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

— 鉄の薄膜の形状異方性 1.837266×10^{6} J/m^{3} は、同じ鉄の結晶異方性 4.8×10^{4} J/m^{3} の **38.276379** 倍である — 分離子は、形状か結晶構造かである — [論文665]

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

磁石の向きやすさは材料で決まると考えるのは自然である。だが同じ鉄でも、球にすればどちらを向いても同じで、薄膜にすれば面の中に強く向く。形が作る異方性と結晶が作る異方性を、同じ単位で並べて数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、これが本稿の芯である。薄膜では、形の効きが結晶の効きを大きく上回る——鉄の薄膜の形状異方性 1.837266×10^{6} J/m^{3} は、結晶異方性 4.8×10^{4} J/m^{3} の **38.276379** 倍だった（第2節）。 第二に、球では、形の効きはちょうど消える——球の反磁場係数は三方向とも **1/3** で、どの向きでも同じになるため、形状異方性は **0** になる。残るのは結晶の効きだけである（第2節）。 第三に、形の効きは、わずかな伸びで結晶に追いつく——長球の軸比を **1** から上げると、形状異方性は軸比 **1.5** で 2.765597×10^{5}、**2** で 4.403082×10^{5}、**10** で 8.627273×10^{5} J/m^{3} となり、鉄では軸比 **1.068187** で結晶異方性に並ぶ（第3節）。 第四に、どちらが勝つかは物質で入れ替わる——同じ薄膜の比が、鉄では **38.276379**、ニッケルでは **32.843606** なのに対し、コバルトでは **2.736676** で、結晶の側が並ぶ（第2節）。 第五に、要る磁界の大きさも桁で違う——鉄の薄膜を面の外へ向けるには **2.148849** T に当たる磁界が要るのに対し、結晶の効きだけなら **0.056140** T で足りる（第3節）。 第六に、分離子は、形状か結晶構造かである——材料を替えずに形だけを替えると、異方性は **0** から結晶の数十倍までの間を動く（第4節）。 キーワード：磁気異方性、形状異方性、反磁場係数、飽和磁化、結晶磁気異方性、薄膜。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——反磁場係数（オズボーン 1945）、形状異方性と結晶磁気異方性、異方性磁界の定義は、いずれも既知である（カリティとグラハム 2009）。磁区を扱わない——磁壁、磁区構造、保磁力の機構は主題ではない。一様に磁化した物体のエネルギーの大きさだけを見る。代表値を使う——飽和磁化と結晶異方性定数は室温の代表値であり、特定の試料の測定値ではない。ほかの異方性を入れない——表面異方性、磁歪による異方性、成膜時に入る誘導異方性は扱わない。磁気記録を設計しない——記録密度、媒体の材料選択、書き込みの方式には立ち入らない。既刊との関係：論文419 は、同じ材料・同じ形でも置いた向きで強度が変わることを示した——そこでは工程（積層の向き）が材料に向きを刻んでいた——本稿では、工程ではなく形そのものが向きを作る。磁化の向きやすさが、材料を替えずに形だけで 0 から結晶の数十倍まで動くことを数える。加えたのは、形状異方性と結晶異方性を同じ単位で三つの物質について並べたこと、球でちょうど 0 になることを反磁場係数の和から示したこと、形が結晶に並ぶ軸比を逆算したこと、分離子を「形状か結晶構造か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：一様に磁化した物体は、自分の作る磁場の中に自分が置かれている。その静磁エネルギーは、磁化の向きによって変わる。形の効きは反磁場係数 N で書ける。

$$E_d = \tfrac{1}{2}\mu_0 M_s^2 N, \qquad N_x + N_y + N_z = 1$$

薄膜では面直の N が 1、面内が 0 なので、面内と面直の差は $\tfrac{1}{2}\mu_0 M_s^2$ になる。球では三方向とも $1/3$ である。結晶の効きは異方性定数 K_1 で書く。

問い：磁化の向きやすさを決めているのは、材料（結晶構造）か、それとも形か。

2. 球と薄膜

計算 2.1：三つの物質について、薄膜の形状異方性と結晶異方性を同じ単位で並べた。

物質	飽和磁化（A/m）	形状異方性（J/m³）	結晶異方性（J/m³）と比
鉄	1.710×10^{6}	1.837266×10^{6}	4.800×10^{4}（38.276379 倍）
コバルト	1.400×10^{6}	1.231504×10^{6}	4.500×10^{5}（2.736676 倍）
ニッケル	4.850×10^{5}	1.477962×10^{5}	4.500×10^{3}（32.843606 倍）

鉄とニッケルでは形の効きが結晶の三十倍を超える。コバルトでは 2.736676 倍で、結晶の側が並ぶ。

計算 2.2：球では反磁場係数が三方向とも $1/3$ で、和はちょうど 1 である。どの向きでも静磁エネルギーが同じになるので、形状異方性は 0 になった。

> **観察 2.3**
>
> 同じ物質が、形で二つに分かれる。鉄の球は、形の側からは何の向きも与えられず、結晶の 4.8×10^4 J/m^3 だけが残る。同じ鉄を薄膜にすると 1.837266×10^6 J/m^3 が加わる——材料は一つ、答は二つである。

3. 軸比を動かす

計算 3.1：長球（長軸と短軸の比を変えた回転楕円体）について、鉄の形状異方性を出した。

軸比	長軸の N	短軸の N	形状異方性（J/m^3）
1（球）	0.333333	0.333333	0
1.5	0.232981	0.383509	2.765597×10^5
2	0.173564	0.413218	4.403082×10^5
5	0.055821	0.472090	7.647961×10^5
10	0.020286	0.489857	8.627273×10^5
100	0.000430	0.499785	9.174484×10^5

軸比を 10 から 100 に上げても、形状異方性は 8.627273×10^5 から 9.174484×10^5 J/m^3 にしか増えない。細長さの効きは早く飽和する。

計算 3.2：鉄で形状異方性が結晶異方性 4.8×10^4 J/m^3 に並ぶ軸比を逆算すると 1.068187 である。

> **観察 3.3**
>
> 球からの、わずかなずれで足りる。7 パーセントほど伸びただけの形が、結晶構造が与える向きと同じ大きさの向きを与える——「丸くない」ことは、材料の性質と並ぶほどの効き目を持つ。

計算 3.4：磁化を面の外へ向けるのに要る磁界は、形の効きだけなら 1.710000×10^{6} A/m（2.148849 T に当たる）、結晶の効きだけなら 4.467507×10^{4} A/m（0.056140 T）である。

4. 分離子

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、形状か結晶構造かである。材料を替えずに形だけを替えると、異方性は球の 0 から薄膜の 1.837266×10^{6} J/m^{3} まで動いた。結晶の側はその間ずっと 4.8×10^{4} J/m^{3} のままである——どちらが効いているかは、形を丸くしてみれば分かる。

> **観察 4.2**
>
> 論文419 と並べる。419 は同じ材料・同じ形でも、置いた向きで強度が変わることを示した。そこで向きを刻んだのは工程だった——ここで向きを刻むのは形そのものである。図面に現れるのに、材料表には現れない。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。磁区・磁壁・保磁力は扱っていない。飽和磁化と結晶異方性定数は室温の代表値である——示したのは、同じ材料の異方性が形だけで 0 から結晶の数十倍まで動くことである。

5. 点呼と結び

1. 鉄の薄膜 1.837266×10^{6} J/m^{3}（計算 2.1）：形の効き。
2. 結晶の **38.276379** 倍（計算 2.1）：本稿の芯。
3. 球ではちょうど 0（計算 2.2）：三方向とも 1/3。
4. コバルトでは **2.736676** 倍（計算 2.1）：結晶が並ぶ。
5. 軸比 1.5 で 2.765597×10^{5}（計算 3.1）：伸ばすと立ち上がる。
6. 軸比 100 でも 9.174484×10^{5}（計算 3.1）：早く飽和する。
7. 並ぶ軸比は **1.068187**（計算 3.2）：7 パーセントの伸び。
8. 面外に向けるには **2.148849 T**（計算 3.4）：形の効き。

9. 結晶だけなら **0.056140 T**（計算 3.4）：桁が違う。
10. 形状か結晶か（観察 4.1）：分離子・論文419。

結び：磁石になれる向きは、材料だけで決まってはいない。鉄の薄膜では形状異方性 **1.837266 × 10^6 J/m^3** が結晶異方性の **38.276379** 倍を占め、同じ鉄でも球にすれば形の効きはちょうど **0** になる。長球の軸比を上げれば形の効きは立ち上がり、鉄では軸比 **1.068187** で結晶に並ぶ。コバルトでは比が **2.736676** で、結晶の側が並ぶ——同じ物質の異方性が、形だけで **0** から結晶の数十倍まで動く。分離子は、形状か結晶構造かである。既刊との位置——論文419 では工程が材料に向きを刻んだ。ここでは形そのものが刻む。正直に言えば——磁区も保磁力も扱っておらず、数は室温の代表値である。

参考文献

1. Cullity, B. D., & Graham, C. D. (2009). *Introduction to Magnetic Materials*. Wiley.
2. Osborn, J. A. (1945). Demagnetizing Factors of the General Ellipsoid. Physical Review.
3. 山岸勇輝 (2026). 『同じ材料・同じ形でも、置いた向きで強度が変わる』[論文419]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699940

— *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)