

生態的中立下における進化的放散の力学

鈴木崇規 千葉聡

東北大学 生命科学研究科

1. はじめに

生物多様性をもたらすメカニズムには外部環境からの移入と種分化があり、特に海洋島や隔離された湖などでは後者が主要な要因となる。これらの環境において種多様性は一定の速度で増加し続けてきたわけではなく、初めは殆ど変化しない状態が続いた後、急速に種分化が生じ種多様性がピークに達し、その後減少して平衡状態に達するというような過程を経ることが過去の化石記録などから明らかになっている。[1]

これまではこのような種多様性のオーバーシュートを説明するためにニッチ分化が主に唱えられてきたが、近年ニッチ分化を伴わない多様化の例が多く発見されるに従い[2]、適応に依らない中立的な説明が求められている。

生態学における中立理論は個体間の差異を考慮せず純粋に中立的に扱うことで群集を確率的に記述することを可能とし、またその理論予測は実際の群集とよく一致している[3]。一方種多様性は移入によって説明される場合が多く、明確に種分化過程を考慮することはあまりなかった。しかし隔離された環境での放散や地球規模での大量絶滅後の多様性回復など長い時間スケールにおいては種分化を無視することは出来ない。

そこで今回我々は個体ベースの中立群集モデルを作成しシミュレーションを行い、種分化と絶滅によって群集構造が時間と共にどのように変化するかを調べた。

2. 方法

個体は雌雄同体の二倍体とし、正方形の島状の環境に分布する。個体はそれぞれ複数の遺伝子座を持ち、これらの差異が一定の閾値を超えた場合に生殖隔離を生じさせるとした。1 世代の間に交配、移動、変異、種分化の 4 つのプロセスが生じるとし、これらを 1000 世代繰り返した。

図 1 は特定の世代における群集の分布であり、1 つのパッチが 1 つの個体を示している。色は種と対応しており、同種は同色で表示される。

2.1 交配

全てのパッチにおいてそのパッチを中心とする 3*3 のパッチの中に存在する交配可能なペアの中からランダムに 1 ペア選択し、それらのペアの子個体が新たにそのパッチを置き換える。各遺伝子座において子個体は両親からひとつずつ対立遺伝子を受けとる。

2.2 移動

ランダムに選択された一定数の個体は、移動を行い、1 つ隣のパッチの個体と場所を入れ替える。

2.3 変異

全ての遺伝子座の全ての対立遺伝子は等しい確率で変異を生じる。

2.4 種分化

集団間に完全な生殖隔離が生じた場合に種分化が起こったと見なした。

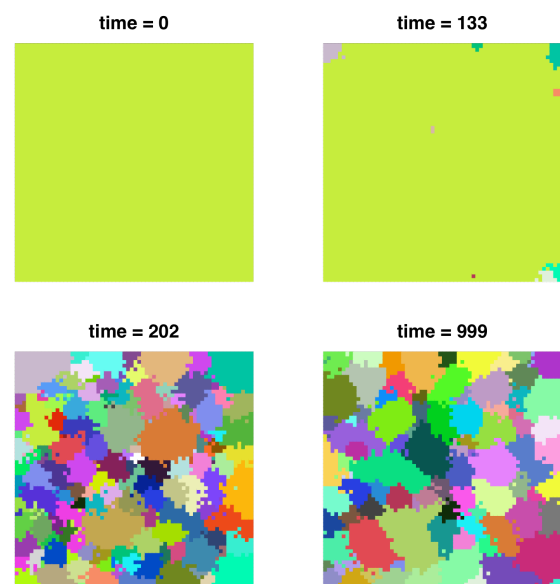


図 1 特定の世代における個体分布の例

Dynamics of evolutionary radiation under ecological neutrality
Takanori Suzuki & Satoshi Chiba
Graduate School of Life Sciences & Center for Northeast Asian
Studies, Tohoku University

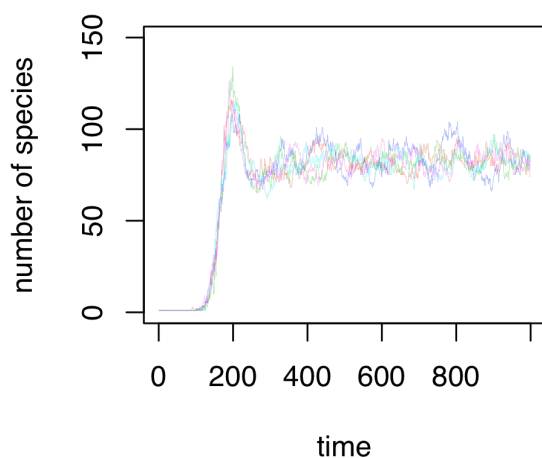


図2 種多様性の時間変化

3. 結果

図2は 1000 世代の間に種多様性がどのように変化したかを示しており、一本の線が一回の試行と対応している。種多様性は 100 世代辺りまで全く増加せず、その後急激に増加し、直後に大きく減少した後に平衡状態に達し、その後は大きく変化することはない。

一方、集団中の遺伝的多様性は違った傾向を示す(図3)。試行の開始と共に増加し、多様性の放散が起こると減少に転じ、平衡状態に至った。

平衡状態においては、種はクラスタ状に分布し、殆ど混ざり合うことはなかった(図1)。

4. 考察

以上のことから、種分化にニッチ分化を仮定せずとも種多様性のオーバーシュートが観察できることが明らかになった。図2、図3からこれらが4つの過程を経ることが分かる。まず初めに集団中に遺伝的多様性が蓄積する段階があり、この際種分化はまだ生じない。集団の遺伝的多様性がある程度蓄積されると種分化が一斉に生じ、種多様性の爆発的な上昇が起こる。この時種分化により集団が細分化され、遺伝的浮動の影響により遺伝的多様性が低下する。遺伝的多様性の低下は種分化率を低下させ、細分化された集団は生態的浮動の影響により絶滅率は上昇する。これにより多様性は減少する。やがて種分化率と絶滅率が釣り合い種多様性と遺伝的多様性が平衡状態に達する。

種多様性のオーバーシュートに際してのこの

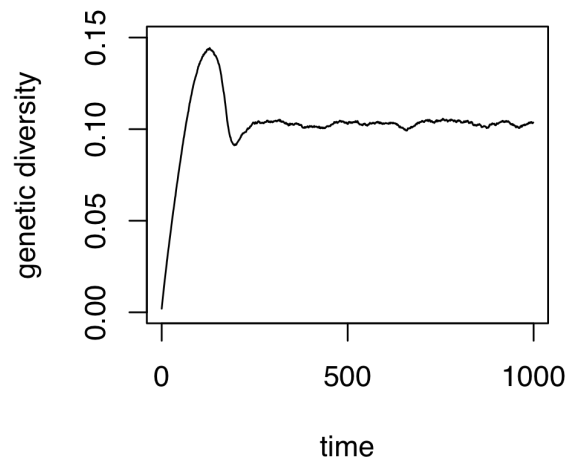


図3 遺伝的多様性の時間変化

ような過程は化石や地質的な記録から見られるパターンと一致しており[2]、また移入をベースとしたモデルでは起こりえず、種分化特有の挙動とすることが出来る。

5. まとめと今後の課題

このように、これまで複雑な相互作用で説明されることが多かった現象であっても、中立的なモデルに拡張を加えることでうまく再現できることがあり、現在多くの現象が中立的に説明されようとしている。

しかし一方で、適応放散や外来種の侵入など、明らかに非中立的な現象も普遍的に見られることも事実である。野外における中立と非中立の差をもたらす要因はいったい何なのか、これからの大きな課題と言えるだろう。

参考文献

- [1] Kirchner, James W., and Anne Weil. "Delayed biological recovery from extinctions throughout the fossil record." *Nature* 404.6774 (2000): 177-180.
- [2] Rundell, Rebecca J., and Trevor D. Price. "Adaptive radiation, nonadaptive radiation, ecological speciation and nonecological speciation." *Trends in Ecology & Evolution* 24.7 (2009): 394-399.
- [3] Hubbell, Stephen P. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography* (MPB-32). Vol. 32. Princeton University Press, 2001.