

# 野外調査で生じる観測誤差を考慮した生物群集動態の推定

深谷 肇一 統計思考院 特任助教

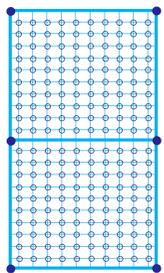
## シミュレーション

### 背景



#### 格子調査法による固着生物群集調査

- 固定されたプロットで格子状に固定調査点を設置
- 各調査点において占有種を記録
- 継続的な調査により種の時間的入れ替わりを観察
- マルコフ推移確率による群集動態の定量が可能



- 固定アンカー
- ◆ 固定調査点

#### 格子調査法における観測誤差

##### 固定調査点の正確な再測定は難しい

- 調査用具はあまり精密でないことが多い
  - 生物のサイズが小さい
- 調査点近傍の違う個体(種)を記録してしまう  
測定ミスが生じる
- 推移確率の推定バイアス

図1. 格子調査法.

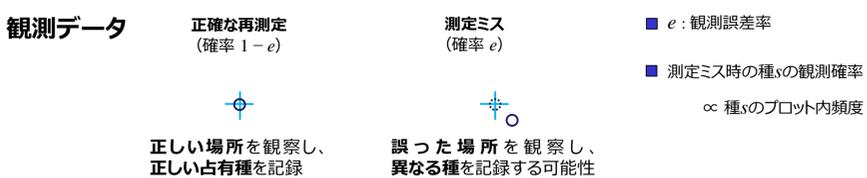
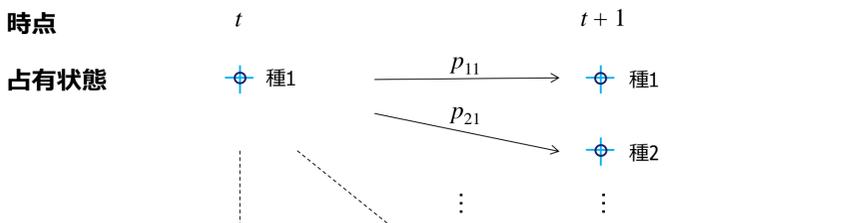
### 統計モデリングによる解決方法の提案

#### 状態の不確実性を考慮したMultistate dynamic occupancy model

- システムモデル** 調査点ごとの種の占有状態とその推移をモデル化
- 観測モデル** 占有状態と種の頻度に依存した観測過程をモデル化
- 1. 幅広い誤差率において推移確率  $p$  の推定バイアスを減少
2. 迅速な繰り返し調査のデータなしに誤差率  $e$  を推定可能

### モデル

#### システムモデル 調査点上の占有動態を推移確率を用いてモデル化



#### 観測モデル 占有状態に関連した観測過程をモデル化

図2. モデルの概念図.

### システムモデル

調査点  $i$ 、時点  $t$  における占有状態

$$z_{it} = s (s \in 1, \dots, S)$$

占有状態の時間変化

$$z_{i,t+1} | (z_{it} = s) \sim \text{Categorical}(p_{1s}, p_{2s}, \dots, p_{Ss})$$

時点  $t$  における種  $s$  のプロット内頻度

$$f_{st} = (\text{No. of points that take state } s [z_{it} = s]) / (\text{No. of census points})$$

### 観測モデル

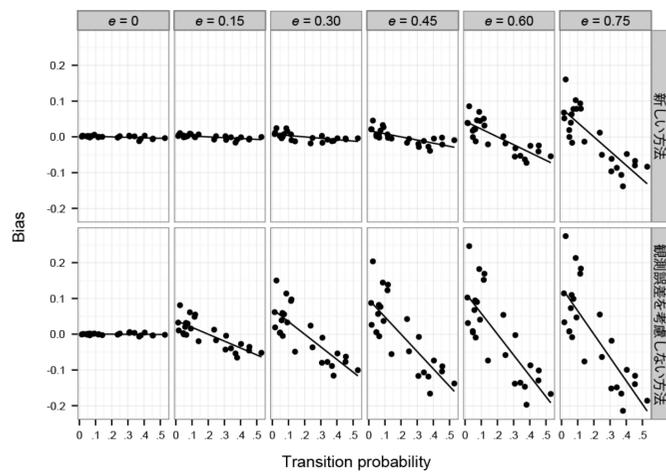
調査点  $i$ 、時点  $t$ 、観察機会  $n$  におけるデータ

$$\begin{cases} y_{in} = z_{it} & \text{when } I_{in}^e = 0 \\ y_{in} \sim \text{Categorical}(f_{1t}, f_{2t}, \dots, f_{St}) & \text{when } I_{in}^e = 1 \end{cases}$$

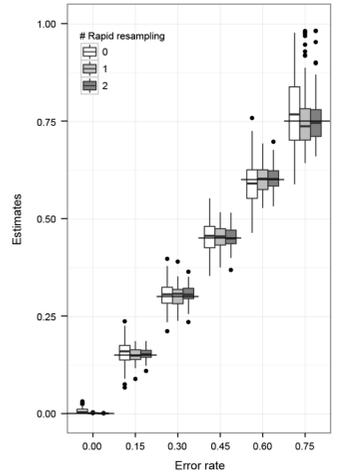
調査点  $i$ 、時点  $t$ 、観察機会  $n$  における測定ミスの有無

$$I_{in}^e \sim \text{Bernulli}(e)$$

### 推移確率 $p$ の推定バイアス



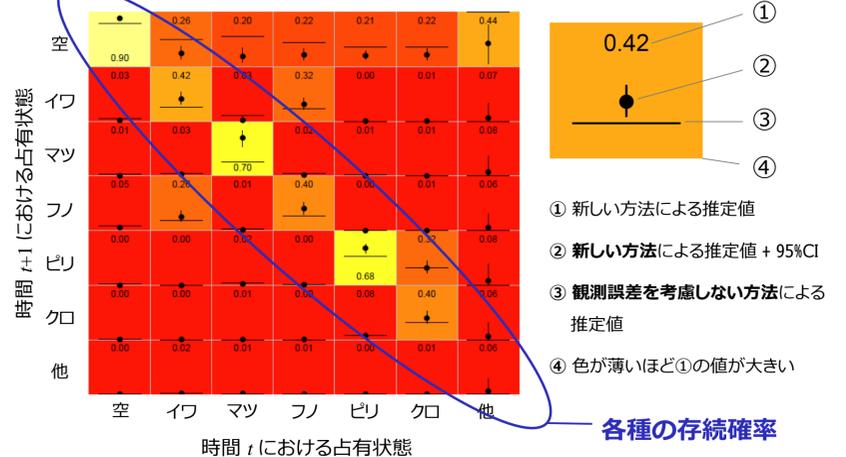
### 誤差率 $e$ の推定



- 幅広い誤差率において推移確率  $p$  の推定バイアスを減少
- 迅速な繰り返し調査のデータなしに観測誤差率  $e$  を推定可能

### 岩礁潮間帯(磯)の生物データへの適用

#### 推定された推移確率行列の例



観測誤差が考慮されないと...

種の存続確率の過小評価 → 群集動態の"速さ"の過大評価

### まとめ

- 種の占有動態を明示的に考慮することで、格子調査法による推移確率行列の推定は大きく改善する。
- 観測誤差を無視した推定は群集動態に関する誤った結論を導く可能性がある。この問題は複数状態動的占有モデルの枠組みを用いることで改善され、より正確な推論を行えることが期待される。

### 展望



#### 1. 空間統計の手法を用いたモデルの拡張

- 調査ユニット内の生物の分布は非ランダム
- 高さによる出現種の違い
  - 生物の集中分布
- 空間構造を考慮したモデリングが必要

#### 2. 最尤推定法の確立

- モデルは隠れマルコフモデルの一種
- EMアルゴリズムによるパラメータ推定

共同研究を歓迎します！

写真. 潮位に沿った群集構造の変化