相対性原理に拠る新たな相対性理論

沖縄科学防災環境学会論文集（Physics），Vol.5，No.1，1-14，2020

相対性原理に拠る新たな相対性理論

仲座栄三

正会員　琉球大学工学部環境建設工学科（〒903-0123 沖縄県西原町千原１番地）

E-mail: enakaza@tec.u-ryukyu.ac.jp

本論は，慣性系に対する相対性原理の成立を確認した上で，光測量に基づく新たな変換則を導いている．また，それに立脚した新たな相対性理論を提示している．新たな理論では，アインシュタインの相対論的時間及び長さの概念が一掃され，絶対的時間及び長さの定義が相対性原理を成立させる要として位置付けられている．新たな相対性理論の下に，ガリレイ変換の新たな位置づけ，ニュートンの運動法則に関する新たな定義が示され，運動物体の相対論的力学及び相対論的電磁気学が論じられている．

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．その根源的な要因は，ローレンツ変換及び一般座標変換した先の座標及び時間を，アプリオリに，運動系の座標及び時間，あるいは加速度場や重力場における座標及び時間としたことにある．これによって，相対論的時間及び長さが定義され，ニュートン力学における絶対的時間や長さの概念が物理学から葬り去られたことになっている．しかしながら，アインシュタインの相対性理論では，例えば静止系に対して運動系の時間や長さが相対的に定義されることになっているので，それでは静止系の時間や長さはいかような系に対して相対的に定義されるものとなるのかが問われ，かくして，次々と，絶対静止空間の探究を許す形にある．すなわち，アインシュタインの相対性理論は，その構築の大前提である相対性原理に背いている．

Key Words: *relativity, relativistic time, relativistic length, dilation of time, twin paradox, redshift.*

１．はじめに

アインシュタイン[1)]は，特殊相対性理論を構築するに当り，理論構築の前提条件として相対性原理と光速度不変の原理を導入している．相対性原理は，2 つの慣性系の間に現れるいかなる物理現象を計測したとしても，それをもってそれらの系の内でいずれが絶対的に静止したものでいずれが絶対的に運動しているものであるかを決定することは不可能であることを主張する．したがって，相対性原理のもとでは，2 つの慣性系の内，いずれの系も互いに自らの系を静止系，あるいは運動系と任意に位置付けることが可能である．

その結果，例えば，2 つの慣性系が互いに静止した関係にあることを確認した後に，その内の一方が一定速度で運動している系（運動系）と見なされたとしても，逆に他方の系からはその系が静止している系（静止系）と見なされることになる．それらの内のいずれの系が絶対的に運動している系でいずれが静止した系であるかを決定することができないため，互いに静止した状態の際に確認し合った時計のテンポや長さの単位が，いずれか一方の系で遅れたりあるいは縮んだりしてはならないことになる．

しかるに，アインシュタインは，「運動物体は運動方向に縮み，それに付随した時計は，それが静止時に見せた時のテンポよりもゆっくり時を刻む」と説明している．アインシュタインがそのような結論に至った根源は，静止系の座標及び時間をローレンツ変換した先のそれらが，運動系の座標及び時間を表すとアプリオリに設定されていることにある．その瞬間から，アインシュタインの相対性理論は，理論構築の大前提である相対性原理に背くことになったと言える．

アインシュタインの相対性理論からは，運動系の長さ及び時間が相対的なものであるとされ，そのことは宇宙線ミューオンの寿命の延び[2)]，Hafele & Keating による実験[3)]及び GPS 衛星搭載の原子時計の振動数調整[4)]などで実証されていると考えられている．しかし，こうした説明は，系間の対称性を規定する相対性原理に反する．

繰り返しになるが，相対性原理は，「互いに静止した関係の後に，系間に相対速度が現れて観測されたとしても，それらの系の内でいずれが絶対的に運動しているものでいずれが静止したものであるかを決定することはできない」と主張するため，アインシュタインが定義するローレンツ変換は，相対性原理を満たす慣性系に適用できないことになる．すなわち，静止系に対して運動系と呼ばれるような系であっても，そこの長さや時間が伸びたり縮んだりすることは相対性原理に照らして許されないのである．このことは，相対性理論構築に当たっての大前提である．

アインシュタインがアプリオリに定義づけたローレンツ変換後の時間や座標とは，はたして運動系の時間や座標を表すものなのか？そのことは未だ証明されていない．しかるに，我々は，アプリオリにそうだと決めつけている．

本論は，まさにアインシュタインの相対性理論の根幹といえるローレンツ変換の定義を論駁し，正しい定義によって導かれる変換則に基礎を置く新しい相対性理論を提示することを目的としている．

これによって，アインシュタインの一般相対性理論における相対論的時空の定義は，絶対的な時空の定義へと見直される．

2. 光測量に基づく新たな相対性理論の構築 [5), 6), 7), 8),9),10),11)12)]

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．すなわち，アインシュタインの長さの測定方法は，相対性理論とは無関係であることが示される[7)]．

本研究では，光を用いた長さの計測，すなわち光測量に基づく議論によって相対性理論を構築する．次いで，一般相対性理論の正しい解釈について言及する．

以下に新たな相対性理論が構築されるが，それがアインシュタインの相対性理論と異なる根本的な所は，ロー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定義とは異なり，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ことにある．これを光の伝播の観測という観点に立てば，相対速度を有する他の系から発せられる光の振動数に基づく時間情報及び，その光の伝播が描く距離の観測として説明される．

したがって，アインシュタインの相対性理論において運動系の時間や長さの短縮として説明されてきたことは，そうではなく，運動系から静止系に届く光がその振動数をもとに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として説明される．よって，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．また，一般相対性理論については，加速度場や重力場における時空の曲がり（歪）として説明されてきているアインシュタインの定義が否定され，そのような場に測定される光など電磁波の周波数の redshift にもとづく計測時間及び伝播距離の変化として定義される．

その結果，アインシュタインによって葬り去られた時間及び長さの絶対性が再定義され，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長さの定義が，相対性理論構築の過程から一掃される．

2.1 静止系及び運動系の時間及び空間座標

先ずは，新たな特殊相対性理論の構築について述べる．議論を行うに当たり，2 つの慣性系の存在を仮定し，それらの一方を静止系，そして他方を運動系と名付ける．当然ながら，相対性原理の下に，それらに物理的な差異は一切存在しない．したがって，静止系あるいは運動系と呼ぶのは，議論の便宜上，単に呼び名の上でそれらに区別を与えたに過ぎない．

以下に，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．しかし，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．

$$t = T \tag{1}$$

次に，両系の座標原点に静座する 2 人の観測者の存在を仮定する．それらの観測者の目前には，まったく同じ長さの剛体棒が存在する．その剛体棒をそれぞれの観測者の任意の座標軸に沿って静置し，その長さを光測量すると，それらの長さと計測時間，そして光の速さとの間に次の関係が成立する．

$$t_0 = T_0 = l_0/c \tag{2}$$

ここに，t_0は静止系の観測者の測る計測時間，T_0は運動系の観測者の測る計測時間，l_0は剛体棒の長さ，cは光の速さを表す．

式(1)及び(2)の成立は，相対性原理によって保証される．したがって，静止系と運動系との間に相対性原理を成立

させる時空の座標変換は，ガリレイ変換として位置付けられる．ここに，アインシュタインの相対性理論が否定した座標変換（ガリレイ変換）が，相対性理論における時空の相対性原理（対象性）を成立させる要として定義される．

相対性原理によって，静止系及び運動系の観測者は，互いに自らの系を静止系と認識している．したがって，両観測者は共に，自分の持つ光源から発せられた光の伝播が等方的でありかつ，その速さを互いに同じ速さとして観測していなければならない．このような設定は相対性原理が保証することとなる．だが，その一方の系から他方の系を眺めると，他の系が一定速度vで運動して見える．このとき，他方の系の光源から届く光の速さが，式（2）の根拠をなす光の速さと同じように，等方的で一定値cとなって観測されるものであるかどうかは，ここではアプリオリには決まっていない．

一方，他方の系の観測者が放つ光は，その振動数に古典的ドップラー効果や振動数の 2 次シフト（redshift）を伴って観測される．このことは，物理学実験が示す周知の事実であり，これから相対性理論を構築する上で本質的な設定となる．しかしながら，ここで，それらの観測事実を両系の観測者が互いに持ち寄って，いずれの系が絶対的に静止していて，いずれの系が絶対的に運動しているものかを決定することは相対性原理の下に不可能であることは述べるまでもない．

以下の議論では，観測される系の運動方向（相対速度）を静止系から見ればそのx軸の正の方向にあるとし，逆に運動系から静止系の運動方向を見ればそのX軸の負の方向にあると定める．また，x軸及びX軸は水平方向にあるとし，z軸及びZ軸は鉛直方向にあると定める．

2.2　新たなローレンツ変換が与える時間及び空間座標

静止系と運動系の観測者はそれぞれに，自分の座す系を互いに静止系と認識し，傍らに静止している剛体棒の長さを光測量している．そのような状況下において，それぞれの系の観測者が他の系の観測者の行う光測量の様子を観測するとそれがいかように観測されるものとなるか？すなわち，他の系から発せられた光など電磁波がいかように観測されるものとなるか？その問に答えることが相対性理論の構築を成す．

以下では，相対性原理を取り込み，運動系で発せられた光が静止系でいかように観測されるものとなるかを議論する．その際，対応関係を明確にするために，運動系の発する光が，静止系の座標軸に沿う光の伝播となって静止系の観測者に観測されるように，運動系の観測者は光を放つことにする．

まず，運動系の運動方向と垂直な方向の光伝播について議論する．

図-1 に示すように，運動系の観測者 B から静止系の観測者 A を見れば，静止系の観測者は紙面に向かって左方向に一定の速度vで運動している．このとき，運動系の観測者は，放つ光が静止系のz軸方向の光伝播となって静止系の観測者に観測されるようにするために，その光を鉛直方向から静止系の運動方向に傾いた方向に放つ必要がある．すなわち，運動系の観測者は，放つ光が静止系のz軸に沿って立てた長さl_0の剛体棒を往復光測量するように工夫している．

このようなとき，運動系の観測者の測定によれば，次なる関係が成立する．

$$(cT/2)^2 = {l_0}^2 + (vT/2)^2 \tag{3}$$

これより，次式を得る．

$$T = \frac{2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l_0/c \tag{4}$$

ここに得られる測定時間は，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を表す．

アインシュタインの相対性理論を肯定する従来の説明によれば，式(4)をもとに，$\tau = l_0/c$と置き，これを運動系から一定速度で運動して見える静止系の時間と見なし，片道測量値に，$\tau = \sqrt{1-v^2/c^2}T$ なる関係を与えて，一定速度で運動して見える系の時間τは，観測者の時間Tに対して遅れると定義している．このような従来の定義は，以下に説明するように，明らかに誤りである．

式(4)に示す観測時間が測定されれば，観測者 B は，彼に対して一定速度で運動している剛体棒の長さ（運動方向と垂直方向の長さ）を測定したことになるはずであるが，この時点では，一定速度で動いている静止系の棒の長さが運動系の観測者 B から見て，元の長さl_0のままにあるのかどうかは定かではない．そのようになっているものとの想定にすぎない．すなわち，式(3)あるいは式(4)に示す測定結果が正しいものとなっているのかどうかは，アプリオリには分からない．そのために，我々は相対性理論が必要となる．

このような運動系の観測結果を，測量対象となっている棒の傍らにいる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構築の本質を成す．

物理学的実験事実（redshift の観測事実）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．

$$t' = \sqrt{1-v^2/c^2}T \tag{5}$$

したがって，式(4)及び式(5)より，運動系の観測者の放った光は，静止系内で，その片道伝播に対して，次式を与え

る．

$$t' = l_0/c \tag{6}$$

これより，運動系から静止系に届く光が，静止系の鉛直方向の伝播として描く距離は，式(6)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．

$$l'(= ct') = l_0 \tag{7}$$

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，ここに明らかとなる．

しかしながら，式(6)から式(7)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(2)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(36)を誘導した上で，次節にて詳しく説明される．

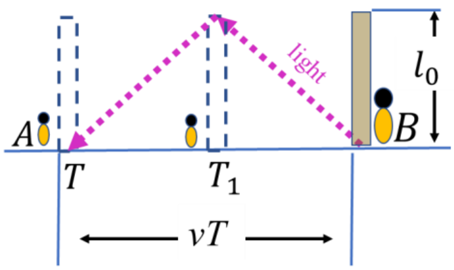

図-1　運動系から発せられる光が静止系の鉛直軸に沿う光の伝播として運動系の観測者に観測される様子

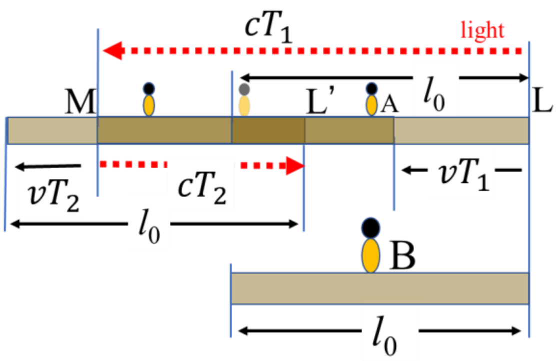

図-2　運動系から発せられる光が静止系の運動方向に伝播する光として運動系の観測者に観測される様子

アインシュタインは，他の系から届く光であっても，その速さが一定となって観測されることを一つの原理として導入した．しかしながら，真空中ではないにしても，光の速度が地上の様々なところで変化して観測されることは周知の事実であり，少なくともこのような現象の存在は，光速度不変の原理の導入の妥当性，すなわち光の速さの不変性を疑わせる．これに対して，相対速度を有する光源から発せられた光がその相対速度に依存した振動数シフトを示すことは，振動数に変化が現れることを受け入れており，実験事実に照らしていささかも揺るぐことはない．ただし，振動数シフトが系間で観測されることは，式(1)が成立していることで観測可能なことであることに注意を要する．

次に，運動系の観測者が静止系の運動方向に光を放ち，一定速度vで運動している剛体棒の運動方向の長さを測定する場合について議論する．

運動系の観測者による光測量の様子を**図-2** 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，すなわち互いに静止した関係にある時には，同じ水平線上の同じ位置を占める．そのままだと両者が重なって表示が困難なため，図では運動系の観測者 B の位置を下方にずらして表示してある．運動系から見て静止系は紙面に向かって左方向に一定速度v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 B 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，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，棒の傍らにいる静止系の観測者の測る棒の長さは，終始一定の長さl_0を示す．当然ながら，運動系の観測者の傍らに静置してある同じ棒の長さも同様に終始一定の長さl_0となって，運動系の観測者には観測されている．しかしながら，観測者 B に対して，一定速度で遠ざかる静止系の棒の長さが，観測者 B からみて，なおも一定の長さl_0となっているかどうかは，この時点では定かではない．このことについては，相対性原理はなんら保証するものとならない．

このような状況において，運動系の観測者の光測量による光が，一定速度で運動する静止系の棒を追って，運動系の点 L から点 M へ（運動系の観測者から見て棒の始点から終点へ）伝播するのに要した時間をT_1とすると，図の関係から，次式が与えられる（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）．

$$cT_1 = l_0 + vT_1 \tag{8}$$

したがって，次が得られる．

$$(c - v)T_1 = l_0 \tag{9}$$

さらに，光が運動系の点 M の位置に設置してある鏡で反射し点 L'まで伝播するのに要する時間をT_2とすると（すなわち，一定速度で運動している棒を今度は棒と逆向きに伝播する光によって測量すると），運動系の観測者に対して，次なる関係が与えられる．

$$(c+v)T_2 = l_0 \tag{10}$$

ここまでの議論は,「観測者 B に対して一定速度で遠ざかる静止系の棒の長さは，観測者 B からみても，l_0のままにある」との推定の上に行われていることに注意を要する．

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．

$$\bar{T} = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{1}{1-v^2/c^2} l_0/c \tag{11}$$

以上の議論は，運動系の観測者によるものであるが，これが静止系の観測者にいかように観測されるものとなるのかを以下に議論する．

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，その振動数にもとづいて，次のように与えられる．

$$t'_1 = \frac{1}{(1-v/c)}(l_0/c)\frac{1}{(1+v/c)}\sqrt{1-v^2/c^2} \tag{12}$$

$$t'_2 = \frac{1}{(1+v/c)}(l_0/c)\frac{1}{(1-v/c)}\sqrt{1-v^2/c^2} \tag{13}$$

すなわち

$$t'_1 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l_0/c \tag{14}$$

$$t'_2 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l_0/c \tag{15}$$

式(11)，式(14)及び(15)の関係から，静止系の観測者に観測されるその光の伝播時間は，運動系の観測者の測定時間そのものが短縮した形に与えられるのではなく，それらの平均時間が短縮した形で与えられることに注目を要する．また，式(9)及び式(10)が示すように，一定速度で運動している棒を計測している運動系の観測者に対して，光測量の光が往きと帰りとに示す測定時間に相違が見られるのに対して（非同時），式(14)及び(15)が示すように，静止系の観測者には，そのことが同じ測定時間（同時）として計測されていることにも注目を要する．

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．

$$\bar{T} = T - \Delta T \tag{16}$$

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(10)に示す測定時間を式(16)に代入して，次を得る．

$$\Delta T = \frac{l_0}{c+v} - \frac{1}{1-v^2/c^2} l_0/c \tag{17}$$

よって

$$\Delta T = -\frac{1}{1-v^2/c^2} v l_0/c^2 \tag{18}$$

これを式(16)に代入し，次を得る．

$$\bar{T} = T + \frac{1}{1-v^2/c^2} v l_0/c^2 \tag{19}$$

ここに，座標軸と移動距離との関係より，次式が成立する．

$$X = -vT + l_0 \tag{20}$$

これを式(19)に代入して，次を得る

$$\bar{T} = T + \frac{1}{1-v^2/c^2} v(X+vT)/c^2 \tag{21}$$

よって，次式が得られる．

$$\bar{T} = \frac{1}{1-v^2/c^2}(T + vX/c^2) \tag{22}$$

式(14)及び(15)，式(11)及び式(22)より，次を得る．

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(T + vX/c^2) \tag{23}$$

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(16)～(19)に示されるように，相対論の構築においてそのような議論はまったく不必要である．

式(23)に，運動系から見たX軸上の静止系のy軸及びz軸の位置 $X=-vT$を与えて，それが式(5)の場合をも含むことが示される．

ここで，式(14)及び(15)に立ち戻ると，次の関係式が得られる．

$$t' = t'_1 + t'_2 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(2l_0)/c \tag{24}$$

ここに，式中に現れる係数2は，直線距離を光が往復伝播することを意味する．

よって，運動系から静止系に届く光が，片道伝播することに対しては，次なる関係が与えられる．

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l_0/c \tag{25}$$

また，この光伝播がこの時間内に静止系に描く距離は，次のように与えられる．

$$l' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l_0 \tag{26}$$

本問題の条件設定が示すように，運動系の観測者 B 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

となっていることが想定されているが，棒と互いに静止した関係にある静止系の観測者 A からその様子を見るとそれは，往復測量共に，式(26)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．そのときの伝播時間が，式(25)で与えられる．

式(26)に式(20)を代入し，次を得る．

$$l' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(X + vT) \tag{27}$$

すなわち

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(X + vT) \tag{28}$$

運動方向と垂直方向には，式(7)が成立するので，次なる関係が与えられる．

$$y' = Y \tag{29}$$

$$z' = Z \tag{30}$$

式(23)，(28)，(29)，(30)が新たな変換則を成し，特殊相対性理論の根幹を成す．ここに示すように，それらは，アインシュタインによるローレンツ変換と式形の上では同じとなるが，その物理的内容は根本的に異なるものとなっている．したがって，ここに導かれる変換則を新たなローレンツ変換と呼び，これに基礎を置く相対性理論を新たな相対性理論と呼ぶことができよう．

新たなローレンツ変換によって変換された後の時間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，以上の結果から，次のように与えられる．

式(6)及び(7)，そして式(25)及び(26)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の振動数にもとづいて与えられる時間情報（光の伝播時間）及びその光が描く伝播距離を表すことに従い，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．

相対性原理は，静止系及び運動系のそれぞれの系内で発せられた光が，それぞれの系内の観測者に，互いにまったく同じ光となって（同じ物理法則にしたがう光となって）観測されることを規定する．しかしながら，相対性原理は，相対速度を有する系から届く光がどのような物理法則に従うものであるかを規定しない．ここに導かれた変換則は，これを規定する．

一方，静止系に基準を置き，座標変換という観点に立てば，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（電磁波）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．したがって，ここに新しく設定される相対論的移動座標系は，ガリレイ変換と比較して，古典的ドップラーシフトに加え，周波数の 2 次シフト（redshift）をも含んだ変換則となる．この新たな変換則は，相対論的電磁気理論を規定する．

アインシュタインは，ローレンツ変換を導き，それによって静止系の時間及び空間を変換した先は，運動系の時間及び空間を表すと定義した．このことによって，ニュートン力学で定義づけられてきた時間や空間の絶対性は物理学から葬りさられた．しかしながら，ここに，ニュートン力学における時間及び空間の絶対性が再び物理学に位置付けられ，アインシュタインの相対論的時間や空間の定義は物理学から葬り去られる．このことは，まさに「物理学における天と地の大逆転」ということができよう．

アインシュタインの相対論的時空に対して，ここに定義される時空は，絶対的時空と定義される．但し，ここに定義される絶対的時空は，ガリレイ変換によって結ばれる時空であって，静止系と運動系との間に相対性原理が成立する．したがって，アインシュタインの相対性理論の出現以前に想定された光を伝播させる媒質（エーテル）で満たされた絶対静止空間の定義とはまったく異なる．

以上の議論によって定義される新たな相対性理論を，以下に新相対性理論と呼ぶ．

2.3　光の速さが相対速度の存在に依存しないことの相対論的説明

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を議論しよう．このとき，新たなローレンツ変換は，次のように与えられる．

$$x' = \gamma(x - vt) \tag{31}$$

$$y' = y \tag{32}$$

$$z' = z \tag{33}$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \tag{34}$$

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ことは，すでに議論されたとおりである．

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．

$$\eta = \eta(x - ct) \tag{35}$$

これに，式(31)及び(34)を適用し，次なる関係を得る．

$$\eta' = \eta'\left\{(1 - v/c)/\sqrt{1-v^2/c^2}\,(x' - ct')\right\} \tag{36}$$

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．

式(36)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(2)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る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．

2.4　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．静止系から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，その光が運動系内で実際に伝播した（測量した）距離は，長さl_0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振動数もドップラー効果やredshiftを起こしていることが物理学的実験から明らかとなっており，そのことはすでに新ローレンツ変換の構築に取り入れられている．

これらのことから，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ことが明らかとなる．

新たな変換則の定義に則って，光など電磁波観測による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[10),11)]．

速度変化について，

$$dv' = \frac{1}{1-v^2/c^2}dv \tag{37}$$

加速度について，

$$da' = \frac{1}{(1-v^2/c^2)^{3/2}}da \tag{38}$$

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'はそれぞれ静止系の観測者が，相対論的移動座標系を設定して，運動物体と互いに静止した関係となって測る物体の静止状態からの微小速度及び加速度の獲得量を表す．

運動物体と互いに並走する観測者は，その運動物体とは互いに静止した関係にある．したがって，静止系から運動速度がvから$v+dv$に変化したと計測されていても，相対論的移動座標系の観測者には，物体が静止状態から微小速度を得たと計測される．したがって，相対論的移動座標系の観測者に計測される力学は，後に説明する静止力学であり，ニュートン力学で記述される．相対論的移動座標系の観測者は，目前に計測されるニュートン力学に，逆変換を与えることで，静止系の観測者に対する運動方程式（運動物体の静止系に対する相対的な力学）を与えることができる．

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）．

$$\frac{m}{(1-v^2/c^2)^{3/2}}\frac{d^2x}{dt^2} = f_x \tag{39}$$

$$\frac{m}{(1-v^2/c^2)^{3/2}}\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}f_y \tag{40}$$

$$\frac{m}{(1-v^2/c^2)^{3/2}}\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}f_z \tag{41}$$

ここに，mは運動物体の静止慣性質量，(f_x, f_y, f_z)は作用力ベクトルを表す．静止慣性質量の定義については，後に詳述される．

式(39)～(41)に示す運動方程式は，（静止系の観測者が構築する）相対論的運動方程式と呼ばれる．以上に議論されるように，ニュートン力学として定義される静止力学（後に詳しく議論される）は，相対論的運動方程式を成立させるための基盤として存在する．ところで，アインシュタイン[1)]は，速度の合成則を導いているが，それは式(37)で置き換えられなけれなならない．

2.5　相対速度と光など電磁波の見え方の関係

静止系の原点から放たれた光が，その系内の観測者に対してその系内で等方的に広がって観測されるとき，静止系に対して一定速度で運動してい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．これを運動系内で観測すると，その振動数はredshift して観測されるため，その振動数をもとに計測されるその光が伝える時間は$(l_0/c)/\sqrt{(1-v^2/c^2)}$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運動系から逆に静止系

に向けて反射し，それを静止系の観測者が受け取ると，その光が伝える伝播時間はl_0/cとなり，この間に静止系に広がるその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(3)，式(9)，式(10)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が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．

2.6 ガリレイ変換と新ローレンツ変換との相違

以上の議論から，ガリレイ変換と新ローレンツ変換との関係を明らかにする[11),12)]．

先に述べたように，ガリレイ変換は，静止系と運動系との間の空間及び時間の相対性原理を表す．すなわち，次なる関係を与える．

$$T = t \tag{42}$$

$$X = x - vt \tag{43}$$

$$Y = y \tag{44}$$

$$Z = z \tag{45}$$

ここに，(x, y, z)及びtは静止系の空間座標及び時間を表す．また，(X, Y, Z)及びTは運動系の空間座標及び時間を表す．したがって，物理学において，時間及び空間は絶対的な物理量として定義される．このことは，すでに新相対性理論を構築した際に結論づけられたことである．

次に，新ローレンツ変換〔式(23)，式(28)，式(29)，式(30)〕は，静止系を基準に取れば，次のように書ける．

$$t' = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}\,(t - vx/c^2) \tag{46}$$

$$x' = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}\,(x - vt) \tag{47}$$

$$y' = y \tag{48}$$

$$z' = z \tag{49}$$

ここに，(x, y, z)及びtは静止系の空間座標及び時間を表す．また，(x', y', z')及びt'は，先に定義した相対論的移動座標系の空間座標及び時間を表す．あるいは，光の伝播の観測という観点からは，静止系の原点から発せられた光の伝播の位相が，運動系でいかような位相となって観測されるものとなるかを表す．すなわち，時間tにおいて，静止系の観測者に(x, y, z)の位置に見いだされる光伝播のフロントが，運動系の座標空間では時間t'，空間(x', y', z')の位置に見いだされるということを表す．したがって，新ローレンツ変換は，相対論的電磁気理論を規定するものとなる．このとき，運動系の観測者が用いている空間座標及び時間は，ガリレイ変換によって与えられる．

式(46)～式(49)は，$v^2/c^2 \ll 1$ の極限において，

$$t' = t - vx/c^2 \tag{50}$$

$$x' = x - vt \tag{51}$$

$$y' = y \tag{52}$$

$$z' = z \tag{53}$$

を与える．式(46)～式(49)は，電磁波の redshift を無視した関係式であり，運動物体の古典的電磁気理論を規定する．

したがって，ガリレイ変換と新ローレンツ変換とでは，それらの物理的意味がまったく異なる．

一方で，アインシュタインの与えたローレンツ変換は次のような関係式で与えられる．

$$T = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}\,(t - vx/c^2) \tag{54}$$

$$X = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}\,(x - vt) \tag{55}$$

$$Y = y \tag{56}$$

$$Z = z \tag{57}$$

ここに，(x, y, z)及びtは静止系の空間座標及び時間を表す．また，(X, Y, Z)及びTは運動系の空間座標及び時間を表す．このように，アインシュタインの相対性理論では，ローレンツ変換した先の時空がアプリオリに運動系の時空を表すと定義されている．アインシュタインの相対性理論とここに定義される新相対性理論との違いは，こうして一目瞭然である．

3. 時空の絶対性と時空のパラドックスの解決

静止系に光測量の観測者の基準を置き，前章で与えた議論によれば，運動系の時間と静止系の時間との間には，式(3)が示すように，あるいはガリレイ変換（相対性原理）によって，次なる関係が与えられる．

$$T = t \tag{58}$$

長さについても，互いに静止時に同じ長さl_0であることが確認された棒は，ガリレイ変換によって，静止系でも運動系でも同じ長さでなければならない．

$$L_0 = l_0 \tag{59}$$

ここに，L_0は運動系内で計測される静止した棒の長さを表す．

したがって，新相対性理論においては，アインシュタインの相対論的時空の定義が物理学から取り払われ，逆にニュートンの絶対的時空の定義が位置付けられる．

静止系の観測者に対して，一定速度で運動している運動物体の運動方向の長さl_0を測定するのに要する（平均）時間は，次のように表される．

$$t = \frac{1}{1 - v^2/c^2}\, l_0/c \tag{60}$$

したがって，この計測時間をかけて光が静止系内を伝播した距離は，次のように表される．

$$l = \frac{1}{1-v^2/c^2} l_0 \tag{61}$$

このような静止系の光測量の様子が，静止系（光源）に対して一定速度で運動している運動物体（運動系）に静座する観測者には，式(25)で示す時間t'に亘る伝播として観測される．その間にその光が運動系内を伝播した距離l'は，式(26)で表される．よって，次なる関係が成立する．

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l_0/c \tag{62}$$

$$l' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} l_0 \tag{63}$$

式(60)～(63)によって，次なる関係が与えられる．

$$t' = \sqrt{1-v^2/c^2} t \tag{64}$$

$$l' = \sqrt{1-v^2/c^2} l \tag{65}$$

これが，静止系の時空に対する相対的な時空を表す．

これらの結果から，時空の相対性は，アインシュタインのいう静止系の時空と運動系の時空との直接的関係をなすのではなく，絶対的時空の定義のもとに行われる電磁波観測による静止系の計測する時空と，それが運動系で計測されるときの時空との間に現れる関係式にあることが示される．式(64)及び(65)に見るように，それらは共に時間及び長さの短縮を示しており，互いに短縮するという関係に両式の調和性を見る．

一方，アインシュタインの相対性理論によれば，静止系の時空と運動系の時空との間に時空の相対性が構築され，次のような時空の関係が与えられている．

$$T = \sqrt{1-v^2/c^2} t \tag{66}$$

$$l = \sqrt{1-v^2/c^2} L \tag{67}$$

ここに，t及びlは静止系に計測される時間及び長さ，T及びLは運動系の時間及び長さを表す．このように，アインシュタインの相対性理論においては，静止系に対して，一定速度で運動する運動系の時間及び長さは，実際に短縮するとされる．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など，時空にまつわる数多くのパラドックスが派生されている．

新相対性理論においては，式(58)～(65)が示すように，パラドックスの類が派生される余地は存在しない．

4. 一般相対性理論の新たな解釈

アインシュタインの一般相対性理論においては，加速度や重力場の時空はそれらの効果を受けて歪むと定義されている．重力場における時空の歪の程度は，次に示すアインシュタイン方程式によって表される [13]．

$$R_{ij} - 1/2 g_{\mu\nu} R = -\kappa T_{ij} \tag{68}$$

ここに，R_{ij}はリッチテンソル，Rはスカラー曲率，T_{ij}はエネルギー運動量テンソル，κは定数を表す．

アインシュタインの重力場の方程式を地球など，原点に中心を持ち，そのまわりに球対称の質量分布をしている物質の外部に適用して得られる近似解は，次のようにシバルツシルトの解として知られている [13]．

$$ds^2 = (1-a/r)c^2dt^2 - dr^2/(1-a/r) - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) \tag{69}$$

ここに，(r, θ, φ)は一般座標系を表し，rは動径方向の軸を表す．また，aはシバルツシルトの半径である．

式(69)は，動径方向の光の伝播に対して，次なる関係を与える．

$$(dx - cdt)(dx + cdt) = 1/(1-a/r)\{dr - (1-a/r)cdt\}\{dr + (1-a/r)cdt\} \tag{70}$$

この関係式より，アインシュタインの一般相対性理論においては，地上の標高の高い位置ほど（重力の作用の弱い位置ほど），時間の進みが速いとする結論が与えられている．

しかしながら，そのような従来の解釈は誤りである．式(70)に示す関係式は，時空の相対性を表すのではなく，重力場を伝播する光など電磁波の位相の関係を表し，例えば，次の関係式を与える．

$$dx - cdt = \sqrt{1-a/r}\{1/(1-a/r)dr - cdt\} \tag{71}$$

すなわち，式(71)は，重力場を伝播する電磁波がその周波数と波数に redshift を生じて観測されることを表す．その結果として，重力場においても光の伝播速度は一定値cを示す．一方，特殊相対性理論における光伝播に関する位相の関係は，式(35)と式(36)によって，次のように与えられる．

$$dx - cdt = \sqrt{1-v^2/c^2}(dx' - cdt') \tag{72}$$

以上の議論から，次のような新たな一般相対性理論の解釈が与えられる．

一般座標系で与えられる時空は，加速度場や重力場における実際の時空の歪を与えるのではなく，そのような場において光など電磁波がその周波数と波数に redshift を受け，その周波数をもとに計測される時間及びその光の伝播軌跡を表す．すなわち，一般相対性理論における時空の歪は，ユークリッド幾何によって表される空間と絶対的な時間の定義のもとに，計測される光など電磁波の伝播が描く時空である．

5. 時計の遅れに関する物理学的実験の再考

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定義す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，すでに議論された．

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[2)]，Hafele & Keating による実験[3)]及び GPS 衛星搭載の原子時計[4)]は，アインシュタインの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か？この問に答える必要がある．

まず，素粒子の寿命の延び[2)]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．電磁波を用いた素粒子の相対論的エネルギーE'は，次のように計測される．

$$E' = mc^2/\sqrt{1 - v^2/c^2} \tag{73}$$

よって，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．すなわち，アインシュタインのいう時空の短縮による説明は誤りである．

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遅れ[3),4)]は，それらの周回軌道上に現れる遠心力と向心力との作用の変化，すなわち一般相対性理論の効果として説明される．但し，アインシュタインの定義する時空の歪によるものではない．

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新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．すなわち，アインシュタインの説明する時空の歪によるものではなく，重力や加速度の影響を受ける計測器を用いて測定された時間や長さの変化量である．

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(6)及び式(7)，式(25)及び式(26)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を用いて測定される時間や長さの歪みは，アインシュタインのいう時空の歪みではない．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．

電磁波計測に現れるこのような不可避的な効果を取り除いて，正しい（重力や加速度の存在に左右されない）時間や長さ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中心から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．後者の影響は，地球に対して周回軌道的飛行を行う原子時計すなわち，地球中心方向に常に落下し続けている状態にある観測者が，電磁波の直線的伝播を曲がった軌跡として計測することとして説明される．これによって，計測時間に遅れが生じて計測される．こうして，アインシュタインのいう時間の遅れではなく，電磁波を利用した計測器に特有な時間の遅れが現れる．このようなメカニズムによる時間の遅れが，微小時間内で見るとき，周回軌道上に描かれる接線方向の速度に対応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．

以上をまとめると，航空機や GPS 衛星など，地球上のいわゆる周回軌道的な運動によって特殊相対性理論を検証しようと試みた実験のすべては，その目的を達成していない．重力や遠心力の変化の影響が，光や電磁波を用いた高精度計測器による計測時間と計測長さに現れることを単に示したに過ぎない，ということが言える．

したがって，アインシュタインの定義する特殊相対論的時間の遅れの検証実験は，重力などの存在しない空間において，一定の速度で互いに直線的相対運動を行う 2 つの原子時計の示す計測時の比較によって行われる必要がある．しかし，そのような条件下で行われる計測結果は，従来のアインシュタインの定義を否定するものとなろう．

最近，可搬式の超高精度の光格子時計が開発され，その時計を利用して，東京スカイツリーの高度 450m の位置と地上とで時間差が計測されて，その時間差はアインシュタインの一般相対性理論が予測する値とほぼ同じとなっていたことが報告されている．そのことは，また，アインシュタインの一般相対性理論（重力による時間の遅れ）の実証の一つとして説明されている[14)]．

すでに議論してきたように，この後半部分の説明は正しくない．「アインシュタインの一般相対性理論はなんら実証されていない」いやむしろ，ここに論ずる新相対性理論の正しさを実証しているものと判断される．

新相対性理論は，次のようにこれを説明する．

超高精度の光時計が実証したのは，「光格子時計が重力の影響を受ける時計となっていることであり，そのことを，450m の高度差をもって高精度に計測できた」ということである．

すでに議論してきたように，光は重力の影響（redshift）を受ける．したがって，そのようなメカニズムを持つ超高精度の時計を開発したのなら，その時計内の光など電磁波の伝播はたとえわずかな重力の変化でも影響を受ける．

しかしながら，その超高精度時計を構築している金属の類は，その剛性によって，わずかな重力変化程度では歪みをほとんど受けない（現精度での計測にかからない）．これが，超高精度の光時計で，高度差 450m に現れた計測時間の差の物理的メカニズムである．

もし，この種の計測によって，アインシュタインの定義する重力による時空の歪の計測を実証したいのなら，重力の影響をなんら受けないような超高精度の時計を開発し，それをもって行う必要がある．なぜなら，アインシュタインの相対性理論は，万物が時空の歪を受けると規定しているからである．

以上の議論の正しさをさらに確認するために，以下のような，従来の考え方に対する反証的思考実験を示そう．

ガリレイは，以下のような思考実験を例示することができよう．

振り子時計の理論的考察によれば，測定される時間と重力との関係は，次のように与えられる．

$$T_p = 2\pi\sqrt{l/g} \tag{74}$$

ここに，T_p は振子の示す振動周期，lは振子の長さ，gは重力加速度を表す．

アインシュタインの時空の歪を受け入れるのなら，この理論式(74)をもとに，ガリレイは，次のように主張することができる．

「時間は重力の作用の強い所ほど速く進む，
これを重力による時間の歪と定義する」

ガリレイはさらに，次のように主張することができる．

この主張の正しさを証明するため，超高精度の振り子時計を作り，ピサの斜塔で時間計測したところ，その振子時計はほぼ私の理論的予測通りに，（高所への移動なので）時間の遅れを示した．これをもって，重力による時間の歪を実証したと言える．

当然ながら，現代の我々の物理学的知見は，ガリレイの主張としてここに与えた反証論的思考実験の説明を受け入れることはない．なぜなら，振り子時計による時間の計測値の変化が，振り子時計の固有な特性から生じるものであることを容易に知り得るからである，しかしながら，この事例とまったく同等と言えるアインシュタインの時空の歪の主張，そしてその検証実験に対しては，1 世紀以上にも亘って受け入れてきたという現実がある．これは，一旦出来上がった物理学的世界観（ドグマ）から抜け出すことの困難さを示すものと言える．

以上で述べてきたことは，時空の波の伝播を計測したとする LIGO[15)]の計測結果の解釈にも言及される．LIGO が計測したのは，時空の波の伝播ではなく，重力変化が地上の光伝播に及ぼす影響である．LIGO の測定装置の本体をなす数 *km* にも亘る直線的距離や両端の精巧な反射面類は，それらの剛性のために，微小な重力変化では殆ど影響を受けず（現在の精度では測定不能なほどの歪であり），重力変化が地上の光伝播に及ぼす影響が計測されたということである．重力変化が光伝播に影響を及ぼす（redshift を起こさせる）ことは，すでに Pound & Snider[16)]の実験でも実証されており，その正しい解釈を待つのみであったと言える．

アインシュタインの一般相対性理論が定義する時空の歪という解釈は誤っていた．正しくは，「加速度や重力が存在する場において，光など電磁波を用いて計測される時間や空間に現れるそれらの影響を表す」と定義される．したがって，アインシュタインの一般相対性理論の数式の解釈の一切を新相対性理論に則って定義し直すことで，それらの数値的判断をそのまま活かすことができる．そのような判断から，「香取らの超高精度光時計が 450m の高低差で重力の影響を受けた時間差は，一日に 10 億分の 4 秒程度であった」とする判断が与えられる．したがって，時間の定義を地上に設置した光時計の振動数（基準時）にもとづくのなら，地上にある他の光時計の指す時間は，その力学的及び電磁力学的特性から時計の置かれた標高に応じて補正する必要がある．

香取らが開発した超高精度の光格子時計は，重力計測に新しい時代をもたらすと想定できる．それを用いた重力変化の波の計測が LIGO の類による計測法を安価で飛躍的に向上させるものと考える．このとき，鉛直方向の計測も容易に行え，まさに重力変化の波の 3 次元的計測が可能と期待される．また，計測装置の可搬性や多数の配列による計測がもたらす効果は，宇宙空間の探査のみでなく，地球内部の探査をも飛躍的に向上させるものと期待される．

6. ニュートンの運動法則の再定義

相対性理論は，相対論的電磁気学及び光など電磁波計測を用いた力学を規定する理論であり，それは Maxwell の電磁場理論及びニュートン力学の成立を基本とする．

相対性理論構築の後のニュートンの運動の法則は，次のように改める必要がある．

「電磁波を用いた計測によれば，動いているものの正しい計測（時間や長さの計測）には，新相対性理論が必要である」という事実を，我々はすでに確認している．

したがって，この事実を知ることのなかったニュートンによって構築された運動の法則は，彼の時代において，静止したものの力学，すなわち静止力学のみに適用できる法則であったと結論される．したがって，正しいニュートンの運動法則は，「静止力学の法則」として定義され，次のように定義されなければならない．

1）相対性原理：すべての力学は，ガリレイ変換で規定される絶対的時空によって記述される．
2）静止慣性の法則：観測者に対して静止している物体は，それに外部から力が作用しない限り静止し続ける．
3）作用・反作用の法則：静止している物体は，力の作用・反作用の原理によって，静止し続ける．
4）静止物体の運動開始の法則：静止物体が外部の力の作用によって運動し出すとき，次なる法則が存在する．

$$f = ma \tag{75}$$

ここに，fは作用力，aは物体が静止状態から獲得した微小加速度，mは静止慣性質量を表し，静止慣性の程度はこの慣性質量を持って測られる．

このように運動の法則が定義されるとき，式(75)に示す静止物体の運動開始の法則は，

$$f - ma = 0 \tag{76}$$

と書くことができ，静止力学における作用・反作用の法則及び静止慣性の法則を満たす．

観測者に対して，一定速度で運動している物の力学は，ガリレイ変換によって，静止力学に帰着される．静止力学はいかような慣性系に対しても同じように成立するはずであり，それが力学に対する相対性原理の意味するところと言える．

ニュートンは，観測者に対して一定速度で運動している物体に対する運動方程式も，式(75)をもって表されるとした．しかしながら，一定速度で運動している物体の力学は，相対性理論によって計測される必要があり，ニュートンによる設定は，理論構築においてフライング（fault starting）であったと言える．すなわち，ニュートンの運動の法則は，観測者に対して静止している物体のみに限られる．

一方，Maxwell の電磁場理論は，静止系に対して導かれているが，いかような慣性系に対してもガリレイ変換によって観測者の時空を静止系の時空と成すことができる．その結果，相対性原理に則り，いかような慣性系においてもその系内の光源から発せられる光がその系内の観測者に観測される限り，それは静止系に対する Maxwell の電磁場理論をもって記述される．

いかような慣性系に対しても，静止系に対して導かれた Maxwell の電磁場理論が成立することは，光など電磁波の伝播に観測者に付随するような媒質を要しないということに尽きるが，それには光の粒子性が関係していると判断される．粒子の運動に対する相対性原理は，ニュートンの静止力学で見るように，ガリレイ変換をもって表される．

観測者に対して相対速度を持つ系から放たれた光の伝播は redshift を伴って観測される．そのことには，光の波動性が関与している．また，そのような電磁波は静止系に対して導かれた Maxwell の電磁場理論に新ローレンツ変換を施して得られる理論によって規定される．したがって，粒子性と波動性の両面を持つ光など電磁波に対する相対性原理が，ガリレイ変換に redshift の特性を表すローレンツ係数や平均時間への補正項を持つ新ローレンツ変換をもって表されることは納得するに値しよう．

上述の静止力学の法則に対して，これを静止系から一定の速度で運動している物体の力学として相対的に計測する者は，その力学計測に光など電磁波を利用し，そこに新相対性理論を持ち込んで，次のように相対的な運動状態に対する相対論的運動量の法則を構築することができる．

1）相対論的運動量：一定速度vで運動している物体の電磁波計測による相対論的運動量$(mv)'$は，次のように定義される．

$$(mv)' = \frac{mv}{(1-v^2/c^2)^{1/2}} \tag{77}$$

2）相対論的運動量保存則：観測者に対して相対的に運動している物体の相対論的運動量は，それに外部から力が作用しない限り保存される．

$$d(mv)' = 0 \tag{78}$$

3）相対論的運動量方程式：運動物体が外からの力の作用によって，その相対論的運動量を変化させるとき，次なる相対論的運動量方程式が成立する．

$$f = d\left(mv/\sqrt{1-v^2/c^2}\right)/dt \tag{79}$$

ここに，fは作用力を表す．

以上の議論から，相対的運動エネルギーと質量に閉じ込められた電磁波のエネルギーを含めた相対論的エネルギーE'の定義は，次のように与えられる．

$$E' = \frac{m}{\sqrt{(1-v^2/c^2)}}c^2 \tag{80}$$

したがって，静止物体の質量に閉じ込められた電磁波のエネルギーE_0は，次のように与えられる．

$$E_0 = mc^2 \tag{81}$$

式(81)は，質量m（静止慣性質量）に閉じ込められた電磁波のエネルギーを表すものであり，電磁波で見えないもののエネルギー量を表すのではない．したがって，質量というものの定義には，電磁波のエネルギーのみでなく，電磁波では計測し得ないもののエネルギーまでもが含まれている可能性を否定できない．今後，質量，それをさらにおしすすめて重力の新たな物理的意味の探究が求めら

れる.

7. おわりに

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.

アインシュタインは，ニュートン力学で暗黙裡に受け入れられていた時間や長さの絶対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，新たな変換則が与える相対的電磁場理論ということができる. また, その理論を用いて計測される力学を, 相対論的力学と呼ぶことができる. 新しく構築された相対性理論からは，運動物体の長さや時間の短縮，そしてそれらにまつわる一切のパラドックスも派生しない.

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や振動数の 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の伝播が届かない〔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上限を縛るものではない.

特殊相対性理論を構築するに当たって，アインシュタインが犯した最大の誤りは, ローレンツ変換に対して, 変換後の時間や座標値をアプリオリに運動系の時間や座標値として設定したところにある. このことは, 元はと言えば，ローレンツによる運動物体の運動方向の長さ及び時間の短縮説にある.

新相対性理論は，これまでの相対性理論の定義をまったく新しいものと化し，アインシュタインが想像した相対論的時空の概念を物理学から葬り去り，逆に彼によってこれまで葬りさられてきたニュートン力学の絶対的時空の概念を物理学に復活させた. その定義は, 時空の相対性原理を表すものとしてガリレイ変換を位置付け，従来のニュートン力学を新しく定義し直し，新しい運動の法則を規定している.

重力や加速度場に対する一般相対性理論については，その場における時空が歪んでいるとするアインシュタインの相対性理論を退け，ユークリッド幾何学及び絶対的時間による絶対的時空を定義づけた上で，そのような場で行われる電磁波計測に現れる時空（電磁波を用いた計測値に現れる重力や加速度の影響，あるいは電磁波の伝播が示す振動数変化及び伝播軌跡）と定義し直した. このように定義する新相対性理論をもって，これまで物理学界が行ってきたアンシュタインの相対性理論の実証実験の解釈を正した. 今後, 新しい相対性理論の教えに基づく新たな物理の探究が期待される.

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.

本研究に至る研究の緒は，流体力学における Navier-Stokes 方程式の見直を薦めるとする元琉球大学教授（宮崎大学名誉教授）河野二夫（享年，65 才）の提言, Navier-Stokes 方程式が誤っていることを示唆し続けた福森栄治氏（Internet-College of FEM[17)]）の記述にある．また，本研究を行うにあたり, 琉球大学名誉教授津嘉山正光・伊良波繁雄・山川哲雄，東京工業大学名誉教授日野幹雄・灘岡和夫，元名古屋工業大学教授岡島達雄からご指導を頂いたと同時に，多大な教育研究の影響を受けた.

また，当時琉球大学大学院理工学研究科博士後期課程の稲垣賢人博士との長年に亘る議論は大変有意義であった. 稲垣氏及び, 琉球大学大学院理工学研究科博士後期課程の田中聡氏, 琉球大学工学部技術職員宮里信寿氏には, 本論を通読頂き貴重な提言を頂いた.

ここに記し，心からの感謝の意を表します.

引用文献

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) Rossi B. and Hall D.B.: Variation of the rate of decay of mesotrons with momentum, Physical Review, 59, 3, pp.223-228, 1941.
3) Hafele J.C. and Keating R.E.: Around the world atomic clocks, Science, Vol.177, 4044, pp.168-170, 1972.
4) Ashby N.: Relativity and the Global Positioning System, Physics Today, PP.41-47, 2002.
5) NAKAZA E.: Resolving our erroneous interpretation of the Galilean Transformation, Physics Essays, Vol. 28, N.4, pp.503-506, 2015.
6) 仲座栄三：*新・相対性理論*, ボーダーインク，180p.,

2015.
7) 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.
8) 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, pp.22 -29, 2017.
9) 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.
10) 仲座栄三：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，沖縄科学防災環境学会論文集(Physics), Vol.4, No.1, pp.1 -14, 2019.
11) 仲座栄三：運動物体の光測量が導く相対論，日本物理学会 2018 年秋季大会概要集，Web 版 ISSN 2189-0803，DVD 版 ISSN 2189-079X, 2018.
12) 仲座栄三：ローレンツ変換はガリレイ変換を与えない，沖縄科学防災環境学会論文集 (Physics), Vol.3, No.1, pp.17 -22, 2018.
13) 戸田盛和：*相対理論 30 講*，朝倉書店，231p., 1997.
14) Takamoto T., Ushijima I., Ohmae N., Yahagi T., Kokado K., Shinkai H, and Katori H.: Test of general relativity by a pair of transportable optical lattice clocks, nature photonics, 2020.
15) Abbot B.P. et al: Observation of gravitational waves from a binary black hole merger, Physical Review Letters, 116, 061102, pp.1-16, 2016.
16) Pound, R. V. & Snider, J. I.: Effect of gravity on gamma radiation, Physical Review. 140, B788-B803, 1965.
17) 福森栄治：Internet-College of FEM, http://fem.gr.jp/fem/fluid/2ndviscosity/2ndviscosity.html , 2020/05/03 現在.

(5 月 8 日受付)