

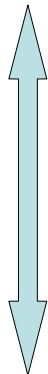
# 外来生物の分布拡大予測

- メタ個体群モデルを用いた侵入初期の分布拡大予測 -

小池文人(横浜国立大学)

## はじめは情報不足との戦い

調査容易



広い地域の中に分布するかどうか

分布地図(在・不在の空間分布)(メタ個体群モデル)  
食物や生息地の要求性

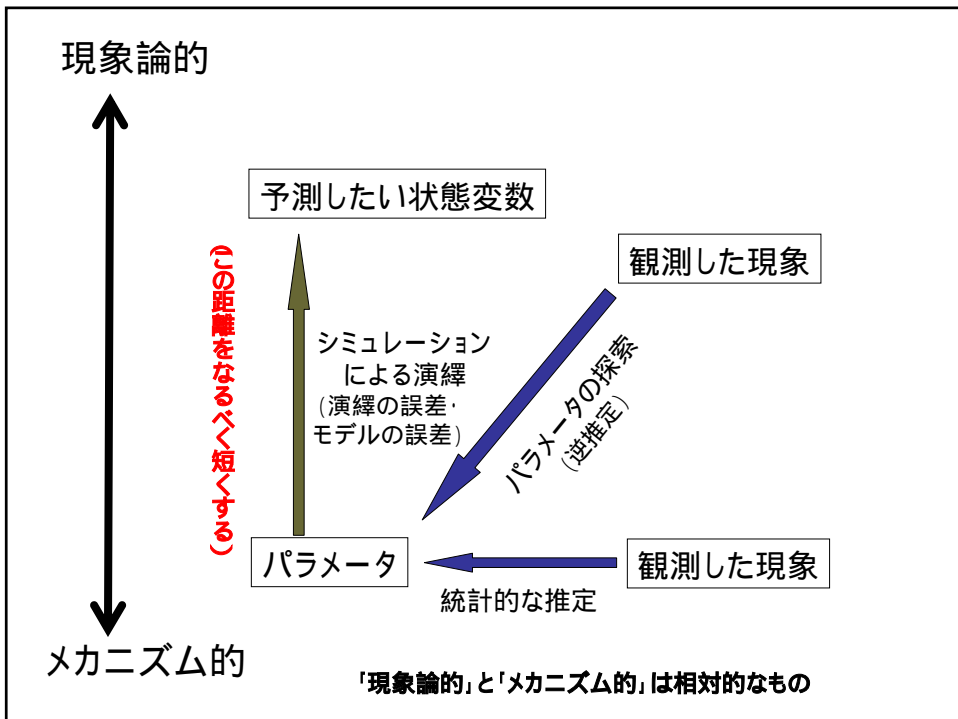
個体群動態のパラメータ  
個体群密度の分布地図(個体群動態+空間移動モデル)

調査困難

完全な情報が得られる前に行動する必要がある  
分布地図はとても有益な情報源

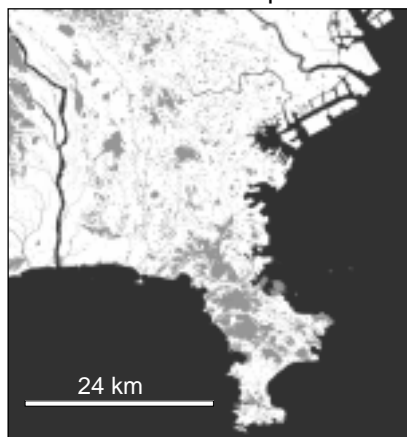
## 外来種で空間明示モデルが必要なふたつの場面

	メタ個体群	個体群動態と空間的移動
状態の記述	•メッシュやパッチごとの生物の在・不在	•メッシュやパッチごとの個体群密度(年齢構成も?)
動態の記述	•移住確率	•個体群パラメータ •分散カーネル, 移動モデル
必要なデータ	•2時点の分布地図 •植生図等ハビタット図	•初期状態の個体群分布 •個体群パラメータ(密度効果) •分散カーネル, 移動モデル •環境要求性モデル
特徴	•簡素	•細かなメカニズムを入れやすい
目的	•分布拡大予報	•被害軽減・根絶などのため



# なぜ空間明示的である必要があるのか

Habitat for forest species



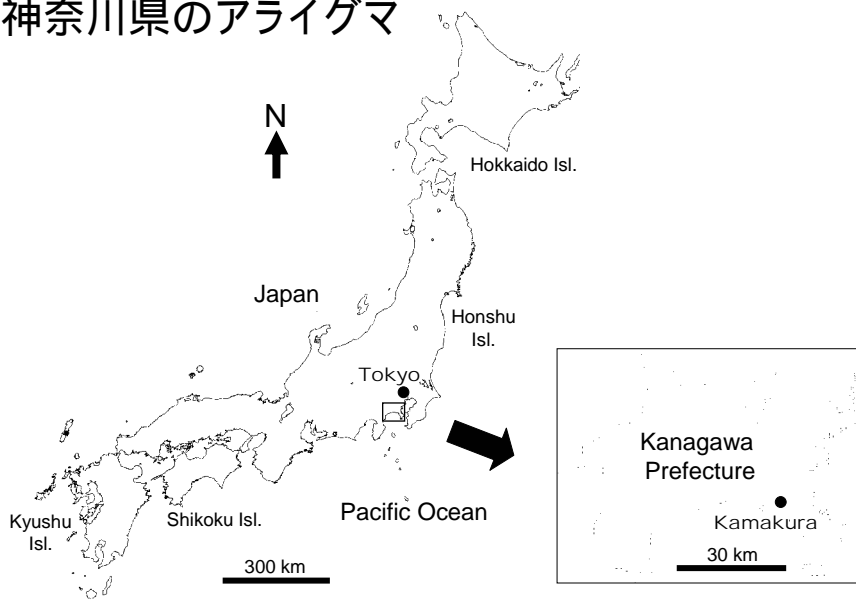
Habitat for species preferring disturbed area



■ Habitat    □ Non-habitat area    ■ Open water

潜在的な生息可能な場所(ハビタット)は不均一な分布をしている

## 神奈川県のアライグマ



## 神奈川県のアライグマ年表

1970

アライグマのテレビアニメーション  
アライグマをペットとして購入

1980

1988年頃鎌倉市に野生化したアライグマ

1990

1991年最初の報告

経済的な被害

- 屋根裏で子供を産む
- 農業被害

2000

## 2時点の分布図からの 分布拡大予測

2001年の分布図

2004年の分布図

1 km メッシュ  
植生データ  
(環境省)

(神奈川県)

(かながわ野生生物  
サポートネットワーク)

移住カーネル

ハビタットの条件

分布域拡大のシミュレーション



## 生息地の要求性

紫: アライグマ

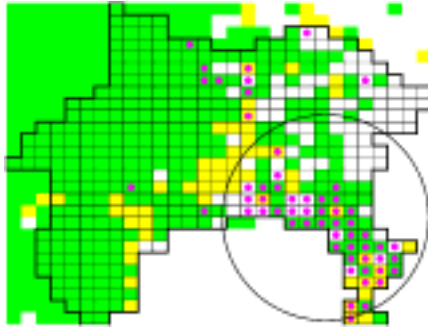
灰色: 不明メッシュ

点なし: 不在

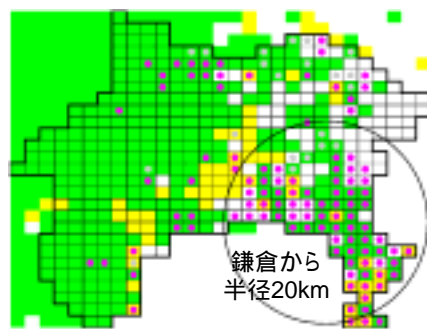
緑: 森林を含む景観(市街地, 耕地)

黄色: 耕地・草地など

白: 市街地



2001 (1999-2001)



2004 (2002-2004)

鎌倉から  
半径20km

在メッシュ / 全メッシュ

・森林を含むメッシュ 82%

・市街地, 耕地のみ 60%

P<0.05

**アライグマは少しでも森林を含むメッシュを好む**

## 自然の分布域での環境要求(北アメリカ)

### Habitat Suitability Model

CWHR Technical Report No. 18 (1995)

#### 食物

春: ザリガニ, 魚, 昆虫, 両生類, 小型哺乳類, 鳥類, 卵

夏と秋: 果実, 穀物, ドングリ, その他のナッツ

冬: ドングリ, 動物性のエサも

#### 地被

森林や低木林

⇒ この研究とほぼ同じ(主にシェルターのため)

#### シェルター

樹木の穴, 倒木, 木材や石の集積, 地下の穴

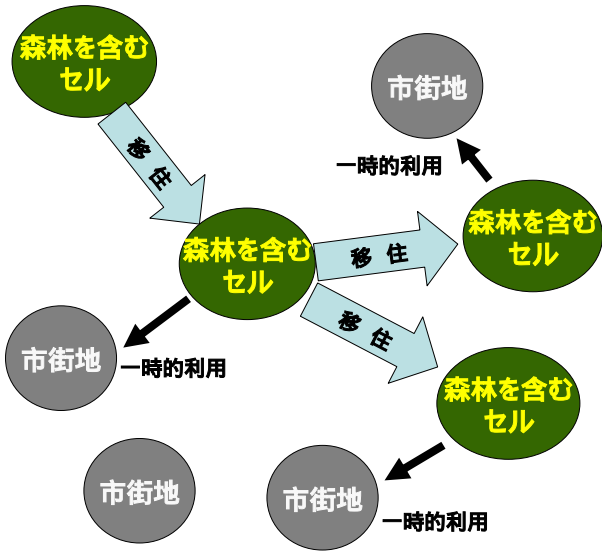
⇒ 日本ではシェルターが重要な資源になるかもしれない

#### 開水面からの距離

67-140m, 180-800m

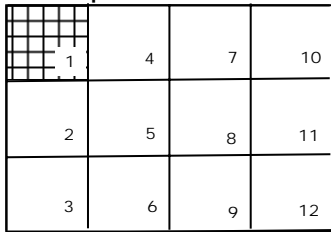
⇒ 日本では小川や水田は十分多い

# メタ個体群モデル

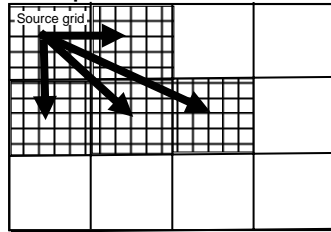


- 空間構造**
- 実際のランドスケープ
  - 森林を含むセルをハビタット
- 状態の記述**
- セルごとに
  - アライグマの 在・不在
- 動態の記述**
- 距離依存の移住
  - 絶滅確率は実際のもの (2001-2004)
- 時間のステップ**
- 3年ごと

Map of 2001



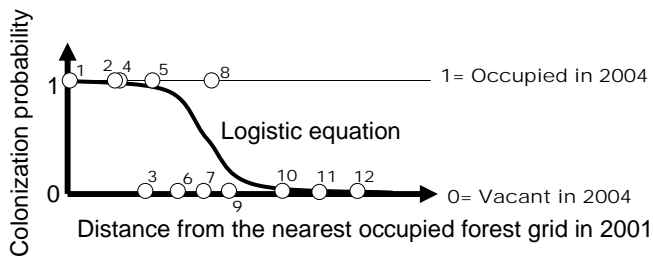
Map of 2004



occupied



vacant



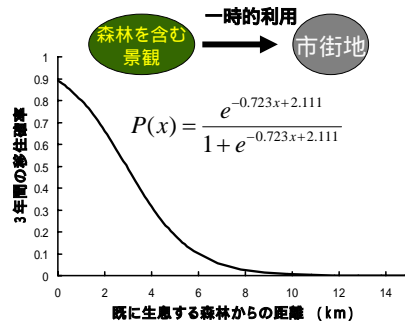
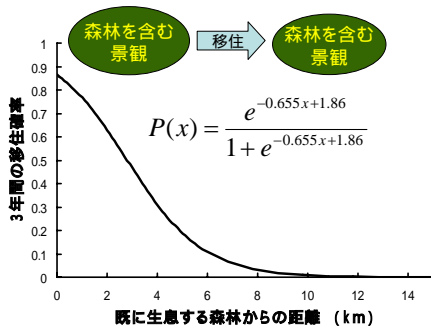
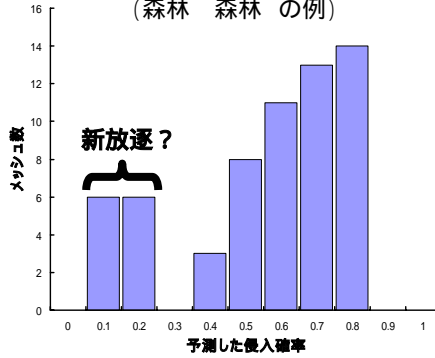
# 新たな放逐の影響を除外する手順

## 1回目の解析

予測では侵入しないはずなのに  
実際は侵入しているメッシュを  
「新放逐」と見なして削除

## 2回目の解析

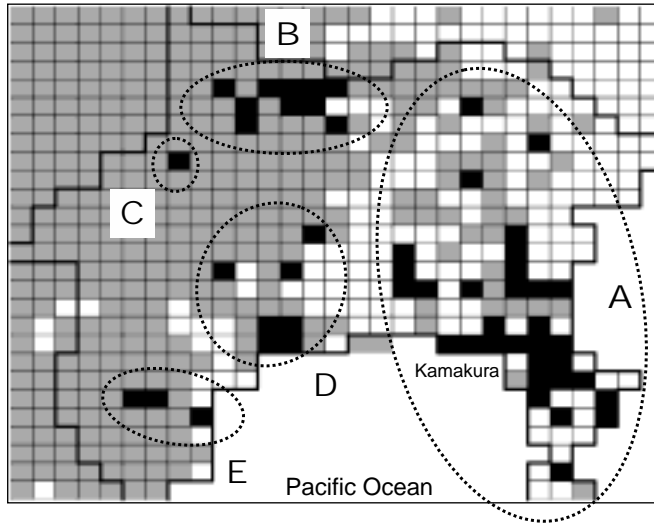
実際に侵入があったメッシュの  
予測侵入確率  
(森林 森林 の例)



分散距離は数kmで、どちらもほとんど同じ

密度が低くて再発見できない、少数個体が導入されて絶滅  
絶滅メッシュとして評価

距離 > 10km



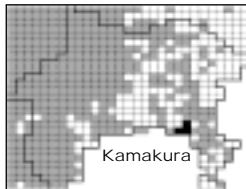
このデータをもとにすると5個の地域個体群がある。ただし

- ひとつの地域個体群の起源も雑多
- 鎌倉で捕獲した個体を丹沢で放したらしい

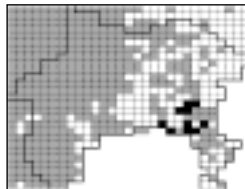
➡ 遺伝子の解析とは一致しないかも

## 信頼性の検証： 歴史を再現できるか？

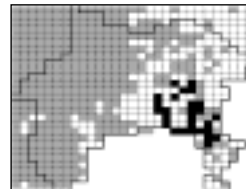
Start



6 years



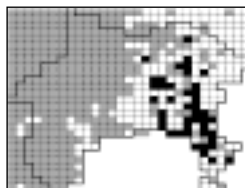
12 years



18 years



24 years

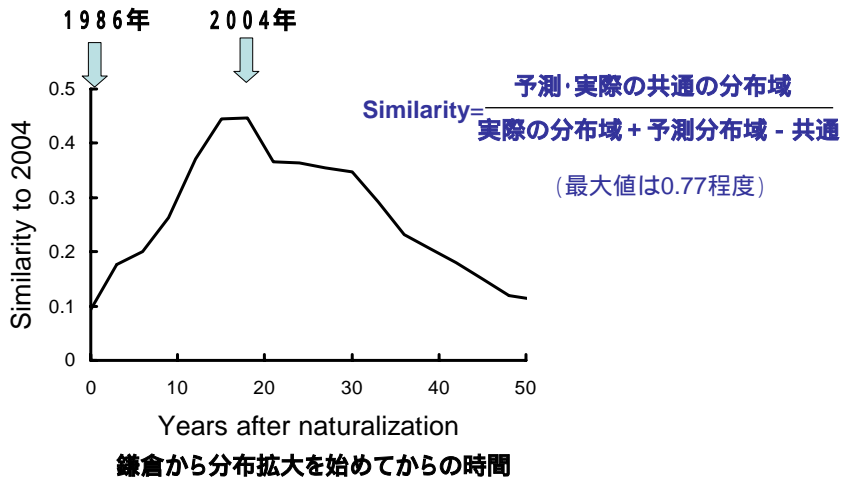


30 years





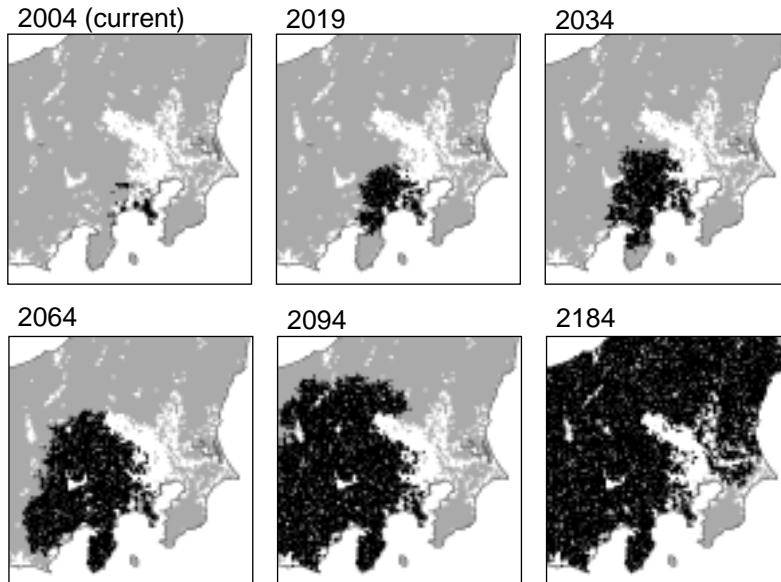
# 信頼性の検証



1988年に鎌倉から分布拡大を始めた歴史とほぼ一致する

## アライグマの分布拡大予測

(神奈川県のみから拡大すると仮定)



•今世紀中に多くの地域で普通の種になる

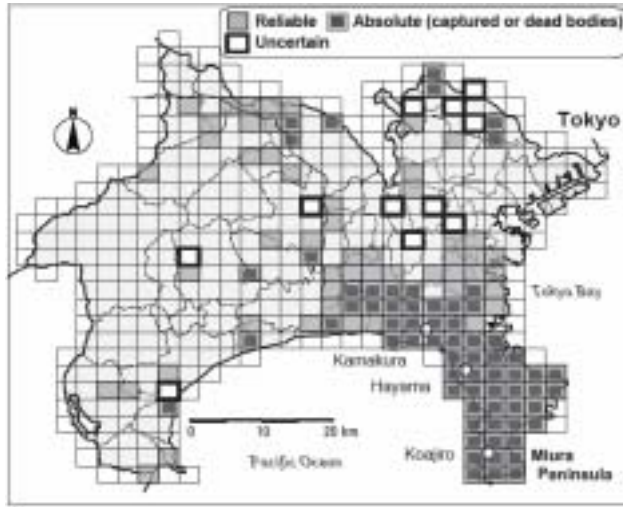
•県外にも野生化しているので実際にはもっと早く分布拡大

•確率的な計算のひとつの例を示す

•市街地・耕地での分布は表示していない

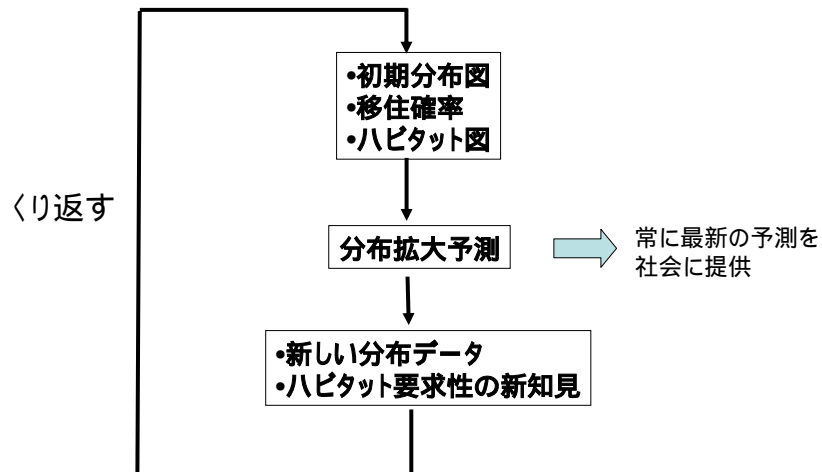
•黄色がアライグマがいるメッシュ

## 分布データもどんどん更新される



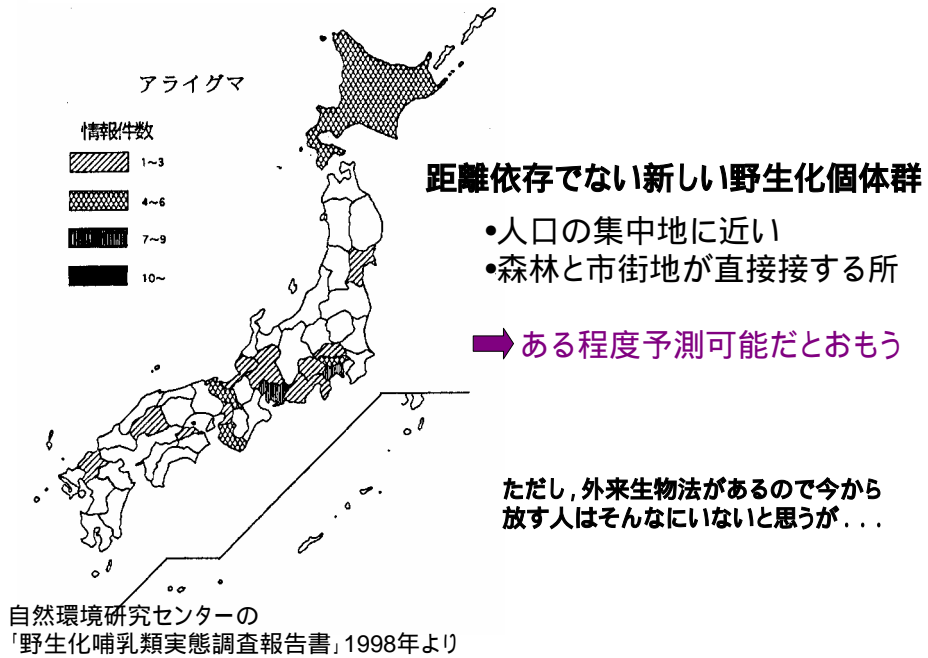
Hayama et al. 2006

## 分布拡大予報



毎日予測を繰り返す天気予報に似ている  
業務で行うひとが必要かもしれない

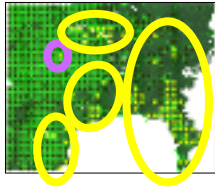
# 人間による新規放逐をモデルに組み込めるか？



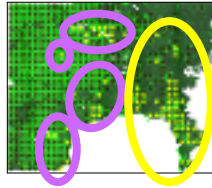
## 空間的なコントロール戦略

どの地域個体群から取り除くべきか？

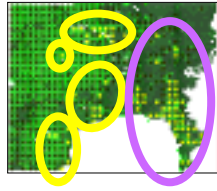
もし根絶するなら、どれから行うべきか



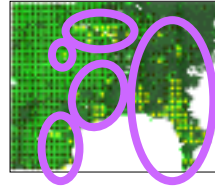
孤立した周辺の個体群



周辺個体群全て



中心の個体群



全ての個体群

## 手順

移動距離 < 10 km

相互に交流のない個体群を区分  
(クラスター分析)

除去する個体群  
の組み合わせを決める

取除いた後の分布拡大シミュレーション

すべての組み合わせ  
で計算を繰り返す

利益 / コスト 比を計算

最適除去パターン

## 最適化の方針

利益 ( $t$ ) = 根絶事業を行わない場合の  $t$ 年後の生息メッシュ数  
- 根絶事業を行った場合の  $t$ 年後の生息メッシュ数  
(事業によって  $t$ 年後の生息メッシュ数がどれだけ減ったか)

コスト = 根絶した個体群のメッシュ数

最適化の対象  $\frac{\text{利益 (}t\text{)}}{\text{コスト}}$

## この計算で考慮した地域

