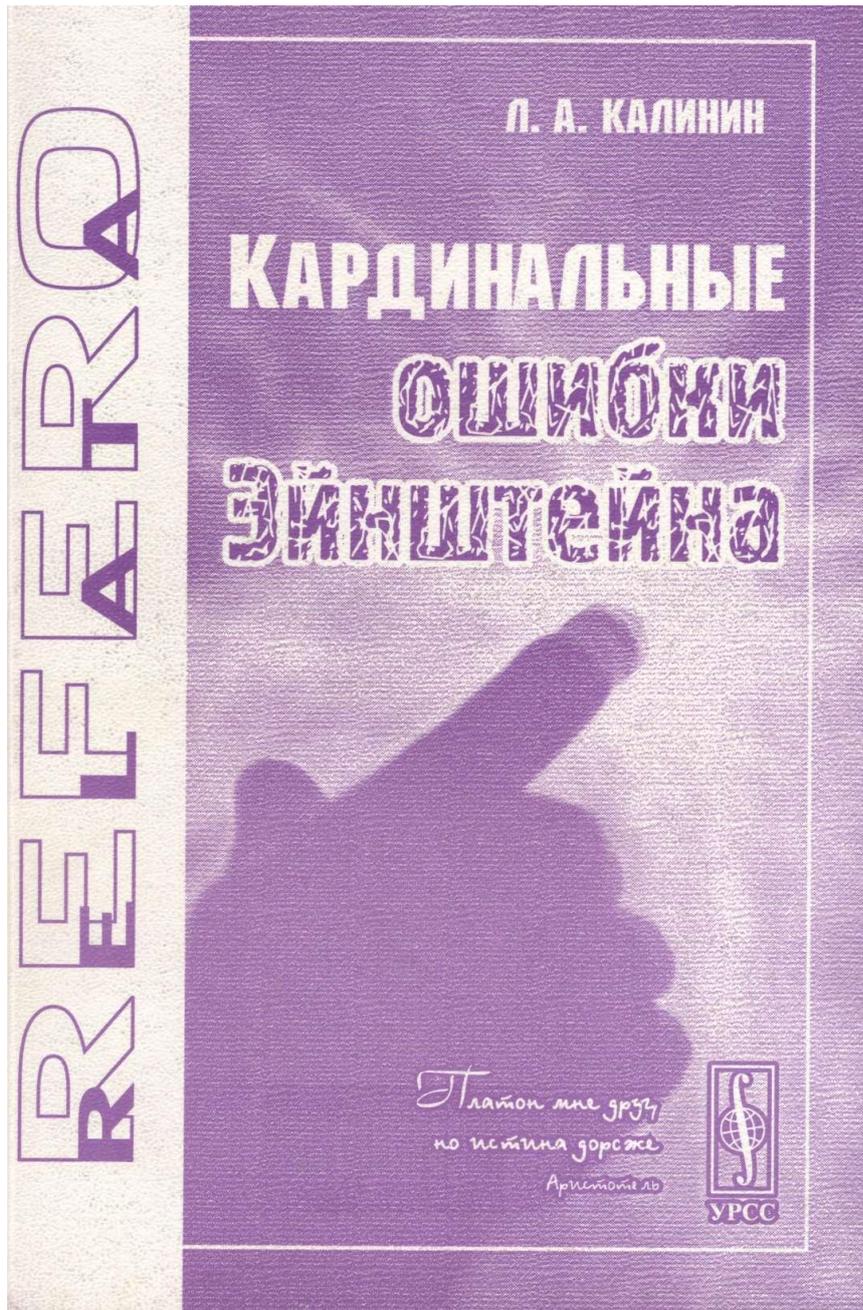


L. A. カリーニン
アインシュタインの根本的誤謬

序文：工学博士 V. K. ピカロフ
学術出版物
モスクワ・2003



LBC 22.313, 37.2 学術出版物

カリーニン L.A.

アインシュタインの根本的誤謬 / 序文：V. K.ピカロフ，モスクワ，Editorial URSS, 2003, 全 80 頁. (Relata Refero)

ISBN 5-354-00329-6

著者は本研究において，A.アインシュタインの方法論を利用しながら，特殊相対性理論の基本命題が誤りであり，物理的現実と合致していない事実を背理法によって証明している。

レオナルト・アドリアノヴィッチ・カリーニン (Леонард Адрианович Калинин, Leonard Adrianovich Kalinin)：特殊相対性理論の様々な側面について分析した 4 冊の本の著者。相対性理論に反対している。

ウラジーミル・カルポヴィッチ・ピカロフ (Владимир Карпович Пикалов, Vladimir Karповich Pikalov)：1969～1989 年ソ連国防省化学部隊長官，退役大将，ソ連邦英雄，工学博士。ソ連邦英雄の称号はチェルノブイリ原子力発電所事故における処理作業統括管理の功績に対して与えられた。

ISBN 5-354-00329-6

© L.A. Kalinin, 2003 ©序文：V. K. Pikalov, 2003 © Editorial URSS, 2003

日本語版について

本訳書は Калинин Л.А., Кардинальные ошибки Эйнштейна (Москва, URSS, 2003) のロシア語原文からの全訳である。

著者：レオナルト・アドリアノヴィッチ・カリーニン (Леонард Адрианович Калинин, Leonard Adrianovich Kalinin)

著者の経歴：本訳書 60 頁の「著者紹介」を参照のこと。

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：2015 年 9 月

* 訳文中の角括弧 [] 内は訳注である (文献番号を除く)。

* 訳文中の「物質*」については巻末の「訳注」を参照のこと。

目 次

工学博士 V. K.ピカロフによる序文	4
著者序文	7
序 章	8
第 1 章 幾何学, 基準系と特殊相対性理論	11
第 2 章 光速度, 同時性, 時間, 距離	13
第 3 章 相対論的座標変換	20
第 4 章 K 座標変換	32
第 5 章 特殊相対性理論の運動学的効果	37
第 6 章 相対論的諸法則の検証	42
第 7 章 公式 $E = mc^2$	51
第 8 章 信頼性の条件	54
第 9 章 特殊相対性理論と現実性	56
文 献	59
著者紹介	60
[訳注] 訳文中の「物質*」について	61

工学博士 V. K. ピカロフによる序文

L. A. カリーニンは本書『アインシュタインの根本的誤謬』において、2001年に出版されたその著書『特殊相対性理論と現実性』および『アインシュタインの誤謬』で論じられていたいくつかの側面に立ち返り、これらについて再論している。これらの著書において、著者は特殊相対性理論の基本命題が破綻していることを証明している。

L. A. カリーニンは相対性理論に反対している唯一の研究者というわけではないが、周知のように、これまで、相対性理論に対するいかなる反対論も成功を収めることはできなかった。しかし、カリーニンの研究は選択した方法論という点で、他とは異なった特徴を持っている。著者は一般に定着している見解とは逆に、ユークリッド幾何学を利用することによってローレンツ変換および特殊相対性理論のその他の方程式を記述することを可能とする、ある方法を発見した。著者はさらに、L. ブリュアンによって提案された、座標系と基準系 [= 参照系] の違いという見方を採用した。このことにより、基準系を空間中における仮想座標系と、図、模型等々において利用される実験室座標系とに区分することが可能となった。前者と後者の間の相関関係を決定するため、著者は座標軸の尺度を導入した。これらすべてのことにより、著者は、特殊相対性理論の諸命題の誤謬性を証明するために背理法を利用することができた。特殊相対性理論のあれこれの命題あるいは証明について検討する際、著者はこの理論自体の方法論を用いている。そして、各場合ごとに、特殊相対性理論の方法論は最終的にアインシュタインが得たのとは反対の結果に導くことを示している。そのため、著者の論拠は徹底的なものとなっており、それ以外のバリエーションについて議論する余地を残さない。ユークリッド幾何学への移行は、特殊相対性理論の細部を専門的物理学者以外の者にとっても理解し得るものとしている。今や、中等教育を受けたあらゆる人が、その細部について議論することができるようになったのである。

著者はローレンツ変換、また相対性理論のその他の側面の分析に大きな注意を払っている。その分析は、ローレンツ変換の結果が実際値と食い違っていることを明らかにした。同時性の相対性、一般および特殊相対性原理、光速度不変の原理といった特殊相対性理論のその他の命題についての著者の分析もまた、それに劣らず重大な意義を持っている。

しかし、本書における最も重要な点の一つは、相対論的運動量保存則、またこれと関連した相対論的質量および相対論的エネルギーの運動速度依存性の法則のアインシュタインによる導出が誤りであることが証明されていることである。

特殊相対性理論に関する各種の研究においては、相対論的運動量保存則を裏づけるため、互いに対向方向に運動する2つの粒子からなる系の全運動量が検討されている。2つの粒子の運動は、基準系 S および S^* 内で検討されている。2つの系の互いに対する運動速度および2つの粒子の運動速度は、光速度に匹敵する大きさとされている。

本書においては、相等しい速度で運動する相等しい2つの質量の衝突の場合、基準系 S^* 内における全運動量 p_s^* (衝突前) と \bar{p}_s^* (衝突後) が等しくなるのは、特殊な場合のみであることが示されている。相対論的運動量保存則の現実性を裏づけるためには、この特殊

な場合のみでは不十分であることは明らかである。著者は事例の条件を変えることにより、そのような結論の導出が誤りであることを示している。著者は相異なる速度で運動する、大きさの異なる 2 つの質量の衝突を例に取り、一般的な場合には、 S^* において相対論的運動量 p_s^* (衝突前) と \bar{p}_s^* (衝突後) は等しくならないことを示している。

著者はここから次の結論に至っている。

- 相対論的質量および相対論的エネルギーの相対論的保存則は、自然界には存在しない。
- 相対論的運動量保存則についての誤った理解のみが、質量・エネルギー等価則 (公式 $E = mc^2$) を相対性理論と結びつける。

著者は質量・エネルギー等価則 (公式 $E = mc^2$) に関する後者の問題を一般的な文脈から切り離し、個別に考察している。質量・エネルギー等価則 (公式 $E = mc^2$) は古典物理学の公式を適用することによってこそ首尾よく導き出されるのであって、特殊相対性理論とは何の関係も持っていないことを著者は示している。 $E = mc^2$ という公式がこの法則をどれだけ正確に反映しているのか、また、この公式がどれだけ最終的なものであるのかという問題に対する答えは、著者の見解によれば、まだその解決を待っている。

現在、相対性理論は科学において決定的な力を持つ理論の一つとなっている。相対性理論は物理学において、また実に様々な流派における哲学思想においても承認を受けている。今日における人間の知識のかなり多くの領域は相対性理論の相対主義と結びついている。ビッグバン理論、膨張宇宙論といった現代の宇宙論や思想は相対主義的な一般相対性理論を土台として構築されている。相対主義的な理論や思想の分野における科学実験や研究のために、膨大な物的・人的資源が費やされている。本研究において述べられている相対論的保存則の否定とは、とりわけ特殊相対性理論の否定、さらにはまた、科学全般における相対主義の否定でもある。このことに伴い、現代物理学思想の徹底的な見直しの必要性が生まれている。

ローレンツ変換および速度合成に関する相対論的公式によれば、光速度の値が物質的*過程の最大限可能な伝播速度とされている。L.A. カリーニンによってなされた特殊相対性理論のこれらの命題の誤謬性の証明は、物質*の運動速度には上限がないことをあらためて裏づけている。物質的*過程の伝播速度に制限を課したことにより、相対性理論は物質的*過程のあり得るエネルギー強度を明らかに過小評価している。このことから、極端な状況下においては、予想されていなかったほどのエネルギー放出が生じる可能性があると考えることができる。そのようなエネルギー放出は、この問題における主導的理論である相対性理論によっては想定され得ないものであるから、これによって深刻な危機がもたらされる可能性がある。私は今この一節を書きながら、自分がチェルノブイリ事故の処理作業および事故の影響拡大に対する障壁創出作業の統括・実施任務を担当した際、原子過程にひそむ恐るべき予測不可能性を自分自身の体験にもとづいて理解する機会があったことを思い出している。

L. A. カリーニンの研究から導き出される主な結論は、特殊相対性理論およびこれにもとづく相対論的な運動学・動力学理論や思想は我々を取り巻く世界を反映しているなどという 20 世紀の謬見と、可及的速やかに縁を切る必要があるということである。さらにこのことから、民生用・軍事用原子力施設および熱核エネルギー施設の開発と運用に関する法

6 工学博士 V. K. ピカロフによる序文

的基盤の見直しを行なう必要があるという結論も導き出される。

2003年1月

工学博士
V. K. ピカロフ
退役大将, ソ連邦英雄

著者序文

物理学的相対主義に対する批判は、哲学的小よび物理学的相対主義が創出されるよりはるか以前から、より正確には、これらの相対主義が相対性理論の形にまとめ上げられるよりはるか以前から、様々な形で行なわれていた。しかし、とりわけ根底的なところから、しかも包括的にその批判が行なわれたのは、V. I. レーニンの著書『唯物論と経験批判論』においてであった。この理論に対する物理学者たちからの批判はその後も続いていた。にもかかわらず、相対性理論は物理学において確固たる地位を占めるに至った。各国の最高クラスの学者たちが相対性理論の支持者や普及者となった。ソ連では1950年代末以降、相対性理論に反対する発言は永久機関の発明と同列におかれるようになった。出版所は、その種の論文は形式的な短い回答書を添えて著者に差し戻していた。その種の論文は、最良の場合でも、雑誌の「本誌読者からの手紙」といった類の欄で短く紹介されるだけであった。最近15年間、相対性理論に対する批判は再び活発化し、このテーマに関する様々な著者による著書が数多く出版されている。しかし通常、それらの著書は公式筋の科学界からの反応を得ることはない。相対性理論に対する反対者が行なうあらゆる論証は、沈黙の壁に突き当たる。この理論は一連の科学分野において優越的な理論であり続けている。そのため、この理論には哲学的構成要素が含まれている。空想家やポピュラー・サイエンティストにとってのその魅力のおかげで、相対性理論は他の自然諸科学よりも高い地位を占めている。しかも、この理論は事実上異論を禁止している。相対性理論は科学の中の科学、基礎科学の中の最も基礎的な科学となり、幾十万もの人々の思惟の一部となっている。それゆえ、相対性理論の誤りについて論じるとき、その議論は、科学のさらなる発展、あるいはこの理論によって他の基礎科学に課せられている制約の撤廃といった問題につながっていくことになる。相対主義に対する唯物論の闘いは原理・原則に関わる性格を持っている。この闘いの難しさは、相対主義が、常に自らを物理的現実性の擁護者であるかのように見せかけているという点にある。相対主義の支持者たちは、自らの正しさを証明するために常に相対論的物理解法則を引き合いに出し、その法則が自然界において働いており、現代の熱核エネルギー論や相対論的宇宙論を支えているのだと主張する。

このような状況にかんがみ、筆者は2001年に発表した『特殊相対性理論と現実性』および『アインシュタインの誤謬』で論じられている諸問題に再び立ち戻ることにした。これらの本では特殊相対性理論の基本命題を否定する新たな論拠が述べられ、相対論的物理解法則が誤りであることが証明されている。

筆者の研究は、形式という点では数理物理学的な研究のように見えるが、実は、筆者の主たる目的は、哲学の一つの方向性としての相対性理論の誤りを証明することにある。しかし、検討される問題の本質そのものが、その叙述形式を決定しているわけである。

今回のこの本では、筆者は取り上げられたテーマを可能な限り簡潔に、より単純な形で叙述するよう努めた。

2003年1月

L. A. カリーニン

序章

アインシュタインは論文「相対性原理とその帰結」において次のように述べている。「普通の運動学を投げ捨て、新たな原理の上に新たな運動学を創出すれば、上に引用した変換（ガリレイ変換のこと——筆者）とは異なった変換公式が生まれてくる。さて今度は、

1. 相対性原理および
2. 光速度不変の原理

から、ローレンツの理論（光速度不変の原理にもとづく電子理論——筆者）が相対性原理と両立し得ることを見て取ることを可能とする、いくつかの変換公式が導き出されるということを示そう。我々は、これらの原理にもとづく理論を相対性理論と呼んでいる」[1, 152 頁]。

一般的な形では、相対性原理および光速度不変の原理の定式化は次の形を持っている。

「相対性原理は、あらゆる物理法則はあらゆる慣性座標系において同一であると主張している。このことは、もしある物理法則がこれらの系のうちの一つにとって正しいのであれば、その物理法則は、その最初の系に対して等速直線運動するあらゆる座標系においてそれと同一の形で反映されるということを意味している」[2, 519 頁]。

また、アインシュタインはこう述べている。「真空中における光線速度は一定であり、このとき、その速度は光線を放射する物体の運動に依存しない。……我々はこの結論を原理の地位に引き上げよう。簡単のため、以下においてはこの原理を光速度不変の原理と呼ぶことにする」（強調は筆者）[1, 146 頁]。

基準系（座標系） S , S^* , S^{**} , …が互いに対して等速直線運動しているとしよう。すると、相対性原理によれば、それらの基準系のそれぞれにおいて、物理法則は同一の形を持ち、また光速度不変の原理によれば、それらの基準系のそれぞれにおける電磁振動の伝播速度は、それらの基準系の互いに対する運動速度に関わりなく c に等しくなる。

光速度不変の原理の根拠となったのは、地球上の光は緯線方向と子午線方向において等しい速度で伝播しており、したがって地球の軌道運動速度は光線速度に影響を及ぼしていないことを示したマイケルソン-モーリーの実験結果であった。物理学における相対主義の潮流は、この結果を宇宙の諸法則に対して帰納的に拡大適用し、次に地球上で生起するあらゆる事象に対して演繹的に拡大適用した。

特殊相対性理論の上記の基本原則が物理的原理としての地位を得るようになるため、アインシュタインは諸事象の同時性は相対的なものであるという命題を導入した。この命題は、基準系（座標系） S において同時に生じる 2 つの事象は、その基準系に対して等速直線運動する基準系（座標系） S^* においては相異なる時刻に生じると主張する。

諸事象の同時性の相対性からは、互いに対して等速直線運動する系 S と S^* においては、時間は相異なるリズムで進行し、2 点間の距離（剛体棒の長さ）は相異なる長さを持つという結論が導き出される。

これらの命題は、数学的にはローレンツ変換（以下「L 変換」と表記する場合がある。これは D.-E. Liebscher によって導入された表記の仕方である）によって表されている。

L 変換によれば、任意の対象物の運動速度は光速度を超えることができない。

「相対性原理と、相互作用の最大伝播速度は有限であるという主張との結合は、**アインシュタインの特殊相対性原理**と呼ばれている」[2, 519 頁]。

しかし、我々が以下において確認するように、特殊相対性理論のこれらの基本命題の間には解消し得ない矛盾がある。例えば、特殊相対性理論において形成されている理解とは逆に、ローレンツ変換においては諸事象の同時性はガリレイ変換の場合と同様に絶対的なものなのであって、このことがローレンツ変換と相対性原理との両立を不可能としている。

相対性理論の正しさは、相対論的運動量保存則、対象物の運動速度に対する相対論的質量および相対論的エネルギーの依存性、公式 $E = mc^2$ といった証拠によって裏づけられているとみなされている。しかし、我々は以下において、自然界において相対論的運動量保存則は働いていないということ、また、対象物の運動速度に対する相対論的質量および相対論的エネルギーの依存性は何の裏づけもないアインシュタインの憶測にすぎないということを実証する。まさにその憶測こそが、相対性理論における公式 $E = mc^2$ の導出のための根拠となったのである。

筆者は 2001 年に出版された著書『特殊相対性理論と現実性』および『アインシュタインの誤謬』において特殊相対性理論のいくつかの主要命題について検討を行ない、それらが誤りであることを証明した。それらの問題のうちの一部は、それ以前にも他の様々な研究者たちによって検討され、否定的な評価を与えられていた。しかし、それらの問題のうちいくつかは、上記の著書において初めて検討されたものであった。それは、次のような問題であった。

- ・諸事象の同時性の相対性についてのアインシュタインによる証明が覆され、同時性の絶対性が証明された。

- ・ユークリッド幾何学を用いたいくつかの方程式が書き出された。それらの方程式では座標軸の尺度が適用されている。

- ・ローレンツ変換における諸事象の同時性の絶対性が証明された。
- ・ローレンツ変換の結果の実際値からの逸脱の大きさが決定された。
- ・特殊相対性理論において根拠なしに物理的な意味内容が与えられている値である

$\sqrt{1 - v^2/c^2}$ および vx^2/c^2 についての分析が行なわれた。

- ・不変速度 q を持つ非相対論的座標変換 (K 変換) が導出された。

- ・特殊相対性理論における諸事象間の時空インターバルについての評価が座標軸の尺度を用いて行なわれた。

- ・アインシュタインによる「相対論的保存則」の導出が誤りであることが証明された。

- ・対象物の運動速度に対する相対論的質量および相対論的エネルギーの依存性に関するアインシュタインの結論が誤りであることが証明された。

- ・特殊相対性理論における公式 $E = mc^2$ が誤った前提条件に基礎をおいていることが証明された。

筆者が特に重要な意義を持つと考えているのは、第 1 に、諸事象の同時性の絶対性が証明されたこと（これは物理学的意義だけでなく、哲学的意義をも持っている）、第 2 に、ローレンツ変換の分析により、その結果が実際値から逸脱していることが示されたこと、そして最後に、最も重要な点として、相対論的保存則、質量およびエネルギーの相対論的性

格のアインシュタインによる導出の誤りが証明されたことである。

相対性理論が物理学と哲学における地位を維持することを可能にしているのは、まさにこの、相対論的保存則、そして対象物の運動速度に対する質量およびエネルギーの相対論的依存性への信仰に他ならない。ここでは質量・エネルギー等価則を表す公式 $E = mc^2$ も重要な役割を演じている。アインシュタインはこの公式を相対性理論の最重要成果の一つとみなしていた。それゆえ、特殊相対性理論における公式 $E = mc^2$ が誤った初期データにもとづいていることが証明されたことは、象徴的な意味を持っている。ちなみに、この公式の古典物理学における別の導出方法（第7章参照）は、相対性理論の創始者であるアインシュタインによって提案されたものである。

筆者は著書『特殊相対性理論と現実性』において、ローレンツ変換と対置する形で、互いに対して一様な等速度運動をする2つの座標系における不変速度を用いた非相対論的座標変換（**K**変換）の方法¹について述べた。**K**変換は、それが持つ科学的価値の如何にかかわらず、ローレンツ変換の誤謬性と非現実性について判定を下す際の有効な手段となっている。

¹ この座標変換方法については筆者の著書『新たな座標変換、ローレンツ変換の分析、信頼性の理論的条件』においてより完全な形で述べられている。

第1章 幾何学, 基準系と特殊相対性理論

アインシュタインは次のように述べている。「幾何学は、第1に、点、直線、…といった一定の基礎概念から、そして第2に、一定の最も単純な命題（公理）から出発している。我々はそのような命題を「真なる命題」とみなしたい。……それ以外のすべての命題は、それらの公理に帰着する」[1, 531 頁]。

さらに、アインシュタインは、与えられた2つの点の間の最短距離としての線分のイメージ、また同一直線上の3点はその直線に対して垂直な平面上の1点に射影することができるというイメージは、我々の思考の習性に深く根ざしていると考えている。

アインシュタインは「このような方法で補完された幾何学は物理学の一分野とみなされるべきである。今はもう既に、幾何学的公理の「真理性」……という問題を完全な権利をもって設定することができる」[1, 532 頁] と主張している。

こうして、ユークリッド幾何学を物理学の一分野と解釈したことにより、アインシュタインはユークリッド幾何学を否定するに至ったのであった。現代物理学においては、特殊相対性理論の運動学にはミンコフスキー幾何学が対応しているという見解が広く流布している。しかし、ドイツのノーベル賞受賞物理学者マックス・ボルンはその著書『アインシュタインの相対性理論』^{〔訳注1〕}において、相対性理論にとって、一つの幾何学から別の幾何学への交替は「一つの悪から別の悪への交替」[3, 402 頁 [英訳 268 頁, 邦訳 278 頁]] であったと述べている。彼は、相対性理論はあらゆる幾何学を否定していると主張しているのである。このことから分かるように、幾何学に関する問題は最終的に解決済みとみなすことはできない。

相対性理論のもう一つの特徴は基準系と座標系の相互関係にある。特殊相対性理論においては、互いに等速直線運動する基準系 S , S^* , S^{**} , …の各系との間で、特定の一つの座標系のみが関連づけられている。しかし、基準系と座標系との明確な区分はなされていない。特殊相対性理論をテーマとする研究文献では、これらの系は慣性座標系、あるいは単に座標系、基準物体、慣性基準系、あるいは単に基準系と呼ばれている。しかし、**実際には、これらすべての名称の下で検討されているのは座標系のみである。**このことに最初に注意を払ったのはフランスの物理学者 L. ブリュアン [ブリルアン, ブリュアンとも] であった。彼はその著書『相対性理論の再検討』^{〔訳注2〕}で次のように書いている。

「座標系 —— 剛体であり、質量を持たず、幾何学において検討される。

基準系 —— 無限大の質量を持ち、動力学において検討される。

〔訳注1〕 原著書 Max Born "Die Relativitätstheorie Einsteins" の初版は 1920 年に発表された。その第3版 (1922 年) に基づく英訳 "Einstein's theory of relativity" (1924) は <https://archive.org/details/einsteintheoryo00born> で全文ダウンロードすることができる。カリニンが参照しているロシア語版は 1962 年の英訳版から訳されている。邦訳は M.ボルン『アインシュタインの相対性理論』(林一訳, 東京図書, 1968 年) である。なお、この邦訳の「訳者あとがき」には「翻訳にはその第3版に基づく英訳を用いた」と明記されているが、テキストのかなりの部分が断りなしに省略されているようである。例えば第VI章「8. エネルギーの慣性」の邦訳では、英訳テキストの2頁分以上がカットされている(本訳書 53 頁の訳注参照)。

〔訳注2〕 原著書は "Léon Brillouin "Relativity Reexamined" (1970)。邦訳はレオン・ブリュアン『相対性理論の再検討—アインシュタインの盲点』(室岡義広訳, 講談社ブルーバックス, 1980)。本章および第9章におけるこの本からの引用部分はロシア語から訳したもので、原著書からの邦訳と比べるとかなり語句が異なっている。

アインシュタインの論文を読むと、彼が我々によって示された上記の区別をしておらず、質量のない座標系が、重さのある基準系のみが持つ性質を持っているとみなしていることに気づくのは、難しいことではない」[4, 75 頁 [邦訳 98~100 頁]]。

上述したように、特殊相対性理論においては、それぞれの物理的基準系との間では、一つの座標系のみが関連づけられている。特殊相対性理論におけるこの命題は古典物理学から移入されたものである。しかし、特殊相対性理論においては、時間座標がパラメーターと関数の両方の役割を果たしており、このことが事態を著しく変えている。そもそも、古典物理学においても、基準系と特定の座標系との間の関連づけは、物理過程の数学的記述の便宜のために約束事として採用されているのである。実際、無数の数学的座標系を用いて任意の基準系を發明することができる。数学的座標系は様々な原点、座標軸の様々な方向、また座標軸の様々な尺度を持つことができる。我々は現実の空間内にある対象物を仮想的な座標系内に配置し、それを図に、すなわち作業用の机上座標系に移す。空間内における現実の距離と図上に描かれたその線分とは、尺度によって関連づけられている。必要とされる場合に導入される時間軸は純粋に数学的役割を果たしているのであって、自然界には存在しない。

アインシュタインはその著書『特殊および一般相対性理論について』の付論 I [1, 588 頁] においてローレンツ変換の導出を行なう際、諸事象（光信号の運動、ある特定地点への光信号の到着）をあり得る 2 つの場合、すなわち、 X 軸上における事象と X 軸外における事象とに区分している。ブリュアンによって指摘されている基準系と座標系の区別をしなかったアインシュタインは、 X 軸を導入した際、現実の距離を持つ現実の空間を念頭においていた。彼は座標系 $OXYZ$ を実在する系と考えていたのである。

アインシュタインが導入した X 軸上における事象と X 軸外における事象への区分を残すことにしよう。こうすることにより、ブリュアンによって提案された幾何学的座標系を現実の空間内における諸現象の記述のために利用することが可能となる。空間内における座標系を $\dot{O}XYZ$, \dot{O}^*XYZ' , $\dot{O}^*X^*Y^*Z^*$, ... という記号で表そう。 $\dot{O}XYZ$ は S に対して、 \dot{O}^*XYZ' および $\dot{O}^*X^*Y^*Z^*$ は S^* に対して不動であるとする。 \dot{O}^*XYZ' と $\dot{O}^*X^*Y^*Z^*$ の違いはこの先で定義される。さらに、作業用座標系 (机上座標系あるいは実験室座標系) を $Oxyz$, $O^*x'y'z'$, $O^*x^*y^*z^*$ という記号で表そう。実験室座標系の軸は任意の測定単位で目盛りづけることができ (我々はセンチメートル単位の日盛りを採用する), 既に述べたように、一定の尺度によって系 $\dot{O}XYZ$, \dot{O}^*XYZ' , $\dot{O}^*X^*Y^*Z^*$ と関連づけられている。座標軸の尺度は、ある一つの実験室座標系から別の実験室座標系への移行, 例えば $O^*x'y'z'$ から $O^*x^*y^*z^*$ への移行に伴って変わることができる。

第2章 光速度, 同時性, 時間, 距離

諸事象の同時性 アインシュタイン以前には, 2つの事象の同時性が絶対的であり, 基準系に依存しないことは明らかであると考えられていた。このことは, 静止した基準系 S で同時 (同一時刻) に生じた2つの事象は, S に対して速度 $v \neq 0$ で運動する基準系 S^* においてもまさに同時 (同一時刻) に生じたということの意味している。アインシュタインは諸事象の同時性の絶対性を「古典物理学が犯した最も重大な誤り」の一つに数えている。彼はこの誤りが「我々の思考方法の構成部分となった」と主張している。アインシュタインは同時性の絶対性に対して彼の相対性を対置し, これを思考実験によって基礎づけようとしている。その実験では, 生じる各事象には光信号の放射が伴っており, 点 A および B からの信号が線分 AB の中点 C に到達したなら, 事象 A と B は同時とみなされる。

アインシュタインの監修の下に出版された P. G. ベルグマンの著書『相対性理論序説』^[訳註] に従って上記の実験について説明しよう。

アインシュタインとベルグマンは次のように述べている。「2つの基準系について検討しよう。一方の基準系は地球 (S) と関連づけられており, 他方の基準系は一定の等速度で直線運動をする長い列車 (S^*) と関連づけられている。2人の観測者が存在し, そのうちの1人は地上 (以下, 「プラットフォーム上」という。——筆者) の列車の進行路の傍らに, もう1人は列車内にいると想像しよう」[5, 51頁]。線分 A^*B^* が列車 S^* の長さ, 線分 AB が地上のプラットフォーム S の長さである。列車の運動速度 v は光速度に匹敵する。観測者 S^* は列車の中央の点 C^* ($A^*C^* = B^*C^*$) に, 観測者 S はプラットフォームの中央の点 C ($AC = BC$) にいる。 $t = 0$ のとき, 点 A^* は点 A と, 点 B^* は点 B と一致し (これは, $t = 0$ のとき, $AB = A^*B^*$ であることを意味する), 点 C^* は点 C と一致する。 $t = 0$ のとき, 一致している点 A, A^* と B, B^* に雷が落ち (図 1a), それと同時に A, A^* と B, B^* から C, C^* の方向に向かって電磁信号が出る。

アインシュタインとベルグマンは「 A, A^* と B, B^* から出て同時に C に到達する光信号が, それと同時に C^* にも到達することは可能か?」という問いを与えている。

そして, こう答えている。

「光信号が C と C^* に到達するためには有限な時間が必要であるから, 点 C^* はその時間間に左側に移動することができる (図 1b, c, d)。それゆえ, A, A^* から出発する信号は C^* を通過した後でなければ C に到達することができないのに対し, B, B^* からの信号は C^* に到達するよりも前に C に到達する (図 1c, d)。その結果, 列車内の観測者は, A, A^* からの信号が B, B^* からの信号よりも前に自分の記録装置に到達するのを検出する (図 1b, d) [5, 52頁]。

アインシュタインとベルグマンは初等物理学における速度合成の例について叙述しているのではないかという印象が生じる。この思考実験では, 光速度不変の原理はまったく言及されていない。そのため, その話の続きと結論は, 彼らが前に述べたことと食い違った

[訳註] 原著書は P. G. Bergmann, "Introduction to the Theory of Relativity" (1942)。この本は "books.google.com" で一部だけ閲覧することができる。邦訳は P. G. ベルグマン『相対性理論序説』(田村・松平訳, 秀潤社, 1978)。引用箇所の露文と英文を比較すると細部に異なった点があるが, 露文に従って訳した。

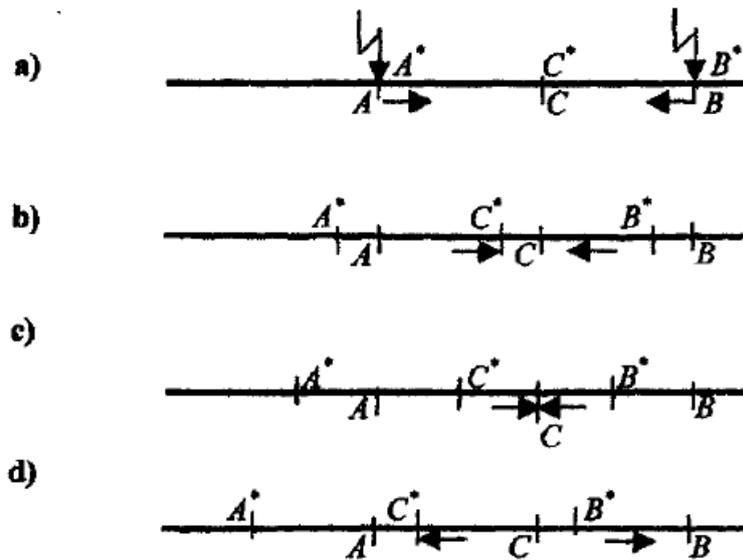


図1. 点 A, A^* および B, B^* で生じる2つの事象は, 地面 (S) に対して静止している観測者には同時であるように見えるが, 列車 (S^*) に対して静止して観測者にはそう見えない。(a) 2つの事象が生じる。(b) A, A^* から出た光信号が C^* に到達する。(c) 両方の事象からの光信号が C に到達する。(d) B, B^* からの光信号が C^* に到達する。

ものになっている。

その先でアインシュタインとベルグマンはこう述べている。「このことから, 地面は列車にはない性質を持っているということは導き出されない。雷は, 2つの光信号が点 C^* に同時に到達するように落ちることもできる。この場合には, A, A^* からの信号は B, B^* からの信号よりも後に C に到達する。しかし, C と C^* における両方の計器が2つの落雷の同時性を示すということはありません。

このことから, 概して言えば, ある基準系における2つの事象は, 別の基準系においては同時ではないという結論を下さなければならない」[5, 53 頁] (強調は筆者)。

この実験における電磁信号を2つのビリヤード球に置き換えてみよう。2つの球が A, A^* と B, B^* から同時に打ち出され, プラットホームに沿って速度 $w > v$ で対向方向に転がって行くでしょう。列車の乗客にとっては, A, A^* からの球の速度は $(w+v)$ であり, B, B^* からの球の速度は $(w-v)$ である。「その結果, 列車内の観測者は, A, A^* からの球が B, B^* からの球よりも前に自分の記録装置に到達するのを検出する (図 1b, d)」。言葉も意味も前回と同一である。アインシュタインの実験の内容は, 図1に示されているその描像も含め, 電磁信号を機械的な信号 (球) に置き換えても変わらない。光信号の場合と同様, 2つの球はプラットホーム上の点 C で同時に会うが, 列車内の点 C^* では同時に出会わない。

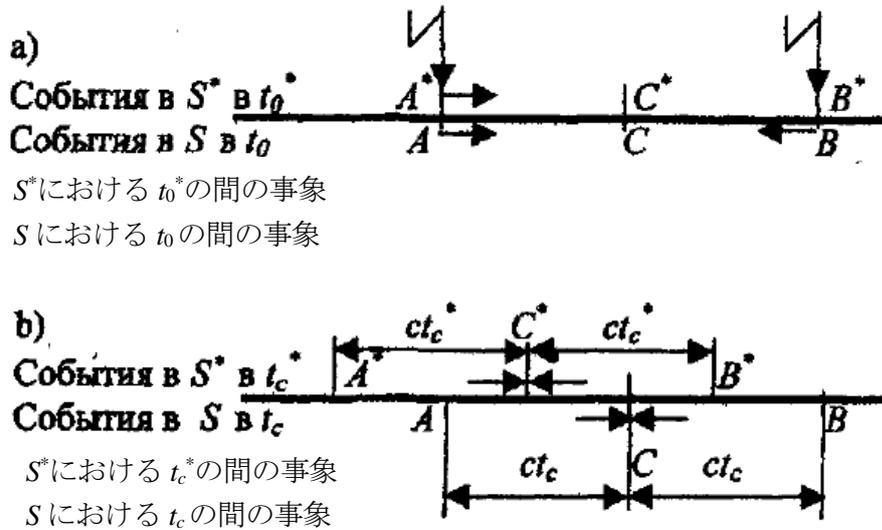


図2

2つの球が列車内の点 A^* と B^* から打ち出され, 列車に対して速度 w で転がって行く場合には, それらは列車内の点 C^* に同時に到達するが, プラットホーム上の点 C には同時に到達しない。これは, アインシュタインとベルグマンが「雷は, 2つの光信号が点 C^* に同時に到達するように落ちることもできる」が, C に同時に到達するように落ちることはできないと述べている前回のケース (13頁参照) に相当する。しかし, このことは, 電磁放射であれ, あるいは普通のビリヤード球であれ, その信号の速度が信号源の速度に依存している場合にのみ可能である。信号源は, 第1のバリエーションにおいてはプラットホームとともに静止しており, 第2のバリエーションにおいては列車の速度を持っている。既に述べたように, アインシュタインの実験では光速不変の原理はまったく言及されていないのである。この実験は古典物理学の規範 [canon] と完全に合致している。

この実験を特殊相対性理論の枠組みの中に移し入れてみよう。この目的のため, 信号の運動速度を光速度, すなわち速度 c の不変原理に従って考察しよう。

この場合には次のようになる。

基準系 S においては, 点 A, B および C は静止している。各信号は C まで, 等しい距離 ($AC = BC$) を等しい速度 c で時間

$$t_c = \frac{AC}{c} = \frac{BC}{c} \tag{2.1}$$

の間に進行する (図 1c; 図 2b, S における t_c の間の事象)。

基準系 S^* においては, 点 A^*, B^* および C^* は静止しており, S^* と一緒に左側に向かって速度 v で運動している (図 1b, c, d; 図 2b, S^* における t_c^* の間の事象)。それゆえ, S^* においては, 「列車」内の各信号が進行する距離 ($A^*C^* = B^*C^*$) は変化しない。ここから, S^* における点 C^* までの各信号の運動時間は

$$t_c^* = \frac{A^*C^*}{c} = \frac{B^*C^*}{c} \tag{2.2}$$

となる (図 2b, S^* における t_c^* の間の事象)。

このように, 特殊相対性理論において採用されている光速度不変の下においては, A, A^* と B, B^* からの信号は, 両方の基準系において等しい距離を等しい速度で進行し, 中点 C と C^* に同時に到達する。アインシュタインの主張とは逆に, 両方の観測者は点 A, A^* と B, B^* における落雷は同時であると判断する。 S における時間のテンポは S^* における時間のテンポと同一となり, 時間間隔 t_c は時間間隔 t_c^* と等しくなったことに注目しよう。我々は再び, 電磁信号の例とビリヤード球の例との合致に帰着したわけである。同時性の相対性を証明したいというアインシュタインの欲求は, 彼がこのことに気づくことを許さなかった。それゆえ, 彼はその思考実験において, 光源速度に対する光速度の非依存性原理と光源速度に対する光速度の依存性原理という, 相容れない2つの原理を利用している。そのため, アインシュタインの「実験」はまったく何も証明していない。

以上述べたことは, 事象の同時性は相対的なものであるというアインシュタインの結論が誤りであることを示しており, 次の定理1の証明となっている。

定理1

2つ以上の事象の同時性は絶対的な性格を持っており, いかなる条件にも依存しない。諸事象の同時性の絶対性は各時刻に生じる物質的*現象の客観性, 測定方法に対するそれらの現象の非依存性によって決定されている。

帰結

時間は一様性という性質を持ち, 各時刻は唯一の数字によってのみ決定することができる。

式 (2.1), (2.2) は光速度不変の原理が誤りであることをも証明しており, 相異なる基準系 (座標系) における光速度不変の可能性自体を排除している。

定理2

ある信号の速度がある一つの基準系において一定の値と等しいならば, その速度が, その基準系に対して速度 $v \neq 0$ で運動する他の任意の基準系においてその値と等しくなることはけっしてない。

上述したアインシュタインの実験はかなり理解しにくいものであるが, 読者がアインシュタインの見解を理解するためには, どうしても知っておく必要のある実験である。

諸事象の同時性の絶対性の簡単な証明を挙げよう。この目的により, 列車内の点 A^*, B^* と地上の点 A, B に接触装置 (感触器) を設置しよう。 $t=0$ のとき, 点 A と A^* , 点 B と B^* が一致すると, 感触器の接触とランプの閃光が生じる (図3)。

一方の基準系, すなわち S または S^* において, 一致している点 A, A^* と点 B と B^* で各感触器の接触が生じたならば, その接触は他方の基準系においても生じていたことは明らかである。それゆえ, 特殊相対性理論の主張とは異なり, 同時性の絶対性とは, 諸事象の同時性は何らかの1つの基準系あるいは座標系に限られるものではなく, この世界のありとあらゆる系に適用されるということを意味している。言い換えれば, 諸事象の同時性は

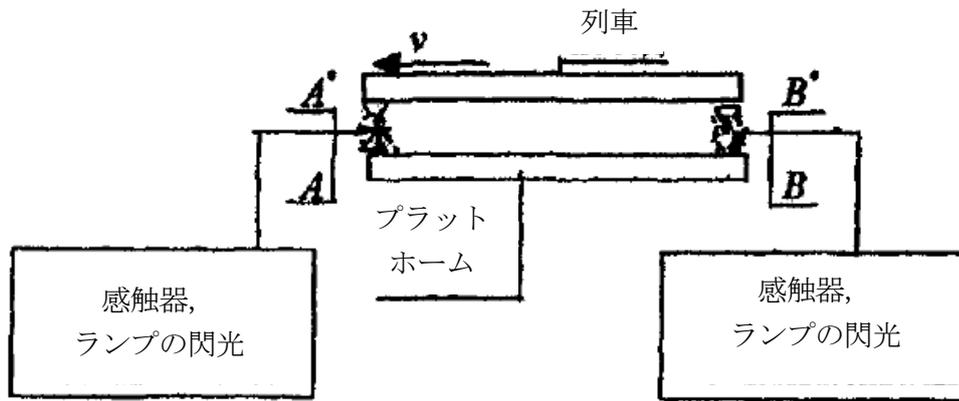


図3

全宇宙に適用されるのである。そしてこのことは、各時刻（我々の場合、時刻 t_0, t_0^* ）が絶対的であること、そしてその時、宇宙において無数の同時事象が生じているということを証明している。

定理3

各時刻は絶対的である。各時刻に、宇宙においては無数の同時事象が生じている。

時間間隔の絶対性 同時性の絶対的な性格とは、ある時刻、例えば時刻 t_m に生じたすべての事象は同時であるということの意味している。このことはまた、各時刻は単一であり、その時、宇宙におけるすべての同時事象が生じたのだということ、あるいは各時刻は絶対的であるということの意味している。時刻 t_m に始まり、時刻 t_n に終わったすべての過程は共通の絶対的長さ t_{mn} を持つことになる。

両方の観測者の技術的能力が同一であるとすれば、両者の基準系の如何にかかわらず、時間間隔 t_{mn} は時刻 t_m に始まり、時刻 t_n に終わったと観測者 S が判断した場合には、観測者 S^* もまた時間間隔 t_{mn} は時刻 t_m に始まり、時刻 t_n に終わったと判断する。

定理4

一定の開始時刻と終了時刻によって区切られた任意の時間間隔は絶対的な値を持ち、その値はいかなる条件にも依存しない。

剛体棒の長さ 相対性理論はこの問題をどのように考察しているだろうか？

「1つの基準系において静止している2つの棒は、それらの端 E と E^* および F と F^* を同時に一致させることが可能ならば、長さが等しいとみなされる。互いに対して運動している複数の物体上に引かれた2つの線分は、それらが互いに平行で、それらの運動方向に対して垂直ならば、それと同じ方法で比較することができる。しかし、それらの線分が同一の直線上にあり、その直線がそれらの相対運動の方向に対して平行である場合には、それらの固有の端は、一定の時刻にしか一致させることができない。2つの線分 AB と A^*B^* は、

その一致が同時に生じる場合に等しいとみなされるが、これらの事象の同時性は観測者の基準系に依存する」[5, 53 頁]。

我々は上記において、諸事象の同時性は絶対的であることを証明した。それゆえ、2つの線分 AB と A^*B^* の端の一致は観測者の基準系に依存しない。このことから、両方の観測者の測定の技術的能力が同一であるとすれば、2つの線分 AB と A^*B^* が地上の観測者 S にとって等しいならば、それらの線分は列車内の観測者 S^* にとっても等しいということになる。このように、アインシュタインの主張に反して、長さの測定結果は観測者の基準系の選び方には依存しない。

定理 5

一定の時刻に測定された2点間の任意の距離（剛体棒の長さ）は絶対的な値を持ち、その値はいかなる条件にも依存しない。

各現在時刻は、次の現在時刻に移りながら、連続的かつ不可逆的に過去へ去って行く。時刻のこの連続的交代は、それと同様の、宇宙におけるある無数の同時事象の他の無数の同時事象への連続的かつ不可逆的な交代を伴っている。過去、現在および未来は、それらが互いに位置を交換することができないような仕方結びついている。ロシアの哲学者で神学者の A. ヴヴェデンスキー [「ブベデンスキー」とも] は時間の流れに対してある定式を与えている。その定式は、我々の思考実験の結果に依拠して定理の形で述べることができる。事の本質という点で、彼は「時間とは何か」という問いに対して答えを与えている。この定理を彼の名前で呼ぶことにしよう。

定理 6 A. ヴヴェデンスキーの定理

「実在しているのは現在のみであって、時間そのものは、瞬間から瞬間へと自らを伝えて行く、永遠に再生し続ける現在に他ならない」[6, 10 頁]。

帰結

時間は一方向性と不可逆性という性質を持つ。

宇宙における諸事象の同時性、各時刻および各時間間隔の絶対性の証明は因果関係の不可逆性を裏づけており、したがってさらにもう一つの定理の証明ともなっている。

定理 7

時刻、時間間隔、諸事象の同時性および距離の絶対性は因果関係の不可逆性を決定づける。

単一時間系および単一距離測定系 我々は上記において、諸事象の同時性は絶対的であることを確定した。もし時刻を無限小の時間間隔と考えるならば、そのような各時刻に、好きなだけ大きな距離によって分割された無数の同時事象がこの世界で生じていることになる。相異なる条件の下にある任意の物理過程は相異なる速度で進行することができる。しかし、このことは、時間の加速あるいは減速ではなく、時間の中における物理過程それ自体の加速あるいは減速のみを意味している。

判定 1

各時刻および各時間間隔の絶対性, 各時刻および各時間間隔の次の時刻および時間間隔への連続的な交代, 各時刻に生じる諸事象の同時性の絶対性は, 自然界において, **我々の意識によって反映されることが可能な単一の世界時間系**を構成している。

それに劣らず重要なのは, 剛体棒の長さの絶対性と相対性に関する問題である。任意の物体は, 各一定時刻において絶対寸法と絶対体積を持ち, これらのものは, その測定を行なう観測者が置かれている条件に依存しない。

判定2

各一定時刻における剛体棒の長さの絶対性, あらゆる条件に対するその長さの非依存性は, 物体のすべての寸法に対して適用され, 自然界において, **我々の意識によって反映されることが可能な単一の世界距離測定系**を構成している。

単一時間系および単一距離測定系は, 触れたり見たりすることのできる, 知覚可能なものではない。それらは空間と時間の不可分の構成要素であり, ルートヴィヒ・フォイエルバッハの言葉で言えば, 「存在の根本的条件」となっている。

第3章 相対論的座標変換

ローレンツ変換 特殊相対性理論においては、ある座標系から別の座標系への移行はローレンツの変換方程式に従って行なわれている。ローレンツ変換について分析するため、まずその導出について簡単に述べておこう。ここでは再びベルグマンの著書『相対性理論序説』を利用する。

この著書で、アインシュタインとベルグマンはローレンツ変換を導出するため、その根拠として次の原理を採用している。

1. 相対性原理。この原理によれば、「変換方程式は、ある慣性座標系を他の慣性座標系と比べて特別扱いするようなものを含んでいてはならない」[5, 55 頁]。
2. 光速度不変の原理。
3. 諸事象の同時性、時間間隔および距離の相対性（剛体棒の長さの相対性）。

前回と同様、アインシュタインとベルグマンは2つの慣性系 S （これを座標系 xOt と書き表そう）および S^* （これを座標系 $x^*O^*t^*$ 〔訳注〕 と書き表そう）について検討している。慣性系 S^* は S に対して X 軸に沿って一様な等速度 v で運動している。慣性系 S において静止している時計による時刻 $t=0$ のとき、 S と S^* の座標原点は一致している。 X^* 軸は X 軸に対して平行であり、事実上それと一致している。

変換方程式の根拠として、上に列記したものの他に、さらにいくつかの条件が採用されている。それらのうちで、その他の条件を決定づける主要条件となっているのは、空間の一様性という条件である。

アインシュタインとベルグマンはこう述べている。「これらの変換方程式は空間の一様性を保存している。すなわち、空間と時間のすべての点は、変換の観点から見ても等価でなければならない」[5, 55 頁]。ここから見て取れるように、この条件は深い物理学的・哲学的な意味を持っている。その他の条件はこの主要条件からの帰結である。それは次のような条件である。

1. 変換方程式は線形でなければならない。
2. 系 S において AC が BC と等しければ、系 S^* において A^*C^* は B^*C^* と等しい。
3. 系 S^* に対して静止している点は系 S に対して X 軸方向に速度 v で運動する。
4. X 軸に対して垂直な直線は X^* 軸、 Y 軸および Z 軸に対しても垂直であり、また、 Y^* 軸と Z^* 軸はどの系から見ても直交している。
5. 互いに対して運動する平行な線分の長さは、17 頁 [第2章の「剛体棒の長さ」の段] で述べられている特殊相対性理論の方法に従って比較される。

アインシュタインとベルグマンはこれらの条件から出発して、次の形を持った変換方程式を得ている。

〔訳注〕 ロシア語原文の印刷が不鮮明なため、この第3章で用いられている記号の添え字（例えば X_a^* の「*」や X_a'' の「''」など）の区別が付きにくい箇所がある。訳文の記号に不審な点がある場合は原文を参照されたい。

$$x^* = \alpha(x - vt) \quad (3.1)$$

$$\left. \begin{aligned} y^* &= y \\ z^* &= z \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

$$t^* = \beta t + \gamma x \quad (3.3)$$

上式の α, β, γ は下記において決定される。

さらに、アインシュタインとベルグマンは、あらゆる方向に向かって速度 c で伝播する球面電磁波が、座標系 xOt および $x^*O^*t^*$ の一致している原点から時刻 $t=0$ に放射されると仮定した上で、座標系 xOt および $x^*O^*t^*$ (基準系 S および S^*) における電磁波の伝播を記述するための次の2つの方程式を提案している。

$$x^2 + y^2 + z^2 = ct^2 \quad (3.4)$$

$$x^{*2} + y^{*2} + z^{*2} = ct^{*2} \quad (3.5)$$

次に、方程式 (3.1), (3.2), (3.3), (3.4), (3.5) を解くことによって定数 α, β, γ を得る。

$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (3.6)$$

$$\gamma = -\beta \frac{v}{c^2} \quad (3.7)$$

α, β, γ を (3.1), (3.2), (3.3) に代入し、 x, y, z を通じて x^*, t^* の値を決定すると、ローレンツ変換方程式が得られる。座標系 xOt から座標系 $x^*O^*t^*$ に移行するときの点 $A(x_a, t_a)$ の座標についての変換方程式を書くと、次のようになる

$$\left. \begin{aligned} x_a^* &= \frac{x_a - vt_a}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y_a^* &= y_a \\ z_a^* &= z_a \\ t_d^* &= \frac{t_a - vx_a/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

座標系 $x^*O^*t^*$ から座標系 xOt に移行すると、座標 x_a^* および t_d^* のそれぞれ座標 x_a および t_a (方程式 (3.8) にとっての初期座標) への変換は次の形を持つ。

$$\left. \begin{aligned} x_a &= \frac{x_a^* + vt_d^*}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y_a &= y_a^* \\ z_a &= z_a^* \\ t_a &= \frac{t_d^* + vx_a^*/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

変換のために採用された空間の「一様性」という条件およびそこから導出されるその他の条件が変換方程式 (3.2) と矛盾していることを確かめるのは、難しいことではない。実際、空間の一様性は

$$\left. \begin{aligned} t &= t_x = t_y = t_z \\ t^* &= t_x^* = t_y^* = t_z^* \end{aligned} \right\}$$

を前提条件としている。

ところが、光速度不変の原理によれば、

$$\left. \begin{aligned} x &= ct_x, \quad y_a = ct_y, \quad z_a = ct_z \\ x^* &= ct_x^*, \quad y_a^* = ct_y^*, \quad z_a^* = ct_z^* \end{aligned} \right\}$$

となるのである。

$y_a = z_a = x_a$ の場合について検討してみよう。

$y_a = y_a^*$, $z_a = z_a^*$ であるが, $x_a \neq x_a^*$ であるので,

$$ct_y = ct_y^* = ct_z = ct_z^* = ct_x \neq ct_x^* \quad (3.10)$$

または

$$t_y = t_z = t_x = t_y^* = t_z^* \neq t_x^* \quad (3.11)$$

となる。

式 (3.11) は, X^* 軸上の時間 t_x^* が, Y^* 軸上および Z^* 軸上の時間 t_y^* および t_z^* とは別のリズムで進行しなければならないことを示している。このように, ローレンツ変換を行なうと, 変換条件およびアインシュタインの主張に反して, 空間は一様ではなくなる, すなわち空間と時間の各点の等価性は失われてしまうのである。一見したところ, この状況を打開する最も簡単な方法は,

$$\left. \begin{aligned} y = y^* = 0 \\ z = z^* = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3.2a)$$

という条件を導入することであるように思われる。

しかし、この場合には、ローレンツ変換の適用領域は X 軸のみに限られてしまう。その結果、残る方法はただ一つ、すなわち、空間の一様性のためには、等式

$$t = t^* \quad (3.12)$$

が守られなければならないことを認める以外にない。

この場合には、慣性系 S に対する慣性系 S^* の運動速度 v に対する座標 x_a, t_a, x_a^*, t_a^* の依存性は存在しない。

このことから、空間の一様性という条件の下では、ローレンツ変換は物理的意味を持たないという結論が導き出される。

L 変換の分析はここで終わりとすることもできるかもしれないが、この変換に関連するさらにいくつかの疑問を解明しなければ、その分析は不完全なものとなってしまいうだろう。

S 変換 座標系 $x'O^*t'$ を導入しよう。その座標原点は座標系 $x^*O^*t^*$ の原点と、 x' 軸は x 軸と一致している。座標系 $x'O^*t'$ は基準系 S^* で静止しており、後者とともに基準系 S に対して速度 v で運動している。座標系 $x'O^*t'$ 、および基準系 S に対するその運動はユークリッド幾何学を用いて記述することができる。実際、 X 軸に沿った電磁信号の伝播方程式は次の形を持つことになる (図 4)。

$$x = \pm ct \quad (3.13)$$

$$x' = \pm ct' \quad (3.14)$$

(3.13), (3.14) において、「+」の符号は X 軸の正の方向、「-」の符号は負の方向への信号の伝播を示している。座標系 xOt から $x'O^*t'$ に移行するときの変換は次のようになる (図 4)。

$$\left. \begin{aligned} x'_a &= x_a - vt_a \\ t'_d &= t_a - vx_a/c^2 \end{aligned} \right\} \quad (3.8a)$$

ここで $vx_a/c^2 = vt_a/c = t_a - t_d$ である。

変換 (3.8a) は、基準系 S から基準系 S^* への移行を可能としている。 S^* から S への移行のために、 S で静止している座標系 $x''O''t''$ を導入しよう。 S^* から S への移行は次の方程式によって記述される (図 5)。

$$\left. \begin{aligned} x''_i &= x'_a + vt'_d \\ t''_i &= t'_d + vx'_a/c^2 \end{aligned} \right\} \quad (3.9a)$$

(3.8a) を (3.8) と、(3.9a) を (3.9) と比べることにより、 x'_a と t'_d 、 x''_i と t''_i を、 x_a^* と

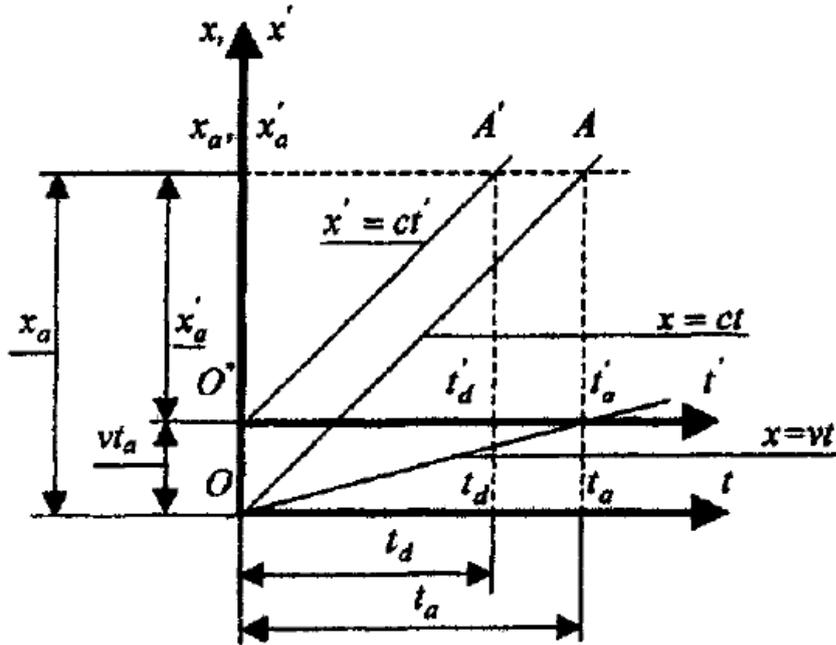


図4

t_d^* を通じて次のように表すことができる。

$$\left. \begin{aligned} x'_a &= x_a^* \sqrt{1 - v^2/c^2} \\ t'_d &= t_d^* \sqrt{1 - v^2/c^2} \end{aligned} \right\} \quad (3.15)$$

$$\left. \begin{aligned} x''_i &= x_a \sqrt{1 - v^2/c^2} \\ t''_i &= t_a \sqrt{1 - v^2/c^2} \end{aligned} \right\} \quad (3.16)$$

方程式 (3.8a), (3.9a) は、基準系 S から S^* へ、およびその逆の移行を可能としている。

方程式 (3.15), (3.16) は、ローレンツ変換における項 $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ が $(1 - v/c)$ と $(1 + v/c)$ の値の幾何平均値であり、純粋に数学的な役割を果たしていることを示している。その値は、それに帰せられるべき物理的意味を持っていない。このことは、特殊相対性理論において採用されている、 $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ の値により自然界における対象物の運動速度に課せられている光速 c という制限が、現実と合致していないことを証明している。

定理 8

物質的*対象物の速度には、その大きさに関する制限はない。

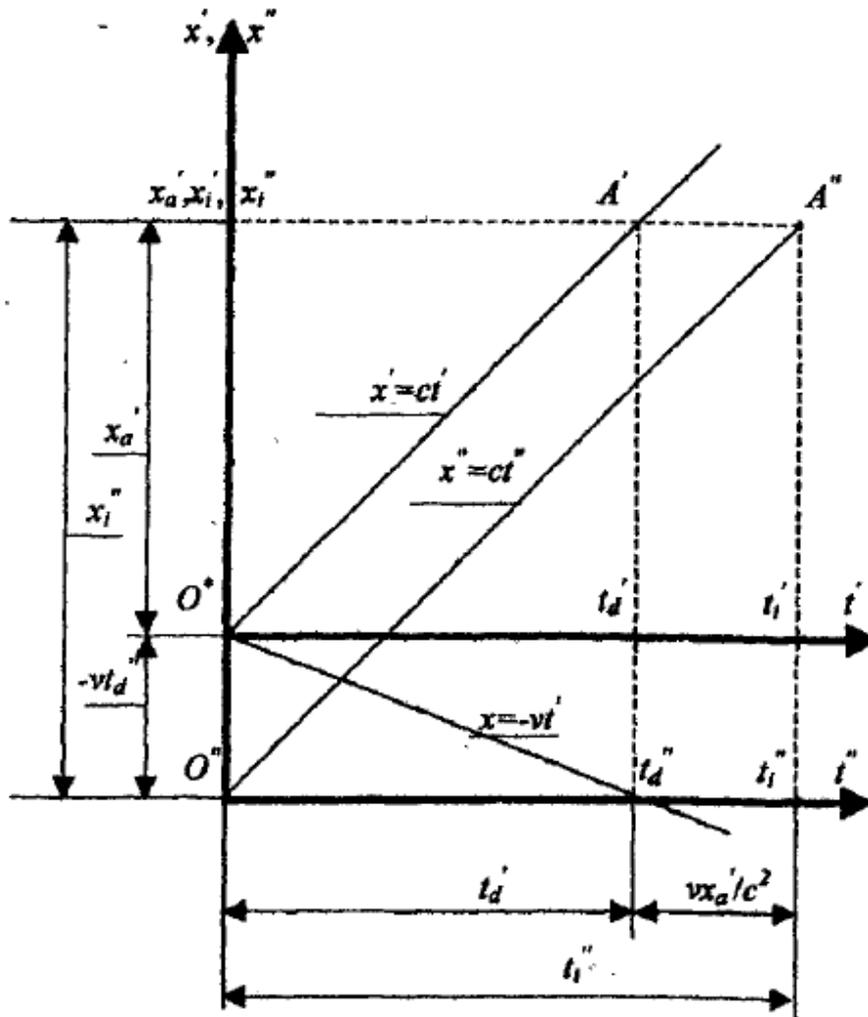


図5

方程式 (3.8a) は、点Aのローレンツ変換方程式 (3.8) の両辺に $\sqrt{1-v^2/c^2}$ を掛けたものである。

方程式 (3.9a) は、点A*(x'_a, t'_a)のローレンツ変換方程式 (3.9) の両辺に $(1-v^2/c^2)$ を掛けたものである。それゆえ、方程式 (3.8a) は方程式 (3.8) と、方程式 (3.9a) は方程式 (3.9) とそれぞれ等価である。

点A(x_a, t_a)は直線 $x=ct$ の上に (図4), 点A'(x'_a, t'_a)は直線 $x'=ct'$ の上に (図4, 5), 点A''(x''_a, t''_a)は直線 $x''=ct''$ の上にある (図5)。これは、光速不変の原理が方程式 (3.8a) と (3.9a) において保存されていることを意味している。座標系 $X\dot{O}T$ (xOt) は基準系 S で静止しており、座標系 $X\dot{O}^*T^*$ ($x'O^*t'$), $X^*\dot{O}^*T^*$ ($x^*O^*t^*$) は基準系 S^* で静止している。ローレンツ変換 (3.8), (3.9) におけるのと同様、光速は S 変換 (3.8a), (3.9a) においても不変である。(3.8), (3.9) におけるのと同様、時間座標は (3.8a), (3.9a) においても変化している。しかし、我々は、変換 (3.8a) においては座標系 $x^*O^*t^*$ の代わりに座

標系 $x'O^*t'$ を、変換 (3.9a) においては座標系 xOt の代わりに座標系 $x^*O^*t^*$ を得た。

空間内において、点 X_a , X'_a , X^*_a は X 軸上の同一の点であるが、しかし、それぞれ時刻 T_a , T'_a , T^*_a におけるものである。実験室座標系においては、点 X_a は x_a , X'_a は x'_a , X^*_a は x^*_a , X^*_i は x^*_i として示され、時間座標 T_a は t_a , T'_a は t'_a , T_d は t_d , T'_d は t'_d , T^*_i は t^*_i として示されている。ここで (図 4),

$$t'_a = t_a \quad (3.17)$$

$$t'_d = t_d = t_a - vx_a/c^2 \quad (3.18)$$

である。

したがって

$$T'_a = T_a \quad (3.17a)$$

$$T'_d = T_d \quad (3.18a)$$

である。

これは、時刻 T'_a (t'_a) と T_a (t_a), および T'_d (t'_d) と T_d (t_d) が同時であることを意味している。このように、等式 (3.17), (3.17a), (3.18), (3.18a) は、基準系 S と S' における諸現象の同時性の絶対性という、先に我々が下した結論の正しさを裏づけている。

方程式 (3.8a) と (3.9a) を S 変換と呼ぶことにしよう。

方程式 (3.15) を次のように書こう。

$$\left. \begin{aligned} x^*_a &= \frac{x'_a}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \frac{x_a - vt_a}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \\ t^*_d &= \frac{t'_d}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \frac{t_a - vx/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \end{aligned} \right\} \quad (3.19)$$

得られた方程式 (3.19) は X 軸上における事象に関する方程式であるが、しかし方程式

(3.8) とは異なり、(3.8a) を $\sqrt{1-v^2/c^2}$ で割ることによって得られたもの、すなわち、

純粹に数学的な方法で得られたものである。L 変換のこのタイプの導出方法は物理とは無関係である。それゆえ、方程式 (3.19) に関する我々の叙述は、ただ単に、**実例による証明**という性格のものでしかない。基準系 S から基準系 S^* への変換は (3.8a) が実行される際に行なわれたのであるから、そのためにはローレンツ変換 (3.19) は必要でない。しかし、我々の研究においては、方程式 (3.19) はきわめて重要な役割を果たしている。まさに方程式 (3.19)こそは、特殊相対性理論においてなされている主張とは逆に、**ローレンツ変換はユークリッド幾何学によって記述することが可能であることを示している。**

実際、(3.19) で我々が座標 x'_a , t'_d を $\sqrt{1-v^2/c^2}$ で割るとき、それと同時に、 x'_a , t'_d が

図上に描いている距離と時間間隔を $\sqrt{1-v^2/c^2}$ で割っているのである。そのとき、

$\sqrt{1-v^2/c^2} : 1$ の比に従って増加しているのは現実の X'_a と T'_a ではなく、座標軸の尺度である。現実の各 lux (1 lux = 300,000 km。C.ダレルによって導入された距離の測定単位^[訳注])、現実の任意の距離全体を、我々は図上では別の尺度で示しているのである。これと同じことが各秒、各時間間隔の図上における記述にも当てはまる。それゆえ、変化しているのは距離と時間間隔ではなく、座標軸の尺度なのである。

このことは、方程式 (3.19) と (3.8a) が等価であることによって裏づけられる。座標系 $x^*O^*t^*$ と $x'O^*t'$ はともに基準系 S^* に対して静止しており、互いに対して異なっているのは座標軸の尺度のみである。

図上の線分 Ox_a および $O^*x'_a$ を現実の距離 $\dot{O}X_a$ および $\dot{O}^*X'_a$ と、また座標 x_a および x'_a を空間内の座標 X_a および X'_a と結びつけている尺度は、

$$M_x = M'_x = M_y = M'_y = M_z = M'_z = 1 \text{ cm/1 lux} \quad (3.20a)$$

となる。

現実の時間間隔 T_a および T'_a に対応することになるのは、線分 Ot_a および $O^*t'_a$ 、ならびに、やはり座標軸の尺度

$$M_t = M'_t = 1 \text{ cm/1 sec} \quad (3.20b)$$

によって T_a および T'_a と結びついている座標 t_a および t'_a である。

座標系 $x^*O^*t^*$ においては、座標軸の尺度は

$$\left. \begin{aligned} M_x^* &= \alpha M'_x = \alpha \text{ cm/1 lux} \\ M_t^* &= \beta M'_t = \beta \text{ cm/1 sec} \end{aligned} \right\} \quad (3.20c)$$

(ここで $\alpha = \beta = 1 : \sqrt{1-v^2/c^2}$) である。

座標軸 x^* 、 t^* の尺度を考慮すると、空間内における現実の距離、および点 O^* から点 T'_a までの信号の進行時間は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} X_a^* \text{ lux} &= \frac{x_a^* \text{ cm}}{M_x^*} = \frac{x'_a \text{ cm}}{M'_x} = X'_a \text{ lux} \\ X_d^* \text{ sec} &= \frac{t_d^* \text{ cm}}{M_t^*} = \frac{t'_d \text{ cm}}{M'_t} = T'_d \text{ sec} \end{aligned} \right\} \quad (3.21)$$

[訳注] この"lux"はもちろん照度の単位「ルクス」ではなく、Clement V. Durell がその著書"Readable Relativity "(G. Bell & Sons, 1926)の53頁で導入した単位である。この本は <https://archive.org/details/ReadableRelativity> でダウンロードすることができる。邦訳はクレメント・V・ダレル 『四次元の国のアリス：相対性理論への招待』(市場泰男訳，現代教養文庫，社会思想社，1975)。

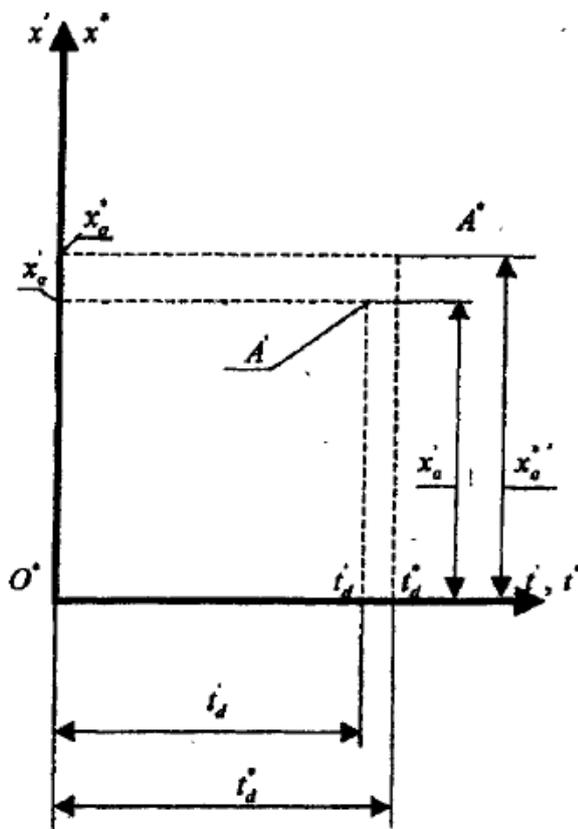


図6

したがって、現実の距離 $O^*X_a^*$ ($O^*x_a^*$) は距離 $O^*X'_a$ ($O^*x'_a$) と等しく、現実の時間間隔 $O^*T_d^*$ ($O^*t_d^*$) は時間間隔 $O^*T'_d$ ($O^*t'_d$) と等しい (図6)。

これは、座標系 $x'O^*t'$ 、 $x^*O^*t^*$ における時間進行のテンポが単一であることを裏づけている。実際、両方の座標系は共通の座標原点を持ち、互いに対して、また基準系 S^* に対して静止している。それゆえ、点 O^* 、 x'_a 、 x_a^* における時間は、特殊相対性理論の枠組み内においてさえも同一のリズムで流れているのである。これは、時刻 t'_d と t_d^* の同時性を裏づけている。

時刻 t'_d と t_d^* および t'_d と t_d の同時性 ((3.18), (3.18a) 参照) から、時刻 t'_d と t_d の同時性が導き出される。これは、ガリレイ変換の場合と同様、ローレンツ変換においても諸事象の同時性は絶対的であることを証明している。

vx/c^2 値について L 変換および S 変換には vx/c^2 という値が現れている。特殊相対性理論では、この値が空間と時間を結びつけると解釈されている。しかし、

$$vx_a/c^2 = \frac{vt/c}{c^2} = \frac{v}{c}t \quad (3.22)$$

である。我々は (3.22) においても、方程式 (3.13), (3.14) において座標軸 x と t の間の無次元比例係数の役割を果たしている不変比 v/c を持っている。したがって、ローレンツ変換における vx/c^2 値は純粹に数学的な意味しか持っておらず、特殊相対性理論においてそれに与えられている物理的な意味は持っていない。

ローレンツ変換と S 変換には、注意を払うべきさらに2つの特徴がある。

その第1の特徴は、アインシュタインの思考実験においては、基準系における事象（落雷）の時間と場所は、計器への信号の到着時刻にもとづいて決定されているという点である。さらに、 y 座標および z 座標の値がゼロであることがローレンツ変換にとって必須の条件となっていることを我々は確認した。ここから、特殊相対性理論においては、 X 軸上の各点はその独自の原点を持った独自の座標系を持たなければならない、時間座標は比 $t = x:c$, $t^* = x^*:c$ によって距離の座標と結びついているということが導き出される。例えば、点 B は点 A と共通の時間座標 t_a を持っているが、座標 x_b と x_a は異なっている。(3.13) の結果、点 $B(x_b, t_a)$ は、その座標が $x = ct$ という条件を満足する固有の座標系を持たなければならない。 $X_1O_1T_1$ ($x_1O_1t_1$) がそのような座標系となり、 x_{1b} , t_{1b} ($x_{1b} = ct_{1b}$) がその座標系の点 B の座標となったとしよう。このことは、特殊相対性理論において採用されているローレンツ変換の適用領域の平面および空間への拡大と矛盾しているが、しかし、諸事象の同時性の相対性を証明するためにアインシュタインによって採用された条件には完全に合致している。

第2の特徴は、変換 (3.8) においては、点 O^* は時間 t_a の間に点 O に対して距離

$$OO^* = vt_a \quad (3.23)$$

を進行する (図4) のに対して、変換 (3.9) においては、点 O は時間 t'_d の間に点 O^* に対して距離

$$O^*O = vt'_d \quad (3.24)$$

を進行する (図5) という点である。

$t_a > t'_d$ であるから、

$$OO^* > O^*O \quad (3.25)$$

となる。

したがって、ローレンツ変換においては、点 O^* が点 O に対して進行する距離は、点 O が点 O^* に対して進行する距離よりも大きいということになる。

この矛盾は S 変換においてもそのまま残る。

以上において証明された諸事象の同時性、時間間隔および距離の絶対性、またローレン

ツ変換の結果の現実からの逸脱は、相対性理論のそれ以外の数学的道具立てに対する我々の見方を変えないわけにはいかない。

速度合成 基準系 S^* が基準系 S に対して速度 v で運動し、さらに基準系 S^{**} が基準系 S^* に対して速度 w で運動すると、基準系 S^{**} の基準系 S に対する X 軸方向の運動速度は

$$u_x = (v + w) : \left(1 + \frac{v \times w}{c^2} \right) \quad (3.26)$$

となる。

$w = \sqrt{w_x^2 + w_y^2}$ の場合には、速度 u の y 成分は次の形を持つことになる。

$$u_y = w_y \sqrt{1 - v^2/c^2} : \left(1 + \frac{v \times w}{c^2} \right) \quad (3.27)$$

ローレンツ変換の結果が現実から逸脱しているという事実から、相対論的な速度合成の公式は誤りであるという結論が導き出される。その公式の非現実性は、その公式に座標軸の尺度を導入したとき、とりわけ明瞭に現れる。

インターバル 距離と時間間隔の絶対性の否定は、特殊相対性理論における時間と空間の1つの共通のカテゴリー、すなわち時空と呼ばれるカテゴリーへの統合をもたらした。それに続いて、これによって時空内における対象物の位置を決定することが可能になったと称する、ある新たな特性が導入された。その特性となったのがインターバルである。 $y = z = 0$ のとき、インターバルは次の形を持つ。

$$s = \sqrt{x^2 - ct^2} \quad (3.28)$$

インターバルは相異なる基準系に対して不変であるとみなされている。我々の場合には、 S と S^* がそのような基準系に相当する。相対論的インターバルに関する問題については、筆者の著書『特殊相対性理論と現実性』において詳しく検討されている。座標軸の尺度を導入すると、2つの事象の間のインターバルは基準系に対する不変性を失い、物理的カテゴリーではなく、純粋に数学的なカテゴリーとなる。それゆえ、時空インターバルは物理的内容を持たない。

以上の結果をまとめよう。ローレンツ変換に関する分析は次のことを示した。

1. ローレンツ変換は空間の一様性と合致していない。
2. ローレンツ変換において、諸事象の同時性は絶対的である。

3. 各ローレンツ変換 ((3.8) と (3.9)) において、代数的な変換の結果は、 $\sqrt{1 - v^2/c^2} : 1$ の比に従って実際値よりも大きくなる。この逸脱は座標軸の尺度を適用すれば解消することが可能であるが、この尺度は特殊相対性理論では考慮されていない。

4. 基準系 S^* が基準系 S に対して進行する距離 OO^* は、基準系 S が基準系 S^* に対して進行する距離 O^*O よりも大きい。

5. 基準系 S^* の基準系 S に対する運動時間は、基準系 S の基準系 S^* に対する運動時間よりも大きい。

6. vx/c^2 値は純粋に数学的な意味しか持っていない。この値は、特殊相対性理論においてそれに与えられている物理的な意味を持っていない。

7. ローレンツ変換における $\sqrt{1-v^2/c^2}$ 値は余因数 $(1-v/c)$ と $(1+v/c)$ の幾何平均値であり、 $\sqrt{1-v^2/c^2} : 1$ の比に従って各変換の結果を変化させる。この値は、特殊相対性理論においてそれに与えられている物理的な内容を持っていない。

8. 相対論的な速度合成の公式は現実的結果を与えない。

9. 時空インターバルは物理的な内容を持っていない。

一般的結論：

特殊相対性理論およびその数学的道具立ては、物理現象の記述を目的として創出されたが、現実の物理現象と合致していない。

第4章 K座標変換

特殊相対性理論においては、光信号の速度があらゆる慣性基準系において不変な普遍定数となっている。しかし、L変換における v/c 値は次元を持たない、無個性な値である。それゆえ、L変換においては、任意の信号の速度が光信号の速度と同じ役割を演じることができる。我々は第2章で、普通の球がアインシュタインの実験における信号になることが可能であることを示した。これはローレンツ変換にも完全に当てはまる。基準系 S から S^* への移行のために、L変換およびS変換だけでなく、それ以外の種類の変換を提案することが可能であることを示そう。

媒質（基準系）は信号速度に影響を及ぼすが、しかしその際、それぞれの媒質（基準系）内において、信号は一様な速度 q で運動するということにしよう。このことは、我々是不変速度として、互いに対して直線的に一定の等速度 v で運動する基準系 S および S^* における対象信号〔検討対象となる信号〕の移動速度 q を採用する、ということの意味している。これらの各基準系は、対象信号との関係において物理的媒質としての性質を持っている。このことをイメージするため、静止している水を静止系 S とし、速度 v で運動している水を系 S^* としてもよい。すると、それ自体の系に対して等速度 $q > v$ で運動している2隻のボートを信号とすることができる。 S^* に対して速度 q で運動する信号は、 S との関係においては速度 $q+v$ で運動する。 S に対して速度 q で運動する信号は、 S^* との関係においては速度 $q-v$ で運動する。

基準系 S とは座標系 xOt が、基準系 S^* とは座標系 $x^+O^+t^+$ が結びついているとしよう。 x 軸と x^+ 軸は方向が一致しており、 t^+ 軸は t 軸に対して平行である（図7）。定理8により、信号速度としてはゼロ以外の任意の速度を取ることができる。しかし、我々は相対性理論に関する問題について検討しているのだから、 $q=c$ とするのが目的にかなっている。

我々が提案している変換においては次の原理が働いているとしよう。

1. 空間は一様であり、物理的性質を持っていない。
2. 時間は一様に流れ、物理的性質を持っていない。
3. 諸事象の同時性は絶対的である。
4. 一定の時刻における2点間の最短距離（剛体棒の長さ）は絶対的である。
5. 2つの時刻の間の時間間隔は絶対的である。
6. 座標系 xOt および $x^+O^+t^+$ に対する信号の速度は不変であり、 $q=c$ である。
7. 基準系 S と S^* が等しい時間間隔の間に互いに対して進行する距離は等しい。

これらの原理にもとづく方程式をK変換と呼ぼう。座標系 xOt の点 A と座標系 $x^+O^+t^+$ の点 A^+ （図7）の相互関係を決定しよう。ここでは、アインシュタインがその実験で採用した方法論から出発することにしよう。すなわち、各座標系において、信号が進行した距離は、信号の不変速度に進行経路における時間を掛けたものに等しくなければならない。

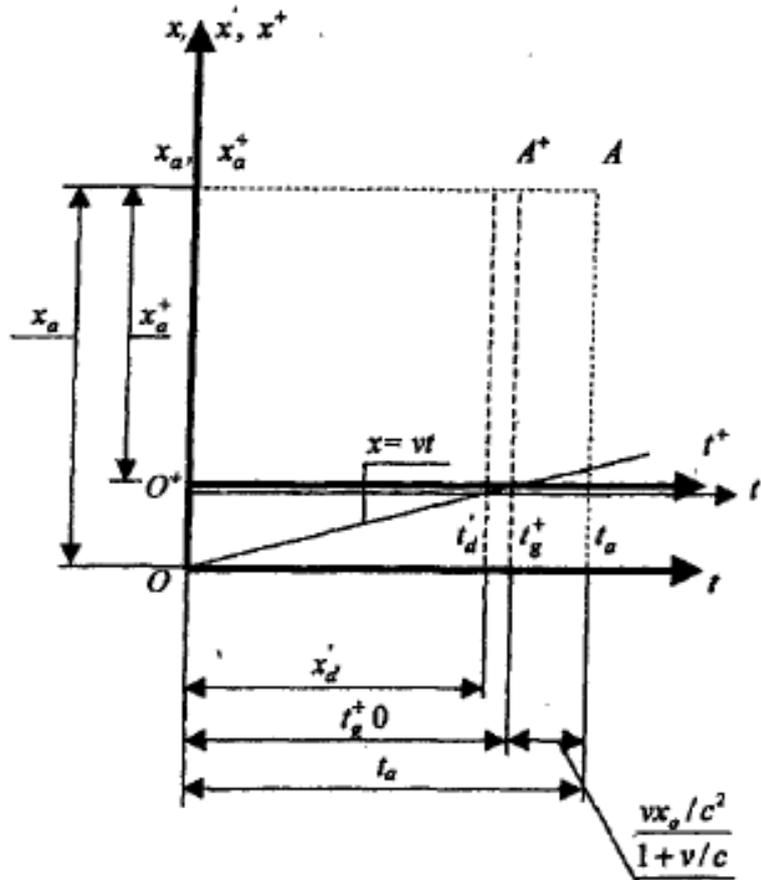


図7

$$\left. \begin{aligned}
 a) \quad x_a &= ct_a \\
 b) \quad x_a^+ &= ct_g^+ \\
 c) \quad x_a^+ &= (c+v)t_g^+ \\
 d) \quad t_a^+ &= t_a, \quad t_g^+ = t_g
 \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

(4.1) より、点Aの座標の点A⁺の座標へのK変換の方程式は

$$\left. \begin{aligned}
 x_a^+ &= x_a - \frac{vt_a}{1+v/c} \\
 t_g^+ &= t_a - \frac{vx_a}{c^2(1+v/c)}
 \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

という形を持ち、X軸上における事象については

$$\left. \begin{aligned}
 x_a^+ &= \frac{x_a}{1+v/c} \\
 t_g^+ &= \frac{t_a}{1+v/c}
 \end{aligned} \right\} \quad (4.2a)$$

となる。

S^* から S に移行するときの K 変換は

$$\left. \begin{aligned} x_a &= x_a^+ + vt_g^+ \\ t_a &= t_g^+ + \frac{vx_a^+}{c^2} \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

という形を持ち、 X 軸上における事象については

$$\left. \begin{aligned} x_a &= x_a^+(1+v/c) \\ t_a &= t_g^+(1+v/c) \end{aligned} \right\} \quad (4.3a)$$

となる。

(4.2a) を (3.8) および (3.8a) と比較すると次の関係が得られる。

$$\left. \begin{aligned} x_a^+ &= \frac{x_a'}{1-v^2/c^2} = \frac{x_a^*}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \\ t_g^+ &= \frac{t_d'}{1-v^2/c^2} = \frac{t_d^*}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \end{aligned} \right\} \quad (4.4)$$

方程式 (4.4) は、基準系 S から S^* への移行のときの K 変換と S 変換 (3.8a) および L 変換 (3.8) との関係を示している。座標系 $x'O't'$ および $x^*O^*t^*$ と同様、座標系 $x^+O^+t^+$ は基準系 S^* に対して静止している。それゆえ、これらのすべての座標系における時間は特殊相対性理論に完全に従って一様に流れる。時刻 t_g^+ は時刻 t_g' および t_g^* と同時である。時刻 t_a^+ は t_a' および t_a^* と同時である。

直線 $x = qt$, $x^+ = ct^+$, $x' = ct'(x^* - ct^*)$ 上にある点 $A(x_a, t_a)$, $A^+(x_a^+, t_a^+)$, $A'(x_a', t_a')$,

$A^*(x_a^*, t_a^*)$ は、それぞれ時刻 t_a , t_g^+ , t_d' , t_d^* における同一の点である (時刻 t_d' は t_d^* と同時であることを思い出そう)。

K 変換 (4.2) および (4.3) のもう一つの特徴は、

$$\frac{vt_a}{1+v/c} = vt_g^+ \quad (4.5)$$

であることである。

ここから、 S^* が S に対して進行する距離 OO^+ は、 S が S^* に対して進行する距離 O^+O と等しいという結果が導き出される。K 変換と S 変換および L 変換との間における、さらにもう一つの違いはここにある。

座標軸の尺度は

$$M_x = M_x^+ = M_x' = \frac{M_x^*}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = 1 \text{ cm/lux}$$

$$M_t = M_t^+ = M_t' = \frac{M_t^*}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = 1 \text{ cm/sec}$$

という相互関係にある。

方程式 (4.4) に座標軸の尺度を適用すると次式が得られる。

$$\frac{x_a^+ (\text{cm})}{M_x^+} = X_a^+ \text{ lux} \quad (4.6a)$$

$$\frac{t_g^+ (\text{cm})}{M_t^+} = T_g^+ \text{ sec} \quad (4.6b)$$

(4.6a), (4.6b) において, 我々は現実の測定単位での K 変換の結果を得た。

次に, 基準系 S^* から S への移行のときの K 変換と L 変換との関係を決定しよう。方程式 (3.9) の右辺を 2 つの被加項の形にして取ることによって次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} x_a &= \frac{x_a^*}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + \frac{vt_d^*}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = x_a^+ + vt_g^+ = X_a \text{ lux} \\ t_a &= \frac{t_d^*}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + \frac{vx_a^*/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = t_g^+ + \frac{vx_a^+}{c^2} = T_a \text{ sec} \end{aligned} \right\} \quad (4.7)$$

方程式 (4.7) は, S^* から S への移行のとき, L 変換 (3.9) が K 変換 (4.3) と同一であることを示している。

K 変換は特殊相対性理論の運動学的効果を持たない。K 変換はガリレイ変換とローレンツ変換の中間物であって, 一定の物理学的課題の解決の際に適用することができる。ただし, ローレンツ変換の場合と同様, 自然界における諸過程の進行を決定づけるような, いかなる物理的意味も K 変換に与えてはならない。K 変換に特徴的なのは, L 変換とは異なり, それを三次元直交座標の変換のために適用することができるという点である。

座標系 lOt と $l^+O^+t^+$ の運動について検討してみよう。座標系 $l^+O^+t^+$ は lOt に対して速度 v で運動しているとする。信号は lOt と $l^+O^+t^+$ に対して速度 q を持っている。点の座標および速度 q , v の大きさは, 対応する座標系 xOt_x , yOt_y , zOt_z に投影される。諸事象の同時性および時間間隔の絶対性に従い, 点 $A(l_a, t_a)$ については次の条件が満たされる。

$$l_a = \sqrt{x_a^2 + y_a^2 + z_a^2} \quad (4.8)$$

$$q = \sqrt{q_x^2 + q_y^2 + q_z^2} \quad (4.9)$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (4.10)$$

$$\frac{v}{q} = \frac{v_x}{q_x} = \frac{v_y}{q_y} = \frac{v_z}{q_z} \quad (4.11)$$

[(4.12) なし]

$$t_a = t_{x(a)} = t_{y(a)} = t_{z(a)} \quad (4.13)$$

$$l_a = qt_a, \quad x_a = q_x t_a, \quad y_a = q_y t_a, \quad z_a = q_z t_a \quad (4.14)$$

K変換の主な特徴は次のとおりである。

1. 代数的な変換の結果が幾何学のおよび物理的値と一致している。
2. **K**変換は、ローレンツ変換に対して設定されている条件に適用することができる。
3. **K**変換は、三次元直交座標の変換に適用することができる。

注：本書では**K**変換における速度合成については取り上げない。

第5章 特殊相対性理論の運動学的効果

特殊相対性理論の運動学的効果は 20 世紀の人々の心を捉え、物理学者やきわめて多様な分野の学者たちの思惟の一部となった。この効果にもとづいた数多くの研究論文や空想科学小説が書かれている。それゆえ、この効果については特に詳しく論じる必要がある。

ベルグマンの著書 [5] では、特殊相対性理論の運動学的効果は次のように定式化して説明されている。

「……観測者に対して静止している時計は、観測者には最大の速度で動いているように見える。時計が観測者に対して速度 v で運動している場合には、観測者には時計の進み方がその $1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ に減速したように見える。剛体は、観測者の視点から見ると、それが観測者に対して静止しているときに最大の長さを持つ。運動している物体は、運動方向においては乗数 $\sqrt{1-v^2/c^2}$ に比例して収縮しているように見えるのに対し、垂直方向におけるその寸法は変化しない」 [5, 63 頁]。

これらの規則の根拠となっているのはローレンツ変換である。

ベルグマンはこう述べている。「時計が系 S^* のある点 (x_0^*, y_0^*, z_0^*) に置かれているとする。その時計が示す時刻を系 S で測定された時刻 t と比べてみよう。方程式 (3.9) (式番号は我々のもの。——筆者) により次式が得られる。

$$t = \frac{v/c^2 \times x_0^* + t^*}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (5.1)$$

それゆえ、系 S における時間間隔 $t_2 - t_1$ は、時計の示度 t_2^* および t_1^* を通じて次のように表される。

$$t_2 - t_1 = (t_2^* - t_1^*) \sqrt{1-v^2/c^2} \quad (5.2)$$

このように、系 S の視点から見ると、時計の進み方は $1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ に減速したのである」 [5, 61 頁]。ベルグマンはさらに、系 S^* の視点から見ると、系 S における時間間隔 $t_2 - t_1$ は、時間間隔 $t_2^* - t_1^*$ と比べてやはりそれと同じ割合で減速する、つまり $1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ に減速すること、すなわち、

$$t_2^* - t_1^* = (t_2 - t_1) \sqrt{1-v^2/c^2} \quad (5.3)$$

であること [5, 62 頁] を示している。

方程式 (5.2), (5.3) は実験室座標系について与えられたものである。方程式 (5.2) の

両辺を時間座標軸の尺度で割ると、現実の時間間隔 $T_2 - T_1$ が得られる。すなわち、

$$\frac{t_2 - t_1}{M_t} = \frac{(t_2^* - t_1^*) : \sqrt{1 - v^2/c^2}}{M_t^*} = T_2 - T_1 \quad (5.4)$$

(ここで $M_t^* = M_t : \sqrt{1 - v^2/c^2}$) である。時間座標軸の尺度を用いる際は、公式 (5.3) を時間座標軸の尺度で割る場合には $M_t = M : \sqrt{1 - v^2/c^2}$ であることを念頭においておく必要がある。

(5.4) より、実験室座標系 $x^*O^*t^*$ における時間間隔 $t_2^* - t_1^*$ と実験室座標系 xOt における時間間隔 $t_2 - t_1$ は、同一の現実の時間間隔 $T_2 - T_1$ を意味しているということが導き出される。言い換えれば、時計 S^* による時間 t^* と時計 S による時間 t は、同一のリズムで流れる。

時計 S^* による時刻 t_1^* に始まって t_2^* に終わる物理過程は、時計 S による時刻 t_1 に始まって t_2 に終わるのである。このように、(5.2), (5.3) の運動学的効果は物理的に現実に存在するものではない。

この問題にはさらにもう一つの側面がある。特殊相対性理論における点の各時間座標の変換は、その点の直線座標の変換と分かちがたく結びついている。今の場合、そのような座標となっているのは、時刻 t_2^* および t_1^* における x_0^* である。 $t = t_2^*$ および $t = t_1^*$ における座標 x_0^* のローレンツ変換を実行すると次式が得られる。

$$x_{02} = \frac{x_0^* + vt_2^*}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (5.6)$$

$$x_{01} = \frac{x_0^* + vt_1^*}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (5.7)$$

この課題の条件によれば $t_2^* \neq t_1^*$ であるから、 $x_{02} \neq x_{01}$ である。ローレンツ変換 (5.6), (5.7) は、1つの点 (x_0^*, y_0^*, z_0^*) の代わりに2つの点、すなわち (x_{02}, y_0, z_0) と (x_{01}, y_0, z_0) を与える。座標系 $x^*O^*t^*$ 内の1つの点上に位置する1つの物質的*対象物に対して、座標系 xOt の x 軸上の2つの点上に位置する2つの物質的*対象物が対応する。特殊相対性理論を信じるとすれば、座標系 $x^*O^*t^*$ において最初に時刻 t_1^* 、次に時刻 t_2^* を示す点 (x_0^*, y_0^*, z_0^*) 上の1つの現実的時計の代わりに、座標系 xOt には、点 (x_{01}, y_0, z_0) において時刻 t_{01} を、そし

て点 (x_{02}, y_0, z_0) において時刻 t_{02} を示す2つの現実的時計が存在しなければならない。ローレンツ変換を行なうと、1つの物質的*対象物から2つの物質的*対象物が得られるのである。また逆に、特殊相対性理論では、一定の条件を与えれば2つの物質的*対象物から1つの物質的*対象物を得ることができるのである。例えば、 x_{02} および x_{01} の x_0^* への変換を実行すると1つの点 (x_0^*, y_0^*, z_0^*) が得られ、そこには1つの時計しか存在しない。

このナンセンスな結果はアインシュタインの推論の進め方の誤りを再び示し、時間間隔の長さの絶対性を裏づけている。

剛体棒の長さの変化をめぐる事態はどうなっているだろうか？ 再びアインシュタインとベルグマンの見解を聞いてみよう。

彼らは次のように述べている。「運動方向に対して垂直な物差しは、両方向において一様な長さを持っている。物差しが x 軸と x^* 軸に対して平行な場合には、我々は、その物差しについて、運動系と静止系のいずれにおいて考察するのかをあらかじめ決めておく必要がある。系 S^* と固く結びついていて、その両端の座標が $(x_2^*, 0, 0)$ および $(x_1^*, 0, 0)$ である棒について検討しよう。 S^* における棒の長さは

$$l^* = x_2^* - x_1^* \quad (5.8)$$

である。

観測者 S は棒の長さを、同一の時刻 t におけるその両端の座標の差 $(x_2 - x_1)$ として決定する。座標 x_2^* と x_1^* は座標 x_2 , x_1 および t と次式によって結びついている。

$$\left. \begin{aligned} x_2^* &= \frac{x_2 - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ x_1^* &= \frac{x_1 - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{aligned} \right\} \quad (5.9)$$

ここから座標の差は

$$x_2^* - x_1^* = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (5.10)$$

となる。

$(x_2 - x_1)$ を l を通じて表すと次式が得られる。

$$l = l^* \times \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (5.11)$$

棒は乗数 $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ に比例して収縮しているように見える。この効果はローレンツ収縮と呼ばれている」 [5, 63 頁]。

方程式 (5.2) におけるのと同様、方程式 (5.11) においては、 x_2 と x_1 の各点の2番目の座標（この場合は時間座標）の変換が必要であることに注意が払われていない。

運動学的効果の問題における特殊相対性理論の誤謬、またその効果の非現実性は次の例において明瞭に見て取ることができる。

時刻 $t_0^* = 0$ において

$$A^*B^* = x_2^* - x_1^*$$

である物質*たる剛性棒 (図 8a) について検討してみよう。

座標軸 xOt において、座標 x_2^* , x_1^* に対応しているのは座標 x_2 , x_1 (図 8b) であり、時刻 t_0^* (図 8a) に対応しているのは時刻 t_4 , t_3 (図 8b) である。

$$l = x_2 - x_1 = (x_2^* - x_1^*) \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (5.12)$$

$$t_4 = \frac{vx_2^*/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad t_3 = \frac{vx_1^*/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (5.13)$$

不等式 $x_2^* > x_1^*$ から $t_4 > t_3$ が導き出される。

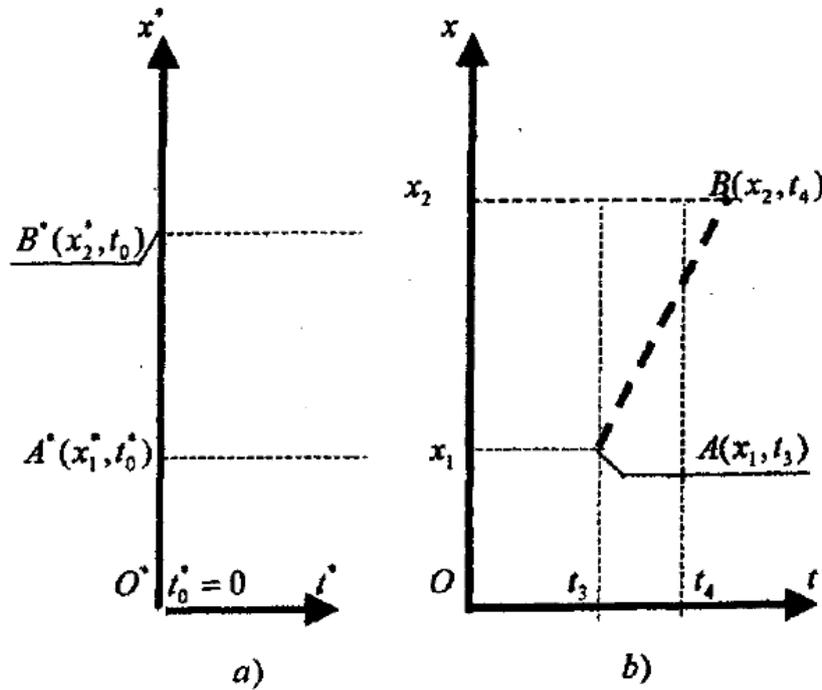


図 8

ローレンツ変換 (5.13) を行なったことにより、同時性 $t_0^* = 0$ は非同時性 t_4 および t_3 に移行した。線分 l と l^* の各端、点 x_2 と x_2^* 、点 x_1 と x_1^* の同時的な一致は不可能となった。しかし、重要なのは、座標系 xOt への移行に伴い、線分 A^*B^* が線分であることをやめて、 X 軸に沿って速度 v で運動する、ある種の物質的な点状対象物に転化したことである。この対象物 (図 8b) は、時刻 t_3 には点 $A(x_1, t_3)$ と一致し、時刻 t_4 には点 $A(x_2, t_4)$ と一致している。この図では、この対象物の経路は破線 AB で描かれている。棒 A^*B^* のすべての点のうちで、 T_3 から T_4 までの現実の各時刻ごとに存在しているのは1点のみである。今述べたことにより、線分 A^*B^* は何とも対比することができない。したがって、特殊相対性理論においてローレンツ変換を行なう場合には、 X 軸に対して垂直な線分同士を除き、線分同士を対比することはできない。

X 軸に対して垂直な線分同士の対比が可能である理由は、そのような線分は平面 xOt および $x^*O^*t^*$ に点の形で投影され、両方の座標系において1つの時間座標しか持たないということによって説明される。

結論：

ローレンツ変換における運動学的効果は純粹に数学的な作用の結果である。その効果は自然界における現実的な具象化を持たない。

ローレンツ変換においては、 X 軸に対して垂直な線分を除き、相異なる座標系において線分の長さを対比することはできない。

第6章 相対論的諸法則の検証

特殊相対性理論の承認の主な根拠の一つとなったのは、相対論的保存則、物体の運動速度に対する相対論的質量および相対論的エネルギーの依存性、質量とエネルギーの等価性についてのアインシュタインの証明であった。

特殊相対性理論におけるその証明は2つの粒子の衝突を例にとり行なわれている。再びP. G. ベルグマンの著書『相対性理論序説』にその例を求めてみよう。

ベルグマンとアインシュタインは次のように述べている。「点質量（すなわち、いわゆる質点）の運動状態は、その質量 m と速度 u によって完全に決定される。点質量の相対論的運動量が空間座標の変換に伴ってベクトルとして変化するのであれば、また、その運動量が質量の運動状態にのみ依存しているのであれば、運動量のベクトルは速度 u^i に対して平行でなければならない。なぜなら、速度は我々の裁量下にある唯一のベクトルであるからである。言い換えれば、点質量の運動量は次の形で書かれなければならない。^{〔訳注〕}

$$p_x^s = \mu(m, u)u^s \quad (6.1)$$

（以下、式番号は我々のもの。——筆者）ここで u は速度の絶対値、 μ は m および u の関数であり、この関数はこの先で決定されなければならない（この関数依存性はアプリアリな仮定に過ぎないことを強調しておこう。——筆者）。

これと同じ推論に従い、エネルギーもやはり m および u の何らかの関数でなければならない（これもアプリアリな仮定である。——筆者）。この関数は、エネルギーの変化は運動量の経時的変化と進行経路との積である、すなわち、運動量の変化と速度とのスカラー積

$$dE = dp \times u = d(\mu u) \times u = d(\mu u^2) - \mu u du = u d(\mu u)$$

あるいは

$$\frac{dE}{dt} = u \frac{d}{dt}(\mu u) \quad (6.2)$$

であるという条件により、 μ と結びついている。関数 μ が知られていれば、方程式 (6.2) を解くことによって関数 E を決定することができる」[5, 124 頁]。

ここに述べられている例において、基準系（座標系） S^* は基準系（座標系） S に対して速度 $v = -a$ で等速直線運動をしている。 S において、粒子速度の x 成分の値はそれぞれ $+a$, $-a$ であり、 y 成分の値はそれぞれ $+b$, $-b$ である（図9）。

〔訳注〕 ベルグマンの著書からのこの引用箇所の英語原文 ("books.google.com" で閲覧可能な原文の 87 頁) には、「なぜなら、速度は我々の裁量下にある唯一のベクトルであるからである」というやや意味不明瞭な文言は見当たらない（この文言は原著書の改版の際に削除された可能性がある）。なお、式 (6.1) は英文・露文ともに文字がきわめて不鮮明であるが、英文では $p_s = \mu(m, u) \cdot u^s$ となっているように見える。 p と u の添え字 s は system の s と推測される。

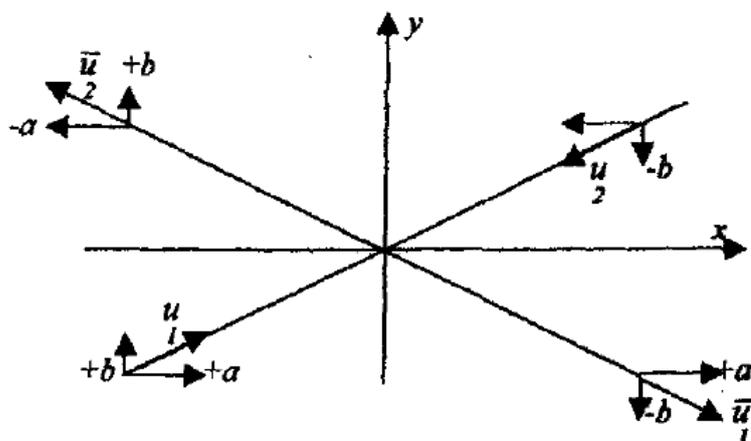


図 9. (S 内において——筆者) 同一の質量と速度を持つ, 相等しい 2 つの粒子の衝突

ベルグマンはこう述べている。「相等しい 2 つの点質量 m が互いに反対方向から座標系 S の原点に近づいて行き, 時刻 $t=0$ に原点に到達する。それらの速度はそれぞれ次の成分を持っている。

$$\left. \begin{aligned} u_{1x} = a = -u_{2x} \\ u_{1y} = b = -u_{2y} \\ u_{1z} = 0 = u_{2z} \end{aligned} \right\} \quad (6.3)$$

……衝突後, 速度の x 成分は元のまま変わらず, y 成分だけが符号を変えると仮定しよう」[5, 124 頁]。このような仮定は記述されている例を不正確に反映していることに注目しよう。一定の大きさを持つ現実の粒子同士の衝突が座標原点を含むある一定の点で生じるためには, $t=0$ (衝突時刻) におけるそれらの質量中心は衝撃線上になければならない。質点とは異なり, 現実の粒子は一定の大きさを持っていることとの関連から, この話は中心衝突についてしか成り立ち得ない。それゆえ, 衝突後, 速度の x 成分と y 成分の両方が符号を反対に変える。今検討されている例では, このことが考慮されていない。とは言え, アインシュタインとベルグマンによって採用された仮定は, 物質*についての理解を困難にしているものの, しかし最終的な結果には反映されていない。それゆえ, 彼らによって採用された速度の x 成分と y 成分の値はそのまま残した上で, この「実験」についての説明を続けることにしよう。ベルグマンはさらにこう述べている。「こうして, 衝突後における各質量の速度は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \bar{u}_1^x &= -\bar{u}_2^x = a \\ \bar{u}_1^y &= -\bar{u}_2^y = -b \\ \bar{u}_1^z &= \bar{u}_2^z = 0 \end{aligned} \right\} \quad (6.4)$$

……このような運動が図 7 (我々の図 9——筆者) に描かれている。衝突の結果、各速度の値は変化せず、2つの粒子の速度は同一のままである」[5, 125 頁]。

ベルグマンは u に対する関数 μ の依存性を得るため、特殊相対性理論の速度合成の公式を利用して基準系 S^* における粒子の挙動を検討している。彼は簡単化のために基準系 S に対する S^* の相対運動速度を $v = -a$ とした上で、方程式 (6.3), (6.4) を変換することによって基準系 S^* における速度の方程式を得ている。

衝突前の速度の方程式は

$$\left. \begin{aligned} u_1^* &= 0, & u_2^* &= -\frac{2a}{1+a^2/c^2} \\ u_1^* &= \frac{b}{\sqrt{1-a^2/c^2}}, & u_2^* &= -\frac{\sqrt{1-a^2/c^2}}{1+a^2/c^2} b \\ u_1^* &= \frac{b}{\sqrt{1-a^2/c^2}}, & u_2^* &= \frac{\sqrt{4a^2+b^2(1-a^2/c^2)}}{1+a^2/c^2} \end{aligned} \right\} \quad (6.5)$$

であり、衝突後の速度の方程式は

$$\left. \begin{aligned} \bar{u}_1^* &= 0, & \bar{u}_2^* &= -\frac{2a}{1+a^2/c^2} \\ \bar{u}_1^* &= -\frac{b}{\sqrt{1-a^2/c^2}}, & \bar{u}_2^* &= \frac{\sqrt{1-a^2/c^2}}{1+a^2/c^2} b \\ \bar{u}_1^* &= \frac{b}{\sqrt{1-a^2/c^2}}, & \bar{u}_2^* &= \frac{\sqrt{4a^2+b^2(1-a^2/c^2)}}{1+a^2/c^2} \end{aligned} \right\} \quad (6.6)$$

である。

ベルグマンはこう述べている。「表式 (6.5) と (6.6) を用いることにより、未知の関数 μ を含んだ運動量に関する方程式を組み立てることができる。「運動量」を p および p , それぞれ p_1 および p_2 としてそれらの和, すなわち「全運動量」を p で表すことにしよう。

衝突前については

$$\left. \begin{aligned} p_x^* &= p_1^* + p_2^* = 0 - \mu(m, u_2^*) \frac{2a}{1+a^2/c^2} \\ p_y^* &= p_1^* + p_2^* = \mu(m, u_1^*) \frac{b}{\sqrt{1-a^2/c^2}} - \mu(m, u_2^*) \frac{\sqrt{1-a^2/c^2}}{1+a^2/c^2} b \end{aligned} \right\} \quad (6.7)$$

となり、衝突後については

$$\left. \begin{aligned} \bar{p}_x^* &= 0 - \mu(m, \bar{u}_2^*) \frac{2a}{1+a^2/c^2} \\ \bar{p}_y^* &= -\mu(m, \bar{u}_1^*) \frac{b}{\sqrt{1-a^2/c^2}} + \mu(m, \bar{u}_2^*) \frac{\sqrt{1-a^2/c^2}}{1+a^2/c^2} b \end{aligned} \right\} \quad (6.8)$$

となる。

p_x^* に関する保存則は、 u_2^* が \bar{u}_2^* と等しいときに満たされる。この場合、 $\mu(m, u_2^*)$ の値は $\mu(m, \bar{u}_2^*)$ と等しくなる。一方、 u_1^* が \bar{u}_1^* と等しいときには、 p_y^* は \bar{p}_y^* と符号のみが異なる。

このことから、 p_y^* に関する保存則は p_y^* がゼロになることを要求しているということが導き出される。こうして、我々は μ の関数方程式

$$\left. \begin{aligned} \mu(m, u_1^*) - [(1-a^2/c^2):(1+a^2/c^2)]\mu(m, u_2^*) &= 0 \\ u_1^* &= b: \sqrt{1-a^2/c^2} \\ u_2^* &= \sqrt{4a^2 + b^2(1-a^2/c^2)}: (1+a^2/c^2) \end{aligned} \right\} \quad (6.9)$$

を得る。

$b \rightarrow 0$ の極限移行を行なうと、より単純な方程式

$$\mu(m, 0) = \frac{1-a^2/c^2}{1+a^2/c^2} \mu\left(m, \frac{2a}{1+a^2/c^2}\right) = 0 \quad (6.10)$$

が得られる。

既に指摘したように、 $\mu(m, 0)$ は m に等しい。別の形の関数 μ を得るため、 μ の第二引数として変数 u を導入しよう（こうして、アインシュタインとベルグマンは速度に対する質量のアプリオリな関数依存性に立ち戻っている。——筆者）。

$$\left. \begin{aligned} a) \quad u &= \frac{2a}{1+a^2/c^2}, \quad a = \frac{c^2}{u} \left[1 \pm \sqrt{1-u^2/c^2} \right] \\ b) \quad \frac{1-a^2/c^2}{1+a^2/c^2} &= \sqrt{1-u^2/c^2} \end{aligned} \right\} \quad (6.11)$$

すると、方程式(6.10)は次の形を取る。

$$\mu(m, u) = \frac{m}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \quad (6.12)$$

換言すると、そもそもローレンツ共変的な保存則が存在するとすれば、その保存則において出会うベクトル量は

$$p_s = \sum_a \frac{mu^*_a}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \quad (6.13)$$

という形を持っていなければならない。この表式は、これを古典的ベクトルと区別するために「相対論的」運動量と呼ばれている [5, 130 頁]。

1つの点質量の相対論的エネルギー、そして次に相対論的運動エネルギーが (6.2) から見出される。すなわち、

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} + E_0 \quad (6.14)$$

(ここで E_0 は積分定数) である。

ベルグマンは次のように続けている。「……方程式 (6.14) の第1項は粒子の全エネルギー (相対論的エネルギー) と呼ばれている。この項は、それが持つ変換の性質により、エネルギーに関する基礎的な表式とみなされなければならない。この表式は $u \rightarrow 0$ のときゼロにならないので、しばしば2つの表式、すなわち mc^2 と

$$T = mc^2 \left[(1 - u^2/c^2)^{-1/2} - 1 \right] \quad (6.15)$$

に分けられる。

mc^2 の値は粒子の「静止エネルギー」、 T の値は粒子の「相対論的運動エネルギー」と呼ばれている [5, 130 頁]。

さらに、アインシュタインとベルグマンはエネルギーと質量の関係を次のように定義している。「質量に対する運動量の依存性を表している μ の値はしばしば「相対論的質量」、またそれに応じて m は「静止質量」と呼ばれている。相対論的質量は全エネルギーを c^2 で割ったものに等しく、静止質量は静止エネルギーの $1/c^2$ である。……こうして我々は、すべての形態のエネルギーは質量と

$$\Delta E = c^2 \Delta m \quad (6.16)$$

という関係に従って結びついているという結論に至った。

エネルギーと質量の等価性を立証したことは、おそらく、相対論的力学の最も重要な成果であろう [5, 132 頁]。

以上から分かるように、相対論的運動量保存則を裏づけるため、相等しい2つの質量からなる系の全運動量が2つの基準系において検討されている。基準系 S においては、2つの質量の速度の X 成分は衝突前と衝突後のいずれにおいても $\pm a$ である。基準系 S^* においては、一方の質量の速度の x 成分はゼロであり、両方の質量の速度の y 成分はゼロに向かって行く。このような条件が設定されていることが、この実験において、衝突の前後において、基準系 S^* における上記の系の全運動量が、同一の速度で運動している相等しい2つの質量のうち、事実上一方の質量のみの運動量となることを予め決定づけている。それ

ゆえ、衝突の前後における2つの系の全運動量の相等性は、この例の出発点をなす条件それ自体によって確保されているのである。実際には、この例は1つの個別的な場合にすぎない。それゆえ、この例は相対論的運動量保存則の現実性のための裏づけにはなり得ない。それとまったく同様に、この例を方程式(6.12), (6.14), (6.15), (6.16)の裏づけとみなすことはできない。それにもかかわらず、これらの方程式は物理法則として認められている。物体の運動速度に対する質量とエネルギーの関数依存性は理論的裏づけを持っているなどという謬見は、ここから生じたのである。実際、この裏づけは誤った前提条件、すなわち公式(6.1), (6.2)に基づいている。このことは公式 $E = mc^2$ にも完全に当てはまる。

相異なる速度で運動する、質量の異なる2つの物体という具体的な例によってアインシュタインによる導出を検証してみよう。基準系 S^* は基準系 S に対して速度 $v = -0.4c$ で運動しているとする。基準系 S においては、静止質量 m_0 の粒子が X 軸の正方向に速度 $u_m = +0.6c$ で運動している。 X 軸の負方向には、静止質量 $M_0 = 3m_0$ の物体が速度 $u_M = -0.2c$ で運動している。時刻 $t = t^* = 0$ に座標原点でそれらの衝突が生じる。2つの質量の速度の y 成分はゼロである(図10a)。

粒子と物体の相対論的質量は次のようになる。

$$m' = m(m_0, u_m) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - u_m^2/c^2}} = 1.25m_0 \quad (6.17.1)$$

$$M' = M(M_0, u_M) = \frac{3m_0}{\sqrt{1 - u_M^2/c^2}} = 3.062m_0 \quad (6.17.2)$$

相対論的全運動量は次のようになる。

$$p'_s = m'u_m + M'u_M = -0.1376m_0c \quad (6.18)$$

衝突後の S における相対論的質量の速度は次のようになる(図10b)。

$$\bar{u}_m = \frac{(m' - kM')u_m + M'(1+k)u_M}{m' + M'} = -0.536c \quad (6.19.1)$$

$$\bar{u}_M = \frac{m'(1+k)u_m + (M' - km')u_M}{m' + M'} = +0.2638c \quad (6.19.2)$$

ここで $k = 1$ は中心弾性衝撃の場合の反発係数である。

衝突後の相対論的質量の大きさは方程式(6.12)に従って新たな値を得て、次のようになる。

$$\bar{m}' = \bar{m}(m_0, \bar{u}_m) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \bar{u}_m^2/c^2}} = 1.185m_0 \quad (6.20.1)$$

$$\bar{M}' = \bar{M}(m_0, \bar{u}_M) = \frac{3m_0}{\sqrt{1 - \bar{u}_M^2/c^2}} = 3.11m_0 \quad (6.20.2)$$

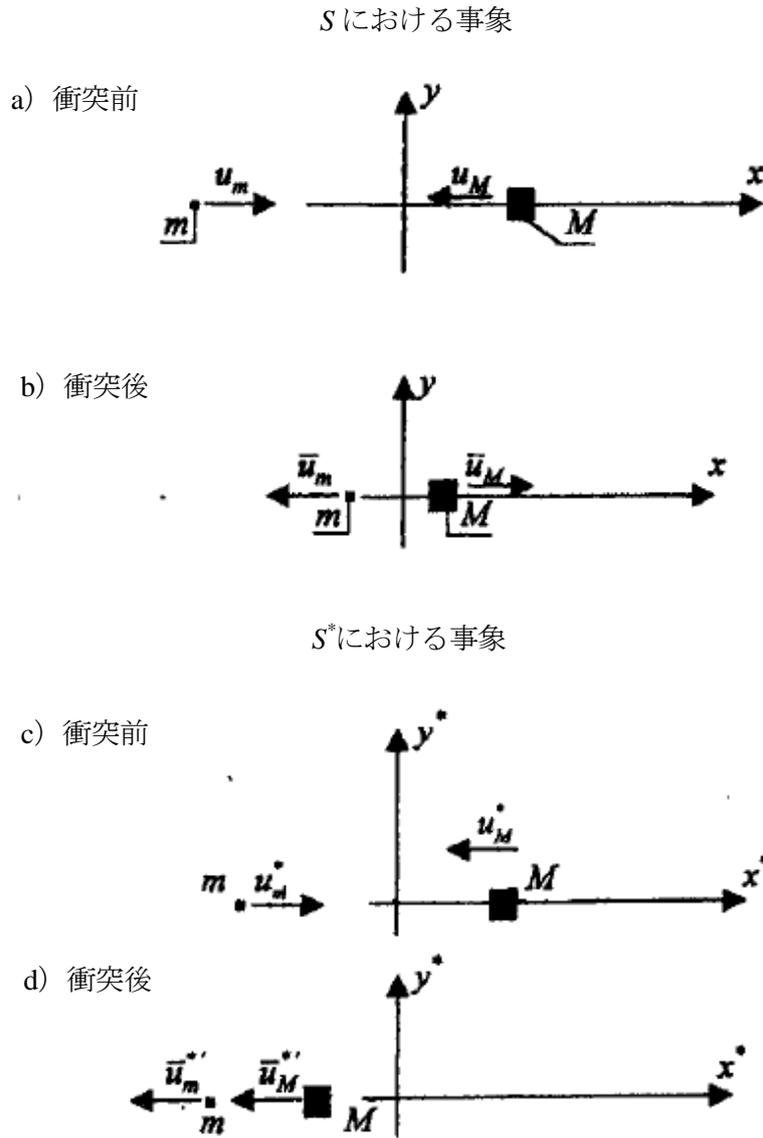


図 10

衝突後の系の相対論的全運動量は次のようになる。

$$\bar{p}'_s = \bar{m}'\bar{u}_m + \bar{M}'\bar{u}_M = 0.185m_0c \quad (6.21)$$

$$\bar{p}'_s \neq p'_s \quad (6.22)$$

$$\frac{\bar{p}'_s - p'_s}{p'_s} (100\%) \cong 35\% \quad (6.22a)$$

相対論的な質量変化においては、運動量の保存に関する問題が、既に座標系 xO_t におけるその考察の段階で生じたという点に注目しよう。衝突後の運動量は衝突前の運動量と等しくないのである。このことは、系 S において、物体の運動速度に対する物体の質量の依

存性を決定している方程式 (6.12) の正しさは裏づけられなかったということを意味している。

特殊相対性理論の速度合成の公式に従って速度 u_m , u_M を変換すると, 系 S^* における衝突前の質量の速度 (図 10c) として次の値が得られる。

$$u_m^* = \frac{v + u_m}{1 + u_m v / c^2} = 0.26316 c \quad (6.23.1)$$

$$u_M^* = \frac{v + u_M}{1 + u_M v / c^2} = -0.55556 c \quad (6.23.2)$$

系 S^* における衝突前の相対論的質量の値を相対性理論の要求に従って決定しよう。その値は次のようになる。

$$m^{*'} = m^*(m_0, u_m^*) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - u_m^{*2} / c^2}} = 1.037 m_0 \quad (6.24.1)$$

$$M^{*'} = M^*(M_0, u_M^*) = \frac{M_0}{\sqrt{1 - u_M^{*2} / c^2}} = 3.608 m_0 \quad (6.24.2)$$

また, 系の相対論的全運動量は次のようになる。

$$p_s^{*'} = m^{*'} u_m^* + M^{*'} u_M^* = -1.732 m_0 c \quad (6.25)$$

系 S^* における衝突後の質量の速度 (図 10d) は次のようになる。

$$\bar{u}_m^* = \frac{\bar{u}_m + v}{1 + \bar{u}_m v / c^2} = -0.771 c \quad (6.26.1)$$

$$\bar{u}_M^* = \frac{\bar{u}_M + v}{1 + \bar{u}_M v / c^2} = -0.1523 c \quad (6.26.2)$$

また, 相対論的質量は次のようになる。

$$\bar{m}^{*'} = \bar{m}^*(m_0, \bar{u}_m^*) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \bar{u}_m^{*2} / c^2}} = 1.57 m_0 \quad (6.27.1)$$

$$\bar{M}^{*'} = \bar{M}^*(M_0, \bar{u}_M^*) = \frac{3m_0}{\sqrt{1 - \bar{u}_M^{*2} / c^2}} = 3.035 m_0 \quad (6.27.2)$$

系の相対論的全運動量は次のようになる。

$$\bar{p}_s^{*'} = \bar{m}^{*'} \bar{u}_m^* + \bar{M}^{*'} \bar{u}_M^* = -1.679 m_0 c \quad (6.28)$$

(6.28) を (6.25) と比べると, S におけるのと同様, S^* においても衝突後の相対論的全質量は衝突前の相対論的全質量と等しくないことが分かる。すなわち,

$$\bar{p}_s^{*'} \neq p_s^{*'} \quad (6.29)$$

$$\frac{\bar{p}_s^{*'} - p_s^{*'}}{p_s^{*'}}(100\%) \cong 3.2\% \quad (6.29a)$$

(6.22) と (6.29) が等しくないということは、アインシュタインが相対論的保存則を導入する際に依拠していた、対象物の速度に対する質量とエネルギーの相対論的依存性という仮定 ((6.1), (6.2) 参照) が裏づけられなかったことを証明している。

公式 $E = mc^2$ で表される質量とエネルギーの相関関係について。特殊相対性理論におけるこの法則の導出もまた、上記と同じ誤った前提条件に基礎をおいている。それゆえ、この法則は、実は相対性理論とは何の関係も持っていないのである。次章において、この法則が古典物理学の枠組み内で導出されることを示そう。その導出を行なったのは、アインシュタインである。

結論：

自然界においては、相対論的保存則は働いていない。

自然界においては、対象物の運動速度に依存した質量とエネルギーの相対論的変化は生じていない。

相対性理論における質量・エネルギー等価則 (公式 $E = mc^2$) の導出は、誤った前提条件に基礎をおいている。

第7章 公式 $E = mc^2$

我々は前章において、公式 $E = mc^2$ の相対論的力学における意義をアインシュタインがどう評価していたかを紹介した。この公式およびこれによって記述されている法則は、周知の実験的裏づけを持っているとみなされている。しかし、この公式のさらにもう一つの証明が存在する。その証明はやはりアインシュタインによるもので、エネルギー E を質量 m に変換する思考実験の形で行なわれた。ノーベル賞受賞者マックス・ボルンが述べた、その証明の導出を支持する論拠を引用しよう。

ボルンはこう述べている。「これ（この証明——筆者）は、光の放射が圧力を及ぼすという事実に依拠している。ポインティングの定理（1884年）が補足された形のマクスウェルの場の方程式からは、吸収性の表面に当たった光波は、その表面に圧力を及ぼすということが導き出される。短い閃光が吸収性の物体に伝える運動量は E/c （ここで E は閃光のエネルギー）であることが明らかになった。この事実は、……レベデフ [P. N. Lebedev]（1890年）によって、また後年、ニコルス [E. F. Nichols] とハル [G. F. Hull]（1901年）その他の研究者たちによってより高い精度で実験的に裏づけられた。光を放出する物体もまた、まるで銃が発射時に反動を受けるように、それとまったく同じ圧力を受ける。

さて、両端に2つの物体 A と B が取り付けられた長い管を思い描いてみよう。2つの物体は完全に一様で、同じ材料で作られている、つまり、普通の理解の仕方によれば、同一の質量を持っている（図11。図番号は我々のもの。——筆者）。ただし、物体 A は、物体 B と比べて過剰なエネルギー E 、例えば熱の形でエネルギーを持っているとする。また、それを使えばエネルギー E を放射の形で物体 B に向けて送出することのできる、ある種の装置（例えば凹面鏡、あるいは何かそれに類するもの）が存在するとしよう。そのような閃光の空間的な広がりには管の長さよりもずっと小さいものとする（図11）。

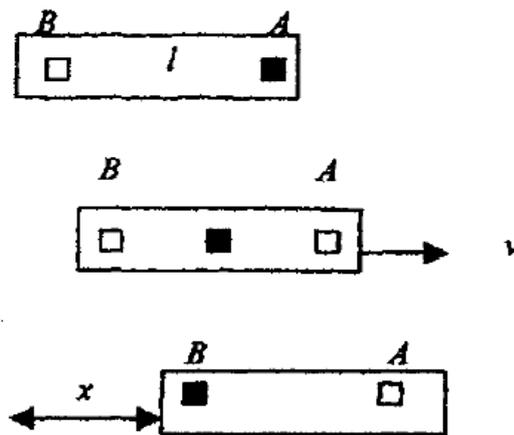


図11. 両端に2つの一様な物体 A と B が取り付けられた管。物体 A はエネルギー E を持っている。そのエネルギーが閃光の形で速度 c で物体 B に向かって送出され、その反動が管の速度 v での運動を引き起こす。エネルギー E が物体 B によって吸収されると、管は再び静止状態に達するが、しかしそれは、距離 x だけ変位した位置においてである。

すると、物体 A は E/c の大きさの反動を受ける。このことによって管全体（その総質量を M とみなす）もまた、閃光とは反対方向の速度 v を得る。速度 v は 2 つの運動量の間の相関関係

$$Mv = E/c$$

によって決定される。

管の運動は、閃光が物体 B に到達し、物体 B が閃光を吸収する時点まで続く。このとき、物体 B は前方方向の等価の撃力を受け、このことによって系が静止状態となるまでの間、系全体に制動力を加える。閃光が物体 A と B の間の距離を進行する時間 t の間に系が受ける変位は $x = vt$ である。ここで、 v は前式から求める必要があり、したがって

$$x = \frac{Et}{Mc}$$

となる。

しかし、進行時間は（高次の小さな誤差を除いて）等式 $l = ct$ によって決定される。このことから、変位は

$$x = \frac{El}{Mc^2} \quad (7.1)$$

（式番号は我々のもの。——筆者）となる。

さて、物体 A と B は場所を交換することができる（これは外的作用なしに行なうことができる）。管の中に 2 人の人間がいて、これらが物体 A と B を置き換え、次に自分の元の場所に戻るとしよう。普通の力学によれば、一体としての管は変位を受けないはずである。管の位置を変化させることは外力の助けをかりなければ行なえないからである。

そのような交換が行なわれた後、管の内部では、すべてが実験の開始時と同じままとなっているはずである。エネルギー E は以前あった場所に残っており、質量分布も正確に元のままのはずである。しかし、一体としての管は、光の運動量の作用の結果、その初期位置に対して距離 x だけ変位している。言うまでもなく、このことは力学のあらゆる基本的規範と矛盾している。上記の過程を繰り返せば、我々は外力を加えることなしに、系の位置を恣意的にどのようにでも変えることができるはずである。しかし、これはあり得ないことである。生じた困難を解決する唯一の方法は、物体 A と B が場所を交換すると、それらは力学的に等価ではなくなる、すなわち、物体 B の質量が、過剰エネルギー E が存在することにより、物体 A の質量よりも m の値だけ大きくなるという仮定を採用することである。この場合、交換に伴い、対称性は保存されず、質量 m は左から右へ距離 l だけ移動する。それと同時に、一体としての管は反対方向に距離 x だけ移動する。その距離は、この過程が外的作用の介入なしに生じ、その結果、管の運動量

$$Mx/t \quad (7.2)$$

および転移される質量の運動量

$$-m\frac{l}{t} \quad (7.3)$$

からなる全運動量はゼロとなる、という事情によって決定される。すると

$$Mx - ml = 0 \quad (7.4)$$

となり、ここから

$$x = \frac{ml}{M} \quad (7.5)$$

が導き出される。

しかし、この変位は、光の運動量によって引き起こされる変位と正確に等しくなければならない。したがって等式

$$x = \frac{ml}{M} = \frac{El}{Mc^2} \quad (7.6)$$

が満たされなければならない。

この等式を用いて m を計算することができ、

$$m = \frac{E}{c^2} \quad (7.7)$$

が得られる。

これこそが、外力の介入なしに系は位置を変えることができないという力学の原理を妥当であり続けさせるためにはエネルギー E のものとしなければならない、慣性質量の値である。

任意の形態のエネルギーはあれこれの過程によって最終的に放射に転化させることが可能なのだから、この法則は普遍的な妥当性を持っているに違いない。……こうして我々は、物質的*世界に関する我々の知識の広大な統合化に到達した。すなわち、言葉の最も広い意味における物質*（光その他の形態の、古典物理学の用語で言うところの純エネルギーを含む）は、物質*の質量によって測定される慣性と、物質*のエネルギーによって測定される仕事をする能力との 2 つの基本的な質を持っているのである」[3, 342 頁 [英訳 232-234 頁等, 邦訳 242-245 頁。同書第 VI 章第 8 節からのこの引用部分の最後の段落「任意の形態の……」は邦訳にはない (本訳書 11 頁の [訳注 1] を参照のこと。)]。

我々は、マックス・ボルンが述べている公式 $E = mc^2$ の証明を、一部に最小限の省略を加えた上で引用した。この証明は、もしアインシュタインのこの思考実験が現実と合致しているのであれば、エネルギーと慣性質量の等価性という物理法則を反映している方程式 $E = mc^2$ は、古典物理学の中で独自の場所を持っているということを物語っている。

1998~1999 年、光速度を超える運動速度が実験的に得られた。これは定理 8 と完全に一致している。ごく近い将来、電磁放射そのもの、そしてその伝播速度が新たな科学的解釈を得るということはあり得ないことではない。

光速度を超える伝播速度を持ついくつかの種類エネルギーが、やがて科学の知るところとなるであろうと予想することができる。そのときには、質量とエネルギーの相関関係に関する新たなデータが出現するかもしれない。質量形成のエネルギー準位は、実際には電磁振動の準位によって制限されていないということもあり得る。それゆえ、より高い準位のエネルギーの関与の下で、質量の合成、あるいはまた、別の種類の物質*への質量の転換が生じているのかもしれない。

第8章 信頼性の条件

相対性理論の基本命題について行なった分析の結果、そしてその基本命題が現実と一致していないという結果にもとづき、諸現象の同時性、長さおよび時間間隔の絶対性を基礎とした「科学的探究の信頼性の条件」を次のように定式化することができる。

科学的探究の信頼性の条件

命題 I

空間は絶対的、連続的、等方的である。空間は宇宙における出来事全体の活動の場である。

命題 II

時間は絶対的、連続的、一様である。時間は宇宙における出来事全体の継続する長さの特徴づける。

命題 III

ある事象、あるいは現象が基準系 S の観測者、計器、あるいは対象物にとって生じたのであれば、その事象、あるいは現象は基準系 S^* の観測者、計器、あるいは対象物にとってもまったく同様に生じたのである。宇宙における存在物および出来事全体の現実性は、このことに帰する。

命題 IV

あらゆる物質的*過程は絶えず互いに入れ替わる原因と結果からなる。原因は結果を生み、その結果が今度は新たな結果の原因となる。

定理 1

2 つ以上の事象の同時性は絶対的な性格を持ち、いかなる条件にも依存しない。諸事象の同時性の絶対性は各時刻に生じる物質的*現象の客観性、測定方法に対するそれらの現象の非依存性によって決定されている。

帰結

時間は一様性という性質を持ち、各時刻は唯一の数字によってのみ決定することができる。

定理 2

ある信号の速度がある一つの基準系において一定の値と等しいならば、その速度が、その基準系に対して速度 $v \neq 0$ で運動する他の任意の基準系においてその値と等しくなることは決してない。

定理 3

各時刻は絶対的である。各時刻に、宇宙においては無数の同時事象が生じている。

定理 4

一定の開始時刻と終了時刻によって区切られた任意の時間間隔は絶対的な値を持ち、その値はいかなる条件にも依存しない。

定理5

一定の時刻に測定された2点間の任意の距離（剛体棒の長さ）は絶対的な値を持ち、その値はいかなる条件にも依存しない。

定理6 A. ヴヴェデンスキーの定理

実在しているのは現在のみであって、時間そのものは、瞬間から瞬間へと自らを伝えて行く、永遠に再生し続ける現在に他ならない。

帰結

時間は一方向性と不可逆性という性質を持つ。

定理7

時刻、時間間隔、諸事象の同時性および距離の絶対性は因果関係の不可逆性を決定づける。

定理8

物質的*対象物の速度には、その大きさに関する制限はない。

判定1

各時刻および各時間間隔の絶対性、各時刻および各時間間隔の次の時刻および時間間隔への連続的な交代、各時刻に生じる諸事象の同時性の絶対性は、自然界において、我々の意識によって反映されることが可能な単一の世界時間系を構成している。

判定2

各一定時刻における剛体棒の長さの絶対性、あらゆる条件に対するその長さの非依存性は、物体のすべての寸法に対して適用され、自然界において、我々の意識によって反映されることが可能な単一の世界距離測定系を構成している。

筆者は以上の「信頼性の条件」において、相対性理論からの圧力の下であれこれの度合いにおいて疑念にさらされ、さらには否定さえされた、古くから知られている真理を述べた。

それらの条件は「命題」、「定理」および「判定」という形式で述べられている。

「命題」は、かつて弁証法的唯物論の教科書において空間と時間の問題について解説する際に用いられていた定式である。

「定理」と「判定」は、相対性理論以前には疑われたことのない、一般に認められた真理である。これらにこのような呼び方が与えられているのはなぜかと言えば、それは、それぞれの「定理」は証明によって基礎づけられたものであり、また「判定」は第2章における叙述全体から導き出され、それ以降の各章の内容によって裏づけられたものであるからである。

第9章 特殊相対性理論と現実性

相対性理論には理解し難い二重性が常につきまとっている。この二重性が特に顕著に現れているのはローレンツ変換においてである。基準系 S から基準系 S^* へ、プラットホームから列車への移行に伴い、それと並行して時刻 t_a から時刻 t_a^* へ、時刻 t から時刻 t^* への移行が生じるといふ幻想が、この変換においては生み出されるのである [(3.8), (3.9) 参照]。筆者が著書『特殊相対性理論と現実性』および『アインシュタインの誤謬』において特殊相対性理論の様々な側面についてあれほどまでに詳細な分析を行なう必要があったのは、まさにこの、見定め難い概念のすり替えのゆえであった。アインシュタインは生じた矛盾を克服しようと試み、諸事象の同時性の相対性を主張することによってその幻想を擁護し、相対性原理を導入した。ところが、アインシュタインの思考実験に導入された定性的・定量的諸特性は、彼の結果を正反対の結果に変えている。アインシュタインの実験、またローレンツ変換においてさえも、諸現象の同時性は絶対的なのである。その実験は、光速度不変の原理が生起する諸事象の現実性と両立し得ないこと、そしてその結果としてアインシュタインの一般および特殊相対性理論は有効性を失っていることをも示している。

特に述べる必要があるのは、質量・エネルギー等価則 (公式 $E = mc^2$) についてである。この法則は相対性理論の最も有意な裏づけとみなされている。既に示したように、特殊相対性理論におけるこの公式の導出は誤った前提条件に基礎をおいている。それゆえ、もしこの公式、およびこの公式によって表されている質量・エネルギー等価則が現実と合致しているとしても、相対性理論はそのことには何の関係も持っていない。第7章において、我々は古典物理学の枠組み内で行なわれた、そしてアインシュタインのものでもある公式 $E = mc^2$ の導出を紹介した。公式 $E = mc^2$ は、質量とエネルギーの関係を特徴づける唯一の公式ではない。アブラハム [M. Abraham] の公式が存在する。物理学者たちはアインシュタインの公式を選択した。しかし、彼らのどの選択にも純粋に恣意的な成分が含まれている。A. A. デニソフ [Denisov] 教授はその著書『相対性理論の神話』^[訳注]において、 $E = mc^2 / 2$ であると主張している。このように、公式 $E = mc^2$ をめぐむ問題は、けっして一般に考えられているように一意的なものではないのである。

相対性理論を裏づけるもう一つの説得力ある例とみなされているのは、水星の近日点移動に関する計算データである。この問題に関する意見をフランスの物理学者 L. ブリュアンの著書『相対性理論の再検討』に求めてみよう。

ブリュアンは次のように述べている。「水星の近日点移動の値 (100 年間当たり 43") は、相対性理論の予言値 (42.6") の輝かしい裏づけであると称されている。……しかし、シャジュー [J. F. Chazy] の著書を参照してみよう。彼は、アインシュタインの予言値が実験値と矛盾している、太陽系におけるその他沢山の例 (強調は筆者) を発見した。この理論が水星以外の場合に誤った結果、あるいは反対の符号を持つ結果すらもたらしているにもかか

^[訳注] A. A. デニソフ『相対性理論の神話』(ピリニウス, リトアニア科学技術情報・技術経済研究所, 1989, ; 第2版: サンクトペテルブルク, サンクトペテルブルク国立工科大学出版部, 2009)。この本の邦訳はサイト「物理の道の旅すがら」<http://naturalscience.world.coocan.jp/>に掲載されている。

わらず、水星の場合には一秒以下の精度で一致していると、本気で信じるのは困難なことである。我々は客観的な立場を取り、この現象にはまだ知られていない、それ以外の複雑な原因が存在する可能性があることを認めようではないか」[4, 131 頁 [邦訳 188-189 頁。本書 11 頁の訳注参照]]。

様々な研究者によって表明されている相対性理論への厳しい批判は、この理論の信奉者に対して明確な回答を要求している。そして相対性理論を救おうとする試みが、不首尾に終わっているものの、今も続いている。例えば G. E. イワンチェンコはその著書『絶対空間と絶対時間の物理学』において、特殊相対性理論を擁護し、これを弁証法的唯物論と調和させようと試み、特殊相対性理論の公式を研究方法として検討している。彼は時間および物体の長さの相対論的相対性、観測者の運動に対するそれらの依存性を、絶対的な空間および時間と統一しようとしている。この目的により、イワンチェンコは時間の長さに対する補正係数 θ 、および X 軸に対して平行な物体の長さに対する補正係数 ζ を導入している。実は、彼はそれと気づくことなく、座標軸の測定尺度を導入しているのである。その導入は、特定の場合においては特殊相対性理論の方程式の結果を補正し、実際値と等しくすることを可能としている。しかしそれは、**特定の場合に限られる**。イワンチェンコは光速度の値を不変値として、そして対象物の運動の上限速度として残している。このことが必然的に、彼を物理学的・哲学的相対主義の軌道に引き戻している。彼は「公式

$l = l_0 / \sqrt{1 - \beta^2}$ により、物体（素粒子）の長手方向の大きさは絶対速度の増加に伴って $1 / \sqrt{1 - \beta^2}$ に短縮される」[7, 結論, 第 14 項] と主張し、さらにこう述べている。「公式

$t = t_0 / \sqrt{1 - \beta^2}$ により、すべての物質的*過程の長さは絶対速度の増加に伴って $1 / \sqrt{1 - \beta^2}$

倍に増加する [同書, 結論, 第 15 項]。このように、特殊相対性理論の矛盾から逃れようとするあらゆる試みにもかかわらず、彼はこの理論の相対主義的信条、すなわち特殊相対性理論の運動学的効果を維持しているのである。このことが彼を相対論的エネルギーの公式 [同書, 71 頁] および相対論的運動量の公式 [同書, 72 頁] との矛盾に導いている。それゆえ、特殊相対性理論を唯物論、現実的な物理学と統合させようとするイワンチェンコの試みはまったく根拠を欠き、失敗に陥っている。

最近、アインシュタイン理論に対する批判は一般相対性理論の分野に移行している。しかし、そこでは特殊相対性理論の相対主義が維持されている。例えば科学アカデミー会員 A. A. ログノフ [Logunov] は一般相対性理論に反対し、新たな重力理論を提唱しているが、それはまたしても相対論的な重力理論である。このように、彼は一つの相対論的理論を別の相対論的理論に取り替えているにすぎない。

我々が述べてきた特殊相対性理論の運動学および動力学の基礎に関する分析の結果は、この理論が、より幅広い科学的探究のための土台の役割を果たすことは不可能であることを示している。今述べたことは、アインシュタインの一般相対性理論から、またログノフの相対論的重力理論から、それらが構築された際の基礎を奪い去る。同時性の相対性なしには、ローレンツ変換なしには、アインシュタインの運動学と動力学なしには、ビッグバン、膨張宇宙論、振動宇宙論といった相対論的宇宙論モデルも意味を失う。

特殊相対性理論の基本命題に関する分析から、次の一意的な結論を下すことができる。

相対性理論は現実の世界の物理的描像と合致していない。自然によって設定された問題に対する答えの探求は、古典力学の豊かな基礎のみを用いて行なわなければならない。

特殊相対性理論の特徴の一つは、その方程式の結果が実際値から逸脱していることである。ローレンツ変換も、また速度合成の公式も、物質*の運動速度は光速度の値を上限とするという条件を課している。現代物理学はこれを指針としている。これは危険な謬見である。この謬見は、原子力エネルギー分野の舵取り役を担う人々がこれに同調しているという事実によって、ますます危険なものとなっている。

相対論的概念の主な害毒と危険性は、原子力エネルギーおよび熱核エネルギー分野といった人類の危険な活動領域において、この誤った概念が主導的な役割を果たし続け、それらの分野における技術的・経済的・政治的戦略を決定しているということにこそある。

かつてのソ連のすべての、また現在のロシアの大多数の物理学者、哲学者、そしてあれこれの形態の相対主義的物理学概念の信奉者たちは、自分を唯物論に忠実であると考えている。ここから何が得られているかは、我々が G. E. イワンチェンコを例にとって確認したとおりである。

現代科学全体、とりわけ現代物理学が直面している諸問題に対して必要な答えを与えることができるのは、生じつつある諸問題に対する真に現実的なアプローチのみである。

筆者は唯物論者である。

しかし、もし読者であるあなたが創造者たる神を信じているとしても、私が本書において述べたことは、あなたの宗教的信条といささかも矛盾しない。神は、この世界を創造したとき、相対性理論が自然に与えているような不確定性や混乱を許容しなかったに違いない。

このことは、人類のかなりの部分があるその存在を信じている世界理性に対しても完全に当てはまる。

文 献

- [1] Einstein A. 『科学論集』, 第1巻, モスクワ, Nauka 出版所, 1965年, 全700頁。
- [2] 『物理学便覧』, モスクワ, Nauka 出版所, 1974年, 全942頁。
- [3] Born M. 『アインシュタインの相対性理論』, モスクワ, Mir 出版所, 1964年, 全452頁。[本訳書11頁の訳注1を参照]
- [4] Brillouin L. 『相対性理論の再検討』, モスクワ, Mir 出版所, 1972年, 全142頁。[本訳書11頁の訳注2を参照]
- [5] Bergmann P. G. 『相対性理論序説』(序文 A. アインシュタイン), モスクワ, 外国語文献出版所, 1947年, 全380頁。[本訳書13頁の訳注を参照]
- [6] Vvedensky A. 『時間と永遠』, 至聖三者聖セルゲイ大修道院, 1900年。
- [7] Ivanchenko G. E. 『絶対空間と絶対時間の物理学』, モスクワ, Aslan 出版社, 1995年。

著者紹介

[L. A. カリーニンは2012年に相対性理論に対する批判を主要テーマの一つとする新たな著書『空間と時間の新たな理解』（モスクワ，URSS，2012）を発表した。下記の著者紹介は出版元 URSS のサイトの同書に関する紹介ページ <http://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=160260> から引用したものである。——訳者]



レオナルト・アドリアノヴィッチ・カリーニン

(Леонард Адрианович Калинин, Leonard Adrianovich Kalinin)

(1929 年生まれ)

V. V. クイビシエフ記念軍事技術アカデミー卒業。1945 年より 37 年間、ソ連軍に勤務。退役大佐。軍事技術アカデミー卒業後、軍事施設建設業務に従事。1967～1982 年、ソ連国防省中央管理局土木建設部長。1983～1996 年、いくつかの国家機関および公共機関において管理職を務めた。1997 年より著作活動と社会活動に従事している。

L. A. カリーニンはこれまでに特殊相対性理論の批判に関する著書を 4 冊発表している。その最新のものは『アインシュタインの根本的誤謬』（モスクワ，URSS，2003）である。彼は『スターリンとのインタビュー』（モスクワ，URSS，2005）という本も発表している。この本では、I. V. スターリンを語り手として（しかも、スターリンなら多分そうしたであろうという仕方）で、スターリン統治時代のソ連における諸事件や状況の分析がなされ、自由主義的資本主義の下でロシアにおいて生じた様々な出来事が考察されている。

[訳注] 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(ただし、本書『アインシュタインの根本的誤謬』においては「**материя**」のみが使われており、「**вещество**」は1度も使われていない)。

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** (ライプニッツに始まり, 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 **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的*対象物 —— 暗黒物質*, 暗黒エネルギー