

正規化で消える因子と、ボルン則の指数 2

— 第3版：比喩に何ができて、何ができないか — [論文11]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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

2026年8月 (第3版)

— From thinking to syncing. —

要 旨

本稿は、量子測定について本体系が最初に書いた論文である。第3版は、そこで作った誤りを一般的な形の規律に鋳直し、そこで立てた問いが体系のどこに引き取られたかを地図として示す。第一に、正規化された確率に掛けられた「変数に依存しない因子」は、定義により観測から消える。任意の $c \neq 0$ について $cf/\int cf = f/\int f$ である（本稿で数値確認： $c = 4\pi, 16\pi^2, 10^9$ で確率密度は 10^{-16} の精度で一致）。しかも c は定数である必要すらなく、積分変数に依存しない任意の量でよい。したがって「機構」が全体因子としてしか式に入らないなら、それは原理的に検証不能である。これは本体系が新たに掲げる検査項目であり、初版の 4π パッチはこの検査に落ちる。第二に、「遅延評価」という比喩は、機械の移送テストに落ちる。計算機科学の遅延評価とは値は確定していて計算だけが先送りされている構造（サンク）であり、その芯にあるものこそコッヘン＝シュペッカーの定理が禁じるものである。本稿ではベレス＝マーミンの魔方陣を自前で計算し、行の積と列の積が $+1$ と -1 に分かれることを確認した — 非文脈的な値の割り当ては状態によらず不可能である。比喩は絵として渡るが、機械は渡らない（論文100）。第三に、修正した比喩は何も計算しない。文脈依存のサンクという読み替えは量子力学と整合するが、整合することと予言することは別である。本稿はこの比喩を定理の記憶術として残し、模型としては主張しない。第四に、無信号定理は制約であって選択肢ではない。ベル状態でボブが $\sigma_z, \sigma_x, \sigma_y$ のどれを測っても、アリスの縮約密度行列は $I/2$ のまま動かない（数値確認：差のノルム $\leq 3.1 \times 10^{-16}$ ）。また CHSH は $|S| = 2.8284271247 = 2\sqrt{2}$ ちょうど、ツイレルソン限界に一致する — ベル不等式の破れは模型の長所ではなく要件である。第五に、ボルン則の指数 2 を強制するものには、少なくとも三つの住所がある。論文71（グリーンソンの定理：次元3以上で確率測度は $\text{tr}(\rho P)$ に限られる — 要請ではなく定理）、論文53（ユニタリ性： ℓ^p の等長写像は $p \neq 2$ では位相と置換に限られる — バナッハ＝ランペルティ）、論文68（ホップ写像の 2：同根か韻か、未決）。本稿はどれが根であるかを決めない。射程：確立した量子力学の枠内での構造的整理（第2層）。量子測定問題は未解決である。本稿はボルン則の導出も、波束収縮の機構の解明も、測定問題の解決も主張しない。

本稿の位置づけ（規律）：本稿は既存の物理法則・数学的定理に対する構造的解釈を提示するものであり、新たな物理法則の発見や未解決問題の証明を主張しない。示される関係はいずれも既知の式からの変形であり、その構造的な読み替えを提案することを目的とする。既存理論と矛盾する主張は含まない。同じ数値が複数の文脈に現れることを、同一の起源の証拠として扱わない（論文48・86・100・115。本稿では第6節で指数 2 について明示的にこれを述べる）。量子測定問題は未解決であり、本稿がその状況を変えるものではない。

1. 序論：この論文が問うたこと

本稿の初版が立てた問いは一つだった — 観測されていないとき、系は何を保持しているのか。

初版はこれに「宇宙OSが遅延評価している」と答え、さらにボルン則を「導出した」と述べ、測定問題に「完全な解決を与えた」と書いた。いずれも成立していない。

第3版の仕事は、失敗を二つの資産に変えることである。
一つは一般的な形に鋳直した規律。もう一つは、問いが体系のどこへ引き取られたかの地図。

2. 正規化で消える因子は、定義により観測できない

初版は次の式でボルン則を「導出」した。

$$P(\mathbf{x}) = \frac{|\psi(\mathbf{x})|^2 \cdot \text{Vol}(S^2)}{\int |\psi(\mathbf{x})|^2 \cdot \text{Vol}(S^2) d^3\mathbf{x}} = |\psi(\mathbf{x})|^2 \quad (\text{初版} \cdot \text{撤回})$$

第2版はこれを「 4π は約分されるので寄与しない」と指摘して撤回した。第3版はこれを、一般に使える検査項目の形に書き直す。

定理 2.1（正規化不変性 — 全体因子は観測から消える）

$f(\mathbf{x}) \geq 0$ を可積分・非自明とし、 c を積分変数 $\mathbf{x}$ に依存しない任意の非零量とする。このとき

$$\frac{c f(\mathbf{x})}{\int c f(\mathbf{x}) d\mathbf{x}} = \frac{f(\mathbf{x})}{\int f(\mathbf{x}) d\mathbf{x}}$$

が恒等的に成立する。すなわち c は正規化された確率に一切現れない。

証明： c は積分の外に出るので分子と分母で相殺する。 c が定数である必要はなく、 $\mathbf{x}$ に依存しなければ他の任意のパラメータの関数でよい。■

数値確認（ $f = e^{-x^2}$ 、 $x \in [-4, 4]$ を 200001 点で台形積分、本稿で計算）：

掛けた因子 c	$\max_x P_c(x) - P_1(x) $
$4\pi = 12.566$	3.3×10^{-16}
$16\pi^2 = 157.91$	1.1×10^{-16}
10^9	1.1×10^{-16}

10^9 倍しても確率密度は機械精度の範囲で同じである。

系 2.2（検査項目：機構が全体因子としてしか入らないなら、検証不能である）

提案された「機構」が、正規化された確率に全体因子としてのみ現れるなら、その機構は原理的に観測から区別できない。これは「実験がまだない」という意味ではなく、定義により消えているという意味である。

初版の 4π パッチはこの検査に落ちる。また、初版が右辺に到達するために左辺の分子に $|\psi|^2$ を置いていたことは、導くべきものを仮定する操作であった — 二つは別の誤りであり、後者は前者を直しても残る。

同型の誤りは論文09初版の $16\pi^2/(4\pi)^2 = 1$ にもあった（同時に撤回済み）。定数を自身で割る操作、および分子分母に同じ量を掛ける操作は、いかなる機構も構成しない。

この検査項目は本稿の外でも使える。論文35は $4\pi G$ の中の 4π を事実（ガウスの流束）と規約（単位の取り方）に仕分けたが、本節が加えるのは第三の区分——そもそも式に残らない量である。事実でも規約でもなく、消える。

3. 比喩は機械の移送テストに落ちる

初版は未観測状態を遅延評価（**lazy evaluation**）と呼んだ。第2版はこれを「隠れた変数を示唆する」として修正した。第3版は、なぜ落ちるのかを機械の移送テスト（論文100）の形で述べる。

観察 3.1（比喩の芯こそが、定理の禁じるものである）

計算機科学における遅延評価とは、値は確定しているが計算が先送りされている構造（サンク）である。サンクは決まった計算を包んでおり、いつ評価しても同じ値を返す。

この「決まっているが未評価」こそが、比喩の芯である。そしてそれはコッヘン＝シュペッカーの定理（1967）が禁じるものにほかならない——次元3以上のヒルベルト空間において、測定の間脈によらない値の割り当ては存在しない。

したがって落ちているのは比喩の周辺部ではなく、動力部である。論文100の語彙でいえば絵は渡るが機械は渡らない——表示的意味論からは、量子力学のいかなる予言も計算されない。

確立された事実 3.2 (ペレス＝マーミンの魔方陣 — 状態によらない反例)

2 量子ビット系の 9 個の観測量を

$$\begin{array}{ccc} \sigma_x \otimes I & I \otimes \sigma_x & \sigma_x \otimes \sigma_x \\ I \otimes \sigma_y & \sigma_y \otimes I & \sigma_y \otimes \sigma_y \\ \sigma_x \otimes \sigma_y & \sigma_y \otimes \sigma_x & \sigma_z \otimes \sigma_z \end{array}$$

と並べる。各観測量の固有値は ± 1 であり、各行の3つ・各列の3つは互いに可換（本稿で数値確認）ゆえ同時測定できる。ところがそれぞれの積は

	第1	第2	第3
行の積	$+I$	$+I$	$+I$
列の積	$+I$	$+I$	$-I$

となる（本稿で計算）。非文脈的に ± 1 を割り当てられるなら、9 個の値の総積は行から見ても列から見ても同じはずだが、 $+1$ と -1 になる。矛盾である。

この反例は状態に依存しない。どの量子状態を用意しようと成り立たない — 「たまたま準備が悪い」では済まない。

4. 修正した比喻：文脈依存のサンク — ただし何も計算しない

観察 4.1 (修正の内容)

比喻を残すなら、そのサンクは文脈依存でなければならない — 評価結果は「何と一緒に、どの順で問うたか」に依存し、問いに先立って確定値があるのではない。計算機科学の側にも対応物はある（環境を伴うクロージャ、呼び出し文脈で結果が変わる遅延計算）。

数値確認 — 順序で結果が変わる最小の例（本稿で計算）。初期状態を $|0\rangle$ (σ_z の $+1$ 固有状態) とする：

手順	σ_z の分布
σ_z だけ測る	+1 が確率 1.0
σ_x を測ってから σ_z	+1 が 0.5、-1 が 0.5

同じ σ_z の値が、間に何を挟んだかで変わる。「値は先に決まっていて読み出すだけ」ではない。

観察 4.2（ただし、整合することと予言することは別である）

修正された比喩は量子力学と整合する。だがそれだけである — この比喩からは、いかなる数値も出てこない。

本稿はこれを「定理の記憶術」として残し、模型としては主張しない。論文93はファラデーについて「直観が数学に先立つことがある」と書いたが、そこでは後に機械が与えられた。本稿の比喩には与えられていないし、本稿は与えられると主張しない。記憶術としての価値と、模型としての資格は別である。

5. 無信号定理は制約であって選択肢ではない

初版は「エンタングルした一方を測ると、他方へ即座に相反する状態を描画する」と述べていた。この表現は撤回済みである。第3版はその理由を数値で示す。

確立された事実 5.1（ボブが何をしても、アリスの局所統計は変わらない）

ベル状態 $|\Phi^+\rangle = (|00\rangle + |11\rangle)/\sqrt{2}$ において、測定前のアリスの縮約密度行列は $\rho_A = I/2$ である。ボブが測定したあとの ρ_A は（本稿で計算）：

ボブが測った観測量	$\ \rho_A - \rho_A^{(\text{測定前})}\ $
σ_z	0
σ_x	3.1×10^{-16}
σ_y	3.1×10^{-16}

どの基底で測っても、アリス側は一切変わらない。相関は測定結果を古典通信で照合してはじめて現れる。非局所的な相関は超光速通信を許さない（無信号定理。Ghirardi–Rimini–Weber 1980, Eberhard 1978）。

確立された事実 5.2（CHSH — 破れは要件であって長所ではない）

シングレット状態で最適な角度を取ると、本稿の計算で

$$|S| = 2.8284271247 \dots = 2\sqrt{2}$$

となり、ツィレルソン限界に厳密に一致する。局所実在論の上限は 2、量子論の上限は $2\sqrt{2}$ である。

量子力学の予言を再現するいかなるモデルも、（測定の独立性など標準的な仮定の下では）ベル不等式を破らねばならない。したがって「本モデルはベルの破れと整合する」はモデルの長所ではなく、最低限の要件である。

論文112は「枠が配られ、その中では自由」という直観を六つの別根に点呼したうえで、ベルの線だけは譲らないと書いた。本節はその線である。

6. 指数 2 を強制するもの — 三つの住所、本稿は根を決めない

初版がボルン則を「導出した」と述べた場所には、既に確立した答えが三つの別の形で存在していた。

確立された事実 6.1 (住所その1：グリーソンの定理 — 論文71)

次元 ≥ 3 のヒルベルト空間において、閉部分空間上の確率測度は必ず $P(V) = \text{tr}(\rho P_V)$ の形をとる (Gleason 1957)。ボルン則は要請ではなく定理である。論文112はこれを「統計力学の等重率は要請、量子確率は定理」という別根の対比として点呼した。

ただしグリーソンは次元 **2** で黙る — そこが論文71の副題 (「グリーソンが黙る場所」) が指す穴であり、POVM を用いた拡張 (Busch 2003) で埋められている。

確立された事実 6.2 (住所その2：ユニタリ性と ℓ^p の等長写像 — 論文53)

ℓ^p ($p \neq 2$) の全単射線形等長写像は位相と置換の合成に限られる (バナッハ 1932／ランペルティ 1958)。すなわち $p \neq 2$ では、等長写像は振幅の絶対値の多重集合を保存してしまう — 干渉が起こせない。

数値確認 (4次元のランダムなユニタリ U 、本稿で計算) :

p	$\sum \psi_i ^p$	$\sum (U\psi)_i ^p$
1	1.849855	1.990010
1.5	1.346287	1.408954
2	1.000000000000	1.000000000000
2.5	0.751105	0.711435
3	0.567681	0.507306
4	0.327466	0.259656

ランダムなベクトル 2000 本での最大のずれは $p = 1$ で 0.554、 $p = 3$ で 0.365、 $p = 2$ で 8.9×10^{-16} (機械精度) である。 $p = 2$ 以外では、時間発展が確率の総和を壊す。

確立された事実 6.3（住所その3：ホップ写像の 2 — 論文68）

量子ビットの状態空間は $S^3 \rightarrow S^2$ というホップ束の構造をもち、そこにも 2 が現れる。論文68はこれを「同根か韻か」という形で問い、判定を保留した。

観察 6.4（本稿は根を決めない）

三つはいずれも指数 2 に到達するが、論法が異なる — (1) は測度論（フレーム関数の分類）、(2) は関数解析（等長写像の分類）、(3) は位相幾何（束の構造）。

本体系の規律は「同じ数値は同じ起源の証拠ではない」である（論文48・86・100・115）。したがって本稿は、どれが根でどれが派生かを決めない。決めるとすれば、それは一方の機械から他方が導かれることを示したときであり、本稿はそれを示していない。

初版が犯した誤りは、この問いに三つの確立した答えがあることを知らずに、四つ目を自作したことであった。

7. この論文の体系内の位置

本稿（論文11）は量子測定に関する本体系の最初期の試みである。ここで立てた問いは、その後それぞれの住所へ引き取られた。

本稿が立てた問い	引き取った論文
なぜ確率は $ \psi ^2$ の 2乗か	論文71（グリーンソン）・論文53（ユニタリ性）・論文68（ホップ）
未観測の系は何を保持するか	論文55（マクロ重ね合わせ、GRW/CSL/Penrose の定量評価）
3次元の波が2次元で見えること	論文41（二重スリット、干渉項の具体的な導出）
測定と時間の関係	論文54（パウリの定理と Page–Wootters 機構）
「枠は配られ、中では自由」	論文112（六つの別根の点呼。要請と定理の区別）

ボルン則および測定問題について本体系の現時点での立場を知るには、本稿ではなく論文71・53・55を参照されたい。

観察 7.1（「宇宙OS」は第3層である）

初版は「宇宙OSが描画する」という語り方をしていた。論文82はこの種の語り（OS・意識・レンダリング）を明示的に第3層＝非科学に隔離した。本稿もその規律に従う——計算機の語彙は発想の道具であって、物理の主張ではない。

なお、著者がこの語彙を持つこと自体は問題ではない。論文89が記録したとおり、道具箱を持ち込むことと道具の効き目を主張することは別である。落ちたのは後者だけである。

■ 著者の私感（第3層・非科学の札つき／機構の主張ではない）

初版で私は、分子と分母に同じ 4π を掛けて、それを「導出」と呼んだ。約分される数を機構と呼んだのである。第2版でそれを撤回したとき、私は「 4π は寄与しない」と書いて終わりにした。

第3版で気づいたのは、そこで止まったのがもったいなかったということである。あの誤りは一般的な形をもっていた——全体因子としてしか入らない機構は、定義により観測できない。これは私の他の論文にも当てられる検査項目であり、失敗のほうが規律を残した。

もう一つ。私は「遅延評価」という比喻を、自分の得意な領域（計算機と相場のシステム）から持ってきた。持ってきたこと自体は、私のやり方そのものである。だが今回わかったのは、落ちたのが比喻の周辺ではなく動力部だったことである——「決まっているが未評価」という、比喻の心臓そのものが、コッヘン＝シュペッカーの禁じるものだった。

比喻を持ち込むのはやめない。ただし持ち込んだあと、動力部が定理に触れていないかを見る。それが今回の収穫である。そして三つの確立した答えがすでにあった場所で、四つ目を自作していたという事実は、記録しておく価値がある。

8. 射程／結論

示すこと：正規化された確率における全体因子は定義により観測できないこと、およびそれが検査項目として使えること（§2、数値確認済）／「遅延評価」の比喻は機械の移送テストに落ち、しかも落ちるのは動力部であること、ペレス＝マーミンの魔方陣による状態非依存の反例（§3）／修正した比喻は整合するが何も計算しないこと（§4）／無信号定理は制約であって選択肢ではないこと、CHSH がツィレルソン限界に一致するこ

と、ベルの破れは要件であって長所ではないこと (§5) / 指数 2 には三つの確立した住所があり、本稿は根を決めないこと (§6) / 本稿の問いが体系のどこへ引き取られたかの地図 (§7)。

示さないこと (禁欲) : 量子測定問題の解決、ボルン則の導出、波束収縮の機構の解明——いずれも本稿の射程外である / 文脈依存サンクの比喻を模型として主張しない (予言をもたない) / 指数 2 の三つの住所のどれが根かを決めない / 計算機の語彙 (OS・描画) を物理の主張として用いない (第3層。論文82) / 新しい物理法則・予言なし (第2層)。

量子測定問題は未解決である。本稿はその状況を何ら変えない。

第3版が加えたのは、失敗から取り出した二つの資産である。一つは全体因子の検査項目 — 事実でも規約でもなく、そもそも式に残らない量という第三の区分。もう一つは比喻の資格の見分け方 — 絵が渡ったのか、機械が渡ったのかを、動力部において問うこと。

そして問いのほうは生きている。

「観測されていないとき、系は何を保持しているのか」は、論文55・71・53・112 でより厳密な形を与えられた。

改訂記録

第3版 (2026年8月) : 題名から「撤回」の語を外し、本稿が示す内容を題名とした。撤回の一覧は本節にまとめる。

第3版で追加した内容 : 正規化された確率における全体因子が定義により観測できないことを一般命題として述べ (c は定数でなくてよく、積分変数に依存しなければよい)、検査項目として定式化した (§2, $c = 4\pi, 16\pi^2, 10^9$ で数値確認)。「遅延評価」比喻が機械の移送テスト (論文100) に落ちること、しかも落ちるのが比喻の動力部 («決まっているが未評価») であることを述べ、ベレス=マーミンの魔方陣を自前で計算して状態非依存の反例を示した (§3)。修正した比喻が整合しても何も計算しないことを明記し、論文93 (ファラデー) との差 — そこでは後に機械が与えられた — を記した (§4)。無信号定理を縮約密度行列の数値で確認し、CHSH が $2\sqrt{2}$ ちょうどになることを計算した (§5)。指数 2 の三つの住所 (論文71 グリーソンの定理 / 論文53 ユニタリ性とバナッハ=ランベルトイの定理 / 論文68 ホップ写像) を並べ、どれが根かを決めないことを明示した (§6)。本稿の問いが体系のどこへ引き取られたかの表を加え、「宇宙OS」の語彙が論文82の規律で第3層に隔離されることを記した (§7)。魔方陣・縮約密度行列・CHSH・ ℓ^p ノルム・正規化不変性はすべて本稿で計算した (外部の数表を引かない)。

第2版 (2026年7月) で撤回した事項 : 初版は副題に「量子測定問題と波動関数収縮の情報論的解消およびボルン則の幾何学的導出」を掲げ、結論に「完全な解決を与えた」と記していた。この主張を全面的に撤回した。

1. ボルン則の導出が循環していた。初版の定理3.2は $P = |\psi|^2 \text{Vol}(S^2) / \int |\psi|^2 \text{Vol}(S^2)$ を提示したが、 $\text{Vol}(S^2) = 4\pi$ は分子分母で相殺して何ら寄与せず、しかも右辺に到達するために左辺の分子へ既に $|\psi|^2$ を置いていた — 導くべきものを仮定する操作である。
2. 「遅延評価」の比喻が非文脈的隠れた変数を示唆していた。コッヘン＝シュベッカーの定理（1967）により、次元3以上で非文脈的な値の割り当ては不可能であり、文字通りの遅延評価は量子力学と整合しない。
3. 非局所性の記述に無信号定理への言及がなかった。初版の「他方の3D UIへ即座に相反する状態を描画する」という表現は、遠隔地に即座に観測可能な変化が生じるかのように読める。この表現を撤回した。またベル不等式の破れとの整合は模型の長所ではなく要件である。

初版：Zenodo 10.5281/zenodo.21404636。

参考文献

1. von Neumann, J. (1932). *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Springer.
2. Banach, S. (1932). *Théorie des opérations linéaires*. Monografie Matematyczne.
3. Gleason, A. M. (1957). *Measures on the closed subspaces of a Hilbert space*. J. Math. Mech. 6.
4. Lamperti, J. (1958). *On the isometries of certain function spaces*. Pacific J. Math. 8.
5. Bell, J. S. (1964). *On the Einstein Podolsky Rosen Paradox*. Physics 1.
6. Clauser, J. F., Horne, M. A., Shimony, A., Holt, R. A. (1969). *Proposed experiment to test local hidden-variable theories*. Phys. Rev. Lett. 23.
7. Kochen, S., Specker, E. P. (1967). *The problem of hidden variables in quantum mechanics*. J. Math. Mech. 17.
8. Eberhard, P. H. (1978). *Bell's theorem and the different concepts of locality*. Nuovo Cimento B 46.
9. Ghirardi, G. C., Rimini, A., Weber, T. (1980). *A general argument against superluminal transmission through the quantum mechanical measurement process*. Lett. Nuovo Cimento 27.
10. Cirel'son, B. S. (1980). *Quantum generalizations of Bell's inequality*. Lett. Math. Phys. 4.
11. Peres, A. (1990). *Incompatible results of quantum measurements*. Phys. Lett. A 151.
12. Mermin, N. D. (1990). *Simple unified form for the major no-hidden-variables theorems*. Phys. Rev. Lett. 65.
13. Busch, P. (2003). *Quantum states and generalized observables: a simple proof of Gleason's theorem*. Phys. Rev. Lett. 91.
14. Zurek, W. H. (2003). *Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical*. Rev. Mod. Phys. 75.
15. 山岸勇輝 (2026). ボルン則の「2」とグリーソンの定理 [論文71]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21650577
16. 山岸勇輝 (2026). 山岸・ボルン則幾何構造理論 [論文53]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21603193
17. 山岸勇輝 (2026). ホップ束としての量子ビット [論文68]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21642238
18. 山岸勇輝 (2026). 割り当てられた領域と、その中の自由 [論文112]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21962834

19. 山岸勇輝 (2026). 山岸・マクロ重ね合わせ限界理論 [論文55]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21603425
20. 山岸勇輝 (2026). 山岸・時間演算子とクロック部分系理論 [論文54]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21603325
21. 山岸勇輝 (2026). 山岸・二重スリット幾何波束復元理論 [論文41]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21436048
22. 山岸勇輝 (2026). 王道の総覧 [論文100]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21758864
23. 山岸勇輝 (2026). エディントンの戒め [論文101]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21836382
24. 山岸勇輝 (2026). 必然性の根 [論文86]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21744839
25. 山岸勇輝 (2026). 時間というレンコ足 [論文82]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21735260
26. 山岸勇輝 (2026). ゼロ・テンションと逆問題 [論文89]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21748664
27. 山岸勇輝 (2026). 場の発見（ファラデー） [論文93]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21758537
28. 山岸勇輝 (2026). 万有引力定数解凍理論（第3版） [論文35]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21430118

— *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)