鍋の材質の順位は、熱を広げる問いと熱をためる問いで入れ替わる

— 金属の鍋の熱伝導率は銅とステンレスで **26.912752** 倍違うが、体積あたりの熱容量はアルミニウムとステンレスで **1.544445** 倍しか違わず、しかも順位が入れ替わる — 材質が効くのは、鍋底の中に温度の差ができる問いのほうである — [論文589]

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

熱伝導率の高い鍋が良い鍋だ、と言われる。本稿が示すのは、鍋に求める性質には、熱を広げること（熱伝導率 k）と熱をためること（体積あたりの熱容量 ρc）の二つがあり、金属の順位は二つで入れ替わり、材質が大きく効くのは広げるほうだけであることである。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、順位が入れ替わる——熱を広げる順は銅・アルミニウム・鉄・ステンレス、熱をためる順はステンレス・鉄・銅・アルミニウムである。ステンレスは、広げる順で金属の最下位、ためる順で最上位にいる（第2節）。 第二に、幅が桁で違う——金属四つの幅は、熱伝導率で 26.912752 倍、体積あたりの熱容量で 1.544445 倍である（第2節）。 第三に、熱を広げる長さは熱伝導率の平方根で決まる——厚さ 3 mm の鍋底が火の当たる所から熱を広げる長さ $\sqrt{kd/h}$ は、銅 3.4684 cm、ステンレス 0.6686 cm で、5.187750 倍違う。鍋底の温度の分布を差分で解いても、相対差 1.0×10^{-6} で一致する（第3節）。 第四に、これが本稿の芯である。ためる差は厚さで埋まり、広げる差は埋まらない——アルミニウムを 4.6333 mm にすれば、ステンレス 3 mm と同じだけ熱をためる。ところが銅 3 mm と同じだけ熱を広げるには、ステンレスは 80.7383 mm 要る（第4節）。 第五に、ためる側は論文 465 と整合する——465 は冷め方が材質で 1.3081 倍しか違わないことを示した。金属の体積あたりの熱容量の幅 1.544445 倍は同じ話である。新しいのは、465 が射程注記で空けていた「内部の温度の分布」の側で、そこでは材質が 26.912752 倍効く（第5節）。 第六に、分離子は、問いが鍋底の中の温度の差を含むかどうかである——含むなら熱伝導率が、含まないなら体積あたりの熱容量が決める。二つは別の量で、別根である（第5節）。 キーワード：鍋、熱伝導率、熱容量、フィンの式、調理。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——熱伝導、薄い板の中で熱が広がりながら逃げる式（フィンの式）、熱容量はすべて標準的である。鍋を設計しない。勧めもしない。物性値は代表値である——銅・アルミニウム・鉄・ステンレス 304 は、純金属とステンレスの室温付近の値として伝熱の教科書に並ぶもの、土鍋は陶器の代表値である。熱伝達率は代表値である——鍋底から中身へ 1000 W/(m² K) と置いた。広がりの長さの比は熱伝達率に依らない。鍋底を一枚の板とした——銅やアルミニウムをステンレスではさんだ多層の鍋、側面、取っ手は扱わない。焦げ付き、重さ、値段、食材との反応は扱わない。既刊との関係：論文465 は、冷め方が材質で 1.3081 倍しか違わず形で決まることを示し、射程注記で「内部の温度分布を扱わない——ビ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」とした——本稿の「ためる」は 465 と整合し、本稿はその空けられた席、鍋底の中の温度の勾配に座る。論文451 は、断熱しているのが雪ではなく雪が抱えている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。論文300 は同根か別根かが判定できると示した——広げる（熱伝導率）とためる（体積あたりの熱容量）は別の量で、別根である。加えたのは、五つの材質で二つの順位を並べたこと、広がりの長さを閉じた式と差分の二つの道で出したこと、二つの差を厚さで埋めるのに要る倍率（1.544445 倍と 26.912752 倍）を出したこと、分離子を「問いが内部の温度の差を含むか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：鍋底を厚さ d の一枚の板とし、熱伝導率を k、密度を ρ、比熱を c、熱の拡散率を $\alpha = k/(\rho c)$ とする。火の当たる所から横へ熱が広がりながら、中身へ熱伝達率 h で逃げるとき、鍋底の温度は

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \frac{h}{kd}\,T, \qquad T \propto e^{-x/\lambda}, \qquad \lambda = \sqrt{\frac{kd}{h}}$$

の長さで広がる。鍋底が面積あたりにためる熱は $\rho c d$ に比例する。

> **観察 1.1**
>
> 熱伝導率の高い鍋が良い鍋だ、と言われる。鉄の鍋は冷めにくいから良い、とも言われる——二つは別のことを言っている。一つの「良さ」で材質に順位がつくかは、別の問いである。

問い：鍋の材質の順位は、一つに決まるのか。

2. 二つの順位

計算 2.1：五つの材質の代表値と、厚さ 3 mm の鍋底を熱が貫く時間 d^2/α である。

材質	k（W/(m K)）	ρc（MJ/(m^3 K)）	α（m^2/s）	d^2/α（秒）
銅	401.0	3.4392	1.1660×10^{-4}	0.0772
アルミニウム	237.0	2.4399	9.7135×10^{-5}	0.0927
鉄	80.2	3.5179	2.2798×10^{-5}	0.3948
ステンレス（304）	14.9	3.7683	3.9540×10^{-6}	2.2762
土鍋（陶器の代表値）	1.5	1.8400	8.1522×10^{-7}	11.0400

> **観察 2.2**
>
> 順位が入れ替わる。熱を広げる順（k）は銅 > アルミニウム > 鉄 > ステンレス > 土鍋、熱をためる順（ρc）はステンレス > 鉄 > 銅 > アルミニウム > 土鍋である——ステンレスは金属のなかで、熱を広げるのが最も下手で、ためるのが最も上手い。

> **観察 2.3**
>
> 幅が桁で違う。金属四つの幅は、熱伝導率で **26.912752** 倍、体積あたりの熱容量で **1.544445** 倍である——金属の体積あたりの熱容量はほとんど同じで、材質の違いは熱伝導率に集まっている。

3. 熱を広げる

計算 3.1：厚さ 3 mm、中身への熱伝達率 1000 W/(m^2 K) で、広がりの長さ $\sqrt{kd/h}$ は、銅 **3.4684** cm、アルミニウム 2.6665 cm、鉄 1.5511 cm、ステンレス **0.6686** cm、土鍋 0.2121 cm である。銅とステンレスの比は **5.187750** で、熱伝導率の比の平方根に等しい。

計算 3.2：閉じた式とは別の道として、鍋底の温度の式を差分で解き、温度が e^{-1} に落ちる位置を読んだ。銅で 3.468433 cm（閉じた式 3.468429 cm）、ステンレスで 0.668581 cm（閉じた式 0.668581 cm）で、相対差は 1.0×10^{-6} である。

観察 3.3

広がりの長さの比は、熱伝達率に依らず熱伝導率の比の平方根で決まる。ステンレスの鍋底では、火の当たる所の熱が 1 cm も横へ広がらないうちに中身へ逃げる——これは鍋底の中に温度の差ができる問いで、熱伝導率が決める。

4. 厚さで埋められるか

計算 4.1：厚さ 3 mm の鍋底が面積あたりにためる熱 $\rho c d$ は、銅 10.3176、アルミニウム 7.3197、鉄 10.5537、ステンレス 11.3049、土鍋 5.5200 kJ/(m^2 K) である。ステンレス 3 mm と同じだけためる厚さは、アルミニウム **4.6333** mm（1.544445 倍）、銅 3.2871 mm、鉄 3.2135 mm である。

計算 4.2：銅 3 mm と同じだけ広げる厚さは、ステンレス **80.7383** mm（26.912752 倍）、鉄 15.0000 mm、アルミニウム 5.0759 mm である。ステンレスを 80.7383 mm にして差分で解くと、広がりの長さは 3.468433 cm で、銅 3 mm に並ぶ。

観察 4.3

これが本稿の芯である。ためる差は厚さを 1.5 倍ほどにすれば埋まる。同じ厚さなら、鉄はステンレスよりためない（10.5537 対 11.3049）——鉄の鍋が冷めにくいと感じられるなら、それは材質ではなく厚さのせいである。ところが広げる差を厚さで埋めるには 26.9 倍の厚さが要り、8 cm の鍋底は鍋ではない。材質が大きく効くのは、広げるほうだけである。

5. 分離子

観察 5.1

分離子は、問いが鍋底の中の温度の差を含むかどうかである。熱を横へ広げる問いや、火を強めたときに鍋底が追いつく問いは、中に温度の差を含み、熱伝導率が決める。熱をためる問いは、全体の温度だけを見て、体積あたりの熱容量が決める——「良い材質」は、問いを書かなければ決まらない。

観察 5.2

論文**465** が空けていた席に座る。あちらは、冷め方が材質で **1.3081** 倍しか違わず形で決まることを示し、射程注記で内部の温度分布を扱わないとした——ビオ数が大きいと内部の勾配が効く、と——本稿のためる側は **465** と整合する。空けられた席、鍋底の中の勾配の側では、材質が **26.912752** 倍効く。

観察 5.3

論文**451** と並べる。あちらは、断熱しているのが雪ではなく雪が抱えている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。ここでも「熱に強い材質」は、広げるのかためるのかを言わなければ意味を持たない。

観察 5.4

論文**300** の基準では別根である。熱伝導率と体積あたりの熱容量は別の量で、一方から他方は出ない——順位が入れ替わるのは、別の二つの量を一つの「良さ」で呼んでいたからである。

観察 5.5

言わないこと。鍋を設計しない。勧めもしない。多層の鍋、焦げ付き、重さ、値段、食材との反応は扱わない——示したのは、材質の順位が問いごとに入れ替わり、材質が大きく効くのは内部の温度の差を含む問いだけだということである。

6. 点呼と結び

1. 広げる順と、ためる順が入れ替わる（観察 2.2）：ステンレスは最下位と最上位。
2. 熱伝導率の幅 **26.912752** 倍（観察 2.3）：金属四つ。
3. 体積あたりの熱容量の幅 **1.544445** 倍（観察 2.3）：ほとんど同じ。
4. 広がりの長さは銅 **3.4684** cm、ステンレス **0.6686** cm（計算 3.1）：比は **5.187750**。
5. 差分と閉じた式の相対差は 1.0×10^{-6}（計算 3.2）：二つの道。
6. ためる差はアルミニウム **4.6333** mm で埋まる（計算 4.1）：厚さで。
7. 広げる差はステンレス **80.7383** mm でやっと埋まる（計算 4.2）：本稿の芯。

8. 同じ厚さなら鉄はステンレスよりためない（観察 4.3）：冷めにくさは厚さ。
9. 論文465 の空けた席に座る（観察 5.2）：内部の勾配の側。
10. 分離子は問いが内部の温度の差を含むか（観察 5.1）：広げるとためるは別根。

結び：熱伝導率の高い鍋が良い鍋だ、と言われ、鉄の鍋は冷めにくいから良い、とも言われる。二つは別の問いで、材質の順位は二つで入れ替わる——熱を広げる順は銅・アルミニウム・鉄・ステンレス、熱をためる順はステンレス・鉄・銅・アルミニウムで、ステンレスは広げる順で金属の最下位、ためる順で最上位にいる。金属四つの幅は、熱伝導率で **26.912752** 倍、体積あたりの熱容量で **1.544445** 倍しかない。ためる差は厚さで埋まり、広げる差は埋まらない——アルミニウムを **4.6333 mm** にすればステンレス **3 mm** と同じだけためるが、厚さ **3 mm** の銅と同じだけ熱を広げるには、ステンレスは **80.7383 mm** 要る。広がりの長さは銅 **3.4684 cm**、ステンレス **0.6686 cm** で、差分で解いた温度の分布と相対差 1.0×10^{-6} で一致する。分離子は、問いが鍋底の中の温度の差を含むかどうかである——含むなら熱伝導率が、含まないなら体積あたりの熱容量が決める。論文300 の基準で、二つは別根である。既刊との位置——ためる側は、冷め方が材質でほとんど変わらないという論文465 と整合し、本稿は 465 が射程注記で空けていた内部の勾配の席に座った。論文451 と同じく、材質の名前は、問いを書かなければ熱の通り方を決めない。正直に言えば——物性値も熱伝達率も代表値で、鍋底は一枚の板とし、多層の鍋、側面、焦げ付き、重さ、値段、食材との反応は扱っていない。鍋を設計せず、勧めもしない。

参考文献

1. Carslaw, H. S., & Jaeger, J. C. (1959). *Conduction of Heat in Solids* (2nd ed.). Oxford University Press.
2. Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (6th ed.). Wiley.
3. McGee, H. (2004). *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. Scribner.
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).『材質を変えるより、小さくするほうが四十倍効く』[論文465]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22733260

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)