

多種競争系の根本的予測性： 大規模攪乱の影響

Fundamental Predictability in Multispecies
Competition: The Influence of Large Disturbance

Daniel Roelke, Sarah Augustine, and
Yesim Buyukates

Am. Nat.(2003), vol.162, no.5 pp.615-623

論文紹介セミナー040121 発表者:かとう

あらすじ

実際の生態系では複雑な振る舞いが殆んどない。これは攪乱のせいではないか？

(1) モデル研究

- ・従来の数値モデルに攪乱を加えてみた

(2) 実験研究

- ・非攪乱・攪乱環境の両方でプランクトンを飼ってみた

攪乱によって複雑な振る舞いは(だいたい)
抑制された

高い予測性の為には、攪乱を考慮する必要あり

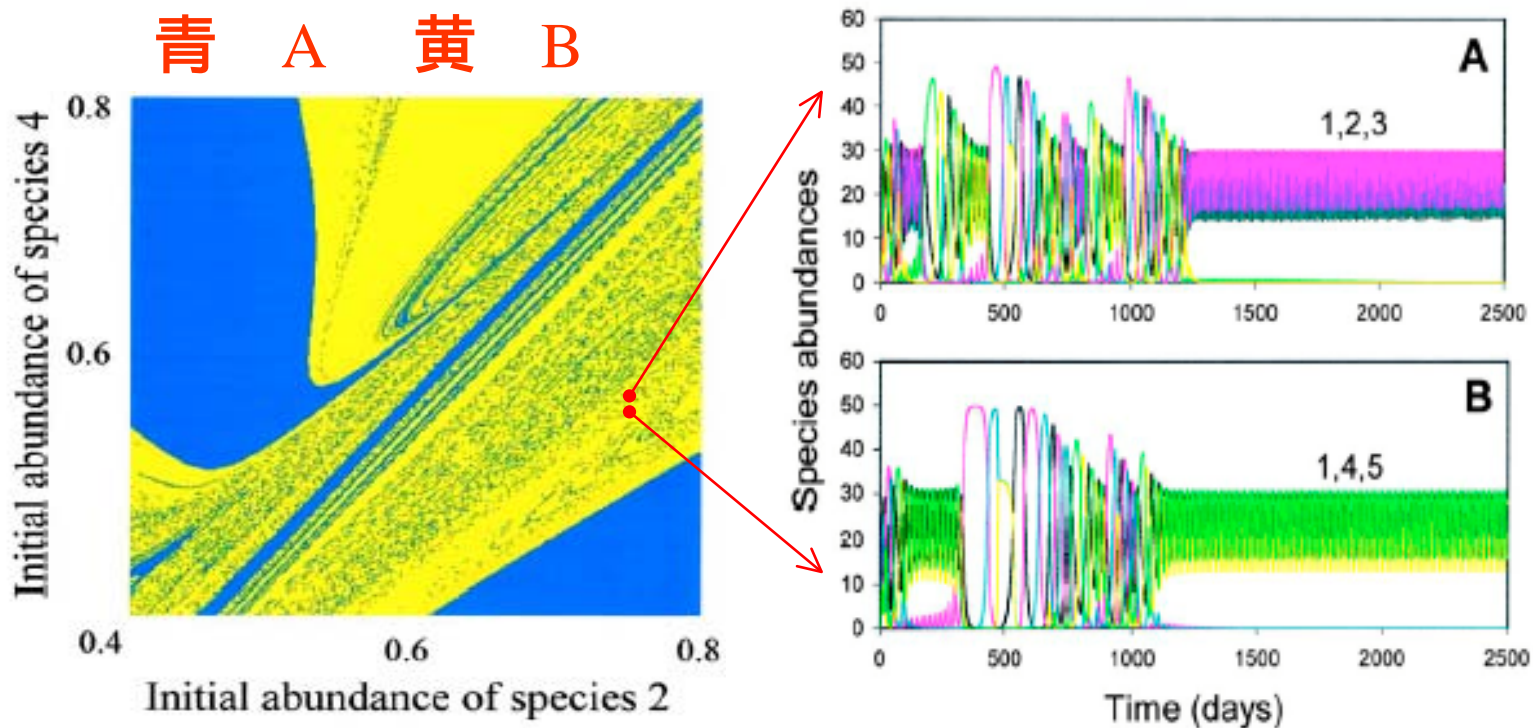
複雑な振る舞いとカオス

二つの側面

- "divergence of nearby trajectories"
 - 初期値への鋭敏な依存性
 - バタフライ効果
- 非ランダムな要素の相互作用によって、ランダムに見える振る舞いがおきる
 - 非周期的遷移
 - 過去のデータから将来の予測ができない

生態系と複雑な振る舞い(1)

鋭敏な初期値依存性と非周期的遷移



連続環境では、種2,4の初期バイオマスのわずかな違いが共存種を変える。また、群集遷移は一時的には非周期的であった。

(from Huisman & Weissing (2001), Am. Nat. vol. 157, pp488-494)

生態系と複雑な振る舞い(2)

理論と現実のすれ違い

- 生態系では、経験的証拠はほとんどない

Why?

- 生態系の構成要素は複雑すぎて、データのノイズで複雑な振る舞いが見えなくなる (Cushing et al. 2003)
- 複雑な振る舞いは、きわめて限定された条件でしかおきない (競争者の性質, 資源や競争者の数, 特別な関数... ; Scheffer 1991他, 多数)

- 応用生態学的分野では重要になる(はず)

- 保全・リスク調査・資源管理・etc.の分野では、モデルによる予測が重要
- 理論の上での複雑な振る舞いが、モデルによる予測を困難にする
- したがって、理論の上での複雑な振る舞いが、実際の系で現れる要因 / 抑えられる要因についての理解が必要

生態系と複雑な振る舞い(3)

この研究のアプローチ(仮説)

- 生態系では、経験的証拠はほとんどない

Why?

- 生態系の構成要素は複雑すぎるため、データのノイズで複雑な振る舞いが見えなくなる
- 複雑な振る舞いは、きわめて限定された条件でしかおきない

- 複雑な振る舞いは攪乱によって抑制されるのではないか？

- 複雑な振る舞いは攪乱に弱いかもしれない
- 攪乱は多くの一般的な生態系で普遍的にみられる

研究内容

(1) 数値モデルによるシミュレーション

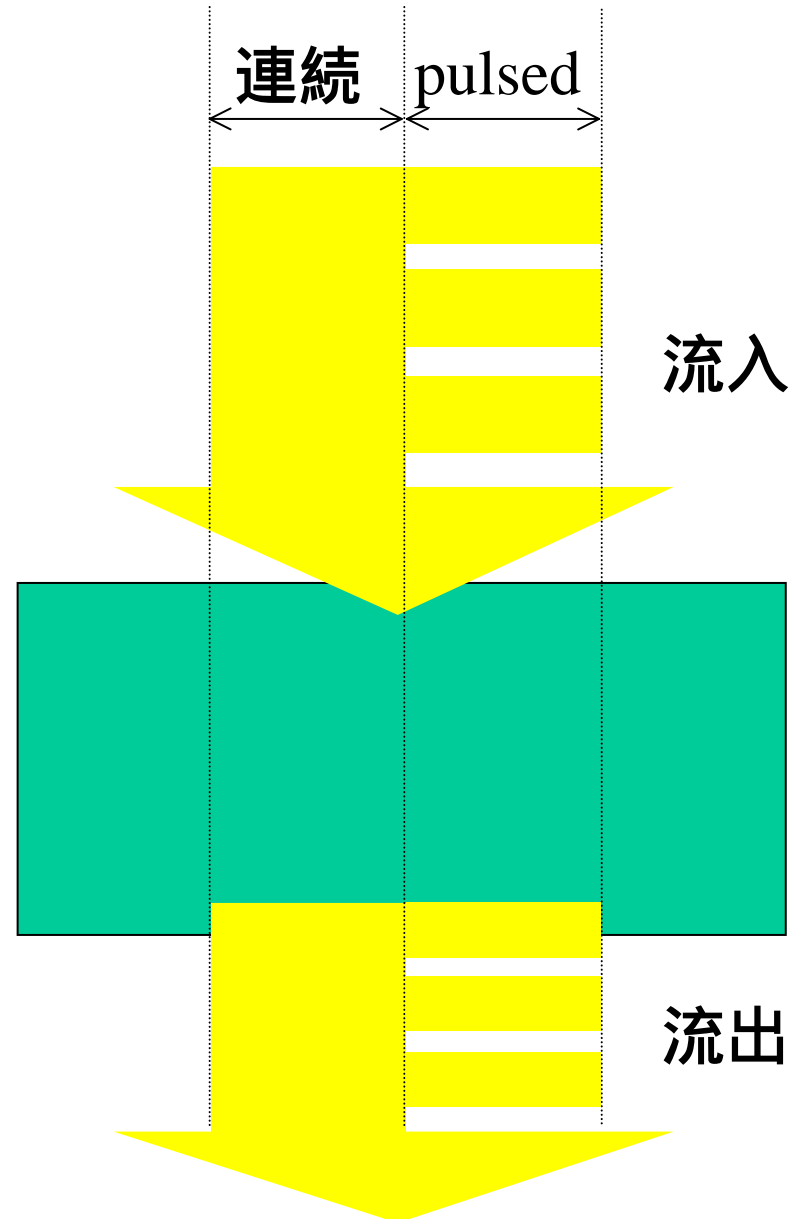
プランクトン系について、従来のモデルと攪乱があるモデルとで結果の比較を行った。

(2) 野外プランクトン集団の室内培養実験

プランクトンの室内マイクロコズム実験で、非攪乱環境と攪乱環境との結果を比較した

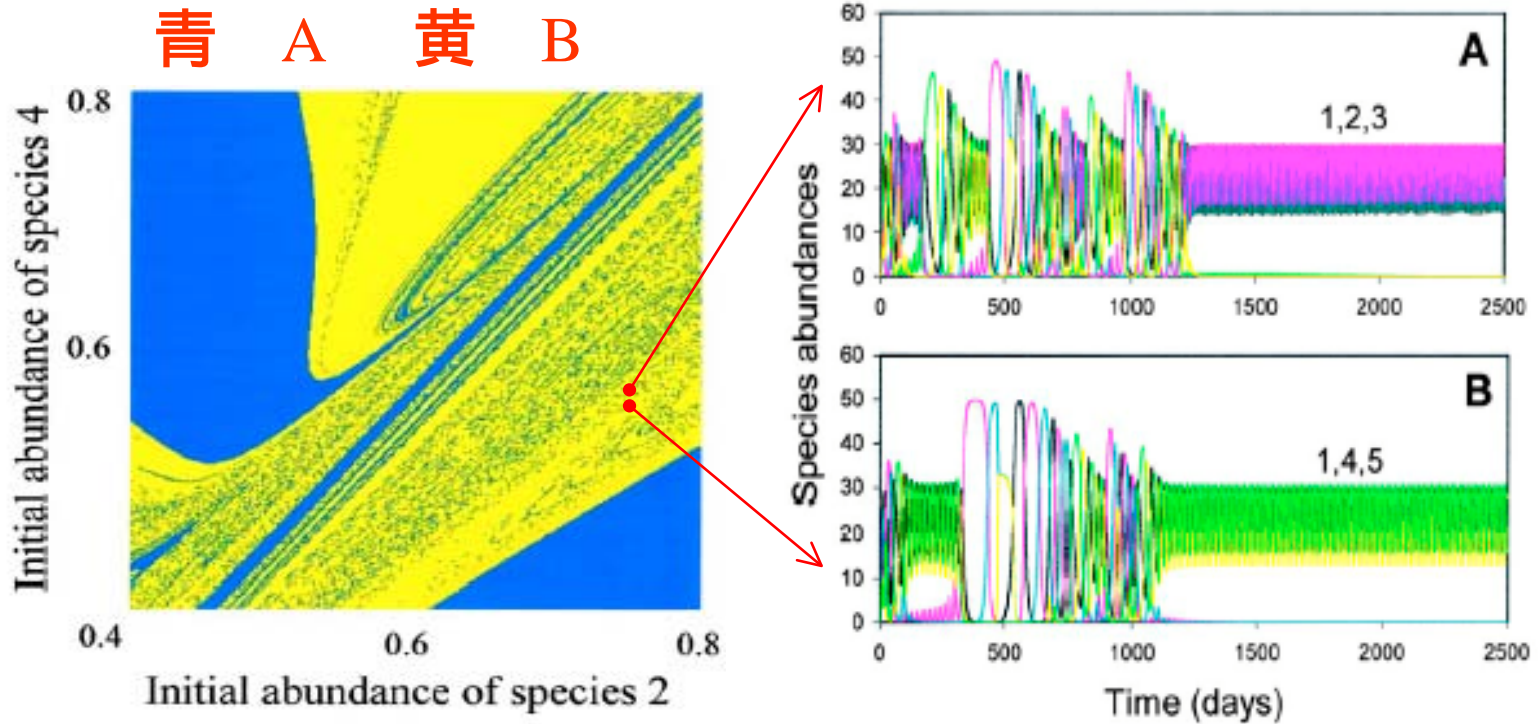
モデルの内容

- 藻類5種の資源競争系
- [連続 + パルス]で資源流入を与えて、パルスの割合(%)を攪乱の強さとした
- パルスの割合(%)と頻度(day^{-1})を変えて藻類系の動態を比較した



モデルの結果 0

攪乱がないと初期値への依存性は非常に鋭敏

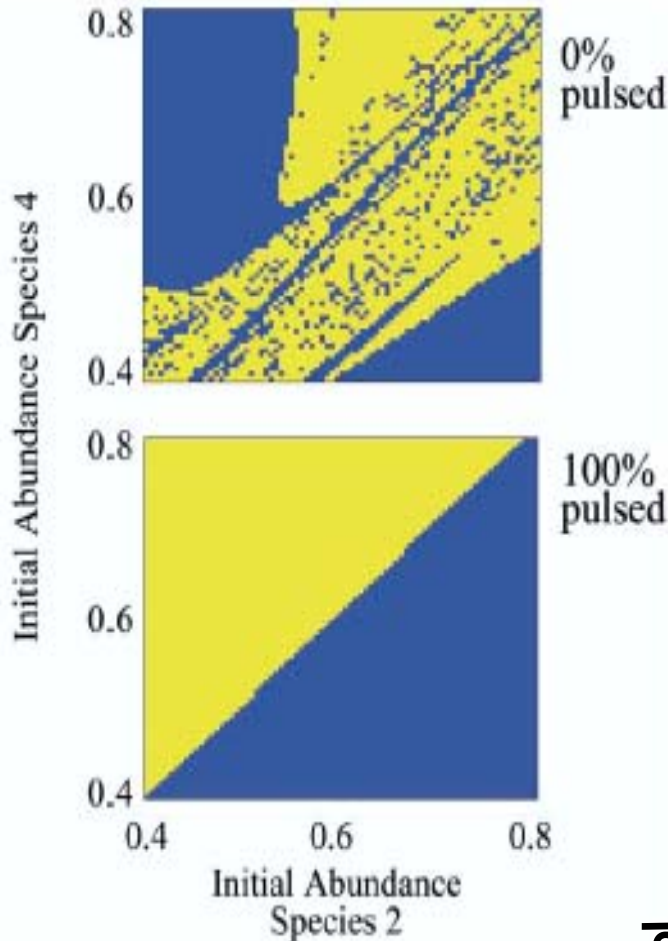


攪乱の無い連続環境では、初期値のわずかな違いに対する依存性は、非常に鋭敏であった。

(from Huisman & Weissing (2001), Am. Nat. vol. 157, pp488-494)

モデルの結果 1-1

系の鋭敏な初期値依存性は、
大きな攪乱によってなくなった

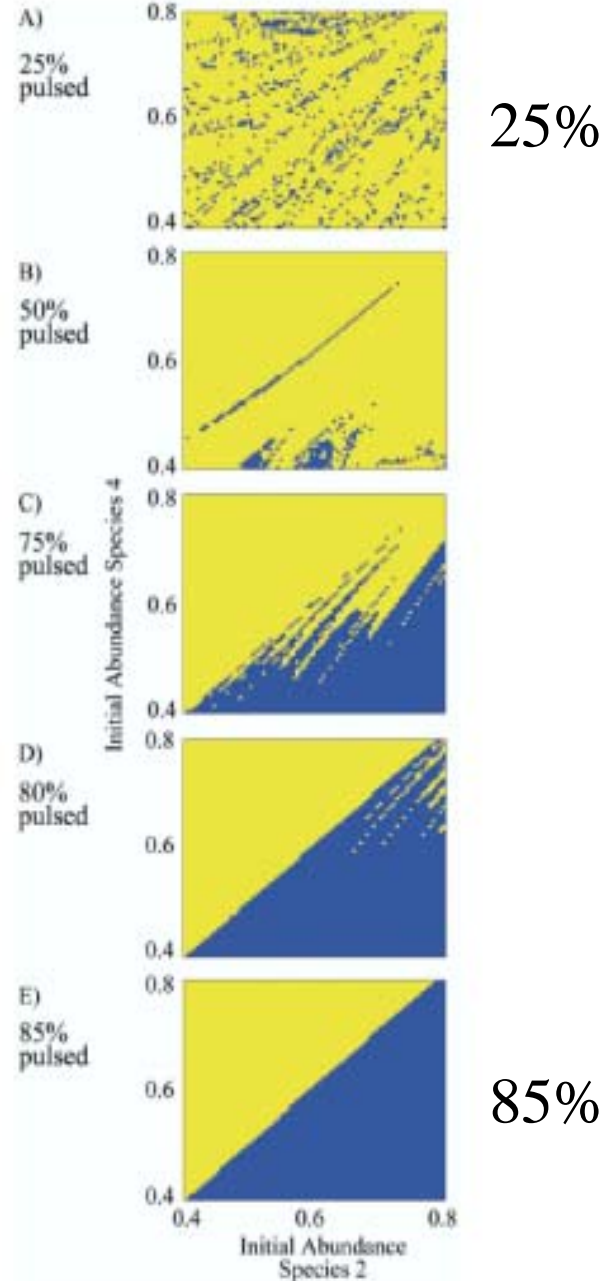


攪乱なし
(カオス的)

パルスの割合が増え
ると、鋭敏な初期値依
存性は抑制された

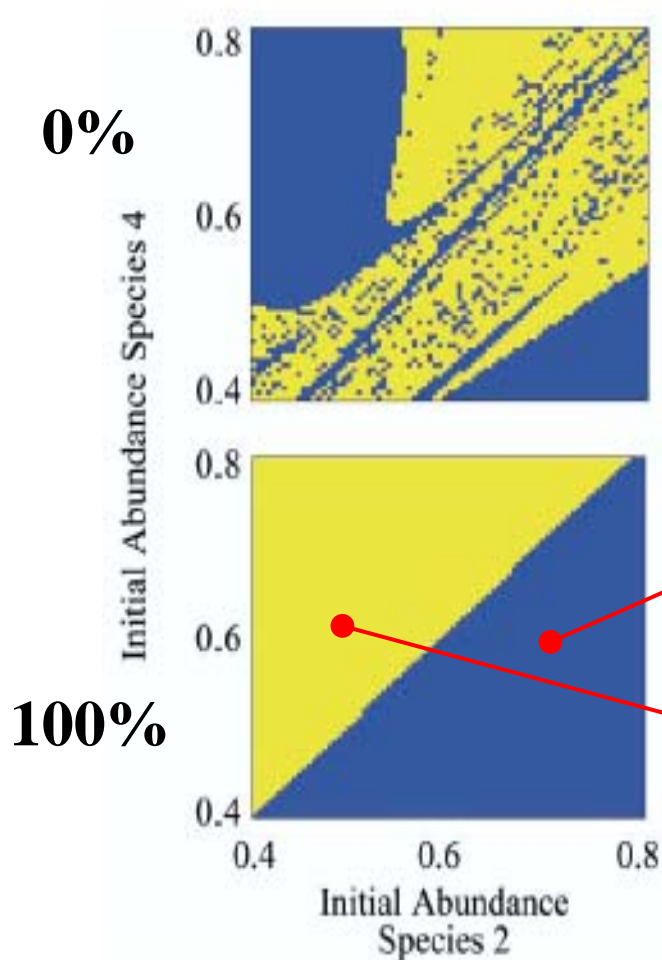
攪乱大
(確定的)

すべて3day-pulsed



モデルの結果 1-1 (補足)

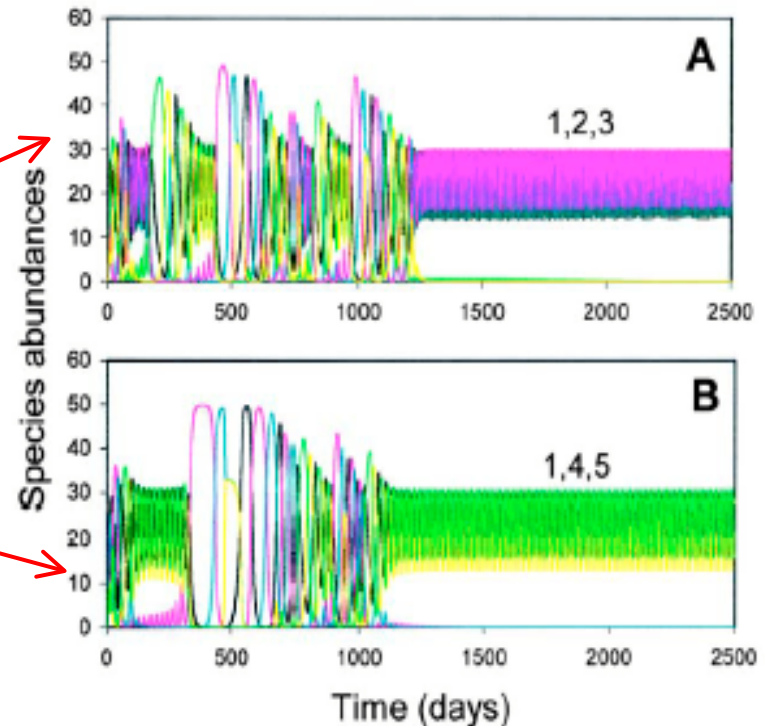
系の鋭敏な初期値依存性は、大きな攪乱によってなくなった



供給がパルス的になると、初期値
バイオマスの大きな種がより早く資源
を独占した

sp.2 > sp.4

sp.4 > sp.2

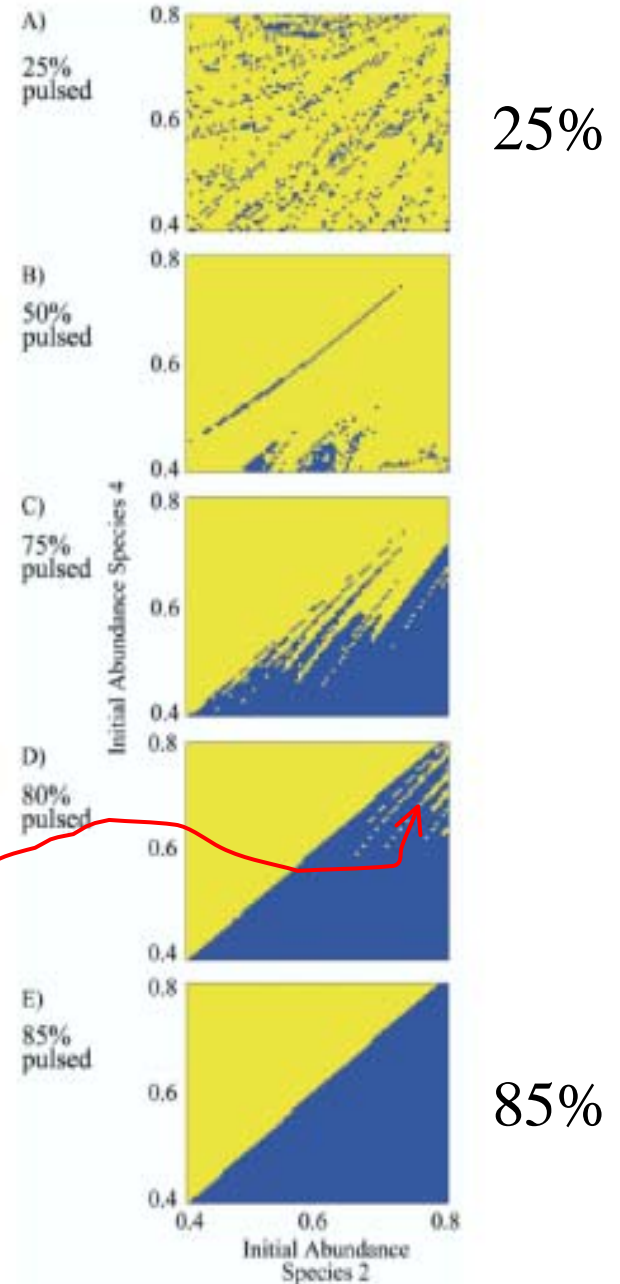


モデルの結果 1-2

系の鋭敏な初期値依存性は、攪乱に対してかなりロバストだった

完全に抑さえるためには、流入の85%以上がパルスである必要があった

85%-pulsed以下では初期値への鋭敏な依存性が残った



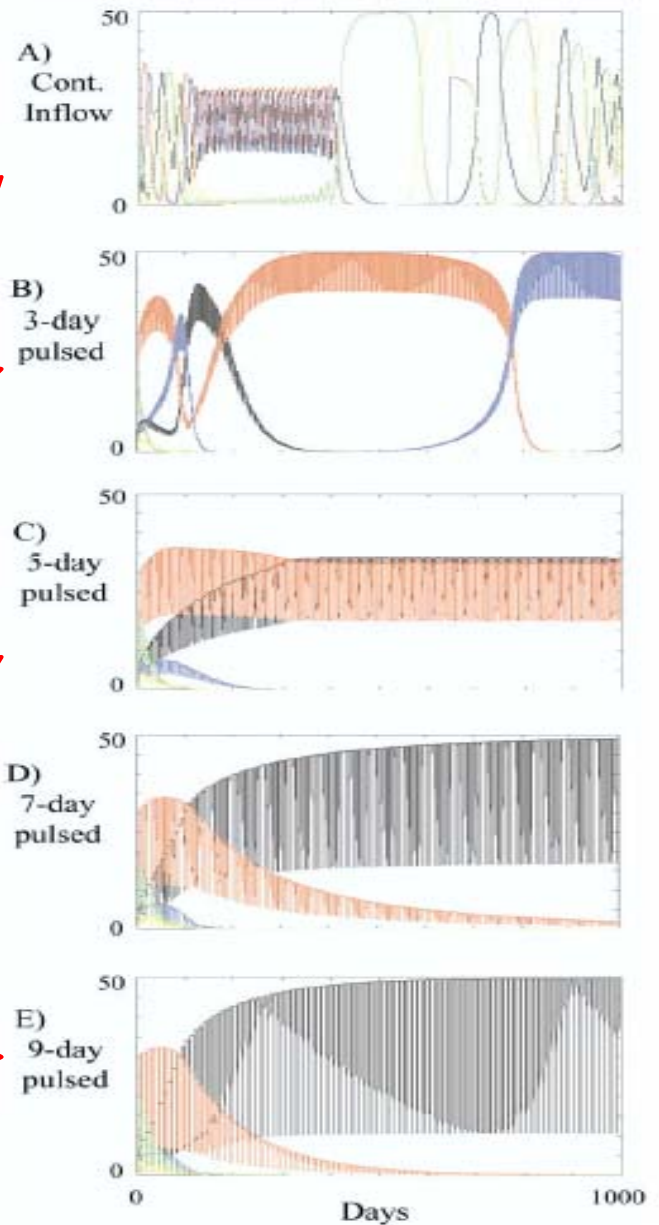
モデルの結果 2

系の非周期的遷移は、大きな攪乱によってなくなった

種の時間交代による共存(A,B)
遷移は非周期的(=カオス的)

競争排除則に従った“古典的”な
共存(C,D)

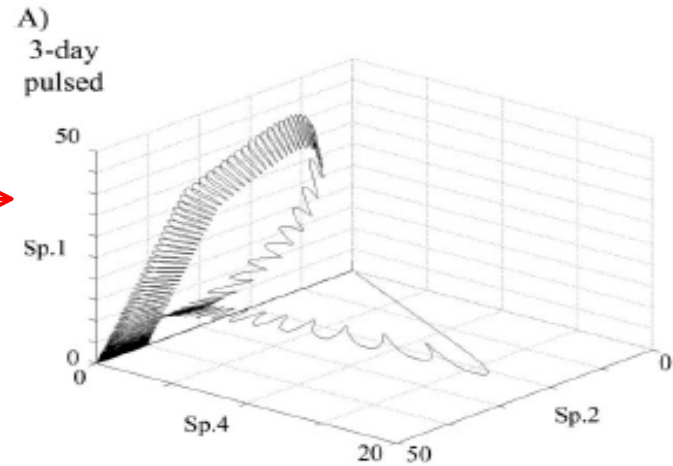
競争排除則に従った完全排除(E)
遷移は単に流入パルス関数と
なっている(=非カオス的)



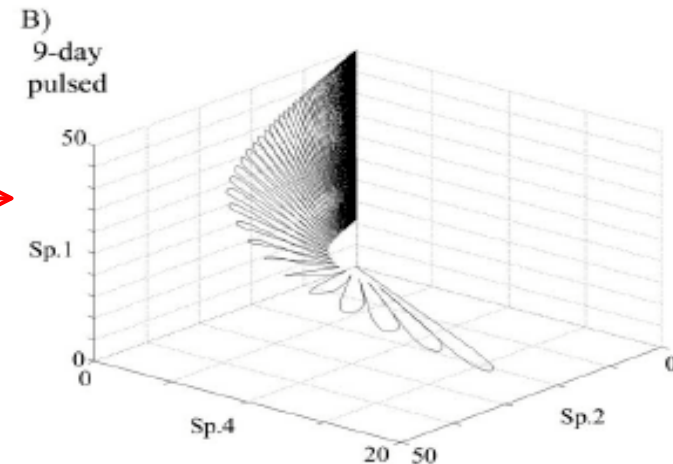
モデルの結果 2 (補足:カオス性判定)

系の非周期的遷移は、大きな攪乱によってなくなった

3-day pulsedではストレンジアトラクタ (=カオス的)



9-day pulsedでは平衡点アトラクタ (=非カオス的)



モデル研究のまとめ

- 系の鋭敏な初期値依存性は、大きな攪乱によってなくなった
 - とはいえ、その鋭敏性は攪乱に対してかなりロバストだった
- 系の非周期的遷移は、大きな攪乱によって(ほぼ)なくなった
 - とはいえ、攪乱が大きくても非周期的になることがあった。

研究内容

(1) 数値モデルによるシミュレーション

プランクトン系について、従来のモデルと攪乱があるモデルとで結果の比較を行った。

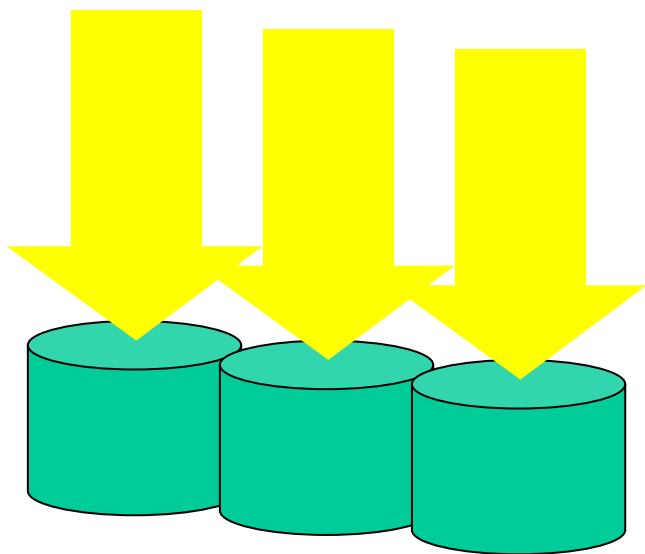
(2) 野外プランクトン集団の室内培養実験

プランクトンの室内マイクロコズム実験で、**非攪乱環境と攪乱環境**との結果を比較した

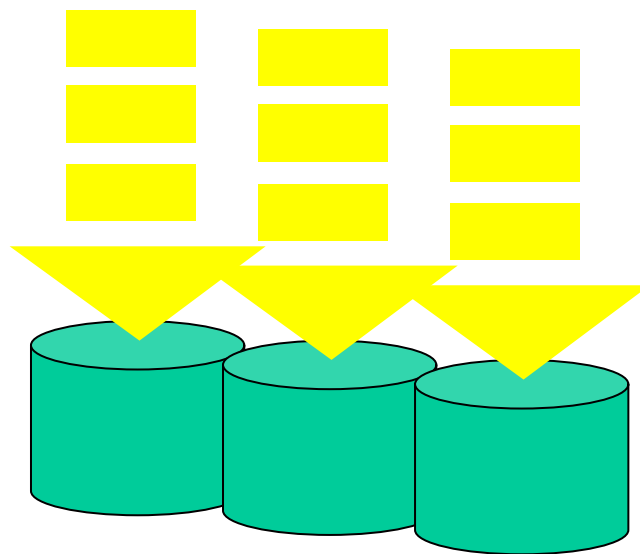
実験内容

連続環境と攪乱環境で、野外で採取したプランクトン集団を、それぞれ3レプリケートずつ培養した。

[攪乱なし]
連続流入



[攪乱あり]
パルス (100% per 3days)



実験結果

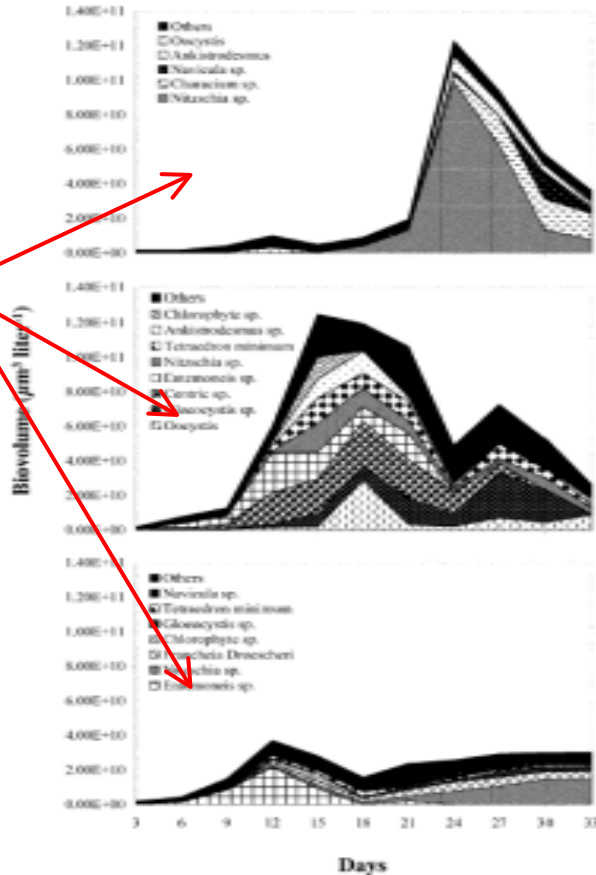
[攪乱なし]

[攪乱あり]

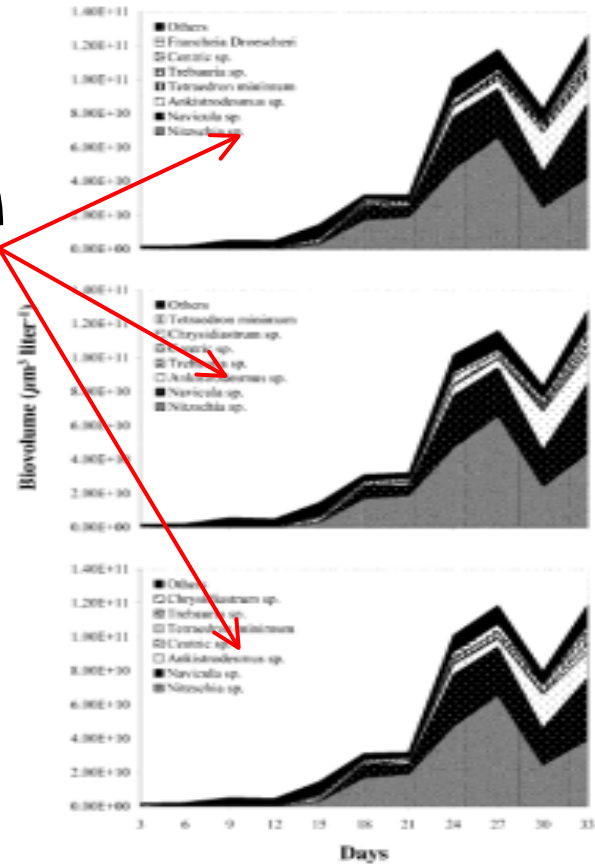
初期値の僅かな違いが、群集動態と種構成を大きく変えた

試行間の違いは無かった

大きく
違う



変わらない



実験研究のまとめ

- 攪乱のない環境では、初期値に対する鋭敏な依存性 (= 複雑な振る舞い) がみられた
- 攪乱環境では、複雑な振る舞いが抑えられた

これらはモデルの予測と一致する

まとめ

Q. プラクトン系や一般的な生態系では、複雑な振る舞いが見られないのはなぜか？

A. 断定は出来ないが、複雑な振る舞いは攪乱によって抑制される(かもしれない)。
つまり、予測のためには攪乱を考慮していく必要がある

発展

- この研究で用いたモデル以外でもテストする必要がある。
- 流入を操作することで、藻類ブルームが抑制できた。(Roelke et al. 1999; Roelke 2000)
- この研究によって、管理的アプローチはより望ましいものを選べるように改善されるだろう。