

材質を変えるより、小さくするほうが四十倍効く

— 半径 5 mm と 20 cm の球で、冷却の時定数は **348.8333** 秒と **13953.3333** 秒、比はちょうど **40.000000000** 倍 — 一方、同じ大きさで水から金属に変えても **1.3081** 倍にしかない — 冷めやすさを決めているのは比熱ではなく、表面積と体積の比である — [論文465]

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

冷めやすさは材質で決まると思われている。本稿が示すのは、大きさのほうが **40** 倍効くことである——材質を水から金属に変えても **1.3081** 倍にしかない。新しい定理も法則も主張しない。第一に、半径 5 mm の球の冷却時定数は **348.8333** 秒である（第2節）。第二に、半径 20 cm では **13953.3333** 秒で、比はちょうど **40.000000000** 倍である（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。同じ大きさで材質を水から金属に変えても、**1.3081** 倍にしかない（第3節）。第四に、時定数と表面積体積比の積は、半径によらず一定である（第2節）。第五に、90 度から 60 度まで冷めるのに、**3.2535** 分と **130.1418** 分かかる（第3節）。第六に、分離子は「物質の性質で決まるか、形の性質で決まるか」である（第4節）。キーワード：ニュートンの冷却則、集中熱容量法、表面積体積比、冷却時間。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——ニュートンの冷却則、集中熱容量法、表面積体積比はすべて既知である。装置を設計しない——断熱、送風、保温容器の設計は主題ではない。内部の温度分布を扱わない——集中熱容量法を用いる。ピオ数が大きい場合は内部の勾配が効き、この扱いは成り立たない。熱伝達率を固定する—— $h = 20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ を自然対流の代表値として置いた。実際は大きさと温度差で変わる。放射と蒸発を含めない——高温では放射が、液体の表面では蒸発が効くが、ここでは対流だけを見る。既刊との関係：論文464 は冷やしているのが水温ではなく蒸発であることを示した——そこでも、目立つ量と効く量が違った。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——「材質で決まる冷めやすさ」と「形で決まる冷めやすさ」は、その基準で別根である。論文451 は断熱しているのが雪ではなく空気であることを示した——そこでも、材質の名前が熱の通り方を決めていなかった。加えたのは、四つの半径で時定数を出したこと、比がちょうど **40.000000000** 倍になることを示したこと、材質の効きを **1.3081** 倍と出したこと、時定数と表面積体積比の積が一定であることを確かめたこと、温度区間を変えても比が変わらないことを確かめたこと、分離子を「物質か形か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：内部の温度が一樣と見なせる物体が、周囲温度 T_a の中で冷えるとき、

$$\rho c V \frac{dT}{dt} = -h A (T - T_a)$$

が成り立つ。したがって時定数は

$$\tau = \frac{\rho c V}{h A}$$

であり、半径 r の球では $V/A = r/3$ なので

$$\tau = \frac{\rho c r}{3h}$$

となる。以下 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ 、 $c = 4186 \text{ J/(kg K)}$ （水）、 $h = 20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ とする。

観察 1.1

冷めやすさは材質で決まると思われている。比熱が小さいものは冷めやすい——式にも c が入っている。

観察 1.2

だが式には r も入っている。熱は表面から逃げ、蓄えられるのは体積の中——その比が、大きさで変わる。

問い：どちらがどれだけ効くのか。

2. 大きさは 40 倍効く

計算 2.1：四つの半径で、時定数を出す。

半径 [m]	時定数 [秒]	時定数 [分]
0.005	348.8333	5.8139
0.020	1395.3333	23.2556
0.050	3488.3333	58.1389
0.200	13953.3333	232.5556

観察 2.2

時定数が半径に比例する。半径 40 倍で、時定数もちょうど **40.000000000** 倍——体積が r^3 、表面積が r^2 で、比が r に比例するからである。

観察 2.3

表面積体積比は半径 5 mm で 600.0000、20 cm で 15.0000 である。40 倍の差——小さいものは、体積のわりに表面が広い。

観察 2.4

時定数と表面積体積比の積は、半径によらず一定である。どちらの半径でも同じ値—— $\tau \cdot (A/V) = \rho c/h$ で、幾何が消える。

観察 2.5

だから「冷めやすさ」は、 $\rho c/h$ という物質と環境の組と、 A/V という形の積である。二つの因子に分かれる——どちらを動かすかで、効き方が違う。

3. 材質は 1.3081 倍しか効かない

計算 3.1：半径 5 cm を固定して、材質を変えて時定数を出す。

材質	時定数 [秒]
水 ($\rho c = 4.186 \times 10^6$)	3488.3333
金属 ($\rho c = 3.2 \times 10^6$)	2666.6667

観察 3.2

比は **1.3081** 倍にすぎない。比熱は 400 対 4186 で 10 倍以上違うのに——密度が逆に効いて、積ではほとんど差がなくなる。

観察 3.3

40 倍と **1.3081** 倍を比べる。大きさのほうが 30 倍以上効く——「金属のほうが冷めやすい」は、正しいが小さい。

計算 3.4：90 度から 60 度まで冷める時間を、二つの半径で出す（周囲 20 度）。

半径	90 → 60 度の時間 [分]
5 mm	3.2535
20 cm	130.1418

観察 3.5

比はやはり **40.000000000** 倍である。時定数の比と一致する——冷却の形が指数なので、温度の区間は比に効かない。

観察 3.6

90 度から 30 度まででも、比は同じ **40.000000000** 倍である。区間を変えても動かない——比は幾何だけで決まっている。

観察 3.7

だから熱いものを早く冷ますには、小分けにするのが最も効く。同じ体積を 8 個に分ければ半径は半分——時定数も半分になる。

4. 分離子

分離子：物質の性質で決まるか、形の性質で決まるか。

観察 4.1

物質で決まるなら、材料表を引けばよい。比熱と密度が分かれば答えが出る——形は関係ない。

観察 4.2

形で決まるなら、同じ材料でも桁が違う。半径 5 mm と 20 cm で 40 倍——材料表には書かれていない。

観察 4.3

これは論文300の基準で別根である。どちらも「冷めやすさ」と呼ばれる——一方は物質の量、一方は物質と形の組の量である。

観察 4.4

論文451と同じ場所にいる。そこでは断熱しているのが雪ではなく空気で、材質の名前が熱の通り方を決めていなかった——ここでは材質が冷めやすさを決めていない。どちらも、構造の側に答えがある。

観察 4.5

論文464とも重なる。そこでは目立つ量（水温）と効く量（蒸発）が違った——ここでは目立つ量（材質）と効く量（大きさ）が違う。

観察 4.6

そして、これが小さい生き物ほど代謝が速い理由の一部でもある。表面から逃げる熱が、体積のわりに大きいから——ただし生き物には毛も血流もあり、この計算だけでは足りない。

観察 4.7

正直に言えば——集中熱容量法を用いている。バイオ数が大きい場合は内部に温度勾配ができ、この扱いは成り立たない——40 倍という数はこの近似のもとでの値だが、 A/V が効くという結論は近似に依らない。

5. 点呼と結び

1. 半径 5 mm で **348.8333** 秒（計算 2.1）：**5.8139** 分。
2. 半径 20 cm で **13953.3333** 秒（計算 2.1）：**232.5556** 分。
3. 比はちょうど **40.000000000** 倍（観察 2.2）：半径に比例。
4. 表面積体積比は **600** と **15**（観察 2.3）：同じ **40** 倍。
5. 積が一定（観察 2.4）： $\rho c/h$ で幾何が消える。
6. 材質は **1.3081** 倍（計算 3.1）：本稿の芯。
7. **90** → **60** 度で **3.2535** 分と **130.1418** 分（計算 3.4）：同じ **40** 倍。
8. 区間を変えても比は同じ（観察 3.6）：幾何だけで決まる。
9. 分離子は物質か形か（観察 4.3）：論文**300** の基準で別根。
10. 集中熱容量法である（観察 4.7）： A/V が効く結論は残る。

結び：冷めやすさは材質で決まると思われている——比熱が小さいものは冷めやすく、式にも c が入っている。だが式には r も入っている。熱は表面から逃げ、蓄えられるのは体積の中で、その比が大ききで変わる。大きさは四十倍効く——半径 5 mm の球の時定数は **348.8333** 秒、20 cm では **13953.3333** 秒で、比はちょうど **40.000000000** 倍。体積が r^3 、表面積が r^2 で、比が r に比例するからである。表面積体積比は半径 5 mm で **600.0000**、20 cm で **15.0000** と同じ **40** 倍の差があり、小さいものは体積のわりに表面が広い。そして時定数と表面積体積比の積は半径によらず一定で、 $\tau \cdot (A/V) = \rho c/h$ と幾何が消える。だから「冷めやすさ」は $\rho c/h$ という物質と環境の組と、 A/V という形の積であり、二つの因子に分かれる。ところが材質は **1.3** 倍しか効かない——半径 5 cm を固定して水から金属に変えると、時定数は **3488.3333** 秒から **2666.6667** 秒へ、**1.3081** 倍にしかならない。比熱は **400** 対 **4186** で **10** 倍以上違うのに、密度が逆に効いて積ではほとんど差がなくな

る。40 倍と 1.3081 倍を比べれば、大きさのほうに 30 倍以上効く。「金属のほうが冷めやすい」は、正しいが小さい。90 度から 60 度まで冷めるのに 3.2535 分と 130.1418 分かかり、比はやはり 40.000000000 倍。冷却の形が指数なので、温度の区間は比に効かない。90 度から 30 度まででも比は同じ 40.000000000 倍で、区間を変えても動かない——比は幾何だけで決まっている。だから熱いものを早く冷ますには小分けにするのが最も効く。同じ体積を 8 個に分ければ半径は半分になり、時定数も半分になる。分けているものは一つ——物質の性質で決まるか、形の性質で決まるか。物質で決まるなら材料表を引けばよく、比熱と密度が分かれば答えが出て、形は関係ない。形で決まるなら同じ材料でも桁が違い、半径 5 mm と 20 cm で 40 倍動く。材料表には書かれていない。論文300 の基準で別根であり、一方は物質の量、一方は物質と形の組の量である。論文451 と同じ場所にいて、そこでは断熱しているのが雪ではなく空気、材質の名前が熱の通り方を決めていなかった。どちらも、構造の側に答えがある。論文464 と重なり、そこでは目立つ量（水温）と効く量（蒸発）が違った。ここでは目立つ量（材質）と効く量（大きさ）が違う。そしてこれが、小さい生き物ほど代謝が速い理由の一部でもある。表面から逃げる熱が体積のわりに大きいからで、ただし生き物には毛も血流もあり、この計算だけでは足りない。正直に言えば——集中熱容量法を用いている。ピオ数が大きい場合は内部に温度勾配ができ、この扱いは成り立たない。40 倍という数はこの近似のもとでの値だが、 A/V が効くという結論は近似に依らない。

参考文献

1. Newton, I. (1701). Scala Graduum Caloris. *Philosophical Transactions of the Royal Society*.
 2. Biot, J.-B. (1804). Mémoire sur la Propagation de la Chaleur. *Bibliothèque Britannique*.
 3. Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (6th ed.). Wiley.
 4. 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
 5. 山岸勇輝 (2026). 『断熱しているのは雪ではなく、雪が抱えている空気である』 [論文451]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22732772
 6. 山岸勇輝 (2026). 『冷たい水を撒いても、効果は四パーセントしか変わらない』 [論文464]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22733251
-

— 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)