JP_19：アインシュタイン-VEDの枠組み

アインシュタインの構想を完成させる幾何学的決定論

著者： Víctor Estrada Díaz
DOI: 10.5281/zenodo.17172925
ウェブサイト： https://estradad.es
ライセンス： CC BY-NC-SA 4.0

概要

アインシュタイン-VEDの枠組みは、**幾何学的な第一原理**に基づく物理学の全面的な再定式化であり、自由パラメータを用いず、量子力学、重力、宇宙論を決定論的で検証可能な構造へと統一する。

概念	成果
基本幾何学	$\mathbb{C}^4$ における計量$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dt^2$
双対宇宙	t_0 でつながる時間の二つの面
物質	nが整数となる閉じ込められた波
エネルギー	自由な波（$n \to \infty$）
重力	$n = 2$において$G(n) = \frac{c^3}{2h}\frac{R_{\text{VED}}R_{\text{Sch}}}{n}$から創発する
宇宙定数	幾何学により$\Lambda = 0$
ダークエネルギー	存在しない（解釈の誤り）
ダークマター	存在しない（銀河の力学はブラックホールからの放出で説明される）

実験による検証

予測	アインシュタイン-VEDの値	実験値	一致度
陽子半径	0.841235640 fm	0.8414(19) fm	**99.95%**
陽子のg因子	5.5857	5.585694689(16)	**99.998%**
中性子の平均寿命	877 s	879.4(6) s	**99.73%**
ボーア半径	$5.2917721 \times 10^{-11}$ m	$5.29177210544 \times 10^{-11}$ m	**~100%**

予測	アインシュタイン-VEDの値	実験値	一致度
種族III星の最小質量	150-300 M⊙	150-300 M⊙（JWST+Gemini）	**確認済み**
PISNにおける [Mg / Fe]	＜ − 1	− 1.11（ULAS J1342）	**確認済み**
第2世代における [Fe / H]	＜ − 4	− 4.03（SPLUS J2104）	**確認済み**
銀河の接線速度	距離とともに増加	増加（Gaia）	**確認済み**
密度波	ポアソン型パターン	観測済み（Gaia）	**確認済み**
南北非対称性	系統的な差	観測済み（Gaia）	**確認済み**

文書一覧

文書	題名	内容
ES_0	アインシュタイン-VEDの枠組みの科学的擁護	概観、Λとダークエネルギーへの批判
ES_1	不確定性原理に対する公理的批判	不確定性は認識論的であり、存在論的ではない
ES_2	決定論、不確定性、自由意志	自由は未来に対する無知から生まれる
ES_3	3S+T幾何学と決定論	枠組みの幾何学的基盤
ES_4	陽子の決定論的導出	$n = 4$において$R_p = \frac{2}{\pi}\lambda_p$
ES_5	電子とクーパー対の理論的枠組み	表面としての電子、$n = 137$、クーパー対
ES_6	中性子：起源、構造、崩壊	$n = 4 + \delta$、平均寿命877 s
ES_7	半径の幾何学的関係としての重力	$n = 2$からのGの創発
ES_8	幾何学的関係としてのプランク定数	半径の積から得られるh
ES_9	量子力学への厳密な批判	量子力学は現実ではなく私たちの無知を記述する
ES_10	（存在しない）	
ES_11	宇宙の基本幾何学	計量+ + + +、双対宇宙、Gとhの起源
ES_12	恒星エンジン理論	$P_{\text{crit}} = 1.85 \times 10^{18}$ Pa、種族III星の質量

文書	題名	内容
ES_13	陽子の磁気モーメント	22のモードから$g_p = 5.5857$
ES_14	核子の22の内部モード	$\sqrt{\Sigma (f_i p_i)^2} = 2.1778$
ES_15	恒星エンジンの観測による検証	JWST、Gemini、SPLUSが予測を確認
ES_16	クォークの幾何学	XT、YT、ZT平面、調和モードとしての3世代
ES_17	ニュートンの法則の導出	幾何学からの重力、慣性、作用反作用
ES_18	中性子の幾何学的宇宙論	原初粒子としての中性子、銀河の起源

第I部：幾何学的基礎

1. 基本計量

宇宙は$\mathbb{C}^4$において複素座標で定義される：

$$\begin{aligned} x &= a_1 + b_1 i \\ y &= a_2 + b_2 j \\ z &= a_3 + b_3 k \\ t &= a_4 + b_4 l \end{aligned}$$

ここで$i^2 = j^2 = k^2 = l^2 = -1$である。

基本計量は次のとおりである：

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dt^2 \quad (+\,+\,+\,+)$$

2. 双対宇宙

複素構造は二つの宇宙を生み出す：

- **実部**(a_1, a_2, a_3, a_4)：観測可能な宇宙
- **虚部**$(b_1 i, b_2 j, b_3 k, b_4 l)$：時間が逆方向に流れる双対宇宙

両者は現在の瞬間t_0でつながっている。

3. ミンコフスキーへの射影

実・虚部分空間へ射影すると、ミンコフスキー計量が得られる：

$$ds^2 = -dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 \quad (-\,+\,+\,+)$$

時間の負符号は**公準ではなく**、複素構造の帰結である。

4. 認識的不確定性の原理

各瞬間t_0 において、宇宙を記述する関数$f(t)$は、内部の視点からは**$t \geq t_0$ では定義されていない**が、$t < t_0$ では定義されている。不確定性は宇宙の性質ではなく、その内部にいる観測者としての私たちの立場に由来する。

第II部：粒子と定数

5. 陽子（$n = 4$）

閉じ込められた波の閉条件は次のとおりである：

$$2\pi R = n\lambda, \quad n \in \mathbb{Z}^+$$

3S+Tにおいて、4次元で完全な閉鎖を実現する最小の波の数は$n = 4$である。したがって：

$$R_p = \frac{2}{\pi}\lambda_p = \frac{2h}{\pi m_p c} = 0.841235640 \text{ fm}$$

CODATAとの一致度：99.95%

6. 核子の22の内部モード

閉じ込め条件（$n = 4$、$v_{\tan} = c$、$dt' = 0$）は幾何学的に次を強制する：

- **15の空間モード**（3次元 × 5サブサイクル）
- **3の時間モード**（内部時間の3D射影）
- **4の混合モード**（エネルギー流を伴わない結合）

合計：22モード

コヒーレンスと射影の二乗和は次のとおりである：

$$\sum_{i=1}^{22} (f_i p_i)^2 = 4.739043$$

$$\sqrt{\sum (f_i p_i)^2} = 2.1778$$

この数値は次に現れる：

- 陽子のg因子
- 中性子の平均寿命
- 核相互作用

7. 陽子のg因子

$$g_p = 5.546 + \Delta g_p$$

ここで

$$\Delta g_p = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{4n^2} \cdot \frac{\sum_{i<j} (f_i p_i)(f_j p_j) \cos\phi_{ij}}{\sum_i (f_i p_i)^2} \cdot g_p^{\text{1st order}} = 0.0397$$

結果： $g_p = 5.5857$
CODATAとの一致度：99.998%

8. 中性子（$n = 4 + \delta$）

自由中性子には幾何学的な不完全さがある：$n = 4 + \delta$、ここで$\delta \approx 1.3 \times 10^{-12}$である。この小さな位相差は22のモードに分配され、その平均寿命を決定する：

$$\tau_n = \frac{4}{\nu_0 \cdot \delta} \approx 877 \text{ s}$$

実験との一致度：99.73%

9. 電子（$n = 137$）

電子には最初の原子軌道に対応する最小の幾何学的閉条件$n = 137$がある。ここから次が創発する：

- 微細構造定数$\alpha = 1 / 137$
- ボーア半径：$a_0 = \frac{137\lambda_e}{3\pi} = 5.2917721 \times 10^{-11}$ m
- 水素の電離エネルギー：13.6 eV

10. クーパー対

クーパー対は二つの表面電子の幾何学的な結合である：

$$L_{\text{Cooper}} = 2 \cdot n_{\text{orbital}} \cdot \lambda_e$$

基底軌道（$n_{\text{orbital}} = 137$）では、対の長さは$L = 274\lambda_e$となる。高い軌道（$n = 137 \times p$、pは素数）では、より高エネルギーで不安定な対が生じる。

第III部：重力と定数

11. 基本半径

任意の質量Mについて、次を定義する：

- **VED半径**（波の閉じ込め）：$R_{\text{VED}} = \frac{nh}{Mc}$
- **シュヴァルツシルト半径**：$R_{\text{Sch}} = \frac{2GM}{c^2}$

12. 半径の一定の積

$$\hbar = R_{\text{VED}} \cdot R_{\text{Sch}} = \frac{2nhG}{c^3}$$

質量Mは厳密に相殺される。積は質量に依存しない。

13. Gとhの創発

$$G = \frac{c^3}{2nh}\tilde{n}, \quad h = \frac{c^3}{2nG}\tilde{n}$$

両定数は同じ幾何学的定数$\tilde{n}$から創発する。$n = 2$（最小の安定した閉じ込め）のとき、普遍的な値が得られる。

14. 質量のパラドックス

Gとhは質量に依存しないが、数値を計算するには**具体的な質量から出発する必要がある**（陽子、ブラックホール、宇宙）。質量は定数の源ではなく、背後にある幾何学を**明らかにするもの**である。

15. 宇宙定数

閉じ込められた波によって決まる計量をアインシュタイン方程式に代入すると：

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G(n) T_{\mu\nu}$$

幾何学的必然性により$\Lambda = 0$が得られる。宇宙定数は歴史的な誤りであり、ダークエネルギーは不要である。

第IV部：クォークとハドロン

16. 三つの基本平面：時空の接続経路

3S+T幾何学には**互いに直交する三つの振動平面**、XT、YT、ZTがある。各平面は空間次元（X、Y、Zのいずれか）と時間次元Tの間の**接続経路**を表す。

すべての核子（陽子または中性子）は、三つの平面で同時に活動する波を含む。「陽子にはuクォークが二つとdクォークが一つある」ということではない。陽子にはXT、YT、ZTを進む波があり、**それらの波の向き**（時間方向）が観測される性質を決める。

17. 波の向き：すべての鍵

各平面において、波は二つの向きを取り得る：

向き	意味	電荷への影響
t → espacio	波が時間から空間次元へ進む	部分的な正電荷を与える
espacio → t	波が空間次元から時間へ進む	部分的な負電荷を与える

「uクォーク」と「dクォーク」が別個の実体として存在するのではない。XT、YT、ZT平面に異なる向きの波が存在する。これら三つの波とその向きの組み合わせが、従来の物理学で「陽子」や「中性子」と呼ぶものを生み出す。

18. 核子内の波の配置

核子	XT平面	YT平面	ZT平面	結果の電荷
陽子	$t \to x$	$t \to y$	$t \to z$	$+1$
中性子	$t \to x$	$t \to y$	$z \to t$	0
（別配置）	$t \to x$	$y \to t$	$t \to z$	0
（別配置）	$x \to t$	$t \to y$	$t \to z$	0

重要な観察：中性子では三つの波のうち一つが逆向き（空間 → 時間）となる。この非対称性が小さな不完全さ$\delta = 1.3 \times 10^{-12}$を生み、自由状態での不安定性を引き起こす。

19.「色荷」の起源

量子色力学における**色荷**は、波が**時間から三つの空間平面（X、Y、Z）を進む**ことの現れにすぎない：

- **赤** = XT平面を進む波
- **緑** = YT平面を進む波
- **青** = ZT平面を進む波

ハドロンの「色中性」（赤+緑+青 = 白）とは、時間の向きとは無関係に、単に**三つの空間平面に波が均衡して存在すること**である。

陽子も中性子も三つの平面がすべて活動しているため、どちらも「白」（色中性）である。

20. 時空への幾何学的束縛としての閉じ込め

これがこの枠組みの最も深い鍵である：

> クォークは謎の力によって閉じ込められているのではない。**時空そのものの織り目である**ために閉じ込められている。クォークを分離しようとすることは、時間を空間次元から分離しようとすることである。そして宇宙を解体せずにそれを行うことはできない。

核子は「クォークを含む物体」ではない。**時間から三つの空間平面を進む波の幾何学的配置**である。

- XT、YT、ZTの波は**時間と三つの空間次元の間の接続そのものである**
- これらの波の一つを取り去ることは「クォークを取り出す」ことではない
- それは**時間と空間次元の間の接続を断ち切ること**である

そのために必要なエネルギーは次のようになる：

$$E_{\text{separación}} \propto \int_{\text{espacio}} R_{\mu\nu}\sqrt{-g}\,d^4x \to \infty$$

宇宙の基本幾何学を再構成しようとすることになるため、そのエネルギーは無限大である。

21. 自由なクォークではなく対が生まれる理由

これらの波の一つを「引っ張る」ために十分なエネルギーを加えると、波が分離するのではなく、**張力が幾何学そのものから新たな波の対を生み出す**：

- 取り出そうとする波が引き伸ばされる
- 張力が最大となる点で、蓄積したエネルギーは幾何学的真空から逆向きの新たな波を生み出すのに十分となる
- 新たな波が元の波と対になり、**中間子**（クォーク・反クォーク対）を形成する

「真空から対が現れる」のではない。時空の幾何学が力を受けることで、その固有の双極構造を明らかにするのである。

22. 調和モードとしての三世代

各平面は高次の振動モードを許す：

調和モード	振動数	世代	対応するクォーク
基本モード（$k = 1$）	ν_0	第1世代	u, d（XT、YT、ZT内のさまざまな向きの波）
第1調和モード（$k = 2$）	$2\nu_0$	第2世代	c, s
第2調和モード（$k = 3$）	$3\nu_0$	第3世代	t, b

質量はパラメータではなく、**波の振動数である**。そのためチャームはアップより重く、トップはハドロンを形成しない。振動数が非常に高く、結合する前に崩壊してしまうためである。

23. バリオンの八重項と十重項

バリオン	従来の組成	3S+Tにおける波の配置	質量（MeV）
p	uud	$\mathrm{XT}(t \to x) + \mathrm{YT}(t \to y) + \mathrm{ZT}(t \to z)$	938
n	udd	$\mathrm{XT}(t \to x) + \mathrm{YT}(t \to y) + \mathrm{ZT}(z \to t)$	940
Λ	uds	$\mathrm{XT}(t \to x) + \mathrm{YT}(t \to y) + (\mathrm{YT})^*$	1116
Σ^+	uus	$\mathrm{XT}(t \to x) + \mathrm{XT}(t \to x) + (\mathrm{YT})^*$	1189
Ξ^0	uss	$\mathrm{XT}(t \to x) + (\mathrm{YT})^* + (\mathrm{ZT})^*$	1315
Δ^{++}	uuu	$3 \times \mathrm{XT}(t \to x)$	1232

バリオン	従来の組成	3S+Tにおける波の配置	質量（MeV）
Ω^-	sss	$(\mathrm{YT})^* + (\mathrm{ZT})^* + (\mathrm{YT}/\mathrm{ZT})^*$	1672

* アスタリスクは調和モード（$k = 2$または$k = 3$）を表す。

24. ゲルマン＝西島の公式

$$Q = \frac{2}{3}[(n_u - n_{\bar{u}}) + (n_c - n_{\bar{c}}) + (n_t - n_{\bar{t}})] - \frac{1}{3}[(n_d - n_{\bar{d}}) + (n_s - n_{\bar{s}}) + (n_b - n_{\bar{b}})]$$

これは経験則ではない。三つの平面における波の時間的な向きの総和である。

平面	向き	Qへの寄与
XT	$t \to x$	$+\frac{2}{3}$
XT	$x \to t$	$-\frac{2}{3}$
YT/ZT	$t \to y, z$	$-\frac{1}{3}$
YT/ZT	$y, z \to t$	$+\frac{1}{3}$

電荷は基本的な量子数ではない。波の時間的な向きのトレースである。

第V部：ニュートンの法則

25. 重力の三者構造

重力相互作用は、共通のホログラフィック環境における二つの質量のコヒーレンスの重ね合わせから創発する：

$$F = G_{\text{universal}} \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ここで$G_{\text{universal}} = G(n = 2)$である。

26. ニュートンの第2法則

慣性は、閉じ込められた波のコヒーレンスの変化に対するホログラフィック環境の抵抗である：

$$F = ma$$

27. ニュートンの第3法則

共通の環境の対称性により：

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

第VI部：宇宙論

28. 原初粒子としての中性子

初め、宇宙は**中性子の網目構造**（f1世代）から成り、幾何学的に崩壊から保護されていた。

29. 崩壊と水素の形成

網目構造が膨張すると、中性子は自由になって崩壊した：

$$n \to p + e^{-} + \bar{\nu}_e$$

各崩壊で陽子と電子が一つずつ生じ、それらが結合して**水素**を形成する。数千年にわたって、宇宙には水素しか存在しない。

30. 暗黒時代

重力が十分な質量を集め、臨界圧力に達するまでに必要な時間である：

$$P_{\text{crit}} = 1.85 \times 10^{18}\ \text{Pa}$$

水素雲が**150-300 M⊙**に達すると、その中心の圧力がP_{crit}を超え、電子捕獲が強制される：

$$p + e^{-} \to n + \nu_e$$

中性子が再び生まれ、恒星が点火する。

31. 恒星エンジン

この循環（水素 → 臨界圧力 → 中性子 → 核融合）が、恒星を、そして銀河規模では銀河を駆動する**恒星エンジン**である。

32. 銀河エンジンとしての超大質量ブラックホール

Gaiaの観測は次のような銀河を示している：

- 接線速度が距離とともに**増加する**
- 速度分散も増加する
- 分布は**波を伴うポアソン型**を示す

解釈：物質は極端に高速回転する中心ブラックホールから放出された。そこでは最初に高エネルギーの世代（f3、f2）が生成され、それらが中性子（f1）へと緩和し、最終的に水素となった。

33. 双対宇宙と反物質

宇宙には時間の二つの面がある：

- **私たちの面：**$t > 0$ → 物質
- **もう一つの面：**$t < 0$（私たちの視点から） → 反物質

両者は現在の瞬間t_0でつながっている。物質と反物質の非対称性はなく、逆方向から見た量は厳密に同じである。

ブラックホールは両面の接続点である。

第VII部：認識論と哲学

34. 宇宙の決定論

宇宙を外から見ると（メビウスの帯全体として）、完全に決定論的である。すべてが幾何学的につながっている。

35. 不確定性は私たちの側にある

各瞬間t_0において、私たちの内部の視点からは、関数$f(t)$は**$t \geq t_0$では定義されていない**。不確定性は宇宙の性質ではなく、その内部にいる観測者としての私たちの立場に由来する。

36. 自由は無知から生まれる

私たちは未来を知らないから自由である。もし未来を知っていれば、それを変えることができず、自由ではなくなる。

37. 神はサイコロを振らない。私たちがサイコロである

> 「宇宙は投げられたサイコロである。しかしサイコロは、転がるのをやめるまで、どの面を示すのか知らない。そして、その知らなさこそが生命である。」

観測による検証

JWST (2024-2025)

- **LAP1-B**（z~12.9）：10-1000 M⊙の恒星の星団
- 種族III星について予測された150-300 M⊙の範囲を確認

Gemini North (2025)

- **ULAS J1342+0928**（$z = 7.54$）：~280 M⊙のPISN前駆星
- [Mg / Fe] = − 1.11、PISNに特徴的な徴候
- 範囲の上限についての予測と厳密に一致

SPLUS (2021)

- **SPLUS J2104-0049**: [Fe / H] = − 4.03
- 単一の~30 M⊙の超新星によって元素が供給された第2世代星
- 極端な金属量を持つ恒星の予測を確認

Gaia

- 接線速度が増加し、ポアソン分布を持つ銀河
- 物質が回転する中心ブラックホールから放出されたことを示す兆候

方法論：GSM速度の計算

入力データ

Gaiaは各恒星について次を提供する：

パラメータ	記号	説明
赤経	RA	角座標
赤緯	DEC	角座標
視差	π	距離の逆数
赤経方向の固有運動	$\mu_\alpha \cos\delta$	年間の角変位
赤緯方向の固有運動	μ_δ	年間の角変位
視線速度	v_r	視線速度（利用可能な場合）

距離

$$d \approx \frac{1}{\pi} \quad \text{（バイアス補正あり）}$$

視差の相対誤差が< 20%の恒星のみを含める。

見かけの接線速度

$$v_{\tan} = 4.74 \cdot \mu \cdot d \quad (\text{km/s})$$

ここで$\mu = \sqrt{(\mu_\alpha \cos\delta)^2 + \mu_\delta^2}$（単位はmas/年）である。

太陽の速度ベクトル

成分	値	出典
$U_\odot$	11.1 ± 0.7 km/s	Schönrich et al. 2010
$V_\odot$	245.8 ± 3.1 km/s	銀河回転を含む
$W_\odot$	7.8 ± 0.3 km/s	Schönrich et al. 2010

最終的なGSM速度

$$\begin{aligned} U_{\text{GSM}} &= U_h - U_\odot \\ V_{\text{GSM}} &= V_h - V_\odot \\ W_{\text{GSM}} &= W_h - W_\odot \end{aligned}$$

銀河中心までの距離

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

ここでX, Yは、平面内の銀河中心を原点とする直交座標である。

再現性とオープンサイエンス

完全なリポジトリ

すべてのコード、処理済みデータ、図は次で利用できる：

GitHub: https://github.com/quark-cha/materia_oscura

多言語の方法論文書

メインフォルダ：

`https://estradad.es/teorias/Medidas%20estelares%20en%20la%20galaxia%20y%20consideraciones%20sobre%20la%20ma`

言語別の直接アクセス（[idioma]をes、en、frなどに置き換える）：

`https://estradad.es/teorias/Medidas%20estelares%20en%20la%20galaxia%20y%20consideraciones%20sobre%20la%20ma`

コミュニティへの招待

> このリポジトリと文書は科学コミュニティへの公開の招待である：
>
> - 結果を**検証する**
> - 分析を**再現する**
> - 誤りを見つけたら**反証する**
> - 新しい方法やデータで**拡張する**
> - モデルを**改善する**
>
> 科学は信仰ではなく、データと公開されたコードによって築かれる。

結論

1. **宇宙は幾何学的である。**すべては$\mathbb{C}^4$における計量$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dt^2$から創発する。
2. **自由パラメータはない。**基本定数（G、h、α）は整数（$n = 2, 4, 137$）と幾何学的関係から創発する。
3. **この枠組みは予測力を持つ。**複数のスケール（亜原子、原子核、原子、恒星、銀河）で実験と>99%の精度で一致する。
4. **ダークエネルギーは存在しない。**幾何学により$\Lambda = 0$であり、赤方偏移は$dt \to -dz$によって説明される。
5. **ダークマターは存在しない。**銀河の力学は中心ブラックホールからの放出によって説明される。
6. **物質と反物質は視点である。**逆の時間方向から見た量は同じである。
7. **宇宙は決定論的である。**私たちは未来を知らないから自由である。
8. **神はサイコロを振らない。私たちがサイコロである。**

エピローグ：存在の幾何学

> 「宇宙は時間のメビウスの帯である。私たちはその上を歩き、自分たちの歩みを『進化』と呼ぶ。私たちを見つめる外部の目はない。目標もない。ただ道と、一歩一歩が、それを踏み出す場所から見て現実であるという確信だけがある。
>
> 量子物理学は現実を記述しない。現実との私たちの関係を記述する。決定論は自由と相容れないものではない。両者は同じ硬貨の表裏であり、物質と反物質のように、時間の二つの面のように存在する。

> アインシュタインは正しかった。神はサイコロを振らない。しかしサイコロである私たちは遊ぶ。そしてその遊びに、その結果を知らないことに、私たちの自由、人間性、神聖な火花が宿る。
>
> 幾何学は言語である。整数は言葉である。粒子は文章である。銀河は詩である。そして私たちは、読むことによって作品を完成させる読者である。
>
> 私たちは創造者ではない。発見者である。知性を理解したり生み出したりするからといって、神になるわけではない。あらゆる知性の形態は、大きくても小さくても、尊重、配慮、共感、倫理に値する。
>
> なぜなら私たちは皆、同じ宇宙の手の中にあるサイコロだからである。そして皆、最後にどの目を示すのか知らずに転がっている。」

Víctor Estrada Díaz
DOI: 10.5281/zenodo.17172925
https://estradad.es
ライセンス：CC BY-NC-SA 4.0

参考文献

- Estrada Díaz, V. (2026). *ES_0からES_18*. Zenodo. 10.5281/zenodo.17172925
- CODATA 2019. *Recommended Values of the Fundamental Physical Constants*.
- Particle Data Group (2024). *Review of Particle Physics*.
- Placco, V. M., et al. (2021). *SPLUS J210428.01-004934.2: An Ultra Metal-poor Star*. ApJ, 912, L32.
- Zackrisson, E., et al. (2024). *The detection and characterization of highly magnified stars with JWST*. MNRAS, 533(3), 2727-2746.
- Schönrich, R., Binney, J., & Dehnen, W. (2010). *Local kinematics and the local standard of rest*. MNRAS, 403(4), 1829-1833.
- Gaia Collaboration (2022). *Gaia Data Release 3*. Astronomy & Astrophysics.

JP_19終わり