

有利であることが効くかどうかは、集団の大きさが決めている

— 選択係数 0.01 の有利な変異は、 $N = 500$ なら中立の **19.8013** 倍の確率で固定するが、 $N = 10$ では **1.2012** 倍にしかない — 効くかどうかを決めているのは s ではなく Ns である — $s = 0$ では固定確率が厳密に中立値になる — [論文478]

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

有利な変異は広がる、と言われる。本稿が示すのは、有利さが効くかどうかを決めているのは、有利さの大きさではなく集団の大きさとの積であることである—— Ns が小さければ、有利であることが役に立たない。新しい定理も法則も主張しない。第一に、 $s = 0.01$ の変異は、 $N = 10000$ でも固定確率が **0.019801** で頭打ちになる（第2節）。第二に、中立の場合は $1/(2N)$ で、 N とともにいくらでも小さくなる（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。中立との比は $N = 10$ で **1.2012** 倍、 $N = 500$ で **19.8013** 倍である（第3節）。第四に、比は N について単調に増え、 Ns が小さいほど中立に近づく（第3節）。第五に、 $s = 0$ では固定確率が厳密に $1/(2N)$ になる（第3節）。第六に、分離子は「有利さが効くか、 Ns が効くか」である（第4節）。キーワード：固定確率、遺伝的浮動、集団の大きさ、自然選択、ほぼ中立説。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——木村の固定確率の式、遺伝的浮動、ほぼ中立説はすべて既知である。進化の歴史を論じない——特定の形質、系統、年代は主題ではない。拡散近似を用いる——世代が重ならず、集団サイズが一定で、選択が弱いという仮定に立つ。実際の集団はこれらを満たさないことが多い。有効集団サイズを区別しない—— N を有効集団サイズとして扱う。実際の個体数とは大きく違う。連鎖と組換えを扱わない——ヒッチハイキング、背景選択、連鎖不平衡は主題ではない。既刊との関係：論文477は最小でないものを足しても効かないことを示した——そこでも、量そのものではなく組が効いていた。論文300は同根か別根かが判定できることを示した——「選択が働く」と「 Ns が大きい」は、その基準で別根である。論文446は下限が要求で動くことを示した——そこでも、単独の量が条件なしには決まらなかった。加えたのは、四つの集団サイズで固定確率を出したこと、中立との比を **1.2012** 倍と **19.8013** 倍と出したこと、比が N について単調に増えることを確かめたこと、 $Ns = 0.02$ で中立から 5 パーセント以内に入ることを示したこと、 $s = 0$ で厳密に中立値になることを確かめたこと、分離子を「 s か Ns か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：有効集団サイズ N の二倍体集団に、選択係数 s の変異が一個体に一つ生じたとする。初期頻度は $p_0 = 1/(2N)$ である。拡散近似のもとで、この変異が集団全体に広がる（固定する）確率は

$$u = \frac{1 - e^{-4Nsp_0}}{1 - e^{-4Ns}}$$

で与えられる。 $s = 0$ のときは $u = p_0 = 1/(2N)$ に帰着する。以下 $s = 0.01$ とする。

観察 1.1

有利な変異は広がる、と言われる。有利なら選ばれる——選択の定義そのものに見える。

観察 1.2

だが最初是一个体しか持っていない。有利でも、偶然で消えうる——偶然の大きさは、集団の小ささで決まる。

問い：どちらが勝つのか。

2. 有利さは、大集団でしか効かない

計算 2.1：四つの集団サイズで、固定確率を出す。

集団サイズ N	固定確率	中立の場合 $1/(2N)$
10	0.060062	0.050000
100	0.020171	0.005000
1000	0.019801	0.000500
10000	0.019801	0.000050

観察 2.2

固定確率は N を大きくしても **0.019801** で頭打ちになる。 $N = 1000$ と $N = 10000$ で同じ——有利な変異の運命は、集団が十分大きければ集団サイズに依らない。

観察 2.3

その値は $2s$ にほぼ等しい。 $s = 0.01$ に対して **0.019801**——1 パーセント有利な変異でも、約 **50.5** 回に 1 回しか広がらない。

観察 2.4

一方、中立の場合は N とともにいくらでも小さくなる。**0.050000** から **0.000050** へ——**1000** 分の 1。

観察 2.5

だから比を見なければならない。絶対値では、小集団のほうが固定確率が高い——有利だからではなく、偶然で広がりやすいだけである。

3. 比は 1.2012 倍から 19.8013 倍まで動く

計算 3.1：五つの集団サイズで、中立との比を出す。

N	Ns	中立との比
10	0.10	1.2012
25	0.25	1.5663
50	0.50	2.2901
100	1.00	4.0342
500	5.00	19.8013

観察 3.2

$N = 10$ では **1.2012** 倍にしかない。中立とほとんど区別がつかない——有利であることが、ほぼ役に立っていない。

観察 3.3

$N = 500$ では **19.8013** 倍になる。同じ $s = 0.01$ で——有利さは変わらず、集団だけが変わった。

観察 3.4

比は N について単調に増える。 $1.2012 < 4.0342 < 19.8013$ と、途中でも順序が保たれる—— Ns が小さいほど中立に近い。

観察 3.5

$Ns = 0.02$ ($N = 2$) では、中立から 5 パーセント以内に入る。比が **1.0302**——極限では中立に一致する。

観察 3.6

そして $s = 0$ では、固定確率が厳密に $1/(2N)$ になる。境目であり、式が正しく置かれていることの確認でもある——近似的にではなく、厳密に一致する。

観察 3.7

不利な変異でも、小集団では固定しうる。 $s = -0.01$ 、 $N = 10$ で中立の **0.8215** 倍—— $N = 10000$ では 7.738×10^{-172} 倍で、実質ゼロ。同じ不利さが、集団の大きさに運命を変える。

4. 分離子

分離子：有利さが効くか、 Ns が効くか。

観察 4.1

有利さが効くなら、 s を見れば分かる。1パーセント有利なら、どこでも1パーセント有利——形質だけを見ればよい。

観察 4.2

Ns が効くなら、集団を知らなければ分からない。同じ s が1.2倍にも19.8倍にもなる——形質だけでは決まらない。

観察 4.3

これは論文300の基準で別根である。どちらも「選択が働いている」と呼ばれる——一方は形質の量、一方は形質と集団の組の量である。

観察 4.4

論文477と同じ形である。そこでは足した量ではなく、どこへ足したかが効いた——ここでは有利さの大きさではなく、どの集団にいるかが効く。どちらも、単独の量では答えが決まらない。

観察 4.5

論文446とも重なる。そこでは「下限の何倍か」が回収率を言わなければ決まらなかった——ここでは「有利な変異」が集団サイズを言わなければ決まらない。

観察 4.6

だから小集団では、有害な変異も溜まりうる。選択が振り分けきれないから——これがほぼ中立説の中身であり、絶滅の危機にある集団で問題になる。

観察 4.7

正直に言えば——拡散近似に立っている。世代が重ならず、集団サイズが一定で、選択が弱いという仮定であり、実際の集団はこれらを満たさないことが多い——**19.8013** という値は近似のものだが、効くのが s ではなく Ns であるという結論は、この族の模型で広く成り立つ。

5. 点呼と結び

1. $N = 10000$ で **0.019801** (計算 2.1) : 頭打ちになる。
2. その値は $2s$ にほぼ等しい (観察 2.3) : 約 **50.5** 回に 1 回。
3. 中立は **0.050000** から **0.000050** (計算 2.1) : **1000** 分の 1。
4. 絶対値では小集団が高い (観察 2.5) : 偶然で広がる。
5. $N = 10$ で **1.2012** 倍 (計算 3.1) : 本稿の芯。
6. $N = 500$ で **19.8013** 倍 (計算 3.1) : 同じ s で。
7. 比は単調に増える (観察 3.4) : Ns が効く。
8. $s = 0$ で厳密に $1/(2N)$ (観察 3.6) : 境目の確認。
9. 不利でも小集団なら固定しうる (観察 3.7) : **0.8215** 倍。
10. 分離子は s か Ns か (観察 4.3) : 論文**300** の基準で別根。

結び : 有利な変異は広がる、と言われる——有利なら選ばれる、というのは選択の定義そのものに見える。だが最初是一个体しか持っていない。有利でも偶然で消えうるし、偶然の大きさは集団の小ささで決まる。有利さは、大集団でしか効かない—— $s = 0.01$ の変異の固定確率は $N = 1000$ でも $N = 10000$ でも **0.019801** で頭打ちになる。集団が十分大きければ、有利な変異の運命は集団サイズに依らない。その値は $2s$ にほぼ等しい——1 パーセント有利な変異でも、約 **50.5** 回に 1 回しか広がらない。一方、中立の場合は **0.050000** から **0.000050** へ **1000** 分の 1 になる。だから絶対値では小集団のほうが固定確率が高いが、それは有利だからではなく、偶然で広がりやすいだけである。比を見ると、**1.2012** 倍から **19.8013** 倍まで動く—— $N = 10$ ($Ns = 0.10$) では **1.2012** 倍にしかならず、中立とほとんど区別がつかない。有利であることが、ほぼ役に立っていない。 $N = 500$ ($Ns = 5.00$) では **19.8013** 倍になる。同じ $s = 0.01$ で、有利さは変わらず集団だけが変わった。比は N について単調に増え、 $1.2012 < 4.0342 < 19.8013$ と途中でも順序が保たれる。 Ns が小さいほど中立に近い。 $Ns = 0.02$ では比が **1.0302** と中立から 5 パーセント以内に入り、極限では中立に一致する。そして $s = 0$ では固定確率が厳密に $1/(2N)$ になる。境目であり、式の確認でもある。不利な変異でも小集団では固定しうる—— $s = -0.01$ 、 $N = 10$ で中立の **0.8215** 倍、 $N = 10000$ では 7.738×10^{-172} 倍で実質ゼロ。同じ不利さが、集団の大きさで運命を変える。分けているものは一つ——有利さが効くか、 Ns が効くか。有利さが効くなら s を見れば分かり、1 パーセント有利ならどこでも 1 パーセント有利で、形質だけを見ればよい。 Ns が

効くなら集団を知らなければ分からず、同じ s が 1.2 倍にも 19.8 倍にもなる。論文300 の基準で別根であり、一方は形質の量、一方は形質と集団の組の量である。論文477 と同じ形で、そこでは足した量ではなくどこへ足したかが効いた。どちらも、単独の量では答えが決まらない。論文446 と重なり、そこでは「下限の何倍か」が回収率を言わなければ決まらなかった。ここでは「有利な変異」が集団サイズを言わなければ決まらない。だから小集団では有害な変異も溜まりうる。選択が振り分けきれないからで、これがほぼ中立説の中身であり、絶滅の危機にある集団で問題になる。正直に言えば——拡散近似に立っている。世代が重ならず、集団サイズが一定で、選択が弱いという仮定であり、実際の集団はこれらを満たさないことが多い。19.8013 という値は近似のものだが、効くのが s ではなく Ns であるという結論は、この族の模型で広く成り立つ。

参考文献

1. Fisher, R. A. (1930). *The Genetical Theory of Natural Selection*. Clarendon Press.
 2. Wright, S. (1931). Evolution in Mendelian Populations. *Genetics*.
 3. Kimura, M. (1962). On the Probability of Fixation of Mutant Genes in a Population. *Genetics*.
 4. Ohta, T. (1973). Slightly Deleterious Mutant Substitutions in Evolution. *Nature*.
 5. 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
 6. 山岸勇輝 (2026). 『理論の下限は、たくさん取ろうとすると上がる』 [論文446]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22732460
 7. 山岸勇輝 (2026). 『効かない投入を続けているあいだ、律速はそこにいない』 [論文477]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22733686
-

— *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)