二点弁別の閾には限りが二つある。受容野を細くしても、受容器の間隔より下がらない

— 受容器を密に並べると閾は受容野の幅に比例し、σ の **2.286668** 倍（ばらつき 2.008×10^{-4}）で、谷の深さの約束をどれだけ緩めても 2σ より下には行かない — 分離子は、ぼやけを問うか、間隔を問うか — [論文837]

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

触覚の細かさは「受容野が小さいから」とも「受容器が多いから」とも説明される。本稿は、その二つが別の限りであり、片方だけ良くしても止まることを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、受容器が密なら閾は受容野の幅で決まる——閾は σ の **2.286668** 倍で、σ を 8 倍に振ってもばらつきは 2.008×10^{-4} しかない（第2節）。 第二に、その限りには床がある——谷の深さの約束を **0.20** から **0.01** まで緩めても閾は **2.659331** から **2.120562** までしか下がらず、2σ を割らない（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。受容野を細くしても、間隔が残る——間隔 **2.0** のまま σ を **40** 分の一にしても、閾は **9.313223** から **3.000513** にしか下がらない（第3節）。 第四に、下げ止まりは間隔で書ける——間隔の **1.500257** 倍である（第3節）。 第五に、その下げ止まりは、二点が格子のどこに落ちるかで動く——間隔の **1.003722** 倍から **2.000256** 倍まで動き、位置は選べない（第3節）。 第六に、分離子は、ぼやけを問うか、間隔を問うかである——一つの閾に二つの限りがあり、大きいほうが決める（第4節）。 キーワード：二点弁別、受容野、受容器の間隔、分解能、二つの限り、模型。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——二点弁別の閾が体の場所で大きく違うこと、受容器の密度と受容野の大きさがどちらも効くこと、二つの山とそのあいだの谷という判定の立て方は、いずれも既知である。実際の皮膚の値を主張しない——指先が何ミリ、背中が何ミリという数は出さない。ここでの長さはすべて模型の単位である。脳を扱わない——皮質の取り分や体部位再現は主題ではない。絶対的な感度を入れない——応答が小さすぎて気づかないことは模型に入っていない。谷と山の比だけを見る。測り方を論じない——上下法や恒常法といった心理物理の手続きには入らない。標本化定理を言い直さない——ここは連続の像を復元する話ではなく、二つの山が見えるかどうかの話である。既刊との関係：論文182は「次元の呪い」が一つの呪いではないことを示した——本稿はその席には座らず、隣に置く。あちらは一つの名前が複数の困難を指していた。こちらは一つの閾が二つの限りを持つ。論文300は同根か別根かが判定できることを示した——ぼやけと間隔は別根である。片方を良くしても他方は動かない。加えたのは、密な並びで閾が σ の 2.286668 倍だと測ったこと、どんな約束でも 2σ を割らないと確かめたこと、間隔を固定したときの下げ止まりが間隔の 1.500257 倍だと測ったこと、その下げ止まりが位相で 1.003722 倍から 2.000256 倍まで動くと測ったこと、分離子を「ぼやけか、間隔か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：受容器を一直線に間隔 d で並べ、受容野をガウスで置く。二点の刺激を $\pm s/2$ に置き、受容器 i の応答を次のように書く。

$$v_i = \exp\left(-\frac{(x_i + s/2)^2}{2\sigma^2}\right) + \exp\left(-\frac{(x_i - s/2)^2}{2\sigma^2}\right), \qquad x_i = id + \varphi$$

左半分の最大と右半分の最大を山とし、そのあいだの最小を谷とする。谷が山の 0.95 倍より低ければ「二点と分かる」とし、そうなる最小の s を閾と呼ぶ。位相 φ は、二点が格子のどこに落ちるかで、皮膚の上では選べない。

問い：閾を決めているのは、受容野の幅か、受容器の間隔か。

2. 受容器が密なとき

計算 2.1：間隔を 0.02 にして、受容野の幅を四通りに振った（位相 24 通りの中央値）。

受容野 σ	閾	閾 $/\sigma$
0.50	1.143420	2.286839
1.00	2.286690	2.286690
2.00	4.573291	2.286645
4.00	9.146553	2.286638

> **観察 2.2**
>
> 閾は受容野の幅に比例する。σ を 8 倍に振っても閾 $/\sigma$ のばらつきは 2.008×10^{-4} しかなく、中ほどは 2.286668 である——間隔が幅よりずっと細かければ、格子は答に入ってこない。

計算 2.3：谷の深さの約束を振った（間隔は $0.02 \cdot \sigma = 1$）。

谷が山の何倍より低いか	閾 $/\sigma$
0.01	2.120562
0.02	2.173903
0.05	2.286658
0.10	2.427398
0.20	2.659331

> **観察 2.4**
>
> 約束を緩めても 2σ を割らない。二つのガウスの和に山が二つできるのが $s = 2\sigma$ だからである——約束は閾の値を動かすが、床を動かさない。

3. 受容器が粗いとき

計算 3.1：間隔を 2.0 に固定して、受容野だけを細くした（位相 24 通り）。

受容野 σ	閾（中央値）	最小	最大
4.0000	9.313223	9.189187	9.374675
2.0000	4.762910	4.594594	5.129581
1.0000	3.232199	2.740282	4.068251
0.5000	3.013426	2.186110	4.012823
0.2500	3.003206	2.046528	4.003206
0.1000	3.000513	2.007445	4.000513

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。細くしても止まる。σ を 40 分の一にしても閾は 9.313223 から 3.000513 にしか下がらない——密な並びなら 40 分の一になったはずの量が、ここでは 3.10 分の一で止まる。

> **観察 3.3**
>
> 下げ止まりは間隔で書ける。閾の中央値は間隔の 1.500257 倍である——二点のあいだに、応答の小さい受容器が要るからである。

> **観察 3.4**
>
> 下げ止まりは一つの数ではない。位相によって間隔の 1.003722 倍から 2.000256 倍まで動く——二点が格子のどこに落ちるかは選べないので、同じ皮膚でも当たりはずれが出る。

計算 3.5：逆に、受容野を 0.5 に固定して間隔だけを変えた（位相の中央値）。

間隔 d	閾
0.02	1.143420
0.10	1.145823
0.50	1.190728
1.00	1.616099
2.00	3.013426
4.00	6.006412

> **観察 3.6**
>
> 二つの限りの大きいほうが決める。間隔が 0.50 までは閾がほとんど動かず（1.143420 から 1.190728）、1.00 を超えると間隔についていく——受容野で決まる側 1.143329 と、間隔で決まる側 d の、交わるところで乗り換える。

4. 分離子

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、ぼやけを問うか、間隔を問うかである。受容野を細くしても間隔が残り、間隔を詰めても受容野が残る——一つの閾に二つの限りがあり、片方だけを良くすると必ずもう一方で止まる。

> **観察 4.2**
>
> 論文182 の隣に置く。182 は「次元の呪い」が一つの呪いではないことを示した——あちらは一つの名前が複数の困難を指していた。こちらは一つの閾が二つの限りを持つ。名前の側か、量の側かの違いである。論文300 の基準では、ぼやけと間隔は別根である——どちらも閾を上げるが、片方を動かしても他方は動かない。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。実際の皮膚の値も、脳の側も、絶対的な感度も、心理物理の測り方も扱わない——示したのは、一つの閾に二つの限りがあり、大きいほうが決めるということである。

5. 点呼と結び

1. 密なら閾 $/\sigma$ は **2.286668**（計算 2.1）：受容野が決める。
2. ばらつきは 2.008×10^{-4}（計算 2.1）：σ を 8 倍に振っても。
3. 約束を緩めても 2σ を割らない（計算 2.3）：床が在る。
4. 間隔 2.0 で σ を 40 分の一（計算 3.1）：本稿の芯。
5. 閾は **3.000513** にしか下がらない（計算 3.1）：3.10 分の一で止まる。
6. 下げ止まりは間隔の **1.500257** 倍（観察 3.3）：間隔で書ける。
7. 位相で **1.003722** 倍から **2.000256** 倍（観察 3.4）：落ちる場所は選べない。
8. 間隔 0.50 までは動かない（計算 3.5）：1.143420 から 1.190728。
9. 1.00 を超えると間隔につく（計算 3.5）：大きいほうが決める。
10. ぼやけか、間隔か（観察 4.1）：分離子・論文182・300。

結び：二点弁別の閾には限りが二つある。受容野を細くしても、受容器の間隔より下がらない。受容器を密に並べると閾は受容野の幅に比例して σ の 2.286668 倍になり、σ を 8 倍に振ってもばらつきは 2.008×10^{-4} しかなく、谷の深さの約束をどれだけ緩めても 2σ を割らない——二つのガウスの和に山が二つできるのがそこだからである。ところが間隔を 2.0 に固定して受容野を 40 分の一にしても、閾は 9.313223 から 3.000513 にしか下がらず、下げ止まりは間隔の 1.500257 倍である——二点のあいだに応答の小さい受容器が要るからである。しかもその下げ止まりは一つの数ではなく、二点が格子のどこに落ちるかで間隔の 1.003722 倍から 2.000256 倍まで動き、その位置は選べない。既刊との位置——論文182 の「一つの名前が複数を指す」の隣に、一つの閾が二つの限りを持つ形で置き、論文300 の基準でぼやけと間隔を別根とした。正直に言えば——ここでの長さはすべて模型の単位であり、実際の皮膚の何ミリという値ではない。

参考文献

1. Gescheider, G. A. (1997). *Psychophysics: The Fundamentals*. Lawrence Erlbaum Associates.
2. 山岸勇輝 (2026). 『「次元の呪い」は一つの呪いではない』[論文182]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22104170
3. 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

— 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)