

Einstein's strange experiments on time regulation, and strange methods for measuring the length of an object in motion.

これまで議論してきた運動物体に関する運動の法則では、観測者に対して一定速度で運動している場合であっても、ガリレイ変換を適用することで、運動物体を観測者に対して静止した物体に位置付けて、「静止物体の運動の法則」を適用するというものであった。

これに対して、「運動物体を運動している物体として取り扱う力学」が求められる。

『運動物体を運動している物体として取り扱う力学』の構築は、アインシュタインの特殊相対性理論（1905年）に始まったと言える。しかしアインシュタイン以降に出来上がったその力学理論は、大変奇妙な理論となった。なぜなら、「観測者に対して、相対的に運動している物体の時間や長さは、観測に用いている時間や長さに比較して短縮している」という、「相対論的時間」及び「相対論的長さ」を定義するものだからである。

アインシュタインは、特殊相対性理論の論文の中で、「高速で運動している時計はそうでない時計に対して時間が遅れる」と説明し、「地球の赤道上に置かれた時計と南北いずれかの極点に置かれた時計の時間を刻むテンポを比較すると、前者の方がわずかではあるが遅いテンポを示す」と述べている。

このことの実証実験は、原子時計のような高精度な時計の出現を待つこととなり、1971年、原子時計と航空機を用いた実験によって行われたということになっている。さらに現代では、GPS衛星搭載の原子時計などの振動数の事前調整の必要性などからもその実証性が指摘されている。現在、英国のNPL（国立物理学研究所）のホームページには、実証実験の成功例が得意げに説明されている。

アインシュタインの相対性理論が定義する、相対論的な時間及び長さについては、ローレンツ変換から、次のように与えられている。

$$\tau = \sqrt{1 - v^2/c^2} t \quad (1)$$

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

ここに、 $v^2$  は相対速度  $v$  の 2 乗、 $c^2$  は光速の 2 乗、 $t$  及び  $l$  は静止系の観測者の持つ時計及び物指しで運動系を測った時間及び長さを表す。一方、左辺に示す  $\tau$  や  $\xi$  は、それぞれ運動物体の時間及び長さを表す。

これらの式が、「相対論的時間」及び「相対論的長さ」を規定している。

式(1)と(2)の見た目の比較から、式(2)は  $\xi = \sqrt{1 - v^2/c^2} l$  とすべきで、 $\sqrt{(\ )}$ 部は右辺にあるべきではないか、と指摘されようが、アインシュタインの相対性理論としては、式(1)及び(2)の形が正しい。このことについては、後に触れる。

アインシュタインの与えた式(1)及び式(2)が実は、一世紀以上にも亘り今日に至るまで、人々を翻弄させることとなった。

アインシュタインは、ローレンツ変換から式(1)を得て、「高速運動する物体の相対速度  $v$  が速ければ速いほど、物体に置かれた時計は観測者の時計の示す時間よりも遅れる」と説明している。以前、NHKのある教養番組で、相対性理論の大家と評される東京大学の名誉教授

が、「山手線に乗って移動していると、駅のホームに留まっている者よりも時間の経過が遅れ、非常にわずかだが相対論的に若さを維持できる」と力説しているのを目にしたことを筆者は覚えている。現代物理学の教科書や解説書も、同種の説明を与えている。

つい最近、乃木坂 46 のメンバーは、井の頭線に飛び乗ってその実証を試み、時間の遅れが実感でないとし、『(アインシュタインの) 相対性理論に異議を唱える』と歌っている。

URL： 乃木坂 46『相対性理論に異議を唱える』

これは勿論、相対性理論を題材にした一種のパロディであるのだが、先の相対性理論の大家と評される名誉教授の説明を考える上で大変参考になる。

さて、筆者は、「アインシュタインの特殊相対性理論は、まったくの誤謬である」と説明している。その意味において、先に紹介した相対論の大家の説明を否定し、乃木坂 46 の『相対性理論に異議を唱える』の主張を支持するのである。山手線に飛び乗ってそこでいくら時間を費やしたとしても、時間の遅れによる相対論的若さ保持など微小の微小なりとも現れることはない。しかし、それでは、物理学会が「時間の遅れ」の実証としてこれまで行っている数々の実験結果に反することになる。したがって、筆者による新相対性理論は、物理学会がこれまでに行ってきた「時間の遅れ」の実験のすべてを説明可能でなければならない。

なぜアインシュタインは誤謬し、現代物理学界は今日に至ってもその誤謬から覚め切れていないのか？

その答えは、時間と長さに関するアインシュタインの誤謬が、筆者の新相対性理論によっていかように氷解されるのかを見ることによって見いだされる。

### アインシュタインの誤謬の解決

1) 座標系の設定に対して、時間や長さについては、相対性原理によって、いかなる慣性座標系に対しても、観測者の立つ慣性座標系との対称性が要求される。すなわち、ガリレイ変換が適用される。

$$t' = t \quad (3)$$

$$x' = x - vt \quad (4)$$

したがって、静止系に置かれた原子時計の時を刻むテンポと、運動系に置かれた原子時計のテンポとはいかなる時点でも全く同じであり、両系の観測者の手に持つ物指しの単位長さもまったく同じとなる。このことは、慣性座標系設置に対する共変性を示し、相対性原理を明示するもので、相対性理論構築の基盤を成す。

2) 運動法則はガリレイ変換によって共変変換される。よって、運動法則に対してはガリレイ変換が変換則を成す。

運動系の運動の法則は、ガリレイ変換の適用によって運動系を静止系に設定した上で、「静止物体が相対速度を獲得するまでの運動法則」をもって説明される。すなわち、新たに設定された運動の法則は運動系においても厳密に成立する。このことは、相対性原理を満たす。

3) ローレンツ変換は、電磁気理論を共変変換する。よって、電磁気理論を変換する場合は、

ガリレイ変換ではなく、ローレンツ変換を適用しなければならない。ローレンツ変換は運動法則を共変換しない。また、ガリレイ変換をも与えない。したがって、ローレンツ変換は電磁気理論に対してのみ適用される。

以上より、相対性理論の構築に当たっては、慣性系の設定と粒子の運動法則の設定にガリレイ変換を必要とし、電磁気理論の変換に対してはローレンツ変換を必要とする。よって、相対性理論は、ガリレイ変換とローレンツ変換とが調和して存在しなければならない。

アインシュタインや現代物理学界の誤謬は、ローレンツ変換で変換される時間及び長さを、座標系の実時間の長さや長さとして設定しているところに起源を有している。ローレンツ変換は、電磁気理論に対する変換則であるので、変換されたのは、電磁気理論に対する時間（あるいは、振動数）や長さ（あるいは、波数）であって、座標系の実時間ではない。座標系の実時間や長さは、ガリレイ変換で変換される。

アインシュタインは、運動系の時間や長さの計測に、光を用いているという自覚がまったくなく、代わりに、2つの時計の時刻調整という奇妙な議論を長々と説明している。さらに、式(2)の導出に当たって、「一定速度で運動している物体の長さの測定法」という実に奇妙な独自の長さ測定法を提示している。実は、こうした議論は、相対性理論構築にまったく不必要なものである。

当時は、まだ光測量という方法が確立していなかったと思われるが、運動系の運動の観測に光（電磁波）を用いていることから、その変換則としてローレンツ変換が必要となる。ローレンツ変換は、静止系の電磁気理論の時間（あるいは、振動数）と長さ（あるいは、波数）が、どう変換されるかを規定する。よって、アインシュタインが運動系の「実時間が遅れる」としたことは、そうではなく、静止系の光の振動数が運動系で振動数シフト（redshift）を起こして観測されることを意味する。振動数シフトした光（電磁波）で運動系の時間を計測すると、時間が遅れて計測される。このことが、ローレンツ変換が教える「時間の遅れ」である。

このことを、以下に思考実験をもってより具体的に説明しよう。

1) まず、静止系の観測者が、ガリレイ変換を適用して運動系に移ってみると、両系に置かれている原子時計のテンポは、互いにまったく同じであることを確認できる。すなわち、両系の時間経過は共にまったく同じであり、時間や長さに対する相対性原理は完全に満たされている。

2) 次に、静止系に対して一定速度で運動している運動系の運動方向の長さを測定するために、静止系の観測者が青色の光を放ったとしよう。放たれた青色の光測量の光は、運動系を正しく計測してくれるはずである。しかし、正しく運動系を計測したかどうかは、計られる側にいる運動系の観測者に聞いてみる必要がある。

3) このことについて、運動系の観測者は、次のように説明する。

a) 静止系から届いた光の色は、青色ではなく赤色であった（振動数の redshift）。また、その光の波長は青色の光よりも縮んでいた。よって、静止系から届いた赤色の光の刻む時間テン

ポは、運動系の光源が放つ青色の光の刻む時間テンポよりもゆっくりとしたものであった。

b) したがって、テンポの遅い赤色の光で測る運動系内の経過時間は、運動系の時計の示す実際の経過時間よりも短縮した（遅れた）時間経過であった。その結果、その赤色（短い波長）の光が運動系内を実際に伝播した距離も、短縮したものであった。

ローレンツ変換に基づいて、ここに示す1) 及び2) の説明を、数式で表せば、次のように与えられる。

$$\Delta t' = \sqrt{1-v^2/c^2} \Delta t \quad (5)$$

$$\Delta x' = \sqrt{1-v^2/c^2} \Delta x \quad (6)$$

式(5)及び式(6)とアインシュタインの式(1)及び式(2)とを比較すると、互いに同じ関係式を示しているようであるが、まず両者には外見上の相異がある。距離に関する方程式において、 $\sqrt{(\quad)}$ の存在箇所が互いに異なっている。

式(5)及び式(6)は、ローレンツ変換から得られていることから、電磁波の伝播に対してのみ適用される関係式であって、静止系から光を用いて測定された運動系の時間と長さが、運動系では両者共に「短縮」していることを示している。

静止系から光測量によって運動系の時間や距離を測定した訳であるが、静止系の測定値は放った光が運動系内を実際に測定した値とは異なっている。Redshiftした光が運動系の時間と距離を実際に測定した値（プライムの付く量）と、静止系がそれらを測定した値との関係が、式(5)及び式(6)に現れている。このローレンツ変換の教えを、アインシュタインは誤って、静止系の実際の時間及び長さとして運動系の実際の時間及び長さとの関係を表すと誤解したのである。ここに、アインシュタインの誤謬の根源を見る。

アインシュタインの誤謬は、結局、「ガリレイ変換を近似的なものとし、ローレンツ変換が正しい変換式である」としたことにある。

正しくは、

- 1) 慣性座標系に対する変換は、ガリレイ変換で与えられる。
- 2) 運動の法則に対する変換は、ガリレイ変換で与えられる。
- 3) 電磁気理論に対する変換は、ローレンツ変換で与えられる。

よって、ガリレイ変換とローレンツ変換とは元来互いに別種の変換則である。ガリレイ変換は、相対性理論構築の基盤をなす。

アインシュタインは、「上記の1)～3)を包括する唯一の変換則が、ローレンツ変換である」と誤解したのであり、現代物理学界は、今日に至っても、そう信じ込んでいる。一定速度で運動する運動の観測に、光など電磁波を用いたことが（電磁気理論を用いたことが）、ガリレイ変化に加えてローレンツ変換を必要とさせている。

仲座栄三

参考文献：仲座栄三、新相対性理論（物理的思考編）、ポードーインク、363p.、2023.

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.