漁業者による自主的な海洋モニタリングとデータ取得プロジェクト
Voluntary observing and data acquisition project in fishery platform

中野渡　拓也
Takuya Nakanowatari
水産研究・教育機構　水産資源研究所
Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency

極域の気候変動と水産資源との関係

- **WACS (Warm Arctic Cold Siberia)**
  - 1990年代後半において、高緯度で温暖化、中緯度で寒冷化する冬季の気候パターンが卓越
  - バレンツ海とチュクチ海の海氷減少に伴う大気の応答メカニズムが提唱 (Honda et al. 2009; Mori et al. 2014, 2019; Tachibana et al. 2019)
- **日本周辺の海洋環境と水産資源**
  - 90年代後半は太平洋10年規模振動（PDO)が負のフェーズにもかかわらず日本南方亜熱帯循環域でも顕著な水温低下
  - 2000年代後半からマイワシ資源（再生産率）が増加えおり、日本周辺の水産資源への影響が示唆(Unconventional regime, Kuroda et al. 2020)
- **海洋生態系や水産資源に対する極域における気候変動の影響評価の必要性**
  - **近年は、経験的な気候指標による予測が困難**

地上気温(12-2月)の線形トレンド

Kug *et al*. [2015]

2000－2013年までの冬季－春季の気温トレンド

Kuroda *et al*. [2020]

資源量： マイワシ●，カタクチイワシ○

マイワシの加入量：棒，再生産成功率：実線

日本における不漁問題: サケ・マス類

サケの来遊数と放流数（1966－2020）

日本各地におけるサケの回帰率（1989－2014年級群）

- 近年、サンマやサケなどの冷水性魚種の漁獲量や回帰率が低下
  - 2010年以降、日本や米国・カナダなどサケ分布域の南限で減少
  - 北海道でも不漁傾向は顕著
- サケの回帰率の変動要因
  - **サケ稚魚の降海時期の海面水温と4年後のサケの年級群豊度との間には正の相関関係**があることが指摘
  - 沿岸水温や生育海域であるオホーツク海の海洋環境の変化が回帰率の低下に影響している可能性
- サケの漁獲量の減少要因の解明
  - **沿岸から沖合にかけての海洋環境の正確な情報**の把握や過去の変動の復元が鍵

令和3年度FRA国際漁業資源の現況に加筆

海洋環境モニタリング

- 海洋観測は海洋環境を把握する上でも最も重要な役割を持ち、現在様々なプラットフォームでデータが取得
  - **船舶**や**係留ブイ**を用いた定点観測（海洋内部構造）
  - 人工衛星によるリモートセンシング観測（面的な情報）
  - プロファイリングフロート、バイオロギング等による自動観測（時空間的に密な観測）
- 沿岸漁場の海洋環境
  - 浅海域等の漁場へのアクセスが困難
  - 現場観測による海洋情報が不十分
  - 人工衛星データは、雲・霧等の水蒸気や海氷の影響を受けやすい
- 沿岸域と外洋域のギャップを埋めるシームレスな海洋データセット
  - **<u>海洋数値モデル（力学モデル）を用いたデータ同化手法</u>**が有効

定線観測（A-line）

係留ブイ（TRITON buoy）

https://ocean.fra.go.jp/a-line

アルゴフロート

http://www.argo.ucsd.edu/How_Argo_floats.html

衛星海面高度計データ

Sharing Earth Observation Resources(https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/topex-poseidon)

バイオロギング

Fedak et al. (2002)

我が国周辺海況予測システム: FRA-ROMS series

2008年4月～システムの開発

2012年5月～現業運用開始

2022年3月～改良版のシステムにアップデート

ROMS 海洋モデル (1/10°格子) ＋ データ同化システム（3次元変分法）

1週間毎に観測データを同化＆8週間先までの予測を実施

データ同化システムによって、3次元の均質な海洋環境データを作成・提供

https://fra-roms.fra.go.jp/fra-roms/

漁業者による海洋データ収集の自主的取り組み事業
ーオホーツク海沿岸域における高密度海洋観測網ー

- 2010年以降太平洋側のサケの漁獲量（および回帰する尾数）は減少
  - オホーツク海でも近年は不漁傾向
- サケ稚魚の降海時期（4－6月）の沿岸水温と4年後のサケの年級群豊度との間には正の相関関係があることが指摘（温暖な方が生残率が高い）
- 北海道沿岸漁場の水温・塩分データを活用⇒FRA-ROMSデータ同化システムを用いてサケ稚魚の降海・成育環境場（表層水温）の再現性を向上

定置網や漁船による沿岸域の海洋観測データの測点

データ同化システムを用いた予測の概念図
観測データによるモデル値の修正

- 高密度（時空間的に）な海洋観測網の展開＋海洋データ同化システム

⇒より現実的な海況データ（現況・予測値）を提供

オホーツク海沿岸域における漁場データ

- 漁場の海洋観測データ
  - 各海域における漁業協同組合の協力により収集
- **定置網による水温観測**
  - メモリー式水温計
  - 観測項目：水温
  - 水深3m, 18測点（オホーツク海側は8点）
  - 3－7月（サケ稚魚の遊泳期間）
- **定期沿岸海洋観測**
  - 漁船を用いたSTD、CTD観測
  - 観測項目：水温、塩分
  - 表層から最大50m, 17点（オホーツク海側）
  - 通年（冬季を除く期間）

定置網表層水温ロガー

測点	期間
枝幸	1996－現在
紋別	1994－2005
常呂	2006－現在
斜里	1997－現在
羅臼	1994－現在
標津	1997－現在
別海	2001－現在
根室	1998－2013

水産資源研究所・さけます部門より提供

FRA-ROMSの海面水温（6月）と沿岸の漁業データ

定期沿岸海洋観測（主な観測点）

測点	期間	水深（最大）
常呂	2009－現在	約40m
網走	2004－現在	約60m
紋別	2014－現在	約40m
雄武	2016－現在	約20m
枝幸（3点）	2013－現在	約50m
山臼（3点）	2013－現在	約50m
頓別（2点）	2004－現在	約40m
宗谷（4点）	1999－現在	約40m

北海道水産林務部水産局水産振興課より提供

オホーツク海沿岸域におけるモデルと観測データの比較（表層水温）

オホーツク海沿岸域における2011年5月1日の海面水温（開発版海氷結合モデル）と漁業者による海洋観測の測点図

常呂沖（44°N, 144.2°E）

- 季節変動成分
  - 漁場の海洋観測データ（海面水温）には大きなバイアスは見られない（モデルとおおむね一致）
  - 沿岸域のデータも同化データとして活用可能
- 春期（４－６月）
  - 宗谷暖流の影響を強く受ける
  - モデルや衛星データの水温がやや低い傾向
- 漁場の海洋観測データをモデルに同化させることによって、春季におけるモデル表層水温の再現性をさらに向上させる可能性

オホーツク海沿岸域におけるモデルと観測データの比較（表層塩分）

オホーツク海沿岸域における2012年4月1日の海面塩分（開発版海氷結合モデル）と漁業者による海洋観測の測点図

常呂沖（44°N, 144.2°E）

- 漁場の海洋観測データ（表層塩分）
  - 変動の振幅が大きいものの、明瞭な季節変動（初冬における急激な低下）
  - 海氷結合バージョンの海面塩分でも概ね再現
  - オホーツク海の西岸境界流である東樺太海流の南下や海氷融解水の影響を反映
  - 水温だけでなく、塩分データの同化によってさらに海洋モデルの密度場や流動場の再現性が向上することが期待

漁業データの同化システムへの導入

- 準リアルタイムデータ同化システム
  - 過去から現在までの漁業者による海洋データを同化
  - オホーツク海沿岸等の漁場における海洋環境情報のアップデート
- FRA-iROMS
  - 海氷・海洋結合モデルをベースとした開発中のデータ同化システム
  - オホーツク海の海氷プロセスやクリル海峡での潮汐混合を考慮
- 提供プロダクト
  - 再解析データ：過去から現在までのオホーツク海の漁場データ⇒海洋環境の変動把握とその要因解明
  - 予測データ：2ヶ月先までの予報データ⇒漁場予測や漁業の効率化

まとめと今後の課題

- 漁業者による沿岸域の海洋観測データ
  - 新たな海洋データのプラットフォームとして高いポテンシャル
  - データ同化手法を活用することによって、ターゲットとする海域（漁場）の時空間的にシームレスな海洋モニタリングが実現
- 多くの漁場データを同化システムにインプットするメリット
  - モデルの精度が向上
  - 漁業者への正確な海洋情報の提供
  - 漁業者による更なる協力体制が期待（正のフィードバック）
- 将来的には、準リアルタイムでの漁業データの同化システムを確立
  - 海の天気予報の精度向上
  - スマート水産業の基盤情報
  - 環境変化に適応した漁業

漁業者による海洋データの取得とデータ同化とモデルを用いた予測システムの精度向上や情報提供に関する模式図

参考資料

オホーツク海の海洋環境モニタリング

Nakanowatari and Mitsudera (2020)

- オホーツク海
  - 季節海氷域の南限（44°N）
  - 半閉鎖的な縁辺海（クリル海峡の水深は一部を除いて浅い⇒アルゴフロートが侵入できない）
- 冬季は海氷、夏季は霧に覆われる為、現場観測や人工衛星による観測が困難な海域
  - 外洋に比べてオホーツク海の観測データは1オーダー程度少ない
  - 道水産試験場や水研機構の調査船データに限られる
- 沿岸海洋環境だけでなく、オホーツク海内部の海洋環境変動の把握
  - サケ稚魚の生残過程の把握において重要

Argoフロートの分布（2022年6月）

JMA アルゴ計画HPよい

海洋観測データの測点（2016年4－8月）