

ワレリー・ペトロフ

マイケルソン・モーリーの実験とフレネルの仮説

マイケルソン・モーリーの実験におけるレーザーの適用

マイケルソン・モーリーの実験における垂直ビームの運動について

日本語版について

- * 本訳文は、ワレリー・ペトロフによるマイケルソン・モーリーの実験に関する論文 3 本のロシア語からの全訳である。
- * 著者:ワレリー・ウラジミロヴィッチ・ペトロフ (Валерий Владимирович Петров, Valerii Vladimirovich Petrov)
- * 訳者: 吉田 正友
- * 訳者のサイト:「物理の旅の道すがら」(<http://naturalscience.world.coocan.jp>)
- * 日本語版公開: 2025 年 7 月

目次

[論文 1] マイケルソン・モーリーの実験とフレネルの仮説 (2001)	
Валерий Петров, Опыт Майкельсона-Морли и гипотеза Френели (2001)	
(http://n-t.ru/tp/iz/omm.pdf)	2
[論文 2] マイケルソン・モーリーの実験におけるレーザーの適用 (2003)	
Валерий Петров, Применение лазера в опыте Майкельсона – Морли (2003)	
(https://n-t.ru/tp/iz/pl.htm)	10
[論文 3] マイケルソン・モーリーの実験における垂直ビームの運動について (2008)	
Валерий Петров, О движении перпендикулярного луча в эксперименте Майкельсона- Морли (2008) (https://n-t.ru/tp/ng/od.htm)	13
著者紹介	18

[論文 1] マイケルソン・モーリーの実験とフレネルの仮説

ワレリー・ペトロフ

本論文では、マイケルソン・モーリーの実験の理論が検討される。装置の運動方向に垂直な方向における光パルスの運動時間を決定するための公式を導入する際に誤りが犯され、その誤りの除去が、空間および時間に関する現在の既存の理解を変える可能性があることが示された。また、フレネルの公式に基づく部分引きずりおよび装置のアームのうち一方の長さの収縮に関する実験結果の説明は、相互に排他的であり、それゆえ、何らかの理論の中に同時に存在してはならないことが示される。

序論

A.アインシュタインはその論文「運動物体の電気力学について」において、「“光伝達媒質”に対する地球の運動を検出しようとする失敗した試み」もまた、相対性原理の適用範囲の光学および電気力学への拡大を促進したと指摘している。アインシュタインが、自分が念頭においていたのは他ならぬどの実験であったかについて述べたことは一度もない。特殊相対性理論の出現は、多くの物理学者によって、他ならぬマイケルソン・モーリーの実験の否定的結果を説明する試みとみなされていた。この実験では、エーテルに対する地球の運動に関する問題が最も直接的な形で設定されていたと考えられている。このバージョンは文献において、特に教科書において定着している。マイケルソン・モーリーの実験から特殊相対性理論を導き出すのは、方法論的にきわめて都合が良いからである。

マイケルソンが 1881 年にその実験を設定したとき、彼は、光ビームが光源（ハーフミラー）から反射器まで進み、次に装置の運動方向に垂直に逆方向へ進む運動時間 T_{\perp} は $2L/c$ に等しいと考えていたことが知られている。ところが、1887 年にそれと同じ実験を設定したときには、彼は T_{\perp} を次のように取った：

$$T_{\perp} = \frac{2L/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

本研究の目的は、マイケルソンによって取られた解がどれだけ根拠を持っているかを解明することにある。

マイケルソン・モーリーの実験の理論に関する研究

周知のように、マイケルソン・モーリーの実験の目的は、エーテル—マイケルソンがそうみなしていたところによれば、世界空間全体を満たしている仮説上の媒質—に対する地球の運動に起因する、「エーテル風」の速度を決定することにあつた。マイケルソン・モーリーの実験のスキームを図 1 に示す。

単色光ビームが**非透過スクリーンの狭いスリット**を通り抜け、角度 45° だけ傾いたハーフミラー**B**に当たり、そこで 2 本のビームに分割され、その一方は予想されるエーテルに対する装置の運動方向に垂直に運動し、他方はその運動方向と平行に運動する。ミラー**B**から同一の距離**L**上に、2 つの平面ミラー**C**および**D**が設置されている。これらのミラーから反射した光ビームは再びミラー**B**に当たり、部分的に反射し、部分的にミラーを透過して、スクリーン（または望遠鏡）**E**に当たる。

マイケルソンがここで検討されている実験を設定したとき、地球の運動によって引きず

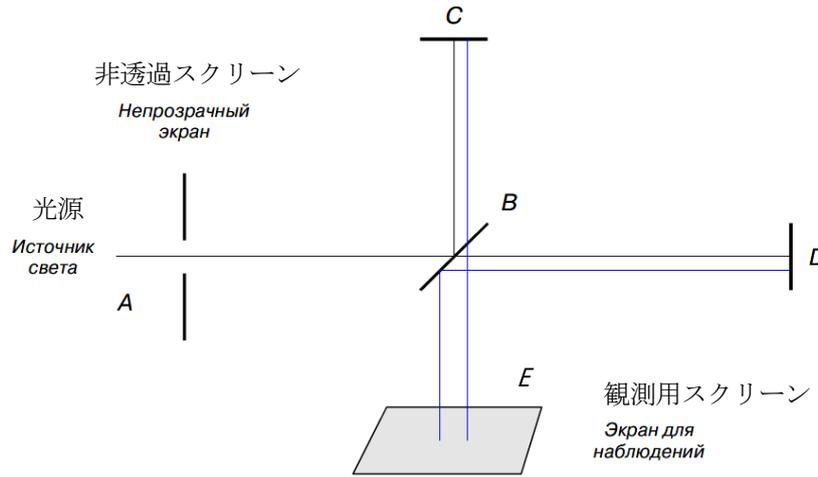


図 1. マイケルソン・モーリーの実験のスキーム

られていない静止エーテルという予想から出発したことが知られている。このときには、装置中におけるそれらのビームの運動を、2つの相異なる座標系—その一方の座標系は静止エーテルと結び付いており（これを静止座標系と呼ぼう）、他方は運動している装置と結び付いている（これを運動座標系と呼ぼう）—の中において検討することができる。いずれの場合にも、同一の結果が得られなければならないことは明らかである。

装置中の静止座標系におけるビームの進行について検討しよう。装置は静止座標系に対して速度 v で、すなわち静止エーテルと結び付いている座標系中を運動している。この座標系中における光速度は一定値であり、 c に等しい。図2に描かれているように、光ビームは光源から反射器まで運動し、次に逆方向に運動するとしよう。

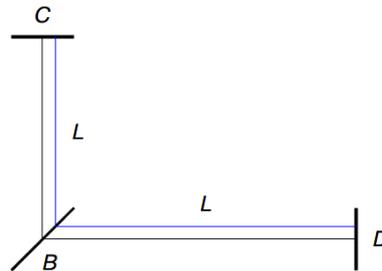


図 2. 静止座標系の際の装置中におけるビームの進行

装置が静止座標系に対して静止しているとき、光ビームのミラーBからミラーCまでおよび逆方向の運動時間は次式に等しい：

$$T = 2L/c.$$

装置が図3において矢印で示されている方向に速度 v で運動するとしよう。

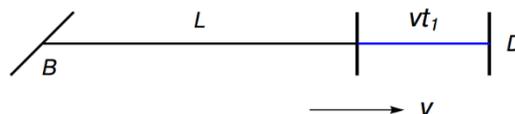


図 3. 速度 v で運動している装置中におけるビームの進行

光ビームが経路 L を進む時間の間に、ミラーDは $v \cdot t_1$ だけ変位する。このとき、光ビームがミラーBと出会うまでに進む経路は $ct_1 = L + vt_1$ であることが判明する。これより次式が導き出される：

$$t_1 = L/(c - v).$$

4 [論文 1] マイケルソン・モーリーの実験とフレネルの仮説

ミラーDからの逆方向の運動時には、光ビームは図 4 に描かれているようにミラーBに向かって運動する。

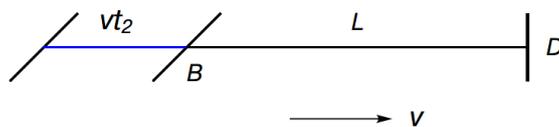


図 4. ミラーDからの逆方向の運動時における光ビームの進行

今度は、光ビームがミラーBと出会うまでに進行する経路は次式に等しい：

$$ct_2 = L - vt_2.$$

これより次式が導き出される：

$$t_2 = L/(c + v).$$

こうして、静止座標系中において光ビームがミラーBからミラーDまでおよび逆方向に進む時間は、次式に等しいことが判明する：

$$T_{\parallel} = t_1 + t_2 = L/(c - v) + L/(c + v) = 2Lc/(c^2 - v^2).$$

分子と分母を c^2 で割ると、次式が得られる：

$$T_{\parallel} = \frac{2L/c}{1 - v^2/c^2}.$$

運動座標系、すなわち運動する装置と結び付いている座標系中においては、エーテルは装置の実際の運動とは逆の方向に運動する。それゆえ、相対論以前の理解によれば、光速度は、光ビームが光源から反射器まで運動するときは $c - v$ に等しく、光ビームが逆方向に運動するときは $c + v$ に等しいことが判明する。これより次式が導き出される：

$$t_1 = L/(c - v); \quad t_2 = L/(c + v)$$

$$T_{\parallel} = t_1 + t_2 = \frac{2L/c}{1 - v^2/c^2}.$$

このように、一方の座標系と他方の座標系において、同一の結果が得られる。

次に、やはり 2 つの相異なる座標系において、ミラーBからミラーCまでの光ビームの運動について検討しよう。

装置と一緒に運動している座標系、すなわちその中で装置が静止している座標系中においては、エーテルは装置の実際の運動とは逆の方向に運動する。その結果、光ビームは、その座標系中において「エーテル風」が運動している方向へ偏向し、点Cから距離 vt だけ離れている点C'を通過する（図 5）。

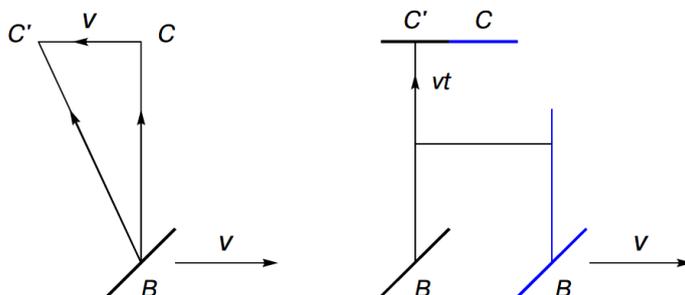


図 5. 装置と一緒に運動している座標系中における光ビーム 1 の進行

このとき、運動している装置と結び付いている座標系中で測定される方向 BC' に運動する光ビームの速度は、 $c^2 + v^2$ であることが判明する。時間 t^2 の間に、その光ビームは $L^2 +$

$(vt)^2$ に等しい経路を進む。 $t^2(c^2 + v^2) = L^2 + (vt)^2$ であるから、 $t = L/c$ が得られる。これより次式が得られる：

$$T_{\perp} = 2t = 2L/c.$$

今度は、静止座標系、すなわち静止エーテルと結び付いている座標系中における装置中の光ビームの進行について検討しよう。

ハーフミラーが空間のある点 B に存在している瞬間に、単一パルスが放射されるとする。光ビームが経路 L を進む時間 t の間に、ミラー C は装置の運動方向へ、ある距離 vt だけ変位する。その結果、光ビームは、点 C から装置の運動と逆の方向へ距離 vt だけ離れている点 C' に当たる(図6)。このとき、ミラー B によって光パルスが放射(反射)された瞬間にミラー B が存在していた点 B から点 C' までの経路 L は、次式に等しくなる：

$$T_{\perp} = 2t = 2L/c.$$

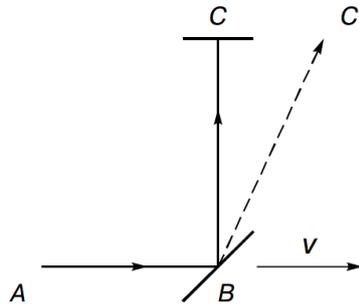


図6. 静止エーテルと結び付いている座標系中における光ビーム2の進行

このように、一方の座標系と他方の座標系において、同一の結果が得られる。マイケルソンは、1881年にその実験を設定したとき、まさにこのように推論していたのである。ところがマイケルソンは、1887年にその同じ実験を設定したときには、ローレンツの影響の下で、それとは異なったやり方、例えば[1]で述べられているようなやり方で推論を行った：[訳注]

「時間 t_3 の間に、ミラー C は右の方へ距離 ut_3 だけ(C' の位置まで)移動し、光は3角形の斜辺 BC' に沿って距離 ct_3 だけ進む(図7)。

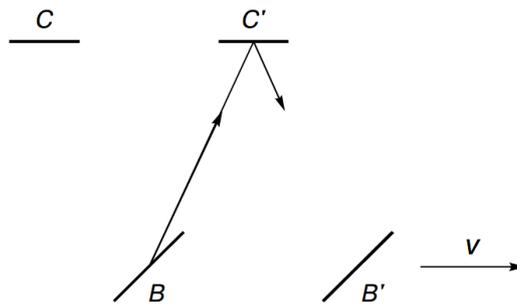


図7. 静止エーテルと結び付いている座標系中における光ビームの運動

この直角3角形から次式が導き出される：

$$(ct_3)^2 = L^2 + (ut_3)^2,$$

または

$$L^2 = (ct_3)^2 - (ut_3)^2 = (c^2 - u^2)(t_3)^2.$$

[訳注] 以下は[1]『ファインマン物理学 I 力学』の第15-3節からの引用である。なお、図7は簡略化された形で引用されている。

これより次式が得られる：

$$t_3 = L/(c^2 - u^2)^{1/2}.$$

点 C' から元に戻るとき、光は同じ距離を進まなければならない。これは図の対称性から分かる。すなわち、戻りの時間も(t_3)であり、全体の時間は $2t_3$ である。我々はこれを次の形で書こう：

$$2t_3 = 2L/(c^2 - u^2)^{1/2} = 2L/c/(1 - u^2/c^2)^{1/2}.$$

既に用いた記号を使って、この結果を次の形で書こう：

$$T_{\perp} = \frac{2L/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

ところが、光ビームがまさにミラー C の変位の後を追って偏向しなければならないのはなぜなのか？という疑問が生じてくる。

光源、および光源と非透過ミラーとを結ぶ線に対して角度 45° だけ傾いている非透過ミラーのみを含んでいる装置があるとしよう (図 6)。装置は静止座標系中で静止しているとしよう。

図 7 に描かれているように、光源がミラー B に当たり、このミラーから反射され、光源 A とミラー B を結ぶ線 AB に垂直にミラー C に向かって運動しているとしよう。

今度は、ミラー B が、図 7 において矢印 v で示されている方向にある速度で運動しているとしよう。この場合、ミラー B から反射された光ビームが、線 BC からある角度だけ偏向し、線 BC' に沿って進んで行くことには、どのような根拠があるのでしょうか？ 明らかに、いかなる根拠もない。それと全く同じように、光ビームがミラー C の運動の結果として偏向すると主張することには、いかなる根拠もない。 C に向かって運動している光ビームは、どのようにしてこのミラーの変位について知り、他ならぬその変位の大きさに対応する角度だけ偏向するのであるか？ 光ビームの偏向が可能なのは、次の 2 つの場合に限られる：

- ・伝統的な速度合成則に従い、光速度がミラー B の運動速度と合成される場合。
- ・エーテルがミラー B の運動によって完全に引きずられる場合。

しかし、1 番目の場合にも、2 番目の場合にも、時間 T_{\parallel} は時間 T_{\perp} と等しいことが判明する。このことは、マイケルソン・モーリーの実験からあらゆる意味を奪う。周知のように、マイケルソンはこれら両方の予想を排除していた。したがって、静止エーテルと結び付いている座標系中においては、装置 (ミラー B) の運動は、ミラー B からミラー C に向かって運動している光ビームの偏向を引き起こさない。なぜなら、装置の運動に起因する「エーテル風」は、この系中においては生じないからである。静止した装置の場合と同様に、ミラー B から反射された光ビームは、光源とミラー B を結ぶ線 AB に垂直に運動することになる。光ビームが経路 L を進む時間 t の間に、ミラー B も、またミラー C も装置の運動方向に変位し、その結果、静止した装置の場合のように点 C を通過せず、図 5 に描かれているように、点 C から装置の運動方向とは逆の方向に距離 vt だけ離れている点 C' を通過する。このとき、光ビームは、ミラー B からミラー C までおよび逆方向の経路 $2L$ を時間 $T_{\perp} = 2L/c$ の間に進む。

光源 A および反射器 B を含んでいる装置があるとしよう。光源は点光源、すなわち光ビームがそこからあらゆる方向へ伝播していくような光源であるとしよう。図 8 に描かれているように、光ビームのうちの 1 本は装置の運動方向に垂直に運動しているとする。その光ビームが光源から反射器までの距離に等しい経路 L を進む時間の間に、反射器はある距離だけ変位し、その結果、その光ビームは点 C に当たらない。しかし、その点には、装置の運

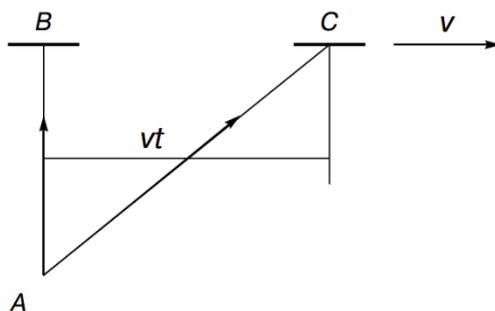


図 8. 点光源を持っている装置

動方向に対してある角度で運動する別の光ビームが当たる。

図 8 から導き出されるように、その光ビームが進む経路 AC は $(L^2 + v^2 t^2)^{1/2}$ であることが判明する。ここで t は光ビームが経路 $AC = ct$ を進む時間である。

$AC = ct = (L^2 + v^2 t^2)^{1/2}$ であるから、次式が得られる：

$$c^2 t^2 = L^2 + v^2 t^2.$$

これより次式が導き出される：

$$t = L/(c^2 - v^2)^{1/2} = L/c/(1 - v^2/c^2)^{1/2},$$

$$T_{\perp} = 2t = \frac{2L/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (1)$$

このように、公式(1)は実験において点光源が用いられるときに生じる。これはマイケルソン・モーリーの実験の実際の実施条件と一致しない。なぜなら、実際の実施条件では光源とハーフミラーの間に狭いスリット付きの非透過スクリーンが設置されており、光ビームはそこを通り抜ける間に事実上互いに平行になるからである。これに関して疑念が生じないようにするため、マイケルソン・モーリーの実験では光源としてレーザーが用いられていると仮定しよう。

このように、マイケルソン・モーリーの実験において、光ビームがミラー C の変位の後を追って偏向するとみなすいかなる根拠もない。したがって、時間 T_{\perp} を計算するための公式は、まさに $T_{\perp} = 2L/c$ の形で書かれなければならない。そうであるなら、もし装置のアームの一方の収縮が実際に生じているとすれば、長さの収縮係数は、現在そうみなされているように $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ とではなく、 $1 - v^2/c^2$ と等しく取られなければならない。

アラゴ・フレネルの実験の結果を説明するため、ある公式が提案されたことが知られている。その公式によれば、運動する媒質—固体、液体または気体—の内部におけるエーテルの速度は次式に等しい：

$$V_{\text{Eth}} = v(1 - 1/n^2).$$

ここで v はその媒質の外部におけるエーテルに対する媒質の運動速度； n はその媒質の屈折率である。

U.I. フランクフルト [2] は次のようにみなしている：「フレネルの (略) 理論においては、次の主要命題を抽出することができる： 1) 外部エーテルは静止物体によってまったく引きずられない； 2) 内部エーテルは非透過性物体によってほとんど引きずられない； 3) 内部エーテル (すなわち、運動する物体または媒質の内部におけるエーテル—引用者) は透過性物体 (または媒質—引用者) によって部分的に引きずられる。フィゾーは、液体媒質および気体媒質 (強調は引用者) の場合における部分的引きずり説の妥当性を立証した後、この説を固体の場合について検証することを決心した」。このように、液体と同様に、

気体媒質はエーテルを引きずること、すなわち、気体媒質の内部におけるエーテルの速度はフレネルの公式に従って決定されることが認められている。しかし、フレネルの理論の本質に関するマイケルソンの意見は、明確性という点で特に優れているわけではない。彼は次のように書いている：「フレネルの見解によれば、エーテルは、波動論によれば、第1に、透過性媒質の内部（強調は引用者）以外においては、静止状態になければならない。第2に、エーテルは、透過性媒質中では（強調は引用者）、媒質の速度より小さい速度で運動しなければならない。（略）フレネルの第2の仮説は（強調は引用者）、（略）フィゾーの周知の実験（略）および我々のそれに対応する実験によって完全に証明されたとみなされなければならない」。したがって、空気は、その内部において、エーテルがフレネルの公式 $V_{\text{Eth}} = v(1 - 1/n^2)$ に従って「（略）媒質の速度より小さい速度で運動している、透過性媒質とみなされなければならない。しかし、（略）「もし地球が透過性物体であるとすれば、地球の運動にもかかわらず、分子間エーテルが空間中で静止状態にあると仮定することが可能である。（略）ただし、我々は、この結論の適用範囲を（略）非透過性物体に拡大する権利を持っていない」。したがって、空気、すなわち地球大気によるエーテルの引きずりの可能性もまた、空気が「（略）透過媒質」ではないこととはみなされない。透過媒質の場合におけるフレネルの理論の真理性は、「（略）フィゾーの周知の実験によって」証明されていない。実際には、空気は、それ以外の任意の透過性媒質と同様に、エーテルを引きずる媒質である（言うまでもなく、もしフレネルの理論が真理であるならば。今のところ、これが真理であることを疑う根拠はない）。すると、地球大気に対して $n = 1$ と取ると、フレネルによれば、その中における（すなわち、その内部における）エーテル風の速度はゼロであることが判明する。（地表面近傍における空気の屈折率はおよそ 1.0003 である。この場合には、地球大気中におけるエーテル風の速度は 18 m/s 未満であることが判明する。それに対し、マイケルソンは計算において $v = 30 \text{ km/s}$ という値を取っていた）。こうして、マイケルソン・モーリーの実験においてだけでなく、それ以外のいかなる実験によっても、地球大気中における「エーテル風」は、それが存在しない（または速度がきわめて小さい）という理由により、検出することは不可能であった。そしてこれが実際に裏付けられている。したがって、地球大気中には「エーテル風」が存在しないことの結果として、マイケルソン・モーリーの実験における T_{\perp} は $T_{\parallel} = 2L/c$ と等しいことが判明する。そうであるなら、装置のアームのうち一方の長さの収縮が同時に生じたとすると、次式が得られる：

$$T_{\perp} = 2L/c \neq T_{\parallel} = \frac{2L}{c} \sqrt{1 - v^2/c^2}.$$

このように、フレネルの公式は、マイケルソン・モーリーの実験に関して、長さの収縮またはその逆の可能性を排除している。2つの仮説—フレネルの仮説、運動する物体の長さの収縮または運動座標系中における距離の収縮に関するローレンツの仮説—のうちの1つは余計な仮説である。

現代科学は、運動物体（媒質）によるエーテルの部分引きずりに関するフレネルの公式の真理性を否定しておらず、「（略）運動物体中における最も重要な現象の1つを今も否定していない。相対性原理（すなわち相対性理論—引用者）を含め、あらゆる理論はこの現象を説明しなければならない」[3]。そうであるなら、マイケルソン・モーリーの実験の結果を説明するために特別に提唱された、装置のアームのうち一方の長さの収縮に関するローレンツの仮説は余計な仮説である。

結論

マイケルソン・モーリーの実験の理論に関する分析、およびこの実験の結果とフレネルの理論との対比は、次の結論を下すことを可能にしている：

9 [論文 1] マイケルソン・モーリーの実験とフレネルの仮説

1) マイケルソン・モーリーの実験において、装置の運動方向に垂直に運動する光ビームは、点Cの変位の後を追って偏向するという意見は誤りである。その結果、この実験における時間 T_1 は、現在そうみなされている $\frac{2L/c}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ とではなく、 $2L/c$ と等しい。そうであるなら、長さの収縮係数は、ローレンツ・アインシュタインの変換から導き出される $\sqrt{1-v^2/c^2}$

とではなく、 $1-v^2/c^2$ と等しく取られなければならない。したがって、ローレンツ・アインシュタインの変換は、マイケルソン・モーリーの実験の理論と合致していない。

2) フレネルの公式あるいは「相対論的」速度合成則と、運動物体の長さの収縮または運動座標系中における距離の収縮に関するローレンツの仮説とは相互に排他的であり、何らかの理論の中に同時に存在してはならない。フレネルの公式とローレンツ収縮を同時に含んでいる理論は、真理とみなすことができない。

情報源：

1. R. Feynman, R. Leighton, M. Sands 『ファインマン物理学』, 第1巻, モスクワ, Mir, 1976. [邦訳: ファインマン, レイトン, サンズ『ファインマン物理学 I 力学』(坪井忠二訳, 岩波書店, 1986)]
2. U.I. Frankfurt 「運動媒質の光学と特殊相対性理論」, 『アインシュタイン論集 1977』, モスクワ, Nauka, 1980. [著者のフルネーム: Usher Ioinovich Frankfurt]
3. L.I. Mandelstam 『光学・相対性理論・量子力学講義』, モスクワ, Nauka, 1972. [著者のフルネーム: Leonid Isaakovich Mandelstam or Mandelshtam]

以下も参照されたい：

1. Lorentz, Hendrik. サイト「科学と技術」, ノーベル賞受賞者, 1988. <http://nt.ru54.com/nl/fz/lorentz.htm.html>
2. Einstein, Albert. サイト「科学と技術」, ノーベル賞受賞者, 1998. <http://www.n-t.org/nl/fz/einstein.htm> [アクセス不可]
3. エーテル風について. サイト「科学と技術」, 現行発表物, 1999. <http://www.n-t.org/tp/iz/ev.htm> [アクセス不可]
4. Michelson, Albert. サイト「科学と技術」, ノーベル賞受賞者, 1998. <http://www.n-t.org/nl/fz/michelson.htm> [アクセス不可]

公表年月日：

2001年11月2日

[論文2] マイケルソン・モーリーの実験におけるレーザーの適用

ワレリー・ペトロフ

A.アインシュタインは、その論文「運動物体の電気力学について」において、「“光伝達媒質”に対する地球の運動を検出しようとする失敗した試み」もまた、相対性原理の適用範囲の光学および電気力学への拡大を促進したと指摘している。アインシュタインが、自分が念頭においていたのは他ならぬどの実験であったかについて述べたことは一度もない。特殊相対性理論の出現は、多くの物理学者によって、他ならぬマイケルソン・モーリーの実験の否定的結果を説明する試みとみなされていた。この実験では、エーテルに対する地球の運動に関する問題が最も直接的な形で設定されていたと考えられている。このバージョンは文献において、特に教科書において定着している。マイケルソン・モーリーの実験から特殊相対性理論を導き出すのは、方法論的にきわめて都合がいいからである。

マイケルソンが 1881 年にその実験を設定したとき、彼は、光ビームが光源（ハーフミラー）から反射器まで進み、次に装置の運動方向に垂直に逆方向へ進む運動時間 T_{\perp} は $2L/c$ に等しいと考えていたことが知られている。ところが、1887年にそれと同じ実験を設定したときには、彼は T_{\perp} を $T_{\perp} = 2L/c/\sqrt{1-v^2/c^2}$ と取り、このことにより、後に彼自身が怪物と名付けた理論 [=相対性理論] に対して多大な奉仕をした。

U.I.フランクフルトが [1] において書いているように、「量子発生器の創出とともに、マイケルソンのタイプの実験の精度向上の新たな可能性が出現した。J.シャミルと R.フォックスは 1 台のレーザーを用いてマイケルソンの実験を再現した。干渉計の両方のアームの中には、同じ長さのガラス棒が導入されていた。実験は、6.6 km/s を超える速度のエーテル風は存在しないことを示した」。マイケルソン・モーリーの実験におけるのと同様に、この実験では、エーテル風の予想速度は 30 km/s 以上でなければならないとされていたため、シャミルとフォックスの実験結果はゼロ結果とみなされるべきである。

この実験では、光がガラス棒の内部を運動していることは明らかである。エーテルと結び付いて座標系中では、ガラス棒は干渉計の運動方向に運動している。これに対応して、これらのガラス棒の内部を運動している光もまた、干渉計の運動方向に変位する。この場合には、垂直方向のガラス棒の内部を運動する光の速度は $\sqrt{c^2 - v^2}$ であり、光の各パルスが進む経路は $\sqrt{L^2 - (vt)^2}$ である（図 1）。このとき、光ビームがハーフミラーから反射器まで垂直方向に運動する時間 t は L/c となり、時間 T_{\perp} は $T_{\perp} = 2t = 2L/c$ となる。

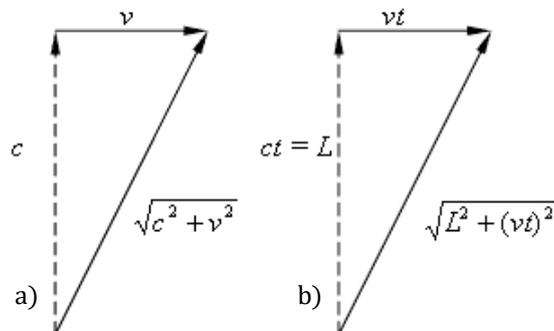


図 1. エーテルと結び付いている座標系： a)速度の 3 角形； b)距離の 3 角形

この場合には、もし装置のアームのうち一方の長さの収縮が実際に生じたとすると、長さの収縮係数は、ローレンツ・アインシュタイン変換から導き出される $\sqrt{1-v^2/c^2}$ とではなく、 $1-v^2/c^2$ と等しく取られなければならない。したがって、この実験との関係において、ローレンツ・アインシュタイン変換はいかなる物理的意味も持っていない。

今度は、特殊相対性理論から導き出されるように、干渉計がそれに対してある速度で、少なくとも地球の公転速度と等しい速度で運動している、世界空間全体を満たしているいかなる媒質も存在しないと仮定しよう。この場合には、 T_{\parallel} は $T_{\perp} = 2L/c$ と等しくなる。ところが、もし装置のアームのうち一方の長さの収縮が実際に生じたとすると、他ならぬ長さの収縮の結果、 T_{\parallel} はもはや T_{\perp} と等しくなくなる。なぜなら、干渉計の運動に平行なアームの長さの収縮を考慮すると、 T_{\perp} が依然として $2L/c$ であるのに対し、 T_{\parallel} は $2L/c/(1-v^2/c^2)$ となることが判明するからである。

したがって、装置のアームのうち一方の長さの収縮に関するローレンツの仮説も、アインシュタインの特殊相対性理論も、シャミルとフォックスの実験のゼロ結果を説明することができない。

回転する円板を用いたエイヘンワルト^{〔訳注*〕}の実験が示したように、固体はその外部のエーテルにとって透過不可能であり、その結果、そのような物体の運動に起因する「エーテル風」は、それらの物体の内部では生じない。かつて、ウィルソン山上で行われたその実験によって知られているミラーは、金属被覆がエーテルに対して遮蔽性を持っていることを指摘していた [3]。V.A.アツェコフスキーはこの遮蔽現象の物理的解釈を提唱し、金属表面上におけるフェルミ層 [フェルミ面] の存在によってこの現象を説明した [4]^{〔訳注**〕}。そのような層の存在は、金属の原子と分子の間における電磁相互作用に起因していることが知られている。さらに、液体および気体の分子間にも、それらの粘性が非ゼロのとき、電磁相互作用が存在していることが知られている。したがって、金属および任意の固体物質全般だけでなく、粘性が非ゼロのときにおける任意の液体および気体もまた、それらの外部のエーテルにとって透過不可能である。それゆえ、粘性が非ゼロのときにおける運動する液体または気体の内部においては、固体の内部におけるのと同様に、それらの運動に起因する「エーテル風」は発生せず、したがって、それはまったく存在しないという理由により、いかなる実験によっても検出されることができない。アツェコフスキーが正しく指摘したように、「(略)それは、密閉された室内に置かれている風速計を見て、屋外で吹いている風の速度を測定するのと同じことである」 [5]。実は、アツェコフスキーは、この結論を任意の固体ならびに粘性が非ゼロのときにおける液体および気体にも適用する必要があるにもかかわらず、金属に対してのみ適用している。

したがって、運動するガラス棒の内部においてはそれらの運動に起因する「エーテル風」は発生せず、それゆえ、シャミルとフォックスの実験の実験における T_{\perp} は $T_{\parallel} = 2L/c$ と等しくなることが判明する。検討されているこの実験のゼロ結果の唯一正しい説明は、まさにこのことにある。

〔訳注*〕 エイヘンワルト (Alexander Alexandrovich Eichenwald) については、英語版 Wikipedia の記事を参照されたい (https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Eichenwald)。

〔訳注**〕 文献 [4] および [5] の著者 V.A.アツェコフスキー (1930-2021) は、ロシア語圏におけるエーテル理論研究の発展を牽引した中心人物である。彼の主要著作の多くが日本語に翻訳され、訳者のサイトに掲載されているので、是非参照されたい (<http://naturalscience.world.coocan.jp/>)。なお、[4] および [5] から引用されている彼の主張の概要については、このサイトに掲載されている 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4巻のテキストを「フェルミ面」、「風速計」で検索して参照されたい。

情報源：

1. U.I. Frankfurt 「運動媒質の光学と特殊相対性理論」, 『アインシュタイン論集 1977』, モスクワ, Nauka, 1980. [著者のフルネーム : Usher Ioinovich Frankfurt]
2. Shamir J., Fox R. A new experimental test of special relativity. Nuov. Cim., 1969, 62B, p. 258...264. [著者のフルネーム : Joseph Shamir, Ronald F. Fox.
この論文は https://ether-wind.narod.ru/Shamir_Fox_1969/Shamir_Fox_1969.pdf で入手可能]
3. Miller D.C. The ether-drift experiment of 1925 at Mount Wilson. Science. 1926, LXIII, №1635, p. 433...443. [著者のフルネーム : Dayton Clarence Miller]
4. Atsukovsky V.A. 『一般エーテル動力学. 気体状エーテルの理解にもとづく物質構造および場のモデル化』, モスクワ, Energoatomizdat, 1993. [著者のフルネーム : Vladimir Akimovich Atsukovsky]
5. Atsukovsky V.A. 『エーテル風』, 論文集, 監修 : 工学博士 V. A. Atsukovsky, モスクワ, Energoatomizdat, 1993.

公表年月日：

2003年3月6日

[論文3] マイケルソン・モーリーの実験における垂直ビームの運動について

ワレリー・ペトロフ

現代相対性理論によれば、地球の絶対運動はいかなる実験によっても検出することができない。しかし、マイケルソン・モーリーの実験においては、太陽の中心に対する干渉計の運動が生じている。では、そのような相対運動が、相対性理論に反して、いかなる観測可能な現象も伴っていないのは、いったいなぜなのであろうか？

垂直ビームの運動軌道に関する研究

周知のように、アインシュタインはその相対性理論の主要公準について次のように述べている：

「(略) 力学においてだけではなく、電磁気学においても、諸現象のいかなる性質も、それに対して力学方程式が妥当している、また、電磁気学および光学の法則が妥当している全ての座標系の場合に、(略) 絶対静止の概念と一致していない。(略) 我々は、この予想(将来、この予想の内容は「相対性原理」と呼ばれるようになるであろう)を前提条件にするつもりである」。

「絶対静止」の概念が、「絶対運動」の概念に対する一種の反対概念であることは明らかである。そうであるなら、アインシュタインの公式は次のように定式化することができる：

「(略) 力学においてだけではなく、電磁気学においても、諸現象のいかなる性質も、絶対運動の概念と一致していない」。

アインシュタインの時代には、そして今日に至るまで、絶対運動という用語が意味しているのは、アインシュタインがその相対性理論によって廃絶したエーテルに対する運動である。そうであるなら、上記において引用したアインシュタインの公準は、そのエーテル自体に対する運動の検出の不可能性と理解する必要がある。いや、決してそんなことはできない。しかし、ではこの公準は、有名なマイケルソン・モーリーの実験と、いったいどのような関係を持っているのかという疑問が生じてくる。この実験では、エーテルに対する地球の運動に関する問題が最も直接的な形で設定されていたとみなされている。ところが実際には、それはそうではない：なぜなら、この実験で生じているのは、疑う余地なく、太陽の中心に対する干渉計の運動なのであって、したがって、最も直接的な形で設定されていたのは、まさに、太陽に対する干渉計の運動、すなわち相対運動には何らかの効果が伴っているのかという問題であったからである。この実験は、伴っていないことを裏付けている。すると、次の疑問が生じてくる：もし干渉計の相対運動の結果における何らかの効果の発現がアインシュタインの相対性理論に矛盾しないのなら、この実験がいかなる効果も伴っていないのはなぜなのか？

この実験における垂直ビームの運動に関係する、さらにもう1つの疑問も生じてくる：他ならぬこのビームが干渉計の運動方向に偏向し、その結果、地球の公転運動の方向に対する干渉計の姿勢の如何にかかわらず、このビームが常に反射器上の同一の点に当たるのはなぜなのか？ この問題の分析を試みよう。

[1]の研究では、マイケルソン・モーリーの実験におけるビームの進行は2つの座標系中で検討することが可能であることが示された。その1つは地球と結び付いており(これを運動座標系と呼ぼう)、もう1つは太陽と結び付いている(これを静止座標系と呼ぼう)。地球上に設置されている干渉計は、この静止座標系に対して公転速度で運動している。そして、この実験における観測者は地球上にいるにもかかわらず、マイケルソン自身は、彼の報告書から立証することができるように、干渉計中におけるビームの進行に関する検討

を、干渉計がそれに対して地球の公転速度で運動している静止した観測者の視点から行っている。マイケルソンの意見によれば、彼の実験における垂直ビームはいったいどのように運動しているのであろうか？「ビームsaはabに沿って反射され(図1)(このとき、角度bab₁は光行差の角度αに等しい)、ba₁(aba₁ = 2α)に沿って戻り、望遠鏡の焦点に当たる。望遠鏡の方向は変化しない」[2]。

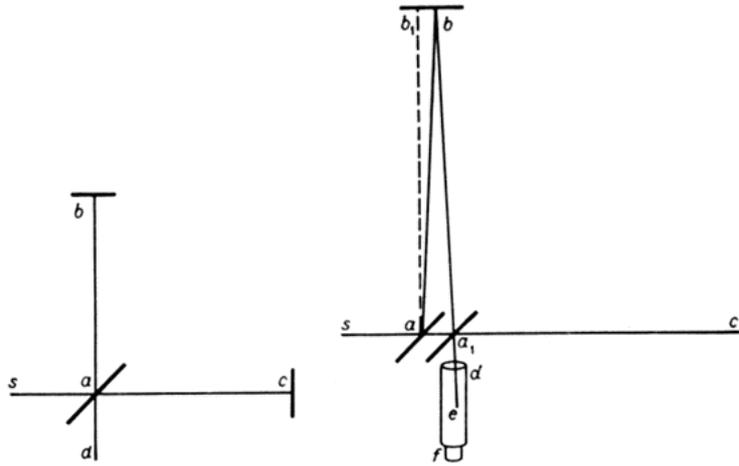


図1. マイケルソン・モーリーの実験における垂直ビームの運動軌道

このように、マイケルソンの意見によれば、光行差の結果、垂直ビームは干渉計の変位の後を追って偏向する。実際には、ここでは光行差はまったく何の関係も持っていない！周知のように、この現象は、光源に対する受光器の運動の結果として生じる。マイケルソンの実験では、受光器と光源は互いに対して静止している。ではいったいなぜ、このような場合に、もう一度念を押すが、静止した観測者に対して運動している干渉計の変位の後を追って偏向するのであろうか？

さて、まず手始めに、最新式の超音速機が厳密に地球の子午線に沿って、例えば速度uで運動しているとしよう。太陽に対して静止している観測者の視点から見て、この飛行機の運動軌道はどのように見えるのであろうか？運動座標系中におけるのと同様に、飛行機は厳密に子午線に沿って飛行しているが、しかし、子午線自体は飛行機の運動方向に垂直に、地球の公転速度vで運動している。この場合には、ガリレイ・ニュートン力学の法則によれば、図2に描かれているように、飛行機の運動軌道は辺uおよびvを持つ直角3角形の斜辺をなしている。

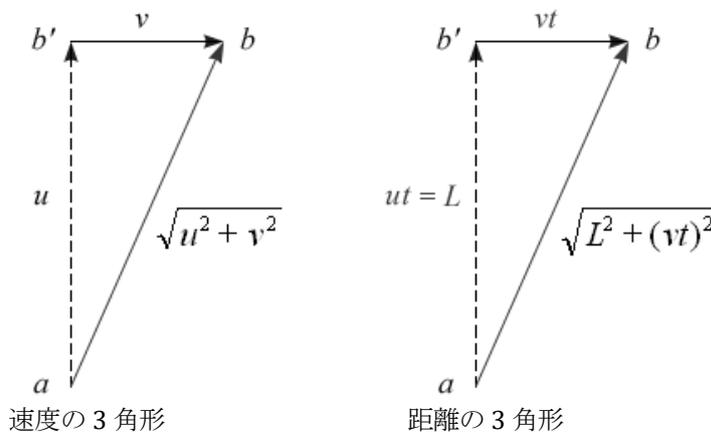


図2. 速力の3角形と距離の3角形

運動座標系中において、飛行機が子午線上にある2点aとbの間の距離Lを進む時間tの間

に、静止座標系中においては、それと同じ時間の間に、飛行機は経路 ab を進み、その長さは $\sqrt{u^2 + v^2}t$ に等しい。距離の3角形から導き出されるように、静止座標系中においては、経路 ab の長さは $\sqrt{L^2 + (vt)^2}$ に等しい。これより次式が導き出される：

$$\sqrt{L^2 + (vt)^2} = \sqrt{u^2 + v^2}t,$$

$$L^2 + v^2t^2 = u^2t^2 + v^2t^2,$$

$$L = ut,$$

$$t = L/u.$$

このように、飛行機が子午線上にある2点 a と b の間の距離 L を進む時間は、運動座標系中においても、静止座標系中においても同一であり、 $t = L/u$ に等しいことが判明する。

次に、厳密に子午線に沿って線形素粒子加速器が設置されており、その中で素粒子がある速度 u で運動しているとしよう。前の場合におけるのと同様に、粒子は厳密に加速器に沿って運動しているが、しかし静止座標系中においては、加速器自体が粒子の運動方向に垂直に公転速度で変位している。この場合には、上記において示したとおり、図1に描かれているように、粒子の運動軌道は辺 u および v を持つ直角3角形の斜辺をなしている。

運動座標系中において、加速器中で運動している粒子が距離 L を進む時間 t の間に、静止座標系中においては、それと同じ時間の間に、それと同じ粒子は経路 ab を進み、その長さは $\sqrt{u^2 + v^2}t$ に等しい。距離の3角形から導き出されるように、静止座標系中においては、

経路 ab の長さは $\sqrt{L^2 + (vt)^2}$ に等しい。これより次式が導き出される：

$$t = L/u.$$

このように、加速器中で粒子が距離 L を進む時間は、運動座標系中においても、静止座標系中においても同一であり、 $t = L/u$ に等しいことが判明する。

今度は、厳密に子午線に沿って長さ L のガラス棒が設置されており、シャミルとフォックスの実験[3]におけるのと同様に、ガラス棒の内部で光パルスが速度 u で運動しているとしよう。光パルスは、運動座標系中におけるのと同様に、静止座標系中においても厳密にガラス棒に沿って運動しているが、しかし、ガラス棒自体は、光パルスの運動方向に垂直に、公転速度で変位している。この場合には、上記において示したように、図1に描かれているように、各光パルスは辺 u および v を持つ直角3角形の斜辺をなしている。

運動座標系中において、ガラス棒中で運動している光パルスが距離 L を進む時間 t の間に、静止座標系中においては、それと同じ時間の間に、それと同じ光パルスは経路 ab を進み、その長さは $\sqrt{u^2 + v^2}t$ に等しい。距離の3角形から導き出されるように、静止座標系中に

おいては、経路 ab の長さは $\sqrt{L^2 + (vt)^2}$ に等しい。これより次式が導き出される：

$$t = L/u.$$

このように、ガラス棒中で光パルスが距離 L を進む時間は、運動座標系中においても、静止座標系中においても同一であり、 $t = L/u$ に等しいことが判明する。

最後に、マイケルソン・モーリーの実験におけるのと同様に、光ビームが厳密に子午線に沿って空气中を速度 c で運動しているとしよう。実験結果が示したように、運動座標系中においては、垂直ビームは厳密に2点 a と b の間を運動する。2点のうち一方(a)はハーフミラー上にあり、他方(b)は反射器上にある。運動座標系中においても、垂直光ビーム

がやはりそれと同じ2点aとbの間を運動しなければならないことは明らかである。こうして、次のような描像が観測される。垂直光ビームは厳密に2点aとbの間の線に沿って運動しているが、しかし、その線自体は静止した観測者に対して地球の公転速度で変位している。そのとき、もし垂直ビームが地球の公転運動の方向に実際に偏向するとすれば—そして実際にそうであった—、そのような偏向の原因は、上記において検討した全ての場合におけるのと同様に、垂直ビームの運動速度と地球の公転速度との合成である。この場合には、ガリレイ・ニュートン力学の法則によれば、図1に描かれているように、垂直光ビームの運動軌道は辺uおよびvを持つ直角3角形の斜辺をなしている（この場合は $u = c$ ）。そのとき、運動座標系中において、垂直ビームが点aとbの間の距離Lを進む時間tの間に、静止座標系中においては、それと同じ時間の間に、それと同じ光パルスは経路abを進み、その長さは $\sqrt{c^2 + v^2}t$ に等しい。距離の3角形から導き出されるように、静止座標系中においては、経路abの長さは $\sqrt{L^2 + (vt)^2}$ に等しい。これより次式が導き出される：

$$t = L/c.$$

このように、光パルスが経路Lを進む時間は、運動座標系中においても、静止座標系中においても同一であり、 $t = L/c$ に等しいことが判明する。実験結果はまさにこのことを裏付けている。

シャミルとフォックスの実験において、垂直ビームの偏向は、実際、そのビームの運動速度と、ビームがその中で運動している媒質—ガラス棒—の運動速度との合成に実際に起因している。しかし、このことは、一般に受け入れられている意見に反して、ガラス棒の内部におけるエーテルは、フレネルの所説とは異なり、そのガラス棒の運動によって完全に引きずられていることを意味している。言い換えると、ガラスの分子間に存在しているエーテルと、それらの分子自体は、何か単一の統一体のようなものとして、あれこれの座標系に対して運動する、連続的な光学的媒質をなしているのである。

マイケルソン・モーリーの実験においてもそれと同様に、垂直ビームの偏向は、そのビームの運動速度と、媒質—この場合はビームがその中を伝播している地球大気—の運動速度との合成に実際に起因している。このことは、一般に受け入れられている意見に反して、地球大気の内内部におけるエーテルは、フレネルの所説とは異なり、地球（大気）の運動によって完全に引きずられていることを意味している。言い換えると、大気の組成に含まれている気体の分子間に存在しているエーテルと、それらの気体の分子自体は、何か単一の統一体のようなものとして、あれこれの座標系に対して運動する、連続的な光学的媒質をなしているのである。その媒質に対する干渉計の運動は存在しないのであるから、実験結果はゼロ結果となる。そして、このことが実際に生じている。

結論

したがって、上述した推論は、次の結論を下すことを可能にしている：

1. 静止座標系中で観測される干渉計の変位の後を追う垂直ビームの偏向は、垂直光ビームの運動速度と、地球の公転速度で運動している大気の運動速度との合成に起因している。
2. マイケルソン・モーリーの実験のゼロ結果は、この実験において光ビームがその中を伝播している媒質、すなわち地球大気に対する干渉計の運動が存在しないことに起因している。これが、この実験のゼロ結果に対する唯一正確で無矛盾な説明である。したがって、マイケルソン・モーリーの実験は、そのゼロ結果にもかかわらず、ローレンツの相対性理論およびアインシュタインの特殊相対性理論の裏付けではなく、逆に、それらに対する完全な反証である。

情報源：

1. Petrov V.V. 「マイケルソン・モーリーの実験とフレネルの仮説」, サイト「科学と技術」, 2001. [本論文集の論文 1]
2. Albert A. Michelson, Edward W. Morley. On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether. The American Journal of Science. III series. Vol. XXII, No. 128, p. 120..129 (имеется перевод данной статьи в книге «Эфирный ветер» под редакцией доктор а технических наук В.А. Ацюковского. М. Энергоатомиздат, 1992).
3. Shamir J., Fox R. A new experimental test of special relativity. Nuov. Cim., 1969, 62B, p. 258...264. [著者のフルネーム : Joseph Shamir, Ronald F. Fox.
この論文は https://ether-wind.narod.ru/Shamir_Fox_1969/Shamir_Fox_1969.pdf で入手可能]

公表年月日：

2008年5月15日

著者紹介 [<https://n-t.ru/ac/pvv.htm#1>に掲載されている自己紹介]



ワレリー・ウラジミロヴィッチ・ペトロフ (Валерий Владимирович Петров, Valerii Vladimirovich Petrov)
技師, ニコラエフ市 (ウクライナ) 在住

1940 年生まれ。高等教育修了。1969 年, ニコラエフ造船大学卒業。
専門: 機械製作技術。過去 30 年間, 工業企業における自動制御システムの開発に関する問題を取り扱う研究所に勤務。2000 年に副部長として退職した。現在は年金生活者である。

私は 1973 年以來, 相対性理論, より正確に言えば, その実験的根拠の研究に取り組んでいる。

ニコラエフ市の図書館で見つけた私に入手可能な全ての資料を調べ, それらの資料に基づき, 相対性理論は既知の実験のどれ 1 つとも一致していないという結論に達した (強電磁場中で運動する粒子に関する実験を除く。しかし, その場合でさえ, それらの粒子の質量の増大は特殊相対性理論と一致していない)。

このことに関する何本かの論文を書いたが, そのうち 1 本も, 相対性理論が誤りであることが完全に明白に示されているマイケルソン・モーリーの実験に関する論文でさえも, どこにも発表することができなかった。[ここに訳出されている 3 本の論文は, 電子図書館「科学と技術」(<https://n-t.ru/>) において初めて発表された一訳者]