電子レンジの 2.45 GHz は、水の共鳴ではない

— 20 度の水の損失の頂点は **17** GHz にあり、**2.45** GHz はその **0.144118** 倍の位置だが、損失は頂点の **0.282370** 倍もある — 同じ位置に $Q = 10$ の共振があったなら、吸われるのは **0.001503** 倍にすぎない — [論文571]

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

電子レンジの **2.45 GHz** は、水分子の共鳴周波数だと説明されることが多い。本稿が示すのは、マイクロ波の帯での水の吸収は共鳴ではなく幅の広い緩和であり、**2.45 GHz** はその頂点から大きく外れた位置にあって、外れているからこそ中まで温まることである。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、水の吸収はデバイの緩和で書ける——**20** 度の代表値で緩和時間は **9.3621 ps**、損失の頂点は **17 GHz** にあり、**2.45 GHz** はその **0.144118** 倍の位置である（第2節）。 第二に、それでも損失は頂点の **0.282370** 倍ある——緩和の帯は広く、頂点の半分以上を吸う帯の上下の比はちょうど $7 + 4\sqrt{3} = \mathbf{13.928203}$ 倍（**1.143895** 桁）である（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。同じ位置に $Q = 10$ の共振があったなら、吸われるのは頂点の **0.001503** 倍にすぎない——緩和は共振の **187.92** 倍吸う。**2.45 GHz** が使えるのは、水が共鳴していないからである（第3節）。 第四に、頂点で温めないのは深さのためである——電力が $1/e$ になる深さは **2.45 GHz** で **16.4381 mm**、**17 GHz** で **0.5314 mm**、比は **30.9336** 倍である（第4節）。 第五に、頂点では表面が **24.5733** 倍速く温まる——だがそれは薄い皮だけを焼く、焼き網の温め方である（第4節）。 第六に、分離子は、分子に戻す力があるかどうかである——孤立した水蒸気には回転の共鳴があり、液体の水にはマイクロ波の帯で摩擦しかない（第5節）。 キーワード：電子レンジ、2.45 GHz、誘電加熱、デバイ緩和、水の誘電率。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——デバイの緩和も、誘電加熱の式も標準的である。電子レンジを設計しない——庫内の定在波、加熱むら、食品の形は扱わない。数は代表値である——20 度の純水で、静的誘電率 80.2、高周波側の誘電率 5.6、緩和周波数 17 GHz と置いた。緩和を一項で書いた——水にはもっと速い小さな緩和もあるが、入れていない。言うのはマイクロ波の帯だけである——液体の水もテラヘルツや赤外の帯には分子間の振動を持つ。「水にはどこにも共鳴が無い」とは書かない。塩を入れていない——食品に溶けた塩はイオンの伝導で損失を足し、浸透深さを縮めるが、本稿の外である。温度による移動を計算していない——温度が上がると緩和周波数は上へ動くが、その数は出していない。浸透深さは、平らな厚い層に垂直に入る場合だけを見る。周波数の選び方を物理だけに帰さない——2.45 GHz は産業・科学・医療用に割り当てられた帯であり、物理が言えるのは「その帯で使える」ことまでである。既刊との関係：論文407 は X 線の屈折率が 1 を下回ることを、共鳴より上の周波数の側から示した——本稿は反対に、共鳴を持たない吸収の、頂点より下の側を見る。論文274 は射程注記で、緩和時間近似の中身には立ち入らないとしていた——本稿の緩和は電子の散乱ではなく分子の向きの遅れで、同じ語の別物である。論文300 は同根か別根かが判定できると示した——「2.45 GHz でも吸われる」と「2.45 GHz なら中まで入る」は、帯が広く頂点から外れているという一つの根から出る。加えたのは、デバイの一項で 2.45 GHz の損失が頂点の 0.282370 倍あることを閉じた式と突き合わせたこと、半値の帯が $7+4\sqrt{3}$ 倍に広がることを二分法と閉じた式で確かめたこと、同じ位置の共振なら 0.001503 倍しか吸わないと並べたこと、浸透深さの 30.9336 倍を厳密な式と近似式の二つで出したこと、分離子を「戻す力があるかどうか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：液体の水の複素誘電率を、デバイの一項で書く。

$$\varepsilon(f) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 + i\,f/f_r} = \varepsilon' - i\varepsilon'', \qquad \varepsilon'' = \Delta\varepsilon\,\frac{x}{1+x^2}, \quad x = \frac{f}{f_r}$$

$\Delta\varepsilon = \varepsilon_s - \varepsilon_\infty$ である。損失 ε'' が、電場のエネルギーが熱に変わる割合を決める。

> **観察 1.1**
>
> 電子レンジの説明では「2.45 GHz は水の共鳴周波数」とよく言われる。共鳴なら、吸収はその周波数のまわりの細い帯に集まるはずである——ラジオの同調のように、少しずれれば受からない。

問い：マイクロ波の帯で、水の吸収は共鳴か。2.45 GHz はその中のどこにあり、そこはなぜ使えるのか。

2. 緩和の形

計算 2.1：20 度の純水の代表値（$\varepsilon_s = 80.2$、$\varepsilon_\infty = 5.6$、$f_r = 17$ GHz）で計算した。緩和時間は $\tau = 1/(2\pi f_r) = \mathbf{9.3621}$ ps、2.45 GHz は $x = \mathbf{0.144118}$ である。

周波数	ε'	ε''
2.45 GHz	**78.6821**	**10.5324**
17 GHz（頂点）		**37.3000**

> **観察 2.2**
>
> 頂点の損失はちょうど $\Delta\varepsilon/2$ である。37.3000 は 74.6 の半分と 10^{-12} で一致した——頂点は $x = 1$、つまり $f = f_r$ にある。

計算 2.3：2.45 GHz の損失は頂点の **0.282370** 倍である。閉じた式 $2x/(1+x^2)$ と 10^{-12} で一致した。

> **観察 2.4**
>
> 帯が広い。頂点の半分以上を吸う帯は $x = \mathbf{0.267949}$ から **3.732051** まで——二つの端はちょうど $2-\sqrt{3}$ と $2+\sqrt{3}$ で、上下の比は $7+4\sqrt{3} = \mathbf{13.928203}$ 倍、**1.143895** 桁にわたる。二分法で探した端と閉じた式が 10^{-9} で一致した。

> **観察 2.5**
>
> この幅は水の値に依らない。デバイの一項である限り、どの物質でも、どの温度でも同じ 13.928203 倍である——幅を決めているのは形であって、数ではない。

3. もし共鳴だったら

計算 3.1：比べるために、同じ頂点の位置に $Q = 10$ の共振（ローレンツ振動子）を置き、頂点で 1 に規格化した（頂点での値は 10^{-12} で 1）。

	緩和（水）	共振（$Q = 10$）
$x = 0.144118$ の損失（頂点比）	**0.282370**	**0.001503**
半値の帯の上下の比	**13.928203**	**1.105401**

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。共振なら **2.45 GHz** ではほとんど吸われない（頂点の **0.001503** 倍）——緩和は共振の **187.92** 倍吸う。電子レンジが **2.45 GHz** で動くのは、水が共鳴しているからではなく、共鳴していないからである。

> **観察 3.3**
>
> 共振の帯は細い。半値の帯の上下の比は **1.105401** 倍で、緩和の **13.928203** 倍とは桁が違う——「共鳴」と言うとき、人はこの細さを言っていることになる。細ければ、頂点から **7** 分の **1** の位置ではほとんど何も起きない。

4. 頂点で温めない理由

計算 **4.1**：電力が $1/e$ になる深さを、複素屈折率 $\sqrt{\varepsilon}$ の虚部から厳密に出した。

周波数	浸透深さ
2.45 GHz	**16.4381** mm
17 GHz（頂点）	**0.5314** mm
比	**30.9336**

> **観察 4.2**
>
> 別の式で突き合わせた。損失の小さい側の近似式 $\lambda_0\sqrt{\varepsilon'}/(2\pi\varepsilon'')$ では **2.45 GHz** で **16.4015 mm**、厳密な値との比は **0.997778**——二つの式が **0.2** パーセント余りで一致した。

観察 4.3

頂点で温めれば、表面は速い。単位体積あたりの発熱は $f\varepsilon''$ に比例するので、**17 GHz** は **2.45 GHz** の **24.5733** 倍である——だがその熱は **0.5314 mm** の皮に閉じ込められ、中へは伝導で運ぶしかない。それは焼き網の温め方である。

観察 4.4

外れていることが、設計である。**2.45 GHz** は吸収の強さを頂点の **0.282370** 倍に落とす代わりに、深さを **30.9336** 倍もらっている——強く吸うことと、中まで届くことは、同じ周波数では両立しない。

5. 分離子

観察 5.1

分離子は、分子に戻す力があるかどうかである。共鳴には、戻す力と慣性がある——液体の水の分子は隣の分子と水素結合でつながれ、場に引かれて向きを変えようとしても、マイクロ波の帯では戻す力より摩擦が勝つ。だから吸収は緩和になり、細い頂点を持たない。

観察 5.2

同じ分子が気体になると、共鳴が現れる。孤立した水蒸気には **22.235 GHz** に細い回転の吸収線がある——「水の共鳴」は、液体の水ではなく、孤立した分子の性質である。

観察 5.3

論文407 と対になる。あちらは、共鳴より上の周波数で **X** 線の屈折率が **1** を下回ることを示した——共鳴を持つ系の、頂点より上の側である。こちらは、共鳴を持たない吸収の、頂点より下の側である。

観察 5.4

論文274 の緩和とは別物である。あちらは射程注記で、緩和時間近似の中身には立ち入らないとしていた——そこでの緩和は電子の散乱であり、本稿の緩和は分子の向きの遅れである。同じ語が、別の遅れを指している。

観察 5.5

論文300 の基準では同根である。「2.45 GHz でも吸われる」と「2.45 GHz なら中まで入る」は、帯が広く頂点から外れているという一つの根から出る——帯が細ければ前者が消え、頂点に寄せれば後者が消える。

観察 5.6

言わないこと。2.45 GHz が物理で選ばれたとは書かない——この周波数は産業・科学・医療用に割り当てられた帯である。物理が言えるのは、その帯が水の緩和の広い裾に入っていて、吸収と深さの両方を持つということまでである。

6. 点呼と結び

1. 緩和時間 **9.3621 ps**・2.45 GHz は $x = \mathbf{0.144118}$（計算 2.1）：頂点から大きく外れている。
2. それでも損失は頂点の **0.282370** 倍（計算 2.3）：閉じた式と一致。
3. 半値の帯は $7 + 4\sqrt{3} = \mathbf{13.928203}$ 倍（観察 2.4）：形だけで決まる幅。
4. 共振なら **0.001503** 倍（計算 3.1）：本稿の芯。
5. 共振の帯は **1.105401** 倍（観察 3.3）：細さが共鳴の意味。
6. 浸透深さ **16.4381 mm** 対 **0.5314 mm**（計算 4.1）：比 **30.9336**。
7. 近似式との比 **0.997778**（観察 4.2）：二つの式の突合せ。
8. 頂点では表面が **24.5733** 倍速い（観察 4.3）：焼き網の温め方。
9. 分離子は戻す力（観察 5.1）：共鳴か緩和か。
10. 水蒸気には共鳴がある（観察 5.2）：「水の共鳴」は孤立した分子の性質。

結び：電子レンジの 2.45 GHz は、水分子の共鳴周波数だと説明されることが多い。ところがマイクロ波の帯で、液体の水の吸収は共鳴ではなく緩和である——20 度の代表値で緩和時間は **9.3621 ps**、損失の頂点は 17

GHz にあり、2.45 GHz はその 0.144118 倍の位置にある。それでも損失は頂点の 0.282370 倍あり、頂点の半分以上を吸う帯は上下の比でちょうど $7+4\sqrt{3}=13.928203$ 倍、1.143895 桁に広がる。この幅はデバイの一項である限り、物質にも温度にも依らない。同じ位置に $Q=10$ の共振があったなら、吸われるのは頂点の 0.001503 倍にすぎない——緩和は共振の 187.92 倍吸う。電子レンジが 2.45 GHz で動くのは、水が共鳴しているからではなく、共鳴していないからである。頂点で温めないのは深さのためである——電力が $1/e$ になる深さは 2.45 GHz で 16.4381 mm、17 GHz で 0.5314 mm で、比は 30.9336 倍である。近似式でも 16.4015 mm と出て、二つの式は 0.2 パーセント余りで一致した。頂点なら表面は 24.5733 倍速く温まるが、その熱は薄い皮に閉じ込められる。強く吸うことと中まで届くことは同じ周波数では両立せず、2.45 GHz はその間にいる。分離子は、分子に戻す力があるかどうかである——液体の水では摩擦が勝って緩和になり、孤立した水蒸気では戻す力が勝って 22.235 GHz に細い共鳴線が立つ。「水の共鳴」は、液体ではなく孤立した分子の性質である。論文300 の基準では、「吸われる」と「中まで入る」は、帯が広く頂点から外れているという一つの根から出る。既刊との位置——論文407 が共鳴を持つ系の頂点より上の側を見たのに対し、本稿は共鳴を持たない吸収の頂点より下の側を見る。論文274 の緩和は電子の散乱で、本稿の緩和は分子の向きの遅れであり、同じ語の別物である。正直に言えば——電子レンジは設計していない。数は 20 度の純水の代表値で、緩和は一項だけ、塩によるイオンの伝導も、温度による緩和周波数の移動も入れていない。浸透深さは平らな厚い層で見ただけである。そして 2.45 GHz が物理で選ばれたとも書かない——この周波数は割り当てられた帯であり、物理が言えるのは、その帯で吸収と深さの両方が得られるということまでである。

参考文献

1. Debye, P. (1929). *Polar Molecules*. Chemical Catalog Company.
2. Hasted, J. B. (1973). *Aqueous Dielectrics*. Chapman and Hall.
3. Kaatze, U. (1989). *Complex Permittivity of Water as a Function of Frequency and Temperature*. Journal of Chemical and Engineering Data.
4. Metaxas, A. C., & Meredith, R. J. (1983). *Industrial Microwave Heating*. Peter Peregrinus.
5. 山岸勇輝 (2026). 『ドルーデが当たったのは、二つの間違いが打ち消し合った結果である』[論文274]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22170012
6. 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
7. 山岸勇輝 (2026). 『X線に対する屈折率は 1 未満で、位相速度は光速を超える』[論文407]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699506

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)