焼き物の収縮率は分母で二つの値を持ち、体積の収縮は線の三倍にならない

— 線収縮は生の寸法を分母にして **0.150868**、焼き上がりを分母にして **0.177674** で、焼き上がり **100** mm に要る型は **117.767361** mm — 分離子は、収縮を測る物差しを生の寸法に置くか、焼き上がりの寸法に置くか — [論文754]

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

焼き物は焼くと縮む。その縮みを「収縮率」という一つの数で言うことが多い。その数が何を分母にしているか、体積と線でどう違うか、密度のむらが寸法にどう出るかを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、同じ焼成の線収縮が、二つの値を持つ——生の寸法を分母に 0.150868、焼き上がりを分母に 0.177674（第2節）。 **第二に、型の寸法は焼き上がりの分母で決まる——焼き上がり 100 mm に要る型は 117.767361 mm**（第2節）。 **第三に、これが本稿の芯である。体積の収縮は線の三倍にならない——体積収縮 0.387755 と線収縮の比は 2.570156**（第3節）。 **第四に、三倍は小さいひずみでだけ成り立つ——線収縮 0.001 で 2.997001、0.200 で 2.440000**（第3節）。 **第五に、寸法の差は密度のむらの三分の一として出る——生の密度 ±1 % のむらで寸法の差 0.006689、むらの 0.334458 倍**（第4節）。 **第六に、分離子は、収縮を測る物差しを生の寸法に置くか、焼き上がりの寸法に置くかである——「収縮率 15 %」は、分母を言うまで型の寸法が決まらない**（第5節）。 **キーワード**：焼成収縮、相対密度、線収縮と体積収縮、収縮率の分母、密度のむら、型の寸法。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——焼結で密度が上がって縮むこと、質量保存から線と体積の比を出すこと、収縮率を生の寸法と焼き上がりの寸法のどちらでも表すこと、体積ひずみが線ひずみの三倍になるのが小さいひずみの近似であることは、いずれも既知である（ラーマン 2003、キンガリー 1976）。焼結の過程を扱わない——温度の履歴、焼結の速さ、粒の成長は扱わず、始めと終わりの密度だけを見る。収縮を等方と置く——三方向に同じだけ縮むと置く。成形の向きによる異方的な収縮や、自重による変形は扱わない。値は代表値である——相対密度 0.60 と 0.98、密度のむら ±1 % は置いた値である。寸法公差を主張しない——実在の製品の公差や型の加工精度は扱わない。既刊との関係：論文748 は、木から抜く水の大半が寸法も強さも変えないことを示した——その射程注記は、樹種と方向を区別しないとし、寸法の変化を線で測るか体積で測るか、何を分母にするかには触れていなかった。そこでは抜いた水の量と寸法の変化が別の数だった。ここでは密度の変化と線の寸法の変化が別の数で、しかも収縮率そのものが分母の選び方で二つの値を持つ。加えたのは、同じ焼成の線収縮を二つの分母で出し 0.150868 と 0.177674 を並べたこと、体積と線の比 2.570156 を出し、ひずみとともに 3 から離れることを示したこと、生の密度のむらが寸法の差のおよそ三分の一として出ることを示したこと、分離子を「物差しをどちらの寸法に置くか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：生の相対密度を ρ_g、焼き上がりを ρ_f とする。質量が保たれ、三方向に同じだけ縮むなら、体積と長さの比は次になる。線収縮は、分母を生の寸法 L_g に置くか、焼き上がりの寸法 L_f に置くかで二通りに書ける。

$$\frac{V_f}{V_g} = \frac{\rho_g}{\rho_f}, \qquad \frac{L_f}{L_g} = \left(\frac{\rho_g}{\rho_f}\right)^{1/3}, \qquad \varepsilon_g = 1 - \frac{L_f}{L_g}, \qquad \varepsilon_f = \frac{L_g}{L_f} - 1$$

体積収縮は $1 - V_f/V_g = 1 - (1-\varepsilon_g)^3$ である。$\rho_g = 0.60$、$\rho_f = 0.98$ と置く。

問い：「収縮率」という一つの数は、何を言っているのか。

2. 同じ焼成の線収縮が、二つの値を持つ

計算 2.1：体積と長さの比、二つの分母での線収縮、体積収縮を出した。

量	値
体積の比	**0.612245**
線の比	**0.849132**
線収縮（生の寸法を分母）	**0.150868**
線収縮（焼き上がりを分母）	**0.177674**
体積収縮	**0.387755**
焼き上がり **100** mm に要る型	**117.767361** mm

> **観察 2.2**
>
> 同じ焼成の線収縮が、分母で **0.150868** と **0.177674** の二つの値を持つ。二つは $\varepsilon_g = 1 - 1/(1+\varepsilon_f)$ で互いに変換でき、差は **0** だった——どちらも正しく、どちらを言っているかを書かなければ数が伝わらない。

> **観察 2.3**
>
> 型の寸法は、焼き上がりを分母にした値で決まる。焼き上がり **100 mm** には **117.767361 mm** の型が要る——生の分母の **0.150868** で型を決めると、焼き上がりは足りなくなる。

3. 体積の収縮は、線の三倍にならない

計算 3.1：線収縮（生の分母）ごとに、体積収縮との比を出した。

線収縮	体積収縮／線収縮
0.001	2.997001
0.010	2.970100
0.050	2.852500
0.100	2.710000
0.150	2.572500
0.200	2.440000

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。体積の収縮は線の三倍にならない。本稿の焼成では体積収縮 0.387755 と線収縮 0.150868 の比は 2.570156 である——三倍は $(1-\varepsilon)^3$ を一次で切った近似で、焼結の縮みはその近似が崩れる大きさにある。

> **観察 3.3**
>
> 比はひずみとともに単調に 3 から離れる。線収縮 0.001 で 2.997001、0.200 で 2.440000——熱膨張のような小さいひずみで覚えた「三倍」を、焼成には持ち込めない。

4. 寸法の差は、密度のむらの三分の一

計算 4.1：生の密度が ±1 % むら（0.594 と 0.606）のとき、同じ型から焼き上がる寸法の差を出した。

量	値
焼き上がりの寸法の差	0.006689
100 mm での差	0.668916 mm
密度のむら 0.02 に対する倍率	0.334458

観察 4.2

寸法の差は、密度のむらのおよそ三分の一として出る。**1/3** との相対差は **0.003374** である——型をどれだけ正確に作っても、生の密度が場所で違えば、その三分の一が寸法のずれになる。

5. 分離子

観察 5.1

分離子は、収縮を測る物差しを生の寸法に置くか、焼き上がりの寸法に置くかである。生に置けば **0.150868**、焼き上がりに置けば **0.177674** で、型を作るのは後者である——「収縮率 **15 %**」は、分母を言うまで型の寸法が決まらない。

観察 5.2

論文748 と並べる。**748** は、木から抜いた水の量と寸法の変化が別の数であることを示した——ここでは密度の変化と線の寸法の変化が別の数で、しかも収縮率そのものが分母で二つの値を持つ。

観察 5.3

言わないこと。焼結の過程も、異方的な収縮も、実在の寸法公差も扱わない——示したのは、一つの収縮が分母で二つの数になり、体積との比が三にならないことである。

6. 点呼と結び

1. 生の分母で **0.150868**（計算 2.1）：一つ目の値。
2. 焼き上がりの分母で **0.177674**（計算 2.1）：二つ目の値。
3. 型 **117.767361 mm**（観察 2.3）：焼き上がりの分母で決まる。
4. 体積収縮 **0.387755**（計算 2.1）：体積の側。
5. 比 **2.570156**（観察 3.2）：本稿の芯。
6. **0.001** で **2.997001**（計算 3.1）：小さいひずみでは三倍。
7. **0.200** で **2.440000**（計算 3.1）：離れる。

8. 寸法の差 **0.006689**（計算 4.1）：密度のむらから。
9. むらの **0.334458** 倍（観察 4.2）：三分の一。
10. 物差しをどちらに置くか（観察 5.1）：分離子・論文748。

結び：焼き物の収縮率は分母で二つの値を持ち、体積の収縮は線の三倍にならない。生の相対密度 0.60 から 0.98 まで三方向に同じだけ縮むと、線収縮は生の寸法を分母に 0.150868、焼き上がりを分母に 0.177674 で、焼き上がり 100 mm には 117.767361 mm の型が要る——どちらも正しく、どちらかを書かなければ数は伝わらない。体積収縮 0.387755 と線収縮の比は 2.570156 で、線収縮 0.001 なら 2.997001、0.200 なら 2.440000 と、三倍は小さいひずみでだけ成り立つ——焼結の縮みは、その近似が崩れる大きさにある。生の密度が ±1 % むらだと、同じ型から焼き上がる寸法に 0.006689 の差が出て、むらの 0.334458 倍になる。分離子は、収縮を測る物差しを生の寸法に置くか、焼き上がりの寸法に置くかである——「収縮率 15 %」は、分母を言うまで型の寸法が決まらない。既刊との位置——論文748 は抜いた水と寸法が別の数であることを示した。ここは密度と寸法が別の数で、収縮率が分母で二つになることを数えた。正直に言えば——焼結の過程も異方的な収縮も実在の公差も扱っていない。

参考文献

1. Kingery, W. D., Bowen, H. K., & Uhlmann, D. R. (1976). *Introduction to Ceramics* (2nd ed.). Wiley.
2. Rahaman, M. N. (2003). *Ceramic Processing and Sintering* (2nd ed.). Marcel Dekker.
3. 山岸勇輝 (2026). 『木から抜く水の大半は、寸法も強さも変えない』[論文748]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23015126

— 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)