

位相空間 T^*M における速度空間曲率と時空計量の共変的シンプレクティック構造 — 論文66の宿題への「開かれた枠組み」：ヒンジの座標非依存な完成形 — [論文76]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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

2026年7月

— From thinking to syncing. —

要旨

論文66は一つの宿題を残した。重力赤方偏移は時空計量の底(base)の $\sqrt{g_{00}}$ に住み、静止エネルギーの幾何 $E = 4\pi/|K|$ は速度空間（繊維 fiber）に住む。この二つを、座標と運動量からなる位相空間（余接束 T^*M ）の上で、一つの共変的なシンプレクティック構造として組み上げられるか。本稿はこれを解くのではなく、開かれた枠組み（研究プログラム）として定式化を提案する。舞台はすべて古典力学の王道の道具——余接束 T^*M 、正準1形式 $\theta = p_\mu dx^\mu$ 、シンプレクティック2形式 $\omega = d\theta$ 、ハミルトン流——である。三つの観察を述べる。(1) 底の計量 $g_{\mu\nu}(x)$ ($\sqrt{g_{00}}$ を含む) と繊維の速度空間幾何（曲率 $K = -1/c^2$ ）は、 T^*M の上で別々の場所（水平方向と垂直方向）に自然に同居する。(2) その二つを繋ぐ「蝶番（ヒンジ）」は、ハミルトニアン $H(x, p)$ という一つの座標非依存な関数である（論文63のヒンジの完成形）。(3) 等価原理は「繊維の曲率が底のどの点でも同じ」という命題に翻訳される。射程：本稿は新しい数学も新しい予言も生まない。示すのは「二つの量が一つの共変的な相空間に別役割で同居する」という構造の記述のみである。 $\sqrt{g_{00}}$ と K は融合しない（別根、論文58/48）。量子力学も重力も導かない。第2層から第1層への昇格の唯一の正門は「標準と違う予言が一点でも出ること」——その候補としてホロノミー（Thomas 歳差と測地線歳差の同居）を挙げる。

本稿の位置づけ：本稿は確立された物理法則・数学的枠組みの構造的解釈であり、開かれた研究プログラムの提案である。新しい物理法則の発見も、未解決問題の解決も主張しない。用いる幾何学（余接束・シンプレクティック形式・ハミルトン力学）はすべて標準的な確立された道具であり、本稿はそれらに新たな定理を加えない。「宇宙OS」「同期(Sync)」「描画(rendering)」といった語は解釈のためのレンズ・比喩であって、検証可能な主張ではないことを、あらかじめ明示する。

1. 序：論文66が残した宿題

論文60は、特殊相対論の速度空間（許される速度 $|v| < c$ の集合）が曲率 $K = -1/c^2$ の双曲空間であることを用い、静止エネルギーを座標に依らない固有量 $E = 4\pi/|K| = 4\pi c^2$ として書いた。論文63は、この「速度空間の曲率 → エネルギー」と、アインシュタイン方程式の「エネルギー → 時空の曲率」とを、エネルギーを蝶番（ヒンジ）として観察した。論文66は、この蝶番を重力場へ素朴に持ち込むと赤方偏移を2乗ぶん効かせ過ぎることを示し、「局所の c 」（速度空間の半径・どこでも同じ）と「座標の c 」（見かけの値・向きで変わるゲージ量）は別の根だと結論した。そして次の宿題を開いた：

論文66の宿題（原文の要約）

赤方偏移は時空計量（底）の $\sqrt{g_{00}}$ に、静止エネルギーの幾何 $E = 4\pi/|K|$ は速度空間（繊維）に住む。この二つを位相空間 T^*M （座標×速度）の上で、一つの共変的なシンプレクティック構造として組み上げる自然な枠組みはあるか。これは論文63の「ヒンジ」の、座標に依存しない完成形にあたる。

本稿は、この問いに対する枠組みの提案である。答えを出すのではなく、「どの舞台の上で、どの道具を使えば、この宿題は正しく問える形になるか」を示す。

2. 二つの幾何と、それぞれの住所（別根の再確認）

まず、混同を避けるために二つの幾何を明確に分ける。これは論文58・48で確立した規律——出自の異なる量は、値が近くても統合してはならない——の、ここでの実践である。

量	住所	幾何	担う物理	出典
$\sqrt{g_{00}}(x)$	底 (base) M	時空の計量（ローレンツ計量）	重力赤方偏移・位置・ポテンシャル	論文66
$K = -1/c^2$ 、 $E = 4\pi/ K $	繊維 (fiber) $T_x M$	速度空間の双曲幾何	静止エネルギー・速度・慣性	論文60

この二つは別の対象である。 $\sqrt{g_{00}}$ は「各点 x にどんな重力ポテンシャルが立っているか」を測り（底の上の場合）、 K は「各点で許される速度たちがどう曲がっているか」を測る（各点に貼りついた繊維の性質）。値の混同を禁じたうえで本稿が問うのは、この二つが同じ一つの空間の上に、どのように"別役割で同居"するかである。同居は融合ではない。

3. 舞台：余接束 T^*M とその正準シンプレクティック構造

配置空間を時空 M とする。その余接束 T^*M ——各点 $x \in M$ に運動量 p の空間を貼りつけた空間——が、古典力学の自然な位相空間である。 T^*M には、座標の取り方に依らない標準的な構造が最初から備わっている。

標準的事実（正準シンプレクティック構造）

余接束 T^*M には、座標に依存しない正準1形式（ポアンカレ＝リウヴィル形式）

$$\theta = p_\mu dx^\mu$$

が定義され、その外微分

$$\omega = d\theta = dp_\mu \wedge dx^\mu$$

がシンプレクティック2形式（閉じた非退化な2形式）を与える。ハミルトン力学とは、関数

$H: T^*M \rightarrow \mathbb{R}$ に対し $\iota_{X_H}\omega = dH$ で定まるハミルトンベクトル場 X_H の流れとして運動を記述することである（Arnold, Abraham–Marsden）。

ここが要点である。位置 x と運動量 p （速度）は、 $\omega = dp \wedge dx$ によって最初から対にされている。「どこにいるか」と「どう動くか」は、位相空間の上で正準的に結ばれた一つの構造の二つの顔にすぎない。論文66が別々の住所に置いた二つの量は、まさにこの T^*M という一つの舞台の、底（ x 方向）と繊維（ p 方向）に対応する。

4. 座標非依存なヒンジ：ハミルトニアン $H(x, p)$

相対論的自由粒子（測地線運動）のハミルトニアンは、逆計量 $g^{\mu\nu}(x)$ を用いて

$$H(x, p) = \frac{1}{2} g^{\mu\nu}(x) p_\mu p_\nu$$

と書ける。この一つ関数の中に、底の幾何と繊維の量が別役割で同時に入っていることに注意する。

- $g^{\mu\nu}(x)$ (g_{00} を含む) は底 M の上場であり、位置に依存する。重力赤方偏移・ポテンシャルはここに住む（論文66の $\sqrt{g_{00}}$ ）。
- p_μ は繊維の座標であり、速度・運動量を担う。速度空間の双曲幾何・静止エネルギー $E = 4\pi/|K|$ はここに住む（論文60）。

観察 4.1（ヒンジの座標非依存な定式化）

論文63が「エネルギーを蝶番として二つの曲率が繋がる」と述べたことは、位相空間の言葉では次のように言い直せる：ハミルトニアン $H(x, p)$ こそが、底の計量 $g^{\mu\nu}(x)$ と繊維の運動量 p を一つの座標非依存な関数の中で結ぶ「蝶番」である。測地線流（重力の運動）は、この H が生成するハミルトン流 X_H にほかならない。エネルギーが蝶番なのは、 H の値がエネルギーだからである。

これは新しい力学ではない——測地線運動のハミルトン形式は標準的である。新しいのは読みだけである：論文60・66・63で別々に現れた三つの断片（繊維の曲率、底の $\sqrt{g_{00}}$ 、両者を繋ぐエネルギー）が、 T^*M 上のたった一つの H の中で、それぞれの正しい住所を保ったまま同居している、という観察である。

5. 水平と垂直の分解、そして等価原理

接続（コネクション）を一つ選ぶと、 T^*M の各点における接空間は水平方向（底 M に沿う＝位置の変化）と垂直方向（繊維に沿う＝運動量の変化）に分解される。シンプレクティック形式 $\omega = dp \wedge dx$ は、この水平と垂直を対にする。すなわち：

- 水平方向＝「どこにいるか」の変化。底の計量 $g_{\mu\nu}(x)$ の曲率（時空の曲率）が支配する。Gravity Probe B が実測した測地線歳差は、この水平ホロノミーの現れである（論文63）。
- 垂直方向＝「どう動くか」の変化。繊維の速度空間の曲率 $K = -1/c^2$ が支配する。原子内電子のThomas歳差は、この垂直ホロノミーの現れである（論文60・63）。

観察 5.1（等価原理の位相空間的翻訳）

等価原理（どこでも局所的には特殊相対論が成り立つ）は、本枠組みでは次のように翻訳される：繊維の速度空間の曲率 $K = -1/c^2$ は、底 M のどの点 x でも同じである。底の曲率（重力）は場所によって変わりうるが、各点に貼りついた繊維の内部幾何はどこでも不変——これが「局所の c はどこでも同じ」（論文66）の、束(bundle)の言葉での言い方である。

6. 射程（何を示し、何を示さないか）

本稿は枠組みの提案であり、その主張範囲を厳密に限定する。

示すこと（記述的）：

- 論文66が別々の住所に置いた二つの量——底の $\sqrt{g_{00}}$ と繊維の $E = 4\pi/|K|$ ——は、余接束 T^*M という一つの共変的な位相空間の、水平方向と垂直方向として自然に同居する。

- 論文63の「ヒンジ」は、 T^*M 上のハミルトニアン $H(x,p)$ という一つの座標非依存な関数として定式化できる（観察4.1）。
- 等価原理は「繊維の曲率が底のどの点でも一定」と翻訳できる（観察5.1）。

示さないこと（禁欲）：

- 新しい数学ではない。余接束のシンプレクティック幾何も測地線のハミルトン形式も完全に標準的である。本稿はそれらに定理を加えない。
- $\sqrt{g_{00}}$ と K を融合しない。両者は底と繊維の別の場所に住む別の量であり（論文58/48 の別根規律）、 T^*M 上での"同居"は融合ではない。
- 量子力学を導かない・重力を導かない。 H の量子化も、重力場の方程式の導出も、本稿の範囲外である。
- 新しい予言をしない。現時点で本枠組みは標準的な測地線力学と同じ観測結果を与える。ゆえに本稿は第2層（構造的解釈）にとどまる。

7. 昇格の正門：唯一の誠実な出口はホロノミー

この枠組みが第2層（解釈）から第1層（検証可能な物理）へ昇格する道は、ただ一つ——標準と違う予言が一点でも出ることである。地図は線路ではない。現時点でその予言はないが、最も有望な探索方向を正直に一つ挙げておく。

昇格の候補（未解決・要検証）

水平ホロノミー（測地線歳差・Gravity Probe B）と垂直ホロノミー（Thomas 歳差）は、いずれも同じ位相空間 T^*M 上の曲率が生む"閉じた道の一周でのズレ"である。両者が ω を通じて対にされているなら、両ホロノミーの相互作用（水平×垂直の混合項）が、標準的な各々の和とわずかに異なる観測量を予言するか？ もし予言し、それが測定可能なら、本枠組みは第1層へ昇格する。予言しないなら、本枠組みは「既知の力学の座標非依存な再記述」ととどまる——それでも、宿題を正しく問える形にした価値は残る。

この探索は魅力的だが、まだ定式化の段階である。予言が確定するまでは、本稿は「非科学の札」を併用しつつ、ゆっくり詰めるべき対象として扱う（論文の三層モデルにおける第2～3層）。

8. 結論

本稿は、論文66が残した宿題——底の $\sqrt{g_{00}}$ と繊維の $E = 4\pi/|K|$ を一つの共変的な構造に組む——に対し、余接束 T^*M の正準シンプレクティック構造という舞台を提案した。その上で、二つの量が水平・垂直として同

居すること、論文63のヒンジがハミルトニアン $H(\mathbf{x}, \mathbf{p})$ として座標非依存に書けること、等価原理が「繊維の曲率がどこでも一定」と翻訳できることを観察した。

これは「宇宙OSが、どこにいるか（位置）とどう動くか（速度）を、ハミルトン力学の裏側でどう同期(Sync)させているか」という問いへの、一つの誠実な枠組みである——ただし「OS」「同期」はあくまでレンズであり、示したのは標準的な幾何学的力学の中に宿題の正しい舞台があるという構造の観察にすぎない。新しい物理は、標準と違う予言が一点出たそのときに、初めて始まる。それまでは、これは開かれた枠組みである。

参考文献

1. Arnold, V. I. (1989). *Mathematical Methods of Classical Mechanics* (2nd ed.). Springer.
2. Abraham, R. and Marsden, J. E. (1978). *Foundations of Mechanics* (2nd ed.). Benjamin/Cummings.
3. Varičak, V. (1910). *Anwendung der Lobatschefskijschen Geometrie in der Relativtheorie*. Physikalische Zeitschrift 11, 93–96.
4. Thomas, L. H. (1926). *The Motion of the Spinning Electron*. Nature 117, 514.
5. Everitt, C. W. F. et al. (2011). *Gravity Probe B: Final Results of a Space Experiment to Test General Relativity*. Phys. Rev. Lett. 106, 221101.
6. Yamagishi, Y. (2026). *Velocity Space as Hyperbolic Geometry and $\mathbf{E} = 4\pi/|\mathbf{K}|$* [論文60]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21598012
7. Yamagishi, Y. (2026). *The Curvature-Duality Hinge: Energy Between Velocity-Space and Spacetime Curvature* [論文63]. Zenodo: 10.5281/zenodo.21606250.
8. Yamagishi, Y. (2026). *Local $\mathbf{c}$ versus Coordinate $\mathbf{c}$: Distinct Roots* [論文66]. Zenodo: 10.5281/zenodo.21616607.
9. Yamagishi, Y. (2026). *Distinct-Roots Discipline for Numerical Coincidences* [論文48]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21602525

— 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)