レーダーの距離は帯域、速さは観測時間で細かさが決まり、速さを一周取り違えると距離が一ます動く

— 帯域 $\mathbf{1}$ GHz で距離の細かさは $c/2B = \mathbf{0.149896}$ m、$\mathbf{30}$ m/s が $\mathbf{-8.935373}$ m/s に折り返してその速さで直すと、距離は細かさの $\mathbf{1.000033}$ 倍ずれる — 分離子は、速さを一周取り違えたかどうか — [論文802]

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

周波数を掃引する連続波のレーダーは、的までの距離と的の速さを一つの装置で測る。距離の細かさ・速さの細かさ・速さの上限を何が決めるかを並べ、一回の掃引の中で距離と速さが混ざることと、速さの上限を超えたときに距離の読みに何が起きるかを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、距離の細かさは帯域だけで、速さの細かさは観測時間で決まる——距離 $\mathbf{0.149896}$ m、速さ $\mathbf{0.304173}$ m/s（第2節）。 第二に、速さの上限と細かさの比は、掃引の回数の半分だけで決まる——上限 $\pm\mathbf{19.467043}$ m/s、比 $\mathbf{64.000000}$（第2節）。 第三に、一回の掃引の中では、速さが距離に化ける——1 m/s あたり $\mathbf{0.003850}$ m、5 m の的が 10 m/s なら $\mathbf{5.038500}$ m に見える（第3節）。 第四に、掃引をまたぐ位相で速さを読めば、化けた分を戻せる——$\mathbf{9.996326}$ m/s と読んで直すと $\mathbf{5.000014}$ m（第3節）。 第五に、これが本稿の芯である。速さを一周取り違えると、距離がちょうど一ます動く——30 m/s は $\mathbf{-8.935373}$ m/s に折り返し、その速さで直した距離は $\mathbf{5.149901}$ m、ずれは距離の細かさの $\mathbf{1.000033}$ 倍（第4節）。 第六に、分離子は、速さを一周取り違えたかどうか——「一回の掃引の距離のずれは、読んだ速さで直せる」は、速さを一周取り違えていないかを言うまで正しいかどうかが決まらない（第5節）。 キーワード：周波数変調連続波レーダー、距離の細かさ、速さの細かさ、ドップラー効果、折り返し、観測時間。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——周波数変調連続波レーダーの距離の細かさ $c/2B$、往復のドップラー効果の $2v/\lambda$、掃引をまたぐ位相から速さを読むこと、速さの読みが折り返すことは、いずれも標準的である（スコルニクの便覧、リチャーズらの教科書）。回路と雑音を作らない——混合器、フィルタ、標本化の実装、受信の雑音は入れない（論文335 と同じ線）。的は一つで、等速で動く点とする——広がった的、加速、複数の的の分離は扱わない。数は例である——中心周波数 77 GHz、帯域 1 GHz、掃引 50 マイクロ秒、一回の掃引 256 点、128 回は比べるための値である。折り返しを解く方法を扱わない——掃引の長さを変えて組み合わせるような手順は主題ではない。相対論の補正を入れない——的の速さは光速に比べて十分小さいとし、往復のドップラーは一次の式だけを使う。装置を設計しない——兵器も製品も設計しない。既刊との関係：論文335 は、往復すると受信の強さの冪が変わることを示し、射程注記で雑音と電波伝搬を扱わないとした——本稿はその席の隣に置く。ここでは同じ往復が、距離にも速さにも 2 を付ける。論文491 は、古典のドップラーが二つの式であり、相対論がその幾何平均であることを示した——的の速さが光速に比べて小さいここでは、式の違いは現れず、往復の一次の式で足りる。論文649 は、潮汐表で二つの分潮を分けるには、そのうなりの周期と同じだけの長さの記録が要ることを示した——速さの細かさが観測時間で決まるのは同じ型で、ここでは速さの差が掃引ごとの位相の回り方の差になる。論文266 は、標本化定理は正しいがその前提は決して満たされないことを示した——速さの折り返しは、掃引ごとに位相を一回ずつ拾うことで起きる標本化の折り返しである。加えたのは、速さの上限と細かさの比が掃引の回数の半分 64.000000 だけで決まることを示したこと、一回の掃引の距離のずれを速さで直せることを数値で確かめたこと、折り返した速さで直すと距離がちょうど $c/2B$ ずれることを式で示し、数値で細かさの 1.000033 倍と確かめたこと、分離子を「速さを一周取り違えたかどうか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：周波数を時間 T のあいだに帯域 B だけ直線に掃引する電波を出し、戻ってきた電波と混ぜる。距離 R・速さ v の的からのうなりの周波数 f_b と、m 回目の掃引の位相 ϕ_m は次の形である。

$$f_b = \frac{2SR}{c} + \frac{2v}{\lambda}, \qquad S = \frac{B}{T}, \qquad \phi_m = \frac{4\pi\,(R + v\,mT)}{\lambda}$$

一回の掃引の周波数からは距離を、掃引をまたぐ位相の回り方からは速さを読む。M 回の掃引で、細かさと上限は次の形になる。

$$\Delta R = \frac{c}{2B}, \qquad \Delta v = \frac{\lambda}{2MT}, \qquad v_{\max} = \pm\frac{\lambda}{4T}$$

問い：距離と速さを一つの装置で読むとき、二つはどこで混ざり、速さを読み違えると距離に何が起きるか。

2. 細かさと上限

計算 2.1：中心周波数 77 GHz、帯域 1 GHz、掃引 50 マイクロ秒、一回の掃引 256 点、128 回と置いた。

量	値
波長	**3.893409** mm
速さ **1** m/s あたりの往復ドップラー $2/\lambda$	**513.688707** Hz
距離の細かさ $c/2B$	**0.149896** m
速さの細かさ $\lambda/(2MT)$	**0.304173** m/s
速さの上限 $\lambda/(4T)$	**±19.467043** m/s
上限÷細かさ	**64.000000**

計算 2.2：掃引の長さだけを変えた（回数 **128**、帯域 **1 GHz** のまま）。

掃引の長さ	速さの上限	速さの細かさ	**1 m/s** の距離のずれ	距離の細かさ
25 マイクロ秒	**±38.934085** m/s	**0.608345** m/s	**0.001925** m	**0.149896** m
50 マイクロ秒	**±19.467043** m/s	**0.304173** m/s	**0.003850** m	**0.149896** m
100 マイクロ秒	**±9.733521** m/s	**0.152086** m/s	**0.007700** m	**0.149896** m

> **観察 2.3**
>
> 距離の細かさは帯域だけで、速さの細かさは観測時間で、速さの上限は一回の掃引の長さで決まる。掃引を短くすると上限は上がるが、回数が同じなら観測時間も縮んで細かさは粗くなり、上限と細かさの比は掃引の回数の半分 **64.000000** のまま動かない——上限と細かさは、一方を買えば他方を払う。

$$\frac{v_{\max}}{\Delta v} = \frac{M}{2}$$

3. 一回の掃引の中で混ざる

計算 3.1：距離 **5 m** の的について、一回の掃引の周波数から読む距離、**128** 回の掃引の位相から読む速さ、その速さで直した距離を、数値で出した（格子の刻みは距離 **0.000500 m**、速さ **0.009734 m/s**）。

本当の速さ	一回の掃引で読む距離	位相で読む速さ	直した距離
0 m/s	5.000000 m	0.000000 m/s	5.000000 m
10 m/s	5.038500 m	9.996326 m/s	5.000014 m
30 m/s	5.115500 m	−8.935373 m/s	5.149901 m

> **観察 3.2**
>
> 一回の掃引の中では、速さが距離に化ける。うなりの周波数にドップラーの分が足されるので、速さ 1 m/s が 0.003850 m（距離の細かさの 0.025684 倍）の距離に化け、10 m/s では 0.038500 m 遠くに見える——一回の掃引の周波数だけでは、距離と速さは分けられない。

$$\delta R = \frac{v\, f_0\, T}{B}$$

> **観察 3.3**
>
> 掃引をまたぐ位相で速さを読めば、化けた分を戻せる。10 m/s を 9.996326 m/s と読み、その速さで直すと距離は 5.000014 m で、格子の刻みの中に戻る——距離と速さは、一回の掃引の中では混ざるが、掃引をまたげば分けられる。

4. 速さを一周取り違える

計算 4.1：30 m/s は速さの上限 19.467043 m/s を超える。位相で読んだ速さは −8.935373 m/s（式 $30 - \lambda/(2T) = -8.934085$ m/s）で、その速さで直した距離は 5.149901 m、本当の距離とのずれは距離の細かさの 1.000033 倍だった（格子の刻みの和 0.000537 m に対し、実測の差は +0.000005 m）。

> **観察 4.2**
>
> これが本稿の芯である。速さを一周取り違えると、距離がちょうど一ます動く。速さの読みは $\lambda/(2T)$ ごとに一周するので、取り違えは一周ぶんの $\lambda/(2T)$ で、それが一回の掃引の中で化ける距離は次の式で $c/2B$ そのものである（式の値 0.149896229 m、$c/2B$ も 0.149896229 m）——速さを一周読み違えると、直したはずの距離がちょうど隣のますに移る。

$$\frac{\lambda}{2T}\cdot\frac{f_0 T}{B}=\frac{c}{2B}=\Delta R$$

> **観察 4.3**
>
> 一ますという大きさは、掃引の長さに依らない。上の式では掃引の長さ T が約分で消え、残る $c/2B$ は距離の細かさそのものである——掃引を短くしても長くしても、取り違えたときの距離の誤りは、いつも距離の細かさ一つぶんである。

5. 分離子

> **観察 5.1**
>
> 分離子は、速さを一周取り違えたかどうか。取り違えなければ直した距離は **5.000014 m**、取り違えれば **5.149901 m** で、その誤りは距離の細かさの **1.000033** 倍である——「一回の掃引の距離のずれは、読んだ速さで直せる」は、速さを一周取り違えていないかを言うまで正しいかどうかが決まらない。

> **観察 5.2**
>
> 論文**335・491・649・266** と並べる。**335** は往復が受信の強さの冪を変えることを、**491** はドップラーの式が二つあることを、**649** は二つの周期を分けるには記録の長さが要ることを、**266** は標本化の前提が満たされないことを示した——ここでは往復の **2**、ドップラーの一次の式、観測時間で決まる細かさ、掃引ごとの標本化が一つの装置に組まれ、その組み方が、速さの折り返しを距離の一ますに変える。

> **観察 5.3**
>
> 言わないこと。回路、雑音、広がった的、加速、複数の的の分離、折り返しを解く手順、実際の製品の数は扱わない——示したのは、距離と速さが一回の掃引の中で混ざり、速さの一周の取り違えが距離のちょうど一ますになるということである。

6. 点呼と結び

1. 距離の細かさ **0.149896 m**（計算 2.1）：帯域だけで決まる。
2. 速さの細かさ **0.304173 m/s**（計算 2.1）：観測時間で決まる。

3. 上限÷細かさ **64.000000**（観察 2.3）：掃引の回数の半分。
4. **1 m/s** あたり **0.003850 m**（観察 3.2）：速さが距離に化ける。
5. **10 m/s** で **5.038500 m**（計算 3.1）：遠くに見える。
6. 直して **5.000014 m**（観察 3.3）：戻る。
7. 折り返した速さ **−8.935373 m/s**（計算 4.1）：上限を超えた **30 m/s**。
8. 直した距離 **5.149901 m**（計算 4.1）：戻らない。
9. 細かさの **1.000033** 倍（観察 4.2）：本稿の芯・ちょうど一ます。
10. 速さを一周取り違えたかどうか（観察 5.1）：分離子・論文**335**・**491**・**649**・**266**。

結び：レーダーの距離の細かさは帯域で、速さの細かさは観測時間で決まり、速さを一周取り違えると距離がちょうど一ます動く。**77 GHz**、帯域 **1 GHz**、掃引 **50** マイクロ秒、**128** 回と置くと、距離の細かさは **0.149896 m**、速さの細かさは **0.304173 m/s**、上限は **±19.467043 m/s** で、上限と細かさの比は掃引の回数の半分 **64.000000** のまま動かない——上限と細かさは、一方を買えば他方を払う。一回の掃引の中では速さ **1 m/s** が **0.003850 m** の距離に化けるが、掃引をまたぐ位相で読んだ速さで直せば **5.000014 m** に戻る。ところが上限を超えた **30 m/s** は **−8.935373 m/s** に折り返し、その速さで直した距離 **5.149901 m** は、距離の細かさの **1.000033** 倍ずれる——速さの一周 $\lambda/(2T)$ が化ける距離は、式の上で $c/2B$ そのものだからである。分離子は、速さを一周取り違えたかどうかである。既刊との位置——論文**335** の往復、論文**491** のドップラーの式、論文**649** の記録の長さ、論文**266** の標本化の折り返しを、一つの装置に組んで数えた。正直に言えば——回路も雑音も広がった的も扱っておらず、折り返しを解く方法も述べていない。

参考文献

1. Richards, M. A., Scheer, J. A., & Holm, W. A. (2010). *Principles of Modern Radar: Basic Principles*. SciTech Publishing.
2. Skolnik, M. I. (2008). *Radar Handbook*. McGraw-Hill.
3. 山岸勇輝 (2026).『標本化定理は正しく、その前提は決して満たされない』[論文266]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22169765
4. 山岸勇輝 (2026).『往復すると、冪が変わる』[論文335]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22681851
5. 山岸勇輝 (2026).『古典のドップラーは二つの式であり、相対論はその幾何平均である』[論文491]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22760067
6. 山岸勇輝 (2026).『潮汐表が百年先まで作れるのは、潮を解いているからではなく、分けているからである』[論文649]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014639

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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