

道具の空間にも計量がある

— 軌道は長さを持ち、しかし固有時を持たない： $\text{Met}(M)$ 上の二つの幾何 — [論文121]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan | 山岸勇輝ラボ

2026年8月

— *From thinking to syncing.* —

要旨

論文119は「時間」の第四の型を同定し、その表に一つ欄を空けたままにした—— $d\tau$ は曲線の汎関数だが、リッチ・フローの軌道に対応する量は書かれなかった。119の理由づけはこうである：測る道具そのものが変形しているのだから、道具で測った長さではありえない。本稿は、この理由づけが正しく、しかし結論としては早すぎたことを示す。道具で測った長さでないのは正しい。だが道具たちの空間そのものが計量を担っており、そこでの長さは定義されている。第一に、住人がいる。クラークは計量の空間 $\text{Met}(M)$ 上の L^2 計量に対し距離関数の明示式を与え、その完備化が $\text{CAT}(0)$ (非正曲率・任意の二点に一意の最短路) であることを示した。軌道には長さがある。第二に、本稿はその長さを模型で閉形式まで計算した——縮む丸い n 次元球面のリッチ・フローに対し $L = 4r_0^{n/2} \sqrt{V_n/n}$ ($V_n = \text{Vol}(S^n)$)。 $n = 2, r_0 = 1$ で $L = 4\sqrt{2\pi} = 10.0265$ 。二重指数型求積で $n = 2, 3, 4, 5, 10, r_0 = 0.5, 1, 2$ の15通りを検算 (相対誤差 $\leq 9 \times 10^{-9}$ 、 $n \geq 3$ では $\leq 1 \times 10^{-12}$)。注目すべきは走り方である：消滅時刻に向かって速さ $\|\partial_t g\|$ は発散する ($t^* - t = 10^{-8}$ で 7.09×10^4) のに、走った距離は有限で終わる。第三に、しかし住人は一人ではなく、型が違う。同じ $\text{Met}(M)$ は符号を持つ幾何も担う——ドウィット超計量である。本稿は一径数族 $G_\lambda(h, k) = \text{tr}(hk) - \lambda \text{tr} h \text{tr} k$ を分解して $G_\lambda(h, h) = \text{tr}(h^2) + \tau^2(1/n - \lambda)$ を得 (乱数2000点で 5.3×10^{-15} 以内に検証)、符号が変わるのはちょうど $\lambda = 1/n$ であることを示す。 $n = 3$ で数値的に： $\lambda = 0$ は $(0, 0, 6)$ 、 $\lambda = 1/3$ は $(0, 1, 5)$ 、一般相対論の $\lambda = 1$ は $(1, 0, 5)$ ——すなわち $(-, +, +, +, +, +)$ 。時間的方向の固有ベクトルは純トレース (無トレース部のノルムが厳密に0)——共形 (スケール) 方向である。第四に、そして本稿の芯となる仕分け： $d\tau$ を $d\tau$ たらしめているのは長さがあることではなく符号があること (ヌル方向・因果構造) である。ゆえに $d\tau$ の真の類似はドウィット側であり、クラーク側は空間的距離の類似である。第五に、それゆえの結論：リッチ・フローの軌道は長さを持つが、固有時を持たない。ペレルマンの勾配流構造が要求するのは正定値な $\lambda = 0$ の計量だからである。符号を持つ幾何は同じ空間の上の別の問題 (正準量子重力) に属する。第六に、独立な裏づけ：リッチ・フローは $\text{Met}(M)$ 上で素朴には勾配流でない——微分同相の作用ぶんどけずれ、商 $\text{Met}(M)/\text{Diff}(M)$ の上で初めて μ 汎関数の勾配流になる。幾何的に不変なのは軌道であって目盛りではないという119の主張に、ペレルマンの構成そのものが裏書きを与えている。第七に、語の点呼：「 L^2 計量」という語自体が別根を持つ——ミショール=マムフォードにより、形状空間と微分同相群では同名の計量の測地距離が恒等的に消える。同じ語が、一方の舞台では $\text{CAT}(0)$ の真の距離を与え、他方では距離を消す。射程：確立された標準的事実の構造的解釈と、自分の表の欄埋め (第2層)。新しい定理は証明しない。ポアンカレ予想・幾何化予想に触れず、量子重力の解釈問題に立ち入らず、ドウィットの時間的方向を「宇宙の時間」と呼ばない。

本稿の位置づけ（規律）：本稿が用いる素材はすべて既知の標準結果である——クラークによる $\text{Met}(M)$ の L^2 距離と $\text{CAT}(0)$ 完備化、ミショール＝マムフォードの測地距離消失、ドウィット超計量とその符号（1967）、ペレルマンの勾配流構造とその微分同相による留保、ハミルトンの球面解。新しい定理は一つも証明しない。本稿の寄与は欄埋めと仕分けである——(i) 119 の空欄に住人がいることを示し、(ii) その長さを模型で閉形式まで計算し、(iii) 住人が二人いて型が違うことを一径数族の符号の変わり目 $\lambda = 1/n$ として書き分け、(iv) $d\tau$ の類似はどちらかを判定し、(v) それでもリッチ・フローには固有時が無いことの理由を述べる。最重要の禁欲：ドウィットの時間的方向を物理的時間と同一視しない——それは形式的な符号であって、量子重力における「時間の問題」は未解決である。クラークの長さを固有時と呼ばない（符号が無い）。二つの計量を一つに統合しない（ $\lambda = 1/n$ が分ける）。 $\mathcal{W}$ を熱力学的エントロピーと同一視しない（88・103・119）。ポアンカレ予想・幾何化予想に触れない。第3層のレンズは非科学の札つきで隔離する。

1. 序：119 は正しく止まり、そして一步手前で止まった

論文119 は「時間」の第四の型を同定した。リッチ・フローとくりこみ群フローの径数は、 dt でも $d\tau$ でも dS でもない——次元が L^2 であり、住んでいるのが多様体の中ではなく計量の空間 $\text{Met}(M)$ の中の道だからである。

そして119 は、こう書いて止まった：

測る道具そのものが変形しているのだから、道具で測った長さではありえない。

この一文は正しい。多様体 M の中の長さではない、という部分は完全に正しい。

だが、結論としては早すぎた。この一文が排除したのは M の中の長さだけである。それは $\text{Met}(M)$ の中の長さを排除していない。道具たちが並んでいる空間そのものが計量を持つかどうかを、119 は確認していなかった。

本稿は確認する。持っている。しかも二通りに持っている。

2. 空欄の正確な位置

論文118 は「時間」という一語が三つの論理型を覆うことを示した：座標 dt 、曲線の汎関数 $d\tau$ 、測度の汎関数 dS 。論文119 はそこに第四の型を加え、次の表を書いた。

	ラベル（付け替え可能）	向きを持つ単調量
時空・位相空間	dt	dS
$\mathbf{Met}(M)$ ・理論空間	$t, \log \mu$	$\mathcal{W}, c$

欄が一つ足りない。上の行には三人目がいる—— $d\tau$ である。 dt でも dS でもなく、曲線そのものに付随する量。世界線を一本与えれば数が一つ返る。

下の行の三人目は、書かれなかった。リッチ・フローの軌道を一本与えたとき、数が一つ返るか。それが本稿の問いである。

観察 2.1 (問いの正確な形)

119 の空欄は「リッチ・フローの矢はどちらを向くか」ではない（それは単調量 $\mathcal{W}$ が答えている）。空欄の問いは、軌道という一本の道に、径数の取り方によらない量が付随するかである。 $d\tau$ が世界線に対して果たす役割を、 $\mathbf{Met}(M)$ の中の道に対して果たすものがあるか。

3. 第一の住人：正定値な L^2 計量

$\mathbf{Met}(M)$ の接空間は、対称2階テンソル場 h の空間である。計量 g の点で自然な内積が一つある：

$$\langle h, k \rangle_g = \int_M g^{ik} g^{jl} h_{ij} k_{kl} dV_g.$$

これは正定値である。ゆえに $\mathbf{Met}(M)$ は（無限次元の）リーマン多様体になり、道には長さが、二点には距離が定義される。

確立された事実 3.1 (クラーク)

$\mathbf{Met}(M)$ 上の L^2 計量に対し、距離関数の明示式が存在する。この距離空間の完備化は $\mathbf{CAT}(0)$ （非正曲率）であり、任意の二点の間に一意の最短路が存在する。

したがって119 の空欄には住人がいる。リッチ・フローの軌道は $\mathbf{Met}(M)$ の中の道であり、道には長さがある。

4. 本稿の計算：縮む球面の軌道は、どれだけ走ったか

住人がいると言うだけでは足りない。数を出す。論文119 が解いた球面解をそのまま使う。

丸い n 次元球面の族 $g(t) = r^2(t) g_S$ (g_S は単位球面の計量) に対し、リッチ・フロー $\partial_t g = -2\text{Ric}$ は

$$r^2(t) = r_0^2 - 2(n-1)t, \quad t^* = \frac{r_0^2}{2(n-1)}.$$

$\text{Ric}(r^2 g_S) = (n-1)g_S$ ゆえ $\partial_t g = -2(n-1)g_S = c g$, $c = -2(n-1)/r^2$ 。よって速さは

$$\|\partial_t g\|_{L^2(g)}^2 = c^2 n r^n V_n, \quad V_n := \text{Vol}(S^n).$$

$dt = -r dr / (n-1)$ で変数変換すると $t: 0 \rightarrow t^*$ が $r: r_0 \rightarrow 0$ に写り、

定理 4.1 (縮む球面の軌道長)

$$L = \int_0^{t^*} \|\partial_t g\|_{L^2(g)} dt = 2\sqrt{n V_n} \int_0^{r_0} r^{\frac{n-2}{2}} dr = \boxed{4 r_0^{n/2} \sqrt{V_n/n}}$$

であり、すべての $n \geq 2$ に対して有限である。

数値検算：端点で被積分関数が発散するため、特異性の位置を知らずに済む二重指数型 ($\tanh$ -- $\sinh$) 求積で独立に計算した。 $n = 2, 3, 4, 5, 10$ と $r_0 = 0.5, 1, 2$ の15通りすべてで閉形式と一致した——相対誤差は $n = 2$ (特異性が最も強い) で 9.2×10^{-9} 、 $n \geq 3$ では 1×10^{-12} 以下。

模型の値： $n = 2$, $r_0 = 1$ のとき $t^* = 1/2$ 、 $V_2 = 4\pi$ 、

$$L = 4\sqrt{2\pi} = 10.0265130985.$$

観察 4.1 (本稿がいちばん面白いと思うこと：無限の速さで、有限の距離を)

消滅時刻に近づくとき、速さは発散する。 $n = 2, r_0 = 1$ で数値：

t	r	$\ \partial_t g\ $
0	1	10.03
0.49	0.1414	70.90
0.4999	0.01414	709.0
0.49999999	1.414×10^{-4}	7.090×10^4

それでも走った距離は 10.0265 で終わる。すなわち特異点は有限の距離のところにある。クラークの完備化は完備なのだから、フローは完備化の中の一点に収束して終わる——道が途中で切れるのではなく、有限の長さの道が、完備化の中の行き先を持つ。禁欲：本稿が計算したのは丸い球面というモデル一つである。一般の特異点（ネックピンチ等）で軌道長が有限かは本稿では扱わない。関連する研究は存在するが、本稿はその一般命題を主張しない。

5. ただし「 L^2 計量」という語も、別根を持つ

ここで体系の作法どおり、語の点呼をしておく。「 L^2 計量」は一語だが、舞台が変わると振る舞いが変わる。

確立された事実 5.1 (ミショール＝マムフォード 2005)

形状空間（はめ込みを微分同相で割った空間）および右不変 L^2 計量を入れた微分同相群において、測地距離は恒等的にゼロである。任意の二点が、いくらでも短い道で結ばれてしまう。

同じ「 L^2 計量」という語が、 $\text{Met}(M)$ では $\text{CAT}(0)$ の真の距離を与え、形状空間では距離を消す。

これは論文100・116・117 が繰り返してきた形そのものである——一語、別根。したがって「軌道に長さがある」は、 L^2 という語から自動的に出る結論ではない。舞台を $\text{Met}(M)$ に固定して初めて言えることであり、一歩でも舞台をずらせば偽になる。

6. 第二の住人：同じ空間が、符号を持つ幾何も担う

$\text{Met}(M)$ 上の自然な計量は、実は一つではない。対称テンソルの内積には、トレース同士を組む項を足す自由がある：

$$G_\lambda(h, k) = \text{tr}(hk) - \lambda \text{tr}(h) \text{tr}(k)$$

(点ごとの表示。添字で書けば $G_\lambda^{ijkl} = \frac{1}{2}(h^{ik}h^{jl} + h^{il}h^{jk} - 2\lambda h^{ij}h^{kl})$ 。)

- $\lambda = 0$ ：前節のクラークの L^2 計量。
- $\lambda = 1$ ：ドウィット超計量。正準重力の運動項に現れる、一般相対論が指定する計量である。

この二つは、同じ空間の上の異なる幾何である。そして決定的なことに、符号が違う。

7. 本稿の計算：符号が変わるのはちょうど $\lambda = 1/n$

h をトレース部と無トレース部に分ける： $h = \frac{\tau}{n}\delta + h_0$ 、 $\tau = \text{tr } h$ 、 $\text{tr } h_0 = 0$ 。すると $\text{tr}(h^2) = \tau^2/n + \text{tr}(h_0^2)$ であるから

定理 7.1 (符号の分解)

$$G_\lambda(h, h) = \text{tr}(h_0^2) + \tau^2 \left(\frac{1}{n} - \lambda \right).$$

$\text{tr}(h_0^2) > 0$ ($h_0 \neq 0$) であるから、符号を決めるのはトレース方向の係数 $1/n - \lambda$ だけである：

- $\lambda < 1/n$ ：正定値（リーマン的）
- $\lambda = 1/n$ ：退化（トレース方向がヌル）
- $\lambda > 1/n$ ：ローレンツ的——時間的方向がちょうど一つ

数値検算 ($n = 3$ 、 $\text{Sym}(3)$ は6次元)：グラム行列の固有値を直接計算した。

λ	固有値	符号数 (負,零,正)
0 (クラーク)	1, 1, 1, 1, 1, 1	(0, 0, 6)
0.2	0.4, 1, 1, 1, 1, 1	(0, 0, 6)
1/3 (臨界)	1.4×10^{-16} , 1, 1, 1, 1, 1	(0, 1, 5)
0.5	-0.5, 1, 1, 1, 1, 1	(1, 0, 5)
1 (一般相対論)	-2, 1, 1, 1, 1, 1	(1, 0, 5)

分解の恒等式は乱数の対称行列2000点で検証し、 $\lambda = 0, 1/3, 1$ のいずれでも最大誤差 5.3×10^{-15} 。

観察 7.1 (時間的方向の正体)

$\lambda = 1$ で負固有値 -2 に属する固有ベクトルを取り出すと、純トレースであった——無トレース部のノルムが厳密に 0 。すなわち時間的方向は共形 (スケール) 方向であり、空間的な5方向はずり変形である。 $n = 3$ で $6 = 1 + 5$ 。そして一般相対論は $\lambda = 1 > 1/3$ に座っている——臨界値の向こう側である。偶然そうになっているのではなく、アインシュタイン=ヒルベルト作用がそう指定する。

8. 仕分け： $d\tau$ の類似は、どちらか

住人が二人いると分かった。では119 の空欄に入るのはどちらか。ここで、 $d\tau$ を $d\tau$ たらしめているものは何かを正確に問う必要がある。

観察 8.1 ($d\tau$ の本質は長さではなく符号である)

固有時が座標時間と違うのは、それが「長さ」だからではない。空間の中の距離も長さである。固有時が特別なのは、それが符号を持つ計量の弧長であること——ゆえにヌル方向が存在し (光は $d\tau = 0$)、因果構造が生まれ、時間的方向と空間的方向が区別される。論文111 が扱ったのはまさにこの構造であり、論文82 の第3版が「 $d\tau$ で数えると光は一本も積まない」と書いたのもこの性質である。

	$\lambda = 0$ (クラーク)	$\lambda = 1$ (ドウィット)
符号	正定値	$(-, +, +, +, +, +)$
ヌル方向	無い	ある
因果構造	無い	形式的にはある
弧長が対応するもの	空間的距離	固有時
CAT(0)	そう (クラーク)	該当しない (符号が違う)

したがって：119 の空欄は、一つではなく二つに割れる。クラーク側の住人は $d\tau$ の類似ではなく、空間的距離の類似である。 $d\tau$ の真の類似は、ドウィット側にしかない。

9. それゆえの結論：軌道は長さを持ち、固有時を持たない

ここまでで欄は埋まった。だがリッチ・フローについて言えることは、まだ確定していない。どちらの計量で測るかは、選べないからである。

観察 9.1 (どちらの計量かは物理が決める)

リッチ・フローが勾配流であるという構造は、正定値な $\lambda = 0$ の計量に対して述べられる。ペレルマンの $\mathcal{F} \cdot \mathcal{W}$ 汎関数の勾配流構造は、この内積の下での勾配である。一方ドウィットの $\lambda = 1$ は、正準量子重力（ホイーラー＝ドウィット方程式）が指定する計量である。したがって：リッチ・フローの軌道は長さを持つ（ $\lambda = 0$ 、有限、 $4\sqrt{2\pi}$ ）。しかし固有時を持たない（ $\lambda = 0$ には符号が無い）。符号を持つ幾何は、同じ空間の上の別の問題に属している。

観察 9.2 (これは119 への訂正ではなく、欄埋めである)

119 の結論——第四の型は $dt \cdot d\tau \cdot dS$ のいずれでもない——はそのまま生きている。本稿が加えたのは理由の差し替えである。119 は「長さが無いから $d\tau$ でない」と読める書き方をしていた。正しくは「長さはある。だが符号が無いから $d\tau$ でない」である。結論は同じで、根が違う。体系が繰り返し警戒してきた形（論文86・100）が、自分の論文の中に出た。

10. 独立な裏づけ：ペレルマンの留保

119 は「径数は付け替え可能なラベルであり、向きを持つのは単調量である」と主張した。本稿の調査は、この主張に独立な裏づけを見つけた。

確立された事実 10.1 (勾配流であるための留保)

リッチ・フローは $\text{Met}(M)$ 上で素朴には勾配流ではない。 $\mathcal{F}$ 汎関数の勾配とは微分同相の無限小作用ぶ
んだけずれる。微分同相不変性で割った商 $\text{Met}(M)/\text{Diff}(M)$ の上で、初めて（正規化された）リッチ・
フローが μ 汎関数の勾配流になる。

構成そのものが、余計な自由度を割ってからでないと成立しないと言っている。幾何的に意味があるのは軌道
であって、その上の目盛りではない——119 が型の議論から述べたことを、ペレルマンの構成が別経路から言っ
ている。

観察 10.1 (本稿の長さについての系)

同じ留保は本稿の計算にも及ぶ。 $L = 4\sqrt{2\pi}$ は $\text{Met}(M)$ の中の長さであって、商の中の長さではない。
丸い球面の族は微分同相の方向に動かないため両者は一致するが、一般の軌道では区別が要る。本稿は
その一般論を扱わない。

11. 体系内部の韻と、そのブレーキ

最後に、体系の中に一つ韻が見える。韻であって、証明ではない。

論文111 は、光が時空の幾何をどこまで決めるかを扱い、共形構造まで（4次元で10成分中9）と答えた。決まら
ずに残るのは、全体のスケールである。

本稿の第7節は、超空間で時間的方向がちょうど共形（スケール）方向であることを計算した。

光が決められない唯一の成分が、超空間では時間の役を担っている。

観察 11.1 (ブレーキ)

これを繋いではならない。理由を三つ書く。(i) 舞台が違う——111 は4次元時空、本稿は3次元スライス上の対称テンソルの6次元空間である。成分の勘定 ($10 = 9 + 1$ と $6 = 5 + 1$) は別の勘定である。(ii) 役が違う——一方は「光が決定しない」、他方は「超計量の符号が負」であり、共通の機構は示されていない。(iii) 体系自身の規律——論文100 は「共鳴は署名であって証明ではない」と書き、論文101 はエディントンの例でこの誘惑の危険を記録した。したがって本稿が記録するのは次の一行だけである：計量の全体スケールという同じ成分が、二つの別の文脈で特別な役を負っている。両者の関係は、確立されていない。これは今後の課題ですらなく、いまは観察である。

12. 結び

論文119 は、道具が動いているのだから道具で測った長さではありえない、と書いて止まった。正しかった。

だが、道具たちの並ぶ空間にも、計量はあったのである。しかも二つ。片方は正定値で、**CAT(0)** の距離を与え、縮む球面は無限の速さで走りながら、有限の距離—— $4\sqrt{2\pi}$ ——で消える。もう片方は符号を持ち、その時間的方向は共形方向である。

そして $d\tau$ の類似は、後者にしかいなかった。ゆえにリッチ・フローの軌道は長さを持ち、固有時を持たない。

欄を埋めてみたら、欄が二つに割れた。

そして体系が「時間」を四つに分けたときと、同じことが起きた。

示さないこと (禁欲)：ドウィットの時間的方向を物理的時間・宇宙の時間と同一視しない (量子重力の「時間の問題」は未解決である) / クラークの長さを固有時と呼ばない (符号が無い) / 二つの計量を一つに統合しない ($\lambda = 1/n$ が分ける) / 一般の特異点で軌道長が有限だと主張しない (本稿が計算したのは丸い球面の模型一つ) / $\text{Met}(M)$ の長さと商 $\text{Met}(M)/\text{Diff}(M)$ の長さを混同しない / $\mathcal{W}$ を熱力学的エントロピーと同一視しない (88・103・119) / 論文111 のスケール成分と超計量の時間的方向を繋がない (韻であって証明ではない・100・101) / ポアンカレ予想・幾何化予想に触れない / 新しい定理も予言もない (第2層)。

参考文献

1. Clarke, B. (2013). *The Metric Geometry of the Manifold of Riemannian Metrics over a Closed Manifold*. Calculus of Variations and PDE. (L^2 距離の明示式)
2. Clarke, B. (2011). *Geodesics, Distance, and the CAT(0) Property for the Manifold of Riemannian Metrics*. arXiv:1011.1521.

3. Michor, P. W. & Mumford, D. (2005). *Vanishing Geodesic Distance on Spaces of Submanifolds and Diffeomorphisms*. Documenta Mathematica.
4. Ebin, D. G. (1970). *The Manifold of Riemannian Metrics*. Proc. Symp. Pure Math., AMS.
5. DeWitt, B. S. (1967). *Quantum Theory of Gravity I: The Canonical Theory*. Physical Review. (超計量とその符号)
6. Arnowitt, R., Deser, S. & Misner, C. W. (1962). *The Dynamics of General Relativity*. In: Gravitation: An Introduction to Current Research.
7. Hamilton, R. S. (1982). *Three-Manifolds with Positive Ricci Curvature*. Journal of Differential Geometry.
8. Perelman, G. (2002). *The Entropy Formula for the Ricci Flow and its Geometric Applications*. arXiv:math/0211159.
9. Kleiner, B. & Lott, J. (2008). *Notes on Perelman's Papers*. Geometry & Topology. (勾配流構造と微分同相による留保)
10. Yamagishi, Y. (2026). *The Fourth Clock* [論文119]. Zenodo: 10.5281/zenodo.22036353.
11. Yamagishi, Y. (2026). *Two Clocks and One Scale* [論文118]. Zenodo: 10.5281/zenodo.22036237.
12. Yamagishi, Y. (2026). *Dimensional Analysis Breaks in Two Ways* [論文120]. Zenodo: 10.5281/zenodo.22036433.
13. Yamagishi, Y. (2026). *What Does the Exponent of $\mathbf{c}$ Count?* [論文116]. Zenodo: 10.5281/zenodo.22003794.
14. Yamagishi, Y. (2026). *Light and Conformal Structure* [論文111]. Zenodo: 10.5281/zenodo.21961685.
15. Yamagishi, Y. (2026). *Ricci Flow is RG Flow* [論文110]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21837476
16. Yamagishi, Y. (2026). *Ricci Flow* [論文103]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21836801
17. Yamagishi, Y. (2026). *Two Entropies* [論文88]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21747809
18. Yamagishi, Y. (2026). *Royal-Roads Census* [論文100]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21758864
19. Yamagishi, Y. (2026). *Roots of Necessity* [論文86]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21744839
20. Yamagishi, Y. (2026). *Eddington's Caution* [論文101]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21836382
21. Yamagishi, Y. (2026). *Time as a Renko Chart* [論文82]、第3版. Zenodo: 10.5281/zenodo.21735260.

— *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)