アインシュタインの相対性理論の矛盾点の分析と仲座の新相対性理論の導出

メタデータ	言語:
	出版者: 沖縄科学防災環境学会
	公開日: 2022-07-25
	キーワード (Ja):
	キーワード (En): relativity, Lorentz transform, Lorentz contraction, twin pradox, Nakaza's relativity
	作成者: 仲座, 栄三
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://doi.org/10.24564/0002019418

沖縄科学防災環境学会論文集 (Physics), Vol.4, No.1, 1-14, 2019

アインシュタインの相対性理論の矛盾点の分析と仲座の新相対性理論の導出

仲座栄三 [1]

[1] 正会員　琉球大学工学部工学科（〒903-0123 沖縄県西原町千原 1 番地）
E-mail:enakaza@tec.u-ryukyu.ac.jp

アインシュタインの相対性理論には，その発表以来数多くのパラドックスが派生されてきている．もっとも，現代の物理学界における大多数の判断は，「これまでに主張されているパラドックスはパラドックスではない」とする見解にある．すなわち，アインシュタインの相対性理論の妥当性を主張している．これに対し，仲座は，アインシュタインの相対性理論の矛盾点を指摘し，光測量に基づく新たな相対性理論を提示している．本論では，仲座の新相対性理論とアインシュタインの相対性理論とを具体的に対比し，アインシュタインの相対性理論を論駁することに主眼が置かれている．これにより，アインシュタインの相対性理論の矛盾点が明らかにされ，それが解決されている．

Key Words: *relativity, Lorentz transform, Lorentz contraction, twin pradox, Nakaza's relativity*

1. はじめに

同質で同型の剛体棒が，棒軸を同じ方向に向けて互いに重なって２つ存在する場合を想定する．それらの棒の始端には，まったく同じテンポで時を刻む正確な時計がそれぞれ置かれている．このような状況下において，これら２つの棒の内，一方が他方に対して一定速度で棒軸方向に運動し出した場合を想定する．このとき，一方の棒から，それに対して一定速度で運動している他方の棒の棒軸方向の長さ及び時計の刻むテンポを測定するとそれらはいかような長さやテンポとなって測定されるものとなるか？このことを物理学的に考究することが，相対性理論の基礎を成している．

以下の議論を明確にするために，２つの棒の内，一方の棒の上に座す観測者を静止系の観測者と呼び，その観測者の系を静止系と呼ぶ．この静止系の観測者に対して一定速度で運動している他方の棒の上に座す観測者を運動系の観測者と呼び，その観測者の座す系を運動系と呼ぶ．これら２つの系をそのように定義するのは，単に呼び名の上で両者に区別を与えるだけの理由によるもので，物理学的な相違は両者にはまったく存在しない．

したがって，逆に運動系の観測者から静止系を観測すると，その静止系が一定速度で運動して観測される．このとき話は上の設定とまったく逆になってしまう．このように，２つの系に対して一切の物理学的相違をも認めず，観測される現象が互いにまったく同じで，観測者同士で互いに対称となっていることは相対性原理の下に保証される．

アインシュタインの特殊相対性理論は，「静止系に対して一定速度vで運動している運動物体の運動方向の長さは，それが静止系の観測者と互いに静止した関係となって観測される際の長さl_0よりも縮んで観測され，それに付随する時計の時間は静止系の観測者の持つ時計の刻むテンポに比較して遅れたテンポで時を刻む」と説明している [1]．

アインシュタイン [1]は，地球の極に置いた時計と赤道上に置いた時計の示す時間経過は実際に異なり，地球の自転軸周りを高速で移動することになる赤道上の時計のテンポの方が極に置かれた時計のテンポに対して遅れると説明している．したがって，アインシュタインの相対性理論によれば，運動している物体の長さは実際に縮み，静止している時計のテンポに対して運動している時計のテンポは実際に遅れることになる．

アインシュタインの相対性理論に関し，運動物体の運動方向の長さが縮み，時間が遅れることは「長さの短縮及び時間の短縮」と呼ばれている．このことに関して，著者の手元や図書館等で読むことのできた教科書の類を調べてみると，その解釈はほぼ同じ説明にあり，「運動物体の運動方向の長さは実際に縮んでおり，時間は静止系の時間に対して実際に遅れる」という旨の説明となっ

ている[1),2),3),4),5),6)].

このことに真向から反論した物理学者らはこれまでに多数存在するが，それらの中でも著名な物理学者であるH. Dingle[7),8)]の主張や，L. Essen[9)]の主張などは特筆されよう．彼らの主張の根本は，「アインシュタインの相対性理論，すなわち，運動物体の長さや時間の短縮の存在は，相対性原理に背く」というところにある．

後に説明されるが，アインシュタインの相対性理論に伴う双子のパラドックス（時間のパラドックス）や長さのパラドックスなどは，物理学に興味を抱く一般市民をも巻き込んで，アインシュタインの相対性理論の発表以来今日まで連綿と続いている．もちろん，これに対する現代物理学界の一般的な反応は，「アインシュタインの相対性理論にはパラドックスは存在しない（パラドックスではない）」という解釈にある[2),3),4),5),6),10)].

ここで議論しているアインシュタインの特殊相対性理論の本質の部分は，四則演算のみでできている．したがって，中学校で習う理科や数学の知識程度でその内容は十分に理解できるはずである．にも拘わらず，今日まで，現役の研究者そして著名な物理学者らをも巻き込んで，かくも議論となる理由はどこにあるのだろうか？また，その内容が主に四則演算のみからなるにも係わらず明確な結論を得ないままに今日にいたるまで議論の的となっている物理学上の問題は，著者の知る限りにおいて他に存在しない．

科学教育と科学に基づく技術に立脚する社会を生きる今日にあっても，「楽しい時の時間経過はあっという間に感じ，逆に苦しい時の時間経過は長く感じる」などと，時間の経過の感じ方が相対的なものであることを，アインシュタインの相対性理論と関連付けて語られる場合も多々ある．こうして，アインシュタインの相対性理論は，物理学の域を出でて，タイムマシンなど想像の世界や，飛躍した未来の社会像までも想像させる要因となっている．事実，アインシュタインの相対性理論や物理学者アインシュタインそのものを話題にして想像的な社会を描く漫画やTV番組・映画などが多数存在する．

本論は，アインシュタインの相対性理論から派生される相対論的時間及び相対論的長さの概念がまったくの誤りであることを具体的に明らかにした上で（すなわち，長さの短縮や時間の短縮が実際上もまた理論上であってもまったく存在しないことを示した上で），仲座の新相対性理論とアインシュタインの相対性理論との決定的な違い，そしてその妥当性を明らかにすることを主目的としている．

2. 時間及び長さに関する現代物理学界における説明の例示

2.1 アインシュタインによる説明

アインシュタイン[1)]は，運動物体の運動方向の長さの測定に対して，「静止系の観測者は，正確な多数の時計の助けを借りて，運動物体の両端が同時に占める空間上の2点を見定めた上で，物指しを用いてこの2点間の距離を繰り返し測定すればよい」とする旨の説明を与えている．しかし，この方法を実際に思考実験してみると，測定される運動物体の長さは，それが静止時に見せる長さl_0とまったく同じものとなることが容易に示される[11)].

アインシュタインの相対性理論の本質を成す基礎理論は，以下に示すローレンツ変換をもって説明される[1)].

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(t - vx/c^2) \tag{1}$$

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(x - vt) \tag{2}$$

$$y' = y \tag{3}$$

$$z' = z \tag{4}$$

ここに，（x，y，z）及びtはそれぞれ静止系の空間座標及び時間，（x'，y'，z'）及びt'はそれぞれ運動系の空間座標及び時間，vは運動系の静止系に対する移動速度，cは光の速さを表す．

上記の座標系の定義においては，静止系と運動系が互いに静止した関係にあるときに，両者の座標系の座標軸のそれぞれは互いに重なり同じ向きにあることが確認されている．その後に，静止系に対して運動系がその座標軸の姿勢を保ったまま，x軸の正の方向に，一定速度で運動する場合が仮定されている．

式（1）及び（2）に示す関係に，

$$x = vt \tag{5}$$

及び

$$x = vt + l \tag{6}$$

なる関係を代入し，次なる関係式を得る．

$$t' = \sqrt{1 - v^2/c^2}\,t \tag{7}$$

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\,l \tag{8}$$

ここに，x'は運動系の観測者に互いに静止した関係となって測定される運動物体の運動方向の長さを表す．また，lは静止系の観測者に観測される運動物体の運動方向の長さを表す．

相対性原理によれば，運動系の観測者に互いに静止した関係となって計測される運動物体の運動方向の長さ（物体と伴走する系から見た長さ）は，その物体が静止

系の観測者に対して互いに静止した関係となって測定されるときの長さl_0と同じでなければならない．

よって，式（8）は，次の関係を与える．

$$l_0 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l \qquad (9)$$

アインシュタインは，式（7）及び式（9）に拠って，「運動系の時間は静止系の時間よりも短縮しており，運動系の運動方向の長さは静止系の観測者に短縮して観測される」とする結論を与えている．その結果，時間及び長さは，絶対的なものではなく，相対的なものであるとする概念が生まれ，ニュートン力学で定義される普遍的な時間や長さの定義は物理学の世界から葬りさられることとなった．

以上の説明が 1905 年にアインシュタインによって与えられた特殊相対性理論のおおよその内容である．ここに見るように，√関数の部分を一つのパラメータと置いてしまえば，アインシュタインの特殊相対性理論の本質的な部分は四則演算のみで構築される．また，ここまでの理論展開は単純明快であり，容易に順次導出できる内容となっている．

以下においては，本節で与えた時間や長さに対する短縮の問題を，さらに具体的に議論してみる．

2.2　時間の短縮や長さの短縮に対する考察その１

アインシュタインの定義によれば，静止系の観測者に計測される運動物体の運動方向の長さは，運動物体の両端が同時に占める静止系の空間長をもって測られることから，式（1）及び式（2）に，$t=0$，$x=0$及び$t=0$，$x=l$を代入し，それらに対応して，$t'=0$，$x'=0$及び$t'=(-vl/c^2)/\sqrt{1-v^2/c^2}$，$x'=l/\sqrt{1-v^2/c^2}$なる関係を得る．すなわち，運動物体の両端は運動系の座標において，$x'=0$と$x'=l/\sqrt{1-v^2/c^2}$に位置するため，その長さは，次のように与えられる．

$$l' = l/\sqrt{1-v^2/c^2} \qquad (10)$$

したがって，静止系に対して一定速度で運動している物体の運動方向の長さl'（この長さは，運動系の観測者に互いに静止した関係となって測られる長さを意味する．このように計測される長さは固有長と呼ばれる）は，それが静止系の観測者に一定速度で運動する物体の長さとして測定されるときの長さlよりも長い．すなわち，運動物体の固有長l'を基本とすると，それは静止系の観測者には，短縮して計測されることになる．

次いで，静止系の離れた 2 点において共に$t=0$を示し「同時」と観測されることが，運動系では対応する 2 点において，$t'=0$及び$t'=(-vl/c^2)/\sqrt{1-v^2/c^2}$が与えられ，「同時でない」とする説明が与えられる．また，両系の座標原点における時間を比較することで，式（7）に示す関係が与えられるため，運動系の時計の示す時間を固有時として基本に据えれば，静止系の時計は運動系のそれよりも進んだ時を示すことになる．

アインシュタイン [1]は，静止系の観測者が観測する運動物体の長さに関して，次のような旨の説明を与えている．

… 静止状態では半径Rの球の形をしている剛体でも，一定の速さvで走っている状態では，つまり静止系から眺めれば，その 3 軸の長さが

$$R\sqrt{1-v^2/c^2},\ R,\ R$$

という回転楕円体の形になる．すなわち，球（だけでなく，どんな形の剛体でも）のY，およびZ方向の大きさには，剛体が走っていることに基づく変化はない．これに対して運動方向の長さは$1:\sqrt{1-v^2/c^2}$の割合で収縮したように見える．… 静止系に静止している球体を，一定の速さvで走っている運動系から眺めたとき，上に述べたことと同じ結果が観測されることは自明であろう．

時間に関して，アインシュタイン [1]は，次のような説明を与えている．

… 地球の赤道上に固定され，自転する地球に伴って動いている時計は，地球の南北いずれかの極点に置かれたまったく同じ構造や性能をもつ時計に比べて，非常にわずかであるが，遅いテンポで時を刻む.

これら長さや時間に関するアインシュタインの説明によれば，運動している物体の長さや時間は，それに対して静止している物体の長さや時間に対して実際に短縮していることになる．このような説明は，文献 2）～6)においても同様な説明となっている．

特に，文献 2), 3), 6)においては，長さや時間の短縮が実際に起こる現象であることを強調している．その説明の中で，静止系で互いに静止した関係にあるときに，物体が静止系のある 2 点間長よりも長く，物体はその 2 点間内に収まらない場合であっても，その物体がある一定の速さで運動してきた場合には，静止系のその 2 点間長よりも短くなる．したがって，例えば運動物体が車で，静止系の 2 点間長が車のガレージに対応する場合（互いに静止しているとき車の長さはガレージの長さより長い），一定速度で運動してきた車は（実際に短縮しているため），ある瞬間にガレージ内に収まることができるとする説明を与えている．このことは，ガレージのパラドックスと呼ばれる場合がある．

ここに示す長さや時間に関する議論の結論は，2 つの慣性系の間に明らかに相違を与えている．このような系間の非対称性は，相対性原理に背く．このことは，H. Dingle[7),8)]や L. Essen[9)]が指摘したことでもある．

2.3 時間の短縮や長さの短縮に対する考察その２〔高原（文献 10）による説明〕

比較的最近出版された教科書（高原文郎，培風館，2012年）は，運動物体の長さや時間に関して，次のような説明を与えている．

… 物体が静止している慣性系を K'系とし，K系では物体はx軸方向に速度vで運動しているものとする．K'系で測ったx'軸方向の長さl_0は

$$l_0 = x'_2 - x'_1 \tag{11}$$

である．ここでx'_1，x'_2は両端の点のx'座標である．K系での長さは K 系での時刻を同じにしたときのx座標の差である．ローレンツ変換

$$x' = \gamma(x - vt) \tag{12}$$

$$\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2} \tag{13}$$

より

$$l_0 = \gamma(x_2 - x_1) = \gamma l \tag{14}$$

を得るので，K 系で測った物体の運動方向の長さlはローレンツ因子の分だけ短くなっている．これをローレンツ収縮と呼ぶ.

「運動物体の長さは短くなる」と表現されることもあるが，物体が運動しているように見えるK系（静止系）での物体の「長さ」に物理的意味はなく，あくまで，lは同時刻に測定される座標の差という量でしかない．このときこの測定は K'系（運動系）では同時刻ではないが，K'系では物体は静止しているので，同時刻の測定でなくてもl_0は意味のある量なのである．このように，物理的に意味のある長さは物体が静止しているような座標系で測った長さであり，この座標系を物体の固有座標系，この長さのことを固有長さという.

続けて，高原は時間の遅れについて，次のような説明を与えている.

相対論では，時間の進み方も座標系に依存する．K 系で一定の速度 v で x 軸方向に運動する時計を考える．この時計の固有座標系（K'系）で時計は原点にあり（$x' = 0$），時刻がt'_1から t'_2になったとする．時計の示す経過時間 τは

$$\tau = t'_2 - t'_1 \tag{15}$$

である．これを K 系で見ると

$$t_2 = \gamma\ t'_2 \tag{16}$$

$$t_1 = \gamma\ t'_1 \tag{17}$$

なので，K系での経過時間は

$$t_2 - t_1 = \gamma\tau \tag{18}$$

となる．すなわち，運動している時計はゆっくり進むことになる．これを時計の遅れあるいは時間の遅れという.

K系では，時計の空間座標は

$$x_1 = \gamma v\ t'_1 \tag{19}$$

から

$$x_2 = \gamma v\ t'_2 \tag{20}$$

に移動している．当然,

$$x_2 - x_1 = v(t_2 - t_1) \tag{21}$$

である．K'系の時計（運動している時計）は一つであり，これと比較されるK系の時計はx_1およびx_2にある二つの別の時計であることに注意しておこう．物理的に意味のある時間は固有座標系で測った時間であり，これを固有時間という．K 系で測った時間はこのような測定操作で得られるものであり，物理的に時間が伸びるわけではない.

この高原の説明で問題となるのは，物理的に意味のある長さや時間と，物理的に意味の無い長さや時間とを物理学的にいかように理解すればよいかにある.

2.4 E. Dewan & M. Beran，J. S. Bell，松田よる 2 台のロケットの同時発射の問題の説明 [11), 12)]

ここでは，静止系で鉛直方向に間隔を空けて縦列をなして静止している同型の 2 台のロケットの同時発射の問題を考える（話を簡単にするために，この問題ではx軸を鉛直上向きに取る）．この 2 台のロケットは，静止系の観測者から見て，同時にまったく同じ一定の速度で移動するものと設定する.

問題の設定条件から，2 台のロケットの間隔は，それらが発射前もまた発射後も終始一定となって静止系の観測者に観測される．この間隔長をlと置く（すなわち，$l = l_0$）.

式（1）及び（2）に，2 台のロケットの位置と発射時刻，$t = 0$，$x = 0$及び$t = 0$，$x = l$を代入し，それらに対応して，$t' = 0$，$x' = 0$ 及び $t' = (-vl/c^2)/\sqrt{1 - v^2/c^2}$，$x' = l/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ なる関係を得る．すなわち，運動系の観測者（ロケットのパイロット）の測る 2 点は運動系の座標において，$x' = 0$と$x' = l/\sqrt{1 - v^2/c^2}$に位置するため，その 2 点間長$l'$は，次のように与えられる.

$$l' = l/\sqrt{1 - v^2/c^2} \tag{22}$$

すなわち，静止系で静止していた 2 台のロケット間長

は，それらが一定速度で運動する際にはその静止時の 2 点間長lよりも伸びてl'となる（この長l'さは，運動系の観測者，すなわちロケットのパイロットに対して静止した関係となって測られる長さを意味する）．

ここで，静止系では 2 台のロケットの発射時刻が共に$t = 0$を示し「同時」と観測されることが，運動系では（パイロットの観測によれば）対応する 2 点において「同時でない」とする説明が与えられる．この場合，先頭にあるロケットが後方のロケットの発射時よりも，$(vl/c^2)/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ だけ早めに発射したことになる．その結果，2 台のロケット間長は発射前よりも伸びていることになると説明されている．

上術のような説明に対しては，例えば次のような反論が投じられている．

上の説明では，2 台のロケットの同時発射問題であったが，そのような問題設定に対しては，1 台のロケットの発射問題，すなわち，2 台のロケットを 1 台のロケットの先端と後端の 2 点の同時発射の問題に読み替えることができる．そのような場合，この 2 点間長が運動系で伸びて，しかも非同時発射として計測されるとなると，この 1 台のロケットはその作用で破壊することになるのではないか？

こうした疑義に対して，様々な議論が交わされているが，後述するように，これらの議論の一切は誤った議論となっていることから，ここでは，これ以上の議論を割愛することにする．

2.5　静止系の観測者に観測される運動系の光源から発せられる光の伝播 [4]

運動系で測定される固有時や固有長さを，それが一定速度で運動して見える静止系から観測するとき，それらがいかようなものとなって観測されるかが，これまでにローレンツ変換式にもとづいて議論された．

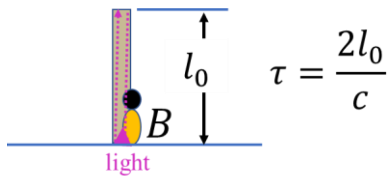
ここでは，光伝播の観測という立場から視覚的かつ物理的にそれらの関係を導く．

図−1 は，運動系の観測者 B が互いに静止した関係にある鉛直方向の長さl_0を光測量する場合の光の伝播状況を示している．これによれば，運動系の観測者の測る 2 点間の距離の測定に要する（2 点間を光が往復伝播するに要する）時間τは，次のように与えられる．

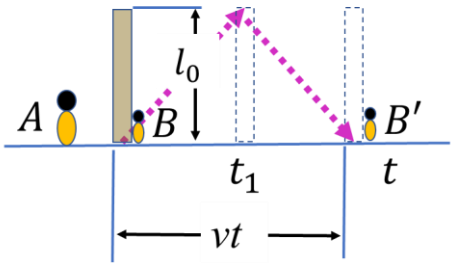
$$\tau = 2l_0/c \tag{23}$$

このような光伝播の様子を，静止系の観測者 A が観測する場合，その光の伝播は図−2 に示すように与えられる．この場合，運動系は，静止系に対して（紙面に向かって右手方向に）一定速度vで運動している．

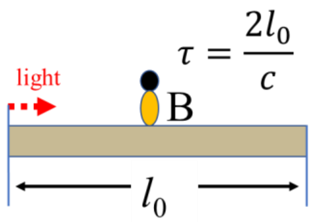
したがって，静止系の観測者に観測されるその光の伝播と時間の関係は，幾何学的関係より，次のように与えられる．



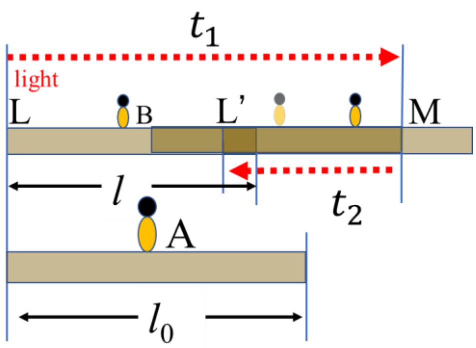
図−1　運動系の観測者による鉛直長さの光測量



図−2　静止系の観測者に観測される運動系の観測者による鉛直長さの光測量の様子



図−3　運動系の観測者による運動方向の長さの光測量



図−4　静止系の観測者に観測される運動系の観測者による運動方向の長さの光測量の様子

$$(ct/2)^2 = {l_0}^2 + (vt/2)^2 \tag{24}$$

（ここではアプリオリに，光速度不変の原理が適用されていることに注意を要する．）

式（23）と（24）より，次なる関係が与えられる．

$$\tau = \sqrt{1 - v^2/c^2}\,t \tag{25}$$

これに対して，運動方向の長さの測定に関しては，次のように説明される．

図–3 に示すように，運動系内で運動方向の 2 点間の距離の測定が光測量により行われている．運動系の観測者にはこの測量は，静止した 2 点間の距離の測量となる．これを静止系から眺めると，2 点間の距離は観測者に対して一定速度で運動しているため，ローレンツ短縮を起こして観測される．その短縮して観測される長さをlで表す（後に説明されることになるが，ここにローレンツ収縮がアプリオリに導入されている．本来，このことは本測量の結論として得られるべきものであることに注意を要する）．

図–4 において，静止系の観測者 A 及び運動系の観測者 B はいずれも，時間ゼロの時点には同じ水平線上の同じ位置を占めるが，重なって表示が困難なため，静止系の観測者 A の位置をずらせて表示してある．

図–4 に示すように，静止系から見て，光が点 L から点 M へ伝播するのに要した時間をt_1とすると，図の関係から，次なる関係が与えられる．

$$ct_1 = l + vt_1 \tag{26}$$

したがって，次式が得られる．

$$(c - v)t_1 = l \tag{27}$$

さらに，光が点 M の位置の鏡で反射し点 L'まで伝播するのに要する時間をt_2とすると，次なる関係が与えられる（この時点では，当初点 L にあった始点は点 L'の位置に達している）．

$$(c + v)t_2 = l \tag{28}$$

これらの関係から，光が 2 点間を往復伝播するのに要する時間tが，次のように与えられる．

$$t = t_1 + t_2 = \frac{2}{1 - v^2/c^2}\,l/c \tag{29}$$

式（26）から式（29）の観測結果は，静止系の観測者による．

ここで，時計の遅れを表す式（25）を次のように書き直し

$$t = \frac{2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\,l_0/c \tag{30}$$

これを式（29）に代入すれば，最終的に次なる関係を得る．

$$l = \sqrt{1 - v^2/c^2}\,l_0 \tag{31}$$

この関係式で与えられる長さの短縮をローレンツ収縮と呼ぶ．

〔しかし，式（25）は，運動系の運動方向と垂直方向に伝播する光に関する関係式であって，その関係が運動方向の光伝播に対しても適用できるかどうかはアプリオリには分からないことに注意を要する〕

以上が，光伝播の観測に基づいて設定される時間及び長さの短縮に関する視覚的かつ物理的説明となっている．これに関しては，多くの教科書等でそれぞれにいろいろと工夫を凝らした説明がされているが，それらの本質はここに示された内容と同じと言える．

2.6 従来の説明のまとめ

本章では，さまざまな角度からアインシュタインの相対性理論に関する説明を提示した．しかし，これから説明される仲座の新相対性理論によれば，これらの説明の一切が誤りであることが示される．

結論として，従来の説明は，時間や長さの短縮が実際に生じるものとなっている．いずれかの系の時間や長さが他の系のそれらに対して実際に短縮することは，そもそも，アインシュタインが打ち立てた相対性原理（系間の対称性）に背くものとなっている．しかしながら，これまでに行われてきた相対性理論に関する物理学実験は，それらの殆どがアインシュタインの相対性理論の正しさを主張する内容となっている．

例えば，特殊相対性理論に関しては，H. Rossi & D. B. Hall による宇宙線ミューオンの寿命の延びの観測[13)]，J.C. Hafele & R. E. Keating による航空機搭載の原子時計の時間の遅れ実験[14)]，GPS 衛星搭載の原子時計の周波数調整の実際[15)]などは，アインシュタインの定義による相対論的時間（運動している時間の遅れ）の正しさを実証したとする内容となっている．その結果，アインシュタインの相対性理論からは，双子のパラドックスをはじめとして相対論的時間や長さにまつわる様々なパラドックスが派生され，そのことについて今日までも議論の的となっている．アインシュタインの相対性理論には光速度不変の原理が，理論構築の前提として導入されていることも特徴の一つとして挙げられる．

以下に説明される仲座の新相対性理論では，相対性原理の下に，アインシュタインが導入した光速度不変の原理，相対論的時間及び長さの定義などが，理論構築過程から一掃される．その代わりに，相対速度の存在する波源から放出される光など電磁波は，その相対速度の方向に古典的ドップラーシフトと振動数の赤方偏移（redshift）を生じて観測され，相対速度と直交する方向には振動数

の赤方偏移を伴って観測されるという物理学的実験事実が導入される．

3. 仲座の新相対性理論 [16), 17), 18), 19), 20)]

ここでは，仲座によって提案されている新相対性理論が展開される．それがアインシュタインの相対性理論と異なる著しい点は，ロレンツ変換した先の時間及び空間座標がアインシュタインの相対性理論ではアプリオリに運動系の時間及び空間を表すとされているのに対して，新相対性理論では，運動系と並走する移動座標系（すなわち，数学的に設定される移動座標系）の時間及び空間を表すとする点にある．

これを光の伝播の観測という観点に立てば，相対速度を有する系から発せられる光の伝播，その光が伝える時間情報（振動数）及び，その光の伝播が描く距離の観測として説明される．すなわち，従来の相対性理論で運動系の時間や長さの短縮として説明されて来た事は，運動系から静止系に届く光が伝える時間情報及びその光が示す伝播距離に関することであり，実際に運動系の時間や長さが短縮することではないことが示される．

その結果，アインシュタインによって葬り去られた時間の不変性が再定義され，逆にアインシュタインが導入した光速度不変の原理，そして相対論的時間及び距離の定義が相対性理論構築の過程から一掃される．

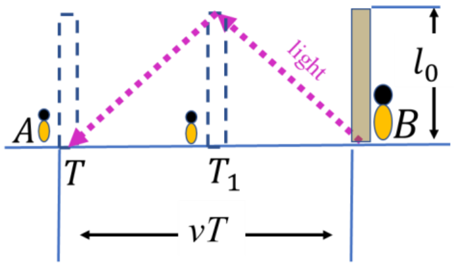
前章においては，アインシュタインの相対性理論を説明するいろいろな展開が紹介されたが，それらの議論の本質は共にまったく同じであり，よってそれらの誤りを示すには，いずれか一つに対して議論することで十分である．以下の説明においては，視覚的にも具体的となる光の伝播の観測の事例をもってアインシュタインの相対性理論の論駁を示す．

3.1 相対性原理に基づく変換式の誘導

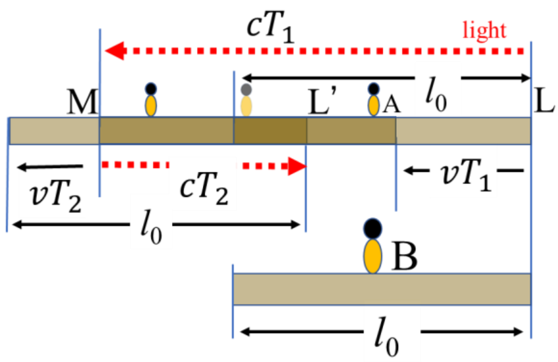
議論を始めるに当たり，静止系の空間座標及び時間を（x，y，z）及びtで表し，運動系の空間座標及び時間を（X，Y，Z）及びTで表すことにする．相対性原理による系間の対称性によって，両系の空間座標の目盛間隔は互いに等しく，経過時間は未来永劫に互いに等しくなければならない．したがって，両系の時間に関し，以下の関係が与えられる．

$$t = T \tag{32}$$

式（32）の存在は，アインシュタインの相対性理論による相対論的時間の定義と根本的に異なる．また，アインシュタインが運動物体の相対論的長さを定義づけたことに関しても，相対性原理に則りそれは不変でなければならない．展開される相対性理論が新相対性理論と呼ばれる所以の第一義がここにある．



図–5　運動系から発せられる光が静止系の鉛直軸に沿う光の伝播として運動系の観測者に観測される様子



図–6　運動系から発せられる光が静止系の運動方向に伝播する光として運動系の観測者に観測される様子

式（25）は，図–2に示す関係をもとに構築された．しかしながら，図–2 に示す光の伝播の様子は，そもそも静止系の観測者には観測されることはない．運動系の観測者は，鉛直方向の距離を測定するのに，鉛直上下方向に光を伝播させなければならない．その結果が式（23）を導いている．しかし，運動系の観測者の放つ光が静止系で観測されるためには，その光の伝播方向が静止系を向いている必要がある．したがって，図–2 に示す光の伝播の様子が静止系で観測されることはあり得ない．このことは，図–4 の場合も同様である．第 2 章で説明したアインシュタインの相対性理論を視覚的に説明する場合，大抵は図–2 や図–4 に類似した関係図が用いられている．このような説明は，誤っており，以下のように正されなければならない．

光を放つ立場にある運動系の観測者から静止系を眺めると，静止系の観測者がX軸の負の方向に（紙面に向かって左方向に）一定の速度vで遠ざかって観察される．したがって，運動系の観測者の立場からは，運動系が静止系となり，逆に静止系が運動系となる．

運動系の観測者 B が手持ちの光源で光を発射し，静止系の鉛直軸の上方向に伝播する光としてその光を届けるには，図−5 に示すように，運動系の鉛直上方向ではなく，鉛直上方向よりも静止系の運動方向に傾いた方向に光を発射する必要がある．そのように運動系から発射された光は，静止系の鉛直軸に沿って上向きに伝播する光となって静止系の観測者 A に観測されるはずである（これは運動系の観測者による推測である）．

このように伝播する光を運動系の観測者（自らは静止系にいるものと考えている）は，手持ちの時計の示す時間Tによって，次のように計測する．

$$(cT/2)^2 = {l_0}^2 + (vT/2)^2 \tag{33}$$

ここに，l_0は運動系の観測者に静止して計測される鉛直高さを表す．

式（33）より，次式を得る．

$$T = \frac{2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l_0/c \tag{34}$$

ここに得られる時間は，運動系の観測者が発する光が静止系の鉛直軸方向に沿って往復伝播するのを，運動系の観測者自身が運動系で観測する時間である．

しかるに，従来の相対性理論では，式（34）に示す関係式が式（25）として与えられて，静止系と運動系の時間の関係を表すものとして解釈されている．

式（33）び（34）で与えられる（運動系の観測者が観測する）静止系の鉛直方向への光の伝播を，静止系の観測者はどのように観測するものとなるか？これに答えることが相対性理論の本質（相対論的変換式の本質）を成す．

ここで，光速度不変の原理の導入の代わりに，我々は物理学的実験事実を導入する必要がある．それは，相対速度を有する光源から発せられた光はその光源の運動方向には古典的ドップラー効果と 2 次の振動数シフト（redshift）を伴って観測され，垂直方向には 2 次の振動数シフトを伴って観測されるという事実である．但し，そのようなことが観測可能なことは，相対性原理の下に保証される式（32）の存在に基づく．

したがって，物理学的実験事実に基づけば，運動系から静止系に届く光がその振動数をもとに静止系の観測者に伝える時間情報t'は，次のように与えられる．

$$t' = \sqrt{1 - v^2/c^2}T \tag{35}$$

したがって，式（34）及び式（35）より，光の片道伝播に対して，次式を得る．

$$t' = l_0/c \tag{36}$$

これより，運動系から静止系に届く光が，静止系で鉛直方向の伝播として描く距離は，式（36）に示す時間の間に描く光の伝播距離l'として与えられ，次式で与えられる．

$$l' = l_0 \tag{37}$$

したがって，運動系の観測者が，静止系の鉛直軸方向の高さl_0を測定している事実は，静止系の観測者から見ても正しく高さl_0を測定していることが確かめられる．

しかしながら，式（36）から式（37）を得るには，運動系から静止系に届く光が，静止系で鉛直方向に伝播する光として静止系の観測者に観測されるとき，その速さは式（33）の場合と同様にcとして与えられるとする設定がすでに導入されている．アインシュタインによれば，このことは光速度不変の原理の導入として説明される．しかしながら，本論ではその原理の導入を不必要としている．代わりに本論では，「光の振動数に redshift を伴って観測されるという実験事実が，光の速さをcとして観測させる物理的メカニズムである」と捉えている．このことは，後に式（56）を誘導した上で，次節にて詳しく説明される．

次に，運動系の観測者が静止系の運動方向に光を放ち，静止系の運動方向の長さを測定する場合について議論する．その測量の様子を図−6 に示す．但し，静止系の観測者 A 及び運動系の観測者 B はいずれも，時間ゼロの時点には同じ水平線上の同じ位置を占めるが，重なって表示が困難なため，運動系の観測者 B の位置をずらせて表示してある．

運動系から見て静止系はX軸上を負の方向に（紙面に向かって左方向に）一定速度で運動している．光測量を行っているのは運動系の観測者である．その光が静止系に届くプロセスは，以下のように説明される．

まず，運動系の観測者は，静止系と互いに静止した関係にあるときに確認した長さl_0の棒の先端と後端に光がいかように届くものとなるかを見定める必要がある．相対性原理によれば，棒の長さは，それが静止系の観測者の目前に静止している場合も，また一定速度で運動している場合もまったく同じ長さである．

光が点 L から点 M へ（棒の始点から終点）伝播するのに要した時間をT_1とすると，図の関係から，次なる関係が与えられる（この光測量は運動系の観測者 B が行っていることに注意）．

$$cT_1 = l_0 + vT_1 \tag{38}$$

したがって，次が得られる．

$$(c - v)T_1 = l_0 \tag{39}$$

さらに，光が点 M の位置の鏡で反射し点 L’まで伝播するのに要する時間をT_2とすると，運動系の観測者に対して，次なる関係が与えられる．

$$(c+v)T_2 = l_0 \tag{40}$$

ここで，測定時間の平均値$\bar{T}$を求めておくと，それは次式で与えられる．

$$\bar{T} = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{1}{1-v^2/c^2}\,l_0/c \tag{41}$$

運動系の観測者に観測される光の伝播は，物理学的実験事実によれば，静止系の観測者に対しては古典的ドップラー効果及び振動数のredshiftを生じて観測される．したがって，運動系から静止系に届く光が静止系の観測者に伝える時間情報（t'_1及びt'_2）は，次のように与えられる．

$$t'_1 = \frac{1}{(1-v/c)}(l_0/c)\frac{1}{(1+v/c)}\sqrt{1-v^2/c^2} \tag{42}$$

$$t'_2 = \frac{1}{(1+v/c)}(l_0/c)\frac{1}{(1-v/c)}\sqrt{1-v^2/c^2} \tag{43}$$

すなわち，

$$t'_1 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\,l_0/c \tag{44}$$

$$t'_2 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\,l_0/c \tag{45}$$

式（41），式（44）及び（45）の関係から，静止系の観測者に観測される測定時間は，運動系の観測者の測定時間そのものが短縮したものではなく，それらの平均時間が短縮した形となっていることに注目しておく必要がある．

ここで，運動系の観測者の測定時間Tとその平均時間$\bar{T}$との関係を，次のように表すことにする．

$$\bar{T} = T - \Delta T \tag{46}$$

ここに，ΔTは測定時間を平均時間に直すための補正時を表す．

式（40）に示す測定時間及び式（41）を式（46）に代入して，次を得る．

$$\Delta T = \frac{l_0}{c+v} - \frac{1}{1-v^2/c^2}\,l_0/c \tag{47}$$

よって

$$\Delta T = -\frac{1}{1-v^2/c^2}\,v l_0/c^2 \tag{48}$$

これを式（46）に代入し，次を得る．

$$\bar{T} = T + \frac{1}{1-v^2/c^2}\,v l_0/c^2 \tag{49}$$

ここに，座標軸と移動距離との関係より，次式が成立する．

$$X = -vT + l_0 \tag{50}$$

これを式（49）に代入して，次を得る．

$$\bar{T} = T + \frac{1}{1-v^2/c^2}\,v(X+vT)/c^2 \tag{51}$$

よって，次式が得られる．

$$\bar{T} = \frac{1}{1-v^2/c^2}(T + vX/c^2) \tag{52}$$

式（44）及び（45），式（52）より，次を得る．

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(T + vX/c^2) \tag{53}$$

これは，先に式（1）で与えた時間のローレンツ変換式の式形にほかならない（運動系から見た場合）．

式（53）において，運動系から見た静止系の原点位置，$X = -vT$を与えて，それが式（35）の場合をも含むことが示される．

ここで，式（44）及び（45）に立ち戻ると，次の関係式が与えられる．

$$t' = t'_1 + t'_2 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(2l_0)/c \tag{54}$$

ここに，式中に現れる$2l_0$の係数2は，直線距離l_0を光が往復伝播することを意味する．

よって，光が距離l_0を片道伝播することに対しては，次なる関係が与えられる．

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\,l_0/c \tag{55}$$

また，この光伝播が式（55）に示す時間内に静止系に描く距離は，次のように与えられる．

$$l' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\,l_0 \tag{56}$$

式（55）から式（56）を得るにも，観測される光の速さをcとしている．このことの妥当性は次節にて説明される．

問題の設定が示すように，運動系の観測者が光測量の測定対象とした運動物体の運動方向の長さはl_0であったが，それをその棒と互いに静止した関係にある静止系の観測者から見るとそれは，実際には式（56）で示される長さl'を測るものとなっていることが明らかとなる．

式（56）に式（50）を代入し，次を得る．

$$l' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(X + vT) \tag{57}$$

すなわち

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(X + vT) \tag{58}$$

これは，先に式（2）で与えた，運動方向に関するローレンツ変換式の式形に他ならない（運動系から見た場合）．

運動方向と垂直方向には，式（37）が成立するので，

次なる関係が与えられる．

$$y' = Y \tag{59}$$

$$z' = Z \tag{60}$$

静止系と運動系の空間座標及び時間については，前節にてすでに定義されている．ローレンツ変換後の時間t'及び座標（x'，y'，z'）は何を表すものか？この問に対する解答は，次のように与えられる．

式（36）及び（37），そして式（55）及び（56）が示すように，それらが相対速度を有する光源から届く光が伝える時間情報及びその光が描く伝播距離を表すことに従い，ローレンツ変換後の時間及び座標は，運動系から放たれた光（電磁波）が静止系でいかように観測されるものとなるか，あるいは逆に静止系から放たれた光（電磁波）が運動系でいかように観測されるものとなるかを表すことになる．

また，静止系に基準を置き，座標変換という観点に立てば，古典的力学において行われるガリレイ変換と同様に，静止系の観測者が運動系と互いに静止した関係となって（相対速度の存在を消し去って），光（電磁）現象を観察するために数学的に設定される移動座標系の時間及び座標と定義される．このように定義される移動座標系を相対論的移動座標系と呼ぶことができる．

式（53），（58），（59），（60）が新相対性理論における新たなローレンツ変換を成す．静止系を基準とする場合のローレンツ変換の式形は，式（1）～（4）と同じ形にある．

アインシュタインは，長さと時間の相対論を議論するに当たり，2 点に置かれた時計の同時性の問題を議論している．しかしながら，式（46）から式（49）に示されるように，そのような議論は相対性理論構築に不必要である．

3.2　光の速さが相対速度の存在に依存しないことの物理的メカニズム

光の速さが静止系で等方的で一定値cとして観測されるとき，相対性原理によって，運動系でも光の速さはcとなって観測されなければならない．しかしながら，静止系（あるいは，運動系）で放たれた光が，運動系（あるいは，静止系）で観測されるとき，その光の速さが等方的で一定値cとなっているかどうかはアプリオリには定まっていない．

ここでは，静止系で発せられた光が運動系で観測される場合であっても，その速さは静止系で観測されるのと同様に等方的で一定値cとなって観測されることの物理的メカニズムについて考察する．

静止系を基準とする新たなローレンツ変換は，次のように与えられる．

$$t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \tag{61}$$

$$x' = \gamma(x - vt) \tag{62}$$

$$y' = y \tag{63}$$

$$z' = z \tag{64}$$

ここに，γは$\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$　を表す．

これらの変換式の式形はアインシュタインの定義によるローレンツ変換の式（1）から（4）に示す式形と同じである．しかしながら，それらの意味する物理は，まったく異なる．その根本的な相違は，新たな変換式に対して，式（32）の存在，そして変換後の空間座標及び時間は，運動系のそれらになるのではなく，静止系と関連づけられた移動慣性系（運動系と並走する座標系）の空間座標及び時間を成す所にある．

ここで，光など電磁波の伝播ηを表す式を，次のように設定する．

$$\eta = \eta(x - ct) \tag{65}$$

これに，式（61）及び（62）を適用し，次なる関係を得る．

$$\eta' = \eta'\left\{(1 - v/c)/\sqrt{1 - v^2/c^2}\,(x' - ct')\right\} \tag{66}$$

ここに注目すべきは，変換後の波の伝播が，古典的ドップラー効果やredshiftの影響を受けていること，またその伝播速度は相対速度に依存せず，変換前と同じ速度cとなっている点にある．このことは，運動方向と直交する座標軸方向についても同様であることが容易に示せる．

式（66）において，仮に，光の伝播速度がcと異なる形に現れると，観測される波の振動数がドップラー効果やredshift以外の影響を受けることになる．このようなことは，これまで知られている物理学的実験事実に符合しない．

以上のことから，我々は，光など電磁波が相対速度を有する他の系から発せられ，それが観測されるとき，その伝播速度は式（33）や式（39）及び（40）の場合と同様に，速さcとなっていなければならないことを明らかにすることができた．したがって，相対性理論構築において，実験事実として導入された古典的ドップラー効果やredshiftの存在に加えて，アインシュタインの光速度不変の原理の導入をまったく必要としないことをここに確認できたと言えよう．

すなわち，相対速度を有する波源から放出される光が，その伝播を眺めている観測者にドップラー効果やredshiftなど振動数及び波数にシフトを伴って観測されることが，光速度を一定値として観測させる物理的メカニズムと判

断される．

3.3　新相対性理論が導く相対論的速度変化及び加速度

これまでの議論により，静止系の観測者が光など電磁波を用いて運動物体の運動方向の 2 点間の距離を測量すると，その長さは正しく計測されていない．運動物体の運動方向の 2 点間の長さl_0を測定しているつもりでも，実際にはそれよりも伸びた長さ$l_0/\sqrt{1-v^2/c^2}$を測定していることが明らかとなった．また，静止系から放たれた光が運動系に届ける光など電磁波の振動数も redshift を起こしていることが物理学的実験からも明らかとなっている．したがって，静止系の観測者に対して一定速度で移動している運動物体の速度変化及び加速度を，光など電磁波を用いて静止系から測定するとそれは正しい測定値を成さない．速度変化及び加速度に関しては，次のように補正する必要がある．

速度変化について，

$$dv' = \frac{1}{1-v^2/c^2}dv \tag{67}$$

加速度について，

$$da' = \frac{1}{(1-v^2/c^2)^{3/2}}da \tag{68}$$

ここに，dv及びdaはそれぞれ静止系の観測者が光など電磁波を用いて測定する運動物体の運動方向の速度変化及び加速度，dv'及びda'はそれぞれ運動系の観測者が互いに静止した関係となって測る物体の微小速度及び加速度の獲得量を表す．

アインシュタインは，式（67）に対応する関係式として，相対論的速度合成則を提示しているが，それが誤りであったことが，ここに理解される．

以上の関係より，一定速度vで移動している運動物体の運動を，光など電磁波を用いて計測している静止系の観測者に対する運動方程式は，次のように与えられる（但し，物体の運動方向はx軸方向にある）．

$$\frac{m}{(1-v^2/c^2)^{3/2}}\frac{d^2x}{dt^2} = f_x \tag{69}$$

$$\frac{m}{(1-v^2/c^2)^{3/2}}\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}f_y \tag{70}$$

$$\frac{m}{(1-v^2/c^2)^{3/2}}\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}f_z \tag{71}$$

ここに，mは運動物体の質量，(f_x, f_y, f_z)は作用力ベクトルを表す．

式（69）～（71）に示す運動方程式は，相対論的運動方程式と呼ばれる．これらの運動方程式において，慣性質量が単に質量と定義されているが，これは観測者が彼に対して静止している物体に力を加え，それを静止状態から加速する際に物体が抗する慣性質量を表す．これまで，相対論的慣性質量が$m/\sqrt{1-v^2/c^2}$として$1/\sqrt{1-v^2/c^2}$が掛かった形に定義される場合もあった[2)-6), 16)]．しかし，式（67）あるいは式（68）に現れているように，ファクター$1/\sqrt{1-v^2/c^2}$は光など電磁波を用いた運動物体の速度変化及び加速度の測定に対する補正として生じたものである．したがって，$m/\sqrt{1-v^2/c^2}$は，観測される加速度をそのまま正しいものと信じる立場に対して，あたかも慣性質量が増大したように測定されることで現れる見かけ上の慣性質量と定義される．このことは，相対論的なエネルギーの定義の中に現れる質量の定義についても同様である．

3.4　電磁波伝播の見え方

静止系で，その原点から放たれた光が球状に等方的に広がるとき，静止系に対して一定速度で運動する運動系からその現象を眺めるとどのような光の伝播となって観測されるか？この問に対する解答は，以下のように説明される．

静止系で，時間$(l_0/c)/(1-v^2/c^2)$の間に光の伝播が到達する範囲は，半径$l_0/(1-v^2/c^2)$の球面位置で与えられる．これを運動系で観測すると，その光の振動数が伝える伝播時間は$(l_0/c)/\sqrt{(1-v^2/c^2)}$と与えられ，この時間内に運動系に広がるその光の伝播距離は半径$l_0/\sqrt{(1-v^2/c^2)}$の球面で与えられる．運動系におけるこの光の伝播を逆に運動系で反射させ静止系で受け取ると，その光が静止系に伝える伝播時間はl_0/cとなり，この間に静止系に広がる光の伝播距離は半径l_0の球面で与えられる．

運動している物体の形状を光など電磁波を用いて計測するとき，式（33），式（39），式（40）が示すように，光の伝播速度と幾何形状の関係から，一見容易にその運動物体の形状や力学は測定されるように思える．しかしながら，その計測が運動物体の形状や力学を実際にはいかように測定するものとなっているかは，相対性理論をもって知ることとなる．

3.5　特殊相対性理論的時間遅れに関する物理学的実験結果の再考

先に述べたように，従来の相対性理論においては，アインシュタインの相対性理論による相対論的長さ及び相対論的時間を正しいものとして説明してきている．このような説明が誤りであったことは，すでに示された．

それではなぜ，宇宙線ミューオンの寿命の延びが実測

され[13]，Hafele & Keatingによる実験[14]及びGPS衛星搭載の原子時計[15]は特殊相対性理論による時間の遅れを支持するものであったのか？この問に答える必要がある．

まず，素粒子の寿命の延びは，それが獲得した運動エネルギーの増加によって説明される．電磁波を用いた観測における素粒子の相対論的エネルギーは，次のように計測される．

$$E = mc^2/\sqrt{1 - v^2/c^2} \tag{72}$$

すなわち，宇宙線ミューオンの寿命の延びは，その電磁波観測に現れる運動エネルギーの増加分として説明される．

次に，Hafele & Keatingによる実験及びGPS衛星搭載の原子時計の特殊相対論的時間の遅れは，それらの周回軌道上に現れる遠心力の作用，すなわち一般相対性理論の効果として説明される．

一般相対性理論におけるアインシュタインの等価原理によれば，重力の作用や加速度の存在は，観測者の加速的運動によって取り除くことができる．静止系から発せられる電磁波が運動系の観測者にredshiftを伴って観測されることは，物理学的実験事実及び上で述べた特殊相対性理論が教えるところである．これと同様に，加速的運動を伴う観測者には静止系の電磁波がredshiftを伴って観測される．これが，一般相対性理論における重力や加速度による時間計測の遅れを説明する．

アインシュタインの相対性理論で運動物体の長さや時間の実質的短縮とされてきたことは，式（36）及び式（37），式（55）及び式（56）で示すことができたように，本論が導く新相対性理論では相対速度を有する他の系から届く光の伝える時間情報やその時間内にその光が伝播する距離を表す．これと同様に，従来の一般相対性理論における光など電磁波観測に対する時間や空間の歪みは，実質的な時間や空間の歪みではない．光など電磁波観測を用いた時間及び空間の測定に不可避的に現れる物理現象である．その効果を取り除いて，正しい（重力や加速度の存在に左右されない）時間や空間の測定値を得るには，一般相対性理論による一般座標系の導入が必要である．このことは，特殊相対性理論におけるローレンツ変換の導入に当たる．

したがって，地上の一定高度を，一定速度で周回運動する航空機やGPS衛星搭載の原子時計には地球の重力変化と遠心力変化による影響とがそれらの振動数にredshiftを引き起こす．遠心力による影響が，周回軌道上に微小時間でみる接線方向の速度に対する特殊相対論的効果として近似されることは明らかである．

以上のことから，これまでアインシュタインの特殊相対性理論の実証として提示されてきた実験結果は，その解釈を再考する必要がある．

4. おわりに

アインシュタインは，1905年に発表した論文において，そのタイトルを「動いている物体の電気力学」と書いている．しかし，その論文は，その後に特殊相対性理論と呼ばれるようになっている．

ここで展開されたように，結局，ローレンツ変換は，静止系と定義される慣性系に対して成立する電磁場理論を，その慣性系に対して相対速度を有する他の慣性系から眺めるとき，それがいかように観測されるものとなるのかを与える変換式であることが明らかとなった．その本質は，まさにアインシュタインが論文に与えたタイトル「動いている物体の電気力学」として表されよう．

アインシュタインは，ニュートン力学で暗黙裡として受け入れられていた時間や長さの不変性を物理学から葬り去り，それらを相対的なものとして新たに構築した．しかしながら，その考え方はまったくの誤りであった．

相対性理論の本質は，ローレンツ変換が与える相対的電磁場理論ということができる．また，その理論を用いて，すなわち相対的電磁場理論を用いて計測される力学を相対論的力学と呼ぶことができよう．そのように新しく構築された相対性理論からは，長さや時間の短縮，そしてそれらにまつわるパラドックスの類が現れる余地は存在しない．

光の速さが相対速度の存在に係わらず一定となって観測される事実は，相対性原理の下に，電磁波の伝播に古典的ドップラー効果及び振動数の 2 次シフト（redshift）を伴うことにその本質がある．そして，その物理は明確である．

ここに展開される理論の適用に対しては，光速度が相対速度に対する一種の極限値として与えられる．しかしながら，その極限値は，光の速度を超える相対速度を有する運動系に対しては光など電磁波がそれに届かない〔すなわち，光速度を超える相対速度を持つ運動物体の力学は電磁波で観測不可能（見えない）〕という制限から来るものであり，相対性理論が相対速度の極限を縛るものではない．

アインシュタインは，運動している物体の運動方向の長さを測定するには，多数の時計の助けを借りて，運動物体が同時に占める 2 点間を物指しで繰り返し測定することでよいとする旨の説明を与えている．しかしながら，そのような測定は相対性理論とは無関係であった．相対

性理論は，光など電磁波を用いた運動物体の計測にあった．

アインシュタインの相対性理論構築における最大の誤りは，ローレンツ変換に対して，変換後の時間や座標値を運動系の時間や座標値としてアプリオリに設定したところにある．

1905 年来，1 世紀余にも亘って，我々はアインシュタインの相対性理論のドグマに束縛され続けて来た．その根源は，「光の速度不変の原理」の導入にあると言える．当時の時代的背景を鑑みれば，光を特別なものとして位置付ようとする思想はあったに違いない．ここに，物理学における光の神話性あるいは特別性は解かれたといって過言でなかろう．

特殊相対性理論において，ローレンツ変換が相対速度の影響を消し去って運動系の電磁場の観測を行うための座標変換であったように，一般相対性理論における一般座標系の導入は，重力や加速度の影響を消し去って電磁場の観測を行うための座標変換と言える．すなわち，重力や加速度場で光など電磁波を観測すると，それには必ず重力及び加速度の影響が現れる．例えば，地表で光など電磁波の観測を行うとそれには重力の影響が現れる．そのため，電磁波を用いた距離及び時間の計測にそれらの影響が現れる．したがって，正しい距離及び時間の計測には，一般座標系を導入し，それらの影響を消し去って観測を行う必要がある．

しかしながら，アインシュタインの相対性理論では，誤って座標変換後の空間及び時間を実際の空間及び時間として設定しているため，「空間及び時間が重力や加速度の影響で歪む」と定義されている．正しくは，「重力場や加速度場で電磁波の観測を行うとそれには不可避的にそれらの影響が現れて観測される」と設定しなければならない．

すなわち，物理学においては，定義として時間や長さ（空間）の不変的単位が設定される一方で，原子時計を用いた計測など，計測される局所的な時間や長さ（空間）とがあることに注意を要する．重力場や加速度場において原子時計の示す時間の遅れは，「計測される時間の遅れ」を表す．計測される時間の遅れや計測される空間の歪は，絶対的に設定される時間及び空間の単位をもって測られる．

LIGO の観測結果 [21]は，「ブラックホールの運動による重力場の変化で，時空が歪められることが証明された」となっているが，それは誤りであり，正しくは，「ブラックホールの運動による重力場の変化で，地表上で行われる電磁波を用いた距離及び時間の計測にその影響が現れた」と説明しなければならない [22].

新相対性理論は，相対速度の上限を何ら縛ることはない．ただ，電磁波を用いた力学の計測の限界を示すにすぎない．したがって，ブラックホールに光の速度を超えた状態で素粒子が吸い込まれたり，あるいは放出されたりしていたとしても，その事自体は相対性理論からは何ら規定されるものではない．「電磁波を用いた計測に，そうした超高速現象がかからない」ということだけである．こうして，新相対性理論は，アインシュタインの一般相対性理論をも書き換える必要性を示している．

最後に，新相対性理論を用いて，第 2 章で議論した従来の（アインシュタインの）相対性理論による説明を修正しておかなければならない．特に，Bell の宇宙船の出発の問題は根本的なところからの修正が必要である．著者も，文献 16)においてこの問題の解決を図ったが，その中でさえも従来の考え方に引きずられている．正しい説明をここで述べておくべきであるが，紙面の都合により別の機会にしたい．その中で，同時性の問題，文献 16)における原子時計の計測時の遅れの説明など，求められる修正を行いたい．

謝辞

本研究を実施するに当たり，「尾崎次郎基金」の支援を受けたことに対し，心からの感謝の念を捧げる．また，稲垣賢人博士，琉球大学大学院理工学研究科博士後期課程の田中聡氏，中央大学研究開発機構准教授福田朝生氏，琉球大学工学部宮里信寿氏，琉球大学大学院理工学研究科博士前期課程本屋敷凉氏には，本論を通読頂き貴重な提言等を頂いた．ここに記し，感謝の意を表します．

参考文献

1) 内山龍雄訳・解説：*アインシュタイン相対性理論*，岩波文庫，187p.，1988.
2) W. リンドラー著，小沢清・熊野洋訳：*特殊相対性理論*，地人書館，243p.，1989.
3) 和田純夫：*相対論的物理のききどころ*，岩波書店，173p.，1996.
4) 戸田盛和：*相対性理論 30 講*，朝倉書店，231p.，1997.
5) 窪田高弘・佐々木隆：*相対性理論*，裳華房，185p.，2001.
6) 杉山直：*相対性理論*，基礎物理学シリーズ，講談社，205p.，2010.
7) H. Dingle: The ‘Clock Paradox’ of Relativity, Nature, April 27, pp.865-866, 1957.

8) H. Dingle: Clock paradox of relativity, Science, Vol.127, pp.158-160.
9) L. Essen: The special theory of relativity, oxford Science Research Paper 5, pp.1-27, 1971.
10) 高原文郎：*特殊相対論*，培風館，198p.，2012.
11) WIKIPEDIA: Bell's spaceship paradox, https://enwikipedia/org/wiki/bell%27s_spaceship_paradox, 2019.
12) 松田卓也：特殊相対性理論のパラドックス，2 台のロケットのパラドックスを巡って，別冊・数理科学，サイエンス社，pp.45-52，2005.
13) B. Rossi and D.B. Hall (1941): Variation of the rate of decay of mesotrons with momentum, Phys. Rev., 59, 3, pp.2223-228.
14) J.C. Hafele and R.E. Keating: Around the world atomic clocks, Science, Vol.177, Issue 4044, pp.168-170, 1972.
15) N. Ashby: Relativity and the Global Positioning System, Physics Today, PP.41-47, 2002.
16) 仲座栄三：*新・相対性理論*，ボーダーインク，180p.，2015.
17) Eizo NAKAZA: Resolving our erroneous interpretation of the Galilean Transformation, Physics Essays, Vol. 28, N. 4, pp. 503-506, 2015.
18) 仲座栄三: あなたはアインシュタインの相対性理論を論駁し得るか？，沖縄科学防災環境学会論文集 (Physics)， Vol.2，No.1， pp.1-7，2017.
19) 仲座栄三：ローレンツ変換の正しい物理的解釈：補遺バージョン，沖縄科学防災環境学会論文集 (Physics)， Vol.2， No.1，p.22 -29，2017.
20) 仲座栄三：相対論的時間と光の速さについて，沖縄科学防災環境学会論文集 (Physics)，Vol.2， No.1，p.77 -80，2017.
21) B.P. Abbott et al.: Observation of gravitational waves from a binary black hole Merger, Physical Review Letters, 116, 061102, pp.1-16., 2016.
22) 仲座栄三：物理学 70 の不思議「なぜ時空は 4 次元か？」に答える，沖縄科学防災環境学会論文集 (Physics)，Vol.3，No.1，pp.12-16，2018.

（2019 8. 16 受付）