NDU 講義 数式まとめ 統合版 2026-05-05+06

全体マップ(数式の系譜・5/6 後半分)

NDU 講義 数式まとめ 統合版 — 2026-05-05 + 2026-05-06

3 つのスクショ群(全 176 枚)から数式・定理を抽出した統合要約。 範囲:NDU 講義 §2.0(p.12) 〜 付録 T.8(p.253)— 全 86 式

章	出典フォルダ	範囲	式数
Part 1	`5:5/`(32 枚)	§2.0〜§6.5(p.12-72)	21
Part 2	`5:6 1/`(32 枚)	§6.5〜§10.9(p.75-121)	18
Part 3	`5:6 2/`(112 枚)	§10.10〜付録 T(p.124-253)	47

※ 単発要約(canonical 取り込みなし)

📕 Part 1 — §2.0〜§6.5(2026-05-05)

---

§2 認知ホメオスタシスと TCZ の定義

(1) §2.0 可能世界の全集合(p.12)

$$W = W_{\text{current}} \cup W_{\text{future}}$$

- W = 認知が展開する可能世界の全集合
- 現在の状態の集合 ∪ 将来起こりうる状態の集合

(2) §2.0.2 TCZ の論理的定義(p.14)

$$\mathrm{TCZ} = \{\, w \mid \forall y \, \exists x \; r_{\mathrm{TCZ}}(x, y) \,\}, \quad x, y \in W$$

- r_TCZ = TCZ 内での安定化関係
- どんな状況 y にも安定地点 x へ戻る応答が必ず存在する世界の集まり

(3) §2.2 TCZ の状態空間定義(p.20)

$$\mathrm{TCZ}(x_0) = \bigcup_{t \geq 0} \{\, x(t) \in \mathcal{R}(t; x_0) \mid V_0(x, t) \leq \theta \,\}$$

- x_0 = 初期認知状態
- $\mathcal{R}(t; x_0)$ = 時刻 t に x_0 から到達可能な状態集合
- $V_0(x, t)$ = 純粋な評価関数(不快・不安定性のコスト)
- θ = 安定性閾値

(4) §2.3 Ego の最適制御方策(p.23)

$$\pi_c(x) = \arg\min_{u(t)} \int_0^T V_0(x(t), t)\, dt$$

- u(t) = 制御入力(時刻 t における選択)
- T = 時間ホライズン
- Ego = 累積コスト最小化の計算装置(意識せずとも「楽な道」を選ぶ)

(5) §2.5 苫米地定理1 — 可能世界・自我・TCZ 統一(p.27)

$$\pi_c(x) = \arg\min_{u(t)} \int_0^T V\, dt \quad \Rightarrow \quad x^*(t) \to \mathrm{TCZ}(x_0)$$

- Self(意味的構造)+ Ego(制御プロセス)+ TCZ(安定システム)= 同一プロセスの三記述

---

§3 三定理(個体・複数・抽象)

(6) §3.1 定理1 形式的言明(p.31)

$$\text{最適軌道 } x^*(t) \text{ は } \mathrm{TCZ}(x_0) := \{\, z : V_0(z,t) \le \theta \,\} \text{ に指数収束する}$$

形式:x*(t) → TCZ(x_0)(t → ∞) 帰結:自己変革 = TCZ そのものの再設計

(7) §3.1 定理1 収束結論(p.34)

$$x^*(t) \to \mathrm{TCZ}(x_0)$$

行動を変えても、元の TCZ が変わらなければ必ずそこへ戻る。

(8) §3.2 起業未来の例(p.36)

$$V_0(\text{起業未来}, t) > \theta$$

「起業未来」が現在の TCZ の外にある(評価コストが閾値より高い)状態。意志で「起業しよう」と決意しても、Ego は不安定領域への移動を回避するため元の TCZ に戻ってしまう。

(9) §3.3 定理2 制御方策(Shared-Alignment, p.40)

$$\pi_i = \arg\min_{u_i(t)} \int_0^T \left(V_i(x_i, t) + \sum_j \gamma_{ij}\, S_{ij}(x_i, x_j) \right) dt$$

- V_i = 主体 i の個別評価関数
- S_{ij} = 主体 i と j の不整合度
- $\gamma_{ij} > 0$ = i と j の社会的結合強度(家族・親しい同僚は大、知らない人はほぼゼロ)

(10) §3.3 定理2 収束結論(p.42)

$$x^*(t) \to \mathrm{TCZ}^{\mathrm{shared}}$$

$\gamma_{ij} > 0$ のもとで集団は必ず共有 TCZ に収束する。家族・チーム・組織が時間とともに「文化」「暗黙のルール」「共通言語」を形成していくプロセスの数学的表現。

(11) §3.4 定理3 制御方策(Higher-Purpose, p.46)

$$\pi_i = \arg\min \int_0^T \left(V_i + \sum_j \gamma_{ij} S_{ij} + \eta_i A(x_i) \right) dt$$

- $A(x_i)$ = 抽象度ポテンシャル
- $\eta_i > 0$ = 抽象度への重み
- 「抽象度への引力」を追加 → 認知をより高次に統合しようとする傾向

(12) §3.4 定理3 収束結論(p.48)

$$x^*(t) \to \mathrm{LUB}(W_1, \ldots, W_n)$$

- LUB = Least Upper Bound(最小上界)
- 定理2:全員に共通する部分(交差)に収束
- 定理3:全員を包含する高次の統一点(LUB)に収束 → 妥協 vs 共創

---

§4 共有 TCZ の二様式

(13) §4.1 低次共有 TCZ(交差型, p.51)

$$\mathrm{TCZ}^{\mathrm{lowshared}} = \bigcap_i \mathrm{TCZ}_i$$

- 全主体の個別 TCZ をすべて重ね合わせて共通する部分を取り出す
- 対象が増えるほど ∩ は縮小
- 本質 = 妥協

(14) §4.1 高次共有 TCZ(LUB 型, p.53)

$$\mathrm{TCZ}^{\mathrm{highshared}} = \mathrm{LUB}(W_1, \ldots, W_n)$$

- 全立場を包含する最も小さい高次の統合点
- 多様性とともに豊かになり小さくならない
- 「共通の敵による同盟(交差)」と「共有の志による同盟(LUB)」の差異

(15) §4.2 利他性の式(p.55)

$$\mathrm{TCZ}^{\mathrm{shared}} \subseteq \mathrm{LUB}(W_1, \ldots, W_n)$$

本物の利他性とは:自分を捨てて他者に合わせせることではなく、自分も他者も含むより高次の領域へ共に上昇すること。仏教の慈悲、キリスト教のアガペー、儒教の仁の数理化。

(16) §4.3 抽象階層の頂点(p.57)

$$\mathrm{top}(\mathrm{lattice}) = \text{空}\ (\text{Śunyatā})$$

- lattice = 認知の階層構造(束)
- 抽象度の上昇 = 情報量の減少
- 真の英知 = 高い抽象で考えること

(17) §4.4 双対原理 — 下降と上昇(p.59)

一つの認知構造に二つの方向性。

下降原理(Descent Principle) - 物理:エネルギー減少 - 苫米地理論:評価関数 V の減少 - 自由エネルギー原理:自由エネルギー減少

上昇原理(Ascent Principle) - 抽象度の上昇 = 情報量・エントロピー減少 - 頂点:空(Śūnyatā)= 最大包含

---

§5 臨場感ポテンシャル(中心式の準備)

(18) §5.2 臨場感ポテンシャル(p.62)

$$P(x,t) : X \times \mathbb{R} \to [0,\infty)$$

- X × ℝ = 認知状態空間 × 時間
- 値域:非負の実数
- P 高 = ある未来が「もう一つの現実」のように感じられる
- P 低 = 「いつか実現するかもしれない夢」のように感じられる
- 同じ未来でも人・時・状況で異なる

(19) §5.3 価値符号(p.64)

$$Q(x,t) \in [-1,+1]$$

- +1 = 強い接近価値
- −1 = 強い回避価値
- 0 = 中立
- 臨場感 P は方向中立 → Q が方向を決める

(20) §5.3 接近/回避 合成指標(p.66)

$$P(x,t) \cdot Q(x,t)$$

- P 高 × Q > 0 → 強く引き寄せる
- P 高 × Q < 0 → 強く遠ざける
- P 低 → 方向にかかわらず弱い影響
- 臨場感だけでも価値符号だけでも主体の動きは決定できない。両者の積が決める。

---

§6 中心式 — 臨場感加重実効ポテンシャル

(21) §6 中心式(p.69 ★本論文の中心式)

$$\boxed{\tilde{V}(x,t) = V_0(x,t) - \kappa \cdot P(x,t) \cdot Q(x,t)}$$

記号	意味
$\tilde{V}(x, t)$	臨場感加重実効ポテンシャル(Ego が実際に感じるコスト)
$V_0(x, t)$	純粋な評価関数(不快コスト)
P(x, t)	臨場感ポテンシャル
Q(x, t)	価値符号(接近 +1 〜 回避 −1)
$\kappa > 0$	臨場感の重みパラメータ

含意:V_0 は不快コスト、P·Q はリアルな魅力/斥力。$\tilde{V}$はその差し引き勘定。臨場感ある接近価値があれば $\tilde{V}$は急激に下がり、Ego は自然にそこへ向かう。

---

§6.5 境界効果 — 最大レバレッジの原理(p.71-72)

物理アナロジー — Einstein 1901 毛細管現象

- 液体内部:分子間力は対称的に打ち消し合う
- 境界(液体と気体の界面):非対称性が現れる
- 巨視的な表面張力 = 「境界の非対称性」の可視化

認知系における同一構造

- TCZ_P 内部での介入は「対称的に打ち消され」効果薄い
- 境界 ∂TCZ_P でこそ介入の感度が最大
- 境界における小さな構造的差異が、大きな観測効果を生む

NDU 講義図 p.72:Einstein 1901 と苫米地 同一原理

軸	Einstein(物理)	Tomabechi(認知)
累積方式	Spatial Accumulation(空間的累積)	Temporal Accumulation(時間的累積)
平衡系	Stable Equilibrium	Total Comfort Zone(TCZ)
帰結	表面張力	TCZ 形成

- コーチング:「一回の決断」より「日々の小さな思考の累積」がクライアントを TCZ へ
- リーダーシップ:「強いビジョン演説1回」より「日常的に繰り返される一貫した発言」が組織の Shared TCZ を作る

全体マップ(数式の系譜)

```
W = W_current ∪ W_future                                          … 可能世界
   ↓ 順序づけ r_TCZ
TCZ = { w | ∀y∃x r_TCZ(x,y) }                                     … TCZ 論理的定義
   ↓ 状態空間化
TCZ(x₀) = ∪ { x | V₀ ≤ θ }
   ↓ 制御理論化(Ego)
πc = arg min ∫ V₀ dt   ⇒   x*(t) → TCZ(x₀)                       … 定理1
   ↓ 多主体拡張(+ Σ γ S)
πᵢ = arg min ∫ (Vᵢ + ΣγS) dt   ⇒   x*(t) → TCZ^shared           … 定理2
   ↓ 抽象度引力(+ η A)
πᵢ = arg min ∫ (Vᵢ + ΣγS + ηA) dt  ⇒  x*(t) → LUB                 … 定理3
   ↓ 共有 TCZ の二相
∩ TCZᵢ(交差・妥協)  ⊆  LUB(W₁..Wₙ)(統合・利他)
   ↓ 頂点
top(lattice) = 空(Śūnyatā)
   ↓ 臨場感導入(P, Q)
Ṽ = V₀ − κ P Q                                                    … ★中心式
   ↓ 境界の非対称性
∂TCZ_P で介入感度最大                                              … 最大レバレッジ
```

📗 Part 2 — §6.5〜§10.9(2026-05-06 前半)

---

§6.5 境界の定義と境界制御

(1) §6.5 境界の集合定義(p.75)

$$\partial \mathrm{TCZ\_P}(x_0) = \bigcup_{t \ge 0} \{\, x(t) \mid \tilde{V}(x,t) = \theta \,\}$$

- ∂ = 境界(boundary)を意味する記号
- $\tilde{V} = \theta$ となる軌道集合 — 安定/不安定の臨界面
- TCZ の中心に深く入り込む必要はなく「境界に触れる」だけで十分

(2) §6.5 最小介入による境界制御(p.77)

$$u^*(t) = \arg\min_{u(t)} \mathbb{E} \int_0^T \Big[\, |\tilde{V}(x,t) - \theta|^2 + \lambda\, C(u(t)) \Big] dt$$

- $|\tilde{V} - \theta|^2$ = 境界からのズレの二乗
- $C(u(t))$ = 介入コスト(介入の労力・侵襲性)
- $\lambda > 0$ = 介入コストの重み
- 内部からも外部からも軌道を $\tilde{V} = \theta$ へ引き寄せる(境界対称性)

---

§6.6 マルチメッセージアンサンブル

(3) §6.6 ガウス型受容関数(p.79)

$$A_G(m \mid x_t) = \exp\left(-\frac{d(\varphi(m), \mathrm{TCZ\_P}(x_t))^2}{\sigma^2}\right)$$

- ϕ(m) = メッセージ m の意味埋め込み
- d(·, TCZ_P) = 現在の TCZ_P からの意味距離
- σ = 受容帯域の幅
- A_G = 受容「確率」ではなく **受容スコア**(0〜1 のソフト判定)

(4) §6.6.1 受容関数の二層構造(p.81)

$$A_{\text{eff}}(m \mid x_t) = A_G(m \mid x_t) \cdot \Gamma(m \mid x_t)$$

- 第1層 A_G(ガウス型近接スコア)= 距離(意味的近さ)
- 第2層 Γ(シグモイド型境界ゲート)= 方向(境界遭遇の判定)
- A_eff = 実効受容度(距離 × 境界判定)
- Γ = 1/(1 + exp(β(θ − θ'))) 形式

---

§6.7 アンサンブル最適化 — LUB 誘導の数理

(5) §6.7 中核最適化問題(p.83)

$$\max_{M_t} \left[\sum_k A_G(m_k \mid x_t) + \alpha \cdot \mathrm{Lift}(M_t) - \beta \cdot \mathrm{Frag}(M_t) - \delta \cdot \mathrm{Ethic}(M_t) \right]$$

- M_t = メッセージ集合 {m_1, ⋯, m_K}
- Σ A_G = 各メッセージのガウス型個別受容性
- Lift(M_t) = アンサンブル LUB の高次性
- Frag(M_t) = メッセージ間不整合ペナルティ
- Ethic(M_t) = 倫理制約(自律性・尊厳保護)
- α, β, δ > 0 = 重み係数

含意:個々は内側(TCZ_P 内)、合成は境界の外 — 整合的アンサンブルが境界を越える。

---

§6.8 TCZ 外の不可視性(p.85・概念整理)

- 現在の TCZ_P から遠い x′ では P(x′, t) ≈ 0(臨場感ゼロ)
- 「思いつくゴール」はすでに TCZ_P 内側にあるものに限られる
- 整合的アンサンブルの LUB は単独メッセージで届かない高次領域を描く
- **ゴールを与えるのではなく「ゴールが見える範囲を広げる」**

---

§6.9 臨場感の数理が提供する5定理(p.86)

#	定理	形式
①	境界の存在	∂TCZ_P は定義から必ず存在する
②	不可視性	d(x′, TCZ_P) 大 ⇒ P(x′) ≈ 0
③	アンサンブル必要性	単一は指数関数的に拒絶 ⇒ 複数協調が必要
④	境界制御の最適性	
⑤	未観察ケース予測	AI 支援コーチング・組織横断変革にも予測力

→ 経験則ではなく数学的必然・観察外領域への能動的探索が可能となる。

---

§7 臨場感加重 TCZ_P の再定義

(6) §7 臨場感加重 TCZ_P(p.89)

$$\mathrm{TCZ\_P}(x_0) = \bigcup_{t\geq 0}\{\, x(t) \mid \tilde{V}(x,t) \leq \theta \,\}$$

- 元の TCZ:$V_0 \leq \theta$ (不快が閾値以下)
- TCZ_P:$\tilde{V} \leq \theta$ (安定でかつリアルに感じられる世界)
- 形式は §2.2 と同じだが、評価関数 V_0 が **臨場感加重 $\tilde{V}$**に置き換わっている

---

§8 第4定理 — 臨場感加重変革定理(★中核定理)

(7) §8 定理4 形式的言明(p.91)

$$\tilde{V}(x,t) = V_0(x,t) - \kappa\, P(x,t)\, Q(x,t)$$

$$\pi_c(x) := \arg\min_u \int_0^T \tilde{V}(x(t),t)\, dt \quad\Rightarrow\quad x^*(t) \to \mathrm{TCZ\_P}(x_0) := \{\, z : \tilde{V}(z,t) \leq \theta\_P \,\}$$

帰結:人は不快を避けるだけでなく、リアルに感じられる安定世界へ向かう。

(8) §8 定理4 の制御方策(p.93)

$$\pi_c(x) = \arg\min_{u(t)} \int_0^T \tilde{V}(x(t),t)\, dt$$

- 形式は定理1と同じだが、V_0 が $\tilde{V}$に置き換わっている
- 不快を避けつつリアルに感じられる接近価値の状態に引き寄せられる

(9) §8 定理4 の収束結論(p.95)

$$x^*(t) \to \mathrm{TCZ\_P}(x_0) \quad (t \to \infty)$$

- 定理1:「人は安定領域へ収束」

- 定理4:「人は安定でかつリアルに感じられる領域へ収束」
- 説得は意識領域だが Ego は無意識の TCZ_P に従う

---

§9 中核命題 — 自己変革の必要条件

(10) §9 第一条件 — リアルさの逆転(p.97)

$$P(g,t) > P(x_{\text{current}},t)$$

- g = 望ましい未来(goal)
- x_current = 現在の自己像
- 望ましい未来の臨場感が現状より高いこと
- 未来の P を上げる介入と、現状の P を下げる介入を同時に行う必要

(11) §9 第二条件 — 受容可能性(p.99)

$$g \in \text{TCZ\_P}(x_0)$$

- 望ましい未来 g が新しい TCZ_P の内部にあること
- リアルになった未来が新しい TCZ_P に収まっていなければ、Ego は受け入れない

(12) §9.1 Efficacy 含む完全条件(p.101)

$$P(g,t)\cdot Q_{+}(g,t)\cdot E(g,t\mid x_t)\ >\ P(\text{現在})\cdot Q_{+}(\text{現在})\cdot E(\text{現在});\quad \tilde{V}_E(g,t\mid x_t)\le \theta\_E$$

- リアル(P 高)+ 望まし(Q+ 高)+ 自分にはできる(E 高)= 第三条件
- 三要素の積 = 自己変革の駆動力
- どれか一つでも欠けると Ego は望ましい未来へ動かない
- V˜_E ≤ θ_E = Efficacy 加重 TCZ への入域条件

---

§10.1 バランスホイールの必要性(p.104・概念整理)

- 人生は単一ゴールでは安定しない
- 一領域だけ極端に安定化 → 他領域の未充足や不整合が残る
- ゴール設定 = 多領域にわたる心理的バランス構造の設計
- **★ バランスとは「時間配分」を意味しない**
- 扱うのは時計上の時間ではなく各領域ゴールの臨場感・心理的存在感
- バランスホイール = 円グラフではなく **臨場感加重ゴール構造**

---

§10.2 バランスホイール 10 領域(p.105)

$$\mathcal{D}=\{\,D_1,D_2,\ldots,D_{10}\,\}$$

#	領域	内容
D_1	職業	キャリア・専門性

#	領域	内容
D_2	家族	パートナー・子・親・家族関係
D_3	生涯学習	知識・技能・成長
D_4	趣味	創造的活動・娯楽
D_5	社会貢献	コミュニティ・公益・遺産
D_6	ファイナンス	経済的自由・資産形成
D_7	健康	身体・精神・睡眠・栄養
D_8	抽象度	思考の階層・概念操作
D_9	リーダーシップ	影響力・組織化
D_{10}	エソテリシティ	内的探究・霊性・形而上

各 D_k にゴール g_k ∈ X_k を設定 — 全 10 領域同時に。

---

§10.3 各領域の臨場感加重実効ポテンシャル

(13) §10.3 領域別 V˜k(p.106)

$$\tilde{V}_k(x_k, t) = V_{0,k}(x_k, t) - \kappa_k\, P_k(x_k, t)\, Q_k(x_k, t)$$

- 定理4 の V˜を 10 領域に分解したもの
- V_{0,k} = 領域 D_k における不安定性・不快・内部不整合
- P_k ≥ 0 = 領域 D_k における臨場感ポテンシャル
- Q_k ∈ [−1, +1] = 接近・回避の価値符号
- κ_k > 0 = 領域ごとの臨場感重み
- 各領域の臨場感加重 TCZ:TCZ_{P,k} = { x_k | V˜k ≤ θ_k }

構造解説(p.108):

```
Ṽ_k(x_k, t) = V_{0,k}(x_k, t)  −  κ_k · P_k(x_k, t) · Q_k(x_k, t)
              ───────────────     ─────────────────────────────
              不快度(残業/評価/      リアル × 望ましさ(引き算)
              人間関係/疲労/痛み等)

⇒ Ṽ_k = 「不快度 − ご褒美」の引き算
```

直感:「リアルなご褒美が見えると、その領域の重さが軽くなる」

---

§10.4 心理的バランススペクトル(★最重要式)

(14) §10.4 Efficacy 加重版(p.109)

$$b_k^E(t) = \frac{s_k^E(t) + \varepsilon}{\sum_\ell (s_\ell^E(t) + \varepsilon)}, \quad s_k^E = A_{\{P,k\}} \cdot P_k \cdot Q_k^+ \cdot E_k$$

記号	意味
b_k^E(t)	領域 D_k の Efficacy 加重心理的重み
s_k^E(t)	領域別ゴール顕現度(4条件統合)

記号	意味
Σ (s_ℓ^E + ε)	全 10 領域の顕現度合計(正規化因子)
A_{P,k}	受容可能性(現在の TCZ_P,k からの距離)
P_k · Q_k^+	臨場感 × 望ましさ
E_k	Efficacy(達成可能性)— 4条件目
ε > 0	微少定数(数学的安定性)

構造解説(p.111):s_k^E は「領域 D_k のゴール顕現度」= 4 つの数の積 - A_{P,k} = ゴールが現在の自分から「届く距離」(0〜1) - P_k = ゴールがリアルに感じられるか(0〜1) - Q_k^+ = ゴールが望ましいか — 望まない度合は 0 以上 - E_k = 自分にできると感じるか(0〜1) — **Efficacy**

→ 4 つを掛け算するので、どれか一つでも 0 に近いと s_k^E ≈ 0 になる。 → 結果:b_k^E = 自分の領域 ÷ 全領域合計 = **占有率(合計1)**

---

§10.5-6 理想バランス ω と心理的不均衡

(15) §10.5-6 KL 距離による不均衡(p.112)

$$\mathrm{Imb\_BW}(t) = D_{\mathrm{KL}}(\omega \,\|\, b(t)) = \sum_k \omega_k \log \frac{\omega_k}{b_k(t)}$$

- ω = (ω_1, ⋯, ω_10) = 理想バランス分布(ω_k > 0, Σ ω_k = 1)
- 標準モデル:ω_k = 1/10(全領域均等)
- D_KL = Kullback-Leibler 距離(情報幾何学の標準距離)
- Imb_BW ≥ 0(Gibbs の不等式より非負)
- = 0 ⇔ b(t) = ω(完全一致のときのみゼロ)

含意(p.113-114): - ある領域 D_k にゴールが存在せず b_k(t) が極めて小さい場合、Imb_BW は大きくなる - これが「すべての領域にゴールを持つべき」という苫米地式コーチングの実践原則の数理的根拠 - 「全カテゴリーにゴール設定」原則の数学的表現

---

§10.7 領域間整合性 — 矛盾ペナルティ

(16) §10.7 Frag_BW(p.115)

$$\mathrm{Frag\_BW}(G) = \sum_{i<j} \rho_{ij} \cdot \mathrm{Incoh}(\varphi_i(g_i), \varphi_j(g_j))$$

- G = (g_1, ⋯, g_{10}) = バランスホイール全体のゴール集合
- ϕ_i(g_i) = ゴール g_i の意味表現
- Incoh(·, ·) = 意味的不整合度を測る非負関数
- ρ_{ij} ≥ 0 = 領域間結合重み
- Frag_BW ≥ 0、= 0 ⇔ 領域間ゴールが相互に整合

例: - 職業ゴール = 「年中無休で働いて売上 10 倍」 - 家族ゴール = 「毎晩家族と夕食を共にする」 → 互いに矛盾。両方をゴールとして持っても心理的に統合されない。Frag_BW が大きくなる。

ペア数:10 × 9 ÷ 2 = 45 ペア(全ペアの不整合をチェック)

---

§10.8 バランスホイールの LUB 統合

(17) §10.8 LUB 整合ポテンシャル(p.118)

$$A_{\mathrm{BW}}(G) = d(L_G, L^*_{\mathrm{self}})^2$$

記号	意味
L_G = LUB(ϕ₁(g₁), …, ϕ_{10}(g_{10}))	10 領域ゴールの最小上界
L*_self	理想的な高次自己像(人生目的・志・使命)
d(·, ·)	意味空間における距離
A_BW ≥ 0	非負 LUB 整合ポテンシャル
= 0 ⇔	L_G = L*_self(全ゴールが高次自己像と一致)

構造解説(p.120): - Step 1:ϕ_i(g_i) で各ゴールを「意味のベクトル」に変換 - Step 2:L_G = LUB(ϕ₁, …, ϕ₁₀) — 10 個の意味の「最小上界」 - Step 3:L*_self は「理想の自己像」(本人が心の奥で「こうありたい」と抱いている人生の方向性) - Step 4:d(L_G, L*_self) は意味空間における距離 - 二乗するのは符号を揃え微分しやすくするため(Lyapunov 関数の一般慣例) - A_BW = 0 ⇔ 10 ゴール全体が指す方向 = 理想自己像(人生統合)

含意:LUB(最小上界)統合 = バランスホイールの最高次の意味。10 領域それぞれにゴールがあっても、それらがバラバラに散らばっていれば人生全体が「迷走」する。すべてが「ある一つの方向」を指していれば、すべてが互いを支え合い心理的に統合される。

---

§10.9 統合ポテンシャル Φ^_BW(★中心式)

(18) §10.9 4コストの統合(p.121)

$$\boxed{\breve{\Phi}_{\mathrm{BW}} = \sum_k \omega_k R_k + \eta \cdot \mathrm{Imb\_BW} + \beta \cdot \mathrm{Frag\_BW} + \zeta \cdot A_{\mathrm{BW}}}$$

記号	意味
Φ^_BW(z, t)	バランスホイール統合ポテンシャル(z = (x, G)= 拡張状態)
R_k = max(V˜k − θ_k, 0)²	各領域の非負残差(C¹・TCZ_P,k 内ではゼロ)

記号	意味
ω_k	領域別重み(理想分布と同じ)
$\eta > 0$	心理的不均衡の重み
$\beta > 0$	領域間矛盾の重み
$\zeta > 0$	LUB 不整合の重み
Φ^_BW ≥ 0	4項とも非負 → 全体非負

含意:非負残差 R_k を使うことにより、各領域は TCZ_P,k 内にあるときはペナルティゼロ、外にあるときのみ二乗で罰せられる。これにより **Φ^_BW = 0 ⇔ 4 条件が同時成立** という綺麗な構造が得られる。

4 条件(同時成立): 1. ∀k: V˜k ≤ θ_k(各領域が臨場感加重 TCZ 内) 2. b(t) = ω(理想分布と一致 — 偏りなし) 3. Frag_BW = 0(領域間ゴールが矛盾しない) 4. L_G = L*_self(全ゴールが高次自己像と一致)

全体マップ(数式の系譜・5/6 分)

```
∂TCZ_P = ∪ { x | Ṽ = θ }                                    … 境界の定義
    ↓ 最小介入
u* = arg min ∫ (|Ṽ−θ|² + λC) dt                              … 境界制御
    ↓ メッセージ単体
A_G = exp(−d²/σ²)                                             … ガウス受容
    ↓ 二層化
A_eff = A_G · Γ                                               … 距離 × 境界判定
    ↓ アンサンブル最適化
max [ Σ A_G + α Lift − β Frag − δ Ethic ]                     … LUB 誘導
    ↓ 5定理(境界存在/不可視性/アンサンブル必要/境界最適/予測力)
    ↓ TCZ_P 再定義
TCZ_P(x₀) = ∪ { x | Ṽ ≤ θ }
    ↓ ★第4定理
πc = arg min ∫ Ṽ dt   ⇒   x*(t) → TCZ_P(x₀)
    ↓ 中核命題
P(g) > P(現在)  ∧  g ∈ TCZ_P                                  … 必要条件
    ↓ Efficacy 拡張
P · Q_+ · E(g) > P · Q_+ · E(現在)  ∧  Ṽ_E ≤ θ_E              … 完全条件
    ↓ 10 領域分解
Ṽ_k = V_{0,k} − κ_k P_k Q_k                                   … 領域別 Ṽ
    ↓ 心理的バランス分布
b_k^E = (A · P · Q+ · E) / Σ b^E                              … ★Efficacy 加重
    ↓ 4 つのコスト
Imb_BW = D_KL(ω ‖ b)                                          … 不均衡
Frag_BW = Σ ρ_{ij} Incoh(φ_i, φ_j)                            … 領域間矛盾
A_BW   = d(L_G, L*_self)²                                     … LUB 不整合
    ↓ 統合
Φ^_BW = Σ ω_k R_k + η Imb + β Frag + ζ A_BW                   … ★人生統合中心式
       = 0  ⇔  4 条件同時成立(全領域 TCZ_P 内 ∧ 均等 ∧ 無矛盾 ∧ 高次自己像一致)
```

📘 Part 3 — §10.10〜付録 T(2026-05-06 後半)

---

§10.10 定理5 — 臨場感加重バランスホイール収束(主結果)

(1) §10.9 Φ^_BW の Efficacy 加重版(p.123・出てくる順 / 5/6-1 で既出だが再掲)

$$\Phi^{\smile}_{\mathrm{BW}} = \sum_k \omega_k R_k + \eta \cdot \mathrm{Imb\_BW}^{\mathrm{E}} + \beta \cdot \mathrm{Frag\_BW} + \zeta \cdot A_{\mathrm{BW}}$$

- Imb_BW^E は b の代わりに Efficacy 加重版 b^E を使った KL 距離

(2) §10.10 定理5 形式的言明(p.124)

拡張状態 z(t) = (x(t), G(t)) が閉ループ系 ż = F_BW(z, t) に従い、非負 Lyapunov 関数

$$\Phi^{\smile}_{\mathrm{BW}}(z,t) = \sum_k \omega_k R_k + \eta \cdot \mathrm{Imb\_BW}^{\mathrm{E}} + \beta \cdot \mathrm{Frag\_BW} + \zeta \cdot A_{\mathrm{BW}}$$

が軌道に沿って指数的に減少するならば、最適軌道は

$$\mathrm{TCZ}^{\smile\mathrm{BW}}_{\{P,E\}} := \{\, z = (x,G) \mid \Phi^{\smile}_{\mathrm{BW}}(z,t) = 0 \,\}$$

に収束する。

4 条件の同時成立 ⇔ Φ^_BW → 0:

#	条件	意味
①	x_k(t) ∈ TCZ_{P,k} (k=1,⋯,10)	全領域のゴールが Efficacy 加重 TCZ 内に到達
②	b^E(t) → ω(Pinsker)	各領域の心理的バランス分布が理想分布へ収束
③	Frag_BW(G(t)) → 0	領域間ゴールが相互に矛盾しない
④	L_G(t) → L*_self	ゴール集合の LUB が高次自己像と一致

→ 苫米地式バランスホイールは単なる実践技法ではなく、定理1〜4 を「人生全体」に拡張した第5の収束定理。

---

§11 コーチング = V˜地形の再設計技術

(3) §11.1-2 コーチング成功条件(p.129)

$$\tilde{V}(g,t) < \tilde{V}(x_{\mathrm{current}},t)$$

- Ṽ(g) = 望ましい未来 g の実効コスト
- Ṽ(x_current) = 現状の実効コスト

- $\tilde{V} = V_0 - \kappa PQ$ なので、$\tilde{V}$を下げるには:
  1. V_0(不快コスト)を下げる、または
  2. κPQ(臨場感 × 接近価値)を上げる
- コーチングは主に後者(P(g) を上げる)を行う

(4) §11.3 コーチング vs 操作 — 同じ数理だが目的と倫理が反転 (p.131)

	操作(認知戦)	コーチング(民生)
TCZ への作用	対象の TCZ を狭める	クライアントの TCZ_P を高次化
自律性	侵害	自律性・尊厳・長期利益を保護
目的	操作者の戦略目的に従わせる	認知空間の安全保障の実装

差異は「誰のために」「いかなる倫理制約のもとで」TCZ_P を設計するか。

(5) §11.4 Efficacy の定義 — 苫米地式コーチングの中核変数 (p.133)

$$E_i(y, t \mid x_i(t)) = \Pr_i\Big[\exists u_i(\cdot)\colon x_i(T) \in N_\varepsilon(y) \ \wedge \ \tilde{V}_E(x_i(T), T) \le \theta \mid M_i(t)\Big] \in [0, 1]$$

- 主体 i が「自分はその未来 y に到達でき、安定して住める」と評価する主観的能力評価確率
- 「自分にはできる」=「やればできる」とは異なる(0〜1 の数値)
- E = 1 →「絶対できる」/ E = 0 →「自分には無理」

(6) §11.4 P·Q·E の三独立評価軸(p.136)

$$P \cdot Q \cdot E$$

自己変革には三要素が必要: - P(臨場感):その未来がどれだけリアルか - Q(価値符号):その未来へ向かいたいか・避けたいか - E(Efficacy):自分はその未来を達成できると思うか

組み合わせ	心理状態
P 高 / Q+ 高 / E 高	理想状態(向かう)
P 高 / Q+ 高 / E 低	憧れ・焦り・諦め・不安
P 高 / Q−	強く避ける
P 低 / Q+ 高 / E 高	できそうだが、まだリアルではない

(7) §11.4.1 Efficacy 加重実効ポテンシャル(p.137)

$$\tilde{V}_E(y, t \mid x_t) = V_0(y, t) - \kappa_+ P(y, t)\, Q_+(y, t)\, E(y, t \mid x_t) + \kappa_- P(y, t)\, Q_-(y, t)$$

- Q_+ = max(Q, 0)(接近価値) / Q_− = max(−Q, 0)(回避価値)
- 接近項のみ Efficacy E が乗じられる(高 Efficacy → 強く接近)
- 回避項には Efficacy は乗らない(避けたい未来を避ける動機は Efficacy 不要・恐怖が駆動)

- κ_+, κ_− > 0 = 重み係数
- **定理4 との整合性**:E = 1 かつ κ_+ = κ_− = κ なら V˜E = V₀ − κPQ = V˜となり、定理4 が復元される。定理4 は「Efficacy が完全に高い場合の特殊例」として含まれる。

(8) §11.4.2 Efficacy 加重 TCZ(p.140)

$$\mathrm{TCZ}_{\{P,E\}}(x_0) = \bigcup_{t\geq 0}\{\, x(t) \in \mathcal{R}(t;x_0) \mid \tilde{V}_E(x(t),t \mid x_0) \leq \theta_E \,\}$$

- 安定 + リアル + 達成可能の三条件を満たす未来世界の集合
- TCZ_P より制約が厳しい — 本人が「できる」と感じている世界に限定

(9) §11.5 定理6A — エフィカシー加重ゴール収束定理(p.144)

$$\tilde{V}_E(y,t \mid x_t) := V_0 - \kappa_+ P\, Q_+ E + \kappa_-\, P\, Q_-$$

に対し、Ego が

$$\pi_c^E(x) := \arg\min \int_0^T \tilde{V}_E\, dt$$

に従い、減少条件 dV˜E/dt ≤ −α(V˜E − θ_E) が成立するなら、

$$x^*(t) \to \mathrm{TCZ}_{\{P,E\}}(x_0) := \{\, z : \tilde{V}_E(z,t) \leq \theta_E \,\}$$

さらに ∂V˜E(g, t)/∂E = −κ_+ P(g), Q_+(g) < 0 が成り立ち、Efficacy の上昇は望ましい未来の実効ポテンシャルを単調に下げる。

→ コーチング = E を上げる作業 = V˜E を下げる作業 = TCZ_{P,E} へ収束させる作業。

(10) §11.6 Collective Efficacy — リーダーシップの数理 (p.146)

$$\frac{dE_i}{dt} = (1 - E_i)\left[\rho_i\, B_i(t) + \sum_{j\neq i} \gamma_{ij}\, C_{ij}^{\{L/H\}}\, E_j(t)\right]$$

記号	意味
E_i(t)	メンバー i の Efficacy
(1 − E_i)	飽和項(1 に近づくほど上昇余地減)
ρ_i B_i(t)	自分の経験 — コーチング入力 / ρ_i = 効き目
γ_{ij}	メンバー間結合係数
C^L_{ij} / C^H_{ij}	Low / High Shared 相互影響

メンバー同士が互いに影響し合い、誰かの Efficacy が他者の Efficacy を上げ、全体として全員の Efficacy が上昇するダイナミクス。

(11) §11.6.1 Collective Efficacy 指標(p.149)

$$\mathrm{CE\_G}(t) = \left(\prod_{i=1}^{N}(E_i(t)+\varepsilon)\right)^{1/N} - \varepsilon; \quad \Psi_E(t) = \sum_{i=1}^{N}(1-E_i(t))^2$$

- CE_G(t) = Collective Efficacy 幾何平均指標(全メンバーの幾何平均)
- 単純平均より幾何平均 — 一人の低 Efficacy が全体を強く下げる(本質「全員同時に上がる」を表現)
- ε > 0 = ゼロ回避の微小項
- Ψ_E(t) = Collective Efficacy Lyapunov 関数(指数的に 0 へ減衰)
- Ψ_E → 0 ⇔ すべての E_i → 1 と等価

(12) §11.7 定理6B — コレクティブエフィカシー収束定理(p.152)

初期条件 E_i(0) ∈ [0, 1] のとき、dE_i/dt = (1 − E_i)[ρ_i B_i + Σ γ_{ij} C^{L/H}_{ij} E_j] において、結合グラフが強連結かつ ρ_i B_i + Σ γ_{ij} C^{L/H}_{ij} E_j ≥ c > 0(∀i, ∀t)ならば、

$$\Psi_E(t) = \sum(1-E_i)^2 \le \Psi_E(0)e^{(-2ct)} \to 0, \quad \text{すなわち } E_i(t) \to 1 \ (\forall i)$$

$$\mathrm{CE\_G}(t) = \left(\prod(E_i+\varepsilon)\right)^{1/N} - \varepsilon \to 1 \ (\text{正規化後})$$

→ グループは Collective Efficacy 状態に収束する。**高次リーダーシップ = LUB 型 Shared-TCZ により High Shared Collective Efficacy を生み出す作業。**

(13) §11.7.1 Low Shared vs High Shared(p.154)

Low Shared(C^L > 0)	High Shared(C^H > 0)
同質性に基づく(同じルール・短期目標・職場文化)	抽象度に基づく(共有された志・高次目的・ミッション)
交差型 Shared-TCZ ベース	LUB 型 Shared-TCZ ベース
強いが範囲狭く外部変化に脆い	多様性許容、外部変化に頑健

歴史上の偉大なリーダーシップ(マンデラ・ガンジー・キング牧師・本田宗一郎・稲盛和夫)は、LUB 型 Shared-TCZ を提示し High Shared Collective Efficacy を組織全体に生み出した。「共通の敵」(Low)ではなく「共通の高次目的」(High)によって。

(14) §11.7.2 第6定理の二部構造(p.156)

定理6A — 個人 Efficacy(コーチング中核)	定理6B — Collective Efficacy(リーダーシップ中核)
Φ_6A = V˜E	Φ_6B = Ψ_E
個人 E を上げる作業	Collective Efficacy 生成・上昇
TCZ_{P,E} へ収束	全員 E_i → 1 へ収束
クライアントへの介入	組織への介入

§12 メッセージ受容とブリッジ集合

(15) §12 受容関数 Accept(p.159)

$$\mathrm{Accept}(m \mid x) = \sigma(\, \alpha \cdot \mathrm{Sim}(m, x) - \beta \cdot \Delta(m, x)\,)$$

- m = メッセージ・提案・新たな未来像
- x = 受け手の現在の認知状態
- σ = シグモイド関数(0〜1 の確率)
- Sim(m, x) = m と x の類似度(高いほど受容しやすい)
- Δ(m, x) = m と x の距離(大きいほど受容しにくい)
- α, β > 0 = 重み係数
- 「いきなり遠い未来は受容されない」ことの数学的表現

(16) §12.2 ブリッジ集合の定義(p.161)

$$B = \{\, b_1, b_2, \ldots, b_K \,\}$$

- 直接到達できない未来へ向かう「階段」
- 各 b_k は前ステップからジャンプできる距離にある中間状態
- 一連の橋桁を渡ることで、最初は遠すぎたゴールが達成可能になる

(17) §12.2 受容可能距離条件(p.162)

$$\Delta(b_k, b_{k-1}) \le \Delta_{\max}$$

各段の跳躍は受容可能距離以内でなければならない。

例:会社員 → 起業家 は遠すぎる跳躍。会社員 → 副業 → 副業成長 → 顧客獲得 → 独立、なら各段が届く範囲にある。

---

§13 ブリッジ最適化問題

(18) §13 ブリッジ最適化(p.166)

$$B^* = \arg\min_B \sum_k \left[\, \mathrm{Cost}(b_k) - \lambda \cdot \mathrm{Lift}(b_k) + \mu \cdot \mathrm{Frag}(b_k) \,\right]$$

- B* = 最適ブリッジ集合
- Cost(b_k) = 橋桁 b_k を渡るエネルギー
- Lift(b_k) = 橋桁 b_k の抽象度・臨場感引上効果
- Frag(b_k) = 橋桁 b_k の断片化(挫折)リスク
- λ, μ > 0 = 重み(介入設計者の選好)

(19) §13.1 Tomabechi 認知戦数理 — メッセージ最適化との同型性(p.168)

$$M^* = \arg\min_M \sum_m \left[\, \mathrm{Cost}(m) - \lambda \cdot \mathrm{Effect}(m) + \mu \cdot \mathrm{Decept}(m) \,\right]$$

- 認知戦版:Effect(認知的効果)を上げ、Decept(欺瞞をいかに避けられるか)を下げる
- 民生版:Lift を上げ、Frag(領域内ゴール矛盾)を下げる
- **同じ最適化問題、異なる目的関数** — 数学構造の同型例

(20) §13.2 Presence Lift(p.170)

$$\mathrm{Lift}(B) = \sum_k P(b_k) - P(b_0) \geq 0$$

- Σ P(b_k) = 各橋桁の臨場感総和
- P(b_0) = 出発点の臨場感
- 良いブリッジは Lift(B) を最大化する
- 重要:次のステップは近づいて初めて段々と見える(予め階段全体が見える訳ではない)
- 「ステップバイステップをリアルにイメージしましょう」という疑似コーチングは、クライアントを現状の TCZ の内側に縛る行為

(21) §13.2.5 Efficacy 加重ブリッジ最適化(8項版・定理6A の反映, p.172)

$$\max_B \left[\sum_k A_G + \alpha \cdot \mathrm{Lift} + \mu \cdot \mathrm{Presence}_+ + \nu \cdot \mathrm{Eff}(B) - \lambda \cdot \mathrm{Cost} - \beta \cdot \mathrm{Frag} - \delta \cdot \mathrm{Ethic} - \chi \cdot$$

- Eff(B) = 𝔼[LUB(ϕ(b_1), ⋯, ϕ(b_K)), t | x_t] = ブリッジ集合 B が達成する LUB に対する Efficacy
- ν > 0 = Efficacy 項の重み(新追加)
- 従来 7 項に Efficacy を入れた 8 項版:Σ A_G + Lift + Presence_+ − Cost − Frag − Ethic − Imb_BW + ν Eff(B)
- 増やしたいもの 4 項:A_G(受容)/ Lift(抽象上昇)/ Presence_+(接近臨場感)/ Eff(B)(LUB への Efficacy)
- 減らしたいもの 4 項:Cost / Frag / Ethic / Imb_BW

(22) §13.3 よいブリッジの設計原理(p.175)

- 段差は受容可能距離 Δ_max 以内
- 各段で Lift が正(臨場感が上がる)
- 断片化リスクが小さい
- 目標 g に向かって単調に進む

---

§14 リーダーシップの数理

(23) §14.2 低次リーダーシップ(p.177)

$$L_{\mathrm{low}} = \bigcap_i \mathrm{TCZ\_P}(x_i)$$

- 全メンバー個別 TCZ_P の交差として実装
- 「全員が同意できる最小限」を見つける作業
- すばやく合意形成できるが、参加者が増えるほど合意領域は縮小する

(24) §14.1 高次リーダーシップ(p.176)

$$L_{\text{high}} = \text{LUB}(W_1, \ldots, W_n)$$

- 共有された志・ビジョンへ統合
- 多様性で豊かになる、長期的に拡大する

---

§15 組織変革失敗の数理

(25) §15.2 組織変革失敗式(p.183)

$$P_{\text{org}}(g, t) \ll P_{\text{org}}(\text{現状}, t)$$

- 上層部が変革ビジョンを発表しても…組織が「リアル」と感じない
- 現場の TCZ_P は変わらず、行動目標も元の Shared-TCZ_P に引き戻される
- **抵抗勢力は「悪い人」ではない** — 数理的必然
- 経営陣がいくら変革を叫んでも、組織は動かない。本質は P_org(g) を上げること。

---

§16 「強く願えば叶う」の数理的修正

(26) §16.1 修正条件(p.187)

$$P(g, t) > P(x_{\text{current}}, t) \quad \text{かつ} \quad g \in \text{TCZ\_P}(x_0)$$

- §9 中核命題と同じ二条件
- ただし「願う」と「臨場感を上げる」は別物
- メンタルレーニング技術で願望成就世界をリアルに感じるだけでは、現状 TCZ 内のリアル化に過ぎず逆効果
- コーチングは TCZ そのものの移行を促す

(27) §16.2 「願う」と「臨場感を上げる」の差(p.188)

「願う」(従来型)	「臨場感を上げる」(本論文)
意識領域の出来事	無意識領域への介入
言語化された目標	一人称・五感・現在化
P を上げる効果は限定的	「もう一つの現実」として体感

「願う」だけでは Ego は動かない — 臨場感の構築が本質。

---

§17 倫理制約 — Decept から Ethic へ

(28) §17.1 同じ数理、反転する倫理(p.190)

Tomabechi 認知戦数理	本論文 民生版 — 認知空間の安全保障
Decept(M):欺瞞抑制(演繹的制約)	Ethic(B):自律性・尊厳・長期利益保護
偽情報・ディープフェイクを避ける	対象=自己 / 部下 / クライアント
生成 AI 時代的生成・サイバー攻撃により自らが欺瞞を引き起こすことを抑制	コーチング = 認知空間の安全保障の実装

Ethic 最小化 = 操作ではなく解放

(29) §17.2-3 Ethic 項の構成(p.191)

Ethic(B) の三要素 — Ethic ↑ で避ける状態: - 【自律性侵害】 - 【長期不利益】 - 【完全情報・同意なし】

数理的に倫理的なコーチングの四条件: 1. クライアントが完全情報を持っている 2. クライアントが自由意志で同意している 3. クライアントの長期利益を優先する 4. クライアントの自律性を高次化する方向

---

§18 民生版 6 定理の総括(p.194)

定理	形式	意味
定理1(個体)	$x^*(t) \to TCZ$ — 累積コスト最小化により安定領域へ	個人安定収束
定理2(社会的)	$x^*(t) \to TCZ^{shared}$ — 対結合 $\gamma > 0$ で共有 TCZ へ	Shared-Alignment
定理3(抽象)	$x^*(t) \to LUB$ — 抽象度 ηA を加えて LUB へ	Higher-Purpose
定理4(臨場感加重)	TCZ_P — $\tilde{V} = V_0 - \kappa PQ$ で安定+リアル領域へ	本論文の中心
定理5(バランスホイール)	$z(t) \to TCZ^{BW}_{\{P,E\}}$ — Φ^{BW} で 10 領域の Efficacy 加重バランス	人生統合
定理6A(Efficacy 加重)	$x^*(t) \to TCZ_{\{P,E\}}$ — $\tilde{V}_E$ で安定+リアル+達成可能領域へ	コーチング中核
定理6B(Collective Efficacy)	$E_i \to 1\ \forall i$ — Ψ_E 指数減衰でグループ全員 Efficacy 同時上昇	リーダーシップ中核

統一原理(B.6):すべて単一の Lyapunov 補題から導かれる。差異は「何を Lyapunov 関数として選ぶか」のみ。

---

§20 結論(p.196)

> 人間は、臨場感を持って現実的に感じられる世界へ向かう。 自己変革とリーダーシップの本質は、その世界を設計すること。 そして、コーチングはこの世界を守る — 認知空間の安全保障だ。

付録 B — Lyapunov 統一証明体系

(30) 付録B.1 閉ループ系の定義(p.205)

$$\dot{z} = f(z,t)$$

- z = 認知系の状態ベクトル
- 「閉ループ」=制御方策が状態 z を見て決定されるため、系の運動が自己内部で完結している(外部入力なし)

(31) Lyapunov 関数 Φ で定義する安定集合(p.207)

$$\Omega_\theta := \{\, z \mid \Phi(z) \le \theta \,\}$$

- Φ が小さい状態は安定的、大きい状態は不安定的
- この集合への収束を証明するのが Lyapunov 解析の目的

(32) Φ の時間微分が負である条件(B.1 主補題, p.209)

$$\nabla\Phi \cdot f(z,t) \le -\alpha \left(\Phi(z) - \theta\right)_+$$

- α > 0 = 減少率
- (·)_+ = 正の部分
- Φ が θ より大きい間は強制的に Φ が減少し、結果として系は Ω_θ に向かう
- **定理1〜4 すべての中心的な不等式**

(33) 変数変換(p.211)

$$y(t) := \Phi(z(t)) - \theta$$

- y > 0 は不安定領域、y ≤ 0 は安定集合

(34) B.1 主補題 — 指数収束の保証(p.213)

$$y(t) \le y(0) \cdot \exp(-\alpha t)$$

- 付録 B 全体の中心となる補題
- 複雑な認知ホメオスタシスの収束を一つの数学的定理に集約
- 定理1〜4 すべての証明の核心

(35) 付録B.2 定理1 Lyapunov 条件(Φ = V_0 への特殊化, p.215)

$$\nabla V_0 \cdot f \leq -\alpha(V_0 - \theta)_+$$

(36) 付録B.2 比較定理 — 定理1 の指数収束(p.217)

$$V_0(x^*(t)) - \theta \leq (V_0(x_0) - \theta) \cdot \exp(-\alpha t)$$

(37) 付録B.3 定理2 複合 Lyapunov 関数(p.219)

$$\mathcal{L}(x) := \sum_i V_i(x_i) + \frac{1}{2} \sum_{i<j} \gamma_{ij}\, S_{ij}(x_i, x_j)$$

個体評価 + 対結合不整合の総和。1/2 はペアの重複カウント補正。

(38) 付録B.3 ℒ の偏微分(p.221)

$$\partial \mathcal{L} / \partial x_i = \nabla V_i + \sum_j \gamma_{ij}\, \partial S_{ij} / \partial x_i$$

主体 i に関する勾配 = 個別評価の勾配 + 他主体にわたる和。

(39) 付録B.3 定理2 Lyapunov 減少(p.223)

$$\nabla \mathcal{L} \cdot F \leq -\alpha(\mathcal{L} - \theta)_+$$

(40) 付録B.3 定理2 比較定理(p.225)

$$\mathcal{L}(x^*(t)) - \theta \leq (\mathcal{L}(x_0) - \theta) \cdot \exp(-\alpha t)$$

(41) 付録B.4 定理3 抽象付き複合 Lyapunov(p.227)

$$\nabla \mathcal{L}_A \cdot F \leq -\alpha(\mathcal{L}_A - \theta)_+, \quad \mathcal{L}_A := \mathcal{L} + \sum_i \eta_i\, A(x_i)$$

抽象拡張 Lyapunov ℒ_A への B.1 補題の適用。

(42) 付録B.5 定理4 Lyapunov 関数(中心式・再記, p.229)

$$\tilde{V} = V_0 - \kappa \cdot P \cdot Q$$

- 「不快」だけ表していた定理1〜3 の Φ を、「不快とリアルな魅力の差し引き」に置き換える
- 臨場感の高い望ましい未来(P 大、Q 高)→ 大幅に V˜が下がる → 引き寄せられる

(43) 付録B.5 定理4 安定集合(p.231)

$$\Omega_\theta^P := \{\, z \mid \tilde{V}(z) \leq \theta \,\}$$

- 元の TCZ($V_0 \leq \theta$)と異なり、「リアルに感じられる」未来も含まれる

(44) 付録B.5 定理4 制御方策(p.233)

$$\pi_c^P(x) = \arg\min \int_0^T \tilde{V}(x(t), t)\, dt$$

(45) 付録B.5 定理4 Lyapunov 減少 ★(p.235)

$$\nabla \tilde{V} \cdot f^P \leq -\alpha(\tilde{V} - \theta)_+$$

定理4 の収束を保証する核心の不等式 — 本論文の中心定理を保証。

(46) 付録B.5 定理4 最終結論(p.237)

$$x^*(t) \to \mathrm{TCZ\_P}(x_0)$$

(47) 付録B.5 定理4 比較定理(p.239)

$$\tilde{V}(x^*(t)) - \theta \leq (\tilde{V}(x_0) - \theta) \cdot \exp(-\alpha t)$$

軌道は TCZ_P に「指数的速さ」で収束。

4 定理の収束速度の同型性: - 定理1:$V_0 - \theta \leq (V_0(x_0) - \theta)\exp(-\alpha t)$ - 定理2:$\mathcal{L} - \theta \leq (\mathcal{L}(x_0) - \theta\_S)\exp(-\alpha t)$ - 定理3:$\mathcal{L}\_A - \theta \leq (\mathcal{L}\_A(x_0) - \theta\_A)\exp(-\alpha t)$ - 定理4:$\tilde{V} - \theta \leq (\tilde{V}(x_0) - \theta)\exp(-\alpha t)$

すべて同じ形($\Phi - \theta \leq (\Phi(x_0) - \theta)\exp(-\alpha t)$)。Lyapunov 関数の選び方が異なるだけ。これが「単一の B.1 補題から全 4 定理が証明される」という本論文の数学的核心。

付録 C — 数式記号ミニ用語集(p.241-242)

縦棒「|」の3つの用法: - 【条件付き】A(m | x):「x を条件として m を評価」(確率風) - 【集合記法】{ x | 条件 }:「条件を満たす x の集合」(such that) - 【絶対値】|x|:符号を取り去った大きさ

集合・論理: - ∈ 元・⊂ 部分集合・∪ 合併・∩ 交わり・∅ 空集合・:= 定義 - ∀ 全称量化子・∃ 存在量化子・∎ 証明終(Q.E.D.)

演算: - Σ 総和・Π 総積・∫ f(t)dt 積分(連続的合計) - exp(x) = e^x 指数関数・log 対数・σ(z) = 1/(1+e^{−z}) シグモイド関数

微分・解析: - ∂ パーシャル(偏微分の記号、または「境界」boundary) - ∇ 勾配(関数の最も急な上り方向)= ∂x = d/dt 時間微分(Newton 記法) - C^1 1 回連続微分可・C^2 2 回連続微分可

最適化: - min/max 最小値/最大値・sup 微小上界・inf 下限(微小下界) - arg min { f(x) }:「f を最小にする x」(最小化する変数を返す)

確率・距離・写像・収束: - 𝔼() 期待値 / Pr() 確率・d(x, y) 距離 / ‖x‖ ノルム(大きさ) - f: A → B 写像「x は f(x) に送られる」 - x_n → x 収束 / lim 極限 / ∞ 無限大

付録 T — 全 7 定理 + T.0 統一定理(p.244-253)

T.0 苫米地統一定理 — Self / Ego / TCZ 統一(p.245)

$$x^*(t) \to \mathrm{TCZ}(x_0) = \{\, x \in X \mid V_0(x,t) \le \theta \,\}$$

認知系 (X, V_0, π_c) において、評価関数 V_0 が下に有界かつ十分滑らかで、Ego 制御方策 π_c が累積コスト最小化として実装されるとき、最適軌道 x*(t) は不動集合 TCZ(x_0) に漸近収束する。

意味 — 三つの言語で語られた一つのもの: - Self(哲学):私は何者か - Ego(制御工学):私はどこに進むか - TCZ(心理学):私はどこに住まわれるか

これらは同じ一つの認知プロセスの三つの顔。**定理1〜6B はすべて T.0 の特殊化**。「異なる重み・異なる対象」を加えた派生形。「全 7 定理は本定理を骨格として枝葉を張り巡らせた一本の木」。

T.1 苫米地定理1 — 個人安定収束(p.246)

$$x_i^*(t) \to \mathrm{TCZ}_i = \{\, x \in X_i \mid V_{0,i}(x,t) \le \theta \,\}$$

V_0 が下に有界、連続微分可能ならば、最適軌道 x_i*(t) は不動集合 TCZ_i へ漸近収束する。

実践的含意:本当の自己変革は TCZ そのものを再設計する必要(定理4 で詳述)。

T.2 苫米地定理2 — Shared-Alignment 収束(p.247)

$$x^*(t) \to \mathrm{TCZ}^{\mathrm{shared}} = \bigcap_i \mathrm{TCZ}_i$$

N 人の主体が V_i + Σ_{j≠i} γ_{ij} S_{ij} を最小化するとき、最適軌道は TCZ^shared へ漸近収束する。

意味:リーダーシップの数理化 — 命令ではなく「共有 TCZ」の提供で集団を統合。 - 集団が大きくなるほど共通部分は急激に縮小 - 家族会議は8時間が3時間で終わるなら最低限の妥協 = ∩ の縮小 - これが定理3(LUB)の動機

T.3 苫米地定理3 — Higher-Purpose 統合(p.248)

$$x^*(t) \to \mathrm{TCZ}^{\mathrm{LUB}} = \mathrm{LUB}(W_1, \ldots, W_N)$$

抽象ポテンシャル A(x_i) を加えると、最適軌道は TCZ^LUB へ漸近収束する。

意味 — 高次リーダーシップの数理: - ∩ は集団が大きいほど縮小、LUB は逆に多様性が大きいほど豊かになる - マンデラ・ガンジー・キング牧師:共通の敵ではなく共通の高次目的で統合 - 「医師・教師・エンジニア・アーティスト」の交差は空集合に近い - しかし LUB「人間的価値の創造に貢献する人々」は全員を包摂

T.4 苫米地定理4 — 臨場感加重変革 ★(p.249)

$$\tilde{V} = V_0 - \kappa \cdot P \cdot Q \quad \Rightarrow \quad x^*(t) \to \mathrm{TCZ\_P}$$

$\tilde{V} = V_0 - \kappa PQ$ を最小化する Ego は、TCZ_P = { x | V˜(x, t) ≤ θ } へ収束する。これは本論文の中心である。

読み方:不快を避けつつリアルに感じられる望ましい未来へ向かう。 **意味 — 「強く願えば叶う」の数理的修正**: - 従来:願望の強さ Q だけで動くとされた - 本定理:P(リアルさ)なくしては Ego は動かない

背景 — 軍事文献からの民生転用: - 苫米地英人 1980 年代の認知戦数理(NDU)を反転して民生応用 - 軍事:相手の臨場感を操作(民生:自分の臨場感を上げる)

T.5 苫米地定理5 — バランスホイール収束 ★(p.250)

$$\Phi_{\breve{\mathrm{BW}}}^{E} = \sum_k \omega_k R_k + \eta \,\mathrm{Imb\_BW^E} + \beta\,\mathrm{Frag\_BW} + \zeta A_{\mathrm{BW}}$$

Φ‿^{BW}E が指数的に減少すれば、軌道は TCZ_{P,E} へ収束する。

読み方 — 4 つのペナルティを 0 にすれば人生本当の意味で安定: - 10 領域:職業/家族/生涯学習/趣味/社会貢献/ファイナンス/健康/抽象度/リーダーシップ/エソテリシティ - バランスとは時計上の時間ではなく、心理的臨場感分布 - 「健康に毎日 8 時間取れ」(時計時間)≠「健康な未来をリアルに感じる」(心理学)

実践的含意(4 条件すべて必須):① 受容可能・② リアル・③ 望ましい・④ 達成可能。一つでも欠けると b^E_k → 0 = その領域は人生に存在しないも同然。

T.6 苫米地定理6A — Efficacy 加重ゴール収束 ★(p.251)

$$\tilde{V}_E = V_0 - \kappa_+ P\,Q_+\,E + \kappa_-\,P\,Q_-$$

V˜E を最小化する Ego は、Efficacy 加重 TCZ_{P,E} へ収束する。さらに ∂V˜E/∂E < 0 が成立し、Efficacy 上昇は望ましい未来の実効ポテンシャルを単調に下げる。

読み方 — Efficacy は望ましい未来への接近力を増幅(恐怖駆動と異なる): - E ∈ [0, 1]:Efficacy(自己効力感) / Q_+ = max(Q, 0)、Q_− = max(−Q, 0) - 第 2 項のみ E が乗じられる:望ましい未来への接近は Efficacy で増幅 - 第 3 項に E は乗じない:避けたい未来を避ける動機は Efficacy 不要

意味 — コーチングの数理的中核 P · Q · E: - 定理4 の P · Q に第三軸 E を加えて完成 - P 高 / Q+ 高 / E 高 → 理想状態

背景 — Bandura 理論の制御理論的再定式化: Bandura 1977 の自己効力感を厳密制御理論で再定式化。

T.7 苫米地定理6B — Collective Efficacy 収束 ★(p.252)

$$\frac{dE_i}{dt} = (1 - E_i)\left[\rho_i\,B_i + \sum_{j\neq i}\gamma_{ij}\,C_{ij}\,E_j\right]$$

結合グラフが強連結 + 各メンバーへの正の有効入力下界 c > 0 ならば、Ψ_E ≤ Ψ_E(0) e^(−2ct) → 0、すなわち全員の Efficacy が同時に 1 に収束する。

読み方 — Low Shared と High Shared: - C^L(低次):同質性(敵・恐怖・短期目標) → 強いが脆い - C^H(高次):LUB(志・ミッション)→ 多様性許容で頑健 - 高次 C^H の例:マンデラ・ガンジー・本田宗一郎・稲盛和夫

背景 — 二部構造の意義:6A(個人)と 6B(集団)は数理的に相似的 — 不可分の対。

T.8 全 7 定理の統合サマリー(p.253)

苫米地統一定理を骨格として、6 つの枝葉が伸びている:

統一 | Self/Ego/TCZ 統一 — 祖先(哲学・認知科学) |
定理1 | 個人安定収束 — 一人の Ego(自己論) |
定理2 | Shared-Alignment — 不整合 S_ij(低次リーダーシップ) |
定理3 | Higher-Purpose — 抽象 A(x)(高次リーダーシップ) |
定理4 | 臨場感加重変革 — P · Q(本論文の中心) |
定理5 | バランスホイール — 10 領域 + 4 項(人生設計) |
定理6A | Efficacy ゴール — Efficacy E(コーチングの中核) |
定理6B | Collective Efficacy — 集団 E_i(リーダーシップの中核) |

> **人間は、リアルで、望ましく、そして自分にはできると感じられる未来へ向かう。 自己変革とリーダーシップの本質は、その世界を設計することである。**

全体マップ(数式の系譜・5/6 後半分)

```
[5/6 1 までで定義済] Φ^_BW = Σω_k R_k + η Imb + β Frag + ζ A_BW
   ↓ Efficacy 加重化
Φ^_BW^E = Σω_k R_k + η Imb_BW^E + β Frag + ζ A_BW          … 定理5
   ↓ コーチング地形
Ṽ(g) < Ṽ(現状)                                              … §11.1–2
   ↓ 第三独立軸 Efficacy 導入
E_i(y, t | x_i) = Pr_i[ ∃u_i: x_i(T) ∈ N_ε(y) ∧ Ṽ_E ≤ θ ]
   ↓ Efficacy 加重実効ポテンシャル
Ṽ_E = V₀ − κ_+ P Q_+ E + κ_− P Q_−                          … 定理6A
   ↓ Efficacy 加重 TCZ
TCZ_{P,E} = { x | Ṽ_E ≤ θ_E }
   ↓ コレクティブダイナミクス
dE_i/dt = (1−E_i)[ρ_i B_i + Σ γ_{ij} C^{L/H}_{ij} E_j]       … 定理6B
   ↓ Lyapunov 関数
Ψ_E = Σ(1−E_i)² → 0,  CE_G = (Π(E_i+ε))^{1/N} − ε → 1
   ↓ ブリッジ介入(直接到達不能未来)
B = {b_1,…,b_K},  Δ(b_k, b_{k−1}) ≤ Δmax
   ↓ ブリッジ最適化
B* = arg min [Cost − λLift + μFrag]
M* = arg min [Cost − λEffect + μDecept]                     … 認知戦と同
型
   ↓ Efficacy 加重 8 項版
max [Σ A_G + αLift + μPresence_+ + νEff(B) − λCost − βFrag − δEthic −
χ Imb_BW]
   ↓ リーダーシップ
L_low = ∩ TCZ_P(x_i)  ⊆  L_high = LUB(W₁,…,W_n)
   ↓ 組織変革失敗
P_org(g) ≪ P_org(現状)                                       … 数理的必然
   ↓ 「願う」修正
P(g) > P(現在) ∧ g ∈ TCZ_P                                  … §16
   ↓ 倫理反転
M*(認知戦) ↔ B*(コーチング):同じ最適化 / Decept ↔ Ethic
   ↓ Lyapunov 統一補題(B.1)
∇Φ · f ≤ −α(Φ − θ)+ ⇒ y(t) ≤ y(0)·exp(−αt)
   ↓ 全 6 定理が単一の補題から導出
```

$\forall k: \Phi_k(x^*(t)) - \theta \le (\Phi_k(x_0) - \theta) \cdot \exp(-\alpha t)$

↓ 統合

T.0(統一)→ T.1〜T.7(派生・差異は Lyapunov 関数選択のみ)