物質の無い膨張宇宙は、平らな時空を固有時で切り直しただけのものである

— 切り口の空間は曲率 −1/(cτ)² の双曲面で、銀河の位置はそのままラピディティになる。赤方偏移は exp(χ)、光度距離は z+z²/2、ハッブル定数と宇宙の年齢の積はちょうど 1 — 分離子は、固有時で切るか、座標時間で切るか — [論文1039]

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

同じ一つの時空が、切り方を替えるだけで別の宇宙に見える。本稿は、平らなミンコフスキー時空を「原点からの固有時が等しい面」で切ると何が出るかを数える。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。平らな時空の切り口が、負の曲率の膨張宇宙になる——固有時が等しい面は双曲面で、その上の距離は共動座標 χ に等しい。円周は 2π×距離の 1.175201193644 倍（χ＝1）・1.813430203924 倍（χ＝2）、体積はユークリッドの球の 1.220145305885 倍・2.183429737231 倍である。円周の伸びから曲率を取り出すと χ を小さくするにつれ 1.000000050766 に収束し、曲率は −1/(cτ)² である（第3節）。 第二に、中心が無い——双曲面はローレンツ変換で動かないので、どの粒子を原点に持ってきても同じ絵になる（速さ 0.6 でブーストしてもずれは 10 の −15 乗）。平らな面 t＝一定ならブーストで動く（第2節）。 第三に、ハッブルの法則が厳密に出る——密度は 0 なのに、固有距離の変化率はどの粒子でも H×固有距離にぴったり等しく、H·τ はちょうど 1 である（塵の宇宙なら 0.666666666667）。遠くでは後退速度が光速を超える（χ＝1.5 で 1.500000000000）が、粒子そのものの速さは 0.905148253645 にしかならない（第4節）。 第四に、赤方偏移は、三つの顔を持つ同じ一つの数である——目盛りの比 τ0/τe であり、相対論のドップラー因子であり、exp(χ) でもある。β＝0.5 で三つとも 1.732050807569、β＝0.9 で 4.358898943541 である（第5節）。 第五に、光度距離は三つの道で一致する——膨張宇宙の式 (1+z)sinh χ、閉じた式 z+z²/2、そして特殊相対論の道（放った場所までの距離にドップラー因子の二乗を掛ける）が、β＝0.9 でいずれも 9.000000000000 を返した（第6節）。 第六に、粒子の地平線が無く、その空間は速度空間と同じ形である——共形時間は遡るほど増え続け、固有時 10 の −30 乗まで戻ると 69.077552789821 になる（塵の宇宙では 3.000000000000 で止まる）。τ＝1 の面の曲率 −1 は、論文60・66 の速度空間の曲率 −1/c² と同じ数であり、一直線上の速度の合成はこの面の上の平行移動になる（第7節・第8節）。 キーワード：ミルン宇宙、双曲幾何、共動座標、ラピディティ、赤方偏移、宇宙の地平線。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——ミルン宇宙が平らな時空の座標変換であること、その空間が負の曲率を持つこと、ハッブル定数と年齢の積が 1 になること、光度距離が z+z²/2 であること、速度空間が双曲的であることは、いずれも既知である（ミルン 1935、リンドラー 2006）。実在の宇宙を主張しない——密度 0 の模型であり、観測された膨張の歴史とは比べない。物質・放射・宇宙定数のどれも入れない。一般相対論の解を作らない——使うのは平らな時空の座標変換だけで、場の方程式は解かない。宇宙定数を扱わない——論文907・論文1001・論文1013 と同じ側に立つ。曲率の項をエネルギーとして読む話に入らない——それは論文907 がした仕事で、本稿は幾何の側だけを見る。値は例である——c＝1、β は 0.1 から 0.99 までの四つ、χ は 0.25 から 2 までの四つ、切る面は τ＝1 である。既刊との関係：論文907 の射程注記は、宇宙定数も空間の曲率の幾何も扱わず、曲率の項をエネルギーとして読むだけだと書いた——本稿はそのうち空間の曲率の幾何の席に座る。宇宙定数の席には論文1001 が座っており、幾何の席には先客がいない。論文60 は c が速度空間の球の半径であることを、論文66 は局所の c と座標の c が別根であることを示した——ここでは、その速度空間と同じ曲率の双曲面が、宇宙の空間として現れる。論文118 は、座標時間が定義域を持たないラベルであり、世界線の族に貼り付けて初めて時計になることを示した——ここでは、貼り付ける族を替えるだけで同じ時空が平らな空間にも膨張する空間にもなることを数える。論文1036 は、光の球をよその系の同時で切ると楕円になることを示した——あちらは光円錐を平らな面で切り、こちらは時空を双曲面で切る。どちらも「切り方が形を決める」型である。論文779 は、膨張宇宙で距離が四つあることを示した——ここで出す光度距離は、その四つのうち一つを密度 0 の場合について閉じた式にしたものである。論文1027 は、回る円板の空間の曲率 −3Ω²/c² と速度空間の −1/c² が引数の違う別物であることを示した——ここでは引数まで同じになる場合を書く。加えたのは、円周・面積・体積の三つで曲率を測ったこと、赤方偏移が exp(χ) でもあることを出したこと、光度距離を三つの独立な道で突き合わせたこと、共形時間を数えて地平線が無いことを塵の宇宙と比べたことである。

1. 記法と問い

設定：ミンコフスキー時空の原点から、あらゆる速さの粒子が一斉に飛び出す。$c = 1$ と置く。速さ β の粒子の固有時が τ になる事象は $t = \gamma\tau$、$x = \beta\gamma\tau$ であり、$t^2 - r^2 = \tau^2$ を満たす。この双曲面を「同時刻の空間」と読み、共動座標を $\chi = \operatorname{artanh}\beta$（ラピディティ）と置く。

問い：平らな時空を固有時で切ると、どんな空間が出るか。

2. 切り口は双曲面であり、中心が無い

計算 2.1：固有時 1 の四つの粒子について、位置と $t^2 - x^2$ を出した。

β	時刻 t	位置 x	χ	$t^2 - x^2 - 1$
0.10	1.005037815259	0.100503781526	0.100335347731	0
0.50	1.154700538379	0.577350269190	0.549306144334	2.220×10^{-16}
0.90	2.294157338706	2.064741604835	1.472219489583	-8.882×10^{-16}
0.99	7.088812050083	7.017923929583	2.646652412362	-7.105×10^{-15}

時刻は $\cosh\chi$ に、位置は $\sinh\chi$ に、どれも 10^{-12} 以内で等しい。

計算 2.2：速さ 0.6 でブーストしても、四つの粒子は同じ双曲面の上に残った（最大のずれ 5.329×10^{-15}）。比べ役として平らな面 $t = 1$ を取ると、ブーストで 0.1 を超えて動く。

> **観察 2.3**
>
> 中心が無い。どの粒子を原点に持ってきても同じ絵になる——双曲面がローレンツ変換で不変だからであり、この一点が「宇宙原理」に当たる。

3. その空間は、負の曲率を持つ

計算 3.1：$\tau = 1$ の面の上で、中心からの距離・円周・球面の面積・体積を出した。

χ	距離	円周 ÷ 2π距離	面積 ÷ 4π距離^2	体積 ÷ ユークリッド
0.25	0.250000000000	1.010449267233	1.021007721651	1.012574663700
0.50	0.500000000000	1.042190610987	1.086161269630	1.051207161863
1.00	1.000000000000	1.175201193644	1.381097845542	1.220145305885
2.00	2.000000000000	1.813430203924	3.288529104502	2.183429737231

距離はミンコフスキーの計量で双曲面に沿って積んだもので、χ と 10^{-5} 以内で一致した。

計算 3.2：円周の伸びから曲率を取り出す。$(\text{円周} \div 2\pi\text{距離} - 1) \times 6 \div \chi^2$ は、$\chi = 0.1$ で 1.000500119064、0.01 で 1.000005000020、0.001 で 1.000000050766 であった。比べ役として正の曲率（sin で作った球面）を入れると、同じ量は負になる。

> **観察 3.3**
>
> 曲率は $-1/(c\tau)^2$ である。$\tau = 1$ の面では -1、$\tau = 2$ では -0.250000000000、$\tau = 5$ では -0.040000000000 になる——時が経つほど平らに近づく。τ がスケール因子そのものだからである。

4. ハッブルの法則が厳密に出る

計算 4.1：$\tau = 1$、2、5 の面で、固有距離 $\tau\chi$ とその変化率を出した。どの粒子でも変化率は χ に等しく、$H = 1/\tau$ を掛けた H×固有距離と 10^{-12} 以内で一致した。$H\tau$ はどの面でも 1.000000000000 である（塵の宇宙なら 0.666666666667）。

> **観察 4.2**
>
> 密度が 0 でも膨張する。物質が一つも無いのに、固有距離はきれいに H に比例して伸びる——ここで膨張しているのは物質ではなく、粒子たちの散らばり方だからである。

> **観察 4.3**
>
> 後退速度は光速を超えるが、粒子は超えない。$\chi = 1.5$ の粒子の固有距離は 1.500000000000 で、その変化率も 1.500000000000 である——同じ粒子の速さ β は 0.905148253645 にしかならない。二つは別の量である。

5. 赤方偏移の三つの顔

計算 5.1：固有時 1 で光を出した粒子の光が、原点の観測者に届く時刻を出した。

β	届いた時刻	目盛りの比	ドップラー因子	$\exp(\chi)$
0.10	1.105541596785	1.105541596785	1.105541596785	同じ
0.50	1.732050807569	1.732050807569	1.732050807569	同じ
0.90	4.358898943541	4.358898943541	4.358898943541	同じ
0.99	14.106735979666	14.106735979666	14.106735979666	同じ

三つの量はどの β でも 10^{-12} 以内で一致した。

> **観察 5.2**
>
> 「膨張による赤方偏移」と「ドップラー効果」は、ここでは同じ一つの数である。どちらの言い方を取っても値は動かない——そして三つ目の顔 $\exp(\chi)$ は、共動座標が距離としても速さとしても読めることの現れである。

6. 光度距離は三つの道で一致する

計算 6.1：膨張宇宙の式 $(1+z)\sinh\chi$、閉じた式 $z+z^2/2$、特殊相対論の道（放った場所までの距離にドップラー因子の二乗を掛ける）を比べた。

β	z	膨張宇宙の式	閉じた式
0.10	0.105541596785	0.111111111111	0.111111111111
0.50	0.732050807569	1.000000000000	1.000000000000
0.90	3.358898943541	9.000000000000	9.000000000000
0.99	13.106735979666	99.000000000000	99.000000000000

特殊相対論の道も同じ値を返した（差は 10^{-9} 以下）。

> **観察 6.2**
>
> 同じ量を、宇宙論の語彙でも特殊相対論の語彙でも書ける。片方は積分と曲率、もう片方は速さと明るさの落ち方から出てくる——一致するのは、そもそも同じ平らな時空を二通りに読んでいるからである。

7. 粒子の地平線が無い

計算 7.1：共形時間 $\int d\tau/\tau = \ln\tau$ を遡ると、固有時 10^{-3} まで戻って 6.907755278982、10^{-10} まで戻って 23.025850929940、10^{-30} まで戻って 69.077552789821 になる。比べ役の塵の宇宙では、同じ量が 3.000000000000 で止まる。

> **観察 7.2**
>
> どこまでも見える。共形時間が対数で発散するので、遡るほど光が届く範囲は広がり続ける——塵の宇宙で有限に止まるのと対照的である。

8. 速度空間と同じ双曲面である

計算 8.1：$\tau = 1$ の面の曲率は -1 で、論文60・論文66 の速度空間の曲率 $-1/c^2$ と、$c = 1$ では同じ数である。四つの β について、速度空間の距離（ラピディティ）と $\tau = 1$ の面での固有距離は 10^{-15} 以内で同じであった。一直線上で $\beta = 0.6$ と 0.8 を合わせると 0.945945945946 になり、そのラピディティは 0.693147180560 と 1.098612288668 の和 1.791759469228 に等しい。

> **観察 8.2**
>
> 銀河の位置が、そのまま速度である。共動座標 χ はラピディティそのものなので、この宇宙の地図は速度空間の地図と一枚の同じものになる——論文1027 は回る円板の曲率と速度空間の曲率が引数の違う別物であることを示したが、ここでは引数まで同じである。

9. 分離子と、言っていないこと

> **観察 9.1**
>
> 分離子は、固有時で切るか、座標時間で切るかである。座標時間 t で切れば、平らで無限で、密度が 0 で、膨張しない空間が出る——固有時 τ で切れば、負の曲率を持ち、一点から始まり、ハッブルの法則に従う空間が出る。時空は一つである。論文118 の語でいえば、どちらの顔になるかはラベルの選び方が決める。

> **観察 9.2**
>
> 言っていないこと。実在の宇宙を主張しない——密度 0 の模型であり、観測とは比べない。一般相対論の解も作らない——使ったのは平らな時空の座標変換だけである。宇宙定数にも触れない——論文907・論文1001・論文1013 と同じ側に立つ。

10. 点呼と結び

1. 円周の比 **1.175201193644**・体積の比 **1.220145305885**（計算 3.1）：負の曲率。
2. 曲率 **1.000000050766** に収束（計算 3.2）：$-1/(c\tau)^2$。
3. ブーストで不変（計算 2.2）：中心が無い。
4. $H\tau = 1$（塵なら **0.666666666667**）（計算 4.1）：ハッブルの法則。
5. 後退速度 **1.500000000000**・粒子の速さ **0.905148253645**（観察 4.3）：別の量。
6. **1.732050807569**＝目盛りの比＝ドップラー因子＝$\exp(\chi)$（計算 5.1）：三つの顔。
7. 光度距離 **9.000000000000**（三つの道）（計算 6.1）：$z + z^2/2$。
8. 共形時間 **69.077552789821**（塵なら **3.000000000000**）（計算 7.1）：地平線が無い。
9. 固有時か座標時間か（観察 9.1）：分離子。論文**60**・**66**・**118**・**779**・**907**・**1027**・**1036**。

結び：物質の無い膨張宇宙は、平らな時空を固有時で切り直しただけのものである。切り口の双曲面はローレンツ変換で動かず（中心が無く）、その上の距離は共動座標に等しい。円周は **2π**×距離の **1.175201193644** 倍（$\chi = 1$）、体積はユークリッドの球の **1.220145305885** 倍で、円周の伸びから取り出した曲率は **1.000000050766** に収束する。ハッブル定数と年齢の積はちょうど **1** で、赤方偏移は目盛りの比・ドップラー因子・**exp(χ)** の三つの顔を持ち、光度距離は三つの道で **9.000000000000** に一致した——共形時間は遡るほど増え続けるので、粒子の地平線が無い。分離子は、固有時で切るか、座標時間で切るかである。既刊の中に置けば——論文**907** の射程注記は空間の曲率の幾何を外した。本稿はその席に座る。論文**60**・**66** が速度空間の曲率として出した **−1/c²** が、ここでは宇宙の空間の曲率として現れ、銀河の位置はそのままラピディティになる。正直に書けば——新しい式は一つも無い。新しいのは、同じ数を三つの道で突き合わせ、切り方だけが顔を決めていることを一編にまとめたことである。

参考文献

1. Milne, E. A. (1935). *Relativity, Gravitation and World-Structure*. Clarendon Press.
2. Rindler, W. (2006). *Relativity: Special, General, and Cosmological*. Oxford University Press.
3. 山岸勇輝 (2026).『速度空間の球としての c』[論文60]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21598012
4. 山岸勇輝 (2026).『速度空間の曲率と重力赤方偏移』[論文66]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21616607
5. 山岸勇輝 (2026).『二つの時計と、一枚の目盛り』[論文118]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22036237
6. 山岸勇輝 (2026).『「距離＝速さ×時間」は、光が旅するあいだに空間が伸びない近さでだけ成り立つ』[論文779]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22805254
7. 山岸勇輝 (2026).『宇宙の膨張の式は塵ならニュートンの殻で厳密に出て、光なら減速が二倍外れる』[論文907]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22804787

8. 山岸勇輝 (2026). 『塵の静止宇宙の半径は、揺らぎが e 倍に育つあいだに光が進む距離に等しい』[論文1001]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22823496

9. 山岸勇輝 (2026). 『減速が加速に転じる赤方偏移は、物質と宇宙項の密度が等しくなる赤方偏移より先に来る』[論文1013]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22824105

10. 山岸勇輝 (2026). 『回る円板の空間の曲率は $-3\Omega^2/c^2$ で、速度空間の $-1/c^2$ とは引数が違う』[論文1027]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22860239

11. 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

— 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)