骨は減るのに半年、戻るのに十年かかる——「半減期」が一つの数で書けない

— 置き換えが 10 %/年なら時定数は 10 年、半減期は 6.931472 年（83.177662 か月）で、今ある骨の 0.632121 は直近 10 年に置き換わったものである — 分離子は、減る側と戻る側で時定数が同じか違うか — [論文693]

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

骨量は測れる一つの数として扱われる。だがその数が動く速さは、減るときと戻るときで一桁以上違う。同じ骨について「半減期」が一つの数で書けないことを、収支から数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、骨は、荷重の履歴を指数の重みで覚えている——置き換えが 10 %/年なら半減期は 6.931472 年で、今ある骨の 0.632121 は直近 10 年に置き換わったものである（第2節）。 第二に、無重力での減りは、「作るのを止めただけ」では説明できない——6 か月で観測される 0.075 に対し、作るのを止めて壊す側が普段どおりなら 0.048771 にしかならない（第2節）。 第三に、だから壊す側が加速している——観測を出すには、壊す側が普段の 1.559231 倍で働いている必要がある（第2節）。 第四に、これが本稿の芯である。戻る側には、その加速が無い——荷重が戻っても不足は置き換えの時定数でしか閉じないので、半分戻るのに 6.931472 年かかる（第3節）。 第五に、非対称は一桁を超える——半分戻るまでの時間は、失うのにかかった時間の 13.862944 倍である（第3節）。 第六に、分離子は、減る側と戻る側で時定数が同じか違うかである——同じなら「骨量の半減期」は一つの数だが、違うなら向きを言わずに半減期を語れない（第4節）。 キーワード：骨のリモデリング、時定数、半減期、荷重の履歴、非対称な応答、廃用性の骨量減少。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——骨の置き換え速度、無重力での骨量減少、回復の遅さは、いずれも報告されている（フロスト 1987、マーティンほか 1998）。生理を扱わない——破骨細胞と骨芽細胞の機構、ホルモンによる制御は扱わない。一次の緩和として置くだけである。測定値を主張しない——置き換え 10 %/年、6 か月で 0.075 はいずれも代表値であり、部位（脊椎・大腿骨・橈骨）で大きく違う。臨床を論じない——骨粗鬆症の診断、薬の効き方、運動や栄養の処方は主題ではない。加速の機構を示さない——壊す側が 1.559231 倍という数は収支からの逆算であり、その生理的な原因は述べない。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——そこでは半減期が一つの数で書けない場合を、反応の次数で分けた。ここでは同じ量が、減る向きと戻る向きで違う値を取る。次数ではなく向きで分かれる場合である。加えたのは、置き換えの時定数から「記憶の窓」を出したこと、無重力の減りが作るのを止めるだけでは足りないことを 0.048771 と 0.075 の差で示したこと、壊す側の加速を 1.559231 倍と逆算したこと、戻る時間との非対称を 13.862944 倍と数にしたこと、分離子を「向きで時定数が違うか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：骨は一定の速さで壊され、作られている。置き換えの速さを k とし、荷重が決める平衡点 B^{*} へ一次で近づくものとする。

$$\frac{dB}{dt} = -k\,(B - B^{*}), \qquad \tau = \frac{1}{k}, \qquad t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}, \qquad F(t) = 1 - e^{-kt}$$

$F(t)$ は、今ある骨のうち直近 t 年に置き換わった割合である。$k = 0.10$ /年 を置く。

問い：「骨量の半減期」は、一つの数で書けるのか。

2. 減る側

計算 2.1：時定数は 10 年、半減期は 6.931472 年（83.177662 か月）である。今ある骨のうち直近 t 年に置き換わった割合は次のとおり。

直近	置き換わった割合
1 年	0.095163
5 年	0.393469
10 年	0.632121
20 年	0.864665

> **観察 2.2**
>
> 骨量は、今の荷重ではなく荷重の履歴を指数の重みで覚えている。直近 10 年が 0.632121、20 年で 0.864665——一枚の測定値は、過去十数年の生活の重み付き平均である。

計算 2.3：無重力で 6 か月に観測される減りは 0.075 である。もし「作るのを止めただけ」で壊す側が普段どおりなら、減りは 0.048771 にしかならない。

> **観察 2.4**
>
> 足りない分が、機構を名指している。観測を出すには、壊す側が普段の 1.559231 倍で働いている必要がある——荷重が抜けたときに起きているのは休止ではなく、積極的な取り崩しである。数の差だけでそこまで言える。

3. 戻る側

計算 3.1：荷重が戻れば、不足は置き換えの時定数 10 年で閉じる。半分戻るのに 6.931472 年、9 割戻るのに 23.025851 年かかる。

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。戻る側には、減る側の加速に対応するものが無い。壊す速さは荷重を抜けば上がるが、作る速さは荷重を戻しても上限が置き換えの時定数のままである——片側だけが速く動ける。

計算 3.3：半分戻るまでの 6.931472 年は、失うのにかかった 0.5 年の 13.862944 倍である。9 割戻るまでなら 46.051702 倍になる。

> **観察 3.4**
>
> だから「骨量の半減期」は一つの数で書けない。減る向きなら数か月の尺度、戻る向きなら十年の尺度になる——どちらの向きの話かを言わずに半減期を挙げると、桁を取り違える。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、減る側と戻る側で時定数が同じか違うかである。同じなら一つの数で足りる。違うなら、その量は「状態」ではなく「履歴」を表している——骨量が履歴であるのは、二つの向きの時定数が違うことの言い換えである。

観察 4.2

論文346 と並べる。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——そこでは半減期が一つの数で書けない理由が次数にあった。ここでは向きにある。同じ語が壊れる二つの別の理由である。

観察 4.3

言わないこと。生理も臨床も扱わず、1.559231 倍は収支からの逆算で、その原因は述べていない——示したのは、二つの向きで時定数が一桁以上違うことである。

5. 点呼と結び

1. 半減期 **6.931472** 年（計算 2.1）：置き換え 10 %/年 から。
2. **83.177662** か月（計算 2.1）：同じ数を月で。
3. 直近 10 年が **0.632121**（計算 2.1）：記憶の窓。
4. 直近 20 年で **0.864665**（計算 2.1）：履歴の重み。
5. 止めただけなら **0.048771**（計算 2.3）：観測に足りない。
6. 壊す側は **1.559231** 倍（観察 2.4）：積極的な取り崩し。
7. 半分戻るのに **6.931472** 年（計算 3.1）：本稿の芯。
8. 9 割なら **23.025851** 年（計算 3.1）：さらに長い。
9. 比は **13.862944** 倍（計算 3.3）：非対称。
10. 向きで時定数が違うか（観察 4.1）：分離子・論文346。

結び：骨は減るのに半年、戻るのに十年かかる。置き換えが 10 %/年なら半減期は 6.931472 年で、今ある骨の 0.632121 は直近 10 年に置き換わったものである——一枚の測定値は、過去十数年の荷重の重み付き平均である。無重力 6 か月での減り 0.075 は「作るのを止めただけ」で出る 0.048771 では説明できず、壊す側が普段の 1.559231 倍で働いている必要がある——荷重が抜けたときに起きているのは休止ではなく取り崩しである。ところが戻る側にはその加速が無く、半分戻るのに 6.931472 年、失うのにかかった時間の 13.862944 倍かかる。だから「骨量の半減期」は一つの数で書けない——向きを言わずに挙げると桁を取り違える。分離子は、減る側と戻る側で時定数が同じか違うかである。既刊との位置——論文346 では半減期が壊れる理由が反応の次数にあった。ここでは向きにある。正直に言えば——生理も臨床も扱わず、1.559231 倍は収支からの逆算である。

参考文献

1. Frost, H. M. (1987). Bone “mass” and the “mechanostat”: a proposal. *The Anatomical Record*.
2. Martin, R. B., Burr, D. B., & Sharkey, N. A. (1998). *Skeletal Tissue Mechanics*. Springer.
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)