「コロイド」は物質の名前ではなく、大きさの窓の名前である

— 熱運動が重力に勝つ高さ（沈降長）は、水中のシリカで直径 10 nm なら 0.5254878 m あるが、直径を 10 倍にするごとに 1000 分の 1 になる — 分離子は、沈降長が容器より大きいか小さいかである — [論文673]

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

コロイドは物質の種類の名前のように使われる。だが同じ物質でも、大きければ沈み、小さければ浮いたままである。何がその境目を決めているかを、熱運動と重力の比で数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、これが本稿の芯である。境目を決めているのは、物質ではなく直径である——水中のシリカの沈降長は、直径 10 nm で 0.5254878 m、100 nm で 5.254878×10^{-4} m、1000 nm で 5.254878×10^{-7} m だった（第2節）。 第二に、直径が 10 倍になると、沈降長はちょうど 1000 分の 1 になる——重力は体積に比例するので、直径の三乗で効く。熱エネルギーの側は大きさに依らない（第2節）。 第三に、容器の高さを決めれば、窓の縁が決まる——高さ 0.1 m の容器で沈降長がちょうど釣り合う直径は 17.3855 nm だった（第2節）。 第四に、動く側で見ても同じ窓が出る——沈降が拡散に追いつくまでの時間は、直径 10 nm で 1.288608×10^{10} 秒（1.491445×10^{5} 日）、100 nm で 1.288608×10^{5} 秒（1.491445 日）、1000 nm では 1.288608 秒である（第3節）。 第五に、密度差を変えても窓は動く——直径 1000 nm のままでも、密度差を 1500 から 10 kg/m^3 にすると、沈降長は 5.254878×10^{-7} m から 7.882317×10^{-5} m へ 150 倍になる（第3節）。 第六に、分離子は、沈降長が容器より大きいか小さいかである——物質の名前ではなく、直径と密度差と容器の高さの組が決める（第4節）。
キーワード：コロイド、沈降長、ブラウン運動、ストークスの沈降速度、拡散係数、熱運動。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——沈降平衡（ペラン 1909）、ストークスの抵抗、アインシュタイン＝ストークスの拡散係数は、いずれも既知である（ラッセル、サヴィル、ショーウォルター 1989）。粒子どうしの相互作用を入れない——静電的な反発、ファンデルワールス引力、凝集は扱わない。希薄な一粒子だけを見る。濃厚系を扱わない——集団で沈むときの相互作用（沈降の遅れ）は入れない。形を球に限る——棒状や板状の粒子、多分散（大きさの分布）は扱わない。代表値を使う——シリカと水の密度、水の粘性、容器の高さ 0.1 m は代表値であり、特定の系の測定値ではない。既刊との関係：論文365 はブラジルナッツ効果の定番の説明が隙間の大きさで落ちることを示し、射程注記で「充填を論じない」と明記した——そこでは粒の直径の比が機構を決めた——本稿でも効くのは直径だが、比べる相手が別の粒ではなく熱運動である。加えたのは、沈降長を直径ごとに出して三乗の効きを示したこと、容器の高さと釣り合う直径を逆算したこと、沈降と拡散の競争を時間として並べたこと、密度差を変えて窓が動くことを示したこと、分離子を「沈降長が容器より大きいか小さいか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：密度差 $\Delta\rho$、直径 d の球が液の中にある。重力に逆らって熱運動が粒子を持ち上げられる高さを沈降長と呼ぶ。

$$l = \frac{k_B T}{\Delta\rho\, V g}, \qquad V = \frac{\pi}{6} d^3$$

分子は温度だけで決まり、分母は直径の三乗で増える。だから l は直径の三乗に反比例する。動く側では、沈降の速さ（ストークス）と拡散の速さ（アインシュタイン＝ストークス）を比べる。

問い：コロイドかどうかを決めているのは、物質の種類か、それとも大きさか。

2. 沈降長は、直径の三乗で落ちる

計算 2.1：水中のシリカ（密度差 1500 kg/m^3・293.15 K）について、沈降長・沈降速度・拡散係数を出した。

直径	沈降長	沈降速度	拡散係数
10 nm	5.254878×10^{-1} m	8.155897×10^{-11} m/s	4.285824×10^{-11} m^2/s
100 nm	5.254878×10^{-4} m	8.155897×10^{-9} m/s	4.285824×10^{-12} m^2/s
1000 nm	5.254878×10^{-7} m	8.155897×10^{-7} m/s	4.285824×10^{-13} m^2/s
10000 nm	5.254878×10^{-10} m	8.155897×10^{-5} m/s	4.285824×10^{-14} m^2/s

直径を 10 倍にすると、沈降長はちょうど 1000 分の 1、沈降速度は 100 倍、拡散係数は 10 分の 1 になる。

計算 2.2：高さ 0.1 m の容器で、沈降長がちょうど容器の高さになる直径を逆算すると 17.3855 nm である。

> **観察 2.3**
>
> これが本稿の芯である。同じ物質が、直径だけで二つに分かれる。直径 10 nm のシリカは、沈降長が 0.5254878 m あって、ふつうの容器の中では上まで一様に散らばったままでいる。1000 nm のシリカは沈降長が 5.254878×10^{-7} m しかなく、自分の直径ほどの高さにも届かない——どちらも同じシリカである。

3. 動く側で見ても、同じ窓が出る

計算 3.1：沈降が拡散に追いつくまでの時間（拡散係数と沈降速度から）を出した。直径 10 nm で 1.288608×10^{10} 秒（1.491445×10^{5} 日）、100 nm で 1.288608×10^{5} 秒（1.491445 日）、1000 nm で 1.288608 秒である。

計算 3.2：直径 1000 nm のまま密度差を変えると、沈降長は 1500 kg/m^3 で 5.254878×10^{-7} m、100 kg/m^3 で 7.882317×10^{-6} m、10 kg/m^3 で 7.882317×10^{-5} m になる。

> **観察 3.3**
>
> 窓は、直径だけでできているのでもない。密度差を小さくすれば、同じ直径でも窓の中に入る。だから「コロイドの大きさは 1 nm から 1 μm」という言い方は、水と固体という組を暗に決めている——窓を決めているのは、直径と密度差と容器の高さの組である。

4. 分離子

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、沈降長が容器より大きいか小さいかである。大きければ、粒子は熱運動で散らばったままでいる。小さければ、底に積もる——物質の名前を聞いても答えられない。直径と密度差と高さを聞けば答えられる。

観察 4.2

論文365 と並べる。365 では、粒が隙間を通れるかどうかを決めていたのは直径の比だった——ここでも効くのは直径だが、比べる相手は別の粒ではなく熱運動である。同じ「大きさ」が、別の相手と比べられている。

観察 4.3

言わないこと。粒子どうしの引力も反発も入れておらず、濃厚系も扱っていない。球だけを見ている——示したのは、コロイドという語が指しているのが物質ではなく、比が作る窓だということである。

5. 点呼と結び

1. 10 nm で沈降長 **0.5254878 m**（計算 2.1）：容器より高い。
2. 1000 nm で **5.254878×10^{-7} m**（計算 2.1）：自分の直径にも届かない。
3. 10 倍で 1000 分の 1（計算 2.1）：三乗の効き。
4. 境目は **17.3855 nm**（計算 2.2）：高さ 0.1 m の容器で。
5. 同じ物質が二つに分かれる（観察 2.3）：本稿の芯。
6. 追いつく時間 **1.288608×10^{10} 秒**（計算 3.1）：10 nm。
7. 1000 nm では **1.288608 秒**（計算 3.1）：十桁の差。
8. 密度差 10 kg/m^3 で **7.882317×10^{-5} m**（計算 3.2）：窓が動く。
9. 窓は三つの量の組（観察 3.3）：直径・密度差・高さ。
10. 沈降長が容器より大きいか（観察 4.1）：分離子・論文365。

結び：コロイドは、物質の種類ではない。同じ水中のシリカでも、沈降長は直径 10 nm で 0.5254878 m、1000 nm で 5.254878×10^{-7} m と、十億分の一以下に落ちる。直径を 10 倍にすると沈降長はちょうど 1000 分の 1 になり、高さ 0.1 m の容器では 17.3855 nm がその境目だった——熱運動と重力の比が窓を作り、その窓の中に入るものがコロイドと呼ばれている。分離子は、沈降長が容器より大きいか小さいかである。既刊との位置——論文365 では直径が別の粒と比べられた。ここでは直径が熱運動と比べられる。正直に言えば——粒子どうしの相互作用も濃厚系も扱っておらず、球だけを見ている。

参考文献

1. Perrin, J. (1909). Mouvement brownien et réalité moléculaire. Annales de Chimie et de Physique.
2. Russel, W. B., Saville, D. A., & Schowalter, W. R. (1989). *Colloidal Dispersions*. Cambridge University Press.
3. 山岸勇輝 (2026). 『ブラジルナッツ効果の定番の説明は、隙間の大きさで落ちる』[論文365]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22697622

— 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)