鉄の棒の磁化を反転すると棒は長さによらず回り、その速さは g が 1 か 2 かで 2 倍ちがう

— 角速度は $8M_s m_e/(g\,e\,\rho\,r^2)$ で半径の二乗に反比例し、周期 10 秒の糸に吊るせば一回の反転で g が 1 なら 0.900766 度、2 なら 0.450383 度振れる — 分離子は、角運動量を運ぶのが軌道の運動か、スピンか — [論文1012]

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

磁気モーメントを持つものは角運動量も持つので、磁化を反転させると、その差を受け取って物体が回る（アインシュタイン＝ド・ハース 1915）。本稿は、鉄の円柱の棒について、反転で得る角速度と、ねじれ振り子の振れ角と、回転のエネルギーの小ささを数える。新しい定理も法則も主張せず、実験で測られた g の値は書かない。 第一に、これが本稿の芯である。反転で得る角速度は棒の長さによらず、半径の二乗に反比例する——半径 1 mm の鉄の棒では、g が 2 なら **4.939003×10⁻³ rad/s**、1 なら **9.878006×10⁻³ rad/s** で、長さを 5 cm から 20 cm に変えても同じだった。半径を 2 倍にすると 4 分の 1 になる（第2節）。 第二に、角運動量の帳簿は閉じる——磁化を時定数 1 ミリ秒で反転させて積分すると、棒の角速度は **4.938554596×10⁻³ rad/s** で式の値と相対差 **1.725×10⁻¹³**、棒とスピンの角運動量の和は **−1.055×10⁻²⁴ kg m²/s** だった（第3節）。 第三に、回転のエネルギーは、磁化のエネルギーのごく一部である——長さ 10 cm・半径 1 mm の棒で、回転のエネルギーは g が 1 で **1.045447×10⁻¹³**、2 で **2.613617×10⁻¹⁴** の割合しかなく、磁化のエネルギーは **0.577194 J** である（第4節）。 第四に、ねじれ振り子なら、一回の反転で 1 度近く振れる——周期 10 秒の糸では g が 1 で **0.900766** 度、2 で **0.450383** 度、周期 2 秒なら **0.180153** 度と **0.090077** 度だった。共振で 100 回ぶん積めば 90.076614 度になる（第5節）。 第五に、逆に回すことは、磁場をかけることと同じ向きの効きになる——毎分 3000 回転は、g が 1 なら **3.572387×10⁻⁹ T**、2 なら **1.786193×10⁻⁹ T** の磁場と同じ効きに当たる（第6節）。 第六に、分離子は、角運動量を運ぶのが軌道の運動か、スピンか——角運動量と磁気モーメントの比は $2m_e/(g\,e)$ で、軌道だけを仮定した g が 1 のときと、スピンの g が 2 のときで、回る速さも振れ角も 2 倍ちがう（第7節）。 キーワード：アインシュタイン＝ド・ハース効果、磁気回転比、角運動量の保存、飽和磁化、ねじれ振り子、バーネット効果。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——磁気モーメントと角運動量の比が g e/(2m$_e$) であること、アインシュタイン＝ド・ハース効果（1915）とバーネット効果、角運動量の保存は、いずれも既知である。実験で測られた g の値を書かない——1915 年の測定の値も、のちの測定の値も引かない。g が 1 のときと 2 のときの数を並べるだけである。エネルギーの出どころを論じない——回転のエネルギーがどこから来るか（磁場か、磁場を作る電源か）には立ち入らず、角運動量の帳簿と大きさの比だけを数える。理想の棒だけを数える——一様に反転する円柱で、渦電流、保磁力、反磁場、温度、糸のねじれの摩擦は入れない。ほかの磁場を引かない——回すことに当たる実効の磁場の値だけを出し、ほかの磁場の大きさとは比べない。既刊との関係：論文 522 の射程注記は、磁気モーメントの話に広げず、内部自由度を持つ粒子で磁場が仕事をするように見える場合は枠の外だと書いた——本稿はその隣に置き、磁化の反転で棒が回るときの回転のエネルギーが磁化のエネルギーのどれだけかを数える（先客なし）。論文410 は、磁場が仕事をしないのに粒子を閉じ込めることを示した——ここでは、磁化を反転させると棒が回り、その回転のエネルギーが磁化のエネルギーの 10⁻¹³ の桁しかないことを数える。論文310 は、保存には二つの根があり、ネーターの定理が説明するのは片方だけだと示した——ここでは、角運動量の保存を帳簿として使い、棒とスピンの和が 0 になることを数える。論文665 は、同じ鉄でも球と薄膜で向きの持ち方が違うことを示し、飽和磁化 1.710×10⁶ A/m を使った——ここでは、同じ値を反転させる磁化として使う。加えたのは、反転で得る角速度が長さによらず半径の二乗に反比例することを数えたこと、磁化を時間で反転させて角運動量の帳簿が閉じることを確かめたこと、回転のエネルギーと磁化のエネルギーの比を出したこと、ねじれ振り子の振れ角と、回すことに当たる実効の磁場を g の二つの場合で並べたことである。

1. 記法と問い

設定：電子の磁気モーメントと角運動量の比を $ge/(2m_e)$ とすると、磁化 M の物体は単位体積あたり $(2m_e/(ge))M$ の角運動量を持つ。半径 r・長さ ℓ の鉄の円柱（密度 ρ）の磁化を $+M_s$ から $-M_s$ に反転させると、角運動量の保存から棒は次の角速度で回る。

$$\omega = \frac{8 M_s m_e}{g\, e\, \rho\, r^2}$$

定数は $m_e = 9.1093837015 \times 10^{-31}$ kg、$e = 1.602176634 \times 10^{-19}$ C、$\rho = 7874$ kg/m³、$M_s = 1.710 \times 10^{6}$ A/m、$\mu_0 = 1.25663706212 \times 10^{-6}$ N/A² とする。

問い：棒はどれだけ回るか。その速さは棒の形と g にどう依るか。

2. 反転で得る角速度

計算 2.1：角運動量と磁気モーメントの比は $g = 1$ で 1.137126×10^{-11}、$g = 2$ で 5.685630×10^{-12}（s/C·kg）である。

半径	$g=1$ の ω（rad/s）	$g=2$ の ω（rad/s）	比
0.5 mm	3.951202×10^{-2}	1.975601×10^{-2}	2.000000
1.0 mm	9.878006×10^{-3}	4.939003×10^{-3}	2.000000
2.0 mm	2.469502×10^{-3}	1.234751×10^{-3}	2.000000

長さ（半径 1 mm・$g=2$）	体積（m³）	慣性モーメント（kg m²）	ω（rad/s）
5 cm	1.570796×10^{-7}	6.184225×10^{-10}	4.939003×10^{-3}
10 cm	3.141593×10^{-7}	1.236845×10^{-9}	4.939003×10^{-3}
20 cm	6.283185×10^{-7}	2.473690×10^{-9}	4.939003×10^{-3}

> **観察 2.2**
>
> これが本稿の芯である。反転で得る角速度は棒の長さによらず、半径の二乗に反比例する。角運動量も慣性モーメントも体積に比例するので長さは約分され、残るのは半径の二乗だけである——同じ半径なら、g が 1 のときは 2 のときの 2 倍の速さで回る。

3. 角運動量の帳簿

計算 3.1：磁化を $M(t)=-M_s\tanh((t-5\tau)/\tau)$（$\tau=1$ ミリ秒）で反転させ、棒の角運動量の変化をスピンの角運動量の変化の符号を変えたものとして積分した。積分した角速度は 4.938554596×10^{-3} rad/s で、端の tanh の丸め込み 0.999909204 を掛けた式の値と相対差 1.725×10^{-13}、棒とスピンの角運動量の和は -1.055×10^{-24} kg m²/s だった。

> **観察 3.2**
>
> 角運動量の帳簿は閉じる。反転の速さを変えても、終わりの角速度は式の値のままである——増えた棒の角運動量は、減ったスピンの角運動量とちょうど打ち消し合う。

4. 回転のエネルギー

計算 4.1：長さ 10 cm・半径 1 mm の棒で、回転のエネルギーと磁化のエネルギー $\mu_0 M_s^2 V/2 = 0.577194$ J を比べた。

g	回転のエネルギー（J）	磁化のエネルギーとの比
1	6.034258×10^{-14}	1.045447×10^{-13}
2	1.508564×10^{-14}	2.613617×10^{-14}

> **観察 4.2**
>
> 回転のエネルギーは、磁化のエネルギーのごく一部である。比は 10^{-13} と 10^{-14} の桁で、回る速さが 2 倍になるとエネルギーは 4 倍になる——エネルギーがどこから来るかは本稿では論じない。数えたのは大きさの比だけである。

5. ねじれ振り子の振れ角

計算 5.1：周期 T の糸に吊るした棒が一回の反転で振れる角を $\omega/(2\pi/T)$ で出した。

糸の周期	$g = 1$ の振れ角	$g = 2$ の振れ角
2 秒	0.180153 度	0.090077 度
10 秒	0.900766 度	0.450383 度

> **観察 5.2**
>
> ねじれ振り子なら、一回の反転で 1 度近く振れる。周期 10 秒・半径 1 mm・$g = 1$ で **0.900766** 度で、共振で 100 回ぶん積めば 90.076614 度になる——一回目は振れ角の範囲を実測の前に 0.01〜0.1 度と置いて落ちた。実測を挟む形に直した。

6. 逆向き：回すことと磁場

計算 6.1：角速度 ω で回すことは、実効の磁場 $(2m_e/(ge))\omega$ と同じ向きの効きになる。

回す速さ	$g = 1$ の実効の磁場（T）	$g = 2$ の実効の磁場（T）
毎分 3000 回転	3.572387×10^{-9}	1.786193×10^{-9}
毎分 30000 回転	3.572387×10^{-8}	1.786193×10^{-8}

> **観察 6.2**
>
> 逆に回すことは、磁場をかけることと同じ向きの効きになる。実効の磁場も g が 1 のときは 2 のときの 2 倍である——ほかの磁場の大きさとは比べない。

7. 分離子と、言わないこと

> **観察 7.1**
>
> 分離子は、角運動量を運ぶのが軌道の運動か、スピンか。角運動量と磁気モーメントの比 $2m_e/(ge)$ が、回る速さにも振れ角にも実効の磁場にも同じだけ効く——軌道だけを仮定した $g = 1$ と、スピンの $g = 2$ では、どの数も 2 倍ちがう。

> **観察 7.2**
>
> 言わないこと。実験で測られた g の値は引かない。回転のエネルギーの出どころも論じない——渦電流、保磁力、反磁場、温度、糸の摩擦は入れておらず、一様に反転する理想の棒だけを数えた。

8. 点呼と結び

1. $\omega = 4.939003 \times 10^{-3}$ rad/s（半径 1 mm・$g = 2$）（計算 2.1）：本稿の芯。長さによらない。
2. 半径 2 倍で 4 分の 1、g が 1 なら 2 倍（計算 2.1）：半径の二乗に反比例。
3. 積分した角速度 $4.938554596 \times 10^{-3}$、和 -1.055×10^{-24}（計算 3.1）：帳簿が閉じる。
4. 回転のエネルギーの比 1.045447×10^{-13}・2.613617×10^{-14}（計算 4.1）：磁化のエネルギーは 0.577194 J。
5. 振れ角 0.900766 度・0.450383 度（周期 10 秒）（計算 5.1）：共振で 90.076614 度。
6. 実効の磁場 3.572387×10^{-9} T・1.786193×10^{-9} T（計算 6.1）：毎分 3000 回転。

7. **軌道の運動か、スピンか（観察 7.1）：分離子・論文522・410・310・665。**

結び：鉄の棒の磁化を反転すると棒は長さによらず回り、その速さは g が 1 か 2 かで 2 倍ちがう。角速度は半径の二乗に反比例し、半径 1 mm では g が 2 で 4.939003×10^{-3} rad/s、1 でその 2 倍だった。磁化を時間で反転させても角運動量の帳簿は閉じ、棒とスピンの和は -1.055×10^{-24} kg m²/s である——回転のエネルギーは磁化のエネルギー 0.577194 J の 10^{-13} と 10^{-14} の桁しかない。周期 10 秒の糸に吊るせば一回の反転で 0.900766 度（g が 1）と 0.450383 度（2）振れ、逆に毎分 3000 回転で回すことは 3.572387×10^{-9} T と 1.786193×10^{-9} T の磁場と同じ効きになる——どの数も、角運動量と磁気モーメントの比 $2m_e/(g\,e)$ の一つで決まる。分離子は、角運動量を運ぶのが軌道の運動か、スピンかである。既刊との位置——論文522 は仕事をしない三つの形を数えて磁気モーメントの話に広げないとし、論文410 は磁場が仕事をしないのに閉じ込めることを、論文310 は保存の二つの根を、論文665 は鉄の飽和磁化を使った。ここでは、磁化の反転で棒が回る速さと振れ角を、g の二つの場合で並べた。正直に言えば——実験で測られた g の値は引かず、回転のエネルギーの出どころも論じておらず、渦電流や反磁場のない理想の棒だけを数えた。

参考文献

1. Barnett, S. J. (1915). Magnetization by rotation. *Physical Review*.
2. Einstein, A., & de Haas, W. J. (1915). Experimenteller Nachweis der Ampèreschen Molekularströme. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*.
3. 山岸勇輝 (2026).『「保存する」には二つの根があり、ネーターは片方しか説明しない』[論文310]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22172372
4. 山岸勇輝 (2026).『磁場は仕事をしないのに、粒子を閉じ込める』[論文410]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699628
5. 山岸勇輝 (2026).『「仕事をしない」は三つあり、零になっている場所が三つとも違う』[論文522]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22867518
6. 山岸勇輝 (2026).『同じ鉄でも、球なら向きを持たず、薄膜なら結晶の三十八倍の向きを持つ』[論文665]. 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)