結合エネルギーは 28.3 MeV であり、炭素の原子核内に存在する全核子の結合エネルギーは 92.16 MeV である（便覧による）。このことは、炭素原子中における α 粒子同士の結合エネルギーは $92.2 - 28.3 \times 3 = 7.3$ MeV であるということ、すなわち、 α 粒子同士の各結合当たりでは 2.43 MeV が得られる、あるいは互いに隣接し合っているが、相異なる α 粒子の構成中に存在している各核子対当たりでは 1.215 MeV が得られるということを意味している。

酸素の原子核内に存在する全核子の結合エネルギーは 127.6 MeV である。このことは、酸素原子中における α 粒子同士の結合エネルギーは $127.6 - 28.3 \times 4 = 14.4$ MeV であるということ、すなわち α 粒子同士の各結合当たりでは 3.6 MeV、すなわち炭素の原子核内におけるよりも大きい結合エネルギーが得られるということを意味している。このことは、4 番目の α 粒子が、それがその上に載っている他の 3 つの α 粒子を自分の方へ引っ張り寄せて変形させ、それによってそれら 3 つの α 粒子同士の接触面積を増大させ、しかしそれと同時に、自分とそれらの粒子との接触面積を減少させたということによって説明することができる。それゆえ、4 番目の α 粒子の固有の結合エネルギーは炭素原子中におけるよりも小さくなる、すなわちおよそ 2 MeV あるいはそれ以下にな

る。

α 粒子 1 個の質量は $3.35 \cdot 10^{-26}$ kg である。 α 粒子同士の間の境界層の厚さを 10^{-16} m と仮定し、相互作用エネルギーを 1 MeV ($1 \text{ MeV} = 1.9 \cdot 10^{-19}$ J) とすると、今検討されている場合における強い相互作用の弾性率は

$$k = E/\delta^2 = 1 \cdot 10^6 \cdot 1.9 \cdot 10^{-19} / 10^{-32} = 1.6 \cdot 10^{19} \text{ N/m} \quad (1.73)$$

になるという結果を得る [上式の数字は原文ママ]。また、 α 粒子の平衡状態の周りにおける固有振動周期は

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{3.35 \cdot 10^{-26}}{1.6 \cdot 10^{19}}} = 3 \cdot 10^{-22} \text{ s} \quad (1.74)$$

となる。これは周波数 $3 \cdot 10^{21}$ Hz に相当する。

γ 線の周波数はおよそ $3 \cdot 10^{18}$ Hz であることを思い出そう。言うまでもなく、ここでのすべての計算はきわめて近似的なものである。

4 番目の α 粒子が共鳴周波数で揺動され、境界層の範囲外に出た場合、すなわち、平衡位置から 10^{-16} m 以上離れた場合には、その α 粒子は原子核から飛び出し、原子核内には 3 つの α 粒子だけが残る。すなわち、酸素の原子核から炭素の原子核が形成される。しかし、そのためには、第 1 に、振動励起の周期が共鳴周波数の周期と一致する、すなわちおよそ $3 \cdot 10^{-22}$ s の周期を持つことが必要である。第 2 に、振動中に蓄積されたエネルギーが α 粒子を原子核から脱離させるのに十分な大きさ、すなわち 1 MeV 以上になる必要がある。

既に言及したように、原子核の直径はおよそ 10^{-15} m、電子殻の直径はおよそ 10^{-10} m、ファンデルワールス殻^{〔訳注〕}の直径はおよそ 10^{-5} m であり、それらの内部におけるエーテルの流速同士は、それらの直径の比の 2 乗という関係にある。

上記において示したように、中性子の表面におけるエーテルの流速はおよそ 10^{21} m/s である。これは、エーテルの流速は電子殻の表面では 10^{11} m/s であるが、ファンデルワールス殻の表面ではわずか 10^6 m/s であることを意味している。

光速度で運動している光子の内部におけるエーテルの流速は $c = 3 \cdot 10^8$ m/s 以上でなければならない。このことは、光子細流はファンデルワールス殻によってのみ受け取られることが可能であり、そのとき、光子細流はそのエネルギーの一部をファンデルワールス殻の中に持ち込むということを意味する。

葉はそれに含まれるクロロフィルと同様に緑色をしているので、上記のことは、葉によって受け取られる光子の半周期の長さは $2.6 \cdot 10^{-7} \sim 2.8 \cdot 10^{-7}$ m であることを意味する。エーテル細流のその部分は、同じ大きさの速度を持っているファンデルワールス殻の領域内に入ると高密度化して加速し、その結果、そのエーテル細流の長さはファンデルワールス殻自体の内部で 3 桁ほど縮小し、そのような状態において波が電子殻に伝達されることになる。電子殻内ではエーテル細流の速度は増大し、得られる波頂はさらに高密度化して加速し、今度はその長さをおよそ 10^{-20} m まで、10 桁も縮小させる。

〔訳注〕 「ファンデルワールス殻」の説明は第2部第3章第3.3節でなされている。

その波が α 粒子を突き動かし、それに自分のエネルギーを伝達する。こうして、 α 粒子の平衡位置の周りにおける α 粒子の振動エネルギーに対する光子エネルギーの伝達メカニズムが理解し得るようになる。

光子の1回の振動のエネルギーはプランクの関係式

$$E = h\nu \quad (1.75)$$

から決定することができる。ここで、 $h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ はプランク定数； ν は光子の振動周波数（Hz）である。

緑色光の周波数は $3 \cdot 10^8 / 5.6 \cdot 10^{-7} = 5.4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ である。したがって、光子の各振動がその内に持っているエネルギーは

$$E_{\text{ph}} = 6.6 \cdot 10^{-34} \cdot 5.4 \cdot 10^{14} = 3.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

である。

原理的には、酸素の上部 α 粒子（図 1.24）を揺動させるためには光子の1周期分のエネルギーだけで十分であり、しかも各光子はその内に何百万回もの振動を含んでいる。しかし、エネルギーが空間中で散乱し、1個の原子ではなく、多数の原子群が同時にエネルギーを照射されるため、その過程は時間的に引き伸ばされる。とは言え、いずれにせよ、以上検討してきた酸素原子中における α 粒子の揺動メカニズムは、時間のパラメーターの点でもエネルギーのパラメーターの点でも十分に確保されているという結果が得られる。そしてこれが意味しているのは、植物による水の酸素の炭素への変換は現実であり、植物の生長のための構築材料は、まさにこのようにして供給されることが可能であるということである。

上述したことは I.N.ガルキン [I.N. Galkin]（ベルゴロド州アレクセーエフカ市）による実験によって裏づけられている。彼は植物の葉の部分を大気から遮断し、植物はその生長を止めないだけでなく、植物を取り巻く大気の組成にはまったく依存していないことを証明した。このように、植物は空気を「呼吸」しているという植物学の基本的命題の一つは、大幅に修正されなければならない。

自然界には自然条件下における元素変換方法が多数存在することに疑いはなく、それらを発見することがごく近い将来の課題となる。

1.8. 核異性

多数の α 粒子によって形成されている原子核においては、原子核の表面に多数の凹部があり、その中に中性子が入り込むことができる。原子量の大きい原子の同位体数が原子量の小さい原子の同位体数よりも大きい理由は、まさにこのことにある。そのとき、それに含まれる中性子の数が α 粒子の数（整数）よりも小さい同位体の数だけでなく、それに含まれる中性子の数が α 粒子の数（整数）よりも大きい同位体の数もまた、より大きくなる。

原子量および原子核を形成する中性子の数が増加するにつれて、外側 α 粒子の凸部はますます大きくなる。それゆえ、付加される新たな中性子にとっては、隣接する核子

とそれらの中性子との結界面はますます小さくなり、それに対応してそれらの結合エネルギーもより小さくなる。そのとき、総原子量および陽子・中性子の数は同一になるにもかかわらず、原子核表面の相異なる区域に付加された中性子の結合の仕方が、相異なるものになる可能性がある。ここには、核異性という現象——核子の構成は同一であるが、原子核の形状に違いが生じる現象——が発現している。原子量が増大するにつれて可能な核異性体の数は増加していく。しかし、核異性体の数がある数以上になると、同位体の数も核異性体の数も減少していく。なぜなら、増加してゆく原子核の凹部が、核子の結界面の面積の許容限度を超えた減少をもたらすからである。このことが次の順番の同位体を不安定なものにし、その同位体は存在し続けることができない。

重陽子中における核子の比結合エネルギーは $1.1123 \text{ MeV/nucleon}$ である。これは最小の数字であり、しかも各核子には結界面が 1 つずつしかない。 α 粒子中においては、各核子は結界面を 2 つずつ持っており、しかもすべての核子は 3 つの共通のエーテル流によって束縛されている。第 1 はすべての核子の中心流路を通過するエーテル流、第 2 は α 粒子内部のエーテル流、第 3 はその外部を流れるエーテル流である。

α 粒子中における核子の比結合エネルギーは $7.074 \text{ MeV/nucleon}$ である。複合核内において最大の比結合エネルギーを持っているのは原子量 56 の鉄の同位体である。その構成には α 粒子 13 個と中性子 4 個のみが含まれ、その比結合エネルギーは 8.79 MeV/nucleon である。この原子核では、 α 粒子中の核子の結合エネルギー ($28.29624 \times 13 = 368.85 \text{ MeV}$) に、さらに α 粒子同士の結合エネルギー、および α 粒子の構成に含まれていない中性子と α 粒子との結合エネルギーが追加されている。鉄におけるその追加エネルギーは $492.27 - 368.96 = 123.3 \text{ MeV}$ 、すなわち 2.2 MeV/nucleon である。このような追加エネルギーは、隣接している α 粒子の表面上で互いに向かい合っている核子の表面の数が増加していること、また α 粒子の構成に含まれていない中性子 4 個が追加されていることによって説明される。しかし、この追加エネルギーは不均等に分布しており、原子核内部に存在する核子の表面のみにおける増分に相当する。核子の外側表面は結合エネルギーの増分を与えていない。

原子核内の核子数が増加すると、それと同時に外部表面の凸部が増大し、このことが追加される新たな核子の接触面積を減少させる。核子の表面における凹部の数も増加し、それらの凹部には新たな核子が位置を占めることができる。原子核の原子量が増大するにつれて新たな同位体の数が増加するのは、まさにそのためである。同位体数はヘリウムとリチウムにおいては 5、重い原子核においては 16~18 に達しているが、原子量 180 以上の原子核においては同位体数は減少し始める。この最後の点は、原子核の表面の凸部の増大は核子の結界面の面積を減少させ、安定的な核構造を創出することを不可能にするということによって説明される。

原子核の表面における凹部の数の増加は、いわゆる核異性をもたらさなければならない。そこでは、新たな核子が原子核の表面の相異なる場所に位置を占めることにより、同一の構成の核子が原子核の相異なる形状を形成することができる。それらの核子の結合エネルギーは、わずかではあるが互いに異なったものになる。原子核自体もまた、原子核から出るエーテル流の形状のおそらくそれほど著しくはない違いという点で、また、それでもやはりその結果として生じる物理的・化学的性質の若干の違いという点で、相

異なったものになる。

その例としては、原子量 28 で 7 個の α 粒子からなるケイ素の原子核を挙げることができる。ここでは 3 つの構造があり得る。(1) 4 つの α 粒子からなる酸素の原子核に、その赤道に沿って α 粒子 3 個が付加されている；(2) 酸素の原子核の赤道に沿って付加されている α 粒子は 2 個のみで、3 番目の α 粒子は両極のうち一方に位置している；(3) 赤道上に位置している α 粒子は 1 個のみで、しかも、その α 粒子は酸素の原子核表面の様々な区域において様々な方向を向いていることができる。残りの α 粒子 2 個は両極上に位置している。これらすべての構造バリエーションが持つ物理的性質は若干相異なったものになる公算がきわめて大きい。中性子が原子核表面の様々な場所に付加されることを考慮すると、核異性体のバリエーションの数は、ケイ素だけで数十に達することになる。

核異性体は相異なる安定性（特に外部作用に対する安定性）を持ち、原子核の全体的構成を変えることなく、相互に変換し合うことが可能であると予想することができる。核異性体の再編成の全体的傾向は、核子の比結合エネルギーを上昇させる方向に進んで行かなければならない。

結 論

1. 気体のらせんトロイダル渦の性質と陽子の性質の比較は、陽子をエーテルのらせんトロイダル渦として解釈し、また、中性子をそれと同じ渦、ただし、厚さがおよそ 0.1 fermi の追加的な境界層——この境界層内においてはトロイダル運動は弱化し、円周運動は事実上完全に消滅している——によって取り囲まれている渦として解釈することが可能であることを示している。陽子表面におけるエーテルの並進運動速度は光速度を大きく上回り、およそ $1.15 \cdot 10^{21}$ m/s である。陽子の壁の内側表面におけるエーテルの移動速度はそのさらに 400 倍である。

2. 陽子の磁場は、その陽子が周囲空間に創出するエーテルトロイダル流の並進速度として解釈することができる。陽子の電場は、その陽子の周辺におけるエーテルの円周運動として解釈することができる。電場の極性とは、エーテルのトロイダル運動に対する円周運動の方位、すなわちエーテルのらせん運動の符号である。

トロイダル渦の磁気モーメントは、トロイダル渦の速度の 2 乗に表面積、陽子の半径および陽子の周囲のエーテルの密度を掛けた積として定義される。電荷は、媒質の密度の円周運動の循環にトーラスの表面積を掛けた積として定義される。

3. 強い相互作用は、隣り合う核子同士の間の境界層内の圧力が低下し、原子核の外側に掛かるエーテルの圧力によって核子が互いに押し付け合う結果として解釈することができる。それらの圧力の差は $2 \cdot 10^{32}$ Pa である。これは、恒星内部の圧力を含め、既知のあらゆる圧力を著しく上回っているが、自由空間内におけるエーテルの圧力 ($1.3 \cdot 10^{36}$ Pa) に対しては小さい値である。

4. 現在存在する原子核モデルは原子核のいくつかの性質を記述しているが、実際には抽象化された数学的モデルであり、原子核の構造についても、核内相互作用の物理的本質についても、いかなる理解も与えていない。開発された陽子、中性子および原子核

のエーテル動力的モデルは、核子自体の構造、原子核の構造および核内相互作用の物理的本質を解明することを可能にする。

5. 原子核は、境界層を通じて結合し合っている核子——陽子と中性子——のみの総体とみなすことができる。複雑な原子核の基礎的構造は α 粒子であり、その結合エネルギーは4つの核子に共通するエーテルの中心流によって強められている。開発された原子核の α 粒子モデルは核子同士の結合の構造的特徴を考慮しており、原子核の構造の基本的特徴——構造、中性子の魔法数、スピン、等々——を説明することを可能にする。

6. 原子核内における核子の結合エネルギーの増分の周期的（核子1個おきの）変化は、核子同士の結合面の数の変化および核子の表面の形状（曲率）の変化の結果である。

7. 弱い相互作用は、核子内における非同期的な表面波の進行の結果として解釈することができる。その非同期的な表面波は周囲エーテル中において波動擾乱を創出し、その擾乱が電磁放射として感受される。複雑な原子核の崩壊は、核子間層内において波動が重なり合ったとき、原子核の諸部分がばらばらな方向に運動する結果として解釈することができる。

8. 同じ同位体の複雑な原子核は核異性の性質を持つ場合がある。これは、核子の構成が同じであっても、それらの核子は相異なる構造を持つことができるためである。

9. 自然界においては元素変換が連続的に自然に生じている。

第2章 原子物理学

……完全流体, すなわち粘性 (あるいは流体摩擦) をまったく持たない流体中における渦運動の法則に関するヘルムホルツの素晴らしい発見は, ヘルムホルツの渦環こそが唯一真の原子であるという考えを必然的に呼び起こす。

ウィリアム・トムソン (ケルヴィン卿) [1]

2.1. 原子物理学・量子力学形成小史

世界と物質の構造という問題を解決しようとする試みは太古の昔にもなされていたが, その試みに関する情報は現代の我々にはほとんど伝えられていない。我々は伝統的に, 原子論の創出の最初の試みは古代ギリシアにおいてなされたとしている [2~5] が, 実際には, その試みはそれより何千年も前からなされていた。

古代世界における原子論的理解はエーテルに関する理解と相互に関係していた。しかし, エーテルに対しては一般的な抽象的性質が帰せられていたのに対し, 原子に対しては既に具体的な, 物体に固有のいくつかの特性が帰せられていた。

シチリア島アクラガス生まれのエンペドクレス (紀元前 490~430 年) は, 我々を取り囲む世界を一般化された理論体系にもとづいて説明しようとした。エンペドクレスの理解においてきわめて重要なのは, 当時知られていた 4 種類の元素——「土」(固体), 「水」(液体), 「空気」(気体) および「火」(エネルギー) ——から, きわめて微小な「破片」が形成されるとしていたことである。それらの「破片」は結合することができ, それによって様々な物質を得ることができる。エンペドクレスは「隙間」, 「対称性」, 「選択的神話性」という観念, すなわち, 「破片」の結合能力を反映した, 「破片」の想定される様々な構造に関する理論的モデルを提唱した。実際, いたるところに溶け込んでいるエネルギーという理解を最初に導入したのはエンペドクレスであった。後世, この理解は「熱素」——その存在が物体における温度の存在をもたらしているもの——という考え方の提唱者たちによって利用された。古代ギリシアの哲学者アナクサゴラス (紀元前 500~428 年) はエンペドクレスの命題を発展させ, *homoeomeria*^[訳注]——「万物の種子」という学説を提唱した。彼は, その「万物の種子」は質も量も無限であり, それぞれの元素もまた無限な量のより微小な粒子からなっていると考えていた。

自然科学的知識の発展にとっては, きわめて微小な物質粒子の存在に関する理解の具体化がとりわけ重要な意味を持っている。レウキッポスとデモクリトスは原子の概念を定式化し, それを具体化した。彼らの学説は物質*の構造に関する理解を新たな発展段階に引き上げた。

レウキッポス (紀元前 500~440 年頃) とデモクリトス (紀元前 460~370 年頃) は, 彼らの先人たちの見解に依拠して原子論を創始した。彼らの見解によれば, 原子は相異

[訳注] 古代ギリシア語の“*homoeomeria*” (ローマ字での表記の仕方は数種類ある) の意味については, 「元素あるいは第一原理における同質である状態あるいは質」, 「諸部分の類似性・同質性」といった説明がされている。

なる形状と大きさを持つことができ、このことが原子同士の多様な結合の可能性を決定づけている。物質中における原子の秩序と配置、すなわち物質の構造は互いに著しく異なったものになることができる。多様な原子の様々な組み合わせのおかげで、限りなく多様な物質が形成される。アナクサゴラスとは異なり、レウキッポスとデモクリトスは、原子の運動は原子の存在の仕方として、原子に最初から備わっている性質であるとみなしていた。

デモクリトスの原子は、**切断不可能な**（「分割不可能な」ではない！）、永遠に存在する物質*的形成物である。原子は、その形状、空虚な空間中における配列秩序と位置、大きさ（これはそれらの重さに依存する）の点で互いに異なっている。原子には凹凸がある。原子が自然に接近し合うことにより、原子の「渦」から世界全体が形成される。しかし、原子自体は真に分割不可能な粒子であるアーメルからなっている。VI.レーニン
はデモクリトスの唯物論を高く評価し、哲学史における唯物論的伝統を彼の名前で表した（「デモクリトスの系譜」）。

原子物理学がそこに源を発している科学における最も重要な出来事は、電子と放射能の発見であった [6]。1897 年、イギリスの物理学者 J.J. トムソンは陰極線に含まれる負荷電粒子の電荷の比を測定し、その結果にもとづき、また金属が強く加熱されたときや光を照射されたときに電子を放出する事実にもとづき、あらゆる原子の構成には電子が含まれているという結論を下した。電子と放射能の性質に関する研究結果は具体的な原子モデルを構築することを可能にした。J.J. トムソンが 1903 年に提案したモデル [7~9] においては、原子は、その中に負に荷電した電子が散らばっている、正に荷電した球面の形でイメージされていた。トムソンのモデルは原子による光の放出、吸収、散乱といった一連の現象を説明していたが、原子による α 粒子の散乱に関する E. ラザフォードの実験結果を説明できないことが判明した [10]。

ラザフォードの実験は、 α 粒子束が物質の薄層を通過したとき、ごく一部の α 粒子が 90° 以上の角度に逸れていたことを示した。ラザフォードによって原子の惑星モデルが提案され、物理学にはこのモデルが現在まで存在している [11]。このモデルによれば、原子の中心には直径 $10^{-13} \sim 10^{-12}$ cm の正に荷電したきわめて小さな核があり、ちょうど惑星が太陽の周りを回転しているように、その核の周りを電子が軌道に沿って回転しており、その結果、原子全体の大きさはおおよそ 10^{-8} cm となっている。ラザフォードが考案したモデルは一連の問題を解決することを可能にしたが、間もなく原理的な困難に突き当たった。その困難とは、いわゆる「古典的」原子理論によれば、電子は軌道に沿って回転するとき加速を受けてエネルギーを放出するため、エネルギーを失って原子核に落ち込まなければならないということであった。しかし、そのようなことは生じていない。

原子の力学的惑星モデルには、いわゆる「古典的」電気力学理論がもたらしたとされているような矛盾は、実際には含まれていなかったことを指摘しなければならない。もし電子が実際に円軌道に沿って回転しているとすれば、そのときに電子が受けるのは縦方向ではなく、横方向の加速であり、その場合、エネルギーは与えられも受け取られもせず、それゆえ、何かを放射する必要はまったくない。生じた矛盾は、「古典的」電気

力学理論の不十分さを物語っているにすぎないのである。にもかかわらず、このことに注意が払われたことはない。

上記の状態の打開策を提案したのはデンマークの物理学者 N.ボーア [12~14] であった。彼は定常軌道（「許容された」軌道）が存在すること、そして電子がある定常軌道から別の軌道に遷移するとき、原子は光を放射をし、その放射の周波数はそれらの軌道における電子のエネルギーの差に比例することを公準として定めた。ボーアの理論はラザフォードの惑星モデルの基本的矛盾を解決することを可能にした。

量子論のそれ以前における様々な成功と同様、ボーア理論の成功は理論の論理的一貫性を犠牲にして得られたものであった。一方ではニュートン力学が利用されていたにもかかわらず、他方ではニュートン力学とは無縁な、しかも古典的電気力学と矛盾する人為的な量子化規則が導入されていた。

1922 年、光が粒子性を持っている証拠が A.コンプトン [15] によって得られた。彼は、光の散乱が光子と電子の弾性衝突の法則に従って生じていることを実験的に示した。そのような衝突の運動論はエネルギー保存の法則と運動量保存の法則によって決定され、その場合には、光子にはエネルギーとともに、運動量

$$p = h\nu/c$$

（ここで、 ν は光波の周波数； c は光速）もあるとしなければならない。

光子のエネルギーと運動量は、普通の力学において成立する関係式 $E = cp$ によって結び付いている。

こうして、光は既知の波動的性質——干渉と回折——と並んで、粒子的性質も持っていることが実験的に証明された。すなわち、光はあたかも粒子——光子——からなっているかのようである。ここには、光の二重性、複雑な粒子的・波動的本性が現われている。その二重性は既に $E = h\nu$ という公式自体のうちに含まれている。なぜなら、公式の左辺には粒子のエネルギーが、右辺には波動の周波数が置かれているからである。形式的矛盾が生じた。ある現象を説明するためには、光は波動的本性を持つとみなし、それとは別の現象を説明するためには、光は粒子的本性を持つとみなさなければならなくなった。その本質という点では、この矛盾の解決こそが量子力学の基礎の創出をもたらした。

1924 年、ルイ・ド・ブロイは 1913 年に N.ボーアが公準として定めた原子軌道の量子化条件の説明を見出そうと試み、粒子と波動の二重性の普遍性という仮説を提唱した [16]。ド・ブロイによれば、それぞれの粒子に対して、その粒子の本性とは関わりなしに波動を対応させなければならず、その波長 λ は粒子の運動量 p と関係式

$$\lambda = h/p$$

によって結び付いている。

この仮説によれば、光子だけでなく、すべての「普通の粒子」（電子、陽子、等々）も波動的性質を持っており、それらの性質が、特に回折現象に現れているはずである。1927 年、C.デビッソンと L.ガーマーは電子の回折を初めて観測した [17, 18]。それより後、波動的性質はそれ以外の粒子においても検出され、ド・ブロイの公式の妥当性が

実験的に裏づけられた。しかし、波動のそれ以外の性質——干渉——は物質素粒子においては得られなかったため、粒子を波動と並置して関連づけることはかなり暫定的な取り扱いであることが判明した。

1925年、ハイゼンベルクは、そこでは電子の座標と速度の代わりに抽象的な代数的量——行列——が取り上げられ、その代数的量と可観測量——エネルギー準位および量子遷移強度——の関係は単純な規則によって与えられる[19]という、形式的なスキームを構築することに成功した。

量子力学にはパウリの原理（1925年）という形での補足が加えられた。それによれば、原子中における各電子状態には1個の電子のみが存在することができる[20~23]。

1926年、M.ボルンはド・ブロイ波の確率論的解釈を与えた[24]。彼はド・ブロイ波を「確率波」と解釈する、すなわちそれに純粋に数学的な解釈を与えることを提案した。それと同じ1926年、E.シュレーディンガー[25, 26]は外力場中におけるそのような「波」の挙動を記述する方程式

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E - U)\psi = 0$$

を提案した。

この方程式は力場における点質量の挙動を反映しているが、その質量の運動は、それまで普通そうされていたように座標中においてではなく、全エネルギーとポテンシャルエネルギーの変化の中で表されている。量子力学の創始者たちの考え方によれば、関数 ψ によって表されるそのような質量の集団は、空間中におけるそのような複数の要素質量の集団的特性、すなわち媒質の密度をもはや反映しておらず、「空間の当該地点に粒子が存在する確率の密度」である。こうして「波動力学」が生まれ、しばらくするとこれが量子力学と同一視されるようになった。シュレーディンガーの波動方程式は非相対論的量子力学の基礎方程式となっている。

原子物理学は、W.ハイゼンベルクとM.ボルン（ドイツ）、E.シュレーディンガー（オーストリア）およびP.ディラックを創始者とする量子力学の方法によって開発された。ミクロ粒子の運動に関する量子力学の理解は古典的理解とは根本的に異なっている。量子力学の信奉者たちの考え方によれば、微視的世界の諸現象は、それらが量子化されており、離散的、すなわち非連続的であるのに対し、巨視的世界の諸現象は量子化されておらず、連続的であるという点で、巨視的世界の諸現象とは原理的に異なっている。

量子力学によれば、電子は剛体球のように軌道に沿って運動しておらず、単一の統一体のように作用するにもかかわらず、空間全体の中に分布している。空間中では、電子はある一定の周波数と波長をもった平面波のように分布している。粒子としての電子のエネルギーはその周波数と関係づけられており、表式 $E = h\nu$ によって決定される。

シュレーディンガー（1926年）が示したところによれば、原子中における電子の安定的運動は定在波に対応しており、異なる地点におけるその波の振幅は相異なっている。そのとき、振動系としての原子中においては、一定のエネルギーと角運動量の値および原子中における電子の磁気モーメントの射影を持つ、ある「選ばれた」運動のみが可能である。原子の各定常状態は、原子中における電荷密度の分布を特徴づける波動関数 ψ

によって記述される。この波動関数には空間の当該地点に電子が出現する確率の密度の値が帰せられているが、その際、その過程をもたらしているいかなるメカニズムも示されていない。

その後、これらの着想は発展させられ、補足されたが、本質的には変化することなく今日まで残っている。

整然とした数学的道具立てを備えた首尾一貫した理論としての量子力学の最終的な形成は、不確定性関係が定式化されているハイゼンベルクの著作[19]が1927年に発表された後になされた。不確定性関係によれば、電子の座標と運動量は、絶対的精度で同時に決定することは原理的にできない。

1928年、P.ディラックは外力場中での電子の運動を記述する相対論的方程式を定式化し、この方程式が相対論的量子力学[27]の基礎方程式の1つとなった。ディラック方程式とシュレーディンガー方程式の基本的な違いは、前者においては物質*の内部エネルギーが(相対性理論の理解に従って)考慮されており、 ψ 関数自体が複雑な形の共役関数で表されていることである。ディラック方程式は分光学者たちが実験的に得た公式を理論的に基礎づけるとともに、1個の電子のみを含んでいる系に関する量子力学のいくつかの問題を解決することを可能にした。ディラック方程式は陽電子の存在を予言することを可能にしたが、実は、それをいくつかの新たな仮説を導入する方法で行われ、それらがさらなる困難をもたらした。陽子が発見された後、ディラックは理論を発展させた。その理論はあまり容認し得ないような一連の仮定を含んでいるものの、多数の実験事実を見事に説明(実際には、記述)している。

ディラックの理論の基本的命題は、彼自身がコペンハーゲン学派の他の代表的物理学者たち(ボーア、ハイゼンベルク、パウリ等)とともに堅持していた理論物理学の構築原理と著しく矛盾していることに注目したい。ディラックは自らの理論をある一定の物理的描像と緊密に結びつけていたために、この学派の原理を受け入れる可能性という事実それ自体は否定されていたのである。しかし、もしその物理的描像がなかったとしたら、ディラックは自らの理論を構築することができなかったはずである。

ディラックは「電子-陽電子の真空」モデルを提案した。このモデルでは、空間の各地点には電子と陽電子が「仮想的な」状態で存在しており、それらは対でのみ出現し、消滅することができる。対の生成は、光子エネルギーの作用の下で生じることができ、また、**仮想的に**生じることでもある。後者の場合、電子-陽電子対は短時間存在した後、すぐに消滅する。真空自体は光子の真空として、電磁場の最低エネルギー状態として定義されている。

真空のそのような理解に伴う主な難点の1つは、ディラックの見解によれば真空として出来ている「電子のゼリー」は、幾何学的空間を密に満たしていなければならない、そのこととはある意味でエーテル仮説を復活させることになり、これはアインシュタインの特殊相対性理論の命題との矛盾に陥ってしまうということである。

量子力学は短期間のうちに幅広い範囲の現象に適用されて成功を収めた。原子分光學、分子構造、化学結合、メンデレーエフの周期系、金属電気伝導および強磁性に関する理論が創出された。いかなる物理モデル的理解も与えられなかったにもかかわらず、これらの現象やその他数多くの現象が定性的に理解し得るものになった。

しかし、非相対論的量子力学のそれ以降の発展には、物理現象の本性に関する明確な決定論的理解から確率論的理解への交替が結びついていった。古典力学とは異なり、あれこれの事象の確率を決定することが量子力学の方法による課題解決の目的となった。これにより、事象の物理的本質の解明の可能性そのものが、もはや完全に排除された。

2.2. 量子力学の哲学のいくつかの特徴について

量子力学の方法が収めたあらゆる成功、そしてそれらの方法に対する一般的承認にもかかわらず、量子力学全体は誤解の上に成り立っていると断言しなければならない。何人かの研究者、例えば T.A.レベデフ教授 [28] がこのことに注意を向けている。

何よりもまず、物理量が量子化されていることは微視的世界のみの性質であるという主張は誤りである。実際には、粒子的性質と波動的性質を同時に示している現象と同様に、量子現象は巨視的世界にも多数存在している。

普通の海の波は船に対して相異なる作用の仕方をする——船の長さが波より小さい場合は波として、大きい場合は粒子として。船は前者の場合は波の上で揺れ、後者の場合は衝撃を受ける。

進行する船の航跡はいわゆる「カルマン渦列」——チェス盤状に配置された渦状形成物——となっている。同じ列の渦の中心同士の間の距離は波長と解釈することができるが、それぞれの渦はバルクを持っており、それゆえ、渦は粒子と解釈することができる。

言うまでもなく、普通の波は、量子力学がそうするように、確率論的相関性の観点から検討することができる。しかし、それは技術的実践の場ではなされない。その必要性がないからである。技術的実践の場において確率論的アプローチにもとづいた統計的評価が適用される場合には、それはデータ処理の便宜を理由としてなされるのであって、自然自体が持つ確率論的構造という条件に従ってなされるのではない。

プランクの関係式 $E = h\nu$ は光子に当てはまるだけではない。それとまったく同様の関係式が、その総エネルギーがその直径とそれらの間の距離に比例している気体渦および気体渦系にも当てはまる。

ボーアの公準は、電子には「許容された」エネルギー準位に対応する定常軌道が存在することを主張している。さらに、放射周波数は、対応する「許容」軌道における電子のエネルギー差に比例していることが判明した。量子力学によれば、そのような軌道となるのは、そこにおける電子の角運動量が $h/2\pi$ の整数倍の値となる軌道のみである。これらの公準は後に実験的に裏づけられた。しかし、そもそもそのような軌道が存在するのはなぜなのか、またあれこれのエネルギー準位は誰によって許容されたのかという疑問が生じてくる。

それゆえ、量子力学における抽象数学的アプローチはその長所ではなく、短所であると断定することができる。ラザフォードの惑星モデルが困難に突き当たったのは、古典理論によれば、電子は原子核の周りを運動するとき、すなわち加速運動するときには、電磁エネルギーを連続的に放射して原子核に落ち込まなければならないが、実際にはそれは生じていないためであるとみなされている。惑星モデルの2番目の難点は、電子が放射する光は電子が原子核に近づくにつれてその周波数を増大させるはずであるが、実

際には、電子は完全に決定された周波数の電磁振動を発しているという点にあるとされている。その放射スペクトルは線形であること、すなわち厳密に決定された周波数を持っていることが判明し、そこにおける一連の法則性が確認された。それらは惑星モデルと矛盾していた。しかし、以上のような見方は、一般に認められている見方ではあるが、これもまた誤解にもとづいている。

何よりもまず、その1番目の結論は、もしいわゆる「古典理論」が、電子は原子核の周りを回転するとき、何かを放射しなければならないということを実際に予言しているのであれば、その理論は誤っていると言っているにすぎない。もちろん、電子は軌道に沿って運動するとき、加速度を持っている。しかし、その加速度は縦加速度ではなく、横加速度、向心加速度なのである。縦加速度の場合には、速度が変化し、そのために加速される物体にエネルギーを投入するか、または物体が減速するときはエネルギーを奪う必要がある。これは、波動がその中を伝播する周囲媒質が、エネルギーを投入または奪うことによって行うことができる。周囲媒質が存在しないのなら、電子が加速または減速する原因も存在しない。これはただちに惑星モデルの不完全性を意味することになる。しかし、向心加速度の場合には、速度とエネルギーは一定に保たれており、したがって電磁波を吸収あるいは放射するいかなる原因も存在しない。上記の矛盾はこじつけられたものであり、惑星モデルの欠陥を示す証拠として提示されてはならなかったのである。

惑星モデルの2番目の欠陥について言えば、確かにその欠陥は存在するが、しかしそれを解決するためには、量子力学がやったように、しかるべき公準を導入するという抽象数学的アプローチでは不十分である。それらの公準は、それらによって言い表されているもののいかなるメカニズムも提示しなかったからである。

何よりもまず、微視的世界の内部現象に関するいかなる物理的理解も存在しないことが、それらの内部現象を事実上予測可能性の乏しいものに行っているという点を指摘しなければならない。量子力学が成功したのは「天才的な洞察」、でっち上げられた「原理」、そして多数の公準のおかげであるが、それらの根拠づけにはまだ改善の余地がある。

量子力学は既に70年以上存在しているのだから、シュレーディンガー方程式にもとづく ψ 関数の計算といった量子力学の標準的メカニズムがとうの昔に開発され、すべての原子と大部分の分子に関する ψ 関数が既に考案されていることを期待できたはずである。現実には、そのようなものは今もなお存在していない。 ψ 関数は比較的単純な場合に関してしか計算されておらず、それから先は ψ 関数の計算の難しさに対する数多くの嘆きの声が続くばかりである！

量子力学のすべての予想が的中したと言うには程遠いのが実情である。例えば、すべての微視的対象物が粒子と波動の二重性という「普遍的」原理に従っているわけではない。核力の性格、弱い相互作用の本性、その他沢山のことに關する理解が完全に欠如している。これらすべてのことは、量子力学の方法は既にかかなりの程度まで自らの力を使い果たしており、その進路を進んだ場合、物質*の深奥へさらに前進することはおそらくできないであろうということを物語っている。そしてこれらすべてのことは、量子力学が微視的世界の現象の内部に何らかの物理的メカニズムが存在する可能性自体を否定し、抽象数学をもって物理的本質に代えたことに起因している。

現代自然科学全体と同様、量子力学の上にもアインシュタインの特殊相対性理論が不吉な影を落とし、エーテル——ミクロ粒子およびあらゆる種類の力場と相互作用の構築材料——を取り扱う可能性を量子力学から奪った。その構築材料の存在の否定が、内部構造と相互作用のメカニズムを研究する可能性を微視的世界の研究者たちから奪ったからである。

量子力学の命題は実験的に裏づけられているとみなされているにもかかわらず、量子力学は、それらすべてがそのように生じるのは**なぜなのか**、エネルギーの量子化のメカニズムはどこにあるのかという疑問に答えられる状態にはない。量子力学はもっと単純な疑問、例えば各原子中における電子の負電荷が原子核の正電荷と正確に等しいのはなぜなのか、あるいは完全に電離した気体が間もなく再び電氣的に中性になるのはなぜなのか、各原子において電子はどこから再び現れるのかという疑問にも答えることができない。

量子力学の創始者たちとその追従者たちは、原子の内部メカニズムを検討から除外し、確率論的理解をもって原子内メカニズムに代え、ラザフォード-ボーアの惑星モデルそれ自体の不十分性に関する問題を一度たりとも設定したことがない。

当時の古典力学の理解を様々な形で利用している原子の惑星モデルの欠点は、原子理論において抽象数学的方向が発展し始めるという事態をまねいた。量子力学の創始者たちによってその方向が「革命的方向」として描き出され、それが量子力学の創出をもたらした。

物理的真空、すなわち空虚ではない空虚という理解、あるいは「真空」という言葉は無意味なことを意味しており、量子力学とその延長領域——場の量子論——がまったく答えを与えることのできない様々な問題を引き起こしている。そこでは発生した粒子がただちに消滅するという真空中における粒子の「仮想的」状態とは、そもそもいったい何なのか？「ただちに」とは何なのか？それらすべては何マイクロ秒後に、そして1秒間に何回生じるのか？そのような「仮想性」のメカニズムはどこにあるのか？真空が物理的過程に関与するメカニズムはどこにあるのか？

しかし、主要問題であり続けているのは、電子から原子までの物質*的形成物に関する問題、真空の構造に関する問題、そして、構造と過程の物理的本質を完全に無視した数学的抽象にもとづいたのでは物理学者がいかにも対処することのできない、原子現象に関する問題である。

量子力学の方法を用いることによって、原子物理学と分子物理学に生じている多数の課題を解決することはできない。量子力学は微視的世界の現象の認識手段として、最初の頃には一定の成功を収めることができたとは言え、量子力学の方法はその力を既に事実上使い果たしており、それゆえ、微視的世界に関する科学の現状を満足すべきものとみなすことにはいかなる根拠もない。

量子力学は、粒子は無構造であり、粒子がその性質——磁気モーメント、電荷、スピン等々の存在——を持っていることにはいかなる原因も存在しない、粒子は点状であり、大きさを持たないという考え方を唱えている。そしてこの状況がエネルギー論上のパラドックスを引き起こしているにもかかわらず、どうしたわけか、誰もそれに当惑していない。まだ1911年という時期にラザフォードによって考案された初期の原子の惑星モ

デルが最初の頃に収めた成功に、疑いの余地はない。しかし、その限界性によってきわめて多数の矛盾をもたらしたそのモデルを疑問視する者は誰もいない。結局のところ、具体的な構造と相互作用メカニズムを解明する代わりに、すべては純粋に外的な、きわめて皮相な記述になり下がってしまい、このことが過程の確率論的評価のみの検討へと導いた。事態は、微視的世界の現象におけるあらゆるメカニズムの存在の可能性という事実自体が否定され始め、微視的世界の現象における因果関係も否定され、それによって人間の認識の可能性に対する原理的制限が課せられるところまで至った。

量子力学は、具体的な原子内過程の計算に適用される有益な方法論として物理学のうちに残しておくことができる。しかし、量子力学の哲学全体が修正されなければならない。

2.3. 量子力学の方程式の流体力学的解釈

様々な条件と媒質中における原子と分子の挙動を解明するためには、普通、量子力学の法則を知っていれば十分であるとされている。その際には、シュレーディンガーの波動方程式 [25, 26] によって記述される動力学系のエネルギー状態という概念が用いられる。

周知のように、シュレーディンガーの動力学系は、その目的と記述方法という点でニュートン、ラグランジュおよびハミルトンの動力学系とは異なっている。ニュートンの方程式は、所与の初期状態を持つ系における粒子の座標と速度の精密な値を計算することを可能にする。ラグランジュは複雑な多変量系を計算するため、一般化座標の方法を用いて系の運動方程式を立てることを提案した。ハミルトンは変分法を開発した。この方法により、運動軌道のすべてのバリエーションの中から最適軌道を見出すことができる。シュレーディンガーはそれらとは別の方法を提案した。すなわち、系の座標を決定し、微視的世界の量子的対象物のあり得る動力学諸量を見出す目的で適用することのできる何らかの座標と時間の関数（運動量や速度ではない）を、その系に関して計算するという方法である。シュレーディンガーが発展させた数学的形式主義と彼が導入した波動関数は、量子力学とその応用領域のための最適な数学的道具立てであるとみなされている。ボルの解釈においては、その関数は系の座標を決定し、あり得る動力学諸量を見出す目的で適用することが可能であるとされていた。しかしその後、そのようなタイプの動力学方程式を用いた場合、系の古典論的挙動の精密な記述を期待することはできないとされるようになった。言い換えれば、系の挙動の記述において量子力学の方法によって達成することのできる精密度は、ハイゼンベルクの不確定性原理によって制限されているのである [19, 29~31]。

シュレーディンガーの波動関数といくつかの追加的な仮説を適用することにより、波動関数、シュレーディンガー関数あるいは確率振幅関数と呼ばれる座標と時間の関数を決定することができる。波動関数の絶対値の 2 乗は所与の系の座標の分布の確率密度と解釈されている。方程式が波動方程式と呼ばれているのは、それが古典力学の波動方程式との類似性を持った 2 階微分方程式であるからである。その類似性は単なる形式

的意味しか持たないとみなされており、そのため、これに対しては注意が払われていない。

しかし、一部の研究者は量子力学の命題に対してはいくつか別の解釈があり得ることを発見した。例えばエディントン¹⁾は、波動または波束によって表される粒子の質量を、波動関数に直接帰せられる密度を名目上無限大の波面全体へ分解した上で、3次元空間全体にわたって積分した結果として定義するやり方を考え出した。このように、この場合には、波動関数は何らかの媒質の普通の物理的密度として解釈されている[32~34]。

シュレーディンガー方程式は質量 m の粒子の普通の振動を記述していることに注目すべきである。実際、シュレーディンガー方程式は次の形を持っている。

$$\Delta\psi - \frac{8\pi^2m}{h^2}(W - U)\psi = 0; \quad \psi = \psi_0 e^{2\pi Wt/h} \quad (2.1)$$

ここで、 W は系のエネルギー； U は粒子の位置関数としての系のポテンシャルエネルギー； m は粒子の質量である。

1軸の場合には、シュレーディンガー方程式は次の形を取る。

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} - \frac{8\pi^2m}{h^2}[W - U(x)]\psi = 0 \quad (2.2)$$

この式は関数の振動の振幅を反映している。

振動子の場合には、ポテンシャルエネルギーは次式によって決定される。

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2 = 2\pi^2mv^2x^2 \quad (2.3)$$

ここで、 v は振動数； $k = 4\pi^2mv$ は系の弾性率である。[この $k = 4\pi^2mv$ および(2.4)第2式右辺の v は正しくは v^2 と思われる。]

$$\lambda = 8\pi^2mW/h; \quad a = 4\pi^2mv/h \quad (2.4)$$

と表すと、

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} - (\lambda - a^2x^2)\psi = 0 \quad (2.5)$$

が得られる。

(2.5)を解くと、次式が得られる。

$$\lambda = \left(n + \frac{1}{2}\right)2a; \quad U = \left(n + \frac{1}{2}\right)hv; \quad n = 0, 1, 2 \dots \quad (2.6)$$

これは、物理的には空間と時間におけるある安定振動のスペクトルを意味している。

安定振動のスペクトルは、(2.2)の形の波動方程式のみに特有なものではない。例えば、両端を固定された弦の場合には次式を得る[35]。

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial u^2}{\partial x^2}; \quad x = 0; x = 1 \text{ のとき, } u = 0 \quad (2.7)$$

この方程式の解は次の形を持っている。

$$u = \sum_{k=1}^n A_k \cos \frac{k\pi ct}{l} \sin \frac{k\pi x}{l} \quad (2.8)$$

ここで,

$$A_k = \frac{2}{l} \int_0^l f(x) \sin \frac{k\pi x}{l} dx \quad (2.9)$$

である。ここで, l は弦の長さ; $f(x)$ は弦に沿った初期擾乱の分布である。

このように, 互いに物理的に似通った系は, 事実上同一の解を与える, 形式の異なった表式によって記述される。

何人かの研究者たちは, 量子力学の方程式は流体力学的に解釈することが可能であることに注意を向けた。上記において検討した, エディントンによって提案された媒質の質量密度としての ψ 関数の解釈 [33, 34] の他にも, この問題に関する研究はマーデルング [36] ^[訳注] とボーア [37] によっても行われた。

マーデルングはシュレーディンガー方程式に時間因子を代入することによって次式を得た。

$$\psi - \frac{8\pi^2 m}{h^2} U\psi - i \frac{4\pi m}{h} \frac{\partial \psi}{\partial t} = 0 \quad (2.10)$$

さらに

$$\psi = a e^{i\beta} \quad (2.11)$$

とおくことで, 彼は

$$\Delta a - a(\text{grad}\beta)^2 - \frac{8\pi^2 m U}{h^2} + \frac{4\pi m}{h} a \frac{\partial \beta}{\partial t} = 0 \quad (2.12)$$

$$a\Delta\beta + 2(\text{grad}a \text{ grad}\beta) - \frac{4\pi m}{h} \frac{\partial a}{\partial t} = 0 \quad (2.13)$$

を得た。

マーデルングは

$$\varphi = \frac{\beta h}{2\pi m} \quad (2.14)$$

のとき, 方程式

$$\text{div}(a^2 \text{grad}\varphi) + \frac{\partial a^2}{\partial t} = 0 \quad (2.15)$$

を得た。この方程式は流体力学の連続方程式

[訳注] 文献 [36] の論文の英訳 "E. Madelung, Quantum Theory in Hydrodynamic Form" を http://www.neo-classical-physics.info/uploads/3/4/3/6/34363841/madelung - hydrodynamical_interp.pdf で入手することができる。

$$\operatorname{div}(\rho v) + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (2.16)$$

の性格を持っており、そこでは a^2 は質量密度 ρ として、また v は速度ポテンシャル φ を持つ $\operatorname{grad}\varphi$ として立ち現れている。

それだけでなく、マーデルングは方程式

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{2}(\operatorname{grad}\varphi)^2 - \frac{U}{m} - \frac{\Delta a \hbar^2}{8\pi^2 m^2} = 0 \quad (2.17)$$

を得た。この方程式は、保存力の作用の下における自由渦流に関する流体力学の方程式に正確に対応している。

さらに、マーデルングは

$$\frac{\operatorname{grad} U}{m} \text{の値が比 } f/\rho \text{に対応していること} \quad (2.18')$$

(すなわち、質量密度に対する力の密度の比に対応していること)、また、

$$\frac{\Delta a \hbar^2}{8\pi^2 m^2} \text{の値が連続体の「内」力の関数としての } \int \frac{\Delta P}{\rho} \text{に対応していること} \quad (2.18'')$$

を決定した。

マーデルングは、時間因子にもかかわらず、シュレーディンガー方程式の固有解が定常流の描像となっていることに注意を払っている。その場合、量子状態は $\operatorname{grad}\beta = 0$ のときにおける定常流として、あるいは何らかの静的な形成物として解釈される。

定常流の場合には、

$$W = \frac{m}{2}(\operatorname{grad}\varphi)^2 + U - \frac{\Delta a \hbar^2}{8\pi^2 m^2} \quad (2.19)$$

が得られる。

$$a^2 = \sigma; \quad \sigma m = \rho \quad (2.20)$$

とおき、そのとき、

$$\int \sigma dV = 1 \quad (2.21)$$

と規格化することにより次式が得られる。

$$W = \int dV \left\{ \frac{\rho}{2} U^2 + \sigma U - \sqrt{\sigma} \Delta \frac{\hbar^2}{8\pi^2 m^2} \right\} \quad (2.22)$$

エネルギーに関する表式(2.22)は、運動エネルギー密度およびポテンシャルエネルギー密度からの体積積分である。

このように、量子力学の基礎方程式はそれ自体が媒質中における定常流の反映となっており、したがって原子の電子殻の渦モデルを何らかの定常渦流として構築する原理的な可能性が存在する。そのような渦モデルの構築は、原子と分子の構造に関する理解の

精緻化という問題, また量子力学の方程式の精緻化の必要性という問題を提起する可能性がある。

次に, 水素原子の光放射 [38~41] について検討しよう。

1885 年, バルマーは, 水素のスペクトルの可視部のすべての線の波長は

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (2.23)$$

という単一の公式^{〔訳注〕}で記述することができるという結論に達した。ここで, n_1 と n_2 は整数; R はリュードベリ定数, すなわち

$$R = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{ch^3} = 109737.3 \text{ cm}^{-1} \quad (2.24)$$

である。ここで, m_e と e は電子の質量と電荷; c は光速; h はプランク定数である。原子核の運動を考慮した場合は $R = 109677.6 \text{ cm}^{-1}$ である。ボーア [12~14] は, 電子の定常軌道として, その軌道角運動量の値が

$$L = \frac{nh}{2\pi} = \hbar n \quad (2.25)$$

(ここで, n は整数) である軌道を取った場合には, そのような電子のエネルギーは

$$E = R'/n^2 \quad (2.26)$$

となることを示した。

したがって, 電子がある軌道から別の軌道に遷移すると, そのエネルギーは次の大きさだけ変化する。

$$\Delta E = R' \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (2.27)$$

ここで, n_1^2 と n_2^2 は整数である。

$$R' = Rch \quad (2.28)$$

であるとする, ボーアの水素原子モデルにおける相異なる軌道のエネルギー差に関する公式と, 実験的に観測可能な水素のスペクトルの波長に関する公式は同一となる。

原子の電子殻の渦モデルに関しても同じ表式が当てはまることを示すことができる。

球形の渦殻の表面に沿っては, 複数の波が互いに垂直な平面内に独立して分布することが可能である。空間中における波の移動にはエネルギー損失が伴うため, 安定した波となるのは定在波のみである。このことは, 球の円周に沿った波の数が整数であることを意味している。

長さ l 上を伝播する定在波は次式によって記述される [35, 42~44]。

$$y = 2A_0 \cos\left(\frac{\pi nx}{l}\right) \sin \omega_n \left(t - \frac{l}{c}\right) \quad (2.29)$$

〔訳注〕 式 (2.23) に示されているのは 1890 年にリュードベリによって修正された後の公式である。

このとき、定在波の振幅は、 $nx = kl$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) である各地点において最大値の $2A_0$ に達し、 $nx = (k + 1/2)l$ である各地点においてゼロまで低下する。水素原子の場合、長さ l となるのは原子の円周の長さ、すなわち πD_{es} (ここで、 D_{es} は電子殻の直径) である。

擾乱されていない渦表面からの渦表面の偏りの絶対値が $2A_0$ であるとすれば、その偏りの速度の絶対値は $2A_0\omega_n$ 、加速度は $2A_0\omega_n^2$ 、慣性力の絶対値は $2mA_0\omega_n^2$ となる。振動のすべての調和成分に関して、慣性力は互いに等しい。すなわち、

$$F = 2mA_0\omega_n^2 = C_1 = \text{const} \quad (2.30)$$

または

$$A_0 = \frac{C_1}{2m\omega_n^2} \quad (2.31)$$

である。

このとき、運動量を

$$P = mv = 2mA_0\omega_n = nC_2 \quad (2.32)$$

とすると、これより

$$\omega_n = \frac{nC_2}{2mA_0} \quad (2.33)$$

となる。

振動エネルギーは次の関係式によって記述される。

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{4mA_0^2\omega_n^2}{2} = \frac{mC_1^2\omega_n^2}{2m\omega_n^4} = \frac{C_1^2}{2\omega_n^2} = \frac{C_1^2m^24A_0^2}{2n^2C_2} = \frac{R'}{n^2} \quad (2.34)$$

この場合には、定在波の数が増加したときの渦表面の振動エネルギーの差は

$$\Delta E = R' \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (2.35)$$

となる。 $R' = hcR$ のとき、これはバルマーの公式と正確に一致する。

このように、原子の渦モデルは量子力学の関数的依存関係と一致している。

プランク定数とは、エーテルの渦状形成物の回転周波数とエーテルのエネルギーとの間の比例係数なのであって、微視的世界にのみ固有の量ではない。プランク定数の物理的意味は、それが、回転周波数を 1 s^{-1} だけ増大させるために電子その他の渦粒子に伝える必要があるエネルギーの単位量、すなわち

$$h = \Delta E / \Delta \nu \quad (2.36)$$

であるという点にある。そして、 $\hbar = h/2\pi$ という量に対しては、回転速度を 1 rad/s だけ増大させるときのエネルギーの増分が対応している。

パウリの禁制原理について検討しよう。周知のように、1925 年、パウリは彼の禁制原理を導入した。それは、2つの電子は同一の状態にあることを禁止されている[20~22]、言い換えると、1つの原子中には同一の量子数の組を持つ2つの電子は存在することが

できないという原理である。これは、かなりの程度まで、2つの物体は空間中の同一の場所を同時に占めることができないと主張している古典力学の規則である。しかし、原子系を記述する際は、物体の固有座標だけでなく、さらに運動量の3つの座標も考慮に入れなければならない。

電子殻とそれらの電子殻を構成している個々の電子との相互作用を考慮すれば、運動量の座標が持つ特徴がかなりの程度まで明らかになってくる。

確率論的モデルからは、点状電子は空間の同一の地点に存在することができるが、しかし、その際には相異なる方向に向かって運動するという結論が導き出されるのに対して、エーテル動力学的モデルからは、隣り合う渦はそのような共通地点において接触し合っているという結論が導き出され、いかなる矛盾もまったく生じない。

いわゆる保存則に関しても事態はそれと同様となっている。

何よりもまず、量子力学において利用されているいくつかの保存則は、巨視的世界の力学の一般法則と直接的に重なり合っていること、そしてそれは、一般的に言えば、普遍的物理不変量に関する理解から直接的に導き出されるということに注目しなければならない。

そのような法則としては、以下の法則が挙げられる。

エネルギー保存則

$$W = \sum_{k=1}^n \frac{m_k v_k^2}{2} + U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_n) \quad (2.37)$$

ここで、 U はポテンシャルエネルギーである。

運動量保存則

$$P = \sum_{k=1}^n \frac{\partial L}{\partial v_k} = \sum_{k=1}^n m_k v_k = \text{const} \quad (2.38)$$

ここで、閉じた系に関するラグランジュ関数は次式によって決定される。

$$L = \sum_{k=1}^n \frac{m_k v_k^2}{2} - U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_n); \quad \mathbf{v}_k = \frac{d\mathbf{r}_k}{dt} \quad (2.39)$$

角運動量保存則

$$M = \sum_{k=1}^n [\mathbf{r}_k \mathbf{p}_k] = \sum_{k=1}^n [\mathbf{r}_k m_k \mathbf{v}_k] = \text{const} \quad (2.40)$$

気体の渦運動に関するこの最後の表式は次のように変形することができる。

$$M = \frac{1}{4\pi} \sum_{k=1}^n \Gamma_k m_k \quad (2.41)$$

ここで、

$$\Gamma_k = \int v dl \quad (2.42)$$

は渦の強度である。

このように、量子力学のすべての法則はあらゆる物質*組織化レベルにおいて発現されているのであって、決して微視的世界のみに固有なものではない。

電荷保存則は角運動量保存則でもあるが、ただし、それはらせん渦中における角運動量保存則である。

粒子と波動の二重性、ハイゼンベルクの不確定性原理、微視的世界の法則の確率論的性格といった、微視的世界の現象のみが持っているとして常にみなされてきた一連の特徴をエーテルの気体力学の観点から検討することは、比較的難しいことではない。

量子力学の基礎をなしている**粒子と波動の二重性**とは、微視的対象物の挙動には粒子的な性質と波動的な性質の両方が現われているという命題である。この先において具体的な効果について分析を行う際に示されるように、渦状形成物は、その大部分が粒子と波動の両方の特徴を持っている。その粒子性は、何よりもまず、渦状形成物は境界層によってそれ以外の媒質から仕切られているために安定的であり、また空間中で局所化されているということに起因している。圧縮度の低い渦の波動性は、渦内において複数の流れが合成される可能性があること、また渦が他の物体（渦を含む）と相互作用するときには渦が波動性を持つことに起因している。圧縮度の高い渦の場合には、一部の波動性は消え、これがいくつかの物理現象に反映される。例えば、一部の粒子の場合、回折は生じることができるが、圧縮度の低いエーテルの渦によって形成される粒子に特徴的な干渉現象は生じることができないという事実がある。

1927年にハイゼンベルクによって提唱された**不確定性原理** [19] は、粒子の慣性中心の座標とその運動量を同時に正確に決定することはできないと主張している。この命題の基礎には、量子力学方程式の波動関数 (ψ 関数) を、当該空間領域において発見する確率の密度として理解する仕方がある。しかし、既に言及したように、何人かの研究者は、 ψ 関数は当該空間地点における質量密度として解釈することが可能であり、その場合、体積全体についての積分は粒子の質量値を与えることを示した。 ψ 関数のこのような解釈はエーテル動力学と完全に一致している。各粒子は 1 つの渦状形成物であるからである。この場合には、不確定性関係が存在する場所はなく、力学の普通の関係式を利用することができる。もちろん、その際には渦状形成物は明確な境界を持たないという事情を考慮しなければならない。実は、多くの場合、渦状形成物は境界層によって外部媒質から仕切られており、その境界層が渦の分布境界を決定することを可能にしている。

その場合には、ハイゼンベルクの不確定性原理は、原理的な意義ではなく、実験者が用いているのは具体的な測定装置であることに関連した、純粹に方法論的な意義を持つことになる。将来、電磁氣的量子という理解ではなく、それとは別の理解に依拠した新たな実験装置の出現との関連で、この原理は方法論的な意義も失う可能性がある。

微視的世界の法則の確率的性格については、次の点を指摘することができる。そのような理解は、その基礎において、現象の内部メカニズムと粒子の内部構造は存在せず、粒子はそれが存在する間ずっと変化しないことを想定している。粒子構造の無視は、強度を当該空間地点における粒子の出現確率として理解するという結果をもたらす。それに対し、圧縮度の低い渦の場合には、その渦を形成した気体（エーテル）の諸要素細流の強度が総和されることが可能であるという特徴がある。すなわち、そこでは諸強度の増大が総和渦の強度の増大と関係しているという、きわめて具体的なメカニズムが追跡される。その結果、渦の挙動の確率論的性格という理解を裏づける根拠は残らなくなる。渦同士の相互作用の分析は、微視的世界の事実上あらゆる現象に関する確定的な理解を創出することを可能にする。

このように、微視的世界のあらゆる基礎的な特徴、そして微視的世界の現象を記述している量子力学方程式は、エーテル動力学の基礎をなしている巨視的気体力学の観点から検討することができる。

2.4. 原子と分子の電子殻の構造

第2部第1章において示したように、陽子——エーテルのらせんトロイダル渦——はその周りに圧縮度の低いエーテルのらせんトロイダル流を形成しており、それが陽子の磁場と電場として感受される。そのような系は安定的であり、かなり長時間存在することができる（図2.1(a)）。

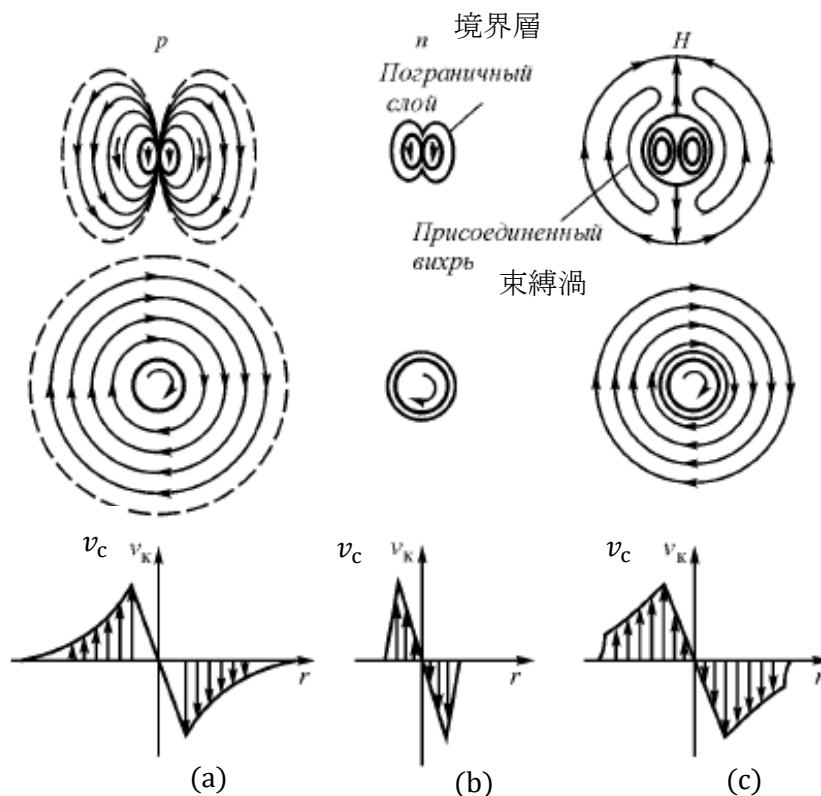


図 2.1. 陽子の 3 つの安定状態： (a)陽子自体； (b)中性子； (c)水素原子

陽子の周りに、円周運動を局所化する追加的な境界層が形成された場合には、原子核の構成に含まれるそのような系——中性子——もまた安定的である（図 2.1(b)）。しかし、原子核から脱離され、自由になった中性子は安定性が低くなり、半減期 11.7 ± 0.3 min で陽子と電子に崩壊する [45]。電子を形成する材料は境界層のエーテルである。その境界層は陽子から剥離されると陥没して 1 個の粒子になる。ただし、境界層が電子を形成することなくエーテル中に消散するというバリエーションもきわめて十分にあり得る。

さらに、陽子の第 3 の安定状態も存在する。この場合には、陽子の周りに 2 次渦——いわゆる「束縛渦」(N.E. ジュコフスキーによって空気力学に導入された用語)——が形成される。

そのような渦は、それ以前には陽子の中心穴を通して閉じていた外部エーテル流が外部で閉じるようになった場合に得られる。そのような渦中では、円周運動は陽子の円周運動と同じ方向を持つようになり、トロイダル運動はそれと逆の方向を持つようになる。それゆえ、束縛渦のらせん運動の符号も陽子のらせん運動の符号と反対になり、このことが束縛渦——原子の電子殻——全体の電荷の負の極性として感受されることになる。円周運動はまるごとその最外殻の内部で閉じており、外部領域には突き出ていないため、系全体は電氣的には中性となる。こうして水素原子が形成された（図 2.1(c)）。

水素原子中に創出された束縛渦中においては、エーテルの運動は、陽子から流れ出るエーテル流のエネルギー、すなわち陽子の電磁場のエネルギーによって維持される。電磁場のエネルギーは陽子から汲み出される。こうして、束縛渦——電子殻——のエネルギーは原子核のエネルギーから汲み出される。系全体——原子核および原子の電子殻——は不可分の一体なのである。それゆえ、今後においては、原子に関する検討は唯一このような観点から行うことが適切な方法となる。

原理的には、エーテルの 2 次層は 2 つの方法で運動に引き入れることができる。その 1 つは、媒質の隣接層を 1 次流と同じ方向に引きずる方法である。これは、気体の粘性によって容易に説明される。第 2 の方法は、渦の表面に位置している媒質粒子を回転させる方法である。第 1 の場合には、エーテルの互いに隣接している層は同じ方向に向かって運動することになり、第 2 の場合には、互いに逆の方向に向かって運動することになる。1 つの渦が 2 つの渦に分裂する場合には、2 次渦の運動は第 2 の方法によって維持される。

それと同様に、その中にトロイダル渦、例えばヒルの球形渦が存在している媒質の流れも運動に引き入れることができる（図 2.2）[46]。この図に示されているのは、ヒルの渦の外部の球形束縛渦の形成である。第 1 は、気体の運動の周速度の方がより小さい場合、第 2 は、より大きい場合である。それぞれ、第 1 の場合には、束縛流はヒルの球形渦を形成している気体流と同じ方向を向いており、第 2 の場合には、それと逆の方向を向いている。

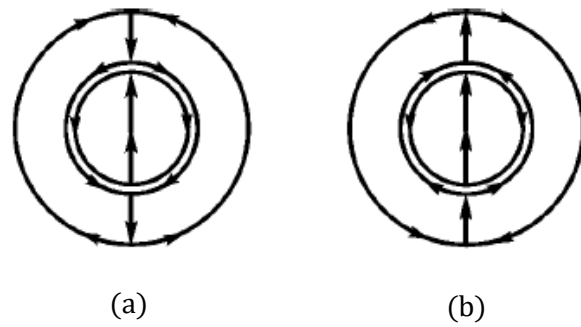


図 2.2. 束縛渦の形成： (a)主渦に隣接している気体層が引きずられる場合； (b)主渦が分裂する場合

媒質の隣接層が引きずられる第 1 のバリエーションの場合における媒質の多層トロイダル運動の事例はテイラー [47~49] によって検討された。トロイダル束縛渦の形状もやはり球形に近いことが分かる (図 2.3)。



図 2.3. テイラー渦

回転流体と各種形状の閉じた渦の発生に関する理論をテーマとする研究が多数行われている (例えば [47~52])。渦形成に対する負粘性メカニズムの観点からのアプローチ [52] が一定の関心を引く。そこでは、渦が、その外部のエネルギー源からエネルギーを受け取っていることが考慮されている。原子核中で形成され、原子の電子殻として感受される 2 次渦の場合、そのようなエネルギー源であるのは原子核自体、より正確に言えば原子核の構成に含まれている陽子である。陽子の運動エネルギーはまず最初に 1 次流に伝わり、次にそれを通じて 2 次流——原子の電子殻——に伝わる。

原子を一体的な系とみなした場合、現在利用されているエネルギー準位占有表が原子核中と電子殻中についてそれぞれ独立に構築されていること [53~60] は、完全に正当であるわけではないと言わざるを得ない。また、元素周期表の構築法に関する多数の研究の中には、量子論的アプローチにもとづいたかなり興味深い独創的な構築法が存在している [61~63] とは言え、それでもやはり、それらの研究は物理的な研究ではなくて形式的な研究であり、しかも重要なことに、原子核-電子殻系の一体性を考慮していない。この意味において、その一体性を考慮しようとする試み [64, 65] は興味深い。

上述したことと照らし合わせてみると、束縛渦——原子の電子殻——と量子力学の数学的道具立てとの関係を追究することが有益である。この課題は、物理的密度の値を直接 ψ 関数に帰することが可能であるというエディントンの見解[33,34]を考慮すると、著しく単純になる。その場合には、 ψ 関数の極値に対しては束縛渦の回転中心が、ゼロ値に対しては渦同士が接触する地点または渦同士の間の境界が対応することになる。その際には、渦の内部密度は ψ 関数の性格と必ず正確に一致しなければならないということとはまったくなく、 ψ 関数は座標に対する密度の依存性の粗い近似以上のものではないという点を考慮するべきである。

上記を考慮すると、原子における量子数、すなわち極座標で表した波動関数

$$\psi_{nlm} = R_{nl}(r)\theta_{lm}(\theta)\Phi_n(\varphi) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta, \varphi) \quad (2.43)$$

における n —主量子数； l —軌道量子数； m —磁気量子数の単純な解釈を提案することができる。これらの数は、原子内における束縛渦（電子軌道）の位置を決定しているのである。4番目の量子数 s —スピン—は、おそらく、他の束縛渦に対するある1つの束縛渦の方位（角運動量のベクトルの方向）を決定している。

水素原子の各種の状態を図2.4に示す。この図は該当する ψ 関数についての検討にもとづいて作図された。

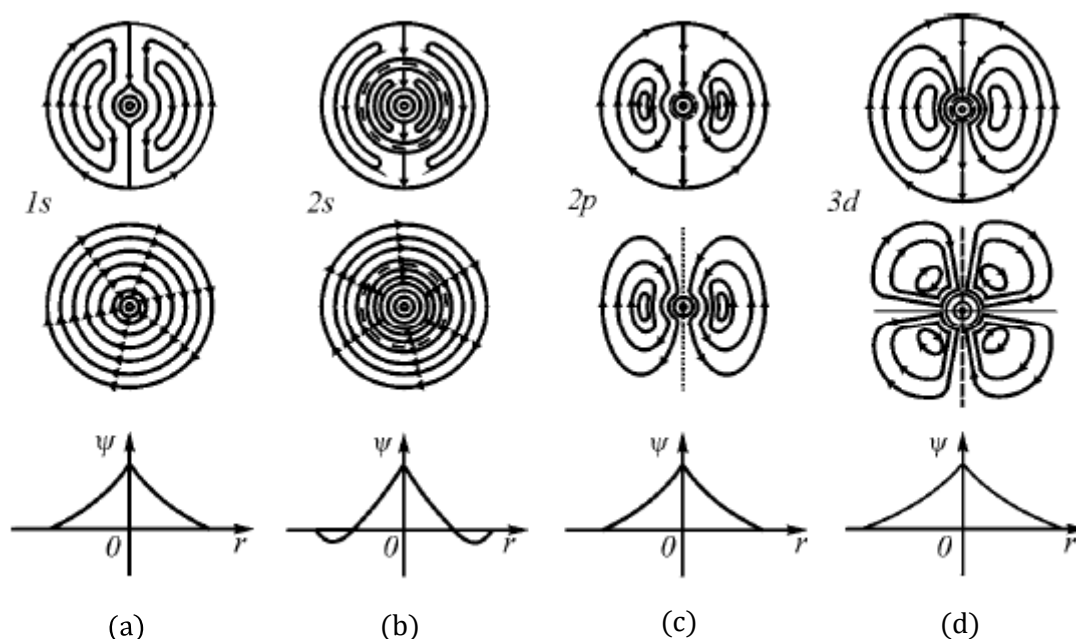


図 2.4. 各種の状態にある水素原子

原子の非励起状態が原子核から出るエネルギーによって維持されているのに対し、励起状態は外部から電子殻に入ってくるエネルギー、例えば原子同士の衝突、光子のエネルギーの吸収、等々の結果によるエネルギーによって生じる。外部エネルギーの吸収は2次渦の再配置、さらには新たな2次渦の出現、あるいは既存の2次渦の一部の消滅を引き起こし、その結果、原子核から直接出てくる内部流は外部へ流れ出て、このことが原子の電離効果を創出する。

らせん流が陽子の外で閉じると、そのことは原子核の外部の球形渦の出現をもたらす。これは $1s$ の状態の水素原子に対応する (図 2.4(a))。 $2s$ の状態 (図 2.4(b)) は外層が増大し、2 つに分裂することによって形成される。ここでは 2 つのバリエーションが可能である。1 つは、渦が単純に 2 つに分裂し、その渦同士の間により高い速度勾配が形成されるというものであり、もう 1 つは、第 2 の渦が形成され、それら 2 つの外部渦同士が接触する地点において、それらの流れが同じ方向を向くようになるというものである。接触し合うそれらの渦の方向が完全に反平行であることに注意を払うべきである。

$2p$ および $3d$ の状態 (図 2.4 の(c)と(d)) は、円周運動の内部にループが形成される結果得られる。ループが 2 つのときは $2p$ の状態、4 つのときは $3d$ の状態が得られる。図 2.4 には、水素原子のすべての状態におけるエーテル流の方向が示されている。

ヘリウムの原子核中には互いに反平行の方位を持つ 2 つの陽子が存在する。これは 2 つの流体力学的らせんダブレット [helical doublet] に対応する。ヘリウムの原子核を包み込んでいるエーテル流およびそれらのエーテル流に束縛されている電子殻の渦を図 2.5 に示す。この図から見て取れるように、1 次渦も 2 次渦も互いに対して反平行の方向を向いている。したがってヘリウム原子の磁気モーメントとスピンはゼロであるはずであり、まさにこのことが実際に生じている。



図 2.5. ヘリウム原子の構造

ダブレット (渦流の源) の数の増大は必ずしも原子の体積を増大させないことに注意する必要がある。ヘリウム原子の場合、その体積は水素の個別原子の体積よりも小さくなる。このことは、水素原子中の陽子は角度 4π の立体角の範囲内で流れを吹き出すのに対し、ヘリウム原子中の各陽子はその 2 分の 1 の角度、すなわち角度 2π の立体角に向けて流れを吹き出すということによって説明される。このことは、ヘリウム原子中のエーテル流の速度はより大きく、それゆえ、ベルヌーイ方程式に従ってそれらの流れの中におけるエーテルの圧力はより小さくなり、外部圧力が渦全体を圧縮し、その結果、ヘリウム原子の体積は水素の 2 分の 1 に減少するということを意味している。

ヘリウムの原子核への陽子 1 個の付加 (リチウム) は電子殻の対称性を乱し、このことが電子殻の体積の増大をもたらす。電子殻の構造という観点から見ると、様々なバリエーションが可能である。それらのバリエーションのうちの 1 つ、すなわち電子殻内に非対称な 3 番目のローブ [lobe, 裂片] が形成されている場合の構造を図 2.6 に示す。

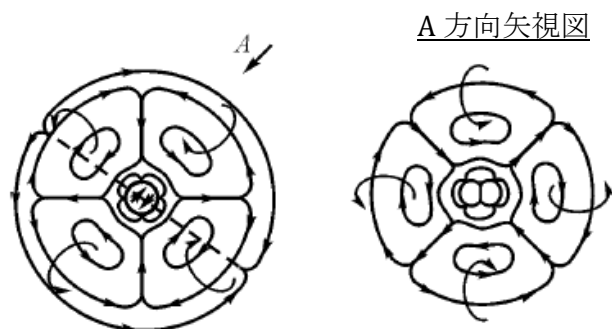


図 2.6. リチウム原子の構造

リチウムの原子核への陽子 1 個の付加は陽子を 4 重極系に方向転換させる。充填は外層の α 粒子に陽子 1 個が付加される方法で行われ、それに伴って 4 つのダブレットからなる系が生じる。外側陽子の中心からのエーテル流の出口が内側陽子へのエーテル流の入口に近いことを考慮すると、それらの流れは直列に接続し、その結果、流出する流れは 2 つだけ生じ、そのそれぞれの流れの強さは 2 倍になる。流れの強さのそのような 2 倍化は束縛渦の強さの増大をもたらす。その結果生じる公算が最も大きい電子殻の構造は、外層の渦が内層に対して反平行となっている 2 層構造である (図 2.7)。

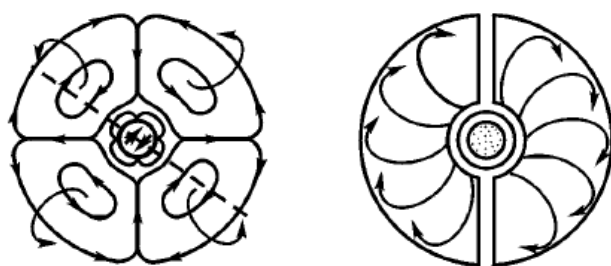


図 2.7. ベリリウム原子の構造

酸素の原子核の構造を検討すると、原子核の占有準位に従い、向かい合っている 2 個の α 粒子中の内側陽子 2 個は、それらの陽子の中心らせん流が原子核の内部に向かって吹き出ているため、外層によって遮蔽されていることが容易に見て取れる。しかし、それとは別の 2 個の α 粒子の内側陽子 2 個は、その流れを外側に向かって吹き出している。また、その両方の流れのらせん因子が同一であるため、原子核内部における流れの再分布および 2 つの流れの強さの足し合わせが生じている可能性がある。このよう

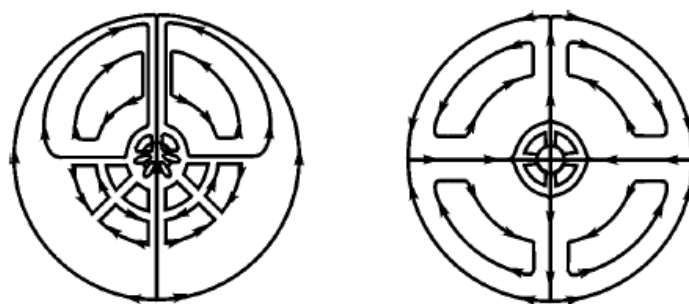


図 2.8. 酸素原子の構造

に、酸素の原子核からは合わせて6つのらせん流が流れ出ており、そのうち2つは2倍化された強さを持っている。その結果、1の強さを持つ4つの束縛渦と、その2倍の強さを持つ2つの渦が形成される（図2.8）。

上述した理解は、原子核から流出するエーテル流の数は陽子の数よりも小さい可能性があるが、しかしすべての陽子の強さの総和は陽子数に比例しているという結論に導く。原子核中の陽子数のそれ以上の増加は、原子核から流出するらせん細流の数の増大をもたらすだけでなく、ある陽子が別の陽子によって遮蔽されることとの関連により、個別の細流の強さの増大をももたらすに違いない。これには、最外殻における当該の束縛渦の強さの増大、または当該の細流に付加された渦の数の増大が伴う。このことは原子の電子殻中における電子数の増大と対応している。

このように、原子核の原子番号の増大は最外殻だけでなく、すべての準位の電子殻の再編成をもたらす。原子の電子殻系全体の構造の決定、および原子核殻と電子殻の構造の関係性の決定は特殊研究のテーマである。

渦モデルは、原子の順序番号の増大に伴って原子の体積の周期的区分 [periodization] が生じる理由に関して予想を述べることを可能にする。

周知のように、ヘリウム原子の体積は水素原子の体積の2分の1である。普通、このことは、水素原子の原子核の1の電荷と比べ、ヘリウム原子の原子核の2倍の電荷は各電子を原子核により近い所まで引き付けるということによって説明されている。気体力学の観点から見ると、その原因は、各陽子から流出するエーテル流が占める立体角は、ヘリウム原子においては $\pi/2$ であるのに対し、水素原子においては π であるということにある。これは、ヘリウム原子の電子殻中におけるエーテル流の速度はより大きく、したがってその流れの中の圧力はより小さくなり、そのため外部圧力が原子を一様に2分の1の体積まで圧縮するということを意味している。その次の原子——リチウム——においては、3番目の陽子は原子の対称性を乱し、体積が増大するように配置されている。しかし、原子の対称性は既に4番目の元素——ベリリウム——において回復し、体積は再び減少する。予想によれば、それ以降の元素においては、原子の体積は対称性の乱れ度に依存しているはずである。すなわち、非対称性が増大すると原子の体積は増大し、立体的に対称な形状に近づくと原子の体積は減少する。

2.5. オーラのエーテル動力学的本性

原子核に束縛された第1の渦——電子殻——は、エーテルの粘性のおかげで、その表面らせん流によって周囲空間中におけるエーテル流の出現を促進し、それによって第2の束縛渦——ファンデルワールス渦——を創出する。それとまったく同様に、第2の束縛渦もまた、その外側のらせん流の出現を促進し、そのらせん流もやはり外部で閉じて第3の束縛渦を創出し、さらに第3の束縛渦が第4の束縛渦を創出する、等々となる。束縛渦の総数は無限大であり得る。第3の束縛渦以降のそれらすべての束縛渦はオーラ、すなわち、らせんエーテル流の場である。それらの束縛渦中におけるエーテル密度は、自由空間中におけるエーテル密度と事実上、わずかしき異なる。

原子のそれぞれの外側束縛渦の直径は内側束縛渦の直径よりも4~5桁大きい。それゆえ、原子核の直径がおおよそ 10^{-15} mの場合、第1の束縛渦——電子殻——の直径は 10^{-10} mとなる。すると、第2の束縛渦の直径は既におおよそ 10^{-5} mの大きさとなり、それに続くそれぞれの大きさはさらに4~5桁ずつ大きくなっていく。束縛渦の表面におけるエーテルの流速は、今度は4~5桁ずつではなく、その2乗、すなわち8~10桁ずつ減少してゆく。陽子の表面におけるエーテルの流速がおおよそ 10^{21} m/sであるとすれば、その流速は電子殻の表面で既に $10^{11} \sim 10^{12}$ m/s、第2束縛渦の表面ではおおよそ $10^3 \sim 10^4$ m/sまで減少し、以下、それぞれさらに小さくなってゆく。

単独の原子ではなく、実際の物理的物体について検討した場合には、状況は著しく変化する。それぞれの束縛渦について立体角はそれぞれ減少し、したがってエーテルの流速は増大してゆく。それゆえ、任意の物体の表面におけるエーテルの流速は、依然として電子殻の表面におけるのと同じ流速である。それ以降、流速は距離の2乗に逆比例して減少してゆく。

例えば半径1 mの球の場合、そこから100 mの距離におけるオーラ中のエーテルの流速は電子殻の表面における流速よりわずかに4桁しか小さくならない、すなわち、おおよそ $10^7 \sim 10^8$ m/sとなるはずであり、10 kmの距離では $10^3 \sim 10^4$ m/s、1000 kmの距離では毎秒おおよそ数mないし数十mとなるはずである。

このように、距離とともに弱化してゆくものの、任意の物体から出る静的オーラは何千kmも広がり、その構造は、それを生み出した物体の構造を反映している。したがって空間の各地点には宇宙内に存在するあらゆる物体から出るオーラが存在しているが、しかしそのオーラの強度は相異なっており、すべてのオーラは互いに混合している。それゆえ、任意のオーラを特定することはきわめて困難である。

生体内における化学過程は、静的オーラ（第1種オーラ）の上に動的オーラ（第2種オーラ）を重ね合わせる。動的オーラとは、エーテルの分離と吸収を伴いながら生体内で進行する化学反応の反映である。動的オーラはかつてキルリアン夫妻によって実験的に見出された（キルリアン発光）。動的オーラの存在は2つの実験^{〔訳注〕}によって実験的に裏づけられている。その1つは、共有結合形成反応が生じたとき、弾性糸で吊り下げた金属板が平衡位置から偏向したという実験である（アツェコフスキー、パヴレンコ [M.E. Pavlenko]）。もう1つは、そのような反応が生じている場所の近傍では、印画紙の感光性が失われ、またコンデンサーの容量が増大したという実験である（ロバレフ [Yu.D. Lobarev]）。

物質から剥離された、独立した渦状エーテル構造としてのオーラ（第3種オーラ）が存在する可能性もある。そのようなオーラの密度は高くないため、その安定性は物質の安定性よりも小さいものになる。ただし、その生存時間は1年どころではない可能性がある。このオーラは金属を除く任意の物体によって吸収されることができる。金属によって吸収されないのは、金属中にはフェルミ面が存在するため、エーテル流にとってその中に侵入するのが困難であるからである。治療または加害を目的としてある生き物 [=人間・動物] から別の生き物に対して強制的に移転された第3種オーラは、第4種オ

〔訳注〕 この2つの実験については第2部第3章第3.2節を参照のこと。

ーラとみなすことができる。生き物の間における非接触通信（テレパシー）は、まさにこれにもとづいて実現されているのである。

結 論

1. すべての量子力学的な効果と現象は、粘性と圧縮性を持つ実在気体の力学の観点から解釈することができる。

2. 原子の電子殻は、エーテルの束縛渦として解釈することができる。その束縛渦中において、らせん運動の方向（トロイダル運動に対する円周運動の方位）は、原子核近傍の空間において陽子によって創出されるらせん運動の方向とは反対向きである。多層電子殻の気体力学における類似物は多層テイラー渦である。

3. シュレーディンガー方程式の波動関数（ ψ 関数）は、量子力学によってそうされているように、空間の当該地点に電子が出現する確率の密度として解釈するのではなく、束縛渦中におけるエーテルの質量密度として解釈することができる。その際には、束縛渦中におけるエーテルの実際の密度分布の ψ 関数による反映が近似的なものであることに注意を払うべきである。

4. ψ 関数のダイアグラムにもとづいて原子モデルを構築する際は、次の規則に準拠するべきである。

- ・ ψ 関数の極値に対しては束縛渦の中心が対応している。
- ・ ψ 関数のゼロ値に対しては隣接する束縛渦同士の間境界が対応している。
- ・ 量子数に対しては束縛渦の配置と方位が対応している。

5. 原子核自体およびそれを取り囲む束縛渦——電子殻およびファンデルワールス殻——の共鳴特性を利用すれば、電子殻を通じて原子核に作用を加えることによって元素を変換させる方法が原理的に可能である。

第3章 分子と化学的相互作用

3.1. 化学結合と分子の形成

1927年、デンマークの物理学者 Ø.ブラウ [Øyvind Burrau] は水素分子イオン H_2^+ の量子力学的計算を行い、このイオンの中の唯一つの電子は、2つの陽子の周りに伸びている軌道を占めていることを示した。この分子イオンの結合エネルギー、すなわち個別原子1個と陽子1個の総エネルギーと基底状態にあるこの分子イオンのエネルギーとの差の理論的計算は、255 kJ/mol という値をもたらした。

1 mol 中の分子数が $6.022 \cdot 10^{23}$ (アボガドロ定数) であることを考慮すると、この分子イオン中の2つの原子の結合エネルギーは H_2^+ 分子1個当たり $4.23 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2.68 \text{ eV}$ となる。

電子に対する原子と分子のいわゆる親和エネルギーとは、当該の負イオン中における電子の結合エネルギー——原子または分子から電子を脱離させるために必要とされる最小エネルギー——であることに注目すべきである。親和エネルギーは水素イオン H^- においては 0.754 eV であり、あらゆるイオンにおいて 0.15 eV (Cr^-) から 3.62 eV (Cl^-) までの範囲内に収まっている。すなわち、その大きさのオーダーは小数点以下1桁台ないし1桁台の電子ボルトである。

比較のため挙げると、重水素の原子核中の2つの核子——陽子と中性子——の結合エネルギーは 2.3 MeV であり、それより6桁大きい。

分子中における原子の化学結合の本性 [1~3] をエーテル動力学の観点から検討してみよう。

各種原子の束縛渦同士は2つの方法でのみ結合することができる (図 3.1)。

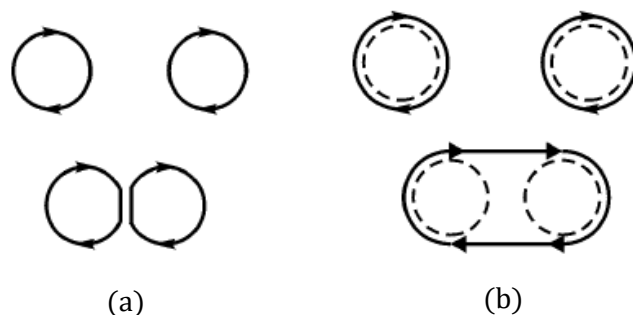


図 3.1. 渦の結合：(a) 互いに付着する方法（イオン結合に対応する）；(b) 共通の流れを形成する方法（共有結合に対応する）

第1の場合 (図 3.1(a)) には、2つの渦は、反対方向の2つのエーテル流によって形成された共通の境界層内に互いに引き留められる。既に示したように、渦同士の間の速度勾配によって圧力が低下し、外部のエーテルの圧力が渦同士を押し付け合わせる。ここでは、渦の形状の変化を除き、渦のいかなる変容も生じていない。この事例はイオン結合に対応する。

第2の場合(図3.1(b))には、2つの渦の結合が単一の渦を与える。らせん流中においてそれが可能なのは、それらのらせん因子が一致しているときに限られる。このことは、束縛渦中においては、トロイダル運動も円周運動も結合平面内において同一の方向を持っていなければならないということを意味する。そのときには、結合した2つの原子を包み込む、単一の束縛渦が形成される。その共通の束縛渦中においては、圧力は周囲媒質中におけるよりも小さくなり、流れの長さは個別原子の2つの束縛渦中における流れの長さよりも短くなる。この事例は共有結合に対応する。

上述したことから、反応し合う分子において、それらの表面のエーテル流が十分な面積にわたって反平行の方位を向くことが可能ならば、イオン結合は、任意のらせん因子のときに形成されることが可能であると予想することができる。共有結合の場合には、らせん因子が同一であることが必須条件となる。

分子の構築原理については、 H_2 分子を実例として示すのが最も良い(図3.2)。 H_2 分子においては、陽子のスピン同士が平行または反平行、陽子の中心を通る軸同士が垂直または同軸といったように、様々な構築のバリエーションが可能である。

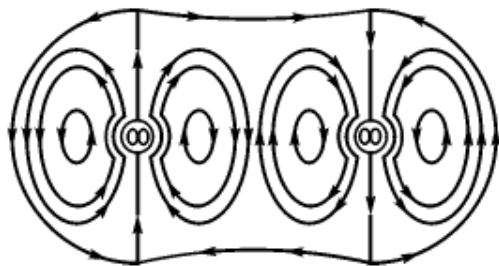


図3.2. H_2 分子の形成

図3.2.から読み取れるように、外部流はトロイダル運動においても円周運動においても同一の方向を持っている。まさにこの事例こそを H_2 分子の形成の基本的な事例とみ

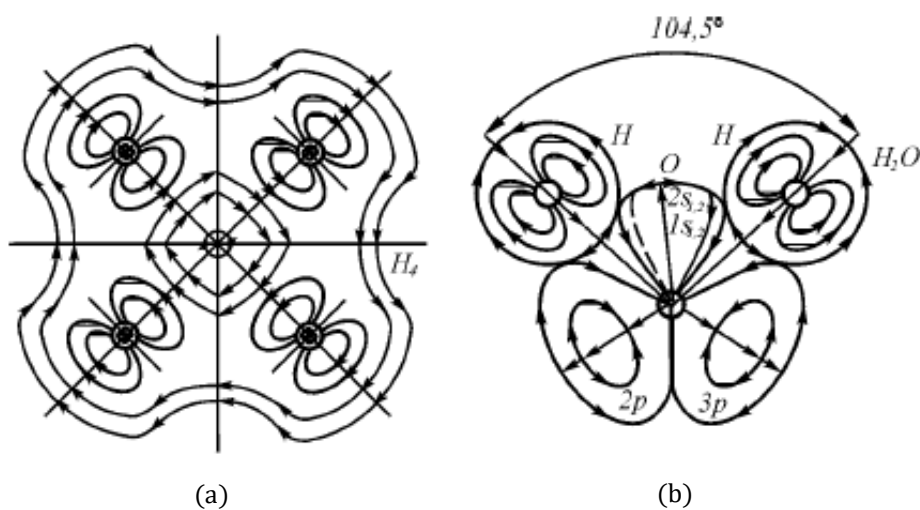


図3.3. (a)水素分子 H_4 と(b)水分子 H_2O の構造：電子殻—束縛渦—1pと4pはこの図の平面の外にあるため、ここには示されていない。

すべきである。共通の外部流の形成は、この化学結合が共有結合であることを示しており、実際にそれが生じている。同様の方法によってそれ以外の分子の構造も得ることができる (図 3.3)。

エーテル動力学モデルにおける分子内結合の諸形態の詳細な解明は特殊研究のテーマであるが、既に現在、いくつかの追加的な見解を述べることができる。

3.2. 共有結合と化学動力学的相互作用

共有結合が形成されるとき、共通の束縛渦の流線の全長は、個別原子の流線の長さの合計よりも短くなる。共有結合が形成された瞬間、らせん流になった高密度のエーテルの一部が分子から放出されたのである。そのような微小渦片はそれまでと同じ形態で存在することはできず、分子の分解反応が進行している別の場所で吸収されるか、または圧縮度の低いエーテルのトロイダル渦に変容する。その渦の質量は電子の質量よりも小さいので、その渦は暫定的に「レプトン」と呼ぶことができる。計算が示すところによれば、そのようなトロイドの質量は電子の質量のおよそ 0.0001 倍であるが、その直径はおよそ 0.01 mm である。この事実を検証するため、実験室実験が行われた。

ビームの一方のアームにアルミニウム板 (帆 [sail]) が取り付けられた、特殊なねじり秤が組み立てられた。生じる可能性のある静電気の影響を避けるため、ねじり秤は 10 メガオームの抵抗を通じてねじり秤の金属製本体に結ばれている。本体は蒸気暖房装置の放熱器に接地されている (図 3.4)。

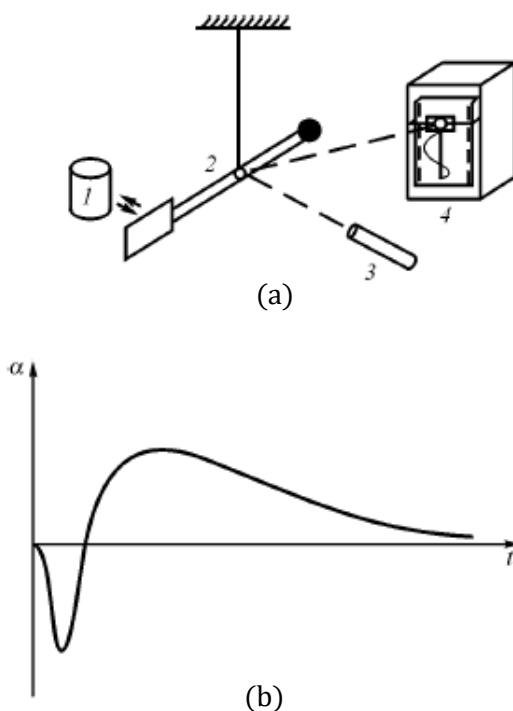


図 3.4. (a) 共有結合形成時におけるレプトン泡の検出に関する実験室実験のスキームと (b) 化学反応進行時におけるねじり秤の帆の振れのグラフ： 1—試薬を入れたビーカー； 2—ねじり秤； 3—レーザー； 4—自記記録計

プラスチック製ビーカーを帆と向かい合わせに、帆から 10 cm の距離の所に置いた。そのビーカーの中で乾燥したアルカリ KOH と濃硫酸または濃塩酸を反応させた。

最初、反応が進行しているとき、帆は反応物質の方に引き寄せられていたが、反応が終わると反応物質から最大限の距離（それ以上動かなくなる所）まで遠ざかり、1.5~2 時間後に元の位置に戻った。

ねじり秤から離れた所に置いた木製または発泡プラスチック製の立方体の台の上に載せた上記と同じビーカー中で反応が行われた場合にも、上記と同じ結果が得られた。次に、その台をねじり秤のそばまで近づけたときにも、上記と同じ結果が得られた。帆のすべての振れは自記記録計によって自動的に記録された。

実験結果は次のように説明される。化学反応が進行し、レプトン泡が形成されているときには、レプトンが帆に触れている。レプトンの表面におけるエーテルの運動は、レプトンがいかなる方位を向いているときにも常に帆の平面に対して平行であるので、圧力が低下したエーテルの速度勾配が形成される。その結果、帆は反応中の物質の方に引き寄せられ始める。

反応が終了すると、レプトン泡は拡散し始める。その際、まず最初に消失するのは、レプトン泡の表層中にあるレプトンである。これは、それらのレプトンの表面における速度勾配はレプトン泡の内部にいるレプトンのそれよりも小さく、したがって表層のレプトンの粘性はより高く、生存時間はより短いためである。しかし、あらゆる渦と同様、レプトンは自由空間中のエーテル密度よりも高いエーテル密度を持っていた。それゆえ、エーテルの圧力が増大し、その結果、帆は遠ざかる。すべてのレプトンが拡散し終わると、エーテル中の圧力が均等になり、ねじり秤のビームはばねの力で初期状態に戻る。相異なる物質はそれぞれ相異なる振れを与えるが、ねじり秤の挙動の性格はいずれも同じままである。

「レプトン泡」に関する実験はモスクワ国立大学化学部の学生 Yu.D.ロバレフによって継続された。彼は「レプトン泡」が印画紙の感光性の低下をもたらすこと、また、その中で化学反応が行われるビーカーと並べて配置されたコンデンサーが反応開始後の最初の数秒間だけその容量を約 1%増大させ、反応終了後はその容量の値が数十分間かけてゆっくりと初期値に戻ることを発見した。

3.3. 分子間結合の形成

すべての分子は電氣的に中性であるにもかかわらず、物質中では互いの間で相互作用する。その相互作用の度合いは様々であり、固体中で最大、液体中で中程度、気体中で最小である。

分子間相互作用とは、電氣的に中性な分子または原子の間における相互作用である。分子間相互作用は流体と分子結晶の存在そのもの、また実在気体と理想気体の違いを決定づけるものであり、多様な物理現象において発現している。分子間相互作用は分子間の距離に依存し、相互作用ポテンシャルエネルギー $U(r)$ (分子間相互作用ポテンシャル) によって記述される。物質の状態と多数の性質は、まさにこの平均相互作用ポテンシャルエネルギーによって決定されているのである。

1873 年、実在気体と実在液体の性質を説明するために分子間相互作用に初めて注意を払ったのはオランダの物理学者、J.D.ファン・デル・ワールスであった [4~6]。彼は、分子同士の間においては、小さい距離では斥力が作用し、その力は距離が増大するにつれて引力に取って代わられると予想した。彼はこの予想にもとづいて実在気体の状態方程式を得た。

現在、分子間相互作用は電気的本性を持ち、引力（配向力、誘起力および分散力）と斥力からなっていると一般的にはみなされている。配向力は極性分子の間、すなわち電気双極子モーメントを持つ分子の間で作用する。この力は、異符号の電荷同士の間の距離が同符号の電荷同士の間の距離よりもはるかに小さいことの結果として生じる。誘起力は極性分子と無極性分子の間において、極性分子が無極性分子を分極させることにより作用する。分散力は無極性分子の間で作用し、平均すると分子集団は極性を持っていないにもかかわらず、それでもやはり各瞬間にはそれらの分子は極性を持っていることによって生じる。平均すると、このことがそれに応じた引力効果を創出するのである。これら 3 つのタイプの引力は、すべて分子間距離の 6 乗に比例して距離とともに減少する。

斥力は、分子の組成に含まれる原子の閉殻同士が接触するようになる、きわめて小さい距離において生じる。この力は距離の 13 乗に比例して距離とともに減少する。

しかし、これらすべてはある種のモデル、すなわち基本的には距離に対する分子間相互作用力の数学的依存関係であるにすぎず、実際には、それらの力の真の本性を明らかにしていない。分子間力の計算や実験的測定に関する困難な問題は、まさにこのことから生じている。

これまで述べてきたエーテル動力学的理解にもとづけば、ファンデルワールス力、すなわち分子間相互作用の原因となっている力の本性について予想を述べることができる。

エーテル動力学の観点から見ると、分子間相互作用力は、電子殻——原子核に束縛されている第 1 のエーテル渦——に対して第 2 の束縛渦が付加されていることに起因している。その第 2 束縛渦は、ファンデルワールス殻と呼ぶことが理にかなっている。なぜなら、まさに第 2 束縛渦こそが分子間相互作用力が創出される原因となっているからである。

陽子によって創出されるエーテルのらせん状速度場が束縛渦の出現をもたらすのとまったく同様に、電子殻の表面におけるエーテルのらせん流もまた、周囲空間中においてエーテルのらせん運動を引き起こす。その結果、電子殻の大きさよりも 4~5 桁大きい第 2 束縛渦が形成される。臨界密度を持っている核子は相互に透過し合うことができず、原子核中で互いに側面をくっつけて結合し合うことしかできないのに対し、電子殻のエーテル渦は統合することによって、ただし、相互に透過し合うことなく相互作用することができる。第 2 束縛渦は密度が小さく、したがって相互に透過し合うことができる。その結果、電子殻の近傍において多様ならせん流が形成される。そのらせん流に入った原子と分子は、速度勾配によってその中に引き留められる（図 3.5）。

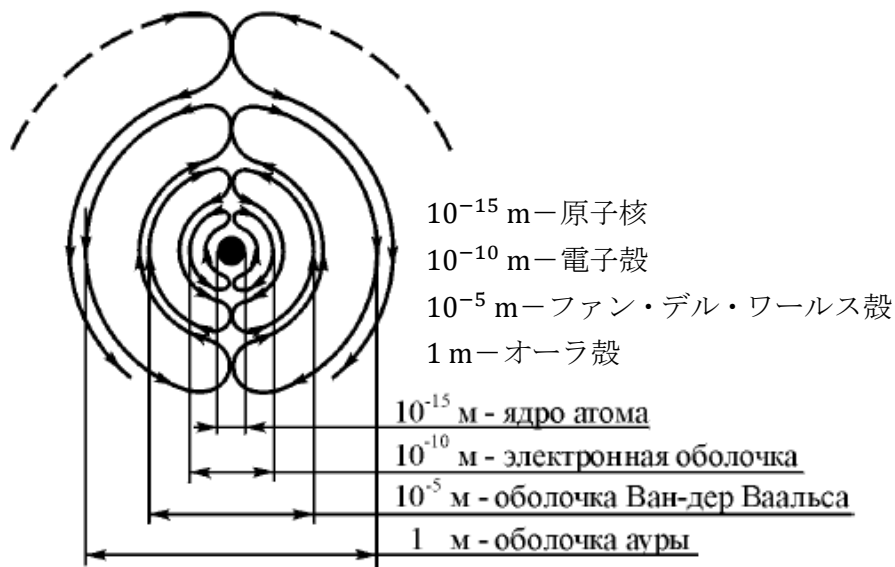


図 3.5. 第 2 の束縛渦—ファン・デル・ワールス殻—およびそれに続く束縛渦—第 1 種オーラー—の形成

このように、分子間力——ファンデルワールス力——の本性は、第 2 束縛渦——ファンデルワールス殻——中における流れの速度勾配によるエーテル中の圧力の低下なのである。

原子核の直径を約 $5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ ，電子殻の直径を約 10^{-10} m とすれば，ファンデルワールス殻の直径は約 10^{-5} m ，すなわち約 $10 \mu\text{m}$ となるはずである。

各原子のファンデルワールス殻の内部には，およそ 10^{15} 個の別の原子が入ることができる。それゆえ，すべてのファンデルワールス殻は互いに何重にも入り混じり，単一の系をなしている。

1 個のファンデルワールス殻の場合のエーテル流の速度分布およびそれらの流れの中のエーテルの密度分布について検討しよう。ファンデルワールス殻にとって駆動ベルトとなっているのは，第 1 束縛渦——原子の電子殻——であることを考慮する必要がある。

周囲エーテルの粘性により，第 1 束縛渦がその流れによって隣接領域においてエーテルの運動を励起すると，次に，その運動は自ら閉じて第 2 束縛渦を形成する。その第 2 束縛渦の内側の穴の直径は外側の穴の直径よりも 5 桁ほど小さいので，内層におけるエーテルの速度と密度は，その領域においては外側部分より何倍も大きいはずである。それに対応して，エーテル流の速度勾配も大きくなる。

仮に第 2 束縛渦がそれ自体だけで存在しているとすれば，上述したことは起こらないはずであり，その場合には，流れの最大速度は渦のその領域内に，ただしその内側部分にあったはずである。しかし，ここでの運動は外部から伝えられており，それゆえ，渦壁から離れるにつれて，流速は距離の 2 乗に比例して低下してゆく。なぜなら，この渦はトロイダル渦であり，したがって断面積は半径の 2 乗に比例して増大し，速度勾配は半径の 3 乗に比例して減少してゆくからである。その流れの中のエーテルの密度も半径の 2 乗に比例して減少してゆく。この渦の中心に対するエーテルの圧力もまた，そ

の減少の度合いをさらに 1 つ追加する。第 2 束縛渦の内部に第 2 の分子あるいは原子が入ってきた場合には、その渦の内部の圧力分布が、その分子あるいは原子をファンデルワールス渦の内側境界に向けて移動させる。内側境界の側の方が、エーテル流の総圧力がより小さいからである。引力、すなわち分子の中心から境界層に向かう力は次式によって決定される。

$$F_y = \chi \rho S \partial v / \partial y \quad (3.1)$$

ここで、 χ はエーテルの絶対粘性率； ρ は第 2 束縛渦の渦壁内のエーテルの密度； S は分子同士の相互作用の面積； $\partial v / \partial y$ は第 2 束縛渦の近隣領域における速度勾配である。

引力の減少は分子間距離のおよそ 6 乗に比例しており、このことが実際に生じているという結果が得られる。このとき、相互作用し合う分子の反対側におけるエーテル流との相互作用力は、高い減少度合いによって小さくなり、相互作用し合う分子の総引力に対して著しい影響を与えない。

相互作用し合う分子は、互いにある平衡距離の所で安定的位置を取る。それらの分子を近づけさせ、あるいは渦同士の間境界層に移動させようとする試みは、斥力を引き起こす。その力は 2 つの原因によって引き起こされる。第 1 は、上に述べたのと同じ原因である。ただしそれには、境界層中においてはエーテル流の速度分布、勾配および密度は逆の符号を持ち、分子の中心の方向を向いているという違いがある。第 2 の原因は、第 1 束縛渦——原子の電子殻——がその外部のエーテルを境界層に追い込み、境界層中の圧力が増大することである。流れの断面積の減少は、一方ではエーテルの縮小によるその圧力の上昇を、他方ではそれと同じ理由によるエーテルの温度上昇を引き起こし、このことがその領域内の圧力上昇をもたらし。そのとき、引力は低下する。なぜなら、相互作用し合う分子が渦の領域から出て境界層に入り、そこにおける速度分布も分子の斥力を促進するからである。それゆえ、そこにおける斥力の距離依存性の度合いは、第 2 束縛渦の本体内部における引力の距離依存性の度合いよりも大きくなる。

暫定的に「凝集結合」と呼ぶことのできる結合——分子を結合してある種の凝集体の総体を形成させるタイプの結合——は、疑いもなく興味深い。そのようなタイプの結合の構造は、水分子の凝集体への結合（図 3.6）を例にとって追究することができる。

2 つの陽子の表面によって励起される、水素分子と結合している 2 つのエーテル流は、互いにある角度をなして水分子の外部の空間の方を向いている。その結果、二重渦束^{〔訳注〕}——互いに巻き付き合っている 2 つのらせん渦——が形成されるための条件が創出される。二重渦束を形成している 2 つの渦はある距離の所で別れ、その後は陽子に戻っていく。2 つの渦が方向転換する場所には「ポケット」——エーテルの圧力が低下している領域——が形成される。おそらく、これが形成されることが、ほぼ万能な溶媒としての水の性質をもたらしめているのであろう（図 3.6(a)）。

分子間空間中における二重渦束の形成は、エーテル流の外側が凸形の形状を帯びるという結果をもたらす。それらの外側の流れには、別の分子の同様の流れが合流することができる。その場合、そのような結合には様々なタイプがあり得る。あるタイプは、そ

〔訳注〕 「二重渦束」は仮訳である。これは著者独自の用語で一般には用いられていない。

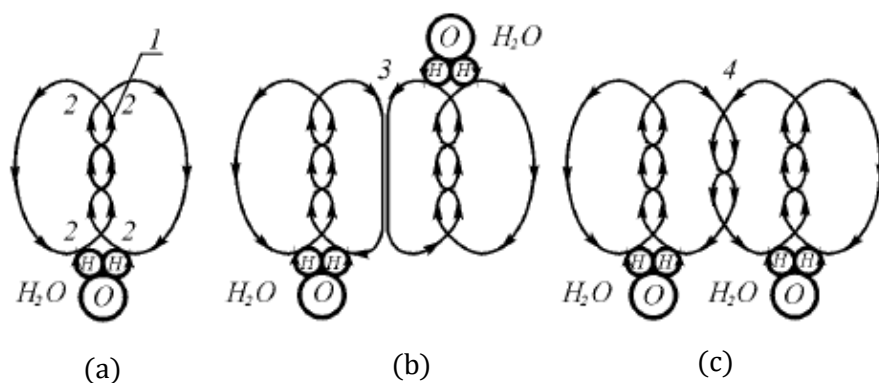


図 3.6. 水分子の凝集体への結合： (a)水分子の陽子によるエーテル流の形成； (b)水分子の「準イオン」結合； (c)水分子の「二重渦束」結合．1—水素原子の表面によって創出される外部エーテル流の二重渦束領域； 2—低圧力「ポケット」； 3—水分子の「準イオン」結合における束縛エーテル流の表面同士の付着； 4—水分子の束縛エーテル流の二重渦束結合

の性格の点で、陽子の表面が互いに付着し合うことによって形成されるイオン結合のタイプに類似している。この場合には、[2 つの] エーテル流の方向は反平行であり、したがって分子の配向は反平行となる——「準イオン」結合 (図 3.6(b))。第 2 のタイプは、側面流 [2 つの渦の渦の側面領域の流れ] が共通の流れを形成する結合のタイプである。このようなタイプはその性格の点で共有結合に類似している——「準共有」結合 (図 3.6(c))。第 3 のタイプにおいては、空間中で平行に配向している [2 つの] 分子の側面流が二重渦束も形成しており、このことが分子間結合をより安定的にしている——「二重渦束」結合 (図 3.6(c))。これらすべてのタイプの結合は、流れの側面領域だけでなく端面領域においても、しかもきわめて多様な組み合わせで形成されることができる。凝集体を形成する分子の数に制限があるのは、凝集体に統合される分子の数が増大するにつれて、凝集体の外側の分子のエーテル流の形状がますます凸型になり、それらの流れと他の分子との結合エネルギーがますます小さくなり、分子の新たな付加がますます不安定になってゆくことと関係している。そのような結合は温度が上昇するにつれてますます安定度が小さくなるので、結局、最後は単独分子しか残らなくなる。そのとき、蒸気が形成される。

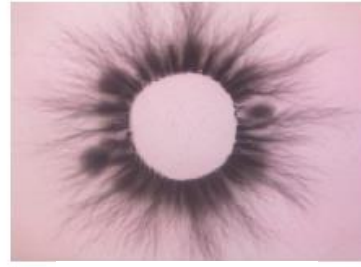
3.4. オーラとキルリアン発光

高電圧電磁場における生物体を含む各種物体の発光効果は既に 2 世紀以上前から知られていた。しかし、かつて用いられていた装置は複雑で、このことがその効果の解明を妨げていた。そしてようやく 1930~1940 年代になり、この現象を発見したロシアの発明家、キルリアン夫妻のおかげで「高周波写真撮影法」が広く知られるようになった。

物体を高周波電場に置いたとき、物体の表面近傍に発生するガス放電の発光が目視によって観測され、あるいは写真に記録されるという効果は、今日ではキルリアン効果という用語で理解されている (生体電気撮影法 [bioelectrography] あるいはキルリアン写真撮影法 [kirlianography])。



硬貨のコロナ放電



指のコロナ放電



花のコロナ放電

図 3.6. いくつかの種類のキルリアン写真

キルリアン写真撮影法は実験的研究方法として世界中で広く普及している。キルリアン効果に関する公表文献は 1000 点以上に達している。

キルリアン効果は工業分野では接合部、多種多様な溶接継手や接着継手の品質検査に応用されており、生物学分野では生体組織中における化学的過程の強度の決定のために、また医学分野では個別器官および生体全体の状態の決定のために利用されている。

キルリアン発光は無生物と生物——生物学的対象物や人間を含む動物——の両方で観測することができる。

生物学的対象物の発光の性格は対象物の状態に著しく依存している。その発光は強くなったり弱くなったりすることがあり、対象物が死んだときは完全に停止する。例えば、ちぎり取ったばかりの葉は最初は強く発光しているが、数十分経過すると発光は減衰してゆき、次に完全に停止する。葉は死んだのである。

動物や人間の生体でもそれと似たことが起こる。発光の強度は生体の状態を特徴づける。健康な生体は病気に罹患している生体よりも強く発光する。

最大の関心を引き起こしたのは、生物学的対象物、主として人間の生体のキルリアン写真の研究であった。

医学分野におけるキルリアン効果の適用は、人間の状態が変化するとキルリアン写真の画像が変化することを示した。例えば、手足の指のキルリアン写真の画像にもとづいて生体の生理的活性度の全体的レベルと性格について判断を下し、生体の個別系の状態を評価し、各種の作用（医薬品、治療、等々）の影響を追跡することが可能であることが判明した。このことにより、キルリアン効果にもとづく効率的な診断システムを開発することが可能になった。

現時点においては、**キルリアン効果**にもとづく方法は、個別器官や個別系の状態ではなく、個別部分同士が相互作用している中で生体全体の状態を物理学的レベルおよびエネルギー情報レベルで評価することを可能にする、唯一の機器分析法となっている。将来的には、この方法は実践的ツールとして、あらゆる医師の机の上で見られるようになるであろう。

特に興味深いのは、応用心理学におけるキルリアン効果の適用の将来展望である。発光の特性とパーソナリティの心理学的類型の間に関係があることを証明するデータが既に得られている。将来、しかるべき研究が行われれば、キルリアン効果にもとづく方法はパーソナリティ特性に関する最初の機器による評価法となる可能性がある。これを用いれば、研究者は人間の様々な発達段階において、その客観的人物像をまとめることができるようになる。

当然、キルリアン効果の物理的本質に関する疑問が生じてくる。エーテル動力学的理解の観点に立つと、この過程は次のように見えてくる。

既に説明したように、電子殻とは、原子核に束縛されているエーテルのトロイダル渦であり、その渦には、その次の渦——ファンデルワールス殻——、さらに次の渦——第1種オーラ——、さらに次の渦…、等々が付加されている。後に続くそれぞれの外側の渦はその前の内側の渦よりも数桁大きい半径を持っており、したがってその中におけるエーテルの流速はより小さくなっている。それぞれの渦の構造は、その中に含まれている原子核から原子、分子にいたるまでのすべての渦の構造と物体の形状を反映している。

生体物質と生体器官が生体ではない物体と異なっているのは、前者においては、後者には存在しないような化学的過程が進行しているという点である。共有結合においては複数の電子殻の統合が生じており、そのため、らせん流になり高密度化されたエーテル流の一部が外部に放出され、独立したトロイダル渦を形成する。しかし、その隣接区域において複雑な分子の単純な分子への解離反応が進行している場合には、そこではエーテルが足りなくなり、エーテルの圧力が低下するため、放出されたエーテル細流はその区域で吸収されることになる。こうして、そこでは流出と流入が生じ、噴水流のようなものが形成される。

生体物質中における化学的過程は多様であり、それらのエネルギー過程は相異なっているため、そのような噴水流の幾何学的特性と強度も互いに相異なったものになる。そのような噴水流に対する追加的な高電圧および高周波電場の供給が、そのオーラを写真によって、あるいは目視によってさえも観測可能なものにする。

写真撮影のプロセスは暗室内で、または赤色光の照明下で行われる。高電圧場発生装置の上に未感光の印画紙が置かれる。その上に対象物、例えば木の葉がセットされる。高電圧が供給されると気体放電が生じ、それが対象物の周囲における発光——コロナ放電——の形で発現する。そのコロナ放電が白黒またはカラーの印画紙または写真フィルムを感光させる。白黒の印画紙を現像すると、前掲の写真に見られるように、最も明るい所が黒くなる。

3.5. 触媒作用のメカニズム

分子構造のエーテル動力学的特殊性を検討することにより、触媒作用のメカニズムに関していくつかの見解を述べることができる。

周知のように、触媒作用とは、物質（触媒）の関与の下で化学反応の速度が変化するという作用である。触媒は反応物との間の中間的化学相互作用に登場するが、中間的相互作用の各サイクルが終わると、その化学組成を取り戻すと考えられている。触媒は反応の進行を著しく加速させるが、その際、各反応物にとって役に立つのはきわめて具体的な種類の触媒のみである。触媒の活性は触媒の表面積に直接的に比例しているため、普通、触媒物質を最大限可能な限り細分化させるための努力が払われる。

触媒作用は均一系触媒作用と非均一系触媒作用に分類される。前者においては触媒と反応物の間に境界は存在せず、後者においてはそれらを分ける境界が存在する。ある一定の反応に用いられる触媒の組成の選択はきわめて複雑な問題であるが、この問題は主に経験的な方法で解決されている。触媒理論には多重項説、電子説、活性中心説などいくつかの理論があるが、それらはいずれも半経験的な性格を持ち、主に個別的な事例のみを検討している[9]。ただし、モスクワ国立大学教授 A.A.バランジンの理論[10~14]は物理学的に最も理にかなった触媒理論となっている。

1929 年、A.A.バランジンは反応物と触媒の分子表面の構造的類似性という予想にもとづく触媒作用の多重項理論[multiplet theory]を創出した。彼は触媒と反応物の構造的・エネルギー論的一致の原理を発見し、この原理が触媒作用の多重項理論の基礎に据えられた。この理論は触媒サイクル全体の記述を、触媒（多重項）錯体中における原子間距離と原子価角、また反応物原子と活性中心の間における結合エネルギーの大きさを考慮に入れた、厳密な定量的レベルまで引き上げた。

多重項理論、そして2重項反応と3重項反応、既知の反応だけでなく、さらに未知の反応も含めた完全な分類にもとづき、A.A.バランジンは一連の新たな反応（例えば第1アミンのケチミンへの脱水素反応その他）と、それらの反応の活性触媒を予言することができた。彼は「触媒選択の科学的基礎」という新たな方向性を創出し、科学アカデミーにおける当該分野の審議会長を務めた。

モスクワ国立大学と科学アカデミー有機化学研究所の A.A.バランジンの研究室では、多数の反応の運動速度論と触媒作用のメカニズムが研究されていただけでなく、工業的に重要な意味を持つ一連のプロセス（特に合成ゴムのモノマー製造用の触媒および水素化、脱水素化、脱水、異性化用の触媒、等々）が開発されていた。

このように、A.A.バランジンによって開発された多重項理論は理論としてだけでなく、方法論としても自らの正しさを完全に証明し、幅広い実践的応用分野を見出した。

それにもかかわらず、一連の問題が今日まで未解決のまま残されている。その主な問題は、触媒作用の物理的本質の解明の必要性和関係した問題である。

この理論や他の諸理論の有益性を疑問視したり、触媒の作用メカニズムに関する今日知られているあらゆる見解に対して疑問を呈したりするものではけっしてないが、触媒作用の物理的本質に関する問題を解決するためには、エーテル動力学が与えるいくつかの追加的側面に注目することが有益である。

それぞれの原子と分子には、第1束縛渦——電子殻——だけでなく、第2、第3…等々の束縛渦の順序立った組が存在している。後に続くそれぞれの束縛渦はその前の束縛渦をその発生原因として持ち、そのエネルギーを供給されている。こうして、各分子の周りにはエーテル動力的オーラが存在し、そのオーラの構造はその分子の構造によって決定されている。既に示したように、電子殻とは原子核に束縛されているエーテルのトロイダル渦であり、その渦の表面には第2束縛渦——ファンデルワールス殻——が付加されている。

触媒分子のファンデルワールス殻の領域に入った反応物分子に対しては、その領域の表面の相異なる地点におけるエーテルの相異なる圧力によって創出される複数の力のモーメントが作用する。その圧力の差は、ファンデルワールス殻の様々な領域におけるエーテルの速度勾配、密度および温度の差と関係している。再配向の結果、反応物分子は互いに対してある一定の位置を占める。互いに向かい合っているそれらの分子の表面におけるエーテル流が反平行の方向を向いている場合には、それらの領域におけるエーテルの圧力が減少し、それらの分子は互いに引き寄せ合って近づき、化学反応し始める。反応物分子のそのような再配向は、必ずしも触媒分子の表面と直接接触したときに生じるわけではない。それは、触媒分子からある距離の所で生じる。なぜなら、触媒分子に束縛されているエーテル流は、周囲空間中のそこから遠く離れた所を流れているからである。

相異なる分子のオーラのエーテル流が互いに相互作用するとき、それらの流れが平行に配置されている場合には、分子同士の間においてエーテルの正圧が発生し、それらの分子は互いに斥け合う。それらの流れが反平行の場合には、エーテルの圧力が低下し、エーテルの外部圧力がそれらの分子を互いに引き付け合わせる。すべての束縛渦の表面全体においてエーテルの圧力が正または負の区域が生じ、それらが全体として質量中心に対するねじりモーメントを創出する。このことが空間中における分子相互の一定の配向をもたらす。このように、触媒の役割は、一般に解釈されているように中間反応に介入することだけではないのであって、それよりもむしろ、反応分子を互いに対して配向させ、当該の結合を閉じる上で最も好適な仕方ですべての分子が空間中に配置されるよう、それらを相互配向させることにあるのである。

自明のことながら、反応に関与する各物質の分子も、また触媒の分子も方向が完全に定まったエーテル流をその表面に持っている。何らかの2つの分子が空間中で出会うと、それらの分子は、それらの表面流同士の間で最大の速度勾配が形成されるように向きを変える。そのような状態こそがその系のエネルギーの最小値に対応するからである。しかし、2つの分子の新たな状態が安定的なものになるのは、一方の分子の表面流の総体の形状が他方の分子のそれと一致している場合に限られる。そのような一致が生じた場合には、それらの分子間の相互作用の効率も最大となる。

触媒分子の隣接区域に別の物質の反応物分子が接合した場合には、2つの反応物分子は互いに触媒分子の表面の直接隣接した場所に位置することになる。そして、その先において生じることのすべては、それらの分子がどれだけ近く、どの表面を向けて互いに向かい合っているか、またそれらの表面でエーテル流がどのように伸びているかに依存することになる。しかし、すべての条件が十分に好適な仕方ですべての分子が満たされている場合には、

2つの反応物分子は結合し、触媒分子に対するそれらの共通の配位と流れの方向が変化し、得られた新たな分子は触媒分子から分離され、新たな反応物分子対のために場所を空ける。

エーテル動力的触媒モデルとはこのようなものである。

触媒作用メカニズムの若干のエーテル動力的パラメーター値のオーダーを決定しよう。

任意の原子の原子核の大きさはおよそ 10^{-15} m, 原子自体の大きさは既に 10^{-10} mのオーダーであり、単純な分子の大きさもそれと同じオーダーである。ファンデルワールス殻——それに続く束縛渦——の大きさはおよそ $10^{-6} \sim 10^{-5}$ mとなる。

核子の表面におけるエーテル流の速度がおよそ 10^{21} m/sであるとする、第1束縛渦——電子殻——の表面におけるエーテルの流速はそれより10桁小さい 10^{11} m/sとなり、第2束縛渦——ファンデルワールス殻——の表面ではわずかに $10 \sim 100$ m/sとなる。したがって、反応物分子が触媒分子に接近するとき、反応物分子はエーテル流を通過するわけであるが、それらのエーテル流の速度は広い範囲内で変化しているということになる。

触媒分子の表面のある区域によって引き起こされる、反応物分子の表面におけるエーテルの圧力低下は次式によって決定される。

$$\Delta P = \frac{\rho \Delta v^2}{4} (1 - \cos \alpha) \quad (3.2)$$

ここで、 ρ は反応物分子の表面におけるエーテル密度； α は2つの分子の表面における各エーテル細流の方向の間の角度； $\Delta v = v_{ca} + v_{re}$ ； v_{ca} は反応物分子の表面において触媒分子によって創出されるエーテル流の速度であり、この速度は2つの分子の間の距離の2乗に比例して減少する； v_{re} は反応物分子の表面自体におけるエーテル流の速度である。

2つの分子の表面における各エーテル流が平行である場合には、反応物分子のその区域におけるエーテルの圧力は、その区域において通常の条件下で生じる圧力よりも高くなる。2つの流れの間の角度が 90° の場合には、触媒分子は反応物分子に対していかなる影響も及ぼさない。しかし、それらの流れが反平行の場合には、反応物分子のその区域におけるエーテルの圧力は低くなり、このとき、反応物分子の反対側のエーテルの圧力は以前と同じままであるため、反応物分子は触媒分子の方向へ向かう加速力を得る。

各分子は多数の原子からなっているため、分子の表面全体は凹凸のある形状を持っている。それぞれの凹凸上において、エーテルの束縛流は分子の内部構造によって決定された方向に向かって運動しており、しかも触媒分子から出たエーテル流がそのような区域のそれぞれにおいてエーテル圧力の固有の低下を創出している。その結果、反応物分子に対しては様々な力が作用し、それらがその表面に加わる。それらの力が反応物原子を方向転換させるモーメントを創出する。そのとき、それらの力とモーメントは触媒分子に近づくにつれて増大してゆく。

空間中で反応物分子を方向転換させるのに必要とされるそのような力とモーメントの大きさおよび時間の長さのオーダーはどの程度のものかという問題が生じてくる。

初期モデルとして、 10^{-10} m 離れている 2 つのヘリウム原子のみからなる、亜鈴型分子を取り上げよう。そのようなモデルに最も近いのは、その原子核中で α 粒子 2 個が陽子 1 個によって結合されているホウ素原子である。

そのようなモデルの表面積は 10^{-20} m² となる。エーテル密度をおよそ 10^{-11} kg/m³, エーテルの流速を 10^2 m/s ないし 10^{11} m/s とすると、分子表面における圧力低下は 10^{-5} Pa から 10^{11} Pa までのきわめて広い範囲内で変化する可能性があり、このことがその表面において 10^{-25} N ないし 10^{-9} N の力を創出する。半径が 10^{-10} m のとき、それらの力は 10^{-35} N ないし 10^{-19} N のモーメント M を創出する。

そのような分子の慣性モーメントは、このモデルの場合には $r = 10^{-10}$ m 離れている 2 つの原子の原子核質量 $7 \cdot 10^{-19}$ kg によって決定され、およそ $J = mr^2 = 7 \cdot 10^{-39}$ kg · m² となる。

分子がねじりモーメントの印加から得る角加速度は

$$\omega' = \frac{M}{J} \text{ より, } \omega'_1 = 1.5 \cdot 10^3 \text{ rad/s ; } \omega'_2 = 1.5 \cdot 10^{19} \text{ rad/s} \quad (3.3)$$

となる。

分子は時間

$$t = \sqrt{\frac{2\pi}{\omega'}} \quad (3.4)$$

の間に、すなわちこの場合には $t_1 = 6 \cdot 10^{-2}$ s ないし $t_2 = 6 \cdot 10^{-10}$ s の間に、角度 π だけ方向転換する。

反応が液相内で進行する場合には、互いに反応するのは、触媒分子に直接隣接している所に存在している反応物分子である。液体中における分子の結合の弱さが、触媒分子のエーテル流の作用の下で反応物分子がかなり自由に方向転換し、触媒分子に近づいていくことを可能にする。反応物分子は触媒分子からある距離だけ離れた所で互いに反応することができるが、触媒分子の表面に定着した後も反応することができる。後者の場合、反応時間はかなり長くなる可能性がある。

このように、反応物分子の新分子への結合は、まだ触媒分子に向かって接近していく途中で生じることができる。反応物分子は、触媒分子からある距離だけ離れた所で既に互いに対して所要の仕方で配向した状態になっており、触媒分子の表面からある距離だけ離れた所で既に互いに引き付け合い始めるからである。

ところが、気相内に存在する物質の反応について検討する場合には、反応物分子が触媒分子のエーテル流の速度場の中に存在している時間という問題、また、分子の方向転換によってその時間が十分かどうかという問題が生じてくる。

温度が約 20°C のとき、N₂ あるいは O₂ タイプの 2 原子分子の熱運動速度はおおよそ 500 m/s であるから、その分子がファンデルワールス殻を通過する時間は

$$t = \frac{10^{-5}}{500} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

となる。

この予想時間は、触媒分子によって創出されるエーテル流の作用の下で、反応物分子がファンデルワールス殻内において方向転換するのに必要とされる時間より、少なくとも2桁大きい。

このことが意味しているのは、反応物分子が方向転換し始めるのはファンデルワールス殻の表面においてではなく、それより殻の中心に近い所であるということ、しかしまた触媒分子の表面においてでもなく、それより早い時点においてであって、したがって反応物分子には方向転換のための時間は十分以上あるということである。上記と同じ温度のとき、重い多原子分子は2原子分子より著しく小さい熱運動速度を持つことになり、そのため、その慣性モーメントは2原子分子より大きいとは言え、方向転換するのにかかる時間もそれに対応してより大きくなる。

しかし、触媒分子はその周辺において単一のエーテル流ではなく、その分子が持っている表面の数に従って多数のエーテル流を創出している。原理的には、将来、具体的な分析を行う際は、重ね合わせの原理を利用し、まず各エーテル流を個別に計算し、次にそれらの作用を幾何学的に足し合わせるという方法を採用することができる。ただし、反応物分子は触媒分子に向かって接近していく途中で既にねじりモーメントを受け、そのモーメントが反応物分子を、触媒分子に対してエネルギー的に最も有利な位置につかせようとするということを断言することができる。

周知のように、触媒は時間が経つにつれて効率が低下する。現在、このことは触媒分子表面の汚染によって説明されている。しかし、それ以外の原因も検討することができる。触媒分子は空間中において反応物分子を配向させるためにあるエネルギーを消費し、その結果、触媒分子自身のエネルギーは減少する。このことも触媒の経時的な効率低下の原因の一つとなっている可能性がある。さらにもう一つの原因となり得るのは、特に共有結合を伴う中間反応の場合における、反応物分子との間の中間反応の進行の結果による触媒分子の構造再編成のためのエネルギー消費である。

このように、エーテル動力学的理解によれば、触媒作用の本質は、触媒分子がその束縛渦により、反応物分子の反応にとって最も有利な条件を創出するような仕方で、反応物分子を空間中において配向させるということにある。

第1束縛渦——電子殻——と第2束縛渦——ファンデルワールス殻——のいずれの場合にも、束縛渦の流れのあらゆる形状、強度および方向は原子核の構造によって厳密に決定されていることに注意を払わなければならない。それゆえ、任意の原子と分子の構造を、それらの形状および原子核から任意の距離にあるエーテル流のパラメーターを考慮に入れて確定するだけでなく、他の分子のエーテル流の速度場に入った原子と分子の位置を決定するという魅力的な可能性が現われる。これによってその速度場に入った各種物質の原子と分子の相互の位置関係も決定されるようになり、それによって各種反応に用いられる触媒を指向的に選択するための基礎を創出することができるようになる。

エーテル動力学モデル化作業の途上で生じる触媒作用に関する様々な課題の解決は、現代的計算技術を用いて、まず各種分子の表面におけるエーテル流の形状と方向を決定し、次に分子の各種組み合わせにおけるエーテル流の空間的配向を計算する方法でなし遂げることができる。現代的計算技術は原理的にそのような作業の遂行を可能にし

得る状態にある。おそらく、具体的な反応のための触媒を選択する際にもそのような方法が効率的な方法となるものと思われる。

結 論

1. 分子における化学結合は、複数の原子の束縛渦が統合して共通の分子渦になる結果として（これは共有結合に対応する）、またはエーテルの表面流の方位が反平行であるとき、それらの間のエーテル圧力の低下によって 2 つの分子の束縛渦が互いに付着し合う結果として（これはイオン結合に対応する）形成される。ファンデルワールス力——分子同士の引力——は、分子間に勾配を持つ流れが形成され、その流れの中でエーテル圧力が低下する結果として説明することができる。

2. 共有結合が形成されるときには、高密度らせんエーテル流の一部が分子から放出され、暫定的に「レプトン」と呼ばれる独立した軽粒子を形成する。レプトンは「泡」を形成する。「泡」の中におけるレプトンの寿命は、「泡」の表面における数秒から、「泡」の深部における数時間までである。

3. 金属結合が形成されるときには、エーテル流の放出された部分は第 1 束縛渦——原子の電子殻——の諸部分からの自由電子の創出を促進する。それらの自由電子は第 2 束縛渦の領域——ファンデルワールス殻——に放出され、そこではあたかも気体分子のように振る舞う。

4. 形成された電子の一部は金属片の表面に出て、そこでいわゆる「フェルミ面」を形成する。この面はチェス盤状に配置された電子から構成されており、それらのスピンは隣接する電子のスピンとは反対の側を向いている。この系は安定的であり、無限と言えるほど長時間にわたって存在することができる。

5. 予想によれば、不均一系触媒作用のメカニズムは、分子とそのオーラの個別部分の間における勾配を持つ流れの形成と関係を持っている。その形成は分子同士の互いに対する方向転換をもたらし、それらの分子が化学結合に入ることを容易にするような相互の空間的配向を創出する。

第4章 エーテル動力的熱力学

4.1. 熱と物質の集合状態

気体、液体および固体中における熱の本性は、気体媒質中に置かれた液体と固体は気体雰囲気中において、それらを取り囲む気体と同じ温度を獲得することを考慮すれば、容易に解明することができる。

周知のように、気体の温度とは気体分子1個の運動エネルギーであり、そのエネルギーは平均熱運動速度を通じて次のように表される [1]。

$$T = \frac{mv^2}{3k} \quad (4.1)$$

ここで、 m は分子1個の質量； v はその分子の熱運動の平均速度、すなわち空間中における並進運動の平均速度； $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ はボルツマン定数であり、採用されている温度の尺度と気体分子の運動エネルギーの間の比例係数の逆数である。

気体分子同士の相互作用は気体の電離度に応じて相異なったものになる。気体が中性の場合には、第1束縛渦——電子殻——が各分子に存在する。その渦は閉じているため、遠心力がアーメルを渦の周辺部に追いやり、渦の表面全体にわたって高密度の渦壁が形成される。その渦壁の外側が分子の表面を形成する。分子同士が衝突するとき、それらの分子がぶつけ合うのはそれらの渦壁に他ならない。そのとき、それらの渦壁は弾性的に変形し、次に元の形に戻り、それらの分子が接触状態に至ったときと同じ速度でそれらを互いに反発させる。

イオン化した分子同士が衝突する場合には、それらには束縛渦はもはや存在していない。イオンは相互の電氣的斥力を克服しなければならなくなる。そのような斥力は、温度が $+20^\circ\text{C}$ のときは分子間の距離が $3.6 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ の所で、 1000°C のときは $8.5 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ の所で生じる

固体に衝突する気体分子は、実は、電子殻の表面——第1束縛渦の渦壁——に衝突しているのである。第1束縛渦の渦壁は渦体のそれ以外のすべての部分よりも著しく高い密度を持っており、事実上、一体的な弾性物体、つまり弾性状態になるまで膨らんだ風船のようなものである。その表面に加えられた衝撃は電子殻全体を変形させ、擾乱を原子核、電子殻の反対側の周縁部に、さらにファンデルワールス殻を通じて他の分子に伝える。

分子間結合の弾性は電子殻の弾性よりも著しく小さいので、一次近似においては、振動系の主要な弾性は分子間結合の弾性であり、主要な振動質量は分子の全質量であるとみなすことができる。

現代熱理論から導き出されるように、固体の温度は、その物体のある分子の他の分子に対する振動によって決定される。その場合、その振動に関与する弾性結合とみなされるのは分子間の結合である。熱の本質に関するエーテル動力的理解は、その基礎的な

部分においては一般に認められている理解と異なる点はないが、その過程自体をそれより若干精緻に捉えている。

第1束縛渦の直径は原子核の直径より4桁以上大きく、したがってその体積は原子核の体積より $12\sim 13$ 桁以上大きい。ところが、その質量は原子核の質量の3700分の1である。したがって電子殻の密度は平均すると原子核の密度より16桁以上小さい。それに加えて、電子殻自体の主要な質量はその表面にではなく、原子核の近傍に集中している。それゆえ、その表層の密度は原子核の密度より20桁以上小さい。気体分子の衝撃はその横断面積上に分布している。気体分子の直径をおよそ 10^{-10} mとすると、横断面積はおよそ 10^{-20} m²となる。これに対し、原子核の横断面積はおよそ 10^{-30} m²、つまり 10^{10} 分の1である。電子殻の密度はそれほどまでに小さいにもかかわらず、それは必要とされる渦壁の弾性を確保するためには十分であることが分かる。なお、電子殻自体の内部においても振動が発生しなければならないが、そのエネルギーは、原理的に、分子間結合上における当該分子全体の振動エネルギーのうちの小さい部分しか占めていない(図4.1)。

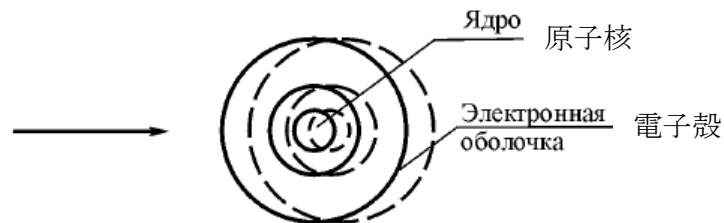


図4.1. 熱の伝播メカニズムに関する図

以上述べたことにもとづき、ある集合状態から別の集合状態への物質の移行メカニズムも決定することができる。

分子の振動の振幅の増大は、分子間距離の増大、またファンデルワールス殻中におけるエーテル流の勾配がより小さく、かつその密度がより小さい領域への分子のシフトをもたらす。分子間相互作用力が弱化し、分子を今までの位置にきつく保持するためにはもはや不十分となる。今や、分子は互いに対して相対的に自由に滑動することができるようになったが、そのエネルギーがまだ不十分であるため、分子エーテル流の共通の系から離脱することはまだできない。しかし、温度がさらに上昇していくと分子の振動の振幅が増大し、分子はますます激しく衝突し合うようになり、まだ残っている分子間相互作用力を克服するようになる。それらの分子のうち、表面波の振幅が十分大きいものは他の分子の第2束縛渦から離脱することが可能になる。蒸気または気体が形成される。

物質が固体状態から液体状態に移行するとき、あるいは物質が蒸気状態または気体状態に移行するとき、ファンデルワールス殻中のエーテル流が再編成されるためには追加エネルギーが必要であることを理解するのは難しいことではない。そのエネルギーは前者の場合は溶解熱、後者の場合は気化熱と呼ばれる。

いわゆる発熱反応、すなわち熱の放出を伴って進行する2種類の物質の化学的相互作用における熱の発生メカニズムを追究してみたい。

原理的には、2つの分子の相互の付着（イオン結合）、あるいは単一の電子殻の形成（共有結合）をもたらす2つの分子間の引力も含め、2つの物体間の相互作用力は、それら2つの分子の系の内力であるから、周囲に位置しているそれ以外の物体には影響を及ぼさないはずである。しかし実際には、結合の結果として、2つの分子は衝突しながら電子殻における表面波を互いに励起し合い、これが温度の上昇として感受される。すなわち、それらの分子の相互作用エネルギーはそれらの電子殻の表面波エネルギーに変換される。しかしそれだけでなく、共有結合形成反応においては、2つの原子にとって共通の新たな分子中におけるエーテル流の長さは、それらの原子の結合以前における各電子殻中におけるエーテル流の長さの和よりも小さくなる。その余分な高密度のらせん流になったエーテルは分子から放出され、その分子を取り囲む原子や分子の電子殻中においてさらに振動を引き起こす。特別に行われた実験は、共有結合形成反応の際、やや高密度化した渦トロイド（「レプトン」）のいわゆる「レプトン泡」の創出という形でエーテルが分離する事実を裏づけた。レプトン泡の存在はねじり秤の金属製の帆の移動および印画紙の感光性の喪失を引き起こす。

この実験が示しているように、レプトン泡の中のレプトンは高い安定性を持っていない。レプトンのうち、泡の上部にいるものは泡の形成後わずか数秒間のうちに拡散し始める。しかし泡の内部にいるものはそれよりはるかに長時間存在し、その時間は数十分、さらには数時間に達する。このことは、泡の内部にいるレプトンは勾配を持つエーテル流をその表面に持っており、その流れは隣接するレプトンの表面を流れるエーテル流と結びついているということによって容易に説明される。

上に示した理解にもとづけば、移動しようとする物体の静止摩擦は動摩擦より大きいという周知の事実を説明することができる。運動している物体が停止するときには、物体と台の接触し合っている分子の間において、一方の分子から他方の分子へ移行する流れという形で、または隣接する分子間における流れの速度勾配の上昇という形で、エーテル流が形成される。これらすべての過程はけっしてそれほど急速ではなく、数秒のオーダーの時間がかかる。物体が運動し始めつつある場合には、新たな結合を破壊するための追加的な応力が必要とされる。物体が止まらずに運動している場合には、そのような共通の流れが形成される間はない。

4.2. 自由電子の構造と金属の電気伝導および熱伝導の物理的本質

電気伝導と熱伝導の物理的本質は、ドイツの物理学者 P. ドルデー [2, 3] およびオランダの物理学者 H.A. ローレンツ [4, 5] によって見事に説明されている。

金属中の原子は電子殻によって結合し合い、1つの分域の範囲内において巨大分子タイプの連続系を形成している。このような結合は金属結合と呼ばれ、タイプの点では共有結合タイプの結合に最も近い [6]。このことは、原子が結合するときには、わずか2つの原子からなる分子においても、そのエーテル流の長さは結合する前の原子のエーテル流の長さの和より小さくなるという結果をもたらす。それゆえ、原子が結合して分子になるとき、らせん流になり高密度化されたエーテル流の一部が、形成されつつある分子から放出される。それが形成されるとき、エーテル流の放出された部分が自ずと閉じ

る普通の共有結合の場合とは異なり、金属中においては、放出されたその部分が、原子間に存在していたエーテル流を材料とする電子の組織化を促進する（図 4.2）。

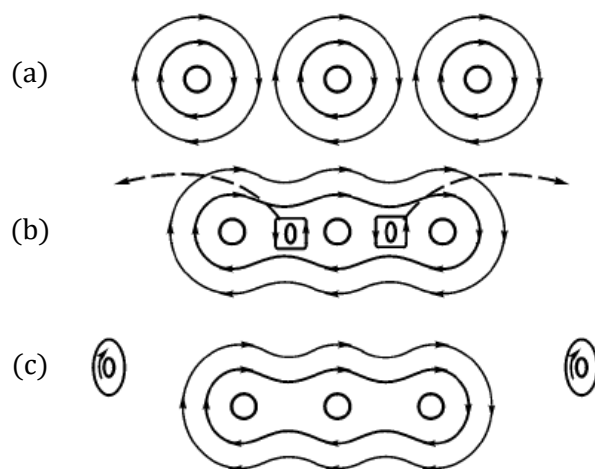


図 4.2. 原子間の金属結合と金属中における自由電子の形成

形成された自由電子はファンデルワールス殻の範囲内で分子間空間中を無秩序に移動し始め、分子の電子殻と衝突してそれらとエネルギーを交換し合う。そのとき、電子の一部は金属の表面に出て、互いに対して反平行になるようにチェス盤状に位置を占め、いわゆる「フェルミ面」を形成する（図 4.3）。

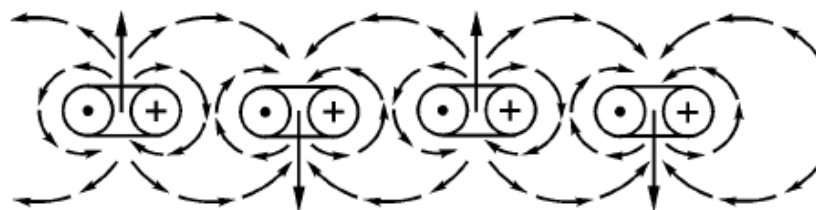


図 4.3. 「フェルミ面」の構造

電子理論によれば、金属導体中の自由電子は電子ガスを形成している。電子は導体の原子間空間中で無秩序に運動しながら原子や分子の表面と衝突し、それらとの間で運動量を交換し、これによって導体全体に共通する温度を維持している。他ならぬ電子ガスの存在と移動度こそが金属導体の高い熱伝導率をもたらしているのである。しかしここで、固体の熱とは何なのか、固体の温度のメカニズムとはどういうものなのか、固体中で熱の担体となっているのは何なのか、固体の熱は気体の熱と物理的に何が異なっているのかという疑問が生じてくる。

電子理論によれば、自由電子は導体の分子の間を無秩序に運動しながらそれらとの間で運動量を連続的に交換し、これによって金属中の温度の急速な平準化を促進しており、その高い熱伝導率が金属を非金属と区別する特徴をなすとされている。

金属中における電子の移動の熱速度は次式によって決定される。

$$v_e^2 = \frac{3kT}{m_e} \quad (4.2)$$

ここで、 $m_e = 0.9108 \cdot 10^{-30}$ kgは電子の質量である。これより、温度 20°C (293.3°K) のとき、分子の熱運動速度は 115.45 km/sとなることが分かる。

金属中の電子の数は原子の数と等しくなければならないことを念頭におくと、単位体積中の電子の数は原子の数と同様、およそ $n = 10^{28} \sim 10^{29} \text{ m}^{-3}$ となる。もし電子ガスがそれ自体だけで存在しているとすれば、電子の平均自由行程は

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}n\sigma_e} \quad (4.3)$$

となるはずである。ここで、 σ_e は電子の横断面積であり、その大きさは約 10^{-30} m^2 である。したがって平均自由行程はメートル単位のオーダーの大きさを持っていなければならないはずであるのに対して、分子の中心間距離はおよそ 10^{-10} m のオーダーである。このことは、金属中では、電子は電子同士ではまったく相互作用せず、各電子は、その電子がたまたまその近傍に居合わせることになった分子の表面と絶えず衝突しながら、分子の間を移動しているということを意味している。

それと同じ電子理論によれば、ただし今度はこの理論の現代的な記法で表すと、金属および合金の熱伝導率はウィーデマン・フランツの法則を用いて次のように推定することができる [7]。

$$k_T = L_0 \sigma T \quad (4.4)$$

ここで、 $L_0 = 2.445 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \Omega / \text{K}^2$ はローレンツ数； σ ($\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$) は電気伝導率； T は絶対温度である。

金属および合金の熱伝導率と電気伝導率は比例していることを表すこの関係式は幅広い実践によって裏づけられており、便覧書には基礎的な関係式として記載されている。ただし、この関係式は必ずしも正確ではない。これに影響するさらにそれ以外の要因が存在するからである。しかしそれでもなお、金属の電子理論は裏づけられていると断言することができる。この電子理論によれば、電気伝導率は

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m_e}, \quad (4.5)$$

すなわち比抵抗は

$$\rho = \frac{m_e}{ne^2\tau} \quad (4.6)$$

である。ここで、 n は単位体積中の電子の濃度； e は電子の電荷； τ は自由時間； m_e は電子の質量である。温度が上昇するにつれて電子と分子表面の衝突頻度が増大し、それに対応して自由時間は減少する。金属の電気伝導率の低下も、またそれに対応する比抵抗の上昇もこのことから導き出される。

このように、電子理論とエーテル動力学の現代的理解は、金属の電気伝導メカニズムおよびそのメカニズムと熱伝導の関係を解明することを可能にしている。他のあらゆる

場合と同様、この基礎的過程に対してはそれ以外の諸過程が重なり合い、それらが基本法則からの逸脱をもたらしている。それゆえ、それらの逸脱が個別に検討されなければならない。

4.3. 発熱核反応のエーテル動力的メカニズム

原子エネルギーとは、核反応に伴って放出される原子核エネルギーである [8]。それは、原子核を構成部分に分裂させる際に消費しなければならないエネルギーである。

周知のように、原子核の結合エネルギーは、核力の作用による核子間の引力エネルギーと、静電力による陽子間の斥力エネルギーからなる。各核子が強く相互作用する相手は少数の隣接核子に限られる。それゆえ、既に ${}^4\text{He}$ 以降においては、数 A ——原子核中の核子数——の増加に伴う比結合エネルギーの増大の仕方は緩やかになってゆく。その値は Fe の領域において $A = 56$ のときに最大に達する。依存性のそのような変化の仕方は、原子核の周縁部に位置する核子の数がますます大きくなってゆき、そのため、それらの核子にとっては他の核子に向かう引力がますます弱くなるということによって説明される。

数 A が増加するにつれて周縁部核子の役割が減少する結果、比結合エネルギーは増大する。重い核子においては、核子数が増加するにつれて比結合エネルギーは減少する。引力エネルギーは数 A の増加とともに線形的に増大し、他方、陽子の静電的斥力エネルギーは陽子数の 2 乗 Z^2 に比例して増大するからである (図 4.4)。

このようにして、核融合反応 (最も軽い原子核からの軽い原子核の形成) および重い原子核の分裂反応 (より小部分への原子核の分割) は発熱的となる。

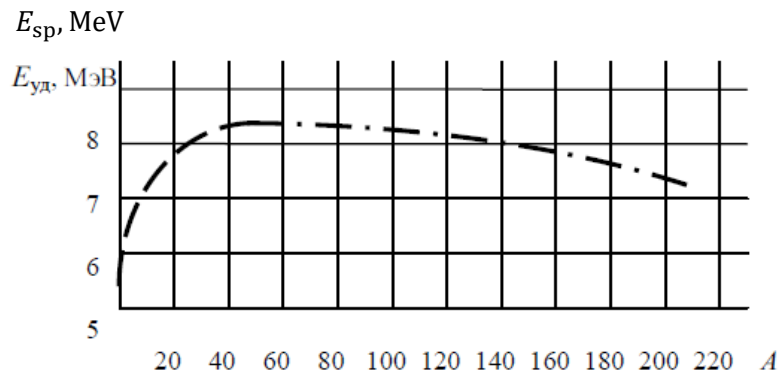


図 4.4. 核子数に対する原子核の比結合エネルギーの依存性： 曲線の左側の枝 (破線) —原子核中の核子数の増加に伴う比結合エネルギー $[E_{sp}]$ の増大； 右側の枝 (鎖線) —原子核中の核子数の増加に伴う比結合エネルギーの減少

核反応の発熱性に関する上記の解釈に対していささかも異議を唱えるものではないが、そこでは核内結合エネルギーの物質の熱エネルギーへの変換の物理的メカニズムはまったく説明されておらず、このことが上記の解釈の著しい欠点となっているという点を指摘しなければならない。

エーテル動力的解釈にもとづき、核子の核内結合エネルギーの物質の熱エネルギーへの変換メカニズムの解釈を提案することができる。

最も軽い元素からの軽い元素の核融合の場合には、核子または核子群が爆縮[implosion]すると、核子間中間領域から外部空間に向けてエーテル細流が噴出し、それらのエーテル細流が周囲の核子、物質の原子核および物質自体を引きずる(図4.5)。核子が結合するという事実だけでなく、そのような結合の速度もまた、そのような噴出が生じるための条件となる。なぜなら、核子の接近速度が小さい場合には、エーテルは核子間空間から四方に向かって相対的に緩慢な速度で流出し、したがってエーテル流による周囲物質の引きずりはまったく生じないことになるからである。ミネラル[原文ママ]の形成時に物質の発熱がまったく記録されないのは、そのためである可能性がある。

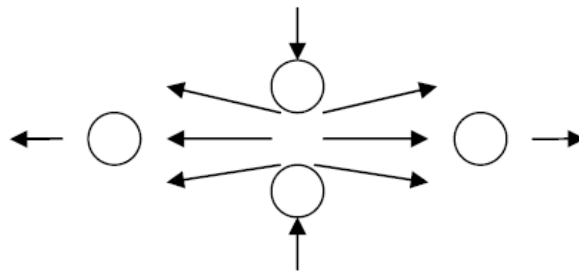


図 4.5. 核子の接近エネルギーの周囲物質の熱エネルギーへの変換メカニズム：核子間空間から噴出したエーテル細流が周囲物質を引きずり、その熱エネルギーを増大させる。

重い原子核の崩壊は、静電的斥力(陽子の円周運動に関与する、環状流の核子間中間領域において高密度化したエーテル)によって生じる。そのような崩壊は、形成された破片と周囲物質との衝突をもたらす。しかし、原子核が分割されることそれ自体の条件をなしているのは、核子のうちせめて一部だけでも境界層の範囲外に出ることであり、そのためには追加的なエネルギーが必要とされる。そのエネルギーは、核子自体または核子の総体の表面において形成された波動(この場合は核子自体が振動する)、または外部からの衝撃をその起源として持っている可能性がある。ただし、後者の場合には、飛来する外部粒子は核子との間におけるある一定の相互作用時間を持っていないければならない。さもないと、得られるのは効果の小さい弾性衝突ということになってしまい、原子核の崩壊は生じない。

この事情こそが、核反応を生じさせる際、中性子の飛行速度を減速させ、それによって原子核に飛来する中性子と原子核自体との相互作用時間を増大させるための措置を取らなければならない理由なのかもしれない。

結 論

1. 分子の振動の振幅は、分子間距離の増大、またファンデルワールス殻中におけるエーテル流の勾配がより小さく、かつその密度がより小さい領域への分子のシフトをもたらす。このことは分子間相互作用力の弱化をもたらす、分子が互いに対して自由に滑動することを可能にする。温度がさらに上昇していくと分子の振動の振幅が増大し、そ

これらの分子のうち、表面波の振幅が十分大きいものは他の分子の第2束縛渦から離脱することが可能になる。蒸気または気体が形成される。

2. 金属の電気伝導と熱伝導の物理的本質は、金属中における自由電子の存在に関する既存理論によって見事に説明されている。既存理論の欠点は、金属中に自由電子が存在する理由についての説明が欠如している点にある。この欠点は、自由電子の出現を、金属原子が分域に統合されるときに電子殻の一部、すなわち束縛渦の一部が離脱する結果として説明する、エーテル動力学的な構想によって修正された。

あとがき

物質構造に対するエーテル動力学的アプローチは、既存理論の背後に隠されている、物質構造に関する多数の問題を解明することを可能にした。

エーテル動力学的理解は、微視的世界の主要な物質*的形成物——微視的世界の基本的粒子である陽子および中性子（中性子とは、原子内において、エーテルの円周運動、したがってまた電場が透過して周囲空間に出てゆくことを妨げるエーテル境界層によって取り囲まれている陽子である）——の構造の物理的本質を確定するとともに、電磁相互作用と強い相互作用の一般的メカニズムを見つけ出し、弱い相互作用の本性その他のいくつかの側面を解明し、その結果、すべての種類の相互作用を、エーテル流の速度勾配に起因するエーテル中における圧力勾配に帰着させることを可能にした。これにより、微視的世界におけるすべての種類の相互作用は、普通の気体力学の法則性に帰着する。

エーテル動力学的アプローチのおかげで得られた新たな結果としては、例えば、あらゆる原子の原子核の構成には核子——陽子と中性子——のみが含まれており、複雑な原子の支持構造体は α 粒子のみからなっている事実が確認されたといった結果が挙げられる。この事実は、原子核のエネルギー過程の多数の特徴を一度に説明している。核と原子の物理のその他の特徴、例えば原子中の陽子と電子の数の同一性は何によって確保されているのかといった点も理解できるようになる。物理学におけるこれらの結果、またその他多数の結果は、エーテルを無条件に否定する方向での先入観にとらわれた理解の仕方がなされていなかったなら、エーテル動力学が出現する以前においても得ることが可能であったということを指摘しなければならない。

今や、素粒子加速器を用いて原子核の構造を解明しようとする試みは誤りであることが明らかになりつつある。すなわち、そのような素粒子は原子核には含まれておらず、実験時に人工的に形成されるものなのである。

このように、唯物論的方法論にもとづいたエーテル動力学的アプローチは生産的なアプローチであり、現在採用されているアインシュタインの相対性理論と量子力学の哲学にもとづいた観念論的方法論には手に負えないことが判明している、一連の問題を解決することを可能にした。

ただし、エーテル動力学によって得られたこれらの結果は、エーテル動力学の最初の一步、物質*研究の当面における一段階にすぎない。物質*構造の領域におけるエーテル動力学的研究を、物質*組織化のあらゆる階層レベルにおいて発展させる必要がある。その発展が新たな成果をもたらすことは疑いない。

文 献

第1章

1. Vigier J.-P., 『哲学の諸問題』所収論文, 1956, 第6号, 91頁.
2. Rutherford E. 「原子の構造と元素の人工変換」, 英語からの翻訳/監修: G.I.Flerov, 『科学論文選集』, 第2巻, モスクワ, Nauka, 1971.
3. Bohr N., 原子のスペクトルと構造に関する論文3点, ドイツ語からの翻訳, モスクワ・ペトログラード, 1923. Bohr N. Die Quantenpostulat und die neuere Entwicklung der Atomistik. Naturwissenschaften, H. 15. 1928. S. 245. [量子公準と原子論の新たな発展]
4. Chadwick J. Possible existence of a neutron. «Nature», 1932, v.129, No. 3252.
5. Ivanenko D.D. 『物質の構造と物質の統一理論』, モスクワ, Znanie, 1960.
6. Heisenberg W. 『原子核の物理学』, モスクワ・レニングラード, 1947.
7. Kendal G.V., Panovsky V.K.G. 「陽子と中性子の構造」, 『素粒子』, モスクワ, Nauka, 1973, 第9冊.
8. Vlasov N.A. 『中性子』, 第2版, モスクワ, Nauka, 1971.
9. Gurvich I.I., Tarasov D.V. 『低エネルギー中性子の物理学』, モスクワ, Nauka, 1965.
10. Beiser A. 『現代物理学の基礎的理解』, 英語からの翻訳: A.G. Beda, A.V. Davydov, モスクワ, Atomizdat, 1973.
11. Selinov I.P. 「原子核の構造とシステマティクス」, 『素粒子・同位元素の表とシステマティクス』, モスクワ, 原子科学技術情報・技術経済中央研究所出版部, 1982.
12. Nemets O.F., Gofman Yu.V. 『技術者と大学生のための核物理学便覧』, モスクワ, Nauka, 1971.
13. Fermi E. 『核物理学: 科学論集』, 英語からの翻訳/監修: B.M. Pontekorvo, モスクワ, Nauka, 1971, 第1巻.
14. Marshak R. 「核力」, 『物理学者たちは何を考えているか』, モスクワ, Nauka, 1971, 第4冊, 5-26頁.
15. Yavorsky B.M., Detlaf A.A. 『技術者と大学生のための物理学便覧』, モスクワ, Nauka, 1971.
16. Eisenberg J.M., Greiner W. 『原子核モデル. 集団現象と1粒子現象』, 英語からの翻訳/監修: S.P. Kamerdzhev, B.A. Tulunov, モスクワ, Atomizdat, 1975.
17. Eisenberg J.M., Greiner W. 『原子核の微視的理論』, 英語からの翻訳/監修: S.P. Kamerdzhev, B.A. Tulunov, モスクワ, Atomizdat, 1976.
18. Eisenbud L., Wigner E. 『原子核の構造』, 英語からの翻訳/監修: A.M. Baldin, モスクワ, 外国語文献出版所, 1959.
19. Bethe H. 『原子核物質の理論』, 英語からの翻訳: V.M. Kolbisov/監修: Ya.A. Smorodinsky, モスクワ, Mir, 1974.
20. Bethe H., Morrison P. 『初等原子核理論』, 英語からの翻訳, モスクワ, 外国語文献出版所, 1958.
21. Blin-Stoyle R.J. 『基本相互作用と原子核』, 英語からの翻訳/監修: D.D. Ivanenko, モスクワ, 外国語文献出版所, 1958.
22. Göppert-Mayer M., Jensen J.H.D. 『初等原子殻理論』, 英語からの翻訳/監修: D.D. Ivanenko, モスクワ, 外国語文献出版所, 1958.
23. Davydov A.S. 『原子核理論』, モスクワ, 国営物理数学文献出版所, 1958.
24. Kokkedee J.J.J. 『クォーク理論』, 英語からの翻訳: A.S. Zhukharev, モスクワ, Mir, 1971.
25. Yukawa H. Proceeding of the Physico-Mathematical Society of Japan, 1935, v. 17, p.48.
26. Davydov A.S. 『原子・原子核・粒子』, キエフ, Naukova Dumka, 1971.
27. Kravtsov V.A. 『原子の質量と核結合エネルギー』, モスクワ, Atomizdat, 1974.

28. **Shapiro I.S.**「原子核」,『ソビエト大百科事典』(第3版),モスクワ,ソビエト百科事典,1978,第30巻,456-461頁.
29. **Burshtein E.L.**「荷電粒子加速器」,『ソビエト大百科事典』(第3版),モスクワ,ソビエト百科事典,1977,第27巻,104~111頁.
30. **Dmitrievsky V.P.**「ビーム衝突型加速器」,『ソビエト大百科事典』(第3版),モスクワ,ソビエト百科事典,1977,第27巻,111~113頁.
31. **Sviniin M.P.**「高電圧加速器」,『ソビエト大百科事典』(第3版),モスクワ,ソビエト百科事典,1977,第27巻,113~115頁.
32. 「同位体周期系」,『物理学百科事典』[原文ママ],『ソビエト大百科事典』(第3版),モスクワ,ソビエト百科事典,1966,第5巻,384~385頁.
33. 「原子核分裂」,『ソビエト大百科事典』(第3版),モスクワ,ソビエト百科事典,1978,第30巻,452~454頁.
34. **Le Bon G.**『物質の進化』,フランス語からの翻訳:B.S. Bychkovsky, ペテルブルク, M.I.Semenov 出版社, 1914, 339~340頁.

第2章

1. **Thomson W. (Kelvin)**「渦原子について」,『電気と物質』,英語からの翻訳/監修: Z.A. Tseitlin, モスクワ・レニングラード, 国営出版所, 1928, 182~198頁.
2. **Volkov G.N.**『科学のゆりかごの傍らで』,モスクワ, Molodaya gvardia, 1971.
3. **Makovel'sky A.O.**『古代ギリシアの原子論者たち』,バクー, アゼルバイジャン共和国科学アカデミー出版部, 1946.
4. **Lurie S.Ya.**『デモクリトス』,レニングラード, Nauka, 1970, 44頁.
5. **Zubov V.P.**『19世紀初頭までの原子論的理解の発展』,モスクワ, Nauka, 1965.
6. **Eliashevich M.A., Shteinman R.Ya.**「原子物理学」,『ソビエト大百科事典』(第3版),モスクワ,ソビエト百科事典, 1970, 第2巻, 398~402頁.
7. **Thomson J.J.** The discharge of electricity through gases. London, 1898.
8. **Thomson J.J.**『物質の粒子理論』,オデッサ, 1919.
9. **Thomson J.J.**『物質, エネルギーとエーテル』, サンクトペテルブルク, 1911.
10. **Rutherford E.** The collected papers of Lord Rutherford of Nelson, v. 1-3. London, 1962-1965.
11. **Rutherford E.**「原子の構造と元素の人工変換」,『科学論文選集』,モスクワ, Nauka, 1972.
12. **Bohr N.** Phil. Mag. 1913. Vol. 26. P. 1.
13. **Bohr N.**, 原子のスペクトルと構造に関する論文3点, ドイツ語からの翻訳, モスクワ・ペトリグラード, 1923.
14. **Bohr N.** Die Quantenpostulat und die neuere Entwicklung der Atomistik. Naturwissenschaften, H. 15. 1928. S. 245. [量子公準と原子論の新たな発展]
15. **Compton A.H.**『レントゲン線. 理論と実験』,モスクワ・レニングラード, 国営技術理論文献出版所, 1941.
16. **de Broglie L.**『科学における革命』,フランス語からの翻訳: S.O. Baklanov, L.M. Kovrizhny, モスクワ, Atomizdat, 1965.
17. **Davisson C.J., Germer L.Y.** Diffraction of electrons by a crystal of nickel. Physical Rev. 1927, v. 30, No. 7.
18. **Davisson C.J., Germer L.Y.**「波か, 電子か?」,『物理科学の成果』, 1928, 第8巻, 第4冊.
19. **Heisenberg W.**『量子力学の物理学的原理』, ドイツ語からの翻訳/監修: D.D. Ivanenko, モスクワ・レニングラード, 国営技術理論文献出版所, 1932.

20. **Pauli W.** Collected scientific papers. N.Y. 1964.
21. 『20 世紀の理論物理学. W.パウリの思い出』, 英語からの翻訳/監修: Ya.A. Smorodinsky, モスクワ, 外国語文献出版所, 1962.
22. **Pauli W.** 『量子論論文集』, ドイツ語からの翻訳/監修: V.Ya. Smorodinsky, モスクワ, Nauka, 1975.
23. **Pauli W.** 『物理学論文集』, 英語・ドイツ語からの翻訳/監修: V.Ya. Smorodinsky, モスクワ, Nauka, 1975.
24. **Born M.** 『原子物理学』(第3版), 英語からの翻訳/監修: B.V. Medvedev, モスクワ, Mir, 1970.
25. **Schrödinger E.** Abhandlungen zur Wellenmechanik/ 2 Aufl. Leipzig. 1928. [波動力学論文集]
26. **Schrödinger E.** 『物理学における新たな道. 論文と講演』, 英語からの翻訳/監修: U.I. Frankfurt, モスクワ, Nauka, 1971.
27. **Dirac P.** 『量子力学の原理』, 英語からの翻訳/監修: V.A. Fok, モスクワ, 国営物理数学文献出版所, 1979.
28. **Lebedev T.A.** 『微視的世界と巨視的世界の諸現象の間の連続性』, モスクワ, 国立エネルギー研究所出版部, 1976.
29. **Berestetsky V.B.** 『量子力学』, モスクワ, ソビエト百科事典, 1970, 第11巻, 398~402頁; 第11巻, 572~582頁.
30. **Tsien Hsue-shen** 『物理力学』, 中国語からの翻訳/監修: R.G. Barantsev, モスクワ, Mir, 1965, 28~71頁.
31. **Fermi E.** 『量子力学』, 英語からの翻訳, モスクワ, Mir, 1965.
32. **Jammer M.** The conceptual development of quantum mechanics. N.Y., 1966. P.111.
33. **Eddington A.** A new Derivation of quantum equation for masses of proton and electron. Proc. of t. R.S. 1940. ol. 174. P. 16.
34. **Jammer M.** 『古典物理学と現代物理学における質量の概念』, 英語からの翻訳, モスクワ, Progress, 1967, 199頁.
35. **Krylov A.N.** 『数理物理学のいくつかの微分方程式について』, サンクトペテルブルク, 帝国科学アカデミー出版部, 1913, 121~123頁.
36. **Madelung E.** Quantentheorie in hydrodynamischer Form. Zeitschr. f. Phys. 1926. Vol. 40, No. 3, 4. P. 322. [流体力学的形式での量子論]
37. **Bohm D.** Phys. Rev. 1952. Vol. 85. P. 166; 1953. Vol. 89. P.458.
38. **Eliashevich M.A.** 『原子・分子分光学』, モスクワ, 国営物理数学文献出版所, 1962.
39. **Kondilenko I.I., Korotkov P.A.** 『原子分光入門』, キエフ, Vishcha shkola, 1976.
40. **Frish S.E.** 『原子の光学スペクトル』, モスクワ・レニングラード, 国営物理数学文献出版所, 1963.
41. 『スペクトル線表』(第4版), モスクワ, Nauka, 1977.
42. **Andronov A.V., Khaikin S.E.** 『振動理論』, モスクワ, 国営物理数学文献出版所, 1959.
43. **Gorelik G.S.** 『振動と波動』(第2版), モスクワ, 国営物理数学文献出版所, 1959.
44. **Strelkov S.P.** 『振動理論入門』(第2版), モスクワ, Nauka, 1964.
45. **Feld B.** 「中性子物理学」, 論集『実験核物理学』, 英語からの翻訳/監修: E. Segre, モスクワ, 外国語文献出版所, 1955, 第2巻.
46. **Hill M.J.M.** On a spherical vortex. Phil. Trans. A. 1894, 185.
47. **Taylor G.I.** Motion of solids in fluids, when the flow is not irrotational. Roy. Soc. Proc. A. Vol. 93, 648. 1917. P. 99-113.
48. **Taylor G.I.** Experiments with rotating liquids. Cambr. Univ. Press Roy. Soc. Proc. A, Vol. 100, 703, 1921. P. 114.
49. **Taylor G.I.** The Motion of a Sphere in a Rotating liquid. Proc. of t.R.S. A, Vol. CII, No. 715, 1922. P.

- 180-189.
50. **Batchelor G.K.**『流体力学入門』, 英語からの翻訳/監修: G.Yu. Stepanov, モスクワ, Mir, 1973, 642 頁.
 51. **Greenspan H.P.** The theory of rotating fluids. Cambr. Univ. Press, 1968. P. 327.
 52. **Starr V.P.**『負粘性現象の物理学』, 英語からの翻訳/監修: A.S. Monin, モスクワ, Mir, 1971.
 53. **Taylor B.N., Parker W.H., Langenberg D.N.**『基礎定数と量子電気力学』, 英語からの翻訳/監修: B.A. Mamyrin, モスクワ, Atomizdat, 1972.
 54. **Cook C.S.**『原子核の構造』, モスクワ, Atomizdat, 1967.
 55. **Gamow G.** Scient. Amer. 1959. Vol. 201, No. 1. P. 74.
 56. **Sosnovsky A.N.**,『実験・理論物理学雑誌』所収論文, 1959, 第 59 巻, 第 4 冊, 102 頁.
 57. **Mayer M.G.** Phys. Rev. 78. Vol. 2. 1950. P. 16.
 58. **Göppert-Mayer M., Jensen J.H.D.**『初等原子殻理論』, 英語からの翻訳/監修: D.D. Ivanenko, モスクワ, 外国語文献出版所, 1958.
 59. **Rainwater L.J.**『回転楕円体原子核モデルはいかにして生まれたか』, 英語からの翻訳,『物理学の成果』, 1976, 第 12 巻, 第 4 冊, 529~541 頁.
 60. **Bohr A., Mottelson B.**『原子核の構造』, 英語からの翻訳/監修: S.A. Sliv, モスクワ, Mir, 1971-1976, 第 1 巻, 第 2 巻.
 61. **Erdey-Grúz T.**『物質構造の基礎』, 英語からの翻訳/監修: G.B. Zhdanov, モスクワ, Mir, 1976.
 62. **Trifonov D.N.**『周期系の構造と境界』, モスクワ, Atomizdat, 1979.
 63. **Eliashevich M.A.**『周期律と原子の構造』, モスクワ, Atomizdat, 1971.
 64. **Didyk Yu.K., Artamonov E.V., Vasilyev B.K.**「周期系と周期律の最適案の根拠づけに寄せて」,『ノリリスク夜間制工業大学研究論集』, 第 17 号, クラスノヤルスク, クラスノヤルスク書籍出版所, 1975, 92~108 頁.
 65. **Cherkesov A.I.**「化学元素の自然な体系の核子的構築原理」,『高等教育機関紀要. 化学と化学技術』, 1975, 第 18 巻, 第 5 冊, 91 頁.

第3章

1. **Ovchinnikov K.V., Semenov I.N., Bogdanov R.V.**『原子から分子へ』, レニングラード, Khimiya, 1973.
2. **Krasnov K.S.**『分子と化学結合』, モスクワ, Vysshaya shkola, 1977.
3. **Minkin V.I., Simkin B.Ya., Minyaev R.M.**『分子構造論』, モスクワ, Vysshaya shkola, 1979.
4. **van der Waals.** Über die Kontinuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes. Leipzig, 1881. [気体状態と液体状態の連続性について]
5. **van der Waals J.D., Kohnstamm Ph.**『熱静力学教程』, 第 1 部, 第 2 部, モスクワ, 合同科学技術出版所, 1936.
6. **Coulson C.A.**「分子間力——マクスウェルからシュレーディンガーまで」,『物理学の成果』, 1963, 第 81 巻, 第 3 分冊.
7. **Kirlian V.Kh., Kirlian S.D.**『不思議な放電の世界で』, モスクワ, 1964.
- 8.『キルリアンに関する連続講演会<Kirlian-2000>クラスノダール 1998: 報告論文集』, クラスノダール, 1998.
9. **Boreskov G.K.**「触媒作用」,『ソビエト大百科事典』(第 3 版), ソビエト百科事典, 1973, 第 11 巻, 516~517 頁.
10. **Balandin A.A.**「不均一系触媒反応理論に寄せて. 水素化触媒反応モデル」,『ロシア物理化学協会雑誌』(化学の部), 1929, 第 61 巻, 第 6 冊, 909~937 頁.

11. **Balandin A.A.** 『触媒作用の多重子理論』(第1部 触媒作用における構造的要因), モスクワ国立大学出版部, 1963, 全104頁.
12. **Balandin A.A.** 『触媒作用の多重子理論』(第2部 触媒作用におけるエネルギー的要因), モスクワ国立大学出版部, 1964, 全244頁.
13. **Balandin A.A.** 『不均一系触媒作用理論の現状』, モスクワ, Nauka 出版所, 1968, 全202頁.
14. **Balandin A.A.** 『触媒作用の多重子理論』(第3部 水素化理論. 有機触媒反応の分類. 複合反応理論. 化学における構造代数), モスクワ国立大学出版部, 1970, 全476頁.

第4章

1. **Shpil'rein E.E.** 「気体」, 『ソビエト大百科事典』(第3版), ソビエト百科事典, 1971, 第6巻 31~33頁.
2. **Drude P.** Physik des Äthers auf elektromagnetischer Grundlage. 2-te Aufl. Stuttgart, 1912. [電磁気学的基礎にもとづくエーテル物理学]
3. **Drude P.** Lehrbuch der Optik. 2-te erw. Aufl. Leipzig, 1906. [光学教科書]
4. **Lorentz H.** 『電子理論』, サンクトペテルブルク, Obrazovanie 出版所, 1910.
5. **Lorentz H.** 『電子理論と光熱放射現象へのその応用』, 英語からの翻訳/監修: A.K. Timiryazev, Z.A. Tseitlin, モスクワ, 国営技術理論文献出版所, 1956.
6. **Belov N.V.** 『イオン結晶と金属相の構造』, モスクワ, 1947.
7. **Inyushkin A.V.** 『熱伝導性. 物理量. 便覧』, モスクワ, Energoatomizdat, 1991, 全339頁.
8. **Petrosiants A.M.** 「原子エネルギー」, 『ソビエト大百科事典』(第3版), モスクワ, ソビエト百科事典, 1978, 第30巻, 439頁.
9. **Lane A.M., Thomas R.G.** 『低エネルギー核反応理論』, モスクワ, Mir, 1960.

付録 1. オグジェヴァリスキーによる分子構造のモデル化

1950 年代、何人かの研究者が量子力学の方程式と導波路理論の方程式の間の類似性に注目した。そのような研究者として言及する必要があるのは、ポーランドの物理学者 Z.オグジェヴァリスキーである。基礎的な労作『原子、分子および結晶の空間モデル』（モスクワ、モスクワ自然科学実験者協会、1972 年）^{〔訳注〕} は彼によって生み出された。

著者は数学的導波路モデルを用いたことにより、原子中の電子は原子核の周りを伝播する環状波とみなすことが可能であることを示すことができた。このような理解が、量子力学において点状電子モデルを用いた際に生じる一連の困難を除去することを可能にした。

オグジェヴァリスキーはその著書において、多電子原子中の電子は自由ではなく、互いに緊密に結びついており、また、陽子と電子は導波路内で生じる定在波にたとえることができることを示した。

著者はトロイダル形状の電子という着想を用いて多電子原子の一連の幾何学的立体モデルを構築し、これによって原子が互いに結合するときに形成される分子の形状を見出すことができた。彼は同様の方法によって一連の物質の結晶構造中における電子殻の形状を構築した。それらのモデルはいずれも視覚的な明瞭性を持っており、著者の提案をより良く理解することを可能にしている。

それと同時に、そのようなアプローチには著しい欠点がある。著者は量力学と波動電気力学の方程式を操作しているのみで、トロイダル電子自体の構造的組織化、またその内部における物質*の運動の本質を解明しようとはしていない。電子は依然として内部構造も構築材料も持っていない。電子トロイドは原子核と結びつけられているが、しかし、その結びつきの本質はまったく解明されていない。理論構築の大部分は思弁的な性格を持っており、計算も、複雑な原子と分子の内部におけるトロイドの配置の根拠づけも伴っていない。

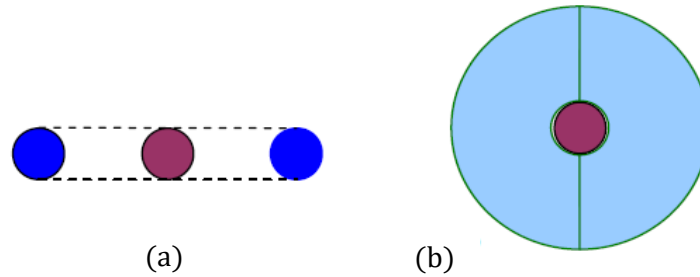
それにもかかわらず、オグジェヴァリスキーのモデルは、原子の構造の量子力学的理解の発展に対する著しい貢献とみなすことができる。その研究作業自体は 1969 年に行われ、モスクワ自然科学実験者協会物理学部門の会議において賛同を得たのは 1972 年であったことを忘れてはならない。当時、科学界においては量子力学の抽象的

〔訳注〕 Z. Ogzhevalsky は 1919 年生まれのパーランド人物理学者。1968~1971 年、ドゥブナ合同原子核研究所（ロシア・ドゥブナ市）の高エネルギー研究室で研究員を務めた（その後の経歴は未詳）。彼の姓名はポーランド語の表記では Zbigniew Ogrzewalski（読み方は未詳）であるから、ロシア語式に改めた姓の正確な表記は Ogzhevalsky（オグジェヴァリスキー）ではなくて Ogrzhevalsky（オグルジェヴァリスキー）のはずであるが、ロシア語で書かれているこの著書（未公開手稿。モスクワ自然科学実験者協会図書館に保存されており、現在はインターネット上に公開されている）においては前者の表記が使われている。前者が選ばれた理由は、後者の表記はロシア語話者にとって発音しにくいためと伝えられている（ネット情報による）。

な理解が支配的な地位を占め、微視的世界についての一目瞭然たる理解を得ることは原理的に不可能であるという見解が物理学者たちによって承認されていた。

残念ながら、オグジェヴァリスキーの著書は査読に合格したにもかかわらず、出版物において公表されることはなかった。

原子中における物質*の分布に関するオグジェヴァリスキーの導波路モデルによる理解とエーテル動学的渦モデルによる理解との違いを、水素原子を例にとって下図に示す。両者の著しい違いにもかかわらず、Z.オグジェヴァリスキーのモデルは、エーテル動学的モデルをより理解しやすくしていると言わなければならない。



水素原子中における物質*の分布：

(a) オグジェヴァリスキーによるモデル； (b)エーテル動学的モデル

7. オグジェヴァリスキーによる物質の導波路モデル

(著書手稿より引用。図番号は著書のもの)



5.2.1. 水素原子のモデル



5.2.2. リチウム原子のモデル



5.2.3. ベリリウム原子のモデル



5.2.4. ホウ素原子のモデル



5.2.5. 炭素原子のモデル



5.2.6. 塩素原子のモデル



5.2.7. フッ素原子のモデル



5.2.8. ネオン原子のモデル



5.2.9. アルゴン原子のモデル



5.2.10. クリプトン原子のモデル



5.2.11. キセノン原子のモデル

導波路モデルにおける結晶

等極共有結合



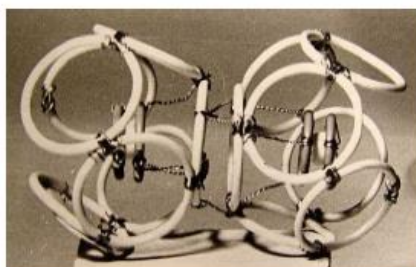
6.2.1. Cl_2 分子のモデル



6.2.2. O_2 分子のモデル



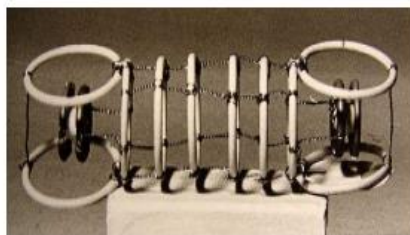
6.2.3. N_2 分子のモデル



6.2.4. F_2 分子のモデル



6.2.5. O_2 分子のモデル



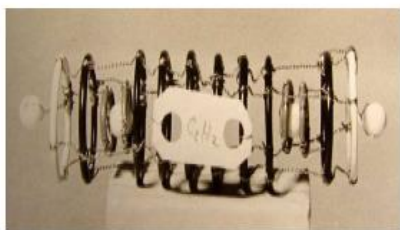
6.2.6. N_2 分子のモデル
対の変態



6.2.7. C_2H_6 分子のモデル
電子対



6.2.8. C_2H_4 分子のモデル
電子対



6.2.9. C_2H_2 分子のモデル
電子対



6.2.10. C_2H_6 分子のモデル
電子対



6.2.11. C_2H_4 分子のモデル



6.2.12. C_2H_2 分子のモデル

金属結合



6.3.1. 格子 A1 のモデル



6.3.2. 格子 A2 のモデル



6.3.3. 格子 A3 のモデル

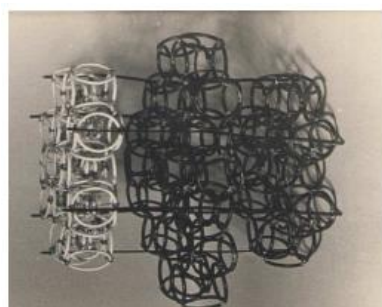
ダイヤモンドと黒鉛



6.4.1. ダイヤモンドのモデル



6.4.2. ダイヤモンドのモデル



6.4.3. 黒鉛のモデル

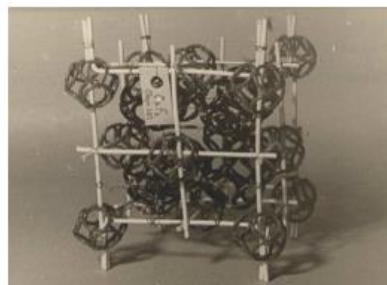


6.4.4. C_6H_6 分子のモデル

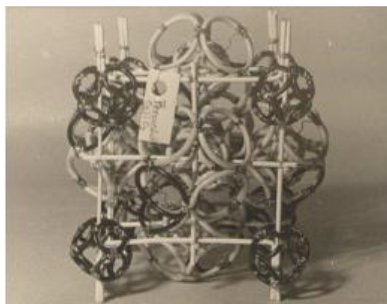
その他の結晶



6.5.1. Na のモデル



6.5.2. CaF_2 の結晶のモデル



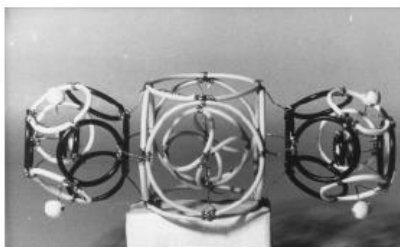
6.5.3. CaTiO_3 のモデル



6.5.4. CaCl のモデル

各種化学結合の分子のモデル

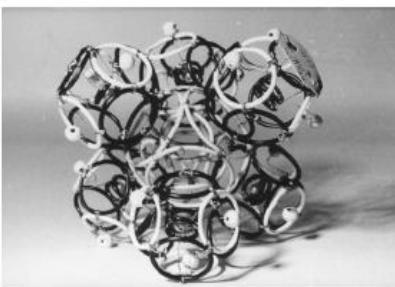
錯化合物のモデル



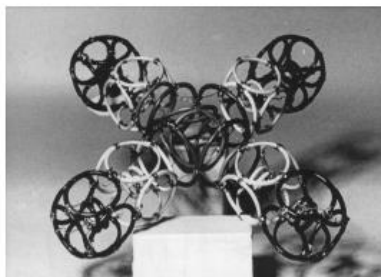
7.1.1. $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 分子のモデル



7.1.2. $\text{C}_4(\text{NH}_3)_4^+$ 分子のモデル



7.1.3. $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$ 分子のモデル



7.1.4. $\text{Ni}(\text{CN})_4^{2-}$ 分子のモデル



7.1.5. BH_4^- 分子のモデル



7.1.6. $\text{Be}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$ 分子のモデル

酸素化合物のモデル



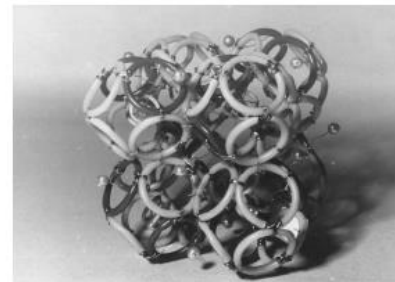
7.2.1. H_2O 分子のモデル



7.2.2. $2\text{H}_2\text{O}$ 分子のモデル



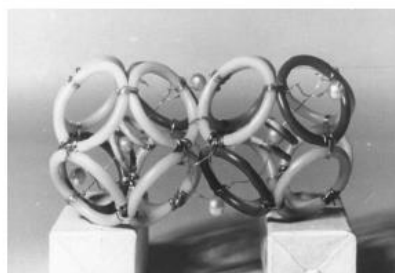
7.2.3. $4\text{H}_2\text{O}$ 分子のモデル



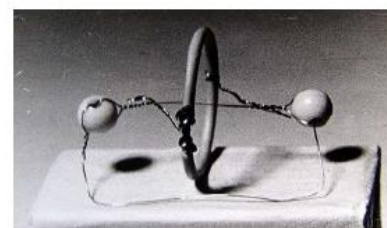
7.2.4. $8\text{H}_2\text{O}$ 分子のモデル



7.2.5. 氷晶 I のモデル



7.2.6. HF_2 分子のモデル



7.2.7. H_2^+ 分子のモデル



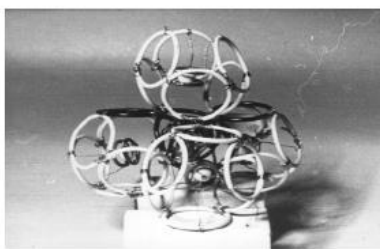
7.2.8. H_2 分子のモデル



7.2.9. SO_2 分子のモデル



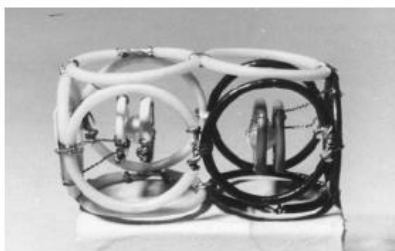
7.2.10. SO_3 分子のモデル



7.2.11. SO_3 分子のモデル
(ポリマー)



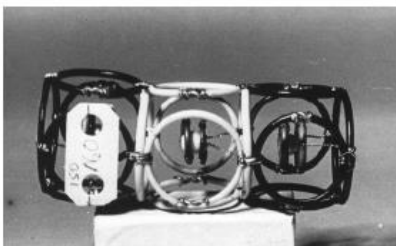
7.2.12. H_2SO_4 分子のモデル



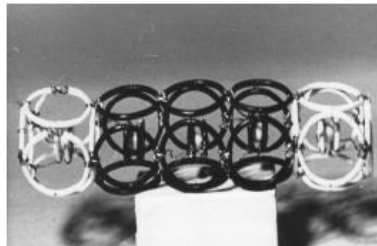
7.2.13. $\text{C}^- \text{O}^+$ 分子のモデル



7.2.14. CO_2 分子のモデル



7.2.15. N_2O 分子のモデル



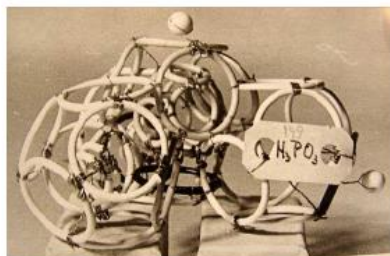
7.2.16. C_3O_2 分子のモデル



7.2.17. H_2CO_3 分子のモデル



7.2.18. P_4O_6 分子のモデル



7.2.19. H_3PO_3 分子のモデル



7.2.20. H_3PO_4 分子のモデル

酸素化合物のモデル



7.3.1. $B_3N_3H_6$ 分子のモデル



7.3.2. NH_3 分子のモデル

塩素化合物のモデル



7.4.1. CCl_4 分子のモデル



7.4.2. PCl_3 分子のモデル



7.4.3. PCl_5 分子のモデル



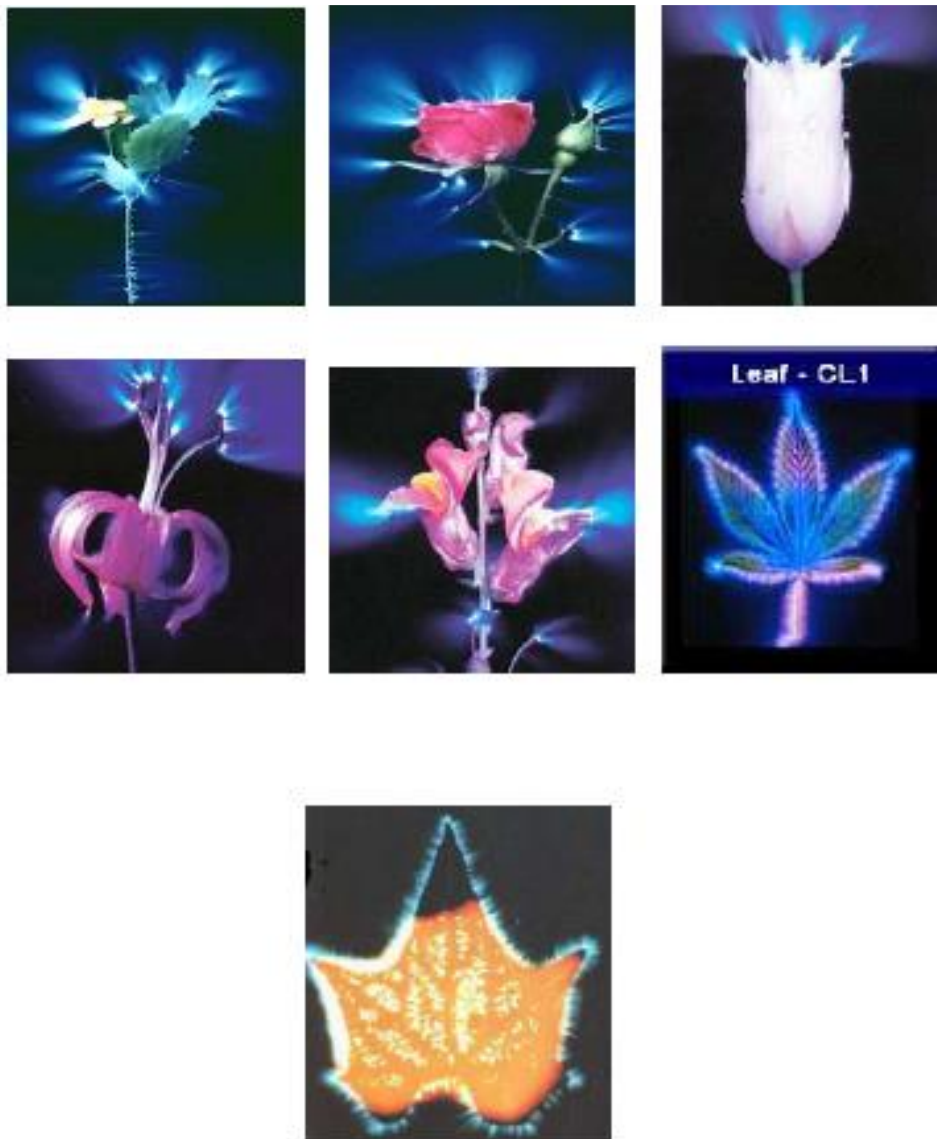
7.4.4. S_2Cl_2 分子のモデル



7.4.5. $HgCl_2$ 分子のモデル

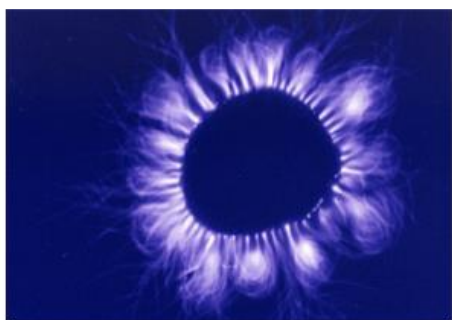
付録 2. キルリアンの方法による写真

花の写真

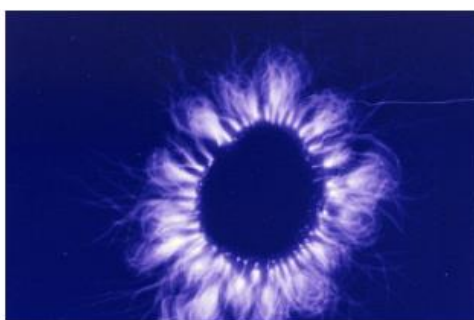




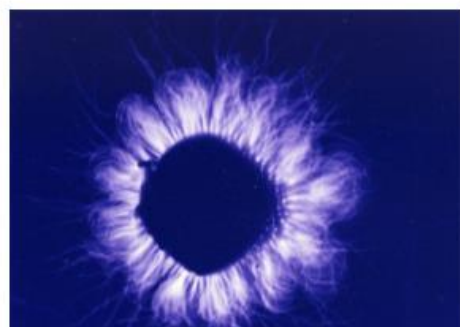
キルリアンの方法による指の写真



67 歳の女性，右手指の写真



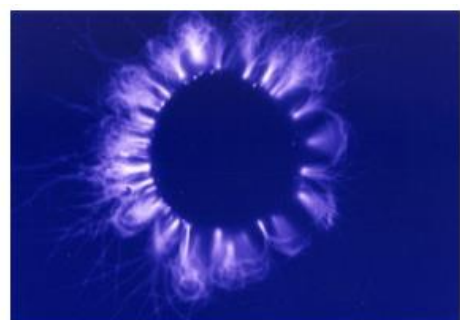
左と同じ女性，別の指の写真



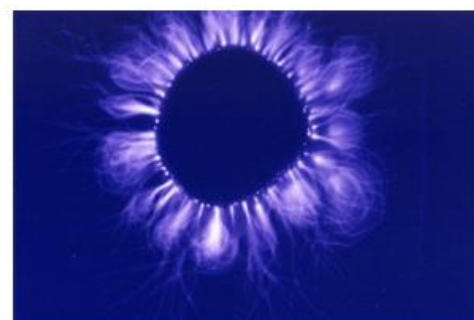
66 歳の女性



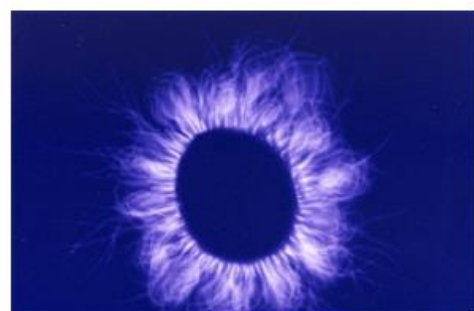
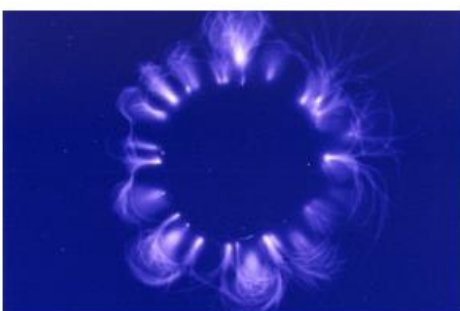
73 歳の女性患者



医師の指の写真



女性看護師の指の写真



頭部のオーラの写真



現在、キルリアン発光を可視化し、それを写真撮影するため、いわゆる「高周波写真撮影法」、特に「気体放電可視化法」にもとづく一連の装置が創出されている。これは写真のコンピュータ画像処理にもとづく方法であり、研究対象の当該時点におけるエネルギー状態を判定することを可能にする。

しかし、画像の質は多数の要因、例えば大気の状態——気圧、気温、特に湿度——に著しく依存している。

気体放電の画像と人間の健康状態の関係に関する問題はかなり議論の余地のある問題であり、今のところそれに対する説得力のある答えは出されていない。その問題点は、同じ人間においてさえ、皮膚の電気伝導率は、例えば飲んだアルコールの量だけでなく、手が汗ばんでいるといったことにも依存して著しく変化するという点にある。他ならぬ局所的な電気抵抗がキルリアン発光の性格と強度に影響を及ぼすからである。とは言え、腫れ物ができたとき、トゲが刺さったとき、火傷あるいは凍傷を負ったとき、気体放電の性格は大きく変化するのだから、気体放電が病理に依存していることにはまったく疑いはない。この事実と、例えば内臓や心臓血管系の状態を親指のキルリアン発光にもとづいて解明しようと試みることは、まったくの別問題である。

キルリアン自身は自分が発見した発光に対して特別の神秘的な意味を与えず、放電の特殊性はただ単に、生体内で生じている自然な生命過程の細部を反映しているにすぎないとみなしていた。ところが高周波場中における発光に関する現代の研究者たちは、観測される気体放電発光を、一種のオーラと称するものや未知の生体場とほとんど無条件に関連づけている。電場中におけるコロナ放電は予測不可能であり、きわめて多数の要因に依存していることが、キルリアン効果を様々な種類の代替的診断・治療方法にとって垂涎の的にしている。残念ながら、高周波電流を用いた診断確定の確実で再現性のある結果は得ることができていない。それゆえ、この美しい現象には、患者を感嘆させ、治療が順調に進んでいることを示す何の証拠もない実例として利用する以外、おそらく何の用途もないであろうと多くの人々が考えているのには、根拠がないわけではない。

摘み取ったばかりの植物の葉と、摘み取ってしばらく置いておいた葉の発光には大きな差があることを示す最も鮮やかな実験に対しては、電気学の「言語」ではきわめ

て月並みな説明が与えられる。生きた葉がしおれてゆく過程では、水分含有量、すなわち電気伝導率が変化するだけでなく、構造の弾性率も変化し、したがって葉と電極との力学的接触の性格も変化するのである。

キルリアンの研究の後継者たちは、死の過程における発光の変化を人間も例として分析した。ペテルブルクのある研究者は霊安室で少なからぬ時間を過ごし、死んで間もない人々の指の発光を分析した。そして同人の言うところによれば、自然死した人と事故死した人の間に、キルリアン効果の時間的依存性の著しい差があることを発見した。しかしこの場合にも、その特徴を説明するためには、神秘的な予想に助けを求める必要はない。ゆっくりと自然死してゆく人のあらゆる代謝過程はまだ生きているときからその性格を変化させているのだから、身体が死んだ後、その細胞が、例えば自動車事故で死亡した人の細胞とは異なった振る舞い方をするのは当然である。爪と髪が死後もしばらくの間成長するということは、医療関係者以外の人々にもよく知られている。

製品の健全性の非破壊検査や誘電体被覆へのキルリアン効果の技術的応用もまた、今のところ純粋にデモンストレーション的な性格を持っている。この方法は大気条件に対してきわめて気まぐれな反応を示し、しかもこれが最も本質的な点であるが、対象物の表面に対してかなり強い侵食性があり、隠れた立体的欠陥に対する感度が低い。その代わり、高周波放電場におけるスパナやシラカバの葉の「オーラ」の幻想的な写真はとても素晴らしく、見る者の美的感覚を楽しませずにはおかない。

[訳注 1] 日本語版における添え字一覧表

ロシア語原文においては、添え字の表記にはローマ字とロシア文字が併用されている。この訳文では、ロシア文字で表記されている添え字については、その意味に対応する英語に訳した上でローマ字で表記した。なお、一部に複数の意味を持つ添え字があるが、本文においてそこでの意味が指示されているので混同の恐れはない。また、日本語の物理学文献で一般的に用いられている添え字は、この一覧表には掲げられていない。

添え字	英語	記号例
am	amer	m_{am} (アーメルの質量)
b	boundary	T_{b} (境界層の温度)
c	circular (ring も含意されている。)	v_{c} (円周運動の速度) ; R_{c} (渦環の半径) * 「円周運動」については 53 頁の訳注を参照されたい。
ca	catalyst	v_{ca} (触媒分子によって創出されるエーテル流の速度)
cf	centrifugal	F_{cf} (遠心力)
com	compressive	F_{com} (圧縮力)
cp	centripetal	F_{cp} (向心力)
cr	critical	r_{cr} (半径の臨界値)
ep	electric field+proton	w_{ep} (陽子の電場の比エネルギー)
eq	equivalent	V_{eq} (等価体積)
es	electron shell	D_{es} (電子殻の直径)
et	ether	ρ_{et} (エーテルの密度)
ext	external	P_{ext} (外部圧力)
f	flow	v_{f} (流速)
int	internal	P_{int} (内部圧力)
intnu	internucleon	ΔP_{intnu} (核子間中間領域における圧力低下)
med	medium	ρ_{med} (外部媒質の密度)
N	nucleus	μ_{N} (核磁子)
nu	nucleon	r_{nu} (核子の相互作用の有効半径)
ph	photon	E_{ph} (光子のエネルギー)
q		k_q (強度 q の熱源の熱伝導率)
re	reactant	v_{re} (反応物原子の表面自体におけるエーテル流の速度)
s	surface	T_{s} (表面温度)
sp	specific	E_{sp} (比エネルギー)
t	(1) tangential (2) toroid (3) toroidal	(1) v_{t} (接線運動速度) (2) S_{t} (トロイドの表面積) (3) v_{t} (トロイダル速度)
v	vortex	v_{v} (渦の速度)
τ	t の項の(1) と同じ	v_{t} (接線運動速度)

[訳注 2] 訳文中の「物質*」について

他の欧米諸語と同様、ロシア語には「物質」を意味する複数の単語がある。物理学で主に使われている用語は「**материя** [materia]」と「**вещество** [veshchestvo]」である。本来、この2つの単語の日常的用法における概念は大きく重なっており、両者の違いを文脈から切り離して定義することは事実上不可能である。しかし、ロシアの物理学界ではこれらの用語の使い分けについてある程度の合意が成立しているように思われる（当然のことながら、両者の概念の具体的な内容は論者の立場によって異なる）。

したがって、ロシア語文献からの訳文の理解に混乱を生じさせないためには、両者を訳し分けなければならない。しかし、訳者の知る限り、これらの用語に対応する日本語の物理学用語は「物質」の1語しか存在しないため、異なる用語によって訳し分けることはできない。そこで訳者は、多少煩わしさを感じさせるかもしれないが、「**материя**」は「物質*」、**「вещество」**は単に「物質」と表記することで両者の違いが分かるようにしている。

かなり大まかな括り方をすると、「**материя** (物質*)」は「**вещество** (物質)」の上位概念であり、「**материя** は **вещество** および場などからなる」と言うことができる。おそらく、日常的な語感では、日本語の「物質」から思い浮かぶのは「**вещество**」のほうであろう。

ロシア語版 Wikipedia の記事「**Материя**」は次のように説明している（一部のみ抜粋）。

「**материя** —— 客観的現実、空間の内容物、科学および哲学の主要カテゴリーの一つ、物理学の研究対象。

物理学は、空間と時間（時空）の中に存在する何ものかとしての **материя**（ニュートンに始まる理解——空間は事物の入れ物、時間は事象の入れ物）、または空間と時間の性質をそれ自体が与える何ものかとしての **материя**（ライブニッツに始まり、後にアインシュタインの一般相対性理論において表現された理解）を記述する。時間の中で様々な形態の **материя** とともに生じる変化が物理的現象をなす。物理学の主な課題は、あれこれの種類の **материя** およびその相互作用の性質を記述することにある。

主な種類の **материя**

現時点では3つの形態の **материя** が存在する。

・ **вещество** —— ハドロン物質、バリオン物質／古典的理解における物質、反物質／中性子物質／その他の種類の物質／クォークグルーオンプラズマ／仮説上のプレクォーク超高密度物質*形成物

вещество とは異なり、場の内部に空虚はなく、場は絶対的な稠密性を持っている。

・ 場（古典的意味での） —— 電磁場、重力場／量子場

・ 物理的本性が不明な物質*の対象物 —— 暗黒物質*、暗黒エネルギー」