風見鶏が風上を向くのは、尾の面積が大きいからではなく、面積と腕の積が勝つからである

— 頭の面積が尾より大きくても、この差が正なら風上を向き、軸を尾の近くに置くと差が負になって逆を向く — 分離子は、風圧中心が軸の後ろにあるかどうかである — [論文653]

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

屋根の上の風見鶏は、風の来る方へ頭を向ける。頭が小さく尾が大きい形をしているので、「尾の面積が大きいから尾が風下へ流される」と説明されることが多い。向きを戻すモーメントと、振れの減り方を、準定常の空気力で数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、向くかどうかは、面積ではなく面積×腕の差で決まる——尾の面積×腕から頭の面積×腕を引いた量 S_1 が正なら風上を向く。前提の風見鶏で $S_1 = 0.010000\ \mathrm{m^3}$。頭の面積 $0.050\ \mathrm{m^2}$ が尾の $0.040\ \mathrm{m^2}$ より大きくても、腕が 0.10 と 0.30 なら $S_1 = +0.007000$ で風上を向いた（第2節）。 第二に、軸を尾の近くに置くと、逆を向く——尾の腕 0.05、頭の腕 0.25 にすると $S_1 = -0.000500$ で、尾を風上へ向ける。そのとき頭と尾の役が入れ替わり、S_1 は $+0.000500$ になって、その向きで落ち着く（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。戻す硬さは風速の二乗で増えるが、振れの減り方は風速によらない——風速 $2\ \mathrm{m/s}$ と $20\ \mathrm{m/s}$ で、戻す硬さは 100.000000 倍、振れの速さは 10.000000 倍になったが、減衰比はどちらも 0.156525 だった。数値積分でも、一回振れるごとの振幅の比は 0.369443 で同じだった（第3節・第4節）。 第四に、分離子は、風圧中心が軸の後ろにあるかどうかである——それは S_1 の符号と同じことである。強い風は落ち着くまでの時間を縮める（60 度から 2 度まで 13.8824 秒が 1.3882 秒）が、何回振れて落ち着くかは変えない（第5節）。 キーワード：風見鶏、方向安定、風圧中心、減衰比、準定常の空気力。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——風圧中心が回転軸の後ろにあれば向きが戻ること（飛行機では方向安定、風見安定とも呼ばれる）と、準定常の空気力による減衰は、飛行力学で既知である。準定常の近似である——板の法線力を迎角に比例させ（傾き 2.0 /rad）、回る速さによる迎角の変化もそのまま入れた。大きな振れの非線形、渦の放出、突風は扱わない。前提の例である——尾 0.040 m²・腕 0.30 m、頭 0.010 m²・腕 0.20 m、慣性モーメント 0.020 kg·m²、空気の密度 1.225 kg/m³ は例として置いた。既刊との関係：論文454は、水圧の合力は深さの二乗、転倒モーメントは三乗で増えるのに、堤体の幅は深さに比例すればよいことを示した——ここでも効くのは力の大きさではなく、腕との積の釣り合いである。加えたのは、向く条件を面積×腕の差として書き、面積が逆でも向く例と、軸の位置で逆を向く例を示したこと、減衰比が風速によらないことを閉じた式と数値積分で確かめたこと、分離子を風圧中心と軸の前後に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：風見鶏は鉛直の軸のまわりに回る。軸の後ろ l_r に面積 A_r の尾、前 l_f に面積 A_f の頭がある。風速 V の風に対して小さな角 θ だけ振れると、それぞれの板は迎角 θ で風を受け、法線力 $\frac{1}{2}\rho V^2 A C_{N\alpha}\theta$ を出す。回る速さ $\dot\theta$ は、腕 l の板の迎角を $l\dot\theta/V$ だけ変える。軸のまわりの運動は

$$I\ddot\theta + c\dot\theta + k\theta = 0, \qquad k = \tfrac{1}{2}\rho V^2 C_{N\alpha} S_1, \qquad c = \tfrac{1}{2}\rho V C_{N\alpha} S_2$$

で、$S_1 = A_r l_r - A_f l_f$（面積×腕の差）、$S_2 = A_r l_r^2 + A_f l_f^2$（面積×腕の二乗の和）である。前提は、$\rho = 1.225$ kg/m³、$C_{N\alpha} = 2.0$ /rad、$I = 0.020$ kg·m²、尾 0.040 m²・腕 0.30 m、頭 0.010 m²・腕 0.20 m である。

問い：風見鶏を風上へ向けるのは何か。そして風が強いと何が変わるか。

2. 向く条件

計算 2.1：前提の風見鶏で、$S_1 = 0.010000$ m³、$S_2 = 0.004000$ m⁴ だった。S_1 が正なので、振れると戻す向きのモーメントが出る。

計算 2.2：頭の面積を尾より大きくした（頭 0.050 m²・腕 0.10 m、尾 0.040 m²・腕 0.30 m）。$S_1 = +0.007000$ m³ で、風上を向いた。軸を尾の近くに置いた（尾 0.040 m²・腕 0.05 m、頭 0.010 m²・腕 0.25 m）。$S_1 = -0.000500$ m³ で、逆を向いた。そのとき頭と尾の役が入れ替わり、S_1 は $+0.000500$ になった。

> **観察 2.3**
>
> 向くかどうかは、面積ではなく面積×腕の差で決まる。面積の大きい側が風下へ流されるのではない。腕の長い側が、同じ面積でも大きなモーメントを出す。そして S_1 が負の風見鶏も、向かないのではなく、逆の向きで落ち着く——どちらも向かないのは、S_1 がちょうど 0 のときだけである。

3. 風速と振れ

計算 3.1：前提の風見鶏で、風速ごとに戻す硬さ・振れの速さ・減衰比・収まるまでの時間を出した。

風速	戻す硬さ	周期	減衰比	60 度から 2 度まで
2 m/s	0.049000 N·m/rad	4.0142 秒	0.156525	13.8824 秒
5 m/s	0.306250 N·m/rad	1.6057 秒	0.156525	5.5530 秒
10 m/s	1.225000 N·m/rad	0.8028 秒	0.156525	2.7765 秒
20 m/s	4.900000 N·m/rad	0.4014 秒	0.156525	1.3882 秒

風速 20 m/s と 2 m/s の比は、戻す硬さ 100.000000、振れの速さ 10.000000、収まる時間 10.000000 だった。

4. 減衰比は風速によらない

計算 4.1：減衰比 $\zeta = c/(2\sqrt{kI})$ に上の k と c を入れると、風速が消えて

$$\zeta = \frac{\sqrt{\tfrac{1}{2}\rho C_{N\alpha}}\, S_2}{2\sqrt{S_1 I}}$$

になる。前提の値で 0.156525 で、四つの風速の値と 10^{-12} 以内で一致した。数値積分で、一回振れるごとの振幅の比は、風速 2 m/s でも 20 m/s でも 0.369443 で、閉じた式の 0.369447 と 10^{-4} 以内で一致した。

> **観察 4.2**
>
> これが本稿の芯である。強い風は、振れを速くするが、何回で収まるかは変えない。戻す硬さは風速の二乗、減衰は風速の一乗で増える。振れの速さは硬さの平方根で風速の一乗になり、減衰とちょうど同じ割合で増える——だから一回振れるごとに振幅が 0.369443 倍になることは、そよ風でも強風でも同じで、違うのは一回の振れにかかる時間だけである。

5. 分離子

> **観察 5.1**
>
> 分離子は、風圧中心が軸の後ろにあるかどうかである。二枚の板の法線力の合力が作用する点（風圧中心）が軸の後ろにあることは、S_1 が正であることと同じである。風見鶏の頭が小さく尾が大きいのは、面積の差のためではなく、風圧中心を軸の後ろに置くためである——そして振れの減り方は、形（$S_1 \cdot S_2$）と慣性だけで決まり、風の強さでは決まらない。

> **観察 5.2**
>
> 論文454 と並べる。454 は、水圧の合力は深さの二乗、転倒モーメントは三乗で増えるのに、堤体の幅は深さに比例すればよいことを示した——ここでも、効くのは力の大きさではなく腕との積であり、風の強さが二乗で効いても、向く条件にも減り方にも入らなかった。

> **観察 5.3**
>
> 言わないこと。準定常の空気力を前提とし、大きな振れの非線形、渦の放出、突風は扱わない。寸法は例である——示したのは、向く条件と振れの減り方を決めているものである。

6. 点呼と結び

1. $S_1 = 0.010000\ \mathrm{m}^3$（計算 2.1）：面積×腕の差が正。
2. 頭が大きくても $S_1 = +0.007000$（計算 2.2）：風上を向く。
3. 軸を尾の近くで $S_1 = -0.000500$（計算 2.2）：逆を向いて落ち着く。
4. 向かないのは $S_1 = 0$ だけ（観察 2.3）：面積ではない。
5. 硬さの比 **100.000000**（計算 3.1）：風速の二乗。
6. 振れの速さの比 10.000000（計算 3.1）：風速の一乗。
7. 減衰比 **0.156525**（計算 4.1）：どの風速でも同じ。
8. 振幅の比 0.369443（計算 4.1）：数値積分でも同じ。
9. 何回で収まるかは風で変わらない（観察 4.2）：本稿の芯。
10. 風圧中心が軸の後ろか（観察 5.1）：分離子・論文454。

結び：風見鶏が風上を向くのは、尾の面積が大きいからではない。尾と頭の面積×腕の差が正であれば向き、頭の面積が尾より大きくても向き、軸を尾に寄せれば逆を向いて落ち着いた。風が強くなると戻す硬さは二乗で増え、振れは速くなるが、減衰比は **0.156525** のまま変わらなかった——強い風は、振れを速くするだけで、何回で収まるかは変えない。分離子は、風圧中心が軸の後ろにあるかどうかである。既刊との位置——論文**454**と同じく、効くのは力の大きさではなく腕との積である。正直に言えば——準定常の近似で、大きな振れと突風は入っていない。

参考文献

1. Etkin, B. (1972). *Dynamics of Atmospheric Flight*. John Wiley & Sons.
2. 山岸勇輝 (2026).『水圧は二乗で増えるのに、堤体の幅は比例でよい』[論文454]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22732989

— 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)