反跳は消えたのではなく、結晶が受け取っただけである

— 鉄57 の線で原子一個が受け取る反跳は自然幅の 4.198282×10^{5} 倍あるが、1 mg の結晶が受け取ると 3.969200×10^{-14} 倍まで落ちる — 分離子は、反跳を受け取るのが原子か結晶かである — [論文664]

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

原子核が出したガンマ線を、同じ種類の原子核が吸う。これは素直にできそうに見えて、ふつうはできない。反跳があるからである。反跳を受け取る質量を原子から結晶へ置き換えると何が起きるかを、数で追う。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、自由な原子では、線は重ならない——鉄57 の 14412.9 eV の線で、原子一個が受け取る反跳は 1.958440×10^{-3} eV、自然幅は 4.664861×10^{-9} eV で、比は 4.198282×10^{5} である（第2節）。 第二に、この線はきわめて細い——自然幅をエネルギーで割った分解能は 3.236588×10^{-13} で、線を自然幅ぶん動かすのに要る速度は 0.097030 mm/s にすぎない（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。反跳は消せないが、受け取る相手は替えられる——1 mg の結晶（原子 1.057715×10^{19} 個）が受け取ると、反跳は 1.851577×10^{-22} eV、自然幅の 3.969200×10^{-14} 倍になる（第3節）。 第四に、落ちた分は、質量の比そのものである——原子の反跳と結晶の反跳の比は 1.057715×10^{19} で、1 mg を原子の質量で割った個数と 10 桁一致した。反跳の式に入っているのは、受け取る質量だけだからである（第3節）。 第五に、熱運動も同じ形で効く——原子が自由に動く 300 K の気体では、ドップラーによる広がりが 1.006276×10^{-2} eV、自然幅の 2.157141×10^{6} 倍になる（第3節）。 第六に、分離子は、反跳を受け取るのが原子か結晶かである——「反跳をゼロにした」のではない。分母の質量が原子一個か結晶一個かで、同じ式が二つの答を返す（第4節）。 キーワード：メスバウアー効果、無反跳共鳴吸収、反跳エネルギー、自然幅、ガンマ線、鉄57。

> 本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——反跳エネルギーの式、自然幅と寿命の関係、無反跳の共鳴吸収（メスバウアー 1958）は、いずれも既知である。無反跳で起きる割合を計算しない——結晶が反跳をまるごと受け取る確率（デバイ＝ワラー因子）とその温度依存は扱わない。本稿は受け取る質量が原子一個の場合と結晶一個の場合という両端だけを見る。核の構造を論じない——異性体シフト、四極分裂、磁気分裂といった超微細構造は主題ではない。実験を設計しない——線源の作り方、検出器、駆動の方式には立ち入らない。代表値を使う——14412.9 eV と平均寿命 141.1 ns、結晶 1 mg は代表値であり、特定の試料の測定値ではない。既刊との関係：論文336 は腕時計の 32768 という数を数え、時計の精度を ppm（10^{-6}）で測った——本稿は同じ「どこまで細かく測れるか」を核の線で見る。10^{-13} という分解能が、原子ではなく結晶が反跳を受け取ることから出ることを数える。加えたのは、原子と結晶の反跳を同じ式で並べたこと、その比が受け取る質量の比と 10 桁一致することを確かめたこと、自然幅ぶんに当たる速度を出したこと、分離子を「受け取るのが原子か結晶か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：静止した質量 M の核が、エネルギー E のガンマ線を出す。運動量の保存から、核は反跳を受け取る。

$$E_r = \frac{E^2}{2Mc^2}, \qquad \Gamma = \frac{\hbar}{\tau}$$

Γ は寿命 τ の準位がもつ自然幅である。出した側と吸う側の両方が反跳を受け取るので、二つの線は $2E_r$ 離れる。E_r が Γ より大きければ、線は重ならない。

問い：共鳴吸収を妨げているのは反跳そのものか、それとも反跳を受け取る質量の小ささか。

2. 自由な原子では、線は重ならない

計算 2.1：鉄57 の 14412.9 eV の線について、反跳と自然幅を出した。

量	値
核の静止エネルギー Mc^2	5.303498×10^{10} eV
原子一個が受け取る反跳 E_r	1.958440×10^{-3} eV
自然幅 Γ（平均寿命 141.1 ns）	4.664861×10^{-9} eV
反跳 ÷ 自然幅	4.198282×10^{5}
分解能 Γ/E	3.236588×10^{-13}

反跳は自然幅の 4.198282×10^{5} 倍ある。線の幅で測れば、出た線と吸う線は四十万幅ぶん離れている。

計算 2.2：線を自然幅ぶん動かすのに要る速度は 9.703046×10^{-5} m/s、すなわち 0.097030 mm/s である。反跳ぶん動かすには 40.7361 m/s が要る。

> **観察 2.3**
>
> 細いことと、合わないことは別である。この線の分解能 3.236588×10^{-13} は、時計の精度をふつうに測る ppm（10^{-6}）より七桁細かい。細いからこそ、1.958440×10^{-3} eV というごくわずかな反跳でも、線は完全に外れる——細さは長所であると同時に、共鳴を壊す原因でもある。

3. 受け取る相手を替える

計算 3.1：同じ式の分母の質量を、原子一個から 1 mg の結晶に替えた。

受け取るもの	反跳 E_r	自然幅に対する比
鉄57 の原子一個	1.958440×10^{-3} eV	4.198282×10^{5}
1 mg の結晶（1.057715×10^{19} 個）	1.851577×10^{-22} eV	3.969200×10^{-14}

二つの反跳の比は 1.057715×10^{19} で、1 mg を鉄57 一個の質量で割った個数と 10 桁一致する。

> **観察 3.2**
>
> 反跳はゼロになっていない。結晶が受け取るときも、運動量は保存し、反跳エネルギーは 1.851577×10^{-22} eV だけ確かに存在する。変わったのは分母の質量だけである——それが自然幅の 3.969200×10^{-14} 倍しかないので、線の重なりを妨げない。

計算 3.3：原子が自由に動く 300 K の気体では、熱運動によるドップラーの広がりが 1.006276×10^{-2} eV になる。自然幅の 2.157141×10^{6} 倍である。

観察 3.4

同じ理由が二度効いている。反跳も熱運動も、原子一個が自由に動けることから来る。結晶に組み込まれた原子は、どちらについても単独では動かない——「固体にする」という一つの操作が、二つの妨げを同時に外している。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、反跳を受け取るのが原子か結晶かである。式は一つで、動かしたのは分母の質量だけである。分母が原子一個なら反跳は自然幅の 4.198282×10^{5} 倍、結晶一個なら 3.969200×10^{-14} 倍になる——同じ現象の二つの答は、機構の違いではなく、受け取る相手の違いから出る。

観察 4.2

論文336 と並べる。336 は腕時計の中の数を数え、時計の精度を ppm で測った。ここで出た分解能は 3.236588×10^{-13} で、七桁細かい——同じ「どこまで細かく測れるか」という問いが、水晶では回路の分周に、核では反跳を受け取る質量に行き着く。

観察 4.3

言わないこと。結晶がまるごと反跳を受け取る割合（温度に依る）は計算していない。超微細構造も扱っていない——示したのは、妨げていたのが反跳そのものではなく、受け取る質量の小ささだったことである。

5. 点呼と結び

1. 反跳 1.958440×10^{-3} eV（計算 2.1）：原子一個。
2. 自然幅 4.664861×10^{-9} eV（計算 2.1）：寿命 141.1 ns。
3. 比は 4.198282×10^{5}（計算 2.1）：重ならない。
4. 分解能 3.236588×10^{-13}（計算 2.1）：ppm より七桁細かい。

5. 自然幅ぶんは $\mathbf{0.097030}$ mm/s（計算 2.2）：反跳ぶんは $\mathbf{40.7361}$ m/s。
6. 結晶なら $\mathbf{1.851577 \times 10^{-22}}$ eV（計算 3.1）：同じ式・別の分母。
7. 自然幅の $\mathbf{3.969200 \times 10^{-14}}$ 倍（計算 3.1）：妨げない。
8. 比は質量の比と $\mathbf{10}$ 桁一致（計算 3.1）：$\mathbf{1.057715 \times 10^{19}}$。
9. $\mathbf{300}$ K の気体では $\mathbf{2.157141 \times 10^{6}}$ 倍（計算 3.3）：熱運動も同じ理由。
10. 原子か結晶か（観察 4.1）：分離子・論文$\mathbf{336}$。

結び：核の共鳴吸収を妨げていたのは、反跳という現象そのものではなかった。鉄$\mathbf{57}$ の線では、原子一個が受け取る反跳 $\mathbf{1.958440 \times 10^{-3}}$ eV が自然幅の $\mathbf{4.198282 \times 10^{5}}$ 倍あり、線は完全に外れる。ところが同じ式の分母を $\mathbf{1}$ mg の結晶に替えると、反跳は $\mathbf{1.851577 \times 10^{-22}}$ eV、自然幅の $\mathbf{3.969200 \times 10^{-14}}$ 倍になり、二つの反跳の比は受け取る質量の比 $\mathbf{1.057715 \times 10^{19}}$ と $\mathbf{10}$ 桁一致した——反跳は消えていない。受け取る相手が替わっただけである。分離子は、反跳を受け取るのが原子か結晶かである。既刊との位置——論文$\mathbf{336}$ が ppm で測った「どこまで細かく測れるか」を、$\mathbf{10^{-13}}$ の側で数えた。正直に言えば——結晶がまるごと受け取る割合とその温度依存は計算しておらず、両端だけを見ている。

参考文献

1. Gütlich, P., Bill, E., & Trautwein, A. X. (2011). *Mössbauer Spectroscopy and Transition Metal Chemistry*. Springer.
2. Mössbauer, R. L. (1958). Kernresonanzfluoreszenz von Gammastrahlung in Ir191. Zeitschrift für Physik.
3. 山岸勇輝 (2026).『腕時計の中の $\mathbf{32768}$ という数は、物理が選んだのではない』[論文336]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22681913

— 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)