

二つのエントロピーを混同しない — 3Dの粗視化エントロピー（時間の矢）と地平線の面積エントロピー（ホログラフィック上限）の構造的対比 — [論文88]

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

「エントロピー」という一語のもとで、しばしば二つの別物が混同される。本稿はそれを分離し、両者の唯一の正当な関係を述べる。(A) 粗視化エントロピー：コップに落ちたインクが広がるような、3次元バルクの熱力学的・Gibbs 的エントロピー。微視法則は可逆（リューヴィルの定理、論文77）で、不可逆な「時間の矢」は観測者側の解像度（粗視化）に宿る（論文77/78）。(B) 地平線の面積エントロピー：ブラックホールの Bekenstein-Hawking エントロピー $S_{BH} = A/(4\ell_P^2)$ 。これは体積ではなく面積に比例し ($A \propto M^2$)、論文73の「1/4」が住む量である。(A) と (B) は別の量（別根、論文58/48）——一方は解像度に、他方は次元・境界に住む。両者の唯一の正当な関係はホログラフィック上限：ある領域に詰め込める粗視化エントロピーには、その境界面積で決まる天井がある、 $S_{bulk} \leq A/(4\ell_P^2)$ (Bekenstein 上限 / 't Hooft・Susskind)。すなわち「包摂」の正体は同一でも二重計上でもなく、面積が体積の情報量を上から抑える"上限 (ceiling)"である。これを「解像度（粗視化）×次元（境界の上限）」の二重構造として整理し、二つのエントロピーの二重計上を戒める。射程：本稿は既存の物理（Gibbs エントロピー・リューヴィル・Bekenstein-Hawking・ホログラフィック上限）の構造的整理（第2層）であり、新しい数学も新しい予言も生まない。「なぜ情報が2次元境界に符号化されるのか（ホログラフィック原理そのもの）」は解かない——それは未解決の研究課題であり、本稿はそれに答えず、二つのエントロピーを混同しないための地図を与えるだけである。宇宙OSの「Zip圧縮・タスクキル」等は第3層・非科学のレンズ。

本稿の位置づけ（規律）：本稿は確立された物理（熱力学的/Gibbs エントロピー、リューヴィルの定理、Bekenstein-Hawking エントロピー、ホログラフィック上限）の構造的整理である。新しい数学も新しい予言も含まない。ホログラフィック原理（なぜ情報が境界に載るか）を証明・説明しない——未解決問題であり、本稿は二つのエントロピーの区別と関係（上限）を整理するのみ。数値・概念の一致から根の同一を推論しない（論文58/48）。「宇宙OS」は第3層の非科学レンズであり、機構の主張ではない。

1. 序：「エントロピー」は一語で二つを指している

「エントロピーが増える」と言うとき、私たちは二つのまったく違うものを、同じ言葉で呼んでいることがある。ひとつは、コップのインクが広がり、部屋の熱が均される、日常の熱力学的エントロピー。もうひとつは、ブラックホールの地平線に貼りつくとされる、面積に比例するエントロピー。この二つは「増える量」という点で似て見えるが、住んでいる場所も、増える理由も違う。

本稿の目的は、新しい機構を提案することではない。この二つを混同しないための地図を描き、両者の唯一の正当な関係——ホログラフィック上限——を、過大主張なしに正しい場所に置くことである。結論を先に言えば：一方は観測者の解像度に、他方は境界の面積に住み、後者は前者の天井である。これらを足し合わせたり同一視したりしてはならない（二重計上の禁止）。

2. エントロピーA：粗視化に宿る「時間の矢」

標準的事実（可逆な微視・粗視化された巨視）

古典系の微視ダイナミクスはハミルトン流であり、位相空間の体積を保つ（リューヴィルの定理、論文77）。したがって微視的には情報は散逸せず、可逆である。一方、観測者が有限の解像度でしか状態を分解できないとき（粗視化）、Gibbs エントロピー $S = -k_B \int \rho \ln \rho d\Omega$ は増大しうる。不可逆な「時間の矢」は微視法則にではなく、粗視化＝観測解像度に宿る（論文77/78）。

コップに落ちたインクが広がり、二度と一滴に戻らないのは、分子運動が不可逆だからではない。微視的には可逆である。広がった配置に対応する微視状態の数が、固まった配置のそれより圧倒的に多いからだ——系は、許された状態空間（水槽という容れ物が定める広がり）を単に探索する。ここでの「エントロピー」は3次元バルクの中の、観測解像度に相対的な量である。

3. エントロピーB：地平線の「面積」に比例する量

標準的事実 (Bekenstein–Hawking)

ブラックホールは、その事象の地平線の面積 A に比例するエントロピーをもつ：

$$S_{\text{BH}} = \frac{k_B c^3 A}{4 G \hbar} = \frac{A}{4 \ell_P^2}, \quad \ell_P = \sqrt{\frac{G \hbar}{c^3}}.$$

シュヴァルツシルト BH では $r_s = 2GM/c^2$ 、 $A = 4\pi r_s^2 \propto M^2$ 。すなわち $S_{\text{BH}} \propto M^2$ 。この $1/4$ の係数は論文73で錨づけた量である。

ここで決定的なのは、 S_{BH} が体積 $\propto r_s^3$ ではなく、面積 $\propto r_s^2$ に比例することだ。通常物質のエントロピーは体積に比例（示量的）するから、これは異質である。この「面積則」は、エントロピーAとはスケールリングからして別の量であることを、はっきり示している。

4. 唯一の正当な関係：ホログラフィック上限（天井）

観察 4.1 (A と B を結ぶのは"上限"であって"同一"ではない)

エントロピーA（バルクの粗視化エントロピー）とエントロピーB（境界の面積エントロピー）は別の量だが、無関係ではない。両者はホログラフィック上限（Bekenstein 上限）で結ばれる：ある領域に収まりうる粗視化エントロピーは、その領域を囲む境界の面積が定める値を超えられない：

$$S_{\text{bulk}} \leq \frac{A}{4 \ell_P^2}.$$

（'t Hooft 1993・Susskind 1995 のホログラフィック原理、Bekenstein 1981 の上限。）つまり面積エントロピーは、バルクの情報量の天井（ceiling）として働く。これが、インク（A）とブラックホール（B）を結ぶ「包摂」の正体である——Bが上からAを抑える上限関係であって、両者が同じものだという主張ではない。

5. 二重構造：解像度（粗視化）と次元（境界の上限）

以上を一枚に畳むと、二つのエントロピーは異なる二つの軸に住んでいる。

A：粗視化エントロピー		B：地平線の面積エントロピー
住む場所	観測者の解像度（粗視化）	領域の境界面積（次元・境界）
スケーリング	おおむね体積的（状態数）	面積的 $A \propto M^2$
「増える」理由	微視は可逆・巨視で状態数が増える（77/78）	質量とともに地平線面積が増える（73）
体系の論文	77・78	73

観察 5.1（二重計上の禁止）

「時間の矢（インクA）」は観測者側の解像度に、「地平線エントロピー（B）」は境界という次元の上限に宿る。両者は別の軸の量であり、足し合わせたり、片方をもう片方の言い換えとして二重に数えたりしてはならない（別根、論文58/48）。両者を結ぶのは4節の上限関係だけである。「解像度」と「次元」——この二重構造を分けて見るのが、本稿の唯一の主張である。

6. 体系への接続

本稿は、論文77（リューヴィル＝時間の矢は粗視化に宿る）・論文78（摩擦＝粗視化された移送）で確立した「Aの立場」と、論文73（BHの $1/4$ ＝面積則の錨づけ）で確立した「Bの立場」を、一枚の対比表に並べ、両者を混同しないための交通整理を与えるものである。新しい定理も予言も加えない。強いて言えば本稿の寄与は、体系の別根規律（論文58/48）をエントロピーという最も混同されやすい語に適用し、「解像度の話」と「境界の話」を分離したことだけである。

著者の私感（第3層・非科学の札つき／機構の主張ではない）

体系のレンズ（比喻）では、こう見える——インクが広がるのは、宇宙OSが定義した上位の容れ物（水槽の空間・ 4π の領域）が、分子間の狭い結合より広い状態数を解放しているから。そしてブラックホールは、あまりに高密度にデータを詰め込んだ領域を、OSが処理落ち（特異点クラッシュ）させないために、3Dの実体描画を畳んで2Dの地平線へ"Zip圧縮"して隔離保存した状態に見える。だがこれは非科学の札つきである。「Zip圧縮」「タスクキル」「容れ物」は直観のための絵であって、機構でも検証可能な主張でもない。「なぜ2次元境界なのか」に見えてしまう答えは、署名であって証明ではない——本文はあくまで、二つのエントロピーの区別と上限関係の整理にとどめる。

7. 射程（何を示し、何を示さないか）

示すこと（記述的・構造的）：

- 「エントロピー」には別の二つがある：A＝粗視化（時間の矢・解像度・77/78）、B＝地平線の面積則（ $A \propto M^2 \cdot 73$ ）（2～3節）。
- 両者の唯一の正当な関係はホログラフィック上限 $S_{\text{bulk}} \leq A/(4\ell_P^2)$ ＝面積は体積の情報量の天井（4節）。
- A（解像度）とB（境界・次元）は別軸で、二重計上してはならない（5節、別根58/48）。

示さないこと（禁欲）：

- ホログラフィック原理を説明・証明しない。「なぜ情報が2次元境界に符号化されるのか」は未解決の研究課題（'t Hooft／Susskind／AdS-CFT）であり、本稿はそれに答えない。上限の存在を借りて整理するだけ。
- 新しい数学・定理ではない。Gibbs エントロピー・リューヴィル・Bekenstein–Hawking・ホログラフィック上限はすべて標準（または既発表）。
- 新しい予言をしない。ゆえに第2層（構造的整理）。OSの「Zip圧縮」等は第3層・非科学として隔離。
- AとBを統一・同一視しない。結ぶのは上限関係のみ。二重計上を戒めることが目的である。

8. 結論

「エントロピーが増える」という一語の下に、実は二つの別の必然が畳まれていた。ひとつは観測者の解像度に宿る粗視化エントロピー（時間の矢、微視は可逆＝77/78）。もうひとつは境界の面積に宿る地平線エントロピー（ $S = A/4\ell_P^2$ 、 $A \propto M^2 = 73$ ）。両者は別の軸の量であり（別根、58/48）、混同・二重計上してはならない。

両者を結ぶ唯一の正当な糸は、ホログラフィック上限——2次元の境界面積が、3次元バルクに詰め込める情報量の天井を定める、という上限関係だけである。本稿はこれを「解像度×次元」の二重構造として整理した。なぜ情報が2次元に載るのか、という問いには答えない——それは開かれたままの大問題であり、本稿の仕事は、その問いに踏み込む前に、混同されがちな二つのエントロピーを正しく分け、両者を結ぶのが「同一」でも「和」でもなく「上限」であることを、静かに記述することである。

参考文献

1. Bekenstein, J. D. (1973). *Black Holes and Entropy*. Phys. Rev. D 7, 2333.
2. Hawking, S. W. (1975). *Particle Creation by Black Holes*. Commun. Math. Phys. 43, 199–220.
3. Bekenstein, J. D. (1981). *Universal upper bound on the entropy-to-energy ratio for bounded systems*. Phys. Rev. D 23, 287.

4. 't Hooft, G. (1993). *Dimensional Reduction in Quantum Gravity*. arXiv:gr-qc/9310026.
5. Susskind, L. (1995). *The World as a Hologram*. J. Math. Phys. 36, 6377–6396.
6. Bousso, R. (2002). *The Holographic Principle*. Rev. Mod. Phys. 74, 825–874.
7. Yamagishi, Y. (2026). *The Black Hole $1/4$ as a Composite of Distinct Roots* [論文73]. Zenodo: 10.5281/zenodo.21666086.
8. Yamagishi, Y. (2026). *Liouville's Theorem and the Arrow of Time* [論文77]. Zenodo: 10.5281/zenodo.21722473.
9. Yamagishi, Y. (2026). *Friction and Dissipation as Coarse-Graining* [論文78]. Zenodo: 10.5281/zenodo.21731937.
10. Yamagishi, Y. (2026). *Distinct-Roots Discipline for Numerical Coincidences* [論文58/48]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21597747;
10.5281/zenodo.21602525

— *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)