# 特殊相対性理論の再考察

本稿を起こすに当たって、まずはじめにお断りしておかなければならないことがあります。
以前(2001.12.31)、本サイトの別ページに記載した「**特殊相対性理論の一考察**」の主張は、やはり誤っていました。（それを掲載した時点でも、目次に「たぶん間違えている」とコメントを添えたのですが、もし混乱されたり不愉快に感じられた方がいましたら心から深くお詫びいたします）「光速度は光源に対して一定速度を持つ」という前提で展開した内容でしたが、実にシンプルな反例がありました。それは宇宙から届く星々の光です。例えば二重性から放たれた２つの光が数百万光年の距離を経て地球に届いたとします。片方の光は公転速度分速く、もう片方は遅いことになります。その速度差は僅かですが地球との距離があまりに大きいため、到達時刻差は測定装置の誤差というレベルではありません。例えば、対象とする二重性と地球との距離を 100(万光年)、二重性の公転速度を 1,000(km/秒)、光速度を 300,000(km/秒)として試算してみると、なんとその時刻差は 6,000 年以上になります。しかして、このような光の到達時刻ズレは、宇宙の観測から１つも見いだせていません。よって、光速度は「光源に対して一定の速度を持つ」という前提は成り立たず、「光源の速度によらず観測者に対して一定の速度を持つ」という特殊相対性理論の要請こそが観測事実と合致することになります。前回のページを起こした時点でも、その前提で展開している相対性理論の「論理展開」部分に関しては異を唱えるつもりはありませんでした。あくまでも「前提そのもの」の方に異を唱え、リッツの『一定射出速度の仮説』の再考を提案しました。しかし、その提案自体が誤りだったのです。

最近は「相対性理論は間違っている」と主張する方々を『相ま君』と呼ぶようですが、私自身がそう呼ばれるのは心外なので、特殊相対性理論の本質を今一度再確認する意味でも、当時の私がどのように相対性理論を咀嚼していたかを展開しておこうと思いました。繰り返しになりますが、本稿はあくまでも相対性理論という「真理」を自分なりに正しく理解するためのアプローチを書いたものであり、「相対性理論は間違っている」と唱える内容ではないことをお断りしておきます。

記載した内容は大きく以下の３章構成となっています。

**【Ⅰ】等速度運動**
なぜ互いに相手の時計が遅れていると観測しあう２つの座標系が矛盾なく存在しうるのか？
→ 巷の特殊相対論の解説文とほんの少し異なる切り口ですが、私自身がこの疑問を氷解させたアプローチです。



**【Ⅱ】等加速度運動**
静止座標系から等速運動の座標系に移行する間の等加速度運動でいったい何が起こっているのか？
→ 特殊相対性理論を前提として検討していますが、リンドラー座標とは異なる座標を用いて検討する提案をしています。



**【Ⅲ】仮説提案**
等加速度運動の検討結果から着想したいくつかの提案を行っています。
→ この章はまったくの仮説です。単なる思い付きですのでそのつもりでお読みください。

## 【Ｉ】 等速度運動

### 1-1. どの座標系から見ても光速度は一定であるということ

特殊相対論の内容を理解するために、具体的な数値を代入しながら現象を確認するというアプローチをとる。思考実験に使うシチュエーションは、『無限に長い駅のプラットフォームを等速度で横切る列車』というものだ。検討のベースは、ローレンツ変換とそれを図式化する時空図が中心となるが、列車の速度や光速度はサンプルとしての具体的数値をあらかじめ与えておき、逐次結果を確認しながら理解を進めることにする。これにより体感的な描像が格段に得やすくなる。
まずは有名なローレンツ変換からスタートしよう。

$$t' = (t - vx / c^2) / \sqrt{1 - (v / c)^2} \qquad \cdots(1)$$

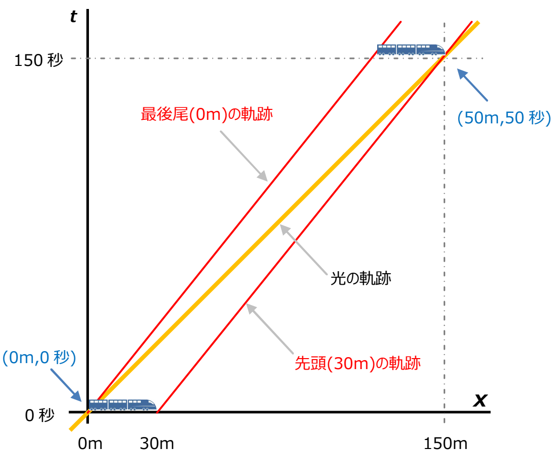
$$x' = (x - vt) / \sqrt{1 - (v / c)^2} \qquad \cdots(2)$$

長さを[m]、時間を[秒]とする。サンプルとして使用する光速度は秒速 1m としよう。つまり $c$ =1[m/秒]である。
対して列車の属度は光速の 80%すなわち $v$=0.8[m/秒]とする。これらを(1)式と(2)式に代入して整理すると、

$$t' = (5t - 4x) / 3 \qquad \cdots(3)$$

$$x' = (5x - 4t) / 3 \qquad \cdots(4)$$

今後、この半ば計算済みのローレンツ変換式で議論を進める。光速は秒速 1m(時速3.6Km)、列車は秒速 80cm(時速 2.9Km)という超スローな世界であるが、相対性理論の本質を理解するためには何の支障もないはずだ。さて、列車が駅のプラットフォームを左から右へ等速で通過するシーンを検証しよう。駅の座標系から見た列車の長さを 30m として時空図を描いてみる。ここで、列車の最後尾がプラットフォームの左端(0m 地点)に一致した瞬間に、列車最後尾から先頭に向けて光が放たれたとする。光は秒速 1m であるから、150 秒で 150m 先に到達する。一方列車は速度が秒速 80cm なので、150 秒で120m 進む。長さが 30m の列車は、150 秒後に先頭部が 150m 地点に到達し、そこで光の到達も観測する。




この時、列車の乗員は光をどのように観測するだろうか。ニュートン力学の予想では列車の最後尾から先頭までの 30m を 150 秒で到達しているのであるから、光の速さは30m/150 秒つまり秒速 20cm として観測されるはずである。しかし計測してみると実際の物理現象はそうはなっていない。列車の乗員にとっても光は秒速 1m として検出されるのである。この現象を説明するため、『座標系の時空単位は速度に応じてダイナミックに変化する』という描像が要請された。そして実験結果に基づく物理現象を、矛盾なく説明し計算するための定式化がローレンツ変換(1)式および(2)式なのである。

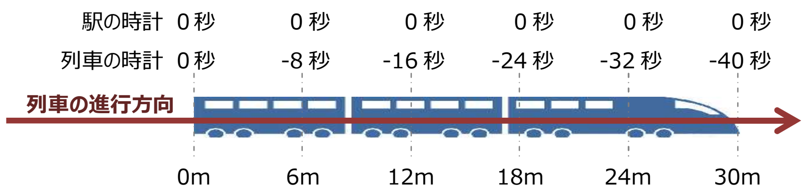
今回具体的な定数をあらかじめ与えて簡略化した(3)式および(4)式に、駅座標系の$(x,t)$=(150m,150 秒)を代入し、列車座標系での列車先頭部の座標$(x',t')$を求めてみよう。実際に計算してみると、$(x',t')$ = (50m,50 秒)となる。一方、$(x,t)$=(0m,0 秒)を代入すると$(x',t')$=(0m,0 秒)であり、原点では駅と列車の座標値は一致している。したがって列車内では、光は(0m,0 秒)→(50m,50 秒)という軌跡を描いたことになる。列車の乗員は、自分の列車は 50m の長さであると認識し、光が 50 秒かけて列車最後尾から先端まで移動するのを観測するのだ。つまり列車の乗員にとって、光速度は 50m/50 秒、すなわち秒速 1 メートルと検出されるのである。

ここで 1 つ言及しておきたいことがある。『光速度を一定とする**ために**、時空単位が変化する』という解説をよく見かけるが、これらを原因と結果、原理と現象の関係で理解するのは誤っているのではないか、という動議である。確かに当時の科学者が特殊相対性理論に到達するまでのアプローチを振り返ると、その論理式が成り立つと思うのも無理はない。しかしそれは、人間が自然界を理解するための発見手順であったというだけであり、決して自然界の構造がそうなっていると言い切れないのではないか。自然界の構造は「光速度が一定」であることと、「時空単位が変化する」ということは表裏一体であり、どちらかがどちらかの原因であるという関係ではないのだと思う。光速度が一定である（それはすなわち速度には上限、最高速度が存在するということであるが）ということと、時空単位が個々の慣性系で独立であり、互いの関係には座標変換が介在しているということ。この一見脈略が感じられない 2 つの現象は、何ものかによって対等に結び付けられている。そして、その結び付きを説明し得る相対論よりももう一段低レベルの物理的な原理が、そこに存在しているような気がするのだ。それが何なのかは、今の私にはわからないけれども･･･。

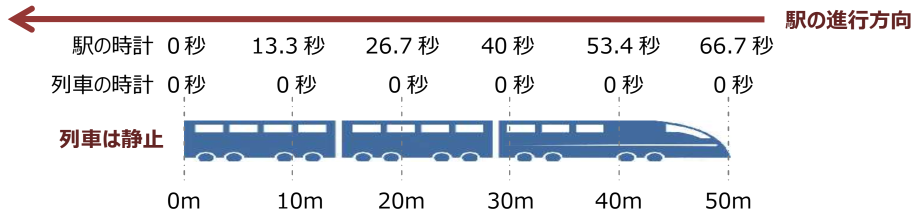
### 1-2. なぜ『相手の時計が互いに遅れている』という観測が矛盾しないのか

相対論は、等速の速度差を持った座標系が対等な関係にあることを要請する。これはアインシュタイン以前にガリレオが提唱した原理であり「相対性**原理**」とも呼ばれている。もちろん特殊相対論においても骨格をなす前提である。しかし互いに対等である座標系が、両者とも相手の時間が遅れ、相手の空間が縮むと観測することに矛盾は生じないのだろうか？特殊相対論の表出的な帰結として『高速で移動する物体は時間が遅れ空間は縮む』という文章にしばしば出会う。しかしこの表現だけに着目していると、生理的に感じる論理的矛盾を払拭できない。実は特殊相対論は、「**時間遅れ**」や「**空間収縮**」と並んで、もう 1 つ重要な帰結があり、それを考慮すればこの矛盾感は氷解する。その帰結とは「**同時刻のズレ**」である。これを強調している初心者向けの解説が少ないので、自力でここに到達するのにだいぶかかってしまった。

駅のプラットフォームに立っている駅員にとって、時空図上の「同時刻」とは、$x$ 軸と水平なラインである。しかし列車の乗員にとっての同時刻は $x$ 軸と水平ではないのである。そのことを定量的に確認してみよう。今、列車の各座席に時計が稠密に配置されているとする。それらの時計は、列車内の乗員が入念に時刻合わせをしてある。列車の最後尾が、駅のプラットフォームの左端(つまり 0m)の位置を通過する瞬間、駅の時計はどの位置であっても 0 秒を指している。それに対し、列車内のそれぞれの時計の時刻は、駅員から見てどのようになっているだろうか。 (3)式の $t$ にゼロを与え、$x$ を 0 から 30 まで代入して各々の $t'$ を求めれば、列車内の時計時刻を計算できる。

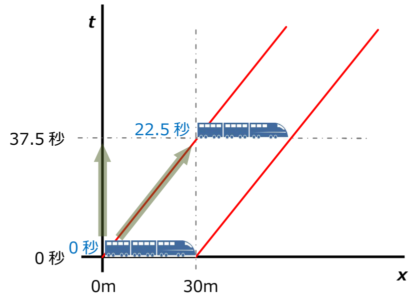



驚くべきことに、駅のすべての時計が 0 秒を指している瞬間、通過する列車の時計は前方ほど過去を指している。にもかかわらず列車内の乗員たちは、全車両の時計は正確に一致していると主張するのである。これは、「時間の遅れ」や「空間の収縮」と同様、いやそれ以上に不可思議な感覚を呼び起こす。静止系から観測すると、等速で移動する座標系は「同時刻」がズレているのである。しかし相対性原理として、このズレには矛盾がないことが比較的容易に確認できる。駅員にとっては、列車は左から右に通過し、列車の右の時計(前方)は左の時計(後方)よりも 40 秒遅れている。一方、列車の乗員にとっては列車自体が静止しており、駅のプラットフォームが右から左に移動していると認識し、駅の左の時計(前方 0m 地点)は右の時計(後方 30m 地点)よりも 40 秒遅れていると観測する。**両者とも、「前方は後方よりも遅れている」と観測する**のだ。相手の同時刻がズレているという事実は面妖であるが、駅と列車の互いの観測結果は相対的であり矛盾はない。

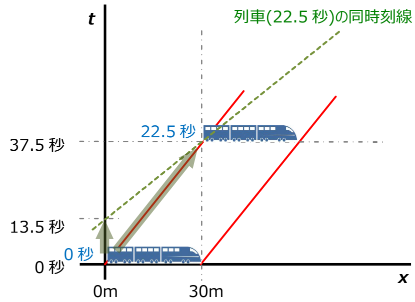



ここに至って、時間に関する表現を厳密にしておこう。まず、「時間進度」という言葉を導入する。これは文字通り時間の進む度合いである。2 つの時計の針が示す「時刻」がたとえズレていても、たとえば 30 秒後にそれぞれ 30 秒進んでいれば、それらの時間進度は等しい。特殊相対論で表現される「時間遅れ」という用語は「時間進度」のことであり、「時刻ズレ」のことではない。

さて、互いに等速で移動する 2 つの座標系が、互いに相手の時間進度が遅くなっていると認識するパラドックスを解消しよう。駅座標系で 0m 地点と 30m 地点に立っている 2 名の駅員が、通過する列車の最後尾の時計を観測する状況を考える。0m 地点では、駅の時計も列車最後尾の時計も共に 0 秒となっているが、30m 地点を通過する時点では、駅の時計は 37.5 秒、列車最後尾の時計は 22.5 秒である。すなわち駅員にとっては、22.5 秒/37.5 秒 = 0.6 という比率で、**列車最後尾の時間進度が駅の時計よりも"遅い"**と観測される。



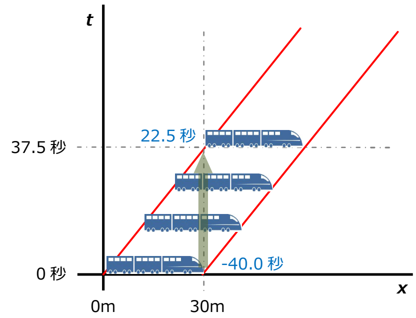

では逆に、列車の乗員から見て駅の時間進度はどうなっているのであろうか？時間進度が互いに相対的であるならば、乗員からは駅の時間進度が遅くなっているはずである。しかし、先程の例では列車最後尾時計は 22.5 秒、駅の時計は 37.5 秒となっており、明らかに駅の時間進度の方が早い。これはどういうことだろうか？この矛盾は、『列車乗員が観測した 37.5 秒の駅の時計が、駅 0m 地点にあった時計ではない』という点に起因している。正しい検証をするには、対象とする相手の時計は通過時点でチェックした、物理的に同一の離れ行く時計を観測する必要がある。駅のプラットフォームに立っている駅員にとって、時空図上の「同時刻」は $x$ 軸と水平なラインだが、列車の乗員にとっては水平線ではなく角度を持った直線となる。列車最後尾の乗員が 22.5 秒の時刻と比較すべきは、列車の同時刻線が駅の 0m 地点と交わる点の駅の時刻(駅プラットフォーム上の 0m 地点の時計)なのである。その交点にある駅 0m 地点の時計は 13.5 秒を指している。この値は(3)式に $x=0, t'=22.5$ を代入し $t$ を解けば求まる。すなわち列車乗員にとっては、13.5 秒/22.5 秒 = 0.6 という比率で、**駅 0m 地点の時間進度が列車の時計よりも"遅い"**と観測される。



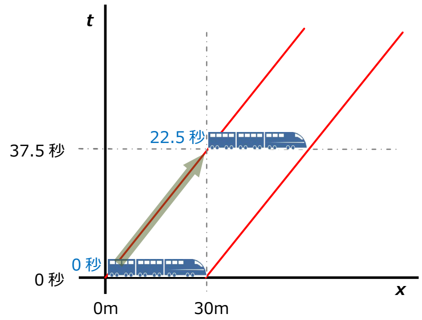

以上で、『互いに相手の時計が遅れている』という観測が矛盾しないことが示されたことになる。そして、その鍵を握っていたのは「同時刻のズレ」であった。

## 1-3. 目の前を次々と通過していく相手の時計の観測

もう１つ興味深い検証をしてみよう。駅 30m 地点にいる駅員が、通過する列車内の時計の時刻を観測することを考える。ただし今度は、通過し離れていく１つの時計を観測するのではなく、車内に稠密に配置され、次々と入れ替わる目の前の時計である。列車乗員の「車内の時計はすべて時刻を合わせてある」という証言を信じるとすれば、この方法でも、駅からみた列車の時間進度の検出が可能なはずだ。駅の時計で 0 秒の時点で列車の先頭が駅 30m 地点を通過する。この時、30m 地点に立つ駅員は、列車内の時計が-40.0 秒を指しているのを観測する。駅の時計が 37.5 秒を指した時、駅 30m 地点を列車の最後尾が通過する。この時駅員は、列車の最後尾の時計が 22.5 秒を指しているのを観測する。つまり駅員は、次々と通過していく目前の列車内時計が、-40.0 秒から 22.5 秒まで変化していくのを観測するのである。駅の時計が 37.5 秒経過する間に、列車内の時計は (22.5 秒) − (-40.0 秒) = 62.5 秒 も変化したことになる。この比率を計算してみると、37.5 秒/62.5 秒 = 0.6 となる。先程の時間進度の比率と見事に一致している。しかるに先程の結果とは逆に、**移動している列車の時間進度の方が駅の時計よりも"早い"**と観測されるのである。



この「目の前を通過する時計との時刻比較」という思考実験を、今度は列車の乗員の視点で行ってみよう。駅プラットフォームには一列に時計が並んでいるものとする。相対性原理が成立するのであれば、ある席に座っている乗員が窓の外を眺めているとき、刻々と通過する駅の時計の時間進度は“早く”観測されるはずだ。さっそく検証してみよう。列車最後尾の座席に座っている乗員が窓の外の駅の時計を観測する。駅 0m 地点では 0 秒であったが、駅 30m 地点に至った時、37.5 秒の時計を確認する。この時、列車内の自分の時計は 22.5 秒になっている。すなわち、22.5 秒/37.5 秒 = 0.6 という比率で、**駅の時間進度が列車の時計よりも“早い”**と観測される。確かに相対性原理は成立している。




以上の思考実験により、以下の２つのことがわかった。

（ｉ） 等速で移動している時計は、静止している時計に対して時間進度が“**遅く**”なる。
（ⅱ） 等速で目の前を次々に通過する時計は、静止している時計に対して時間進度が“**早い**”と観測される。

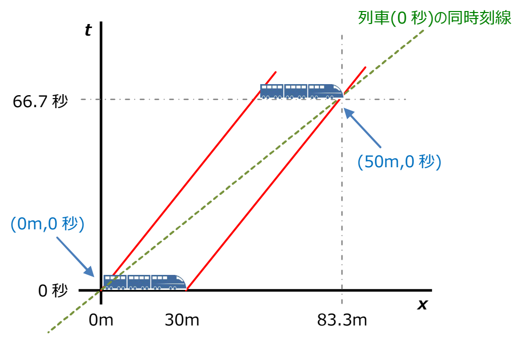
計算式で確認してみると、(ｉ)(ⅱ)の比率は共に等しい。ここで、今まで具体的数値で示してきた 0.6 倍という比率の数式表現を示しておこう。
この比率の逆数はローレンツ因子 $\gamma$ と呼ばれており、(1)式において $x = 0$ の時の $t'/t$ を求めることで得ることができる。

$$\gamma = t'/t = 1/\sqrt{1-(v/c)^2} \qquad \cdots(5)$$

## 1-4．なぜ『相手の長さが互いに縮んでいる』という観測が矛盾しないのか

「長さ」は、ある意味において時間よりも扱いが厄介である。時間(時刻)は、その一点において測定可能であるが、長さは２点間の距離として測定しなければならないからだ。むろん、時刻ではなく時間差となれば２つの測定ポイントが必要となるが、それでも同一の観測者が確認できるという意味では長さよりも扱いやすい。

さて、長さというものはどのようにして測定すればよいのだろうか？ここに重要な条件として、長さを測る２点は「同時刻」でなければならないという制約がある。よって、ここにも同時刻のズレが絡んでくるのである。駅のプラットフォームに一列にならんだ時計がすべて 0 秒を指した時、列車が 0m 地点をちょうど通過するとしよう。プラットフォームにはメジャーが取り付けてあり、その瞬間の列車先頭の目盛を読むことができる。駅員からすると、時計はすべて 0 秒であるから列車の最後尾と先頭を同時に測定したことになる。列車先頭のメジャーの目盛は 30m である。よって駅員は列車の長さは 30m であると判断する。一方、列車の中にも一列に配置された時計とメジャー装備されている。乗員が列車内の時計時刻がすべて 0 秒を指した時点のメジャーの目盛を読むと、最後尾が 0m で先頭が 50m であると観測するのである。そこで乗員は駅員に対し、列車の長さは 50m であると報告する。それに対し駅座標では 30m と測定したのであるから、駅員の立場で考えると、等速で移動する物体は 30m/50m = 0.6 の比率で**縮んでしまうのだと判断する。**




一方、列車乗員が駅のプラットフォームの長さを観測するシーンを考えてみよう。列車最後尾の時計が 0 秒を指した時、その窓からは駅のメジャーの 0m の目盛が見える。そして列車先頭の時計が同時刻の 0 秒を指した時、その窓からは駅のメジャーが 83.33333…m を指しているのを観測するのだ。自分が乗車している列車の長さは 50m のはずである。それと同じ長さであるはずのプラットフォームが 83.33333…m という目盛を指しているのであるから、乗員の立場で考えると、等速で移動する物体(この場合はプラットフォーム)は、50m/83.33333…m = 0.6 の比率で**縮んでしまうのだと判断する。**

以上で、『互いに相手の長さが縮んでいる』という観測が矛盾しないことが示されたことになる。その鍵を握っていたのはやはり「同時刻のズレ」であった。
そして時間進度の比率計算と同様に、ここにも(5)式の ローレンツ因子 $\gamma$ が登場するのである。時間進度と長さがともに $\gamma$ の比率で変化するため、それらが打ち消しあってどちらの座標系から測定しても光速度は一定となる、というのが私たちの世界の時空構造なのだ。

## 【Ⅱ】 等加速度運動

### 2-1．等加速度運動で何が起こっているのか

今、駅のプラットフォームに列車が静止しているとする。この列車が、等加速度運動を始めて、最終的に等速度に移行したものとしよう。この時点で駅座標系と比べて、列車内の時計の時刻進度は $1/\gamma$ になっており、しかも同時刻がズレた状態になっている。また乗員自身が計測する列車の長さも、駅座標系と比べると $\gamma$ 倍に長くなっている。列車が駅のプラットフォームに静止していた時点では、時計の針も列車寸法も駅座標系のそれと完全に一致していたのだから、このズレた状態は等加速度運動が生み出したものに他ならない。このプロセスを分析してみよう。分析に当たり、いかに加速度運動であっても「等加速」である限り、以下の原則は成り立つという仮説を立てる。

| |
|---|
| **(空間一様性)** 列車内の物理現象は、どの車両においても一様である<br>**(時間一様性)** 列車内の物理現象は、時間が経過しても一様である<br>**(局所慣性系)** 乗員は自らの時間進度の遅れや長さの伸縮を検知しない(できない) 常に相手が変化していると認識する |

### (1) 時間

まず、等加速度運動を開始してから等速度に移行するまでの「時間」に関するプロセスについて定性的な検討をしてみよう。

- 駅プラットフォームに停止している列車が等加速度で動き始める。（この時、列車内のすべての時計と駅プラットフォームのすべての時計の時刻は一致している）
- 駅員の観測では、加速中であっても各車両の時計は同一の時刻を刻んでいる。駅座標系からの観測では、特殊相対性理論による列車時計の時間進度の遅れは認められるが、すべての車両の時計は同等に遅れている。**（空間一様性）**
- 一方乗員からすると、列車後方の時計は自分の時計より遅れており、前方の時計は進んでいると感じる。これにより自らが乗車しているこの列車は、等速度系ではなく加速度系であることを認識できる。しかし自分自身の時計の進度はあくまでも正しく、狂っているのは前後の乗員の時計である、と互いに主張しあう。それぞれ自分自身の脳細胞や感覚器も自分の時計と同じ変化をしているので、時間進度の変化を検出しようがないのだ。**（局所慣性系）**
- 前後で時間進度が異なるため、加速を行っている間この時刻差は広がっていくが、その勢いは一定である。例えば列車内で 1 時間後に物理実験をしても全く同じ結果を得る。これは等価原理で考えても妥当な推論である。つまり地球上の重力場にいる我々は延々と等加速度運動をし続けているのだが、今日と昨日でその差を検出できない。物理的には定常状態なのである。**（時間一様性）**
- そしていつしか列車が等速に移行した時点で、この時刻差の広がりも停止する。ただし今までの加速プロセスで生じた時刻差は依然として残るため前後の乗員の時計はズレた時を刻み続ける。（駅員からするとすべての時計は合っている）ここで、列車内の乗員たちは互いの時計を合わせようと考える。**どの時計を「基準」とするかはコインでも投げて決めるしかない**のだが、とにかくその基準の時計に対し後方の時計の針を進め、前方を戻すことになる。その結果が「同時刻のズレ」として現れるのである。（もちろん、この時刻合わせは加速中にリアルタイムに行っても構わないが、その際は一定の割合で合わせ操作をし続けることになる）
- 駅員からすると、乗員が調整する前は列車の各車両の時計同士は合っていたのに、調整したことで各車両の時計の時刻がズレてしまったと感じる。しかし乗員にとっては、この調整でようやく列車内のすべての時計が同じ時刻になったと安堵するのである。

以上が時間に関する定性的なプロセスである。

### (2) 長さ

次に「長さ」に関して考察してみよう。長さに関しては、以下の２つの可能性がある。

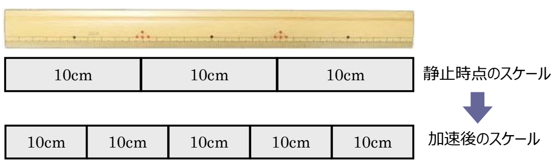
A) 駅に静止している列車は駅員・乗員**ともに 30m** であったが、加速後光速の 80%に達した時点で、**乗員は 50m** と観測する。**駅員の観測は 30m** のまま。
B) 駅に静止している列車は駅員・乗員**ともに 50m** であったが、加速後光速の 80%に達した時点で、**駅員は 30m** と観測する。**乗員の観測は 50m** のまま。

駅員から列車を観測すると、**(空間一様性)**から列車の先頭も最後尾も常に同一の速度で加速していることになる。もし B)が起こっているとしたら、駅員は加速している列車が次第に収縮していくのを観測することになるが、もし収縮するとすれば「同一の速度で加速している」とは観測されない。列車前方が遅い、あるいは列車後方が速いと観測されるはずだ。そもそも、そのような状態になったら無限に長い列車を想定すると前方はいつまでたっても加速せず、後方は光速度を越えてしまう、といった状況になる。無限長の列車であっても各車両の前に立つ駅員たちは静止している（慣性系にいる）のだから、その観測結果は一様であるべきなのだが、これは明らかに矛盾である。よって長さの加速プロセスは A)でなければならない。では、30m から 50m に列車が長くなるという観測をする乗員の立場から検証してみよう。話をわかりやすくするために、列車内にある 30cm の物差しを対象に観測することにする。この場合も以下の２つの可能性がある。

A1) 30cm の物差しが加速とともに伸長し、50cm となるのを観測する。当然同じ比率で、列車も乗員(人間)も伸長している。
A2) 30cm の物差しに変化はないが、光速度を基準に計測しなおすと、それ(いわばメートル原器)を 50cm の目盛に振り直す必要に迫られる。

結論から言うと、乗員からの観測でも**(空間一様性)**を満たすために、A2)でなければならない。なぜならば加速中に乗員は、駅プラットフォームに並んでるキロポストを各列車の窓の外から眺める(観測する)ことが可能なのだが、もし A1)の現象が起こっているとすれば、そのキロポスト数値の観測結果から、物差しの伸長の起点を調べることができてしまうからである。すべての乗員を対等に扱うためには、すべての乗員の観測結果は一様になっている必要があり、そのためには加速プロセスは A2)でなければならない。

列車内にある 30cm の物差しは等速移行が完了した段階で 50cm になっているわけだが、30cm の物差しの目盛が自然に 50cm の目盛になるわけではない。物性としての 30cm の物差しはそのまま 30cm である。決してギシギシと音を立てて物質が伸縮するわけではないのだ。しかし等速移行が完了した段階で、50cm スケールへの目盛間隔の変更を迫られる。**どの目盛を「基準点」とするかはコインでも投げて決めるしかない**のだが、とにかく 30cm だった物差しを 50cmとなるように目盛間隔を振り直すことになる。（なお、スケールが収縮し30cmの物差しを 50cm とするのであるから、乗員にとっては収縮ではなく膨張の物理現象と認識するはずだ）



長さのスケール調整は、時間の考察において最終的に互いの時計合わせが必要になったことに類似している。（もちろん、このスケール合わせは加速中にリアルタイムに行っても構わないが、その際は一定の割合でスケール合わせをし続けることになる）なお、スケール変更は物差しだけが対象ではない。それは列車全体でもこと足りず、窓の外に観測される駅プラットフォームも含めて自身の座標系全体で実施する必要がある。そしてこのスケールの収縮は観測者自身も含めて起きているため、誰れもそれを検出することはできない。宇宙にあるすべての物質が突然２倍に膨張したとしたら、それを検出する術はないのと同様である。ただし、唯一その検出を可能にする観測装置がある。その装置とは「光速度」である。自然界は、光速度が一定になるようにスケール変更を要求してくる。逆にスケールが変更されるから光速度が一定になるともいえるのだが、いずれにせよ私たちは光速度の測定によって正しいスケールを把握できるのである。

ここで、対象となる時空の物理量に対してより深く再考しておきたいと思う。
今までの説明の中で、時刻と時間進度の違いに触れた。これと同様の関係が空間座標にも存在すると考えている。用語を整理すると以下のような関係だ。

| | | | |
|---|---|---|---|
| （時間） | 時間進度 | ⇔ | 時刻 |
| （空間） | スケール | ⇔ | 目盛 |

自然界の物理量として直接的に意識すべきは、実は「時間進度」と「スケール」の方であると考えている。「時刻」と「目盛」は人間が人為的に割り付けた時空間の目印にすぎないのだ。それらは、「時間進度」や「スケール」が変化したら、光速度と辻褄が合うように振り直さなければならない。逆に言うと、振り直すまでは時計の針と物差しの目盛りは以前のままなのである。

## 2-2. 採用する時空座標

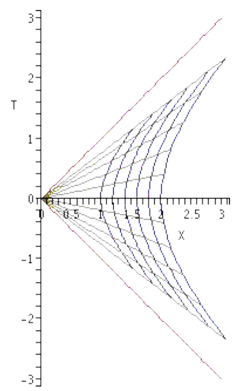
定性的なプロセスの挙動が把握ができたので、いよいよ等加速度プロセスを定量的に考察してみよう。
特殊相対性理論を前提にした等加速度運動に関してはすでに十分議論されていて、速度の合成則に基づいて以下のような方程式が導出されている。

$$v = at \,/ \sqrt{1 + (at \,/\, c)^2} \qquad \cdots(6)$$

ここで時刻 $t$ および速度 $v$ は駅座標系での観測値であり、加速度 $a$ は列車座標系における単位時間当たりに増加する一定の速度である。
更にこれを駅座標系の時間 $t$ で積分すると、駅座標系で観測される軌跡の方程式が得られる。

$$x = (c^2 \,/\, a)\sqrt{1 + (at \,/\, c)^2} \qquad \cdots(7)$$

(6)式および(7)式の導出過程は、多くのサイトや書籍で紹介されているので、導出過程はそれらに譲ることとする。




さて、これらの方程式を時空図で表現した「リンドラー座標」というものが広く知られている。この座標の特徴は、駅の座標系から見ると列車前方ほど緩やかな加速と観測されることを要請している点にあり、これにより列車の全車両における同時刻線を直線で接続することを可能としている。しかし一方で、駅の座標系において同時刻線が原点に収斂するという驚くべき結果を生む。この特異点はブラックウォールとも呼ばれている。

しかしもし原点を越える長さの列車、あるいは無限に伸びるようなの列車を扱いたい場合、果たしてこの座標系でどのように表現すればよいのだろうか？実は「リンドラー座標」は、等加速度運動をしているある車両(一点)から観測される状況を議論する場合にのみ有効な座標表現なのである。以下は、あもんノートというサイトからの引用である。

> 『リンドラー座標にせよ、一般に一方向の加速系にせよ、遠方のどこかで g00=0 となり、**座標が破綻してしまう**ことに注意してください。これは計量の非対角成分を嫌ったためです。しかし実際の計算においては、非対角成分があっても、大域的に破綻しない座標の方が便利であり、**対角計量に固執する意味はありません**。』

そこで本稿では、“**空間一様性**”や“**時間一様性**”を原則とした議論を容易にするため、等加速度運動を表現するための新たな座標系を導入する。列車の各車両に同じ出力のエンジンと同じ量の燃料が搭載されており、その燃料を使用して各車両が単位時間あたりに同一の速度増加を行う場合、駅座標系から観測される各車両の加速は、等加速ではないにしろ一様ではあるはずだ。燃料が切れて等速度に移行するタイミングも、駅座標系から見れば全車両同一なのである。

等加速度運動の軌跡を全車両で同等に扱う時空図を描くために、まず駅座標系 $t$ と列車座標系 $t'$ の相互変換式を求めてみよう。なお、$t'$ は同時刻ズレを調整する前の値である。この変換は特殊相対性理論における時間進度の変化から導かれ、互いの相対速度 $v$ から一意に求まる。つまり空間座標に依存しない。既に(5)式で示したように、等速度運動の場合、時間進度の比はローレンツ因子 $\gamma$ で与えられた。

$$t' = t \,/ \sqrt{1 - (v \,/\, c)^2}$$

この式の左辺 $t'$ は、ローレンツ因子 $\gamma$ を $t$ で積分することにより求まると解釈することができる。
等速度運動の場合はローレンツ因子 $\gamma$ が一定値であるため、結果としては以下のようになる。

$$t' = \int \gamma \; dt = t \,/ \sqrt{1 - (v \,/\, c)^2}$$

等加速度運動の場合も、瞬間々々の時間進度比は等速運動のそれが成り立つはずであるから、それを積算した結果で最終的な時間進度比が得られるはずだ。
まず、このローレンツ因子 $\gamma$ を等加速度運動に拡張しておこう。$\gamma$ に含まれる $v$ に(6)式を適用する。

$$\gamma = 1 \,/ \sqrt{1 - (v \,/\, c)^2} \quad ➡ \quad \delta = \sqrt{1 + (at/c)^2} \qquad \cdots(8)$$

ここで得られた新しい因子 δ は、駅座標系の時刻 $t$ で変化する $\gamma$ と定義することができる。これを本稿では「**加速度因子** δ」と呼ぶことにしよう。
任意の瞬間の時間進度比は、加速度因子 δ を使って以下のように記述できる。

$$t' = t\sqrt{1+(at/c)^2} = t\,\delta \qquad \cdots(9)$$

これを積分して $t'$を求める。

$$t' = \int \delta\ dt = (c/2a)\mathrm{arsinh}(at/c) + (t/2)\sqrt{1+(at/c)^2}$$

この式の最後の項に(9)式を代入し戻して整理すると、

$$t' = (c/a)\mathrm{arsinh}(at/c) \qquad \cdots(10)$$

が得られる。これが、求めるべき $t$ と $t'$の相互変換式である。
なお、(10)式は容易に $t$ について解くことができ、逆変換式は以下のようになる。

$$t = (c/a)\sinh(at'/c) \qquad \cdots(11)$$

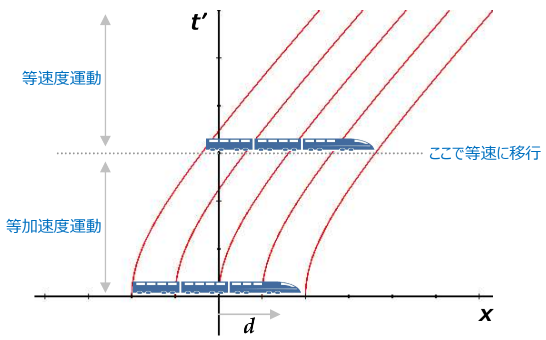
$t$ と $t'$の相互変換が定式化できたので、数学的な解析を容易にするため、今後時間軸に関しては列車座標系 $t'$をベースにして議論を進めることにする。
手始めに、先頭も最後尾も同じ等加速運動を行う列車の軌跡を定式化してみよう。これは明らかにリンドラーの時空図とは異なるアプローチである。
まずは駅座標系での観測値である列車速度 $v$ を $t'$で表してみる。これは(6)式の $t$ に(11)式を代入することで得られ、以下のように極めてシンプルな双曲線関数となる。

$$v = c\cdot\tanh(at'/c) \qquad \cdots(12)$$

これを $t'$で積分することで列車の軌跡の方程式が求まる。

$$\begin{aligned} x &= \int v\,dt' \\ &= (c^2/a)\log(\cosh(at'/c)) + d \end{aligned} \qquad \cdots(13)$$

ここで積分定数 $d$ は、列車が駅プラットフォームに静止していた状態での長さ、すなわち原点からの距離を表す。




なお、(8)式の加速度因子 δ に対しても(11)式を適用することで、列車座標系の時刻 $t'$で変化する因子として表現でき、

$$\delta = \cosh(at'/c) \qquad \cdots(14)$$

という簡潔な双曲線関数で記述できるようになる。

## 2-3. スケール変化の描像

駅のプラットフォームに静止していた 30m の長さの列車が加速を開始し、光速の 80%に達した時点で等速に移行した際、列車のスケールは 50m に収縮した。この間の等加速度運動プロセスにおいて、スケール変化はどのように起こっているのであろうか。そのスケール変化の様子を時空図に描いてみよう。

等加速度運動中は速度が刻々と変化するが、その瞬間々々は特殊相対性理論の枠組みの中で演算することが可能である。(2)式にて $t = 0$ とおくことで、駅と列車の座標系における長さの変換比率が求まる。

$$x' = x / \sqrt{1-(v/c)^2}$$

この式に含まれているローレンツ因子 $\gamma$ を(14)式の加速度因子 δ に置き換えることで、等加速度運動での長さ変化に置換できるはずだ。

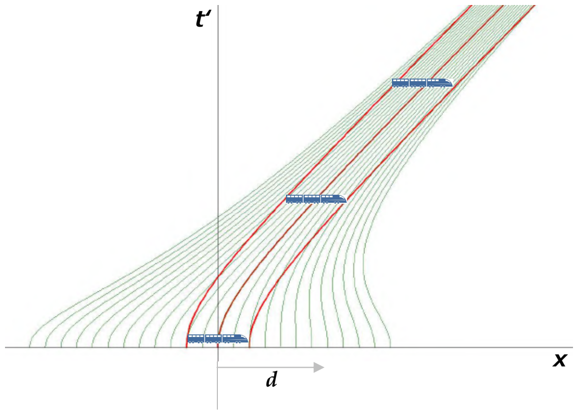
(13)式の $d$ にこれを適用すると、以下の式を得る。

$$x = (c^2/a)\log(\cosh(at'/c)) + d/\cosh(at'/c) \qquad \cdots(15)$$

時空図上に、(13)式の列車の軌跡と、(15)式のスケール変化を重ねて描くと、速度が上昇するに従って次第にスケールが収縮していく様子がわかる。まさに、30cm の物差しが 50cm にスケールに変更されていく描像がこれである。

なお、この時空図は列車中央の車両を基準にスケール変化を描いたが、どの車両を基準にしても構わない。基準点の変更は、スケール変化の緑線全体を新たな基準に合わせて単純に水平移動すればよい。なぜならば、加速度運動において列車の車体や物差しなど物理的な長さは何も変化しておらず、空間上のスケールの方が変化しているからである。スケール変化には絶対的な基準点など存在せず、各車両の乗員はそれぞれが自分を中心に前後のスケールが収縮していると認識する。スケール調整のための基準点は、人為的にコインを投げて決めるしかない。

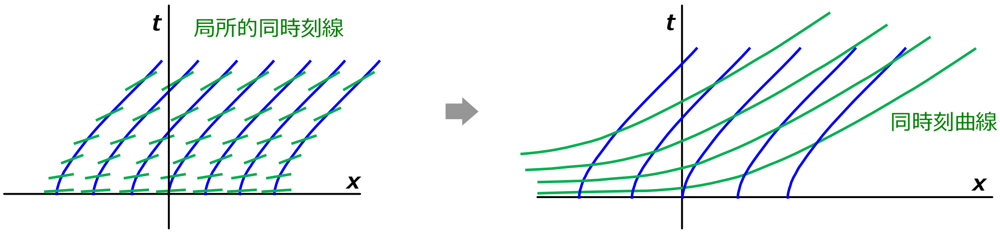
繰り返しになるが、このスケール変化は乗員が直接検出することはできない。観測者である乗員自身も含めた物理空間全体で、スケール変化が起きているためである。唯一変化しない光速度の測定を介して、はじめてスケール変化を検知できるのである。




## 2-4．等加速度運動の同時刻線について

リンドラー座標では同時刻線は直線であった。しかし同時刻線が直線である座標系は特異点(ブラックウォール)を持つため、時空の一様性を検討する際は物理的描像を得にくい。新しく導入した座標系ではどのような同時刻線が求められるだろうか。**局所慣性系**の原則からスタートして同時刻線の描像を検討してみよう。

たとえ加速度運動であっても、その瞬間々々においては特殊相対性理論の内容を満足しているはずである。加速度運動の軌跡は曲線になるが、対象とする世界点の瞬間速度に対して、等速度の時と同様の傾きを有する同時刻線を与えることができる。それは局所的な同時刻線であるため、極めて短い直線の断片となる。その傾きに沿ってすぐ隣の世界点に移行すると、そこには傾きが少し異なる同時刻線の断片が存在している。例えて表現すると、“**同時刻のバトンリレー**”のようなものである。進行方向前方の傾きは少し大きく、後方の傾きは少し小さい。これらを接続していくことで、曲線としての同時刻線の描像が得られる。この曲線をここでは「**同時刻曲線**」と呼ぼう。同時刻曲線は、列車後方で水平線に漸近し、前方で光速に漸近する曲線になることが予想される。そしてこの描像であれば、**空間一様性**、すなわちそれぞれの同時刻曲線を $x$ 軸方向に水平移動しても内容が保証されることが期待できる。




等速度に移行した瞬間に、同時刻「曲線」は同時刻「線」に変化する。しかもそれらの同時刻線を延長すると、それまでの同時刻曲線と時空図上で交錯してしまう。この瞬間的な変化や交錯は、物理的な矛盾だろうか？ここで等速運動において、駅の同時刻線と列車の同時刻線が縦横無尽に交錯していたことを思い出してほしい。加速プロセスにおいては、同一の車両内であっても刻々と座標系が変わる。それは等速に移行する瞬間まで続く。したがって、どんなに交錯していても矛盾は生じていないのである。同時刻線における唯一の禁則(物理的矛盾を生じる場合)は、同一の慣性系内での交錯のみである。

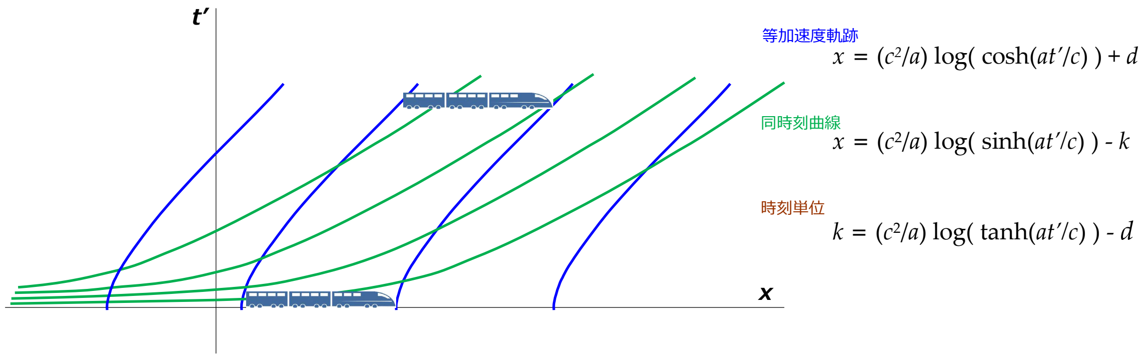
考えてみると、同時刻線にそって離れた位置の状態を同一の観測者がリアルタイムに確認することは不可能なのだ。その傾きを見てもらうとわかるように、両者間のコミュニケーションは光速度を越えてしまう。したがって、ほんの少し(例えば 1 ミクロン)でも離れたら、その同時刻状態を同一観測者がリアルタイムに確認することはできないのだ。満点に輝く星々が実は現在の状態ではなく、何百万年も過去の、しかも星毎に異なる過去の姿であるという事実。私たちは、今この瞬間に同時に存在している星々の姿をリアルタイムに把握することはできない。それは宇宙という大きなスケールだけでなく、どんなに小さなスケールであっても同様なのである。「同時刻」という表現に接すると、リアルタイムに全体を把握できる錯覚に陥るが、実は同時刻線上の事象ほど離れた事象はない。そう考えると、「同時刻線」というのは物理的実体ではないのかもしれない。それは、論理的な分析をするための便宜上の補助線にすぎないのかもしれない。

さて、同時刻曲線という描像を得たので、等加速度運動の軌跡およびその同時刻曲線の定式化を行ってみよう。
同時刻曲線の傾きは軌跡の傾き $v$ の逆数に等しくなる。しかも空間一様性から $v$ は $x$ によらず一定であるため、(12)式の逆数に対して $t'$ の原始関数を求めれば、同時刻曲線の方程式を得ることができる。なお、次元一致の原理からここには $c^2$ が掛かることが期待される。

$$\begin{aligned} x &= c^2 \int (1/v)\, dt' \\ &= (c^2/a) \log(\sinh(at'/c)) - k \end{aligned} \qquad \cdots(16)$$

ここで積分定数 $k$ は、同時刻曲線の空間座標方向へのシフト量を表す。
同時刻の対象時刻が大きいほど積分定数は小さくなるという相関にあるので、方向感の把握を容易にするため、$k$ にはマイナス符号を与えておく。
これにより、対象時刻と定数 $k$ とが正の相関となる。なお、静止状態の $k$ は-∞である。

以上で、列車の軌跡と同時刻曲線の方程式を得ることができた。改めて、(13)式と(16)式を使って時空図を描いてみよう。




軌跡の各曲線の距離単位は $x$ 切片から決まるので、積分定数 $d$ そのものであるが、同時刻曲線の時刻単位 $t'$ と積分定数 $k$ はどのような関係になっているのだろうか？
この関係は、(13)式と(16)式を連立させ $x$ を消去することで得られる。

$$k = (c^2/a)\log(\tanh(at'/c)) - d \qquad \cdots(17)$$

右辺に残った $d$ は、基準となる時計の位置である。コインを投げて決める時計である。つまり時刻単位は、列車内の乗員によって主張が変わってくることを表している。
以上のように、本稿が提案する座標系は双曲線関数で統一的に構成されるため、リンドラー座標と異なり数値解析が極めて容易になることが期待できる。

## 2-5. スケール変化の定式化

等加速度運動を行っていた列車が等速度移行した時点で、特殊相対性理論が要請するスケール変化に達しているはずである。
定式化により、この状況を定量的に確認してみよう。
結局、等速度 $v$ に到達した際のスケール変化は、(2)式で $t = 0$ とした関係式で表現できる。

$$x' = x / \sqrt{1-(v/c)^2}$$

ここに(12)式で得た $v$ を代入し、混乱を避けるために座標変数 $x$ を距離変数 $L$ で表すと、

$$L' = L \cdot \cosh(at'/c) \qquad \cdots(18)$$

を得る。

実際に検算してみよう。速度が駅座標系からの観測で光速の 80%に達する際の $t'$ は、(12)式を解いて、

$$t' = (c/a) \cdot \mathrm{artanh}(0.8)$$

これを(18)式に代入すると

$$L' = L \cdot \cosh(\mathrm{artanh}(0.8))$$

ここで $L$ に列車の長さ 30m を代入すると、$L'$ は 50m となり、前章の議論と合致していることが確かめられた。
なお、計算の過程で $a$ が消去された。これは、どのような加速度プロセスであっても結果としての等速度 $v$ が等しければ、スケール変化の比率は同一値を得ることを表している。

## 2-6. 同時刻ズレの定式化

スケール変化の定式化と同様の手法で、今度は同時刻ズレ $z$ の定式化を行ってみよう。
等速度運動に移行した際、同時刻ズレの関係式は(1)式で $t = 0$ とすることで得られる。

$$z = -(vx/c^2) / \sqrt{1-(v/c)^2}$$

ここに(12)式で得た $v$ を代入し、混乱を避けるために座標変数 $x$ を距離変数 $L$ で表すと、

$$z = -(L/c) \cdot \sinh(at'/c) \qquad \cdots(19)$$

を得る。

ここでも光速の 80%に到達した際の検算をしてみよう。
光速度を 1(m/秒)、駅座標系での列車最後尾から先頭までの距離 $L$ を 30m とすると、

$$z = -30 \cdot \sinh(\mathrm{artanh}(0.8)) = -40$$

ここでも、列車先頭の時計が最後尾の時計よりも-40 秒ズレしているという前章の議論と合致していることが確かめられた。

## 2-7. 時間一様性の確認

空間一様性に関しては、そもそも軌跡の方程式も、同時刻曲線の方程式も、$x$ に対して保存される形式で定式化されているのであるから、それが保証されていることは自明である。しかし、時間の一様性に関してはどうであろうか？

列車のすべての窓のブラインドを閉じてみよう。すなわち駅プラットフォームを含め外界からの情報をすべて遮断する。そうした時、果たして駅座標系から観測される列車の速度 $v$ を、乗員自身が検出することができるだろうか？答えは否である。乗員は等加速度 $a$ によって生じる一定の慣性力は検出し続けるが、自らの速度がどの程度に達しているかはわからない。そもそも「速度」というものはすべからく「相対速度」であるから、他の座標系と比較しなければ決定できないのだ。乗員は等加速度 $a$ による慣性力から、その瞬間の増加速度を算出することしかできない。この増加速度が一定なのであるから、それにより生じるスケール変化と同時刻ズレも一定であることは当然と言えば当然である。しかるに、前節で導いた(18)式と(19)式には非線形な双曲線関数中に $t'$ が与えられており一定値となっていない。これはどういうことだろうか？実はこれらの式は、駅座標系に静止していた時点を起点として表現されているのである。純粋に等加速度運動を閉じた系として検討するには、起点を前提にすべきではない。

まず、同時刻ズレにおける一様性に関して検討してみよう。
そもそもこの(19)式は時刻ズレの累積結果であって単位時間あたりの比率ではない。
その比率は $t'$ で微分することで得られ、ディメンションは無次元となる。

$$\frac{d}{dt'}z = -(L/c)\frac{d}{dt'}\sinh(at'/c)$$

$$= -(a/c^2)\cdot L\cdot\cosh(at'/c)$$

ここで $L$ は駅座標系での距離なため、(18)式を使って列車座標系の距離 $L'$ で表現すると、

$$\frac{d}{dt'}z = -(a/c^2)L' \qquad \cdots(20)$$

ここにおいて $t'$ が消去され、よって時間一様性が確認された。
最終的に得られた式を見ると、列車の系から観測される単位時間当たりの同時刻ズレは、列車座標系の距離 $L'$ と線形関係にあり、等加速度 $a$ のみに依存した極めて単純な物理現象ということになる。

次に、スケール変化における一様性に関して検討してみよう。スケール変化の検討は、離れた 2 点間の考察が必要なため複雑になる。そこで、今一度基本に立ち返って議論してみよう。等加速度として与えた $a$ は、単位時間あたりに列車座標系で増加する速度を表している。等加速度運動というものは、一定の割合で変化する等速度系の積み重ねであるとするならば、ローレンツ因子 $\gamma$ における $v$ を $a$ に置き換えることで、単位時間あたりのローレンツ因子の変化量を表現できるはずであり、それは一定の値を持つ。今、等速度 $v$ に到達した際のスケール変化は、(2)式で $t = 0$ とすることで得られた。

$$x/x' = \sqrt{1-(v/c)^2}$$

ここで $v$ を $a$ に置き換える。ただし、置換することで単位時間当たりの比率を表すことになるため、$t'$ による積分形式で表現する必要がある。

$$L/L' = \int\sqrt{1-(a/c)^2}\,dt'$$

これを微分形式に書き換え、混乱を避けるため $x$ を $L$ で表現すると、単位時間当たりのスケール変化比率は以下のように表せる。

$$\frac{d}{dt'}(L/L') = \sqrt{1-(a/c)^2} \qquad \cdots(21)$$

ここにおいてスケール変化の比率が $t'$ に依存しないことが示され、よって時間一様性が確認された。

## 【Ⅲ】 仮説提案

### 3-1. 宇宙膨張について

等価原理から考察すると、私たちは地球上で常に一定の加速度(重力加速度)で上昇し続けている。ということは、常にスケール変化が起こっていることになる。まさに 30cm の物差しを 50cm にするような変更を太古の昔から現在、そして遠い将来に至るまでし続けているのだ。つまり私たちが観測する対象の空間の長さが伸び続けていることになる。しかも上部にいくほどその伸びは激しい。この事実は何かを連想しないだろうか？そう、宇宙膨張説である。そこでこんな仮説を提案してみようと思う。

**『実は宇宙は膨張などしておらず、単に加速度プロセスにおけるスケール変化によって、あたかも膨張しているかのように観測しているだけである』**

しかし、この仮説の立証をするには今回検討した「等加速度運動の描像と定式化」を更に拡張する必要がある。なぜなら、重力加速度は地球の地表上ではほぼ一定なので等加速度とみなせるが、宇宙に向かってはそれが次第に弱まっていくため等加速度にはならないからだ。したがって、万有引力の法則 $g = GM/R^2$ に対応した拡張、あるいは理想的には一般相対性理論に基づいた議論が必要になるだろう。本稿ではそこまで踏み込んだ議論は行わない、というか今の私の技量ではできないのだが、少なくともこの仮説が検討に値するのか否かの試金石は示しておこうと思う。

仮に重力加速度が等方的一様に存在しているとしたら、それがどの程度の重力加速度であれば、現在観測されている宇宙膨張速度に合致するであろうか？
試算される加速度 $a$ は、地球表面の平均重力加速度 $g$ よりも小さく、かつオーダーとしては極端に掛け離れていないことが期待される。
(21)式は単位時間当たりの関係式であるため膨張速度 $V$ は $(L'-L)/dt'$ と定義することができ、この定義を使って(21)式を $a$ について解く。

$$a = c\sqrt{1-(1-V/L')^2} \quad \cdots(22)$$

独マックス・プランク天体物理学研究所の測定[2019 年]では、宇宙膨張は 1(Mpc)離れるごとに 8.24×$10^4$(m/sec)の速度 $V$ で大きくなるという結果を得ている。
ここで 1Mpc(メガパーセク)は、3.08568×$10^{22}$(m)である。今回はこの距離が $L'$ に当たる。これらの値を(22)式に代入してみると、$a$ = 0.693(m/sec$^2$) という試算値を得る。地球の重力加速度である $g$ = 9.807(m/sec$^2$) よりは小さく、オーダーとしてはそれほど食い違ってはいないという、期待された結果を得た。無論この程度の検証で本仮説が立証されるはずもないが、試算値の結果からすると検討の余地はある仮説ではないだろうか。

もしこの仮説が成り立つならば、私たちの宇宙は厳然として定常的に存在しており、単にスケール変化だけが綿々と続いていることになる。私たちは自身の観測系において、全宇宙のスケールを変更し続けているだけであり、物理的な宇宙の実体は何も変わっていないのだ。そして、このスケール変化は時空間において無限に続いても破綻しない。定常宇宙であるためビックバンも存在しないし、ビックバン以前の宇宙を語る必要もなく、更にはダークマターやダークエネルギーなどの存在予想すら不要となる可能性があるのだ。

### 3-2. 時間力学

特殊相対性理論を発表した当時、アインシュタインは妻に『私は全宇宙空間に時計を敷き詰めた』と語ったそうだ。今回検討を進めるに連れ、その言葉の意図がより深く体感できた。しかも敷き詰められたそれぞれの時計は、どの慣性系から観測しても共通の 1 つの物理的実体であるにもかかわらず、個々の慣性系ごとに別々の時間進度を持ち、同時刻線あるいは同時刻曲線という見えない糸で接続されている。それらの描像を思い描くと、時空間の根源的な場の属性は「時間進度」なのではないかと思えてくるのだ。加速運動をしている系で検知される進行方向に対する時間進度の変化。実は「慣性力」というものは前後の時間進度の差分によって生じるのではないか。もっというと『力と時間進度差分とは同一のもの』なのではないかという仮説である。更に想像を逞しくすると、現在発見されているあらゆる力、すなわち重力・電磁気力・強い力・弱い力なども、最終的には時間進度の場ですべて表現できるではないかという仮説を構想した。

多言語の翻訳システムが、まずすべての言語を論理的に記述できる共通の中間言語に変換し、そこからそれぞれのターゲット言語に向けて翻訳し直すように、あらゆる「力」をまずは時間進度の場に変換してしまえば、それは統一場の理論を構築するための礎になりうるのではないかと考えている。あらゆる物質の周りには時間進度の分布が存在しており、その時間進度の差から引力や斥力が生じるのではないか。そしてそもそも時間進度の分布の特異点として物質が存在するのではないだろうか。

筆者は、前回「特殊相対性理論の一考察」の補足で、**時間について**こう語った。

過去は我々の記憶の中にのみ存在し、未来は我々の予測の中だけに存在する。
人の記憶と予測の能力が優れているために、時間が実存しているかのような錯覚に陥っているのだ。

今でも、この考えは正しいと思っている。絶対的な「時刻」は、絶対的な「長さの目盛」と同様に存在しないのだ。過去も未来も実存しない。しかし一方で、相対的な時間進度やスケールは確かに存在していて、それは慣性系同士で互いに比較可能な物理量であることを今回の検討で確認した。『時間力学』の仮説とは、すべての物理現象を「時間進度」という物理量に還元し、統一的に扱うという提案である。時間進度はスカラー量なので、もし還元することができれば重ね合わせの原理が活用できる。つまり、すべての物理量は時間進度を介して変換したり演算したりすることが可能になるのだ。また、そのディメンションは単位時間当たりの時間、すなわち時間同士の比率であるため無次元であることが期待され、様々な次元の物理量に対する演算処理も容易であろう。

無論、これは何の根拠もないただの思い付きに過ぎないし、科学に昇華させるための取っ掛かりさえ未だない。
ただまあ、こうして思索を巡らせることはたいそう愉快なことなのである。

2019.11.30 加藤一郎