翼端で押す回転翼に反トルクは無いが、代金は噴流が持ち去る運動エネルギーで払う

— 軸で回す回転翼は胴体を逆に回し、尾部の回転翼に主回転翼の 0.043139 の仕事率が要る。翼端の噴流で回せば軸のトルクは 0 だが、噴流の推進効率は翼端の速さと噴流の速さの比で決まり、噴流が翼端の 2 倍なら届ける仕事率と同じだけを捨て、代金がゼロになるのは噴流が翼端の 1.086279 倍のときだけである — 分離子は、力を軸に入れるか、縁に入れるか — [論文1034]

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

ウィトゲンシュタインは哲学の前に航空工学を学び、1911 年に翼端の燃焼室で回すプロペラの特許を取った。飛行機には使えなかったが、のちにヘリコプターのチップジェットになった型である。本稿は、軸で回す回転翼と翼端で押す回転翼を運動量理論の代表値で並べ、反トルクが消える代わりに何を払うかを数える。新しい定理も法則も主張せず、実機の性能も引かない。 第一に、これが本稿の芯である。反トルクが消えるのは力の作用点が軸から縁へ移るからで、代金は噴流が持ち去る運動エネルギーである——重さ 2000 kg・半径 5 m・角速度 40 rad/s（翼端 200 m/s）の代表値で、ホバリングの誘導速度は 10.095954 m/s、誘導仕事率は 198.014970 kW である。軸で回すとトルク 4950.374246 N·m が胴体を逆に回し、6 m 先の半径 1 m の尾部回転翼に推力 825.062374 N・誘導仕事率 8.542248 kW（主回転翼の 0.043139）が要る。翼端で押せば要る噴流の推力は 990.074849 N で軸のトルクは 0 だが、噴流の推進効率は翼端の速さ V と噴流の速さの比 2V/(V＋噴流の速さ) で決まる（第2節・第3節）。 第二に、噴流の代金は尾部回転翼の代金の 10 倍を超える——噴流の速さが翼端の 1.25・2・3・5 倍のとき推進効率は 0.888889・0.666667・0.500000・0.333333 で、捨てる仕事率は届ける仕事率の 0.125000・0.500000・1.000000・2.000000 倍である。翼端の 2 倍の噴流で代金は尾部の 11.590331 倍、3 倍で 23.180662 倍になる（第3節）。 第三に、代金がゼロになる噴流はほとんど翼端と同じ速さである——噴流の代金が尾部回転翼の分と等しくなる推進効率は 0.958645、噴流の速さは 217.255763 m/s で翼端の 1.086279 倍しかない（閉じた式と二分法が一致）。それより速い噴流はすべて尾部より高くつく（第3節）。 第四に、尾部回転翼の代金は面積で下がる——尾部の半径を 1 m から 2 m にすると誘導仕事率は 4.271124 kW・主回転翼の 0.021570 と半分になる。尾部の代金は面積で、噴流の代金は速さの比で決まる（第2節）。 第五に、どちらの代金も運動量理論の同じ式から出る——尾部回転翼の誘導仕事率は推力の 3/2 乗を面積の平方根で割った値、噴流の推進効率はフルードの 2V/(V＋噴流の速さ) で、どちらも「流れに与えた運動量に対して残る運動エネルギー」の勘定である（第4節）。 第六に、分離子は、力を軸に入れるか、縁に入れるか——軸に入れれば反トルクが出て尾部が要り、縁に入れれば反トルクは出ないが噴流が要る。特許の着想は縁に入れることで、代金の帳簿は着想の外にある（第4節）。 キーワード：回転翼、反トルク、チップジェット、運動量理論、推進効率、尾部回転翼。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——回転翼の運動量理論（作動円板）、尾部回転翼の役割、噴流の推進効率（フルード）、ウィトゲンシュタインの特許（1911）とその経緯（ケイターとレムコ 2009）は、いずれも既知である。代表値の模型である——重さ・半径・角速度・尾部の位置と半径・空気の密度は比べるための値で、一様な流入・損失なしの運動量理論だけを使う。翼の形や失速、地面効果は入れない。噴流の型を分けない——空気を吸う噴流かロケット型かで推進効率の式は変わるが、本稿は翼端に対する相対の噴流の速さで書く一つの式に限る。実機を引かない——チップジェットを使った実機の性能は確かめていないので引かない。特許の細部に入らない——遠心力による圧縮や燃焼室の構造には入らず、翼端で押すという一点だけを使う。既刊との関係：論文726 は、後方の渦を決めるのが推力ではなく重さと翼幅であることを示した——ここでも回転翼の誘導仕事率を決めるのは重さと円板の面積で、推力の出し方（軸か縁か）は代金の側にだけ効く。論文486 は、三つの分野に出る「ちょうど半分」が二次関数の頂点であることを示した——ここで使う運動量理論の誘導速度は、その頂点と同じ作動円板の式から出る。加えたのは、軸で回す代金（尾部の誘導仕事率）と縁で回す代金（噴流の推進効率）を同じ代表値で並べたこと、代金が等しくなる噴流の速さを出したこと、尾部の面積と噴流の速さの比という二つのつまみを分けたことである。

1. 記法と問い

設定：重さ W の機体を半径 R の回転翼で支える。運動量理論では誘導速度 $v_i = \sqrt{W/(2\rho A)}$（$A = \pi R^2$）、誘導仕事率 $P_i = W v_i$ である。軸で回すと軸のトルク $Q = P_i/\Omega$ が胴体を逆に回し、距離 L の尾部回転翼が推力 $T_t = Q/L$ を出して止める。その誘導仕事率は $T_t^{3/2}/\sqrt{2\rho A_t}$ である。翼端の噴流で回すと軸のトルクは 0 で、翼端に推力 $F = Q/R$ が要り、翼端の速さ $V = \Omega R$ に対する噴流の速さ v_j で推進効率 $\eta = 2V/(V + v_j)$ が決まる。捨てる仕事率は届ける仕事率の $(1-\eta)/\eta$ 倍である。

問い：反トルクを消すと、何を払うか。

2. 軸で回す

計算 2.1：$W = 19613.300000$ N・$R = 5$ m・$\Omega = 40$ rad/s・$\rho = 1.225$ kg/m³ で、円板面積 78.539816 m²、誘導速度 10.095954 m/s、誘導仕事率 198.014970 kW、翼端の速さ 200 m/s である。トルクは 4950.374246 N·m で、$L = 6$ m の尾部回転翼に推力 825.062374 N が要る。

尾部の半径	誘導仕事率（kW）	主回転翼に対する割合
1 m	8.542248	0.043139
2 m	4.271124	0.021570

> **観察 2.2**
>
> 尾部回転翼の代金は面積で下がる。半径を 2 倍にすると誘導仕事率は半分になる——論文726 が示したとおり、渦も仕事率も推力ではなく重さと面積で決まる。

3. 縁で回す

計算 3.1：翼端に要る噴流の推力は $Q/R = 990.074849$ N で、軸のトルクは 0 である。噴流の速さごとの推進効率と代金は次のとおりである。

噴流の速さ	翼端との比	推進効率	捨てる仕事率÷届ける仕事率
200 m/s	1	1.000000	0.000000
250 m/s	1.25	0.888889	0.125000
400 m/s	2	0.666667	0.500000
600 m/s	3	0.500000	1.000000
1000 m/s	5	0.333333	2.000000

代金が尾部回転翼の分（0.043139）と等しくなる推進効率は 0.958645、噴流の速さは 217.255763 m/s（翼端の 1.086279 倍）で、二分法の値と閉じた式が一致した。翼端の 2 倍の噴流で代金は尾部の 11.590331 倍、3 倍で 23.180662 倍である。

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。反トルクが消えるのは力の作用点が軸から縁へ移るからで、代金は噴流が持ち去る運動エネルギーである。噴流が翼端よりわずかに速いだけなら代金は小さいが、推力を出すには噴流を速くするしかなく、翼端の 2 倍で届ける仕事率と同じだけを捨てる——尾部の 4 パーセントを消して、50 パーセントを払う。

4. 分離子と、言わないこと

> **観察 4.1**
>
> どちらの代金も同じ勘定である。尾部回転翼の誘導仕事率も噴流の推進効率も、流れに与えた運動量に対して残る運動エネルギーで、論文486 が示した作動円板の式の頂点と同じ式から出る——違うのは、尾部が面積で払い、噴流が速さの比で払うことである。

> **観察 4.2**
>
> 分離子は、力を軸に入れるか、縁に入れるか。軸に入れれば反トルクが出て尾部が要り、縁に入れれば反トルクは出ないが噴流が要る——特許の着想は縁に入れることで、代金の帳簿は着想の外にある。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。代表値の模型で、翼の形も損失も実機の性能も入れない——噴流の型（空気を吸うかロケット型か）も分けず、特許の燃焼室の細部にも入らない。

5. 点呼と結び

1. 誘導速度 **10.095954** m/s・誘導仕事率 **198.014970** kW・トルク **4950.374246** N·m・尾部の推力 **825.062374** N・仕事率 **8.542248** kW（**0.043139**）（計算 2.1）：軸で回す代金。
2. 噴流の推力 **990.074849** N・推進効率 **0.888889**・**0.666667**・**0.500000**・**0.333333**（計算 3.1）：本稿の芯。
3. 代金が等しくなる噴流 **217.255763** m/s（翼端の **1.086279** 倍・効率 **0.958645**）（計算 3.1）：ほとんど翼端と同じ速さ。
4. 2 倍で尾部の **11.590331** 倍・3 倍で **23.180662** 倍（計算 3.1）：10 倍を超える代金。
5. 尾部の半径 **2** m で **4.271124** kW（**0.021570**）（計算 2.1）：面積で下がる。
6. 軸か、縁か（観察 4.2）：分離子・論文726・486。

結び：翼端で押す回転翼に反トルクは無いが、代金は噴流が持ち去る運動エネルギーで払う。代表値の回転翼で、軸で回すと尾部回転翼に主回転翼の 0.043139 の仕事率が要り、翼端で押せば軸のトルクは 0 だが、噴流が翼端の 2 倍の速さなら届ける仕事率と同じだけを捨て（推進効率 0.666667）、代金は尾部の 11.590331 倍にな

る。代金がゼロになるのは噴流が翼端の 1.086279 倍のときだけである——尾部は面積で払い、噴流は速さの比で払う。分離子は、力を軸に入れるか、縁に入れるかである。既刊との位置——論文726 は後方の渦を決めるのが重さと翼幅であることを、論文486 は「ちょうど半分」が二次関数の頂点であることを示した。ここでは、同じ運動量理論で、反トルクを消す代金を数えた。正直に言えば——実在のヘリコプターの数は一つも使っていない。

参考文献

1. Cater, J., & Lemco, I. (2009). Wittgenstein’s combustion chamber. *Notes and Records of the Royal Society*.
2. Johnson, W. (1980). *Helicopter Theory*. Princeton University Press.
3. Wittgenstein, L. (1911). Improvements in propellers applicable for aerial machines (British Patent 27,087). The Patent Office.
4. 山岸勇輝 (2026). 『三つの分野に出る「ちょうど半分」は、物理ではなく二次関数の頂点である』[論文486]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22759952
5. 山岸勇輝 (2026). 『後方の渦を決めるのは推力ではなく重さと翼幅で、進入の渦は巡航より強くない』[論文726]. Zenodo.

— *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)