

宇宙定数の再枠づけ

— Λ は真空エネルギーでなく積分定数である —

ユニモジュラー重力と論文62の $+C$ 双対

著者: 山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

所属: Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan | 山岸勇輝ラボ

投稿区分: 論文72 (Paper 72) | Zenodo: 10.5281/zenodo.21650934

Category: 物理学 / 宇宙論 / 構造的解釈

キーワード: 宇宙定数, ユニモジュラー重力, 積分定数, 4体積, 真空エネルギー, Sorkinの揺らぎ

— *From thinking to syncing.* —

本稿の位置づけ

本稿は構造的解釈である。宇宙定数問題を解かず、 Λ の値も予言しない。問題を再枠づける：ユニモジュラー重力において Λ は時空の4体積に共役な積分定数であり、計算すべき真空エネルギーではない——ゆえに「120桁」は同じ対象でない二つの量を比べている。これは論文62の $+C/\Lambda$ 双対を、問題への態度へと発展させる。再枠づけは輻射的な微調整を取り除くが、 Λ の小ささを境界条件の問いに変える；掲げる規律ある成功は、観測前になされた Sorkin の揺らぎ予言 $\Lambda \sim 1/\sqrt{V_4}$ である。既存理論と矛盾する主張は含まない。

概要

宇宙定数問題は通常、微調整として述べられる：場の量子論が予言する真空エネルギー密度は観測される Λ を最大 $\sim 10^{120}$ 上回るので、裸の宇宙定数とその精度で相殺せねばならない。この言明は、真空エネルギーが Λ を源とすると前提している。本稿は論文62の読み—— Λ は V_4 に正準共役、論文12の $+C$ に双対——を、ユニモジュラー重力による再枠づけへ発展させる。ユニモジュラー重力では計量の行列式が固定され、場の方程式はトレースレス、空間的に一定な真空エネルギーは純トレースなのでそれを源としない。実効宇宙定数は代わりに、 V_4 に共役な積分定数として再び現れる (Henneaux--Teitelboim 1989)。ゆえに Λ は境界/初期データで計算された真空エネルギーではなく、「120桁」はカテゴリー錯誤である。限界も明示：ユニモジュラー重力は微調整を取り除くが Λ を予言しない；小ささは境界条件の問いになる。規律ある構造的予言の手本として、同じ Λ -- V_4 共役から Sorkin が導いた「 $\Lambda \sim \pm 1/\sqrt{V_4} \sim H_0^2$ 」——1998年以前に観測される桁を言い当てた——を掲げる。

§1. 序論

宇宙定数問題は物理学最大の数値的不一致である。標準的言明は微調整である：場の量子論は真空中に大きな ρ_{vac} を割り当て、 $\Lambda_{\text{eff}} = \Lambda_{\text{bare}} + 8\pi G \rho_{\text{vac}}$ として重力する； ρ_{vac} は観測値を最大 $\sim 10^{120}$ 上回るので、 Λ_{bare} を120桁で相殺せねばならない。

この言明は仮定を含む：真空エネルギーが Λ を源とすること。論文62 は既に別の身分を示唆していた： V_4 に正準共役（Henneaux--Teitelboim）、論文12 の体積基準積分定数 $+C$ に双対、と読む。本稿はこの読みを態度へ発展させる： Λ が積分定数なら、それを ρ_{vac} から計算するのはカテゴリー錯誤。

本稿が行わないこと。問題を解かず、 Λ を予言しない。問いを正直に移し、真の構造的予言の場所（Sorkin）を指す。

§2. 通常の問題の立て方

標準的一般相対論は Λ を作用の結合定数として扱う：

$$S = \frac{1}{16\pi G} \int (R - 2\Lambda) \sqrt{-g} d^4x + S_{\text{matter}}$$

物質ラグランジアン of 定数シフト（特に真空エネルギー ρ_{vac} ）はここに直接入る、 $\int \rho_{\text{vac}} \sqrt{-g} d^4x$ がまさに宇宙項の形だから。ゆえに $\Lambda_{\text{eff}} = \Lambda_{\text{bare}} + 8\pi G \rho_{\text{vac}}$ 、観測値は ~ 120 桁の相殺を要する。問題は「真空エネルギーが宇宙項として重力する」前提の下では実在する。

§3. ユニモジュラー重力：積分定数としての Λ

ユニモジュラー重力では計量の行列式が固定され $\sqrt{-g} = \varepsilon_0$ 、計量は自由度を一つ失う。この拘束下で変分すると、完全なアインシュタイン方程式でなくそのトレースレス部分を得られる：

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{4} g_{\mu\nu} R = 8\pi G \left(T_{\mu\nu} - \frac{1}{4} g_{\mu\nu} T \right)$$

命題 3.1 (真空エネルギーは切り離される； Λ は積分定数)

空間的に一定な真空エネルギーは $T_{\mu\nu}^{\text{vac}} = -\rho_{\text{vac}} g_{\mu\nu}$ を与え、純トレースである： $T_{\mu\nu}^{\text{vac}} - \frac{1}{4} g_{\mu\nu} T^{\text{vac}} = 0$ 。ゆえに ρ_{vac} はトレースレス方程式を源としない。方程式の発散とビアンキ恒等式から積分定数 Λ が再導入され、復元されたアインシュタイン方程式にまさに宇宙項として入る。Henneaux--Teitelboim (1989) の微分同相不変な定式化では、この Λ は V_4 に正準共役。ゆえに Λ は境界/初期データで固定され、 ρ_{vac} から計算されない。

帰結：ユニモジュラー重力では真空エネルギーのシフト $\rho_{\text{vac}} \rightarrow \rho_{\text{vac}} + \text{定数}$ は観測不能——方程式を変えず、積分定数に吸収される。場の量子論の巨大な真空エネルギーは、物理的 Λ から切り離される。

§4. $+C$ の読み (論文62)

系 4.1 (Λ は $+C$ と同じく積分定数)

命題3.1 は論文62の $+C/\Lambda$ 双対を態度にしたもの。体積復元 $\int 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3}\pi r^3 + C$ (論文12) で、基準 $+C$ は体積の積分定数——被積分関数から定まらない。論文62 は V_4 に共役な Λ をその双対と同定した。ユニモジュラー重力は同じことを力学的に述べる： Λ は体積の上の積分定数。不定積分の $+C$ を被積分関数から計算しないのと同様、 Λ を真空エネルギーから計算しない。

§5. カテゴリー錯誤

観察 5.1 (「120桁」はカテゴリー錯誤)

数 $\sim 10^{120}$ は、真空エネルギー密度と観測される Λ の比を、前者が後者を源とするという前提の下で測る。命題3.1 により、ユニモジュラー重力ではその前提は偽： ρ_{vac} は Λ を源とせず、 Λ は境界データ。ゆえに「120桁」は、理論が同一視しない異なる種類の二量——計算された真空エネルギーと積分定数——を比べている。単一の数の微調整でなく、カテゴリーの不一致である。

これは数を消しはしない；意味を移す。この不一致は「真空エネルギー= Λ 」という帳簿づけが誤りである実在の証拠。再枠づけは解決でないが、どこを見るべきでないかは告げる。

§6. 何が達成され、何が達成されないか

正直さは、束ねられてきた二つの問題を分けることを要する：

- 輻射的/微調整問題（裸の定数が巨大な真空エネルギーを相殺せねばならない理由）は、真空エネルギーが切り離されるので取り除かれる（命題3.1）。
- 値問題（積分定数がなぜ小さいか）は解かれない。境界/初期条件、あるいは力学的/統計的機構の問いに変換される。

値問題については、真の規律ある構造的予言を指す。Sorkin の因果集合の議論は、まさにこの Λ -- V_4 共役を用いる： Λ と V_4 が共役なら、量子揺らぎは $\Delta\Lambda \sim 1/\sqrt{V_4}$ （プランク単位）を与え、現在 $\Lambda \sim H_0^2$ 、観測される桁になる。この見積もりは1998年の超新星観測の前になされ、正しい大きさを言い当てた。構造的再枠づけが勝ち取りうるものの手本——単なる貼り替えでなく、標準的期待と異なり確証される予言＝構造的な読みを物理的に昇格させる、まさにその基準。

§7. 主張の射程

確立されたこと

1. ユニモジュラー重力では一定の真空エネルギーはトレースレス方程式を源とせず、 Λ は V_4 に共役な積分定数として再び現れる（命題3.1）。
2. これは論文62の $+C/\Lambda$ 双対を力学的に実現（系4.1）； Λ を ρ_{vac} から計算するのはカテゴリー錯誤（観察5.1）。

確立されていないこと／未解決問題

- ・宇宙定数問題の解決。 Λ の値は予言されない；微調整は取り除くが小ささは境界条件の問いになる。
- ・ユニモジュラー重力が唯一/完全な枠組みであること。一つの確立された非弦の再枠づけで、解釈は文献で論じられている（定数を加えた一般相対論との古典的等価性など）。
- ・新しい物理（ユニモジュラー場の方程式も Sorkin の見積もりも引用・導出でない）。
- ・未解決：積分定数を固定する原理（境界条件、あるいは Λ の検証可能な時間依存性へ鋭くした Sorkin 型の揺らぎ則）で、再枠づけを予言に変えられるか？ Λ - V_4 共役（論文62・12）がそれを探す自然な場所。

§8. 結論

宇宙定数問題は通常、裸の定数を巨大な真空エネルギーに対して微調整する問題として立てられる。ユニモジュラー重力は Λ の身分を変える：計量の行列式を固定すると、場の方程式はトレースレスとなり、一定の真空エネルギーはそれを源とせず、 Λ は4体積に共役な積分定数として再び現れる——まさに論文62の $+C/\Lambda$ 双対。ゆえに Λ は境界データで計算された真空エネルギーではなく、「120桁」はカテゴリー錯誤。これは値を予言せずに微調整を取り除く； Λ の小ささは境界条件の問いとなり、そこで、同じ共役から引き出され観測前になされた Sorkin の見積もり $\Lambda \sim 1/\sqrt{V_4} \sim H_0^2$ が、規律ある構造的予言の姿を示す。私たちは再枠づけし、そして残るものを正直に述べる。

参考文献

1. Einstein, A. (1919). *Spiele Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle?* Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., 349–356.
2. Henneaux, M. & Teitelboim, C. (1989). *The cosmological constant and general covariance*. Phys. Lett. B, 222, 195–199.
3. Weinberg, S. (1989). *The cosmological constant problem*. Rev. Mod. Phys., 61, 1–23.
4. Sorkin, R. D. (1991). *Spacetime and causal sets*. In *Relativity and Gravitation: Classical and Quantum*, World Scientific, 150–173.
5. Ahmed, M., Dodelson, S., Greene, P. B. & Sorkin, R. (2004). *Everpresent Λ* . Phys. Rev. D, 69, 103523.
6. Ellis, G. F. R., van Elst, H., Murugan, J. & Uzan, J.-P. (2011). *On the trace-free Einstein equations as a viable alternative to general relativity*. Class. Quantum Grav., 28, 225007.
7. [Yamagishi 2026, Paper 12] *The Einstein–Yamagishi Volume Restoration Equation*. Zenodo. [10.5281/zenodo.21404703](https://zenodo.org/record/21404703)
8. [Yamagishi 2026, Paper 58] *The Factor Two as a Distinct Root*. Zenodo. [10.5281/zenodo.21597747](https://zenodo.org/record/21597747)
9. [Yamagishi 2026, Paper 62] *$+C$ and Λ : A Duality on the Volume Degree of Freedom*. Zenodo. [10.5281/zenodo.21598317](https://zenodo.org/record/21598317)

— *From thinking to syncing.* —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)