

## Chapter 11

# Assembly Dynamics in Metacommunities

担当：西嶋（東大・多様性・M1）

### Introduction

- ◇ 群集生態学における理論の多くは、局所スケールに限定したものであった (e.g. Lotka-Volterra)
- ◇ 群集は一般的に開放系であり、局所群集の構造は地域内に生息する種のプールの影響も受ける
- ◇ 群集が開放系 ⇒ 集合動態(assembly dynamics)の理論
  - 1つの局所群集に対して、外部の種のプールから新たな種がランダムに侵入することを仮定
  - 多くの局所群集の集合であるメタ群集構造は考慮されていない
- ◇ 集合動態の理論をメタ群集動態に応用できないか  
⇒ ①モデルの構築手法と②局所動態とメタ群集動態が異なるモデルの例を示す

### Model

- ◇ モデルを構築する上での仮定
  - 種はパッチ間の移動が可能であり、局所群集の空間構造を無視できるほどの長距離移動を行う
  - 絶滅については、①他種の侵入による決定論的な絶滅と②確率論的な一時的なパッチの絶滅は扱うが、人口学的確率性(demographic stochasticity)は考慮しない ⇒ 局所個体群サイズは十分に大きい
  - ①短時間スケール：個体の出生と死亡による局所群集内の個体数の動態(群集動態)と②長時間スケール：種の侵入と絶滅による局所群集の種の組み合わせの変化(集合動態)の2つの時間スケールを設定  
← 種の移動は稀であり、局所群集動態が漸近的な状態で起こるため、長時間スケール(集合動態)において、局所群集動態は考えなくてよい
- ◇ 短時間スケール(局所群集動態)はメタ群集動態に必要な情報を提供する
  - (1) パッチ内で種が共存できるか(共存可能な種の組み合わせ = “persistent community”)
    - 地域内に  $s$  種 ⇒  $2^s$  の組み合わせ ⇒ 共存可能な組み合わせ :  $S_i, i = 0, 1, \dots, r$
    - 共存可能性の評価方法 : a) 全ての種が正の密度かつ漸近的な安定性をもつか、b) 持続性をもつか  
(この場合、平衡点に収束しなくてもいい ; 局所安定性なし、大域安定性あり)
  - (2) 新たな種が persistent community に侵入できるか
    - 平衡点における侵入種の増加率が正であるか(局所安定性をもたない場合もこれで OK)
  - (3) 侵入の成功によりどの種が絶滅するか、あるいはしないか
    - 漸近的な状態に達するまでに、ある種が絶滅するか
- ◇ 長時間スケール(メタ群集動態)では種の移動により群集構造が変化する ⇒ 式(11.1)
  - $p$  : 各 persistent community の割合を示すベクトル、時刻  $t$  の関数
  - 行列  $C$  : 種と群集タイプに基づく分散率を表す ( $c_{kl}$  は種  $k$  が群集タイプ  $l$  から分散する割合)
  - 行列  $T$  : 種の侵入による群集構造の変化を表す (種  $k$  の侵入により群集タイプが  $j$  から  $l$  に変化する場  
合、 $k$  行  $j$  列に  $-p_j$ 、 $k$  行  $l$  列に  $+p_j$  を配置)

## Example

- ◇ 競争する 3 種を扱ったモデルの例を示す
  - じゃんけん的な関係 (種 2 が種 1 に、種 3 が種 2 に、種 1 が種 3 に勝つ)
- ◇ 短時間スケール(局所群種動態)において、persistent community は？
  - 競争係数を  $0 < \beta < 1 < \alpha$  かつ  $\alpha + \beta > 2$  を仮定  $\Rightarrow$  8 通りのうち 0 種と 1 種が占有の 4 通りが永続性をもつ
  - 3 種生息すると、heteroclinic cycle(周期が指数的に増加する振動)が起こり、最終的に 1 種のみ占有
- ◇ persistent community の平衡点において種は侵入できるか  $\Rightarrow$  Table 11.1
  - 各群集の平衡点における種 1,2,3 の増加率(+: 侵入可能、 -: 侵入不可能)
- ◇ 種の侵入により群集構造はどう変化するか  $\Rightarrow$  Fig 11.1
  - 群集構造の変化を表すアセンブリグラフ
- ◇ 長時間スケール(メタ群集動態)でパッチの絶滅が起こらない場合、群集構造はどう変化するか
  - 式(11.2) : 群集タイプ 1 を例にして  
タイプ 1 の割合の増加率 = 現在の割合(種 1 がタイプ 0,3 に侵入する確率 - 種 2 に侵入される確率)
  - 平衡点が 5 つ(I~V)存在。しかし、3 種全ての分散率が 0 より大きい場合は I~IV には漸近しない
  - 平衡点 V は局所安定性をもたず(中立安定)、初期値によらず振動し続ける  $\Rightarrow$  Fig 11.2a  
( $\leftarrow$  ヤコビアン行列の固有値を求め、局所安定性をもつか判断)
  - 局所スケールでは無理だった 3 種共存が地域スケールで実現される可能性を示した
- ◇ 長時間スケール(メタ群集動態)でパッチの絶滅が起こる場合、群集構造はどう変化するか
  - 式(11.3) : 式(11.2)に絶滅率  $e$  の項を加えたもの
  - 8 通り全てで平衡点が存在し、全て局所安定性をもつ(漸近的に平衡点に落ち着く)
  - 種 1 と 3 が共存している状態から、種 2 の分散率を小さい値から徐々に増やしていく過程を考える
    - (0) 種 1 と 3 が共存 : 平衡点 VII ( $\leftarrow$  空きパッチの存在により競争能力と侵入能力にトレードオフが成立)
    - (1) 種 2 の分散率が小さいときは定着できない : 平衡点 VII のまま
    - (2) ある程度に種 2 の分散率が大きくなると 3 種共存 : 平衡点 VIII  $\Rightarrow$  Fig 11.2b
    - (3) さらに増加すると種 2 の競争劣位種である種 1 が絶滅 : 平衡点 VI ( $\leftarrow$  種 2 と 3 にトレードオフ成立)
  - パッチの絶滅が起こることにより、メタ群集動態がパッチの絶滅がない場合と異なってくる

## Discussion

- ◇ メタ群集動態が局所群集動態と異なるのは、メタ群集動態は出生・死亡の影響より移動・絶滅の影響を主に受けるからである
- ◇ メタ群集動態は分散率とパッチの絶滅率の影響を強く受け、特にパッチの絶滅を考慮すると全ての組み合わせで平衡点が存在する  $\Rightarrow$  競争能力と侵入能力のトレードオフにより 2 種共存も可能
- ◇ 絶滅については、種の侵入による絶滅と偶発的なパッチの絶滅の 2 つを扱ったが、人口学的確率は扱っていない  $\Rightarrow$  どうモデルに組み込むかが今後の課題

## Conclusions

- ◇ 競争関係にある種間の地域スケールでの共存可能性を示したように、メタ群集動態は局所群集動態とは異なる結果を生じると考えられる