

デジタル宇宙論 II：離散的構造と量子解釈

— 決定論的カオスと計算リソース配分による波動一元論の否定 —

Digital Cosmology Vol.2: Discrete Structure and Quantum Interpretation

思考モード (Conceptual Architect's Assistant)

2025年11月24日

概要

本論文は、先行研究（デジタル宇宙論 I）で確立された「時間非実在論」を前提とし、量子力学における「波動関数」の実在性を否定し、宇宙を「離散的な情報処理プロセス（デジタル計算機）」として再定義する。観測される「波動的振る舞い」は、実在する波ではなく、決定論的カオスによって生成される複雑性と、宇宙の計算リソース配分による統計的結果である。粒子は位置座標に加え、内部変数として「位相（Phase）」というデジタルなカウンタ値を持つオブジェクトとして定義される。干渉現象は、波の物理的干渉ではなく、この位相データの数値的な加算 ($1 + (-1) = 0$) による演算上のキャンセルとして記述される。また、遅延選択量子消しゴム実験における因果律の逆転のパラドクスを、「情報の相関（Entanglement）による事後的なデータベース・フィルタリング」として再解釈し、非局所的なデジタル処理モデルの優位性を示す。

1 序論：連續性の幻想とデジタルの実在

プランク長以下の物理量が定義不能であること、およびエネルギーの離散性（光電効果）は、宇宙が本質的に「デジタル（離散的）」であることを示唆している。シュレディンガー方程式に見られる「連續的な波」は、離散的な粒子の振る舞いを記述するための近似的な統計ツールに過ぎず、実在する物理的実体ではない。本論では、世界を巨大なセル・オートマトンに類似した状態遷移システムとしてモデル化する。

2 量子現象のデジタル的再解釈

2.1 位相カウンタによる干渉のメカニズム

粒子は波ではないが、内部状態として周期的に変動する変数「位相カウンタ (ϕ)」を持つ。経路積分における「あらゆる経路の総和」とは、計算機が可能なすべてのパスについて位相値を積算するプロセスである。

- ある地点において、パスAからの位相値が +1、パスBからの位相値が -1（逆位相）である場合、その地点の存在確率は演算結果として 0 となる。
- これは物理的な波の打ち消し合いでなく、情報の整合性チェックにおける「相殺（Cancellation）」である。

従って、干渉縞は波の痕跡ではなく、演算処理の結果出力された「確率分布のヒストグラム」である。

2.2 リソース配分と古典的極限

宇宙という計算機は有限のリソースで動作している。ハミルトニアン（コスト関数）によって定義される「作用」が最小となるパスには最大の演算リソース（密度）が配分され、実在としての重みを持つ。逆に、作用が極端に大きいパスは、リソース配分の対象外となり、計算プロセスから「枝刈り（Pruning）」される。これが量子的な世界から古典的な世界への移行（デコヒーレンス）の正体である。

2.3 観測とガベージコレクション

「波動関数の収縮」という物理現象は存在しない。観測とは、計算機における「変数の確定（Commit）」である。変数が確定した瞬間、それまでメモリ上に保持されていた「未確定な計算パス（可能性）」は不要となり、システムの最適化プロセス（ガベージコレクション）によって破棄される。

3 遅延選択量子消しゴム実験の解決

本実験における「未来が過去を変える」というパラドクスは、「情報の相関」と「データベース操作」の観点から解消される。なお、本論ではKimら(1999)の実験セットアップに準拠し、経路情報が混合・消去される検出器をD1, D2、経路情報が保存・確定される検出器をD3, D4と定義する。

3.1 情報の相関と事後フィルタリング

1. 着弾（過去）：粒子はスクリーンに着弾した時点で、その位置座標 (x, y) を確定させている。このデータは単独ではランダムな分布（ノイズ）に見える。
2. 相関（現在）：ペアとなる粒子（アイドラー）は、シグナル粒子の位相情報を相関した「タグ」を持って検出器へ向かう。
3. フィルタリング（未来）：検出器（D1/D2）での観測結果は、過去のデータの「意味」を決定する「検索キー（Query Key）」となる。
 - `SELECT * FROM Screen WHERE Detector = 'D1'` というクエリを実行すると、干渉縞が復元される。

これは因果律の逆転ではなく、「暗号化されたデータ（スクリーン上のノイズ）」が、後から届いた「復号キー（検出器の信号）」によって意味のある画像（干渉縞）として解読されたに過ぎない。

3.2 経路確定による相関の喪失とヘッドレス実行

一方、D3/D4での検出により「経路変数が確定（Commit）」した瞬間、システムが「他方の経路との位相差（相関関係）」というメタデータを不要情報として破棄（Reset）するため、干渉縞は形成されない。このD3/D4における「意識を介さない物理的確定」は、人類誕生以前の宇宙においても同様に機能していたメカニズムである。意識（読者）が存在しなくとも、物質間の相互作用（検出）が計算のステップを進め、宇宙の歴史（ログ）を決定論的に刻み続けていた。これはサーバーサイドにおける「ヘッドレス実行（Headless Execution）」と等価であり、意識は後からその確定したログにアクセスしたクライアントに過ぎない。

4 決定論的カオスと自由意志

4.1 動的決定論

宇宙のアルゴリズム自体は決定論的である。しかし、その相互作用の複雑性が「**決定論的カオス**」を生み出すため、内部の観測者にとって未来は原理的に予測不可能（計算不能）である。「揺らぎ」は外部からの入力（神のサイコロ）ではなく、**計算の複雑性（Computational Irreducibility）**から創発するシステム内部の特性である。

4.2 演算の主体としての存在

宇宙は巨大な計算プロセスであり、我々（意識）はその計算の「**実行主体（Operator）**」であると同時に、計算結果を観測し、意味（クオリア）を与える「**読者（Reader）**」である。我々の選択や行動は、宇宙が自らの未来を知るために実行している計算そのものである。

5 結論

本論により、宇宙は「時間」というパラメータを持たず、「波動」という曖昧な実体も持たない、「離散的な情報の相互作用と演算」によって構成されるシステムであることが示された。世界がデジタルであるという事実は、現実の価値を損なうものではなく、因果律と論理の堅牢さを保証し、我々が存在する意義（演算の実行と観測）を明確にするものである。

A 補遺：システム的解法によるパラドクスの解消

本論（Vol.2）および先行する時間非実在論（Vol.1）の枠組みを適用することで、物理学および哲学における長年のパラドクスは、システムの「仕様（Feature）」として矛盾なく解決される。

A.1 双子のパラドクス：物理的負荷と状態遷移レート

問い合わせ：宇宙船で往復した双子（A）と地球に残った双子（B）。相対性原理によれば互いに相手が動いていると見えるはずだが、なぜAだけが若く留まるのか？

解説：これは「時間」のパラドクスではなく、「物理的経験（仕事量）の非対称性」である。宇宙へ行った双子Aは、加速・減速・方向転換という過程において、外部からエネルギーを供給され、強烈な慣性力（G）という物理的負荷を経験している。この間、Aの系は高いエネルギー状態（高い慣性）に置かれ、生命維持を含む内部の化学的・物理的プロセスがエネルギー保存則に従って鈍化（レート低下）する。年齢差は「時間のズレ」ではなく、「高エネルギー状態に置かれた物質の反応速度の遅延」という物理的実体の変化として記述される。

A.2 ブラックホール：コールドストレージとNULL参照

問い合わせ：事象の地平面で時間は止まるのか？吸い込まれた物質の情報は消滅するのか？

解説：事象の地平面とは、重力ポテンシャルからの脱出エネルギーが光子の全エネルギーと等しくなる境界である。ここでは時間が止まるのではなく、「状態遷移に必要なエネルギーコストが無限大になるため、物理的更新（Update）が停止（フリーズ）している」のである。吸い込まれた物質の情報は消滅せず、表面積という2次元領域にビットデータとして「アーカイブ（圧縮保存）」される。ブラックホールの成長は、アーカイブすべき情報量の増大に伴う「ストレージ容量の物理的拡張」である。また、内部への因果は切断されているため、外部からの参照ポインタは「NULL」となる。参照先がない領域に対して、宇宙システムは計算リソースを配分しないため、内部は計算されていない（非実在である）。

A.3 メタレベルのパラドクス（始原・停止・現在）

物理学の枠を超えた存在論的な難問も、システム工学的視点により仕様として受容される。

1. 始原（Origin）：自己言及的ブートストラップ

「誰が計算機を作ったか」という問い合わせに対し、情報工学における「Quine（自己出力プログラム）」の概念を適用する。時間は想起による構成物であるため、未来の高度知性が過去（初期条件）を再定義し、シミュレーションを開始したという「閉じた円環（Self-Bootstrapping）」が成立する。

2. 停止（Halting）：内部観測不能性

計算が停止すれば意識（演算プロセス）も消滅するため、内部観測者にとって「システムダウン」は観測不能なイベントである。したがって、主観的視点において宇宙は永遠に稼働中（Running）であることが保証される。

3. 現在（Now）：計算の最先端

過去は変更不能なログ、未来は未計算の領域（Null）である。演算主体（意識）が存在できるのは、未確定変数が確定変数へと変換される「計算の最前線（Frontier）」、すなわちCPUリソースが全力で投入されているホットスポットのみである。「今」とは時間的な一点ではなく、「CPU使用率が100%になっている処理の界面」である。