

アインシュタインの思想

TOP『時間と空間の物理学』へ戻る

1 特殊相対性理論

19世紀末から20世紀初めにかけて生じた理論物理学上の困難な問題、すなわち光速不変と相対性原理の矛盾（＝見かけ上の不一致）を解消するというテーマが、研究の発端でした。

1.1 基本発想

その問題に対するアインシュタインの基本発想は、彼の著書『特殊及び一般相対性理論について』の中に次のように述べられています。以下（金子務訳の翻訳本より引用）

《第11章 ローレンツ変換

前三章の考察で明らかになったことだが、第7章において光の伝播法則と相対性原理とが見かけ上不一致を起こしたのは、ある考えから導かれてのことであった。その考えとは、理屈に合わない二つの仮説を古典力学から借りてくるというものであった。二つの仮説とは、こうである。

(1) 二つの事象の時間的へだたりは、基準体の運動状態には関係しない。

(2) 剛体上の二点間の空間的へだたりは、基準体の運動状態には関係しない。

今これらの仮説を棄てるとしたら、…………… 》

すなわち、『時間とか長さといった要素(物差し) そのものも絶対的ではなく、観測者の立場に依存して変化する相対的なものである』と考えると、光源と観測者の相対速度の如何に関係なく、光速が常に決まった値を示す理由もうまく説明できるではないか、というのがアインシュタインの主張です。

ガリレオが示した相対性原理は、運動に見られる相対的性質に限定されたものであり、**運動に関しては絶対基準が存在しない事**を示唆しているにすぎません。しかしアインシュタインは、相対性は物理学全体を支配するもっとも根源的な原理であると確信したようです。

原理はシンプルであるほど良いですし、全てのものが相対的性質に支配されて存在していると仮定するだけで、困難な問題が解決するとすれば、“相対性”は根本原理だと言えるかも知れません。

しかし丁寧に分析してみれば、スマートでとても優れているように見えるこの思い付きが、実は論理的に破綻している事は容易に分かります。

相対性理論に潜む問題点は数理的なものではなく、あくまで**理屈に合わない**ことなのです。ですから、多くの人がやっているように数式(ローレンツ変換)をこね回すのは、数理的な矛盾が存在するか否かを確認する作業でしかありません。その様な検証方法では、本質的で重要な誤りを見つけることはできないでしょう。

1.2 基準(物差し)

物事(事象)を定量的に把握し、そこに存在する法則性を発見するという作業は、物理学がもっとも得意とするところですが、何かあるものを定量的に把握するためには、当然、計量の対象となるものすなわち、長さとか大きさ、重さといった種々の対象について、それぞれ計量に用いる基準となる“物差し”を用意する必要があります。力学における最も基本的な物差しは、物理の基本三要素と呼ばれる時間、空間、質量の計量のために用意された物差しです。

さて、Aの長さは〇〇である、Bの長さは△△である、といった表現が意味を持つ(有意義である)ためには、Aを測る物差しとBを測る物差しが同一のもの(同じ目盛りのもの)でなければならないのは当然です。少なくともAとBとを取り上げて双方の関係を論じる事は、その中に必ずAとBの比較という要素が含まれるので、その議論の中では、唯一共通の物差しだけを使用しなければなり

ません。もちろん“物差し”の目盛りは均等に打たれていると見なされます。

これらのことは次のような事実（あるいは約束）を我々が認めたという証左でもあります。例えば長さを測るために使う物差しは、どちらの方向に向けても等価値である（単位目盛りが表す量は等しい）と認めることは、すなわち空間は全方位においてどこまでも均質に延長するものであること、少なくとも空間をそのようなものとして扱って良いことを、我々は認めたこととなります。この認識は、たとえそれがアインシュタインの言うように単なる“仮説”でしかなかったとしても、それは我々が最初に定めた前提（約束）であり、物理学はそれらの前提に基づいて構築されています。

1.3 基準（物差し）に関するアインシュタインの誤解

アインシュタインが、自身の主張の本意を正確に認識できていなかったのか、あるいは故意に曖昧さを残したのかはよく分かりませんが、その主張が曖昧なために、誤解と混乱をもたらしているのは確かです。

先に引用した彼の著述では、彼は時計（時間を計る物差し）を“二つの事象の時間的へだたり”と表現し、物差し（長さを測る物差し）を“剛体上の二点間の空間的へだたり”と表現しています。

それら物差しは、前項で述べた通り〈共通不変〉であることによって、基準（物差し）としての有効性を認められる性格のものであります。アインシュタインが“基準体の運動状態”と言う場合も、基準（物差し）に対するそういった従来からの定義にもとづいているのは確かです。しかしアインシュタインはそれらの物差しが“不変”であるという仮説は誤りであって、基準体の運動状態に左右されると主張しました。

『或る系（の物差し、時計）に対して、基準系が運動している場合、基準系に属する物差しはその運動方向に縮み、時計の進みは遅れる』という彼の主張の内容は、簡単に言うと次のたとえのような事柄であるに過ぎません。

『A君とB君が全く同じ1メートルの竹差しを持っていて、二人が2メートル離れて向かい合ったとき、A君にはB君の物差しが縮んで見える、それと似た現象（物差し間の関係）が、或る系とその或る系に対して運動する基準系との間にも存在する。』

要するに、そのような認識を与えるという以外の何でもありません。2メー

トル先の世界は物差しと共にB君を含む総てが一様に縮んで見えますが、それはそれらの存在が実際に物理的に変容したことを意味しません。B君と共に縮んで見えている物差しが、その縮んだ状態を保ったままでA君と接触する（物理的に影響を及ぼし合う）ことはいかなる場合にも実現しないのですから、その縮小はA君にとって何らの物理的意味を持ちません。

『ガリレオの相対性原理』は、《Aから見たBの速度と、Bから見たAの速度が一致する》ことを述べていますが、それは言ってみれば《系Aと系Bの物差しと時計が共通した価値を持つ（物理的に同等である）》という証です。アインシュタインの特殊相対性理論では、この相対性原理に基づく“速度の一致”が保たれるように、空間と時間の物差しが連携して変化するように仕組みられていますが、それは作為的な操作（数学的処理）に過ぎず、物理学的な根拠に基づいているわけではありません。

アインシュタインは“空間的へだたり”を言うのに、それをわざわざ“**剛体上の二点間**”としています。“剛体”とは、物理的変形が決して起きないものとして彼が名付けた言葉です。このあたりを見ると、運動方向への縮みが物理的変形ではなく、認識上の出来事であることを彼自身は承知していたのだと思います。

ではなぜアインシュタインはそのような恣意的な説を唱えたのでしょうか？

もちろん〈あらゆる立場の観測者に対して光速は常に同じ値を示す〉という事実を説明するためですが、このように*〈**どうとでもとれる解釈**〉によって説明するというやり方は、科学的ではありません。或る物理的な事象の意味を、“認識”という非物理的要素を弄（いじ）くることで説明するのは間違っています。

*この言葉は、直接目にすることも触れることも出来ない、物質的でない空間や時間というものが、伸びたり縮んだりするかどうかを検証する科学的手段はありません。そういった検証しようがない内容を“どうとでもとれる”と言い、別の場所でアインシュタインが使っていた表現ですが、そのような内容に依存する説は理論とは言い難く、仮説以上に扱ってはいけません。

1.4 相対性の意味

アインシュタインは〈観測される真空中の光速度は常に決まった値を示す〉事実を認め、またガリレオの相対性原理に誤りが無いことも認めました。そこで彼は〈共に疑い得ない二つの事実が矛盾する原因はどこにあるか〉を考えたとい

うことなのですが、推論の進め方も、そもそも推論の起こし方も感心しません。そのために、“相対性”について正しい認識を得られなかったのです。

以下に正しい推論のあり方を、アインシュタインの推論への批判と共に示しておきます。考え方の参考になると思います。それぞれの部分について、『当たり前の事を…』と早決めせずに、丁寧に考えてみましょう。

1. 存在している矛盾とは何か？を的確に把握する。

(アインシュタインは、何を以て矛盾というかを良く理解していない)

2. 二つの事柄が矛盾しているなら、どちらか一つもしくは両方が間違いである。したがって、矛盾は間違いを訂正することによってのみ解消される。

(アインシュタインはどちらも否定しなかったが、どちらも否定しないで矛盾が無くなる事はありません) どちらも否定しないのなら、そもそもの矛盾と考えられたことは矛盾で無かったと説明される必要がある。

私は、アインシュタインは**相対性原理**及び、矛盾ということ自体を、正しく理解していなかったと思います。本質的に同じあるいは同一の、或るものについて、* ‘**立場が違う観測者が得る観測結果には、立場の違いを反映した結果としての違いがある**’ というのが『相対性原理』の主旨ですから、“光速度不変”は明らかに“相対性原理”に矛盾しています。したがって“光速度不変”が肯定される仕組みを、どのようにうまく説明しようと、その説明は、“光速度不変”が相対性原理に反しない(矛盾しない)と述べた事にはなりません。

*たとえば、ある物体が静止しているか等速直線運動をしているかという違いは、その物体及び観測者双方のそれぞれの本質には関係なくて、その物体と観測者との関係を示すものであるというのが、相対性原理の主旨です。観測される光速度が観測者の立場の違いを反映しないなら、光速度は相対性原理の支配の外にある物理事象というべきです。

“光速度不変”が疑い得ない事実であるなら、“光速度不変”は“相対性原理”の支配下にはない事象だと言うほか無いわけで、そうなること(“相対性”は物理事象の総てに適用されるものではないかも知れない)という可能性について考える必要があるのです。つまり『相対性』に対する信仰にも似た我々の認識を見直し、修正しなければならないということになります。

“光速不変”は“相対性”を示さない事象なのですから、アインシュタインがしたことは論理的に考えて、矛盾の解決になっていません。

1.5 確定性（絶対性）と相対性

地球は静止していて（公転も自転もしていなくて）、星座を配した天球が地球の周りを回転しているという宇宙像を思い描いた古代の人たちは、それ故宇宙（天球）の大きさには限りがあると考えました。もし宇宙（天球）が無限に大きいとすると、天球上に配置された最も遠方の星の周回運動は無限の速さでなければならないからです。（天球そのものが一日に一回地球を中心に回転している）無限の速さというものは考えられないのですから、天球すなわち“星が存在している宇宙”の広がりにも限界があることになります。

今日では、物体の運動速度の上限は光速と考えられているため、もし天体が地球の周りをまわっていると仮定すると、24時間で地球の周りを一回りできる天体の存在は、きわめて近傍にかぎられることになります。実際に存在する無数の天体は、その範囲を遙かに超えた遠方にあるのですから、それらの天体が物理的な運動として実際に地球の周りを廻っていると認め得る系は存在しないはずです。つまり地球と宇宙（にばらまかれた無数の天体）の運動関係は相対的とは言えず、論理的な帰結として、**地球が自転している**場合しか成立しません。

運動の相対性についての単純な理解に従えば、宇宙に散らばった天体から見たとき地球が自転運動をしているなら、地球から見たときは天体の方が地球の周りを周回しているという解釈は、間違いではありません。そのように感じられ、そのように観測されるのも事実です。でも、実際に実在する物理的な運動は、その一方に限られます。地球の自転運動は相対的ではなく、確定的な意味を持つということです。

地球の自転に限らず、回転運動が相対的（主観的）なものでないということは、次のことから明らかでしょう。回転運動には遠心力が付随しており、その遠心力の働きは適当な手段を用いることによって総ての観測者が確認可能な、すなわち確定的なものです。或る対象物について、回転による遠心力の効果が認められなければ、そのものは回転していないのであって、或るものが回転運動しているのかいないのかは、観測者の立場に依存しない、すなわち相対的ではなく確定的な事柄です。つまり、〈運動は相対的な意味しか持たなくて、絶対運動

というものは存在しない」という思想は、必ずしも正しいとはいえないのです。

さらにもっと重要な問題について述べます。

枝を離れたりんごが落ちるのは、地球とりんごの間に働く万有引力の働きですが、この場合動いたのはりんごの方でしょうか、それとも地球の方でしょうか？

『運動は基準に対して定義される相対的なものであり、絶対運動は存在しない』という、言ってみれば**原初的な相対性原理の思想**では、地球を基準にした系ではりんごが加速度運動をしたと見なされ、りんごを基準にした系では地球のほうが加速度運動をしたと見なされ、そのいずれも（それぞれの系ごとに）肯定される対等な認識であるとされます。空間がバックグラウンド（絶対系）であり得ないという理由によって、二つの認識（地球が動いたか、リンゴが動いたか）のあいだには本質的な違いはないという見解です。アインシュタインの考えも、基本的にこの見解に沿っています。

しかしニュートンの力学法則は、相対性原理とは少し違った事を述べています。力学の第二法則は、次の“ニュートンの運動方程式”で表すことができます。

$$F = m\alpha$$

地球とリンゴが互いに互いを引き寄せるようとする力の存在は一つだから、地球を動かそうとする力とリンゴを動かそうとする力の大きさは同じです。したがって地球とりんごは、上の物理式によってそれぞれに見合った加速を受けるので、結果として生じるそれぞれの加速度運動の大きさには違いがあります。立場によって異なるいわゆる相対的な性格の認識とはべつに、確定的な量的関係が存在すること（局所的絶対性）をニュートンの運動方程式は述べています。この力学法則を直接的な形で記述する系、すなわちリンゴと地球の運動関係についての力学的解析には、両者を含めた重心位置を基準にとった系をバックグラウンド（絶対系）として選定する必要があり、そこでは〈運動は相対的にのみ意味を持つ〉ものでは無くなります。

地球が太陽の周りを廻っていると感じるか、太陽が地球の周りを廻っていると感じるかという、いわゆる認識は、系の選択に依存するという相対的な性質に支配されますが、同時に私たちは太陽と地球のそれぞれの質量を知ることによって、おおざっぱには地球が太陽の周りを廻っているのか、太陽が地球の周りを廻っているのかについて、そのいずれであるかを確定させることができます。太陽と地球の運動関係を一意に確定する＝上の法則式を成立たせることにこそ物理学の本質があり、そのことによって真実を得る事ができるのです。

相対性原理はアインシュタインが考えたような、物理事象の総てを支配する物理学の根本原理ではなくて、**体験的表象（＝認識）に表れる特徴の一つ**、とでも言うべきものです。ガリレオの相対性原理は、その部分だけを限定的に述べたものですから、それはそれで正しいと言えます。

[TOP『時間と空間の物理学』へ戻る](#)