窓を選ぶことは、答えを選ぶことである——漏れを下げると、近い二つが分けられなくなる

— 強い音の隣 **7.68** 目盛の **−60** dB の弱い音は、矩形では漏れに埋もれ（弱÷漏れ **0.0264**）、ブラックマンでは見える（**3.3629**） — 分離子は、近い二つを分けたいか、微弱な隣を見たいかである — [論文654]

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

信号のスペクトルを測るには、有限の長さの記録を切り出すしかない。切り出すことは、無限に続く信号に「窓」を掛けることで、測ったスペクトルには窓の形が畳み込まれる。窓の端をなだらかに落とすと、強い音が遠くの周波数へ漏れる量は減るが、山は太くなる。三つの窓で、その取り引きを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、漏れを下げる窓ほど、山が太い——最も高い脇の山は、矩形 −13.2632、ハン −31.4676、ブラックマン −58.1088 dB。等価雑音帯域は 1.0000、1.5000、1.7268 目盛だった（第2節）。 第二に、矩形の窓では、強い音の隣の弱い音が漏れに埋もれる——100 Hz（振幅 1）の隣 7.68 目盛の 130 Hz（振幅 0.001）で、弱い音の山を強い音の漏れで割った比は、矩形 0.0264、ハン 1.2922、ブラックマン 3.3629 だった（第3節）。 第三に、これが本稿の芯である。漏れを下げた窓ほど、近い二つを分けられない——同じ強さの二音を位相の差 36 通りで重ねると、いつも二つの山に分かれるのは、矩形で 1.5 目盛から、ハンで 2.0 目盛から、ブラックマンで 2.5 目盛からだった。1.5 目盛では、分かれた割合は 1.0000、0.5833、0.5278 だった（第4節）。 第四に、分離子は、近い二つを分けたいか、微弱な隣を見たいかである——二つの問いに、一つの窓で同時に最もよく答えることはできない。窓を選ぶことは、どちらの問いに答えるかを選ぶことである（第5節）。 キーワード：窓関数、スペクトル解析、漏れ、周波数分解能、離散フーリエ変換。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——窓関数の脇の山・主の山の幅・等価雑音帯域と、漏れと分解能の取り引きは、信号処理で既知である（ブラックマン・テューキー 1958、ハリス 1978）。窓の最適性は論じない——カイザー窓やドルフ＝チェビシェフ窓のように取り引きを連続に調べる窓は扱わない。三つの代表だけを並べる。雑音は入れない——雑音の中で弱い音を見つける確率は扱わない。数えたのは、強い音からの漏れと弱い音の山の比である。既刊との関係：論文266 は、標本化定理は正しいがその前提（帯域が限られ、しかも長さが有限な信号）は決して満たされないことを示し、窓関数を扱わないと明記した——本稿はその席に座り、有限の長さで切ることの代価を数える。論文520 は、消せる周波数の数が係数の個数で決まることを示し、切り詰めに窓関数を掛ける方法には入らなかった——ここでは、その窓が漏れと分解能をどう分け合うかを見る。加えたのは、三つの窓の量を自前で測ったこと、弱い隣と近い二音という二つの実験で取り引きを数えたこと、分解能を位相の差 36 通りの割合で測ったこと、分離子を問いの向きに置いたことである。

1. 記法と問い

設定：標本化 1000 Hz で $N = 256$ 点を切り出す。一目盛（周波数の分解の単位）は 3.90625 Hz である。切り出した信号に窓 $w[n]$ を掛けてからフーリエ変換する。

$$w_{\mathrm{Hann}}[n] = 0.5 - 0.5\cos\frac{2\pi n}{N}, \qquad w_{\mathrm{Blackman}}[n] = 0.42 - 0.5\cos\frac{2\pi n}{N} + 0.08\cos\frac{4\pi n}{N}$$

矩形の窓は、何も掛けないで切り出すことである。

問い：窓を替えると、測ったスペクトルで何が得られ、何が失われるか。

2. 窓そのもの

計算 2.1：窓のフーリエ変換を細かく（64 倍の零詰め）求め、量を測った。

窓	最も高い脇の山	−3 dB 幅	−6 dB 幅	等価雑音帯域
矩形	−13.2632 dB	0.9062 目盛	1.2188 目盛	1.0000 目盛
ハン	−31.4676 dB	1.4688 目盛	2.0312 目盛	1.5000 目盛
ブラックマン	−58.1088 dB	1.6562 目盛	2.3125 目盛	1.7268 目盛

主の山の端（最初の谷）は、矩形 1.0000、ハン 2.0000、ブラックマン 3.0000 目盛だった。

> **観察 2.2**
>
> 漏れを下げる窓ほど、山が太い。脇の山は矩形の -13.2632 dB からブラックマンの -58.1088 dB へ下がるが、主の山の端は 1 目盛から 3 目盛へ広がる——端をなだらかに落とすことは、遠くへの漏れを減らし、近くをぼかす。

3. 微弱な隣

計算 3.1：100 Hz（振幅 1）の強い音と、130 Hz（振幅 0.001、-60 dB）の弱い音を置いた。隔たりは 7.68 目盛である。強い音だけを置いたときの 130 Hz 付近の漏れと、弱い音だけを置いたときの山を比べた。

窓	強い音の漏れ	弱い音の山	弱÷漏れ
矩形	3.7729×10^{-2}	9.9539×10^{-4}	0.0264
ハン	7.7345×10^{-4}	9.9942×10^{-4}	1.2922
ブラックマン	2.9723×10^{-4}	9.9955×10^{-4}	3.3629

> **観察 3.2**
>
> 矩形の窓では、弱い音は強い音の漏れに埋もれる。弱い音の山は、漏れの 0.0264 倍しかない。ハンでは漏れとほぼ同じ高さ、ブラックマンでは漏れの 3.3629 倍になり、山として見える——弱い音はどの窓でも同じだけそこにあった。見えるかどうかを決めたのは、強い音がどれだけ漏れてきたかである。

4. 近い二つ

計算 4.1：同じ強さの二音を、隔たりを変え、位相の差を 36 通りに変えて重ねた。山が二つに分かれた割合を数えた。

隔たり	矩形	ハン	ブラックマン
1.0 目盛	0.6111	0.3611	0.3056
1.25 目盛	0.8333	0.5000	0.4444
1.5 目盛	1.0000	0.5833	0.5278
1.75 目盛	1.0000	0.7778	0.6667
2.0 目盛	1.0000	1.0000	0.8611
2.5 目盛	1.0000	1.0000	1.0000

> **観察 4.2**
>
> これが本稿の芯である。漏れを下げた窓ほど、近い二つを分けられない。いつも二つに分かれるのは、矩形で 1.5 目盛から、ハンで 2.0 目盛から、ブラックマンで 2.5 目盛からだった。第3節で弱い音を最もよく見せた窓が、ここでは最も分けられない——同じ記録、同じ長さで、窓を替えるだけで、答えが替わる。なお、一つの位相の差だけで谷の深さを測ると値が大きく動いたので、割合で数えた。

5. 分離子

> **観察 5.1**
>
> 分離子は、近い二つを分けたいか、微弱な隣を見たいかである。近い二つを分けたいなら山の細い矩形、微弱な隣を見たいなら漏れの少ないブラックマンを選ぶ。二つを同時に最もよく満たす窓は無い——窓を選ぶことは、スペクトルに何を問うかを選ぶことである。

> **観察 5.2**
>
> 論文266 と論文520 と並べる。266 は、帯域が限られ、しかも長さが有限な信号は存在せず、標本化定理の前提は決して満たされないことを示し、窓関数を扱わないと明記した。520 は、消せる周波数の数が係数の個数で決まることを示し、切り詰めに窓を掛ける方法には入らなかった——本稿は、その有限の長さの代価が、漏れと分解能の二つの向きに分かれて出ることを数えた。

> **観察 5.3**
>
> 言わないこと。最適な窓は論じない。雑音の中の検出確率は扱わない——示したのは、三つの窓が同じ取り引きの別の点に立っていることである。

6. 点呼と結び

1. 脇の山 **−13.2632**・**−31.4676**・**−58.1088 dB**（計算 2.1）：矩形・ハン・ブラックマン。
2. 等価雑音帯域 **1.0000**・**1.5000**・**1.7268**（計算 2.1）：山が太る。
3. 主の山の端 **1**・**2**・**3** 目盛（計算 2.1）：近くをぼかす。
4. 矩形で弱÷漏れ **0.0264**（計算 3.1）：埋もれる。
5. ブラックマンで **3.3629**（計算 3.1）：見える。
6. 見えるかを決めたのは漏れ（観察 3.2）：弱い音は同じだけあった。
7. 矩形は **1.5** 目盛から二つに分かれる（計算 4.1）：分解能が高い。
8. ブラックマンは **2.5** 目盛から（計算 4.1）：分解能が低い。
9. 窓を替えるだけで答えが替わる（観察 4.2）：本稿の芯。
10. 何を問うか（観察 5.1）：分離子・論文266・論文520。

結び：スペクトルを測るには有限の長さで切るしかなく、切ることは窓を掛けることである。脇の山は矩形からブラックマンへ **−13.2632** から **−58.1088 dB** に下がり、強い音の隣の **−60 dB** の弱い音は、矩形では漏れに埋もれ（**0.0264**）、ブラックマンでは見えた（**3.3629**）。同じ強さの近い二音は、矩形なら **1.5** 目盛で、ブラックマンなら **2.5** 目盛でようやく、いつも二つに分かれた——同じ記録から、窓を替えるだけで答えが替わる。分離子は、近い二つを分けたいか、微弱な隣を見たいかである。既刊との位置——論文266 と論文520 が扱わないと明記した窓関数の席で、有限の長さの代価を数えた。正直に言えば——三つの代表の窓だけを並べ、雑音は入れていない。

参考文献

1. Blackman, R. B., & Tukey, J. W. (1958). *The Measurement of Power Spectra*. Dover.
2. Harris, F. J. (1978). On the use of windows for harmonic analysis with the discrete Fourier transform. *Proceedings of the IEEE*.
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).『消せる周波数がいくつあるかは、係数の個数が決めている』[論文520]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22862501

— 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)