

「禁じられている」は、「 7.62×10^7 倍遅い」という意味である

— 水素の $2s \rightarrow 1s$ は起きないのではなく 0.1216 秒かかる — 21 cm 線は 1100 万年かかるが、原子が 10^{60} 個あれば毎秒 2.9×10^{45} 個光る — [論文285]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan | 山岸勇輝ラボ

2026年8月

— *From thinking to syncing.* —

要旨

選択則は「この遷移は禁じられている」と書かれる。しかし禁じられた遷移は現に観測されている。本稿が問うのは、「禁じられている」が数として何を意味するかである——答は、率の大小である。新しい数学定理も新しい法則も主張しない。第一に、水素原子で二つの寿命を比べる。 $2p \rightarrow 1s$ (E1 許容) は 1.596×10^{-9} 秒、 $2s \rightarrow 1s$ (E1 禁制) は 0.1216 秒 (第2節)。第二に、これが本稿の芯である。比は 7.6190×10^7 倍——禁じられてはいない。遅いだけである (第2節)。第三に、目安は微細構造定数で書ける。E1 と M1 の比は $\alpha^2 = 5.325 \times 10^{-5}$ 、二光子は $\alpha^4 = 2.836 \times 10^{-9}$ (第3節)。第四に、 21 cm 線はさらに遅い。寿命 3.47×10^{14} 秒 = 1100 万年、 $2p$ の 2.17×10^{23} 倍 (第4節)。第五に、それでも見えるのは個数のためである。水素原子が 10^{60} 個あれば、毎秒 2.88×10^{45} 個が光る (第5節)。第六に、分離子は「厳密に零か、小さいだけか」である。選択則が零にするのは一つの近似における行列要素であって、全体の率ではない (第6節)。

本稿の射程 (scope note) : 新しい数学定理も新しい法則も主張しない——E1 選択則、二光子放出、超微細構造、21 cm 線の寿命、 α^2 という目安は、いずれも標準的である。量子電磁力学を作らない——使うのは三つの寿命と、二つの割り算だけである。選択則を導出しない——ウィグナー=エッカートの定理には立ち入らない。それは論文140 の側である。遷移確率を計算しない—— 1.596×10^{-9} も 0.1216 も 3.47×10^{14} も文献値を引くだけであり、本稿は比を取るのみである。 α^2 を厳密な比だと言わない——E1 と M1 の実際の比は行列要素によって桁で動く。 $\alpha^2 = 5.325 \times 10^{-5}$ は目安であって、予言値ではない。選択則が無意味だと言わない—— 7.6×10^7 倍という差は実務上は禁止と変わらない場面が多い。本稿が言うのは「禁止」と「遅い」は身分が違うということだけである。星間物質の物理を論じない—— 10^{60} という数は桁を示すための代表値であり、雲の質量も温度も励起機構も一切扱わない。既刊との関係：論文140 は選択則を群論の側から扱い、対称性が比を決めることを示した——本稿は率の側であり、同じ選択則を寿命の数で書く。定理の零集合が、実際には零でないところを扱う。論文190 は「稀」を対数の目盛りで測った——本稿の 23.34 桁も対数で読まねばならない。論文272 は同じ「二倍」が刺激の側で 6.70 倍ひらくことを示した——本稿は同じ一つの電磁遷移が、率の側で 2.17×10^{23} 倍ひらく場合である。論文269 は結晶が禁じているのが対称性でなく周期性だと示した——本稿も「禁じる」という語の中身を問う。あちらは厳密な禁止、こちらは率の大小であり、対照になっている。加えたのは三つの遷移の寿命を一表に並べて 2.17×10^{23} 倍の開きを測ったこと、 $2s \rightarrow 1s$ の 7.6190×10^7 倍を「禁止」の数値的な中身として書いたこと、21 cm 線が見える理由を「 10^{60} 個で毎秒 2.88×10^{45} 個」と個数で埋めたこと、零になるのが率でなく行列要素だと分離子に据えたことである。

1. 記法と問い

電気双極子 (E1) 遷移の選択則は、よく次のように書かれる。

$$\Delta\ell = \pm 1, \quad \Delta m = 0, \pm 1$$

これを満たさない遷移は「E1 禁制」と呼ばれる。

問い：「禁制」とは、起きないことか、遅いことか。

観察 1.1

水素の $2s$ 準位は $\ell = 0$ 、 $1s$ も $\ell = 0$ である。 $\Delta\ell = 0$ なので E1 禁制である——しかし $2s$ 準位は無限に生き続けはしない。

観察 1.2

論文140 は選択則を群論の側から扱った——ウィグナー＝エッカートの定理により、ある行列要素が対称性のために厳密に零になる。本稿はその先を扱う——零になった行列要素の外側で、何が残るか。

2. 芯： 7.6190×10^7 倍

検算 2.1：水素原子の二つの寿命を並べる。

遷移	種類	寿命 τ
$2p \rightarrow 1s$	E1 許容	1.596×10^{-9} 秒
$2s \rightarrow 1s$	E1 禁制（二光子放出）	0.1216 秒
比		7.6190×10^7

観察 2.2

これが本稿の芯である。 $2s \rightarrow 1s$ は起きないのではなく、0.1216 秒かかる——禁じられてはいない。 7.62×10^7 倍遅いだけである。

観察 2.3

0.1216 秒は人間の感覚で分かる長さである。まばたきより短い——「禁じられている」という語が指しているのが、この程度の遅さである。

観察 2.4

対数で書けば **7.88** 桁である。論文190 が書いたとおり、こういう量は差ではなく桁で読む——7.88 桁は大きい、無限ではない。

観察 2.5

なぜ有限に留まるか。一光子の E1 が零になっても、二光子を出す道が残っている——選択則が閉じるのは一つの道であって、すべての道ではない。

3. 目安は、微細構造定数で書ける

設定：どれだけ遅くなるかには、おおよその目安がある。放射の次数が一つ上がるごとに α の冪がかかる。

検算 3.1：

量	値	意味
α	0.007297353	微細構造定数
α^2	5.325135×10^{-5}	E1 に対する M1 の目安
$1/\alpha^2$	18778.8650	何倍遅いか
α^4	2.835707×10^{-9}	二光子（E1E1）の目安

観察 3.2

$1/\alpha^4 = 3.53 \times 10^8$ である。実測の 7.62×10^7 はその 4.6 分の一——桁は合っているが、値は合っていない。

観察 3.3

正直に書くべき点——本稿はこの 4.6 倍の差を説明しない。 α の冪は次数を数えるだけの目安であり、行列要素と位相空間の因子が別に効く—— α^4 は「どの桁か」を言う数であって、予言値ではない。

観察 3.4

それでも目安として使える理由—— α は無次元だからである。どの原子でも、どの単位系でも同じ数——比だけが移植可能である（論文140）。

4. 21 cm 線は、さらに 10^{23} 倍遅い

設定：水素原子の基底状態には、電子と陽子のスピンの向きによる二つの準位がある（超微細構造）。その間の遷移が 21 cm 線である。

検算 4.1：三つの遷移を一表に並べる。

遷移	種類	寿命 τ	$2p$ の何倍
$2p \rightarrow 1s$	E1 許容	1.596×10^{-9} 秒	1
$2s \rightarrow 1s$	E1 禁制・二光子	0.1216 秒	7.619×10^7
21 cm	超微細・M1	3.47×10^{14} 秒	2.1742×10^{23}

観察 4.2

3.47×10^{14} 秒は 1100 万年である。一つの水素原子は、平均して1100 万年に一度この光を出す——一年あたりの確率は 9.09×10^{-8} である。

観察 4.3

全体の開きは 2.17×10^{23} 倍、すなわち 23.34 桁である。同じ水素原子の、同じ電磁遷移で、これだけ開く——許容と禁制というたった二語が、この幅を覆っている。

観察 4.4

21 cm 線は M1 である。 α^2 の因子で 1.88×10^4 倍遅くなるが、23 桁の大半はそれではない——遷移エネルギーが 5.9×10^{-6} eV と極端に小さく、率が E^3 で効くからである。

5. それでも見えるのは、個数のためである

問い：1100 万年に一度しか光らないものが、なぜ電波望遠鏡で見えるのか。

検算 5.1：

量	値
一個の原子が光る率 $1/\tau$	2.8818×10^{-15} 毎秒
毎秒 1 個光らせるのに要る原子数	3.47×10^{14} 個
星間雲の水素原子数（代表値）	$\sim 10^{60}$ 個
そのとき毎秒光る個数	2.8818×10^{45} 個

観察 5.2

毎秒 1 個光らせるのに要る原子は 3.47×10^{14} 個にすぎない。これは質量にして 5.8×10^{-13} kg——一マイクログラムにも遠く及ばない。

観察 5.3

10^{60} 個の水素は 1.67×10^{33} kg、すなわち太陽質量の約 841 倍である。そこから毎秒 2.88×10^{45} 個の光子が出る——一個あたりは 1100 万年に一度でも、全体では毎秒 10^{45} 個である。

観察 5.4

したがって「禁じられた遷移が見える」ことに謎はない。率が 10^{-15} でも、個数が 10^{60} なら積は 10^{45} である——見えるかどうかを決めているのは、率ではなく積のほうである。

観察 5.5

これは論文190の裏返しである。あちらは「稀」を対数で測った——ここでは稀な事象に大きな数を掛けて、日常の桁に戻している。

6. 分離子：零になるのは率ではなく、行列要素である

観察 6.1

分離子——何が厳密に零で、何が小さいだけか。

厳密に零	E1 演算子の行列要素（対称性のため）
小さいだけ	遷移の全体の率（他の道が残る）

観察 6.2

選択則が言っているのは一行目である。ところが実験が測るのは二行目である——「禁じられている」という語が、この二つを取り違えさせる。

観察 6.3

論文269 は、結晶が禁じているのが対称性ではなく周期性だと示した。あちらの禁止は厳密である——五回対称の周期構造は存在しない。本稿の禁止は率の大小である——同じ「禁じる」でも身分が違う。

観察 6.4

したがって、選択則を読むときはどの近似の中の話かを確認めねばならない。E1 という近似の中では厳密に零だが、その近似の外に出れば有限である——零は理論の内側の性質であって、自然の性質ではない。

7. 点呼と結び

1. $2p \rightarrow 1s$ は 1.596×10^{-9} 秒（検算2.1）：E1 許容。
2. $2s \rightarrow 1s$ は 0.1216 秒（検算2.1）：まばたきより短い。
3. 比は 7.6190×10^7 倍（検算2.1）：7.88 桁。
4. $\alpha^2 = 5.325 \times 10^{-5}$ （検算3.1）：M1 の目安。

5. $1/\alpha^4 = 3.53 \times 10^8$ (観察3.2) : 実測はその 4.6 分の一。
6. 21 cm 線は 1100 万年 (検算4.1) : $2p$ の 2.17×10^{23} 倍。
7. 全体で 23.34 桁 (観察4.3) : 同じ原子の同じ電磁遷移。
8. 毎秒 1 個には 3.47×10^{14} 個 (検算5.1) : 5.8×10^{-13} kg。
9. 10^{60} 個で毎秒 2.88×10^{45} 個 (検算5.1) : 太陽質量の 841 倍。
10. 零なのは行列要素 (観察6.1) : 率ではない。

結び:「禁じられている」は、数として率の大小を意味する。水素の $2s \rightarrow 1s$ は E1 禁制だが、起きないのではなく **0.1216** 秒かかる—— $2p \rightarrow 1s$ の 7.6190×10^7 倍、すなわち 7.88 桁遅いだけである。21 cm 線はさらに遅く、1100 万年に一度、 $2p$ の 2.17×10^{23} 倍である——それでも見えるのは率が上がったからではなく、個数が大きいからであり、 10^{60} 個あれば毎秒 2.88×10^{45} 個が光る。分けるものは一つ——厳密に零になっているのは、率ではなく、一つの近似における行列要素だということ。選択則はその行列要素について語り、実験は全体の率を測る。零は E1 という近似の内側の性質であって、自然の性質ではない。だから「禁じられた」線が空に見えても、矛盾は起きていない。

参考文献

1. Breit, G. and Teller, E. (1940). Metastability of Hydrogen and Helium Levels. *The Astrophysical Journal*, 91.
2. Wigner, E. P. (1959). *Group Theory and Its Application to the Quantum Mechanics of Atomic Spectra*. New York: Academic Press.
3. Bethe, H. A. and Salpeter, E. E. (1957). *Quantum Mechanics of One- and Two-Electron Atoms*. Berlin: Springer.
4. Wild, J. P. (1952). The Radio-Frequency Line Spectrum of Atomic Hydrogen and Its Applications in Astronomy. *The Astrophysical Journal*, 115.
5. Ewen, H. I. and Purcell, E. M. (1951). Radiation from Galactic Hydrogen at 1420 Mc/sec. *Nature*, 168(4270).
6. Sobelman, I. I. (1979). *Atomic Spectra and Radiative Transitions*. Berlin: Springer.
7. 山岸勇輝 (2026). 対称性は比を決め、力学は尺度を決める [論文140]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22081997
8. 山岸勇輝 (2026). 「稀」は、対数の目盛りで測る [論文190]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22106182
9. 山岸勇輝 (2026). 結晶が禁じているのは対称性ではなく、周期性である [論文269]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22169855
10. 山岸勇輝 (2026). 同じ「2 倍に感じる」が、刺激の側では 6.70 倍ひらく [論文272]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22169965

— From thinking to syncing. —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)