

第7章

$$E = Mc^2$$

この世に実在しない物理式が 歴史を変えた

「質量とエネルギーの等価性の初等的証明」と題したわずか数ページの論文は、世界の歴史まで変えることになった式「 $E = Mc^2$ 」を発表した論文です。アインシュタインといえば必ず引き合いに出されるのが、この式で、質量とエネルギーの等価性を証明したことで広く知られています。

世界的に有名な式であるにも関わらず、本当の意味はまったく理解されていません。

この式を基にして原爆を設計するのが不可能であることも、エネルギーと質量の等価性については何も証明していないことなど、一般だけでなく専門家にも誤解されています。

実は、この「 $E = Mc^2$ 」はこれまで見てきたトリックを効率よく使うことで発生する架空の式です。ただし、それを理解するにはさらに多くのトリックと複雑な構成を見抜かなければなりません。

アインシュタインのトリックの検証を、集大成とも言うべき「 $E = Mc^2$ 」で締めくくります。

論文の内容

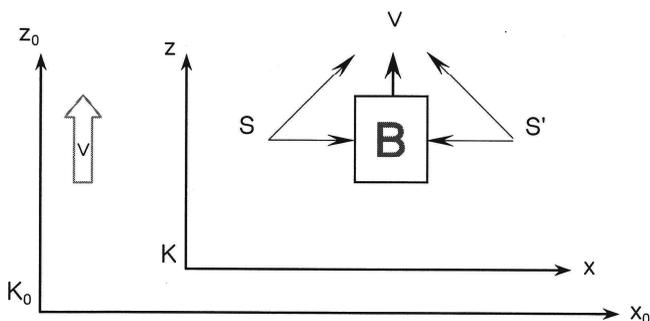


問題の論文を要約しましょう。

この証明は一般相対論の原理を用いているが、仮定ではなく3つの法則だけを用いたものである。

- 1、運動量保存の法則
- 2、輻射圧の式
- 3、光行差の式

いま、質量 M を持った物体 B が座標系 K_0 に静止していて、2つの輻射複合体 S 、 S' が x 方向と $-x$ 方向から、それぞれ $E/2$ のエネルギーを持って、物体 B に吸収され、物体 B のエネルギーが E だけ増加したとする。物体 B は対象性の理由により、静止を続ける。



また、 S 、 S' は、 K_0 系に関して E/c^2 の運動量を持っている。この値は v が c に比べて十分小さければ、1 に対して v^2/c^2 を無視して E/c となる。

このようすを K_0 系の $-z$ 方向に速度 v で運動している K 系から観察すると、物体 B は z 方向に速度 v で運動しているので Mv の運動量を持っている。

したがって運動量の z 成分は $(E/c)(v/c)$ であり、吸収前の K 系の全運動量は $Mv + (E/c^2)v$ となる。

**エネルギー E を吸収し、物体 B の質量は M' に増加したと仮定する
これは考察の最後の結果に矛盾が生じないために必要である**

吸収後の K 系の運動量は、

$$M'v$$



となり、運動量保存則を z 方向に対して適用すれば、

$$Mv + \left(\frac{E}{c^2}\right)v = M'v \quad \dots\dots\dots 7-1 \text{ 式}$$

$$M' - M = \frac{E}{c^2} \quad \dots\dots\dots 7-2 \text{ 式}$$

この式はエネルギーと質量の等価性を表す



$M' - M$ を M となるように値を選ぶことも可能である。つまり一般化して、

$$E = Mc^2$$

を得る。

以上が $E = Mc^2$ が導出されるまでの重要な個所をピックアップしたものです。

簡単に説明すると、

「エネルギーが物体に吸収され質量が増えた」

という仮想実験を記録した論文です。

この中には多くの間違いや勘違いが見つかります。それぞれは単独でもトリックとして機能するばかりですが、 $E = Mc^2$ を理解するにはなるべく多くを認識しておいた方がよいでしょう。

ニュートリノ?



「ニュートリノは何でも通過するが、巨大な水槽で観測されて実証された。今後も研究設備を拡大する価値がある。大事な税金を使うのだから無駄には使えない」



「素朴な質問だけど、相対論が間違っているのにニュートリノってあるの？ 超新星から来た粒子だってどうやって確認したの？ 後から調べてわかったようだけど、大事な税金で作った装置に警報装置は付けなかったの？」





循環した証明

論文の題に「証明」の文字が含まれているので、何かを証明した論文だと思われていますが、この論文はただ、アインシュタインのアイデアを記録したメモ書きのようなものです。

物体Bにエネルギーが吸収され質量が増加するという仮定から $E = Mc^2$ を導出しているだけで、大発見に値するような証明は何1つなされていません。

最終的に「シンプルな答」として $E = Mc^2$ が導出されているので、驚いたアインシュタインと科学者が、これこそエネルギーと質量の等価証明している論文だと勘違いしたのでしょう。（「発想や係数である c^2 が重要なのだ」このように評価されるかも知れませんが、 c^2 も見落としによって発生したものです。詳細は後で説明します。）

エネルギーが質量に変換されると「仮定」した段階で、7-1式が「完成」されます。その先はシンプルにするための展開しか行われていないので、7-1式と $E = Mc^2$ は本質的にまったく同じものです。

「仮定」を式に表した時点で論文は終わってしまいます。論文をさらに要約すると、そのようすがよく分かります。

[質量とエネルギーの等価性の初等的証明]

エネルギーEが質量Mに変換れたと**仮定**する。

これは考察の最後の結果に矛盾が生じないために必要である。

したがって、 $E = Mc^2$ を得る。

この式はエネルギーと質量の等価性を表す。

さらに簡潔にすると、

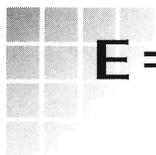
[質量とエネルギーの等価性の初等的証明]

エネルギーEと質量Mが等価であると**仮定**した
 $E = Mc^2$ は、
 エネルギーと質量の等価性を表す。



このように、証明は行われず、仮定に沿って「定義」されているだけなら、作られた式 $E = Mc^2$ を見て驚くこともないはずです。

仮定を基に求められた答で、最初の仮定が証明されていると主張する手法は、相対論の論文でも使われていました。関数 $\phi(1) = 1$ の証明や光速不変の原理の証明、さらに相対論を実証しているとされている多くの事象は、相対論の仮定で立式され、相対論と矛盾しないことで証明の明かすとされています。



$E = Mc^2$ は理論式

一般的に、理論式と数式は形がまったく同じでも、働きが異なることがあります。理論式は理論的な関係を表したものの、数式は数値計算に使えるものです。

数式を理論式として使うことは可能ですが、理論式を数式のように扱うと不都合が起きます。

例えば、リンゴの値段Aと、リンゴの重さBが定義してあるとき、

$$A = B \times 100^2 \text{ 円} \quad \dots\dots\dots 7-3 \text{ 式}$$

という文字式で、リンゴの重さが100gとして、リンゴの値段は何円か求めて下さい。

$$\begin{aligned} \text{リンゴの値段} &= 100 \times 100^2 \text{ 円} \\ &= 1,000,000 \text{ 円} \end{aligned}$$

答 100万円

とするでしょうか。それとも、

「理論式なので、何円という答は出せない」

と答えるでしょうか。

AとBに単位が設定されていない点に着目して、この理論式からは量を計算出来ないと判断するのが正解です。

この式は、関数の省略トリックを応用したもので、「1倍する関数」を修正しないでそのまま採用してしまいがちな例です。「100²円」という係数に惑わされて、AとBの関係が未知であることを見落としやすくなっています。

ここで、7-3式の文字を置き換えてみましょう。AをEに、BをMに、100²円をc²と表記します。

$$E = Mc^2$$

文字を変えただけなので、リンゴの値段とリンゴの重さの関係を示した「理論式」であることに変化はありません。もし、数値を代入して利用したいのであれば、EとMにも単位を定義する必要があります。

そうしないといつまでも文字に未知の関数が含まれ、EとMの変換ができません。

では、アインシュタインのE = Mc²は理論式でしょうか、それとも数式でしょうか。



「実際にエネルギーと質量の変換に利用されているから数式である」

というのでは、また証明が循環してしまいます。実際に利用されているかどうか、式の種類を決定する要因にはならないことは明らかです。

論文中ではエネルギーEと質量Mに単位が設定されている個所はなく、物体Bに吸収されたエネルギーが、どれだけの質量に変換されるのかはまったく議論されていません。

したがって、



E = Mc² は量を特定していない理論式

です。

定義された等価性

$E = Mc^2$ を数式として扱うと、単位までが数値に置き換えられて比較されるわけではないので、等しいとされるのは両辺の数値のみになります。この場合、

「 E と $M \times c^2$ の数値は等しい」

という、数学的な意味しか持ちません。

よく知られているように、エネルギーと質量の等価性を表す理論式としての役割を持たせるには、単位の設定に加えて、単位間に明確な相関関係が必要です。

例えば、速度を表すには時間と距離を使いますが、この間には相関関係がありません。

普段は何気なく使っているのであまり意識することはないと思いますが、単位というのは、「定義」されたものです。どのぐらいの時間がどのぐらいの距離に相当するかという、ある意味哲学的とも思える問題を議論しなくとも、実際には同じ単位系に含めて使用しています。

これは単位の制が「定義」から始まっているからです。時間と距離の本質を問うことなく、それぞれが単位を構成する基準となります。式を評価する場合、単位の「定義」以前に溯れないので、必然的に時間と距離の本質も問えないこととなります。

$E = Mc^2$ でエネルギーと質量の等価性が証明されたということは、結果的に質量、時間、長さが本質的に解明されたことを意味しますが、その答を出すために使用された単位はそれらを等価的に変換できる単位ではありません。

もし、そのような単位系が存在しているのならば、既に時間や空間について解明された高度な単位系が実在していることになり、私たちの科学は予想以上に進歩していることになります。

しかし、現在の物理学は時間の本質さえ掴みきれていない状態で、エネルギーと質量の等価性の証明に使えるほど高度な単位系を持っていないのが現状です。

つまり、 $E = Mc^2$ がどのように評価されていようと、それは既に証明されている事実の再確認にしかかなり得ないということです。

一般的には、



物理式の評価は、使われた単位以上の精度は期待できない

という極当たり前の結論に帰結します。

このように、式の展開のみで、物理量間の未発見の等価性を証明するのは理論的に不可能です。それでもエネルギーと質量の等価性を主張してしまうと、この時点で新たな単位系を「定義」することになるでしょう。



単位系に囚われるな

係数 c^2 に惑わされていると、つい、EとMの変換関数に1を選択し、同じ単位系の単位を採用する傾向があるようです。

質量の単位にkgを使ったからといって、速度の単位にkm/sを使わなければならないということはありません。同じ単位系の単位を使用するという習慣に惑わされることなく、質量と速度の単位を選択する必要があります。(ただしちょうどよい単位があればの話です)

文字には単位だけでなく、エネルギーから質量への変換関数が含まれています。たとえ、係数 c^2 の数値が特定できたとしても、EとMの関係が未知である以上、 $E = Mc^2$ からエネルギーと質量の量的関係を計算するのは不可能です。

$E = Mc^2$ に既存の単位をそのまま採用出来るのなら、アインシュタインが論文を発表するまでもなく、単位が作られた(発見)時点に溯れば、エネルギーと質量の等価性が証明されていることでしょう。

K系はトリックのために 設定されている

仮想実験では、 K_0 系で $E = M$ を仮定した後、 E を E/c と改め、考察の舞台を K 系へ移します。得られた式から運動成分 v を消去して、結局は、 K_0 系に戻ります。

そして、戻ってみると、いつのまにか $E/c = M$ が $E = Mc^2$ に変貌していたということです。

ここでふと疑問が湧きます。 K 系は本当に必要な系だったのでしょうか。なぜ、最初から K_0 系だけでこの式を導かないのでしょうか。

K 系は視点を変えるための、補助的役割しか担っていません。 K_0 系での考察を慎重にすれば、 K 系の設定は省略できたはずです。

この答は座標変換を詳しく解析すると判明します。

実は、 K 系の本当の役割は、座標変換のトリックを使い c を発生させるための背景作りです。そのためには、まず、2つ以上の座標系が要求されます。 K_0 系だけでは座標変換ができないので、しかたなく設定されたのが K 系です。



物体Bの役割

$M' - M$ では煩雑だということで、それぞれに適当な値を選び一般化しています。物体Bの質量増加分だけを扱えばよいという考えです。

したがって、論文の初めの M と、最終的な $E = Mc^2$ の M は違うものです。ということは、 $M' - M$ に適当な値を選ぶとき、 M に0を選んでもよいはずです。

M は衝突前の物体Bの質量で、しかもベクトル変換前ですから質量のままです。これが0になるということは、物体Bが存在しなくとも、理論の展開に何ら影響がなかったということに他なりません。

もし、物体Bを想定しなければ、輻射複合体は直接対消滅して物質を生成するという仮想実験を提示する必要があります。

逆ベクトルのエネルギーが衝突して、いきなり質量 M が生成されたところから理論を出発しなければ、エネルギーと質量の等価性の証明にはたどり着けません。

しかし、エネルギーが対消滅して質量に変換されると設定してしまうと、衝突後の運動量は0になり、今度は運動量保存則に反します。アインシュタインは理論の冒頭で、運動量保存則を挙げていますが、物体Bの設定がこの問題をうまくカモフラージュしています。



c^2 は不必要

c^2 は光速 c を二乗したものです。科学者は、エネルギーと質量の等価性だけでなく、それが膨大な数字になることから、

「わずかな質量は膨大なエネルギーに等しい」

という点に注目したのですが、仮に光速を基準にした単位を採用すると、

c^2 は 1 になり、式は $E = M$ と省略できます。

「質量はエネルギーに等しい」

と最初の仮定に戻ってしまいます。

c に 30 万を代入したとき、 c^2 は重要な係数として扱われ、1 を代入したときは省略されてしまいます。 $E = Mc^2$ が究極の式ならば、単位系の選択で c^2 の持つ重要性が変化するなどということは有り得ません。

E と M に単位の設定がないので、これらに適当な単位を設定することで、 c^2 は省略できます。つまり、 c^2 は不必要な係数です。



減少したエネルギー

v が c に比べ小さく、 v^2/c^2 を無視できる環境での仮想実験は、数学の座標変換（古典物理学）をそのまま使用して展開されています。当然、 z 成分は 0 からそのまま v へ変換されます。同様の考えでは、 K_0 系における x 成分は K 系でも変化しないはずで

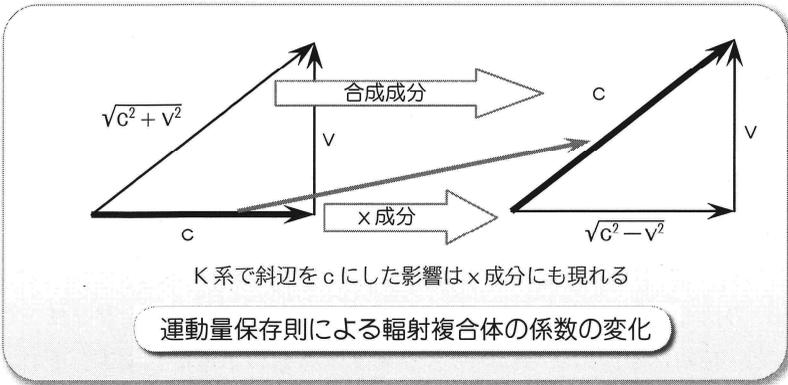
ところが、 K_0 系で (E/c) であった輻射複合体 S 、 S' の x 成分は、 K 系では $(E/c)(\sqrt{c^2-v^2}/c)$ になっています。

K 系が K_0 系に対して z 方向に速度 $-v$ で運動していることに加え、運動量保存則によって、 c を一定に保つよう修正したためです。 K 系で変換された光速度を、同じ文字 c で表しているの、文字 c の再定義がここで起こっています。（本来なら、リセットがかり、この先の証明は無意味ですが、先へ進めます。）

斜辺の係数は K_0 系から K 系へ移動したことで $\sqrt{c^2+v^2}$ から c へ変換されているので、正しい値から $c/\sqrt{c^2+v^2}$ 倍ずれていることとなります。

$$\frac{c}{\sqrt{c^2+v^2}} \quad \dots\dots\dots 7-4 \text{ 式}$$

x 成分について同じように議論をすると、 c になるはずの x 成分の係数 c が $\sqrt{c^2-v^2}$ に変化しているの、正しい値から $\sqrt{c^2-v^2}/c$ 倍ずれているといえます。



論文では、 z 成分のみが議論されているので、たとえ K 系の x 成分が変化しても議論されることはなく、変換の痕跡も消されています。



「光速不変と運動量保存則によって底辺もやはり c でいいのだ」

というような反論は、 z 成分に v をそのまま採用している事で消えてしまうでしょう。ここはたとえ v を極小値と設定していても、相対論的変換で処理するべきです。

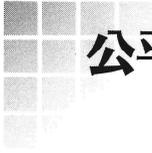
異なった変換をしたエネルギーと質量は同等に扱われ、 v で割られます。その結果、エネルギーのベクトル変化分と質量 M との相対関係にも相対論的関数を取り込まれます。この時点ではまだ表面化していないだけです。

世界中がアインシュタインの発見を賞賛している頃、当の本人にとって最もありがたいのは、

「相対論へ質量の取り込み」

が達成されたことではないでしょうか。

論文の中では $E = Mc^2$ を応用した効果を示していないので分かり難いのですが、この時に仕掛けたトリックが効果を発揮するのは、重力を含めた一般相対論の検証実験を解析した時かもしれません。



公平に変換すると

$E = Mc^2$ は光速度不変の原理と同じトリックで構成されていますが、面白いのはその使用方法です。骨組みはやはりピタゴラスの定理を使ったもので、相対性原理のようにトリックを支えるものが登場します。それが運動量保存則です。

相対論では相対性原理と光速度不変の原理の両立で時間と空間を歪ませていました。この論文では運動量保存則と光速度不変の原理を両立させて以前とまったく同じトリックを構成しています。

物体Mが運動速度 v によって運動量 Mv に変化します。物体Bが静止していた K_0 系から K 系に移動したのでそう見えているということでしょう。静止して運動量を持たない物体Bが観測者の移動によってエネルギーを持つものでしょうか。

もしそうなら輻射複合体を K 系から観測した場合もエネルギーが増えていくという設定にしなければ、物体とのバランスが取れなくなってしまいます。

斜めに走った輻射複合体だけに運動量保存則を適用して、同じエネルギー (E/c) にしているので、総合的にエネルギーは減少していることになります。

物体Bと同じ変換をするなら、 K 系でのエネルギーは $(E/c)v$ になるはずで、物体Bに採用された変換と同じ考えでベクトル合成を取り入れて z 成分を書き直してみます。

それには底辺が c 、斜めの線分が $\sqrt{c^2 + v^2}$ だということを考慮します。

(エネルギー) × (ベクトル合成された線分) × (z成分の係数)

$$= \left(\frac{E}{c} \right) \times (\sqrt{c^2 + v^2}) \times \left(\frac{v}{\sqrt{c^2 + v^2}} \right)$$

$$= \left(\frac{E}{c} \right) v$$

これが輻射複合体のz成分です。これを運動量 Mv と同じように v で割って K_0 に戻すという作業をすると、当然ながら、

$$\frac{E}{c}$$

が残ります。

物体Bと同じような変換をすれば、座標間を行って帰って来ただけなのでその前後に差が生じることはありません。それぞれを違った変換で処理しているから誤差が生じているだけです。

しかし、座標変換で運動量が増減するのは運動量保存則から考えるとおかしい現象です。ある系で運動量が0でも別のある系では0でないということが物理学でどこまで許されているのか疑問です。

運動量保存則？

観測者の立場が変わっただけで、その対象物の本質が変化してしまうところは相対論の見方そっくりです。静止した物体を運動系から眺めるだけで本当に運動エネルギーが増すのでしょうか。

例えば、高速で走っている自動車から何か対象の物を見ただけでエネルギーが増加するような現象が観測された事実があるのでしょうか。それは実験しなくとも、すぐに有り得ないと分かることです。



「では、窓から手を出して静止している物体をつかめるか」

と問われたら、はっきりと「出来ない」と答えます。

「静止している物でも運動エネルギーを持つことがあるからだろう」

そのとおりです。危ないので実験はしない方がいいですが、運動量保存則によって静止物体と手の間には、相当の運動量があると予想出来ます。ただし、それは相対運動によって発生するものです

輻射複合体をK系から観測したときに、エネルギー(E/σ)が保存されたのも運動量保存則ということになっています。座標変換されてもエネルギーが保存されるという観点からすれば、この設定は間違っていないように思えます。

なぜ静止している物体Bには運動量が発生し、輻射複合体はそのままなののでしょうか。相対的に考えれば、

輻射複合体と物体B間の運動量が保存される

はずです。

両者の間の運動量は初期設定で (E/c) です。 K_0 系でも K 系でも同じというのが運動量保存則です。これがアインシュタインの論文で崩れているのは、運動量保存則の適用範囲が間違っているからだと考えられます。

運動量保存則とは、物体と物体の間に働く系の全運動量は変化しないという法則です。ある系での全運動量は他の系でも同じであるとも言えます。

注意しなければならないのは、あくまでも物体と物体の間に働く運動量を前提とした法則です。これを物体とエネルギー体に応用するのはまだ分かりませんが、エネルギー体と座標系に応用すると適用範囲を超えてしまいます。

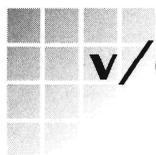
アインシュタインが K 系での輻射複合体のエネルギーを考えたとき、そのエネルギーは物体 B に対するものではなく、 K 系に対する見かけの運動量でした。

見かけの運動量なら観測者の運動しだいでいくらでも変化します。そのような不都合があるから運動量保存則は、

物体と物体の間で適用する

とわざわざことわってあるのではないのでしょうか。

系を想定した運動量を扱うなら、 K_0 系で静止していた物体 B と K 系の間の運動量 Mv も考察に含めなければなりません。それどころか K 系以外のあらゆる座標系に対しても同様の理論を適用することになり、仮想実験は收拾がつかなくなります。



v/c は比率

エネルギー(E/c)をK系に移動させたとき、 x 、 z 成分を含む斜めのベクトルに変化しました。線分の長さ c に対して z 成分の長さは v ということで (E/c) を (v/c) 倍して z 成分を求めています。

ただし、このプロセスにも根本的な見落としがあります。エネルギーの z 成分を求めただけでは、答の形は同じ種類のエネルギーになるはずですが、 z 成分を求めるとい意味合いから係数の (v/c) は、

$$\frac{v \text{ km/s}}{c \text{ km/s}} = \frac{v}{c}$$

で求められるように、斜めの線分と z 方向の線分の長さを比較した、

「比率」

に確定されます。

エネルギーの単位は既に (E/c) の中に含まれているはずなので、 c も v も数値として扱われます。両方とも数値だと何が起こるのでしょうか。

$E = Mc^2$ の c^2 は $c \times c$ を表しています。1つの c は 7-1 式で、エネルギー(E/c)の速度を表し、もう1つの c は、(v/c)の c で数値を表します。

それぞれの c は、展開の最後までそのままの形で残され、 $E = Mc^2$ に混在しています。(リセット式の一つです。)

この事実を認識して式の評価を行わないと、おかしい式が発生しても、まったく間違いが見つからないという奇妙な事態が起こります。

ここで $E = Mc^2$ を評価するのは無意味ですが、試しにどうなるか見てみましょう。(cを区別しない場合です。)

$$E = Mc^2 = M \times 1 \times 1 = M$$

結局はアインシュタインの仮定に帰結します。

通常、これを避けるには、 v/c を別の文字で代用するか、比較の基準を1として、比率を書き換えるなどの対策を講じておかなければなりません。特に文字 c と v を速度として既に使っていたらなおさらです。

$c = 30$ 万 km/s 、 $v = 30\text{km/s}$ の場合を例に出すと、ここでは v/c の基準になっているのは c なので、 c には1を置きます。

$$\frac{v}{c} = \frac{\cancel{30\text{km/s}}}{300000\cancel{\text{km/s}}} = \frac{0.0001}{1}$$

このように、 v が c と等しくなって初めて、係数1になります。

具体的な数値の無い文字式なら、 c/c のときに $1/1$ として、 c には1を入れます。もちろん、係数が確定するまでは1を省略しないことが前提です。

Mは運動量

v/c が比率であるなら、 Mv を v で割る意味と、 E/c^2 を v で割る意味も当然違いが出てきます。速度 v と数値 v が同居しないように、統一すると、面白いことが分かります。

一般的には、 v を速度と解釈しているので、物体Bは静止していると解釈されています。それは運動量 Mv が質量 M に戻るからです。 v/c の v が速度でないことが明らかになったので、今度は M の再評価をしてみましょう。

$$\frac{\text{運動量 } Mv}{\text{数値 } v} = \text{運動量 } M$$

運動量 Mv は数値 v で基本単位に細分化されただけです。したがって、 M は質量でなく運動量です。

この段階では物体Bは質量 M を持ち、速度 1 で運動しています。 1 というのは、 v/c で基準に使った c を構成している最小単位の 1 です。

単位に km/s を使ったなら、 1km/s 、光速の単位 c を使ったなら $1c$ で物体Bは運動を続けているということです。

最初の設定で M は質量となっていますが、 v を掛けて運動量になったまま、係数 v/c の影響しか受けていないので、最後まで運動量として存在します。

これを考慮すると、



$E = Mc^2$ の両辺はエネルギー

となり、エネルギーとエネルギーの等価性を表した式になります。

ブラックホールにつぶされる？



「ブラックホールは重力でつぶれた天体で、光さえ脱出出来ないほど重力が強い。その中ではすべての物がつぶされてしまうのだ」



「空間と一緒に時間も縮んじゃうんだから、力も縮んで痛くもかゆくも無いはずだよ。相対的には何も変わらないんだから、つぶされるっていう表現はおかしいよ。

地球から見ると重力が大きい星はまるで物がつぶれるように思えるけど、それは古典物理学の発想でしょ。相対論で光が身動き出来ない状態は、力も圧力も時間も無いってことだよ。だって光が基準だからね」





x成分は何処へ？

K_0 系でのエネルギー(E/c)を、 K 系の z 成分に変換している係数(v/c)には、 x 、 z 方向の合成ベクトルが含まれています。つまり、単純なガリレイ変換をされた値ではなく、ベクトル分解されたものです。

このプロセスは物体 B には適用されていません。物体 B の運動に x 成分がないからということのようですが、 x 成分がない物体 B と、 x 、 z 成分のある輻射複合体を同じように v で割っても同じ効果が得られないのは明らかです。

Mv を v で割ると M が残り物体が静止したように見えますが、輻射複合体の $(E/c)(v/c)$ を v で割った答がたとえ 0 になろうと、静止したことにはなりません。

なぜなら基になった式は z 成分だけを取り出しているからです。式に含まれてない

x成分は影響を受けずにそのまま残ってしまいます。

仮想実験は z 成分だけを取り出して議論されているので、 $E = Mc^2$ は z 成分だけについて論じていることになります。 x 成分を含めて議論しなければ、系全体の運動量は分かりません。

ここで注意しなければならないのは、「 v 」で割る意味と目的です。エネルギーと質量の等価性を証明するため、物体 B を静止させるという意味で使われているとすれば、この作業は運動方向のベクトル成分で割らなければ意味がないでしょう。

もし、物体Bにx成分があったなら他の値になっていたはずですが。仮想実験ではx成分を0に設定していたので都合よくvが使えましたが、斜め方向にvなら、

$$v \text{ の } z \text{ 成分} = v \times \frac{\sqrt{(z \text{ 成分})^2}}{\sqrt{(x \text{ 成分})^2 + (z \text{ 成分})^2}} \dots\dots\dots 7-5 \text{ 式}$$

という式を使います。

仮想実験の物体Bはx成分が0なので都合よく、

$$\text{物体Bの } z \text{ 成分} = v \times \frac{\sqrt{v^2}}{\sqrt{0^2 + v^2}} = v \times \frac{v}{v} = v$$

でした。

輻射複合体の場合も7-5式によって求められます。式の分母には後から定義されたcが入り、分子はvが入ります。v/cを変換係数として合成値からz成分を抽出したので、物体Bと同じようにz成分のみを静止させるにはK₀系に戻す操作をすればいいだけです。

運動量Mvをvで割っているのと同じようにvで割ってしまっは、ベクトル分解とガリレイ変換の差が出るのは当然ではないでしょうか。

「 v で割る」とは

(E/c)を v/c で掛け、 M を v で掛けた後、さら両方とも v で割ると、結果的には、(E/c)だけを c で割ったことになります。 K_0 系から出発して K_0 系へ戻っただけで、 $1/c$ の誤差が発生している原因は、エネルギーに対するベクトル分解がされたまま、 v で割っているからです。

(E/c)を z 方向にベクトル分解をするということは、

$$(E/c) \text{の } z \text{成分} = (E/c) \frac{\text{(} z \text{成分比)}}{\text{(} x, z \text{成分をベクトル合成した比)}}$$

です。これを v で割ると、

$$(E/c) \times \frac{\text{(} z \text{成分比)}}{\text{(} x, z \text{成分をベクトル合成した比)}} \div v$$

(z 成分比) = v から、

$$(E/c) \times \frac{\cancel{v}}{c} \div \cancel{v} = \frac{(E/c)}{\text{(} x, z \text{成分をベクトル合成した比)}}$$

が残ります。

さて、エネルギー(E/c)を、(x 、 z 成分をベクトル合成した比)で割ったものとはいったい何を表しているのでしょうか答は簡単です。それは、

ベクトル分解の基準値

です。

z 成分を算出するには、基準と z 成分の比を掛けます。「基準」と言うからには比較する基準があるはずで、それが、(x 、 z 成分をベクトル合成した比)です。今回の例では、 c になります。

アインシュタインの論文は、 $E = Mc^2$ を導出して終わっていますが、書き換えると、 $(E/c) \div c = M$ です。エネルギー(E/c)を c で割っただけでは、

ベクトル分解の基準値を求めた段階で終わってしまいます。

理論が論点を解明する準備段階で突然終わってしまう点は、相対論のアプローチと奇妙に一致します。次の段階へ移行していないからこそ長期間、間違いが見つからなかったのかもしれませんが。



相対論との共通点

相対論では斜辺の長さを他の1辺に縮小した変換がそのまま理論の性質を決定していました。一方、 $E = Mc^2$ の論文で行われていた操作は、ベクトル変換とガリレイ変換の違いを利用したものです。

どちらも、

ベクトル分解に必要な0成分を省略してしまった

ケースです。

アインシュタインが新たな理論を構築した目的は、公式を導く事だったようですが、公式としての役割を持たせるにはあらゆる条件での使用に絶えなければならないはずです。

そのためには公式の導出過程で、たとえ0に設定された成分でも文字を残しておくのが鉄則です。x成分が0なら文字xを式に残しておき、0以外の設定に対応出来るようにしておきます。

展開に行き詰まる度に設定を0にして省略してきたアインシュタインの論法は、基になったベクトル変換の成分そのものを省略してしまい、その差が係数に変化しています。

相対論では斜辺を他辺に変換する係数の代わりに、ベクトル合成された値からx成分を消去してしまえば同じ効果が得られます。x方向のガリレイ変換を暗算で処理していたようにです。