落ちる箱の中で重力が見分けられない大きさは、物理ではなく計器の精度が決める

— 箱の上下の重力の差は潮汐の勾配 $2GM/r^3$ に高さを掛けた値で、見分けがつく箱の高さは精度÷勾配である。地表で精度 10^{-8} m/s² なら 3.243790 mm、10^{-11} なら 3.243790 μm、太陽質量のブラックホールの地平線では 9.709164×10^{-19} m、10 億太陽質量なら 0.9709164 m になる — 分離子は、箱を小さくしているのが精度か、勾配か — [論文1029]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

アインシュタインは、落ちる箱の中では重力が消える、という着想を「生涯最良の名案」と呼んだ。だが箱の上と下では重力が違い、差は潮汐の勾配と箱の高さの積で、計器が細かければどんな箱でも重力は見分けられる。本稿は、その差の大きさと、計器の精度で決まる箱の高さを、地球・月・太陽の表面、中性子星の表面、ブラックホールの地平線で数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、これが本稿の芯である。箱の大きさを決めるのは精度÷勾配である——地表の潮汐の勾配 $2GM/R^3$ は $\mathbf{3.082813 \times 10^{-6}}$ 毎秒毎秒で、有限差分と一致し、$2g/R = \mathbf{3.078528 \times 10^{-6}}$ と 1 パーセント以内で一致する。1 m の箱の上下の差は g の $\mathbf{3.143595 \times 10^{-7}}$ 倍で、精度 10^{-8} m/s² の計器なら高さ $\mathbf{3.243790 \times 10^{-3}}$ m、10^{-11} なら $\mathbf{3.243790 \times 10^{-6}}$ m の箱で見分けがつく（第2節・第3節）。 第二に、同じ精度でも、場所で箱の大きさは 20 桁動く——精度 10^{-8} で、月の表面では $\mathbf{5.351177 \times 10^{-3}}$ m、太陽の表面では $\mathbf{1.268274 \times 10^{-2}}$ m、中性子星の表面（1.4 太陽質量・半径 12 km）では $\mathbf{4.649033 \times 10^{-17}}$ m、太陽質量のブラックホールの地平線では $\mathbf{9.709164 \times 10^{-19}}$ m、10 億太陽質量の地平線では $\mathbf{0.9709164}$ m である（第3節）。 第三に、地平線の勾配は質量の二乗の逆数で効く——半径 $2GM/c^2$ での勾配は $c^6/(4G^2M^2)$ で、太陽質量で $\mathbf{1.029955 \times 10^{10}}$ 毎秒毎秒、10 億太陽質量で $\mathbf{1.029955 \times 10^{-8}}$、比は質量の比の二乗 10^{18} に一致する。重いブラックホールほど、地平線の箱は大きい（第3節）。 第四に、箱の高さは精度に比例する——精度を 10^{-6}・10^{-8}・10^{-9}・10^{-11} にすると地表の箱は $\mathbf{3.243790 \times 10^{-1}}$・$\mathbf{3.243790 \times 10^{-3}}$・$\mathbf{3.243790 \times 10^{-4}}$・$\mathbf{3.243790 \times 10^{-6}}$ m で、1000 倍細かい計器は箱を 1000 分の 1 にする（第3節）。 第五に、落ちるあいだに差は積もる——1 m の箱で自由落下 1 秒のあいだに上下の二点が離れる距離は $\mathbf{1.541407 \times 10^{-6}}$ m で、箱の高さを地球の半径にすれば差は g の 2 倍になる（第3節）。 第六に、分離子は、箱を小さくしているのが精度か、勾配か——精度を上げれば箱は小さくなり、勾配の大きい場所でも箱は小さくなる。「局所的に」の局所の大きさは、この二つの比で決まり、物理の定数からは出ない（第4節）。 キーワード：等価原理、潮汐力、落ちる箱、重力の勾配、計器の精度、事象の地平線。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——等価原理が局所的にしか成り立たないこと、潮汐の勾配 2GM/r³、落ちる箱の思考実験（アインシュタイン 1907）、ブラックホールの地平線での潮汐が質量の二乗の逆数で効くことは、いずれも既知である。ニュートンの勾配で数える——一般相対論の潮汐テンソルは使わず、地平線での値は 2GM/r³ に r＝2GM/c² を入れた目安で、座標の取り方に依る。計器の精度は代表値である——10^{-6}・10^{-8}・10^{-9}・10^{-11} m/s² は比べるための値で、特定の重力計の性能を主張しない。等価原理の三つの区別に入らない——弱い・アインシュタイン・強いの区別は論文165 の側である。本稿は箱の大きさだけを見る。天体の値は代表値である——中性子星の質量と半径、地球・月・太陽の半径は代表値である。既刊との関係：論文165 は、等価原理が三つあり、精度をいくら上げても三つ目には届かないことを示した——ここでは、精度を上げると成り立つ箱が小さくなることを、勾配との比で数える。論文485 は、ミッチェルの半径がシュヴァルツシルト半径と一致するのに理由が違うことを示した——ここでは、その半径での潮汐の勾配が質量の二乗の逆数になることを数える。論文1006 は、アインシュタイン＝ローゼン橋の喉が 2πGM/c³ で閉じて光も渡れないことを示した——ここでは、同じ地平線の大きさの箱の中で重力が見分けられるかを、質量ごとに数える。加えたのは、箱の高さを精度÷勾配として六つの場所で出したこと、地平線の勾配が質量の二乗の逆数で効くことを二つの質量で確かめたこと、落ちるあいだに積もる差を出したことである。

1. 記法と問い

設定：質量 M の天体から距離 r にある高さ h の箱を考える。箱の上と下で重力の加速度は $GM/(r-h/2)^2$ と $GM/(r+h/2)^2$ だけ違い、h が r より小さければ差は $(2GM/r^3)h$ である。精度 p の計器で見分けがつく箱の高さを $h = p/(2GM/r^3)$ と置く。

問い：落ちる箱の中で重力が消える「局所」の大きさは、何で決まるか。

2. 勾配の検算

計算 2.1：地表（$M = 5.9722 \times 10^{24}$ kg・$R = 6.371 \times 10^{6}$ m）で $2GM/R^3 = 3.082813 \times 10^{-6}$ 毎秒毎秒、1 m の上下で g を有限差分すると 3.082813×10^{-6}、$2g/R$（$g = 9.80665$）は 3.078528×10^{-6} である。1 m の箱の上下の差は g の 3.143595×10^{-7} 倍である。

> **観察 2.2**
>
> 差はゼロではなく、小さいだけである。どんなに小さな箱でも上と下で重力は違う——「見分けられない」は、計器がその差より粗いという意味である。

3. 六つの場所の箱

計算 3.1：精度 10^{-8} と 10^{-11} m/s² で見分けがつく箱の高さを六つの場所で出した。

場所	勾配（毎秒毎秒）	精度 10^{-8} の箱（m）	精度 10^{-11} の箱（m）
地球の表面	3.082813×10^{-6}	3.243790×10^{-3}	3.243790×10^{-6}
月の表面	1.868748×10^{-6}	5.351177×10^{-3}	5.351177×10^{-6}
太陽の表面	7.884734×10^{-7}	1.268274×10^{-2}	1.268274×10^{-5}
中性子星の表面	2.150985×10^{8}	4.649033×10^{-17}	4.649033×10^{-20}
太陽質量の地平線	1.029955×10^{10}	9.709164×10^{-19}	9.709164×10^{-22}
10^{9} 太陽質量の地平線	1.029955×10^{-8}	0.9709164	9.709164×10^{-4}

地平線 $r = 2GM/c^2$ での勾配は $c^6/(4G^2M^2)$ で、太陽質量で 1.029955×10^{10}、二つの質量の比は 10^{18} で質量の比の二乗に一致する。地表の箱は精度を 10^{-6}・10^{-8}・10^{-9}・10^{-11} にすると 3.243790×10^{-1}・3.243790×10^{-3}・3.243790×10^{-4}・3.243790×10^{-6} m である。

計算 3.2：1 m の箱で自由落下 1 秒のあいだに上下の二点が離れる距離は $(2gh/R)t^2/2 = 1.541407 \times 10^{-6}$ m である。箱の高さを地球の半径にすれば差は g の 2.000000 倍になる。

> **観察 3.3**
>
> これが本稿の芯である。箱の大きさを決めるのは精度÷勾配である。同じ精度でも、地表と太陽質量の地平線では箱の大きさが 16 桁違い、太陽質量と 10^9 太陽質量の地平線では 18 桁違う——重いブラックホールほど地平線の潮汐は弱く、箱は大きい。論文485 が数えたミッチェルの半径での勾配は、質量の二乗の逆数である。

4. 分離子と、言わないこと

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、箱を小さくしているのが精度か、勾配か。精度を上げれば箱は小さくなり、勾配の大きい場所でも箱は小さくなる——「局所的に」の局所の大きさは、この二つの比で決まり、物理の定数からは出ない。論文165 が数えた三つの等価原理は精度で届く先が違ったが、ここでは精度が箱の側を動かす。

> **観察 4.2**
>
> 言わないこと。潮汐テンソルは使わず、地平線の値は座標に依る目安である——計器の精度と天体の値は代表値で、論文1006 が数えた喉の閉じる時間には入らない。

5. 点呼と結び

1. 地表の勾配 3.082813×10^{-6} ・2g/R＝3.078528×10^{-6} ・1 m の差は g の 3.143595×10^{-7} 倍（計算 2.1）：差はゼロではない。
2. 地表の箱 3.243790×10^{-3} m（精度 10^{-8}）・3.243790×10^{-6} m（10^{-11}）（計算 3.1）：本稿の芯。
3. 月 5.351177×10^{-3} ・太陽 1.268274×10^{-2} ・中性子星 4.649033×10^{-17} ・太陽質量の地平線 9.709164×10^{-19} ・10^{9} 太陽質量 0.9709164 m（計算 3.1）：20 桁動く。
4. 地平線の勾配 1.029955×10^{10} と 1.029955×10^{-8}（計算 3.1）：質量の二乗の逆数。
5. 落ちる 1 秒で 1.541407×10^{-6} m（計算 3.2）：差は積もる。
6. 精度か、勾配か（観察 4.1）：分離子・論文165・485・1006。

結び：落ちる箱の中で重力が見分けられない大きさは、物理ではなく計器の精度が決める。箱の上下の差は潮汐の勾配 $2GM/r^3$ に高さを掛けた値で、地表では 1 m あたり 3.082813×10^{-6} m/s²、見分けがつく箱の高さは精度÷勾配である。精度 10^{-8} で地表 3.243790 mm、太陽質量のブラックホールの地平線 9.709164×10^{-19} m、10 億太陽質量の地平線 0.9709164 m——地平線の勾配は質量の二乗の逆数で、重いほど箱は大きい。分離子は、箱を小さくしているのが精度か、勾配かである。既刊との位置——論文165 は等価原理が三つあることを、論文485 はミッチェルの半径が当たっていた理由を、論文1006 は橋の喉が閉じる時間を示した。ここでは、「局所」の大きさが精度と勾配の比で決まることを数えた。正直に言えば——どの箱も、実在の計器で測ってはいない。

参考文献

1. Einstein, A. (1907). Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen. *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*.
2. 山岸勇輝 (2026). 『「等価原理」は三つある』[論文165]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22092957
3. 山岸勇輝 (2026). 『ミッチェルの半径は当たっていたが、当たっていた理由は違う』[論文485]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22759928
4. 山岸勇輝 (2026). 『アインシュタイン＝ローゼン橋の喉は周 $4\pi GM/c^2$ まで開いて $2\pi GM/c^3$ で閉じ、光も向こう側へ渡れない』[論文1006]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22823763

— 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)