

# 琉球大学学術リポジトリ

相対性理論：

物理学界はこれまでに何を証明してきたか？

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2015-08-19 キーワード (Ja): キーワード (En): relativity, time dilation, length contraction, twin paradox, Doppler shift 作成者: 仲座, 栄三, Nakaza, Eizo メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/31534">http://hdl.handle.net/20.500.12000/31534</a>

# 相対性理論：物理学界はこれまでに何を証明してきたか？

仲 座 栄 三 \*

Relativity: What has the physics world proven?

Eizo NAKAZA

## Abstract

The year 2015 marks 100 years universally since Einstein has first proposed the general theory of relativity. Numerous experiments have been conducted by the physics world to corroborate Einstein's theory. Here the author shows that, instead, they have rather indicated erroneously in our interpretation of the theory of relativity. Einstein's theory of relativity states "a clock in a moving system ticks slower than a clock in a stationary system." And also that "clocks at a lower elevation show the time dilation to a clock at a higher elevation under a gravitational environment." Contrary to this, all of them have shown exactly the same tempo is revealed. As a result, the commonly accepted concept that space should be strained due to gravity must be also denied. It is clear that the traces of light propagation have been observed as the curvature of space even though it should be indicated by a Cartesian coordinate system.

**Key Words** : relativity, time dilation, length contraction, twin paradox, Doppler shift

## 1. 序論

2015 年は、アインシュタインが一般相対性理論を発表してからちょうど 100 年に当たる。アインシュタインの特殊相対性理論は、「運動系の時間は、静止系の時間に対して遅れる」と説明している<sup>1),2)</sup>。その結果、アインシュタインの特殊相対性理論からは、双子のパラドックスなど、時間や長さに係る数多くのパラドックスがこれまでに派生され、今日に至るまで多くの論争を巻き起こしてきている<sup>3),4),5),6)</sup>。

アインシュタインの相対性理論によって予測される時間短縮効果を実測しようとする試みは、これまでに数多く実施されてきている。例えば、Ives & Stilwell (1938, 1941), Rossi & Hall (1941), Pound (1959), Hey et. Al. (1960), Sachs (1971), Hafele & Keating (1971), Alley(1979, 1981), Vessot(1979), NPL(2005, 2010)などが挙げられる<sup>7),17)</sup>。原子時計の精度は年代と共に着実に高められ、実験結果はアインシュタインの相対性理論による予測値と 0.0001 % 以下の誤差を以て一致していることが報告されている。

今日、原子時計の原理については、原子レベルの物理的メカニズムまでも解明されている。それにも関わらず、原子時計が運動系でいかように時間的短縮を示すのかに

についての物理的メカニズムは、寸分も解明されていない。音や光のドップラーシフトが、物理的に明確であるという一方で、原子時計の時間短縮メカニズムについて何らの手がかりさえも得られていないという点に、本研究の主張の拠り所の一端を見出せる。

これまでに物理学界が巨額の予算を投じて航空機やロケットを飛ばし確かめようとしてきた実験の目的の本分は、本来、原子時計がいかような物理的メカニズムで遅れるかを示すための実験にこそ見出せるべきものであったと言えるのではなからうか。

一方、運動系の時計が静止系の時計に対して実際に遅れるのであれば、L. Essen (1971)<sup>18)</sup>も指摘しているように、静止系と運動系の対称性が崩れ、相対性理論構築の前提条件に破たんを来す。したがって、これまでに物理学界が正しいものと示してきた実験結果は、「運動系の時計の時間短縮」としての解釈を捨て、まったく別の観点からの解釈が必要とならう。

本論では、地上の観測者に対する星の移動速度を算出する際に、「ある元素の放つ光の周波数とその光源(星の)位置において、地上の比較光の周波数とまったく同じとなっていなければならない」という前提条件に拠っている事を論拠として、「運動系の時計は静止系の時計とまったく同じテンポで時を刻んでいなければならない」ことを示す。ついで、この事実を説明できる新たな相対性理論を示し、物理学界がこれまでに与えてきた数多くの実験結果に対する正しい解釈を提示する。

受付：2015年6月26日，受理：2015年6月26日

\*工学部環境建設工学科

( Department of Civil Engineering & Architecture,  
Faculty of Engineering, University of the Ryukyus )

## 2. 運動系の原子時計と静止系の原子時計の示す同時刻

星の地球に対する相対速度を測る際には、その星が放つ光の周波数（星に座す観測者に観測される周波数）と、それに対応して地球上で観測される比較光の周波数とがドップラー効果の分だけシフトしていることを前提としている。このことは、星の位置において（運動系において）ある元素が放つ光の周波数は、その比較光が静止系において示す振動数とまったく同じものとなっていることを意味している。この事実を、静止系の振動数とまったく同じ振動数を持つ光が運動系から放たれたときに、静止系の観測者にはそれがドップラーシフトして観測されるものであることを意味している。このことから、「運動系の原子時計は、静止系の原子時計とまったく同じテンポで時を刻んでいなければならない」とする結論へと導かれる。

したがって、「航空機搭載した原子時計の示す時間の遅れ」としてこれまで説明されてきたことは、そうではなく、航空機に搭載した振動数カウンタに伝えられる静止系の局からの基準時間が短縮していたことになる。この時間短縮は、運動系の時計が静止系の時計と同じテンポで時を刻んでいることによるのみ正しく検出可能である。

運動系の原子時計と静止系の原子時計とはまったく同じ時間を示していたにも関わらず、静止系から届く基準時（短縮している）に同期させられた運動系の周波数カウンタは、「運動系の原子時計の示す時刻が短縮している」と誤った判断を与えたのである。

以上の考察に従えば、これまで物理学界が示してきた「重力環境下の異なる 2 標高間で時計が遅れる」とする観測値も、光が伝える時間の短縮効果の存在を単に表していたことになる。このとき、空間に配置された時計のすべては、等しく同じ時間を刻んでいなければならない。

空間に加速度（すなわち、重力）が存在するとき、空間自身は直交座標系で表されるものであっても、加速度が生み出す相対速度の空間分布によって、光の伝播軌跡が表す空間は静止系の観測者に歪んで観測される。「重力の効果で空間そのものが歪んでいる」とする従来の解釈は、よく考えてみると、あたかも空間を形成する物質の存在を示唆させ、まさにエーテルの存在説の復活をほうふつさせる。空間が歪んでいるとする着想は、重力の素粒子論的考察を阻害することになる。

したがって、重力波を観測しようとする現代物理学の試みはその理論的枠具に関して再考を迫られよう。まず、すべての空間を直交座標系で表した上で、加速度の存在する空間で光の伝播が示す時間情報の遅れを考慮し、重力波の本質を素粒子論的に見直さなければならない。

## 3. 新相対性理論の提示

1905 年、アインシュタインが提示した特殊相対性理論は、次のように表される<sup>1),2)</sup>。

$$T = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/C^2}} \left( t - \frac{vx}{C^2} \right) \quad (1)$$

$$X = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/C^2}} (x - vt) \quad (2)$$

$$Y = y \quad (3)$$

$$Z = z \quad (4)$$

ここに、 $T$  は運動系の時間、 $t$  は静止系の時間、 $(X, Y, Z)$  は運動系の空間座標、 $(x, y, z)$  は静止系の空間座標、 $v$  は静止系から観測される運動系の相対速度、 $C$  は光の速さを表す。ただし、運動系と静止系とが共に静止しているとき、両系の時計の精度や時を刻むテンポは互いに等しく、実験の開始時に両時計は共に零時にセットされている。このとき、両系の  $X$  軸と  $x$  軸、 $Y$  軸と  $y$  軸、 $Z$  軸と  $z$  軸とは、それぞれ互いに重ねてあり、運動系は初期の姿勢を保ったまま、 $x$  軸に沿って一定速度で移動を開始する。

式 (1) にもとづいて、アインシュタインは、次なる関係を与えている。

$$T = \sqrt{1-v^2/C^2} t \quad (5)$$

この式をもとに、アインシュタインは、「地球の赤道に静置されている時計は、地球の極に静置された時計に対して実際に遅れる」と説明している。アインシュタインが提示した式 (5) に示す「時間の関係」を実証するために、物理学界は数多くの実験を行ってきたことは、はじめに紹介したとおりである。

仲座 (2014)<sup>19)</sup> は、式 (1) ~ (5) に示す関係式の解釈の誤りを指摘し、運動系の時間  $T$  と静止系の時間  $t$  は、いかなる時点においても互いにまったく同じテンポで時を刻むことは、静止系と運動系とが互いに対称性を成すための要件であるとし、次なる関係式を与えた。

$$T = t \quad (6)$$

式 (6) の関係式の成立は、相対性原理によって保証される。

次に、式 (1) ~ (4) に代わる関係式として、静止系の観測者が運動系を互いに静止した関係となって観察するために必要となる座標変換を次のように与えている<sup>19)</sup>。

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/C^2}} \left( t - \frac{vx}{C^2} \right) \quad (7)$$

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/C^2}} (x - vt) \quad (8)$$

$$y' = y \quad (9)$$

$$z' = z \quad (10)$$

$$f' = \frac{\sqrt{1 - v/C}}{\sqrt{1 + v/C}} f \quad (14)$$

ここに、 $t$ は静止系の観測者 A の時間、 $t'$ は座標変換を経た後の静止系の観測者(これを以下、観測者 A'と呼ぶ)の時間、 $(x, y, z)$ は静止系の空間座標、 $(x', y', z')$ は観測者 A'の空間座標を表す。この座標変換の原理は、一般相対性理論に対しても適用される。

座標変換を経た後の静止系の観測者 A'は、運動系の観測者 B と互いに静止した関係となって運動系内の力学を観測することができる。このとき、座標変換を経た後の静止系の観測者 A'の時間 $t'$ と静止系の時間 $t$ の間には、次なる関係が成立する。

$$t' = \sqrt{1 - v^2/C^2} t \quad (11)$$

また、静止系の観測者 A が、静止系から眺めた運動系の運動方向の長さ $l$ と、座標変換後に運動系の観測者と互いに静止した関係となってその長さを測定したときの長さ $l'$ とは、次なる関係が成立する。

$$l' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/C^2}} l \quad (12)$$

座標変換によって、運動系の観測者と互いに静止した関係となった静止系の観測者 A'が、運動系の観測者 B に伝える時間や長さは、式 (11)、式 (12) そして式 (9) 及び式 (10) の左辺に示すダッシュ付の量で与えられる。逆に、静止系の観測者が運動系の観測者と互いに静止した関係となって運動系内で得た時間や長さに関する情報はすべてダッシュ付の物理量で表されており、それが式 (11)、式 (12) そして式 (9) 及び式 (10) の関係式を通じて静止系に伝えられる。したがって、静止系の時間は、運動系の観測者 B に短縮して観測され、逆に運動系の時間は静止系の観測者 A に延長して観測される。

静止系の時間が、運動系の観測者に短縮して観測されるものであることは、L. Essen も指摘していた<sup>18)</sup>。

L. Essen<sup>18)</sup>は、静止系から放たれた光の振動数が、運動系から眺めるとドップラーシフトして観測されることを、次のように説明している。

まず、古典的取扱いにおいて、ドップラー効果は次のように与えられる。

$$f' = \frac{1}{1 + v/C} f \quad (13)$$

ここに、 $f'$ は運動系の観測者に観測される光の周波数、 $f$ は静止系の光源の振動数である。

式 (13) に示す関係に、運動系の観測者が観測する静止系の時間の短縮効果(式 (11))を適用すると、次のように相対論的ドップラーシフトの関係式を得る。

L. Essen<sup>18)</sup>は、このような考察を与えたものの、彼は、この問題を、最終的には観測者の時間単位の違いとして片づけてしまった。

ここで、式 (13) 及び式 (14) を得る際には、静止系及び運動系における時計がまったく同じテンポで時を刻むことを前提としている。特に、式 (13) に関しては、古典力学における音のドップラーシフトを考えると容易に理解される。音のドップラーシフトは、音源の振動数が両系でまったく同じとなることを前提に導かれている。

このように、両系で音源や光源の振動数がまったく同じとなっていなければならないことは、地球に対する星の相対速度を求める際の前提として第 2 章で議論した内容と同じ意味を有する。

#### 4. 静止系から運動系に届く光が伝える時間情報

静止系から放たれた光が運動系に伝える時間情報は、式 (11) で示されるように、時間短縮している。運動系が静止系に対して静止している場合にのみ、時間情報は短縮することなく伝達される。

例えば、静止系から放たれた光が運動系に到達するのに 20 秒を要したとしよう。この 20 秒というのは、運動系の観測者が観測した時間であるが、静止系からその様子を観測している観測者に観測される時間もまったく同様に 20 秒である。

しかしながら、静止系から運動系に到達した瞬間の光が運動系の観測者に伝える時間情報は、その 20 秒よりも短縮していて、例えば 10 秒であるというのが、式 (11) の意味するところである。

これに対して、静止系から運動系に到達した瞬間の光が伝える時間情報は、静止系の観測者の観測値と同様に 20 秒であり、運動系の観測者の測った時間は 10 秒であるというのが、アインシュタインの式 (5) の意味するところである。しかし、このことは、自らのドップラーシフト理論に反する。静止系から運動系に到達する光は、運動系内の観測者にドップラーシフトして観測されることの物理的メカニズムは明白である。

静止系で離れた 2 点間を光が伝播するには時間を要する。これと同様に、静止系から一定速度で遠ざかる運動系に、静止系から放たれた光が到達するには、運動系が静止系に対して静止している場合よりも時間を要する。この考察から、アインシュタイン流の時間設定は容易に否定される。

また、物理学界がこれまでに行ってきた実験結果がなぜ理論的予測通りになったのかについては、以下のように容易に説明される。

アインシュタインの想定とは異なり、静止系から運動系に到達した光が伝える時間情報は、実際に短縮してい

て10秒であった。これに対して、運動系内で経過した時間は静止系と同じく20秒であり、その間に時計は20パルスを発したとしよう。このとき、運動系と静止系の時計の発する振動数は互いに等しく1パルス/秒である。

これに対して、運動系の時計のパルスを、短縮した時間10秒（静止系から届く光が伝える時間）を基準として測定すると、2パルス/秒となり、その逆数である時間単位は1/2秒となって、「運動系の時計の示す時間は短縮している」と測定される。この誤った解釈が、従来の物理学界の示してきた運動系の時計の時間短縮と考えられる。

重力が時間に及ぼす効果もまったく同じであり、異なる標高間を伝播してきた光が伝える時間情報が短縮していた結果、「標高の違いによって時間が短縮する」とする誤った解釈を引き起こすことになったと考えられる。

重力の作用する環境下であったとしても、いかなる標高に置かれた時計もまったく同じように時を刻む、その結果、重力によって空間にひずみが生じるのではなく、光の伝播が伝える時間情報に時間短縮が存在するがゆえに、観測者にはそれが空間のひずみとなって観測される。

したがって、重力が空間に近接作用を及ぼしたのではなく、「重力が光に近接作用を及ぼした」と解釈しなければならないとする結論へと導かれる。この帰結は、重力と光との近接相互作用の存在を示唆し、素粒子論の発展に寄与するに違いない。

アインシュタインは、相対性理論を構築するにあたって、相対性原理と光速不変の原理を導入した<sup>1),2)</sup>。光速不変の原理の導入こそが、式(5)の関係をもたらせると共に、100年間以上にも亘って、人々の思考を束縛してきたのではないかと考える。

## 5. 結論

物理学界は、これまでに巨額の費用と膨大な時間をかけてアインシュタインの相対性理論の正しさを示そうとしてきた。しかし、それらの実験結果のすべては、残念ながら、逆に、我々の相対性理論の解釈の誤りを示し続けてきたと結論されよう。

「相対性理論によって変換された静止系の時間や空間座標は、運動系のそれらに等しい」とするアインシュタインの考え方は正しくなかった。アインシュタインの相対性理論を生み出す背景にはガリレイ変換があった。したがって、従来の相対性理論に係る我々の解釈の誤りは、ガリレイ変換にその緒があったと言える。

仲座が与えた新相対性理論は、すべての系の空間に静置された時計がそれぞれまったく同様に時を刻むものであることを示し、そのことは相対性原理によって保証されるとしている。静止系から放たれた光が、相対速度の存在する場（運動系）に伝える時間情報は短縮している。逆に相対速度が存在する場から放たれた光が、静止系に伝える時間情報は延長している。

いかなる場でも空間自身は直交座標で表される。しかしながら、光の伝播に伴う時間情報の遅れが重力（すなわち、加速度）の影響を受けるため、静止系の観測者には見かけ上、光が表す空間が歪んで観測される。したがって、空間が重力で歪んでいるとする考えや、重力波を検出しようとする現代物理学の試みは、理論構築の再考を促される。

本論で取り上げた参考文献としては、本研究を説明する上で象徴的なものに限らせて頂いた。相対性理論に関する研究は、多岐にまたがり、そして膨大な量となっている。したがって、それらを網羅することは、今日、不可能に近いことといえよう。したがって、本論では、著者が必要とするものに限っていることを付記する。

## 謝辞

本研究を進めるに当たり、琉球大学工学部環境建設工学科の松原仁助教、理工学研究科博士後期課程の稲垣賢人君との議論は大変有益であった。ここに記し、感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] Einstein, A. (1923): The principle of relativity, Dover Publication, Inc., New York.
- [2] 内山龍雄(1988): アインシュタイン相対性理論, 岩波文庫, 187p.
- [3] Dewan, E. M. and M. J. Beran (1959): Note on stress effects due to relativistic contraction. American Journal of Physics (American Association of Physics Teachers), 27 (7)
- [4] Bell, J. S. (1987): Speakable and unspeakable in quantum mechanics. Cambridge, Cambridge University Press.
- [5] Kelly, A. G. (2000): Hafele and Keating tests: Did they prove anything?, PHYS ESSAYS, 13(4), pp.616-621.
- [6] 原田稔(2004): 相対性理論の矛盾を解く, NHK Books, 204p.
- [7] Ives, H. E. and Stilwell, G. R. (1938): An experimental study of the rate of a moving atomic clock, Journal of the Optical Society of America 28 (7).
- [8] Ives, H. E. and Stilwell, G. R. (1941): An experimental study of the rate of a moving atomic clock. II, Journal of the Optical Society of America 31 (5).
- [9] Rossi, B. and Hall, D. B. (1941): Variation of the rate of decay of mesotrons with momentum, Phys., Rev. 59, 3, 223-228.
- [10] Pound, R.V. (1959): Gravitational red-shift in nuclear resonance, Phys. Rev. Lett., 3, pp.439-441.
- [11] Hay, H.J. et al. (1960): Measurement of the red shift in an accelerated system using the Moss-bauer effect in Fe57, Phys. Rev. Lett., 4, pp.165-166.
- [12] Sachs, M. (1971): A Resolution of the clock paradox, Physics Today, 24, 23.
- [13] Hafele, J. C. and Keating, R. E. (1972): Around-the-world atomic clocks, Science 177, 166, and 168.
- [14] Alley, C.O. (1979): Relativity and clocks, Proc. 33<sup>rd</sup> Freq. Control Symp., pp.4-39.
- [15] Vessot, R.F.C. (1979): Relativity experiment with clocks, Radio Science, 14, pp.629-647.

- [16] NPL(2005): Einstein, News from the National Physical Laboratory, Winter 2005 | Issue 18.
- [17] NPL(2010): Time flies, News from the National Physical Laboratory, 8 September, <http://www.npl.co.uk/news/time-flies>
- [18] Essen, L. (1971): The special theory of relativity, A Critical Analysis, Oxford University Press (Oxford science research papers, 5).
- [19] 仲座栄三 (2014) : 双子のパラドックスを解く鍵はガリレイ変換にあった, 琉球大学工学部紀要, 第75号, 2014, pp.1-6.