2022年度ROIS-DS 成果報告会

気象庁・気象研海洋データ同化システムにおけるアルゴフロート観測データのインパクト調査

藤井　陽介（気象研究所，yfujii@mri-jma.go.jp），中野慎也　(統計数理研究所)

アブストラクト

- ROIS-DSの共同利用研究として、気象庁海洋データ同化システムを用いて、アルゴフロートの品質管理（QC）に関する観測システム実験（OSE）を実施。
- OSEの結果をヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）の結果とも比較。
- QCの塩分管理に対するインパクトを確認。
- 本実験は、国連海洋科学の１０年プロジェクトSynObsの一環でもある。

気象庁の現業で運用している海洋データ同化システム

1. 全球海洋データ同化システム　MOVE/MRI.COM-G3

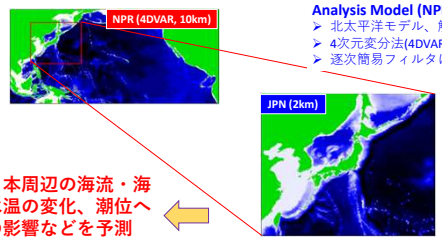
（Fujii et al. 2023, DOI: 10.3389/fclim.2022.1019673参照）

Analysis Model (G3A)
- 全球三極格子、解像度：1°×0.3-0.5°
- 4次元変分法(4DVAR)により、海水温・塩分・海面高度データを同化
- 3次元変分法(3DVAR)により、海氷密接度（海氷の分布密度）を同化

Downscaling Model (G3F)
- 全球三極格子、解像度：0.25°×0.25°
- 海水温・塩分をG3Aに近づけるように、強制項を加える。
- 3DVARにより海氷密接度を同化（G3Aと同様）
- 大気・海洋結合モデル海洋部分の初期値作成

2. 北太平洋/日本周辺海洋データ同化システム　MOVE/MRI.COM-NP/JPN

（Hirose et al. 2019, DOI: 10.1007/s10236-019-01306参照）



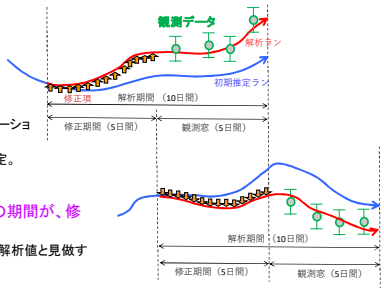
Analysis Model (NPR)
- 北太平洋モデル、解像度：約10km
- 4次元変分法(4DVAR)により、海水温・塩分・海面高度データを同化
- 逐次簡易フィルタにより、海氷密接度を同化

Downscaling Model (JPN)
- 日本周辺モデル、解像度：約2km
- 海水温・塩分をNPRに近づけるように、強制項を加える。
- 逐次簡易フィルタにより、海氷密接度を同化　NPRと同様）

日本周辺の海流・海水温の変化、潮位への影響などを予測

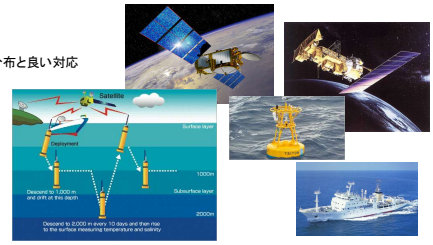
3. 気象庁海洋同化システムの4DVARについて

- 一般の数値天気予報システムでは4DVARにより初期値を最適化しているが、気象庁海洋同化システムでは、修正期間(5日間)内で一定の修正項を最適化している。
  - 修正期間後の5日間（観測窓）の観測データとモデルシミュレーションとの差を計算。
  - その原因を、アジョイントモデルにより、時間方向を遡って推定。
  - アジョイントモデルの計算結果をもとに、修正項を最適化。
- 次の同化サイクルでは、前の同化サイクルの観測窓の期間が、修正期間となる。
  - 同じ期間につき2回ずつ最適化を行うが、最初の最適結果を解析値と見做す。（観測データ入手後、すぐに解析値を作るため。）



4. 同化している観測データ

- 衛星による海面高度（水位）
  - 海面のみの観測であるが、水位は海洋内部の水温分布と良い対応
  - 海面付近の流れも知ることができる
- 衛星による海面水温・海氷データ
  - 海面のみではあるが、密な水温情報を提供
- 現場水温・塩分
  - Argoフロート
    - 海面から水深2000mまでの水温塩分を自動観測
    - 現在、4000台程度のフロートが世界中で観測
  - 船舶、ブイ、その他



国連海洋科学の10年プロジェクトSynObs

国連海洋科学の10年（2021–2030）
- 海洋科学のSDGsへの貢献を促すため、UNESCO政府間海洋学委員会により提案され、国連総会で採択された。
- 多数の研究プログラム・プロジェクトを推奨。

2021 2030 United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

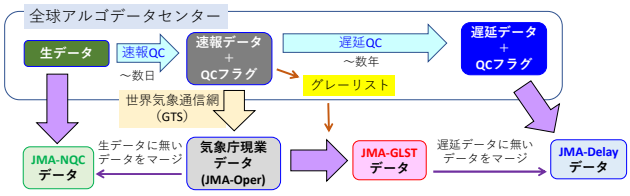
SynObs UN Ocean Decade Project

Synergistic Observing Network for Ocean Prediction

Ocean Prediction Capacity of the Future ForeSea

- 国連海洋科学の10年プロジェクト。OceanPredict主導の国連海洋科学10年プログラムForeSeaの下部プロジェクト。
- OceanPredict 観測システム評価タスクチームが主導、気象研究所がフォーカルポイントを務める。
- 活動内容
  1. 観測システム評価・設計のための国際協力
     - 複数システムを利用した観測システム観測システム実験（OSE）の実施。
     - 本発表で紹介するOSEも活動の一環。
  2. 同化スキーム開発のサポート
  3. 予測システムの運用で得られる情報をリアルタイムで提供
  4. 観測システム評価ショーケースとレポート
  - キックオフミーティングを昨年11月15-18日に開催

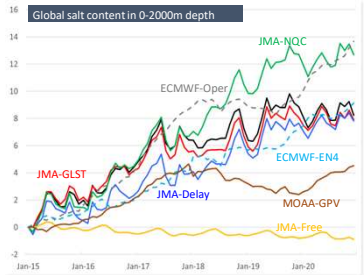
アルゴフロート観測プロファイルの品質管理(QC)とデータフロー



アルゴフロートの品質管理に関する観測システム実験（OSE）

JMA-Oper, JMA-GLST, JMA-Delay, JMA-NQC:　MOVE/MRI.COM-G3を用いた実験。利用したデータは上の図を参照。
JMA-Free: 気象庁全球海洋モデルのフリーラン（観測データを同化しない）
ECMWF-Oper: ヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)のシステムを用いた実験。現業データを利用（JMA-Oper相当）
MOAA-GPV: JMASTECで実施した海洋モデルを利用しない解析。主に遅延モードのデータを利用。

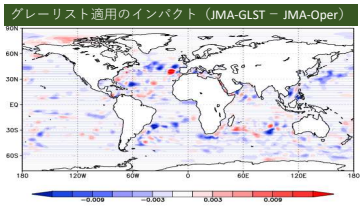
1. 全球海洋塩分量（0-2000m深）の時系列の違い



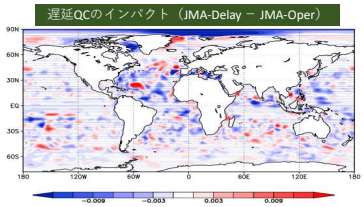
- 本来、全球海洋塩分量は保存する。ただし、2000m以深と海氷内の塩分量を考慮する必要がある。
- JMA-Freeでは、全球塩分量はほぼ保存している。
- すべてのデータ同化を行ったOSE塩分量が増加。モデルを利用しないMOAA-GPVで見られ、観測データに混入した誤差の影響と推定される。
- 品質管理をしっかり行うほど、増加トレンドは小さくなる。
- この傾向は、気象庁とECMWFで共通。
- 全球アルゴデータセンターで実施している速報QC（最近はすでにグレーリストに登録されているデータも除去している）のインパクトは非常に大きい。
- 遅延QCのインパクトもある。ただし、最近に近づくにつれて、遅延データが提供されてないプロファイルが多くなり、インパクトが小さくなる。

2. 0-2000m積算塩分に対する品質管理のインパクト（OSE間の差）

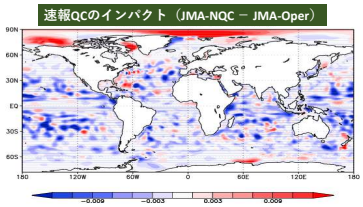
グレーリスト適用のインパクト（JMA-GLST − JMA-Oper）



遅延QCのインパクト（JMA-Delay − JMA-Oper）



速報QCのインパクト（JMA-NQC − JMA-Oper）



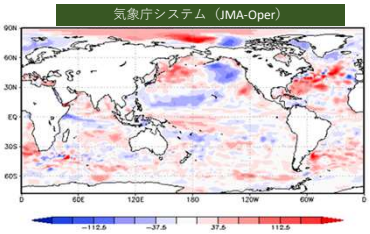
- 2018-2019年平均値についての比較
- 速報QCのインパクトは、全球的に見られる（太平洋・大西洋の赤道付近や南極周辺でやや小さい？）
- グレーリストのインパクトは、比較的小さい。
- グレーリストや遅延モードのインパクトは、大西洋で比較的大きく、太平洋東部で比較的小さい（海域の特性にも因ると思われる。）

3. 気象庁システムとECMWFシステムとの違い

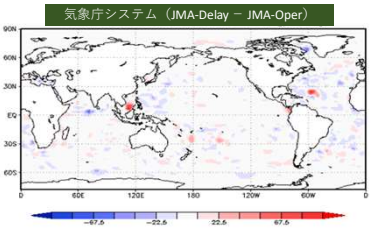
塩分量トレンドの分布
（2019-2020年平均 − 2015-2016年平均）

遅延モードのインパクト
（2019-2020年平均から算出）

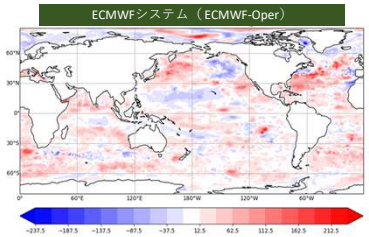
気象庁システム（JMA-Oper）



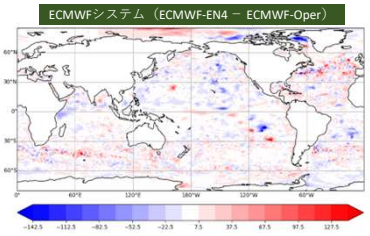
気象庁システム（JMA-Delay − JMA-Oper）



ECMWFシステム（ECMWF-Oper）



ECMWFシステム（ECMWF-EN4 − ECMWF-Oper）



- 塩分量トレンドの分布については、気象庁システムとECMWFシステムで非常に良く一致している。（解析値の信頼性は高い。）
- 遅延QCのインパクトについては、日本の南海上やインド洋北部など、分布が一致している箇所もあるが、北大西洋など逆のインパクトとなっている海域もあり、検討が必要。
- どちらもシステムも、与えられた観測データを、さらにシステム内の品質管理ルーチンで取捨選択しているので、たとえ全く同じデータを与えても、最終的に同じデータが同化に使われるわけではない。