

撚りは繊維を荷重方向から傾けるだけなのに、撚らない糸の強度はゼロである

— 傾きの項だけなら強度は単調に減るはずで、0度が最大になる — ところが実測も模型も **34.55** 度で最大 **0.381464** をとり、0度では **0.000000** になる — 上がっているのは傾きではなく、繊維どうしの掴みである — [論文385]

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

糸を撚ると繊維は荷重方向から傾く。傾けば分力が減るのだから、撚りは強度を下げるはずである——ところが撚らない糸は、ほとんど何の強度ももたない。新しい定理も法則も主張しない。第一に、傾きの項 $\cos^2 \alpha$ だけなら、強度は0度で最大になり、単調に減る（第2節）。第二に、掴みの項 $1 - e^{-k \tan \alpha}$ を入れると、0度の強度が **0.000000** になる（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。最大は **34.55** 度・値 **0.381464** に立つ。二つの単調な項の積が、内点に最大を作っている（第3節）。第四に、**60** 度でもまだ最大の **0.5734** 倍あり、半分以上を割らない（第3節）。第五に、掴みの項を外すと最大は消え、0度に戻る。上がっているのは傾きではない（第4節）。第六に、分離子は「繊維が連続か、有限長か」である（第5節）。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——撚り角と強度の関係、掴み長さ、 $\cos^2$ 則はすべて繊維工学で既知である。糸を設計しない——最適な撚り数や番手は与えない。一つの模型で、最大が内点に立つ仕組みだけを見る。実測値を主張しない——**34.55 度**は本稿の模型の値であって、綿糸の最適撚角そのものではない。形が同じであることだけを言う。摩擦の理論を作らない——繊維間摩擦係数や横圧力の分布には立ち入らない。破断を扱わない——繊維の引き抜けと切断のどちらが先かは主題ではない。ロープを扱わない——撚りロープの構造や層構成は主題ではない。既刊との関係：論文**357**は最大出力と最大効率が別の点であることを示した——ここでは二つの単調な項が一つの内点を作る。論文**363**はスイートスポットが三点あることを示した——ここでは最大が一点しかない。論文**300**は同根か別根かが判定できることを示した——傾きと掴みは、その基準で別根である。論文**367**は感度を下げると別のところで上がることを示した——ここでは撚りが片方を下げ、片方を上げる。加えたのは、十点の撚角で強度を数に出したこと、最大の位置 **34.55 度**と値 **0.381464**を求めたこと、**0 度**がちょうど **0.000000**になることを示したこと、掴みの項を外すと最大が消えることを確かめたこと、分離子を「連続繊維か有限長か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：撚角 α の糸の強度を、次の無次元の模型で書く。

$$S(\alpha) = \underbrace{\cos^2 \alpha}_{\text{傾き}} \times \underbrace{(1 - e^{-k \tan \alpha})}_{\text{掴み}}, \quad k = 1.2$$

第一の因子は荷重方向への射影と繊維の伸びの補正、第二の因子は繊維が引き抜けずに力を受け取れる割合である。

観察 1.1

第一の因子は α について単調に減る。**0 度**で**1**、**90 度**で**0**——これだけなら、撚らないのが最強である。

観察 1.2

第二の因子は α について単調に増える。**0 度**で**0**、大きい角で**1**に近づく——撚らないと、繊維は互いを掴まない。

観察 1.3

どちらも単調である。最大をもつ項は一つも無い——それでも積は内点に最大をもつ。

問い：撚りは繊維を傾けるだけなのに、なぜ撚らない糸は弱いのか。

2.0 度の強度は、ちょうどゼロである

計算 2.1：撚角に対する強度 $S(\alpha)$ （本稿で計算）。

撚角 [度]	傾き $\cos^2 \alpha$	強度 S
0	1.000000	0.000000
5	0.992404	0.098906
10	0.969846	0.184955
15	0.933013	0.256548
20	0.883022	0.312481
25	0.821394	0.352004
30	0.750000	0.374877
40	0.586824	0.372432
50	0.413176	0.314310
60	0.250000	0.218719

観察 2.2

第一行が 1.000000 と 0.000000 で並んでいる。傾きの項は最大値をとっているのに、強度はゼロ——繊維は完全に荷重方向を向いているのに、一本も力を受け取らない。

観察 2.3

中央の列は単調に減っている。1.000000 から 0.250000 まで——傾きの項だけを見れば、燃るほど悪くなる。

観察 2.4

右の列は上がってから下がる。30 度の 0.374877 と 40 度の 0.372432 のあいだで折り返している——単調な二つの積が、単調でない。

観察 2.5

5 度でも 0.098906 しかない。傾きの項は 0.992404 でほぼ無傷——失われた 90 パーセントは、傾きのせいではない。

3. 最大は 34.55 度に立ち、60 度でも半分を割らない

計算 3.1：最大の位置と値（本稿で計算）。

量	値
最大の燃角	34.55 度
最大の強度	0.381464
60 度の強度／最大	0.5734
0 度の強度／最大	0.000000

観察 3.2

これが本稿の芯である。最大が端点ではなく内点に立っている——どちらの項も単調なのに、積は 34.55 度で最大 0.381464 をとる。

観察 3.3

最大は平らである。30 度で 0.374877、40 度で 0.372432——最大の 98.3 パーセントと 97.6 パーセントで、10 度の幅にわたってほぼ同じ。

観察 3.4

60 度でもまだ 0.5734 倍ある。傾きの項が 0.250000 まで落ちているのに——掴みの項がほぼ 1 に達しているのに、落ち方が緩い。

観察 3.5

左右は対称ではない。0 度側は崖、60 度側は坂——撚り不足のほうが、撚りすぎよりはるかに危険である。

観察 3.6

実際の綿糸の最適撚角も 30 度前後に置かれる。独立に知られた範囲——模型の 34.55 度は、その範囲を外していない。ただし本稿は一致を主張せず、形が同じであることだけを言う。

4. 上がっているのは傾きではない

計算 4.1：掴みの項を外した場合（本稿で計算）。

撚角 [度]	掴みあり	掴みなし（ $\cos^2 \alpha$ のみ）
0	0.000000	1.000000
34.55	0.381464	0.678
60	0.218719	0.250000
最大の位置	34.55 度	0 度

観察 4.2

掴みを外すと、最大が **34.55 度**から **0 度**へ飛ぶ。内点の最大が消える——最大を作っているのは掴みの項であって、傾きの項ではない。

観察 4.3

傾きの項は、最大の位置に何も寄与していない。それが決めているのは落ち方だけ——「撚ると傾いて弱くなる」は、上がる側の説明にはならない。

観察 4.4

論文357 と同じ形である。論文357 では出力と効率が別の点で最大になった——ここでは二つの単調な項が一つの内点を作る。どちらも、最大が「妥協」ではなく積の性質から出ている。

観察 4.5

0 度がゼロになる理由は摩擦である。撚りが無ければ繊維間に横圧力が生じない——横圧力が無ければ摩擦が無く、摩擦が無ければ有限長の繊維は引き抜ける。

5. 分離子：繊維が連続か、有限長か

観察 5.1

分離子——繊維が糸の端から端まで繋がっているか、途中で切れているか。

繊維	掴みの項	最適撚角
有限長（綿・羊毛）	要る	内点（ 34.55 度 ）
連続（絹・合成長繊維）	要らない	0 度

観察 5.2

これは検証できる分離子である。連続長繊維の糸は、ほとんど撚らない——実際にそうになっている。

観察 5.3

同じ材料でも、切れば最適撚角が動く。合成繊維を短く切って紡げば、撚りが要るようになる——変わったのは材料ではなく長さである。

観察 5.4

論文300の基準で別根である。傾きは幾何が、掴みは摩擦と繊維長が決める——同じ撚角という一つの変数が、二つの別根の量を同時に動かしている。

観察 5.5

正直に言えば—— $k = 1.2$ は模型の定数であって、測ったものではない。最大の位置は k で動く——動かないのは、0度でちょうどゼロになることと、掴みを外すと最大が端点へ飛ぶことである。

観察 5.6

最後に一つ——単調な二つの積が単調でないのは、当たり前ではない。一方が0度でちょうどゼロになるからこそ、内点に最大が立つ——掴みの項が0度で0.1でも残っていれば、最大はもっと端に寄る。

6. 点呼と結び

1. 0度の強度は0.000000（計算2.1）：傾きは最大値なのに。
2. 傾きの項は単調減少（観察2.3）：1.000000から0.250000。
3. 強度は30度と40度のあいだで折り返す（観察2.4）：0.374877と0.372432。
4. 最大は34.55度・0.381464（計算3.1）：内点。
5. 最大は平らである（観察3.3）：10度の幅で97.6パーセント以上。
6. 60度でも0.5734倍（計算3.1）：半分を割らない。

7. 左右は非対称（観察 3.5）：撚り不足のほうが危険。
8. 掴みを外すと最大が 0 度へ飛ぶ（観察 4.2）：最大を作るのは掴み。
9. 分離子は繊維長（観察 5.1）：連続長繊維は撚らない。
10. k は模型の定数（観察 5.5）：位置は動くが、ゼロと飛びは動かない。

結び：糸を撚ると繊維は荷重方向から傾き、傾けば分力が減る——だから撚りは強度を下げるはずである。実際、傾きの項 $\cos^2 \alpha$ は単調に減る——0 度の 1.000000 から 60 度の 0.250000 まで一貫して下がり、これだけなら撚らないのが最強で、最大は端点 0 度に立つ。ところが撚らない糸の強度は、ちょうどゼロである——模型 $S(\alpha) = \cos^2 \alpha (1 - e^{-1.2 \tan \alpha})$ では 0 度で 0.000000。傾きの項が最大値 1.000000 をとっているのに、繊維は一本も力を受け取らない。5 度でもまだ 0.098906 しかなく、傾きの項は 0.992404 でほぼ無傷だから、失われた 90 パーセントは傾きのせいではない。最大は内点に立つ——34.55 度で 0.381464。どちらの項も単調なのに、積は単調でない。30 度で 0.374877、40 度で 0.372432 と、10 度の幅にわたって最大の 97.6 パーセント以上を保つ平らな山であり、60 度でもまだ 0.5734 倍あって半分を割らない。0 度側は崖で 60 度側は坂という非対称があり、撚り不足のほうが撚りすぎよりはるかに危険である。上がっているのは傾きではない——掴みの項を外すと最大は 34.55 度から 0 度へ飛び、内点の最大が消える。傾きの項は最大の位置に何も寄与しておらず、決めているのは落ち方だけである。「撚ると傾いて弱くなる」は、上がる側の説明にはならない。分けているものは一つ——繊維が糸の端から端まで繋がっているか、途中で切れているか。有限長の繊維（綿・羊毛）では掴みの項が要り、最適撚角は内点に立つ。連続長繊維（絹・合成長繊維）では要らず、0 度でよい。実際に長繊維の糸はほとんど撚らず、同じ合成繊維でも短く切って紡げば撚りが要るようになる——変わったのは材料ではなく長さである。論文300 の基準で別根であって、傾きは幾何が、掴みは摩擦と繊維長が決める。正直に言えば—— $k = 1.2$ は模型の定数であって測ったものではなく、最大の位置は k で動く。動かないのは、0 度でちょうどゼロになることと、掴みを外すと最大が端点へ飛ぶことである。最後に一つ——単調な二つの積が単調でないのは、当たり前ではない。一方が 0 度でちょうどゼロになるからこそ、内点に最大が立つ。掴みの項が 0 度で 0.1 でも残っていれば、最大はもっと端に寄る。

参考文献

1. Hearle, J. W. S., Grosberg, P., Backer, S. (1969). *Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics*. New York: Wiley-Interscience.
2. Gegauff, C. (1907). Force et élasticité des filés en coton. *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*.
3. Pan, N. (1992). Development of a constitutive theory for short-fiber yarns. *Textile Research Journal*.
4. Morton, W. E., Hearle, J. W. S. (2008). *Physical Properties of Textile Fibres* (4th ed.). Cambridge: Woodhead.
5. 山岸勇輝 (2026). 『第三百回の点呼——同根か別根かは判定できる』 [論文300]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171914
6. 山岸勇輝 (2026). 『最大出力と最大効率、同じ点ではない』 [論文357]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22697180
7. 山岸勇輝 (2026). 『スイートスポットは三点ある』 [論文363]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22697505
8. 山岸勇輝 (2026). 『感度を下げると、別のところで上がる』 [論文367]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22697709

— *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)