

2008/04/ 03 吉岡明良(東大・保全)担当

Future Directions in Metacommunity Ecology

メタ群集生態学の将来の方向性

Robert D. Holt, Marcel Holyoak, and Mathew A. Leibold

最後にメタ群集生態学が担うであろう将来の研究課題について概観する。

その前にまず、この本で示された重要な見識について簡単に紹介。

実証的な研究では、メタ群集における 4 つのモデル(patch dynamics, species sorting, mass effects, neutral theory)の全てが自然の生態系で確認された。

例: neutral theory → イトトンボの系(Ch.15)

species sorting → 動物プランクトンの系(Ch.8)

mass effect → 甲虫群集の系(Ch.7)

patch dynamics → グランヴィルヒョウモンモドキの群集モジュール(Ch.4)

理論のレビュー(Ch.2,3,10)は伝統的な群集の相互作用に働く空間的なプロセスを具体化。

さらに、論理的な研究に関わる章(e.g., Ch.3, Ch.11, Ch.12, Ch.13)は今後の実践的な研究にとって強力なテクニックと、必要なデータを示した。

実証研究(e.g., Ch.5, Ch.9)は、群集の空間的な動態が本質的にマルチスケールであることを明らかにしている。今後の理論的研究はマルチスケールでの動態に焦点を当てることになるだろう。ランドスケープにおける空間的な構造がメタ群集プロセスに大きな影響を与えることも示された(Ch.6, CH.7)。

また、時間的な側面もメタ群集にとって重要である(Ch.15,17,19)。

メタ群集における空間的な戦略の重要性

局所群集には様々な空間的な戦略を持つ(生活範囲が異なる)種が含まれており、それらを関連付けて群集の組織化を理解することは大きな課題。

同じような分散形態を持つものは同じような体サイズ、生活史、資源利用形質を持っている。形質間の関係はメタ群集動態に依存する共存のメカニズムにおいて重要になる。それは食物網を考慮した時、特に顕著になる。

個体群動態の空間スケールは栄養段階にどのように依存しているか(Fig. 20.1 で模式化)

上位の栄養段階ほど行動圏が大きい(Fig 20.1B)。栄養段階と体サイズが相関しており、体サイズが行動圏を規定すると考えると一般的なパターンであると考えられる。

低い、もしくは中程度の栄養段階がより大きな空間スケールで移動している場合もある(Fig. 20.1C,D)。

ただし、分散の不均一性は栄養段階以外でも生じる。例:他の種による分散、攪乱耐性の違い
今後、栄養段階によるスケールの不均一性だけでなく、一般的なスケールの関係性を発見すること、それらが発生させる動的なパターンを認識すること、定量的なモデルでそれらを表現することが課題となる。

メタ群集と行動生態学のインターフェイス

よく移動する種は局所群集間に連結性を与えることができるが、それらの種が適応的に修正された移動を示すことがある。このことは、群集間の連結性を定量するためには、メタ群集生態学と行動生態学の視野を融合させる必要があることを示している(see Ch.16)。

空間的な戦略と採餌に関する生態には相互作用がありそうである。

例:ジェネラリスト化しやすい場合とスペシャリスト化しやすい場合

行動を個体群及び群集の動態に組み入れることで、より複雑な効果が得られる。ハビタット選択はメタ群集の効果を弱めることもある。

現在、最適採餌行動を考慮したメタ群集モデルの例はほとんどない。

Bolker et al.(2003)の理論研究のレビューは最適な行動は群集動態をより安定させることを示唆しているが、メタ群集においてはまだ明らかではない。

Kondoh(2003)は、移動可能な捕食者による適応的な捕食は、環境変動により、食物網の複雑さと群集の存続性に正の関係を与えると主張している。

一方、適応的な行動が群集を不安定化する例も知られており、行動がどのような影響を与えるかは、その詳細(捕食者はすぐに最適な状態を達成するのか?それともタイムラグがあるのか?等)に依存するようである。

メタ群集におけるランドスケープの展望

Spillover Effects and Edge Phenomena

生物、物質の系外流入は局所群集の安定性に影響をする。

ハビタットの境界における生物と資源の流れは強力な空間的、ランドスケープ的なシグナルを示す。例:森林の境界と草原との境界で異なるマカダミア林へのネズミの被害 etc.

メタ群集の概念では物質の系外流入では主にドナーコントロールを想定しているが、結合した生態系の動態を十分に扱うために、Ch.18ではメタ生態系の概念が紹介されている。

複雑な空間的ランドスケープでは、消費者、資源、捕食者の様々な相互作用が展開される。消費者の移動によるリスクは体サイズ、天敵の種特異性も関わってくる。ジェネラリスト捕食者は空間的に異なる、比較的固定されたノイズのような死亡率を示すが、スペシ

ャリストは時間的に異なるリスクをもたらす。移動する消費者の動態は非常に複雑なものになりやすい。

分断化されたランドスケープでは、分断化に対する、栄養的な相互作用の複雑な反応が見られる(see Ch.6)。

ランドスケープ生態学と食物網理論の主要な違いは前者がハビタットスペシャリスト種、後者がハビタットジェネラリスト種を扱っていることにある。人為によって分断化されたランドスケープにおいて、マトリクスからパッチへの **Spillover effects** はよくあることである。分断化によって減少してしまう種の中で、最上位の捕食者は特に減少の傾向が強い。**Spillover effects** は明確に異なる生態系が並列している時に特に強く作用する。

Spillover effects はメタ生態系動態を考慮する上で関連のある空間的スケールを定義することを要求している。参考:Power and Rainey(2000)の *resource shed*

Spatial Patterning and Disturbance

メタ群集理論の多くは空間パターンの詳細な構造を無視してきた。しかし、ランドスケープにおける連結性のパターンは栄養的な相互作用、そして食物網構造に大きな影響を与え得る。例:ハビタットの「次元」と安定性(Wilson et al. 1995)

ランドスケープ内の明示的な空間的配置もメタ群集動態には重要だが、モデル化には分散率の推定が困難。

大きなスケールで攪乱が生じる不均一なランドスケープは、食物網の空間的動態と攪乱後の侵入を反映して興味深いパターンを示す。

侵入種が害虫、害草となりやすいのは天敵がないからという仮説がある。このような状況では、ジェネラリストに比べてスペシャリストを回避しやすい。

侵入種の問題は大陸間スケールのものであるが、局所スケールでも攪乱後の移入に消費者と獲物の間で同じようなことが生じる可能性がある。特にスペシャリスト消費者は移入に強く制限を受けることになる。

安定性、複雑さ、メタ群集動態

メタ群集動態は局所的な相互作用の理解に大きな示唆を与える。移入は局所の競争における優占を覆し、獲物 - 捕食者の相互作用における安定性と種多様性の双方も変えてしまうのである。

メタ群集動態が食物網の安定性と複雑さに与える影響はメタ群集のパッチ間の連結性に依存。(頻繁な弱い移動→安定、たまに移動→不安定)

外部からの流入量と、複雑な食物網や群集のメンバーの平衡状態における個体群サイズ

を把握するには、press perturbation を用いることになる。しかし、メタ群集において、各種は異なる空間スケールで規定されているので、問題はより複雑である。

様々な順序で局所群集に種を導入する試みも行われており、理論的にも実証的にも導入の順序が非常に重要なことが示されている。

食物網全体における空間的動態がもたらすものを直接検討した例はまだ少ない。

食物網の安定性を説明する要因もメタ群集の概念を用いて検討されていくべきである。分断化されたハビタットはメタ群集の影響を検討するのに有用かもしれないが、元のパターンが損なわれていたり、侵入種がいたりするため、問題もある。

メタ群集における時間的側面

メタコミュニティの概念は主に空間に焦点を置いているが、時間的な変異に関しても、いくつかの主要な課題がある。

1. 局所絶滅は内的な要因だけでなく、攪乱等の時間的動態にも影響される。Species sorting と patch dynamics のどちらが強く働くかは環境の時間的変異で変わってくるかもしれない。今後は攪乱生態学とメタ群集生態学の統合が必要になってくるといえる。
2. 群集間の移動は時間によって変化するが、それがメタ群集にも影響を与えそうである。
3. 空間的に不均一なパッチが時間的に同調して変動すると、興味深い現象が起きる。
4. メタ群集動態と時空間的な変異がある環境における生活史進化の関係を検討することで、分散を通して最も直接的にメタ群集プロセスに関わる要素を定義できるかもしれない。

メタ群集の概念と応用生態学の関連

自然のハビタットの破壊、分断化が問題になっている中で、局所と地域両方の多様性を保つためにもメタ群集プロセスは重要になってくる。

外来種の侵入や害虫、害草による問題とその解決にもメタ群集動態は関わっている。

自然個体群からの収穫にも、メタ群集プロセスが強く影響する。

例: 魚の保護区

メタ群集動態を深く理解することは天然資源の管理に貢献すると考えられる。

結論

複数の時空間スケールにまたがる生物学的なプロセスを理解することは現在の生態学の大きな課題となっている。生態学者の間ではその課題に関する弁証法が進行しつつあるが、それらをつなげるのにメタコミュニティの視野は不可欠であると考えられる。