

Beginning of kinematics of an object in motion at a constant speed.

これまで議論してきたことは、「物体が静止状態から相対的運動速度を獲得するまでの力学」についてであった。一定速度で運動している物体であっても、ガリレイ変換を適用することで、「物体が静止状態から相対的運動速度を獲得するまでの力学」が適用される。従来のニュートンの運動法則やそれに関連する様々な力学理論は、運動法則とガリレイの相対性理論とを一緒くたにした位置づけで与えられたものである。

学校教育や大学教育で教えられている現代の物理学は、「ニュートンの運動法則は、運動の相対速度が光の伝播速度に比較して十分に小さい場合に適用される近似的 (古典的) なものである」と説明している。その根源的な理由は、ガリレイ変換がアインシュタインの相対性理論の基盤を成すローレンツ変換の特殊な場合に当たるとしているところにある。すなわち、運動の相対速度が光の伝播速度に比較して十分に小さい場合にのみガリレイ変換は正当化され、そうでない高速運動の場合に対しては、ローレンツ変換が正しい変換則となると主張している。

このことは、まったくの誤謬である。

このような誤った記述が、アインシュタイン自身の教えや、現代の物理学の教科書に連綿と見られてきた。

これまでの議論において、ガリレイ変換は、次のように与えられた。

$$t' = t \quad (1)$$

$$x' = x - vt \quad (2)$$

一方、ローレンツ変換は、次のように与えられる (後に詳しく議論される)。

$$t' = [1/\sqrt{1-v^2/c^2}](t - vx/c^2) \quad (3)$$

$$x' = [1/\sqrt{1-v^2/c^2}](x - vt) \quad (4)$$

ここに、 v^2 は相対速度 v の 2 乗、 c^2 は光の伝播速度 c の 2 乗、 $\sqrt{\quad}$ はルート演算記号を表す。物体の運動速度が光の伝播速度よりも十分に小さいとは、 $v^2/c^2 \ll 1$ ということであり、 $\sqrt{1-v^2/c^2} \doteq 1$ を意味している。このとき、ローレンツ変換は次のように近似される。

$$t' = t - vx/c^2 \quad (5)$$

$$x' = x - vt \quad (6)$$

時間の変換式(5)の右辺の第二項は、 $v^2/c^2 \ll 1$ という条件では消すことができない。消せるのは、 $v=0$ (もしくは、 $x=0$) の場合のみである。しかし、それでは変換式として何の意味もなさない。したがって、ガリレイ変換とローレンツ変換とはまったくの別物である。(運動物体の光測量が導く相対論：仲座栄三、日本物理学会、2018 年秋季大会、概要集、web 版 ISSN 2189-0803 を参照)

注：式(5)で、右辺第二項が省けないのは、点電荷が微小速度で運動している場合のローレンツ力を式(5)及び式(6)で導けて、ガリレイ変換式(1)(2)では導けないことから証明できる。アインシュタインの時代から、今日に至るまで、物理学は、ガリレイ変換を相対速度が光速に比較して遅い場合に限って適用され、ローレンツ変換がより一般的な変換則であると

説明してきている。そうした誤った考えが、アインシュタインの相対性理論を誤った帰結へと導いた根源であると言えよう。

アインシュタインの相対性理論は、ローレンツ変換式に見るように、「物体の相対速度は光速度を超えてはならない」とする厳しい制限を課している。この制限は、いかにも運動物体の速度を絶対速度と見立てているかに映る。

物体の運動速度は相対速度であって絶対速度ではない。したがって、前提条件として相対速度が光の速さに近くローレンツ変換が適用されるべきであると設定されたとしても、それは観測者の立場によってまったく異なる。同じ運動物体に対して相対速度を極めて低速度と設定する観測者の存在をいくらでも仮定でき（相対性原理によって、運動物体と共にいる観測者は、「自分は終始静止したままにある」と設定できる）、ガリレイ変換が適用可能となる。このとき、運動物体の相対速度に制限は存在しない。これでは、先に「ローレンツ変換が適用されるべきである」とした前提条件に反する。

ローレンツ変換はいかようなときに必要となるのか。

ローレンツ変換は、電磁気理論を共変変換するのだが、運動の法則を共変変換しない。一方、ガリレイ変換は、運動の法則を共変変換するのだが、電磁気理論を共変変換しない。ここで、アインシュタインは、古典的な運動の法則に比較して、電磁気理論こそが正しい理論体系であると考え、電磁気理論を共変変換するローレンツ変換こそが、正しい変換則にふさわしいと結論づけたとされている。このことが、アインシュタインの相対性理論における思考の呪縛となっている。アインシュタイン以降、人々はこの思考の呪縛から抜け出すことができなかった。

筆者は、この呪縛を次のように解き放ったのである。

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、いかような座標系に対しても、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。

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

3) ローレンツ変換は、電磁気理論を共変変換する。すなわち、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。したがって、高速運動する物体の力学観測に光を用いるのなら、光、すなわち電磁気理論については、ローレンツ変換を必要とする。

4) 物体の相対的運動速度は、元来、光の伝播速度の存在と無関係である。我々が相対的に高速運動する物体の観測を行うには、光など電磁波に頼る必要がある。このとき、電磁気理論にローレンツ変換を用いなければならず、観測される相対速度に電磁波の速度を超えてはならないという理論上の制限がかかる。これは、観測方法に対する理論上の適用制限である。

5) 宇宙の星の観測には、電磁波が一般に用いられている。そのため、観測方法に対する制限として、ローレンツ変換の理論上の制限が与えられる。

6) 運動の相対速度が光速度を超える場合、光など電磁波を用いた観測では、ローレンツ変換の理論上の制限によって、運動物体の観測が不可能となる。したがって、光速度を超える相対速度を持つ運動の観測には、ローレンツ変換とは異なる変換則を持つ理論を必要とする。

7) 以上の議論から、物理学には、アインシュタインの相対性理論が必要としている固有時や固有長さ、相対的時間や相対的長さ、時空の歪みなど、木に竹を接ぐような説明をまったく必要としない。

その他、重力など加速度運動が存在する場での議論は、後ほど詳しく行われる。

仲座栄三

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