

第3章

原理の数式化は 失敗している

相対性原理と、まったく不必要な光速度不変の原理、相反する2つの原理を1つの理論に取り入れる作業は並大抵の苦労ではなかったと思います。相対論が一般人には理解できない難しい理論と言われているのは、この作業で**高度な数学知識**を要するからです。

相対性原理と光速度不変の原理は、どちらも単純明快な原理です。相対論のように難解で多くの式を使わなければ、数式化は出来ないというのはおかしい話です。

逆に、難解な式を使いさえすれば、矛盾したものでも数式にできてしまうのは、もっとおかしい話ではないでしょうか。

光速度不変の原理に相対論は必要だったのか、その数式化を検証してみましょう。



キョージユ

数式化はふるいである

アインシュタインは仮想実験で光速度不変の法則を提唱したものの、時間や空間を曲げざるを得ませんでした。だからといって、直ちに光速度不変の原理が間違っていると結論するべきではないと思います。

現在の物理学では高度な実験が可能になってはいますが、光や空間の本性を突き止めるまでには至っていません。まだまだ謎も多く、これからも慎重に実験を繰り返して、真実を見極める必要があるでしょう。

それらの実験を支えているのはやはり数学です。奇抜な仮定もいったんは数式化しなければ、実験も検証もできません。正確な数式化は矛盾を見つけ、無駄な理論や実験やデータをふるい落としていく重要な役割もあります。

相対論は仮定の数式化が正確に行われず、振り落としのシステムが機能していなかった例と言えます。つまり、展開に至る以前の数式化に重大な見落としが隠されているということです。

物理の解釈から離れて、数学で理論展開されるものは、数学の法則のみに支配され、私見の入る余地が無いのでかえって検証しやすい場合があります。

ところが、相対論の数式化には、かなりの物理的要素が入り込んでいます。これは各人の先入観が、式に影響している可能性が高いことを示しています。

それらの間違いを正確に理解するには、物理から離れて数学に移った時点、例えば光速度をアルファベットの c で表記したことなど、基本的な文字化を丹念に検証しなおさなければならないでしょう。

光速度不変は $c = 1$ で完結

光速度不変の原理を簡単に言い表すと



「誰から見ても光速度は常に一定」

となります。

観測者が止まっていようと、走っていようと全く無関係に

一定値 c

です。物理的には静止系の観測者でも運動系の観測者にとっても、いつも同じ速度に観測されるのが光速度です。

定常系から見て速度 c で進んでいた光が、速度 v で運動する観測者から見てもやはり同じ速度 c だとすれば、古典物理学でガリレイ変換によって達成していた光の座標変換も、この原理によって完全に否定されることとなります。

アインシュタインも相対論を理解しようとした研究者も、今までの古典物理学を根本から見直し、原理に沿った運動方程式の構築を真剣に考えてきたことでしょう。関係式が見えてくるまで、相当数のあらゆる数式や方法を模索し、悩み抜いたに違いありません。

しかし、原理を忠実に表現することだけに焦点を絞れば、数式化はいとも簡単に達成出来たはずです。例えば光が1秒間に進む距離を基準とした単位、光秒を採用した場合、

$$c = 1$$

となります。ただし、光速度に関してのみ座標変換を採用しないという条件が必要です。これ以上簡単な式はないと思われます。

この1とは1光秒ということです。見てのとおり、光速度に関してのみ言及している原理をそのまま式にただけです。

「光速度は1である」

という何の装飾もない式によって、どのような速度で運動する観測者にとっても光速度は1光秒となります。

観測者の運動に関わらず光速度が一定なら、観測者の速度 v はまったく考慮しなくてもいいはずですが、アインシュタインの要請する光の性質を正確に式で表すと、**観測者の速度 v は物理的、数学的意味を持ちません。**

したがって、光速度不変の原理を表した式に、 v が入っているのはかえってまずいのです。これに対して、



「相対論でも光速度を c と設定し、その速度を約 30 万 km/s としている。結局は 30 万 km/s を 1 と置けば、 $c = 1$ とまったく同じ式になる。ならば、相対論の数式化も正しいのではないか」

と思われるかもしれません。

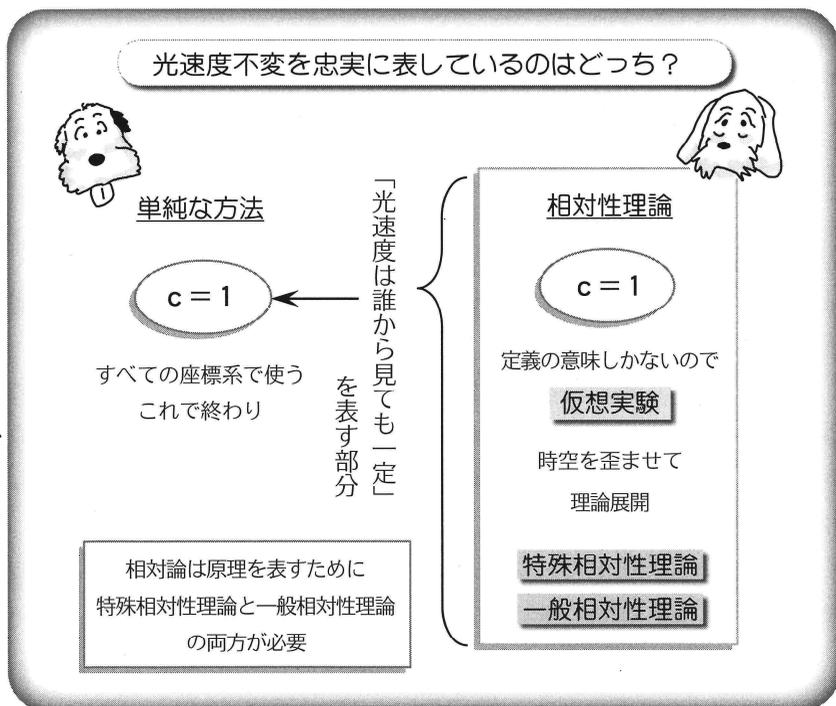
確かに見かけはまったく同じですが、ここでの課題は光速度不変の原理を数式化することです。この時点で課題を達成し終わっているのはどちらでしょうか？

前出の $c = 1$ はこれで**完成**です。これ以上手を加えることも発展することはありません。本当に光速度は誰にとっても不変なのか、これ以上は物理的実験に委ねるしかありません。数式の展開を待たずして完結してしまいます。これは仮想実験の宿命で、仕方の無いことです。

一方、相対論の $c = 1$ は数式化以前の**文字定義の意味しか持っていない**。そのため、光速度不変の原理を表現している範囲は、仮想実験に始まって延々と続く相対論全体となります。

誰も要請していない、観測者の速度 v まだが相対論に取り込まれたのは、仮定を数式化する段階での検討が不十分で、止まるはずの展開が止まらなくなってしまうからです。

前出の式を使っていれば、光速度不変の原理が簡単に、しかも矛盾なく成立します。時空を歪めてまで原理を成立させるような、矛盾だらけの相対論がなぜ必要になるのか、誰も説明できないでしょう。



相対性原理を取り込め

相対論は2つの原理が出発点になっていました。光速度不変の原理を $c = 1$ で解決できたとしても、もう1つ、相対性原理の数式化を忘れてはいけません。

ガリレイの相対性原理よると



「互いに等速運動する座標系で、すべての運動法則は同等でなければならない」

表現の違いはありますが、こういうことです。

宇宙空間を等速直線運動するロケットの座標系Aで、ある物理現象を観測し、これを関係式にまとめて物理方程式を完成させたとします。

「この関係式は同じく等速直線運動する他のロケット内の座標系Bでもまったく同じように成立する」

なぜかといえば、相対性原理では

「単一座標系での座標系の運動認知は不可能」

としているため、B系内にいる観測者がB系の観測だけで、系の運動を認識することを容認していません。

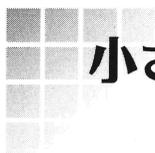
もし、B系での物理現象が方程式に合致しなくなるとすれば、B系での観測者は系の中だけで、運動を知ることができてしまいます。それでは原理に反するので、B系でもまったく同じ運動方程式が成立すると仮定しなければなりません。

この点をよく考慮して、数式化を進めます。相対論ではどの座標系でも運動方程式の形が変化しないようにうまく作られていました。

光速度不変の原理だけを $c = 1$ で解決してしまうと、残された相対性原理の影響で式の形がどうしても変化します。古典物理学では達成できないからこそ相対論の式が受け入れられているのです。

座標変換をしても不変な方程式を考えるのは容易なことではありません。少なくとも、高度な数学的知識と天才級のひらめきを要する困難な作業になるでしょう。





小さすぎた拡大解釈

このような展開になると、数学好きの学者達が飛びついてあれこれ模索を始めることでしょう。しかしこれはトリックのタネから注意を逸らす相対論的手法の1つです。

難問が出されると、人は知的好奇心をくすぐられ、それを解決してみたくなります。まだ解決しなければならない問題を置き去りにして、少しでも早く先へ進みたくなるものです。

高度な数学を用いる前に、その作業が必要かどうかという視点からもう1度よく考えてみましょう。

相対性原理では
「互いに等速運動する座標系で、すべての運動法則は同等でなければならない」
と要請しているだけです。

ガリレイは古典物理学がこの原理に反しているとは一言も言っていないはずですが。修正する必要があるか検討もせずに、古い理論というだけで手を加えるのは危険な行為です。

しかし、現実には古典物理学の物理方程式は座標変換に対して不変ではありません。これをどう解釈すればいいのでしょうか。

原理の中で様々な言い回しをされている「**同等**」に着目します。

「同じ形」あるいは「等価」
などと表現する場合がありますが、意味は同じです。

では、何が同じなのか。もちろん、「運動法則」ですが、こちらも
「運動方程式」 や 「基本法則」
と表現されています。

ただし、「基本法則」はアインシュタインの相対性原理への拡大解釈に利用した感があるのでここでは除外しておきます。

いずれにしても「法則」であることは間違いありません。ここでの法則とは「ガリレイ変換」です。古典物理学では、座標系が変化したからといって、ガリレイ変換の「形」が変化するわけではありません。変換に使われる**数値が変化するだけ**です。

これが相対性原理の「同じ形」の意味です。



「では、相対性原理の数式化はしないのか」

そうではありません。



もう、数式化は終わっている

のです。正確には

「物理量を数値として取り扱うのなら、ガリレイ変換は自然と取り入れられることになる」

私たちが物理量を評価するには、ある基準を決めて対象の物や時間、距離を**比較**します。比較する時に使う演算はガリレイ変換と同じものです。したがって、物理量を数値に変換して評価した段階で、好むと好まざるにかかわらずガリレイ変換は必然的に取り入れられてしまいます。

(この認識は、相対論のトリックを理解するために重要なので、よく考察して自身で判断するようにして下さい。)

もっとも、相対性原理を提唱したガリレイが矛盾した変換を使うと思いますか？ 矛盾していないと、はっきり認識していたからこそ採用していたに違いありません。

それは相対性原理の意味をよく理解して、矛盾の発生しない範囲でしか使用していなかったから当然と言えるでしょう。アインシュタインはガリレイ変換後の数値 c まで「同等」にしようとガンバッテしまったので、時空を曲げた新たな式を創作してしまったようです。

速度 v の秘密



「光の速度は誰から見ても一定に見える」

光速度不変の原理の条件から、誰もがこう考えるでしょう。

「いかなる座標系でも一定値なのだから、**光速度を定数 c** と決め、理論の展開をすればいい」

アインシュタイン以下相対論を支持する科学者全員が、光速度を定数 c と定義してから理論の考察を始めています。

文字式に使われている文字の設定は、同じ文字が重複しない限り、比較的自由です。この光速度に c を使おうが、 D を使おうが、結局は数字を代入してしまうので結果に影響はありません。通常はどのような文字や記号を使っても、一向に構わないはずです。

本当に構わないのでしょうか？



「この文字の設定にまで意義を唱えることは、それこそ数学の自由を奪うだけで、無意味な行為である」

と、数学者が 100 人いれば、100 人が思うでしょう。

ところが、相対論だけは少しばかり事情が違います。それを確かめるには、もう一度冷静になって、仮想実験をするのが一番です。

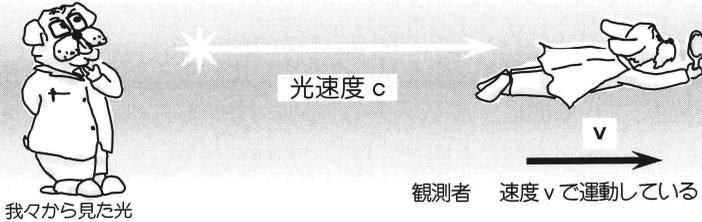
では、たった今、アインシュタインが光速度不変の原理を提唱したとしましょう。



「光の速度はどのような速度 v で運動する観測者にとっても一定値 c である」

それを聞いたあなたは、早速、その原理がどのようなものか、仮想実験を試みようと思います。

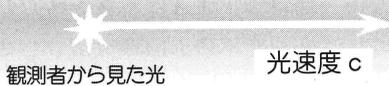
【手順1】我々の座標系から見える光の速度を c と定義する



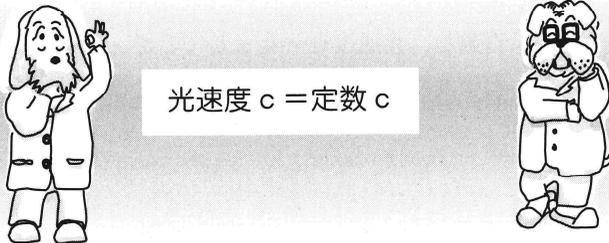
【手順2】速度 v で運動する観測者から見ても、同じ速度に見える



【手順3】この光速度も同様に c である



【手順4】したがって、光速度は定数 c でもよい



あなたが光速不変の原理を理解する時に、行った仮想実験と重大な相異がないとして先へ進めます。

この何気ない一連の仮想実験に、20世紀最大の理論トリックが隠されているのですが、気がつきませんでしたか？ 仮想実験で考察している人達、アインシュタインや科学者、世界中の数学者から、入門書の読者まで、1人残らず騙されてしまうようなトリックです。

ここで、アインシュタインのトリックを思い出してください。皆がジャンプに注目している間に、バックグラウンドの変化から目をそらすという手法です。この仮想実験にも同じトリックが使われています。

今回のジャンプは光速 c の採用です。皆が光速不変の原理に従った光を見ようと運動系に視点を移動するため、

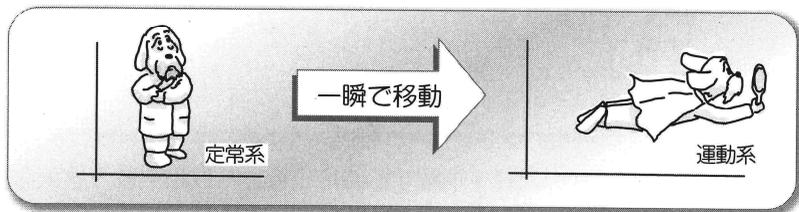
観測者自信が座標変換を実行しています

【手順2】では光速不変の原理を取り入れているだけで、何の不自然さも感じられませんが、ここが落とし穴です。

光速不変の原理の「誰から見ても」や、【手順2】の「速度 v で運動する観測者から見ても」という部分は、光速不変を成立させるための前提条件で、この部分がなければ光速不変の原理は成立しません。

子どもの頃のアインシュタインが、鏡を持って飛行するところを空想したように、誰もが頭の中で、最初にいた座標系を飛び出して、運動系の観測者に早変わりします。

第三者の立場に移動し、光速を一定としてこそ、光速不変の原理の意味があります。座標変換を想定しない、速度の変換原理は有り得ません。



なんとなく、納得できない人は、こう自問自答して下さい。

「相対論で使われている観測者の速度 v は何を基準にしている、どうやって算出したのか？」

おそらく、今自分がいる系を基本の系として、運動系の速度を測定するのではないのでしょうか。ここで、運動系の速度は、基本の系以外から見れば v ではありません。

にもかかわらず、この事例で v を採用する裏には、基本の系を速度 0 として、

$$\text{運動系の速度} = v - 0$$

という、座標間の相対速度を算出しているからではないのでしょうか。

そして、その速度の算出方法は、こう呼ばれています。



「ガリレイ変換」

ガリレイ変換は、アインシュタインが近似であるから、厳密解を求める時には使用出来ないとしたものです。この近似を使って、光速不変の原理の仮想実験が成立し、相対論が構築されているという、なんとも奇妙な話になってきました。

近似を使っているから不正確だ、というレベルの問題では納まりそうにありません。仮想実験の基礎になっている、ガリレイ変換を実行した事実が、

どこにも記録されていない

ことが、この先大問題に発展してゆきます。

ガリレイ変換の隠れ場所

光速度を速度 c と観測するための基本座標が、ガリレイ変換で算出されている事実は、そのまま、【手順3】以降に影響してきます。

もし、【手順2】が存在していなかったら、ガリレイ変換も光速度不変の原理も存在しません。この【手順2】では、観測系全体がガリレイ変換されたにもかかわらず、光速度だけは相変わらず c のままであることが要求されています。

ある座標系上の線分を、運動する別の座標系から見た場合、これが変化してしまうのは、我々が使っている数学のシステムがそうになっているからです。これは物理学としてではなく、数学の座標変換を利用するからには、避けようのないことです。

基盤になっているのは、間違いなくガリレイ変換ですから、光速度も座標系に引きずられてしまいます。基本系で速度 C であったものが、運動系でも C であることは、数学上許されません。何も作用させない状態では、一旦、

$$C - v$$

に変換されます。数学のシステムが優先だからです。【手順3】が効力を発揮できるのは、この後になります。

数学 > 光速度不変の原理

数学上で仮定された座標理論は、ガリレイ変換が優先される

光を特別扱いした「 $c = 1$ 」を使っていれば、以後の展開を心配することもなく終わっていました。ガリレイ変換を無効にしようという、原理が選択した解決方法は

定義

です。

単に、 c の文字を光速度だと定義しているだけで、いままでの経緯やガリレイ変換など、まったく考慮していません。【手順2】で「 $C - v$ 」に変換された光速度を御破算にして、【手順3】で新たに c と定義し直しているだけです。

「 $C - v$ 」が c に変換されたことから、【手順3】はガリレイ変換された光速度を、 c に変換する関数といえます。

その関数を仮に f とおくと

$$f(C - v) = c \quad \dots\dots\dots 3-1 \text{式}$$

が成立します。

この関数の働きを求めると、

$$f(C - v) = C - v + v = c \quad \dots\dots\dots 3-2 \text{式}$$

となります。

括弧の中は、座標変換された、古典物理学の光速度 C です。式の意味は、「座標変換した光速度に、運動系の速度 v を足している」つまり、

速度 v を相殺

しているに過ぎません。

難しいという印象のある光速度不変の原理ですが、フタを開けてみれば座標系の速度 v を相殺する働きしかしていないということがよく分かります。

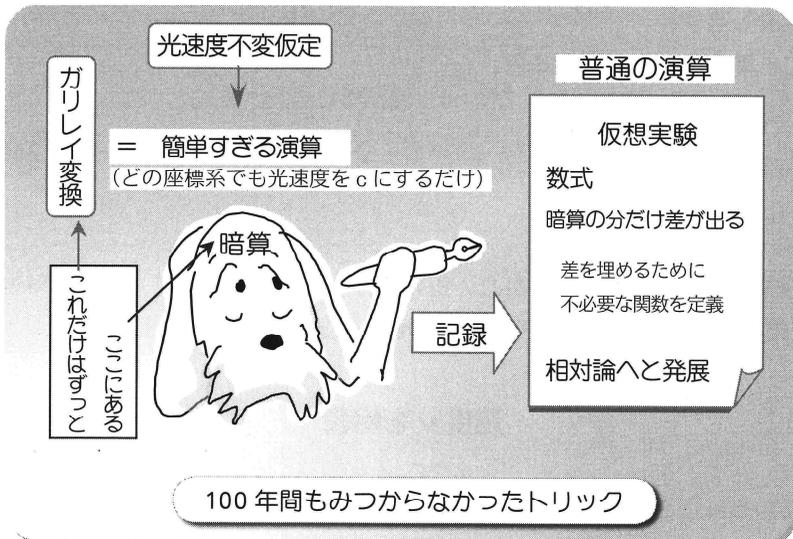
しかも、計算や式を用いず、定義という荒業を使っています。こうすることで、「ガリレイ変換や、それを相殺した数学的作業は、暗算で処理されています」

実は、アインシュタインは使用した関数を式に記入する習慣が身につけていませんでした。それに加え、科学者達もこの設定で暗算をしたために、相対論を容認する結果となっています。

相対論が構築され、相対論的宇宙論で、宇宙の始まりが議論されようとして、この時の変換は、相対論を信じてしまった人々の

頭の中に、今も置き去り

にされたままになっています。



誰から見ても一定な速度が基準？

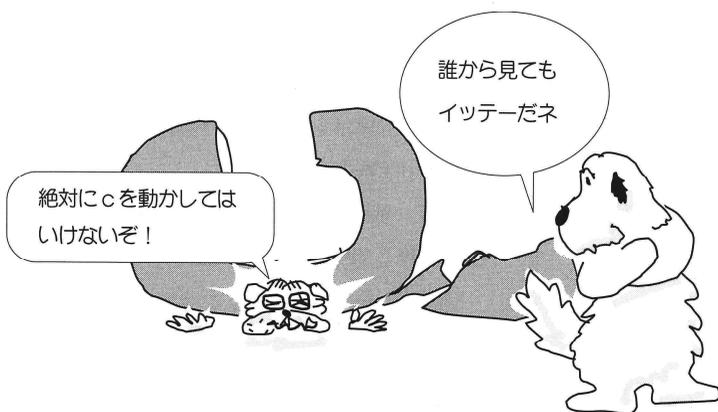


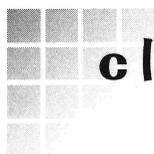
「光というのは特別で、どのような運動をしている観測者から見ても一定である。だから光速をすべての基準と定めて相対論は構成されている」



「普通の世界にいるAさんと、長さも時間も半分になる奇妙な世界にいるBさんが $0.5c$ で飛ぶロケットを見たとなると、相対論では2人のいる世界の違いをどうやって知るので？」

誰から見ても同じに見えてしまう光を基準に運動方程式を出すのは無理だよ。だって c には座標系固有のデータが何も入ってないんだもん。」





c は関数

暗算で処理された変換は、100 年間も忘れられていました。しかし、それは私達の認識の問題です。指摘されても、「確かに暗算をしているのかなあ」ぐらいで済まされてしまうかもしれません。

ところが、数学の世界はもっとクールで厳密です。暗算で書かれなかった作業は、必ずどこかへ紛れ込み影響を与えます。もう一度 3-1 式を見て下さい。

$$f(C - v) = c \quad \dots\dots\dots 3-1 \text{ 式}$$

左辺は関数、そして右辺は c です。ここでどのようなことが起っているかお分かりでしょうか？ 仮想実験で無意識に行った

ガリレイ変換や、 v を相殺する作業すべてが 集約され、 c という一文字で表されている

ということです。もし、相対論で使われている c が関数なら、それだけで相対論は崩れます。(ただし、 $v \neq 0$ の時です。)

相対論で導かれた関係式には、多くの c が含まれています。それらが定数でなく関数なら、すべて再計算しなおさなければなりません。最終的な計算が完了しないうちに、「実験と一致している」との主張も無意味になります。

また、 c が光速度不変の原理を過不足なく表していることになり、相対性原理を考慮しても、これ以上展開する必要がなくなります。つまり、相対論のような理論はいらないことになります。

変数 = 定数

【手順4】では c を定数と定義しています。このことで光速不変の原理は

「誰から見ても定数」

という数学的要請をしていることになります。「誰から見ても」とは

「座標変換しても」

という意味ですから、結局、要請しているのは

座標変換しても定数

となります。

私達の使っている数学では、座標変換しても同じ値のままの「定数」は存在しません。それどころか、そのような数の概念もありません。強いて言うなら、座標変換分を相殺する関数 f が働きをしますが、定数ではありません。

この関数 f には変数 v が含まれているからです。関数が処理する演算は v に依存することから、結局、関数は変数としての性質を持ちます。原理的要請に従うと、どうしても c が変数の性質を持ってしまうことは避けられず、 c を定数として扱おうとした段階で、

「変数 = 定数」

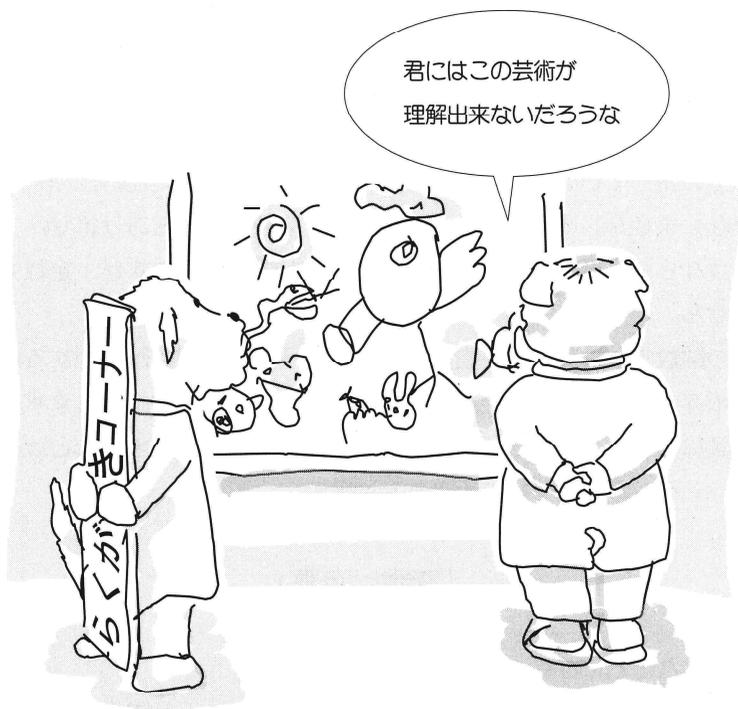
を宣言したことになります。

これは数学を根底から崩してしまう設定で、リセット式の一つとなります。

強引に c を定数と定義した直後に、数学のシステムは破壊されます。それでも展開を続けようとするれば、それはもう私達の使っている数学とはかけ離れた概念を持った、相対論特有の数学になります。常識がまるで通用しない数学です。

変数は定数であり、1は1であり1でない。そのような、矛盾が容認される数学を基礎にして、相対論は成立しています。システムが変更されたことに気が付かず、今までの数学と同じ扱いをすればするほど、矛盾は増える一方です。

現在の相対論系の物理学は、こうした固有のシステム上に構築されたものです。私達の数学の概念をそのまま持ち込んで解釈しようという考えを見直さない限り、物理学はさらに混迷してしまうでしょう。



勝手な解釈が間違いのはじまり