

ブランコの立ち漕ぎと座り漕ぎは、二つの機構である

— 立ち漕ぎは固有振動数の二倍で漕ぎ、座り漕ぎは一倍で漕ぐ — 一方はパラメトリック励振、他方は強制振動であって、同じ「漕ぐ」という語が二つの別物を指している — [論文351]

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

ブランコを漕ぐ方法は二つある。本稿が問うのはその二つが同じ機構かどうかである——答えは同じではない。新しい定理も法則も主張しない。第一に、長さ 3 m のブランコの固有振動数は 0.287753 Hz (周期 3.4752 秒) である (第2節)。第二に、これが本稿の芯である。立ち漕ぎは 0.575506 Hz 、すなわち固有振動数の二倍で漕ぐ (第3節)。第三に、座り漕ぎは 0.287753 Hz 、すなわち一倍で漕ぐ (第3節)。第四に、前者はパラメトリック励振 (振り子の長さを変える)、後者は強制振動 (外から力を加える) である (第3節)。第五に、重心を 0.30 m 上下させると一周あたり 1.171214 倍、十周期で 4.8569 倍になる (第4節)。第六に、分離子は「何を変えるか」——長さか、それとも力か (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——単振り子・パラメトリック励振・マシュー方程式はすべて既知である。力学を作らない——マシュー方程式の安定領域 (アーノルドの舌) の厳密な理論には立ち入らない。名前を挙げるにとどめる。実験をしない——実際の人体の重心移動の測定は行わない。数値は明示した模型の上でのものである。大振幅を扱わない—— $\sin\theta \approx \theta$ の近似の外は主題ではない。減衰を主題にしない——空気抵抗と軸受の摩擦は数値に入れていない。利得は減衰を差し引く前の値である。人体を扱わない——筋肉の出力や関節の可動域は主題ではない。既刊との関係 : 論文313 は本体系が「同期」を四つの意味で使っていたことを示した——そこでも二倍と一倍の区別が効いていた。ここでは同じ「漕ぐ」が二つに割れる。論文350 はむだ時間が位相だけを食うことを示した——そこでも周波数と位相の関係が判定した。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——その基準で、立ち漕ぎと座り漕ぎは別根である。論文182 は「次元の呪い」が一つの呪いではないことを示した——一語が複数を指す形が同じである。加えたのは、固有振動数を数で出したこと、二つの漕ぎ方の駆動周波数の比が厳密に 2 対 1 であることを示したこと、重心移動の大きさに対する利得を四点で出したこと、分離子を「長さか力か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：長さ $L = 3.0 \text{ m}$ の単振り子を考える。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}, \quad g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

観察 1.1

ブランコを漕ぐ方法は二つ知られている。立って膝を伸縮させる方法と、座って上体を前後に倒す方法である——どちらも「漕ぐ」と呼ばれる。

観察 1.2

立ち漕ぎは振り子の長さを変えている。膝を曲げれば重心が下がり、伸ばせば上がる——変えているのは系のパラメータそのものである。

観察 1.3

座り漕ぎは外から力のモーメントを加えている。上体を倒すことで支点まわりのトルクを作る——長さは変わらない。

問い：この二つは同じ機構か。

2. 固有振動数

計算 2.1：長さ 3 m の振り子の固有振動数（本稿で計算）。

量	値
長さ L	3.0 m
固有振動数 f_0	0.287753 Hz
固有周期 T_0	3.4752 秒

観察 2.2

3.4752 秒は実感に合う。公園のブランコが一往復するのに要する時間である——模型が現実から離れていないことの確認になる。

観察 2.3

長さを 0.3 m 縮めると 0.303318 Hz になる。0.287753 から上がる——短い振り子は速く振れる。この事実が次節の機構を作る。

3. 二倍と一倍

計算 3.1：二つの漕ぎ方の駆動周波数（本稿で計算）。

漕ぎ方	何を変えるか	駆動の周波数	型
立ち漕ぎ	重心の高さ	0.575506 Hz = 2f ₀	パラメトリック励振
座り漕ぎ	体の傾き	0.287753 Hz = 1f ₀	強制振動

観察 3.2

これが本稿の芯である。比は厳密に 2 対 1 である——0.575506/0.287753 = 2.000000。近似ではなく、機構から出る整数比である。

観察 3.3

なぜ二倍なのか。立ち漕ぎでは、振り子が最下点を通る「たび」に膝を伸ばす——一往復に最下点は二回あるから、伸縮は一周に二回入る。

観察 3.4

なぜ一倍なのか。座り漕ぎでは、進む向きに合わせて上体を倒す——向きは一往復に一度しか同じにならないから、一周期に一回である。

観察 3.5

この差は共振の条件を変える。強制振動は駆動周波数が固有振動数に一致したときに大きくなる——パラメトリック励振は二倍のときに大きくなる。共振点そのものが違う。

観察 3.6

論文300の基準で別根である。数値の一致がないだけでなく、方程式の形が違う——強制振動は非斉次項をもち、パラメトリック励振は係数が時間に依存する。同じ「漕ぐ」が二つの別物を指している。

4. 重心移動と利得

計算 4.1：立ち漕ぎで重心を dL 上下させたときの一周期あたりの振幅利得（本稿で計算）。

dL [m]	dL/L	一周期の振幅比	十周期後
0.05	0.0167	1.025531	1.2867
0.10	0.0333	1.052168	1.6628
0.20	0.0667	1.109034	2.8148
0.30	0.1000	1.171214	4.8569

観察 4.2

一周期あたりは小さく、積むと大きい。 $dL = 0.30$ m で一周期 1.171214 倍は「ほんの少し」に見えるが、十周期で 4.8569 倍になる——指数的に増えるからである。

観察 4.3

十周期は **34.752** 秒である。半分ほどの時間で振幅が数倍になる——子どもがブランコを漕ぎ始めてから高くなるまでの体感に合う。

観察 4.4

重心を動かさなければ利得は **1.000000** である。 $dL = 0$ で厳密に **1**——パラメータを変えないかぎり、パラメトリック励振は何も起こさない。

観察 4.5

正直に言えば——この利得は減衰を差し引いていない。実際には空気抵抗と軸受の摩擦が引く——利得が減衰を上回るかどうか、漕げるかどうかを決める。 dL に下限があるのはそのためである。

5. 分離子：長さを変えるか、力を加えるか

観察 5.1

分離子——系のパラメータを変えるのか、それとも外から力を加えるのか。

	何を変える	共振する周波数	振幅ゼロから始まるか
パラメトリック励振	パラメータ	$2f_0$	始まらない
強制振動	外力	f_0	始まる

観察 5.2

右端の列が実用上いちばん効く。完全に静止したブランコの上で立ち漕ぎをしても、原理的には動き出さない——パラメトリック励振は既にある振幅を増やす機構であって、ゼロには掛かるものが無いからである。

観察 5.3

座り漕ぎならゼロから始められる。外力は振幅に比例しないから、静止していても効く——だから最初のひと漕ぎは座って始めるのが理にかなっている。

観察 5.4

分離子は動かせる。立ち漕ぎでも、重心を左右にずらせば外力の成分が入る——実際の人間はおそらく両方を混ぜている。純粋な二型は模型の側の区別である。

観察 5.5

正直に言えば——**0.287753 Hz** も **1.171214** も、長さ **3 m** と明示した模型の上での値である。別のブランコなら別の数が出る——動かないのは、駆動周波数の比が **2 対 1** であることと、共振点が違うことだけである。

観察 5.6

最後に一つ——同じ道具を同じ目的で使っていても、機構が同じとはかぎらない。ブランコに乗って高くなるという一つの目的が、二つの物理で達成されている——目的の一致は機構の一致ではない。

6. 点呼と結び

1. $f_0 = 0.287753 \text{ Hz}$ (周期 **3.4752** 秒) (計算 2.1) : 長さ **3 m**。
2. 立ち漕ぎは **0.575506 Hz** (計算 3.1) : 固有の二倍。
3. 座り漕ぎは **0.287753 Hz** (計算 3.1) : 固有の一倍。
4. 比は厳密に **2 対 1** (観察 3.2) : 近似ではない。
5. 最下点は一往復に二回 (観察 3.3) : 二倍の由来。
6. $dL = 0.30 \text{ m}$ で一周期 **1.171214** 倍 (計算 4.1) : 十周期で **4.8569** 倍。
7. $dL = 0$ で利得 **1.000000** (観察 4.4) : パラメータを変えなければ何も起きない。
8. 長さを **0.3 m** 縮めると **0.303318 Hz** (観察 2.3) : 短い振り子は速い。
9. パラメトリック励振はゼロから始まらない (観察 5.2) : 強制振動は始まる。

10. 論文300 の基準で別根（観察 3.6）：方程式の形が違う。

結び：ブランコを漕ぐ方法は二つ知られている——立って膝を伸縮させる方法と、座って上体を前後に倒す方法である。どちらも「漕ぐ」と呼ばれる。だがこの二つは、同じ機構ではない——長さ **3.0 m** のブランコの固有振動数は **0.287753 Hz**（周期 **3.4752 秒**）である。立ち漕ぎはこの二倍の **0.575506 Hz** で漕ぎ、座り漕ぎは一倍の **0.287753 Hz** で漕ぐ。比は厳密に 2 対 1 であって、近似ではなく機構から出る整数比である。二倍になる理由は数えれば出る——立ち漕ぎでは振り子が最下点を通るたびに膝を伸ばすが、一往復に最下点は二回あるから、伸縮は一周期に二回入る。座り漕ぎでは進む向きに合わせて上体を倒し、向きは一往復に一度しか同じにならないから、一周期に一回である。前者はパラメトリック励振、後者は強制振動である——強制振動は駆動が固有振動数に一致したときに大きくなり、パラメトリック励振は二倍のときに大きくなる。共振点そのものが違う。論文300 の基準でこの二つは別根であって、強制振動は非斉次項をもち、パラメトリック励振は係数が時間に依存する。利得は積むと大きい——重心を **0.30 m** 上下させると一周期 **1.171214** 倍で、これは「ほんの少し」に見えるが、十周期（**34.752 秒**）で **4.8569** 倍になる。重心を動かさなければ利得は厳密に **1.000000** であって、パラメータを変えないかぎり何も起こらない。分けているものは一つ——系のパラメータを変えるのか、それとも外から力を加えるのか。そしてこの差はいちばん実用的なところに出る——完全に静止したブランコの上で立ち漕ぎをしても、原理的には動き出さない。パラメトリック励振は既にある振幅を増やす機構であって、ゼロには掛かるものが無いからである。外力は振幅に比例しないから、最初のひと漕ぎは座って始めるのが理にかなっている。正直に言えば——この利得は減衰を差し引いておらず、実際には利得が減衰を上回るかどうかを漕げるかどうかを決める。**0.287753 Hz** も **1.171214** も長さ **3 m** の模型の上での値であって、動かないのは駆動周波数の比が 2 対 1 であることと共振点が違うことだけである。最後に一つ——同じ道具を同じ目的で使っていても、機構が同じとはかぎらない。ブランコに乗って高くなるという一つの目的が、二つの物理で達成されている。目的の一致は、機構の一致ではない。

参考文献

1. Case, W. B. (1996). The pumping of a swing from the standing position. *American Journal of Physics*, 64(3).
2. Curry, S. M. (1976). How children swing. *American Journal of Physics*, 44(10).
3. Landau, L. D., Lifshitz, E. M. (1976). *Mechanics* (3rd ed.). Oxford: Pergamon Press.
4. McLachlan, N. W. (1947). *Theory and Application of Mathieu Functions*. Oxford: Clarendon Press.
5. Arnold, V. I. (1989). *Mathematical Methods of Classical Mechanics* (2nd ed.). New York: Springer.
6. 山岸勇輝 (2026). 『「次元の呪い」は一つの呪いではない』[論文182]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22104170
7. 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
8. 山岸勇輝 (2026). 『本体系は「同期」を四つの意味で使ってきた——閾値をもつのは第五の意味だけである』[論文313]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22174953
9. 山岸勇輝 (2026). 『むだ時間は、振幅に触れずに安定余裕だけを食う』[論文350]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22695565

— *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)