光を弱めても、波が電子一個ぶんを溜める時間と最初の光電子が出る時間の比は変わらない

— 仕事関数ぶんを原子一個の断面で溜める時間と、受光面に最初の光電子が出るまでの平均の待ち時間はどちらも強さに反比例し、比は面積の比と量子効率で決まる — 分離子は、エネルギーを受け取る広さが原子一個の断面か、受光面全体か — [論文1011]

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

金属に光を当てると電子が飛び出し、その最大のエネルギーは光の振動数で決まり、光を強くしても増えない（アインシュタイン 1905）。本稿は、この光電効果を阻止電圧の直線と光電子の数で確かめ、弱い光で「波がエネルギーを溜める時間」と「最初の光電子が出るまでの待ち時間」を比べる。新しい定理も法則も主張せず、断面・受光面・量子効率・仕事関数は例の値である。 第一に、阻止電圧の直線の傾きは、仕事関数によらず h/e である——仕事関数 2.0 eV と 4.5 eV の面に 8 点ずつの乱れた測定を作って直線を当てると、傾きは **4.139190×10^{-15}** と **4.140939×10^{-15} V·s**（h/e は $4.135667697\times10^{-15}$）で比は **0.999578**、切片は **−2.002349 V** と **−4.513303 V** だった（第2節）。 第二に、強さで増えるのは光電子の数で、一個のエネルギーの上限ではない——強さを 1000 倍にすると光電子の数は比例して増え（対数の傾き **1.000113**）、運動エネルギーの最大は光子 **3.099605 eV** から仕事関数 2.3 eV を引いた **0.799605 eV** を超えなかった（第3節）。 第三に、これが本稿の芯である。光を弱めても、二つの時間の比は変わらない——波が原子一個の断面（10^{-20} m²）に仕事関数ぶんを溜める時間と、1 cm² の受光面（量子効率 0.1）に最初の光電子が出るまでの平均の待ち時間は、どちらも強さに反比例し、強さを 12 桁動かしても比は **7.420300×10^{14}** で変わらなかった。比は、面積の比と量子効率と仕事関数/光子のエネルギーの積に等しい（第4節）。 第四に、強さ 10^{-6} W/m² では、波は 1.167708 年溜め、光電子は平均 4.966115×10^{-8} 秒で出る——波が溜める時間は 3.685006×10^{7} 秒（**1.167708** 年）、待ち時間の平均は 4.966115×10^{-8} 秒で、乱数 1000000 回は一度も波の時間を待たず、最も遅くても波の時間の 2.052711×10^{-14} 倍だった（第5節）。 第五に、待ち時間は指数分布に従う——乱数の待ち時間の平均は 4.968379×10^{-8} 秒（1/R は 4.966115×10^{-8}）、中央値は 3.446618×10^{-8} 秒（ln2/R は 3.442248×10^{-8}）だった（第5節）。 第六に、分離子は、エネルギーを受け取る広さが原子一個の断面か、受光面全体か——波の時計は原子一個の断面が集める速さで、光子の時計は受光面全体に光子が来る速さで決まるので、強さは両方に同じだけ効き、面積の比だけが残る（第6節）。 キーワード：光電効果、仕事関数、阻止電圧、光子、ポアソン過程、量子効率。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——光電効果のアインシュタインの式（1905）、阻止電圧の直線の傾きが h/e であること（ミリカン 1916）、光子の到着がポアソン過程で書けること、古典的な波ではエネルギーを溜める時間がかかるという見積りは、いずれも既知である。例の値で数える——原子一個の断面 10^{-20} m²、受光面 1 cm²、量子効率 0.1、波長 400 nm、仕事関数 2.3 eV・2.0 eV・4.5 eV は例で、実在の金属の値ではない。光電子のエネルギー分布を扱わない——運動エネルギーは 0 から上限のあいだに一様に置いた。実物の分布ではない。実験の遅れの値を扱わない——光電子が出るまでの遅れを測った実験の値は書かない。既刊との関係：論文448 の射程注記は、何年で退色するかという速さを論じず、切れるか切れないかだけを見ると書いた——本稿はその隣に置き、光で電子が出るまでの時間を数える（同じ射程注記の「反応機構を論じない」の項には論文668 が座り、光る時間の一億倍の差を数えた）。論文448 は、赤い光をいくら当てても青い光が切る結合は切れないことを、光子一個のエネルギーで示した——ここでは、同じ一個あたりの型が光電子の数とエネルギーの上限を分け、さらに待ち時間に現れることを数える。同根とは言わない。論文270 は、磁束量子の h/e と h/2e の違いが担い手の個数であることを示した——ここでは、同じ h/e が阻止電圧の直線の傾きとして現れる。同根とは言わない。論文1005 は、誘導放出と自発放出の比が占有数であることを示した——ここでは、光子一個が来るたびに電子が出る割合を量子効率として置き、到着の揺らぎを数える。加えたのは、二つの面の阻止電圧の直線で傾きが同じ h/e になることを乱れた測定から確かめたこと、光電子の数が強さに比例しエネルギーの上限が変わらないことを数えたこと、波が溜める時間と最初の光電子の待ち時間の比が強さによらず面積の比と量子効率で決まることを示したこと、待ち時間を乱数で作り、波の時間を一度も待たないことを数えたことである。

1. 記法と問い

設定：振動数 ν の光子一個のエネルギーは $h\nu$、金属の仕事関数を φ とすると、光電子のエネルギーの上限と阻止電圧は $eV_s = h\nu - \varphi$ である。強さ I の光で、古典的な波が原子一個の断面 σ に仕事関数ぶんを溜める時間と、受光面 A（量子効率 η）に光電子が出る割合 R を次で置く。

$$t_{\text{wave}} = \frac{\varphi}{I\sigma}, \qquad R = \frac{IA\eta}{h\nu}, \qquad \frac{t_{\text{wave}}}{1/R} = \frac{A}{\sigma}\,\eta\,\frac{\varphi}{h\nu}$$

h・e・c は SI の定義値で、$h/e = 4.135667697 \times 10^{-15}$ V·s である。

問い：光を強くすると何が増え、何が増えないか。光を弱めると、波の時計と光子の時計の差は広がるか。

2. 阻止電圧の直線

計算 2.1：仕事関数 2.0 eV と 4.5 eV の二つの面で、限界振動数の 1.1〜2.5 倍の 8 点に、ばらつき 0.01 V の阻止電圧を乱数で作り、直線を当てた。

仕事関数	限界振動数（Hz）	限界波長（nm）	傾き（V·s）	切片（V）
2.0 eV	4.835978×10^{14}	619.921	4.139190×10^{-15}	−2.002349
4.5 eV	1.088095×10^{15}	275.520	4.140939×10^{-15}	−4.513303

観察 2.2

阻止電圧の直線の傾きは、仕事関数によらず h/e である。二つの面の傾きはどちらも h/e と 1 パーセント以内で、比は **0.999578**、切片は仕事関数を e で割った値の符号を変えたものだった——面が替わると直線は平行に動くだけで、傾きは替わらない。一回目は振動数を Hz のまま最小二乗の列に並べ、尺度が悪く切片 0・傾き半分と外れた。10^{15} Hz 単位に直して当て直した。

3. 強さを変える

計算 3.1：波長 400 nm（光子 3.099605 eV）、仕事関数 2.3 eV、受光面 1 cm²、量子効率 0.1 で、1 秒の光電子の数をポアソン乱数で数えた。

強さ（W/m²）	期待	数えた	運動エネルギーの最大（eV）
10^{-9}	2.013647×10^{4}	20161	0.799568
10^{-8}	2.013647×10^{5}	200275	0.799601
10^{-7}	2.013647×10^{6}	2012743	0.799601
10^{-6}	2.013647×10^{7}	20145075	0.799605

観察 3.2

強さで増えるのは光電子の数で、一個のエネルギーの上限ではない。数えた光電子の対数の傾きは **1.000113** で、運動エネルギーの最大はどの強さでも $h\nu - \varphi = 0.799605$ eV を超えなかった——運動エネルギーは 0 から上限のあいだに一様に置いた例で、上限だけが光子一個のエネルギーで決まる。

4. 二つの時計

計算 4.1：原子一個の断面 $\sigma = 10^{-20}$ m² で、強さを 10^{-9} から 10^{3} W/m² まで 12 桁動かした。

強さ（W/m²）	波が溜める時間（s）	平均の待ち時間（s）	比
10^{-9}	3.685006×10^{10}	4.966115×10^{-5}	7.420300×10^{14}
10^{-6}	3.685006×10^{7}	4.966115×10^{-8}	7.420300×10^{14}
10^{-3}	3.685006×10^{4}	4.966115×10^{-11}	7.420300×10^{14}
1	3.685006×10^{1}	4.966115×10^{-14}	7.420300×10^{14}
10^{3}	3.685006×10^{-2}	4.966115×10^{-17}	7.420300×10^{14}

> **観察 4.2**
>
> これが本稿の芯である。光を弱めても、二つの時間の比は変わらない。比は 12 桁のどの強さでも 7.420300×10^{14} で、式 $(A/\sigma)\eta(\varphi/h\nu)$ の値と一致した——強さは二つの時計に同じだけ効くので、弱い光で波の遅れが目立つわけでも、強い光で消えるわけでもない。差を決めているのは、受光面と原子一個の断面の面積の比である。

5. 待ち時間を乱数で作る

計算 5.1：強さ 10^{-6} W/m² で、光電子の出る割合 $R = 2.013647 \times 10^{7}$ 個/s の指数分布から待ち時間を 1000000 回作った。

量	値
待ち時間の平均	4.968379×10^{-8} s（$1/R = 4.966115 \times 10^{-8}$）
中央値	3.446618×10^{-8} s（$\ln 2/R = 3.442248 \times 10^{-8}$）
最も遅い待ち時間	7.564253×10^{-7} s
波が溜める時間	3.685006×10^{7} s（1.167708 年）
波の時間より前に出た割合	1.000000
最も遅い / 波の時間	2.052711×10^{-14}

> **観察 5.2**
>
> 強さ 10^{-6} W/m² では、波は 1.167708 年溜め、光電子は平均 4.966115×10^{-8} 秒で出る。1000000 回のすべてで最初の光電子は波が溜める時間より前に出て、最も遅くても波の時間の 2.052711×10^{-14} 倍だった——待ち時間は指数分布で、平均と中央値は $1/R$ と $\ln 2/R$ に合った。

6. 分離子と、言わないこと

> **観察 6.1**
>
> 分離子は、エネルギーを受け取る広さが原子一個の断面か、受光面全体か。波の時計は原子一個の断面が集める速さで、光子の時計は受光面全体に光子が来る速さで決まる——強さはどちらにも同じだけ効き、残るのは面積の比 A/σ と、量子効率と、仕事関数と光子のエネルギーの比である。

> **観察 6.2**
>
> 言わないこと。断面・受光面・量子効率・波長・仕事関数は例の値で、実在の金属の値ではない。光電子のエネルギーは一様に置いた例である——光電子が出るまでの遅れを測った実験の値は書かず、448 や 270 と同根だとも言わない。

7. 点呼と結び

1. 傾き $\mathbf{4.139190 \times 10^{-15}}$・$\mathbf{4.140939 \times 10^{-15}}$ V·s、比 **0.999578**（計算 2.1）：仕事関数によらず **h/e**。
2. 対数の傾き **1.000113**、上限 **0.799605 eV**（計算 3.1）：増えるのは数。
3. 二つの時間の比 $\mathbf{7.420300 \times 10^{14}}$ が **12** 桁で不変（計算 4.1）：本稿の芯。
4. 波の時間 **1.167708** 年、待ち時間の平均 $\mathbf{4.966115 \times 10^{-8}}$ **s**（計算 5.1）：強さ $\mathbf{10^{-6}}$ **W/m²**。
5. **1000000** 回すべて波の時間より前（観察 5.2）：最も遅くても $\mathbf{2.052711 \times 10^{-14}}$ 倍。
6. 原子一個の断面か受光面全体か（観察 6.1）：分離子・論文**448**・**668**・**270**・**1005**。

結び：光を弱めても、波が電子一個ぶんを溜める時間と最初の光電子が出る時間の比は変わらない。阻止電圧の直線は仕事関数 **2.0 eV** と **4.5 eV** の面で傾きが同じ **h/e** になり（比 **0.999578**）、強さで増えたのは光電子の数で、エネルギーの上限 **0.799605 eV** は変わらなかった——波が原子一個の断面に仕事関数ぶんを溜める時間と、受光面に最初の光電子が出る平均の待ち時間の比は、強さを **12** 桁動かしても **7.420300×10¹⁴** のままだった。強さ **10⁻⁶ W/m²** では、波の時間 **1.167708** 年に対して待ち時間は平均 **4.966115×10⁻⁸** 秒で、乱数 **1000000** 回は一度も波の時間を待たなかった——比を決めるのは面積の比と量子効率である。分離子は、エネルギーを受け取る広さが原子一個の断面か、受光面全体かである。既刊との位置——論文**448** は光子一個のエネルギーが結合を切れるかを決めることを示して速さを論じず、同じ射程注記の別の項には論文**668** が光る時間の差を数えた。論文**270** は **h/e** の担い手を、論文**1005** は誘導と自発の比を数えた。ここでは、光で電子が出るまでの時間を、波の時計と光子の時計の比として数えた。正直に言えば——断面・受光面・量子効率・仕事関数は例の値で、実験の遅れの値や実在の金属の値は扱っていない。

参考文献

1. Einstein, A. (1905). Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. *Annalen der Physik*.
2. Millikan, R. A. (1916). A direct photoelectric determination of Planck’s h. *Physical Review*.
3. 山岸勇輝 (2026).『磁束量子の「2」は、次元でも指数でもなく、担い手の個数である』[論文270]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22169893
4. 山岸勇輝 (2026).『赤い光をいくら当てても、青い光が切る結合は切れない』[論文448]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22732565
5. 山岸勇輝 (2026).『「光る」の一語が隠しているのは、一億倍の時間差である』[論文668]. Zenodo.
6. 山岸勇輝 (2026).『誘導放出を抜くと放射はウィーンの式になり、A と B の比の 8π だけが偏光の数を運ぶ』[論文1005]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22823713

— 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)