茹で上がりの時間を決めているのは熱ではなく水で、二つの時計の比は太さに依らない

— 円柱の中心に 9 割届く無次元の時間は、ベッセル関数の級数で **0.479635**、差分で **0.479611** — 分離子は、中まで届くのを待っているのが熱の拡散率か、水の拡散係数か — [論文776]

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

麺を茹でる時間は、熱が中まで通る時間だと思われやすい。けれど麺の中へ入るのは熱だけではなく、水もである。熱と水がそれぞれ中心に届くまでの時間と、その比を数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、中心に届く時間は、形の上で決まる一つの数に比例する——円柱の中心に 9 割届く無次元の時間は 0.479635（差分で 0.479611）（第2節）。 第二に、熱はすぐに届く——半径 0.8 mm で 2.361279 秒（第3節）。 第三に、水はずっと遅い——同じ半径で 1705.368250 秒（第3節）。 第四に、これが本稿の芯である。二つの時計の比は、太さに依らない——半径 0.6・0.8・1.0 mm のどれでも 722.222222（第3節）。 第五に、茹でている途中、熱は届き切り、水はまだ届いていない——600 秒で熱の中心の残り 1.267×10^{-306}、水の中心の残り 0.597480（第3節）。 第六に、分離子は、中まで届くのを待っているのが熱の拡散率か、水の拡散係数かである——「茹で時間は熱が通る時間」は、どちらの拡散を待つかを言うまで真偽が決まらない（第4節）。 キーワード：パスタ、熱拡散率、水の拡散、二つの時計、円柱の拡散、ベッセル関数。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——円柱の拡散方程式の級数解、ベッセル関数の零点、熱の伝導と物質の拡散が同じ形の方程式に従うこと、茹でる時間が水分の移動で決まることは、いずれも既知である（クランク 1975、カースロー＆イェーガー 1959）。値は代表値である——熱拡散率 $1.3 \times 10^{-7}\ \mathrm{m^2/s}$ と水の拡散係数 $1.8 \times 10^{-10}\ \mathrm{m^2/s}$ は比べるための値で、麺の種類や温度で変わる。係数を一定と置く——でんぷんの糊化や膨潤で係数が変わることは入れない。表面を固定する——麺の表面は、茹で始めた瞬間から沸騰水の温度と水分になると置く。実在の茹で時間を主張しない——個別の麺の茹で時間や食感は扱わない。既刊との関係：論文 445 は、待っているのが反応ではなく拡散であることを示した——その射程注記は、形を一次元に固定し、球や円柱では係数が変わるが二乗則は変わらないと明記していた。そこでは反応か拡散かを分けた。ここでは円柱の上で、熱の拡散と水の拡散のどちらを待っているかを分け、その比が太さに依らないことを数える。反応か拡散かと、どの拡散かになる。加えたのは、中心に届く無次元の時間を級数と差分の二通りで出したこと、三つの半径で熱と水の時計を並べ、比 **722.222222** が変わらないことを示したこと、600 秒での中心の残りを熱と水で出したこと、分離子を「どの拡散を待つか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：半径 R の円柱の表面を一定に保つと、中心でまだ届いていない割合は、無次元の時間 Fo の級数になる。熱なら拡散率 α、水なら拡散係数 D を使う。

$$\theta_c(\mathrm{Fo}) = \sum_{n} \frac{2}{\lambda_n J_1(\lambda_n)}\, e^{-\lambda_n^2 \mathrm{Fo}}, \qquad J_0(\lambda_n) = 0, \qquad t_{\text{熱}} = \frac{\mathrm{Fo}\, R^2}{\alpha}, \quad t_{\text{水}} = \frac{\mathrm{Fo}\, R^2}{D}$$

同じ届き方の判定なら、二つの時間の比は α/D だけで決まる。

問い：麺が茹で上がるのを待っているのは、熱なのか、水なのか。

2. 中心に届く無次元の時間

計算 2.1：J_0 の零点を六つ求めて級数を作り、中心に 9 割届く Fo を出した。同じ値を差分でも出した。

量	値
J_0 の零点	**2.404826・5.520078・8.653728・11.791534・14.930918・18.071064**
中心に 9 割届く Fo（級数）	**0.479635**
同じ（差分）	**0.479611**
相対差	**0.000049**

> **観察 2.2**
>
> 中心に届く時間は、形で決まる一つの数 $\mathrm{Fo} = 0.479635$ に比例する。級数と差分は相対差 0.000049 で一致した——この数は熱にも水にも共通で、違うのは R^2 を割る係数だけである。

3. 二つの時計

計算 3.1：三つの半径で、熱と水が中心に 9 割届く時間を出した。半径 0.8 mm を 600 秒茹でたときの中心の残りも出した。

半径	熱	水	比
0.6 mm	1.328220 秒	959.269641 秒	722.222222
0.8 mm	2.361279 秒	1705.368250 秒	722.222222
1.0 mm	3.689499 秒	2664.637891 秒	722.222222

0.8 mm・600 秒	無次元の時間	中心の残り
熱	121.875000	1.267×10^{-306}
水	0.168750	0.597480

> **観察 3.2**
>
> 熱はすぐに届き、水はずっと遅い。半径 0.8 mm で熱は 2.361279 秒、水は 1705.368250 秒（28.422804 分）かかる——茹でる時間の桁を決めているのは、水の側である。

> **観察 3.3**
>
> これが本稿の芯である。二つの時計の比は、太さに依らない。半径を 0.6・0.8・1.0 mm と変えても、比はいつも 722.222222 で、α/D に等しい——太い麺ほど長く茹でるが、熱と水の遅れの比は同じまま。

> **観察 3.4**
>
> 茹でている途中、熱は届き切り、水はまだ届いていない。600 秒で熱の中心の残りは 1.267×10^{-306}、水の中心の残りは 0.597480 である——芯が残る茹で上がりは、熱が足りない状態ではなく、水がまだ中心に届いていない状態である。

4. 分離子

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、中まで届くのを待っているのが熱の拡散率か、水の拡散係数かである。熱なら数秒、水なら数十分で、同じ形の方程式が 722.222222 倍違う時計を刻む——「茹で時間は熱が通る時間」は、どちらの拡散を待つかを言うまで真偽が決まらない。

> **観察 4.2**
>
> 論文445 と並べる。445 は、待っているのが反応ではなく拡散であることを示し、形を一次元に固定した——ここでは円柱の上で、同じ拡散の中の熱と水を分け、その比が太さに依らないことを数えた。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。係数は代表値で、糊化や膨潤も、実在の麺の茹で時間も扱わない——示したのは、茹で上がりを待っているのが水であり、二つの時計の比が形の数に依らないことである。

5. 点呼と結び

1. **Fo = 0.479635**（計算 2.1）：形で決まる数。
2. 差分 **0.479611**（観察 2.2）：一致する。
3. 熱 **2.361279** 秒（計算 3.1）：すぐ届く。
4. 水 **1705.368250** 秒（観察 3.2）：ずっと遅い。
5. 比 **722.222222**（観察 3.3）：本稿の芯。
6. 半径 0.6 mm でも **722.222222**（計算 3.1）：太さに依らない。

7. **600 秒の熱の残り 1.267×10^{-306}**（計算 3.1）：届き切る。
8. **水の残り 0.597480**（観察 3.4）：まだ届かない。
9. **J_0 の最初の零点 2.404826**（計算 2.1）：級数の土台。
10. **熱の拡散率か、水の拡散係数か**（観察 4.1）：**分離子・論文445**。

結び：茹で上がりの時間を決めているのは熱ではなく水で、二つの時計の比は太さに依らない。円柱の中心に 9 割届く無次元の時間は、ベッセル関数の級数で 0.479635、差分で 0.479611 と一致し、熱にも水にも共通である——違うのは R^2 を割る係数だけである。熱拡散率 $1.3 \times 10^{-7}\ \mathrm{m^2/s}$ と水の拡散係数 $1.8 \times 10^{-10}\ \mathrm{m^2/s}$ で、半径 $0.8\ \mathrm{mm}$ の中心に熱は 2.361279 秒、水は 1705.368250 秒で届き、比は半径 0.6・0.8・$1.0\ \mathrm{mm}$ のどれでも 722.222222 である——太さを変えても、熱と水の遅れの比は変わらない。600 秒茹でると熱の中心の残りは 1.267×10^{-306} で届き切り、水の中心の残りは 0.597480 で、芯が残るのは水がまだ届いていないからである。分離子は、中まで届くのを待っているのが熱の拡散率か、水の拡散係数かである。既刊との位置——論文445 は待っているのが反応ではなく拡散であることを示した。ここは同じ拡散の中の熱と水を分けた。正直に言えば——係数は代表値で、糊化も膨潤も実在の麺の茹で時間も扱っていない。

参考文献

1. Carslaw, H. S., & Jaeger, J. C. (1959). *Conduction of Heat in Solids* (2nd ed.). Oxford University Press.
2. Crank, J. (1975). *The Mathematics of Diffusion* (2nd ed.). Oxford University Press.
3. 山岸勇輝 (2026).『待っているのは反応ではなく、拡散である』[論文445]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22732445

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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