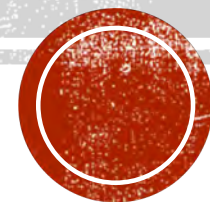


魚類動態シミュレーションに おける行動モデルの検討

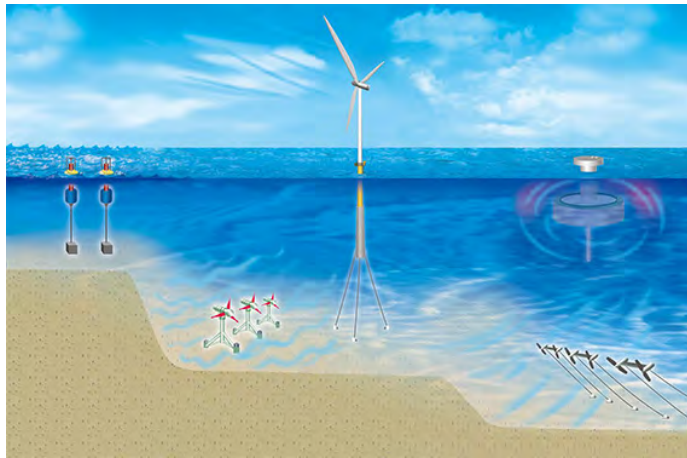
2018/2/6

多部田研究室 B4 三木 皓貴



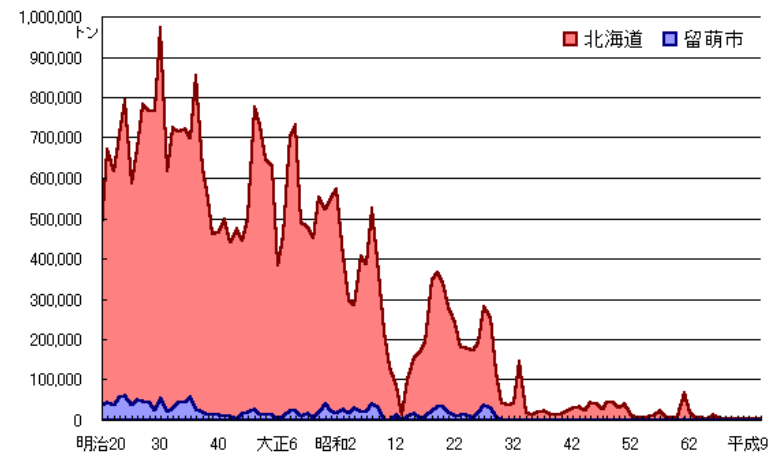
背景

➤ 海洋開発における環境影響評価



海洋再生可能エネルギーのイメージ
<http://project-kaiyoukaihatsu.jp/industry/>

➤ 漁業の持続可能性維持



北海道、留萌市のニシン漁獲量推移
<http://rumoi-suisan.sakura.ne.jp/data.html>

- 海洋設備の魚類への悪影響、動態の改変

環境・生態系の保全
漁業の経営維持

- 乱獲、環境汚染などによる魚類資源の減少

魚類の動態の精度良い把握・予測が必要

魚類動態モデル

◆グリッドベースモデル

- 対象空間を格子に分け、それぞれの格子に存在する個体数を変数としてオイラー的に計算する
- 計算領域内での個体の循環を表すのに適する
- 計算負荷が少ない

→白田(2009)...瀬戸内海東部のマダイ

→本宮(2012)...伊勢湾のマアナゴ

→鈴木(2015)...伊勢湾のマアナゴ・シャコ

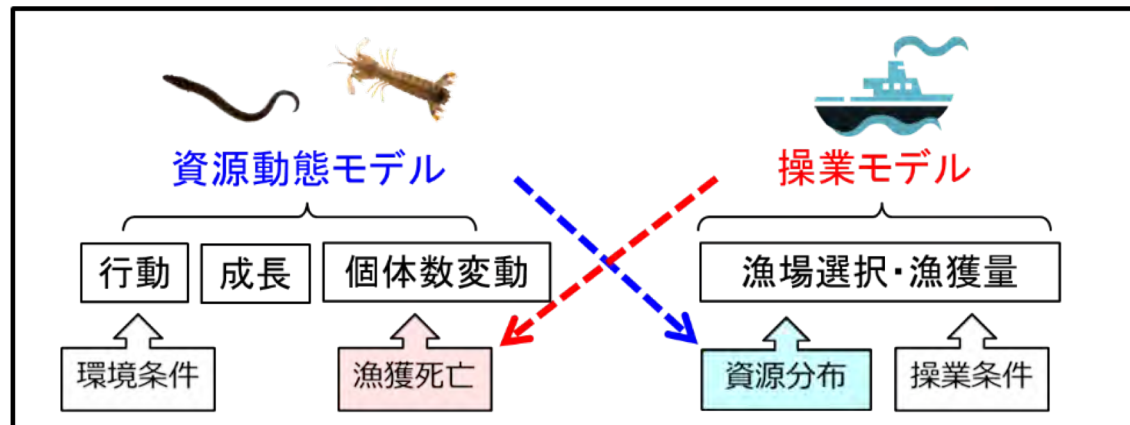
◆個体ベースモデル

- 魚の各個体の位置を変数として、その時間変化をラグランジュ的に計算する
- 位置の予測や環境変化などによる個体への直接的影響を評価できる
- 個体間の差異、個体同士の相互干渉を考慮することができる

→新たに個体ベースモデルの開発に取り組む

参考モデル

- 伊勢湾漁業シミュレーター...鈴木(2015)



伊勢湾内でのマアナゴ・シャコの経年的な個体の行動、成長、個体数変動を組み込んだ資源動態モデル
+
操業条件に基づいた漁業の操業モデル

参考モデル

- 伊勢湾漁業シミュレーターの行動モデル
...グリッドベースモデル（誘引型）

- 選好強度...各格子の環境条件の指標

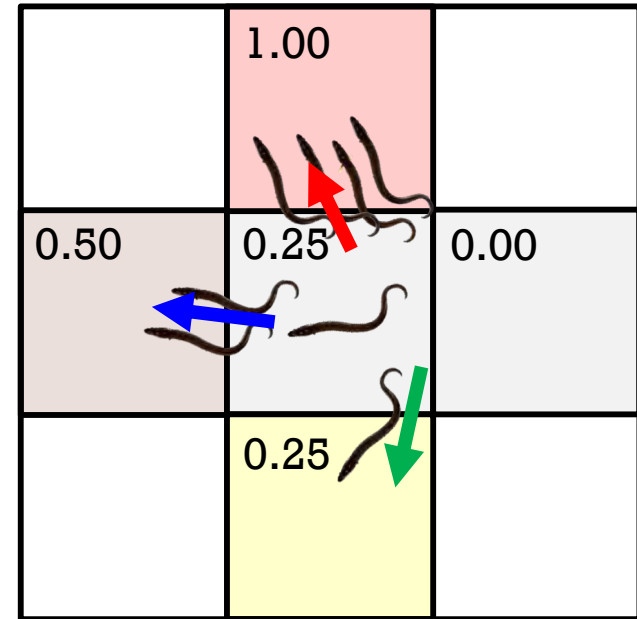
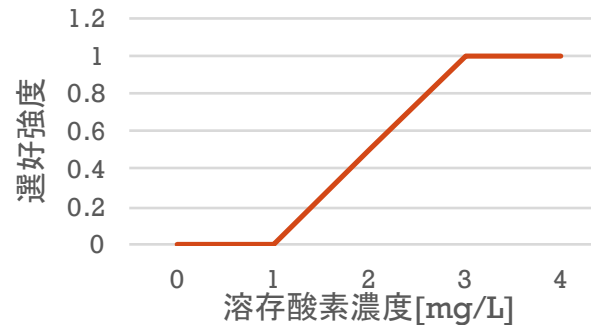
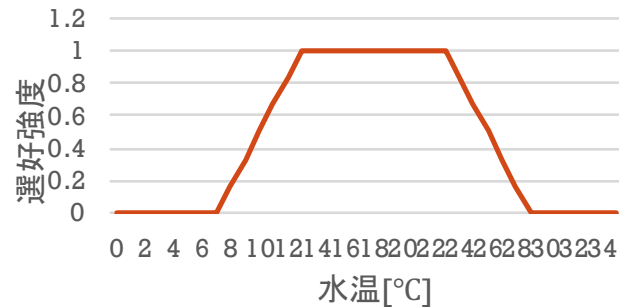
$$PR_i = P_{i,1} * P_{i,2} * P_{i,3} * P_{i,4}$$

$P1$: 海(1)か陸(0)か

$P2$: 水温の選好強度(0~1)

$P3$: 溶存酸素濃度の選好強度(0~1)

$P4$: 底質の選好強度(0~1)



現在地と隣接セルの5か所に対し、選好強度に比例配分して移動先を決定

底質	マアナゴの選好強度	シャコの選好強度
岩	1.0	0.0
砂礫	1.0	0.4
砂質土	1.0	0.4
シルト	1.0	1.0
粘性土	1.0	1.0

目的

- 従来のグリッドベースモデル（誘引型）

 - ...魚が離れた海域の環境条件を知覚して行動判断

 - ⇔魚が知覚できるのは流れを感知できる範囲内

- 個体ベースモデル

 - ...行動に環境選好性が考慮されていないものが多い

 - （強制移動、個体間の干渉のみの考慮など）

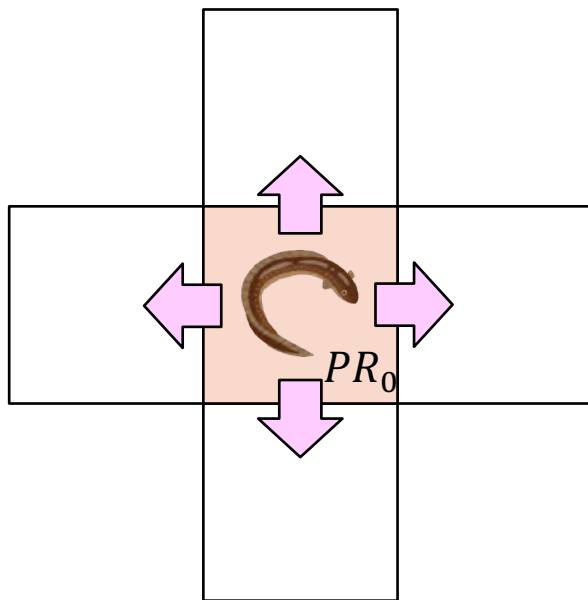
 - ⇒個体ベースの行動モデルに選好性を含める

- ① 湾スケールの魚類動態シミュレーションにおけるより合理的な魚類の行動モデルを提案し、その特徴を調べる。

- ② 魚類の個体ベースモデルを構築し、①で提案した行動モデルを実装するとともに、湾スケールのシミュレーションに適用する。

行動モデル

- グリッドベースモデル 忌避型



現在地の格子の選好強度のみから行動を判断

ある時間にある格子にいる個体数をNとする

次のタイムステップで同じ格子に残る個体の数...

$$N \times k \times PR_0$$

N:格子の個体数 k:選好係数 PR₀:選好強度

現在の格子から離脱する個体

→周辺4格子に均等に配分

$$N_t \times \frac{1 - (k \times PR_0)}{4}$$

...無作為に決定 (ランダムウォーク)

ケーススタディ

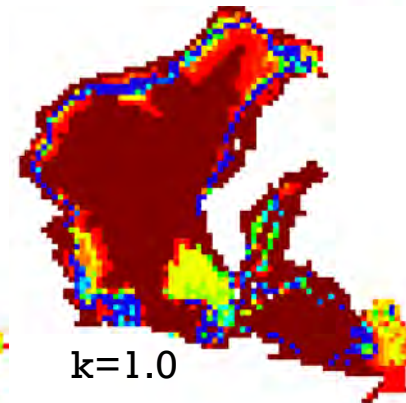
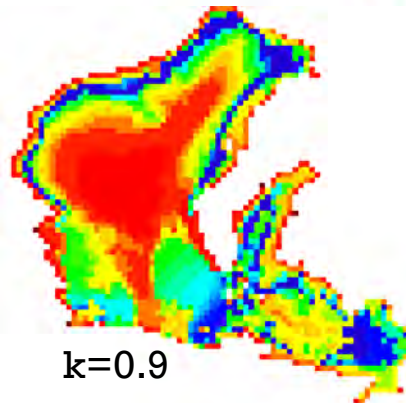
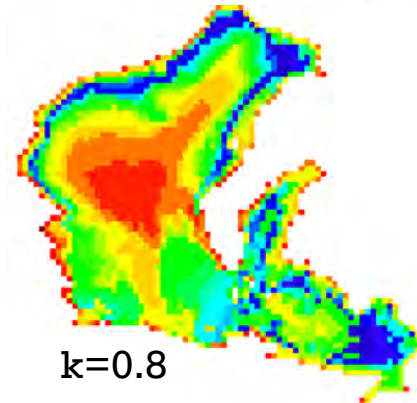
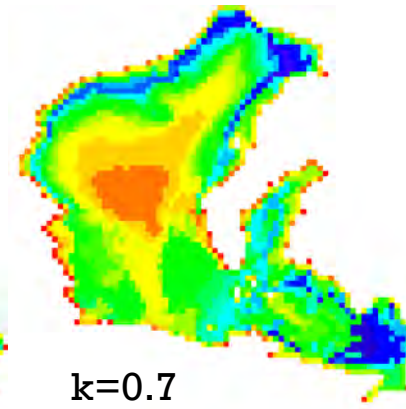
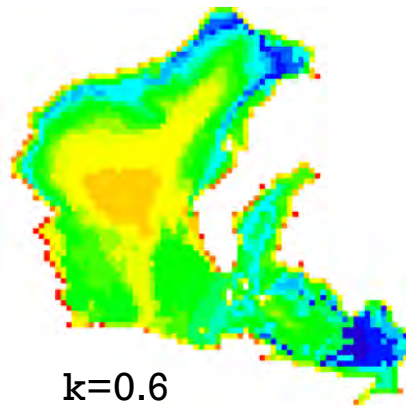
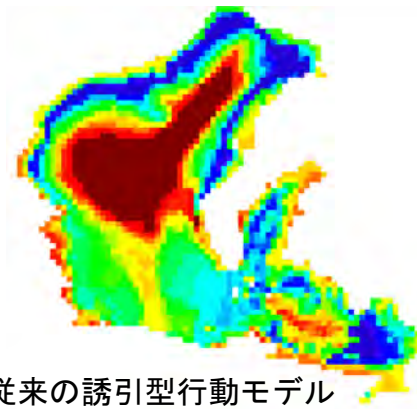
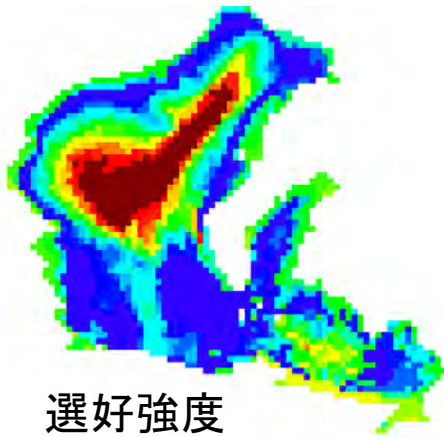
- 計算領域：伊勢・三河湾
- 想定魚種：マアナゴ（海底面を移動）
- 格子サイズ：900m×900m
- 計算期間：4年間
- 時間間隔：30分←遊泳速度から決定。
L=30cm, v=50cm/sで1格子900m
→ $900 / (50 \cdot 10^{-2} \cdot 60) = 30\text{min}$
- 環境条件：本宮(2012)が作成した
2007年のデータを繰り返し使用
- 初期条件：1年の始まり（4月）に加入個体を10m以浅の海域に配分



結果...選好係数kによる違い

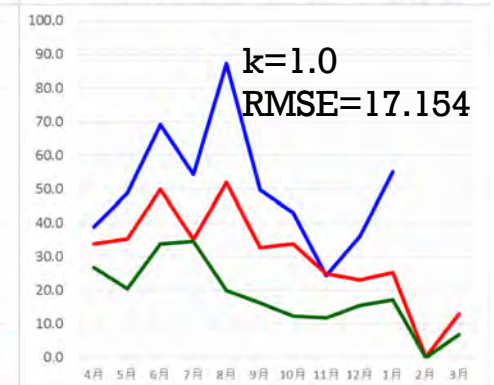
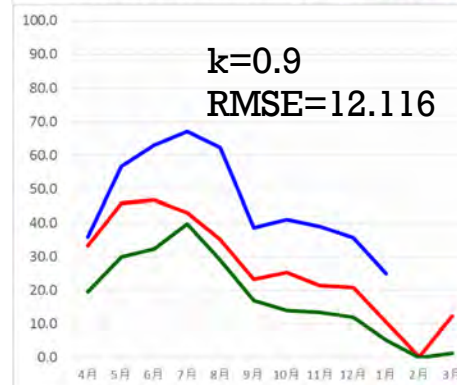
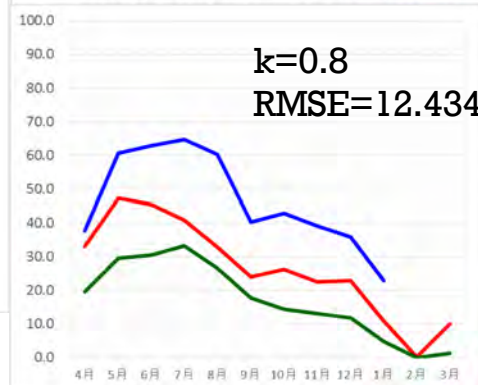
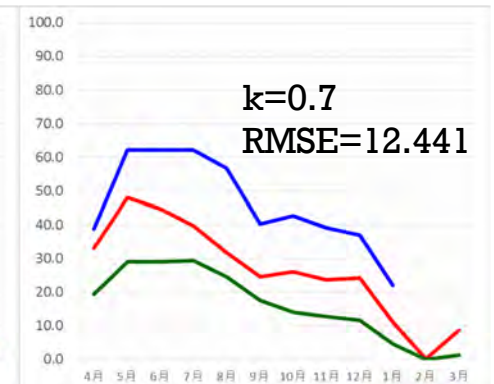
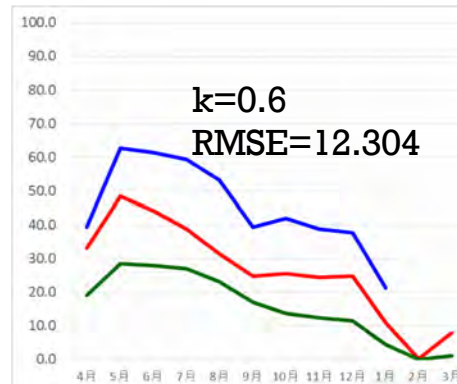
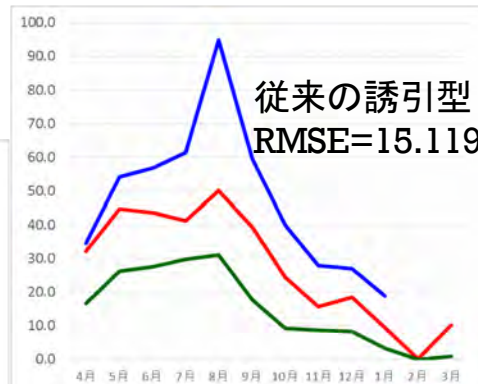
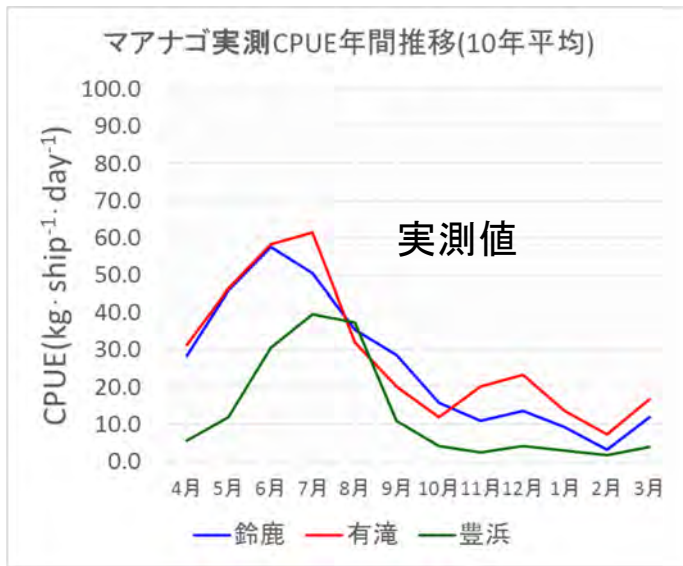
- 選好係数kによる違い
- 4年目の8/1における
2年級群の資源量分布

選好強度
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
0.55
0.60
0.65
0.70
0.75
0.80
0.85
0.90
0.95
1.00



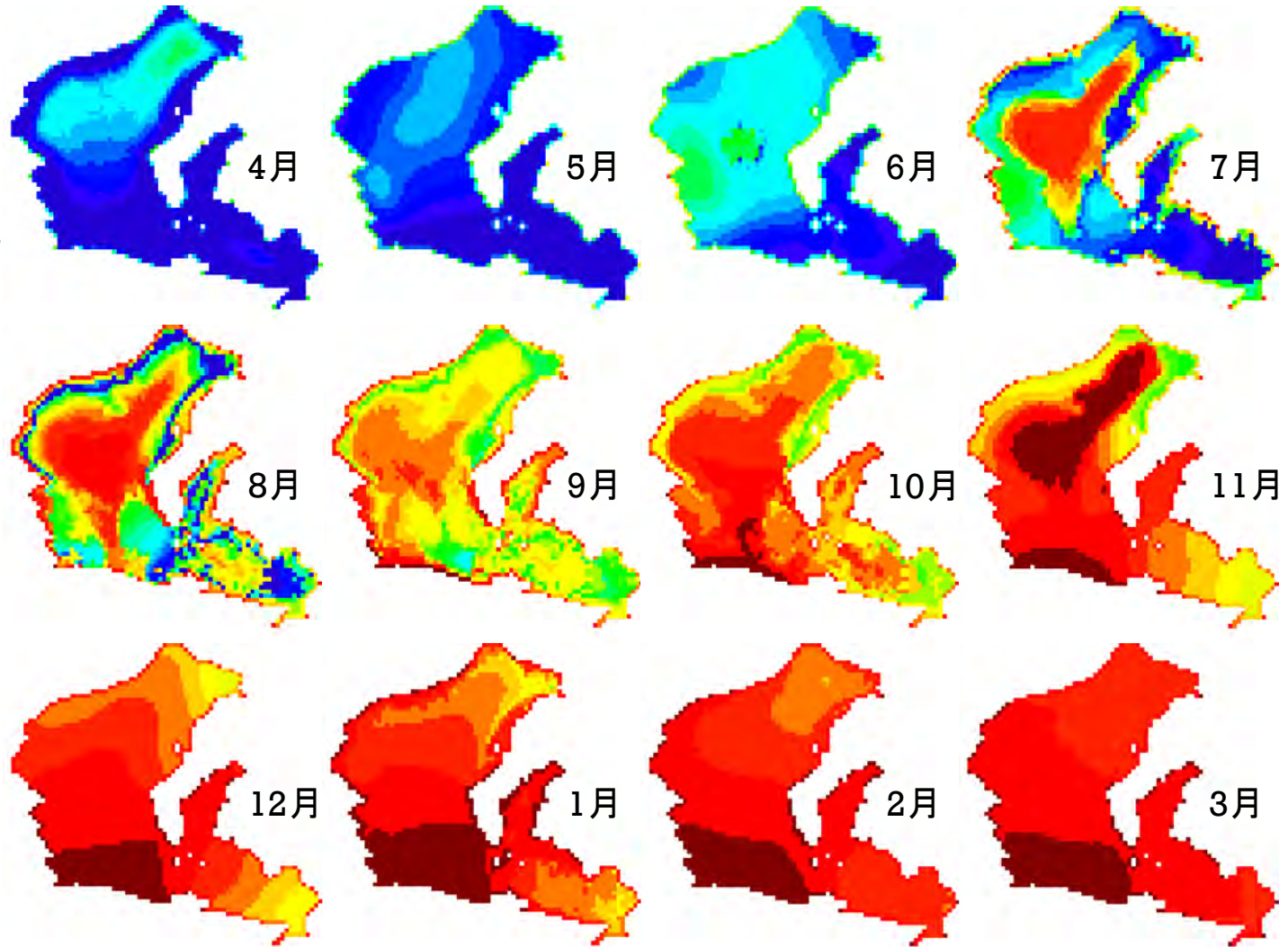
資源量 (inds/grid)
500.0
1000.0
1500.0
2000.0
2500.0
3000.0
3500.0
4000.0
4500.0
5000.0
5500.0
6000.0
6500.0
7000.0
7500.0
8000.0
8500.0
9000.0
9500.0
10000.0

結果...月平均CPUE



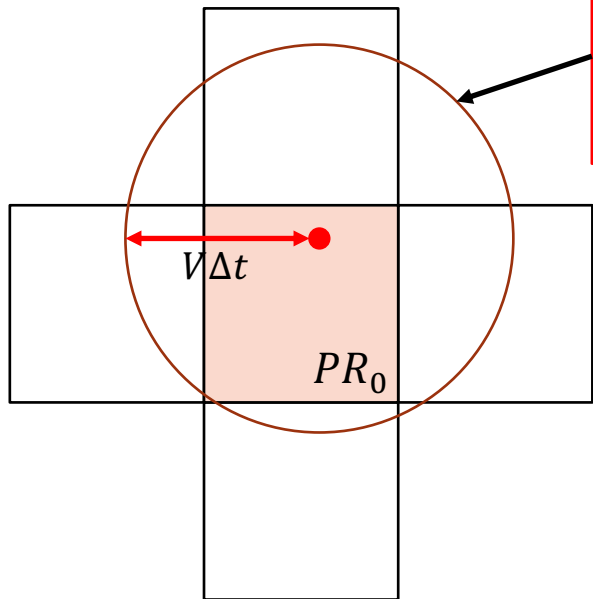
結果

▪ $k=0.9$ の時の
各月の資源量分布



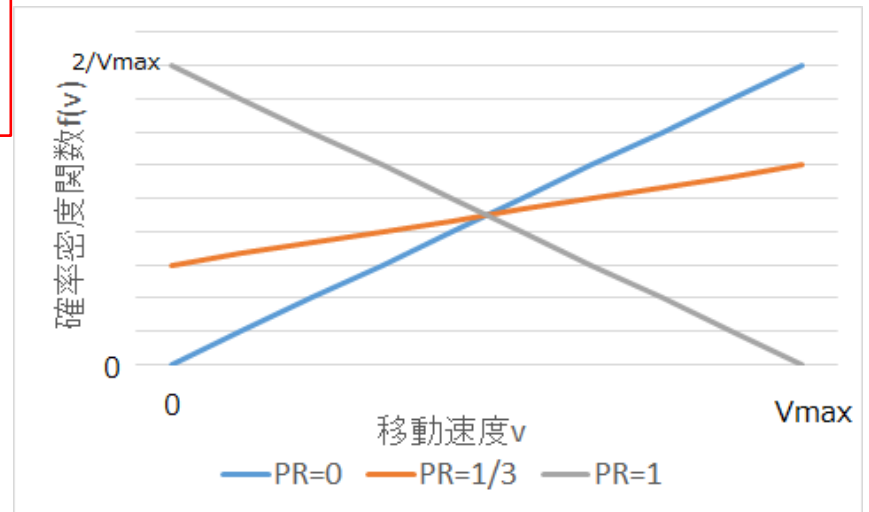
行動モデル

- 個体ベースモデル 忌避型



1タイムステップで
移動可能な範囲
移動速度 v
 $0 \leq v \leq v_{max}$

現在地の格子の選好強度のみから行動を判断



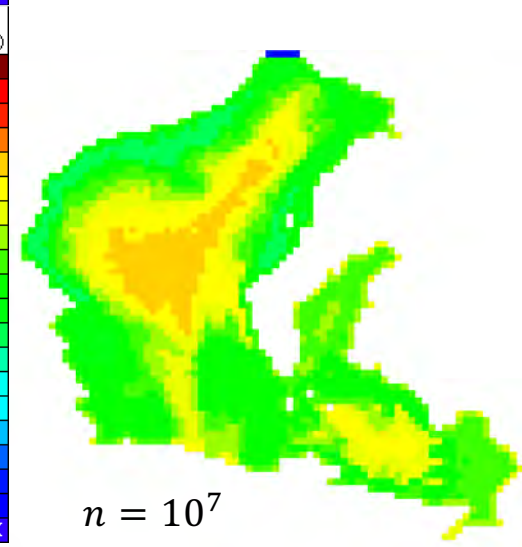
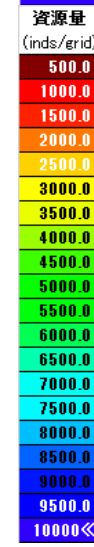
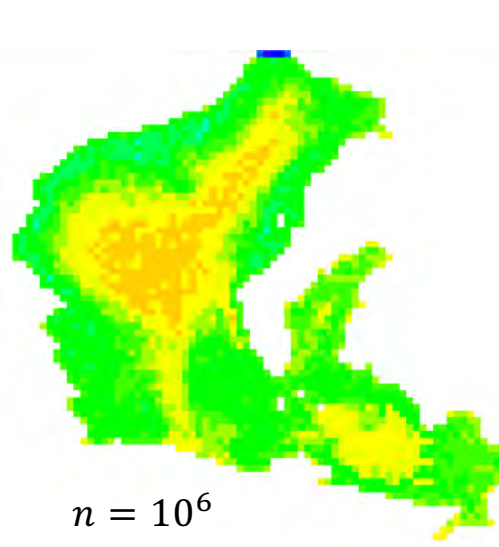
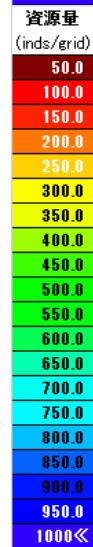
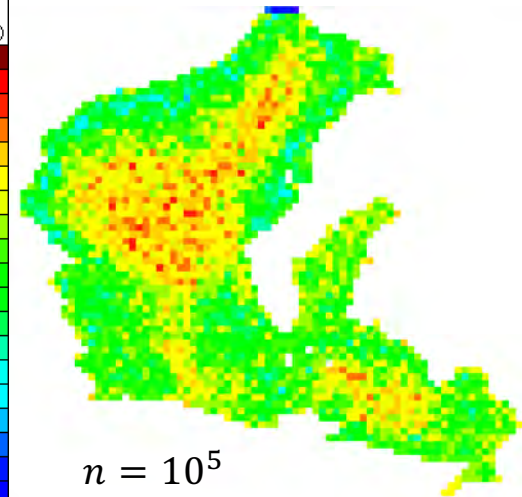
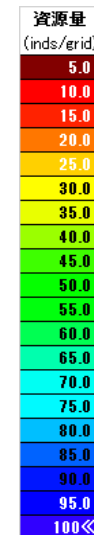
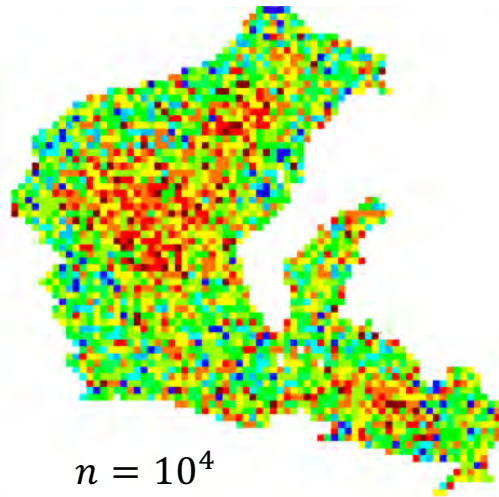
※マアナゴの場合 $V_{max} = 50 (cm/s)$

選好強度の高さに応じて移動距離の確率密度関数が変わる
移動方向...一様分布

結果

- 個体ベースモデル
忌避型

全個体数 n を変えた時の
個体数分布の差



個体差の検討

個体ベースモデルの特徴...それぞれの個体に差異を設けることが出来る
→生育環境によって体長に差がつくモデルを例として実装

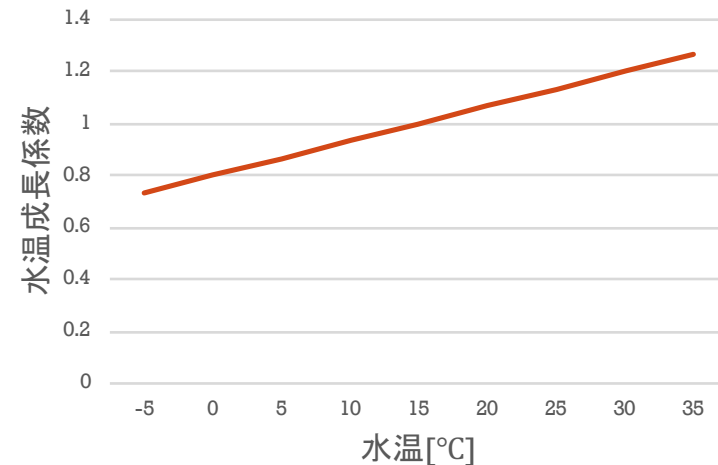
- 成長モデル...Bertalanffyの成長式

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

→シャコ : 晩夏～晩秋...成長度大
晩冬～初夏...成長度小

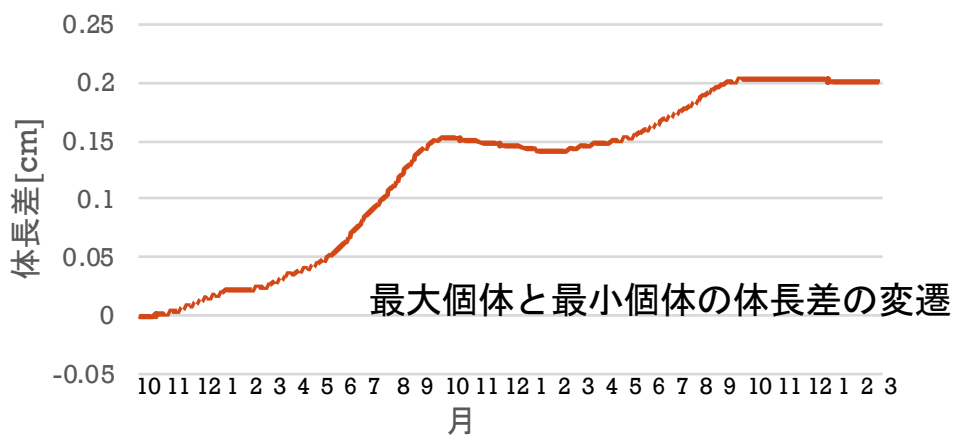
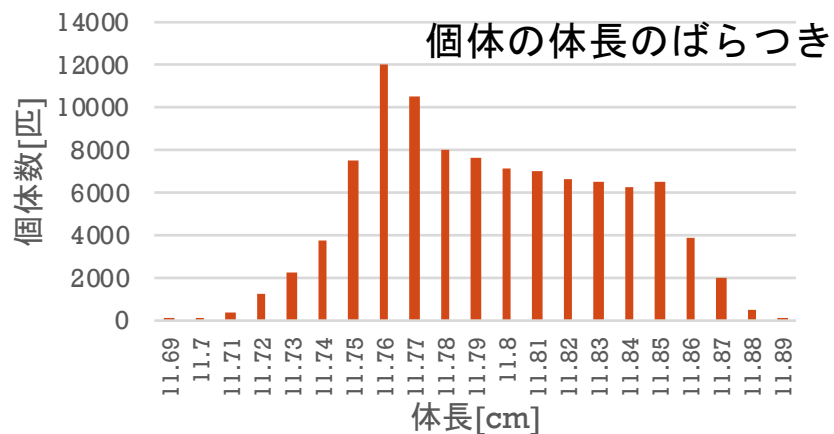
→水温成長係数 P_{tmp} の導入

$$\frac{dL_t}{dt} = L_\infty K e^{-K(t-t_0)} * P_{tmp}$$

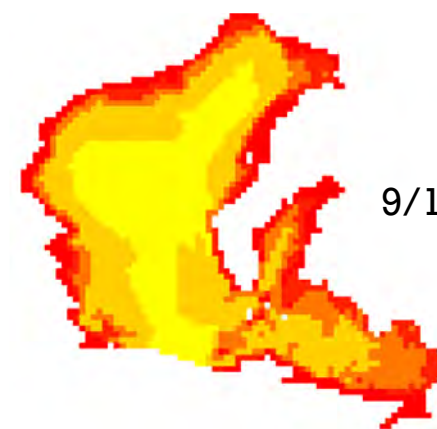
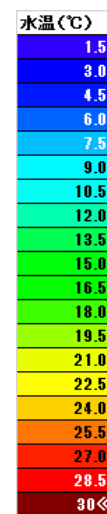


個体差の検討

結果



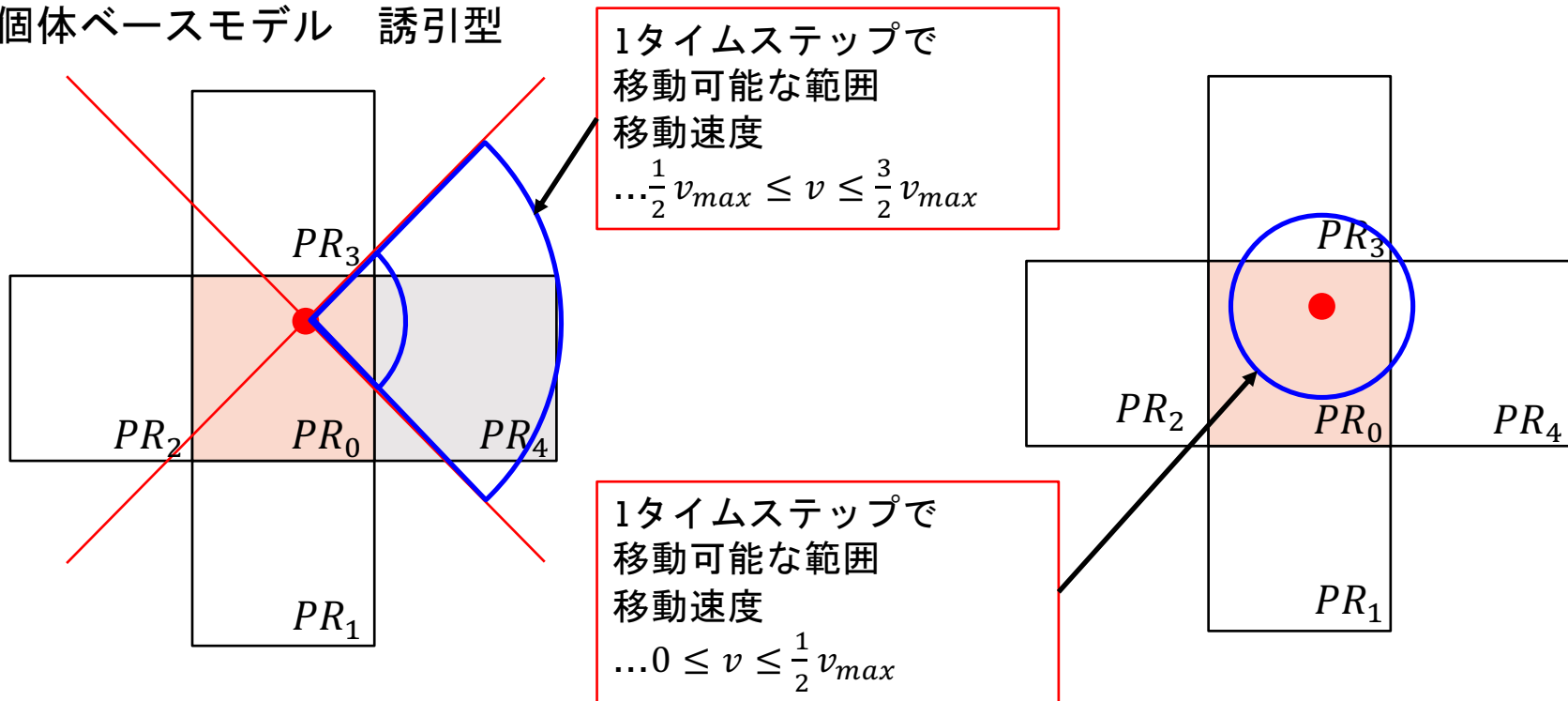
最大個体と最小個体が夏季(3か月間)に過ごした位置



9/1の水温分布

行動モデル...INDIVIDUAL BASE

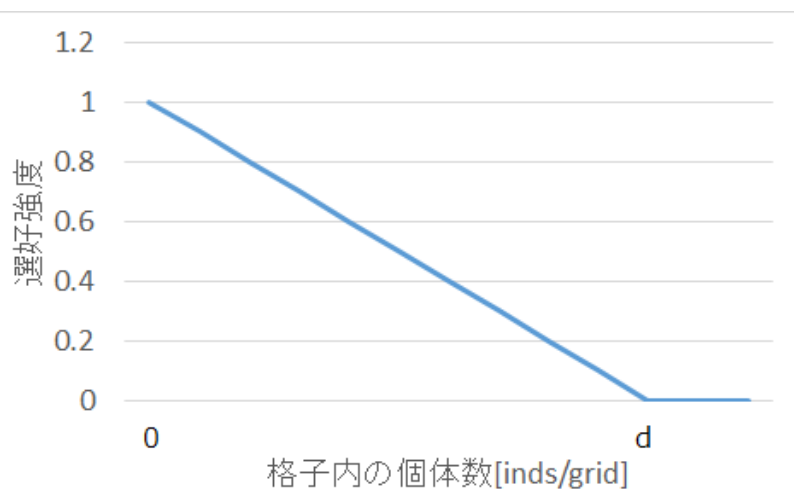
■ 個体ベースモデル 誘引型



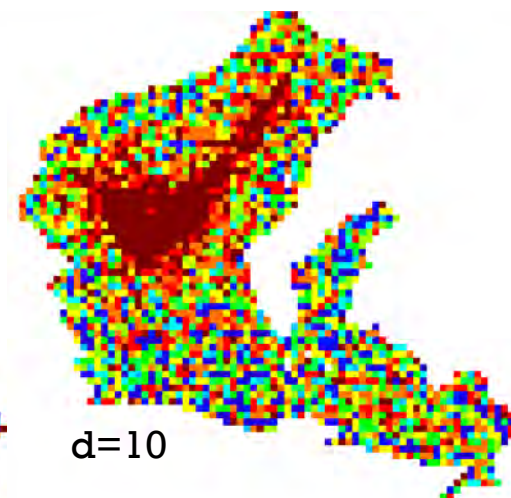
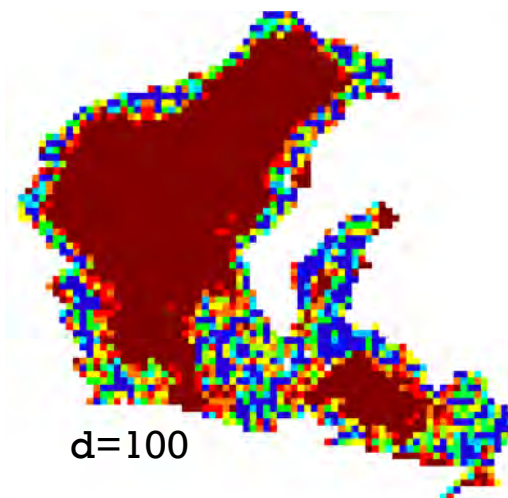
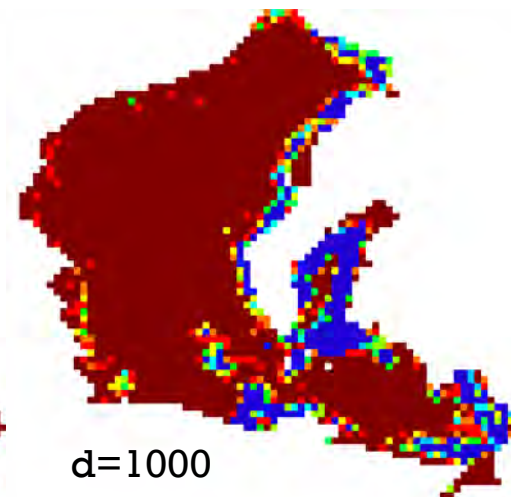
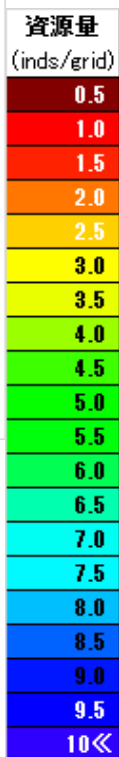
周辺5格子のうち最も選好強度の高い格子の方向へ移動

結果

誘引混雑度



選好強度に混雑度を導入
格子に入れる個体数の上限dを設定



結言

◆まとめ

- グリッドベースモデルに関して忌避型の行動モデルを構築し、選好係数を適切に設定すると現実的な結果が得られた。
- 個体ベースモデルを作成した。忌避型の行動モデルにおいては伊勢湾のマアナゴに適用した例で個体数を $10^6 \sim 10^7$ 程度にすると十分なめらかな結果を得ることが出来た。
- 個体ベースモデルの特徴である個体差を再現できることを確認した。
- 個体ベース誘引型行動モデルでは混雑度の導入によって現実的な分布を再現できる可能性を示した。

◆今後の課題

- 資源量・個体数分布の実測との照査
- バイオロギングや音響テレメトリーなどを用いた個体の行動特性の把握

ご清聴ありがとうございました