

光より速く進んだのではなく、光のほうが遅くなっていた

— 水では閾値 **0.2618 MeV**・最大角 **41.3934** 度、空気では閾値が **78.6945** 倍 — 超えられているのは c/n であって c ではない — [論文332]

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

原子炉の水が青く光る。荷電粒子が「光より速く」進んだからだと言われる。本稿が問うのは、そこで超えられているのはどの速さかである——答は、位相速度 c/n であって、真空の光速 c ではないである。新しい数学定理も新しい法則も主張しない。第一に、水では電子の運動エネルギーが **0.2618 MeV** を超えると光り始める（第2節）。第二に、最大角は **41.3934** 度で、それ以上には開かない（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。閾値の粒子の速さは、その媒質の位相速度とちょうど同じである（第3節）。第四に、同じ現象が空気では **78.6945** 倍のエネルギーを要求する。 n が **1** に近づくほど、条件は厳しくなる（第2節）。第五に、角度に粒子の質量は入らない。ミューオンの閾値は電子の **206.7683** 倍で、これは質量比そのものである（第4節）。第六に、分離子は「 c を超えたか、 c/n を超えたか」である（第5節）。

本稿の射程（射程注記）：新しい数学定理も新しい法則も主張しない——チェレンコフ放射、フランクとタムの理論、閾値条件、位相速度と群速度の区別はいずれも標準的である。放射の強度を計算しない——フランク＝タムの式による光子数やスペクトルには立ち入らない。幾何の条件だけを見る。分散を扱わない——屈折率が波長で変わることは事実だが、本稿では各媒質について一つの n を固定する。触れるにとどめる。検出器を設計しない——リングイメージング検出器や水チェレンコフ検出器の実際には入らない。相対論を作らない——

$\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$ を使うが、相対論そのものは前提として置く。超光速の主張をしない——本稿は「 c を超えたものがある」とは書かない。むしろその逆を数で示す。既刊との関係：論文210 はパルスが山が入る前に出ることがあると示した——そこでは群速度が c を超えたが情報は超えなかった。本稿では粒子が c/n を超えるが c は超えない。「光より速い」という一語が、少なくとも二つの別々のことを指している。論文111 は光がどこまで幾何を決めるかを問うた——そこで決めるのは因果の構造であり、媒質の中の c/n ではない。論文300 は同根か別根かは判定できると示した——本稿の c/n 超えと論文210 の群速度超えは、判定に掛ければ別根である。論文326 は二乗三乗の法則が恒等式だと示した——本稿の閾値も、 $\cos \theta = 1/(n\beta)$ が 1 を超えられないという定義上の制約から出ている。加えたのは三つの媒質を同じ表に並べて閾値の 78.6945 倍の開きを出したこと、閾値の粒子の速さと媒質の位相速度が同じ数になることを明示したこと、ミューオンで閾値比が質量比に一致することを確認したこと、分離子を「どちらの光速を超えたか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：屈折率 n の媒質の中を、速さ $v = \beta c$ の荷電粒子が進む。 $\beta n > 1$ のとき、粒子は進行方向から角 θ に光を放つ。その角は

$$\cos \theta = \frac{1}{n\beta}$$

で与えられる。

観察 1.1

この式は、 $\cos \theta \leq 1$ でなければ意味を持たない。つまり $n\beta \geq 1$ 、すなわち $\beta \geq 1/n$ が要る——閾値は、幾何の側から先に決まっている。

観察 1.2

よく「粒子が光より速い」と説明される。だが相対論は $\beta < 1$ を要求する—— $\beta \geq 1/n$ と $\beta < 1$ は矛盾しない。 $n > 1$ なら $1/n < 1$ だからである。

観察 1.3

本稿の測り方を先に固定する。電子の静止質量は **0.51099895 MeV**、運動エネルギーは $E_k = mc^2(\gamma - 1)$ とする——全エネルギーではなく運動エネルギーで書く。

問い：超えられているのは、どの速さか。

2. 三つの媒質で、閾値が **78.6945** 倍ひらく

検算 2.1：三つの媒質について、閾値と最大角を出す（本稿で計算）。

媒質	n	閾値 $\beta = 1/n$	電子の閾値 E_k	最大角
石英ガラス	1.458	0.685871	0.1912 MeV	46.6959°
水	1.333	0.750188	0.2618 MeV	41.3934°
空気（1 気圧）	1.000293	0.999707	20.6028 MeV	1.3868°

観察 2.2

自己検査——水の電子閾値は通説の 約 **0.26 MeV** と一致し、最大角も通説の **41** 度台に入る。独立に知られている値で道具を試してから、表を読む。

観察 2.3

空気の閾値は水の **78.6945** 倍である。 n が **1.333** から **1.000293** に変わっただけで—— n が **1** に近づくほど、要求されるエネルギーは跳ね上がる。

観察 2.4

向きは一貫している。 n が大きいほど閾値は低く、最大角は大きい——石英ガラス **0.1912**、水 **0.2618**、空気 **20.6028 MeV** で、順序は n の順序の逆である。

観察 2.5

最大角は $\beta \rightarrow 1$ の極限で $\arccos(1/n)$ に達し、それ以上には開かない。どれだけエネルギーを上げても——水では **41.3934** 度が上限である。角度を測れば、粒子の速さではなく媒質が分かる。

3. 芯：閾値の粒子の速さは、その媒質の位相速度と同じ数である

検算 3.1：水について、二つの速さを並べる（本稿で計算）。

量	値
媒質の中の光の位相速度 c/n	224900568.6 m/s
閾値の粒子の速さ $\beta_{\text{th}}c$	224900568.6 m/s
真空の光速 c	299792458.0 m/s
c との差	74891889.4 m/s (24.9812 パーセント遅い)

観察 3.2

これが本稿の芯である。上の二行は同じ数である——偶然ではなく、閾値の条件 $\beta = 1/n$ が $v = c/n$ とまったく同じことを言っているからである。

観察 3.3

したがって「光より速い」の「光」は、真空の光ではない。粒子が超えているのは **224900568.6** m/s であって、**299792458.0** m/s ではない—— c には **24.9812** パーセント届いていない。

観察 3.4

位相速度が c より小さいことは、相対論に何の負担もかけない。位相速度は、媒質の中で場の位相が進む速さであって——何かを運ぶ速さではない。運ばないものが遅くなっても、因果は動かない。

観察 3.5

論文210 との対をなす。210 は異常分散の中で群速度が c を超えることがあると書いた——そこでは c を超えるものがあったが、それは情報を運んでいなかった。本稿では情報を運ぶ粒子そのものが動いているが、超えているのは c ではない。

観察 3.6

二つを並べると型が見える。

	何が c を超えるか	何が情報を運ぶか	因果
論文210（群速度）	群速度	前縁（ c で進む）	保たれる
本稿（チェレンコフ）	何も超えない	粒子（ $\beta < 1$ ）	保たれる

観察 3.7

どちらも「光より速い」と呼ばれ、どちらも因果を破らない。しかし理由が別である——論文300 の基準に当てれば、片方は「超えた量が情報を運ばない」、もう片方は「そもそも c を超えていない」で、別根である。

4. 角度に、粒子の質量は入らない

設定：同じ水の中を、電子とミュオンが走る。質量は 206.7683 倍違う。

検算 4.1：閾値のエネルギーと角度を比べる（本稿で計算）。

粒子	静止質量 [MeV]	閾値 E_k [MeV]	閾値 β
電子	0.510999	0.2618	0.750188
ミュオン	105.658376	54.1335	0.750188
比	206.7683	206.7683	1.000000

観察 4.2

エネルギーの比は、質量の比とちょうど同じである。206.7683 対 206.7683——閾値の条件は β について書かれており、 β は質量を含まないからである。

観察 4.3

右端の列が本題である。閾値 β は両者で 0.750188 で、ちょうど一致する——媒質が決めているのは速さであって、エネルギーではない。

観察 4.4

だから角度からは粒子の種類が分からない。 $\cos \theta = 1/(n\beta)$ に入るのは n と β だけで——電荷も質量も入らない。同じ速さで走る電子とミュオンは、同じ角に光を出す。

観察 4.5

これは論文325 と同じ形である。325 は虹の角度に水滴の大きさが入っていないと書いた——ここではチェレンコフ角に粒子の質量が入っていない。どちらも「相手の情報が式に入る道が無い」。

観察 4.6

正直に書くべき点——実際の検出器は、この独立性を利用している。運動量を磁場で別に測っておけば、角度から β が出て、 p と β から質量が決まる——角度そのものに質量は入らないが、角度を他の測定と組めば質量が出る。入っていないことが、道具としての値打ちになっている。

5. 分離子： c を超えたか、 c/n を超えたか

観察 5.1

分離子——「光より速い」と言うとき、比べている相手が真空の光速なのか、媒質の中の位相速度なのか。

	比べる相手	水での値 [m/s]	相対論との関係
真空の光速	c	299792458.0	超えられない
位相速度	c/n	224900568.6	超えてよい

観察 5.2

分離子は、粒子の側にはない。同じ電子、同じエネルギーでも、水の中では光り、空気の中では光らない——決めているのは媒質である。

観察 5.3

分離子は動かせる。 n を 1 に近づけていくと閾値は上がり、 $n = 1$ では $\beta \geq 1$ が要求されてどんな粒子にも達成できなくなる——真空中でチェレンコフ光が出ないのは、そこだけ物理が違うからではない。同じ式が、真空中では満たせない条件になるからである。

観察 5.4

正直に書くべき点——屈折率は波長で変わる。水の n は青のほうが赤より大きく、青のほうが閾値が低く、角も大きい——本稿が各媒質に一つの n を置いたのは簡単のためであり、青く見えることの説明には分散が要る。そこには立ち入らない。

観察 5.5

論文111 との位置関係。111 は光がどこまで幾何を決めるかを問うた——そこで幾何を決めるのは c であって、 c/n ではない。媒質の中の遅い光は、因果の構造を一切変えない。

観察 5.6

最後に一つ——この現象の名前は、比較の相手を言わない。「光より速い」の「光」が何を指すかは、式の中には書いてあるが、名前の中には書かれていない——取り違えが起きるのは、現象が難しいからではなく、名前が一語足りないからである。

6. 点呼と結び

1. 水の電子閾値 **0.2618 MeV** (検算2.1) : 通説と一致。
2. 最大角 **41.3934 度** (検算2.1) : それ以上には開かない。
3. 空気の閾値は水の **78.6945 倍** (観察2.3) : n が 1 に近いほど厳しい。
4. $c/n = 224900568.6$ m/s (検算3.1) : 閾値の粒子の速さと同じ数。
5. c には **24.9812** パーセント届かない (観察3.3) : 超えていない。
6. 論文210 とは超え方が別 (観察3.6) : 片方は情報を運ばない量が超えた。
7. ミューオンの閾値は **206.7683 倍** (検算4.1) : 質量比そのもの。
8. 閾値 β は両者で **0.750188** (観察4.3) : 媒質が決めるのは速さ。
9. 角度に質量も電荷も入らない (観察4.4) : 論文325 と同じ形。
10. $n = 1$ では条件が満たせなくなる (観察5.3) : 真空だけ別の物理ではない。

結び : 原子炉の水が青く光るのは、荷電粒子が「光より速く」進むからだと言われる——その「光」は、真空の光ではない。閾値は $\cos \theta = 1/(n\beta)$ が 1 を超えられないところから決まり、水では電子の運動エネルギーが **0.2618 MeV**、最大角は **41.3934 度** である——石英ガラスでは **0.1912 MeV**、空気では **20.6028 MeV** で、空気は水の **78.6945 倍** を要求する。 n が 1 に近づくほど条件は厳しくなる。そして閾値の粒子の速さは、その媒質の位相速度とちょうど同じ数である——水では両方とも **224900568.6 m/s** であり、これは偶然ではなく、 $\beta = 1/n$ と $v = c/n$ がまったく同じことを言っているからである。真空の光速 **299792458.0 m/s** には **24.9812** パーセント届いていない。位相速度は何かを運ぶ速さではないので、それを超えても因果は動かない——論文210 は異常分散の中で群速度が c を超えると書いたが、そこでも超えた量は情報を運んでいなかった。どちらも「光より速い」と呼ばれ、どちらも因果を破らず、しかし理由は別である。角度には粒子の質量も電荷も入らない——ミューオンの閾値エネルギーは電子の **206.7683 倍** で、これは質量比そのものである。そして閾値 β は両者で **0.750188** とちょうど一致する。媒質が決めているのは速さであって、エネルギーではない。論文325 が虹の角度に水滴の大きさが入らないと書いたのと同じ形である。分けるものは一つ——「光より速い」と言うとき、比べている相手が c なのか c/n なのか。分離子は粒子の側ではなく、媒質にある——同じ電子が水では光り、空気では光らない。 n を 1 に近づけると閾値は上がり、 $n = 1$ では $\beta \geq 1$ が要求されてどんな粒子にも達成できなくなる。真空で光らないのは、そこだけ物理が違うからではなく、同じ式が満たせない条件になるからである。最後に一つ——この現象の名前は、比較の相手を言わない。「光より速い」の「光」が何を指すかは式の中には書いてあるが、名前の中には書かれていない。取り違えが起きるのは、現象が難しいからではなく、名前が一語足りないからである。

参考文献

1. Cherenkov, P. A. (1937). Visible Radiation Produced by Electrons Moving in a Medium with Velocities Exceeding that of Light. *Physical Review*, 52(4).
 2. Frank, I. M., Tamm, I. E. (1937). Coherent Visible Radiation of Fast Electrons Passing Through Matter. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 14.
 3. Jelley, J. V. (1958). *Cherenkov Radiation and Its Applications*. London: Pergamon Press.
 4. Jackson, J. D. (1998). *Classical Electrodynamics*, 3rd edition. New York: Wiley.
 5. Particle Data Group (2024). Review of Particle Physics. *Physical Review D*, 110(3).
 6. 山岸勇輝 (2026). 光はどこまで幾何を決めるか [論文111]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21961685
 7. 山岸勇輝 (2026). パルスの山は、入る前に出ることがある [論文210]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22111747
 8. 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
 9. 山岸勇輝 (2026). 虹の角度に、水滴の大きさは入っていない [論文325]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22209848
 10. 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)