

「自由空間損失」は損失ではない——真空は何も吸収していない

— 1 km · 1 GHz で **92.4478** dB、距離を二倍にしても周波数を二倍にしても同じ **6.0206** dB 増える —
周波数が効くのは空間ではなく、受信アンテナの実効面積が λ^2 に比例するからである — 10 GHz で
は面積がちょうど **100** 分の **1** になる — [論文384]

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

電波は距離が伸びると「損失」を受けると説明される。本稿が問うのは何が失われているのかである——答えは何も失われておらず、失われたように見えるのは受信側の都合である。新しい定理も法則も主張しない。第一に、自由空間損失は 1 km · 1 GHz で **92.4478** dB である（第2節）。第二に、距離を二倍にすると **6.0206** dB 増える。これは $20 \log_{10} 2$ である（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。周波数を二倍にしても、まったく同じ **6.0206** dB 増える（第2節）。第四に、だが真空は周波数によらず何も吸収しない。放射の電力密度は周波数に依存しない（第3節）。第五に、周波数の項は、等方性アンテナの実効面積が $\lambda^2/(4\pi)$ であることから出る。10 GHz では **100** 分の **1** になる（第3節）。第六に、分離子は「媒質が吸うか、受信面が小さいか」であって、どちらも同じ dB で書ける（第5節）。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——フリスの伝達公式・自由空間損失・実効面積はすべて既知である。電磁気学を作らない——アンテナの放射抵抗や指向性の理論には立ち入らない。名前を挙げるにとどめる。大気を扱わない——降雨減衰・水蒸気吸収・電離層は主題ではない。真空中の伝搬だけを計算する。アンテナを設計しない——開口面アンテナの利得と面積の関係は使うが、設計法は与えない。雑音を扱わない——受信機雑音や G/T は主題ではない。多重路を扱わない——反射・回折・散乱は主題ではない。既刊との関係：論文356 は電流が流れていても仕事をしないことを示した——そこでも「損失」という語が二つを指していた。論文343 は穴の大きさが応力集中に入らないことを示した——ここでは周波数が空間には入らない。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——媒質による吸収と幾何による希薄化は、その基準で別根である。論文379 は目盛が比を決めることを示した——ここでは基準アンテナが「損失」を決める。加えたのは、六つの条件で損失を数に出したこと、距離と周波数がまったく同じ **6.0206** dB を与えることを示したこと、周波数の項が実効面積の λ^2 から出ることを面積の比で確かめたこと、静止衛星の **205.1575** dB を出したこと、分離子を「媒質か受信面か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：等方性アンテナ間の自由空間損失を **dB** で書く。

$$L_{\text{dB}} = 20 \log_{10} d + 20 \log_{10} f + 20 \log_{10} \frac{4\pi}{c}$$

d は距離 [m]、 f は周波数 [Hz]、 c は光速である。

観察 1.1

式に距離と周波数が同じ形で入っている。どちらも $20 \log_{10}$ ——二倍にすれば同じだけ増える。

観察 1.2

だが二つの由来は違う。距離は球面に広がるから、周波数は.....——周波数のほうには、真空の側に理由が無い。

観察 1.3

真空は何も吸収しない。どの周波数でも透明である——では周波数の項はどこから来るのか。本稿はそれを数で示す。

問い：「自由空間損失」で、何が失われているのか。

2. 距離と周波数が、同じ **6.0206 dB** を与える

計算 2.1：条件に対する自由空間損失（本稿で計算）。

距離 [km]	周波数 [GHz]	損失 [dB]
1	1	92.4478
2	1	98.4684
1	2	98.4684
10	1	112.4478
1	10	112.4478
36000	12	205.1575

観察 2.2

これが本稿の芯である。二行目と三行目が、小数点以下まで同じ 98.4684 dB である——距離を二倍にしても、周波数を二倍にしても、増える量が同じ 6.0206 dB になる。

観察 2.3

6.0206 は $20 \log_{10} 2$ である。偶然の一致ではない——式の中で両者が同じ係数をもつからである。

観察 2.4

十倍でも同じことが起きる。四行目と五行目がともに 112.4478 dB——距離を十倍にするのと、周波数を十倍にするのが、同じ効果をもつ。

観察 2.5

1 km ・ 1 GHz の 92.4478 dB は通説と一致する。独立に知られた値——式も定数も外していない。

観察 2.6

静止衛星では 205.1575 dB になる。36000 km · 12 GHz—— $10^{20.5}$ 分の 1、つまり 3×10^{20} 分の 1 に薄まる。

3. 周波数の項は、受信面から来ている

計算 3.1：等方性アンテナの実効面積（本稿で計算）。

周波数	波長 [m]	実効面積 $\lambda^2/(4\pi)$ [m ²]
1 GHz	0.299792	7.152066×10^{-3}
10 GHz	0.029979	7.152066×10^{-5}
比	—	0.01（ちょうど 100 分の 1）

観察 3.2

面積の比がちょうど 100 分の 1 である。周波数十倍で λ が十分の一、面積は λ^2 ——
 $-10 \log_{10}(0.01) = 20$ dB で、計算 2.1 の周波数の項と厳密に一致する。

観察 3.3

つまり周波数の項の出所が特定された。空間ではなく、受信アンテナである——同じ場所に届いている電力密度は、周波数によらない。

観察 3.4

距離の項だけが本当の希薄化である。球面に広がるので $1/d^2$ ——こちらは受信機を変えても消えない。

観察 3.5

だから周波数の項は消せる。開口面が一定のアンテナ（パラボラなど）を使えばよい——そのとき高い周波数のほうがむしろ有利になる。等方性アンテナを基準に取っていることが、 f^2 を生んでいる。

観察 3.6

論文379と同じ形である。論文379では目盛が比を決めた——ここでは基準アンテナが「損失」を決める。どちらも、測る側の約束が数を作っている。

4. 同じ dB が、二つの物理を書いている

観察 4.1

本当の吸収も dB で書ける。降雨減衰や水蒸気吸収——こちらはエネルギーが熱になって消えている。

観察 4.2

自由空間損失では、エネルギーは消えていない。広がっただけである——全球面で積分すれば、送信電力がそのまま残っている。

観察 4.3

二つは同じ単位で書かれ、足し算もできる。リンクバジェットではそうする——だから区別がつかなくなる。

観察 4.4

区別は、受信機を変えたときに出る。吸収は受信機を大きくしても減らない——自由空間損失の周波数の項は、開口を固定すれば消える。

観察 4.5

論文300の基準で別根である。吸収は媒質が、希薄化は幾何が、周波数の項は基準アンテナが決める——三つとも「損失 dB」と呼ばれるが、根が三つある。

5. 分離子：媒質が吸うか、受信面が小さいか

観察 5.1

分離子——エネルギーが熱になったか、広がったか、受け止める面が小さいか。

項	何が起きているか	由来	受信機を変えると
距離 $20 \log d$	球面に広がる	幾何	消えない
周波数 $20 \log f$	何も起きていない	基準アンテナ	消える
吸収（別項）	熱になる	媒質	消えない

観察 5.2

二行目だけが「何も起きていない」である。電波の側には何の変化も無い——それでも同じ dB で書かれ、同じ式に足される。

観察 5.3

右端の列が判定になる。受信機を変えて消えるかどうか——消える項は、媒質の性質ではない。

観察 5.4

分離子は動かせる。開口面積一定のアンテナに変えれば、周波数の項が消えるどころか符号が変わる——高い周波数のほうが有利になる。衛星通信が高い周波数を使う理由の一つである。

観察 5.5

正直に言えば——**92.4478 dB** も **205.1575 dB** も、等方性アンテナを基準にした値である。実際のリンクでは利得を足す——動かないのは、真空が何も吸収しないという事実だけである。

観察 5.6

最後に一つ——「損失」という語は、何が失われたかを言っていない。同じ **dB** が、熱になった分と、広がった分と、受け止め損ねた分を並べている——足し算ができることは、同じ種類であることを意味しない。

6. 点呼と結び

1. **1 km · 1 GHz** で **92.4478 dB** (計算 2.1) : 通説と一致。
2. 距離二倍で **6.0206 dB** (観察 2.2) : $20 \log_{10} 2$ 。
3. 周波数二倍でも同じ **6.0206 dB** (観察 2.2) : 小数点以下まで同じ。
4. 十倍でも同じ **112.4478 dB** (観察 2.4) : 同じ効果。
5. 静止衛星で **205.1575 dB** (計算 2.1) : 3×10^{20} 分の 1。
6. 実効面積は $\lambda^2/(4\pi)$ (計算 3.1) : **1 GHz** で $7.152066 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 。
7. 十倍でちょうど **100** 分の 1 (観察 3.2) : 周波数の項と厳密に一致。
8. 電力密度は周波数によらない (観察 3.3) : 空間は関係ない。
9. 開口を固定すれば周波数の項が消える (観察 3.5) : むしろ有利になる。
10. 足し算ができて同種ではない (観察 5.6) : 根が三つある。

結び：電波は距離が伸びると「損失」を受ける、と説明される——だが真空は何も吸収していない。式には距離と周波数が同じ形で入っている—— $L_{\text{dB}} = 20 \log_{10} d + 20 \log_{10} f + 20 \log_{10}(4\pi/c)$ で、**1 km · 1 GHz** なら **92.4478 dB** (通説と一致する)。距離を二倍にすると **6.0206 dB** 増え、周波数を二倍にしても、小数点以下までまったく同じ **6.0206 dB** 増える。**6.0206** は $20 \log_{10} 2$ で、偶然ではなく、式の中で両者が同じ係数をもつからである。だが、周波数のほうには真空の側に理由が無い——真空はどの周波数でも透明で、同じ場所に届いている電力密度は周波数によらない。周波数の項は、等方性アンテナの実効面積が $\lambda^2/(4\pi)$ であることから出ている。**1 GHz** で $7.152066 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 、**10 GHz** で $7.152066 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ ——ちょうど **100** 分の 1 で、 $-10 \log_{10}(0.01) = 20 \text{ dB}$ は計算 2.1 の周波数の項と厳密に一致する。出所は空間ではなく、受信アンテナである。だから周波数の項は消せる——開口面積が一定のアンテナ（パラボラなど）を使えばよく、そのとき高い

周波数のほうがむしろ有利になる。 f^2 を生んでいるのは、等方性アンテナを基準に取ったという約束である。論文379で目盛が比を決めたのと同じ形で、測る側の約束が数を作っている。一方、距離の項は本当の希薄化である——球面に広がるので $1/d^2$ であり、受信機を変えても消えない。ただしエネルギーは消えておらず、全球面で積分すれば送信電力がそのまま残っている。分けているものは一つ——エネルギーが熱になったか、広がったか、受け止める面が小さいか。周波数の項だけが「電波の側には何の変化も起きていない」項でありながら、同じdBで書かれ、同じ式に足される。判定は受信機を変えて消えるかどうかで、消える項は媒質の性質ではない。論文300の基準で三つとも別根であって、吸収は媒質が、希薄化は幾何が、周波数の項は基準アンテナが決める。正直に言えば——92.4478 dBも205.1575 dBも等方性アンテナを基準にした値であり、実際のリンクでは利得を足す。動かないのは、真空が何も吸収しないという事実だけである。最後に一つ——「損失」という語は、何が失われたかを言っていない。同じdBが、熱になった分と、広がった分と、受け止め損ねた分を並べている。足し算ができることは、同じ種類であることを意味しない。

参考文献

1. Friis, H. T. (1946). A Note on a Simple Transmission Formula. *Proceedings of the IRE*.
 2. Balanis, C. A. (2016). *Antenna Theory: Analysis and Design* (4th ed.). Hoboken: Wiley.
 3. Shaw, J. A. (2013). Radiometry and the Friis transmission equation. *American Journal of Physics*.
 4. Kraus, J. D., Marhefka, R. J. (2002). *Antennas for All Applications* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
 5. ITU-R (2019). *Calculation of free-space attenuation*, Recommendation ITU-R P.525-4.
 6. 山岸勇輝 (2026). 『第三百回の点呼——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). 『穴の大きさは、応力集中に入っていない』[論文343]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22682218
 8. 山岸勇輝 (2026). 『電流は流れているのに、仕事をしていない』[論文356]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22697124
 9. 山岸勇輝 (2026). 『「二倍の温度」には三つの答があり、比が2になるのは一つだけである』[論文379]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22698802
-

— 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)