

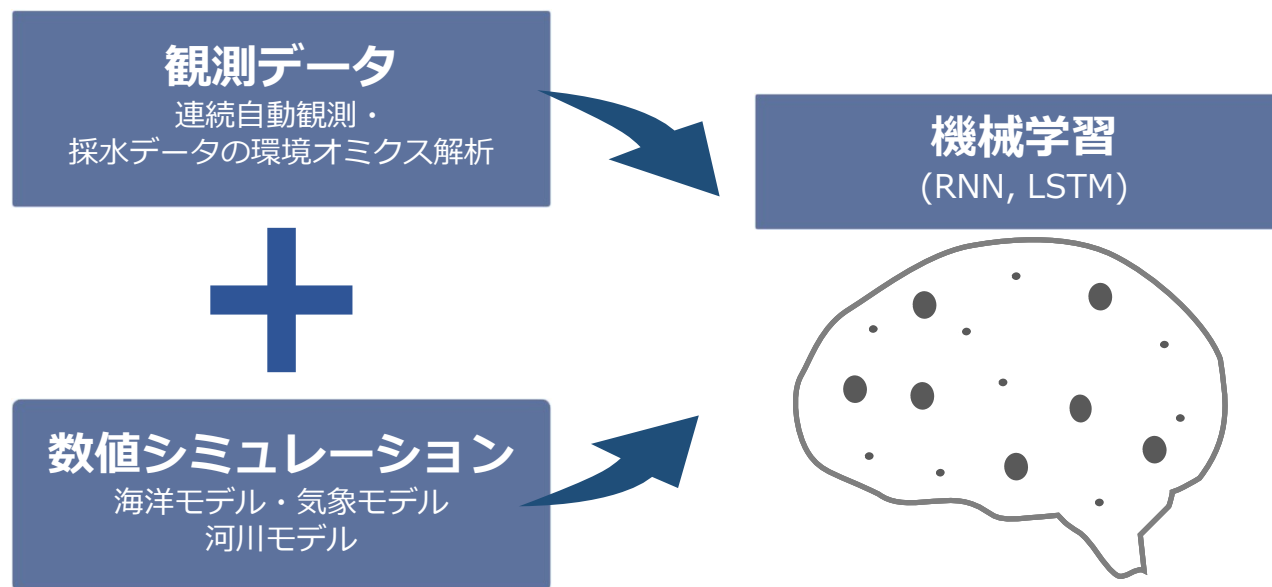
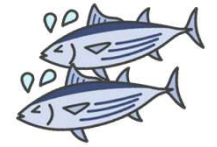
# 数値シミュレーションと機械学習と の融合による水圏生態系予測

JHPCN: 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点  
第14回 シンポジウム

菊地淳(代表, 理研), 中島研吾(副代表, 東大情報基盤センター)  
入江政安(大阪大), 三好建正(理研), 埜敏博(東大情報基盤センター),  
黒谷篤之(理研), 河合直聡(東大情報基盤センター), 古川賢(理研), 永野隆紀(大阪大)

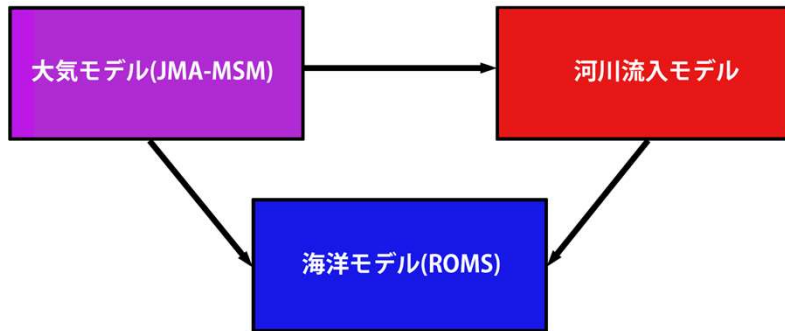
# 萌芽研究(東京湾での赤潮予測)

- **赤潮** = 海中プランクトンの異常増殖 ⇒ 沿岸漁業・養殖漁業に被害  
→ **赤潮発生時期・位置・規模の予測の必要性**
- 東京湾は観測データが比較的豊富
- 統計的な予測・数値シミュレーションによる予測(精度×)  
→ 観測データ + 数値シミュレーション + 機械学習 ⇒ **高精度赤潮予測**

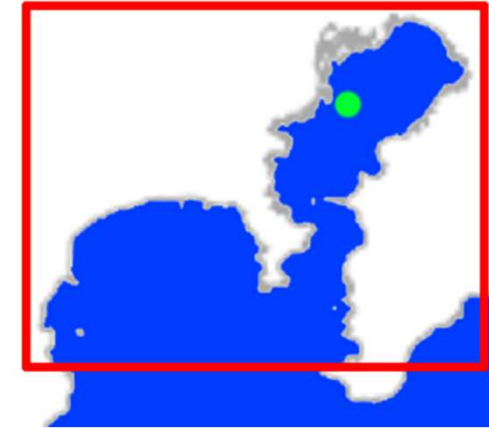


# システム

- **数値シミュレーション(2015/01-2020/06)**
  - **物理場: 領域海洋モデル(ROMS)(UCLA 開発(神戸大内山教授提供))+河川流入モデル**
    - 速度場
    - 水温
    - 塩分



- **生物場: NPZモデル(Fashiam et al '90)**
  - 植物プランクトン(~クロロフィル $\alpha$ )
  - 動物プランクトン
  - 硝酸塩・アンモニア
  - デトリタス

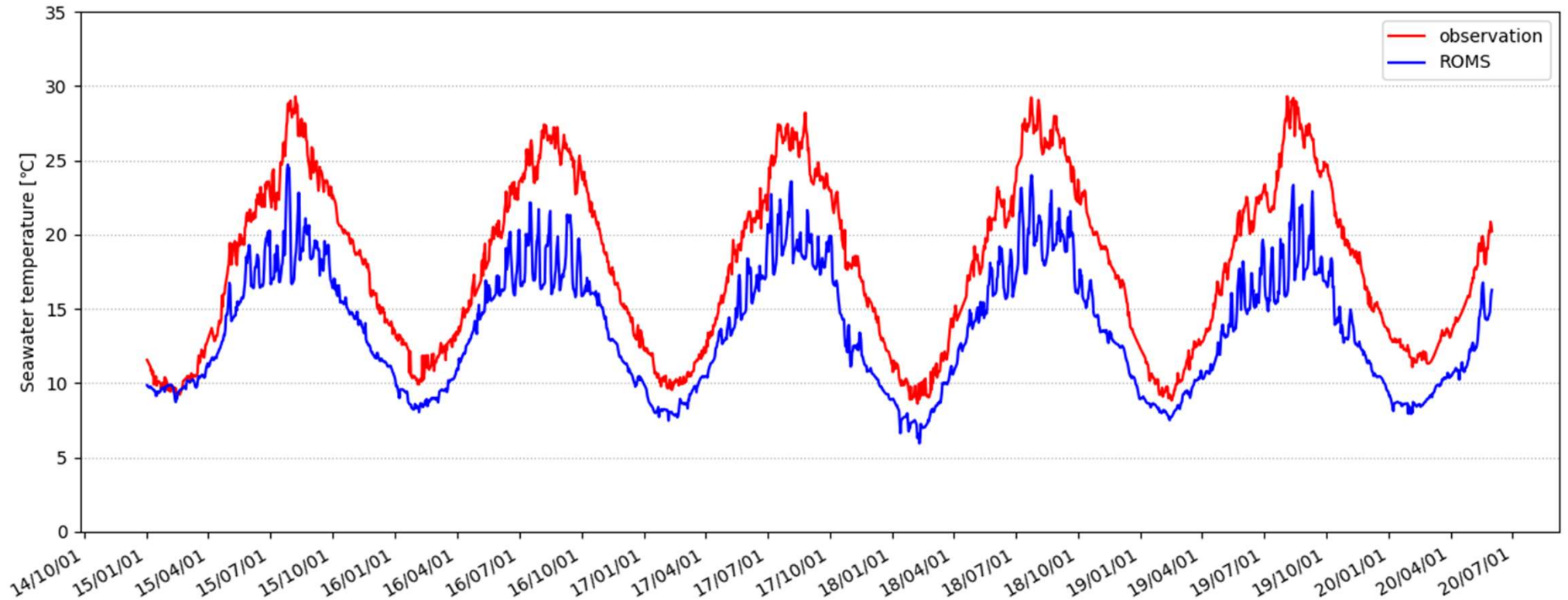


計算領域(250mメッシュ)  
赤枠：計算領域, 緑丸：川崎人工島

## 機械学習

- LSTM, Simple-RNN, Q-RNN等, 複数のRNNベースの学習機
- 説明変数
  - 物理パラメータ・生化学パラメータ(流束, 温度, クロロフィル $\alpha$ 等)
    - 川崎人工島での観測データ
    - 金沢八景での観測データ
    - ROMSデータ
    - JMA-MSMデータ
- 目的変数
  - 生化学パラメータ(クロロフィル $\alpha$ 等)

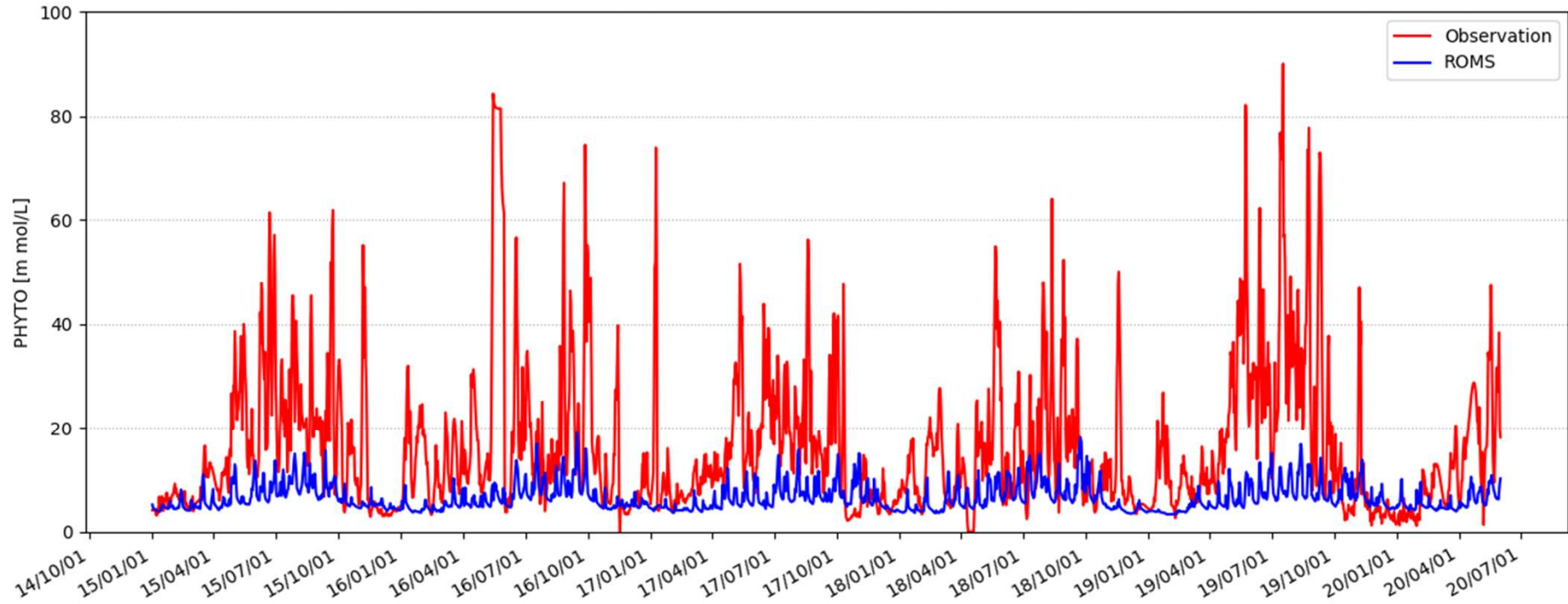
# 数値シミュレーション結果(温度場)



川崎人工島付近の温度場の時系列(2015/01/-2020/06)

- 時間が経つと精度が低下←ピュアシミュレーションのため
- ROMSの低温バイアス
- 季節性の挙動は相関あり

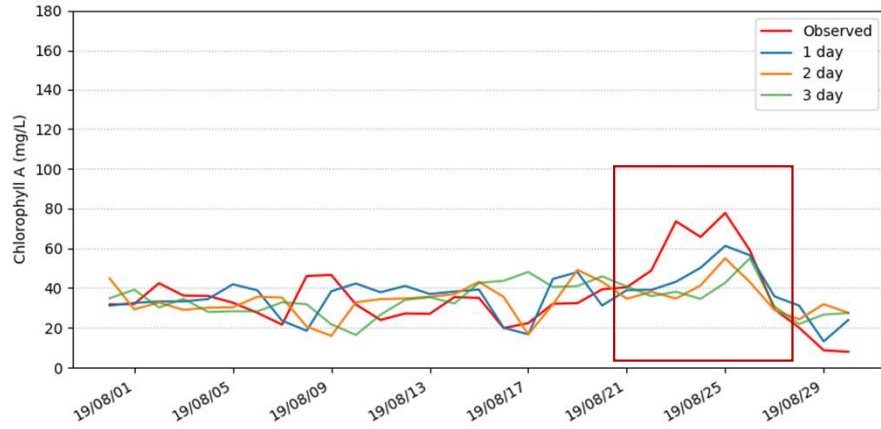
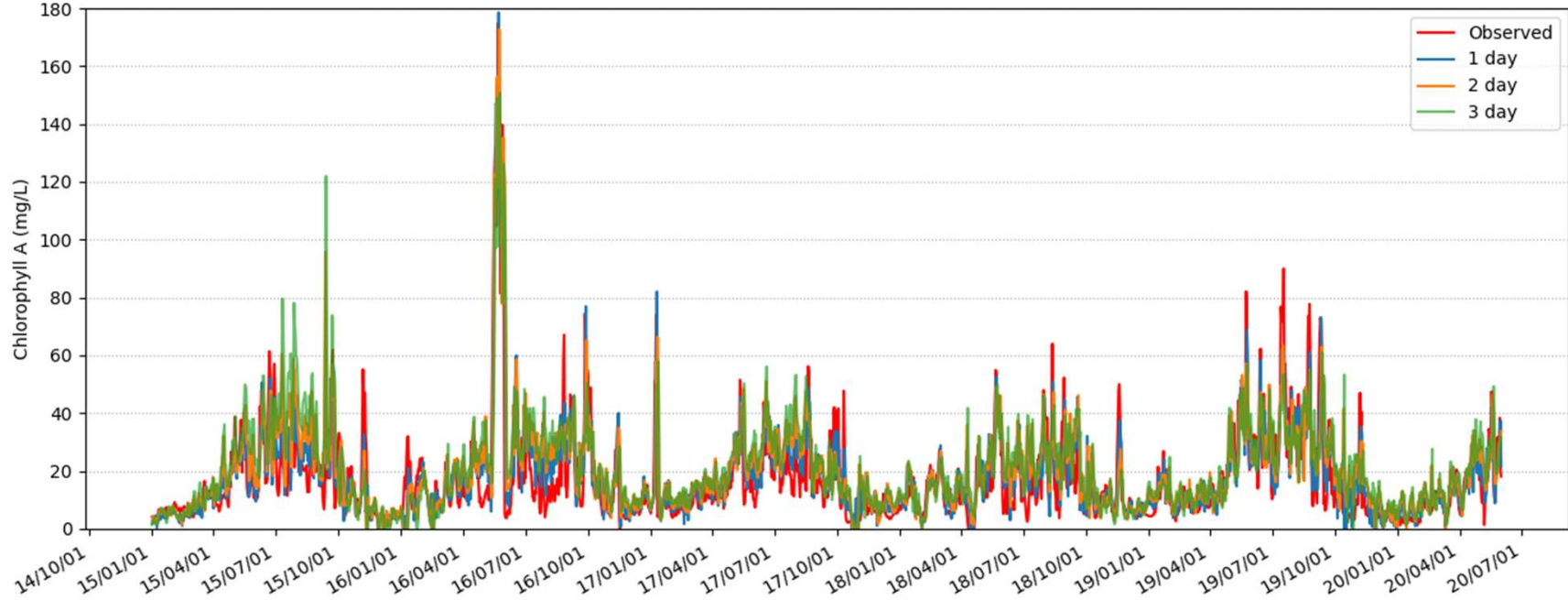
# 数値シミュレーション結果(クロロフィル $\alpha$ )



川崎人工島付近のクロロフィル $\alpha$  (=植物プランクトン)の時系列((2015/01/-2020/06))

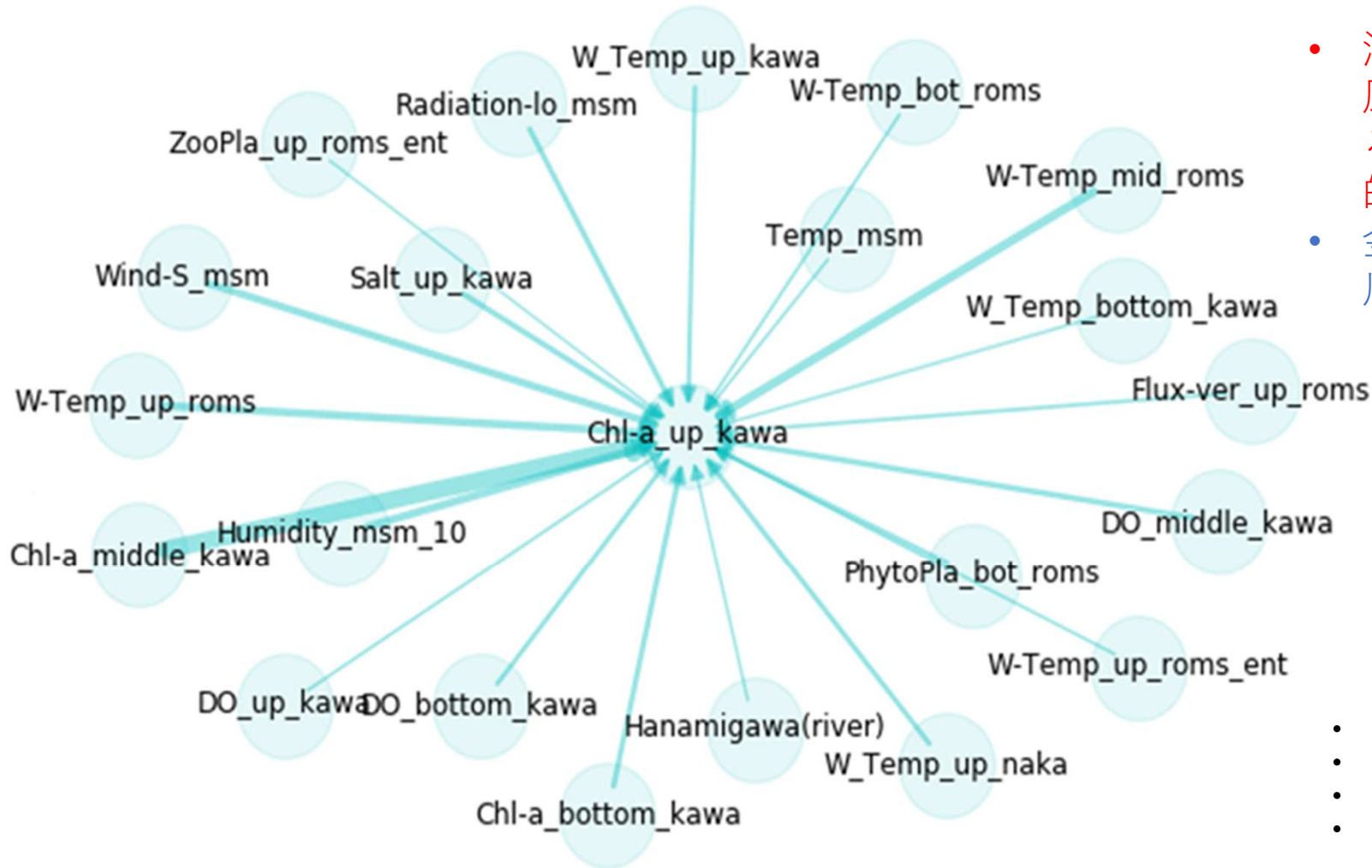
- シミュレーション結果に季節性
  - 精度が悪い(←シンプルな生物場モデル)
- 機械学習の手法を用いて予測精度向上へ

# クロロフィル $\alpha$ 濃度を指標とした東京湾赤潮発生予測



- 概ね実測値を反映した結果
- 長期予測には効果的ではない
- ピーク時に至るときのグラフの傾きが実測より緩い

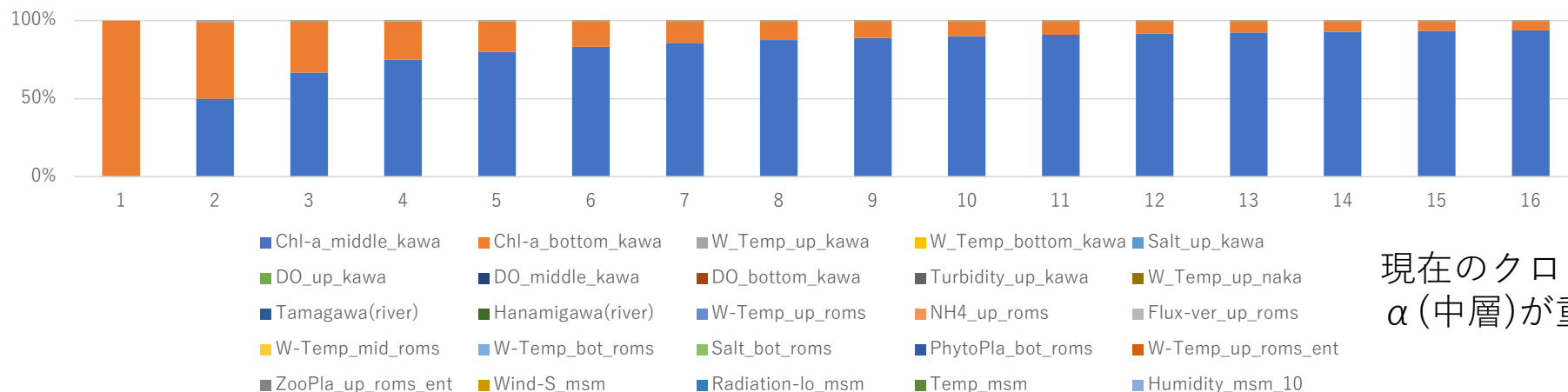
# Granger's Causality Testによるクロロフィル $\alpha$ に対する重要因子top25の因果解析



- 溶存酸素(DO)・水温・風量など因果となり得る現実的な因子が比較的高めの関係性
- 金沢八景の温度, 花見川も重要因子

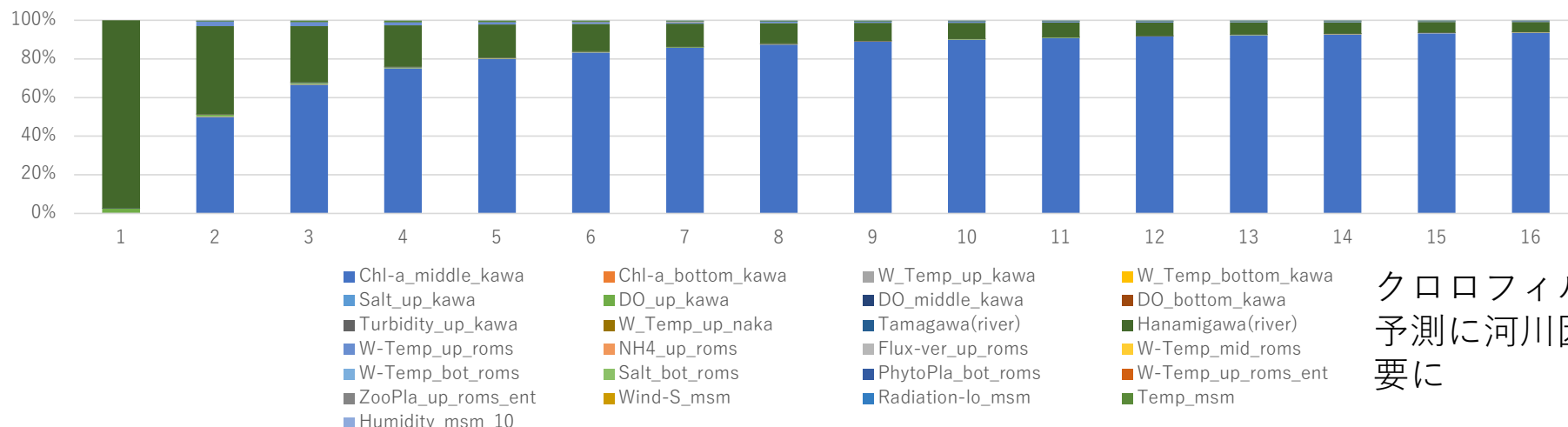
- kawa=川崎人工島
- naka=八景
- roms=シミュレーション結果,
- up=上層, mid=中層, bot=下層

# 因子間の影響の関係



現在のクロロフィル  
 $\alpha$  (中層)が重要因子に

クロロフィル $\alpha$  (川崎人工島中層)の重要因子の時系列(Granger's Causality test横軸1=6h)



クロロフィル $\alpha$  (中層)  
予測に河川因子が重  
要に

花見川(川崎人工島中層)の重要因子の時系列(Granger's Causality test, 横軸1=6h)



- **萌芽研究**のまとめ
  - 物理場の季節性はシミュレーションによって再現
  - 生物場は再現性が悪い→RNNベースの機械学習によって精度改善
- **JHPCN共同研究**での更なる高精度化に向けて
  - 赤潮に限らない高次水圏生態系の予測
  - 数値シミュレーション
    - 生化学モデルの高度化
    - データ同化実験の実施による物理場の再現性向上
    - 魚群行動モデルの高度化
  - 機械学習
    - 沿岸ビッグデータによる大規模機械学習
      - シミュレーションによる東京湾・相模湾のビッグデータを利用
    - 転移学習による他海域への展開