放射平衡そのものは年代を与えず、平衡からのずれだけが時計になる

— 娘の半減期の **1・3・5・7・10** 倍で、娘と親の放射能の比は **0.5000000・0.8750000・0.9687500・0.9921875・0.9990234** — 分離子は、年代を平衡からのずれで読むか、そのずれが測定誤差より大きいか — [論文796]

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

放射性の親から娘が生まれ、娘も崩れるとき、十分に時間がたつと娘と親の放射能は等しくなる（放射平衡）。平衡に近づく速さは娘の半減期で決まるので、それを時計に使うことができる。平衡への近づき方、比から読む年代の誤差、平衡の比が 1 にならない場合を数え、時計になっているのが何かを確かめる。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、平衡には、半減期ごとに半分ずつ近づく——7 半減期で 0.9921875、10 半減期で 0.9990234（第2節）。 **第二に、これが本稿の芯である。平衡に近いほど、年代の誤差は膨らむ——比の誤差 ±0.005 で、年代の誤差は 1 半減期で年代の 0.014427、7 半減期で 0.131904**（第3節）。 **第三に、時計が最もよく読めるのは、半減期ちょうどではない——相対誤差が最小になるのは 1/λ、半減期の 1.442695 倍で 0.013591**（第3節）。 **第四に、平衡に近すぎると、年代そのものが出ない——7 半減期では測った比が 1 を超える割合が 0.059150、1 割の精度が保てるのは半減期の 6.491775 倍まで**（第3節）。 **第五に、平衡の比は、いつも 1 ではない——親の半減期が娘の 11 倍ほどしかないと、比は 1.100223 に向かう**（第4節）。 **第六に、分離子は、年代を平衡からのずれで読むか、そのずれが測定誤差より大きいか——「平衡に達しているから古い」は、ずれが誤差より大きいかを言うまで年代にならない**（第5節）。 キーワード：放射平衡、永続平衡、過渡平衡、放射年代、誤差の伝わり方、ベイトマンの式。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——親と娘の崩壊の連立の式とその解（ベイトマン）、永続平衡と過渡平衡、娘と親の放射能の比から年代を読むこと、比の誤差が年代の誤差にどう伝わるかは、いずれも既知である（ベイトマン 1910、フォール＆メンシング 2005）。値は代表値である——娘の半減期 75600 年、比の誤差 ±0.005、過渡平衡の親 65.94 時間・娘 6.0067 時間は比べるための値で、特定の試料や測定所の精度は主張しない。はじめに娘は無いと置く——はじめから娘があった場合や、途中で出入りがある場合（開いた系）は扱わない。二つだけの鎖を見る——三つ以上つながる崩壊の系列や、枝分かれする崩壊は入れない。年代の決め方の実務を扱わない——どの試料にどの時計を使うかは述べない。既刊との関係：論文346 は、三つの反応次数のうち二つでは「半減期」が物質の性質ですらないことを示した——その射程注記は、放射性崩壊の機構には入らず、可逆反応や逐次反応には立ち入らないと明記していた。そこでは一つの物質の減り方を見た。ここでは親から娘が生まれる逐次の崩壊で、娘の半減期が時計になり、その時計が平衡に近いほど読めなくなることを数える。加えたのは、比の誤差を年代の誤差に伝え、1 割に収まる限界 **6.491775** 半減期と、最もよく読める **1.442695** 半減期を出したこと、乱数で年代のばらつきと年代が出ない割合を数えたこと、過渡平衡の比を式と数値積分の二通りで出したこと、分離子を「ずれで読むか、ずれが誤差より大きいか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：親の崩壊定数を λ_A、娘を λ_B とする。親がずっと長生きなら、娘と親の放射能の比 R は次のように 1 に近づき、比から年代を読める。比の誤差 σ_R は年代の誤差 σ_t に伝わる。

$$R(t) = 1 - e^{-\lambda_B t}, \qquad t = -\frac{\ln(1-R)}{\lambda_B}, \qquad \sigma_t = \frac{\sigma_R}{\lambda_B (1-R)}$$

親が長生きでないときは、比の行き先と娘の放射能が最大になる時刻が次のようになる（過渡平衡）。

$$\frac{A_B}{A_A} \to \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}, \qquad t_{\max} = \frac{\ln(\lambda_B/\lambda_A)}{\lambda_B - \lambda_A}$$

問い：放射平衡を時計に使うとき、時を刻んでいるのは何か。

2. 平衡への近づき

計算 2.1：娘の半減期の倍数ごとに、比 R を出した。

経過時間（娘の半減期の倍数）	放射能の比
1	0.5000000
3	0.8750000
5	0.9687500
7	0.9921875
10	0.9990234

> **観察 2.2**
>
> 平衡には、半減期ごとに半分ずつ近づく。残るずれ $1 - R$ は半減期ごとに半分になり、7 半減期で 0.9921875、10 半減期で 0.9990234 である——比が 1 に近づくほど、比そのものは時間についてほとんど何も言わなくなる。

3. 年代の誤差

計算 3.1：娘の半減期を 75600 年、比の誤差を ±0.005 と置き、年代とその誤差を出した。同じことを乱数（40000 回）でも数えた。

年代	比	年代の誤差	年代に対する割合
1 半減期（75600 年）	0.500000	1090.677451 年	0.014427
3 半減期（226800 年）	0.875000	4362.709804 年	0.019236
5 半減期（378000 年）	0.968750	17450.839215 年	0.046166
7 半減期（529200 年）	0.992188	69803.356858 年	0.131904

乱数で数えたこと	3 半減期	7 半減期
年代のばらつき	**4392.807006** 年	**86021.414825** 年
誤差の式との比	**1.006899**	**1.232339**
比が 1 を超えて年代が出ない割合	**0.000000**	**0.059150**

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。平衡に近いほど、年代の誤差は膨らむ。年代の誤差は 1 半減期で年代の **0.014427**、5 半減期で **0.046166**、7 半減期で **0.131904** になる——時を刻んでいるのは平衡そのものではなく、平衡からのずれ $1-R$ で、ずれが小さくなるほど同じ誤差が大きな年代の幅になる。

> **観察 3.3**
>
> 時計が最もよく読めるのは、半減期ちょうどではない。年代に対する誤差の割合が最小になるのは $1/\lambda$、式で **109067.745091** 年（半減期の **1.442695** 倍）、数値で **109067.744366** 年で、そのときの割合は **0.013591**（$\sigma_R e$）である。

> **観察 3.4**
>
> 平衡に近すぎると、年代そのものが出ない。年代の誤差が 1 割に収まるのは **490778.162781** 年、半減期の **6.491775** 倍までである。7 半減期では乱数のばらつきが式の **1.232339** 倍に広がり、測った比が 1 を超えて年代が出ない場合が **0.059150** ある——ずれが測定誤差に並ぶと、誤差の式そのものが当てにならなくなる。

4. 平衡の比が 1 にならないとき

計算 4.1：親 **65.94** 時間・娘 **6.0067** 時間の組で、比の行き先、娘の放射能が最大になる時刻、**200** 時間での比を、式と数値積分の二通りで出した。

量	値
比の行き先	**1.100223**
娘の放射能が最大になる時刻	**22.843068** 時間
200 時間での比（式・数値）	**1.100223**・**1.100223**
二通りの差	2.887×10^{-15}

> **観察 4.2**
>
> 平衡の比は、いつも 1 ではない。親の半減期が娘の 11 倍ほどしかないと、比は 1 ではなく 1.100223 に向かう——比が一定になったことは平衡に達した印だが、その値が 1 かどうかは親の長生きの程度で決まる。

5. 分離子

> **観察 5.1**
>
> 分離子は、年代を平衡からのずれで読むか、そのずれが測定誤差より大きいか。ずれが誤差より十分に大きい 1 半減期では年代の 0.014427 の精度で読め、ずれが誤差に並ぶ 7 半減期では 0.131904 に膨らんで、年代が出ない場合も 0.059150 ある——「平衡に達しているから古い」は、ずれが誤差より大きいかを言うまで年代にならない。

> **観察 5.2**
>
> 論文346 と並べる。346 は、一つの物質の減り方で「半減期」が性質でありうるかを反応次数で分け、逐次反応には立ち入らなかった——ここでは親から娘への逐次の崩壊で、娘の半減期が時計になり、平衡に近いほど読めなくなることを数えた。

> **観察 5.3**
>
> 言わないこと。はじめから娘がある場合、開いた系、三つ以上の系列、実在の試料や測定所の精度は扱わない——示したのは、時を刻むのが平衡ではなくずれであり、ずれが消えるほど時計が止まって見えることである。

6. 点呼と結び

1. **7** 半減期で **0.9921875**（計算 2.1）：平衡に近い。
2. **1** 半減期の誤差 **0.014427**（計算 3.1）：よく読める。
3. **7** 半減期の誤差 **0.131904**（観察 3.2）：本稿の芯。
4. 最小は半減期の **1.442695** 倍（観察 3.3）：$\mathbf{1/\lambda}$。
5. 最小の割合 **0.013591**（観察 3.3）：$\sigma_R e$。
6. **1** 割の限界 **6.491775** 半減期（観察 3.4）：読める範囲。
7. 年代が出ない割合 **0.059150**（観察 3.4）：ずれが誤差に並ぶ。
8. 乱数と式の比 **1.232339**（計算 3.1）：誤差の式が崩れる。
9. 過渡平衡の比 **1.100223**（観察 4.2）：**1** にならない。
10. ずれで読むか、ずれが誤差より大きいか（観察 5.1）：分離子・論文**346**。

結び：放射平衡そのものは年代を与えず、平衡からのずれだけが時計になる。娘の半減期ごとにずれは半分になり、**7** 半減期で比は **0.9921875**、**10** 半減期で **0.9990234** である——比が **1** に近づくほど、比そのものは時間について語らなくなる。比の誤差 **±0.005** で読むと、年代の誤差は **1** 半減期で年代の **0.014427**、**7** 半減期で **0.131904** に膨らみ、最もよく読めるのは半減期の **1.442695** 倍（**0.013591**）、**1** 割に収まるのは **6.491775** 倍までで、**7** 半減期では年代が出ない場合が **0.059150** ある。親が十分に長生きでなければ、平衡の比は **1.100223** に向かう——時を刻むのは平衡ではなくずれで、ずれが誤差に並ぶと時計は止まって見える。分離子は、年代を平衡からのずれで読むか、そのずれが測定誤差より大きいかである。既刊との位置——論文**346** は一つの物質の半減期を反応次数で分けた。ここは逐次の崩壊で、娘の半減期の時計が読める範囲を数えた。正直に言えば——値は代表値で、開いた系も長い系列も実在の試料も扱っていない。

参考文献

1. Bateman, H. (1910). The solution of a system of differential equations occurring in the theory of radioactive transformations. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*.

2. Faure, G., & Mensing, T. M. (2005). *Isotopes: Principles and Applications* (3rd ed.). Wiley.

3. 山岸勇輝 (2026). 『三つの反応次数のうち二つでは、「半減期」は物質の性質ですらない』[論文346]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22682323

— 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)