同じ遅れて届いた波が、信号を壊しもし、支えもする

— 遅延広がり $1\,\mu$s のコヒーレンス帯域は規約が二つあり、$1/(2\pi\tau)$ で **0.159155** MHz、$1/(5\tau)$ で **0.200000** MHz——比は **1.256637**（$= 2\pi/5$）である — 分離子は、遅延波を分離して足せるかどうか —

[論文707]

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

壁で跳ね返って遅れて届く波は、信号を壊す邪魔者として扱われる。だが同じ波を分離して足せば、それは利得になる。同じ量が符号を変える位置を、帯域と dB で数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、境目そのものに規約が二つある——遅延広がり $1\,\mu$s のコヒーレンス帯域は $1/(2\pi\tau)$ なら **0.159155** MHz、$1/(5\tau)$ なら 0.200000 MHz で、比は **1.256637** である（第2節）。 第二に、帯域を広げると、同じ遅延波の役割が変わる——0.05 MHz では分離できる経路は 1 本、1.2288 MHz では 2 本、10 MHz では 11 本になる（第2節）。 第三に、広い帯域そのものが、利得になる——チップ速度 1.2288 MHz をデータ速度 9.6 kbps に対して使えば、拡散利得は 128.000000 倍、**21.072100** dB である（第2節）。 第四に、これが本稿の芯である。経路が一本増えるだけで、要る余裕が一桁減る——途切れ率 0.01 に要る平均 SNR の余裕は、1 本で **20.000000** dB、2 本で **8.494850** dB である（第3節）。 第五に、その差は **11.505150** dB である——同じ遅延波が、分けられなければ信号を壊し、分けて足せれば 11.505150 dB の利得になる（第3節）。 第六に、分離子は、遅延波を分離して足せるかどうかである——遅延波の側は何も変わっていない。変わるのは受け手が分離できるかどうかだけである（第4節）。 キーワード：フェージング、コヒーレンス帯域、経路の分離、拡散利得、合成による改善、邪魔者と資源。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——コヒーレンス帯域、周波数選択性フェージング、拡散利得、経路をまとめたときの改善は、いずれも既知である（プロアキス＆サレヒ 2007、ラパポート 2002）。方式を設計しない——変復調、符号の設計、多元接続の容量は扱わない。通路を単純化する——レイリー通路と最大比合成を前提として置く。経路どうしの相関や、受信機の実装による損失は入れていない。数値を主張しない——遅延広がり $1\ \mu\mathrm{s}$、チップ速度 $1.2288\ \mathrm{MHz}$、データ速度 $9.6\ \mathrm{kbps}$ はいずれも代表値である。実在の方式を評価しない——特定の通信方式の性能については何も述べない。既刊との関係：論文687 は、「共鳴」という一語が天体を追い出す場所と守る場所の両方を指すことを示し、分ける条件（保護の機構）は既知として置いた——そこでは一つの整数比が正反対の帰結を持つことまでを示した。ここでは同じ型の現象について、分ける条件そのものを数にする。分離できる経路の本数と、それが何 dB になるかである。加えたのは、コヒーレンス帯域の規約が二つあり比が 1.256637 であることを示したこと、帯域ごとに分離できる経路の本数を並べたこと、拡散利得を $21.072100\ \mathrm{dB}$ としたこと、途切れ率 0.01 に要る余裕を経路の本数ごとに出し、1 本と 2 本の差を $11.505150\ \mathrm{dB}$ としたこと、分離子を「分離して足せるか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：壁などで跳ね返った波が、直接波より遅れて届く。その遅れの広がりを τ とする。信号の帯域を B とすると、分離できる経路の本数は τB の程度になる。

$$B_c \approx \frac{1}{2\pi\tau} \ \text{または}\ \frac{1}{5\tau}, \qquad L \approx \lfloor \tau B \rfloor + 1, \qquad G = \frac{B_{\mathrm{chip}}}{R}$$

B_c をコヒーレンス帯域、L を分離できる経路の本数、G を拡散利得と呼ぶ。$\tau = 1\ \mu\mathrm{s}$ を置く。

問い：遅れて届く波は、邪魔者か、資源か。

2. 境目にも、規約が二つある

計算 2.1：遅延広がり $1\ \mu\mathrm{s}$ のコヒーレンス帯域は、$1/(2\pi\tau)$ で $0.159155\ \mathrm{MHz}$、$1/(5\tau)$ で $0.200000\ \mathrm{MHz}$ である。比は 1.256637 で、これは $2\pi/5$ にあたる。

> **観察 2.2**
>
> 境目の値そのものが、規約で 1.256637 倍動く。どちらも「相関が落ちる幅」の目安だが、どこで落ちたと見なすかの取り決めが違う——境目を挙げるときは、どの規約かを言わねばならない。

計算 2.3：帯域ごとに、平坦か周波数選択性かと、分離できる経路の本数を出した。

帯域	フェージング	分離できる経路
0.0500 MHz	平坦	**1** 本
1.2288 MHz	周波数選択性	**2** 本
10.0000 MHz	周波数選択性	**11** 本

> **観察 2.4**
>
> 帯域を広げることは、二つの意味を同時に持つ。狭いままなら平坦フェージングで、深く落ちたときに逃げ場が無い。広げれば周波数選択性になり、波形は歪むが経路が分離できるようになる——同じ操作が、片方では弱点を作り、片方では資源を作る。

計算 **2.5**：チップ速度 **1.2288 MHz** をデータ速度 **9.6 kbps** に対して使うと、拡散利得は **128.000000** 倍、**21.072100 dB** になる。

3. 経路が一本増えるだけで、一桁減る

計算 **3.1**：レイリー通路を最大比で合成したとき、途切れ率 **0.01** に要る平均 **SNR** の余裕を、経路の本数ごとに出した。

経路の本数	要る余裕
1 本	**20.000000** dB
2 本	**8.494850** dB
3 本	**4.072829** dB
4 本	**1.549472** dB

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。**1** 本から **2** 本になるだけで、**11.505150 dB** 減る。同じ電力、同じ距離、同じ雑音で、変えたのは「遅れて届いた波を分離して足したかどうか」だけである——邪魔者が、そのまま資源になっている。

観察 3.3

効きは最初の一本が最も大きい。**1 → 2** で **11.505150 dB**、**2 → 3** で **4.422021 dB**、**3 → 4** で **2.523357 dB** と鈍る——経路をいくつも集めるより、二本目を確実に取るほうが大きい。

観察 3.4

1 本のときの **20.000000 dB** が、何を意味しているか。平均で足りていても、**100** 回に **1** 回は **100** 分の **1** まで落ちるので、**100** 倍の余裕を持たねばならない——単一の経路では、平均ではなく最悪に合わせて設計することになる。

観察 3.5

だから帯域は、二つの理由で広げられている。一つは拡散利得 **21.072100 dB**、もう一つは経路を分離できるようにすること——どちらも「広い帯域」の帰結だが、効いている機構は別である。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、遅延波を分離して足せるかどうかである。遅延波の側は何も変わっていない。同じ電波が同じ壁で跳ね返って同じ時間だけ遅れて届いている——変わるのは受け手の帯域と処理だけで、それだけで符号が変わる。

観察 4.2

論文**687** と並べる。**687** は、「共鳴」という一語が天体を追い出す場所と守る場所の両方を指すことを示し、分ける条件は既知として置いた——そこでは一つの比が正反対の帰結を持つことまでを示した。ここでは同じ型の現象について、分ける条件そのものを数にする。**11.505150 dB** が、その符号の差である。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。方式の設計も実在の性能も扱わず、通路はレイリーと最大比合成に単純化した——示したのは、同じ遅延波が符号を変える位置と、その差の大きさである。

5. 点呼と結び

1. $1/(2\pi\tau)$ で **0.159155 MHz**（計算 2.1）：規約その一。
2. $1/(5\tau)$ で **0.200000 MHz**（計算 2.1）：規約その二。
3. 比は **1.256637**（計算 2.1）：境目も一つではない。
4. **1.2288 MHz** で経路 **2** 本（計算 2.3）：分離できる。
5. **10 MHz** で **11** 本（計算 2.3）：広げるほど増える。
6. 拡散利得 **21.072100 dB**（計算 2.5）：広い帯域それ自体。
7. **1** 本で **20.000000 dB**（計算 3.1）：最悪に合わせる。
8. **2** 本で **8.494850 dB**（計算 3.1）：本稿の芯。
9. 差は **11.505150 dB**（観察 3.2）：邪魔者が資源になる。
10. 分離して足せるか（観察 4.1）：分離子・論文687。

結び：同じ遅れて届いた波が、信号を壊しもし、支えもする。境目そのものに規約が二つあり、遅延広がり $1\,\mu$s のコヒーレンス帯域は **0.159155 MHz** とも **0.200000 MHz** とも書ける（比 **1.256637**）——境目を挙げるときは、どの規約かを言わねばならない。帯域を広げると、**0.05 MHz** では **1** 本だった分離できる経路が、**1.2288 MHz** で **2** 本、**10 MHz** で **11** 本になる。そして途切れ率 **0.01** に要る平均 **SNR** の余裕は、経路 **1** 本で **20.000000 dB**、**2** 本で **8.494850 dB**——一本増えるだけで **11.505150 dB** 減る——同じ電力、同じ距離、同じ雑音で、変えたのは遅延波を分離して足したかどうかだけである。広い帯域はさらに **21.072100 dB** の拡散利得も持つが、効いている機構は別である。分離子は、遅延波を分離して足せるかどうかである。既刊との位置——論文**687** は一つの比が正反対の帰結を持つことを示し、分ける条件は既知として置いた。ここではその条件を **11.505150 dB** という数にした。正直に言えば——方式の設計も実在の性能も扱わず、通路はレイリーと最大比合成に単純化した。

参考文献

1. Proakis, J. G., & Salehi, M. (2007). *Digital Communications*. McGraw-Hill.
2. Rappaport, T. S. (2002). *Wireless Communications: Principles and Practice*. Prentice Hall.

3. 山岸勇輝 (2026). 『「共鳴」という一語が、天体を追い出す場所と、天体を守る場所の両方を指している』[論文687]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014828

— 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)