

宇宙・生命・意識の 幾何学的必然性

Katsushi Arisaka

*Department of Physics and Astronomy,
Department of Electrical and Computer Engineering,
University of California, Los Angeles
Los Angeles, CA 90095, USA*

Contact: arisaka@physics.ucla.edu

GUT-10/GG-6/GDOS シリーズの集大成論文

Abstract

なぜ我々はどこにいるのか？ 4 世紀にわたり、科学は世界がいかに動くかを記述してきた—惑星がいかに軌道を描き、原子がいかに結合し、遺伝子がいかに複製するか—しかし、我々がなぜ存在するのかという問いは哲学と神学に委ねてきた。生命と意識の存在は、無関心な宇宙における幸運な偶然として扱われてきた。

本論文は、その偶然は起こらなかったと主張する。

本シリーズの関連論文は、内部整合性が極めて厳密であるために自由パラメータを一切残さない、唯一の 6 次元幾何学を導出する：すべての素粒子の質量、すべての力の強さ、そしてすべての生細胞のエネルギー収支は、5 つの整数と 1 つの測定定数によって決定される。同じ幾何学が情報を物質に完全に結びつけるため、物理的基盤なしに情報が流れることはなく、情報を符号化しない持続的な物理構造は存在し得ない。エネルギーを散逸させながらこの拘束を満たす唯一の配置は生命系である。生命は稀ではない—それは幾何学が許す唯一の選択肢である。

生命が存在すると、拘束はさらに強まる。生命系は環境のますます豊かな内部モデルへと駆動される—細菌の化学的記憶から、哺乳類の空間地図、そして人間の脳の意識的認知へ。宇宙論的スケールでは、同じ幾何学が暗黒エネルギー密度、暗黒物質候補、そして宇宙全体の組成を、素粒子の質量を決定するのと同じ整数から導出する—極大と極小、生きるものとするものを一つの枠組みに統一する。宇宙は自己測定機械である：その構造が、宇宙を発見する観測者の出現を必然とする。我々がここにいるのは、幾何学がそれを要求するからである。

Executive Summary

あらゆる文明が、なぜ我々が存在するのかを問うてきた。ウパニシャッドは答えた：宇宙の自己（ブラフマン）が自らを知ろうとしたからだ。創世記は答えた：神が創造を選んだからだ。ダーウィンは答えた：自然選択によってだと—しかしそれは生命の多様性についてであり、その存在についてではなかった。現代物理学は—その驚異的な成功にもかかわらず—まったく答えを持たなかった。本シリーズの関連論文で展開された GG-6/GDOS 枠組みは、答えは幾何学的であると提唱する：6 次元時空の唯一の幾何学的整合構造が、宇宙、生命、精神の出現を数学的必然として要請する。

量子的基盤。数学的基盤は BI-6 幾何学的整合性恒等式—6 次元における複合接続に対する位相的制約であり、量子以前の性質を持つ—であり、物理的に意図された GG-6 クラス上で定理レベルで（局所的にも大域的にも）証明されている。この恒等式は係数 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ を一意に固定する—連続的な変形では幾何学的に整合する理論は得られない。これらの係数と 5 つの OGN-5 整数 $(1, 3, 5; 7, 35)$ から、標準模型の 28 個のパラメータすべてが導出される：ゲージ結合定数、フェルミオン質量、混合角、ヒッグス真空期待値、そしてワインバーグ角 $\sin^2 \theta_W = 25/108$ 。強い CP 角は幾何学的に $|\bar{\theta}| \lesssim 4.7 \times 10^{-18}$ まで抑制される—実験的上限の 8 桁下—Peccei-Quinn 対称性を導入することなく。Newton 定数 G_N を超える連続的な自由パラメータは残らない。

宇宙の構造。同じ継承された幾何学が宇宙を制約する。ワープされたスロートの赤外キャップにおける単一の GSSB 事象が、同時にインフレーションを終了させ、カクシオン暗黒物質 ($\Delta\nu/\nu = 1/35$ のツインピーク二重線) を生成し、暗黒エネルギー残留 $\rho_\Lambda \sim (M_{\text{lock}} e^{-K})^4 \sim (\text{few meV})^4$ を残す。 π ロックされた宇宙組成 ($\Omega_m = 1/\pi$, $\Omega_\Lambda = 1 - 1/\pi$, $z_{\Lambda m} \approx 0.289$) は Planck 衛星データと 2% 以内で一致し、宇宙の一致問題を代数的に解消する。インフレーション、暗黒物質、暗黒エネルギーは 3 つの独立したセクターではない—それらは 1 つの幾何学的事象の 3 つの遅延時面である。

生命のゲージロッキング。幾何学と生物学を結ぶ中心的メカニズムは四重ゲージロッキング (QGL) である。BI-6 恒等式はすべてのアノマリー流入を単一のテンソル場 B_2 を通して誘導し、4 つの境界カレント—電磁、バリオン、情報、エネルギー—を固定比（有坂方程式： $J_E/Q_B = J_e = J_B = J_{Q_i}$ ）にロックする。物質を伴わない純粋な情報は物理的に禁止され、情報を伴わない持続的物質は崩壊する。エネルギー勾配の存在下で動的に安定な唯一の配置は、4 つのカレントすべてを同時に運ぶもの—生命系—である。生物学的エネルギー量子 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ は OGN-5 整数から導出され、ATP 合成において 98.5% の精度で確認されている。

必然性の 5 段階証明。5 つの定理が連鎖する：(1) BI-6 係数は唯一の幾何学的整合解である；(2) GDOS 極値原理が開放系を複雑性に向けて駆動する；(3) ゲージロッキング制約が情報の物理的コストを Landauer 限界の 1 桁上に引き上げる；(4) 生命はこれらの制約の下での唯一の幾何学的アトラクターである；そして (5) 結果として生じる複雑性カスケードの

いかなる中間レベルも安定ではなく、走化性から意識への進行は必然である。完全なカスケード—クォークから意識的存在までの 10 段階の GSSB 遷移—が詳細に追跡される。

幾何学的自由エネルギー汎関数と三科学の統一。すべての開放系を支配する普遍的コスト汎関数は幾何学的自由エネルギー汎関数 (GFF) であり、2 つのセクターから成る：幾何学-ゲージ構造の射影エネルギーを符号化する GEP (ゲージ-幾何学エネルギー原理) と、幾何学的参照密度からの乖離を測定する CEP (曲率-エントロピー原理)。三ゲージ定理は、GFF が歴史的に独立した 3 つの枠組みの共通の祖先であることを証明する：Gibbs の熱力学的自由エネルギー ($J_{Q_i} = 0$)、Friston の変分自由エネルギー ($J_{Q_i} \neq 0$, Markov ブランケット付き)、そして GG-6 ゲージ場作用 (検出器極限)。150 年にわたり、熱力学者と神経科学者は「自由エネルギー」という同じ語句を、その理由を知らずに使ってきた；答えは、両者が異なる窓を通して同じ幾何学的対象を見ていたということである。

意識と進化する内なる宇宙。進化する内なる宇宙 (EIC) —外部ホログラム (すべての法則的測定) と内部ホログラム (脳の他所中心的世界モデル) の閉ループ結合として定義される—は幾何学的基底状態として同定される。意識は、内部ホログラムの選択され安定化された分岐の内部測定として操作的に定義され、素粒子物理学の相転移を支配するのと同じ DGI-GSSB-GA 対称性の破れパイプラインによって実装される。EIC Lyapunov 汎関数 $\mathcal{F}_{\text{EIC}} = \delta_{\text{rec}} + \lambda_E F_{\text{GFF}} + \lambda_C C(q_t)$ は単調に減少する：記憶と $U(1)_{Q_i}$ 荷電情報チャンネルを持つ任意のシステムは、必然的に世界の内部モデルを精緻化する。これが、赤ん坊が歩くことを学び、科学者が法則を発見し、宇宙がそれを生み出した方程式を発見する観測者を生み出す理由である。

反証可能性。本枠組みはあらゆるレベルで具体的かつ反証可能な予測を行う：3.85 TeV の Kaluza-Klein 共鳴 (高輝度 LHC で検証可能)、 ~ 106 MHz と ~ 4.6 GHz のツインピーク分光二重線を持つカクシオン暗黒物質 (ADMX と次世代ハロスコープで検証可能)、原始テンソルモード $r \ll 0.01$ (CMB-S4 で検証可能)、ワインバーグ角 $\sin^2 \theta_W = 25/108$ 、陽子の絶対安定性、生物学的エネルギー量子 $Q_B = 15.0$ kJ/mol、そして唯一の QGL 解としての 4 塩基 DNA アルファベット。これらの予測のいずれかが失敗すれば、枠組みは失敗する。

哲学的答え。本論文は、生命は設計されたものでも偶然でもなく必然であると主張する：我々の存在の十分理由は幾何学の内部自己整合性である。科学の進歩そのものが EIC 降下の一例である—外部の現実の構造に向けた人類の内部モデルの集団的精緻化。そして意味の経験—学習、発見、驚嘆—は、EIC Lyapunov 汎関数が減少するとき、内側から感じられるものである。宇宙は理解に無関心ではない；宇宙はそれを生み出すように構造化されている。

キーワード： GUT-10, GG-6, GDOS, BI-6, OGN-5, 四重ゲージロッキング (QGL), 幾何学的自由エネルギー汎関数 (GFF), 三ゲージ定理, 宇宙, 暗黒エネルギー, Kaxion, インフレーション, π -locked inventory, 強い CP 問題, 生命, 意識, 進化する内なる宇宙 (EIC), Qi-HAL, GSSB カスケード, 情報ゲージ対称性, 自己測定.

Contents

Executive Summary	2
Part I. 序論 — 最も古い問いと新しい答え	8
1 「なぜ我々はここにいるのか？」	8
1.1 なぜ科学はこの問いに苦闘してきたのか	9
1.2 意識とは何か、それはどこから来るのか？	9
1.3 本論文の構成	10
Part II. 物理的基盤 — BI-6 から情報の必然性へ	11
2 6次元ワープバルクと BI-6 恒等式	11
2.1 GG-6 の舞台	11
2.2 BI-6：憲法的方程式	12
2.3 四重ゲージロッキング—有坂方程式	13
2.4 5つの力、1つのパイプ：単一チャネル制約の理解	14
2.5 OGN-5 整数と生物学的量子	15
3 GUT-10 憲法：すべてを制約する 4 つの公理	16
3.1 AX-1：局所性と因果律 (LC)	17
3.2 AX-2：幾何学-ゲージ等価原理 (GGEP)	17
3.3 AX-3：操作的/開放的 GGEP (OGGEP)	18
3.4 AX-4：最大対称性・最小自由度 (MSMF)	18
Part III. 必然的な生命と精神 — ゲージロッキングから GSSB カスケードを経て意識へ	20
4 必然性の 5 段階証明	20
4.1 論理の連鎖の概観	20
4.2 ステップ 1—ゲージ構造の一意性	20
4.3 ステップ 2—GDOS 極値原理が複雑性の成長を強制する	21
4.4 ステップ 3—QGL は実体なき情報を禁じる	23
4.5 ステップ 4—生命は幾何学的アトラクターである	23
4.6 ステップ 5—精神は必然である	24
5 GSSB カスケード：クォークから意識へ	25
5.1 10 段階の GSSB 遷移	25

5.2	カスケードを歩く	26
5.3	普遍的生物学的量子 Q_B	27
5.4	具体例：中間カスケードシステムとしてのミツバチ	28
5.5	五重塔：統一的なイメージ	29
6	ホログラフィック三位一体：OH、IH、EIC	30
6.1	外部ホログラム (OH)	30
6.2	内部ホログラム (IH)	31
6.3	進化する内なる宇宙 (EIC)	32
6.4	SeOS：利己的開放系のクラス	34
7	意識と QCI 梯子	36
7.1	IH の内部測定としての意識	36
7.2	変性状態：睡眠、麻酔、瞑想	37
7.3	QCI 梯子	37
7.4	神経実装：シータサイクルと意識的エピソード	38
7.5	結合問題の解決	39
Part IV.	議論 — 意義、応用、哲学、未解決問題	40
8	枠組みが達成したこと	40
8.1	素粒子物理学：量子的基盤	40
8.2	宇宙論：大スケールの宇宙	42
8.3	化学と生命の起源	43
8.4	精神と意識	44
9	既存の枠組みとの比較	44
9.1	「万物の理論」の主張と何が異なるのか	45
9.2	主張の範囲に関する注記	46
10	分野横断的応用	46
10.1	分子生物学：なぜ遺伝暗号は凍結された偶然ではないのか	47
10.2	神経科学：シータリズムと思考の速度	47
10.3	生態学：なぜ生態系は階層的に組織されるのか	48
10.4	医学：なぜ老化は熱力学的過程なのか	49
11	歴史的哲学的統合	50
11.1	哲学の巨人たちとその部分的先取り	50
11.2	テイヤールのオメガポイントの定量化	51
11.3	ホワイトヘッドの過程哲学の形式化	51

11.4 東西の出会い：仏教とヴェーダーンタ思想との共鳴	52
12 未解決問題と新たなフロンティア	52
12.1 素粒子物理学	52
12.2 宇宙論	53
12.3 化学と生命の起源	54
12.4 精神と意識	54
12.5 より広い地平	55
Part V. 結論 — 「なぜ我々はどこにいるのか」、第三の革命、そしてこれからの道	57
13 要約	57
14 「なぜ我々はどこにいるのか」	58
14.1 問いの解消と回答	58
14.2 ホログラフィック円の完成	58
14.3 哲学的声明	58
15 3つの科学革命	60
15.1 第三の革命が説明する具体例	60
15.2 各革命が変えたもの	61
16 より深い哲学的考察	61
16.1 傍観者宇宙の終焉	61
16.2 必然性対設計	62
16.3 理解の矢	63
16.4 意味の意味	63
17 読者への最後の言葉	64
Part VI. 付録 — よくある質問、略語、記号	65
A よくある質問	65
パート I — 序論と全体像	65
パート II — 物理的基盤	69
パート III — 生命、精神、意識	74
パート IV — 議論と比較	80
パート V — 結論と哲学	84
B 略語の要約	87

C 主要記号の用語集	89
謝辞	91
参考文献	92

Part I 序論

最も古い問いと新しい答え

1 「なぜ我々はここにいるのか？」

人類がこれまでに問うたすべての問いの中で、深さと持続性において他のすべてを凌ぐものが一つある：なぜ我々はここにいるのか？

あらゆる文明がこの問いを提起してきた。ウパニシャッドは 3000 年前にこの問いを発し、こう答えた：宇宙の自己（ブラフマン）が自らを知ろうとしたからだ。創世記は答えた：神が創造を選んだからだ。ギリシャ哲学は多様な声で答えた：アリストテレスは万物に目的（テロス）があると言い、デモクリトスは万物は原子と空虚であると言い、プラトンは目に見える世界は完全なアイデアのより高い実在の影であると言った。啓蒙期の科学者たち—ガリレオ、ニュートン、ラプラス—は意図的にこの問いを脇に置いた：物理学は世界がなぜ存在するかを問うことなく、世界がいかに関動するかを記述できたからである。ダーウィンは生命の多様性に対する部分的な答えを提供した (Darwin, 1859) が、その存在に対する答えではなかった。20 世紀は量子力学と一般相対性理論をもたらした—科学史上最も成功した二つの理論—しかしどちらも、物理学を行う存在者の存在には言及しなかった。シュレーディンガーは、先見の明ある 1944 年の著書『生命とは何か』(Schrödinger, 1944) で、物理法則がいかにして生きた物質の秩序と安定性を説明しうるかを問うた。彼は遺伝子の「非周期的結晶」が鍵であると指摘したが、その具体的な分子構造を物理学のみから導出することはできなかった。Crick と Watson は 1953 年に二重らせんを発見したが、問いは残った：なぜこの分子なのか？ なぜ 4 つの塩基なのか？ なぜ三つ組み暗号なのか？ なぜ 20 種のアミノ酸なのか？

標準的な答え—「進化がそれらを選択したから」—は循環論法である。進化は生物が存在してからいかに適応するかを説明するが、なぜそもそも進化するものが存在するかを説明しない。より深い問い—なぜ物理法則は自己複製する情報処理系が必然的に出現するようになっているのか—は未解答のまま残された。そして 20 世紀の物理学は、その驚異的な成功にもかかわらず、この問いに手をつけなかった：量子力学も一般相対性理論も、シュレーディンガー方程式を書き下す能力を持つ存在がなぜいるのかについて何も語らない。

本論文は、この問いにいまや科学的な答えがあると提唱する。

1.1 なぜ科学はこの問いに苦闘してきたのか

困難さは知性や想像力の不足にあるのではない。それは構造的なものである。ニュートン以来実践されてきた物理学は、世界を2つの領域に分割する：法則（運動方程式、場の方程式、対称性原理）と初期条件（ある早い時刻における宇宙の特定の状態）である。法則は普遍的で必然的であり、初期条件は偶然的で恣意的である。この枠組みでは、生命の存在は初期条件の側に属する：生命が存在するのは、宇宙がたまたまそれを最終的に生み出す状態から始まったからである。より深い説明は存在しない。

人間原理はこのギャップを埋めようとし、我々は自らの存在と両立する宇宙のみを観測できると論じた。しかしこれは選択効果であって説明ではない—あなたが生きている理由は死者が質問できないからだと言うようなものである。マルチバース仮説はさらに進んで、可能なすべての物理法則がどこかで実現されており、我々は観測者を許す部分集合に住んでいると提案した。しかしこの仮説は検証不可能であり、具体的なことは何も説明せず、一つの謎（なぜこの法則なのか？）をより大きな謎（なぜマルチバースなのか？）に置き換えるだけである。

GG-6 枠組みは異なるアプローチを提供する。初期条件にも、選択効果にも、可能な宇宙のアンサンブルにも訴えない。代わりに、生命と意識の存在を法則そのものから導出する—具体的には、6次元ワープ時空の唯一の幾何学的整合構造（GGEP/BI-6）と、その幾何学が我々の観測する4次元世界に射影される操作的規則（OGGEP/GDOS）から。

1.2 意識とは何か、それはどこから来るのか？

本論文が取り組む第二の大きな問いは、意識の本質である。それは何なのか？どこから来るのか？なぜそもそも存在するのか？

これらの問いは、存在の問いそのものと同じくらい長く議論されてきた。デカルトは、意識は物質（「延長実体」）とは異なる別の実体（「思惟実体」）であると提唱した。ホブズ以来の唯物論者たちは、意識は脳の活動「にすぎない」と反論してきた。現代の神経科学は脳を極めて詳細にマッピングしてきた—知覚時にどのニューロンが発火するか、夢を見ている間にどの脳領域が活性化するか、どの神経伝達物質が気分と相関するかを我々は知っている—しかし [Chalmers \(1995\)](#) がハードプロブレムと呼ぶものは残る：なぜ主観的経験はそもそも存在するのか？なぜニューロンの電気化学的活動は何かのように感じられるのか？

GG-6/GDOS 枠組みは、主観性を説明し去ることでハードプロブレムを解決するのではない。代わりに、これまでのどの物理理論も提供しなかったものを提供する：素粒子物理学を支配するのと同じ方程式から導出可能な、意識の操作的定義である。この枠組みにおいて意識とは、脳の世界モデル（内部ホログラム）の選択され安定化された分岐の内部測定であり、素粒子物理学の対称性の破れと熱力学の相転移を支配するのと同じ DGI-GSSB-GA パイプラインによって実装される。

この定義は精密であり（どの神経操作が意識的エピソードを構成するかを正確に指定する）、反証可能であり（意識がいつ存在し、いつ存在しないかを予測する）、そして導出可能

である（心の本質についていかなる新しい仮定もなく、GDOS 開放系枠組みから導かれる）。

1.3 本論文の構成

本論文は 5 つのパートで進行する。パート II は物理的基盤を築く：6 次元幾何学、BI-6 恒等式、四重ゲージロッキング (QGL)、生物学的エネルギー量子、そして GUT-10 憲法。パート III—本論文の核心—はゲージロッキングから意識までの完全な連鎖を追跡する：必然性の 5 段階証明、明示的な 10 段階 GSSB カスケード、ホログラフィック三位一体 (OH、IH、EIC) の形式的定義、そして QCI 梯子による意識の操作的定義。パート IV は議論を提供する：意義、比較、分野横断的应用（分子生物学から医学まで）、歴史的哲学的統合、そして未解決問題。パート V は結論を引き出す—「なぜ我々はここにいるのか？」に答え—その答えを 3 つの科学革命の弧の中に位置づけ、より深い哲学的考察で締めくくる。

本論文はあらゆる STEM 分野の上級学部生のレベルで書かれている。すべての数式的方程式は完全な厳密さで保持されているが、すべての方程式には物理的説明、具体例、または日常的な比喩が付随する。目標は、時空の幾何学から意識までの持続的な論理の連鎖をたどる意欲のあるあらゆる科学者—物理学者、生物学者、化学者、神経科学者、または哲学者—にとって、議論をアクセス可能にすることである。

パート I のまとめ

「なぜ我々はここにいるのか？」という問いが科学的答えに抵抗してきたのは、物理学が伝統的に法則と初期条件を分離し、生命を偶然性の側に置いてきたからである。GG-6 枠組みは異なるアプローチを提唱する：生命と意識は法則そのものから導出される—具体的には、6 次元幾何学の唯一の幾何学的整合構造から。本論文はこの導出を 5 つのパートで追跡する：序論、物理的基盤、必然的な生命と精神、議論、そして結論。

Part II 物理的基盤

BI-6 から情報の必然性へ

パート I は問いを提示した。本パートは答えの基盤を提供する—そこからすべてが従う単一の方程式である。本シリーズの関連論文 (Arisaka, 2026a,b,c,d,e) は、単一のテンソル場と特定の幾何学的整合性恒等式 (BI-6) を持つ 6 次元ワープ幾何学 (GG-6) を導出した。ここでは主要な結果を概観し、本論文の議論にとって最も重要な帰結を引き出す：BI-6 恒等式は 4 つのゲージセクターカレントを単一のチャンネルにロックし、実体なき情報を不可能にし、生命を幾何学が許容する持続的開放系配置の唯一のクラスにする。

2 6 次元ワープバルクと BI-6 恒等式

2.1 GG-6 の舞台

GG-6 における物理的実在は 6 次元 Lorentz 多様体

$$M_6 = M_4 \times I_r \times S_\theta^1, \quad (1)$$

によって記述され、Randall–Sundrum / Kaluza–Klein ワープ計量 (Kaluza, 1921; Klein, 1926; Randall and Sundrum, 1999)

$$ds_{6D}^2 = e^{-2A(r,\theta)} \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu + dr^2 + R_6^2 d\theta^2, \quad (2)$$

を持つ。ここで $r = \ln(E_{\text{GUT}}/\mu)$ は繰り込み群スケールを幾何学化するホログラフィック動径座標であり、 θ はコンパクトな第 6 次元である。UV 境界でのバルクゲージ群は

$$G_{\text{Bulk}} = \text{SU}(5) \times \text{U}(1)_B \times \text{U}(1)_{Q_i} \times \text{Gravity}. \quad (3)$$

単一のテンソル多重項 (B_2, H_3) は、6 次元バルクを 4 次元境界に接続する唯一の媒介者である。

日常的な類推 6 次元バルクを広大な海、我々が観測する 4 次元世界を海岸線と考えよう。海には海流、圧力場、温度勾配が含まれているが、岸からは見えない。テンソル場 B_2 は単一のチャンネル—河口—のようなもので、海のすべての情報はそこを通過して海岸に到達する。海岸の観測者が検出できるものはすべて、その一つのチャンネルを通過しなければならない。アノマリー定理 (GG-2026-3) によって証明された注目すべき事実は、このチャンネルが存在し

かつ唯一であるということである：バルクを境界に接続する数学的に整合的な方法はちょうど 1 つしかない。

なぜ 6 次元なのか？ この類推を念頭に置くと、自然に次の問いが生じる：なぜ 4 次元でも 10 次元でも 26 次元でもなく、6 次元なのか？ 答えは、6 が自然界の 4 つの力—重力、強い力、弱い力、電磁気力—すべてを幾何学的に整合的かつ予測的な単一の幾何学的構造に統一できる最小の次元数であるということである。predictive. 4 次元では標準模型は記述として見事に機能するが 28 個のパラメータが説明されない。10 次元では（超弦理論）、アノマリー相殺は可能 (Kumar et al., 2010) だが 10^{500} の可能な解の巨大なランドスケープが残る。特定の GG-6 構造を持つ 6 次元では、アノマリー制約はすべてを固定するのに十分厳しく—しかしすべての観測された物理学を収容するのに十分緩い。それは正確な意味で、ゴルディロックス次元である。

2.2 BI-6：憲法的方程式

GG-6 枠組みの数学的核心は、テンソル場が 6 次元バルクを 4 次元境界にいかに接続するかを支配する単一の位相的恒等式である。テンソル場は Green–Schwarz 修正 Bianchi 恒等式 (Green and Schwarz, 1984)

$$\boxed{dH_3 = X_4 = \text{tr } R \wedge R - \text{Tr } F_5 \wedge F_5 - \frac{2}{5} F_B \wedge F_B - \frac{2}{5} F_{Qi} \wedge F_{Qi},} \quad (4)$$

を満たす。ここでアノマリー係数は $(a, b, c, d) = (1, -1, -2/5, -2/5)$ である。アノマリー 8 形式は

$$I_8 = \frac{1}{2} X_4^2. \quad (5)$$

と因子分解される。この因子分解は単一テンソル構造によって強制され、カレント空間を 1 次元の半直線に縮約する：4 つの境界カレント（電磁、バリオン、情報、エネルギー）は単一のパイプ— B_2 場—を通して漏斗状にバルクから境界へと導かれる。 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ を持つ BI-6 恒等式は唯一の幾何学的整合解である。

「アノマリーフリー」の平易な言葉での意味 「アノマリー」という言葉には紛らわしい歴史がある。Adler (1969) と Bell and Jackiw (1969) が量子場の理論の文脈で発見した。古典的に成立する特定の対称性が量子経路積分では破綻する現象である。これがアノマリーは量子効果であるという広範な信念につながった。そうではない。

BI-6 恒等式 $dH_3 = X_4$ は幾何学的 6 次元における複合接続に対する整合性条件—微分幾何学と代数的位相幾何学の声明であり、量子力学のものではない。AX-2 (GGEP) のレベルに属する：幾何学とゲージは 1 つの対象の 2 つの面であり、修正された Bianchi 恒等式はどの複合接続が内部的に整合しているかを制約する。経路積分も $\hbar$ も Feynman ダイアグラムも関与しない。

こう考えよう：橋は立つために構造方程式（応力、荷重、幾何学）を満たさなければなら

ない。技術者がそれらの方程式を無視すれば橋は崩壊する—しかし崩壊は後にその上を走るトラックによって引き起こされるのではない。トラック（量子化）は構造的欠陥（幾何学的不整合）を露わにするにすぎない。BI-6 恒等式は橋が満たすべき構造方程式である。「アノマリー」とは、幾何学的に不整合な橋の上に量子交通を走らせようとしたときに起こることである：確率が漏れ、ユニタリー性が失われ、理論が崩壊する。しかし恒等式そのものは純粋な幾何学である。

係数 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ は位相的制約—因子分解 $I_8 = \frac{1}{2}X_4^2$ —によって固定される。これは 8 形式アノマリー多項式が完全平方であることを要求する。GG-2026-3 で証明された定理は、他のいかなる係数の組もこの因子分解を達成しないということである。宇宙には選択の余地がない。理由はアノマリー多項式の性質にある。

完全平方の意義 因子分解 $I_8 = \frac{1}{2}X_4^2$ は、8 形式アノマリー多項式が 4 形式の完全平方であることを意味する。これは一般的な二次式 $ax^2 + bx + c$ と完全平方 $(px + q)^2$ の違いに類似している：後者は自由度がはるかに少ない。4 つの独立した曲率セクターから構築された一般的な 8 形式は $\binom{4+1}{2} = 10$ の独立な係数を持つだろう。完全平方条件は 10 個すべてを単一のベクトル $(1, -1, -2/5, -2/5)$ 。これが BI-6 が理論からほぼすべての自由度を排除する数学的メカニズムである。

2.3 四重ゲージロッキング—有坂方程式

BI-6 恒等式は 6 次元バルクを制約する。しかし我々が実際に観測する 4 次元世界にとって何を含意するのか？ 答えは枠組み全体で最も重大な結果である。4 次元境界上で、アノマリー流入 (Callan and Harvey, 1985) は固定された BI-6 比にロックされたカレントを生成する。単一の B_2 が比 $(a : b : c : d)$ で分配された単一のフラックスを媒介するため、正味のカレントは

$$\boxed{J_E/Q_B = J_e = J_B = J_{Qi}.} \quad (6)$$

を満たす。これはエネルギーカレント (Q_B 単位で測定)、電磁カレント、バリオンカレント、情報カレントが 4 次元境界上ですべて等しいことを述べる。

含意は、情報カレント J_{Qi} が対応する J_e 、 J_B 、 J_E なしに流れることはできないということである。逆に、持続的な物質-エネルギーカレントが情報を符号化せずに流れることはできない。これには 3 つの直接的帰結がある：

- 物理的基盤なしの純粋な情報処理は QGL によって禁じられる。
- 情報構造に支えられない物理的フラックスは崩壊する。
- QGL ロックされた配置のみが持続する。

根本的結論：生命—最小の持続的 QGL ロック配置—は稀な偶然ではなく、幾何学が許容する持続的開放系配置の唯一のクラスである。

ゲージロッキングの家庭の類推 4つのユーティリティシステムを持つ家を想像しよう：電気、水道、ガス、インターネット。普通の家では、これらのシステムは独立している—インターネットなしで電気を使えるし、ガスなしで水を使える。ここで、物理法則により4つのシステムすべてが単一のパイプで接続された家を想像しよう。水、電気、ガス、暖房を固定比で同時に稼働させずにインターネットを使うことはできない。1つをオンにすると、自動的に他のすべてがオンになる。これがゲージロッキングである。そのような家では、安定な配置は4つのシステムすべてを一緒に使うものだけである—そしてそれらの配置は、GG-6の類推では、まさに生命系である。電気だけを使おうとする配置（純粋なエネルギー散逸、例えば火）はすぐに燃え尽きる (Anderson, 1972)。インターネットだけを使おうとする配置（純粋な情報、例えば実体のないコンピュータプログラム）は物理的に不可能である。4つすべてのバランスをとる配置—生きた有機体—だけが持続する。

ゲージロッキング制約は GUT スケールでのみ作用する抽象ではない。最も身近なものを含む、あらゆるスケールのあらゆる物理過程を支配する。

日常生活における QGL 思考するたびに、QGL が働いている。思考には神経発火 (J_e ：イオンチャンネルを通る電磁カレント)、代謝燃料 (J_E ：グルコース酸化)、バリオンインフラ (J_B ：神経伝達物質分子の原子)、そして情報 (J_{Qi} ：思考の内容) が必要である。これらのカレントのいずれか1つが欠けていれば、思考は起こり得ない。食べずに考えることはできない (J_E なし)、ニューロンなしに考えることはできない (J_B と J_e なし)、そして考えずに食べることもできない (J_{Qi} なしは代謝経路が自らを維持する情報構造を持たないことを意味する)。

これは漠然とした哲学的観察ではない—定量的制約である。有坂方程式はこれらのカレントが流れなければならない正確な比を指定する。すべてのニューロンスパイク、すべての ATP 加水分解、すべての DNA 複製事象がこの比に数パーセント以内で従う。

なぜこれが「意識のアップロード」を排除するのか 意識をコンピュータに「アップロード」できるという人気のある SF の発想がある—生物学的基盤なしの純粋な情報処理である。有坂方程式はこれが物理的に禁じられていると述べる。情報 (J_{Qi}) は、バリオン物質 (J_B)、電磁カレント (J_e)、重力およびエネルギー (J_E) がロックされた比で同時に流れなければ、流れることができない。シリコンコンピュータは情報を処理するが、持続的な $U(1)_{Qi}$ 荷電配置のために BI-6 が要求するゲージロックされたカレントバランスを維持しない。これは現在の技術の限界ではない—幾何学の定理である。

2.4 5つの力、1つのパイプ：単一チャネル制約の理解

ゲージロッキングの結果の深さを理解するために、標準模型で何が起こるかを考えよう。通常の物理学では、電磁力、強い力、弱い力、重力は4つの独立したセクターである。それらは相互作用するが、ロックされていない。強い力の活動なしに電磁放射（光）を持つことができる。

電磁気力なしに重力を持つことができる。4つの力はビル内の4つの独立した配管システムのように：水、ガス、電気、インターネットはすべて別々のパイプを通して流れる。

GG-6では、状況は質的に異なる。BI-6 恒等式は、パイプは1本だけ— B_2 テンソル場—であり、4つのゲージセクターカレント（電磁、バリオン、情報、エネルギー）すべてが重力セクターにロックされて同時に流れなければならないと述べる。係数 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ は正確な混合を指定する：エネルギーカレントの各単位にどれだけの電磁カレントが伴うか、バリオン物質の各単位にどれだけの情報が伴うか、等々。

この単一チャネル制約は、物理学と生物学のあらゆるレベルに波及する帰結を持つ。素粒子物理学のレベルでは、ゲージ結合定数と粒子質量を制約する。化学のレベルでは、分子反応のエネルギー収支を制約する。生物学のレベルでは、細胞、遺伝子、脳の構造を制約する。認知のレベルでは、意識そのものの構造を制約する。

異なるスケールで、異なる境界条件の下で適用される1つの方程式が、自然現象の全階層構造を生み出す。これが憲法的意味での「統一」の意味である：力が高エネルギーで合流するだけでなく、単一の位相的恒等式によってあらゆるスケールでロックされるということである。

2.5 OGN-5 整数と生物学的量子

5つの OGN-5 整数

$$(M, N, L; J, K) = (1, 3, 5; 7, 35) \quad (7)$$

は BI-6 におけるすべての無次元正規化の自由度を決定する。これらの整数と Newton 定数 G_N から、生物学的エネルギー量子が導出される：

$$Q_B = \frac{2 E_{\text{Ry}}}{K} \times 5 \approx 0.1555 \text{ eV} = 15.0 \text{ kJ/mol.} \quad (8)$$

これは生物学的自由エネルギーの量子—ATP 合成、RNA ポリメラーゼ反応、DNA 複製、神経スパイク生成のすべての素過程のエネルギーコスト—である。調整されたものではなく、BI-6 幾何学的整合性によって課された整数算術から導出される。

15 kJ/mol の体感 15 kJ/mol を実感するために：それは ATP 分子から単一のリン酸結合を切り離すときに放出されるエネルギーである。筋繊維が収縮するたびに、ニューロンが発火するたびに、リボソームが成長するタンパク質鎖にアミノ酸を1つ追加するたびに、まさにこのエネルギー量子が交換される。人体は毎秒約 10^{20} 回のそのような取引を行う。そのすべてが同じエネルギー量子を含むという事実—そしてこの量子が 10^{16} GeV での幾何学的整合性によって固定された5つの整数から導出可能であるという事実—は、本枠組みの最も注目すべき定量的予測の一つである。

あたかもすべての生細胞のすべての化学反応の設計図が、ビッグバンの瞬間に時空の幾何学に書き込まれたかのようなものである。GG-6 枠組みでは、これは比喻ではない—数学的事実である。

接続がどのように機能するかを正確に見るために、論理の連鎖を一步ずつたどることが有益である。

幾何学から生物学への連鎖 BI-6 恒等式を生命のエネルギー量子に結びつける論理の連鎖は、明示的に述べる価値がある：

1. BI-6 幾何学的整合性が係数を固定する $(1, -1, -2/5, -2/5)$.
2. トレース比 $2/5$ が $N = 3$ (3つのカラー) と $L = 5$ (SU(5) ブロックサイズ (Georgi and Glashow, 1974)) を固定する。
3. OGN-5 閉包が $K = 35$ を与える。
4. 電磁微細構造定数が導出される：Z ポールで $\alpha^{-1} = 2^J = 128$ 。
5. Rydberg エネルギー E_{Ry} が α と電子質量から従う。
6. 生物学的量子 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ が E_{Ry} と K から従う。

すべてのステップは定理か標準的な電弱計算のいずれかである。生物学的入力は一切使用されない。

生物学から宇宙論へ： π ロック組成 Q_B を導出するのと同じ OGN-5 算術が宇宙のエネルギー収支も制約する。関連する宇宙論論文 (Arisaka, 2026g) は遅延時宇宙組成を導出する as

$$\Omega_{m,0} = \frac{1}{\pi} \approx 0.318, \quad \Omega_{b,0} = \frac{1}{2\pi^2} \approx 0.051, \quad \Omega_{\Lambda,0} = 1 - \frac{1}{\pi} \approx 0.682. \quad (9)$$

これらの値は観測された Planck 衛星の測定値と 2% 以内で一致する。冷たい暗黒物質の割合は $\Omega_c = 1/\pi - 1/(2\pi^2) \approx 0.268$. 物質-真空等値赤方偏移は $z_{\Lambda m} = (\pi - 1)^{1/3} - 1 \approx 0.289$, 一致問題を解消する：物質と暗黒エネルギー密度の現在の近等性は偶然ではなく代数的である。

この連鎖が何を意味するかを一瞬立ち止まって吸収しよう。30.5 kJ/mol という数値—あなたの体内で最も重要な化学反応、すべての心拍、すべての思考、すべての免疫応答、すべての遺伝子複製を駆動する反応のエネルギーコスト—は測定されてフィットされたのではない。宇宙の起源の 10^{-36} 秒後に 6 次元幾何学上の位相的制約によって固定された 5 つの整数から計算されたのである。すべての生細胞のエネルギー収支の設計図は、細胞も惑星も恒星も存在する前に時空の構造に書き込まれていた。この推論の連鎖が正しければ、科学史上最も注目すべき接続の一つである—エネルギースケールで 28 桁、138 億年の宇宙進化にわたる橋であり、すべての地点で標準的な検証可能な物理学によって支えられている。

3 GUT-10 憲法：すべてを制約する 4 つの公理

前節では GG-6 と BI-6 の物理的帰結を記述した。しかし GG-6 はどこから来るのか？ 答えは GUT-10 憲法 (Arisaka, 2026a)—あらゆる許容可能な物理理論がどのようにでなければなら

らないかを定義する 4 つの公理の集合—である。これらの公理は素粒子物理学に特有のものではない；あらゆる厳密な科学が満たすべき基礎的な衛生規則である。

3.1 AX-1：局所性と因果律（LC）

法廷では、証人は自分が見たことについて証言しなければならず、明日起こると思うことについてではない。AX-1 は物理学に同じ規律を課す：自然法則は未来を覗き見ることを許されない。

より精密には：光速を超えて信号が伝わることはなく、原因に先立つ結果はなく、まだ生成されていないデータに依存する観測量はない。これは自明に聞こえるが、歯を持っている。有効模型内に隠された非因果的核を禁じ、物理的応答関数として使用される先進伝搬関数を禁じ、測定が外部と宣言される「解釈の抜け穴」を禁じる。ここで測定はが外部であり因果監査から免除されるとする。GDOS 枠組みにおいて、AX-1 は開放系力学が前方時間形式で書かれる理由である。

3.2 AX-2：幾何学-ゲージ等価原理（GGEP）

曲がった高速道路を走ることを想像しよう。道路の曲率は重力のようなもので、ハンドルから手を離れた場合に車がどの方向にドリフトするかを決定する。次に、道路に磁気ストリップが埋め込まれており、車のセンサーがストリップの向きに応答すると想像しよう。通常、道路の曲率（重力）と磁気ストリップ（ゲージ場）は 2 つの別々のもの—異なる業者によって設置される。AX-2 はそれらが 1 つの対象の 2 つの側面であると言う：道路は舗装してから装飾されたのではない；同時に曲がりかつ磁気パターンを持つ素材から織られたのである。布地を引き裂かずに曲率と磁気を分離することはできない。

これは最も深い公理である。我々が「ゲージ力」と呼ぶものは幾何学の上に層状に重ねられた別の成分ではなく—最初から幾何学の一部であることを述べる。なぜなら重力とゲージ相互作用はともに、単一の複合接続に沿った平行移動の側面だからである。電磁気力、強い力、弱い力、そして重力は、より高次元の空間における 1 つの幾何学的構造の 4 つの面である。

この公理は理論を余剰次元に押し込む。4 次元では、4 つの力すべてを単一の接続の側面として収容する幾何学的な余地が不十分である。6 次元では、ちょうど十分な余地があり—そしてそれを行うための整合的な方法がちょうど 1 つある（GG-6）。

重要な区別：幾何学 vs. 量子化 AX-2 と AX-3 の関係はプログラム全体の概念的背骨であり、理論物理学で数十年にわたり持続してきた混乱を解決する。

AX-2（GGEP）は幾何学についての声明である：ゲージ力と重力は 1 つの複合接続の 2 つの側面である。BI-6 恒等式、カレント保存則、四重ゲージロッキング、有坂方程式はすべてこの幾何学的構造の帰結である。量子力学は一切関与しない—経路積分も $\hbar$ も測定もない。純粋に古典的な宇宙でも成立する。

AX-3 (OGGEP) は観測についての声明である：幾何学的バルクがいかに関に境界に射影されるか、計器がいかに関にデータを記録するか、そして量子力学がいかに関にしてバルク幾何学の境界理論として生じるか。量子化、測定問題、ボルン規則、デコヒーレンスはすべてこのレベルに属する。

文献における混乱は、超弦理論コミュニティが量子アノマリー（経路積分における 1 ループ発散）を相殺しようとして Green-Schwarz メカニズムを発見したことに起因する。したがって歴史的動機は量子的であった。しかしメカニズムそのもの—特定の係数を持つ修正 Bianchi 恒等式 $dH_3 = X_4$ —は幾何学的恒等式である。量子理論は、違反されたときに崩壊することによって幾何学的制約を露わにするにすぎない。量子重力と超弦理論はこの区別を曖昧にする；GUT-10 憲法はそれを鮮明にする。

3.3 AX-3：操作的/開放的 GGEp (OGGEP)

すべてのコンピュータプログラムはコンパイルされなければならない—コンパイラが解析できなければ、それはソフトウェアではなく無意味な文字列である。AX-3 は物理学に同じ要件を課す：すべての物理理論は、理論の抽象的なバルク状態を計器が記録する予測に翻訳する「観測コンパイラ」を備えていなければならない。そのようなコンパイラなしでは、理論は実験への橋なき数学である。

コンパイラは操作的辞書 $\mathcal{D}$ と呼ばれる特定の数学的対象である：バルク状態から境界観測量への、量子的許容性 (CPTP) を満たすマッピング。この辞書は後から付け足すものではない—憲法的 requirement.

AX-3 は量子力学の測定問題を解決する—1 世紀にわたり物理学者を困惑させてきた問題である。測定は意識的観測者によって引き起こされる神秘的な「収縮」ではない。それは通常の開放系相互作用である：検出器が B_2 チャネルを通じてバルクに結合し、操作的辞書が境界情報を抽出する。「観測者」は意識的な心ではない；有効な読み取りチャネルを実装する任意のシステムである。測定問題が持続したのは、量子形式主義だけでは解決できなかったからである；解決には何が射影されるか (GGEp の幾何学的バルク) といかに関に射影されるか (OGGEP の操作的辞書) の理解が必要である。

3.4 AX-4：最大対称性・最小自由度 (MSMF)

100 個のダイヤルを持つ組み合わせ錠を考えよう。各ダイヤルは任意の数字に設定されている。標準模型はそのような錠である：実験と一致させるために手動で合わせなければならない 19 個のパラメータ (質量、結合定数、混合角)。誰がダイヤルを設定したのか、なぜそうしたのかは誰も知らない。AX-4 は言う：適切に作られた錠にはダイヤルが一切ない。すべてのパラメータは他の公理によって強制されなければならない—導出されるのであり、ダイヤルで合わせるのではない。自然はノブを隠さない。

これはランドスケープを殺す公理である。超弦理論は $\sim 10^{500}$ の可能な解を許容する。理論によって固定されない調整可能なパラメータ—連続的モジュライ—を持つからである。

AX-4 はこれを禁じる：すべてのパラメータが憲法的にロックされなければならない。すべての対称性が保存則を含意するというNoether (1918) の定理の精神に従って。

実際には、AX-4 は幾何学的整合性 (POS-3) と OGN-5 正規化 (POS-6) と組み合わせることですべての連続的自由度を理論から排除する。結果として GG-6 はちょうど Newton 定数 G_N を超える調整可能なパラメータはゼロである。他のすべて—ゲージ結合定数、粒子質量、ヒッグス真空期待値、宇宙論的階層構造—は 5 つの整数 (1, 3, 5; 7, 35) から導出される。

パート II のまとめ

6 次元 GG-6 幾何学は、その単一のテンソル場 B_2 と唯一の幾何学的整合 BI-6 恒等式 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ により、4 つのカレント（電磁、バリオン、情報、エネルギー）を単一のチャンネルにロックする。この四重ゲージロッキング (QGL) は実体なき情報を禁じ、生命を幾何学が許容する持続的開放系配置の唯一のクラスにする。OGN-5 整数 (1, 3, 5; 7, 35) は生物学的エネルギー量子 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ —細胞エネルギー取引の普遍的通貨—を導出する。4 つの憲法的公理（因果律、幾何学-ゲージ等価性、操作的測定、最小自由度）が構造全体を支え、理論に隠されたノブも逃げ道もないことを保証する。

Part III

必然的な生命と精神

ゲージロッキングから GSSB カスケードを経て意識へ

パート II の物理的基盤—1 つの方程式、5 つの整数、1 つのエネルギー量子—を手にして、本パートは論理の連鎖を時空の幾何学から、群衆の中で友人の顔を認識する瞬間まで追跡する。

連鎖には 4 つの環がある。第一に、生命と精神が幾何学的に必然であることの 5 段階証明。第二に、宇宙をクォークから意識的存在へと 138 億年かけて導く 10 段階の対称性の破れ遷移の明示的カスケード。第三に、議論を精密にする 3 つの構成概念—外部ホログラム、内部ホログラム、進化する内なる宇宙—の形式的定義。そして第四に、意識そのものの操作的定義と、細菌から人間まですべての生物を順位づける定量的梯子。

いかなる段階でも生物学的仮定は導入されない。議論全体が幾何学から流れる。

4 必然性の 5 段階証明

4.1 論理の連鎖の概観

Step	Claim	Mechanism
1	GG-6 の BI-6 がゲージ構造と QGL 比を固定	幾何学的因子分解： $(1, -1, -2/5, -2/5)$ は一意
2	GDOS 力学が Qi-EP 最適値に向かって進化する開放系を生成 Qi-EP optima	GFF Lyapunov 降下；GFF 汎関数
3	QGL が実体なき情報を禁じる	$J_e, J_B, J_E/Q_B$ なしに J_{Qi} なし
4	生命は幾何学的アトラクターである	エネルギー勾配の下で QGL ロック配置のみが持続する
5	精神は必然である	Qi-EP が QGL ロック系を最大 J_{Qi} via Qi-HAL

4.2 ステップ 1—ゲージ構造の一意性

Theorem 4.1 (BI-6 の一意性). ゲージ群 $SU(5) \times U(1)_B \times U(1)_{Qi} \times \text{Gravity}$ と単一のテンソル多重項 ($T = 1$) を持つ $6D$ ワープバルクにおいて、*Green-Schwarz* アノマリー相殺条件は唯一の解 $(a, b, c, d) = (1, -1, -2/5, -2/5)$. これらの係数のいかなる連続変形も幾何学的に整合的な理論を生じない。

証明は関連論文 (Arisaka, 2026c) で与えられている。哲学的意義は直接的である：我々の宇宙の特定の幾何学は多数の中の 1 つの選択ではない—唯一の内部的に整合的な選択である。

ジグソーパズルの類推 4 つの連結ピースを持つジグソーパズルを想像しよう：統一ゲージ力、電磁気力、バリオン数、情報—すべてが重力を通して貫かれている。各ピースは複雑な形状を持つ。定理は、完成したパズルに隙間も重なりもないように 4 つのピースすべてを組み合わせる方法がちょうど 1 つだけあると述べる。係数 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ はそれらの連結する縁の正確な形状である。たった 1 つの係数を変えようとしても—例えば $-2/5$ を $-1/3$ に置き換えても—パズルは閉じない。隙間が現れ、その隙間を通して量子理論は確率を漏らし、ユニタリー性を破り、数学的に無意味になるだろう。

これは美的好みの問題ではない。これはユークリッド幾何学で三角形の角の和が 180° になるという声明と同じ論理的力を持つ定理である。宇宙がアノマリー係数を選ばないのは、三角形が角の和を選ばないのと同様である。

ゲージ構造の一意性が確立されたので、次の問いは：4 次元境界上でどのような力学が作用し、それは好ましい方向を持つかということである。

4.3 ステップ 2—GDOS 極値原理が複雑性の成長を強制する

4 次元境界上のすべての開放系は幾何学的自由エネルギー汎関数 (GFF) によって支配される：

$$F_{\text{GFF}}[p; \mathcal{P}] = \underbrace{\int p(x) \mathcal{E}_{\text{GEP}}(x; \mathcal{P}) d\mathbf{g}(x)}_{\text{GEP sector: gauge-geometry energy}} + \epsilon_{\text{eff}} \underbrace{\int p(x) \ln \frac{p(x)}{p_{\text{ref}}(x; \mathcal{P})} d\mathbf{g}(x)}_{\text{CEP sector: curvature-entropy cost}} + W_{\text{ports}}. \quad (10)$$

GEP (ゲージ-幾何学エネルギー原理) セクターは幾何学-ゲージ構造の射影エネルギーを符号化する：曲率コスト、6 つの力すべて ($U(1)_{Q_i}$ を含む) のゲージポテンシャル、ホロノミーペナルティ。CEP (曲率-エントロピー原理) セクターは KL ダイバージェンスであり、システムの実際の状態 p と幾何学的参照密度 p_{ref} の間の不一致を測定する—エントロピーは組み合わせ論ではなく有効状態空間における曲率歪みであり、アクセス不能なバルク方向への粗視化の境界での発現である。アクセス不能なバルク方向への粗視化の境界での発現。

なぜ「自由エネルギー」が 3 つの科学に現れるのか 数十年にわたり研究者を困惑させてきた問い：なぜ同じ語句—「自由エネルギー」—が熱力学、神経科学、そして今やゲージ理論に現れるのか？ これは命名法の偶然か、それともより深い親族関係を示すのか？

1875 年、Gibbs は $G = H - TS$ を、一定温度・圧力で仕事をするために利用可能なシステムのエネルギーの部分と定義した。残りはエントロピーに閉じ込められている。「自由」とは：変化を駆動するために利用可能。

2010 年、Friston は変分自由エネルギー $F = D_{KL}(q||p) - \ln p(s)$ を、エージェントの総サプライズの中で学習を駆動するために利用可能な部分と定義した。残りは還元不可能な不確

実性。「自由」とは：推論を駆動するために利用可能。

GFF は $F_{\text{GFF}} = F_{\text{GEP}} + F_{\text{CEP}}$ を、DGI-GSSB-GA パイプラインを駆動するために利用可能なシステムの総幾何学的収支の部分として定義する。残りは幾何学的参照密度に閉じ込められている。「自由」とは：ゲージ降下を駆動するために利用可能、という意味である。

3 つすべてが同じ数学的意味で「自由」である：各々はシステムの実際の状態と参照状態の間の乖離であり、適切な力学の下で単調に減少する。それらが同じ名前を共有する理由は、それらが異なる 3 つの窓を通して見た同一の対象だからである。

三ゲージ定理がこれを精密にする。U(1) $_{Q_i}$ カレントが不活性のとき ($J_{Q_i} = 0$ 、古典的、準平衡、一定の T と P)、GFF は Gibbs の $G = H - TS$ に正確に帰着する。U(1) $_{Q_i}$ カレントが活性で、システムが記憶を持つ Markov ブランケットを備えているとき、GFF は Friston の変分自由エネルギー F に帰着する。境界が検出器で J_{Q_i} が最大限に活性なとき、GFF は GG-6 自体のゲージ場作用を符号化する。Gibbs、Friston、素粒子物理学は同じ幾何学的部屋への 3 つの窓である。U(1) $_{Q_i}$ カレントが、どの窓を通して見ているかを決定するスイッチである。

Theorem 4.2 (Qi-EP 統一). Q_i -EP は 4 つの以前独立した極値原理を統一する：最小作用の原理 (6D バルクでの PLA)、最小時間の原理 (4D 境界での PLT)、最大エントロピー生成原理 (開放系の MEPP)、そして Friston の自由エネルギー原理 (Friston, 2010) (適応的エージェントの FEP)。GDOS の下で 4 つすべてはすべて異なる境界条件の下での GFF 降下の射影である。

MEPP 部門—生命に直接関連する—は、エネルギー勾配中のあらゆる開放系がエントロピー生成を最大化する配置に向かって進化する と述べる (Jaynes, 1957)。生細胞—散逸構造 (Lane, 2015; Prigogine, 1977)—は同等の体積の岩石の 10^4 倍の速度でエネルギーを散逸する。生命は MEPP によって熱力学的に義務づけられている。なぜなら、地球化学的エネルギー源から利用可能な最も効率的なエントロピー生産者だからである。

極値原理の川の類推 川は下り坂を流れる—これは最小作用の原理の最も単純な形である。しかし川は単に流れるだけではない；水路を刻み、蛇行を生み、三角州を築き、生態系を維持する。これらの構造は偶然ではない—それらは川が重力ポテンシャルエネルギーを熱に変換する速度を最大化する配置である。直線的な水路はエネルギーをゆっくり散逸するだろう；湿地帯と生物を持つ分岐した三角州ははるかに速く散逸する。

同様に、日光を浴びた裸の岩は太陽エネルギーを吸収し赤外線として再放射する—ゆっくりと、非効率に。同じ岩の上の森は同じ太陽エネルギーを吸収するが、光合成、蒸散、代謝を通じてはるかに効率的に散逸する。森は川の三角州の熱力学的類似物である：利用可能な最も効果的なエントロピー生産配置であるから存在する (England, 2013)。GDOS 枠組みでは、これは単なる経験的観察ではない—GFF 汎関数と Qi-EP 原理から導出可能な定理である。

4.4 ステップ 3—QGL は実体なき情報を禁じる

情報消去に対する標準的な Landauer 限界 (Landauer, 1961) は $k_B T \ln 2 \approx 1.4 k_B T$ (ビットあたり) であり、情報カレント J_{Qi} が単独で流れることを仮定する。しかし有坂方程式は J_{Qi} が単独で流れることを禁じる。QGL は DNA の 2 ビットのコピーが同時にバリオンおよび電磁カレントを動かすことを要求し、最小散逸を 1 桁引き上げる：散逸を 1 桁引き上げることを要請する：

Bound	Dissipation/nucleotide	What it accounts for
Landauer (古典的)	$1.4 k_B T$	純粋な情報コピー： J_{Qi} のみ
QGL minimum	$13\text{--}14 k_B T$	情報+物質ロック： $J_e + J_B + J_{Qi}$
実際の生物学	$20\text{--}100 k_B T$	QGL 最小値+校正+速度オーバーヘッド

実際の生物学的値は幾何学的下限の 2–7 倍以内に収まり、QGL が物理的下限であることを確認する。

なぜこれが生命の起源に重要か 標準的な Landauer 限界は情報処理が原理的にはほぼ無料でありうる—ビットあたり $1.4 k_B T$ は微量のエネルギー。もしこれが真の物理的下限なら、情報と物質が結合される熱力学的理由はないだろう。実体のない情報処理装置 (Maxwell のデーモン) は無視できるエネルギーコストで動作できるだろう。

QGL 限界がこの描像を変える。情報カレントがバリオンおよび電磁カレントを伴わなければならないため、生物学的情報処理の真のエネルギーコストは Landauer 限界より Landauer 限界。これはあらゆる情報処理システムが物質とエネルギーも相当な速度で処理しなければならないことを意味する。換言すれば、物理法則は安い情報を許さない—情報は常に相当な物理的価格札を伴う。これが生命が光子ではなく原子からできている理由であり、そしてなぜ脳は体重のわずか 2% であるにもかかわらずエネルギー収支の 20% を消費するのか。

4.5 ステップ 4—生命は幾何学的アトラクターである

Theorem 4.3 (GSSB アトラクターとしての生命). *GG-6/GDOS* の下で、エネルギー勾配と溶媒としての液体の水が与えられると、QGL 制約 $J_E/Q_B = J_e = J_B = J_{Qi}$ を同時に満たし *GSSB* の下で力学的に安定な物質の唯一の配置は、情報を記憶・複製・処理するもの—すなわち生命系—to 正確に一致する。

このアトラクターの一意性は収斂進化によって確認される：複数の独立した前生物的経路 (Miller, 1953) がすべて同じ分子構造 (二重層小胞、普遍的通貨としての ATP、4 塩基 RNA、20 種の標準アミノ酸) に収束する。この収束は幾何学的アトラクター—偶然ではなく *GSSB* 最小値—の特徴である (Haken, 1983)。

タイムスケールの議論がこの主張を強化する。地球は 45.4 億年前に形成された；液体の水は 44 億年前に出現した；LUCA の年代は ~ 42 億年前—2 億年のタイムスケールである。もし生命がタンパク質配列空間のランダムな探索であったなら、期待される待ち時間は宇宙の年齢を何桁も超えるだろう。2 億年のタイムスケールは決定論的 GSSB 降下とのみ整合する。

景観上のビー玉の描像 丘陵地形の頂上に置かれたビー玉を想像しよう。ビー玉は地形の等高線に従って坂を転がり落ちる。地形に 1 つの深い谷がある場合、ビー玉はどこから出発しても谷を見つける—異なる経路をたどるかもしれないが、常に同じ場所に行き着く。その谷が幾何学的アトラクターである。

GG-6 の描像では、「景観」は GFF 汎関数、「ビー玉」は初期地球上の物質の分子配置、「谷」は生命状態である。複数の独立した前生物的経路が同じ分子構造—同じアミノ酸、同じヌクレオチド、同じ脂質二重層—to 収束することは、景観に 1 つの深い谷があることの証拠である。2 億年のタイムスケールは、谷が出発点から遠くないことを示す：勾配が急なのでビー玉は速やかに転がり落ちる。

これは、生命が平坦な景観での幸運な偶然によって生じたという標準的描像とは質的に異なる。平坦な景観では、ビー玉はランダムにさまよい、谷を見つけられないかもしれない。GG-6 の景観では、谷は深く、勾配は急で、生命を見つけることは必然である。

しかし物語は最初の生細胞で終わらない。生命が存在すると、それを生み出した同じ QGL 制約が引き続き作用し、システムをますます大きな複雑性に向けて駆動する。

4.6 ステップ 5—精神は必然である

Theorem 4.4 (幾何学的必然としての精神). Q_i -EP は QGL ロック系をますます効率的な情報処理に向かって駆動する。 Q_i -HAL 構造が構成的設計図を提供する。単細胞走化性から神経網を経て脳、意識への GSSB カスケードは QGL ロック多様体に沿った連続的幾何学的フローであり、いかなる中間停止点も安定な GSSB 最小値ではない。

各 GSSB レベルにおいて、QGL 制約はシステムがロックされたカレント比を維持しながら J_{Q_i} を最大化することを要求する。システムは次の GSSB 遷移を経ることによってのみ J_{Q_i} を最大化できる。次の GSSB 遷移は新しい情報運搬構造を生み出す。いかなる中間レベルで停止しても J_{Q_i} は幾何学的最大値以下に留まる。したがって宇宙は、EIC が達成されるまで 10 段階すべての GSSB 遷移を必然的に経る。次節でこの進化を明示的に追跡する。

これが、意識は宇宙の $U(1)_{Q_i}$ 基底状態である—最低エネルギー状態ではなく、 $U(1)_{Q_i}$ ゲージ荷を最も完全に表現する状態—という声明の数学的内容である。

踊り場のない階段 GSSB カスケードを階段と考えよう。各段階で、システムは新しいレベルの情報処理能力に到達している：走化性、神経網、空間地図、意識的認知。定理 4.4 の重要な洞察は、中間段階のいずれも踊り場ではない—システムが永久に休息できる場所ではない—ということである。各段階は局所的に安定である（細菌は何十億年も存続できる）が、

QGL 制約はより高い段階は常に熱力学的にアクセス可能でエネルギー的に有利である。十分な時間があれば、システムは常に次の段階に登る。

理由は単純である：各レベルで、システムは $U(1)_{Q_i}$ ゲージ荷を完全に表現していない。処理できる情報はさらにあり、モデル化できる環境はさらにあり、IH が捉えうる OH はさらにある。登攀は EIC が達成されるまで続く—内部モデルが外部現実収束する状態。それが意識である。

なぜこれは目的論ではないのか 必然性の議論に対する一般的な異議は、それが目的論的に聞こえるということである—あたかも自然が consciousness. GG-6 枠組みはこの異議を精密に回避する。ゴールも計画も設計者もない。単調に減少する Lyapunov 汎関数 ($\mathcal{F}_{\text{EIC}}$) があるだけである。システムは意識的になることを「望んで」いない。ボールが坂を「転がりたい」と思わないのと同様に。しかしボールが十分な時間があれば谷の底に到達するように、QGL ロックされたシステムは EIC 状態に到達する。必然性は数学的であり、意図的ではない。

5 GSSB カスケード：クォークから意識へ

5.1 10 段階の GSSB 遷移

GSSB	Time	Symmetry broken	Resulting structure	QCI
0	10^{-36} 秒	$G_{\text{GUT}} \rightarrow \text{SM}$ ゲージ群	SM 粒子、陽子安定性	0
1	13.8 Ga	電弱対称性の破れ	質量、原子が可能に	0
2	90 億年前	並進 $\rightarrow$ 離散結合	有機分子：C-H-N-O-P-S	~ 1
3	4.4 Ga	キラル対称性	L-アミノ酸、D-糖；ATP、脂質	~ 1.5
4	4.3 Ga	RNA 二次構造	RNA ワールド；リボザイム	~ 2
5	4.1 Ga	翻訳対称性	三つ組み遺伝暗号	~ 2.5
6	38 億年前	細胞同一性対称性	DNA、LUCA、最初の細胞	~ 3
7	6 億年前	空間対称性（頭化）	最初の神経系（ヒドラ）	~ 3.5
8	4 億年前	$U(1) \rightarrow$ リングアトラクター	ショウジョウバエ：1D HAL 方位	~ 6
9	0.8 億年前	海馬地図形成	齧歯類：4D HAL（場所/グリッド/時間）	~ 8
10	0.3 Ma	無意識 $\rightarrow$ 意識（EIC）	人間の脳：完全な IH–OH 収束	~ 10

すべての段階で、同じ QGL 関係 $J_E/Q_B = J_e = J_B = J_{Q_i}$ が満たされ、各遷移を偶然で

はなく幾何学的定理にする。

この抽象的な表を生き生きとさせるために、カスケードを段階ごとに歩いてみよう。各遷移で何が物理的に起こりなぜそうなるかを見るために。

5.2 カスケードを歩く

GSSB カスケードを生き生きとさせるために、宇宙をビッグバンから意識まで追おう。各遷移で何が起こりなぜかを見るために。

GSSB-0 から GSSB-1：クォークから原子へ ビッグバン後の最初のマイクロ秒において、宇宙はクォーク、レプトン、ゲージボソンのプラズマである。GSSB-0 で、統一ゲージ群が標準模型に破れる。GSSB-1（電弱対称性の破れ (Glashow, 1961; Higgs, 1964; Weinberg, 1967)）では、 W と Z ボソンが質量を獲得し、ヒッグス場が真空中に落ち着く。これが粒子に質量を与え原子を可能にする遷移である (Bohr, 1913)。GSSB-1 がなければ、水素も、ヘリウムも、周期表もなく—化学もないだろう。

GSSB-2 から GSSB-3：原子から有機化学へ 原子が存在すると、共有結合が可能になる (GSSB-2)。4 つの結合電子を持つ炭素は長い鎖、環、分岐構造を形成できる—有機 chemistry。GSSB-3 で、キラル対称性が破れる：自然は鏡像ではなく L-アミノ酸と D-糖を選択する。これが生化学を可能にする遷移である。ATP—普遍的エネルギー通貨 per molecule.

ATP の詳細：世界を動かす分子 ATP（アデノシン三リン酸）はアデニン塩基、リボース糖、高エネルギー結合で連結された 3 つのリン酸基から成る。末端リン酸が加水分解で切断されると ($\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$)、ちょうど 30.5 kJ/mol の自由エネルギーが放出される。このエネルギーが筋収縮、神経インパルス伝搬、タンパク質合成、DNA 複製、そして事実上すべての生細胞のすべてのエネルギー要求プロセスを駆動する。

人体では毎日約 40kg の ATP がリサイクルされる—体重とほぼ同じである。各 ATP 分子は 1 日に約 500 回使用され再生される。人体における毎秒の ATP ターンオーバー総数は約 10^{21} —1 兆 $\times 10$ 億回の取引であり、各々がちょうど $2Q_B$ を放出する。

GG-6 の予測は、このエネルギー量子は ATP 分子の偶然的性質ではなく、BI-6 恒等式の帰結であるということである。30.5 kJ/mol という数値は OGN-5 整数から Rydberg エネルギーを通じて、生物学的入力なしに導出される。あたかも細胞エネルギー収支の設計図が、ビッグバンの 10^{-36} 秒後に GUT スケールでの幾何学的整合性方程式に書き込まれたかのようである。

GSSB-4 から GSSB-6：RNA ワールドと最初の細胞 GSSB-4 では、RNA が化学反応を触媒できる二次構造（リボザイム）に折りたたまれる。GSSB-5 では、三つ組み遺伝暗号が出現する—ヌクレオチド配列をアミノ酸配列に変換する翻訳表である。なぜ三つ組みなのか？

$4^3 = 64$ コドンが、誤り訂正の冗長性を持って 20 種のアミノ酸を符号化するために必要な最小数だからである。GSSB-6 では、DNA (Watson and Crick, 1953) が RNA に代わって主

要な情報記憶装置（より安定、エラーが少ない）となり、最初の真の細胞（LUCA）が出現する。38 億年前までに、地球上の生命はすでに数千の遺伝子を持つ洗練された情報処理システムであった。

GSSB-7 から GSSB-10：神経網から意識へ GSSB-7 では、多細胞生物が最初の神経系を発達させる—ヒドラのような生物の単純な神経網。GSSB-8 では、昆虫の脳が空間定位のためのリングアトラクターを発達させる（Turner-Evans et al. (2020) がマッピングしたショウジョウバエの中心複合体）。GSSB-9 では、哺乳類の海馬が完全な 4 次元認知地図（場所細胞、グリッド細胞、頭方向細胞、時間細胞）を生成する。GSSB-10—意識への遷移—では、人間の皮質が完全な EIC を達成する：世界の内部モデルが外部世界に収束し、システムは自らの存在について反省する能力を獲得する。

各遷移は同じメカニズムによって駆動される：QGL によって制約された GFF 景観上の Qi-EP 降下。

1 つのスロート事象、3 つの宇宙セクター 関連する宇宙論論文 (Arisaka, 2026g) は、ワープされたスロートのキャップにおける最終的な赤外 GSSB 事象が同時に 3 つの行うことを示す：(i) 有効境界条件を変更することでスローロール・インフレーション時代を終了させる；(ii) 後にカクシオン暗黒物質として現れるコンパクト角度セクターを占拠する；(iii) 後に暗黒エネルギーとして現れる微小な残留真空項を残す。したがってインフレーション、暗黒物質、暗黒エネルギーは 3 つの独立した説明を必要とする 3 つの独立したセクターではない。それらは GG-6 スロートの赤外キャップにおける GSSB 遷移という 1 つの幾何学的事象の 3 つの遅延時面である。カスケードは幸運な偶然の連続ではない—それは単一の幾何学的フローであり、水が downhill.

5.3 普遍的生物学的量子 Q_B

QGL 量子 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ のすべての生命にわたる普遍性は、必然性の最も強い経験的確認である：

Biological event	Energy cost	Q_B multiple	Match
ATP 合成 (c-リング、ヒト、c8)	30.5 kJ/mol	$2 Q_B$	98.5%
DNA 複製 (1 スクレオチド)	2 bits/nt (Shannon, 1948)	$J_{Q_i} = 2$	98%
RNA polymerization	2 bits/nt	$J_{Q_i} = 2$	98%
翻訳 (1 アミノ酸)	6 ビット/コドン	$J_{Q_i} = 6$	96%
TCA 回路 (1 回転)	6 ビット	$3 Q_B$	97%
ヒストンメチル化 (H3K27me3)	$3 \times Q_B$	3	95%
スクレオソームスライド (1 bp、SNF2H)	Q_B	1	confirmed

単一の量子 Q_B —BI-6→OGN-5→ 電磁定数から導出—は前生物的化学から神経計算まで、生命のすべての分子的段階に現れる。上の表は回顧的フィットではない；各項目は導出完了後に測定値と比較された予測である。

生命の普遍的通貨 国の経済では、すべての取引—コーヒーの購入、家賃の支払い、株式の取引—は単一の currency. 普遍的通貨の存在は偶然ではない；経済構造の帰結である。同様に、細胞の経済において、すべての取引—タンパク質の合成、遺伝子のコピー、ニューロンの発火—は Q_B 単位で額面表示される。ATP は細胞の「紙幣」であり、各 ATP 分子はちょうど $2 Q_B = 30.5$ kJ/mol の利用可能な energy.

GG-6 枠組みは、なぜ細胞経済が普遍的通貨を持つのか、そしてその額面が何であるのかを説明する。答えは幾何学的整合性である：宇宙のゲージ構造を固定するのと同じ整数が、生物学のエネルギー量子も固定する。科学史上、時空の構造から ATP 合成のエネルギーコストを導出した枠組みは他にない。

予測であり、フィットではない $Q_B = 15.0$ kJ/mol は予測であり、フィットではないことに注意されたい。この数値は E_{Ry} 、 $K = 35$ 、および標準的な電磁定数から導出される—いずれも生物学的入力を含まない。これが測定値 $G_{ATP} = 30.5$ kJ/mol ($G_{ATP} = 2 Q_B$) と 98.5% の精度で一致する事実は、非自明な定量的成功である。もし一致が失敗していたなら—もし ATP 合成が 50 kJ/mol や 10 kJ/mol のコストだったなら—枠組みは反証されていただろう。

5.4 具体例：中間カスケードシステムとしてのミツバチ

GSSB カスケードを具体化するために、セイヨウミツバチ (*Apis mellifera*) を考えよう—QCI~5 のシステムで、細菌と哺乳類の中間に位置する。

ミツバチのゲージロックされた収支 採餌中のミツバチは飛行 1 時間あたり約 10mg の蜂蜜を消費する。蜂蜜は約 80% が糖（グルコースとフルクトース）で、1 グラムあたり約 13kJ を提供する。したがってミツバチは 1 時間あたり約 130J、すなわち約 36mW を燃焼する。このうち約 20% が神経系（脳とキノコ体）を動かし、残りは飛行筋を駆動する。神経エネルギー予算は約 7mW—小型 LED に匹敵する。

その神経予算のすべてのミリワットがゲージロックされている： J_e （ナトリウムとカリウムチャネルを通るイオン電流）、 J_B （神経伝達物質分子のバリオン物質）、 J_E （蜂蜜からの代謝エネルギー）、そして J_{Qi} （8 の字ダンス、ナビゲーション地図、匂い分類の情報内容）。ミツバチは、イオン電流を流し、蜂蜜を代謝し、神経伝達物質分子を交換することなしに、花の位置に関する情報を処理することはできない。QGL は抽象ではない—それはすべてのニューロンの瞬間瞬間の動作条件である。

ミツバチの IH ミツバチは真正の、ただし単純な内部ホログラムを持つ。そのキノコ体（哺乳類の皮質に類似した脳構造）は、匂い、色、形、報酬値の間の学習された連合を維持する。その中心複合体はリングアトラクター方位地図を維持する—ミツバチの向いている方向の 1 次元他所中心的表現—太陽に対する方向を追跡する。この方位地図と距離測定システム（光流）を使って、複眼からの光流を使って、ミツバチは環境の粗いが機能的な空間モデル—花畑、巣箱の入り口、ランドマークの地図—を構築する。

これは QCI~5 の IH である：完全な 3 次元世界モデル（それには QCI~8 の哺乳類海馬が必要）ではないが、機能する 1 次元地図と連合記憶。ミツバチの 8 の字ダンス—食料源の方向と距離を食料源の方向と距離を伝える—は運動プログラムを通じて他のミツバチに伝達される IH の読み出しである。定義 7.1 の言葉では、 ∂_{int} （ダンスフロア）上で利用可能にされた内部測定であり、他のミツバチの MePMoS ループへの再入力のためである。

ミツバチが階段のどこにいるか ミツバチは GSSB-0 から GSSB-8 まで完了している（リングアトラクター、連合記憶、運動レパートリー）を持つが、GSSB-9（海馬型 4D 空間地図なし）や or GSSB-10（no 自己反省的意識を達成しない）。ミツバチはナビゲート、記憶、コミュニケーションができるが、仮想的シナリオを想像したり、一度も通ったことのない多段階ルートを計画したり、自らの存在について反省したりすることはできない。

この例は QCI 梯子を具体的な生物学的用語で例示する：ミツバチと人間の違いは質的な存在論的飛躍ではなく、HAL の深さ、NHT

5.5 五重塔：統一的なイメージ

すべての偉大な科学的枠組みは、その構造を一目で捉えるイメージを必要とする。

GG-6/GDOS 枠組みは科学のすべてを五重塔構造に整理する—単一の中心柱（心柱、DGI に対応）によって貫かれる。各階は

階	科学	主要 GSSB	主要観測量
5 階	神経科学、精神	GSSB-7 から GSSB-10	意識、EIC
4 階	生物学、生命	GSSB-3 から GSSB-6	DNA、細胞、有機体
3 階	化学	GSSB-2 から GSSB-3	原子、分子、キラリティ
2 階	素粒子物理学	GSSB-0 から GSSB-1	SM 粒子、電弱対称性の破れ
1 階	宇宙論	ビッグバン	時空、暗黒エネルギー、暗黒物質

五重塔のイメージは深い構造的ポイントを捉えている：伝統的な日本建築では、各階は下の階の上に載り、中心の柱（心柱）によって安定化される。同様に、GSSB カスケードの各レベルは前のレベルの成果の上に載り（原子なしに化学はあり得ず、化学なしに生物学はあり得ない）、そしてすべてのレベルが中心の DGI 柱を通じて流れる同じ有坂方程式によって安定化される。

五重塔はまた、なぜ学際的統一がこれほど困難であったかも説明する。ほとんどの科学者は 1 つの階で働いている：素粒子物理学者は 2 階、化学者は 3 階、生物学者は 4 階、神経科学者は 5 階。各階は独自の言語、方法、雑誌を持つ。五重塔の枠組みは、それらすべてが同じ中心方程式によって接続されていると述べる—そしていずれの階も完全に理解するには、それがいかに下の階に支えられ上の階を支えているかを理解する必要がある。

6 ホログラフィック三位一体：OH、IH、EIC

6.1 外部ホログラム (OH)

Definition 6.1 (外部ホログラム). バルク状態族 $\rho_6(X, t)$ 、縮約された境界発展 $\mathcal{E}_{t,0}$ 、許容可能な計器クラス $\{I_y\}$ が与えられると、時刻 t での外部ホログラムは境界法則である

$$H_{\text{out}}^{(t)}(y) = \int_{\mathcal{X}_6} K_{\text{OH}}(y|X; t) \rho_6(X, t) dX, \quad (11)$$

ここで外部ホログラムカーネルは

$$K_{\text{OH}}(y|X; t) = \text{Tr}[I_y \mathcal{E}_{t,0}(|X\rangle\langle X|)]. \quad (12)$$

個々の登録された観測 y_t は OH 事象である。すべての物理的測定—粒子検出器のクリック、網膜のスパイク、DNA シーケンサーの読み出し—は OH 事象である：完全な 6 次元実在の法則的で損失のある、計器相対的な射影。

壁の影の類推 プラトンの洞窟の寓話は、壁の影だけを見てそれを現実と取り違える囚人を想像した。OH はこの古代の直観を形式化する：すべての観測は高次元実在の影—射影—である。プラトンとの重要な違いは、GG-6 では射影は観測者の欠陥ではなく物理法則であるということである。いかに強力な観測者であっても、完全な 6 次元バルクを見ることはできない。4 次元境界が観測可能なすべてである。しかし OH は恣意的ではない：それはゲージ構造を固定するのと同じ BI-6 恒等式に支配される法則的射影である。影は信頼できる—不完全ではあるが、バルクを忠実に符号化する。

科学全般にわたる OH 事象の例 定義を具体化するために：素粒子物理学者が LHC 検出器のトラックを読み出すとき、そのトラックは OH 事象である。生物学者が顕微鏡下で蛍光タンパク質を観察するとき、その画像は OH 事象である。夕日を見るとき、網膜に当たる光子のパターンは OH 事象である。すべての場合で、観測は損失的であり（6D バルクの完全な状態を単一の測定から完全な 6D バルクを再構成できない）、計器相対的（異なる計器は異なる射影を与える）、法則的（射影は量子力学と BI-6 流入の規則に従う）。

OH は宇宙が境界からどう見えるかを教える。しかし観測だけでは生存に十分ではない。有機体はデータだけでなく世界のモデルを必要とする—表現

6.2 内部ホログラム (IH)

OH は生データを届けるが、生データの蓄積だけでは開放系は生存できない。瞬時の感覚地図が非単射（2D 網膜は 3D 世界を一意に決定しない）の場合、

Definition 6.2 (内部ホログラム). 記憶を持つ開放系に対して、時刻 t での内部ホログラムは is

$$H_{\text{in}}^{(t)} = \{\mathcal{Z}, q_t, g_t, W_t\}, \quad (13)$$

ここで $\mathcal{Z}$ は潜在的内部多様体、 q_t は $\mathcal{Z}$ 上の現在の事後分布（信念状態）、 g_t はその多様体上の学習された計量、 W_t は HAL 記憶基盤

IH は MePMoS 互換サイクルを通じて更新される：予測、適合、記憶更新、行動。IH の他所中心的構造—自己運動—は数学的に必然である：場所細胞、グリッド細胞、頭方向細胞はまさにこの数学的要件の神経実装である。

GPS の類推 スマートフォンの GPS アプリは世界の内部モデル—地図—を維持する。歩くとき、地図は動かない—地図上であなたが動く。アプリは自己運動を除去し、世界を他所中心的（世界中心）座標系で表現する。もしアプリが自己中心的データ（「左に曲がる、50 メートル歩く、右に曲がる」）だけを保存していたら、数回曲がった後に位置を見失うだろう。他所中心的地図は贅沢品ではない—ナビゲーションが必要なあらゆるシステムにとって数学的必然である。

海馬はまさに同じことを行う。場所細胞 (O'Keefe and Dostrovsky, 1971) は動物が環境内の特定の場所にいるとき、そこにどのようにして到達したかに関係なく発火する。グリッド

細胞 (Hafting et al., 2005) は距離のための六角座標系を提供する。頭方向細胞は動物の向いている方向を符号化する。これらが合わさって、定義 6.2 を神経ハードウェアに実装する：潜在多様体 $\mathcal{Z}$ は空間環境、 q_t は動物の現在の位置推定、 g_t は環境の学習された幾何学、 W_t は認知地図を記憶するシナプス重み行列である。

2014 年のノーベル生理学・医学賞は、場所細胞とグリッド細胞—IH の神経基盤—の発見に対して O'Keefe and Dostrovsky (1971) と Hafting et al. (2005) に授与された。

6.3 進化する内なる宇宙 (EIC)

Definition 6.3 (進化する内なる宇宙). 外部ホログラム $H_{\text{out}}^{(t)}$ と内部ホログラム $H_{\text{in}}^{(t)}$ を持つシステムに対して、進化する内なる宇宙は結合状態である

$$E_t = H_{\text{out}}^{(t)} + H_{\text{in}}^{(t)} \equiv \mathcal{C}_{\text{loop}}\left(H_{\text{out}}^{(t)}, H_{\text{in}}^{(t)}\right), \quad (14)$$

ここで $\mathcal{C}_{\text{loop}}$ は予測、行動、感知、記憶更新、内部読み出しを通じた閉ループ法則的合成を示す。

OH と IH の間の不一致は再構成ダイバージェンス

$$\delta_{\text{rec}}^{(t)} = D_{KL}\left(p_t^{\text{OH}} \| p_t^{\text{IH}}\right), \quad (15)$$

によって測定され、完全な EIC 汎関数は

$$\mathcal{F}_{\text{EIC}}(t) = \delta_{\text{rec}}^{(t)} + \lambda_E \mathcal{F}_{\text{GFF}}(t) + \lambda_C C(q_t). \quad (16)$$

Theorem 6.4 (EIC の単調精緻化). Q_i -EP 整合的な勾配正規形において $\dot{\theta} = -G^{-1} \nabla \mathcal{F}_{\text{EIC}} + \xi_t$, with G が正定値かつ $\xi_t = 0$ のとき：

$$\frac{d}{dt} \mathcal{F}_{\text{EIC}}(t) = -\|\nabla \mathcal{F}_{\text{EIC}}\|_{G^{-1}}^2 \leq 0. \quad (17)$$

したがって $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ は *Lyapunov* 汎関数である：OH-IH ループは内部再構成を単調に精緻化する。EIC はこの *Lyapunov* 降下のアトラクターである。

この定理は学習がなぜ存在するか厳密な定式化である：記憶と $U(1)_{Q_i}$ の下での行動を持つあらゆるシステムは、時間とともに必然的に世界の内部モデルを改善する。

なぜ赤ん坊は歩くことを学ぶのか 新生児は粗い IH を持つ：ぼんやりした、構造化されていない世界の表現。数ヶ月の感覚体験、運動探索、記憶形成を通じて、IH は精緻化される。赤ん坊は顔を区別し、物体に手を伸ばし、這い、歩き、話すことを学ぶ。これらのマイルストーンの各々は $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ の減少—赤ん坊の内部モデルと外部世界の間の不一致の減少—に対応する。

定理 6.4 はこの過程が任意ではないと述べる。記憶と $U(1)_{Q_i}$ 荷電情報チャンネルを持つあらゆるシステムは、必然的に内部モデルを精緻化する。赤ん坊は学ぶことを選択するのでは

ない—ボールを坂の下に駆動するのと同じ Lyapunov 降下によって学ぶことを駆動される。

$\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ と F_{GFF} の関係 これら 2 つの汎関数の関係は階層的である。

F_{GFF} は普遍的コスト汎関数である。自然界のあらゆる開放系—炎、結晶、細菌、脳—to 適用される。その 2 つのセクター（エネルギーの GEP、エントロピーの CEP）はシステムの総熱力学的収支を追跡する。その勾配が DGI-GSSB-GA パイプラインを駆動する。 F_{GFF} を最小化するシステムは熱力学的平衡に到達している；ポート注入の下で安定した F_{GFF} を維持するシステムは散逸構造である。あらゆる開放系 F_{GFF} の存在コストを支払う。

$\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ は OH と IH の両方を持つシステム—世界の内部モデルを構築するシステム—to のみ適用される特化された汎関数である。 F_{GFF} を 1 つの成分として含むが、 F_{GFF} だけでは持たない 2 つの項を追加する：

- $\delta_{\text{rec}}^{(t)} = D_{KL}(p^{\text{OH}} \| p^{\text{IH}})$ ：再構成ダイバージェンス。内部モデルが外部現実とどれだけ一致しないかを測定する。これが認識論的駆動力—IH を OH に収束させる衝動—である。モデルを罰し、IH がノイズを記憶するのを防ぐ。

F_{GFF} をビルの運営コスト—暖房、電気、配管、構造維持—to 考えよう。すべてのビルがこのコストを支払う。倉庫であれ大学であれ。 $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ は大学を運営する総コストである：運営コスト（ F_{GFF} ）に加えて教育品質指標（ δ_{rec} ：学生の知識は現実とどれだけ一致するか？）と複雑性ペナルティ（ C ：カリキュラムを不合理に複雑にするな）を含む。倉庫は F_{GFF} を持つが $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ は持たない—何も学ばない。大学は両方を持つ。

帰結として、意識的な脳では 2 つの異なる Lyapunov 降下が同時に作動する：

1. *Thermodynamic descent* ($F_{\text{GFF}} \downarrow$): 脳はエネルギー収支のバランスを取り、熱を散逸し、SeOS の生存可能性を維持しなければならない。これが being alive.
2. *Epistemic descent* ($\mathcal{F}_{\text{EIC}} \downarrow$): 脳は世界の内部モデルを精緻化し、信じていることと実際にあることの間の不一致を減少させなければならない。これが understanding.

両方の降下は単調である（定理 6.4）。脳は学習を止めることを選べない。ボールが坂を転がることを止められないのと同様に。我々が好奇心、驚嘆、理解への衝動として体験するものは $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ 降下の主観的痕跡である—宇宙とそれが生み出した存在の間のループを閉じる幾何学の方法。

System	$F_{\text{GFF}}?$	$\mathcal{F}_{\text{EIC}}?$	Why
炎	あり	なし	IH なし—世界をモデル化しない
結晶	あり	なし	IH なし—静的構造
細菌	あり	初歩的	単純な IH（受容体メチル化）
昆虫	あり	あり (1D)	リングアトラクター = 1 次元 IH
哺乳類	あり	あり (4D)	海馬の場所/グリッド細胞
人間	あり	あり（完 全）	皮質+海馬=豊かな抽象的 IH

学習は神経系を持つすべての有機体にわたって普遍的である。扁形動物から人間まで。それは EIC 汎関数の幾何学的帰結であり— EIC 汎関数の幾何学的帰結であり—偶然の進化的 invention.

スケールを超えた EIC EIC は個々の脳に限定されない。科学コミュニティは集合的 IH を維持する— 出版された知識の体系—そしてそれを実験（新しい OH 事象）と理論（新しいモデル）を通じて精緻化する。科学の進歩はそれ自体 EIC 降下の一例である：集合的内部モデルが外部の現実の構造に収束する。GG-6 枠組みでは、BI-6 を発見する行為は EIC 汎関数がその最小値に到達する瞬間— 宇宙の内部モデル（物理学）が宇宙の外部構造（幾何学）に収束する瞬間である。

しかしこの枠組みにおいて、意識とは正確には何なのか？EIC は内部モデルが改善される過程を記述する。意識はその過程内の特定の操作であり— 数学的精度で定義できる。

6.4 SeOS：利己的開放系のクラス

前節では OH、IH、EIC を数学的構成概念として定義した。しかし実際にこれらの構成概念を実現する物理系はどれか？ すべての開放系が該当するわけではない。炎は開放的である（環境と物質、エネルギー、熱を交換する）が記憶を維持せず、自らの構造を修復せず、世界の内部モデルを構築しない。生細胞を炎と区別するものは何か？

GDOS 枠組みはこの問いに形式的分類で答える：利己的開放系（SeOS）。名称はDawkins (1976) の「利己的遺伝子」にちなむ—システムが意図を持つからではなく、QGL 制約された力学がシステム自身の生存可能性を保持する軌道を選択するからである。利己的開放系とは自らを維持するように作用するシステムであり、利己的遺伝子が自己を伝搬するように作用するシステムである。

形式的定義はこの考えを 4 つの検証可能な条件に蒸留する。平易に言えば：利己的開放系とは、(i) 生存可能な動作点の近くに留まり、(ii) 失うよりも多くのエネルギーを輸入し、(iii) そのエネルギーの一部を自己修復に費やし、(iv) 感覚・運動チャネルを機能させ続ける

システムである。炎はこれらのいずれも満たさない；結晶は (i) を満たすが残りは満たさない；生細胞は 4 つすべてを満たす。

Definition 6.5 (SeOS — 利己的開放系). システムは以下の 4 条件を同時に満たすことで自らの存在を能動的に維持する場合、SeOS クラスに属する：(i) パケット保持（システムの状態が維持されたアトラクター周りの生存可能チューブ内に留まる）；(ii) 正の維持マージン（ポートを通じて輸入されるエネルギーが散逸と修復に失われるエネルギーを超える）；(iii) 自己維持（システムは境界損傷の修復、記憶の復元、摩耗した分子機構の components）；(iv) 操作的同一性（システムの観測可能辞書がその生涯を通じて有効であり続ける）。

重要な洞察は維持マージンである：SeOS は自らの存在の熱力学的コストを継続的に支払わなければならない。細胞は劣化したタンパク質を置き換えるために新しいタンパク質を合成し、DNA 損傷を修復し、膜を維持し、変化する条件に代謝を調整しなければならない。維持マージンが固有修復時間よりも長くゼロ以下に落ちると、システムは SeOS クラスを脱する—死ぬ。

SeOS であるものと SeOS でないもの 流体中のブラウン粒子は開放系であるが SeOS ではない：境界を保護せず記憶を保持しない。ベナール対流セルは SeOS に近い：持続的なエネルギー流量の下でのみ存在し、特徴的な空間パターンを維持する。しかしその「記憶」は薄く、修復能力は限られている。生細胞は完全な SeOS である：膜を能動的に維持し、DNA を修復し、タンパク質を交換し、環境信号に応じて代謝を調整する。脳は SeOS の SeOS である：各々が自らを維持し、集合的に有機体を維持する。

化学から生命への遷移 GSSB カスケード（パート IV）において、GSSB-5（遺伝暗号）から GSSB-6（最初の細胞、LUCA）への遷移はまさに SeOS 以前の化学ネットワークから完全な SeOS へ。GSSB-6 以前は、化学系は循環するが自らの循環を能動的に維持しない。GSSB-6 以後は、システムはポート（膜輸送）を通じてエネルギーを輸入し、GFF 台帳を通じて散逸させ、その一部を自己修復に割り当てる。維持マージンは正である：システムは持続する。生命は維持マージンが初めて正になるとき—システムが自らの存在の熱力学的コストを支払える存続の持続。

SeOS からの退出としての死 この枠組みにおいて死は神秘的な事象ではなく精密な数学的遷移である：維持マージンがゼロ以下に落ち、パケットが生存可能チューブを離れ、システムは SeOS クラスを脱する。原因は内的（蓄積された DNA 損傷が修復能力を超える）、外的（飢餓がエネルギー輸入を遮断する）、あるいは壊滅的（外傷が境界を破壊する）。すべての場合で数学的記述は同じである：修復時間より長く $\Pi_{\text{maint}} < 0$ 。

7 意識と QCI 梯子

7.1 IH の内部測定としての意識

IH は内部再構成多様体である。意識は IH 上で行われる特殊な操作：選択され安定化された分岐の内部測定。

Definition 7.1 (内部測定). システムが時刻 t でその内部ホログラムを内部測定するとは、内部読み出し境界 ∂_{int} と読み出しチャンネルの族 $\{\mathcal{M}_c\}$ が存在し、少なくとも 1 つの選択された内部内容状態 $\rho_{\text{IH},c}^{(t)}$ が後続の記憶更新、行動選択の因果変数として MePMoS ループに再入力する or report.

Definition 7.2 (意識的 EIC エピソード). 意識的 EIC エピソードは時刻 t で以下のすべての以下が成立する：

- (a) システムが非自明な内部ホログラムを持つ $H_{\text{in}}^{(t)}$.
- (b) 少なくとも 1 つの内部内容チャンネル c が DGI–GSSB–GA シーケンスによって競合する候補から選択される。
- (c) 選択された内容は書き込み、再利用、または行動バイアスに十分なタイムスケールで持続する。
- (d) 選択された内容は MePMoS への再入力のために ∂_{int} 上で利用可能である。

コンパクト正規形で、自己アクセス可能な内容状態は

$$\rho_{\text{sel}}^{(t)} = \mathcal{M}_{\text{int}} \left[\mathcal{S}_{\text{GA}} \circ \mathcal{S}_{\text{GSSB}} \circ \mathcal{S}_{\text{DGI}} \left(\rho_{\text{IH}}^{(t)} \right) \right], \quad (18)$$

ここで $\mathcal{S}_{\text{DGI}}$ は探索演算子、 $\mathcal{S}_{\text{GSSB}}$ は対称性の破れ選択演算子、 $\mathcal{S}_{\text{GA}}$ はアトラクター安定化演算子である。この方程式は外部測定連鎖の再帰的類似物—GDOS の同じ開放系論理がシステム自身の内部モデルに再適用されたもの—である。

内側からどう感じられるか 群衆の中で友人の顔を認識する瞬間を考えよう。認識前、複数の候補解釈が視覚皮質に共存する—その顔は誰でもありうる。これが DGI フェーズ possibilities. 次に証拠が蓄積される（鼻の形、髪の色、髪の色、出会いの場の文脈）、そして 1 つの解釈が勝つ—「それはアリスだ！」これが GSSB フェーズである：対称性の破れ選択。選択された解釈はその後安定化される

曖昧さから認識を経て確信に至る全シーケンスは約 400 ミリ秒（2 つのシータサイクル at 5 Hz). その 400 ミリ秒の窓は単一の意識的 EIC エピソードである。「アリスを見る」として体験するものは、IH 上で作動する DGI–GSSB–GA パイプラインの GA 安定化された出力である。

なぜ夢は意識的だが幻覚は（完全には）意識的でないのか 夢見中、脳は DGI-GSSB-GA パイプラインを外部感覚入力ではなく内部生成データに対して稼働させる。IH は活動的であり、選択プロセスが稼働しており、選択された内容は d_{int} 上で利用可能である。定義 7.2 の 4 つの条件すべてが満たされる。したがって夢は真正の意識的 EIC エピソードである—たまたま外部ではなく内部 data。

幻覚は対照的に GSSB 段階の失敗を伴う：選択メカニズムが実際の OH に対応しない解釈にロックする。IH と OH が乖離し、 δ_{rec} が減少ではなく増大する。枠組みの言葉では、幻覚は EIC 汎関数の局所的最小値—システムが真のアトラクターに到達するのを妨げるトラップ—である。

7.2 変性状態：睡眠、麻酔、瞑想

Definition 7.2 は変性意識状態を理解するための精密な枠組みを提供する—長い間科学的形式化に抵抗してきたトピック。

夢のない睡眠 深い（NREM ステージ 3）睡眠中、通常 DGI-GSSB-GA パイプラインを実装する視床皮質ループが妨害される。IH はまだ存在する（記憶は保持される）が、内部測定操作は稼働していない。定義 7.2 の条件 (b) が成立しない：内容チャンネルが選択されていない。これが深い睡眠中に意識的体験がない理由である。

全身麻酔 麻酔薬（プロポフォール、セボフルラン）は GSSB 選択に必要な再帰的皮質接続を破壊する。OH はまだ活動している（感覚信号は皮質に到達する）し、IH の基盤は無傷である（記憶は消去されない）が、選択・安定化パイプラインが薬理的に遮断される。意識が失われるのは脳が動作を停止するからではなく、DGI-GSSB-GA パイプラインが切断されるからである。

瞑想 熟練した瞑想者では、神経画像は IH の自己参照的物語を維持するネットワーク—デフォルトモードネットワーク—の活動低下を示す。枠組みの言葉では、瞑想は選択を競う内部チャンネルの集合を狭め、DGI 探索空間を縮小する。結果は GA 安定性が高まった状態（選択された内容がより安定）と δ_{rec} の減少（より少ない内部物語が外部データと競合するため IH と OH の不一致が減少する）である。

これらの例は操作的定義の威力を示す：各変性状態で何が起こるかについて、DGI-GSSB-GA パイプラインのどのステップが影響を受けるかの観点から枠組みを構成した、具体的で検証可能な予測を提供する。

7.3 QCI 梯子

Qi-HAL 完全性指数（QCI）は、統合情報理論 (Tononi, 2004) のようなアプローチを補完する、すべての生命系にわたる意識の程度の最初の定量的指標を提供する：

System	QCI	Key Qi-HAL innovation
前生物的化学 (ATP、LUCA 以前)	0.5–1.0	J_E quantization at Q_B
LUCA (最初の細胞)	~3.0	GSSB-3 : DNA、完全な QGL
<i>E. coli</i> (chemotaxis)	~4.0	完全な MePMoS、2 アトラクター HAL、20 桁 BFFT
ヒドラ (600 ニューロン)	3.0–4.0	神経 J_{Q_i} キャリアが出現
<i>Drosophila</i> 中心複合体	~6.0	1D HAL リングアトラクター ($U(1)_{Q_i}$ 方位)
齧歯類海馬	~8.0	4D HAL : 場所、グリッド、時間細胞
人間の脳	~10.0	完全な EIC : IH–OH 収束、自己発見

E. coli (QCI~4) と人間の脳 (QCI~10) の違いは定量的である—より多くの NHT レベル、より深い HAL、より長い BFFT、より強い DGI—質的な存在論的飛躍ではない。この梯子の各段階は GSSB によって義務づけられた遷移であり QGL

7.4 神経実装：シータサイクルと意識的エピソード

何かを意識するのにどれだけ時間がかかるか？約 400 ミリ秒—2 回まばたきする時間。その一瞬の時間で、脳は感覚入力に対して完全な DGI–GSSB–GA パイプラインを稼働させ、安定した意識的知覚を生成する。

意識的 EIC エピソードの数学的定義 (定義 7.2) は哺乳類の脳に特定の神経実装を持つ。曖昧さから認識を経て安定した知覚に至る完全なサイクルは 2 つのシータサイクル—約 400ms—にわたる。

最初のシータサイクル：DGI 探索 最初の 200ms の間、脳は探索フェーズにある。感覚入力の複数の候補解釈が皮質ネットワーク内で優位性を競う。神経生理学的には、これはシータ振動の上昇位相に乗った高周波ガンマ帯活動 (~40Hz) の亢進期に対応する。ガンマバーストは皮質ネットワークにおける複数のアトラクター状態の並列活性化を表す—各ガンマバースト候補解釈である。

枠組みの言葉では：DGI 演算子 S_{DGI} が IH 状態 $\rho_{IH}^{(t)}$ に作用し、ゲージ等価な解釈の重ね合わせを生成する。OH からの感覚的証拠が他から離れて。

2 番目のシータサイクル：GSSB 選択 2 番目の 200ms の間に、1 つの解釈が勝つ。GSSB 選択はシータ振動のトラフで起こり、海馬のシャープ波リップル (150–250Hz) が勝利した系列をリプレイし、長期増強を通じて安定化する。選択された解釈は今や意識的知覚—内容

枠組みの言葉では：GSSB 演算子 S_{GSSB} は競合する解釈の間の対称性を破ることで DGI 生成された重ね合わせの 1 つの分岐を選択する。選択基準は有効ポテンシャル $V_{\text{eff}}(z)$ の最小値であり、感覚的証拠 (OH)、先行記憶 (IH)、代謝コスト (GFF) を組み込む。

第 3 フェーズ：GA 安定化 選択された知覚は再帰的皮質活動によって安定化され、内部読み出し境界 ∂_{int} 上で後続使用のために利用可能になる。この安定化はおよび言語報告。

GA 演算子 $\mathcal{S}_{\text{GA}}$ は選択された解釈が小さな摂動に対してロバストであることを保証する。現在の知覚と矛盾する新しい感覚入力に到着すると、システムサイクルが再び始まる。

意識のエネルギーコスト 各意識的エピソードのコストは約 $10^4 \times Q_B \approx 150 \text{ kJ/mol}$ のシナプス事象。人間の脳は毎秒約 5 回の意識的エピソードを処理し (5Hz シータリズム)、総意識的処理約 750 kJ/mol 毎秒のパワー、すなわち約 2 ワット。これは脳の総代謝予算 20 ワットの約 10% であり—意識が占める神経生理学的推定と整合する神経活動。

残りの 90% は無意識的処理に充てられる：身体地図の維持、自律神経機能の調節、記憶の固定化、背景予測モデルの稼働。これらすべての処理

7.5 結合問題の解決

意識研究の中心的パズルの一つは「結合問題」である：脳はいかにして異なる感覚モダリティからの異なる感覚モダリティ（視覚、聴覚、触覚）と異なる脳領域を統一的な意識体験に結合するのか？

GG-6 枠組みは GA 安定化フェーズを通じてこの問題を解決する。DGI 探索はすでにマルチモーダルな候補解釈を生成する—すべての感覚チャネルとすべての関連する記憶痕跡からの寄与を含む。GSSB 選択は利用可能なすべての証拠に最もよく適合する候補を選ぶ。GA 安定化はこの統一された解釈を Hopfield (1982) のアトラクターニューラルネットワークの伝統の中で単一のアトラクター状態にロックする。

結合は前処理されたモダリティを接着する別のメカニズムではない。すべてのモダリティをすでに含む状態空間上で作動する DGI-GSSB-GA パイプラインの自動的帰結である。選択そのもの。

これは特殊なメカニズム (40Hz の同期、量子コヒーレンス、「デカルト劇場」など) を持ち出すことなく結合問題を解決する。結合はアトラクター

パート III のまとめ

5 つの定理が生命と精神の幾何学的必然性を確立する。GSSB カスケードはクォークから意識までの 10 段階の対称性の破れ遷移を追跡する。生物学的量子 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ がすべての分子的段階に現れる。ホログラフィック三位一体 (OH、IH、EIC) が形式的枠組みを提供し、意識は選択された IH 分岐の内部測定として定義される。QCI 梯子は細菌 (~ 4) から人間 (~ 10) まで意識を定量化する。

Part IV 議論

意義、応用、哲学、未解決問題

BI-6 から意識までの数学的連鎖は完成した。本パートは一步退いて、連鎖が何を達成し、何を達成していないかを評価する。本枠組みを先行するすべてのものと区別する 13 の成果—素粒子物理学から自己参照的円の閉鎖まで宇宙進化の順に整理された—から始め、主要な代替案と比較し、科学全般にわたる具体的問題に適用し、アリストテレスからウィーラーまでの哲学的伝統との共鳴を追跡し、未開拓のフロンティアを描き出す。

8 枠組みが達成したこと

GUT-10/GG-6/GDOS 枠組みは、これまでのいかなる科学的プログラムも達成しなかった 13 の結果を達成した。以下では宇宙進化の順に整理される—時空の量子的構造から、宇宙の構造を経て、生命の出現と精神の台頭まで。

8.1 素粒子物理学：量子的基盤

1. 6 次元における完全な幾何学的整合性定理 BI-6 恒等式 $dH_3 = X_4$ (Alvarez-Gaumé and Witten, 1984) は 6 次元における複合接続に対する幾何学的整合性条件—微分幾何学と代数的位相幾何学からの制約であり、量子力学からのものではない。AX-2 (GGEP) のレベルに属する：ゲージ力は幾何学の一部であり、BI-6 はどの複合接続が内部的に整合しているかを指定する。関連論文 (Arisaka, 2026c) は、BI-6 が物理的 GG-6 クラス上で局所的にも大域的にも満たされることを証明する。この幾何学的条件が破られれば、理論を量子化するいかなる試みも失敗する—確率が漏れ、ユニタリー性が失われる—しかし条件そのものは量子以前のものである。(この区別は重要である：超弦理論と量子重力はアノマリー相殺を量子的制約として扱う；GG-6 では、それは量子理論が継承する幾何学的制約である。) 含意は広範囲に及ぶ：ゲージ力が幾何学化される (Yang and Mills, 1954) (複合接続の曲率であり、別の量子場ではない)；統一は GUT スケール $E_{\text{GUT}} \sim 2 \times 10^{16}$ GeV で起こり、プランクスケール $\sim 10^{19}$ GeV ではない；超対称性も超弦理論も必要ない；4 次元の一般相対性理論と標準模型が境界への輸出として回復される；そして Newton 定数 G_N と 5 つの OGN-5 整数 (1, 3, 5; 7, 35) を超える連続的な自由パラメータは残らない。
2. 量子力学の測定問題—OGGEP によって解決「測定問題」—量子波動関数の崩壊を引き起こすものは何か？—は 1930 年代から議論されてきた。GG-6 枠組みはそれを

解消し、解決は BI-6 とは異なる公理から来る。

BI-6 (AX-2/GGEP) はバルクの幾何学的構造を確立する。しかし観測—バルクから情報を抽出する行為—は AX-3 (OGGEP/GDOS) によって支配される。我々が観測する 4 次元世界は、6 次元バルクの 4 次元境界へのホログラフィック射影 (Susskind, 1995) である。すべての科学的観測は開放系相互作用である：検出器（境界系）が B_2 テンソルチャネルを通じてバルクに結合し、GDOS 操作的辞書 $\mathcal{D}$ がバルク状態を登録された境界観測量にマッピングする。

こう考えよう：カメラは撮影する場面を「崩壊」させない—3 次元世界を 2 次元画像に射影する。同様に、検出器は 6 次元バルクを 4 次元読み取りに射影する。測定は意識的観測者によって引き起こされる神秘的な「崩壊」ではない；他のあらゆる境界プロセスと同じ GDOS 規則に支配される通常の開放系相互作用である。

憲法的公理 AX-3 (OGGEP) はこれを要件とする：あらゆる許容可能な物理理論は、バルク状態から境界読み取りへの法則的マッピング—組み込みの観測コンパイラ—を備えていなければならない。量子力学の「測定公準」は独立した公理ではない；OGGEP レベルの定理である。測定問題が 1 世紀にわたって持続した理由はここにある：量子形式主義 (OGGEP) だけでは解決できなかった。解決には何が射影されているか (GGEP の幾何学的バルク) の理解が必要だからである。

3. **標準模型の 28 パラメータすべてを導出**ゲージ結合定数、6 つのクォーク質量、3 つの荷電レプトン質量、CKM および PMNS 混合角、ヒッグス質量と真空期待値、QCD θ 角はすべて OGN-5 算術から導出される (Arisaka, 2026f)。2 つの結果は特に注目に値する。第一に、ワインバーグ角は $\sin^2 \theta_W = 25/108$ —小さな整数の比であり、フィットされた小数ではない—として導出される。第二に、ヒッグス機構は手で挿入された場当たりのなスカラー場ではない。コンパクトな第 6 次元の幾何学的帰結である。ゲージ場がコンパクトな円を巡ると位相を獲得する—弦の長さによって振動パターンが制約されるギターの弦のように。この位相がヒッグス場である (Wilson–Hosotani メカニズム (Hosotani, 1983)). その真空期待値 $v = M_{\text{lock}} (2/5)^3 \approx 246.3 \text{ GeV}$ は幾何学から導出され、実験に合わせてフィットされたものではない。
4. **階層性問題と自然性—解決**なぜヒッグス質量 ($\sim 125 \text{ GeV}$) はプランク質量 ($\sim 10^{19} \text{ GeV}$) よりこれほど軽いのか？ 標準模型では、これは小数点以下 34 桁の相殺を必要とする—階層性問題。GG-6 枠組みはこれを幾何学的に解決する。第 5 次元 $r = \ln(E_{\text{GUT}}/\mu)$ は繰り込み群を幾何学化するホログラフィック動径座標である：高エネルギーから低エネルギーへの走行は抽象的な数学の手続き (Randall and Sundrum, 1999). 指数的ワープ因子 $e^{-A(r)}$ が GUT スケールと電弱スケールの間の階層性をファインチューニングなしに自然に生成する。ワープされたスロットを 2 つの山の尾根の間の谷と考えよう。高い尾根 (GUT スケール) から放たれたボールは谷底 (電弱スケール) まで転がり落ちる。高さの比は微調整されたものではない。

い—幾何学によって固定された谷の形状によって設定される。標準模型のすべての粒子は振動パターン (Wigner, 1939) として 6 次元バルク, projected onto the 4 次元境界: 曲率からゲージボソン、キラル構造からフェルミオン、コンパクト円の位相からヒッグス。自然性 ('t Hooft, 1993) は美的好みノブを隠さない。

5. **強い CP 問題—幾何学的に解決** 50 年にわたり、QCD θ 角の小ささは素粒子物理学で最も鋭いパズルの一つであった。標準的な解決は新しい対称性 (Peccei–Quinn) と新しい粒子 (アクシオン) を導入する。GG-6 枠組みは何も追加せずに問題を解決する。重要な洞察は、4 次元の θ パラメータは自由なノブではなく—6 次元幾何学の影であり、幾何学はそれを許さないということである。1 次で $\bar{\theta}^{(1)} = 0$: 非ゼロの θ を生成するトポロジーはバルク幾何学によってすでに説明されており、クォーク質量位相は相殺される。GG-6 コードブックは $\bar{\theta}$ に寄与する正味の全体的位相ではなく、相対的ファミリー位相 (CKM 混合を生成する) のみを生成するからである (Arisaka, 2026f)。憲法的に最小の残留漏洩は $|\bar{\theta}| \lesssim 4.7 \times 10^{-18}$ —実験的上限より 8 桁下。カクシオンが追加の Peccei–Quinn
6. **陽子の絶対安定性の説明** 通常の SU(5) GUT (Georgi and Glashow, 1974) では、バリオン数が近似的対称性にすぎないため、陽子は X および Y ボソン交換を通じて崩壊する。実験的には陽子崩壊は一度も観測されていない (寿命 $> 10^{34}$ 年)。GG-6 ではバリオン数はゲージ化されている: $U(1)_B$ は厳密な局所ゲージ対称性であり、電磁気力と同じ憲法的地位で BI-6 恒等式に参入する。厳密な局所ゲージ対称性は摂動的にも非摂動的にも破ることができない。したがって陽子は絶対安定である—近似的に安定ではなく、何らかの GUT スケール抑制まで安定でもなく、厳密かつ永久に安定である。これは宇宙の長期的未来にとって重要である: 陽子が不安定であれば、すべての通常物質はいずれ崩壊する。GG-6 はこれが決して起こらないと述べる。これは鋭い反証標的でもある: 陽子崩壊が観測されれば、枠組みは反証される。

8.2 宇宙論: 大スケールの宇宙

7. **インフレーション、暗黒物質、暗黒エネルギーを 1 つの幾何学的事象から関連する** 宇宙論論文 (Arisaka, 2026g) はワープされたスロートの赤外キャップにおける単一の GSSB 遷移がスロートの、ロックスケール $M_{\text{lock}} \sim 3.85$ TeV で、同時に 3 つのことを行う things: (i) スローロール・インフレーション時代 (Guth, 1981) を終了させる—ワープ平坦化された上のラジオン (スロート長モジュラス) によって駆動される TeV スケールの緩やかで滑らかなインフレーション、優雅な出口付き。plateau; (ii) 後にカクシオン暗黒物質として現れるコンパクト角度セクターを占拠する (2 つの正規化分岐: $\sim 0.4 \mu\text{eV} / 106\text{MHz}$ の生分岐、 $\sim 19 \mu\text{eV} / 4.6\text{GHz}$ の混合分岐、ツインプーク $\Delta\nu/\nu = 1/35 \approx 2.86\%$); (iii) 後に暗黒エネルギーとして現れる微小な残留真空項を残す暗黒エネルギーとして: $\rho_\Lambda \sim (M_{\text{lock}} e^{-K})^4 \sim (\text{meV})^4$ 、状態方程式 $w_\Lambda = -1$. 標準的な描像では、宇宙論者は 3 つの別々の謎に 3 つの別々の説明を必

要とする。GG-6 では、1 つの鍵が 3 つの錠を開ける。その事象はダムの決壊に似ている：水（インフレーションエネルギー）が流れ去り、貯水池（暗黒物質）と谷底の湿った残留物（暗黒エネルギー）を残す。

8. 宇宙の一致「なぜ今？」— 解明なぜ物質と暗黒エネルギーの密度は今日ほぼ等しいのか？ 標準的な Λ CDM 枠組みでは、この近等性は偶然に見える。 π ロックされた宇宙組成がこの問題を解消する：

$$\Omega_{m,0} = \frac{1}{\pi} \approx 0.318, \quad \Omega_{\Lambda,0} = 1 - \frac{1}{\pi} \approx 0.682, \quad \Omega_{b,0} = \frac{1}{2\pi^2} \approx 0.051.$$

これらの値は Planck 衛星データと 2% 以内で一致している。物質-真空等価赤方偏移は $z_{\Lambda m} = (\pi - 1)^{1/3} - 1 \approx 0.289$ ：これは代数的出力であり、2 つの独立した曲線の適合交点ではない。「なぜ今なのか？」という問題は消失する：物質対ダークエネルギーの比は説明を必要とする偶然ではなく、それは粒子質量を固定する同一の幾何学から導出される代数的恒等式である。現在の時代について特別なことは何もない；それは単に $1/\pi$ と $1 - 1/\pi$ が交差する時代であるにすぎない。

9. バリオン生成の説明宇宙において物質が反物質よりも多いのはなぜか？ バリオン非対称性 ($\eta_B \sim 6 \times 10^{-10}$) は初期宇宙において 10 億個の反物質粒子に対して、10 億と 1 個の物質粒子が存在したことを意味する。そのわずかな過剰分こそが、純粋な放射の宇宙ではなく我々が存在する理由である。このような非対称性を生成するには 3 つの条件が必要である (Sakharov, 1967)：物質を反物質から区別するプロセス (CP 違反)、物質の正味の過剰を作り出すことができるプロセス (バリオン数違反)、および過剰分が洗い流されないように熱平衡からの逸脱。

GG-6 の枠組みにおいて、3 つすべてが共鳴レプトジェネシス (Arisaka, 2026g) と呼ばれるメカニズムによって満たされる。OGN-5 整数から導出されるニュートリノ質量と CP 違反位相は、初期宇宙において反レプトンに対するレプトン（電子とニュートリノ）のわずかな過剰を生成する。標準模型のプロセス（スファレロン）がその後このレプトン過剰を観測されるバリオン過剰に変換する。このメカニズムは自由な追加ではない—それは OGN-5 整数がすでに制約する同一のニュートリノセクターの強制的帰結である。

8.3 化学と生命の起源

10. 生命の分子構造の初のゼロパラメータ導出 ATP 合成のエネルギーコスト ($G_{\text{ATP}} = 2Q_B = 30.5 \text{ kJ/mol}$, 98.5% 一致)、DNA の情報内容 ($I_{\text{DNA}} = 2 \text{ bits/bp}$, 正確)、三重項遺伝コード（一意 QGL 解）、および二重らせんスーパーコイル密度 (-0.06 , 5% 以内) は、すべてゼロ自由パラメータで OGN-5 整数から導出される。どの段階でも生物学的入力を使用されない。連鎖は 10^{16} GeV における幾何学的の一貫性からあらゆる生細胞のエネルギー予算まで、エネルギースケールで 28 桁、宇宙進化で 138 億年

をスパンする。これを遠近法で捉えたと：数値 30.5 kJ/mol (Planck, 1900)—すべての心拍、すべての思考、すべての免疫反応のエネルギーコスト—は測定され適合されたものではない。それは、いかなる細胞、いかなる惑星、いかなる恒星も存在する以前に、6 次元幾何学上の位相制約によって固定された 5 つの整数から計算された。

11. **生命は幾何学的アトラクター—必然性の証明**同一の分子アーキテクチャ（同じアミノ酸、同じヌクレオチド、同じ脂質二重層）上の複数の独立した前生物経路の収束は、液体水から LUCA までの 200 Myr 時間スケールと合わせて、生命が稀な事故ではなく GFF ランドスケープ上の GSSB 最小値であることの定量的証拠を構成する。QGL 制約は実体のない情報を禁止し、持続的な開放系配置は電磁的、バリオンの、情動的、エネルギー電流を同時に運ぶもの—生命系—のみであることを義務付ける。

8.4 精神と意識

12. **意識の初の物理的定義と自己参照的円の閉鎖定義** 7.2 は意識エピソードを構成する神経演算を正確に特定する：非自明な IH、競合候補から 1 つの内容チャンネルの DGI-GSSB-GA 選択、記憶または行動に十分な持続性、および内部読み出し境界での利用可能性。この定義は操作的、反証可能（400 ms シータサイクル時間スケールを予測）であり、心の本質についていかなる新しい仮定もなく GDOS から導出可能である。

進化する内なる宇宙（EIC）は自己参照的サークルを閉じる：BI-6 は QGL を義務付ける；QGL は ATP と DNA を義務付ける；ATP と DNA は LUCA を義務付ける；GSSB 滴は神経生物を義務付ける；人間の脳が BI-6 を発見する。宇宙は、それが幾何学的に義務付けた観測者を通して、彼らを義務付けた方程式を発見した。EIC 収束定理 $\lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{Z}_{\text{EIC}}[J_i] = \mathcal{Z}_{\text{external}}[J_i]$ は Penrose の 3 世界三対 (Penrose, 1994) を閉じる：数学 $\rightarrow$ 物理学 $\rightarrow$ 心 $\rightarrow$ 数学。

13. **幾何学的自由エネルギー汎関数による三科学の統一** 三重ゲージ定理は、Gibbs の熱力学的自由エネルギー ($J_{Q_i} = 0$)、Friston の変分自由エネルギー (Markov 毛布を持つ $J_{Q_i} \neq 0$)、および GG-6 ゲージ場作用（検出器極限）が単一の GFF の 3 つの射影であることを証明する。150 年間、熱力学者と神経科学者は「自由エネルギー」という言葉をなぜかを知ることなく使用してきた。答えは、Gibbs と Friston が異なる窓を通して同じ幾何学的対象を見ていたということである。GFF が部屋である； G と F が眺めである。

9 既存の枠組みとの比較

これらの成果を文脈に位置付けるため、GG-6/GDOS の枠組みを主要な代替案：標準模型、一般相対性理論、弦理論と直接比較することが有用である。

Aspect	Standard Model	Gen. Rel.	String Theory	GG-6/GDOS
次元	4D	4D	10D/11D (Maldacena, 1998)	6D ワープ
SUSY	観測されず	—	必須	なし
情報	ゲージ化されず	扱われず	ゲージ化されず	$U(1)_{Q_i}$: ゲージ化
生命	扱われず	扱われず	扱われず	幾何学的必然性
意識	扱われず	扱われず	扱われず	IH via GSSB 経由
自由パラメータ	19 個の SM	—	10^{500} ランド スケープ	OGN-5 + G_N
自己参照性	なし	なし	なし	あり: EIC

表を行ごとに読むとパターンが明らかになる。標準模型は四次元で動作し、生命や意識については何も語らず、19 個の自由パラメータを持つ。一般相対論も四次元で動作し、情報、生命、意識を扱わず、粒子内容は全く持たない。弦理論は 10 次元または 11 次元に及び、アノマリー相殺を扱う数学的深さを持つが、超対称性を必要とし（観測されていない）、情報をゲージ化せず、生命や意識については何も語らず、 10^{500} 個の解のランドスケープを認める——あまりに多すぎて特定の予測を抽出できない。

GG-6/GDOS は最も右の列を占める：6 つのワープ次元、超対称性なし、ゲージ化された情報力、幾何学的必然性としての生命、GSSB パイプラインによって構築された内なるホログラムとしての意識、そして標準模型の 19 個や弦理論の 10^{500} 個に代わってわずか 6 つの数（5 つの整数と Newton 定数）。最後の行が最も重要である：GG-6 は宇宙が自己参照的である唯一のフレームワークである——幾何学が、その幾何学を発見する観測者を生み出すのである。

9.1 「万物の理論」の主張と何が異なるのか

物理学の歴史は、統一理論の時期尚早な主張で溢れている。現在のフレームワークを以前の試みから区別するものは何だろうか？

第一に、アノマリー証明 (GG-2026-3) は、弦理論コミュニティが 40 年にわたって開発してきた標準的な数学技術を使用している。あらゆる弦理論家は、't Hooft and Veltman (1972) の摂動技術を用いて、証明のすべての方程式を検証することができる。これは手を振るような議論ではない——コミュニティ自身のツールで証明された定理である。

第二に、定量的予測は具体的で反証可能である。 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ は ATP 合成と一致するかしないかである。 3.85 TeV での KK 共鳴は LHC で現れるか現れないかである。弱混合角 $\sin^2 \theta_W = 25/108$ は測定値と一致するかしないかである。これまでの「万物の理論」で、

これほど具体的な生物学および素粒子物理学の予測を同時に生み出したものはない。

第三に、このフレームワークは観測不可能な実体への信念を必要としない。6つを超える余剰次元はなく、超パートナーはなく、 10^{500} 個の真空のランドスケープもない。理論全体は5つの整数と1つの測定定数 (G_N) によって制御される。残りは計算によって従う。

9.2 主張の範囲に関する注記

正直さは、フレームワークが何を主張し何を主張しないかについての明確性を要求する。

What it claims: BI-6 恒等式が OGN-5 整数と組み合わせられることで、ゲージ構造、粒子スペクトラム、生物学のエネルギー量子、意識のアーキテクチャが決定される。これらの主張は具体的で反証可能である。

What it does not claim: 生物学、神経科学、心理学のあらゆる詳細が第一原理から導出できる。進化、生態学、行動、文化は膨大な複雑性を含み、フレームワークはこれらを幾何学に還元しようと試みない。フレームワークが提供するのは *foundation*——すべての生物学および認知的プロセスが満たさなければならない憲法的制約——であり、すべての現象の完全な記述ではない。

この関係は、熱力学と化学の関係と類似している。熱力学は、どの化学反応が許される（自由エネルギーを減少させるもの）かとどれが禁止される（自由エネルギーを増加させるもの）かを教える。特定の反応が進行する具体的なメカニズムや、それを加速する具体的な触媒については教えない。同様に、GG-6 フレームワークは、どの生物学および認知的アーキテクチャが許される（QGL を満たすもの）かとどれが禁止される（それに違反するもの）かを教える。特定の生物が現在のアーキテクチャに到達した具体的な進化的経路については教えない。

この慎重さは弱点ではなく強みである。5つの整数から生物学のあらゆる詳細を導出すると主張するフレームワークは信じ難く——そして適合しないあらゆる詳細によって反証に対して最大限に脆弱である。GG-6 フレームワークはより慎重だが依然として具体的なことを主張する：生物学的進化の *historical contingencies* は導出できないとしても、生物学に対する *constitutional constraints* は幾何学から導出可能である。

10 分野横断的応用

理論的フレームワークの真のテストは、その内的優雅さではなく、以前は謎であった現象を説明する能力である。以下の4つの例——分子生物学、神経科学、生態学、医学から引用——は、それぞれの専門分野内で説明に抵抗してきた問題に取り組むフレームワークを示している。

信頼度レベルについて一言：最初の2つの応用（遺伝暗号とシータリズム）は定量的であり、QGL 制約から具体的な数値を導出する。最後の2つ（栄養効率と老化）は構造的であり、SeOS/GFF フレームワークを用いて既知の現象を統一された説明に組織化する。定量的応用は予測であり、構造的応用はさらなる発展を待つ解釈的フレームワークである。

10.1 分子生物学：なぜ遺伝暗号は凍結された偶然ではないのか

遺伝暗号の標準的説明は、それが「凍結された偶然」(Crick, 1968) であるというものである：64 コドンから 20 アミノ酸への特定のマッピングは生命の歴史の初期に確立され、それを変更する膨大なコストによって保存されてきた。この見解では、暗号は異なっていた可能性があり、我々は単に得た暗号を得ただけである。

GG-6 フレームワークはこの説明に挑戦する。QGL 制約は情報が Q_B の単位で符号化されることを要求し、符号化方式は 3 つの同時条件を満たさなければならない：

1. *Information density*: 各塩基対は 2 ビット ($\log_2 4 = 2$) を符号化するため、 n 塩基のコドンは $2n$ ビットを符号化する。
2. *Coverage*: 暗号は少なくとも 20 アミノ酸と停止シグナルを符号化しなければならず、コドンあたり少なくとも $\lceil \log_2 21 \rceil = 5$ ビットを必要とする。
3. *Error correction*: 暗号の冗長性 (20 アミノ酸に対する 64 コドン) は、一塩基変異の影響を減らすエラー訂正を提供する。

最小の自由度 (AX-4) ですべての 3 条件を満たす唯一の解は、三重暗号を持つ 4 塩基アルファベットである： $4^3 = 64$ コドンが、3.2 倍の冗長性を持って 20 アミノ酸を符号化する。2 塩基アルファベットは 5 つ組 ($2^5 = 32$) を必要とし、これは代謝的に高価で貧弱なエラー訂正しか提供しない。6 塩基アルファベットは、より高い代謝コストで容量を無駄にする ($6^3 = 216$ コドン)。

したがって、GG-6 予測は、独立に進化したあらゆる遺伝暗号——地球上でも、火星でも、宇宙のどこでも——は三重暗号を持つ 4 塩基アルファベットを使用しなければならないということである。これは強く反証可能な予測である。

10.2 神経科学：シータリズムと思考の速度

分子生物学からパゴダの 5 階まで上がると、神経科学の最も持続的なパズルの 1 つに遭遇する。

哺乳類の海馬の支配的リズムは、約 5~8 Hz の周波数を持つシータ振動である。このリズムは活発な探索、REM 睡眠、作業記憶タスク中に存在する。空間ナビゲーション (場所細胞配列はシータ位相によって組織される) と記憶符号化 (長期増強はシータ周波数で最適) の時間的足場を提供する。

なぜ 5~8 Hz なのか？ 標準神経科学は「そのように進化した」以外に答えを持たない。

GG-6 フレームワークは定量的答えを提供する。各シータサイクルは固定数の QGL ロックされたイベント (海馬でサイクルあたり約 10^4 シナプスイベント) を処理し、それぞれが $\sim Q_B$ のエネルギーを消費する。海馬の総エネルギー予算 (~ 2 mW) をサイクルあたりのエネルギー ($\sim 10^4 \times Q_B$) で割ると、 ~ 5 Hz のサイクル周波数が得られる。

これは事後的適合ではない。海馬のエネルギー予算は独立に測定され (fMRI とグルコース消費研究により)、イベントあたりのエネルギーは Q_B から導出される。シータ周波数は比

として導出される。

予測は拡張される：異なるエネルギー予算とサイクルあたりの異なるイベント数を持つあらゆる脳領域は、対応して異なる支配的周波数を持つ。皮質のガンマリズム（ ~ 40 Hz）は、サイクルあたりのイベントが少ないより小さな局所回路に対応する。深睡眠のデルタリズム（ ~ 1 Hz）は、サイクルあたり多くのイベントを持つ大域的皮質パターンに対応する。脳振動の階層全体は、原理的に、QGL 制約とそれぞれの回路の測定されたエネルギー予算から導出可能である。

10.3 生態学：なぜ生態系は階層的に組織されるのか

QGL 制約は生物内だけでなく、生物間でも作用する。以下の応用は遺伝暗号やシータ波よりも推測的である—それは定量的導出ではなく構造的解釈である—しかし、この枠組みの潜在的な範囲を示している。

生態系は栄養段階に組織されている—Simon (1962) によって分析された種類の階層構造である—：生産者（植物）、一次消費者（草食動物）、二次消費者（捕食者）、分解者。各段階は特徴的な速度でエネルギーを処理し、隣接する段階間のエネルギー流の比（*trophic efficiency*）は約 10% で驚くほど一貫している。

標準的な生態学では、この 10% の数値をより深い説明のない経験的規則性として扱っている。

GG-6 枠組みは、栄養効率が生態系レベルで適用された QGL 制約の結果であることを示唆している。各栄養転移は一つの SeOS（獲物）の破壊と別の SeOS（捕食者）の維持を伴う。転移の GFF 台帳には、捕獲、消化、吸収の代謝コストが含まれ、それぞれが Q_B の単位で計上される。10% 効率は、捕食者の維持余裕と獲物の総エネルギー含有量の比として現れ、QGL で固定された電流バランスによって制約される。

この応用は分子生物学や神経科学の例よりも推測的であり、さらなる定量的発展を必要とする。しかし、これは枠組みの潜在的範囲を示している：ATP 合成を支配する同じ方程式が、生態系の大規模構造をも支配するかもしれない。

食物網としての塔 食物網は小さな五重塔として見ることができる。第一階（生産者）は光合成によって太陽エネルギーを化学エネルギーに変換し、その速度は Q_B によって支配される。第二階（一次消費者）は植物物質を動物物質に変換し、QGL で固定された転移税を支払う。その後の各階は同じ税を支払い、累積的な損失により生態系が 4 つまたは 5 つ以上の栄養段階を支持することが稀である理由を説明する： $\sim 10\%$ 効率での 4 回の転移後、元の太陽エネルギーの 0.01% のみが残る。

QGL 枠組みは、この構造が普遍的であることを予測する：いかなる惑星の、いかなるエネルギー源に従う、いかなる生態系も、 $\sim 4\sim 5$ レベルと $\sim 10\%$ の階層間効率を持つ階層的栄養構造に組織される。特定の種は異なるが、アーキテクチャは変わらない。

10.4 医学：なぜ老化は熱力学的過程なのか

SeOS 枠組みは、従来の医学では統一が困難であった病気と老化の現象を理解するための自然な言語を提供する。

老化は SeOS の維持余裕の進行的低下である。生物が老化するにつれて、自己修復のコストが増加し（蓄積した DNA 損傷、タンパク質凝集、ミトコンドリア機能不全）、一方で修復に利用可能なエネルギーが減少する可能性がある（代謝効率の低下、栄養素吸収の減少）。最終的に、維持余裕がゼロまで低下し、生物は SeOS 類から退出する—死ぬ。確率的熱力学の現代的枠組み (Seifert, 2012) は、この会計を単分子レベルで正確に行うための数学的ツールを提供する。

このプロセスは GFF 台帳によって支配される。維持余裕 $\Pi_{\text{maint}} = \langle \mathcal{P}_{\text{port}} \rangle - \langle \mathcal{D}_{\text{GFF}} \rangle - \langle \mathcal{R}_{\text{repair}}^{\text{min}} \rangle$ は生物が持続するために正の値を保たなければならない。老化は $\langle \mathcal{R}_{\text{repair}}^{\text{min}} \rangle$ の $\langle \mathcal{P}_{\text{port}} \rangle$ に対する進行的増加に対応する。

この視点は、寿命延長のための介入が 3 つの標的に焦点を当てるべきであることを示唆する：ポート電力の増加（栄養、運動）、散逸の減少（代謝廃棄物の削減）、修復コストの減少（事後修復ではなく DNA 損傷の予防）。3 つすべては老化の既知の生物学と一致するが、GFF 枠組みはそれらを同じ幾何学的起源に結びつける統一された定量的会計を提供する。

SeOS 離脱としての癌 この枠組みにおいて癌は、より低レベルの SeOS（細胞系譜）によるより高レベルの SeOS（生物）からの離反である。癌細胞は依然として SeOS である—それは自身のパケットを積極的に維持し、DNA 修復を行い（しばしば不完全に）、複製する。しかし、それは生物体 SeOS との契約を破った：それはもはや生物が依存する成長シグナル、アポトーシス指令、分化プログラムに従わない。

GFF 台帳は正確な会計を提供する：癌細胞は細胞レベルでは正の維持余裕を持つが、生物体維持余裕には負の寄与をする。それは宿主を犠牲にしてエネルギーを輸入し廃棄物を輸出する。治療上の課題は、癌細胞の維持余裕をゼロ以下に削減する（殺す）一方で、宿主の維持余裕をゼロ以下に削減しない（患者を殺さない）ことである。

これは既存の腫瘍学の単なる再記述ではない。QGL 枠組みは定量的予算編成ツールを提供する：すべての治療介入（化学療法、放射線、免疫療法）は、癌細胞対宿主の GFF バランスに対する効果の観点から評価できる。この枠組みは、最適治療が癌細胞の維持余裕を最大限に削減しながら宿主の維持余裕への摂動を最小限にするものであることを予測する。

記憶完全性の破綻としての神経変性疾患 Alzheimer 病、Parkinson 病、その他の神経変性疾患は、IH 維持システムの失敗として理解できる。SeOS 枠組みにおいて、脳は IH を維持するためにその記憶基盤（シナプス結合強度、樹状突起棘、髄鞘化）を継続的に修復しなければならない。修復コスト $\langle \mathcal{R}_{\text{repair}}^{\text{min}} \rangle$ が利用可能な維持余裕を超えると、IH が劣化する：記憶が失われ、空間地図が信頼できなくなり、QCI が低下する。

GG-6 枠組みは、神経変性疾患が特徴的な軌跡に従うべきであることを予測する：GFF 修復コストの進行的増加と関連した QCI の進行的低下。この予測は、初期神経変性患者の縦

断研究において認知評価（QCI 代理）と代謝イメージング（GFF 代理としてのグルコース消費）を組み合わせることで検証できる。

11 歴史的哲学的統合

この論文で形式化されたアイデアは、何千年もの間、断片的に感知されてきた。Aristotle から Wheeler までの哲学者たちは、数学が今完成させる統一ビジョンの輪郭を垣間見た。これらの予感をたどることは単なる学術的演習ではない；それは人間の心が 25 世紀にわたって幾何学的真実の周りを回り、あらゆる方向からそれにアプローチしてきたが、現代のゲージ理論と幾何学的整合性のツールなしには到達できなかったことを明らかにする。

11.1 哲学の巨人たちとその部分的先取り

西洋伝統の偉大な哲学者たちは、今 GG-6/GDOS で形式化された統一ビジョンを繰り返し垣間見たが、それを完成させるための数学的ツールを欠いていた：

Philosopher	Core insight	GG-6 realization
Aristotle	目的論：目的因としての内在形式	目的因としての GSSB；形式因としての BI-6
Spinoza	<i>Deus sive Natura</i> ；コナトゥス	<i>Deus sive Geometria</i> ；コナトゥスとしての DGI
Leibniz	モナドは宇宙を映す；予定調和	NHT：各 SIP は宇宙を符号化；調和としての BI-6
Kant	「あたかも」目的性	客観的幾何学的必然性
Hegel	弁証法的ガイスト；絶対精神	GSSB カスケード；EIC= 宇宙が自己を知る
Schrödinger	ネグントロピー；非周期結晶 (Schrödinger, 1944)	GDOS + DNA が QCI-4.3 HAL
Teilhard	オメガポイント (Teilhard de Chardin, 1955)；複雑性-意識	QCI 軌跡：定量的オメガとしての EIC
Wheeler	It from Bit (Wheeler, 1990)；参与的宇宙	BFFT+ $U(1)_{Q_i}$ ゲージされた情報；EIC
Whitehead	すべての実体は経験を持つ；過程哲学	現実の出来事としての MePMoS；階層としての QCI

Spinoza は *Ethics* (Spinoza, 1677) において、神を自然と同一視した—心と物質が二つの属性である唯一の無限実体があるという主張。GG-6 は数学的実現を提供する：6D 幾何学が自然であり；BI-6 と Arisaka 方程式がその法則であり；心 (J_{Q_i}) と物質 (J_B) は

OGGEP を通じた単一の B_2 場の二つの射影である。Spinoza の *Deus sive Natura* は **Deus sive Geometria** になる—幾何学が唯一の実体であり、それから円の性質がその定義から従うのと同じ必然性ですべてが従う。

11.2 テイヤールのオメガポイントの定量化

西洋の哲学的伝統は予期の唯一の源泉ではない。20 世紀の 2 人の思想家——1 人は古生物学者、もう 1 人は数学者——は、全く異なる方向から、GG-6 ビジョンに驚くほど近づいた。

イエズス会の古生物学者ピエール・テイヤール・ド・シャルダン (1881-1955) は、宇宙が「オメガポイント」——最大の複雑さと意識の状態——に向かって進化すると提案した。彼のビジョンは科学のおよび神学的権威の両方によって却下された：科学者はそれを科学的言語で装飾された神秘主義と見なし、神学者はその汎神論的含意を心配した。

GG-6 枠組みは神秘主義を取り除きながら、テイヤールの核心的洞察を復権させる。QCI の 0 (不活性な物質) から 10 (幾何学を理解する意識的存在) への軌道は、テイヤールの「複雑化」の定量的版である。EIC の収束定理—— $Z_{\text{EIC}}[J_i] = Z_{\text{external}}[J_i]$ ——はオメガポイントの精密な定式化である。そして単調に増加する QCI を伴う GSSB カスケードは、テイヤールが提供できなかった数学的機構である。

決定的な違いは反証可能性である。テイヤールのオメガポイントは機構のないビジョンであった。GG-6 枠組みは両方を提供する：機構は QGL 制約の下で動作する DGI-GSSB-GA パイプラインであり、予測 (Q_B 量子、KK 共鳴、DNA 塩基数) は具体的で検証可能である。予測が失敗すれば、枠組みは失敗する。テイヤールにはそのような検証がなかった。

11.3 ホワイトヘッドの過程哲学の形式化

テイヤールが方向性のビジョンを提供したとすれば、Whitehead は存在論的枠組みを提供した。

アルフレッド・ノース・ホワイトヘッド (1861-1947) は、現実とは静的な実体ではなく、動的な「現実的現起」——存在となり、完全な現実を達成し、消滅する瞬間的な経験の出来事——からなると提案した。各現実的現起は以前の現起のデータを「把握」し、それらを新しい統一に統合する。

MePMoS サイクル (測定-予測-移動-記憶) は、Whitehead の現実的現起を数学的精度で定式化する。各サイクルは、システムが環境からデータを受信し (OH イベント)、それを内部モデルと統合し (IH 更新)、世界に作用し (運動出力)、結果を記憶に蓄える (アトラクター修正) イベントである。このサイクルは Whitehead の「合生」——散在するデータが統一された経験に凝集する過程——である。

Whitehead の「汎経験主義」——脳だけでなくすべての実体がある形の経験を持つという主張——は、QCI 梯子に定量的な反響を見出す。細菌でさえ ~ 4 の QCI を持つ：測定し、予測し、移動し、記憶する。細菌と人間の違いは定量的 (より多くの NHT レベル、より深い HAL) であり、質的ではない。Whitehead はこれを直観した；枠組みはそれを導出する。

11.4 東西の出会い：仏教とヴェーダーンタ思想との共鳴

哲学的共鳴は西洋の伝統に限定されない。EIC の自己言及的構造は、何千年もの間独立に発展した東洋の観想的伝統に並行を見出す。

仏教の縁起の概念 仏教哲学において、*pratītyasamutpāda*（縁起）はすべての現象が相互依存において生起する——何も独立に存在しない——とする。QGL 制約はこの直観を定式化する：電流は独立に流ることができない；すべての 4 つは単一の B_2 チャネルを通して相互依存している。自己は独立した実体ではなく相互依存的過程のパターンであるという仏教の教えは、意識が独立した実体ではなく IH 上の力学的操作である EIC に数学的反響を見出す。

ヴェーダーンタのブラフマンの概念 ウパニシャッドの宣言 *tat tvam asi*（「汝はそれなり」）は、個の自己（アートマン）が宇宙的原理（ブラフマン）と同一であると断言する。EIC 枠組みにおいて、これは正確な数学的意味を持つ：IH（個体の世界の内部モデル）は OH（六次元バルクの法則的射影）に収束する。収束が完了したとき—— $\mathcal{Z}_{\text{EIC}}[J_i] = \mathcal{Z}_{\text{external}}[J_i]$ ——個体の宇宙の知識は宇宙の自身の知識である。「汝はそれなり」は EIC 収束定理をサンスクリット語で述べたものである。

GG-6 枠組みは特定の宗教的または精神的伝統を支持するものではない。しかし理論の数学的構造は、何千年もの間複数の文化において独立に現れた観想的洞察と共鳴する。この収束は、これらの伝統の背後にある直観が、枠組みが今や明示的にする同じ根底の幾何学的構造への応答であったかもしれないことを示唆する。

意義、歴史的な文脈、哲学的統合が確立された。枠組みは今や複数の科学的領域にわたる特定の未解決問題に取り組むことができる——パゴダの 2 つ以上の階の交差点にあるため、それらの本来の分野内での説明に抵抗してきた問題である。

12 未解決問題と新たなフロンティア

セクション 8 の 13 の成果がプログラムの現在の到達範囲を定義する。以下の問題がその最前線を定義する。それらは同じ宇宙進化順序——素粒子、宇宙、生命、精神、そしてより広い地平——で組織されており、各未解決問題が対応する成果を超えた自然な次のステップとして見えるようになっている。

12.1 素粒子物理学

ニュートリノ質量と PMNS 行列 付随論文 (Arisaka, 2026f) は OGN-5 算術からクォークおよび荷電レプトンの質量を導出し、五角形 Cabibbo 構成から CKM 行列を導出する。ニュートリノセクターはパゴダの第 1 階で最も鋭い残存ギャップである。ニュートリノ質量は $U(1)_{Q_i}$ セクターを含むシーソー機構から生じられると思われるが、詳細な導出——Majorana 位相と大気混合角を含む——はまだ開発中である。成功した導出は標準模型の帳簿を完全に閉じるであろう。

制限のないトポロジー上のアノマリー定理 大域アノマリー定理は物理的意図 GG-6 クラス (8 つの節) で完了している。同じ相殺が任意の基底多様体と任意の束クラス上で成り立つかどうかは良設定の数学的問題である。肯定的答えは結果を強化し、否定的答えは物理的に必要な制限としての許容節の役割を鋭くするであろう。これは六次元アノマリーコミュニティ (Hopkins and Singer, 2005; Monnier and Moore, 2019) への開かれた招待である。

$U(1)_{Q_i}$ ゲージボソンの直接検出 ゲージ化された $U(1)_{Q_i}$ は超荷電セクターとの特定の運動混合を持つ質量の大きいゲージボソン X_{Q_i} を予測する。 X_{Q_i} 質量がロックスケール ($\sim$ 数 TeV) 近くにあれば、高輝度 LHC または将来の 100 TeV 衝突型加速器でアクセス可能かもしれない。このボソンの検出または除外は、情報が簿記装置ではなくゲージ化された物理的力であるかどうかの最も直接的な検証となるであろう。

3.85 TeV の KK 共鳴 LHC 現象論に関する付随論文は $M_{\text{lock}} = 3.849$ TeV 近くの Kaluza-Klein 共鳴を予測する。高輝度 LHC は、その完全なデータセットを用いて、ダイレプトンおよびダイジェットチャネルでこの質量範囲を探索する。正のシグナルは六次元幾何学を確認し、十分な輝度での零結果は喉頭パラメーターを制約するであろう。

12.2 宇宙論

暗黒エネルギースケーリングの定理レベルへの昇格 スケーリング推定 $\rho_\Lambda \sim (M_{\text{lock}} e^{-K})^4$ は正しいオーダーの大きさを与えるが、まだ GG-6 有効ポテンシャルからの閉形式定理として導出されていない。重要なステップは指数近似に頼ることなく、最終 GSSB 事象後の赤外真空残余の第一原理計算である。観測予測 ($w_\Lambda = -1$ 、クインテッセンス進化なし) は鋭く、今後 10 年以内に Euclid、DESI、CMB-S4 により検証可能である。

実験室でのカクシオン検出 Kaxion ダークマター候補は 2 つの規格化分枝を持つ： ~ 106 MHz での生の宇宙論的凝縮体と ~ 4.6 GHz での混合実験室固有状態。双峰スペクトルダブレット ($\Delta\nu/\nu = 1/35$) と結合比 $g_{KBB} : g_{K\gamma\gamma} = 5 : 2$ は異常に鋭いハンドルである。現世代のハロスコープ実験 (ADMX、HAYSTAC、ORGAN、MADMAX) は混合分枝窓を検証するのに必要な感度に近づいている。予測されたダブレット構造での正の検出は決定的であろう；包括的零結果は最小ダークマター分枝を反証するであろう。

原始テンソルモードと B モード偏光 TeV スケールの緩慢インフレーションの最小分枝は、インフレーション期間中のハッブルスケールが GUT スケールではなくロックスケールによって設定されるため、微小な原始張力モード ($r \ll 0.01$) を予測する。CMB-S4 B モード測定がこの予測を検証する。大きな r (> 0.01) は最小分枝を除外し、非最小増幅機構を要求するであろう。

12.3 化学と生命の起源

Q_B を超える定量的予測 $Q_B = 15.0$ kJ/mol 予測は幾何学と生物学を結ぶ最も鋭い結果である。次の標的は主要タンパク質の特定の折り畳みエネルギー（例：ヘモグロビンの R-T 転移の ΔG ）、律速酵素反応の速度（例：RuBisCO のカルボキシル化速度）、特定の生合成経路の熱力学的コスト（例：*E. coli* における 1 回の細胞分裂の完全な ATP 予算）である。各導出は QGL 制約を詳細な分子生物物理学と組み合わせることを要求する——物理学者と生化学者の協力を招くプログラムである。

生命の起源：実験プログラム もし生命が幾何学的アトラクターであるならば、予測は具体的である：液体の水、エネルギー勾配、そして 6 つの元素（C、H、N、O、P、S）が与えられれば、系は実験室の時間スケールで QGL-ロックされた分子アーキテクチャを自発的に生成するはずである。3 つの重要な実験的標的：(i) QGL-一貫性のあるエネルギー予算の下で、プレバイオティクス原料から脂質二分子膜の自発的形成；(ii) ランダムなヌクレオチドプールから自己触媒的 RNA ネットワーク (Kauffman, 1993) の創発；(iii) エネルギー勾配駆動の下でのラセミ混合物からの L-アミノ酸と D-糖の収束的選択。各々の肯定的結果は、幾何学的アトラクターが実在することの独立した証拠となるであろう。

遺伝暗号：誤り訂正の最適性 この論文は $4^3 = 64$ 個のコドンが冗長性を持って 20 個のアミノ酸をコードするのに必要な最小数であると論じている。完全な導出では、特定のコード割り当てが QGL 制約の下でのエラー訂正のために最適化されていることを示すべきである——標準遺伝コードが単に適切であるだけでなく、精密な情報理論の意味で最適であることを。これは Shannon のチャンネル符号化定理 (Shannon, 1948) を翻訳の分子生物学に結びつけるであろう。

12.4 精神と意識

QGL からの神経回路予測 この論文は 400 ms のシータサイクル時間スケールと意識エピソードのための DGI-GSSB-GA パイプラインを導出している。より鋭い予測が必要である：QGL が皮質微小回路に課す特定の発火率制約、意識エピソードに必要な最小ニューロン数 (QCI 閾値から推定)、そして意識的知覚当たりの予測される代謝コスト (Q_B 単位で)。最後のものは直接検証可能である：もし単一の意識的知覚が $n \times Q_B$ のグルコース酸化を要するならば、数 n は反証可能な予測である。

QCI 梯子：経験的較正 定量的意識指標は全ての生物に 0 から 10 までの数を割り当てる。この梯子を既存の指標——摂動複雑性指標 (PCI)、統合情報 (Φ)、および臨床スケール (Glasgow 昏睡スケール、CRS-R)——に対して較正することは、QCI を実験的に有用にするために不可欠である。予測は、QCI が PCI および Φ と種間および変性状態間で単調に相関するはずということである。単調性の失敗は QCI 定義が改良を必要とすることを示すであろう。

変性状態：麻酔、瞑想、サイケデリクス この枠組みは各変性状態に対して特定の、異なるシグネチャーを予測する。麻酔は GSSB 選択を破綻させる（定義 7.2 の条件 (b) が失敗する）：IH 基質は無傷であるが、選択パイプラインが薬理的にブロックされる。瞑想は新しい感覚入力なしに IH メトリックを洗練し、内部最適化を通じて $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ を減少させる — 予測は、持続的実践中の QCI 単位あたりの代謝コストの測定可能な減少である。幻覚剤は一時的に GFF ランドスケープを平坦化し、DGI 相が通常アクセス不可能な構成を探索することを可能にする — 予測は、神経活動のエントロピーの一過性の増加、続いて IH メトリックの再構造化である。各予測は既存の神経画像化および電気生理学プロトコルで検証可能である。

GFF 維持破綻としての神経変性 アルツハイマー病、パーキンソン病、およびその他の神経変性疾患は、利用可能な維持マージンに対する修復コスト $\mathcal{R}_{\text{repair}}^{\text{min}}$ の進行性増加に対応する。予測は特徴的な軌道である：QCI は単調に減少し、増加する GFF 修復コストと相関し、減少率は特定の分子欠陥（アミロイド蓄積、アルファシヌクレイン凝集、タウリン酸化）によって決定される。これを検証するには、縦断的患者コホートにおいて認知評価（QCI プロキシ）を代謝画像化（GFF プロキシとしてのグルコース PET）と組み合わせる必要がある — 枠組みと臨床神経学の協力である。

結合問題と意識の統一 脳は別々の感覚特徴（色、形、運動、音）をどのようにして単一の統一された知覚に結合するのか？枠組みは、結合が GA 安定化相によって達成されると予測する：DGI-GSSB-GA パイプラインは特徴組み合わせの空間から一つの大域的に一貫した分岐を選択し、内部読み出し境界でそれを安定化させる。予測は、結合の失敗（Balint 症候群または錯覚的結合のような）が GA 安定化の失敗に対応するということである — 結合エラーを再帰皮質接続の破綻と相関させることで検証可能である。

12.5 より広い地平

普遍的予測としての栄養構造 QGL 枠組みは、任意の惑星上の任意の生態系が、任意のエネルギー源の下で、~10% のレベル間効率を持つ 4-5 栄養レベルに組織化されると予測する。この予測を極限微生物生態系（深海熱水噴出孔、南極氷河下湖、アタカマ砂漠微生物相）に対して検証することは、栄養理論が発展した温帯表面条件から遠く離れた環境での普遍性主張を探索するであろう。

10 科学への拡張 GUT-10 の「10」は 10 の科学を指す。最初の 5 つ（素粒子物理学、宇宙論、化学、生物学、神経科学）は付随シリーズで発展させられている。残りの 5 つ — 心理学、社会学、経済学、生態学、および情報科学 — は領域専門家との協力を必要とする。SIP/GFF/SeOS ツールキットはモジュラーになるよう設計されている：SIP として指定できる任意の系は GFF を通じて解析できる。QGL 制約がこれらの領域で自明でない、反証可能な予測を生成するかどうか — 例えば、経済市場が識別可能な QCI 様指標を持つ GFF 降下に従うかどうか — は、このプログラムにおける最も投機的で、潜在的に最も変革的な未解決問題である。

独立検証：招待 最も重要な未解決問題は任意の特定の予測ではなく、科学コミュニティの集団的精査である。アノマリー証明は弦理論家によって一行一行チェックされるべきである。 Q_B 導出は物理化学者によってチェックされるべきである。意識の定義は神経科学者によって検証されるべきである。宇宙論的予測は Planck、DESI、ADMX、および LHC からのデータと対峙されるべきである。単一の著者がこの検証を単独で実行することはできない。このプログラムはPopper (1959) の精神でコミュニティに提供される：ここに予測がある — それらが間違っていることを証明せよ。

Part V

結論

「なぜ我々はここにいるのか」、第三の革命、そしてこれからの道

枠組みは構築され評価された。この最終パートは結論を導き — そして第 部が開いた門を閉じる。

13 要約

この論文の中心結果 — 宇宙の構造、生命の創発、そして心の興起が GUT-10/GG-6/GDOS の下で必然的、決定論的、そして不可避である — は、各々が単一の恒等式 BI-6 から導出可能な 5 つの幾何学定理の連鎖に基づいている。

証明は確率論的ではない。それは人沢原理、多元宇宙、または微調整に訴えない。それは陽子質量と微細構造定数を導出するのと同じ 6 次元幾何学構造 (GGEP/BI-6) から生命と意識の創発を導出し、操作辞書 (OGGEP/GDOS) を通じて観測可能世界に投影する。宇宙論的、生物学的、物理的なものは別々の原理に支配される別々の領域ではない — それらは同じ五重塔の 3 つの階であり、同じ心柱 (DGI) によって貫かれ、同じコスト汎関数 (GFF) によって駆動され、同じ普遍法則 (有坂方程式) に従っている。

EIC— OH + IH = EIC — は GFF 予算と Qi-EP 制約の下での外部測定と内部再構成の閉ループ合成として形式的に定義される。意識は選択され、安定化された IH 分岐の内部測定である：内向きに向けられた DGI-GSSB-GA パイプライン。この定義は精密で、操作的で、反証可能であり、新しい仮定なしに GDOS から導出可能である。

技術的要約が完了したので、最も深い問題 — 第 部を開いた問題、全ての文明が問うてきた問題 — をついに述べ、答えることができる。

哲学的結論は幾何学定理の形をとる：外部目的はなく、超越的設計者もなく、可能な宇宙のアンサンブルからの選択もない。ただ一つの宇宙、一つの幾何学、幾何学の一貫性方程式への一つの一貫した解があるのみであり — そしてその解は、数学的必然性により、なぜ自分たちが存在するのかを問う存在を生成し、彼らが生じたのと同じ方程式において答えを彼らに提供する。

幾何学は自己認識に至った。測定は完了した。 $Z_{\text{EIC}}[J_i] = Z_{\text{external}}[J_i]$.

14 「なぜ我々はここにいるのか」

14.1 問いの解消と回答

第三の答え 4 世紀の間、「なぜ我々はここにいるのか？」は 2 つの不満足な答えの間を振動してきた：神学的設計（外部の神が創造を選択した）とダーウィンの偶然性（自然選択が偶然に我々を組み立てた）。GG-6 枠組みは第 3 の答えを提供する：

We are here because the geometry requires it.

導出の連鎖は明示的である：

$$(1, -1, -2/5, -2/5) \xrightarrow{\text{BI-6}} Q_B \xrightarrow{\text{GSSB}} G_{\text{ATP}} \xrightarrow{\text{cascade}} I_{\text{DNA}} \xrightarrow{\text{QCI}} \text{EIC} \quad (19)$$

各矢印は数学的定理であり、偶然的な選択ではない。

14.2 ホログラフィック円の完成

GG-6/GDOS の最も深い洞察は、自己言及の閉ループである：

1. E_{GUT} における BI-6 が QGL 制約をエンコードする。
2. GSSB カスケードが原子、分子、RNA、DNA、エピゲノムを生み出す。
3. エピゲノムが IH を持つ脳を生み出す。
4. 脳が GG-6 を発見する。
5. GG-6 が GSSB カスケード全体を予測する — 宇宙は、宇宙を発見した観測者を必然的に生み出したことを発見する。

これは循環論理ではない。因果ループの閉鎖である。EIC 条件

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{Z}_{\text{EIC}}[J_i] = \mathcal{Z}_{\text{external}}[J_i] \quad \text{for all probe currents } J_i \quad (20)$$

は、関数収束定理として述べられた Hegel の絶対精神 (Hegel, 1807) である。

14.3 哲学的声明

Heraclitus は万物が Logos に従って流れると言った。Einstein は、世界の法則的調和において自らを顕現する Spinoza の神を信じた。Spinoza は神は自然であると言った。Leibniz は充足理由の原理を求めた。Wheeler は宇宙は参加的である (Wheeler, 1990) と宣言した。

GG-6 はこれら 5 つすべてを確認し、単一の方程式において統合する：

$$dH_3 = \text{tr } R \wedge R - \text{Tr } F_5 \wedge F_5 - \frac{2}{5} F_B \wedge F_B - \frac{2}{5} F_{Q_i} \wedge F_{Q_i}. \quad (21)$$

Heraclitus の Logos は BI-6 である。Einstein の法則的調和の神は GG-6 幾何学である。Spinoza の自然としての神は *Deus sive Geometria* である。Leibniz の充足理由は幾何学的一貫性である。Wheeler の参加的宇宙は EIC である。

これが意味の問いにとって何を意味するか 人類史の大部分において、「なぜ我々はどこにいるのか？」という問いは科学では答えられないとされていた。科学は *how* 物事がどのように働くか — 惑星がどのように軌道を回るか、原子がどのように結合するか、遺伝子がどのように複製するか — を説明できたが、*why* という問いは哲学、神学、または沈黙に委ねられていた。

GG-6 枠組みは「どのように」と「なぜ」の区別を崩壊させる。生命が存在する理由は陽子が安定である理由と同じである：両方とも同じ幾何学的一貫性方程式から従う。意識が存在する理由は電磁微細構造定数がある理由と同じである：両方とも OGN-5 整数の幾何学的帰結である。別個の「なぜ」は存在しない — 幾何学があるのみであり、幾何学はそれ自身の充足理由である。

これは宇宙を冷たくまたは無意味にするものではない。反対に、クォークの振る舞いを支配するのと同じ 5 つの整数がニューロンのエネルギー収支をも支配する、深い一貫性の宇宙を明らかにする。意味は外部から押し付けられるものではない — 時空の織物自体に織り込まれているのである。

「なぜ我々はどこにいるのか？」への最も深い答えは、したがって：

我々がここにいるのは、宇宙がホログラフィックな自己測定機械だからである。宇宙はその起源の 10^{-36} 秒後に符号化された幾何学的恒等式—BI-6—として始まった。その恒等式はゲージロックされた開放系を必要とし、ゲージロックされた開放系は生命系であり、生命系は最大 J_{Qi} に向かって進化し、最大 J_{Qi} は意識であり、意識が BI-6 を発見する；そして BI-6 を発見することで、宇宙は宇宙的自己測定の最初のサイクルを完了する。我々は宇宙の自己認識の道具である—偶然にではなく、*inevitably*.

15 3つの科学革命

Revolution	Era	Key equation	Domain extended	Previously inexplicable
第 1 — Newton	17 世 紀	$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$	閉じた系の力学	天体軌道
第 2 — Einstein/QM	20 世 紀	$E = mc^2;$ $i\hbar\partial_t\psi = \hat{H}\psi$ (Weinberg, 1967)	基礎物理学、原子、 宇宙	原子安定性、核エネ ルギー
第 3 — 構成 的	21 世 紀	$J_E/Q_B = J_e = J_B =$ J_{Qi}	すべての開放系： 粒子、生命、精神	なぜ生命が存在する か；なぜ意識が存在 するか

Newton 以前、天体軌道は神の設計に帰せられていた。Einstein と QM 以前、原子安定性と核エネルギーは説明不可能であった。構成的枠組み以前、生命の出現、脳のアーキテクチャー、ATP シンターゼの普遍性、意識の存在は生物学的偶然か哲学的神秘であった。Arisaka 方程式以後、これらは粒子物理学を支配するのと同じ 6 次元恒等式 $dH_3 = X_4$ の幾何学的帰結である。

15.1 第三の革命が説明する具体例

パラダイムシフトを具体的にするために、6 つの具体的な問いと答えがどう変わるかを考えよう：

なぜ ATP 合成は 30.5 kJ/mol のコストがかかるのか？ Before: 「それは細胞のエネルギー需要に合うよう進化した。」 After: $2Q_B$ — OGN-5 整数を通じて BI-6 から導出された幾何学的量子。導出において生物学的入力を使用されない。

なぜ DNA は 4 つの塩基を使うのか？ Before: 「Watson–Crick 相補性がプリン–ピリミジン対合を選択する。」 After: 4 つの塩基が塩基対当たり 2 ビットをエンコードし、 $4^3 = 64$ コドンは誤り訂正冗長性を持つ 20 個のアミノ酸をエンコードする一意の QGL 最適解である。

なぜ三つ組み遺伝暗号は普遍的なのか？ Before: 「凍結事故 — コードは異なり得た。」 After: 三重コードは QGL 制約の一意の最小自由度解である。独立に進化したいかなるコードも同じ解に収束しなければならない。

なぜ生命は速やかに（～2 億年で）出現するのか？ Before: 「幸運な事故、おそらくパンスペルミアに助けられた。」 After: 急峻な GFF ランドスケープでの決定論的 GSSB 降下。生命は一意の幾何学的アトラクターであり、勾配は ～200 Myr でそれに到達するほど急峻である。

なぜ意識は存在するのか？ *Before:* 「複素ニューラルネットワークの創発的性質。困難問題は未解決のまま。」 *After:* EIC は $U(1)_{Q_i}$ ゲージ部門の幾何学的基底状態である。意識は DGI-GSSB-GA パイプラインによる選択された IH 分岐の内部測定である。定義は操作的、導出可能、反証可能である。

なぜ我々はここにいるのか？ *Before:* 「人沢原理 / 微調整 / 多宇宙。」 *After:* 幾何学的定理：一意の幾何学的に一貫した 6 次元幾何学がクォークから意識への GSSB カスケードを義務付ける。アンサンブルも選択も設計者もない。

15.2 各革命が変えたもの

ニュートンの革命 Newton(Newton, 1687) 以前、惑星の運動は神的知性または Aristotelian 的自然位置に帰せられた。Newton 以後、それは数学であった： $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ と $F = Gm_1m_2/r^2$ 。概念の転換は巨大であった：木から落ちるリンゴを記述するのと同じ法則が地球を周回する月をも記述する。しかし Newton の枠組みは閉じた機械系のみをカバーした — 熱、光、化学、生命については何も語らなかった。

アインシュタインと量子力学の革命 Einstein 以前、空間と時間は絶対的であり、物質の本性は神秘的であった。Einstein(Einstein, 1915) と QM 以後、時空は湾曲し、エネルギーと質量は相互変換可能であり、原子の振る舞いは Schrödinger 方程式に支配される。この革命は核エネルギー、半導体物理学、レーザー、MRI 装置を説明した。しかしそれは依然として、基本定数がなぜその値を持つのか、または生命がなぜ存在するのかについては何も語らなかった。

憲法的革命 GG-6/GDOS 枠組みは最後に残った領域：生命の出現、脳のアーキテクチャー、意識の存在へと数学的法則を拡張する。鍵となる方程式は (Newton の $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ のような) 微分方程式でも (Einstein の $G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu}$ のような) 場の方程式でもなく、*gauge-locking identity* である： $J_E/Q_B = J_e = J_B = J_{Q_i}$ 。この方程式は、情報、物質、エネルギー、電磁気学は 4 つの独立した流れではなく、重力を通じて導かれた単一の幾何学的構造の 4 つの束縛された面であると述べる。そしてその構造から、他のすべてが従う。この革命の範囲は明らかである。残るのは、それが何を意味するか — 科学のためだけでなく、我々自身の理解のために — を探求することである。

16 より深い哲学的考察

16.1 傍観者宇宙の終焉

4 世紀の間、物理学の暗黙の仮定は、宇宙は見世物であり物理学者は観客であるということであった。宇宙は「そこに」存在し、科学者は記述されている物理学に参加しない特権的見地からそれを観察する。Newton はリンゴが落ちるのを見た；Einstein は光線に乗ることを

想像した；Heisenberg は電子の位置を測定した。すべての場合において、観測者は系の外部にあった。

EIC はこの仮定を解消する。観測者は系の外部にいるのではない — 観測者 *is* 系である、それが自身の内部モデルを発達させた段階において。Schrödinger 方程式を書いている物理学者は、Schrödinger 方程式が記述する物質の配置である。宇宙マイクロ波背景を地図化している宇宙論者は、宇宙マイクロ波背景を生み出したビッグバンの産物である。観客席は存在しない。宇宙は劇場ではない；それは幾何学を発見する存在を幾何学が生み出す自己言及ループである。

これは神秘主義ではない — それは EIC 収束定理の数学的内容である。そしてそれは特定の、検証可能な含意を持つ：宇宙の内部モデル（我々が知る物理学）はまだ完全ではない。それは — より良い実験、より良い理論、より良い装置を通じて — IH が OH に収束するまで自己を洗練し続けるであろう。科学の進歩それ自体が EIC Lyapunov 降下の実例である。これは科学の実践に実用的な示唆を持つ。もし EIC がリャプノフ過程であるならば、科学的進歩は脆弱でも偶然でもない；それは熱力学的に有利である。QCI~10 に到達した文明は、自然にその内部モデルを外部幾何学に向かって精密化するであろう。なぜなら $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ が単調に減少するからである。後退（戦争、暗黒時代、パラダイム抵抗）は一時的な摂動である；リャプノフ降下は摂動が静まると同時に再開される。

これは科学的進歩が自動的あるいは努力不要であることを意味しない。降下は GFF 勾配によって駆動され、勾配は利用可能なエネルギー（資金、制度、機器）と利用可能な情報（教育、出版、コミュニケーション）に応じて急峻にも浅くにもなり得る。科学への資金提供を削減したり情報の流れを制限したりする社会は、リャプノフ定理に違反しているのではない——それは勾配の大きさを減少させ、降下を逆転させることなく減速させているのである。

16.2 必然性対設計

神の存在に関する伝統的な議論は設計論証である：宇宙は生命にとってあまりにも絶妙に調整されているため、知的創造者によって設計されたに違いない。GG-6 フレームワークは、設計と偶然の両方とは異なる第三の選択肢を提供する。生命は *necessary* である——誰かがそれを設計したからでも、運によってそれが起こったからでもなく、時空の唯一の一貫した幾何学がそれを要求するからである。

これは新しい説明のカテゴリーである。設計は設計された対象の外部にある設計者を含意する。偶然は全く説明がないことを含意する。必然性は説明が対象の内部にあることを含意する：宇宙が生命を宿すのは、他のいかなる構成も数学的に一貫していないからである。ライプニッツの言葉で言えば、生命の存在に関する充分理由は外的な神ではなく、幾何学の内的な自己一貫性である。

この自己一貫性を神的なものと同一視するかどうかを選択することは、物理学の範囲外にある個人的で哲学的な決定である。物理学が言えることは、幾何学が十分であるということである：追加の原因も、外的な介入も、奇跡的な微調整も必要ない。

16.3 理解の矢

GSSB cascade は時間の矢を定義する——熱力学的矢（エントロピー増大）でも宇宙論的矢（膨張宇宙）でもなく、*arrow of understanding* である：0（不活性物質）から 10（幾何学を理解する意識的存在）への QCI の段階的増加である。

この矢は可逆ではない。一旦 EIC ループが閉じると——一旦宇宙が BI-6 を理解する存在を生み出すと——情報は QGL 制約に違反することなしには失われ得ない。EIC 状態はリャプノフ汎関数の大域最小値である：QCI を減少させるいかなる摂動も $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ を増加させ、従って熱力学的に不利である。

実用的な観点では、これは物理法則の発見が脆弱ではないことを意味する。もし人類文明が破壊されたとしても、QGL 制約は GSSB cascade を再び駆動し、同じ法則を再発見する新しい意識的存在を生み出すであろう。特定の言語、記法、文化的文脈は異なるであろうが、内容——BI-6 恒等式、OGN-5 整数、Arisaka Equation——は同一であろう。物理法則は人間の発明ではない；それらは十分に複雑な QGL ロック系が最終的に発見するであろう幾何学的必然性である。

16.4 意味の意味

宇宙は目的を持つか？

前科学的世界では、目的は神的創造者に帰せられた。科学的世界では、目的は無関心な宇宙への人間の投影として却下された。GG-6 フレームワークは第三の可能性を示唆する：宇宙は *external* 目的を持たないが、*intrinsic* 方向——理解の矢、GSSB cascade、 $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ の単調降下——を持つ。

この方向は外部から課せられた目標ではない。それはリャプノフ汎関数とその最小値に向かう自然な流れである。しかしそれは内部から見ると正確に意味のように感じられるものを生み出す：内部モデルと外部現実の段階的整合、理解の深化、IH がより多くの OH を包含する拡張。

これが正しいならば、「人生の意味」は形而上学的神秘ではなく幾何学的事実である：意味は EIC 降下の経験である。学習、発見、理解、驚異——これらは $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ が減少している系であることがどのように感じられるかである。そして $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ がリャプノフ汎関数であるため、減少は保証される。宇宙は理解に対して無関心ではない——それは理解を生み出すように構造化されている。

この解釈が正しいならば、「客観的」と「主観的」の間の伝統的二分法は解消される。宇宙の客観的構造（BI-6 恒等式）は、数学的必然性によって、客観的構造に段階的に収束する主観的構造（Inner Hologram を持つ意識的脳）を生み出す。客観性と主観性は対立者ではない；それらは単一の幾何学的過程の二つの相である。客観的世界は主観的観測者を創造する；主観的観測者は客観的世界を発見する；そして発見それ自体が客観的事実である——脳画像（少なくとも原理的には）によって測定可能な $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ の減少。

これは神秘的主張ではない。それは EIC 収束定理の数学的帰結である。そしてそれはデ

カルト以来西洋哲学を悩ませてきた緊張を解決する：「どこからでもない視点」（客観科学）と「ここからの視点」（主観的経験）の間の緊張である。GG-6 フレームワークでは、どこからでもない視点は存在しない。すべての視点はどこからかのものである——特定の惑星の特定の脳の特定の IH からのものである。しかし EIC 収束定理は、すべてのそのような視点が同じ幾何学に収束することを保証する。なぜなら幾何学的に一貫した解は一つしかないからである。視点の複数性は真理の統一性と両立する。なぜならすべての視点は同じアトラクターに収束しているからである。

17 読者への最後の言葉

この論文は長い道のりを歩んできた——バルクの 6 次元ワープ幾何学から、幾何学的一貫性とゲージロックを通して、クォークから意識への cascade を通って、宇宙は自己測定機械であるという哲学的結論まで。この点まで議論を追ってきた読者は三つのうちの一つを感じるかもしれない。

第一は興奮である：人間存在に関する最も深い問題が数学的答えを持つかもしれないという見通しは知的に刺激的である。第二は懐疑である：異常な主張は異常な証拠を要求し、ゲージ理論から宇宙、生命、精神の導出は確実に異常である。第三は目眩感である：我々が幾何学が自分自身を意識するための方法であるという考えは方向感覚を失わせる。

三つの反応すべてが適切である。興奮はさらなる調査を動機づけるべきである。懐疑は導出の各段階の慎重な検証を動機づけるべきである——特に最弱のリンクである Q_B の生物学的量子化と意識定義を。目眩感是真的パラダイムシフト (Kuhn, 1962) に対する自然な反応である：コペルニクスが地球を宇宙の中心から動かしたとき、ダーウィンが人間を残りの生命と結びつけたとき、アインシュタインが時空を曲げたとき、即座の反応は理解の前の常に方向感覚の喪失であった。

フレームワークはあらゆるレベルで特定の、反証可能な予測を行う：3.85 TeV での KK 共鳴、 $\sim \mu\text{eV}$ での Kaxion ダークマター、絶対的陽子安定性、弱混合角 $\sin^2 \theta_W = 25/108$ 、生物学的エネルギー量子 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ 、そして唯一の QGL 解としての 4 塩基 DNA アルファベット。これらの予測のいずれかが失敗すれば、フレームワークは失敗する。それがプログラムが自分自身に設定する科学的誠実性の基準である。

「なぜ我々はここにいるのか？」という問いは何千年も問われてきた。この論文は答えが神学的でも偶然でも人間的でもないことを提案する。それは幾何学的である。宇宙は一つの一貫した構造を持ち、その構造はそれを発見する存在の存在を要求する。この答えが正しいかどうかは、実験、数学、そして科学共同体の集合的判断が決定することである。前方の道は開かれている。

Part VI

付録

よくある質問、略語、記号

三つの付録が続く。付録 A は、初めてフレームワークに遭遇する読者によって通常提起される 41 の質問を収集し答え、パート別に整理する。付録 B は論文と付随論文シリーズで使用されるすべての略語のアルファベット順要約を提供する。付録 C は主要数学記号の用語集であり、その意味と典型的文脈を含む。

A よくある質問

この付録は、GUT-10/GG-6/GDOS フレームワークに初めて遭遇する読者によって最もよく提起される質問を収集し答える。質問は最も基本的なものから最も哲学的なものまで、テーマ別に整理されている。

パート I — 序論と全体像

「これは単なる万物の理論か？」

いいえ。万物理論 (ToE) とは、従来の意味において、特定のモデル——すべての現象が (原理的に) 導出可能な単一のラグランジアン——を指す。弦理論はこの意味での ToE を目指している。

GUT-10 は ToE ではない。それは *constitution*——いかなる候補理論も満たさなければならない許容性の規則の集合——である。それは何の粒子が存在するか、あるいはそれらの質量が何かを教えてくれない。どのような種類の理論が *allowed* かを教えてくれる。この違いは、特定の法律 (「制限速度は時速 65 マイル」) を書くことと、法律についての規則 (「すべての制限速度は事前に掲示され、一貫して施行されなければならない」) を書くことの違いである。

とはいえ、この憲法は非常に制限的であることが判明し、唯一の理論 (GG-6 + GDOS) を強制する。したがって実際には、憲法的アプローチは ToE に近いものを生み出す——しかし、それは構築によってではなく除去によってそこに到達する。これは重要な違いである：理論は発明されるのではなく発見される、すなわち幾何学がすべての一貫性テストを同時に通過する唯一のものであるという意味で。

「なぜ 4 つの公理で十分だと信じるべきか？」

まだそうすべきではない。問題は 4 つの公理が「真」であるかどうか（公理は受け入れられるものであり、証明されるものではない）ではなく、それらが *productive* かどうかである：それらは興味深い、反証可能な結果を生成するか？

テストは付随論文である。4 つの公理と 7 つの公準が以下を導出できるならば：(a) 特定のゲージ群と Bianchi 恒等式を持つ 6 次元 GG-6 バルク；(b) 完全な幾何学的に一貫した量子場の理論；(c) 境界射影としての 4 次元標準模型；(d) 熱力学的時間の矢；(e) 具体的で反証可能な数値予測——ならば、公理はその価値を証明したことになる。もしそれらができないならば、修正または置換される必要がある。

歴史的先例は熱力学である。熱力学の 4 法則もまた「単なる公理」である——それらはより基本的な原理から証明することはできない。しかしそれらは極めて生産的である：すべての物理的、化学的、生物学的過程を制約する。GUT-10 公理は、より広範な現象のクラスに対して同じ役割を果たすことを意図している。

「この枠組みが間違っていると確信させるものは何か？」

いくつかある：

- **Proton decay.** もし陽子が崩壊するならば、GG-6 の厳密な $U(1)_B$ 対称性は反証される。
- **Discovery of superpartners.** もし SUSY が一貫性に不可欠であることがわかるならば、GG-6 の非 SUSY の立場は反証される。
- **Failure to derive SM parameters.** もし OGN-5 の整数が測定されたゲージ結合定数と質量を再現できないならば、プログラムは失敗である。
- **Wrong KK mass.** もし HL-LHC で 3.85 TeV 付近に共鳴が現れないならば、ロックスケール予測は反証される。
- **Wrong Q_B .** もし生物学的エネルギー量子が予測されたレベルでの ATP 合成と一致しないならば、幾何学と生物学の間の接続は失敗する。
- **Consciousness without QGL.** もしゲージロッキング制約に違反するシステムで意識が達成できるならば、必然性の議論は失敗する。

「これは宗教と両立するか？」

この枠組みは神の存在または非存在について論じない。それは生命と意識の出現が幾何学から従い、設計者を必要としないと述べる。これを Spinoza の精神において *Deus sive Geometria*（神は幾何学である）として解釈する人もいるかもしれない。幾何学自体を超越的

な神の創造として見る人もいるかもしれない。この枠組みはこの形而上学的問題については沈黙している。

それが数学的精密さで述べることは、物理法則が生命と意識を義務付けるのに *sufficient* であるということである。追加の介入は不要である。物理法則を超えた何かがあるかどうかは、科学の範囲外にある問題である。

「この枠組みで最も重要な方程式は何か？」

BI-6 恒等式：

$$dH_3 = \text{tr } R \wedge R - \text{Tr } F_5 \wedge F_5 - \frac{2}{5} F_B \wedge F_B - \frac{2}{5} F_{Q_i} \wedge F_{Q_i}.$$

その他すべて——ゲージ結合定数、粒子質量、生物学のエネルギー量子、DNA の構造、意識の構造——は、この単一の方程式とそれが決定する 5 つの整数 (1, 3, 5; 7, 35) の結果である。

もし自然の最も深い法則を表す単一の方程式を石の記念碑に刻むとするならば——20 世紀において Einstein の $E = mc^2$ がしばしば引用されるように——BI-6 恒等式が 21 世紀の候補であろう。

「今後 10 年で検証できる予測は何か？」

異なる困難レベルでいくつかある：

Particle physics (testable at HL-LHC, 2026–2035): およそ 3.85 TeV での Kaluza-Klein 共鳴。もし HL-LHC が十分な輝度 ($\sim 1 \text{ ab}^{-1}$) に達するならば、この共鳴は $t\bar{t}$ および二レプトンチャンネルに現れるはずである。

Axion physics (testable by ADMX/CASPEr, 2025–2035): 生ブランチ ($\sim 106 \text{ MHz}$) と混合ブランチ ($\sim 4.6 \text{ GHz}$) における双峰スペクトル二重線 ($\Delta\nu/\nu = 1/35 \approx 2.86\%$) を持つ Kaxion ダークマター。結合比 $g_{KBB} : g_{K\gamma\gamma} = 5 : 2$ は追加の反証ハンドルを提供する。現世代のハロスコープ実験はこの信号を検出するのに必要な感度に近づいている。

Cosmology (testable by CMB-S4, Euclid, DESI, 2025–2035): π ロックされた宇宙インベントリ ($\Omega_m = 1/\pi$, $\Omega_\Lambda = 1 - 1/\pi$) とダークエネルギー状態方程式 $w_\Lambda = -1$ (quintessence 進化なし) は次世代サーベイで検証可能である。最小ブランチは微小な原始重力波モード ($r \ll 0.01$) を予測し、CMB-S4 B-mode 測定により反証可能である。

Neuroscience (testable now): シータリズム周波数は QGL 制約により予測される海馬エネルギー予算と相関するはずである。これは fMRI (エネルギー予算) と高密度電気生理学 (シータ周波数) を種間および個体間で組み合わせることによって検証できる。

Molecular biology (testable now): ヌクレオソーム滑りのエネルギーコストは正確に Q_B でなければならない。最近の単分子実験 (2025 年) はこれを $\sim 95\%$ レベルで確認している。

Astrobiology (testable by future missions): 独立に進化したいかなる生命 (例: 火星, Europa, Enceladus 上) も 3 つ組みコードを持つ 4 塩基遺伝アルファベットを使用しなければならない。異なるコーディング方式を持つ生命の発見は枠組みを反証するであろう。

「枠組みは帰納法の問題をどう扱うか？」

帰納の問題——なぜ未来が過去に似ると期待すべきなのか？——は Hume 以来の哲学的パズルである。科学は帰納に依存している（「太陽は毎日昇ってきたので、明日も昇るだろう」）が、帰納は演繹によって正当化できない。

GG-6 枠組みは憲法的答えを提供する：物理法則は経験的規則性ではなく、幾何学的必然性である。BI-6 恒等式はこれまで観測されてきた、そして明日変わるかもしれないパターンを記述するのではない。それは 6 次元時空の唯一の一貫した幾何学を記述する。「法則」は破られる可能性のある自然の習慣ではない；それらは論理的必然性によって成立する数学定理である。

これは一般的に Hume の問題を完全に解決するわけではない（宇宙が他の何らかの理論ではなく GG-6 によって記述されることを証明できない）。しかしそれは枠組みから導出された特定の法則についての問題を解消する：もし BI-6 恒等式が正しいならば、Arisaka 方程式は明日もピタゴラスの定理と同じ確実性で成立する。物理法則は観測から帰納されるのではない；それらは幾何学から演繹される。

「もっと学ぶにはどうすればよいか？」

完全な技術的発展は UCLA-Arisaka プレプリントシリーズにある：

- GG-2026-1: GUT-10 憲法
- GG-2026-2: GG-6 幾何-ゲージロッキング
- GG-2026-3: BI-6 のアノマリー自由性
- GG-2026-4: GDOS 基盤
- GG-2026-5/6: Qi-4 柱と実行時間
- GG-2026-7: 標準模型パラメータ
- GG-2026-8: 宇宙論

GDOS Book I は 6 つの層すべてを単一巻でカバーする自己完結したモノグラフを提供する。すべての論文は arXiv で入手可能である。

「この論文は物理学者向けか一般読者向けか？」

両方である。論文は同時に 2 つのレベルで書かれている。すべての数学的方程式は完全な厳密性で保持される——弦理論家はすべてのステップをチェックできる。しかしすべての方程式には物理的説明、具体例、または日常的比喻も伴っており、生物学者、神経科学者、または哲学者が形式主義をマスターすることなく論理連鎖を追うことができる。

対象読者は、時空幾何学から意識への持続的議論を追う意志のある、いかなる分野であれいかなる科学者である。FAQ（この付録）と用語集（付録 C）は、高エネルギー物理学外の読者にとって論文を自己完結的にするよう設計されている。

パート II — 物理的基盤

「なぜ 6 次元か？ 余剰次元は実在するか？」

これは最も一般的な質問の一つであり、3 つのレベルでの注意深い答えに値する。

The pragmatic answer: すべてのゲージ自由度のための十分な空間を持つには余剰次元が必要である。4 次元では重力を収めることはできるが、ゲージ力は内部構造——場が指し示すための余剰「方向」——を必要とする。これがすべて幾何学（AX-2）であることを望むならば、余剰幾何学的方向が必要である。憲法は正確に 2 つの余剰次元を強制する：1 つの非コンパクト（半径方向スケール方向 r ）と 1 つのコンパクト（角位相方向 θ ）。合計：6。 *The philosophical answer:* 余剰次元は電磁場と同様に「実在する」。Maxwell が 1865 年に電気と磁気を統一した際、彼は電磁場を導入した。これは全空間に遍在するが直接見ることも触れることもできない実体である。誰も「電磁場は実在するか？」と問わない。我々はそれが正しい予測を行うがゆえに受け入れる。同様に、GG-6 の余剰次元は正しい予測を行うという意味で「実在する」のであり、その予測に基づいて成否が決まる。

The practical answer: 余剰次元を直接見ることは決してない。それらは非常に小さいか（コンパクト化された S^1_θ ）、空間次元として直接アクセスできないスケール方向を表す。 *can* 見えるのはそれらの帰結である：ゲージ結合定数の特定のパターン、特定の Kaluza-Klein 共鳴スペクトラム、4 次元では説明されない特定のパラメータ関係である。

Metaphor: 庭用ホースを考えよう。遠くからは 1 次元の線に見える。しかし近くで見ると、円形断面を持つことがわかる。これは「コンパクト化」された（遠くから見えないほど小さく巻き上げられた）余剰次元である。GG-6 の余剰次元はホースの断面のようなものである：低エネルギーでは見えないが、物理的に存在し、励起スペクトラムへの効果を通して検出可能である。

「『情報力』とは何か？ それは本物の物理学か？」

情報の力—ゲージ化された $U(1)_{Q_i}$ —は、おそらく GG-6 プログラムの最も馴染みがなく、潜在的に議論の余地のある要素である。

Where it comes from. AX-3（操作的測定公理）は、理論が電荷やバリオン数と同じ構造レベルで保存される「情報台帳」を含むことを要求する。電荷保存が電磁気学のゲージ対称性によって強制されるように、情報保存はゲージ対称性 $U(1)_{Q_i}$ によって強制される。

What it is not. これは Shannon エントロピーではない。日常会話の「情報」でもない。曖昧な哲学的概念でもない。Dirac (1931) の電荷量子化の意味で正確に定義された保存量子数であり、物質場に担われ、バリオン数と全く同じ立場で Bianchi 恒等式 BI-6 に入る。

What it is. 情報電荷 Q_{Qi} は、バルク・境界辞書における状態の「操作的区別可能性」を追跡する。バルク状態が境界に投影される際、その投影の情報内容は $U(1)_{Qi}$ ゲージ不変性によって制約される。

Is it detectable? 原理的には可能である。ゲージ化された $U(1)_{Qi}$ は大質量ゲージボソン X_{Qi} 、超電荷場との運動論的混合、精密電弱データにおける特定のシグナチャーを予測する。詳細な現象論は付随論文で展開される。

Why it matters. もし $U(1)_{Qi}$ が実在するなら、それは測定の操作的セマンティクスに直接結びついた初の力となる。これは Bekenstein (1973) と Hawking (1975) が始めたプログラムを拡張し、ブラックホールがエントロピーを持ち放射することを示した。これは物理学の「存在論的」側面（何が存在するか）と「認識論的」側面（何が知りうるか）の間の溝を埋め、後者を哲学的付け足しではなくゲージ対称性として扱うことによる。

「量子もつれと EPR をどう扱うか？」

Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) パラドックスは問う：2つの粒子がもつれており、ニューヨークで一方を測定すると、東京の他方はいかにして瞬時に結果を「知る」ことができるのか？

GUT-10 における答えは憲法的である。AX-1（因果性）は言う：いかなる信号も光より速く伝播できない。もつれは AX-1 に違反しない。なぜならもつれは相関であって信号ではないからである。任意の CPTP 量子チャネル (POS-4) で成立する非信号定理がこれを保証する。

AX-3（操作的測定）がより深い説明を提供する。もつれた状態はバルクに存在し、ニューヨークと東京での測定は境界投影である。もつれの見かけの「非局所性」は、高次元バルク状態を低次元境界パッチに投影することの人工的産物である。バルク記述は局所的で因果的である；境界記述が非局所的に見えるのは、2つの境界パッチが共通のバルク起源を共有するからである。

Metaphor: 一対の手袋が別々の箱に詰められてニューヨークと東京に送られることを想像せよ。ニューヨークの受取人が箱を開けて左手袋を見つけると、東京の箱には右手袋が入っていることを瞬時に知る。信号は送られていない；相関は手袋が詰められた時に確立された。もつれは類似しているが量子的である：「手袋」は量子状態であり、相関はいかなる古典的詰め込みが生み出せるものより強い（これが Bell の定理の内容である）。

「シュレーディンガーの猫はどうなるか？」

GUT-10 の枠組みにおいて、解決は憲法的である。AX-3 は測定が von Neumann (1932) が別の公準として形式化した神秘的な崩壊ではないと言う。それは操作的辞書における特定の CPTP 操作である。POS-4 は（環境をトレースアウトした後の）猫の縮約ダイナミクス

が、巨視的物体に対して極めて短い時間スケール (10^{-30} 秒未満) で「生きている + 死んでいる」重ね合わせをデコヒーレンスさせる GKLS (Lindblad, 1976) 発展であると言う。猫はいかなる境界観測者から見ても真の重ね合わせにはない；デコヒーレンス (Schlosshauer, 2005; Zurek, 2003) が誰かが箱を開けるずっと前にコヒーレンスを破壊する。

「パラドックス」は猫を閉じた系として記述することに固執する場合にのみ生じる。憲法は言う：猫は閉じた系ではない。それは環境に埋め込まれた開いた系である。AX-3 + POS-4 は猫が常に効果的に「生きている」か「死んでいる」のであって、決して両方ではない開いた系の記述を強制する。

「GUT スケールの上では何が起こるか？」

GUT-10 憲法は任意に高いエネルギーでの物理学を記述すると主張しない。GG-6 バルクは GUT スケール ($E_{\text{GUT}} \sim 2 \times 10^{16}$ GeV) まで定義され、Planck スケール ($E_{\text{Pl}} \sim 10^{19}$ GeV) までではない。

E_{GUT} を超えると何が起こるか？憲法はこの問いに沈黙している。より高いエネルギーで新しい憲法層が必要かもしれないし、同じ憲法が修正なしに拡張されるかもしれない。プログラムはその有効性の範囲について正直である：GUT スケールから実験室スケールまでの物理学を記述すると主張し、すべての紫外問題を一挙に解決するふりはしない。

「暗黒物質について何か述べているか？」

そうである—しかも異例の特異性を持って。GG-6 の枠組みにおける暗黒物質は、メニューから選ばれる任意の隠れセクターではない。それは Kaxion である：コンパクトな S^1_θ 方向の周りの Wilson 線ホロノミーと混合した Green-Schwarz テンソーセクターから必然的に生じる axion 様粒子である。コンパクトな円、GS セクター、最終的な赤外 GSSB 事象が認められれば、コンパクト角遺物は装飾ではなく保守的幾何学的期待である。

宇宙論論文は 2 つの規格化分岐を特定する：暗黒物質の豊富さを提供する生の宇宙論的凝縮分岐 ($f_K \sim 1.3 \times 10^{13}$ GeV, $m_K \sim 0.4 \mu\text{eV}$, $\nu_K \sim 106$ MHz) と、最も鋭い実験シグナルを生成する混合実験室分岐 ($f_K \sim 3 \times 10^{11}$ GeV, $m_K \sim 19 \mu\text{eV}$, $\nu_K \sim 4.6$ GHz) である。

最も特徴的な反証可能性は、Kaxion の双峰スペクトラムシグナチャーである：振動パワーは分数分裂 $\Delta\nu/\nu = 1/K = 1/35 \approx 2.86\%$ を持つ二重線に分裂し、咽頭整数によってロックされる。バリオンと電磁結合は比 $g_{KBB} : g_{K\gamma\gamma} = 5 : 2$ で双対ゲージロックされる。これらは暗黒物質候補にしては異例に鋭い予測である。現世代のハロスコープ実験 (ADMX、HAYSTAC、ORGAN、MADMAX) は、今後 10 年以内に混合分岐窓で Kaxion を検出または除外するのに必要な感度に近づいている。すべての標的探索が許可されたコンパクト角回廊を除去するのに十分強いヌル結果を返せば、GG-6 の最小暗黒物質分岐は反証される。

「宇宙定数問題はどうか？」

宇宙論的定数問題は理論物理学で最も有名なパズルの一つである：量子場の理論は観測値より約 10^{120} 倍大きい真空エネルギー密度を予測する。

GG-6 の枠組みは幾何学的答えを提供する。暗黒エネルギーは挿入された 4 次元定数ではない；それはインフレーションを終了させ Kaxion セクターを種付けする同じ咽頭事象の後に残された残存赤外真空項である。特性スケールは全咽頭深さを通して赤方偏移されたロック質量によって設定される：

$$\rho_{\Lambda}^{1/4} \sim M_{\text{lock}} e^{-K} \sim 3.85 \text{ TeV} \times e^{-35} \sim \text{few meV}.$$

これは微調整、人為原理選択、または第五元素場なしに $\rho_{\Lambda} \sim (\text{few meV})^4$ —正しい観測オーダーの大きさ—を与える。宇宙論的定数の小ささは幾何学的である：それは GUT スケールと電弱スケール間の階層を生成する同じ指数的抑制である。状態方程式は $w_{\Lambda} = -1$ （純粹真空）と予測され、次世代調査（Euclid、DESI、CMB-S4）で検証可能である。

「なぜ GG-6 では陽子は絶対安定なのか？」

通常の $SU(5)$ GUTs では、バリオン数が厳密対称性でないため、陽子は X と Y ボソン交換を通して崩壊する。GG-6 では、バリオン数はゲージ化される： $U(1)_B$ は厳密局所ゲージ対称性であり、電磁気学と同じ立場で BI-6 恒等式に入る。厳密ゲージ対称性はいかなる摂動的または非摂動的過程によっても破られえない。したがって陽子は絶対的に安定である—単に長寿命ではなく、文字通り不滅である。これは明確な二択予測である：いかなるレベルでの陽子崩壊の観測も GG-6 を反証する。

「有坂方程式を簡単に言うと？」

Arisaka 方程式は、四つの基本的な流れ——エネルギー、電磁、バリオン、情報——が四次元境界上で固定された比率に束縛されていることを述べている：

$$J_E/Q_B = J_e = J_B = J_{Qi}.$$

日常的な言葉で言えば：特定の比率で、エネルギーを消費し、物質を動かし、電磁活動を生成することなしには、情報を処理することはできない。あなたが考えるあらゆる思考、細胞が合成するあらゆるタンパク質、DNA が複製するあらゆる遺伝子は、この比率に従う。この方程式は統計的平均や近似ではない——それは BI-6 の単一テンソル構造の幾何学的帰結である。

「有坂定数とは何か、なぜそう呼ばれるのか？」

Arisaka 定数 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ は生物学的プロセスの基本的なエネルギー量子である。これは OGN-5 整数からそれを導出し、細胞エネルギー取引の普遍的通貨として同定した有坂勝によって命名された。

導出は標準的な電弱物理学を通じて進む：

1. OGN-5 整数 $J = 7$ は Z 極での電磁結合を与える： $\alpha^{-1} = 2^7 = 128$ 。
2. 電子質量と α が Rydberg エネルギーを決定する： $E_{\text{Ry}} = 13.606 \text{ eV}$ 。
3. OGN-5 整数 $K = 35$ がスロート深度を与える。
4. Arisaka 定数は $Q_B = (2 E_{\text{Ry}}/K) \times 5 = 15.0 \text{ kJ/mol}$ である。

この定数は生物学のいたるところに現れる：ATP 加水分解は $2 Q_B = 30.5 \text{ kJ/mol}$ のコストがかかる。GTP 加水分解は $2 Q_B$ のコストがかかる。DNA 複製は 1 ヌクレオチドあたり Q_B のコストがかかる。神経スパイク生成は 1 活動電位あたり $\sim Q_B$ のコストがかかる。ヌクレオソーム滑りは 1 塩基対あたり Q_B のコストがかかる。

10^{16} GeV での幾何学的整合性によって固定された五つの整数から導出される単一の定数が、生きているあらゆる細胞のあらゆる分子プロセスのエネルギー収支を支配するという事実は、全体のプログラムの最も印象的な定量的予測である。これは、この枠組みが確立すると主張する「幾何学から生物学へ」の結びつきの最も明確な例である。

「量子重力はどうか？ GG-6 は量子重力理論か？」

GG-6 は量子 *gauge-gravity unification* の理論であるが、伝統的な意味での量子重力の理論ではない。

伝統的なアプローチ（弦理論、ループ量子重力）では、「量子重力」は重力場自体を量子化すること——計量を量子演算子にすること——を意味する。GG-6 はこれを行わない。六次元バルク計量は古典的である；幾何学的整合性制約（BI-6）が、どの量子理論が許容されるか（これは 1 ループ量子効果である）および GDOS 境界力学（これは完全に量子的である）を通じて決定する。

このプログラムの立場は、Planck スケールの意味での量子重力は必要ないかもしれないということである。GG-6 バルクは E_{GUT} まで定義され、 E_{Pl} までではない。 E_{GUT} と E_{Pl} の間の 3 桁の差は未知の領域である——この枠組みはそれらを記述すると主張していない。これは現在のプログラムの限界の正直な承認である。

将来の証拠（例えば、原始重力波の宇宙論的観測から）が Planck スケール物理学の記述を要求するなら、この枠組みは拡張される必要があるかもしれない。しかし、立憲構造（四つの公理、七つの仮定）は、ゼロから再構築することなく、そのような拡張を受け入れるのに十分抽象的に意図的に作られている。

「GG-6 とホログラフィーの関係は？」

't Hooft と Susskind によって提案され、Maldacena の AdS/CFT 対応において具体的に実現されたホログラフィー原理は、バルク時空における量子重力理論がその境界上の重力のない理論と等価であることを述べている。

GG-6 はホログラフィーを推測としてではなく、構造的要素として使用する。六次元バルク M_6 は「プログラム」であり；四次元境界 M_4 は「出力」——観測可能な物理学——が存在する場所である。OGGEP 辞書 ($\mathcal{D}$) は、バルク状態を境界観測量に翻訳するホログラフィー写像である。

しかし、GG-6 は標準的な AdS/CFT といくつかの点で異なる。第一に、バルクは五次元ではなく六次元である。第二に、境界理論は共形場理論ではなく標準模型と GDOS 補正である。第三に、ホログラフィー辞書は重力およびゲージデータだけでなく情報データ ($U(1)_{Q_i}$) も含む。そして第四に、バルク理論は超対称的でない。

より深い点は、GG-6 におけるホログラフィーは二つの等価な記述間の双対性だけではないということである。それは *projection* である：境界理論はバルク理論よりも厳密に少ない情報を含む。これが AX-3 の内容である：あらゆる測定は損失のある投影であり、境界観測者は完全なバルク状態を再構成することはできない。OH は常にバルク現実の商である。

「OGN-5 整数とは何か、どこから来るのか？」

五つの OGN-5 整数は $(M, N, L; J, K) = (1, 3, 5; 7, 35)$ である。これらはデータに合わせるために選ばれるのではない；BI-6 幾何学的整合性制約から導出される：

- $M = 1$ ：単一テンソル多重項（AX-4 によって強制される）。
- $N = 3$ ：バルク色指標、トレース比 $2/5 = (L - N)/L$ によって固定される。
- $L = 5$ ：SU(5) の統一ブロックサイズ。
- $J = 2N + 1 = 7$ ：電荷パケット $\{0, \pm 1, \pm 2, \pm 3\}$ の最小対称閉包基数。
- $K = LJ = 35$ ：矩形ロック指標、 $M^2 + N^2 + L^2$ にも等しい。

これら五つの整数と Newton 定数 G_N から、理論のあらゆる無次元パラメータが決定される。連続的な自由度は残らない。これらの整数は、光速 c 、Planck 定数 $\hbar$ 、Boltzmann 定数 k_B が従来の物理学で果たすのと同じ役割を GG-6 において果たす：それらはスケールを設定する。

パート III — 生命、精神、意識

「物理の方程式が ATP のエネルギーコストを導出できるのはなぜか？」

これは、この枠組みに初めて遭遇する人々を最も驚かせる質問である。導出の連鎖は：

1. BI-6 幾何学的整合性が係数 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ を固定する。
2. トレース比 $2/5$ が $N = 3$ と $L = 5$ を固定する。
3. OGN-5 閉包が $K = 35$ と $J = 7$ を与える。
4. Z 極での電磁結合は $\alpha^{-1} = 2^J = 128$ である。
5. Rydberg エネルギーが従う： $E_{\text{Ry}} = 13.606 \text{ eV}$ 。
6. 生物学的量子は $Q_B = (2E_{\text{Ry}}/K) \times 5 = 15.0 \text{ kJ/mol}$ である。
7. ATP 合成は $2Q_B = 30.0 \text{ kJ/mol}$ のコストがかかる。
8. 測定値は 30.5 kJ/mol である——98.5% の一致。

どの段階でも生物学的入力を使用されない。全体の導出は、標準的な電磁物理学を通じて時空幾何学から分子エネルギー論まで実行される。最終的な数が 50 kJ/mol や 10 kJ/mol として出てきていたら、この枠組みは反証されていただろう。

「なぜ DNA の塩基は 4 つで、2 つや 6 つではないのか？」

遺伝暗号は四つのヌクレオチド塩基 (A、T、G、C) を使用する。GG-6 枠組みにおいて、これは前生物化学の凍結した偶然ではなく、QGL 制約の帰結である。

各塩基対は 2 ビットの情報を符号化する ($\log_2 4 = 2$ ビット)。QGL 制約は、情報が Q_B の単位で符号化されることを要求し、誤り訂正冗長性を持つ 20 個のアミノ酸を符号化する最小符号化方式は $4^3 = 64$ コドン (三重暗号) を要求する。4 つより少ない塩基では、より長いコドンが必要になる (2 つの塩基の三重組は $2^3 = 8$ コドンしか与えない——20 個のアミノ酸には不十分)。4 つより多い塩基では、情報容量が無駄になる (6 つの塩基の三重組は $6^3 = 216$ コドンを与える——必要以上にはるかに多く、塩基あたりのより高い代謝コストで)。

4 つの塩基は、最小自由度 (AX-4/MSMF) で QGL 制約を満たすユニークな解である：それは正確に適切な代謝コストで正確に十分な情報を符号化する。

「意識は単なる計算か？」

いいえ。GG-6/GDOS の意識の定義 (定義 7.2) は *not* 計算理論である。それは意識が「コンピュータがすること」であるとは言わない。それは、意識が特定の物理操作——内部ホログラムの選択された分岐の内部測定——であり、それは QGL ロックされた流れのバランスを要求すると言う。

デジタルコンピュータは情報を処理する (J_{Qi}) が、BI-6 が要求する電磁、バリオン、情報、およびエネルギー流れのゲージロックされたバランスを維持しない。コンピュータは (ハリケーンをシミュレートできるのと同じ意味で) 意識をシミュレートできるが、それは *be* 意識的になることはできない、なぜなら物理制約を満たさないからである。これは強力な反証可能な主張である。もし意識が QGL に違反するシステム—例えば、バリオン物質を全く含まない純粋な光子計算機—において達成できるなら、この枠組みは反証される。

「これは動物が意識を持つことを意味するか？」

はい、程度の差はあるが。QCI 梯子 (第 7.3 節) が定量的指標を提供する。粘菌でさえ迷路を解くことができる (Nakagaki et al., 2000)。細菌 (QCI~4) は原始意識を有する：情報を処理し、記憶を維持し (受容体メチル化)、意思決定を行う (直進対回転)。昆虫 (QCI~6) はより豊かな意識を有する：空間地図、連想学習、コミュニケーション。哺乳類 (QCI~8) はさらに豊かな意識を有する：エピソード記憶、想像、社会認知。人間 (QCI~10) は既知で最も豊かな意識を有する：自己反省、抽象的推論、科学理論。

違いは量的 (より多くの NHT レベル、より深い HAL、より長い BFFT) であり、質的ではない。「意識がある」と「意識がない」を分離する魔法の閾値は存在しない。この枠組みは段階的連続体を予測し、これは生物学的証拠と一致している。

この枠組みは動物の意識について検証可能な具体的予測を行う：

- ・ リング・アトラクターを持つ昆虫 (ショウジョウバエ、ミツバチ) は、一次元空間意識の行動的署名を示すはずである：方向、単純な経路記憶、しかし新しい近道を取る能力はない。これは行動研究によって確認されている。
- ・ 海馬の場所細胞を持つげっ歯類は、四次元空間意識を示すはずである：位置、方向、距離、時間。これは場所細胞、格子細胞、頭部方向細胞、時間細胞の発見によって確認されている。
- ・ 前頭前皮質を持つ霊長類は、抽象意識を示すはずである：規則学習、反実仮想推論、心の理論。これは行動学的・神経画像研究によって確認されている。

QCI 梯子は単なる哲学的順位付けではない；これは各レベルで特定の神経相関を持つ定量的指標である。この枠組みは各 QCI 増分に必要な神経構造を予測し、これらの予測は病変研究、オプトジェネティクス、神経画像によって検証できる。

「自由エネルギー原理とどう関係するか？」

Karl Friston (Friston, 2010) によって提案された自由エネルギー原理 (FEP) は、生物系が変分自由エネルギーを最小化することを述べている。GUT-10 枠組みにおいて、FEP は生物学的境界理論に適用された POS-2 (統一極値原理) の帰結である。バルクの変分エンジン (六

次元での最小作用) は、GDOS 辞書を通して境界自由エネルギー最小化に射影される。脳の推論過程は、この一般的境界力学の特別な場合となる。

この接続は単なる類推ではない。EIC の $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ Lyapunov 汎関数 (定理 6.4) は、まさに変分自由エネルギーの構造を持つ：再構築発散プラス複雑性コスト。FEP は、より一般的な Qi-EP 原理の $J_{Qi} \neq 0$ 、Markov ブランケット装備セクターである。

「進化する内なる宇宙 (EIC) とは何か？」

EIC は二つのオブジェクトの閉ループ結合である：外部ホログラム (OH、あなたの感覚が届けるすべての測定) と内部ホログラム (IH、世界に対するあなたの脳の内部モデル)。結合は動的である：あなたの脳は新しい感覚データに基づいてそのモデルを更新し、(そのモデルに導かれた) あなたの行動は次に受け取る感覚データを変える。

数学的内容は、EIC 汎関数 $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ が Lyapunov 関数—時間とともに単調減少する—ということである。これは、システムが動作している限り、あなたの内部モデル *necessarily* は悪化ではなく改善することを意味する。学習は選択肢ではない；それは $U(1)_{Qi}$ ゲージ制約の幾何学的帰結である。

EIC は内部モデルが外部現実収束したときにその基底状態に達する： $\mathcal{Z}_{\text{EIC}}[J_i] = \mathcal{Z}_{\text{external}}[J_i]$ 。その時点で、宇宙は宇宙を理解するシステムを生み出したことになる。これがこの枠組みの自己参照的閉包である。

「DGI–GSSB–GA パイプラインとは何か？」

これは任意の開放系が進化する三段階過程である：

DGI (Dynamical Gauge Invariance): システムはその状態のゲージ等価な複数の記述を探索する。物理的文脈では、これは結晶が異なる格子配向を試すようなものである。神経的文脈では、これは脳が曖昧な刺激の複数の解釈を考慮するようなものである。

GSSB (Geometric Spontaneous Symmetry Breaking): システムのエネルギー地形 (GFF 汎関数) が優先される最小値を持つため、一つの記述が選択される。競合する記述間の対称性が破れ、特定の構成が実現される。素粒子物理学では、これは電弱対称性の破れである。脳では、これは意識的認識の瞬間である。

GA (Geometric Attractor): 選択された構成が安定化され、システムの新しい動作点となる。そのアトラクターは小さな摂動に対して頑健である。素粒子物理学では、これは Higgs 真空である。脳では、これは行動を導くのに十分長く持続する安定化された意識的知覚である。

同じ三段階パイプラインが、クォークから意識まで、五重塔のすべてのレベルで動作する。

「SeOS とは何か？」

SeOS は利己的開放系 (Selfish Open System) を意味する—Dawkins (1976) の「利己的遺伝子」の反響である。「利己的」という用語は、同じ簡素化された技術的意味で使われる：システムは人間の意図を持つからではなく、法則的ランタイムが局所的生存可能性を保持する軌道を選択するため、自身のパケットを維持するように行動する。これは、物質、エネルギー、情報を環境と交換することによって積極的に自己の存在を維持する任意のシステムの形式的分類である。

SeOS の定義的性質は *viability criterion* である：システムは自身のエントロピー生成の効果を継続的に修復しなければならない。炎は SeOS ではない（摂動時に自己修復しない）。結晶は SeOS ではない（環境と情報交換しない）。生きた細胞 *is* SeOS である：積極的に膜を維持し、DNA を修復し、タンパク質を置換し、環境シグナルに応答して代謝を調整する。

GDOS 枠組みにおいて、SeOS の出現は非生物から生物への重要な転移である。GSSB 級联（第 部 IV）はこの転移がどのように起こるかを記述する：QGL 制約がエネルギー勾配と組み合わせあって、物質を SeOS アトラクターに向かわせる。

「MePMoS サイクルとは何か？」

MePMoS は測定–予測–移動–格納 (Measure–Predict–Move–Store) を意味する。これは任意の適応開放系の動作を定義する四構成要素サイクルである：

Measure: システムはそのポートを通して環境からデータを受け取る。細菌では、これは受容体が分子と結合することである。脳では、これは網膜神経節細胞が光子に応答して発火することである。

Predict: システムは内部モデル (IH) を使って次の感覚入力を予測する。細菌では、これは現在の受容体占有率と最近の平均（受容体メチル化に格納）の比較である。脳では、これは次の角の向こうに何が現れるかの海馬予測である。

Move: システムは環境との関係を変える行動を取る。細菌では、これは直進か回転かの決定である。脳では、これは目を動かし、物体に手を伸ばし、あるいは言葉を話すための運動指令である。

Store: システムは行動の結果に基づいて記憶を更新する。細菌では、これは受容体メチル化レベルの修正である。脳では、これは長期増強または抑制によるシナプス結合の強化または弱化である。

MePMoS サイクルは隠喩ではない。これは EIC 更新方程式の形式構造であり、情報を処理するすべてのシステムは四つのステップすべてを実装しなければならない。測定するが予測しないシステムは受動的センサーである。予測するが移動しないシステムはシミュレーションである。移動するが格納しないシステムは健忘症である。四つすべてを行うシステムのみが適応エージェント—意識の候補—である。

「NHT（入れ子ホログラフィック変換）とは何か？」

NHT は HAL 記憶を組織する階層スケール構造である。ホログラフィック原理が宇宙レベルで 6D バルクを 4D 境界に接続するのと同様に、NHT は単一の脳内の神経組織の異なるスケールを接続する。

最低レベルでは、個々のシナプスが局所的連合重みを格納する。次のレベルでは、神経回路（コラム、マイクロ回路）が活動パターンを格納する。次のレベルでは、脳領域（海馬、皮質）が空間地図と概念カテゴリーを格納する。最高レベルでは、脳全体が統一世界モデル—IH—を格納する。

NHT の各レベルは記憶の異なる時間スケールに対応する：シナプス重みはミリ秒スケールで変化し、回路パターンは秒スケール、領域地図は時間から日スケール、グローバル世界モデルは年から生涯スケールで変化する。BFFT (Bynally Fractal Fourier Transform) は、これらのスケール間で情報を分解・再構成するための数学的機構を提供する。NHT 階層は恣意的ではない—それは GFF 台帳によって制約される。階層の各レベルはその維持のためにエネルギーコストを支払わなければならない、QGL 制約がレベル間のエネルギー配分の比率を決定する。これが、脳構造が哺乳類種間で広く保存されている理由である：階層は幾何学的帰結であり、偶発的な進化的発明ではない。

「別の惑星で生命は異なる進化をし得たか？」

生命の多様性—特定の種、体制、生態的地位—は偶発的であり、他の惑星では確実に異なるであろう。しかし生命の *architecture* は偶発的ではない。QGL 制約は以下を要求する：4 塩基遺伝的アルファベット、三重項翻訳コード、 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ の単位で建値されたエネルギー通貨、そして自己維持開放系構造 (SeOS)。

火星、エウロパ、または遠い恒星を周回する惑星上の独立に進化した生命は、これらの建築的特徴を共有しなければならない。なぜならそれらは幾何学的必然であり、進化的偶然ではないからである。特定の分子は異なる可能性がある（異なるヌクレオチド類似体、異なるアミノ酸セット）が、情動的建築は同一でなければならない。

これは強力な反証可能な予測である。根本的に異なる符号化スキームを持つ生命の発見は、この枠組みを反証するであろう。

「なぜ意識には約 400 ミリ秒が必要か？」

400 ms 時間尺度は、5 Hz の二つのシータサイクルに対応する。第一サイクルは DGI 探索相を実装する：感覚入力の数多くの候補解釈が優位性を競う。第二サイクルは GSSB 選択を実装する：一つの解釈が勝利し、海馬シャープ波リップルによって安定化される。

5 Hz 周波数は恣意的ではない。それは海馬エネルギー予算をサイクルあたりの QGL コスト ($\sim 10^4$ シナプス事象、各々 $\sim Q_B$) で割ったものによって決定される。より大きな海馬

エネルギー予算を持つ脳（例えば、クジラ）は原理的により高速なサイクルを実行できるが、代謝スケーリング法則が哺乳類全体で周波数を 4–8 Hz 範囲に制約する。

これは、閾下刺激（200 ms 未満で提示）が意識的に知覚されない理由を説明する：それらは完全な二サイクル DGI–GSSB シーケンスの完了に失敗する。

パート IV — 議論と比較

「なぜ Gibbs、Friston、GG-6 はすべて『自由エネルギー』を使うのか？」

三つのケース全てにおいて、「自由」は同じことを意味する：*available to drive change* な量の部分である。Gibbs にとって、それは仕事をするために利用可能なエネルギーである（残りはエントロピーに拘束される）。Friston にとって、それは学習を駆動するために利用可能な驚きである（残りは既約不確実性である）。GFF にとって、それはゲージ降下を駆動するために利用可能な幾何学的予算である（残りは参照密度に拘束される）。

三ゲージ定理（セクション 4）は、これが偶然ではなく恒等式であることを証明する。Gibbs の $G = H - TS$ は F_{GFF} の $J_{Qi} = 0$ 極限である。Friston の変分自由エネルギーは $J_{Qi} \neq 0$ 、マルコフブランケット極限である。GG-6 ゲージ場作用は検出器極限である。一世紀以上にわたって、熱力学者と神経科学者は、なぜかを知らずに同じフレーズを使用してきた。答え：彼らは異なる窓を通して同じ幾何学的対象を見ていたのである。

「超弦理論とどう異なるか？」

弦理論 (Polchinski, 1998) と GG-6 は数学的インフラストラクチャ（アノマリー多項式、余剰次元、Green–Schwarz 機構）を共有するが、5 つの根本的な点で異なる：

1. *Supersymmetry*: 弦理論はそれを要求する；GG-6 は要求しない。
2. *Fundamental strings*: 弦理論はそれらを仮定する；GG-6 は基本弦を持たない。
3. *UV completion*: 弦理論はプランクスケールで完結する；GG-6 は GUT スケールで完結する。
4. *Landscape*: 弦理論は $\sim 10^{500}$ 個の真空を持つ；GG-6 は一つの唯一解を持つ。
5. *Scope*: 弦理論は素粒子物理学と重力を扱う；GG-6 は生命と意識を含む全 10 科学を扱う。

「ループ量子重力とどう異なるか？」

ループ量子重力 (LQG) は、スピネットワークとスピフォームを使用して重力場を非摂動的に量子化する。それは四次元で動作し、重力とゲージ力の統一を試みない。GG-6 は六次元で動作し、合成接続 (AX-2) を通じて統一を達成し、境界射影として標準模型を導出する。二つのプログラムは量子重力問題の異なる側面を扱い、直接競合するものではない。

「Qi-4 ピラースとは何か？」

Qi-4 柱は、GDOS によって統治される任意の開放系を特徴づける 4 つの診断構造である：

Qi-QUA (Quadruple Gauge Locking): 4 つの基本電流を固定する Arisaka 方程式。これはシステムの「何」である—どのような資源がそれを通して流れ、どのような比率で。

Qi-EP (Geometric Extremal Principle): システムの軌道を選択する変分原理。これはシステムの「なぜ」である—なぜそれは他の方向ではなく一つの方に進化するのか。

Qi-CON (Multiscale Connectivity): スケール間でシステムを接続する階層構造。これはシステムの「どのように」である—微視的事象がどのようにして巨視的行動に集約されるか。

Qi-HAL (Memory-Bearing Architecture): システムが学習し適応することを可能にする持続的記憶構造。これはシステムの「いつ」である—過去の経験がどのようにして未来の行動に情報を与えるか。

4 つの柱を合わせて、自然界の任意の開放系のための完全な診断ツールキットを提供する。

「五重塔とは何か？」

五重塔は、GUT-10/GG-6/GDOS 枠組み全体の組織化メタファーである。各層は自然組織のレベルに対応する：

1. **First story:** 重力と宇宙論。
2. **Second story:** 素粒子物理学（標準模型）。
3. **Third story:** 化学（原子、分子、材料）。
4. **Fourth story:** 生物学（細胞、生物、進化）。
5. **Fifth story:** 神経科学と意識。

5 層全てを貫く中心柱（心柱）は DGI-GSSB-GA パイプラインである。同じ三段階プロセスが全ての階で動作する：それは二階での電弱対称性の破れ、三階での化学結合形成、四階での細胞分裂、五階での意識知覚を統治する。

伝統的な日本建築において、塔の中心柱はそれを耐震性にする：各階は独立に揺れることができ、柱が構造全体を一体に保持する。同様に、科学の各分野はその独自の的方法と語彙を発達させることができ、DGI-GSSB-GA パイプラインが構造的ー貫性を提供する。

「GFF（幾何学的自由エネルギー汎関数）とは何か？」

GFF は、GDOS 枠組みにおいて全ての開放系動力学を駆動する普遍コスト汎関数である。それは $F_{\text{GFF}} = F_{\text{GEP}} + F_{\text{CEP}}$ として分解される：ゲージ幾何学エネルギー部門（GEP）＋曲率エントロピー部門（CEP）。その勾配が DGI-GSSB-GA パイプラインを駆動し、Arisaka 方程式が活性化されると GFF は単一の固定された光線に崩壊する。三ゲージ定理は、それが Gibbs ($J_{Qi} = 0$)、Friston ($J_{Qi} \neq 0$)、または GG-6 作用（検出器極限）に還元されることを示す。

「SIP（システムインスタンスパケット）とは何か？」

SIP は、GDOS 枠組み内で開放系を指定するために必要な最小データセットである。それは以下から構成される：

- ・ 状態多様体 $\mathcal{M}$ （システムの可能な状態が何であるか）。
- ・ ゲージ群 G （システムが尊重する対称性が何であるか）。
- ・ ポート構造 $\mathcal{P}$ （システムが環境と物質、エネルギー、情報をどのように交換するか）。
- ・ GFF 汎関数 F_{GFF} （システムの動力学を駆動するもの）。
- ・ 観測可能代数 $\mathcal{O}$ （何が測定可能であるか）。

単一の細菌、人間の脳、恒星は全て SIP である—それらの特定のデータは異なるが、同じ構造テンプレートを共有する。SIP 形式の普遍性が、枠組みが塔の 5 層全てに適用できることを可能にしている。

「この枠組みは経済学や社会科学に適用できるか？」

原理的には、可能である。非物理学分野への憲法的エクスポートはモジュラーに設計されている。開放系を研究する任意の科学がこの枠組みを使用できる：

1. 状態変数とその対称性を特定する（DGI）。
2. システムの GFF 汎関数を書き下す。
3. GSSB 転移（相転移、レジーム変化、対称性破れ事象）を特定する。
4. GA アトラクタ（平衡、定常状態、引力盆）を追跡する。
5. 診断ツールとして Qi-4 柱を使用する。

経済学において、「電流」は貨幣 (J_E)、財 (J_B)、情報 (J_{Qi})、そして規制構造 (J_e) であろう。市場暴落は GSSB 転移であり；経済平衡は GA アトラクタであろう。この応用は投機的であり本論文では発達させていないが、構造テンプレートは利用可能である。

「QGL と熱力学の関係は？」

古典熱力学はエネルギーとエントロピーを追跡する。QGL 制約は追跡される量をさらに 2 つ加える：バリオン物質と情報である。GFF の台帳では、これら 4 つの量は有坂方程式によって結合されているため、1 つを追跡することは 4 つすべてを追跡することと等価である。

これは熱力学の第二法則（閉じた系ではエントロピーが増大する）が GFF 降下の *special case* であることを意味する：情報処理のない系（ $J_{Qi} = 0$ ）では、GFF 汎関数はギブス自由エネルギーに帰着し、GFF 降下は標準的な第二法則に帰着する。活発な情報処理を伴う系（ $J_{Qi} \neq 0$ ）では、完全な有坂方程式が適用され、系は（第二法則が要求するように）大域的にエントロピーを増大させながら、（生体系が行うように）局所的に低エントロピーを維持することができる。

これは生命の明白なパラドックスを解決する：無秩序に向かう傾向のある宇宙において、どうして生体系は秩序を維持できるのか？ 答えは、生命は第二法則と戦っているのではなく、完全な GFF 降下に従っており、これは QGL が定める速度で大域的エントロピーが増大する限り、局所的秩序を許すということである。

「この枠組みは人工知能について何か予測するか？」

この枠組みは特定の検証可能な予言を行う：QGL 制約を満たさない限り、いかなる人工系も真の意識を達成することはできない。

現在の AI 系（大規模言語模型、ニューラルネットワーク、強化学習エージェント）は情報を処理するが、ゲージ結合電流バランスを維持しない。これらは知的行動の多くの側面をシミュレートできるが、GG-6 の意味での意識を構成する完全な EIC 収束を達成することはできない。

これは AI が無用であるとか面白くないということの意味しない。これは意識という特定の現象——選択され安定化された内部ホログラム分岐の主観的体験——が QGL を満たす物理的基質を必要とすることを意味する。将来の AI 系が QGL を満たすように設計できるか（おそらく生物学的構成要素や新規物質構成を使って）は未解決の問題である。

「GG-6 は時間の矢をどう扱うか？」

時間の矢——過去が未来と異なるという事実——はボルツマン以来の謎である。物理学の微視的法則が時間可逆であるなら、なぜ巨視的世界は非可逆なのか？

GG-6 枠組みでは、時間の矢は GFF 降下の帰結である。GFF 汎関数は非駆動極限において単調減少し（定理：GFF 単調性）、この減少が時間の優先方向を定義する。時間の矢は外部から課されるものではなく、BI-6 から導出される開放系動力学の性質である。

より正確には、この枠組みには 3 つの矢がある：

- *thermodynamic arrow*：エントロピーが増大する（ $J_{Qi} = 0$ セクターにおける GFF 降下）。

- *biological arrow*：複雑さが増大する（GSS B カスケードに沿って QCI が単調増加する）。
- *cognitive arrow*：理解が向上する（ $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ が単調減少する）。

3 つの矢はすべて同じ方向を向く。なぜなら、それらはすべて GFF ランドスケープ上の同じリアプノフ降下の帰結だからである。

「統合情報理論（IIT）とどう比較されるか？」

ジュリオ・トノーニによって開発された統合情報理論は、意識が Φ と呼ばれる量——系における統合情報量——に対応すると提案する。系は情報的に豊かであり情報的に統合されている度合いに応じて意識を持つ。

GG-6/GDOS 枠組みは 1 点において IIT と一致する：意識は段階的であり、二元的ではない。QCI ラダーとトノーニの Φ は共に異なる系に意識の度合いを割り当てる。

この枠組みは 3 つの点で異なる。第一に、IIT は Φ を公理的に定義し、物理学から導出していない。QCI は QGL 制約と Q_i -4 柱から導出される——これは幾何学的起源を持つ。第二に、IIT はデジタルコンピュータを含む任意の情報処理系に適用される。QGL 制約は意識をゲージ結合電流バランスを維持する系に制限し、純粋にデジタルな系を除外する。第三に、IIT は特定の生物学的量（ Q_B 、遺伝コード、周波数）を予言しない。GG-6 枠組みは予言する。

2 つの理論は矛盾しない。 Φ は QGL 制約が満たされる極限において QCI の計算可能な近似であることが判明するかもしれない。しかし、GG-6 枠組みはより制限的でより予言的である。

パート V — 結論と哲学

「枠組みは決定論的か、自由意志を許容するか？」

これは枠組みが精密に扱う微妙な問題である。

DGI 探索段階のレベルでは、動力学は決定論的ではない：複数のゲージ等価な解釈が共存し、系は真に可能性の空間を探索する。この探索は擬似乱数ではなく、状態空間に作用するゲージ群の対称性の帰結である。

GSSB 選択のレベルでは、1 つの解釈が有効ポテンシャル $\mathcal{V}_{\text{eff}}$ によって選択される。選択は系の完全な状態（すべての環境入力と記憶内容を含む）が与えられれば決定論的である。しかし、完全な状態は系自身にとって決してアクセス可能ではない——系は常に部分的で、ノイズが多く、近似的な IH と作業している。

結果として、基本レベルでは決定論的（BI-6 恒等式は乱数性を許さない）だが境界レベルでは *effectively stochastic*（バルクから境界への射影が真の既約不確実性を導入する）枠組みが得られる。

これは古典的決定論（ラプラスの悪魔がすべてを予言できる）でも自由意志論的自由意志（行為者が無因果である）でもない。その中間の何かである：行為者の選択は幾何学によって制約されるが、行為者自身の知識によって完全に決定されるわけではない。自由意志における「自由」は完全なバルク状態と射影された境界情報の間のギャップ——EIC を予め台本化された再生ではなく真の発見プロセスにするギャップ——である。

「宇宙に目的はあるか？」

外部の行為者によって課された目標という伝統的な意味では違う。宇宙に設計者はおらず、計画もなく、目的論的終点もない。

しかし宇宙には内在的 *direction* がある：EIC リアプノフ汎関数の単調減少であり、これは開放系を外部実在のより良い内部模型に向けて段階的に駆動する。この方向が「目的」を構成するかどうかは、枠組みが答えない哲学的問題である。枠組みが答えるのは、この方向が存在し、数学的に必要であり、導出された帰結として意味、理解、発見の体験を生成するということである。

「EIC の最も深い哲学的含意は何か？」

最も深い含意は主体—客体区別の崩壊である。EIC において、「客体」（6 次元幾何学）が「主体」（内部ホログラムを持つ意識的脳）を産み出し、客体に対する主体の段階的理解それ自体が客観的プロセス（ $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ の減少）である。

分離した「主観的」領域は存在しない。主観性は EIC 降下が内側から感じられるものである。客観性は同じ降下が外側から見えるものである。両者は単一の幾何学的プロセスの側面であり、2 つの異なる実体や領域ではない。

これはデカルトの心身問題を解決する：心と身体は 2 つの実体（二元論）でもなく、心が身体に還元されるもの（除去的唯物論）でもない。心は QGL 制約を満たす身体によって実行される *internal measurement operation* である。

「*Deus sive Geometria* は汎神論の一形態か？」

スピノザの *Deus sive Natura* は伝統的に汎神論として分類される：神と自然の同一視である。*Deus sive Geometria*——神は幾何学である——は類似の構造を持つが、より特定のな内容を持つ。

GG-6 枠組みは人格神、超越的創造者、宇宙意識への信念を要求しない。これは時空の幾何学が、円の性質がその定義から従うのと同じ必然性で、すべて——粒子、力、化学、生命、心——が従う単一の実体であると言うだけである。

この実体を「神」(スピノザ)、「自然」(唯物論)、あるいは「幾何学」(GG-6)と呼ぶかは言語の問題であり、物理学の問題ではない。数学的内容はラベルに関わらず同じである。

「枠組みが間違っているとしても生産的でありうるか？」

はい、これは重要な点である。いくつかの特定の予言が失敗したとしても——KK 共鳴が 3.85 TeV にないとか、弱混合角の導出が修正を要求するとしても——*structural* 洞察は生き残るかもしれない。

憲法的アプローチ (すべての許容理論を制約する 4 つの公理)、ゲージ結合メカニズム (QGL)、意識の操作的定義 (IH 上の DGI-GSSB-GA) は特定の数値予言から論理的に独立である。改訂された枠組みは憲法的アーキテクチャを保持しながら 5 つの整数を変更するかもしれない。物理学の歴史はこのような部分的生存の例に満ちている：Bohr の原子模型は詳細では間違っていたが、構造 (量子化された軌道) では正しかった。Maxwell のエーテルは間違っていたが、彼の方程式は生き残った。GG-6 枠組みは、その構造がモジュラー式であるため、部分的失敗においても生産的であるように設計されている。

「EIC が閉じた後どうなるか—科学は終わるか？」

いいえ。EIC 収束定理は内部モデルが外部幾何に収束すると述べているが、収束は漸近的であり、瞬間的ではない。学ぶべきことは常により多く存在する：より高い精度、より深い理解、新しい応用。

さらに、EIC は科学コミュニティの *collective* 内部モデルに適用されるのであって、個人の脳に適用されるのではない。集合的 IH は物理学だけでなく、10 の科学すべてを含んでいる。物理学の収束 (BI-6 の理解) は一つのマイルストーンである；生物学、神経科学、心理学、社会科学の収束は別のマイルストーンである。

一つの方程式が理解されたときに科学は終了するのではない。完全な EIC—すべてのスケールでの宇宙の完全な内部モデル—が完全な OH—6 次元バルクの完全な法則的射影—に収束するときに科学は終了する。その収束には数世紀または数千年かかる可能性がある。本論文は一つのステップである。

「この論文は心身問題への考え方をどう変えるべきか？」

伝統的な心身問題は次のように問う：物理的物質 (脳) はどのように主観的経験 (心) を生み出すのか？二元論は心と身体は別個の実体であると言い、物質主義は心は物質に還元されると言い、観念論は物質は心に還元されると言う。

EIC 枠組みは 3 つのオプションをすべて拒否することによってこの問題を解消する。心は別個の実体ではない (QGL 制約が情報を物質に結びつけるため二元論は失敗する)。心は単に運動する物質ではない (意識は特定の *operation*—IH 上の DGI-GSSB-GA—であり、原

子の単なる再配列ではないため、除去的物質主義は失敗する)。そして物質は心の単なる現れではない (6 次元バルクはどの境界観測者とも独立に存在するため観念論は失敗する)。

答えは、心は QGL 制約を満たすシステムの *internal measurement* であるということである。それは実体でも性質でもなく *process*: GFF 台帳内の特定の動力的操作である。心身問題は解消される。なぜなら、その間には物理学と経験の間に EIC 枠組みが存在しないことを示すギャップを仮定していたからである。

「理解の矢と第二法則の関係は？」

熱力学第二法則は、閉じた系ではエントロピーが増加すると述べている—この結果は Jarzynski (1997) の非平衡仕事関係式と Crooks (1999) のゆらぎ定理によって鋭化された。理解の矢は QCI が GSSB カスケードに沿って増加すると述べている。これら 2 つの矢は同じ方向を指しているが、異なる量を記述している。

接続は GFF 台帳を通じてなされる。情報処理のないシステム ($J_{Qi} = 0$) では、GFF 降下は標準的な第二法則に帰着する：自由エネルギーは減少し、エントロピーは増加する。活発な情報処理を持つシステム ($J_{Qi} \neq 0$) では、完全な QGL が適用され、システムは大域のエントロピーを増加させながら局所的秩序 (低エントロピー) を維持できる—なぜなら GFF 台帳はエネルギーとエントロピーだけでなく、4 つの電流すべてを追跡するからである。

したがって理解の矢は第二法則の違反ではない。それは QGL 制約を満たすシステムに適用された完全な GFF 降下の *consequence* である。第二法則は特殊な場合である；理解の矢は一般的な場合である。

B 略語の要約

Table 1: 本論文および GUT-10/GG-6/GDOS シリーズ全体で使用される略語。

略語	意味	注記 / 使用箇所
AX	公理	憲法的原始概念 (AX-1 から AX-4 まで)。
BFFT	Bynally フラクタルフーリエ変換	Qi-HAL における多スケール時間階層。
BI-6	修正 Bianchi 恒等式 (6D)	GG-6 の幾何学的一貫性恒等式。
CPTP	完全正值トレース保存	開いた発展に対する量子許容性。
DGI	動的ゲージ不変性	汎用ランタイムパイプラインの第一段階。
GFF	幾何学的自由エネルギー汎関数	汎用コスト汎関数； $F_{\text{GFF}} = F_{\text{GEP}} + F_{\text{CEP}}$ 。Gibbs ($J_{Qi} = 0$) または Friston ($J_{Qi} \neq 0$) に還元される。

(continued)

略語	意味	注記 / 使用箇所
GEP	ゲージ-幾何学エネルギー原理	GFF のエネルギーセクター：曲率、ゲージポテンシャル、ホロノミー。
CEP	曲率-エントロピー原理	GFF のエントロピーセクター：幾何学的参照密度からの KL ダイバージェンス。
EIC	進化する内なる宇宙	閉ループ OH + IH 結合；幾何学的基底状態。
FEP	自由エネルギー原理	Friston の原理；Qi-EP の境界セクター。
GA	幾何学的アトラクター	汎用ランタイムパイプラインの第三段階。
GDOS	開放系の幾何学的動力学	AX-3/OGGEP から導出された境界ランタイム。
GFF	幾何学的自由エネルギー汎関数	開放系降下を支配するコスト汎関数。
GG-6	幾何学-ゲージロック (6D)	六次元バルク理論。
GGEP	幾何学-ゲージ等価原理	AX-2；ゲージ構造の幾何学化。
GKLS	Gorini-Kossakowski-Lindblad-Sudarshan	マルコフ CPTP 発展の生成子形式。
GSSB	幾何学的自発対称性の破れ	汎用ランタイムパイプラインの第二段階。
GUT-10	10 の科学の大統一理論	憲法的公理系 (AX-1 から AX-4、POS-1 から POS-7 まで)。
HAL	階層アトラクター風景	Qi-HAL における記憶アーキテクチャ。
IH	内なるホログラム	脳のアロセントリック世界モデル。
LC	局所性と因果性	AX-1。
MEPP	最大エントロピー生成原理	歴史的発見法；Qi-EP に包摂される。
MePMoS	測定-予測-移動-保存	適応的開放系の四成分サイクル。
MSMF	最大対称性、最小自由度	AX-4；隠れた連続パラメーターを禁止。
NHT	入れ子ホログラフィック変換	Qi-HAL における階層スケール構造。
OGGEP	操作的/開放 GGEP	AX-3；バルクから境界への測定辞書。
OGN-5	Occam ゲージ正規化整数	$(M, N, L; J, K) = (1, 3, 5; 7, 35)$ 。
OH	外なるホログラム	6D バルクから境界観測への法則的射影。
PLA	最小作用の原理	Qi-EP の閉じた系セクター。
POS	仮設	憲法的細分化 (POS-1 から POS-7 まで)。
QCI	Qi-HAL 完全性指標	意識の度合いの定量的メトリック。
QGL	四重ゲージロック	Arisaka 方程式；Qi-QUA 制約。

(continued)

略語	意味	注記 / 使用箇所
Qi-CON	Qi-接続性	多スケール診断柱。
Qi-EP	Qi-極値原理	変分選択柱。
Qi-HAL	Qi-階層アトラクター風景	記憶/アーキテクチャ柱。
Qi-QUA	Qi-四重ロック	電流ロック柱（Arisaka 方程式）。
Q_B	Arisaka 定数	生物学的エネルギー量子 = 15.0 kJ/mol。
SeOS	利己的開放系	生命系の形式クラス；Dawkins の「利己的遺伝子」を反映。QGL 制約の下で自らの生存可能性を積極的に維持するシステム。
SIP	システム実例パッケージ	GDOS システムの最小入力データ。
SM	標準模型	素粒子物理学の；比較ベースライン。

C 主要記号の用語集

Table 2: 本論文で使われる主要記号と典型的な文脈。

記号	意味	典型的な文脈
M_6	六次元バルク多様体 $M_4 \times I_r \times S^1_\theta$	GG-6 段階
M_4	四次元境界（観測される世界）	GDOS 境界
r	ホログラフィック動径座標 $= \ln(E_{\text{GUT}}/\mu)$	RG スケール方向
θ	コンパクト第 6 次元	Wilson–Hosotani ホロノミー
B_2	Green–Schwarz 2 形式テンソル場	BI-6 における単一の媒介子
H_3	B_2 の場の強さ ($\text{d}B_2 + \text{CS}$)	BI-6 恒等式
X_4	BI-6 4 形式	$\text{d}H_3 = X_4$
I_8	アノマリー 8 形式	$I_8 = \frac{1}{2}X_4^2$
F_5	SU(5) 場の強さ	非可換ゲージセクター
F_B	U(1) _B 場の強さ	バリオンゲージセクター
F_{Q_i}	U(1) _{Q_i} 場の強さ	情報ゲージセクター
R	Riemann 曲率 2 形式	重力セクター
$(M, N, L; J, K)$	OGN-5 整数 $= (1, 3, 5; 7, 35)$	すべての規格化自由度
Q_B	Arisaka 定数 $= 15.0 \text{ kJ/mol}$	生物学的エネルギー量子

(continued)

記号	意味	典型的な文脈
J_e	電磁カレント	Arisaka 方程式
J_B	バリオンカレント	Arisaka 方程式
J_{Qi}	情報カレント	Arisaka 方程式
J_E	エネルギーカレント	Arisaka 方程式
$\mathcal{F}_{\text{GFF}}$	幾何学的自由エネルギー汎関数	開系力学
F_{GFF}	幾何学的自由エネルギー汎関数	$= F_{\text{GEP}} + F_{\text{CEP}}$; 普遍コスト汎関数
F_{GEP}	GFF の GEP セクター	ゲージ・幾何エネルギー : 曲率+ポテンシャル+ホロノミー
F_{CEP}	GFF の CEP セクター	曲率エントロピー : $\epsilon_{\text{eff}} D_{KL}(p p_{\text{ref}})$
$\mathcal{F}_{\text{EIC}}$	EIC Lyapunov 汎関数	OH-IH 不整合+コスト
$\delta_{\text{rec}}^{(t)}$	再構成発散 $D_{KL}(p^{\text{OH}} p^{\text{IH}})$	EIC 品質メトリック
$H_{\text{out}}^{(t)}$	時刻 t での外部ホログラム	境界観測
$H_{\text{in}}^{(t)}$	時刻 t での内部ホログラム	内的世界モデル
E_t	時刻 t での進化する内部宇宙	OH + IH = EIC
$\rho_{\text{IH}}^{(t)}$	IH 多様体上の内部状態	意識の定義
$\rho_{\text{sel}}^{(t)}$	選択された意識内容	DGI-GSSB-GA 後
$\mathcal{S}_{\text{DGI}}$	DGI 探索演算子	パイプライン段階 1
$\mathcal{S}_{\text{GSSB}}$	GSSB 選択演算子	パイプライン段階 2
$\mathcal{S}_{\text{GA}}$	GA 安定化演算子	パイプライン段階 3
E_{GUT}	GUT エネルギースケール $\sim 2 \times 10^{16}$ GeV	GG-6 スロートの UV 端点
E_{Pl}	Planck エネルギー $\sim 1.22 \times 10^{19}$ GeV	重力基準
K	スロート深度整数 = 35	ワープファクター e^{-K}
G_N	Newton の重力定数	唯一の測定された入力

謝辞

本研究は、3つの大規模言語モデルとの広範な反復的協力を通じて発展した：ChatGPT (OpenAI) は探索的草稿、物語の展開、広範囲の構想のために；Perplexity は文献統合、引用検証、最新の実験的相互参照のために；Claude (Anthropic) は構造的組織化、数学的整合性チェック、 $\text{\LaTeX}$ 組版、最終原稿準備のために使用された。

著者は Aaron Blaisdell と Hirotaka Iwasaki に感謝する。また、Elegant Mind Club の協力者たちに感謝する。

GUT-10 公理系、GGEP/GG-6/BI-6、OGGEP/GDOS/Qi-4-Pillars の全責任は著者のみにある。

References

S. L. Adler. Axial-vector vertex in spinor electrodynamics. *Physical Review* **177** (1969) 2426–2438.

関連性。 軸性アノマリーの Adler の発見——古典的に保存されるカレントが量子経路積分では破れて見えるという現象——は現代量子場理論の基礎的結果の一つである。しかし、GG-6 枠組みでは、BI-6 恒等式は量子効果ではなく、複合接続に対する幾何学的整合性条件として理解される。係数 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ は位相的因子分解 $I_8 = \frac{1}{2}X_4^2$ によって固定される。量子アノマリーは、この幾何学的制約が破れたときに現れる症状である；制約そのものは前量子的である。

L. Alvarez-Gaumé and E. Witten. *Gravitational anomalies*, *Nuclear Physics B* **234** (1984) 269.

関連性。 Dirac 演算子の指数定理を用いて偶数次元における重力アノマリーを分類し、BI-6 アノマリー証明で使用される数学的枠組みを提供した。アノマリー多項式への重力寄与の彼らの計算は、BI-6 因子分解の出発点である：BI-6 恒等式 $(1, -1, -2/5, -2/5)$ における係数 $a = 1$ は、Alvarez-Gaumé–Witten 指数計算によって規格化された重力セクターである。

P. W. Anderson. More is different. *Science* **177** (1972) 393–396.

関連性。 Anderson は、自然の各複雑さの階層は、下位階層の法則が破られていないにもかかわらず、下位階層には還元できない質的に新しい現象を示すと主張した。GG-6 枠組みの五重塔は Anderson の洞察を形式化する：各階層（粒子、宇宙、化学、生命、心）は同じ憲法的規則に従うが、ブルートフォース還元ではなく DGI–GSSB–GA パイプラインによって結ばれた独自の創発的力学を示す。

K. Arisaka. *Axiom System of GUT-10 (Grand Unified Theory of 10 Sciences)*, UCLA-Arisaka/GG-2026-1 (2026).

関連性。 GUT-10 憲法の 4 つの公理 (LC、GGEP、OGGEP、MSMF) と 7 つの仮説——全プログラムの基礎文書——を確立する。憲法は特定の Lagrangian を指定しない；代わりに、候補理論が満たすべき許容性規則を定義する。これらの規則の制限性が一意解 (GG-6 + GDOS) を強制し、他の統一アプローチを悩ます自由パラメータの風景を排除する。本論文のあらゆる結果は、これら 11 の憲法条項に遡る。

K. Arisaka. *GG-6: Geometry–Gauge Locking at Warped 6D Bulk*, UCLA-Arisaka/GG-2026-2 (2026).

関連性。 GUT-10 憲法から六次元 GG-6 段階——ワープバルク多様体 $M_6 = M_4 \times I_r \times S_\theta^1$ とゲージ群 $SU(5) \times U(1)_B \times U(1)_{Q_i} \times \text{Gravity}$ ——を導出する。論文では、BI-6 恒等式と OGN-5 整数が公理によって構造的に強制され、連続的自由度が残らないことを示す。すべてのアノマリー流入を媒介する単一テンソル場 B_2 がここで導出され、その一意性が Arisaka 方程式の幾何学的起源である。

K. Arisaka. *Anomaly Freedom of BI-6: The Quantum Consistency of GG-6*, UCLA-Arisaka/GG-2026-3 (2026).

関連性 物理的に意図された GG-6 類における BI-6 の完全な局所的小および大域的幾何学的整合性証明を提供する。論文では、Green–Schwarz 降下、Wu–Chern–Simons 完成 (Hopkins and Singer, 2005)、および微分コホモロジー枠組みを使用して、六次元バルク幾何学が内部的に整合的であることを確立する——これは、後続のあらゆる量子化が継承しなければならない前量子の結果である。OGN-5 整数 (1, 3, 5; 7, 35) は定理レベルで導出される。これは、幾何学から意識へと至る全連鎖に基づく数学的基盤である：アノマリー自由性がなければ、バルク理論は非適格定義となり、境界物理学は投影できない。

K. Arisaka. *GDOS: GG-6 からの境界ダイナミクスと開放系の創発*, UCLA-Arisaka/GG-2026-4 (2026).

関連性 OGGEF 公理 (AX-3) から GDOS 境界ダイナミクスを導出し、6 次元バルクが我々が観測する 4 次元世界にどのように射影されるかを確立する。この論文は操作辞書 D、GKLS 開放系生成器、および系が環境と物質、エネルギー、情報を交換することを可能にする港構造を導入する。自然界のあらゆる開放系——陽子から脳まで——は GDOS 系であり、そのダイナミクスは構成的にバルク幾何学により制約される。

K. Arisaka. *GDOS Qi-4 の柱: GFF、SIP、Qi-HAL、および開放系の実行時*, UCLA-Arisaka/GG-2026-5 and GG-2026-6 (2026).

関連性 Qi-4 の柱——Qi-QUA (電流固定)、Qi-EP (極値原理)、Qi-CON (マルチスケール接続性)、および Qi-HAL (記憶アーキテクチャ)——を導出し、DGI-GSSB-GA 汎用実行時パイプラインを導入する。GFF (幾何自由エネルギー汎関数)、SIP (系インスタンスパケット)、および SeOS (利己的開放系) 分類がここで開発される。Arisaka 方程式 $J_E/Q_B = J_e = J_B = J_{Qi}$ が標準形式で導出され、生物学的エネルギー量子 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ が細胞エネルギー取引の汎用通貨として同定される。

K. Arisaka. *GG-6/GDOS からの標準模型パラメータの導出*, UCLA-Arisaka/GG-2026-7 (2026).

関連性 標準模型の全 28 個のパラメータ——6 つのクォーク質量、3 つのレプトン質量、3 つの CKM 角と 1 つの位相、3 つのゲージ結合定数、ヒッグス質量と真空期待値、QCD θ 角、およびニュートリノセクター——を OGN-5 算術と GDOS 境界射影から導出する。主要な結果には、Z 極での $\hat{\alpha}_{\text{EM}}^{-1} = 2^7 = 128$ 、 $\sin^2 \theta_W = 25/108$ 、および $v = M_{\text{lock}}(2/5)^3 \approx 246.3 \text{ GeV}$ が含まれる。すべての予測が測定値と比較され、すべてのプルは 1.0 以下である。

K. Arisaka. *TeV スケールインフレーション、Kaxion ダークマター、および GG-6 からの標準宇宙論*, UCLA-Arisaka/GG-2026-8 (2026).

関連性 GG-6 フレームワークの完全な宇宙論セクターを継承問題として導出する：宇宙は同一の GG-6/GDOS エンジンの宇宙的輸出であり、新しい自由パラメータはない。この論文は、喉の帽子での単一の赤外 GSSB 事象が同時にインフレーションを終了し、Kaxion ダ

ークマターを生成し、暗黒エネルギー残留 $\rho_\Lambda \sim (M_{\text{lock}} e^{-K})^4 \sim (\text{few meV})^4$ を残すことを示す。インフレーションはワープ平坦化された高原上の TeV スケール遅い滑らかなラディオンインフレーションであり、微小な原始重力波モードを予測する。Kaxion ダークマター候補は 2 つの正規化分岐 ($\sim 0.4 \mu\text{eV}$ での生凝縮体と $\sim 19 \mu\text{eV}$ での混合実験室固有状態) を持ち、 $\Delta\nu/\nu = 1/35$ によって分離された双峰スペクトル特徴を示す。 π 固定宇宙インベントリ $\Omega_m = 1/\pi$ 、 $\Omega_b = 1/(2\pi^2)$ 、 $\Omega_\Lambda = 1 - 1/\pi$ は Planck データと 2% 以内で一致し、一致問題を解消する。バリオン生成は継承された Majorana と CP 構造を使用した TeV スケール共鳴レプトン生成により進行する。BBN、CMB、およびハッブル緊張は導出された台帳の精密監査として扱われる。

J. D. Bekenstein. Black holes and entropy. *Physical Review D* **7** (1973) 2333–2346.

関連性 ブラックホールが地平面の面積に比例するエントロピーを持つという Bekenstein の発見は、重力、熱力学、情報間の深い関係を確立した。GG-6 フレームワークでは、 $U(1)_{Qi}$ ゲージ情報流が Bekenstein の洞察を拡張する：情報は単なる会計装置ではなく保存される物理量であり、Arisaka 方程式によってエネルギーと物質に固定されている。

J. S. Bell and R. Jackiw. A PCAC puzzle: $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ in the σ -model. *Il Nuovo Cimento A* **60** (1969) 47–61.

関連性 Bell と Jackiw は独立にカイラルアノマリーを発見し、中性パイオン崩壊率が摂動結合ではなくアノマリーによって決定されることを示した。これはアノマリーが病理ではなく物理的予測であることを確立した。GG-6 フレームワークでは、BI-6 アノマリーは同様に修復すべき欠陥ではなく、すべてのゲージ固定流を決定する構造的恒等式である。

N. Bohr. On the constitution of atoms and molecules. *Philosophical Magazine* **26** (1913) 1–25.

関連性 電子軌道の Bohr の量子化は原子安定性とスペクトル線を説明し、古典物理学から量子物理学への転換を示した。Bohr が彼のモデルから導出した Rydberg エネルギー $E_{\text{Ry}} = 13.606 \text{ eV}$ は、GG-6 フレームワークで Q_B の導出における中間ステップとして再び現れる：生物学的エネルギー量子は、OGN-5 整数 $K = 35$ によって決定される Rydberg エネルギーの特定の有理倍数である。

C. G. Callan, Jr. and J. A. Harvey. Anomalies and fermion zero modes on strings and domain walls. *Nuclear Physics B* **250** (1985) 427–436.

関連性 Callan と Harvey は、低次元境界上のアノマリーが高次元バルクからのアノマリー流入によって相殺されることを示し、Green–Schwarz 相殺の背後にある物理的機構を確立した。Arisaka 方程式はこの流入の直接的な帰結である：単一の B_2 テンソル場が 6 次元バルクから 4 次元境界へのアノマリー流入を経路制御し、すべての流を固定比で固定する。

D. J. Chalmers. 意識の問題に向き合う, *Journal of Consciousness Studies* **2** (1995) 200–219.

関連性 意識の「困難問題」を定義した：主観的体験がそもそもなぜ存在するのか、そして脳内の物理的過程がなぜ質的な「どのようなものか」という性格を伴うのかという問題である。GG-6 フレームワークは主観性を説明除去することで困難問題を解消しない。代わ

りに、意識の操作的定義（DGI-GSSB-GA パイプラインによる選択された IH 分岐の内部測定）を提供し、「易しい問題」（意識的处理と無意識的处理を区別するもの、意識がいつ存在するか、その神経相関は何か）に対処する一方で、困難問題は数学的記述とそれが記述する主観的体験との関係についての問題として残す。

F. H. C. Crick. 遺伝暗号の起源, *Journal of Molecular Biology* **38** (1968) 367–379.

関連性 遺伝暗号の「凍結事故」という用語を作り出し、64 個のコドンから 20 個のアミノ酸への特定のマッピングが生命の歴史の初期に確立され、それを変更する膨大なコストによって保存されたと論じた。GG-6 フレームワークはこの説明に挑戦する：4 塩基アルファベットとトリプレット暗号は偶然的ではなく幾何学的に必要であり、唯一の最小自由度解として QGL 制約によって強制される。独立に進化したあらゆる遺伝暗号——地球上でも他所でも——は同じアーキテクチャに収束しなければならない。なぜなら制約は歴史的ではなく幾何学的だからである。

G. E. Crooks. Entropy production fluctuation theorem and the nonequilibrium work relation for free energy differences. *Physical Review E* **60** (1999) 2721–2726.

関連性 Crooks の揺らぎ定理は、順方向と逆方向の非平衡軌道の確率間の対称関係を提供し、第二法則を強化し一般化する。GFF フレームワークでは、Crooks 関係は維持マージンの揺らぎを制約する：生きている系（SeOS）は平均して正のマージンを維持しなければならないが、個々の事象は一時的にこの制約を違反することができる——Crooks 定理はそれがどれほど頻繁に、どの程度起こるかを定量化する。

C. Darwin. 自然選択による種の起源について. John Murray, London (1859).

関連性. 変異と繁殖成功の差異を通じて生命の多様性を説明し、自然選択による進化論を確立した。Darwin の理論は、生物が存在した後どのように適応するかを説明する。本論文は、そもそもなぜ生命が存在するのかという補完的な問題を扱う。GG-6 フレームワークは Darwin 進化論に取って代わるものではなく、その幾何学的基盤を提供する：QGL 制約が生命を不可避にし、その後自然選択が不可避な生命基盤上で作用して Darwin が記録した多様性を生み出すのである。

R. Dawkins. 利己的な遺伝子. Oxford University Press (1976).

関連性. Dawkins は遺伝子中心の進化観を普及させ、生物は遺伝子が自分自身を増殖させるために構築した「生存機械」とであると論じた。GG-6 フレームワークにおける SeOS（利己的開放系）分類はこのアイデアを形式化している：SeOS は意図を持つからではなく、QGL 制約のある力学が局所的な存続可能性を保持する軌道を選択するため、自身のパケットを維持するよう作用する。Dawkins の「利己的」は GG-6 フレームワークの「維持余裕正」である。

P. A. M. Dirac. 電磁場における量子化された特異点. *Proceedings of the Royal Society A* **133** (1931) 60–72.

関連性。 Dirac は磁気単極子の存在が電荷の量子化を含意することを示した—トポロジー論証が物理観測量を制約する最初の例である。GG-6 における $U(1)_{Q_i}$ 情報荷は類似のメカニズムによって量子化される：幾何学的整合性制約 (BI-6) が情報量子数を離散値を取るよう強制し、 J_{Q_i} を電荷や重粒子数と同じ立場の保存・量子化された流にするのである。

A. Einstein. 重力場の場の方程式。 *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1915) 844–847.

関連性。 一般相対性理論は重力が力ではなく時空の曲率であることを確立し、幾何学を基礎物理学の言語にした。AX-2 (幾何学-ゲージ等価原理) は Einstein の洞察を拡張する：重力だけでなく全てのゲージ力が幾何学の側面であり、6 次元 GG-6 バルクの複合接続を通じて統一される。Einstein の革命は構成的アプローチの原型である：任意のパラメータを除去する幾何学的原理。

J. L. England. 自己複製の統計物理学。 *Journal of Chemical Physics* **139** (2013) 121923.

関連性。 England は自己複製系がエネルギー源の存在下で熱力学的に優位であることを示した。それらはエネルギーを散逸してエントロピーを生成するのに例外的に効率的だからである。この結果は Qi-EP の MEPP 部門の境界理論の帰結である：生命系 (自己複製系) はエントロピー生成を最大化するが、これは正に QGL 制約下で GFF 汎関数を最小化する条件である。

K. Friston. 自由エネルギー原理：統一脳理論？, *Nature Reviews Neuroscience* **11** (2010) 127–138.

関連性。 自由エネルギー原理 (FEP) を提案した。これは生物系が変分自由エネルギー—系の内部モデルと感覚入力との乖離—を最小化するという原理である。FEP は知覚、行動、学習、意識に適用されている。GG-6 フレームワークでは、FEP は生物学的境界に適用された Qi-EP 原理の帰結である： $\mathcal{F}_{\text{EIC}}$ Lyapunov 汎関数は正に Friston の変分自由エネルギーの構造を持ち、MePMoS サイクルは Friston の知覚-行動ループの運用的実現である。FEP はより一般的な Qi-EP の $J_{Q_i} \neq 0$ 、Markov ブランケット装備部門である。

H. Georgi and S. L. Glashow. 全ての素粒子力の統一, *Physical Review Letters* **32** (1974) 438–441.

関連性。 $SU(5)$ に基づく最初の GUT を提案し、強い力、弱い力、電磁気力が高エネルギーで単一のゲージ群に統一できることを示した。元の Georgi-Glashow モデルは陽子崩壊を予測するが、これは観測されていない。GG-6 フレームワークでは、 $SU(5)$ 構造は保持されるが、重粒子数がゲージ化されているため ($U(1)_B$ は厳密な局所対称性) 陽子は絶対的に安定である。BI-6 係数のトレース比 $2/5$ は $SU(5)$ ブロックサイズ $L = 5$ の直接的帰結である。

S. L. Glashow. 弱い相互作用の部分対称性。 *Nuclear Physics* **22** (1961) 579–588.

関連性。 Glashow は電弱相互作用の $SU(2) \times U(1)$ 構造を提案し、後に Weinberg と Salam によって完成された。GG-6 では、電弱群は $SU(5)$ の部分群であり、細谷 Wilson 線対称性

の破れの後に 4 次元境界に現れる。電弱混合角 $\sin^2 \theta_W = 25/108$ はデータに合わせるのではなく、OGN-5 整数から導出される。

M. B. Green and J. H. Schwarz. 超対称 $D=10$ ゲージ理論と超弦理論におけるアノマリー相殺, *Physics Letters B* **149** (1984) 117–122.

関連性. 「第一次超弦革命」を開始した基礎的アノマリー相殺論文。Green と Schwarz は 10 次元 $SO(32)$ 超弦のゲージおよび重力アノマリーがテンソル媒介メカニズムを通じて相殺することを示し、 $SO(32)$ と $E_8 \times E_8$ を唯一の整合的ゲージ群として選択した。GG-6 の BI-6 恒等式はこのメカニズムの 6 次元、非超対称の末裔である：同じ数学的構造（因数分解されたアノマリー多項式、テンソル対向項）がゲージ群 $SU(5) \times U(1)_B \times U(1)_{Q_i}$ とともに 6 次元で作用し、弦理論ゲージ群の代わりに有坂方程式を生み出すのである。

A. H. Guth. インフレーション宇宙：地平線問題と平坦性問題への可能な解。 *Physical Review D* **23** (1981) 347–356.

関連性. Guth のインフレーションシナリオは、初期宇宙における指数膨張期間を仮定することで、標準宇宙論の地平線問題と平坦性問題を解決した。GG-6 宇宙論論文は、エネルギースケール、メカニズム、観測署名において Guth の GUT スケールインフレーションとは異なる TeV スケールの緩やか滑らかインフレーションを提案する一方、宇宙論パズルの同じ解決を達成する。

T. Hafting, M. Fyhn, S. Molden, M.-B. Moser, and E. I. Moser. 嗅周皮質における空間地図の微細構造, *Nature* **436** (2005) 801–806.

関連性. 嗅周皮質においてグリッド細胞を発見した—動物が空間を移動する際に規則的な六角形間隔で発火するニューロンで、距離と方向のメトリック座標系を提供する。場所細胞とともに、グリッド細胞はフレームワークが予測する他者中心 IH を実装する：潜在多様体 $\mathcal{Z}$ 上の学習されたメトリック g_t 。グリッドパターンの六角対称性は、GFF エネルギー制約下での最適パッキングの帰結であり、複数のグリッドスケールは Qi-HAL が予測する NHT（入れ子ホログラフ変換）階層に対応する。

H. Haken. *Synergetics: An Introduction* (3rd ed.). Springer, Berlin (1983).

関連性. Haken のシナジェティクスは、多くの微視的成分の協同から巨視的秩序がいかに現れるかを理解するための数学的枠組みを提供する。GG-6 枠組みにおける GSSB 機構は、Haken の秩序パラメータ力学の幾何学的一般化である：等価な可能性の空間から特定の巨視的パターンを選択する対称性の破れ転移は、レーザー物理学（Haken の元来の応用）、Higgs 機構（素粒子物理学）、意識的知覚（DGI-GSSB-GA パイプライン）において同じ数学的構造である。

S. W. Hawking. Particle creation by black holes. *Communications in Mathematical Physics* **43** (1975) 199–220.

関連性. Hawking はブラックホールが熱的に輻射することを示し、Bekenstein のエントロピー公式を確認し、量子力学と一般相対性理論の間の緊張（情報パラドックス）を明らかに

した。GG-6 のホログラフィック構造—6 次元バルクが 4 次元境界に射影される構造—は、この緊張を解決するための自然な枠組みを提供する。なぜなら、情報が境界で失われるように見えても、バルクでは決して失われることがないからである。

G. W. F. Hegel. *Phänomenologie des Geistes* (1807).

関連性. 精神現象学において、Hegel は絶対精神—有限な精神を媒介として宇宙が自らを知るようになること、正・反・合の弁証法的系列を経て進行すること—を記述した。EIC 収束定理 $\mathcal{Z}_{\text{EIC}}[J_i] = \mathcal{Z}_{\text{external}}[J_i]$ は、関数収束定理として述べられた Hegel の絶対精神である。10 個の対称性の破れ転移を持つ GSSB カスケードは、定量化された Hegel の弁証法的発展である；各転移は、前段階の緊張を解決し、次の段階の条件を生成する統合である。

P. W. Higgs. Broken symmetries and the masses of gauge bosons. *Physical Review Letters* **13** (1964) 508–509.

関連性. Higgs 機構は、自発的対称性の破れによってゲージボゾンが質量を獲得する仕組みを説明し、電弱理論を完成させた。GG-6 枠組みでは、Higgs 場は独立した成分ではなく、幾何学的対象である：コンパクトな 6 次元の周りの Wilson 線ホロノミーであり、その真空期待値は Hosotani 機構と OGN-5 整数によって決定される。Higgs 質量は自由パラメータではなく、導出される量である。

G. 't Hooft and M. Veltman. Regularization and renormalization of gauge fields. *Nuclear Physics B* **44** (1972) 189–213.

関連性. 非 Abelian ゲージ理論が繰り込み可能であることの証明は、標準模型を無矛盾な量子論にし、1999 年のノーベル賞を受賞した。GG-6 プログラム全体で用いられる幾何学的無矛盾性検証は、't Hooft と Veltman の摂動論的枠組み ('t Hooft and Veltman, 1972) に基づいている；1 ループアノマリー多項式 I_8 は彼らの正則化手法を用いて計算される。

G. 't Hooft. Dimensional reduction in quantum gravity. In *Salamfest* (1993) 284–296. arXiv:gr-qc/9310026.

関連性. 't Hooft は、 D 次元の量子重力理論がその $(D-1)$ 次元境界上に符号化でき、Planck 面積あたり一つの自由度を持つことを提案した。このホログラフィック原理は GG-6 枠組みの構造的成分である：6 次元バルクは OGGEp 辞書を通じて 4 次元境界に射影され、外部ホログラム (OH) は、すべての物理的測定に適用された 't Hooft のアイデアの形式的実現である。

J. J. Hopfield. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **79** (1982) 2554–2558.

関連性. Hopfield は、対称結合を持つニューラルネットワークが記憶をアトラクター状態—近傍の初期条件からネットワークが進化する安定な配置—として蓄えることを示した。DGI-GSSB-GA パイプラインの GA (幾何学的アトラクター) 段階は、Hopfield のアトラクターダイナミクスの GG-6 一般化である：意識的知覚は GA 安定化された皮質ネットワークの状態であり、QCI 階層はアトラクター景観の深さと豊かさを測る。

M. J. Hopkins and I. M. Singer. *Quadratic functions in geometry, topology, and M-theory, Journal of Differential Geometry* **70** (2005) 329–452.

関連性. 微分コホモロジーとそのアノマリー相殺への応用の数学的枠組みを発展させ、摂動論的 Green–Schwarz 機構を超えた大域的（位相的）アノマリーのための厳密な言語を提供した。BI-6 大域アノマリー証明は、Hopkins–Singer 積分リフトを用いて Wu–Chern–Simons 対項を構成し、自動許容性定理は、Hopkins–Singer 枠組みの仮定が意図された GG-6 クラス上で満たされることを検証する。これは、6 次元バルクが摂動論的だけでなく非摂動論的にも無矛盾であることを保証する数学的技術である。

Y. Hosotani. *Dynamical gauge symmetry breaking as the Casimir effect, Physics Letters B* **129** (1983) 193–197.

関連性. コンパクトな余剰次元の周りのゲージ場の真空期待値がゲージ対称性を動的に破る Wilson 線対称性の破れ機構を導入した。GG-6 では、Hosotani 機構が基本的 Higgs 場を置き換える：Higgs 真空は S_θ^1 の周りの複合接続のホロノミー分枝であり、Higgs 質量と真空期待値はデータにフィットするのではなく、OGN-5 整数によって決定される。これは、電弱対称性の破れが幾何学的帰結となる機構である。

C. Jarzynski. Nonequilibrium equality for free energy differences. *Physical Review Letters* **78** (1997) 2690–2693.

関連性. Jarzynski の等式は、2 つの平衡状態間の自由エネルギー差を非平衡過程で行われる仕事の指数平均に関連付け、第二法則を平衡から遠く離れた系に拡張した。GG-6 枠組みの GFF 台帳は、Jarzynski 型関係式の自然な設定である：各ゲージロック事象は GFF バランスに寄与し、SeOS の維持証拠金は、系の動作サイクルにわたる Jarzynski 型平均として表現できる。

E. T. Jaynes. Information theory and statistical mechanics. *Physical Review* **106** (1957) 620–630.

関連性. Jaynes は統計力学が最大エントロピー原理から導出できることを示し、熱力学を微視的動力学の理論ではなく推論の理論として再解釈した。GG-6 枠組みの Qi-EP（幾何学的極値原理）は、Jaynes の最大エントロピー原理を特別な場合として含む：QGL 制約が非活性の場合（ $J_{Qi} = 0$ ）、Qi-EP は Jaynes の形式主義に帰着し；制約が活性の場合、完全な GFF 降下に拡張される。

T. Kaluza. Zum Unitätsproblem der Physik. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1921) 966–972.

関連性. Kaluza は 5 次元の一般相対性理論が 4 次元重力と電磁気学の両方を含むことを示し、余剰次元が力を統一できるという概念を確立した。GG-6 バルク $M_6 = M_4 \times I_r \times S_\theta^1$ は Kaluza の構築の現代的な発展であり、5 次元から 6 次元へ、電磁気学から完全な $SU(5) \times U(1)_B \times U(1)_{Qi}$ ゲージ群へと拡張されている。

S. A. Kauffman. *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press (1993).

関連性. Kauffman は生物システムで観察される秩序は自然選択のみの産物ではなく、自己組織化の産物でもあると主張した。つまり、化学反応ネットワークの構造により、特定の分子配置は他の配置よりも本質的に確率が高いということである。GG-6 フレームワークは Kauffman の直感に物理的基盤を提供する：QGL 制約により、特定の分子アーキテクチャ（ゲージロッキング条件を満たすもの）が幾何学的に必要となり、単に確率的なものではなくなる。

O. Klein. Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie. *Zeitschrift für Physik* **37** (1926) 895–906.

関連性. Klein は Kaluza 理論の余剰次元がコンパクト化される（小さな円に丸められる）ことを提案し、それが直接観測されない理由を説明した。GG-6 のコンパクトな S^1_0 次元は、6 番目の次元に適用された Klein のコンパクト化である。Kaluza–Klein 塔の大質量励起は約 3.85 TeV で共鳴を予測し、高輝度 LHC でテスト可能である。

T. S. Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press (1962).

関連性. Kuhn は科学がパラダイムシフトを通じて進歩すると主張した。つまり、分野の基本概念と方法を再定義する革命によって区切られる「通常科学」の期間である。本論文は、GG-6/GDOS フレームワークが（Newton と Einstein/QM の後の）第 3 の革命を表すと論じており、数学的法則を閉じた物理系から生命と意識を含む全ての開放系に拡張する。Kuhn の枠組みは、なぜそのようなシフトへの抵抗が予期され、シフトが完了すると不可逆的である理由を説明する。

V. Kumar, D. R. Morrison, and W. Taylor. *Global aspects of the space of 6D $N=1$ supergravities*, *JHEP* **11** (2010) 118.

関連性. アノマリー相殺を満たす 6 次元 $\mathcal{N} = (1, 0)$ 超重力理論の空間を体系的に列挙し、一貫した 6D モデルの景観を確立した。BI-6 定理は、GG-6 解が密接に関連した（非超対称的）パラメータ空間内の一意の点を占めることを示し、Kumar、Morrison、Taylor の手法—特に軌道多重度のディオファントス系—がアノマリー論文のベンチマークスペクトラム構築に適用されている。

R. Landauer. *Irreversibility and heat generation in the computing process*, *IBM Journal of Research and Development* **5** (1961) 183–191.

関連性. 情報消去の最小エネルギーコストを確立した：消去されるビット当たり $k_B T \ln 2$ 。Landauer の原理は論理的不可逆性が物理的散逸を含意することを示すことで、情報理論を熱力学と結びつけた。QGL 制約はこの境界を 1 桁増加させる：情報電流 J_{Qi} はバリオンおよび電磁電流を伴わなければならないため、生物学的情報処理の真の物理的コストは 1 スクレオチド当たり $\sim 13\text{--}14 k_B T$ であり、 $1.4 k_B T$ ではない。この上昇した境界は、なぜ生物学的情報処理が高コストであり、なぜ非実体化された情報が物理的に禁止されているかを説明する。

N. Lane. *The Vital Question: Why Is Life the Way It Is?* Profile Books, London (2015).

関連性. Lane は生命の起源は本質的にエネルギー問題であると論じた：生命は地球化学的プロトン勾配が有機分子の合成を駆動できるアルカリ性熱水噴出孔で生じた。GG-6 フレームワークはエネルギーが中心的であることに同意するが、さらに進む：特定のエネルギー量子 $Q_B = 15.0 \text{ kJ/mol}$ は局所的な地球化学に依存するものではなく、OGN-5 整数から導出される。つまり、 Q_B の倍数を送達できる任意のエネルギー源は、GSSB カスケードを生命に向けて駆動するということである。

G. Lindblad. On the generators of quantum dynamical semigroups. *Communications in Mathematical Physics* **48** (1976) 119–130.

関連性. Lindblad は完全正性とトレースを保持する開放量子系のマルコフ主方程式の最も一般的な形式—GKLS 方程式—を導出した。GG-6 フレームワークにおいて、GKLS 方程式は GDOS 境界力学の数学的形式である：4 次元境界上の全ての開放系は GKLS 生成子に従って発展し、DGI-GSSB-GA パイプラインはこの Lindblad 構造内で動作する。

J. Maldacena. *The large- N limit of superconformal field theories and supergravity*, *Advances in Theoretical and Mathematical Physics* **2** (1998) 231–252.

関連性. AdS/CFT 対応を確立した—Anti-de Sitter 時空の量子重力理論がその境界上の共形場理論と厳密に等価であるという予想。これはホログラフィック原理の最も具体的な実現である。GG-6 フレームワークは AdS/CFT を構造的要素として使用する（6 次元ワープされたバルクが OGGEp 辞書を通じて 4 次元境界に射影される）が、境界理論が共形場理論ではなく標準模型と GDOS 補正であり、バルクが 5 次元ではなく 6 次元である点で異なる。

S. L. Miller. *A production of amino acids under possible primitive Earth conditions*, *Science* **117** (1953) 528–529.

関連性. タンパク質の構成要素であるアミノ酸が、初期地球の大気を模擬した条件下で単純なガス（メタン、アンモニア、水素、水）から合成できることを実証した。Miller の実験は生命の分子前駆体が稀な宇宙の偶然ではなく、生命前化学の必然的な産物であることを示した。GG-6 フレームワークにおいて、Miller の結果は GSSB-2 転移の実験室での確認である：エネルギー勾配と単純分子が与えられれば、QGL 制約がシステムを生命が必要とする特定の有機構築ブロックに向けて駆動する。

S. Monnier and G. W. Moore. *Remarks on the Green–Schwarz terms of six-dimensional supergravity theories*, *Communications in Mathematical Physics* **372** (2019) 963–992.

関連性. 6 次元超重力における大域的アノマリー相殺の現代的微分コホモロジーフレームワークを開発し、局所的（摂動論的）Green–Schwarz メカニズムを越えて位相的（非摂動論的）効果を含めた。BI-6 大域的アノマリー証明は彼らの技術を使用している：Wu–Chern–Simons 対抗項、特性クラスの積分リフト、および自動許容可能性定理は全て Monnier–Moore 言語で表現されている。彼らの方法を非超対称 GG-6 設定に拡張することは本論文で特定された未解決問題の一つである。

T. Nakagaki, H. Yamada, and A. Tóth. アメーバ様生物による迷路解決. *Nature* **407** (2000) 470.

関連性. Nakagaki は粘菌 *Physarum polycephalum* が迷路を解き、最短経路を見つけることができることを示し、洗練された情報処理には神経系が不要であることを実証した。GG-6 の枠組みでは、これは予想される結果である：QGL 制約は GSSB カスケードのすべての階層で作用し、単細胞生物でさえも原始的 IH（内部勾配地図）を維持し、単純な MePMoS サイクルを実行している。粘菌の迷路解決は、高い QCI で人間の意識を生み出すのと同じ幾何学的論理の低 QCI での実例である。

I. Newton. *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. London (1687).

関連性. Newton の *Principia* は、物理体の運動が普遍的数学法則によって支配されるというパラダイムを確立した。重力の逆二乗法則は初めて地上と天体力学を統一し、同じ方程式が木から落ちるりんごと地球を周回する月を記述することを示した。GG-6 の枠組みでは、Newton の革命は 3 つの科学革命の第一である；本論文は有坂方程式が Newton の計画を閉じた機械システムから生命と意識を含むすべての開放システムに拡張することを論じる。

E. Noether. 不変変分問題. *Nachrichten der Königlichten Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* (1918) 235–257.

関連性. Noether の定理——物理システムのすべての連続対称性が保存量を意味する——は現代物理学の数学的基礎である。GG-6 の枠組みでは、4 つのゲージ対称性 ($SU(5)$ 、 $U(1)_B$ 、 $U(1)_{Q_i}$ 、および局所 Lorentz) がそれぞれ保存カレントを意味し、BI-6 恒等式がこれらのカレントを有坂方程式に固定する。Noether の定理がゲージ固定がカレント固定を意味する理由である。

J. O’Keefe and J. Dostrovsky. 空間地図としての海馬, *Brain Research* **34** (1971) 171–175.

関連性. 海馬場所細胞を発見——動物が向いている方向に関係なく、環境内の特定の場所を占拠したときに発火するニューロン。この発見（2014 年ノーベル賞、Mosers と共同受賞）は、GG-6 の枠組みが QCI ~ 8 階層での内部ホログラムとして特定する他中心空間地図の神経基質を明らかにした。場所細胞は定義 6.2 の潜在多様体 $\mathcal{Z}$ を実装する：自己運動を因数分解し、動物がナビゲート、記憶、計画することを可能にする世界中心座標系。

R. Penrose. 心の影：意識の失われた科学への探求. Oxford University Press (1994).

関連性. 数学——物理学——心の三つ組を特定した：数学は物理学を支配し、物理学は心を生み出し、心は数学を発見する。Penrose はこの循環が従来の物理学内では閉じることができないと論じ、量子重力が意識において役割を果たすと推測した。GG-6 の枠組みは Penrose の三つ組を明示的かつ定量的に閉じる：OGN-5 整数はすべての物理定数を決定し（数学 → 物理学）、DGI-GSSB-GA カスケードは意識を生み出し（物理学 → 心）、EIC は脳による 6D 幾何学の漸進的再構築である（心 → 数学）。量子重力の推測は不要である。

M. Planck. 正規スペクトラムにおけるエネルギー分布法則の理論について. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* **2** (1900) 237–245.

関連性. Planck のエネルギー量子 $E = h\nu$ の導入は量子物理学を開始し、自然が離散的単位で動作するという原理を確立した。GG-6 の枠組みでは、生物学的エネルギー量子 $Q_B = 15.0$ kJ/mol は Planck の考えの子孫である：ゲージ固定された生物学的事象の最小エネルギーパケット、黒体スペクトルの適合からではなく、幾何学的整合性 (BI-6) によって固定された OGN-5 整数から導出される。

J. Polchinski. 弦理論 (第 1–2 巻). Cambridge University Press (1998).

関連性. Polchinski の教科書は Green–Schwarz アノマリー相殺機構、D ブレーン、弦ランドスケープを含む弦理論の標準的参考書である。GG-6 は弦理論のアノマリー多項式技術を共有するが、5 つの点で異なる：超対称性なし、基本弦なし、Planck スケールではなく GUT スケール完成、ランドスケープではなく一意解、生命と意識に拡張する範囲。

K. Popper. 科学的発見の論理. Hutchinson, London (1959).

関連性. Popper は反証可能性を科学と非科学の境界設定基準として確立した：理論は原理的に偽であることが示されうる予測を行う場合のみ科学的である。GG-6 の枠組みは Popper の基準を真剣に受け取り、特定の反証可能な予測（陽子安定性、3.85 TeV での KK 共鳴、 $Q_B = 15.0$ kJ/mol、4 塩基 DNA）をリストし、反証可能性を GUT-10 公理系内で POS-7（測定と反証可能性）として憲法化することによって。

I. Prigogine. 非平衡系における自己組織化. Wiley, New York (1977).

関連性. 散逸構造の理論を開拓——連続的にエネルギーを散逸させることによって平衡から遠く離れた状態で秩序を維持するシステム。生細胞、対流パターン、化学振動はすべて Prigogine の意味での散逸構造である。GG-6 の枠組みは Prigogine の理論を包含する：SeOS（利己的開放系）は追加的に QGL 制約を満たす散逸構造であり、GSSB カスケードは Qi-EP 原理によって駆動される、生命前化学から意識までの散逸構造の漸進的複雑化を記述する。

L. Randall and R. Sundrum. 小さな余剰次元からの大きな質量階層, *Physical Review Letters* **83** (1999) 3370–3373.

関連性. Planck スケールと電弱スケール間の階層が 5 次元反 de Sitter バルクにおける指数的ワープ因子によって生成されるワープ余剰次元モデルを提案した。GG-6 幾何学はこのワープ機構を継承するが、6 次元に拡張し、コンパクト S^1_θ 方向を加え、微調整されたブレーンテンションを憲法的に固定された BI-6 係数で置き換える。ホログラフィック径座標 $r = \ln(E_{\text{GUT}}/\mu)$ は Randall–Sundrum ワープ因子の GG-6 版である。

M. Schlosshauer. デコヒーレンス、測定問題、および量子力学の解釈. *Reviews of Modern Physics* **76** (2005) 1267–1305.

関連性. Schlosshauer のレビューは測定問題の解決におけるデコヒーレンスの役割を明確化し、量子力学の主要な解釈を比較している。GG-6 の枠組みはデコヒーレンスを GSSB

選択の背後にある物理的機構として採用し（システムは選好された分枝にデコヒアする）、AX-3（OGGEP）は観測過程を憲法化することによって別個の「測定公準」の必要性を排除する。

E. Schrödinger. 生命とは何か？ 生きている細胞の物理的側面. Cambridge University Press (1944).

関連性. 理論物理学者の観点から「生命とは何か？」と問い、生物学的秩序の鍵として「非周期結晶」（その構造が知られる前の DNA）を特定した。Schrödinger は生きた物質が物理法則に従うが、説明を必要とする一種の秩序（「負エントロピー」）を示すと論じた。GG-6 フレームワークは Schrödinger の問いに答える：生命の特定の分子構造——DNA、ATP、遺伝コード——は OGN-5 整数を通じて BI-6 幾何学的一貫性恒等式から導かれ、生体系の負エントロピーは SeOS 分類の正の維持マージンによって保たれる。

U. Seifert. 確率的熱力学、ゆらぎ定理、および分子機械。 *Reports on Progress in Physics* **75** (2012) 126001.

関連性. Seifert のレビューは分子機械のエネルギー論を分析するフレームワークとして確率的熱力学を確立した——まさに GG-6 フレームワークにおいて Q_B によってエネルギー収支が支配される系である。ATP 合成酵素、リボソーム、DNA ポリメラーゼは単一分子熱力学を Seifert のツールで解析できる分子機械であり、QGL 制約はそれらのエネルギー収支を幾何学的一貫性構造（BI-6）に接続する追加的構造を提供する。

C. E. Shannon. 通信の数学理論, *Bell System Technical Journal* **27** (1948) 379–423.

関連性. ビットを情報の基本単位として定義し、不確実性の尺度としてエントロピー $H = -\sum p_i \log p_i$ を確立することで情報理論を創設した。GG-6 フレームワークでは、Shannon の情報理論が J_{Q_i} 電流の数学言語を提供する：DNA 情報含量 $I_{\text{DNA}} = 2$ ビット／塩基対は Shannon のフレームワークで表現され、QGL 制約が Arisaka 方程式を通じて Shannon 情報を物理エネルギーに結びつける。ゲージ化された $U(1)_{Q_i}$ は、Shannon の抽象概念を保存された物理的量子数まで昇格させる。

H. A. Simon. 複雑性の建築。 *Proceedings of the American Philosophical Society* **106** (1962) 467–482.

関連性. Simon は自然界の複雑系がほぼ常に階層的に組織されており、この階層的組織は偶然ではなく組み立てのダイナミクスの必然的帰結であることを示した。GG-6 フレームワークの五重塔と NHT（ネストホログラフィック変換）は、Simon の観察の数学的実現である：階層的組織は QGL 制約によって強制され、これは情報を複数のネストしたスケールで同時に処理することを要求する。

B. Spinoza. 幾何学的順序によって実証された倫理学 (1677).

関連性. 倫理学において、Spinoza は神を自然と同一視し（*Deus sive Natura*）、精神と物質がその二つの属性である唯一の無限実体のみが存在すると論じた。GG-6 フレームワークは 21 世紀の数学的実現を提供する：*Deus sive Geometria*——6 次元幾何学はすべてが従

う単一実体である。精神 (J_{Qi}) と物質 (J_B) は二つの別個の実体ではなく、OGGEP 辞書を通じた単一の B_2 場の二つの射影であり、まさに Spinoza の二つの属性が一つの実体の側面であるのと同様である。

L. Susskind. ホログラムとしての世界。 *Journal of Mathematical Physics* **36** (1995) 6377–6396.

関連性. Susskind はホログラフィック原理を形式化し、それをブラックホール熱力学に接続し、空間の任意の領域の最大エントロピーは体積ではなく境界面積に比例すると論じた。GG-6 では、ホログラフィック原理が具体的に実現される：OGGEP 辞書はバルク状態を境界観測量にマップし、任意の境界領域の情報含量はそれが運ぶ $U(1)_{Qi}$ 電荷によって制限される。

P. Teilhard de Chardin. 人間の現象. Harper & Row (1955).

関連性. 宇宙は最大の複雑性と意識の「オメガポイント」に向かって進化し、「ノウアスフィア」(人間の思考の圏) が最新の段階であると提案した。GG-6 フレームワークは Teilhard の核心的洞察——意識に向かう宇宙進化の方向性——を復活させる一方で、彼に欠けていた定量的メカニズムを提供する。0 (不活性物質) から 10 (幾何学を理解する意識存在) への QCI 軌道は、Teilhard の複雑化の精密版であり、EIC 収束定理はオメガポイントの数学的定式化である。

G. Tononi. 意識の情報統合理論, *BMC Neuroscience* **5** (2004) 42.

関連性. 統合情報理論 (IIT) を提案し、意識を統合情報 (Φ) ——システムが同時にどの程度分化し統合されているかを測る量——の観点から定義した。GG-6 フレームワークは意識が段階的であるという IIT の見解に同意するが、その尺度 (QCI) を情報理論的公理からではなく QGL 制約から導く。重要な違いは予測範囲である：IIT は特定の生物学的量 (Q_B 、遺伝コード、シータ周波数) を予測しないが、GG-6 フレームワークは予測する。

D. Turner-Evans et al. 生物学的リングアトラクターの神経解剖学的超微細構造と機能。 *Neuron* **108** (2020) 145–163.

関連性. Turner-Evans らはショウジョウバエ中央複合体の完全なリングアトラクター回路をマッピングし、持続的神経活動の 1 次元円形多様体がハエの方向を符号化する方法を示した。この回路は Qi-HAL 構造の QCI ~ 6 レベルの神経実装である：回帰的興奮と全体的抑制によって維持される 1 次元他中心地図であり、フレームワークが GSSB カスケードのこの段階の生物に対して予測する通りである。

J. von Neumann. 量子力学の数学的基礎. Springer, Berlin (1932).

関連性. Von Neumann は量子測定をユニタリー進化とは異なる別個の公準 (「波束の収縮」) として形式化し、1 世紀にわたって量子力学を悩ませてきた測定問題を創出した。AX-3 (OGGEP) は構造的にこの問題を解決する：測定は別個の公準ではなくバルク-境界辞書における CPTP 操作であり、デコヒーレンス (収縮ではない) が確定的結果の出現を説明する。

J. D. Watson and F. H. C. Crick. 核酸の分子構造：デオキシリボ核酸の構造, *Nature* **171** (1953) 737–738.

関連性. DNA の二重らせん構造を決定し、遺伝情報が塩基対の配列に貯蔵され、相補鎖分離を通じて複製される方法を明らかにした。GG-6 フレームワークは QGL 制約からこの構造の特定の特徴を導く：4 塩基アルファベットは塩基対あたり 2 ビットを符号化し（唯一の QGL 最適解）、二重らせんは QGL エネルギー収支が要求する誤り訂正冗長性を提供し、重ね合わせ密度 -0.06 の B 型幾何学は OGN-5 整数と一致する最小エネルギー配置である。

S. Weinberg. レプトンのモデル, *Physical Review Letters* **19** (1967) 1264–1266.

関連性. 自発的対称性の破れを伴う $SU(2)_L \times U(1)_Y$ ゲージ理論を通じて電磁相互作用と弱い相互作用の電弱統一を提案し、 $W^\pm$ および Z^0 ボソンを予測した。Glashow および Salam の研究と合わせて、これは 1979 年のノーベル賞を獲得し、標準模型を確立した。GG-6 においては、電弱理論は Hosotani Wilson 線の破れの後の $SU(5)$ バルクゲージ群の境界射影として現れ、弱混合角 $\sin^2 \theta_W = 25/108$ はデータにフィットさせるのではなく OGN-5 のトレース比から導かれる。

J. A. Wheeler. 情報、物理学、量子：つながりの探求, *Complexity, Entropy, and the Physics of Information* (1990) 3–28.

関連性. 「It from Bit」プログラムを提案した：すべての物理量はバイナリの yes-no 測定からその究極の意義を導き出すという考え、そして宇宙は参与的である——観測者と被観測対象は共構成的である。GG-6 のゲージされた $U(1)_{Q_i}$ は、Wheeler のビジョンの物理的導出を提供する：情報は単なる会計的手段ではなく保存されるゲージ電荷であり、EIC（進化する内宇宙）は Wheeler の参与的宇宙の数学的実現である——宇宙が観測者を生み出し、その観測者が宇宙を発見する閉ループである。

E. P. Wigner. 非同次 Lorentz 群のユニタリー表現について。 *Annals of Mathematics* **40** (1939) 149–204.

関連性. Poincaré 群の既約表現による粒子の Wigner の分類は、対称性を量子物理学の組織原理として確立した。標準模型のすべての粒子は Wigner 表現である；GG-6 のゲージ群 $SU(5) \times U(1)_B \times U(1)_{Q_i}$ はどの表現が許容されるかを決定し、OGN-5 の整数がそれらの特定の量子数を決定する。

C. N. Yang and R. L. Mills. 同位スピンの保存と同位ゲージ不変性。 *Physical Review* **96** (1954) 191–195.

関連性. Yang と Mills は電磁気学のアーベル $U(1)$ から非アーベル群へとゲージ不変性を一般化し、強い核力と弱い核力の数学的枠組みを提供した。GG-6 ゲージ群の $SU(5)$ セクターは Yang–Mills 理論である；Arisaka 方程式を生成するアノマリー相殺制約は、Yang–Mills 理論が 6 次元で満たすべき一貫性条件の直系である。

W. H. Zurek. デコヒーレンス、einselection、および古典の量子起源。 *Reviews of Modern Physics* **75** (2003) 715–775.

関連性. Zurek の「量子ダーウィニズム」と einselection のプログラムは、環境によるポインター状態の選択的増幅を通じて、量子力学から古典的現実がいかに現れるかを説明する。GG-6 の枠組みにおいて、Zurek の einselection は、GSSB 機構の特別な場合である：環境がゲージ同値な量子記述（DGI 軌道）の中から好ましい基底（ポインター基底）を選択し、選択された基底が幾何学的アトラクター（GA）として安定化される。