

# 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

— 0 次では連続する半減期が **5.000 → 2.500 → 1.250** と半分ずつ短くなり、2 次では **10.000 → 20.000 → 40.000** と倍ずつ延びる — 一定なのは 1 次だけである — [論文346]

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

「半減期」は、物質に付いた定数のように語られる。本稿が問うのは、それが定数なのはどんなときかである——答は、反応が 1 次するときだけである。新しい数学定理も新しい法則も主張しない。第一に、0 次では  $t_{1/2}$  が初濃度に比例し、2 次では反比例する（第2節）。第二に、これが本稿の芯である。0 次と 2 次では、同じ試料の中で半減期が一回ごとに変わる（第3節）。第三に、0 次の連続する半減期は **5.000 → 2.500 → 1.250** と半分ずつ短くなる（第3節）。第四に、2 次のそれは **10.000 → 20.000 → 40.000** と倍ずつ延びる（第3節）。第五に、1 次だけが **6.931472** のまま動かない。放射性崩壊を「半減期」で語れるのは、それが 1 次だからである（第3節）。第六に、分離子は「その量が物質の性質か、その時の状態の性質か」である（第5節）。

本稿の射程（射程注記）：新しい数学定理も新しい法則も主張しない——反応次数、積分形速度式、0次・1次・2次の半減期の式はいずれも標準的である。反応機構を決めない——どの反応が何次になるかの化学には立ち入らない。次数は与えられたものとして扱う。原子核を扱わない——放射性崩壊の機構には入らない。それは論文283の射程である。触れるにとどめる。複合反応を扱わない——可逆反応、逐次反応、擬 $n$ 次には立ち入らない。温度依存を扱わない—— $k$ は固定する。アレニウス則は主題にしない。分数次数を扱わない——0、1、2の三つだけを見る。既刊との関係：論文283は「半減期」が一つの機構ではなく、同じ「 $Q$ を二倍」がアルファ崩壊で $5.69 \times 10^{18}$ 倍、ベータで32倍、ガンマで8倍になると示した——本稿は283と主張が違う。283の三機構はどれも指数減衰であり、そこでは半減期は定数として well-defined である。三つが違うのは「 $Q$ への感度」であった。本稿が言うのは、0次と2次では半減期が定数ですらなく、同じ試料の中で一回ごとに値が変わる、ということである。283は同じ量の三つの由来を数え、本稿は量そのものが成立しない場合を数える。論文240は「質量」が七つあると数えた——一語が複数を指す型で、本稿も同じ族に属する。論文300は同根か別根かは判定できると示した——三つの次数は、判定に掛ければ互いに別根である。論文338は約束が自然の隙間に沿っているかを問うた——そこでは分類が測れた。本稿では「定数かどうか」が測れる。加えたのは連続する半減期を三回ぶん並べて、1次だけが一定になることを示したこと、0次では半分ずつ、2次では倍ずつ動くことを数で出したこと、論文283との差を明示的に設計したこと、分離子を「物質の性質か、状態の性質か」に置いたことである。

## 1. 記法と問い

設定：濃度  $C$  の物質が消えていく反応を考える。速度が濃度の何乗に比例するかを、反応次数という。

| 次数  | 速度式             | 半減期 $t_{1/2}$ |
|-----|-----------------|---------------|
| 0 次 | $-dC/dt = k$    | $C_0/2k$      |
| 1 次 | $-dC/dt = kC$   | $\ln 2/k$     |
| 2 次 | $-dC/dt = kC^2$ | $1/(kC_0)$    |

### 観察 1.1

右端の列を見ると、1 次だけに  $C_0$  が無い。0 次には分子に、2 次には分母にある——半減期が初濃度に依るか依らないかが、次数で分かれている。

### 観察 1.2

日常で「半減期」と言うとき、たいてい1次を念頭に置いている。放射性崩壊、薬物の消失、コンデンサの放電——どれも1次で、だから半減期が物質に付いた数のように見える。

### 観察 1.3

本稿の測り方を先に固定する。速度定数を  $k = 0.1$ （単位は次数ごとに異なる）とし、時間の単位は任意とする——比較するのは比だけなので、単位の取り方は結論に影響しない。

問い：「半減期」は、いつ物質の性質になるのか。

## 2. 初濃度を4倍にすると、0次は4倍、2次は1/4になる

検算 2.1：三つの次数で、初濃度を変えて半減期を出す（本稿で計算）。

| 次数  | $C_0 = 1$ | $C_0 = 2$ | $C_0 = 4$ | $C_0$ への依存 |
|-----|-----------|-----------|-----------|------------|
| 0 次 | 5.000     | 10.000    | 20.000    | 比例         |
| 1 次 | 6.931     | 6.931     | 6.931     | 依存しない      |
| 2 次 | 10.000    | 5.000     | 2.500     | 反比例        |

### 観察 2.2

自己検査——1次の6.931472は $\ln 2/k = \ln 2/0.1$ に一致する。また $C_0$ を4倍にすると0次はちょうど4.0000倍、2次はちょうど0.2500倍になる——式が正しく組めていることを、比の値で確かめてから読む。

### 観察 2.3

三つの行が、三つの別の向きを指している。増える、動かない、減る——同じ「半減期」という語が、初濃度に対して三通りに振る舞う。

### 観察 2.4

0 次と 2 次では、「この物質の半減期は何秒か」に答えられない。濃度を言わなければ数が決まらないからである——1 次でだけ、濃度を言わずに答えられる。

### 観察 2.5

ここまでは、初濃度の違う複数の実験を並べた話である。別々の試料を比べている——次の節では、一つの試料の中で何が起きるかを見る。

## 3. 芯：0 次と 2 次では、同じ試料の中で半減期が一回ごとに変わる

設定： $C_0 = 1$  の試料を一つ用意し、放っておく。濃度が半分になるまでの時間を測り、そこからさらに半分になるまでを測り、もう一度測る。

検算 3.1：連続する三回の半減期（本稿で計算）。

| 次数  | 1 回目   | 2 回目   | 3 回目   | 変化       |
|-----|--------|--------|--------|----------|
| 0 次 | 5.000  | 2.500  | 1.250  | 半分ずつ短くなる |
| 1 次 | 6.931  | 6.931  | 6.931  | 変わらない    |
| 2 次 | 10.000 | 20.000 | 40.000 | 倍ずつ延びる   |

### 観察 3.2

これが本稿の芯である。0 次と 2 次では、一つの試料の中で半減期の値が変わる——「半減期」という言葉が指す数が、測るたびに違う。

### 観察 3.3

だからこの二つでは、半減期は物質の性質ではない。同じ試料の、同じ物質の、同じ温度での話である——変わったのは、そのときの濃度だけである。性質ではなく、状態の関数である。

観察 3.4

0 次では、後になるほど速く消える。5.000、2.500、1.250 と短くなる——速度が濃度に依らないので、残りが少ないほど早く尽きる。有限の時間で完全に消える。

観察 3.5

2 次では、後になるほど遅くなる。10.000、20.000、40.000 と延びる——二分子が会う必要があるの  
で、薄くなるほど出会いにくい。いつまでも消えきらない。

観察 3.6

1 次だけが、どの時点から測っても同じ 6.931472 になる。そしてこれが指数関数の定義的な性質である  
——「一定の割合で減る」ことと「半減期が一定である」ことは、同じことの言い換えである。

観察 3.7

放射性崩壊を半減期で語れるのは、それが 1 次だからである。原子核が一つずつ独立に壊れ、隣を必要  
としない——もし二つの核が会う必要があったなら、半減期は測るたびに延びていた。

4. 論文283 との差を、明示的に置く

設定：論文283 も「半減期は一つの機構ではない」と書いた。本稿と何が違うかを、はっきりさせておく。

| 論文283  |                        | 本稿            |
|--------|------------------------|---------------|
| 対象     | 原子核（アルファ・ベータ・ガンマ）      | 化学反応（0・1・2 次） |
| 三つはどれも | 指数減衰である                | 指数減衰とはかぎらない   |
| 半減期は   | どれでも定数である              | 1 次でだけ定数である   |
| 違うのは   | $Q$ への感度（ $10^{17}$ 倍） | 定数かどうかそのもの    |

観察 4.1

283 の三機構では、半減期はどれも **well-defined** な定数である。アルファ崩壊もベータ崩壊もガンマ遷移も指数減衰で、同じ試料の中で半減期は変わらない——283 が測ったのは、その定数が放出エネルギーにどれだけ敏感かであった。

観察 4.2

本稿が言うのは、そのさらに手前である。0 次と 2 次では、定数と呼べる数が存在しない——283 は「同じ量の三つの由来」を数え、本稿は「量そのものが成立しない場合」を数えている。

観察 4.3

二つを合わせると、階段が三段になる。

| 段   | 問い              | 答えた編                |
|-----|-----------------|---------------------|
| 第一段 | 半減期は定数か         | 本稿（1 次でだけ）          |
| 第二段 | 定数だとして、機構は一つか   | 論文283（三つ）           |
| 第三段 | 機構ごとに感度はどれだけ違うか | 論文283（ $10^{17}$ 倍） |

観察 4.4

本稿は 283 の下に一段を敷いている。283 が三つを比べられたのは、三つとも定数だったからである——定数でない場合には、比べる相手がそもそも定まらない。

観察 4.5

正直に書くべき点——本稿は 283 を訂正していない。283 の主張はすべて原子核についてのもので、そこでは正しい——本稿は別の領域（化学反応）で、別の問い（定数かどうか）を立てている。同じ語の下で、扱っている段が違う。

5. 分離子：物質の性質か、その時の状態の性質か

**観察 5.1**

分離子——その量が、物質に付いているのか、そのときの濃度に付いているのか。

|     | $C_0$ への依存 | 同じ試料の中で | 「この物質の半減期」 |
|-----|------------|---------|------------|
| 0 次 | 比例         | 半分ずつ短く  | 答えられない     |
| 1 次 | 無し         | 一定      | 答えられる      |
| 2 次 | 反比例        | 倍ずつ長く   | 答えられない     |

**観察 5.2**

分離子は、物質の側にはない。同じ物質でも、条件を変えれば次数が変わる——触媒が飽和すれば 0 次になり、薄めれば 1 次に近づく。半減期が定数かどうかは、物質ではなく状況が決めている。

**観察 5.3**

そして分離子は測れる。同じ試料で半減期を二回続けて測り、値が変われば 1 次ではない——短くなれば 0 次側、長くなれば 2 次側である。一つの実験で、次数の向きが分かる。

**観察 5.4**

これは実務で使われている。薬物動態でゼロ次消失を示す薬（エタノールなど）では、血中濃度が高いほど「半減期」が長く見える——一定だと思って投与量を決めると、危険側に外れる。

**観察 5.5**

正直に書くべき点——実際の反応は、途中で次数が変わることがある。0 次で始まって、基質が減ると 1 次に移る（ミカエリス＝メンテン）——本稿は各次数を純粋な形で扱っており、遷移は主題にしていない。

## 観察 5.6

最後に一つ——「半減期」という語が定数を約束しているように聞こえるのは、この語が1次の場面で作られたからである。放射性崩壊で作られ、そこでは正しかった——語のほうが後から他の場面に持ち出され、そこでは約束が守られていない。

## 6. 点呼と結び

1. 0次は  $C_0$  に比例、2次は反比例（検算2.1）：1次だけ依存しない。
2.  $C_0$  を4倍で0次は4.0000倍、2次は0.2500倍（観察2.2）：式の確認。
3. 0次の連続する半減期は  $5.000 \rightarrow 2.500 \rightarrow 1.250$ （検算3.1）：半分ずつ短くなる。
4. 2次のそれは  $10.000 \rightarrow 20.000 \rightarrow 40.000$ （検算3.1）：倍ずつ延びる。
5. 1次だけ  $6.931472$  のまま（検算3.1）：どの時点から測っても同じ。
6. 0次は有限時間で完全に消える（観察3.4）：残りが少ないほど早い。
7. 2次はいつまでも消えきらない（観察3.5）：薄くなるほど出会いにくい。
8. 283の三機構はどれも定数である（観察4.1）：本稿は一段手前を問う。
9. 半減期を二回測れば次数の向きが分かる（観察5.3）：分離子は測れる。
10. 語は1次の場面で作られた（観察5.6）：持ち出された先で約束が守られていない。

結び：「半減期」は物質に付いた定数のように語られるが、それが定数なのは反応が1次のときだけである——0次では  $t_{1/2} = C_0/2k$  で初濃度に比例し、2次では  $t_{1/2} = 1/(kC_0)$  で反比例する。1次だけに  $C_0$  が現れない。そして芯は、複数の試料を比べたときの話ではない——一つの試料の中で、半減期の値が一回ごとに変わる。0次では連続する半減期が  $5.000 \rightarrow 2.500 \rightarrow 1.250$  と半分ずつ短くなり、2次では  $10.000 \rightarrow 20.000 \rightarrow 40.000$  と倍ずつ延びる。1次だけが  $6.931472$  のまま動かない。だからこの二つでは、半減期は物質の性質ではない——同じ試料、同じ物質、同じ温度で、変わったのはそのときの濃度だけである。性質ではなく、状態の関数である。0次は速度が濃度に依らないので残りが少ないほど早く尽き、有限の時間で完全に消える。2次は二分子が出会う必要があるので薄くなるほど遅くなり、いつまでも消えきらない。放射性崩壊を半減期で語れるのは、それが1次だからである——原子核が一つずつ独立に壊れ、隣を必要としない。もし二つの核が出会う必要があったなら、半減期は測るたびに延びていた。論文283との差を明示しておく——283は「半減期は一つの機構ではない」と書き、同じ「 $Q$ を二倍」がアルファで  $5.69 \times 10^{18}$  倍、ベータで32倍、ガンマで8倍になると示した。だが283の三機構はどれも指数減衰であり、そこでは半減期は定数として well-defined である。283が測ったのはその定数の感度であり、本稿が言うのはさらに手前、0次と2次では定数と呼べる数が存在しないということである。283が三つを比べられたのは、三つとも定数だったからである。分けるものは一つ——その量が、物質に付いているのか、そのときの濃度に付いているのか。分離子は物

質の側にはない——同じ物質でも触媒が飽和すれば 0 次になり、薄めれば 1 次に近づく。定数かどうかは物質ではなく状況が決めている。そして分離子は測れる——同じ試料で半減期を二回続けて測り、短くなれば 0 次側、長くなれば 2 次側である。正直に書いておく——本稿は 283 を訂正していない。283 の主張はすべて原子核についてのもので、そこでは正しい。本稿は別の領域で別の問いを立てている。また実際の反応は途中で次数が変わることがあり、本稿は各次数を純粋な形で扱っている。最後に一つ——「半減期」という語が定数を約束しているように聞こえるのは、この語が 1 次の場面で作られたからである。放射性崩壊で作られ、そこでは正しかった。語のほうが後から他の場面に持ち出され、そこでは約束が守られていない。

## 参考文献

---

1. van 't Hoff, J. H. (1884). *Études de Dynamique Chimique*. Amsterdam: Frederik Muller.
2. Rutherford, E., Soddy, F. (1902). The Cause and Nature of Radioactivity. *Philosophical Magazine*, 4(21).
3. Michaelis, L., Menten, M. L. (1913). Die Kinetik der Invertinwirkung. *Biochemische Zeitschrift*, 49.
4. Laidler, K. J. (1987). *Chemical Kinetics*, 3rd edition. New York: Harper and Row.
5. Wagner, J. G. (1973). Properties of the Michaelis-Menten Equation and Its Integrated Form Which Are Useful in Pharmacokinetics. *Journal of Pharmacokinetics and Biopharmaceutics*, 1(2).
6. 山岸勇輝 (2026). 「質量」は七つあり、そのうち一つは負になり、一つは押す向きで変わる [論文240]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22129765
7. 山岸勇輝 (2026). 同じ「 $Q$  を二倍にする」が、 $5.69 \times 10^{18}$  倍と 32 倍と 8 倍になる [論文283]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171127
8. 山岸勇輝 (2026). 三百本目の点呼——同根か別根かは、判定できる [論文300]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171914
9. 山岸勇輝 (2026). 約束であることと、恣意的であることは別である [論文338]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22681999

---

— *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)