二つの規約は争っていない——同じクラッチの、新品のときとなじんだ後である

— 一様圧力の規約と一様摩耗の規約はトルクで **3.0876** パーセント違い、差は環が細いほど縮む —

内半径 $\to 0$ の極限では比がちょうど **4/3** になるが、論文527 の **4/3** とは別根である — [論文559]

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

クラッチのトルクには二つの式があり、どちらを使うかで答が変わる。本稿が示すのは、この二つが競合する記述ではなく、同じ部品の二つの時刻——新品のときとなじんだ後——であること、そして差が摩擦面の形で決まることである。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、二つの規約は別のトルクを返す——165.971014 N m と 161.000000 N m で、3.0876 パーセント違う（第2節）。 第二に、これが本稿の芯である。二つは同時に成り立つと主張していない——一様圧力は新品の面、一様摩耗はなじんだ面である。食い違いは曖昧さではなく履歴である（第4節）。 第三に、差は環が細いほど縮む——内半径 0.020 m で 1.194925、0.140 m で 1.000396 になる（第2節）。 第四に、両極で確かめた——内半径 → 外半径で比が 1 に戻り、内半径 → 0 でちょうど 4/3 になる（第2節）。 第五に、その 4/3 は論文527 の 4/3 と別根である——論文405 の基準で、全単射が無いので同根とは見なさない（第4節）。 第六に、分離子は、二つの記述が同じ時刻を主張しているかどうかである——主張していれば規約の争い、していなければ履歴である（第4節）。 キーワード：クラッチ、一様圧力、一様摩耗、有効半径、なじみ。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——一様圧力と一様摩耗の有効半径の式は、どちらも標準的である。クラッチの設計を勧めない——どの半径を選ぶべきかは述べない。式を取り替えたときに何が変わるかだけを見る。摩擦係数を定数とした——温度・速度・面圧による変化は入っていない。実際にはそこが最大の不確かさである。熱を扱わない——半クラッチの発熱もフェードも主題ではない。摩耗の進み方を解かない——一様摩耗は「なじんだ後の定常」として置いたもので、そこへ至る過程は計算していない。多板・湿式の違いを扱わない——面の枚数は係数として掛かるだけなので、比には影響しない。「どちらの式が正しい」とは書かない——正しさが時刻に依るというのが本稿の主張である。既刊との関係：論文527 は地球の半径を 4/3 倍にするのが規約であり、しかも規約が二つあると示した——形は同じだが、あちらの二つは同じ大気を同じ時刻に記述しようとして食い違っており、選ばなければならない。本稿の二つは同じ部品の別の時刻を記述しており、選ぶ必要がない。同じ「規約が二つ」でも、争っている場合と並んでいる場合がある。論文405 は数値の一致が同根の証拠になるのは全単射があるときだけだと示した——本稿の極限に出る $4/3$ と論文527 の 4/3 にこれを当てた。論文300 は同根か別根かが判定できると示した——「二つの規約が別の答を返す」と「差が環の細さで消える」は別根である。加えたのは、二つの有効半径を五段の内半径で並べて比を測ったこと、両極（内半径 $\to 0$ と $\to$ 外半径）で $4/3$ と 1 に戻ることを確かめたこと、最大トルクを与える内半径を数値探索で求め、独立な閉じた式 $r_o/\sqrt{3}$ と照合したこと、$4/3$ の一致を論文405 の基準で格下げしたこと、分離子を「同じ時刻を主張しているか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：外半径 r_o、内半径 r_i の環状の摩擦面を、軸方向の力 F で押しつける。伝わるトルクは $T = \mu F R$ で、有効半径 R の式が二つある。

$$R_{\text{圧力}} = \frac{2}{3}\cdot\frac{r_o^3 - r_i^3}{r_o^2 - r_i^2}, \qquad R_{\text{摩耗}} = \frac{r_o + r_i}{2}$$

観察 1.1

前者は面圧が一様だとしたときの値である。新しい面、平らな面を押しつけたときの仮定——外側のほうが周長が長いので、外側が多くトルクを稼ぐ。

観察 1.2

後者は摩耗が一様だとしたときの値である。摩耗量が「面圧 × すべり速度」に比例するなら、定常では pr が一定になる——外側ほど速くすべるので外側が先に減り、面圧が内側に寄る。

問い：二つはどれだけ違うのか。そして、どちらかを選ばなければならないのか。

2. 二つの規約は、別のトルクを返す

計算 2.1：外半径 0.150 m で、内半径を振った。

内半径	一様圧力	一様摩耗	比
0.020 m	0.101569 m	0.085000 m	**1.194925**
0.050 m	0.108333 m	0.100000 m	1.083333
0.080 m	**0.118551** m	**0.115000** m	**1.030876**
0.110 m	0.131026 m	0.130000 m	1.007890
0.140 m	0.145057 m	0.145000 m	**1.000396**

> **観察 2.2**
>
> 差は環が細いほど縮む。**1.194925** から **1.000396** まで単調に——環が細ければ、どこを押しても半径がほぼ同じなので、面圧の分布が結果に効かない。

> **観察 2.3**
>
> 一様圧力のほうが常に大きい。順序が入れ替わらない——だから、なじんだ後の式を設計に使うのは安全側である。

計算 2.4：摩擦係数 0.35、押付力 4000 N、内半径 0.080 m のときのトルク。

規約	トルク
一様圧力（新品）	**165.971014** N m
一様摩耗（なじんだ後）	**161.000000** N m
差	**4.971014** N m（**3.0876** パーセント）

> **観察 2.5**
>
> 3 パーセントより大きく 4 パーセントより小さい。実測 **3.0876** パーセント——摩擦係数の不確かさに比べれば小さい。だがこれは式の選び方だけから出ている差であって、測定の誤差ではない。

計算 2.6：両極を見た。

極限	二つの比
内半径 $\to$ 外半径（細い環）	**1.000000**
内半径 $\to 0$（中心まで届く円板）	**1.333333**

> **観察 2.7**
>
> 両端が独立に確かめられる。細い環の極限では 1、円板の極限では $4/3$ で、後者は手で解ける値である——どちらかが外れれば式の実装が違う。境目の両側を見ている。

3. どこに内半径を置くか

計算 3.1：最大面圧を一定に保つ条件で、内半径をどこに置くとトルクが最大になるかを数値探索した。

量	値
数値探索	**0.086602** m（外半径の **0.577350** 倍）
独立な閉じた式 $r_o/\sqrt{3}$	0.086603 m（0.577350 倍）

> **観察 3.2**
>
> 数値探索と閉じた式が一致した。10^{-5} 以内——閉じた式は探索とは別に $r(r_o^2 - r^2)$ を微分して出るので、これは突合せである。

観察 3.3

山の両側で下がることも見た。最適の 0.9 倍でも 1.1 倍でもトルクが小さい——一点だけを見て「最大」と言わない。

観察 3.4

内側を残しても、外側を広げても損である。内半径が小さすぎれば、遅くすべる内側が面積だけ食う——大きすぎれば、面積そのものが足りない。$1/\sqrt{3}$ はその釣り合いである。

4. 分離子

観察 4.1

これが本稿の芯である。二つの式は、同時に成り立つと主張していない——一様圧力は新品の面、一様摩耗はなじんだ面である。同じクラッチが、使われるうちに前者から後者へ移る。食い違いは曖昧さではなく履歴である。

観察 4.2

分離子は、二つの記述が同じ時刻を主張しているかどうかである。主張していれば、どちらかが誤りか、少なくとも選ばなければならない——していなければ、両方とも正しく、ただ順番に正しい。

観察 4.3

論文527 とはそこが違う。あちらの光学と電波の二つの規約は、同じ大気を同じ時刻に記述しようとして 1.077033 倍食い違っており、選ばなければならなかった——本稿の二つは選ぶ必要がない。同じ「規約が二つある」でも、争っている場合と並んでいる場合がある。形が同じでも、始末のつけ方が違う。

> **観察 4.4**
>
> **4/3** の一致は同根の証拠にならない。本稿の極限に出る **1.333333** と、論文527 の 4/3 は同じ数である——だが論文405 の基準では、両者のあいだに全単射が無い。あちらの 4/3 は大気の屈折率勾配を丸めた規約であり、こちらの 4/3 は円板の面積分から出る比である。数が同じでも、根は別である。

> **観察 4.5**
>
> 論文300 の基準で別根である。「二つの規約が別の答を返す」は面圧分布が二通りありうるという持ち物を要る——「差が環の細さで消える」は半径の幅という別の持ち物を要る。細い環では前者が成り立ったまま後者が差を消す。

> **観察 4.6**
>
> 言わないこと。「どちらの式が正しい」とは書かない——正しさが時刻に依るというのが本稿の主張である。摩擦係数を定数としているので、実務の不確かさの主役はそちらであることも申し添える。

5. 点呼と結び

1. 一様圧力 **0.118551 m**（計算 2.1）：内半径 0.080 m。
2. 一様摩耗 **0.115000 m**（計算 2.1）：同上。
3. 比が **1.194925** から **1.000396** へ（計算 2.1）：環が細いほど縮む。
4. トルク **165.971014** 対 **161.000000 N m**（計算 2.4）：**3.0876** パーセント。
5. 細い環の極限で比 **1.000000**（計算 2.6）：境目の片側。
6. 円板の極限で比 **1.333333**（計算 2.6）：手で解ける 4/3。
7. 最適の内半径 **0.086602 m**（計算 3.1）：数値探索。
8. 閉じた式 $r_o/\sqrt{3}$ と一致（観察 3.2）：独立な突合せ。
9. 分離子は同じ時刻を主張しているか（観察 4.2）：争いか履歴か。
10. **4/3** は論文527 と別根（観察 4.4）：論文405 の基準。

結び：クラッチのトルクには二つの式があり、どちらを使うかで答が変わる。一様圧力の規約は有効半径 **0.118551 m**、一様摩耗の規約は **0.115000 m** を返し——摩擦係数 0.35・押付力 4000 N のとき、トルクは **165.971014 N m** と **161.000000 N m**、差は **4.971014 N m**、**3.0876** パーセントになる。摩擦係数の不確かさ

に比べれば小さいが、これは測定の誤差ではなく式の選び方だけから出ている差である。差は環が細いほど縮み、内半径 0.020 m の **1.194925** から 0.140 m の **1.000396** まで単調に減る——環が細ければどこを押しても半径がほぼ同じで、面圧の分布が結果に効かないからである。両極でも確かめた。内半径を外半径に近づけると比は **1.000000** に戻り、内半径を 0 に近づけると手で解ける **1.333333** になる。一様圧力のほうが常に大きく順序が入れ替わらないので、なじんだ後の式を設計に使うのは安全側である。ところがこの二つは、争ってはいない——一様圧力は新品の面、一様摩耗はなじんだ面であり、同じクラッチが使われるうちに前者から後者へ移る。食い違いは曖昧さではなく履歴である。だから分離子は、二つの記述が同じ時刻を主張しているかどうかになる。主張していれば選ばなければならず、していなければ両方とも正しく、ただ順番に正しい。論文527 とはそこが違う——あちらの光学と電波の二つの規約は、同じ大気を同じ時刻に記述しようとして **1.077033** 倍食い違っており、選ばなければならなかった。同じ「規約が二つある」でも、争っている場合と並んでいる場合がある。本稿の極限に出る **1.333333** は論文527 の **4/3** と同じ数だが、論文405 の基準では両者に全単射が無い。あちらは大気の屈折率勾配を丸めた規約、こちらは円板の面積分から出る比であって、数が同じでも根は別である。論文300 の基準でも、「二つの規約が別の答を返す」は面圧分布が二通りありうることを、「差が環の細さで消える」は半径の幅を、それぞれ別に要る。ついでに、内半径の置きどころも測った——最大面圧を一定に保つ条件では、内半径を外半径の **0.577350** 倍に置いたときトルクが最大になる。数値探索の **0.086602 m** と、別に微分して得た閉じた式 $r_o/\sqrt{3}$ が 10^{-5} 以内で一致し、山の両側で下がることも見た。内半径が小さすぎれば遅くすべる内側が面積だけ食い、大きすぎれば面積そのものが足りない。正直に言えば——クラッチの設計は勧めていない。摩擦係数を定数としており、温度・速度・面圧による変化は入っていない——実務の不確かさの主役はそちらである。熱も扱わず、半クラッチの発熱もフェードも主題ではない。一様摩耗は「なじんだ後の定常」として置いたもので、そこへ至る過程は解いていない。多板・湿式の違いは係数として掛かるだけなので比には影響しない。そして「どちらの式が正しい」とは書かない——正しさが時刻に依る、というのが本稿の主張である。

参考文献

1. Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (10th ed.). McGraw-Hill.
2. Orthwein, W. C. (2004). *Clutches and Brakes: Design and Selection* (2nd ed.). CRC Press.
3. Rabinowicz, E. (1995). *Friction and Wear of Materials* (2nd 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). 『数値の一致が同根の証拠になるのは、全単射があるときだけである』[論文405]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699433
6. 山岸勇輝 (2026). 『地球の半径を **4/3** 倍にするのは事実ではなく規約であり、しかも規約は二つある』[論文527]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22867664

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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