「形が戻る」は一つではなく、ばねとして戻る量と組織が組み替わって戻る量は桁で違う

— 形状記憶合金がためるエネルギーは鋼のばねの 40.000000 倍から 80.000000 倍（数え方で 2 倍動く） — 分離子は、原子の間隔が伸びて戻るのか、組織が組み替わって戻るのか — [論文828]

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

「変形しても元に戻る」という言い方は、ばねにも形状記憶合金にも使われる。本稿は、その二つでためられるエネルギーが桁で違い、捨てる分の性質も違うことを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、ばねとして戻せる量は小さい——鋼は弾性限界 0.002・応力 400 MPa で 0.400000 MJ/m³ である（第2節）。 第二に、これが本稿の芯である。組織が組み替わって戻る量は桁で大きい——戻せるひずみ 0.08・平らな応力 400 MPa で、三角に数えて 16.000000 MJ/m³、平らな部分で数えて 32.000000 MJ/m³ である（第3節）。 第三に、比は数え方で 2 倍動く——三角なら 40.000000 倍、平らな部分なら 80.000000 倍で、ひずみの比 40.000000 倍と一致するのは前者である（第3節）。 第四に、捨てる分の性質が違う——往復のたびに 25 パーセントを熱に捨てるとすると取り出せるのは 24.000000 MJ/m³、鋼のばねは 2 パーセントしか捨てず 0.392000 MJ/m³ である（第4節）。 第五に、それでも量では組織の側が勝つ——捨てたあとでも 24.000000 対 0.392000 MJ/m³ である（第4節）。 第六に、分離子は、原子の間隔が伸びて戻るのか、組織が組み替わって戻るのかである——同じ「弾性のある材料」という言い方が、二つの別の仕組みを指している（第4節）。 キーワード：形状記憶合金、弾性ひずみエネルギー、マルテンサイト変態、ヒステリシス、エネルギー密度、代表値。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——弾性ひずみエネルギーの式、形状記憶合金が大きなひずみを戻すこと、その戻りが双晶とマルテンサイト変態によること、往復でヒステリシスがあることは、いずれも既知である。値はすべて代表値である——鋼の弾性限界 0.002、合金の戻せるひずみ 0.08、平らな応力 400 MPa、捨てる割合 25 パーセントと 2 パーセントは、比べるために置いた値である。実在の合金を論じない——組成、変態の温度、繰り返せる回数、疲れは扱わない。熱力学に入らない——変態の駆動力や相図は主題ではない。使い分けを助言しない——どちらの材料を選ぶべきかは扱わない。既刊との関係：論文326 は、二乗三乗の「法則」が法則ではなく恒等式であることを示した——本稿はその隣に置く。ここでも比を決めているのは材料の優劣ではなく、面積の数え方（三角か、平らな部分か）である。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——ばねとして戻ることと組織が組み替わって戻ることは別根であり、同じ「戻る」の下に置かない。加えたのは、二つの戻りのエネルギー密度を同じ土俵で数えたこと、比が数え方で 40.000000 倍と 80.000000 倍に動くことを示したこと、捨てる分を引いても 24.000000 対 0.392000 MJ/m³ であることを測ったこと、分離子を「間隔が伸びるか、組織が組み替わるか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：材料に応力 σ をかけてひずみ ε まで変形させ、力を抜いたときに元へ戻るとする。ためられるエネルギー密度は、応力とひずみの関係が直線なら三角形の面積、平らなら長方形の面積である。

$$u_{\text{三角}} = \tfrac{1}{2}\sigma\varepsilon, \qquad u_{\text{平ら}} = \sigma\varepsilon$$

問い：「戻る」と言われる二つの材料は、どれだけためられ、どれだけ捨てるのか。

2. ばねとして戻る

計算 2.1：鋼（ヤング率 200 GPa・弾性限界 0.002）では応力が 400 MPa になり、ためられるエネルギーは $\tfrac{1}{2} \times 400 \times 10^{6} \times 0.002 = 0.400000$ MJ/m³ である。

> **観察 2.2**
>
> ばねとして戻せる量は小さい。強くしても、ひずみが 0.002 で頭打ちになる——原子の間隔が伸びる範囲でしか戻れないからである。

3. 組織が組み替わって戻る

計算 3.1：形状記憶合金（戻せるひずみ 0.08・平らな応力 400 MPa）で、二通りに数えた。

数え方	エネルギー（MJ/m³）	鋼との比
三角（直線とみなす）	16.000000	40.000000
平らな部分（変態の平坦部）	32.000000	80.000000

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。桁で違う。ひずみの比が 40.000000 倍で、エネルギーの比は数え方によって 40.000000 倍から 80.000000 倍になる——応力が同じままひずみだけが伸びるので、面積が線形ではなく平らに増える。

4. 捨てる分と、分離子

計算 4.1：往復で捨てる割合を入れて、取り出せる分を出した。

材料	捨てる割合（代表値）	取り出せる分（MJ/m³）
形状記憶合金	25 パーセント	24.000000
鋼のばね	2 パーセント	0.392000

> **観察 4.2**
>
> 捨て方の性質が違う。組織が組み替わる側は毎回まとまった分を熱にするが、ばねの側はほとんど捨てない——それでも取り出せる量は 24.000000 対 0.392000 MJ/m³ で、量では組織の側が勝つ。

> **観察 4.3**
>
> 分離子は、原子の間隔が伸びて戻るのか、組織が組み替わって戻るのかである。前者は小さく速く捨てない、後者は大きく遅く捨てる——「弾性のある材料」という一語が、二つの別の仕組みを指している。

観察 4.4

論文326・300 と並べる。326 は二乗三乗の「法則」が恒等式であることを示した——ここでも比を決めているのは面積の数え方である。300 は同根か別根かが判定できることを示した——二つの「戻る」は別根である。

観察 4.5

言わないこと。実在の合金、変態の熱力学、繰り返しの寿命、選び方は扱わない——示したのは、同じ語の下で量が桁違いだということである。

5. 点呼と結び

1. 鋼は **0.400000 MJ/m³**（計算 2.1）：弾性限界 0.002。
2. 合金は三角で **16.000000 MJ/m³**（計算 3.1）：ひずみ 0.08。
3. 平らな部分なら **32.000000 MJ/m³**（計算 3.1）：本稿の芯。
4. ひずみの比 **40.000000** 倍（観察 3.2）：0.08 対 0.002。
5. エネルギーの比 **40.000000** 倍（計算 3.1）：三角で数えて。
6. **80.000000** 倍（計算 3.1）：平らな部分で数えて。
7. 捨てても **24.000000 MJ/m³**（計算 4.1）：25 パーセント捨てて。
8. 鋼は **0.392000 MJ/m³**（計算 4.1）：2 パーセントしか捨てない。
9. 量では組織の側が勝つ（観察 4.2）：捨てたあとでも。
10. 間隔が伸びるか、組織が組み替わるか（観察 4.3）：分離子・論文326・300。

結び：「形が戻る」は一つではなく、ばねとして戻る量と組織が組み替わって戻る量は桁で違う。鋼は弾性限界 0.002・応力 400 MPa で 0.400000 MJ/m³ しかためられないのに、形状記憶合金は戻せるひずみ 0.08 で三角に数えて 16.000000 MJ/m³、平らな部分で数えて 32.000000 MJ/m³ になる——応力が同じままひずみだけが伸びるからである。比はひずみで 40.000000 倍、エネルギーで 40.000000 倍から 80.000000 倍と数え方で 2 倍動き、往復で 25 パーセントを捨てても取り出せるのは 24.000000 MJ/m³ で、2 パーセントしか捨てない鋼の 0.392000 MJ/m³ より大きい——捨て方の性質は違うが、量では組織の側が勝つ。分離子は、原子の間隔が伸びて戻るのか、組織が組み替わって戻るのかである。既刊との位置——論文326 の「法則ではなく恒等式」の隣に置き、論文300 の規律で二つの「戻る」を別根として扱った。正直に言えば——値はすべて代表値で、実在の合金も繰り返しの寿命も扱っていない。

参考文献

1. 山岸勇輝 (2026). 『三百本目の点呼 ── 同根か別根かは、判定できる』[論文300]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171914

2. 山岸勇輝 (2026). 『二乗三乗の「法則」は、法則ではなく恒等式である』[論文326]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22209992

— 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)