1g で加速し続ける人には、故郷の時計が c/g で止まって見える

— 船の時計 10 年で見えている故郷の時計は 0.968683237988 年で、c/g の 0.968715079572 年に届かない。止めているのは速さではなく、後ろ 0.968715079572 光年にできる地平線である — 分離子は、等速か、等加速度か — [論文1042]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

速く遠ざかるほど、送られてくる像はゆっくり進む。では加速し続けたら、像は止まるのか。本稿は、地上と同じ 1g で加速する船から見た故郷の時計を数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、これが本稿の芯である。故郷の時計は、有限の時刻で止まる——船の時計 1・2・5・10 年で、見えている故郷の時計は **0.623669936633**・**0.845813977714**・**0.963161214164**・**0.968683237988** 年であった。どれだけ待っても c/g の **0.968715079572** 年には届かない（第3節）。 第二に、像の進む速さは指数で落ちる——船の時計 1 年で **0.356188470909**、5 年で **0.005733229022**、10 年で **0.000032869915**。閉じた式と、世界線を追って光の出た時刻を幾何で解く道が、10 年まで 10 の −12 乗以内で一致した（第3節）。 第三に、止めているのは速さではなく、後ろにできる地平線である——船の後方 c^2/g、すなわち **0.968715079572** 光年より遠くから出た光は、いつまでも追いつかない。−0.968 光年からは故郷の時刻 **656.158360** 年で追いついたが、−1.1 光年からは 2000 年まで追いつかなかった（第4節）。 第四に、その c/g は、時間でも距離でもある——**0.968715079572** という同じ数が、年でもあり光年でもある。1g と 1 年と 1 光年がほぼそろうのは、地球の重力加速度がたまたまその大きさだからである（第2節）。 第五に、船の時計なら、銀河を渡れる——中間で向きを変えて 1g を保つと、ケンタウルス座 α まで船の時計で **3.582393723** 年（故郷では **6.002502777** 年）、銀河の中心まで **19.757352991** 年（**26001.937357979** 年）、アンドロメダまで **28.603418344** 年（**2500001.937429409** 年）である（第5節）。 第六に、分離子は、等速か、等加速度かである——等速では、β を 1 に近づける極限でしか像は止まらない（β＝0.999 でも像の進みは **0.022366272042** ある）。加速では、有限の船の時計で像が止まる。同じ加速度で出た二隻の糸も、船の系で γ 倍に伸びて切れる（船の 5 年で **8.721375564** 倍）（第6節・第7節）。 キーワード：等加速度運動、リンドラーの地平線、時間の遅れ、双曲線運動、恒星間の旅、ベルの宇宙船。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——等加速度運動の世界線が双曲線であること、リンドラーの地平線が後方 c²/g にできること、1g の旅で船の固有時が対数で伸びること、同じ固有加速度で出た二隻のあいだの糸が切れることは、いずれも既知である（リンドラー 1966、ミスナーとソーンとウィーラー 1973、ベル 1976）。燃料を論じない——推進の手立て、質量比、放射の遮蔽には入らない。世界線の幾何だけを数える。ウンルー効果に入らない——同じ双曲線を温度の側から読むのは論文142 の仕事である。一般相対論を使わない——平らな時空の中で加速する観測者だけを扱い、重力場は置かない。実在の計画を主張しない——旅の数は幾何の見積もりであり、工学の可能性は述べない。値は例である——g は標準重力 9.80665 m/s²、1 年は 365.25 日、距離は代表値である。既刊との関係：論文1026 の射程注記は、加速を扱わないと書いた——等速で離れる・近づく・横切る三つの場合だけを見る、と——本稿はその加速の席に座り、等速では止まらない像が加速では有限の時刻で止まることを数える（先客なし）。論文123 は、双子で違うのは時計の遅れではなく世界線の長さであることを示した——ここで出す旅の固有時は、その長さそのものである。論文142 は、動かすと 2π だけが残ることを示し、同じ双曲線の世界線を温度の側から読んだ——本稿はその同じ世界線を、見える像の側から読む。論文234 は、距離が六つあることを示した——ここでも「船から故郷までの距離」は、静止系で測るか船の系で測るかで別の数になる。論文1036 は、光の球の切り口の動径が各方向のドップラー因子であることを示した——第6節で等速の対照として使う像の進みは、その因子と同じ量である。論文1041 は、順序だけから次元が読め、最長の鎖が固有時になることを示した——あちらは点を数えて固有時を測り、こちらは双曲線に沿って積む。加えたのは、見えている時計を閉じた式と世界線を追う道の二通りで出したこと、地平線の位置を光が追いつくかどうかで直に確かめたこと、c/g が年でも光年でもあることを書いたこと、等速と等加速度を一つの表で並べたことである。

1. 記法と問い

設定：静止系の原点に故郷があり、そこから船が固有加速度 g で真っ直ぐ離れていく。g は標準重力 9.80665 m/s² とし、時間は年（365.25 日）、長さは光年で測る。船の固有時を τ と書く。世界線は $t = (c/g)\sinh(g\tau/c)$、$x = (c/g)(\cosh(g\tau/c) - 1)$ である。

問い：加速し続ける人に、故郷の時計はどう見えるか。

2. c/g は、時間でも距離でもある

計算 2.1：年と光年を単位に取ると $g = 1.032295275554$（1 年あたり）であり、$c/g = 0.968715079572$ 年、$c^2/g = 0.968715079572$ 光年である。

> **観察 2.2**
>
> 同じ数が、年でもあり光年でもある。1g と 1 年と 1 光年がほぼそろうのは、地球の重力加速度がたまたまその大きさだからである——この一致に意味は無いが、以下の数が読みやすくなる。

計算 2.3：世界線が双曲線であることを確かめた。$(x + c^2/g) \div (c^2/g)$ は $\cosh(g\tau/c)$ に、$t \div (c/g)$ は $\sinh(g\tau/c)$ に、10^{-12} 以内で一致する（船の 0.5 年から 10 年まで）。固有加速度が一定であることは $\gamma\beta = t \div (c/g)$ の形で確かめた——比はどの時刻でも 1.000000000000 であり、数値微分した $d(\gamma\beta)/dt$ も 1.032295275554 で g に等しい。

船の時計	故郷の時刻（年）	故郷からの距離（光年）	速さ
0.5 年	0.522498304	0.131927180	0.474721281666
1.0 年	1.187312402	0.563642465	0.774827262643
2.0 年	3.756289450	2.910475472	0.968317848731
5.0 年	84.479726364	83.516565150	0.999934262331
10.0 年	14735.588422535	14734.619739297	0.999999997839

3. 見えている故郷の時計は、c/g で止まる

計算 3.1：船の位置に届いた光が、故郷のいつ出たものかを解いた。閉じた式は $(c/g)(1 - e^{-g\tau/c})$ である。

船の時計	見えている故郷の時計	像の進む速さ	c/g との差
1.0 年	0.623669936633	0.356188470909	0.345045142939
2.0 年	0.845813977714	0.126870226809	0.122901101858
5.0 年	0.963161214164	0.005733229022	0.005553865409
10.0 年	0.968683237988	0.000032869915	0.000031841584

世界線を刻んで追う道と閉じた式は、船の 10 年まで差が 1.498×10^{-12} 以下で一致した。船の 30 年では、世界線を追う道は t と x がどちらも大きくなってその差が桁落ちするので、閉じた式だけで見る——差は 3.441691×10^{-14} 年になる。

> **観察 3.2**
>
> 見えている時計は c/g を超えない。船の時計を 10 年、30 年と伸ばしても、故郷の時計は 0.968715079572 年の手前に貼り付く——像の進む速さが指数で落ちるからで、10 年の時点で 0.000032869915、すなわち三万分の一の速さである。

4. 止めているのは、後ろにできる地平線である

計算 4.1：故郷より後ろのいろいろな位置から、静止系の時刻 0 に光を出して、船に追いつくかを調べた。

出した位置	結果
−0.500 光年	追いつく（故郷の時刻 0.769998 年）
−0.900 光年	追いつく（故郷の時刻 6.794983 年）
−0.968 光年	追いつく（故郷の時刻 656.158360 年）
−1.100 光年	追いつかない（時刻 2000 年まで）

境は $c^2/g = 0.968715079572$ 光年である。

> **観察 4.2**
>
> 加速する人の後ろには、面がある。そこより遠くで起きたことは、どれだけ待っても届かない——故郷そのものは地平線の前にあるので見え続けるが、その時計は地平線に近づく光ほど遅れて届くので、c/g の手前で止まる。

5. 船の時計なら、銀河を渡れる

計算 5.1：中間で向きを変えて 1g を保つ旅の時間を出した。

行き先	船の時計（年）	故郷の時計（年）	比
ケンタウルス座 α（4.37 光年）	3.582393723	6.002502777	1.675556413
バーナード星（5.96 光年）	4.035521287	7.656093488	1.897175840
銀河の中心（26000 光年）	19.757352991	26001.937357979	1316.063815293
アンドロメダ（250 万光年）	28.603418344	2500001.937429409	87402.208622450

> **観察 5.2**
>
> 距離が 10 万倍でも、船の時計は 1.5 倍にもならない。銀河の中心とアンドロメダで距離は約 96 倍違うのに、船の時計は 19.757352991 年と 28.603418344 年である——船の固有時は距離の対数でしか伸びない。論文123 の語でいえば、世界線の長さがそれだけしか増えない。故郷の時計は距離とほぼ同じだけ進む（光より遅いので必ず距離より大きい）。

6. 分離子：等速か、等加速度か

計算 6.1：等速で離れる場合、像の進みは $(1-\beta)\gamma$ である。$\beta = 0.9$ で 0.229415733871、0.99 で 0.070888120501、0.999 で 0.022366272042。

> **観察 6.2**
>
> 等速では止まらず、加速では止まる。等速の像の進みは β を 1 に近づける極限でしか 0 にならない——加速では、船の時計 10 年で 0.000032869915、30 年で 0 になる。止めているのは速さではなく、後ろにできる地平線である。

7. 同じ加速度で出た二隻の糸は切れる

計算 7.1：静止系で 0.1 光年だけ離して置いた二隻が、同じ固有加速度で同時に出発する。静止系での距離は 0.1 光年のまま保たれるが、船の瞬間静止系での距離は γ 倍になる。船の時計 1 年で $\gamma = 1.581845454$、3 年で 11.087060126、5 年で 87.213755635 であり、距離は 0.158184545・1.108706013・8.721375564 光年になる。

計算 7.2：比べ役として、剛体的に（船の系で距離を保って）加速するには、後方ほど大きな固有加速度が要る。後方 0.1 光年で 1.115112541 倍、0.5 光年で 2.066746136 倍である。

> **観察 7.3**
>
> 「同じ加速度」と「距離が変わらない」は両立しない。同じ固有加速度を選べば船の系で距離が伸び、距離を保とうとすれば後方の加速度が大きくなる——後方 c^2/g で要る加速度は発散し、そこが地平線である。

8. 言っていないこと

> **観察 8.1**
>
> 燃料を論じない。推進の手立ても、質量比も、放射の遮蔽も扱わない——数えたのは世界線の幾何だけである。ウンルー効果にも入らない——同じ双曲線を温度の側から読むのは論文142 の仕事である。一般相対論も使わない——平らな時空の中の加速する観測者だけを扱った。

9. 点呼と結び

1. 見えている時計 **0.623669936633**・**0.963161214164**・**0.968683237988** 年（計算 3.1）：c/g に届かない。
2. 像の進む速さ **0.356188470909**・**0.000032869915**（計算 3.1）：指数で落ちる。
3. 地平線 **0.968715079572** 光年（計算 4.1）：**−1.1** 光年からは追いつかない。
4. **−0.968** 光年からは **656.158360** 年で追いつく（計算 4.1）：境の手前。
5. 旅 **3.582393723**・**19.757352991**・**28.603418344** 年（計算 5.1）：距離の対数。
6. 故郷では **2500001.937429409** 年（計算 5.1）：比 **87402.208622450**。
7. 等速なら **0.022366272042**（β＝0.999）（計算 6.1）：止まらない。
8. 二隻の距離 **8.721375564** 光年（計算 7.1）：糸は切れる。
9. 等速か等加速度か（観察 6.2）：分離子。論文**123**・**142**・**234**・**1026**・**1036**・**1041**。

結び：1g で加速し続ける人には、故郷の時計が c/g で止まって見える。船の時計 1・2・5・10 年で見えている故郷の時計は 0.623669936633・0.845813977714・0.963161214164・0.968683237988 年で、c/g の 0.968715079572 年に届かない。像の進む速さは 0.356188470909 から 0.000032869915 へ指数で落ちる。止めているのは速さではなく、後方 0.968715079572 光年にできる地平線で、そこより遠くから出た光は追いつかない——同じ 0.968715079572 という数が、年でもあり光年でもある。分離子は、等速か、等加速度かである——等速では β を 1 に近づける極限でしか像は止まらない（β＝0.999 でも 0.022366272042 ある）。既刊の中に置けば——論文

1026 の射程注記は加速を外した。本稿はその席に座る。論文142 は同じ双曲線の世界線を温度の側から読み、ここでは見える像の側から読んだ。論文123 の「世界線の長さ」は、アンドロメダまでの旅で 28.603418344 年である。正直に書けば——式は 1966 年の論文にある。加えたのは、見えている時計を二つの道で出し、地平線の位置を光が追いつくかどうかで直に確かめたことである。

参考文献

1. Bell, J. S. (1976). How to Teach Special Relativity. *Progress in Scientific Culture*.
2. Misner, C. W., Thorne, K. S., & Wheeler, J. A. (1973). *Gravitation*. Freeman.
3. Rindler, W. (1966). Kruskal Space and the Uniformly Accelerated Frame. *American Journal of Physics*.
4. 山岸勇輝 (2026). 『双子が違うのは時計の遅れではなく、世界線の長さである』[論文123]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22055231
5. 山岸勇輝 (2026). 『動かすと、**2π** だけが残る』[論文142]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22082281
6. 山岸勇輝 (2026). 『「距離」は六つあり、そのうち一つは三角不等式を逆に満たす』[論文234]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22128226
7. 山岸勇輝 (2026). 『離れる時計台の針が止まって見えるのは光の遅れで、相対論はむしろ像を γ 倍だけ速めている』[論文1026]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22860181
8. 山岸勇輝 (2026). 『光の球をよその系の同時で切ると、発光点を焦点とする離心率 β の楕円になる』[論文1036]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22860709
9. 山岸勇輝 (2026). 『順序だけに切り詰めても、対の割合から次元が読め、最長の鎖が固有時になる』[論文1041]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22860945

— From thinking to syncing. —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)