

## Advantage of sexual reproduction caused by enhanced sibling diversity

道下, 誠

<https://doi.org/10.15017/1931739>

---

出版情報 : 九州大学, 2017, 博士 (理学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏名	道下 誠			
論文名	Advantage of sexual reproduction caused by enhanced sibling diversity (兄弟の多様性がもたらす有性生殖の優位性)			
論文調査委員	主査	九州大学	教授	巖佐 庸
	副査	九州大学	教授	舘田 英典
	副査	九州大学	准教授	岩見 真吾
	副査	九州大学	准教授	村上 貴弘(持続可能な社会のための決断科学センター)

### 論文審査の結果の要旨

多くの多細胞生物では有性生殖が行われ、それが繁殖方法の主流となっている。しかし無性生殖を行う生物も数多く存在する。有性生殖では子を作らないオスが関わるが、無性生殖ではオスは介在しない。その為、無性生殖はとても効率が良い。有性生殖と比べると、この数が1世代で2倍になるという大きなメリットを持っている。この考え方を最初に発表したメイナードスミスは、“性の2倍のコスト”と呼んだ。では有性生殖はその大きなコストを凌ぐどのような力を持っているのだろうか。今までに多くの仮説が提案されているが、一般的に説明できるものは未だに提出されていない。その1つにウィリアムスが提示した“宝くじ仮説”と言われるものがある。有性の子(兄弟)は皆遺伝子型が異なるが、無性の子(兄弟)は皆同じ遺伝子型を持っている。予測のつかない環境に対して、有性の子の多様性が有効なのだという考え方である。これに対してメイナードスミスは、“兄弟間競争モデル”と呼ばれているコンピューターモデルを作り、その効果を調べた。そして、有性の子の多様性は、2倍のコストを凌ぐ力を持つことができないと言う結果が見出された。これによって、メイナードスミスはウィリアムスの仮説を否定し、その考え方はその後現在に至るまで、殆ど顧みられていない。

本論文では、メイナードスミスの作った“兄弟間競争モデル”を分析し、若干の異変を加えることによって、有性に優位性のある結果を示す。兄弟間競争モデルでは、変わり続ける環境の中で有性タイプと無性タイプが頻度を巡って競争する。その有性タイプには多様性が少し欠けていることが分かり、その多様性を増すべく修正を加えた。そして、殆どの有性個体は遺伝子型が異なり、遺伝子型が異なる場合には、適応度も異なるようになった。その結果、有性タイプは2倍のコストを凌ぐ優位性を持つことができるようになった。また、有性の優位性は何によってもたらされているのかを調べた。両タイプの持つ表現型の数の比率が優位性につながると仮定し、有性タイプの子の数を  $N$  とする  $N$  倍の優位性を持つ。そして、無性タイプは2倍のコストによって生じる2倍の優位性を持つ筈である。それらのことから、有性タイプの無性タイプに対する相対対応度は  $N/2$  であると考えた。しかし、シミュレーションの結果は、その単純な理論値  $N/2$  より有性タイプに有利な値となっていた。そして、その乖離する理由が3つあることが分かった。1つ目は、修正したモデルにおいても、有性の子は皆異なる遺伝子型を持つとは限らないこと。2つ目は、有性兄弟は皆が異なる遺伝子型を持つ場合でも、お互い似ていること(分散が小さい)。3つ目は、必ずしも有性と無性の競争が  $N/2$  どおりに働かないケースがあること、である。

しかしながら、この兄弟間競争モデルでは、現実と少し乖離した場面のあることが否めない。3つの解決すべき大きな問題点があり、それらを兄弟間競争モデルに加えて調査を行った。1つ目は、より緩やかな選択についてである。モデルでは、1つのパッチで環境に最も適応している1個体のみが生き残るという設定にしているが、実際には複数個体が生存する場合も多くある筈だ。これについては、パッチ当たりの生存個体数を増加することによって調べた。2つ目は、環境分散( $V_E$ )についてである。モデルでは環境と遺伝子型との適応状況のみで生存者を決めているのだが、実際には更に環境分散( $V_E$ )が加わる筈である。これについては、環境分散を乱数で表し、モデルに加えて調べた。3つ目は、表現型の数についてである。モデルではランダムに現れる数多くの環境にたいして、有性タイプも無性タイプも当初から全ての環境に適応した、とても多くの遺伝子型を保持しているという前提になっている。実際にはそのように多くの表現型が維持されているとは言い難い。これについては、有性と無性の両タイプが競争を開始する前に、それぞれ独自に進化する世代を設けて、遺伝子型の数を絞ることによって調べた。また、各結果について、数理的な解析を行った。以上の3つの要因をモデルに加えて調べた結果として、1つ目と2つ目の要素は無性タイプに有利であり、3つ目は有性タイプに有利であった。そして、3つの要因を全てモデルに加えた場合において、多くの条件下で有性タイプは優位性を示していた。つまり、より現実的な兄弟間競争モデルにおいて尚、有性タイプが優位性を持つことができることを確認できた。

有性生殖の維持されている理由は謎とされているが、以上の結果と分析から、有性の子(兄弟)の多様性がその理由の有力候補であると考ええる。そして今後は、有性と無性の生物の分布状況を調査・確認することによって、この考え方の成否を調べたいと考えている。

以上の研究は、数理生物学と進化生物学について重要な貢献である。よって、本論文は博士(理学)の学位論文に値するものと認める。