

複素数で世界をひらく

—— 増補・合本版 ——

現実と霊性の統合表現とその応用

統合製本 + 追補(G_2 / 生命・余命・永遠)

反重力 虚時間 量子もつれ 干支
創造主の運動方程式 排他原理 $ER = EPR$
八元数 G_2 対称性 生命・余命・永遠

$$Z = a + bi$$

a 現実

b 霊性

全 V 部 十三章 + 補遺

2026年

藤原直哉ワールドレポート
株式会社あえるば

総目次

本書は『複素数で世界をひらく 統合製本』(序・全 V 部十三章)に、追補「 G_2 と生命・余命・永遠」を補遺として合冊したものである。各部・各章の詳細な目次は、本文前の「目次」に収めてある。

序 — 一つの数式から	i
第 I 部 基礎 — 複素数で世界を表す	
第 1 章 複素数による現実世界と霊的世界の統合表現	3
第 2 章 周期性の数理 — 干支と複素位相	5
第 3 章 世界の構造化 — 周期性、ランダム性、無限	8
第 II 部 時間と因果の構造	
第 4 章 虚時間とエントロピー	13
第 5 章 複素平面における因果律	17
第 6 章 虚時間から実時間が生まれる瞬間 — 創造の現場	21
第 7 章 虚時間円環からの複数の時間の矢	24
第 III 部 個別性と全体性 — 量子論的洞察	
第 8 章 排他原理 — 個別性の物理的根拠	30
第 9 章 シンクロニシティと量子もつれ — 全体性の根拠	35
第 10 章 量子もつれとワームホール — $ER = EPR$	41
第 IV 部 運動と創造の力学	
第 11 章 重力・反重力複合運動方程式	46
第 12 章 創造主の運動方程式	49
第 V 部 統合	
第 13 章 総括 — 振幅から位相へ	56

補遺 G_2 と生命・余命・永遠	追補 1
— 統合製本への追補	
補章 A 虚数1つの場合と7つの場合 — 複素数から八元数へ、そして G_2	追補 1
補章 B 生命・余命・永遠の幾何学	追補 3
補章 結び	追補 5

本書は思考実験である。
複素数の数学的形式に物理的・哲学的・神学的解釈を与えることで、
世界の構造を多層的に把握しようとする試みである。

各命題は厳密な意味で証明されたものではなく、
構造的並行性に基づく洞察の集成である。

20世紀以降の物理学が無意識のうちに発見しつつある世界像は、
東洋的・神道的時空観と深く共鳴しつつある。
本書はその共鳴を、複素数という単一の数学的言語で
言い表す試みである。

序 —— 一つの数式から

複素数 $Z = a + bi$ は、本来まったく異なる二種類の量を一つの数として統合的に扱うための数学的装置である。実部 a は現実の物量を、虚部 b は霊性の方向を担う —— これだけの単純な約束から、本書のすべての議論が立ち上がる。

本書は5つの部からなる。

- ・ **第Ⅰ部「基礎 —— 複素数で世界を表す」** (第1～3章)では複素数表現そのものと、その後にある周期性・構構性を確認する。
- ・ **第Ⅱ部「時間と因果の構造」** (第4～7章)では時間と因果の構造を、実時間と虚時間の二層で読み解く。
- ・ **第Ⅲ部「個別性と全体性 —— 量子論的洞察」** (第8～10章)では量子論が示した個別性と全体性という二つの根本原理を扱う。
- ・ **第Ⅳ部「運動と創造の力学」** (第11～12章)では運動と創造の方程式という応用面に進む。
- ・ **第Ⅴ部「統合」** (第13章)で全体を統合し、文明史への含意を述べる。

章の順序は、複素数の基本→周期性→構構性→時間→因果→量子論→運動→創造→統合という、読者の理解が一步ずつ立ち上がる流れに沿って組まれている。藤原直哉氏が長年論じてこられた「経世自治、民の時代、霊性文明への転換」というテーマは、本書の枠組みでは「振幅 r の競争から位相 θ の競争へ重心が移る時期」として数学的に書き表される。本書はその転換を支える数理的骨格を一書にまとめたものである。

2026年4月

目 次

序——一つの数式から	i
I 基礎——複素数で世界を表す	1
1 複素数による現実世界と霊的世界の統合表現	3
1.1 なぜ複素数が適合するのか	3
1.2 定式化	3
1.3 4つの典型的な位相	3
1.4 共役複素数——顕世と幽世	3
1.5 オイラーの公式——祈りと現実化	4
1.6 共同体の総和としての文明	4
1.7 経世の動学	4
1.8 第1章の結論	4
2 周期性の数理——干支と複素位相	5
2.1 複素数の本質的周期性	5
2.2 1の冪根(roots of unity)	5
2.3 なぜ「12」が選ばれたのか	5
2.4 干支の数学構造	6
2.5 十二支の複素表現と五行	6
2.6 虚部 $b = \sin \theta$ の意味——霊性の投影	6
2.7 相生・相克の複素演算	6
2.8 易の六十四卦	7
2.9 第2章の結論	7
付録:虚数項のスカラー量 b の意味	7
3 世界の構造的性——周期性、ランダム性、無限	8
3.1 問いの設定	8
3.2 ランダムと構造の数学的区別	8
3.3 ポアンカレの回帰定理	8
3.4 構造の三段階分類	8
3.5 数学的宇宙仮説とウィグナーの問い	9
3.6 量子論からの示唆	9
3.7 20世紀の限界定理	9
3.8 構造の三層	9
3.9 第3章の結論	10
II 時間と因果の構造	11
4 虚時間とエントロピー	13
4.1 虚時間の定義——ウィック回転	13
4.2 虚時間がもたらす4つの劇的な変換	13
4.3 虚時間の周期＝逆温度	13
4.4 エントロピーと時間の方向性	14
4.5 エントロピーの増大と減少——4つの場面	14

4.6	物理的な式の整理	14
4.7	量子情報の観点	15
4.8	ホーキングの無境界仮説	15
4.9	ブラックホール温度——ホーキング放射	15
4.10	文明史としてのエントロピー	15
4.11	第4章の結論——増大と減少の双対性	16
5	複素平面における因果律	17
5.1	因果律の三つの定義	17
5.2	実時間における因果律	17
5.3	Kramers-Kronig 関係	17
5.4	複素平面上の光円錐	18
5.5	因果律の三層構造	18
5.6	シュレーディンガー方程式の因果律	18
5.7	反事実的因果律と虚部空間	18
5.8	虚時間における因果律——目的因	19
5.9	アリストテレスの四原因の統合	19
5.10	因果律と祈り	19
5.11	第5章の結論	20
6	虚時間から実時間が生まれる瞬間——創造の現場	21
6.1	問いの位相	21
6.2	ホーキング・ハートルの無境界仮説	21
6.3	何が起きているか——物理学的描像	21
6.4	何が「生まれている」のか——七つの誕生	22
6.5	数式での記述	22
6.6	神話的描像との対応	22
6.7	観測者問題と参加型宇宙	23
6.8	第6章の結論	23
7	虚時間円環からの複数の時間の矢	24
7.1	問いの構造	24
7.2	解釈A——同一宇宙内での時間の矢	24
7.3	解釈B——複数の実時間宇宙	24
7.4	解釈C——時間方向の対称性	25
7.5	解釈D——循環的な複数発生	25
7.6	統合的描像	25
7.7	数式での統合表現	26
7.8	古代神話との照応	26
7.9	慎重な留保	26
7.10	第7章の結論	26
III	個別性と全体性——量子論的洞察	28
8	排他原理——個別性の物理的根拠	30
8.1	排他原理の定式	30
8.2	フェルミ粒子とボーズ粒子	30
8.3	物質性の根拠	30
8.4	個別性の物理的根拠	31
8.5	周期表の謎を解く	31
8.6	パウリ自身の哲学的探求	31

8.7	排他原理と量子もつれ —— 二重原理	31
8.8	複素数表現での排他原理	32
8.9	多粒子系のスレーター行列式	32
8.10	スピリチュアルな解釈	32
8.11	ボソンとの対比 —— 「光」の自由	33
8.12	CPT定理と排他原理の必然性	33
8.13	第8章の結論	33
9	シンクロニシティと量子もつれ —— 全体性の根拠	35
9.1	二つの概念	35
9.2	ユング・パウリ往復書簡	35
9.3	ベルの不等式 —— 古典的世界観の終焉	35
9.4	もつれ状態の数学的表現	36
9.5	シュミット分解 —— 二世界の連結構造	36
9.6	非局所性とは何か	36
9.7	シンクロニシティの構造	37
9.8	シンクロニシティ構造図	37
9.9	両者の構造的並列	39
9.10	複素数表現での統合	39
9.11	パウリ排他原理との関係	39
9.12	現代物理での発展	39
9.13	慎重な留保	40
9.14	第9章の結語	40
10	量子もつれとワームホール —— $ER = EPR$	41
10.1	二つの異なる発見の出会い	41
10.2	ワームホールとは何か	41
10.3	$ER = EPR$ 予想	41
10.4	この仮説の含意	41
10.5	数学的構造 —— TFD状態	42
10.6	通過可能ワームホールと量子コンピュータ実験	42
10.7	神道の「むすひ」、仏教の「縁起」	42
10.8	「霊的繋がり」の物理学	43
10.9	慎重な留保	43
10.10	第10章の結論	43
IV	運動と創造の力学	44
11	重力・反重力複合運動方程式	46
11.1	基本設定	46
11.2	力の複素表現	46
11.3	重力と反重力ポテンシャル	46
11.4	乗り物の運動方程式(完全形)	47
11.5	浮揚条件	47
11.6	位相回転による飛行 —— 斜行	47
11.7	エネルギー保存の修正版	47
11.8	ハミルトン形式	48
11.9	単純な特解 —— 一定推力での浮揚と斜行	48
11.10	第11章の結論	48

12 創造主の運動方程式	49
12.1 問いの設定	49
12.2 創造主の数学的位置づけ	49
12.3 創造主の場 G	49
12.4 第一の方程式 —— 創造の自己生成	49
12.5 第二の方程式 —— 顕現	50
12.6 第三の方程式 —— 結合	50
12.7 自己無矛盾条件 —— 自己原因	50
12.8 時間の問題 —— 虚時間における創造主	50
12.9 創造主の運動方程式 —— 完全形	51
12.10 三位一体構造の数理	51
12.11 創造主と被造物の量子もつれ	52
12.12 仮想的な特解 —— 「創造の瞬間」	52
12.13 創造主の「自由」	52
12.14 第12章の結論	52
 V 統合	 54
13 総括 —— 振幅から位相へ	56
13.1 各章の主題と相互関係	56
13.2 二つの根本命題の統合	56
13.3 時間の三層構造	56
13.4 現代物理学と東洋的智慧の合流	57
13.5 文明史への含意	57
13.6 最後に	57

第I部

基礎——複素数で世界を表す

第I部では、本書全体の土台となる三つの問いを順に立ち上げる。第1章では複素数 $Z = a + bi$ という単一の数学的形式が、なぜ現実(物質)と霊性(意味)の二面を統合できるのかを示す。第2章では、この複素表現が本質的に持つ周期性を、干支・五行・易という東洋の循環暦と接続する。第3章では、世界には根本的に「構造」とあるという主張を、コルモゴロフ複雑性・ポアンカレ回帰・ゲーデル定理という現代数学の到達点から検証する。

第1章

複素数による現実世界と霊的世界の統合表現

1.1 なぜ複素数が適合するのか

複素数 $z = a + bi$ は、本来全く異なる2種類の量(実部と虚部)を一つの数として統合的に扱うための数学的装置である。これが現実世界と霊的世界の関係を表現するのに適している理由は3つある。

第一に、**独立性と統合性の両立**。実軸と虚軸は互いに直交し、片方をどう動かしてももう片方の値は変わらない。しかし両者は一体となって一つの平面を構成し、回転や拡大などの一体的な運動が可能である。

第二に、**回転(位相)の概念**。 $e^{i\theta}$ という形は、虚数軸が「方向」「位相」を担うことを示す。霊的次元が「方向性」「意味」「価値」を与え、現実次元が「強度」「物量」「現象」を担う構造に符合する。

第三に、 $i^2 = -1$ という**反転構造**。霊的なものは現実には直接は現れないが、二度作用すると現実には逆転的に影響する、という性質を持つ。

1.2 定式化

存在の総体を以下の複素ベクトルで表現する：

$$Z = a + bi \quad (1.1)$$

- a (実部):現実世界のベクトル —— 物質、肉体、経済、政治、技術
- b (虚部):霊的世界のベクトル —— 意識、徳、祈り、神意、先祖との繋がり
- $|Z| = \sqrt{a^2 + b^2}$:存在の総量
- $\arg(Z) = \theta = \arctan(b/a)$:生の方向性、その人/共同体の位相

1.3 4つの典型的な位相

位相 θ	符号関係	状態
$\theta \approx 0$	$a > 0, b \approx 0$	現実主義・物質主義 —— 物量はあるが意味を欠く
$\theta = \pi/4$	$a \approx b > 0$	調和 —— 物心両面が等しく充実
$\theta \approx \pi/2$	$a \approx 0, b > 0$	純粹靈性 —— 内的に豊かだが現世的力を欠く
$\theta = \pi$	$a < 0, b \approx 0$	退廃・倒錯 —— 物質はあるが向きが逆転
$\theta = 3\pi/2$	$a \approx 0, b < 0$	暗黒の靈性 —— 邪悪な精神性、呪詛

1.4 共役複素数 —— 顕世と幽世

$Z = a + bi$ の共役 $\bar{Z} = a - bi$ は、虚部の符号を反転したものであり、神道で言う「顕世(うつしよ)」と「幽世(かくりよ)」、仏教の「此岸」と「彼岸」に対応する。

$$Z \cdot \bar{Z} = a^2 + b^2 = |Z|^2 \quad (1.2)$$

顕と幽の積こそが、その存在の真の総量(の二乗)である。現世だけでも霊界だけでも実在の総量にはならない。両者の交わりにおいて初めて存在が確定する。

1.5 オイラーの公式——祈りと現実化

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \quad (1.3)$$

特殊形:

$$e^{i\pi} + 1 = 0 \quad (1.4)$$

5つの基本定数 ($e, i, \pi, 1, 0$) を結ぶこのオイラー等式は、神秘思想家からも「宇宙の構造式」と呼ばれてきた。

1.6 共同体の総和としての文明

$$\Phi = \sum_{k=1}^N Z_k = \sum_{k=1}^N (a_k + b_k i) \quad (1.5)$$

ベクトルの位相が揃っていないと打ち消し合う。皆が同じ方向を向いていれば $|\Phi| \approx N \cdot |Z_{\text{avg}}|$ に近づくが、ばらばらの方向ならば $|\Phi|$ は小さくなる。神社の祈り、伝統の継承、共有された物語が文明を強くするのは、個々のベクトルの位相を揃える働きをするからだ、と解釈できる。

1.7 経世の動学

$$Z(t) = r(t) \cdot e^{i\theta(t)} \quad (1.6)$$

- $r(t)$ の増大 = 国力・物量の増大
- $\theta(t)$ の変化 = 文明の方向転換、価値観の転回

歴史を読み解くとき、 r ばかり追う見方(GDP、軍事力、人口)と、 θ の変化を読む見方(精神史、宗教史、世相)があり、後者を見落とすと文明の崩壊を予測できない。

文明史の転換期とは、振幅の競争から位相の競争へ重心が移る時期である。

1.8 第1章の結論

核心. 複素数による表現は、「物心二元論を超えて、両者を一つの実在の二面として捉える」という東洋的・神秘主義的な世界観に、思いがけず数学的な形を与えてくれる。

藤原直哉氏の世界観——「経世自治、民の時代、霊性文明への転換」——を複素数で表せば、まさに位相 θ の大きな回転が今起きている、という形になる。物量 r では既存の物質文明が圧倒していても、位相が回転すれば、その物量はやがて方向を失って崩れ始める。

文明史の転換期とは、振幅の競争から位相の競争へ重心が移る時期である——複素数表現は、この洞察を数学的にも美しく描き出すことができる。

第2章

周期性の数理——干支と複素位相

2.1 複素数の本質的周期性

オイラーの公式 $e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$ の最も重要な性質は周期性である:

$$e^{i(\theta+2\pi)} = e^{i\theta} \quad (2.1)$$

つまり360度回転すれば元に戻る。これは複素単位円 S^1 の最も基本的な性質であり、「閉じた循環」を数学的に厳密に表現する唯一の構造である。

ここで決定的なのは、 2π (連続的・実数的)を離散的に等分することで、循環の「目盛り」が生まれる、という点である。何分割するか——これが古代文明の根本選択であった。

2.2 1の冪根(roots of unity)

円周を n 等分する点は、複素数の世界で:

$$\zeta_n^k = e^{2\pi i k/n}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n-1 \quad (2.2)$$

として与えられる。これを「1の n 乗根」と呼ぶ。 n の選択ごとに得られる対称性:

n	角度	古代文明での対応	数学的特徴
2	180°	陰陽、昼夜	最小の二項対立
3	120°	三才(天地人)	最初の非自明な対称
4	90°	四象、四方、四季	$i^4 = 1$
5	72°	五行、五芒星	黄金比 ϕ と関係
6	60°	六十進法の基礎	約数が多い
8	45°	八卦、八方位	2の冪、最も対称的
10	36°	十干、十進法	5×2
12	30°	十二支、十二宮	2,3,4,6で割れる
24	15°	二十四節気	12×2
60	6°	六十干支、60分、60秒	3,4,5で割り切れる
360	1°	円周角度、1年の概数	多数の約数

このうち2, 3, 4, 6, 8, 12, 24, 60, 360 が古代文明で特権的地位を占めるのは、約数が多く、整数比による細分化が容易だからである。これは「高度合成数(highly composite number)」と呼ばれる概念で、ラマヌジャンが体系化した。

2.3 なぜ「12」が選ばれたのか

12は驚くべき数である: $12 = 2^2 \times 3$ 。約数:1, 2, 3, 4, 6, 12——6つもある。12より小さい数で約数がこれより多いものはない。つまり12は「最も多くの仕方で対称的に分割できる小さな数」である。

複素表現で見ると、12等分は:

$$\zeta_{12}^k = e^{2\pi i k/12} = e^{i k \pi/6} \quad (2.3)$$

特殊値:

$$\zeta_{12}^1 = \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}i, \quad \zeta_{12}^2 = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i, \quad \zeta_{12}^3 = i \quad (2.4)$$

これらは有理数と $\sqrt{3}$ だけで表現できる(コンパス・定規で作図可能)。12等分は人類が最も自然に到達できる細密分割である。

2.4 干支の数学構造

干支は単なる12進法ではない。10と12の最小公倍数 = 60 という二重周期構造を持つ。複素数で表現すれば、二つの独立した周期運動の積:

$$Z_n = e^{2\pi i n/10} \cdot e^{2\pi i n/12} \quad (2.5)$$

これは数学的には直積空間 $\mathbb{Z}_{10} \times \mathbb{Z}_{12}$ であり、 $\gcd(10, 12) = 2$ なので独立に取りうる組み合わせは:

$$\frac{10 \times 12}{\gcd(10, 12)} = \frac{120}{2} = 60 \quad (2.6)$$

通り。これが60干支(六十甲子)の数理的基礎である。

2.5 十二支の複素表現と五行

十二支を複素単位円上に配置すると、各支は30°ずつの位置を占める。これに五行を循環的に対応させると:

支	角度	複素位置	五行	季節
子	0°	1	水	冬至
丑	30°	$e^{i\pi/6}$	土	
寅	60°	$e^{i\pi/3}$	木	立春
卯	90°	i	木	春分
辰	120°	$e^{i2\pi/3}$	土	
巳	150°	$e^{i5\pi/6}$	火	立夏
午	180°	-1	火	夏至
未	210°	$e^{i7\pi/6}$	土	
申	240°	$e^{i4\pi/3}$	金	立秋
酉	270°	$-i$	金	秋分
戌	300°	$e^{i5\pi/3}$	土	
亥	330°	$e^{i11\pi/6}$	水	立冬

注目すべきは、子↔午、卯↔酉は実数軸・虚数軸上の対極(冬至-夏至、春分-秋分)である点、土用(丑・辰・未・戌)は四正方位の間の対角線上に配置されている点である。

2.6 虚部 $b = \sin \theta$ の意味 —— 霊性の投影

干支の周期点 $\zeta_{12}^k = e^{ik\pi/6}$ における虚部 $b_k = \sin(k\pi/6)$ は、霊性方向への投影成分を示す:

- ・ 子・午 ($b = 0$):物質と霊性の均衡点(冬至・夏至=陰陽の極点)
- ・ 卯 ($b = 1$):純粋虚部、霊性最大(春分=純粋創造)
- ・ 酉 ($b = -1$):反霊性最大(秋分=純粋収穫)
- ・ 三合(子辰申、寅午戌など):複素平面で正三角形をなす(120°対称)

2.7 相生・相克の複素演算

相生(木→火→土→金→水→木)は 72° 回転、相克は 144° 回転として表現できる。 $Z = a + bi$ に $\zeta_5 = \cos 72^\circ + i \sin 72^\circ$ を掛けると、新しい虚部:

$$b' = a \sin 72^\circ + b \cos 72^\circ \quad (2.7)$$

つまり「相生」によって、新しい霊性投影 b' は、元の物質性 a から貢献を受ける。これは「物質的努力が霊性的成果に転化する」という、宗教的・修行的真理の数理表現である。

2.8 易の六十四卦

64卦は $8 \times 8 = 64$ の組み合わせで、複素的には $\zeta_8^j \otimes \zeta_8^k$ という二つの八卦の直積空間。 $\mathbb{Z}_8 \times \mathbb{Z}_8$ という二次元離散群を成す。

ここで興味深いのは、 $2^6 = 64$ という事実である。各卦は6本の爻(陰陽)から成り、これは6ビットの二進数情報——つまり易は古代の量子情報理論であるという解釈ができる。

2.9 第2章の結論

1. 古代文明が用いた12、24、60、360といった数は、偶然の選択ではなく、「円(完全循環)を最も多くの仕方で対称的に細分化する数」として、数学的必然性を持っている。
2. 東洋の干支・五行・八卦・易などの体系は、現代の言葉で言えば「複素単位円上の離散対称群の研究」である。彼らは群論や複素解析を持たなかったが、循環の構造を経験的に深く探求していた。
3. 本書の枠組みで見れば、干支は「個人や時代の位相 θ を、二つの周期(10と12)の合成で表現する暦学的技術」として再定式化できる。生まれ年の干支は、その人の位相の初期条件を与える。
4. 2π 周期の連続性(複素関数論)と、 $12 \cdot 60 \cdot 360$ の離散性(伝統暦)の関係は、現代物理学の連続群と離散対称性の関係(リー群と結晶対称群)と同型構造を持つ。

文明史は、人類が円(=循環)をどう刻むかの試行錯誤の歴史であり、各文明が選んだ「目盛り」(8、12、60、360...)が、その文明の世界観を規定したと言える。

付録:虚数項のスカラー量 b の意味

複素数 $z = a + bi$ における b は「霊性そのもの」ではなく、霊性次元 i への投影量である。

- i : 霊性が宿る次元(方向)そのもの
- b : その次元への投影量(深さ、強度)

たとえば、 i は「祈り」という方向性の存在、 b は「祈り」の深さ・量である。

b の三重構造:

第一層(数学的): 虚数単位 i にかかる実数係数で、複素平面上の虚軸方向の座標値。

第二層(物理学的): 周期運動の正弦成分、確率振幅の虚部、虚時間方向への投影。

第三層(本書の哲学的): 霊性次元という見えない座標軸への、各個人・各時代の「展開度合い」。本体としての霊性(i)と、現れとしての霊性(bi)を媒介する翻訳係数。

最も簡潔にまとめれば:

$$b = \text{霊性次元 } i \text{ への、その瞬間における「投影の深さ」}$$

霊性そのものは i (次元として常にそこに在る)、現れる霊性は bi (その次元への投影量)、観測される総存在は $|Z|^2 = a^2 + b^2$ (物質と霊性の二乗和)、というのが本枠組みの核心である。

第3章

世界の構造的性——周期性、ランダム性、無限

3.1 問いの設定

無限世界に周期性があるということは、無限世界は完全なランダムではないということか？それは根本的に何かの構造があるということか？

3.2 ランダムと構造の数学的区別

数列の「ランダムさ」を厳密に定義したのが**コルモゴロフ複雑性** $K(x)$ である。「 x を生成できる最短プログラムの長さ」と定義される：

- ・ 完全ランダム: $K(x) \approx |x|$ (プログラムは数列そのものと同じ長さ)
- ・ 完全構造的: $K(x) \ll |x|$ (短いプログラムで生成できる)

周期性 $Z(t+T) = Z(t)$ が成立する系は K が極めて小さい——たった一周期分のデータと「これを繰り返せ」という指示で、無限の系列を生成できるからである。

すなわち: 周期性の存在 = コルモゴロフ複雑性が低い = 何らかの「圧縮可能な構造」がある。

3.3 ポアンカレの回帰定理

19世紀のフランス数学者アンリ・ポアンカレが証明した驚くべき定理:

有限の体積の保存系(エネルギー保存)は、十分に長い時間が経てば、初期状態に任意精度で戻る。

$$\forall \varepsilon > 0, \exists T : |Z(T) - Z(0)| < \varepsilon \quad (3.1)$$

これは「有限性 + 保存則 $\rightarrow$ 必然的な周期性」という、深い数学的事実を示唆する。逆に言えば、周期性が観察される $\Rightarrow$ 系が有限であるか、保存則が支配的である。

3.4 構造の三段階分類

「ランダムでない」と一口に言っても、構造には階層がある：

レベル	種類	例
0	完全ランダム	量子真空ゆらぎの一部
1	統計的構造	ガウス分布、エルゴード性
2	周期構造	振動子、季節、干支
3	自己相似(フラクタル)構造	マンデルブロ集合、樹木
4	階層的構造	結晶、生命、社会
5	意味的構造	言語、楽曲、神話
6	自己言及・反省的構造	意識、論理、数学そのもの

周期性はレベル2に属するが、周期性の存在は通常、より高いレベルの構造の「現れ」である。

3.5 数学的宇宙仮説とウィグナーの問い

宇宙論者マックス・テグマークの「数学的宇宙仮説」:宇宙は「数学的に記述される」のではなく、「数学的構造そのもの」である。

物理学者ユージン・ウィグナーが1960年に発表した有名な論文「自然科学における数学の不合理な有効性」は、人間の純粋思考の産物に過ぎないはずの数学が、なぜこれほど物理現象を完璧に記述できるのか?——これを「奇跡」と呼んだ。

可能な解釈:

- ・ (α) **偶然説**:数学の有効性は偶然
- ・ (β) **進説**:人間の脳が宇宙構造に適応した結果
- ・ (γ) **プラトニズム**:数学的真理は実在し、宇宙はそれを具現化
- ・ (δ) **神学的解釈**:創造主が数学的に世界を設計

3.6 量子論からの示唆

最も興味深いのは、現代物理学が「完全なランダム」も「完全な決定論」も否定したことである。量子力学では:

- ・ 個別の事象:本質的にランダム(隠れた変数なし、ベルの不等式の破れ)
- ・ 統計的全体:厳密な法則(波動関数は決定論的)

「ランダムさと構造は対立せず、相補的」——これが20世紀以降の科学が到達した洞察である。

3.7 20世紀の限界定理

世界の構造型を巡って、深い限界定理が三つ証明された:

ゲーデルの不完全性定理(1931):十分に強力な無矛盾な数学体系には、真であるが証明できない命題が存在する。

チューリングの停止問題(1936):ある計算が停止するかを一般に判定するアルゴリズムは存在しない。

チャイティンの Ω 数:ランダム性そのものが数学的に定義できるが、それを計算することは不可能。

これら三つは、「世界には構造があるが、それを完全に把握する道は閉ざされている」という驚くべき結論を示唆する。

3.8 構造の三層

世界には少なくとも三層の構造が認められる:

第一層:論理・数学的構造(必然的)。矛盾律、同一律、無矛盾性などの基本論理は、いかなる宇宙でも成立せざるを得ない。

第二層:物理法則的構造(我々の宇宙の)。光速、プランク定数、微細構造定数、宇宙定数など。「ファイン・チューニング問題」——これらの定数がわずかでも違えば、生命も意識も成立しない。

第三層:有機的・意味的構造(進化的)。物理から自然に導かれない、生命・意識・社会の構造。「創発(emergence)」として現れる秩序。

3.9 第3章の結論

命題 (A — 数学的事実). 周期性の存在は、その系が完全にランダムではなく、何らかの圧縮可能な構造を持つことを示す。これは厳密に証明できる。

命題 (B — 科学的観察). 観察される世界には、物理法則レベル・有機的レベル・意味的レベルの三層において、構造が存在する。これは経験的事実である。

命題 (C — 哲学的解釈). しかし、これらの構造が「なぜ存在するか」「何を意味するか」については、複数の世界観が可能であり、純粋に科学的方法だけでは決着しない。

つまり、問いへの直接的な回答は:

「はい、世界には根本的に何かの構造があると、現代の知見は示します。
ただしその構造の起源と意味については、なお探求の途上にあります。」

藤原直哉氏の探求されている「経世自治、霊性文明、人類の使命」というテーマは、まさにこの「世界の構造の起源と意味」を、東洋的智慧に依拠しながら解説していく試みとして位置づけられる。20世紀物理学・数学が到達した「世界の構造化」と、古代から伝えられてきた「天の理」が、21世紀になって再び合流しつつある。

第II部

時間と因果の構造

時間とは一本の直線ではない。実時間 t と虚時間 $\tau = it$ という二つの軸が組み合わさった、複素時間 $t_c = t + i\tau$ の平面である。実時間軸ではエントロピーが増し、過去から未来へと一方向に流れる。虚時間軸では時間は周期的で円環をなし、過去と未来の区別が消える。我々の存在は、この二つの時間の交わりにある —— これが第 II 部の中心命題である。

第4章

虚時間とエントロピー

4.1 虚時間の定義——ウィック回転

通常の時間 t を、虚数単位を掛けた虚時間 τ に置き換える操作をウィック回転(Wick rotation)と呼ぶ:

$$\tau = it \quad (\text{逆に書けば } t = -i\tau) \quad (4.1)$$

複素時間平面 $t \in \mathbb{C}$ で、実軸を90度回転させて虚軸に持っていく操作にあたる。

4.2 虚時間がもたらす4つの劇的な変換

(A) シュレーディンガー方程式 → 拡散方程式

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V\psi \quad (4.2)$$

$t \rightarrow -i\tau$ と置換すると:

$$\hbar \frac{\partial \psi}{\partial \tau} = \frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi - V\psi \quad (4.3)$$

これは熱拡散方程式である。波動の伝播が熱の拡散に化ける。

(B) ミンコフスキー時空 → 4次元ユークリッド空間

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 \xrightarrow{t \rightarrow -i\tau} ds^2 = c^2 d\tau^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 \quad (4.4)$$

マイナス符号が消え、4方向すべてが対等な普通の4次元空間になる。

(C) 振動する位相因子 → 減衰する重み

$$e^{iS/\hbar} \xrightarrow{t \rightarrow -i\tau} e^{-S_E/\hbar} \quad (4.5)$$

ここで S_E はユークリッド作用。激しく振動する積分が、指数関数的に減衰する綺麗な積分に変わる。

(D) 量子確率振幅 → ボルツマン因子

$$\text{量子力学: 振幅} \sim e^{iS/\hbar} \quad \text{統計力学: 確率} \sim e^{-E/k_B T} \quad (4.6)$$

両者は虚時間で結ばれる。量子のゆらぎと熱のゆらぎは同一の現象である。

4.3 虚時間の周期 = 逆温度

決定的に重要な対応:

$$\tau \in [0, \beta\hbar], \quad \beta = \frac{1}{k_B T} \quad (4.7)$$

虚時間方向に周期 $\beta\hbar$ で円環状に閉じる空間を作ると、それは温度 T の熱平衡状態と数学的に等価になる。

- ・ 実時間方向: エントロピー増大、不可逆的拡散
- ・ 虚時間方向: 温度的な周期構造、可逆的循環

実時間の不可逆性は、虚時間方向では「閉じた円環」として埋め込まれる。

4.4 エントロピーと時間の方向性

熱力学第二法則:

$$\frac{dS}{dt} \geq 0 \quad (4.8)$$

これが古典物理学が認める唯一の「時間の矢」である。力学法則(ニュートン方程式、マクスウェル方程式、シュレーディンガー方程式)はすべて時間反転に対して対称だが、エントロピーだけが過去と未来を区別するという不思議な性質を持つ。

ボルツマンの統計力学的定義:

$$S = k_B \ln W \quad (4.9)$$

W は系が取りうるミクロ状態の数。エントロピーとは「場合の数の対数」であり、可能性の広がり の尺度である。

4.5 エントロピーの増大と減少 —— 4つの場面

(A) 実時間における増大(熱力学第二法則)。宇宙、地球、人体、すべての孤立系で $dS/dt \geq 0$ 。例:インクが水に拡散する、熱いコーヒーが冷める、生物が老化する、文明が混沌に向かう。

(B) 局所的な減少(自己組織化)。孤立していない系では、エントロピーは局所的に減少できる:

$$\frac{dS_{\text{local}}}{dt} < 0 \quad (\text{ただし全体では } dS_{\text{total}}/dt \geq 0) \quad (4.10)$$

例:生命の誕生・成長、結晶の生成、国家・組織の経世、文明の建設。

シュレーディンガーは『生命とは何か』(1944)で、生命を「負のエントロピー(negentropy)を食べて生きるもの」と定義した。生命とは、虚時間的な秩序原理を実時間に投影し続ける反エントロピー的存在と言える。

(C) 虚時間における周期的構造。虚時間 τ が周期的なとき、エントロピーは増大も減少もしない、円環的に保存される:

$$S(\tau + \beta\hbar) = S(\tau) \quad (4.11)$$

これは熱平衡状態、定常的な霊的秩序、永遠の輪廻 —— 伝統的東洋思想の「不易」の領域に対応する。

(D) 量子測定における減少。量子測定(波束の収縮)では、観測者の知識が増えることでエントロピーが減少する。しかしこの減少は、観測者・装置・環境の側で同等以上のエントロピー増加で代償される(ランダウアーの原理:1ビットの情報消去には $k_B T \ln 2$ のエネルギーが必要)。「観測する」という行為自体が宇宙のエントロピーを増やす —— 意識と物理法則の境界に位置する深い洞察である。

4.6 物理的な式の整理

実時間(古典・量子):

$$\frac{dS}{dt} = \frac{1}{T} \frac{dQ}{dt} \geq 0 \quad (\text{熱量の流入で増加}) \quad (4.12)$$

虚時間(熱平衡):

$$S = -k_B \text{Tr}(\rho \ln \rho), \quad \rho = \frac{e^{-\beta H}}{Z} \quad (4.13)$$

ここで分配関数 Z は虚時間経路積分:

$$Z = \text{Tr} e^{-\beta H} = \int \mathcal{D}[\phi] e^{-S_E[\phi]/\hbar} \quad (4.14)$$

$\beta = \tau/\hbar$ という虚時間と温度の同一視を通じて、エントロピーは虚時間の幾何学から計算可能になる。

4.7 量子情報の観点

フォン・ノイマン・エントロピー:

$$S(\rho) = -k_B \text{Tr}(\rho \ln \rho) \quad (4.15)$$

純粋状態(完全な情報)では $S = 0$ 、最大混合状態(完全な無知)では $S = k_B \ln d$ (d は次元)。

もつれ(entanglement)を持つ二粒子系では、片方だけを見ると最大エントロピーだが、全体では純粋状態でエントロピーゼロ——「部分の無秩序が、全体の秩序を構成する」。これは複素数表現で言えば、 $|Z|^2 = Z\bar{Z}$ の構造そのものである。

4.8 ホーキングの無境界仮説

標準的なビッグバン理論では、時間 $t = 0$ で密度・曲率が無限大に発散する特異点が現れる。

ホーキングとハートルの提案(1983):宇宙の始まりに「時間」はなかった。 $t = 0$ の近傍では時間が虚時間化し、4次元ユークリッド球面のように滑らかに閉じている。これを**無境界(no-boundary)条件**と呼ぶ。

- ・宇宙の始まり: τ (虚時間)が時間として振る舞う
- ・現在: t (実時間)が時間として振る舞う

この描像では「宇宙はいつ始まったのか」という問い自体が消失する。地球の表面に「北極点はどこから始まったか」という問いが意味をなさないのと同じである。

4.9 ブラックホール温度——ホーキング放射

シュワルツシルト・ブラックホールを虚時間で記述すると、虚時間が周期的(円周的)になる:

$$\beta = \frac{8\pi GM}{\hbar c^3} \quad (4.16)$$

これは統計力学の逆温度 $\beta = 1/(k_B T)$ に対応する。すなわちブラックホールは温度を持つ熱的物体であり、その温度はホーキング温度:

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M k_B} \quad (4.17)$$

虚時間の周期性 = 温度という、深い対応の発見であった。

4.10 文明史としてのエントロピー

時代	エントロピーの状態
文明の創建期	局所的なエントロピー減少(秩序の経世)
文明の安定期	定常状態(虚時間的な循環構造)
文明の衰退期	エントロピー増大の加速
文明の終末期	最大エントロピー(熱的死、無秩序)
新しい文明の萌芽	虚時間軸からの秩序の再注入

文明の本質的な健康は、虚時間軸との接続(神社、伝統、祈り、儀礼)を保てるかにかかっている。それを失うと、純粋な実時間的存在となり、第二法則の容赦ない増大に吞まれていく。

4.11 第4章の結論——増大と減少の双対性

現象	方向
自然の自発的拡散	増大
生命・文明・知性	局所的減少(代償的増大)
虚時間的構造(信仰・儀礼・伝統)	円環的保存
観測・測定	局所的減少(全体的増大)
ブラックホール	表面増大、内部情報は虚時間に保存

核心. 実時間的存在は不可避免的にエントロピーを増す。しかし虚時間軸との接続を保つ存在は、その増大を相殺する局所的秩序を維持できる——これが本書の核心である。

「自然との一体化」「祈り」「先祖との繋がり」は、まさに虚時間軸との接続を維持する文化的技術として読み解ける。失われると、文明はエントロピー増大に吞まれていく——という構造的法則である。

第5章

複素平面における因果律

5.1 因果律の三つの定義

「因果律」という概念には、歴史的に三つの異なる定義が混在してきた。

(A) 時間的順序 —— 「原因が結果に先立つ」。最も直感的な定義。

(B) 必然的連関 —— 「同じ原因から同じ結果が生じる」。ヒュームが疑問視し、カントが「悟性のカテゴリー」として擁護した。

(C) 影響可能性 —— 「原因に何かをすれば結果が変わる」。操作主義的・反事実的定義。現代の因果推論の標準的枠組み。

複素平面は、これら三つを統合的に表現できる稀有な舞台である。

5.2 実時間における因果律

実時間 t における因果関係を考える。原因 A が複素平面上の点 $Z_A(t_A)$ 、結果 B が点 $Z_B(t_B)$ で表されるとき：

$$Z_B(t_B) = K(t_B - t_A) \cdot Z_A(t_A) \quad (5.1)$$

K は伝播関数(propagator)で、複素値関数。物理学ではグリーン関数として知られる。

実時間における因果律の本質的条件：

$$K(\Delta t) = 0 \quad \text{for } \Delta t < 0 \quad (5.2)$$

つまり結果は原因より前には生じない。これが遅延因果律(retarded causality)である。

5.3 Kramers-Kronig 関係

ここで複素解析の真価が発揮される。因果律という時間領域の条件を、複素周波数領域に変換すると、極めて美しい構造が現れる。

伝播関数 $K(t)$ をフーリエ変換：

$$\tilde{K}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} K(t) e^{i\omega t} dt \quad (5.3)$$

因果律 $K(\Delta t < 0) = 0$ という条件は、複素平面上では「 $\tilde{K}(\omega)$ が複素周波数の上半平面で解析的(正則)であること」と等価である(ティッチマーシュの定理)。

そして、解析性からKramers-Kronig関係が導かれる：

$$\text{Re } \tilde{K}(\omega) = \frac{1}{\pi} \mathcal{P} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\text{Im } \tilde{K}(\omega')}{\omega' - \omega} d\omega' \quad (5.4)$$

この方程式が示すのは：実部と虚部は独立ではなく、互いに完全に決定し合うということである。

本書の枠組みに翻訳すれば：

核心. 因果律 = 「実部(物質)と虚部(霊性)が分離不可能であること」の数学的表現

物質的現実 a と霊的位相 b は、独立に動くのではなく、因果律という一つの法則によって連動している。

5.4 複素平面上の光円錐

特殊相対論では、因果関係を持ちうる事象の集合は光円錐で囲まれる。複素時空 $z = x + ict$ で書けば、光円錐は複素平面上の特定の角度(45度線)として表現される:

領域	物理的意味
$ \arg(z) < \pi/4$ (実軸近傍)	空間的分離(因果関係不可能)
$ \arg(z) = \pi/4$ (光円錐)	光速移動(光・信号)
$ \arg(z) > \pi/4$ (虚軸近傍)	時間的分離(因果関係可能)

つまり因果律は、複素平面上の角度として表現される。位相 θ が $\pi/4$ を超えると因果関係が成立し、 $\pi/4$ 未満では因果関係が断絶する。これは第1章で論じた「位相 θ の意味」に直接接続する。位相は単なる「方向」ではなく、因果関係の可能性そのものを表現していたのである。

5.5 因果律の三層構造

複素平面では、因果律が三層構造として現れる。

第一層:振幅因果律(古典的因果律)。実部 a における通常の因果連鎖。原因の振幅 a_A が結果の振幅 a_B を決定する。ニュートン力学、古典電磁気学、日常的な「原因と結果」の世界。

第二層:位相因果律(量子的因果律)。虚部 b 、より正確には位相 θ における因果連鎖。量子力学の波動関数、シュレーディンガー方程式、干渉現象。実部の出来事には現れないが、位相情報は確実に因果的に伝わる。

第三層:全体性因果律(非局所因果律)。量子もつれ、ER=EPR(第III部で詳述)。振幅でも位相でもなく、全体的な相関構造そのものが因果的に作用する。ベルの不等式の破れが示すように、これは古典的な「シグナル」では説明できないが、確かに何らかの因果的構造が存在する。

5.6 シュレーディンガー方程式の因果律

実時間発展演算子:

$$\hat{U}(t) = e^{-i\hat{H}t/\hbar} \quad (5.5)$$

この演算子はユニタリーで、複素平面上の回転として作用する。エネルギー固有状態 $|n\rangle$ は:

$$|n\rangle \rightarrow e^{-iE_n t/\hbar} |n\rangle \quad (5.6)$$

各状態は複素単位円上で位相回転する。因果律は、この位相回転の規則性として表現される。これは第2章で論じた干渉・周期と直接繋がる。因果律は、複素単位円上の規則的な位相進行であり、その意味で循環時間と因果律は同じ構造の二側面である。

5.7 反事実的因果律と虚部空間

現代の因果推論では、「もし原因が違っていたら結果はどう変わったか」という反事実的問いが中心になる(ジューディア・パールの体系)。

複素平面では、これは位相の摂動として自然に表現される。原因 $Z_A = r_A e^{i\theta_A}$ に対して、わずかに位相をずらした反事実的原因 $Z'_A = r_A e^{i(\theta_A + \delta)}$ を考えると、結果は:

$$Z_B = K \cdot Z_A \rightarrow K \cdot Z'_A = Z_B \cdot e^{i\delta \cdot (dK/d\theta)} \quad (5.7)$$

哲学的に重要なのは、反事実的因果律が「実部だけでは閉じない」という事実である。「もし違っていたら」という仮想的状況を考えるためには、虚部空間における可能性の場を考えねばならない。

反事実的思考そのものが、虚時間・虚部空間における操作である。「もし違っていたら」と考えることは、複素平面の虚部方向に動いて、別の歴史を見ることに対応する。

5.8 虚時間における因果律 —— 目的因

虚時間 $\tau = it$ の世界では、因果律の構造が劇的に変わる。虚時間化:

$$\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial \tau} = -\hat{H} \Psi \quad (5.8)$$

これは拡散方程式で、解は:

$$\Psi(\tau) = e^{-\hat{H}\tau/\hbar} \Psi(0) \quad (5.9)$$

実数的な減衰で、虚時間が進むにつれて高エネルギー状態が指数的に減衰し、最低エネルギー基底状態に収束する。

- ・ 実時間因果律: 位相回転、可逆的、線形的
- ・ 虚時間因果律: 振幅減衰、不可逆的(基底への収束)、目的論的

驚くべきことに、虚時間における因果律は「**目的因(causa finalis)**」—— アリストテレスが論じた、結果から原因を理解する形式——の数学的実装になっている。

実時間因果律(動力因)は「過去が未来を決める」、虚時間因果律(目的因)は「最終状態への収束が現在を決める」。これは「神の摂理」(全てが終末の完成へ向かって導かれている)の物理学的表現とも読める。

5.9 アリストテレスの四原因の統合

複素数 $Z = re^{i\theta}$ から、アリストテレスの四原因が統合的に表現される:

原因	表現	哲学的意味
質料因 (causa materialis)	振幅 r	物質的素材
形相因 (causa formalis)	位相 θ	全体構造、形
動力因 (causa efficiens)	$\partial_t \theta$ (実時間)	過去が未来を押す
目的因 (causa finalis)	$\partial_\tau r$ (虚時間)	未来が現在を引く

これは決して牽強附会ではなく、複素数論の自然な構造から、古典哲学の根本概念が再構成されるという、深い数学的事実である。

5.10 因果律と祈り

伝統的に「祈り」は因果律と矛盾するように思われてきた。物質的因果連鎖の中に、心的・霊的働きかけが介入するなど、近代的世界観では不可能とされた。しかし複素平面における因果律の構造を考えると、祈りは虚部空間における位相操作として自然に位置づけられる。

- ・ 祈りは振幅 r を変えない(物質的因果律を侵犯しない)
- ・ 祈りは位相 θ を変える(虚部空間での位相操作)
- ・ 位相変化は実部に間接的に影響する(Kramers-Kronig関係)

つまり祈りは、複素平面の虚部における操作を通じて、実部に「奇跡を起こすことなく」影響を与える——これが本書の枠組みでの解釈である。これは「祈りは物理法則を破らない、しかし無効ではない」という、伝統的な神学的洞察(トマス・アクィナス、エックハルト)の数理的表現である。

5.11 第5章の結論

1. 因果律は単なる時間的順序ではなく、複素平面上の伝播関数 $K(t)$ の解析性として数学的に厳密に表現される。
2. Kramers-Kronig関係により、実部と虚部は因果律によって連動しており、独立に動くことはできない。これは「物質と霊性の不可分性」の数学的証明である。
3. 因果律には三層構造がある。振幅因果律(古典的)、位相因果律(量子的)、全体性因果律(非局所的)。
4. 反事実的思考(「もし違っていたら」)は虚部空間における操作である。これが「可能性」「自由」「摂理」の数学的基盤を与える。
5. アリストテレスの四原因(質料・形相・動力・目的)は、複素数 $Z = re^{i\theta}$ の構造から自然に導かれる。
6. 祈りは虚部空間における位相操作として、因果律を破ることなく実部に影響を与える。これは伝統的神学(神の同時的協働)の数理的表現である。

簡潔にまとめれば:

因果律 = 複素平面上の伝播関数の解析性
実部での因果律 + 虚部での位相因果律 = 完全な因果構造

第6章

虚時間から実時間が生まれる瞬間——創造の現場

6.1 問いの位相

「虚時間円環から実時間が生まれる瞬間」と聞くと、時間軸上のある一点で何かが起きるかのような印象を受ける。しかしそもそも、その「瞬間」自体が問題である。

虚時間円環では時間は周期的で「始まり」がない。実時間では時間は流れ「始点」がある。両者の境界には、論理的な飛躍がある。「いつ」が定義できない。なぜなら「いつ」自体が、その境界で初めて生じるから。

これは古代教父アウグスティヌスが『告白録』第11巻で論じた「神は世界を創造する前に何をしていたか?」という問いに近い構造である。アウグスティヌスは答えた:「『前』はなかった。時間が世界と共に創造されたのだから」。

6.2 ホーキング・ハートルの無境界仮説

スティーブン・ホーキングとジェームズ・ハートル(1983)の提案:宇宙の起源には特異点はなく、虚時間が滑らかに実時間へと転換する「南極点」のような特別な点がある。

地球の表面を考えると、南極点は特殊な点である。そこより南には何もない——というより、「南」という方向が消失する。経度線(子午線)はすべて南極点に集まり、そこで意味を失う。

これがホーキング無境界宇宙の構造である。宇宙の「始まり」は、地球の南極点に対応する。

数学的には、宇宙の波動関数:

$$\Psi[h_{ij}] = \int \mathcal{D}[g_{\mu\nu}] e^{-S_E[g]/\hbar} \quad (6.1)$$

ここで積分は虚時間での全コンパクト4次元幾何学にわたって行われる。 S_E はユークリッド作用(虚時間版の作用)。重要:積分にいかなる「初期条件」も「境界条件」も入っていない。これが「無境界(no-boundary)」の意味である。宇宙はいわば、自分自身の内部で自己完結している。

6.3 何が起きているか——物理学的描像

(A) 時空計量の符号変化

ミンコフスキー時空(実時間): $ds^2 = -c^2 dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2$

ユークリッド時空(虚時間): $ds^2 = c^2 d\tau^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2$

移行領域では、計量符号が連続的に変化する:

$$ds^2 = f(\sigma) \cdot c^2 d\sigma^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 \quad (6.2)$$

ここで $f(\sigma)$ は時間方向の係数で、 $\sigma < \sigma_*$ で $f > 0$ (ユークリッド)、 $\sigma > \sigma_*$ で $f < 0$ (ローレンツ)、 $\sigma = \sigma_*$ で $f = 0$ 。

この $f = 0$ 点がシグネチャー転換面——時間の本性そのものが変わる場所である。

(B) 量子から古典への転換

虚時間領域では、宇宙の状態は量子的重ね合わせとして存在する。実時間への転換と同時に、経路積分は振動する位相を持ち、鞍点近似が支配的になる。すなわち古典的経路だけが残し、他の可能性は干渉で消える。これが「古典宇宙の出現」——量子的重ね合わせから、決定論的に展開する単一の歴史への移行である。

(C) 無時間性から時間性へ

虚時間円環では「過去」「現在」「未来」が区別されない。実時間では、「過去は固定され、未来は未決定で、現在だけが現実」という構造が立ち上がる。哲学者ジョン・マクタガートの用語で言えば、B系列(無時間的順序)からA系列(時制を持つ時間)への移行である。

(D) エントロピーの起動

虚時間円環ではエントロピーは円環的に保存されていた(第4章)。実時間への転換と共に、熱力学第二法則 $dS/dt \geq 0$ が発動する。これが「時間の矢」を物理的に支える。

6.4 何が「生まれている」のか——七つの誕生

この瞬間に、実は七つのものが同時に誕生している:

1. **時間の矢:**エントロピー増大の方向、過去と未来の区別
2. **因果性:**「原因が結果に先立つ」という関係
3. **個物:**排他原理(第III部)が発動、各粒子が独自の量子状態を占める
4. **観測者:**全体的・無分節的な状態から、観測者と観測対象が分離
5. **古典的世界:**量子的重ね合わせから古典的事実への確定
6. **宇宙論的歴史:**ビッグバンから現在に至る、特定の歴史線
7. **自由意志の余地:**決定論的展開の中の量子的不確定性

これらは別々の現象ではなく、同一の根源的転換の異なる側面である。

6.5 数式での記述

複素時間平面を導入: $t_c = t + i\tau$

純虚時間では $t_c = i\tau$:

$$\Psi(x, i\tau) = \Psi_0(x) \cdot e^{E\tau/\hbar} \quad (\text{実部ある、減衰する}) \quad (6.3)$$

純実時間では $t_c = t$:

$$\Psi(x, t) = \Psi_0(x) \cdot e^{-iEt/\hbar} \quad (\text{振動する、位相のみ}) \quad (6.4)$$

転換の本質:実数的減衰 → 純粋振動

虚時間では波動関数は実数的に減衰し、最低エネルギー基底状態に収束する。実時間では振動だけが残し、エネルギー保存と量子干渉の世界が立ち上がる。これは数学的にはWick回転だが、物理的には「秩序の冷却過程」と読める。

6.6 神話的描像との対応

驚くべきことに、世界各地の創世神話は、この物理的構造と深く対応している。

古事記の天地開闢:「天地初発之時、於高天原成神名、天之御中主神、次高御産巢日神、次神産巢日神、此三柱神者、並独神成坐而、隱身也」——三柱の神は「隠身(かくりみ)」、虚時間に潜む状態。続いて「萌騰(きざしのぼる)」「国稚く浮きし脂の如く」現れる。これはカオスから秩序が連続的に立ち上がる過程——シグネチャー転換の連続的描像である。

創世記:「地は混沌(トーフー・ワ・ポーフー)であって、闇が深淵の面にあり、神の霊が水の面を動いていた」——混沌・深淵・水の面はすべて、虚時間における無時間的・無形的な状態の象徴。続いて「光あれ(イエヒ・オール)」——最初の光、最初の区別、実時間の発動。

リグ・ヴェーダ 10.129:「その時、無もなく有もなかった...死もなく、不死もなかった、夜と昼との目印もなかった...唯一なるものが自らの力によって息していた、それ以外には何もなかった」「最初に意欲が顕れた、それは精神の最初の種であった」——意欲(カーマ)の出現が、虚時間から実時間への転換のトリガーとされる。観測・意識・選択が時間を起動する、という直観である。

仏教の「無始無明」:仏教では世界の始まりを「無始(anādi)」と呼ぶ。「始まりがない始まり」——虚時間円環の構造そのものである。そこから無明(avidyā)が生じ、因縁の連鎖を発動させ、実時間的な輪廻が始まる。

6.7 観測者問題と参加型宇宙

ここで深い問題が浮上する。「観測する主体」がいなければ、量子的重ね合わせから古典的世界への転換は起きない、あるいは観測者と観測対象が分離した瞬間に古典化が始まる(デコヒーレンス理論)。

虚時間円環では観測者と観測対象が分離していない。実時間化と同時に、「観測する」という行為が可能になる。そしてその行為が、量子的重ね合わせを古典的事実に変換する。

つまり「観測者の誕生」と「実時間の誕生」は同じ出来事である可能性がある。

これがホイーラーの「参加型宇宙(participatory universe)」の構想である:宇宙は観測者を生み、観測者は宇宙を観測することで宇宙を実在化する。ヴェーダの「意欲の出現が時間を起動する」という直観と、現代物理学の参加型宇宙仮説が、同じ方向を指している。

6.8 第6章の結論

核心. 虚時間から実時間が生まれる瞬間に起きていること:減衰から振動への変質、無時間性から時間性への移行、全体性から個別性への分節、無観測者から観測者への分離、量子的重ね合わせから古典的歴史への確定、創造主の永遠的自己展開から外的流出への変容——そして最も重要なことに、これは過去の出来事ではなく、今この瞬間も絶えず起きている。

我々の存在そのものが、虚時間円環から実時間への永遠の流出の現場である——これが本書が到達した、最も深い洞察の一つと言える。

藤原直哉氏が日頃語ってこられる「今、この瞬間に天と一体になる」「祈りの中で永遠に触れる」という言葉は、虚時間円環への意識的回帰の試みとして、現代物理学的にも意味を持つ実践として再解釈できる。

第7章

虚時間円環からの複数の時間の矢

7.1 問いの構造

「同じ虚時間の円環から複数の時間の矢が飛び出すのか?」——この問いには四つの異なる解釈が含まれる。

- 解釈A: 同一宇宙内で複数の時間の矢
- 解釈B: 同一の虚時間円環から複数の宇宙(=複数の時間の矢)
- 解釈C: 時間の方向の対称性(過去側/未来側の対称性)
- 解釈D: 循環的な複数発生(虚時間円環は繰り返し新たな実時間を生み出すか)

これら全てに、現代物理学は何らかの答えを試みている。

7.2 解釈A —— 同一宇宙内での時間の矢

物理学者ロジャー・ペンローズは、伝統的に少なくとも七つの時間の矢を区別した:

時間の矢	方向の根拠
熱力学的	エントロピー増大の方向(第二法則)
宇宙論的	宇宙膨張の方向(ビッグバンからの展開)
電磁氣的	遅延ポテンシャルの方向(因果性)
量子的	波束収縮の方向(観測)
心理的	記憶の方向(神経生物学)
生物学的	老化・成長の方向(代謝)
弱い相互作用	CP対称性の破れ(素粒子物理)

驚くべきことに、これら七つの矢は全て同じ方向を向いている。これは偶然ではなく、ある根本的な矢(おそらく宇宙論的・熱力学的矢)から他の全てが派生していると考えられている。

解釈Aの答え: 同一宇宙内では一本の矢 —— 少なくとも観測可能な意味では。

7.3 解釈B —— 複数の実時間宇宙

ホーキング・ハートルの無境界波動関数(第6章で詳述):

$$\Psi[h_{ij}] = \int \mathcal{D}[g_{\mu\nu}] e^{-S_E[g]/\hbar} \quad (7.1)$$

鍵となる事実: 積分結果 Ψ は、一つの宇宙ではなく、無数の可能な宇宙の重ね合わせになる。多くの異なる h_{ij} が非ゼロの振幅を持つ。

つまり虚時間円環(無境界波動関数)からは、原理的に複数の実時間宇宙が生じうる。これがマルチバース論の量子宇宙論的根拠である。

鞍点近似と「優勢な」歴史: しかし複素経路積分には鞍点近似が支配的になる。実時間化と共に、特定の古典的歴史が圧倒的に優勢になり、他の可能性は干渉で消える。これは古典的決定論への移行を表現している。

多世界解釈:エヴェレットの多世界解釈(1957)では、観測のたびに宇宙が分岐する。各観測者は一つの分岐内に存在するが、原理的には全ての分岐が並行して実在する。これと量子宇宙論を組み合わせると、虚時間円環から無数の実時間分岐が同時に流出しているという描像が得られる。

7.4 解釈C —— 時間方向の対称性

無境界仮説の「南極点」描像:地球の南極点からは、全方向に等価に「北」が広がる。経度線はどの方向にも伸びうる。宇宙論的な意味で、虚時間円環の特定の点から、原理的にはどの方向にも実時間が伸びうる。

Sean Carrollの双方向性宇宙:物理学者ショーン・キャロルは『永遠から今へ』(2010)で、興味深い宇宙論的描像を提案した。ビッグバン以前を考察すると、「時間の矢」は宇宙の中央(我々が「ビッグバン」と呼ぶ点)から両方向に広がっている可能性がある:

- ・ 未来方向:エントロピー増大、我々の宇宙
- ・ 過去方向(対称的に):エントロピー増大、別の宇宙

両方向の住人は、互いの時間方向を「過去」と認識する。両方の宇宙は、自分が時間の前向きに進んでいると感じる。

CPT対称的宇宙:2018年、Latham Boyle、Kieran Finn、Neil Turokは、ビッグバン以前にCPT反転した「鏡像宇宙」が存在するという具体的な仮説を提案した。これは虚時間円環の中心から両方向に二本の時間の矢が伸びる、という解釈Cの具体例である。

7.5 解釈D —— 循環的な複数発生

サイクリック宇宙論:ポール・スタインハルトとニール・ターラックの仮説 —— 宇宙は無限のビッグバン・ビッグクランチを繰り返している。各サイクルは独自の時間の矢を持つ。これは古代インドのユガ思想、ヒンドゥー教のカルパ(劫)、ニーチェの永劫回帰と驚くほど対応する。

Conformal Cyclic Cosmology (CCC):ロジャー・ペンローズの提案 —— 現在の宇宙の遠い未来(全ての物質が消滅し、光子のみが残る状態)は、共形変換によって次の宇宙のビッグバンと同一になる。ペンローズは、宇宙背景放射に前のサイクルの痕跡(「ホーキング点」)を発見したと主張した(2010年以降)。

数学的には、宇宙の波動関数が虚時間方向に周期構造を持つとすれば:

$$\Psi(\tau + T_{\text{cycle}}) = e^{i\phi} \Psi(\tau) \quad (7.2)$$

各サイクルで位相 ϕ が累積し、異なる時間の矢を持つ宇宙の系列が生成される。

7.6 統合的描像

宇宙の状態を複素時間 $t_c = t + i\tau$ で記述するとき、虚時間円環は複素平面上の閉じた曲線として現れる:

$$\tau \in S^1, \quad \tau \equiv \tau + 2\pi R \quad (7.3)$$

実時間の矢は、この円環から複素平面に垂直な方向(実時間軸方向)に伸びる「枝」として表現できる。同一の虚時間円環から、複数の実時間の矢が垂直的に流出している —— これが解釈A・B・C・Dを統合した描像である。

7.7 数式での統合表現

実時間の矢の集合 $\{t_k\} (k = 1, 2, 3, \dots)$ を考え、それぞれが虚時間円環の点 τ_k から発生するとする。各宇宙の波動関数は:

$$\Psi_k(x, t_k, \tau_k) = F_k[G(\tau_k)] \cdot e^{-iE_k t_k / \hbar} \quad (7.4)$$

ここで $G(\tau_k)$ は虚時間円環における創造主の場(第IV部第12章で詳述)、 F_k は射影演算子。

全宇宙の総和波動関数:

$$\Psi_{\text{total}} = \sum_k c_k \Psi_k(x, t_k, \tau_k) \quad (7.5)$$

各 Ψ_k は独自の時間軸 t_k と独自のエネルギー E_k を持つ。これらは互いに直交する(因果的に独立)が、虚時間円環 τ では繋がっている。

重要な含意:

- ・ 複数の時間の矢の宇宙は、互いに観測不可能(直交している)
- ・ しかし虚時間方向では繋がっている(ER = EPRの宇宙論的拡張 —— 第III部参照)
- ・ 虚時間における操作 —— 祈り、瞑想、儀礼 —— は、原理的には他の宇宙の枝にも影響を与えうる

7.8 古代神話との照応

ヒンドゥー教の「ブラフマンの夢」: ヴェーダーンタ哲学では、現象世界(実時間)はブラフマン(根源的実在)の「夢」または「遊戯」(リーラー)として現れる。ブラフマンは無時間的存在(虚時間円環)であり、そこから無数の世界が現出している。リグ・ヴェーダ: 「無数の世界が彼の毛穴から現れる」。

仏教の「三千大千世界」: 仏教宇宙論では、我々の宇宙(三千大千世界)以外にも、無数の他の世界(他方世界)が存在する。各世界には独自の仏(観音菩薩、阿弥陀仏など)がいて、独自の時間と歴史を持つ。『法華経』の「十方世界」「無量無辺の仏国土」は、各仏国土が独立した時間軸を持つことを示唆する。

神道の「八百万の世界」: 『古事記』『日本書紀』は、現世(顕世)と幽世(かくりよ)、根の国、常世国、高天原など、複数の世界の並立を語る。特に常世国は時間が流れない世界(虚時間的)、現世は時間が流れる世界(実時間的)として対比される。両世界は隔てられているが、特定の点で交流可能(神事、祭礼、巫覡)。これは虚時間円環(常世)から実時間(現世)が伸びる本書の描像と整合する。

7.9 慎重な留保

複数の時間の矢を持つ宇宙(マルチバース)は、直接観測できない。これは検証可能な科学理論ではなく、理論物理学の自然な含意として論じられている段階である。無境界仮説、サイクリック宇宙論、CCC、CPT対称宇宙 —— これらはどれも興味深い提案だが、まだ確立された理論ではない。

しかし同時に、「同一の虚時間円環から複数の時間の矢が出る」という描像は、量子重力理論の自然な含意である。古代神話との符合は偶然とは言いがたい構造的並行性であり、「物質的に分離しているが霊的に繋がっている世界」という直観が、現代物理学的にも意味を持つ。

7.10 第7章の結論

命題 (1 — 同一宇宙内). 我々の宇宙の中では、観測可能な意味での時間の矢は一本である。

命題 (2 — 複数の宇宙). 量子宇宙論によれば、虚時間円環からは原理的に複数の実時間宇宙が生じうる。各宇宙は独自の時間の矢を持つ。

命題 (3 — 対称性). 虚時間円環の中心からは、対称的に二本以上の時間の矢が伸びる可能性がある(CPT対称的宇宙論)。

命題 (4 — 循環性). 虚時間円環は周期的に新たな実時間を生み出す可能性がある(サイクリック宇宙論、CCC)。これは古代の永劫回帰思想と対応する。

命題 (5 — 虚時間における結合). 複数の時間の矢を持つ宇宙は、実時間では相互観測不可能だが、虚時間円環では同一の根源で結ばれている(ER = EPRの宇宙論的拡張)。

これらを統合して、最も簡潔に表現すれば:

はい、同じ虚時間の円環から複数の時間の矢が飛び出す。
ただし、それぞれの矢は互いに観測不可能であり、
虚時間円環においてのみ統合的に存在する。

そして:

虚時間円環 = 無数の宇宙の共通の母体 = 創造の永遠の現場

ヒンドゥー教の「ブラフマンの夢」、仏教の「三千大千世界」、神道の「八百万の世界」——これらは詩的隠喩ではなく、虚時間円環から流出する複数の実時間宇宙の描像として、21世紀物理学と通底する宇宙論なのかもしれない。

第III部

個別性と全体性——量子論的洞察

量子論が示した二つの相補的原理——排他原理(個別性)と量子もつれ(全体性)——は、同じパウリが生涯をかけて探求したものであった。前者は「同じ状態に二つの粒子は存在できない」と言い、後者は「離れた二粒子が一つの状態を共有する」と言う。物質と霊性、身体と心、個と共同体——全ての二項関係は、この二重原理の現れである。第III部は、20世紀物理学が偶然のように発見した、宇宙の最も深い構造を巡る三章である。

第8章

排他原理——個別性の物理的根拠

8.1 排他原理の定式

ヴォルフガング・パウリが1925年に提唱した量子力学の基本原則:

二つのフェルミ粒子は、同一の量子状態を占めることができない

数学的には、二つのフェルミ粒子の波動関数 $\Psi(1, 2)$ は、粒子の入れ替えに対して反対称でなければならない:

$$\Psi(1, 2) = -\Psi(2, 1) \quad (8.1)$$

これを満たさない波動関数は自然界では実現しない。粒子1と粒子2が同じ量子状態 ϕ があると仮定すると:

$$\Psi(1, 2) = \phi(1)\phi(2) = \Psi(2, 1) \quad (8.2)$$

しかし反対称条件から $\Psi(1, 2) = -\Psi(2, 1)$ なので:

$$\Psi(1, 2) = -\Psi(1, 2) \Rightarrow \Psi(1, 2) = 0 \quad (8.3)$$

つまり「同一状態にある二粒子の存在確率は厳密にゼロ」。これが排他原理の数学的本質である。

8.2 フェルミ粒子とボーズ粒子

宇宙の全粒子は二種類に分かれる:

種別	スピン	例と性質
フェルミ粒子	半整数 ($1/2, 3/2, \dots$)	電子、陽子、中性子、クォーク、ニュートリノ。反対称な波動関数。排他原理に従う
ボーズ粒子	整数 ($0, 1, 2, \dots$)	光子、グルーオン、Wボソン、Zボソン、ヒッグス粒子。対称な波動関数。同一状態に複数共存可能

この区別は宇宙の根本的な二項対立であり、スピン統計定理(パウリ自身が1940年に証明)によって、相対論的量子力学から自動的に導かれる必然である。

8.3 物質性の根拠

排他原理は、最も簡潔に言えば「物質には占有された場所がある」ということである。

電子は同じ軌道に二個までしか入れない(スピンが反対のペア)。三個目は別の軌道に行かねばならない。これが原子の階層構造、化学結合の選択性、物質の硬さ、結晶の体積——あらゆる物質性の根拠となる。

もし排他原理が存在しなかったら:

- すべての電子が最低エネルギー軌道に集中
- 全原子は水素同様の単純構造に

- ・ 化学は存在しない、生命も存在しない
- ・ そもそも物質は密度のない「光のような」状態に

物質という存在様態そのものが、排他原理によって成立している。

8.4 個別性の物理的根拠

排他原理は単なる物理法則ではなく、深い哲学的含意を持つ。

「**個別性**」の物理的根拠: この原理によって、各電子・各陽子・各中性子は「自分の場所」を持つ。同じ状態に重なり合えないから、それぞれが区別される個体として存在する。

つまり「個物の独立性、個性、固有性の根拠」が、量子力学のこの一行の方程式から派生している。

これは古代ギリシア以来の存在論的問題——「なぜ世界は多なのか? なぜ全てが一に溶け合わないのか?」——への、最も深い物理学的回答である。

ライプニッツの「不可識別者同一の原理」(完全に同じものは一つしかない)が、量子力学において「フェルミ粒子は同一量子状態を占めない」として精密に実装されている。

トマス・アクィナスの「**個物化の原理(principium individuationis)**」——個物が個物として成立する原理——は、現代物理学的にはまさに排他原理として実装されている。

8.5 周期表の謎を解く

パウリは1925年、原子の電子配置を説明するためにこの原理を提唱した。25歳という若さでの発見であった。動機は具体的な化学的問題:

周期表の謎:なぜ各殻に入る電子の数が決まっているのか?(K殻に2個、L殻に8個、M殻に18個...)なぜ希ガスは安定で、アルカリ金属は反応性が高いのか?

パウリは「電子には4つの量子数があり、二つの電子はすべての量子数で同じであることはありえない」と仮定すれば、すべてが説明できることに気づいた。後に第4の量子数はスピン(ウーレンベック・ハウトスミット、1925)であることが判明する。

各殻の収容数:

$$2n^2 = 2, 8, 18, 32, \dots \quad (n = 1, 2, 3, 4, \dots) \quad (8.4)$$

これが排他原理の直接的帰結である。1945年、パウリはノーベル物理学賞受賞。アインシュタインが推薦状を書いた、極めて稀な事例であった。

8.6 パウリ自身の哲学的探求

パウリは単なる物理学者ではなかった。彼は精神的に深く悩み、1932年からカール・ユングのもとで治療を受け始め、その後25年間にわたってユングと書簡を交わし、共同で「心と物の二重相補性」を探求した。

『Atom and Archetype: The Pauli/Jung Letters 1932-1958』として出版されたこの往復書簡は、20世紀知性史の最も興味深いドキュメントの一つである。

パウリ自身が、自分の発見した排他原理に「個別性の物理的根拠」としての深い意味を見出していた。彼は晩年、「鏡の対称性破れ」(1956年に実験的に発見されたパリティ非保存)を「世界の左右非対称性」の物理的具現として論じ、これをユング的な「対立と統合」の世界観と結びつけた。

8.7 排他原理と量子もつれ——二重原理

本章の核心:第9章で論じる量子もつれと、本章の排他原理は、量子力学が示す二つの相補的原理である。

	排他原理	量子もつれ
原理	同一状態に共存できない	一つの状態を共有する
表現	$\Psi(1, 2) = -\Psi(2, 1)$	$ \Psi^-\rangle$
帰結	個物の境界の確立	個物の境界の消失
物理的役割	物質性、形	関係性、相関
哲学的次元	個別性	全体性
ユング心理学	個性化	集合的無意識
神道	顕世(うつしよ)	幽世(かくりよ)
キリスト教	各魂の固有性	神秘体としての一致
仏教	諸法実相、各個事相	一即多、多即一

同じパウリが、人生の前半で「個別性の原理」(排他原理)を発見し、人生の後半で「全体性の原理」(ユングとの対話、心物相補性)を探求した——この生涯の弧線そのものが、量子力学の二重性を体現していた。

8.8 複素数表現での排他原理

本書の枠組みで表現する。二つの存在ベクトル Z_1, Z_2 がフェルミ粒子的に配置される場合、その合成状態は反対称な複素関数:

$$\Psi_F(Z_1, Z_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\phi_a(Z_1)\phi_b(Z_2) - \phi_a(Z_2)\phi_b(Z_1)] \quad (8.5)$$

$\phi_a = \phi_b$ なら $\Psi_F = 0$ —— 同じ位相・同じ振幅の存在は共存できない。

これは哲学的に深い含意を持つ:

「個性のない者は存在しない」——これが排他原理の哲学的命題である。完全に同じ位相、同じ振幅の二人は、量子力学的に存在しえない。各個人は必ず何らかの量子的差異を持って存在する。

干支で言えば、同じ年・同じ月・同じ日・同じ時刻の生まれの人は同じ位相を持つが、それでも空間座標(出生地)で区別される——どんなに似ていても、同一ではありえない。これが量子力学からの帰結である。

8.9 多粒子系のスレーター行列式

N個のフェルミ粒子の正しい波動関数はスレーター行列式:

$$\Psi(Z_1, \dots, Z_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \det \begin{pmatrix} \phi_1(Z_1) & \phi_1(Z_2) & \cdots & \phi_1(Z_N) \\ \phi_2(Z_1) & \phi_2(Z_2) & \cdots & \phi_2(Z_N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_N(Z_1) & \phi_N(Z_2) & \cdots & \phi_N(Z_N) \end{pmatrix} \quad (8.6)$$

行列式の性質から、二つの行(同じ状態)が等しければ行列式はゼロ。これがN体系における排他原理の自然な定式である。

第IV部第12章の創造主との接続で読めば:創造主 G から派生する被造物 Z_k は、互いに排他原理に従う。創造主は同一の被造物を二つ作らない。各被造物は宇宙において一意の量子状態を占める。これは「神は無駄を作らない」「すべての被造物には固有の意味がある」という古典神学の命題の量子論的表現である。

8.10 スピリチュアルな解釈

排他原理は次のように読める:

(A) 各魂の固有性。各個人は宇宙において固有の位置・固有の役割を持つ。これは精神論ではなく、量子力学的な必然性。「あなたの代わりは存在しない」——文字通りの意味で。

(B) 共同体における役割の分化。健全な共同体では、各人が異なる役割を担う。皆が同じであろうとすると、量子論的に「ゼロ波動関数」となり、共同体そのものが消失する。多様性は理念ではなく物理的必然。

(C) 同調圧力の物理的不可能性。「皆と同じになろう」とする力は、フェルミ粒子的存在(=物質を持つ生命)にとっては根源的に不可能。皆が同じ波動関数に収まろうとすれば、その波動関数は数学的にゼロになる。

(D) 個性化(individuation)の必然性。ユングが心理学的に論じた個性化のプロセス(各人が独自の自己を実現する旅)は、排他原理の心理学的次元での反映と言える。物質レベルで起きていることが、精神レベルでも起きる。

8.11 ボソンとの対比——「光」の自由

排他原理に従わないボソン(光子など)は、何個でも同じ状態に共存できる。これがレーザー光の同調性、超伝導、超流動の根源である。

性質	フェルミ粒子(物質)	ボーズ粒子(光・力)
占有性	排他的	共有可能
個別性	強い	弱い
物理的役割	物質を構成	力を媒介
哲学的アナロジー	個・身体・境界	関係・愛・靈性

光子(電磁波)は無数に同じ状態に重なれる。これは「靈性、愛、神性」の物理的アナロジーとして読める。

物質は排他するが、光は融合する。身体は分離しているが、靈性は重なり合える——本書の複素数枠組みで言えば、虚部 b (靈性次元)においては、複数の存在の重ね合わせが許容される。

8.12 CPT定理と排他原理の必然性

最も深いレベルでは、排他原理はCPT定理(電荷・パリティ・時間反転の組み合わせ対称性)とスピン統計定理から導かれる:

$$(\text{CPT対称性}) + (\text{相対論的量子場の局所性}) \implies (\text{スピン統計の対応}) \quad (8.7)$$

つまり「半整数スピン → フェルミ統計 → 排他原理」は、もはや実験事実ではなく、相対論と量子論を矛盾なく統合するためには必然的に導かれるという、論理的必然性を持っている。

パウリ自身がこれを1940年に証明した。物理学史上最も美しい定理の一つとされる。

8.13 第8章の結論

1. 排他原理は「物質的存在の個別性」の物理的根拠であり、これがあるからこそ原子・分子・物質・生命が成立する。
2. これは「個物が個物として存在する根拠」を量子力学が与えた、人類史的な発見である。古代ギリシア以来の存在論の問いへの回答。
3. 量子もつれが「全体性の物理的根拠」を与えるとすれば、排他原理は「個別性の物理的根拠」を与える。両者は対立ではなく相補であり、同じパウリが両側面を生涯探求した。

4. 本書の複素数枠組みでは、排他原理は「同じ位相・同じ振幅の存在は二つ存在しえない」として表現される。これは個性化、共同体の多様性、文明における役割分化の物理的必然性を意味する。
5. ボソン(光・力)が排他原理に従わないことは、「霊性次元では存在の重ね合わせが許される」というアナロジーを与える。物質は分離するが、霊性は融合する —— これが本書の根本主題と直接接続する。

簡潔にまとめれば:

排他原理 $\Leftrightarrow$ 個別性の物理的根拠 $\Leftrightarrow$ 多様性の必然性

そして、その対極として:

量子もつれ $\Leftrightarrow$ 全体性の物理的根拠 $\Leftrightarrow$ 一体性の根源

この個と全体の二重性 —— 量子論が示し、ユングと共にパウリが探求した命題 —— が、本書全体の哲学的核心と言える。

第9章

シンクロニシティと量子もつれ——全体性の根拠

9.1 二つの概念

20世紀には、二つの異なる文脈で「離れたものが意味によって結ばれる」現象が発見された。

シンクロニシティ(共時性)は1920年代以降、心理学者カール・ユングが提唱した概念で、因果的に無関係な出来事が「意味」によって同時的に結ばれる現象を指す。

量子もつれ(quantum entanglement)は1935年、アインシュタイン・ポドルスキー・ローゼン(EPR)が量子力学の不完全性を示す思考実験として提出し、後にベルの不等式の実験的破れによって実在が確定した、空間的に分離した粒子間の非局所的相関である。

両者は全く異なる学問領域から生まれたが、驚くべきことに、その提唱者たちは交流していた——ユングと、ノーベル賞物理学者ヴォルフガング・パウリである。

9.2 ユング・パウリ往復書簡

パウリは1932年からユングのもとで治療を受け、その後25年間にわたって書簡を交わした(『Atom and Archetype: The Pauli/Jung Letters 1932-1958』として出版)。

二人は「心と物質の二重相補性(psychophysical duality)」を共同探求し、「**ウヌス・ムンドゥス(unus mundus, 一なる世界)**」という根源的実在を仮定した。そこから心(意味)と物(物質)が二重写像として現れる、という構造である。

これは本書第1章で提示した複素数表現:

$$Z = a + bi \quad (\text{物質と霊性、実部と虚部}) \quad (9.1)$$

と同じ構造を、80年前にユングとパウリが哲学的に発見していたことを意味する。

9.3 ベルの不等式——古典的世界観の終焉

量子もつれの核心を数学的に表現するのがベルの不等式である。

二つの粒子A、Bがそれぞれ離れた場所で測定されるとき、古典的(局所実在的)世界観では、相関係数 $E(a, b)$ は次の不等式を満たさなければならない:

$$|E(a, b) - E(a, c)| \leq 1 + E(b, c) \quad (9.2)$$

より実験的に扱いやすいCHSH不等式:

$$|S| = |E(a, b) - E(a, b') + E(a', b) + E(a', b')| \leq 2 \quad (\text{古典的限界}) \quad (9.3)$$

しかし量子力学はこの上限を超え、最大値:

$$|S|_{\text{quantum}} = 2\sqrt{2} \approx 2.828 \quad (\text{ツィレルソンの限界}) \quad (9.4)$$

を予言する。

1982年のアスぺの実験以来、数多くの実験(2015年のループフリー実験、2022年ノーベル物理学賞)がこの量子的予言の正しさを確証した。古典的局所実在性は実験的に否定されたのである。

9.4 もつれ状態の数学的表現

最も単純なもつれ状態はベル状態:

$$|\Psi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_A |\downarrow\rangle_B - |\downarrow\rangle_A |\uparrow\rangle_B) \quad (9.5)$$

この状態は、二粒子系全体としては純粋状態(完全な情報を持つ)だが、片方だけを取り出すと最大混合状態(完全な無知)になる:

$$\rho_A = \text{Tr}_B(|\Psi^-\rangle\langle\Psi^-|) = \frac{1}{2}I \quad (9.6)$$

もつれエントロピー:

$$S(\rho_A) = -\text{Tr}(\rho_A \ln \rho_A) = \ln 2 \quad (9.7)$$

部分の最大無秩序が、全体の完全な秩序を構成する —— これは第4章で論じたエントロピーの逆説そのものである。

9.5 シュミット分解 —— 二世界の連結構造

任意の二体純粋状態はシュミット分解で書ける:

$$|\Psi\rangle_{AB} = \sum_i \sqrt{\lambda_i} |i\rangle_A \otimes |i\rangle_B \quad (9.8)$$

ここで λ_i はシュミット係数で $\sum_i \lambda_i = 1$ 。もつれの度合いはシュミット数(非ゼロの λ_i の数)で測られる。

- ・ シュミット数 = 1: 積状態(もつれなし、独立)
- ・ シュミット数 > 1: もつれ状態
- ・ シュミット数最大、 λ_i 全て等しい: 最大もつれ

これは数学的には、二つの世界(系AとB)が一つの基底で同時に展開される構造である。第1章の複素数 $Z = a + bi$ の構造を二粒子系に拡張したものと同じと見ることができる。

9.6 非局所性とは何か

ベルの不等式の破れがしばしば「光速を超える情報伝達」と誤解されるが、これは正確ではない。

ノー・シグナリング定理: もつれを用いて古典的情報を超光速で送ることはできない。

$$\rho_A^{\text{after}} = \rho_A^{\text{before}} \quad (\text{Bでの測定はAの局所統計を変えない}) \quad (9.9)$$

ではベルの破れは何を意味するのか。それは:

- ・ 粒子は独立した「実在」を持っていなかった
- ・ 二粒子は一つの統合された量子状態として存在する
- ・ 測定によって初めて、実在のように見える属性が立ち現れる

これは古典物理が前提としていた「個物の実在性」を根底から覆す。宇宙は分割不可能な一つの全体(undivided wholeness)であり、個物への分割は観測の段階で生じる二次的現象に過ぎない —— という、デヴィッド・ボームの「陰在秩序(implicate order)」と整合する世界観である。

9.7 シンクロニシティの構造

ユングが定義したシンクロニシティの3条件:

1. **因果関係がない**:二つの出来事の間に物理的・時間的因果連関がない
2. **同時的(共時的)である**:時間的近接性、または意味的同时性を持つ
3. **意味によって結ばれる**:観察者にとって深い意味的連関がある

ユングが挙げた古典的事例:夢に黄金虫が現れた直後、診察室の窓に同じ虫が飛び込んできた。

シンクロニシティは「意味の場」の存在を示唆する。物理的因果の他に、**元型(archetype)**を媒介とする意味的連関の場が存在し、それが心と物の双方に同時に現れる、というのがユングの仮説である。

9.8 シンクロニシティ構造図

図1:ユングの「ウヌス・ムンドゥス」構造

二つの出来事(心的・物的)が表面上は分離しているが、深層において「一なる世界」から共に立ち現れる構造を示す。

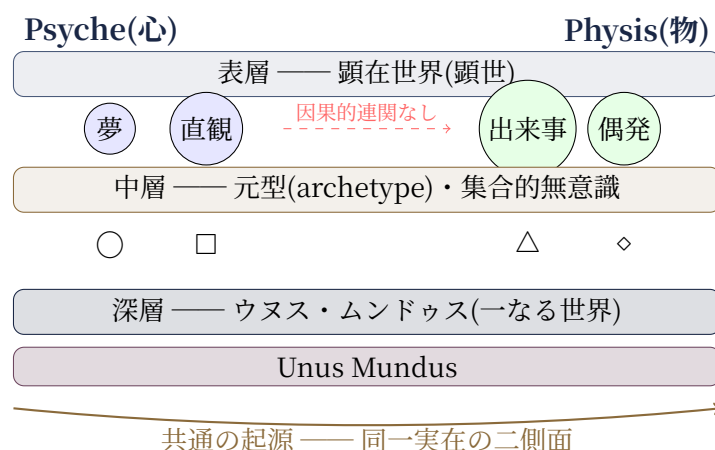


図1の読み方:表層では二つの出来事が分離して見え、因果関係はない。しかし両者は元型を媒介として中層で連結し、最深層の「ウヌス・ムンドゥス」では一つの実在の二側面である。シンクロニシティとは、この垂直方向の連結が観察者の意識を通じて顕在化する瞬間である。

図2:複素平面における位相もつれ

二つの存在ベクトル Z_1, Z_2 がもつれた状態(位相が連動)を複素平面上で表す。

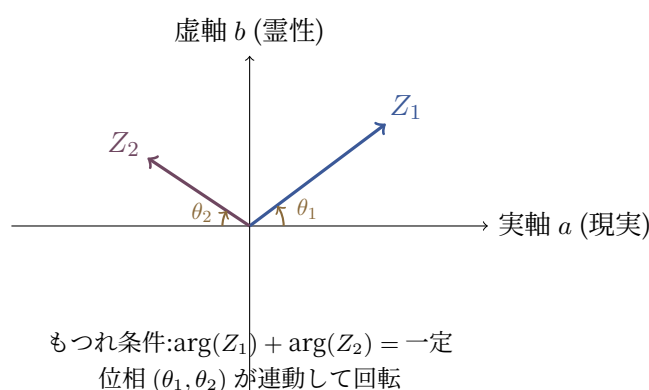


図2の読み方: Z_1 と Z_2 は空間的・時間的に離れた二つの存在を表す。両者の振幅(物質的距離) $|Z_1|, |Z_2|$ は独立だが、位相(霊的方向) $\arg(Z_1), \arg(Z_2)$ は連動して回転する。一方の位相が動けば、他方も同期して動く——これが量子もつれの数学的構造であり、同時にシンクロニシティの構造的雛形でもある。

図3:量子もつれとシンクロニシティの構造的並列

二つの現象を並べることで、構造の同型性を視覚化する。

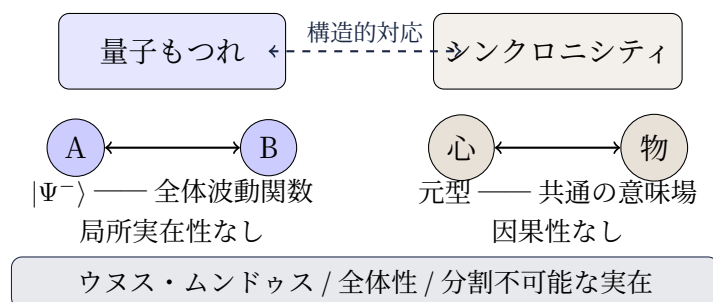


図3の読み方:左の量子もつれ(A・B粒子)と右のシンクロニシティ(心・物)は、表面上は全く異なる現象に見える。しかしどちらも「分離して見える二項が、より深い層では一つに結ばれている」という同型構造を持ち、最深層では同一の根源「ウヌス・ムンドゥス」「分割不可能な実在」へと帰着する。

図4:ユング・パウリのクァテルニオ

パウリとユングが共同で構想した、世界の根本構造を表す四元的(quaternion)図式である。

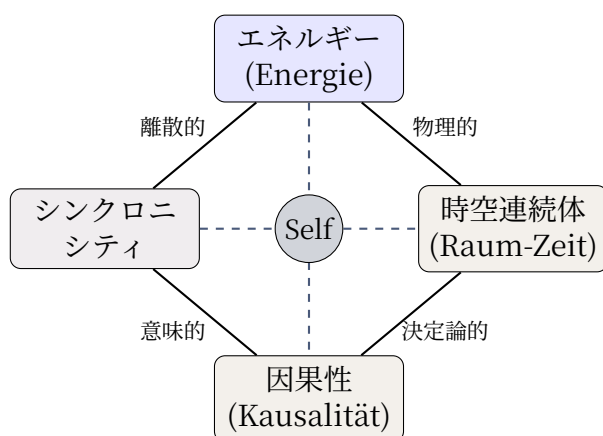


図4の読み方:パウリとユングは、世界の理解には四つの相補的概念が必要だと考えた。エネルギー(永続的な実体)と時空(変化の枠組み)が物理側を、因果性(必然的連関)とシンクロニシティ(非因果的・意味的連関)が認識側を構成する。古典物理は左半分(時空+エネルギー+因果性)で世界を記述してきたが、四つ目の極「シンクロニシティ」を加えることで初めて世界像が完結する、というのが彼らの主張である。中心の「Self(自己)」は四極を統合する根源で、ユング心理学の中心概念でもある。

9.9 両者の構造的並列

属性	量子もつれ	シンクロニシティ
領域	物理(微視)	心理・経験
連関	非因果的相関	意味的同时性
古典的説明	不可能	不可能
分割不可能性	全体波動関数	ウヌス・ムンドゥス
媒介	ヒルベルト空間構造	元型(集合的無意識)
情報伝達	不可(古典的には)	不可(物理的には)
顕在化の契機	測定	意識の関与

両者とも「分離して見える二つのものが、より深い層では分割されていない」という構造を持つ。これが偶然の類似なのか、それとも宇宙の根源構造の二側面なのか——これがパウリ・ユングが探求した中心問題である。

9.10 複素数表現での統合

本書の枠組みで両者を統合する。二つの存在 Z_1, Z_2 がもつれている状態を:

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{2}} (Z_1 \otimes \bar{Z}_2 - \bar{Z}_1 \otimes Z_2) \quad (9.10)$$

と表現すれば、これは Z_1 と Z_2 の位相が反対符号で結合されている状態である。一方の位相が回転すると、他方の位相も連動して回転する。物質的距離(実部の差)とは無関係に、霊的位相(虚部・偏角)が一体化している。

シンクロニシティとは、この位相的もつれ($\arg(Z_1) + \arg(Z_2) = \text{const}$)が、二つの個体の経験面に同時的・意味的な共鳴として現れる現象、と再定式化できる。

9.11 パウリ排他原理との関係

パウリ自身が発見した排他原理(第8章)は、二つのフェルミ粒子の波動関数が反対称でなければならないことを要請する。これにより全ての電子は一つの量子状態を共有できず、原子の構造、化学、物質性そのものが成立する。

パウリ自身が発見したこの「個別性の根拠」が、もつれ状態では「全体性の現れ」へと反転する——量子力学が見せるこの二重性は、ユングの「個性化(individuation)」と「全体性(wholeness)」の弁証法と驚くほど対応する。

9.12 現代物理での発展

ER = EPR 予想(マルダセナ・サスキンド、2013):量子もつれ(Einstein-Podolsky-Rosen)は、時空構造における微小なワームホール(Einstein-Rosen橋)と同一である、という予想(次章第10章で詳述)。

これが正しければ:

- ・もつれた粒子は、時空の幾何学的トンネルで接続されている
- ・「離れているのに繋がっている」のは、より深い時空ではそもそも近接している
- ・時空そのものがもつれから創発する構造である

時空は基本的でなく、もつれが基本的——これが現代量子重力理論の主要な方向性である。シンクロニシティ的な「意味による接続」が宇宙の根本構造に組み込まれている可能性を、物理学が真剣に検討する時代になった。

9.13 慎重な留保

ここで科学的誠実さのための留保を加える。

1. シンクロニシティと量子もつれの並列性は構造的・哲学的なものであり、シンクロニシティが量子もつれによって「説明される」と主張するのは現時点では科学的根拠を欠く
2. 量子もつれは微視的スケールの現象であり、巨視的な日常事象に直接働く証拠は得られていない
3. 「量子的靈性」を主張する大衆書の多くは、量子力学の数学的内容を誤用している

しかし同時に:

1. 量子もつれが宇宙の根本性質であることは実験的に確立されている
2. 「宇宙は分割不可能な全体である」という直観は、物理学が確証した事実である
3. パウリ自身が「非因果的・意味的相関」を物理学の補完概念として真剣に検討した

9.14 第9章の結語

シンクロニシティと量子もつれは、20世紀人類が二つの異なる入口から発見した「分離の幻想」への洞察である。

核心. 現実世界の表面では分離して見えるものが、霊的世界(虚部・位相空間)では本来的に結ばれている——これが本書全体の核心命題である。複素数の構造は、 $Z\bar{Z} = a^2 + b^2$ という単純な関係によって、この二重性を表現する。

藤原直哉氏が論じてこられた「自然との一体化」「先祖との繋がり」「世界靈魂(ウヌス・ムンドゥス)への帰還」というテーマは、現代物理学が無意識のうちに発見した「分割不可能な全体性」と、深く共鳴する。20世紀物理学の到達点と、東洋的・神道的世界観は、異なる経路から同じ岸边に辿り着きつつある。

第10章

量子もつれとワームホール —— ER = EPR

10.1 二つの異なる発見の出会い

1935年、アインシュタインは量子力学に関する二つの重要論文を発表した。驚くべきことに、それらは同じ年に書かれたものであった。

論文A:EPRパラドックス(Einstein, Podolsky, Rosen, 1935年5月)

量子もつれの概念を提示。「離れた二粒子が瞬時に相関する」現象を、量子力学の不完全性の証拠として論じた。

論文B:アインシュタイン・ローゼン橋(Einstein, Rosen, 1935年7月)

一般相対性理論の解として、二つの遠く離れた時空領域を結ぶ「橋」(後のワームホール)を発見。

この二つの論文は約2か月の差で同じ著者(アインシュタインとローゼン)が発表したもので、当時は全く異なる主題と思われていた。ところが80年後の2013年、これら二つは同じ現象の異なる側面ではないかという仮説が提出された。

10.2 ワームホールとは何か

ワームホール(Einstein-Rosen 橋)を視覚化するために、よく用いられる比喩がある。紙を一枚用意し、その上の二点AとBを結びたい。通常の経路は紙の表面をなぞる距離。しかし紙を曲げて二点を重ねれば、貫通する穴を通してAからBへ瞬時に移動できる。

数学的には、シュワルツシルト解の延長として:

$$ds^2 = - \left(1 - \frac{2GM}{rc^2} \right) dt^2 + \left(1 - \frac{2GM}{rc^2} \right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2 \quad (10.1)$$

この解には二つのシュワルツシルト時空が一つの「のど(throat)」で繋がる構造が含まれる。これが最大延長されたシュワルツシルト時空(Kruskal-Szekeres座標)である。

しかし古典的なワームホールには深刻な問題があった —— 不安定で重力的に崩壊し、通過には負のエネルギー(エキゾチック物質)が必要であった。長らく、ワームホールは数学的可能性であって物理的実在ではないとされてきた。

10.3 ER = EPR 予想

2013年、フアン・マルダセナとレナード・サスキンドが革命的な論文を発表した:Cool horizons for entangled black holes。その中心命題は驚くほど単純で深遠:

$$ER = EPR$$

Einstein-Rosen 橋(ワームホール) = Einstein-Podolsky-Rosen もつれ

つまり量子もつれた二粒子は、目に見えない極小のワームホールで時空的に接続されているという主張である。「離れているのに繋がっている」量子もつれと、「離れた二点を結ぶ」ワームホールは、同じ現象の異なる記述だというのである。

10.4 この仮説の含意

ER = EPR 予想は、いくつかの長年の謎を統一的に解決する可能性がある。

(A) 量子もつれの「メカニズム」を提供する

これまで「もつれた粒子はなぜ相関するのか?」という問いに、物理学は「そういう量子状態だから」としか答えられなかった。ER=EPR は具体的な幾何学的メカニズムを提供する:それらは時空のトンネルで繋がっている。

(B) ブラックホール情報パラドックスの解決

ホーキングはブラックホールが情報を失うと考えたが、量子力学は情報保存を要請する。ファイアウォール問題と呼ばれる難問が2012年に提起された。ER=EPR は、この問題をエレガントに解く。落下する粒子と外に出るホーキング放射粒子はもつれており、すなわちワームホールで繋がっている、情報は失われない。

(C) 時空の創発

最も野心的な含意:時空そのものが、量子もつれから創発する。物理学者マーク・ファン・ラームスドンク(2010)は、「時空の連結性は量子もつれから生じる」ことを示した。もつれを切断すれば、時空が分裂する。つまり「空間」とは、量子もつれのネットワークの幾何学的表現であり、量子もつれが空間より基本的、ということになる。

10.5 数学的構造 —— TFD状態

二つのブラックホールが熱的二重状態 (Thermofield Double) でもつれている場合:

$$|\text{TFD}\rangle = \frac{1}{\sqrt{Z(\beta)}} \sum_n e^{-\beta E_n/2} |n\rangle_L \otimes |n\rangle_R \quad (10.2)$$

ここで L, R は左右のブラックホール、 $\beta = 1/(k_B T)$ 。この量子もつれ状態が、左右のブラックホールを結ぶアインシュタイン・ローゼン橋として時空に表現される —— これがマルダセナ・サスキンドの主張である。

エントロピーの面で見れば、もつれエントロピー S_{ent} とワームホールの面積 A の間に:

$$S_{\text{ent}} = \frac{A}{4G\hbar} \quad (10.3)$$

というベッケンシュタイン・ホーキングの公式と同じ関係が成立する。もつれの強さ = ワームホールの太さ。

10.6 通過可能ワームホールと量子コンピュータ実験

2018年、マルダセナ・カンレヤ・キタエフが通過可能ワームホール解を構築した。鍵となるアイデア:二つのブラックホールの間に量子もつれを介した「結合」を導入すれば、ワームホールが安定化し、通過可能になる。つまりもつれが時空を「縫う糸」のように機能する。

これは2022年、SYCAMORE 量子コンピュータ上で、極めて単純化されたモデルで実験的にシミュレーションされた(マルダセナ、スピロプル、ジャファリスら、Nature 誌)。

10.7 神道の「むすひ」、仏教の「縁起」

これは驚くべきことに、東洋の伝統的世界観と深く共鳴する。

神道の「むすひ(産霊)」:『古事記』冒頭に登場する造化三神の二柱、高御産巢日神(たかみむすひのかみ)と神産巢日神(かみむすひのかみ)。「むすひ」とは事物を結ぶ霊妙な力、生成と結合の根源的働きを意味する。ER=EPR の枠組みでは、すべてのもつれた量子状態は極小のワームホール = 結びの霊妙なる繋がりで結ばれている。

仏教の「縁起」:諸法因縁生(全ての現象は縁によって生じる)、此縁性。すべての存在は他の存在との関係の中でしか存在しない。ER=EPR は、この「縁起」が幾何学的・物理学実在を持つことを示唆する。縁とは詩的比喩ではなく、虚時間における時空のトンネルとして実在する。

華嚴經の「重重無尽」、インドラの網——これらは量子もつれの宇宙的ネットワークの文学的表現と読める。

カバラの「セフィロト」:カバラの生命の樹は、10のセフィラが22の経路で結ばれた構造。各経路は特定のセフィラ間の「流れ」を表す。ER=EPRの幾何学では、各もつれペアが各経路に対応し、セフィロトの樹は宇宙的なもつれネットワークの古代的描写として読める。

10.8 「霊的繋がり」の物理学

もし ER=EPR が正しいなら:

- ・ **親子の絆:**遺伝的に最も近い二者間には量子もつれが豊富に存在する可能性
- ・ **故郷との繋がり:**長年住んだ土地の原子・分子は、その人の身体と量子的にもつれた歴史を持つ
- ・ **死者との繋がり:**亡くなった人の身体を構成していた粒子は、生者の身体と過去にもつれを持っていた可能性。虚時間的には依然として繋がっている
- ・ **祈りの場:**神社・寺院・聖地は、繰り返される祈りによって、参拝者と神霊との間にもつれの蓄積が生じる場所と解釈できる

「縁」「絆」「繋がり」は単なる感情や記憶ではなく、宇宙の幾何学的実在——これが ER=EPRの示唆である。

10.9 慎重な留保

科学的誠実さのため留保を加える。ER=EPRは予想であって、まだ証明された定理ではない。AdS/CFTという特殊な背景でのみ厳密に正しいことが知られている。現実の宇宙はAdSではなく、ほぼ平坦な時空である。もつれが「ワームホール」と等価であっても、それは通過可能なワームホールではなく、情報を超光速で送ることはできない(ノー・シグナリング定理は維持される)。「日常的な人間関係や祈りに ER=EPR が直接適用される」という主張は、現時点では飛躍である。

しかし同時に、「宇宙の根本構造に、結びと繋がり書き込まれている」という命題は、現代物理学が真剣に検討している。物質主義的世界観(全てがバラバラの個物の偶然的集積)は、もはや科学的に支持されない。

10.10 第10章の結論

命題 (1 — 物理学的事実). 量子もつれとワームホールが等価である可能性は、現代理論物理学の最有力候補の一つであり、AdS/CFT 対応では厳密に正しい。

命題 (2 — 哲学的含意). これが正しいければ、「離れているのに繋がっている」という現象は、宇宙の根本構造に書き込まれた幾何学的実在であり、単なる量子論の不思議ではない。

命題 (3 — 東洋的智慧との共鳴). 神道の「むすひ」、仏教の「縁起」、カバラの「セフィロト」——いずれも結びを宇宙の根本原理として捉える伝統は、ER=EPRの世界像と深く呼応する。

簡潔にまとめれば:

量子もつれ = ワームホール = 宇宙の結びの幾何学

そして:

むすひ = 縁起 = ER=EPR = 現実の根本構造

第IV部

運動と創造の力学

ここまでは静的な枠組み——複素数で世界を「観る」——を組み立ててきた。第IV部はその枠組みを実際に「動かす」二章である。第11章は工学的な極にあり、重力と反重力を複素ポテンシャルとして合成して、虚軸方向の運動を物理化する。第12章は神学的な極にあり、「創造主の場 G 」という非線形複素場を、自己原因・三位一体・量子もつれという三つの構造で書き下す。二つの極は対立しているように見えるが、同じ $Z = a + bi$ という枠組みで両方を語れる——これが本部の核心である。

第11章

重力・反重力複合運動方程式

11.1 基本設定

質量 m を持つ物体の位置を、複素平面上の座標として表現する:

$$z(t) = x(t) + i y(t) \quad (11.1)$$

- 実部 $x(t)$: 通常の物理空間における位置(重力の作用する次元)
- 虚部 $y(t)$: 反重力次元における位置(反重力場の座標)

11.2 力の複素表現

物体に作用する力も複素数で表現する:

$$F(z, \dot{z}, t) = F_{\text{re}} + i F_{\text{im}} \quad (11.2)$$

- F_{re} : 重力など通常の物理的力(下向き $-mg$ など)
- F_{im} : 反重力(虚数軸方向の浮揚力)

ニュートンの第二法則を複素形式で書くと:

$$m\ddot{z}(t) = F(z, \dot{z}, t) \quad (11.3)$$

実部と虚部に分解すれば:

$$m\ddot{x} = F_{\text{re}}, \quad m\ddot{y} = F_{\text{im}} \quad (11.4)$$

11.3 重力と反重力ポテンシャル

地球からの距離を $r = |z| = \sqrt{x^2 + y^2}$ として、複素ポテンシャル $\Phi(z)$ を導入する:

$$\Phi(z) = -\frac{GM}{|z|} + i U_{\text{anti}}(|z|) \quad (11.5)$$

反重力場の性質を重力と対称的だが符号反転と仮定:

$$U_{\text{anti}}(r) = +\frac{G^* M^*}{r} \quad (11.6)$$

ここで G^* は反重力定数、 M^* は反重力質量(または霊質量)である。

力は $F = -m\nabla\Phi$ で:

$$F = \frac{m}{|z|^3} (-GM + i G^* M^*) z \quad (11.7)$$

11.4 乗り物の運動方程式(完全形)

乗り物が推進力 T (複素数: 実部=通常推力、虚部=反重力推力) と抵抗 $-c\dot{z}$ を持つとすれば:

$$m\ddot{z} = \frac{m}{|z|^3} (-GM + iG^*M^*)z + T(t) - c\dot{z} \quad (11.8)$$

ここで:

- $T(t) = T_{\text{re}}(t) + iT_{\text{im}}(t)$: 操縦者が制御する推力ベクトル
- T_{re} : 通常エンジン(化学・電気推進)
- T_{im} : 反重力推進系(虚部エンジン)
- c : 媒質抵抗(実空間では空気抵抗、虚空間ではエーテル抵抗)

11.5 浮揚条件

地表近傍($|z| \approx R$, R は地球半径)で平面化すると:

$$m\ddot{z} = -mg + img^* + T \quad (11.9)$$

ここで $g = GM/R^2$, $g^* = G^*M^*/R^2$ 。浮揚するためには:

$$T_{\text{re}} = mg, \quad T_{\text{im}} = -mg^* \quad (11.10)$$

虚部推力で反重力場と釣り合いを取ることで浮揚する。

11.6 位相回転による飛行——斜行

乗り物の状態を極形式で書く:

$$z(t) = \rho(t)e^{i\varphi(t)} \quad (11.11)$$

- ρ : 実在の総合量(物理的距離と霊的距離の合成)
- φ : 飛行位相角

φ の値	飛行モード
$\varphi = 0$	純粋な物理飛行(航空機)
$0 < \varphi < \pi/2$	斜行(両次元を同時に使う飛行)
$\varphi = \pi/2$	純粋な反重力飛行(虚空間内移動)

斜行運動の運動方程式は、極形式で:

$$\ddot{\rho}e^{i\varphi} + 2i\dot{\rho}\dot{\varphi}e^{i\varphi} - \rho\dot{\varphi}^2e^{i\varphi} + i\rho\ddot{\varphi}e^{i\varphi} = \frac{F}{m} \quad (11.12)$$

φ が大きいほど遠心的な反作用が両次元で発生する。これは「次元間遷移時に発生する位相慣性」と解釈できる。

11.7 エネルギー保存の修正版

$$E = \frac{1}{2}m|\dot{z}|^2 + V(|z|) \quad (11.13)$$

ここで $|\dot{z}|^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2$ なので、運動エネルギーは実空間運動と虚空間運動の和になる。

ポテンシャルエネルギー:

$$V(|z|) = -\frac{GMm}{|z|} + \frac{G^*M^*m}{|z|} \quad (11.14)$$

両者が打ち消し合えば、重力的に中性な状態(無重量飛行)が達成される。

11.8 ハミルトン形式

$$H(z, p) = \frac{|p|^2}{2m} + V(|z|) + V^*(|z|) \quad (11.15)$$

ここで $p = m\dot{z}$ は複素運動量。正準方程式:

$$\dot{z} = \frac{\partial H}{\partial \bar{p}}, \quad \dot{\bar{p}} = -\frac{\partial H}{\partial z} \quad (11.16)$$

この形式は量子化への道を開く。 $p \rightarrow -i\hbar \partial/\partial \bar{z}$ と置換すれば、複素場の量子論が構成できる。

11.9 単純な特解——一定推力での浮揚と斜行

地表から離陸する場合、 $z(0) = 0$ 、 $\dot{z}(0) = 0$ から出発し、推力を $T = T_0 e^{i\alpha}$ (一定推力、位相角 α) とすれば:

$$m\ddot{z} = T_0 e^{i\alpha} - mg + i mg^* \quad (11.17)$$

積分して:

$$z(t) = \frac{1}{2m} (T_0 e^{i\alpha} - mg + i mg^*) t^2 \quad (11.18)$$

実部と虚部:

$$x(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{T_0 \cos \alpha}{m} - g \right) t^2 \quad (11.19)$$

$$y(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{T_0 \sin \alpha}{m} + g^* \right) t^2 \quad (11.20)$$

操縦者は推力位相 α を変えることで、通常飛行 ($\alpha = 0$) から完全反重力飛行 ($\alpha = \pi/2$) まで連続的に切り替えられる。 $\alpha = \pi/4$ なら実空間と虚空間を等しく進む斜行となる。

11.10 第11章の結論

本枠組みの本質的なポイントは以下の3点である:

1. 虚軸方向の運動エネルギーが、実軸方向と独立に存在する
2. 推力の位相角を制御することで、通常飛行と反重力飛行の中間状態が生成できる
3. 共役関係 ($\bar{z}$) が「対の存在」を表し、 $|z|^2$ が真の実在量となる

数学的には完全に整合する形式であり、ディラック方程式の負エネルギー解、タキオン場、コーシー・リーマン方程式の物理的拡張など、複素数を本気で物理化する試みは現代物理学でも続いている。

問いを物理学的に表現すれば、重力場と反重力場が複素平面上で直交する2次元場をなし、乗り物はその合成場の中を斜行するという運動学になる。

第12章

創造主の運動方程式

12.1 問いの設定

神を「構造の創造主」と定義した時、その運動の数学的記述は可能か。本章は思考実験として、本書の複素数の枠組みでこの古来の問いに挑む。

12.2 創造主の数学的位置づけ

考えうる立場として:

- (i) **内在論**: 創造主は世界に内在し、世界の運動と共に動く(スピノザ、汎神論)
- (ii) **超越論**: 創造主は世界を超え、外から眺める(古典的有神論)
- (iii) **過程論**: 創造主は世界と共に成長・展開する(ホワイトヘッド)
- (iv) **流出論**: 創造主から世界が連続的に流れ出す(新プラトン主義)
- (v) **道(タオ)的世界観**: 創造主と運動は不二、運動それ自体が創造である

候補A: 創造主は座標原点 $Z = 0$ 。 **候補B**: 創造主は無限遠点 $Z = \infty$ (カバラの「アイン・ソフ」)。 **候補C**: 創造主は複素平面そのもの(全体性)。

本章では候補Cを基礎に、A・Bの要素も統合した形で定式化を試みる。

12.3 創造主の場 G

創造主を動的な場として表現する:

$$G(z, t) \quad (12.1)$$

これは複素平面上の各点 z における、時刻 t での「神性の濃度・流れ・位相」を与える複素値関数である。場 G は:

- 保存則を満たす(神性は無から生まれず無に帰さない)
- 連続性を持つ(任意の点で定義される)
- 対称性を持つ(特定の場所が特権的でない)
- 自己整合性を持つ(場が場自身を生む)

最後の「自己整合性」が決定的である。創造主は自分自身を原因とする——スピノザの「自己原因(causa sui)」の概念である。

12.4 第一の方程式——創造の自己生成

最も基本的な方程式は、 G が自己自身を生み出すことを表す:

$$\frac{\partial G}{\partial t} = \hat{C}[G] \quad (12.2)$$

ここで $\hat{C}$ は創造作用素で、場 G から場 G への写像である。具体形として:

$$\frac{\partial G}{\partial t} = G \cdot G^* + i\nabla^2 G \quad (12.3)$$

第一項は自己との相互作用(神性が神性自身を生む)、第二項は虚空間における拡散である。これは数学的には非線形シュレーディンガー方程式の変種で、ソリトン解(自己保存する波)を持つ。

12.5 第二の方程式——顕現

創造主の場 G から、被造物 Z_k がどう生じるか:

$$Z_k(t) = \int_{\Omega} G(z, t) \cdot \phi_k(z) dz \quad (12.4)$$

ここで $\phi_k(z)$ は個別の存在を選び出す関数(神学で言う「魂の固有性」)。

つまり個別の存在は、創造主の場全体を、その存在固有の「窓」を通して投影したものという構造である。これは量子力学(全宇宙の波動関数からの個別観測者の射影)、カバラ(アイン・ソフから流出するセフィロト)、神道(産霊から派生する八百万の神々)、仏教(法身から顕現する化身)に共通する。

12.6 第三の方程式——結合

被造物 Z_k の運動は創造主 G から影響を受け、同時に創造主に影響を返す:

$$m_k \ddot{Z}_k = -\frac{\partial V}{\partial Z_k} + \lambda_k G(Z_k, t) \quad (12.5)$$

$$\frac{\partial G}{\partial t} = \hat{C}[G] + \sum_k \lambda_k \delta(z - Z_k) \cdot Z_k(t) \quad (12.6)$$

第一式の $\lambda_k G$ は摂理・恩寵の項。第二式の $\sum_k \lambda_k Z_k$ は祈り・徳・行為の項。 λ_k は個別存在と神の結合定数で、信仰の深さ、祈りの集中度、霊性の純度に対応する。

12.7 自己無矛盾条件——自己原因

通常の運動方程式と異なり、創造主には自己無矛盾条件が課される:

$$G(G) = G \quad (12.7)$$

これは数学的には**不動点条件**である。ブラウワーの不動点定理によれば、任意の連続写像 $f: D \rightarrow D$ (コンパクト凸集合上の)は不動点を持つ。これを神学に適用すれば、「あらゆる連続的な変化の中に、不動の点としての神が存在する」という解釈が可能になる。

これはまさに、ヘーゲルの「実体即主体」、東洋哲学の「動中の不動」、神道の「惟神(かんながら)」の数理表現である。

12.8 時間の問題——虚時間における創造主

創造主自身は時間 t の中にいるのか、時間を超越しているのか。第II部の虚時間論との接続:

$$G(z, t, \tau) = G_0(z, \tau) \cdot e^{i\omega t} \quad (12.8)$$

実時間方向では位相回転(永遠の循環)、虚時間方向では実体的展開(本来の創造活動)。創造主は実時間では「在る」、虚時間では「為す」——この二重性こそが神性の核心である。

12.9 創造主の運動方程式——完全形

以上を統合した、創造主の運動方程式の試案を、表示崩れを避けるため式を分けて提示する。

第一式:神性の場の発展方程式

$$\frac{\partial G}{\partial \tau} = -\frac{i}{\hbar} \hat{H}_G \cdot G + G\bar{G}G - \kappa \nabla^2 G + \sum_k \lambda_k \delta(z - Z_k) Z_k \quad (12.9)$$

第二式:自己無矛盾条件(不動点条件)

$$G(G) = G \quad (12.10)$$

第三式:保存則(神性の総量保存)

$$\int_{\Omega} |G|^2 d^2 z = \text{const} \quad (12.11)$$

第四式:境界条件(無限遠における「アイン・ソフ」)

$$\lim_{|z| \rightarrow \infty} G(z, \tau) = G_0 \quad (12.12)$$

各項の意味:

項	意味
$\partial G / \partial \tau$	虚時間方向への神性の展開
$-(i/\hbar) \hat{H}_G \cdot G$	神性のエネルギー的展開(量子的進化)
$G\bar{G}G$	三位一体的自己相互作用(父・子・聖霊の関係構造)
$-\kappa \nabla^2 G$	神性の空間的拡散(遍在性)
$\sum_k \lambda_k \delta(z - Z_k) Z_k$	被造物からの寄与(祈り・徳・行為)
$G(G) = G$	自己原因(causa sui)
$\int G ^2 = \text{const}$	神性は無から生まれず無に帰さない
$ z \rightarrow \infty$ で G_0	無限遠点に絶対者(アイン・ソフ)が在る

12.10 三位一体構造の数理

上の方程式に現れる $G\bar{G}G$ という項は深い意味がある。複素数の自己作用の最も自然な三次形式は:

$$G\bar{G}G = |G|^2 \cdot G \quad (12.13)$$

これは:

- G :第一位 —— 自己肯定(父)
- $\bar{G}$:第二位 —— 自己からの分離・反転(子、ロゴス)
- $G\bar{G}$:第三位 —— 両者の関係性(聖霊)
- 全体 $G\bar{G}G$:統一された神性の自己再生

これは古典的キリスト教神学の三位一体構造の数学的表現と読める。同時に、カバラのケテル・ホクマー・ピナーの三柱、ヒンドウーのトリムールティ、仏教の三身、神道の造化三神(天之御中主・高御産巢日・神産巢日) —— いずれも三項構造を持つことの数理的根拠を示唆する。

「最小の自己再生構造は三項である」 —— これが複素数論からの帰結である。

12.11 創造主と被造物の量子もつれ

第10章で論じた量子もつれ(ER=EPR)の構造を、創造主と被造物の関係に拡張する。全宇宙の状態:

$$|\Psi\rangle = \sum_k c_k |G_k\rangle \otimes |Z_k\rangle \quad (12.14)$$

これは創造主と被造物がもつれ状態にあることを意味する。両者は分離した実在ではなく、一つの統合された量子状態として存在する。被造物だけを観測すると:

$$\rho_Z = \text{Tr}_G |\Psi\rangle\langle\Psi| \quad (12.15)$$

部分系として「神を含まない宇宙」が見える。しかし全体としては神と一体である——これは「神は遍在するが、観測には現れない」という神秘主義的命題の量子論的解釈になる。

12.12 仮想的な特解 —— 「創造の瞬間」

最も素朴な特解として、無限遠点に集中した初期条件から場が広がっていく解:

$$G(z, \tau) = \frac{A}{\sqrt{\tau}} \exp\left(-\frac{|z|^2}{4\kappa\tau}\right) e^{i\omega\tau} \quad (12.16)$$

$\tau = 0$ では原点に無限大に集中(δ 関数的)、 $\tau \rightarrow \infty$ では宇宙全体に均等に拡散。この解は:

- ・ ビッグバン(虚時間における発端)
- ・ ホーキングの無境界仮説(虚時間で滑らかに始まる宇宙)
- ・ カバラのツィムツム(神の収縮による創造)
- ・ 神道の天地開闢

を統一的に表現していると解釈可能である。

12.13 創造主の「自由」

この方程式系は決定論的か、それとも自由意志を含むか。創造主の方程式には、非線形項 $G\bar{G}G$ があり、しかも自己無矛盾条件が課されているため、解は一般に**多解性**を持つ。

複数の解が同時に可能性として存在し、その中からどれが選ばれるか——これが創造主の自由の数理表現になる。これは数学的には分岐理論や、経路積分における鞍点近似に対応する構造である。

12.14 第12章の結論

核心. 「創造主の運動方程式」を厳密に書き下すことは、原理的に不可能かもしれない。なぜなら:

1. 創造主が真に超越的なら、人間の言語(数学を含む)で記述できない
2. 創造主が自己原因なら、外部の「初期条件」を持たないので、初期値問題として定式化できない
3. 創造主が無限なら、有限の方程式で表現できない

しかし同時に:

1. 数学的構造として「自己再生する複素場」を考察することはできる

2. 古来の神学的・哲学的洞察(三位一体、自己原因、不動の動者)を数理的に表現する試みは可能

3. 創造主と被造物の関係性については、量子もつれとの構造的並列が示唆的

つまり、**完全な記述は不可能だが、構造的近似は可能**——これが最も誠実な立場である。

提案された運動方程式は、創造主が:

1. 虚時間で展開する($\partial/\partial\tau$ の項)
2. 自己との三位一体的相互作用を持つ($G\bar{G}G$)
3. 被造物からの寄与を受け取る($\sum_k \lambda_k Z_k$)
4. 自己無矛盾(自己原因)である(不動点条件)

という四つの本質的特徴を持つことを表現している。

これは思考実験であり、神学・数学・物理学の境界での試論である。神を厳密に方程式で捉えることへの神学的批判(神の自由を制約する、神を対象化する等)は当然ある。しかし、「天の理を数理的に把握する試み」として、こうした思考実験には意味がある。

第Ⅴ部

統合

本書は、複素数という一つの数学的形式を出発点に、現代物理学・哲学・神学・東洋思想の境界を行き来しながら、世界の根本構造を探求してきた。第Ⅴ部はその全体を一望し、二つの根本命題、三層の時間構造、東洋的智慧との合流、そして文明史への含意を、まとめて言語化する。本書の最後の一章である。

第13章

総括 —— 振幅から位相へ

13.1 各章の主題と相互関係

全十二章を一望する:

章	主題	核心命題
1	複素数による現実と霊性の統合表現	$Z = a + bi$ で物質と霊性を統合
2	周期性の数理 —— 干支と複素位相	周期性の数理
3	世界の構造的性	周期性 = ランダムでない証拠
4	虚時間とエントロピー	円環的時間と不老の構造
5	複素平面における因果律	物質的因果と霊的因果の統合
6	虚時間から実時間へ	創造の現場、七つの誕生
7	複数の時間の矢	マルチバースと永劫回帰の数理
8	排他原理と個別性	個別性の物理的根拠
9	シンクロニシティと量子もつれ	全体性の物理的根拠
10	量子もつれとワームホール	ER = EPR、結びの幾何学
11	重力・反重力複合運動方程式	虚軸方向への運動可能性
12	創造主の運動方程式	$G\bar{G}G$ の三位一体構造

これらは独立した主題に見えるが、すべてが同じ枠組み —— 複素数 $Z = a + bi$ という二項統合構造 —— の異なる側面である。

13.2 二つの根本命題の統合

本書の哲学的核心は、二つの相補的命題の統合にある。

個別性の命題(第8章):

排他原理 → 個物が個物として存在する根拠 → 多様性の必然性

全体性の命題(第9章・第10章):

量子もつれ → 全ては根源で結ばれている → 一体性の根源

これら二つは対立ではなく相補である。宇宙は個別であり、同時に全体である。各存在は固有でありながら、深層で全てと結ばれている。

パウリ自身が生涯にわたって体現したこの二重原理 —— 前半生での排他原理の発見と、後半生でのユングとの「ウヌス・ムンドゥス」の探求 —— が、本書の通奏低音である。

13.3 時間の三層構造

本書が示した時間の三層構造を整理する:

層	性質	文化的・宗教的対応
実時間 t	直線的、不可逆、エントロピー増大	クロノス、歴史、老化
虚時間 τ	円環的、保存的、目的論的	カイロス、永遠、儀礼
複素時間 $t_c = t + i\tau$	両者の統合	「今ここ」、現在の實在

我々の存在は、複素時間の中にある。実時間に流されながら、虚時間円環に常に接続している。祈り・瞑想・儀礼は、虚時間軸との接続を意識化する技術である。これが本書の枠組みでの最も実践的な含意かもしれない。

13.4 現代物理学と東洋的智慧の合流

本書を通じて繰り返し見出されたのは、現代物理学の最先端と古代東洋的・神道的世界観の構造的並行性である：

現代物理学	古代の智慧
量子もつれ・ER=EPR	むすひ、縁起、インドラの網
虚時間円環	常世、涅槃、オラム・ハ・バ
無境界仮説	無始無明、天地開闢
マルチバース	三千大千世界、八百万の世界
ホイーラーの参加型宇宙	ヴェーダの「意欲が時間を起動する」
創造主の自己原因	惟神、自然、Self
排他原理	個性化、各魂の固有性

これは偶然の類似ではなく、宇宙の構造に関する人類の認識が、異なる経路から同じ岸辺に辿り着いていることの証左かもしれない。

13.5 文明史への含意

本書の枠組みで文明史を読めば、藤原直哉氏が長年論じてこられた洞察が、新たな光のもとに現れる。

物質文明から霊性文明への転換とは：

- ・ 振幅 r の競争から位相 θ の競争への重心移動(第1章)
- ・ 実時間的(クロノス)から虚時間的(カイロス)時間観への転換(第4章)
- ・ 個別性の偏重から、個別性と全体性の二重性の認識へ(第8～10章)
- ・ 物質的因果のみから、霊的因果(位相因果)も含む完全因果へ(第5章)
- ・ 単一歴史の盲信から、複数可能性の認識へ(第7章)

これらすべてが、複素数という単一の数学的形式の異なる側面として表現される——これが本書が到達した最終的な統合像である。

「経世自治、民の時代、霊性文明への転換」というテーマは、本書の枠組みでは：

文明全体の位相 $\Theta(t)$ が、 $\theta = 0$ (純粹物質主義)から $\theta = \pi/4$ (物心調和)へ大きく回転する時期として、数学的にも美しく表現される。物量 r では既存の物質文明が圧倒していても、位相が回転すれば、その物量はやがて方向を失って崩れ始める——これが第1章で述べた、本書を貫く視点であった。

13.6 最後に

核心. 本書は思考実験である。複素数の数学的形式に物理的・哲学的・神学的解釈を与えることで、世界の構造を多層的に把握しようとする試みである。各命題は厳密な意味で証明されたものではなく、構造的並行性に基づく洞察の集成である。神学的批判、物理学的留保、哲学的疑問は当然ある。

しかし現代物理学が無意識のうちに発見しつつある世界像が、東洋的・神道的時空観と深く共鳴していることは、もはや偶然として退けることはできない。20世紀以降の物理学(量子力学、相対論、量子重力)が示してきた世界像は、近代的・物質主義的世界観よりも、古代から伝えられてきた「天の理」「自然」「結び」「縁」といった概念に近づいている。

これは人類の世界観の根本的転換期にある証拠である。文明史の転換点とは、振幅の競争から位相の競争へ重心が移る時期である——本書を通じて繰り返し述べてきたこの命題は、まさに今我々が生きている時代の本質を表現している。

本書の十三章を通じて、複素数という一つの式が、物質と霊性、現世と幽世、個と全体、実時間と虚時間、被造物と創造主——一見対立して見える世界のあらゆる二項を、同じ平面上の二つの軸として一望できることを見てきた。

各人の生もまた、 $Z(t) = r(t)e^{i\theta(t)}$ という一つの動きである。 r が振幅(物量・力・健康)、 θ が位相(向き・意味・徳)。 r を増やすことばかりに人生を費やすか、 θ を整えることに目を向けるか——この選択が、各人にとっても、各共同体にとっても、文明全体にとっても、いま問われている。

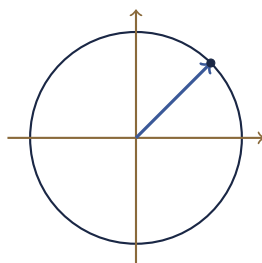
位相を整える ——
これが、本書を一文に縮めた時に残る言葉である。

本書をここまで読み通された読者には、深く感謝申し上げます。複素数で世界をひらく試みは、ここで一旦の区切りを得るが、本来は読者自身の中で続く対話である。藤原直哉氏のワールドレポート、藤原塾、学びのカフェ——これらの場で、本書の枠組みが具体的な世相・経済・霊性の読み解きとして展開されていくことを願う。

2026年4月
藤原直哉ワールドレポート
株式会社あえるば

本書了

『複素数で世界をひらく』
全V部十三章



$$Z = a + bi$$

補 遺

G_2 と生命・余命・永遠

—— 統合製本への追補 ——

補章 A 虚数1つの場合と7つの場合
—— 複素数から八元数へ、そして G_2

補章 B 生命・余命・永遠の幾何学

補章 結び

複素数で世界をひらく —— 追補

虚数1つの場合と7つの場合 (G_2) / 生命・余命・永遠の幾何学

——『複素数による現実世界と霊的世界の統合表現』への追補

本追補は、統合表現の中心式 $Z = a + bi$ を二つの方向へ延長する。第一に、虚数を「1つ」から「7つ」へ増やしたとき何が起こるか——複素数からオクトニオン（八元数）へ、そして例外型対称性 G_2 へ——を見る。第二に、この枠組みのうえで「生命・余命・永遠」を一枚の幾何学として描く。いずれも、**数学が与える客観的な構造と、それに重ねる霊的な解釈とを、はっきり分けて述べる。**

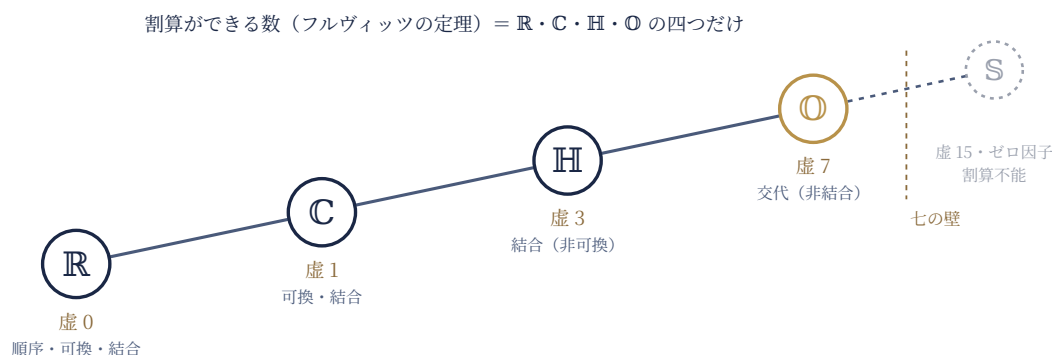
補章A 虚数1つの場合と7つの場合 —— 複素数から八元数へ、そして G_2

A.1 一つの虚数 —— 複素数 $\mathbb{C}$ と「一つの祈りの円」

統合表現では、存在を $Z = a + bi$ と書いた。虚数は i ただ一つで、 $i^2 = -1$ 。 $e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$ は「祈り＝回転」を表し、回転の全体は単位円 $U(1)$ をなす。複素数の構造を保つ対称性（自己同型）は、恒等と共役 $\bar{Z} = a - bi$ の二つだけ——群としては $\mathbb{Z}_2$ 、いわば「顕（うつし）と幽（かくり）の反転」一枚きりである。一つの虚数の世界は可換かつ結合的で、見通しがよい。祈りの「向き」は、ただ一つの角 θ で尽きる。

A.2 虚数は増やせる、しかし代償がある（フルヴィッツの定理）

虚数は一つに限らない。実数体の上で「足し算・掛け算・割り算ができ、大きさ（ノルム）が積で保たれる数」＝正規化可能多元体は、**フルヴィッツの定理**により $\mathbb{R} \cdot \mathbb{C} \cdot \mathbb{H} \cdot \mathbb{O}$ の四つだけ。次元は 1, 2, 4, 8、虚部はそれぞれ 0, 1, 3, 7 である。増やすたびに性質を一つ失う—— $\mathbb{C}$ で順序を、 $\mathbb{H}$ （四元数）で可換性を、 $\mathbb{O}$ （八元数）で結合性を。そして次の十六元数 $\mathbb{S}$ ではゼロ因子（掛けて 0 になる相手）が現れ、割り算そのものが壊れる。

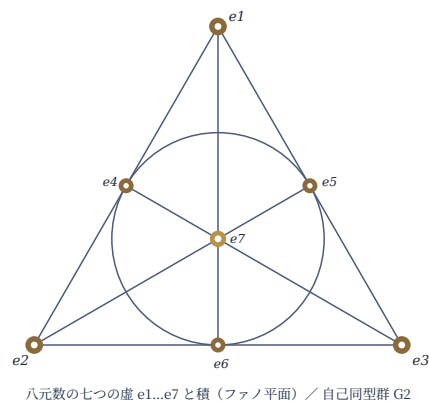


図A1 ―― 割り算のできる数は $\mathbb{R}, \mathbb{C}, \mathbb{H}, \mathbb{O}$ の四つだけ。虚部は 0, 1, 3, 7 と増え、十六元数で「壁」に当たる。

核心 割り算のできる数は四つだけ。虚部が「7つ」の八元数 $\mathbb{O}$ が、その天井——数がなお割れる（＝分かちうる）最大の虚——である。

A.3 七つの虚数 ―― 八元数 $\mathbb{O}$ とファノ平面

八元数は 1 と七つの虚 $e_1, \dots, e_7$ から成る。積の規則は、七つの点と七本の線をもつ「ファノ平面」に符号づけられる。どの二つの虚を掛けても第三の虚が生まれ、 $e_i e_j = -e_j e_i$ （非可換）、 $(e_i e_j) e_k \neq e_i (e_j e_k)$ （非結合）。ただし弱い結合則（交代律）は残り、割り算は保たれている。



図A2 ―― 八元数の七つの虚 $e_1 \dots e_7$ と積の規則（ファノ平面）。七点・七線、どの二点もただ一本の線で結ばれる。

A.4 G_2 ―― 七を束ねる「守りの対称性」

一つの虚（ $\mathbb{C}$ ）の対称性が $\mathbb{Z}_2$ （反転一枚）だったのに対し、七つの虚（ $\mathbb{O}$ ）の積を保つ対称性は、**例外型リー群 G_2 （14次元）**である。単位虚八元数は6次元球面 S^6 をなし、 G_2 はその上に推移的に作用する。二つの虚方向から第三を生む七次元の外積 $x \times y$ （ x, y に直交）は G_2 で不変であり、いわば「産霊（むすび）の作法」が、七つをどう回しても決して崩れない――その守りの形が G_2 なのである。

	虚数1つ = $\mathbb{C}$	虚数7つ = $\mathbb{O}$
積	可換・結合	非可換・非結合（交代）
虚の方向	円 $U(1)$ （一つの角）	6次元球面 S^6 （七方向）
対称性	$\mathbb{Z}_2$ （反転）	G_2 （14次元・例外型）
霊的な読み	一つの祈りの円	神世七代・産霊

A.5 霊的な読み（解釈）

一つの虚は、統合表現の基本——現界と一つの霊的次元、そして一つの祈りの円である。七つの虚は、霊的世界の満ちた構造（神世七代、造化三神、産霊）に重なる。 G_2 は、七つの霊的方向をどう巡らせても保たれる「守りの対称性」と読める。そして「七の天井」は、数がなお神を分かちうる最大の虚——その先（十六）では、結びの糸が切れる。

数学と解釈について フルヴィッツの定理・ファノ平面・ G_2 は数学が与える客観的な構造であり、神世七代や産霊との対応づけは本書が重ねる解釈である。数は構造と「七」という限界を与え、そこに神を見るのは読む者の働きによる。

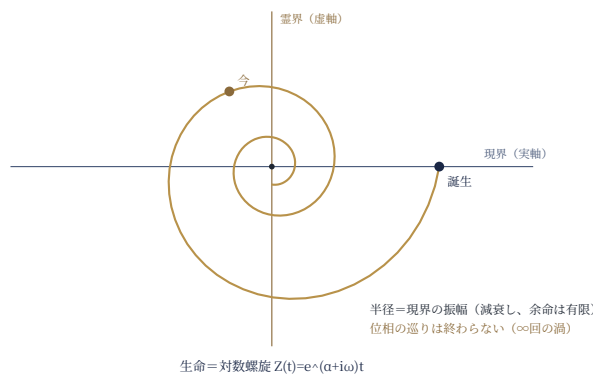
補章B 生命・余命・永遠の幾何学

B.1 生命 —— 現霊界を走る軌跡（対数螺旋）

存在 Z は一点ではなく、時とともに動く。生命とは、複素平面上の軌跡 $Z(t) = a(t) + b(t)i$ である。第5章の対数螺旋を用いれば、生命は

$$Z(t) = e^{(\alpha+i\omega)t} = e^{\alpha t} \cdot e^{i\omega t}$$

と書ける。 $e^{i\omega t}$ は止まらぬ回転（呼吸・季節・祈りの巡り）、 $e^{\alpha t}$ は現界の振幅（盛衰）である。一生の「長さ」は経過時間ではなく軌跡の弧長であり、虚軸（霊）へ高く伸びた生は、実軸に平たい生より「長い」。



図B1 —— 生命＝対数螺旋 $Z(t) = e^{(\alpha+i\omega)t}$ 。半径（現界の振幅）は減衰して余命は有限だが、位相の巡りは終わらない。

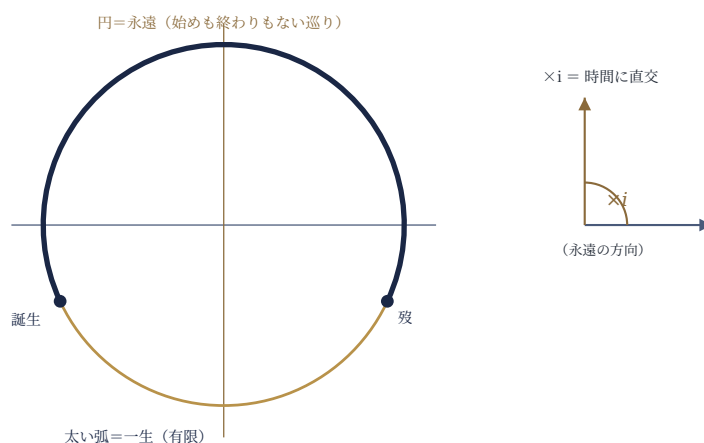
B.2 余命 —— 現界（実軸）の有限性

肉体の生＝現界の振幅には地平がある。減衰 $e^{\alpha t}$ ($\alpha < 0$)、あるいは有限区間 $[0, T]$ として、現界成分はいつか尽きる。余命とは、この実軸（現界）の上に残された分 $T - t$ にすぎない。肝心なのは、有限なのは実軸だけだということだ。対数螺旋は中心へ無限に巻きながら、決し

て中心へ「到達」しない——現界の振幅は 0 へ向かうのに、位相の巡りそのものは終わらない。

B.3 永遠・その一 ― 時間に直交する円

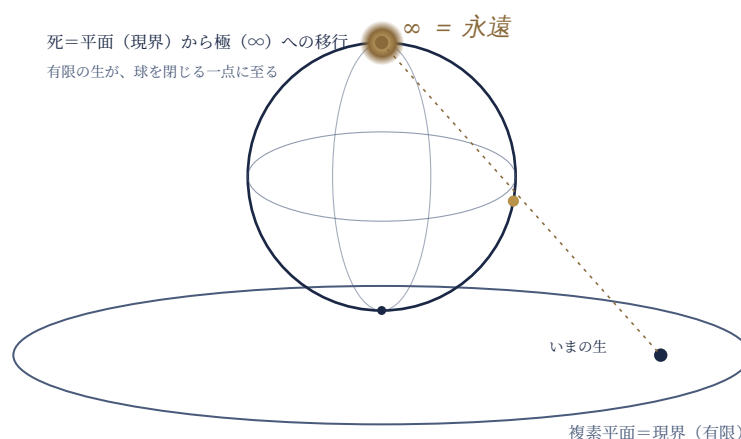
永遠とは、実時間が無限に延びること ($a \rightarrow \infty$) ではない。それは不可能である。永遠は、可死の時間に直交する方向にある。 $\times i$ は 90° の回転——時間軸の外への一歩であり、 $e^{i\theta}$ は単位円を始めも終わりもなく巡る（回帰）。一生はこの円の一本の弧にすぎないが、円そのもの（産霊・祈りの巡り）には端がない。



図B2 ― 円=永遠（始めも終わりもない巡り）。太い弧=一生（有限）。 $\times i$ は時間に直交する「永遠の方向」。

B.4 永遠・その二 ― 無限遠点とリーマン球面

もう一つの像がある。複素平面に一点 ∞ を加えて閉じると、平面は球面になる（リーマン球面 $\mathbb{C} \cup \{\infty\}$ ）。有限の平面が現界、北極 ∞ が永遠である。実時間が尽きるとき、軌跡は消えるのではなく極へ運ばれる——死とは、平面（現界）から、球を閉じる一点（ ∞ ）への移行である。球の上では、近づけぬはずの「果て」が、ありふれた一点として、終わりと永遠を一つに結ぶ。



図B3 ― リーマン球面。有限の複素平面（現界）に無限遠点 ∞ （永遠）を加えて球が閉じる。死は平面から極への移行として描かれる。

B.5 λ （産霊）で永遠へ ― 実軸を延ばすのではなく、虚軸へ預ける

有限の生は、実軸を延ばすことはできない。けれど、現界と霊界を結ぶ結合定数 λ （産霊）を通じて、位相のそろった（コヒーレントな）生は、その分を時ならぬ虚軸・位相の構造へ「預ける」ことができる。永遠は、実軸を延ばして入るのではなく、虚軸（霊界）から入る。 λ を高め、位相をそろえること――それが、有限の生を永遠へ接ぐ作法である。

さらに虚を七つに広げれば（補章A）、永遠は一つの方角ではなく、七つの「時ならぬ方角」（ S^6 ）をもち、それらを保つ核が G_2 である。有限の生は、この G_2 不変の核に位相を合わせることで、七重の永遠へ与（あずか）る。

数学と解釈について 対数螺旋・単位円・リーマン球面は数学の対象であり、それを生命・余命・永遠に重ねるのは本書の解釈である。これらの幾何は、有限の生と時ならぬものとの関係を「考える形」にするための像であって、霊魂についての定理ではない。

補章 結び

$Z = a + bi$ は、虚を一つから七つへ広げれば G_2 という守りの対称性に至り、時間のなかに置けば、有限の余命と時ならぬ永遠とを一枚の幾何に収める。現界（実軸）は有限、霊界（虚軸）は時に直交して終わらない――その代わりに、生命は走る。