第2章

天才的発想がトリックを生む

たった一人の人物が、歴史を変えるほどの理論を発表した裏では、通常では考えられないほど単純な見落としが行われていました。見落としの繰り返しで**習慣**となった発想法は、さらに多くのトリックを世に送り込む結果となっています。

相対論の特徴は、何と言っても「光速度不変の原理」にあります。常識から外れた原理がなぜ考え出されたのか、そして、なぜ正当化されてしまったのでしょうか。そこにもアインシュタインの見落としが隠されています。

アインシュタイン

落ちこぼれだからこそ天才になれた

物理学に大革命を起こしたアインシュタインが、実は小学校時代には落ちこぼれでどうしようもない生徒だったというのは有名な話です。勉強ができなくとも、大きな事を成し遂げられる好例としてよく取り上げられています。

相対論の原点はアインシュタインの小学校時代にあり、理論の構成を理解するには絶対に避けることのできない話題なのですが、小学校の勉強は多少疎かにしても良いという印象は拭い切れません。

たった１人の少年が小学校の授業をまじめに受けていなかったために、架空の理論が世に出され、歴史を変えてしまった事実を認識していれば、もう少し評価は変わるでしょう。

相対論に含まれるトリックは１つや２つではありません。信じられないほど多くのトリックが理論に盛り込まれています。その核はすべてが同じ種類の**単純な見落としが発端**となっています。

通常はそのような見落としが理論に入り込むことは考えられません。なぜなら、誰もが見落としを**予防する方法**を小学校の授業で学習しているからです。恐らく、アインシュタインはこの授業を上の空で聞いていたのでしょう。

その後の物理学の展開を見る限り、彼がその方法を教えられる機会は巡って来なかったようです。

「単位を揃えなさい」

算数の授業では数字を覚え、ものを数えるということを学習します。しばらくすると、足し算や引き算、掛け算、割り算と進みます。そのどれをとっても欠く事のできない基本な演算です。数学の基礎はこうした単純な演算に支えられています。

しかし、算数をいかに実用的に使いこなすかを考えると基礎演算だけでは不十分になります。面白くもない練習問題を山ほど解き、算数を道具として使うための訓練も必要です。遊び盛りのアルバート少年が興味を失うのも無理もなかったでしょう。

この退屈な計算練習の毎日で先生からはきっと、

「単位を揃えてから計算しなさい」

と繰り返し聞かされたに違いありません。

残念ながらその言葉は、方位磁針の不思議に心を奪われ物思いにふけっていた少年の耳に届くことはなかったようです。

単位を揃える練習とは、例えば、
「1メートルは何センチメートルですか」
といった問題です。少し慣れてくると、
「1メートルと1センチメートルを足すと何センチメートルになりますか」
といった、実用的な問題も出されます。

もちろん、単純に数字だけを足したのでは正解ではありません。一見当たり前の計算問題ですが、この練習の重要性は実際に問題を解く時の作業プロセスにあります。

1メートルと1センチメートルを足す前に
それぞれの単位の違いを揃える
1メートル＝100センチメートル
だから
100センチメートル＋1センチメートル＝101センチメートル
要求されている解答の単位はセンチなので
101センチメートルが答

単位を揃えるということは数字を**別の数字に変換**することも意味しています。単位を考慮しないで上の計算をすると、

$$1 + 1 = 2$$

となります。

注目したいのは、単位を無視するだけで変換がされなくなり、正解の101とは程遠い2という数字が現れてくる点です。要求されている正解から見ると、こちらの方が数字を変換しているとの見方もできます。

単位の指定は数字の変換作業の重要な手がかりとなり、忘れた場合は無関係な変換を誘発してしまいます。また、同じ数字でも同等に扱ってはいけないという注意を、単位の違いが促しています。

したがって、単位を揃える練習には、単位、数字、数、量、変換、基準など多くの概念を自然と修得する効果があると同時に、

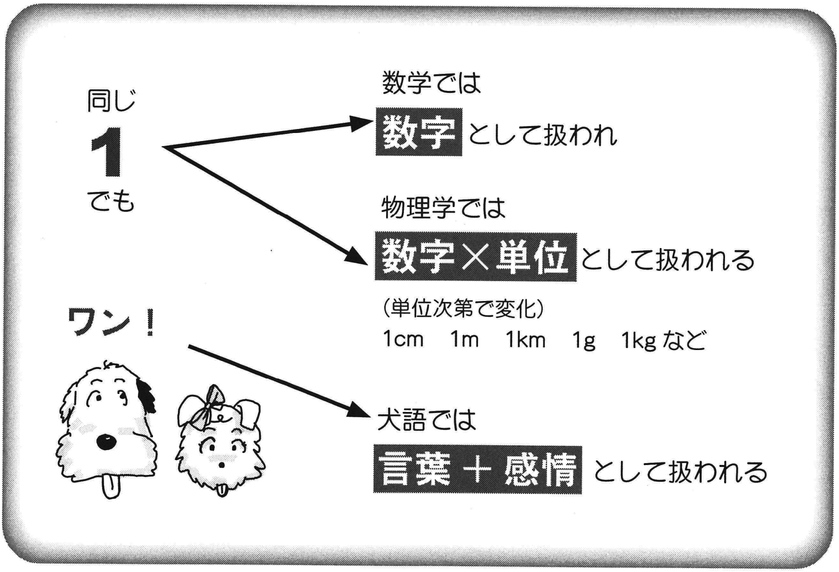
数字は数量を表す仮の姿でしかない

ことも認識させてくれます。

数式のみの計算では数字と記号が情報のすべてですが、日常的に使用される数式では、それらは情報のほんの一部にすぎません。単位が付属して初めて意味を成す場合の方が圧倒的に多いのです。

これは数学を物理学に応用する際も同様で、理論の構築は常に数字と単位の存在を意識しながら進めなければ、必ず見落としが発生します。

退屈な「単位を揃える練習」が実は、見落としを防止するための訓練であったと分かっていたなら、アインシュタインも真剣に授業を受けていたかも知れません。



数学の万能薬

大事な授業を聞き逃していた少年が、革命的理論を構築できるようになるものでしょうか。それができてしまうのです。いつの時代かは分かりませんが、アインシュタインは、ある数学の万能薬を手に入れていました。

それが「**関数**」です。落ちこぼれであったはずのアインシュタインが才能を発揮したのは、関数との出会いがあったからこそです。恐らく彼が最初に関数という便利な道具を知った時、数学の問題をあっという間に解いてしまう万能薬に思えたに違いありません。

アインシュタインにとって関数の概念はよほど新鮮だったようで、彼の理論のいたるところで様々な関数が登場しています。ただ、他の人々は彼ほど感銘を受けることはまれだと思われます。

それは、この概念が単位を揃える基礎訓練で修得済みの概念と本質的に同じものだからです。ただ、数式に取り入れやすく形を変え、応用範囲を拡張したのが「関数」です。

これは算数から数学への移行で自然と行われるので、関数の登場にそれほど衝撃を受けることもないでしょう。ところが、衝撃を受けてしまったらどうなるでしょう。

今まで不得意だった計算が面白いように解けてしまうなら、こんな便利なものを使わない手はありません。なんでもかんでも関数で解決できると錯覚してもおかしくありません。

それにしても、やはり基礎ができていないまま関数を使うことはできないでしょう。何らかの不都合から、計算が行き詰まってしまうのがオチです。それが偶然とはいえ何事もなく、無事に理論を構築出来たのは、

見落としたものと関数が本質的には同じ作用をしていた

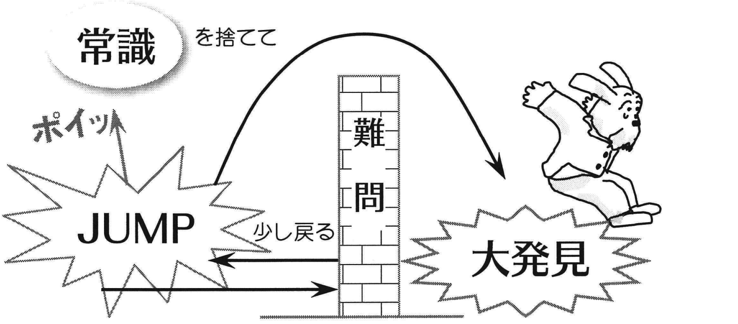
ことを暗示しています。

見落としが関数を発生させ、関数は見落としを隠す、また、関数が見落としを誘発し、見落としが関数を隠します。この関係は最初の見落としが発見されるまで永遠に続きます。

問題解決のパターン

アインシュタインが思考上の壁に直面したときにとっていたある特定の一定のパターンは、いままで発想を制約していた常識を捨てて、いきなり**ジャンプ**するというものです。

これまでの常識や規制に囚われずに、１歩や２歩、それどころか百歩も発想を飛び越えます。こうする事で得られる成果も予想以上に大きなものとなるでしょう。



アインシュタインのジャンプ

壁にぶつかったら無理に前に突き進もうとせずに少しだけ後戻りし、先入観や常識がこのジャンプを妨げていないかよく観察します。そして、**非常識な概念**で障害物を飛び越えられないか考えます。解決の糸口が見つかったら、常識を捨てて一気に壁を飛び越えます。

私たちがこの方法を真似しようとしてもうまくいかないでしょう。ここで重要なのは**鋭い観察力**だからです。常識や一般的な解決レベルとはかなりかけ離れた発想が必要になることは確かです。

何がジャンプを制約しているのかをいち早く見抜くのが天才です。この方法は天才だけに許された解決法なのかもしれません。

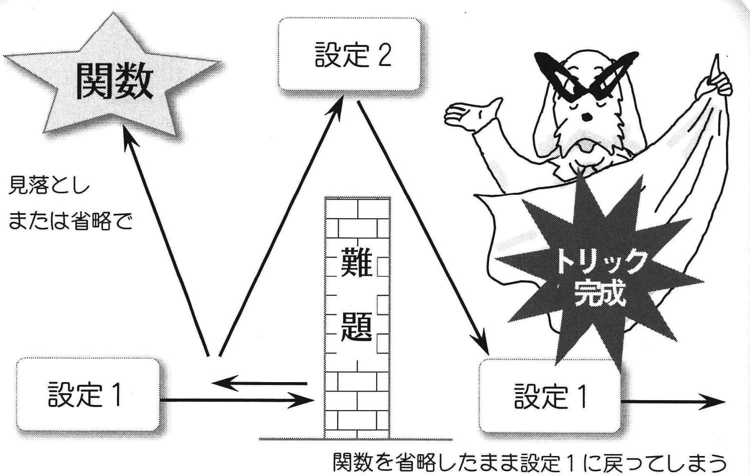
当初、私はこのパターンを特に気にもとめていませんでした。ところが、多くのトリックを見ているうちに、驚くべき共通点を見つけてハッとしました。

それは、アインシュタインの問題解決法と

数学トリックを発生させるプロセスがほとんど同じ

だということです。

つまり、この思考プロセスに従って問題解決を図ったアインシュタインは、本人も知らないうちに、多くのトリックを発明してしまったようです。



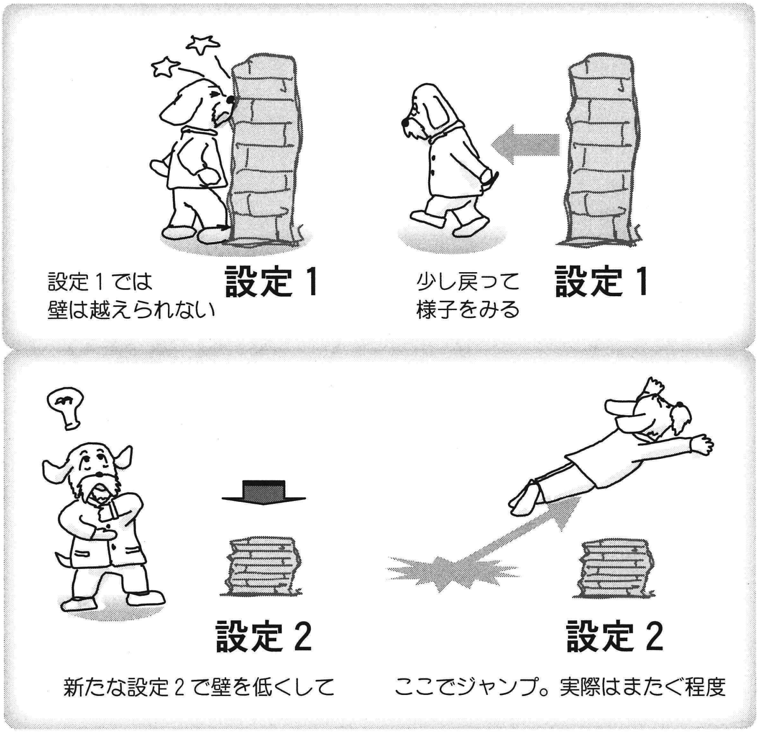
関数の省略によるトリック

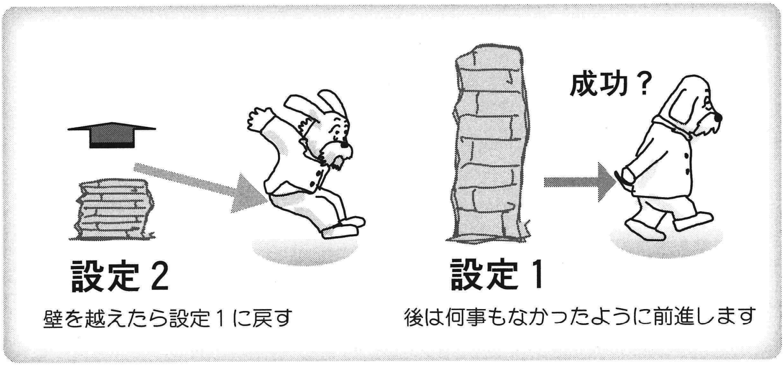
アインシュタインマジック

アインシュタインでさえ常識を捨てなければ、壁は越えられなかったはずです。誰もが常識に縛られてジャンプできない状況で彼だけが易々とジャンプするには、何か特別なテクニックを使ったからと考えてもよさそうです。

そこで登場するのがこの裏技です。

問題の壁にぶつかって立ち往生した時、無理に進もうとせず、設定を変えてしまうことです。





この方法の注意点は、設定 2 で壁を低くしてジャンプしている間は、**初期設定が崩されている**ところです。仮想実験では実物の壁があるわけではないので、ジャンプの直後に設定 1 に戻されると、うまく壁を越えたと勘違いしてしまいます。

初期設定を制約しているわずかな条件をうまく回避してジャンプすれば、壁の反対側へ行くことができ、あたかも壁を飛び越えたように見えるから不思議です。

しかし、成功したように思えたジャンプも、実験の初期設定を崩しているので、意味がなくなっています。壁の反対側へ移動する事に意識が集中して、問題解決の意義を見失ってしまいます。この瞬間に華麗なジャンプは巧妙なトリックに変貌します。

このテクニックこそ、問題解決の秘策としてアインシュタインを天才にしていたものです。タネを明かせば、それはただの見落としであり肝心の問題についてはなにも解決出来ないというのが実情です。

光と共に

アインシュタインは子どもの頃から、次のような疑問をいだいていたと言われています。

「もしも、鏡を手に持って進行方向にかざし、そのまま、光の速度になるまで加速したら、自分の顔が映るだろうか」

素朴で、いかにもアインシュタインらしい疑問です。

通常、光が進んでいる姿を直接見ることは出来ません。進路にある物や塵にぶつかった時の反応を、**光として認識**しているにすぎません。アインシュタインの仮想実験では、鏡に反射する自分の姿から、光の性質を知ろうというものでした。

「もし、光と同じ速度で飛行すれば、鏡に光が届かなくなってしまう。そうなると、反射も起こらないので、鏡に自分の姿を見ることはないだろう」

光速に近づくにしたがって、光はガリレイ変換で速度を失い、光速度に達した時、ついに鏡に届かなくなります。これは光の速度が、観測者の運動によって変化するという古典力学的発想で、当時としては常識的な考えでした。

これ以上の考察は、実験データもなく不可能でした。光が本当にガリレイ変換で減速するのか実験するには、技術的な問題があまりにも多すぎました。

一般人ならここで止まってしまう疑問を、アインシュタインは意外な展開で解決してしまいました。

「仮に鏡に自分の姿が映らなくなったとすると、自分が光速で飛んでいることを認識できることになる。

これは外を見なくては自分の運動を認識出来ないというガリレイの相対性原理に反する。原理を尊重するなら、鏡に映る自分の姿を見るだけで運動を認識できないよう、鏡にはいつも同じ自分の像が映っていなくてはならない。

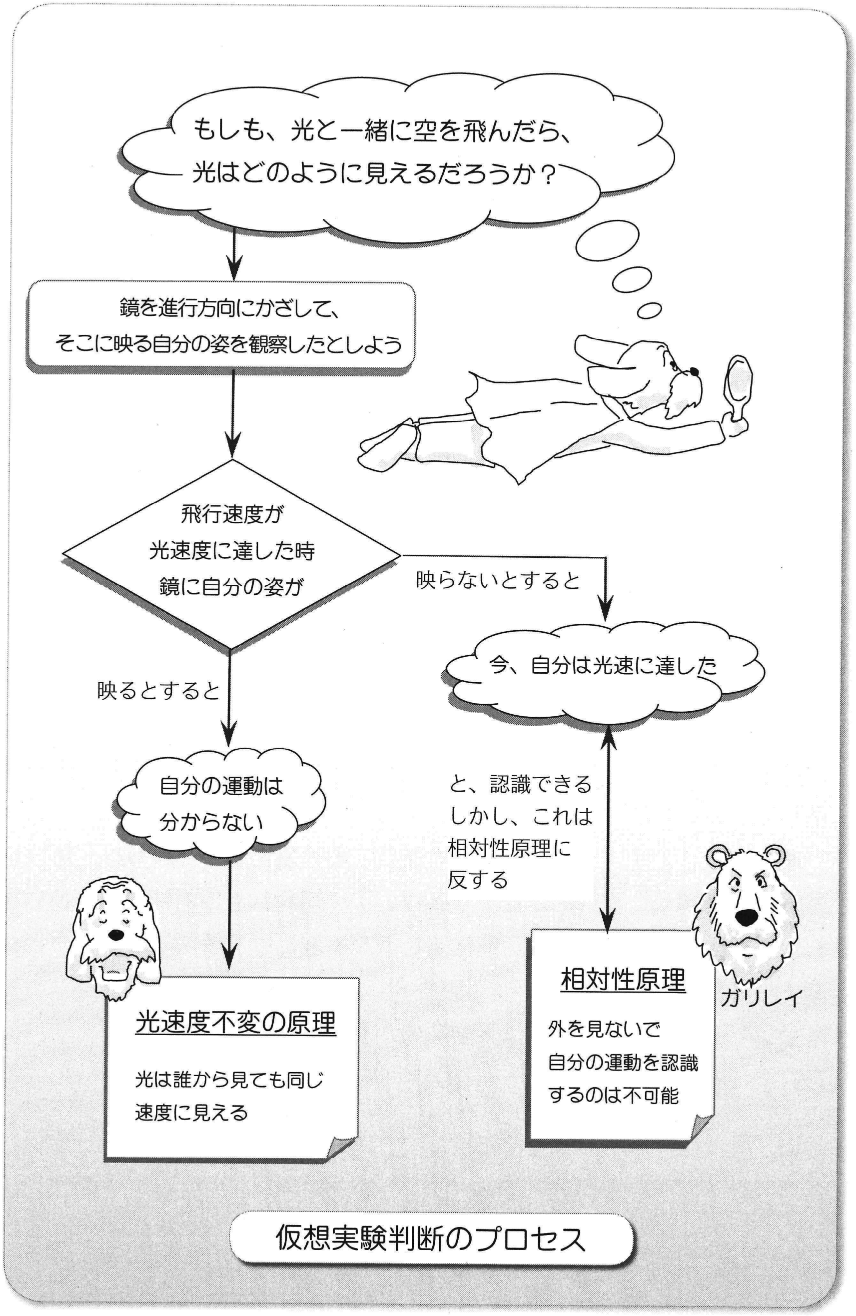
ということは、自分がどのような運動速度であろうと、光は相変わらず同じ速度に見えているはずだ」

こうして、光の速度が誰から見ても一定に見える、「光速度不変の法則」が生まれました。アインシュタインにとっては、仮想実験が導いた当然の結果で、この法則を原理に据えるのもごく自然な成り行きだったようです。

光は、太古の昔から神聖なものとして扱われていましたが、これほどにも身近であるにもかかわらず、その性質の解明には多くの科学者が悪戦苦闘していました。

その中で、アインシュタインの考えたこの仮想実験がなければ、解決はもっと先延ばしにされたことでしょう。よく知られた相対性原理を持ち出し、未解明であった光の決定的性質を仮想実験だけで解明してしまうとは、全く以外な展開でした。

やはりアインシュタインは天才なのかもしれません。


もしも、光と一緒に空を飛んだら、
光はどのように見えるだろうか？
鏡を進行方向にかざして、
そこに映る自分の姿を観察したとしよう
飛行速度が
光速度に達した時
鏡に自分の姿が
映らないとすると
今、自分は光速に達した
と、認識できる
しかし、これは
相対性原理に
反する
映るとすると
自分の運動は
分からない
光速度不変の原理
光は誰から見ても同じ
速度に見える
相対性原理
外を見ないで
自分の運動を認識
するのは不可能
ガリレイ
仮想実験判断のプロセス

時空の歪みで光が曲がる？

「時空の歪みで光が曲がることがある」

「光が曲がるっていうのは相対論では絶対ないよ。だって光が曲がったとしても、光が基準だから曲がっていることは誰にも分からないはずだよね。基準だから。
光が曲がるっていうのは古典物理学の考えだよ。無意識のうちに直行座標を思い描いちゃうから曲がってるって思うけど、相対論では光以外を曲げて無理矢理辻褄を合わせるのが正しい方法だよ。
例えば、目の前で光がUターンしてもそれを見た時は光が直進していると言い張らないとね」

ガリレオは泣いている

ここまで何の疑いもなく「**光速度不変の原理**」を採用し、正確に文字式を展開した結果、必然的に相対論が発生したとします。理論が間違っていると主張するなら、この仮想実験にも間違いが含まれていると推測しなければ辻褄が合わなくなでしょう。

では、この仮想実験のどこに見落としがあるか見てみましょう。

相対性原理は相対性という名前から想像出来るように、物体の**相対運動**について言及した原理で、

「物体が等速直線運動していることは、他の基準となる物体か座標系が無ければ認識不可能である」

というごく常識的な原理です。

たとえば、宇宙空間を飛行するロケットで、窓から外の景色を見て飛行していることを認識していたとします。この窓を塞ぐか、あるいは全く見ないで、ロケットの運動を認識するのは不可能です。

「何かスピードメーターのようなものを見ればいいではないか」

という発想もありますが、その機械の原理はどうなっているのでしょうか。結局は、原理的に外の座標系を感知する仕組みが必要となり、その**情報**をロケットの中で見えるように工夫しただけのものが使われることになります。

ここでガリレイが「外」と表現しているのは、構造物の内側に対する外を指しているのではなく、観測者から見て相対的に運動している、

「他の座標系」

という意味です。

窓をふさいで外を見なければいいのではなく、ロケットの座標系以外に**手がかり**となる座標系を利用しないという意味です。

確かにこうなると、単一座標では物体の運動を認識するのは不可能です。運動するものがまったく存在しない世界だからです。もちろん、ガリレイはそのことを理解した上で「**外**を見なければ」と表現していたにすぎません。

さて、古典物理学の考えでは、光は固有の座標系を持っています。運動する観測者によってその速度に変化があると仮定されていたのは、

光が独立した座標系を持っている

からに他なりません。

古典物理学の考えに基づけば、閉鎖されたロケット内での光の放出はロケット内に新たな座標系を発生させます。さらにこの**座標系**は、観測者が相対速度の算出や運動の感知に利用出来る立派な**情報源**となり、物差しにもなります。

したがって、ロケット内には外を見るのとなんら変わらない状況が展開されることになります。

鏡に自分の姿を映す実験にしても同様で、過去に放たれた光が独立した座標系を生成し、貴重な情報源となります。仮想実験の判断は、光を物差しとして利用することを大前提として成立していることを忘れてはなりません。

写像や光速の変化を感知して自分の運動を認識したところで、相対性原理に反する事実は、何も存在しません。したがって、光速度不変の原理の必要性も否定されます。

相対性原理を光の性質の解明に利用したことに、皆が感心していたことでしょう。感動のあまり、光を運動感知に利用出来なかった時代の言葉を、その当時のまま解釈していることには気がつかないようです。

結局、この仮想実験では、単一座標で採用するべき相対性原理を複数の座標系が存在する事例に応用して、全く必然性のない光速度不変の原理を採用してしまいました。

座標系を見落とすことで、光速度不変の原理を手に入れたアインシュタインは、相対性理論の作式でも、この時のように

座標変換関数を記入し忘れる

ことになります。

座標系の見落としから発生した原理を基本にしている相対論は、必ず関数の記入漏れによって支えられることになります。これはリセット式を形成する一番簡単で、なおかつ見つかり難い方法です。