

A world map with a blue and white color scheme, showing the continents and oceans. The map is centered on the Atlantic Ocean.

2010.01.13

文部科学省 21世紀気候変動予測革新プログラム
平成21年度 研究成果報告会

海洋モデルの高精度化による気候 変動予測の向上に関する研究

課題代表者: 羽角 博康
(東京大学気候システム研究センター)

研究目的

海洋モデルの高精度化が気候変動予測に与えるインパクトを評価する

水平 20 km格子全球海洋モデル(現状の高解像度大気海洋結合モデルで採用)をベースとして

- 日本近海を重点的に高解像度(数km以下)化した **nested gridモデルを開発 (サブテーマ 1)**
- 20 km格子におけるサブメソスケール現象のパラメタリゼーションを開発 (サブテーマ 2)

上記を実現した全球海洋モデルを大気モデルと結合し、これら海洋モデル高精度化のインパクトを実証

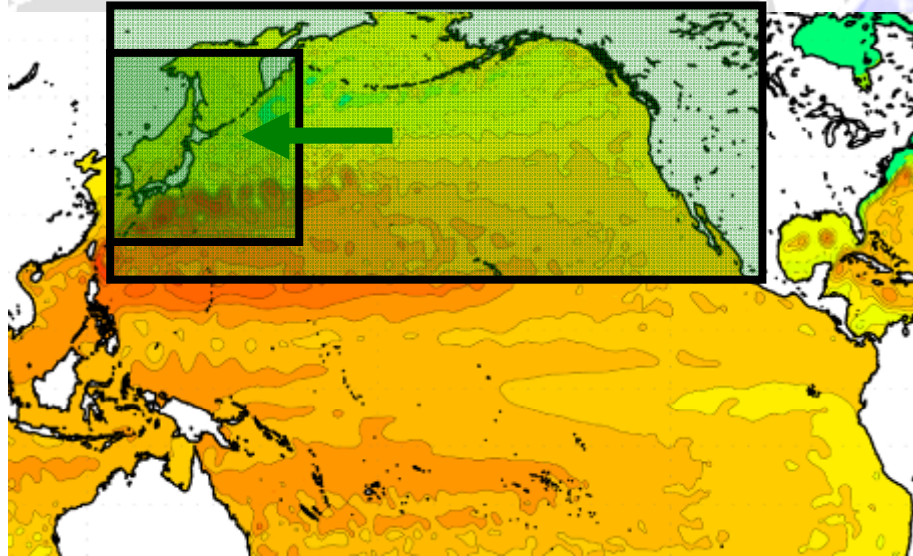
昨年度までの経過: サブテーマ1

日本近海を重点的に高解像度(数km以下)化した
nested gridモデルを開発

- 日本近海領域モデルの仕様（対象領域や数値スキームなど）を確定
 - ・水平 6 km格子における中規模渦の働きの評価（対象領域の確定）
 - ・水平 2 km格子で表現されるサブメソスケール渦の働きの評価（パラメタリゼーションの必要性の評価）

昨年度までの経過：サブテーマ1

領域・解像度・パラメタリゼーションの選定



ネスティング領域：
25°N以北の北太平洋全域

3, 9 分割をテスト

0 10 45

control : 北太平洋18kmモデル(水平1/4 x 1/6、鉛直50層)

側面境界値

1/3 : 北太平洋6kmモデル(水平1/12 x 1/18、鉛直50層)

1/9 : 北太平洋2kmモデル(水平1/36 x 1/54、鉛直50層)

昨年度までの経過：サブテーマ1

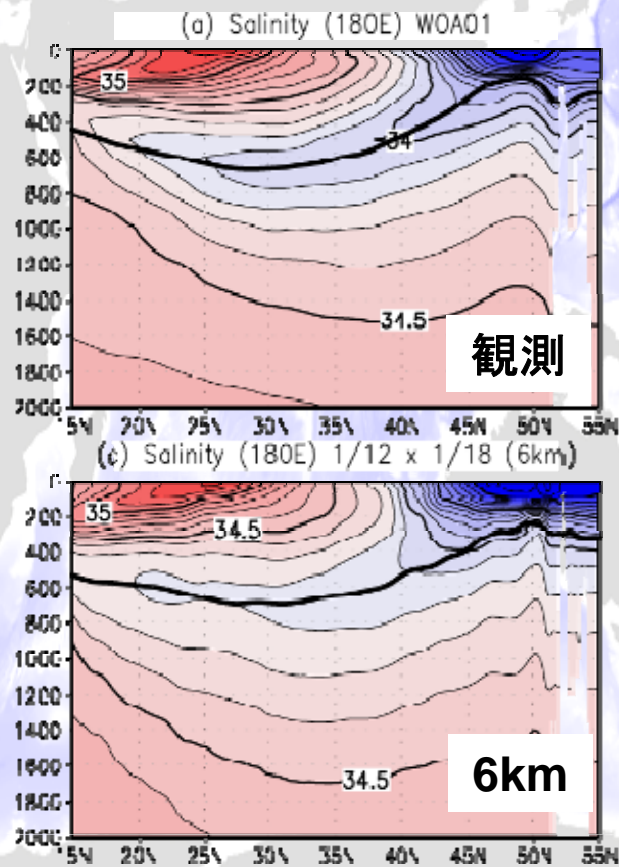
数値スキーム・パラメタリゼーションの選定

修正点	粘性	拡散	風速修正	移流
18kmモデル	倍調和型 Smagorinsky	倍調和型 定数係数	×	UTOPIA QUICKEST
① 風速修正 (解像されない大 気小規模擾乱)	倍調和型 Smagorinsky 調和型背景粘性	倍調和型 定数係数	○	UTOPIA QUICKEST
② 移流スキーム SOM	倍調和型 Smagorinsky 調和型背景粘性	倍調和型 定数係数	○	SOM
③ 流速場依存 粘性拡散(※)	倍調和型 流速場依存	倍調和型 流速場依存	○	SOM
④ 非等方調和型 粘性スキーム	非等方調和型 Smagorinsky (流速方向)	倍調和型 定数係数	○	SOM

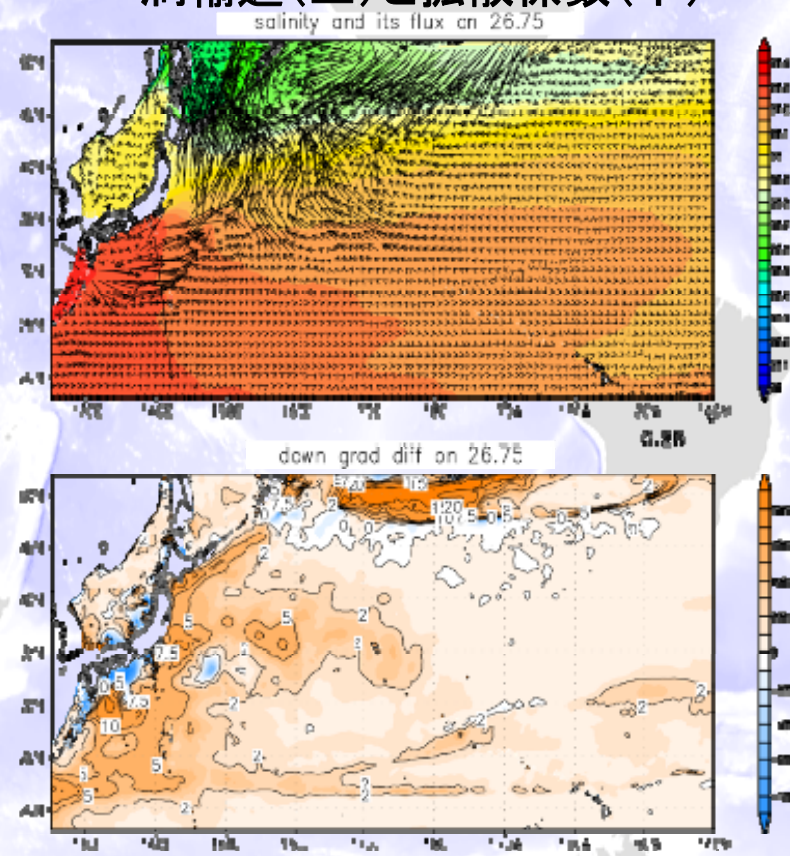
昨年度までの経過：サブテーマ1

中層塩分極小層を対象にした渦拡散の評価

180°に沿った断面の塩分



塩分極小層における塩分の
渦輸送(上)と拡散係数(下)



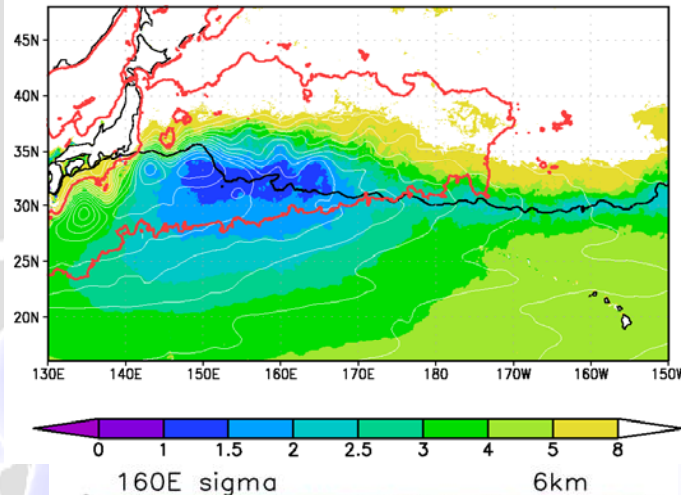
日本沿岸から日付変更線付近にかけて中規模渦による輸送強化が顕著
- 高解像度化または適切なパラメタリゼーションの必要性 -

昨年度までの経過: サブテーマ1

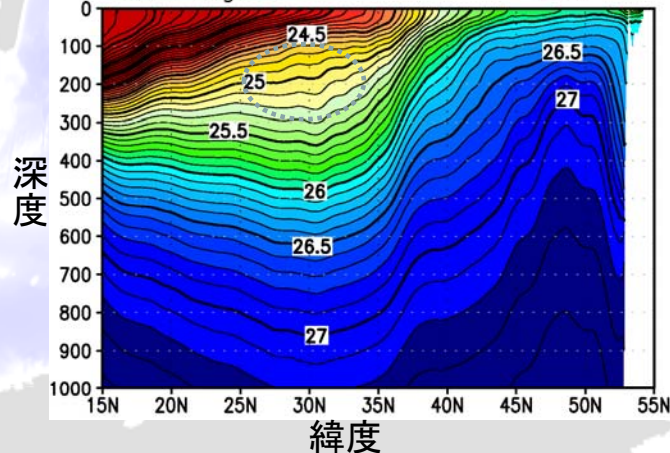
亜熱帯モード水を対象にした渦輸送の評価

6 km モデルにおける亜熱帯モード水の分布
(a) sigma = 25.05

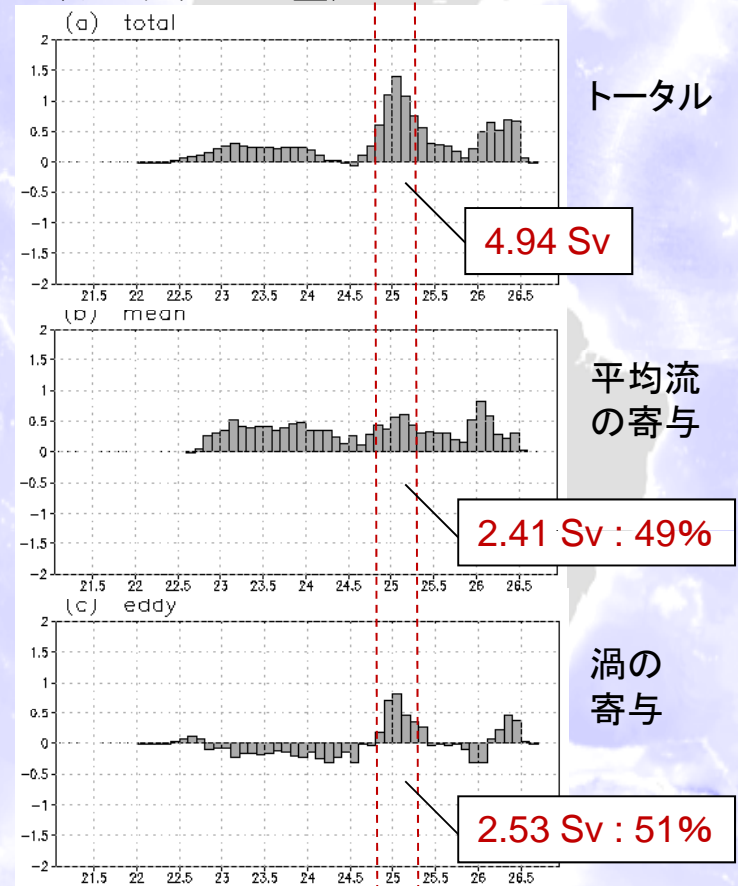
渦位
(層厚)



密度
断面



主水温躍層への密度別輸送量
(サブダクション量)



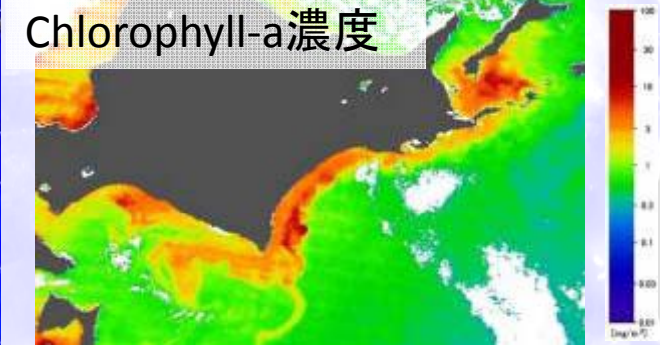
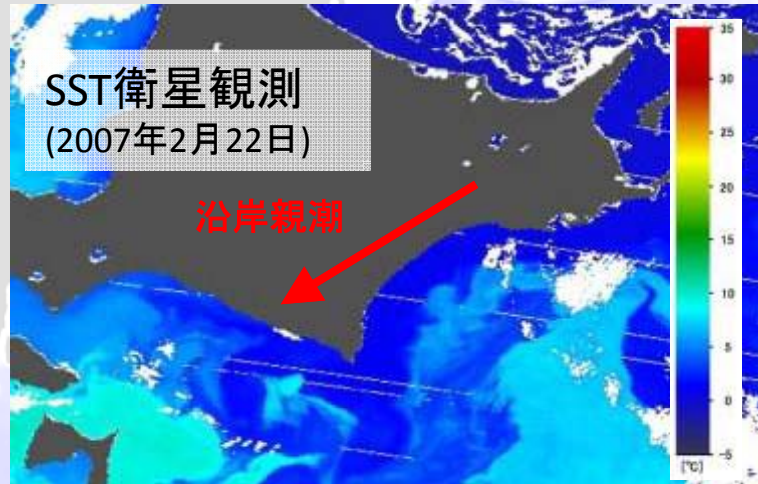
亜熱帯モード水範囲

- 観測とよりよく整合する密度成層構造
- 亜熱帯モード水のサブダクションは、渦による寄与が半分強を占め、支配的

昨年度までの経過: サブテーマ1

サブメソスケール渦の働き

北海道南東:
沿岸親潮と呼ばれる流れによって、オホーツク海起源の低温水が陸棚上を西進する

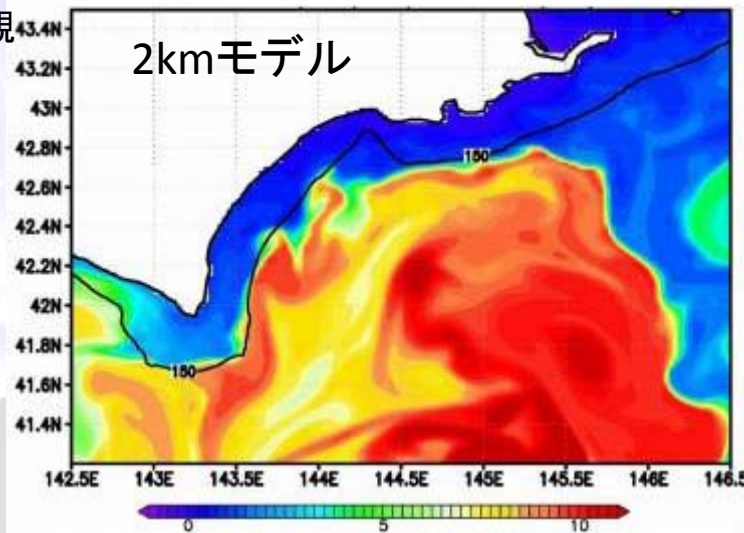


宇宙航空研究開発機構/東海大学提供

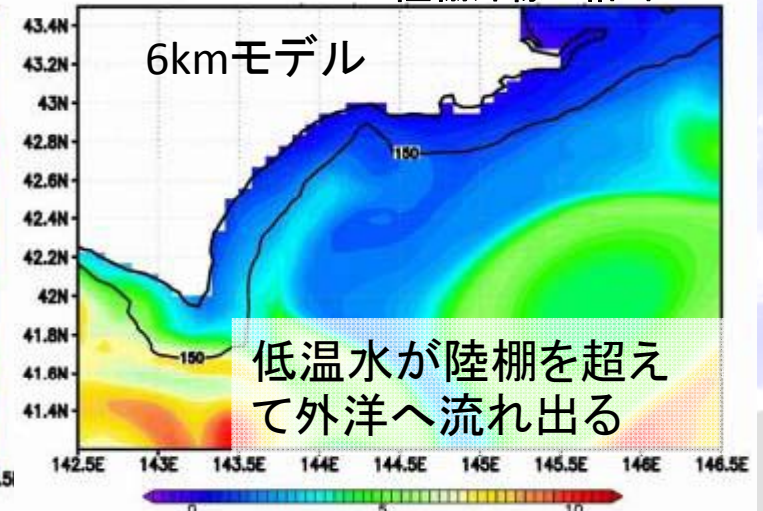
沿岸水と外洋水の間に鋭い密度前線が形成(Chlorophyll-a観測に明瞭)

2kmモデル:
沿岸親潮による低温水の輸送を現実的に再現
陸棚外縁上に前線が形成

モデルSST(2月11日瞬間場)



黒線:水深150m
陸棚外縁に相当



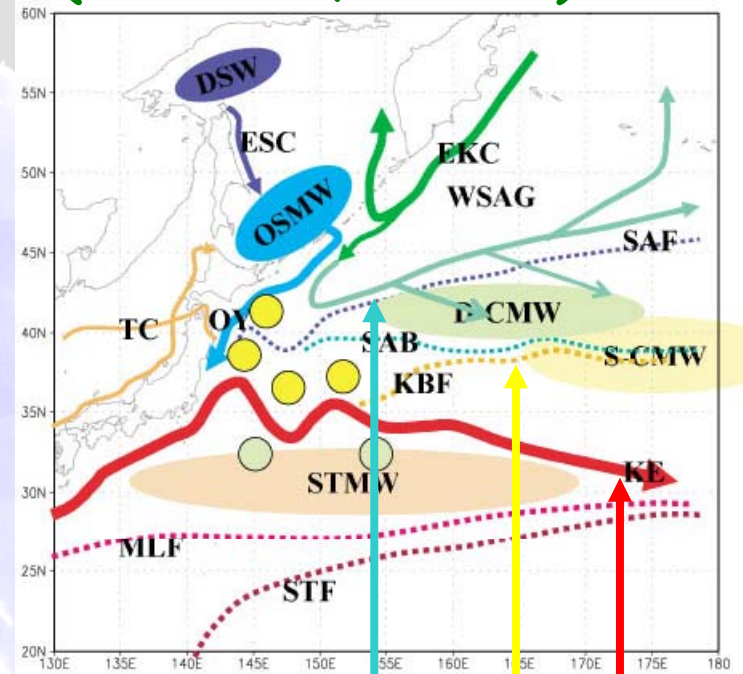
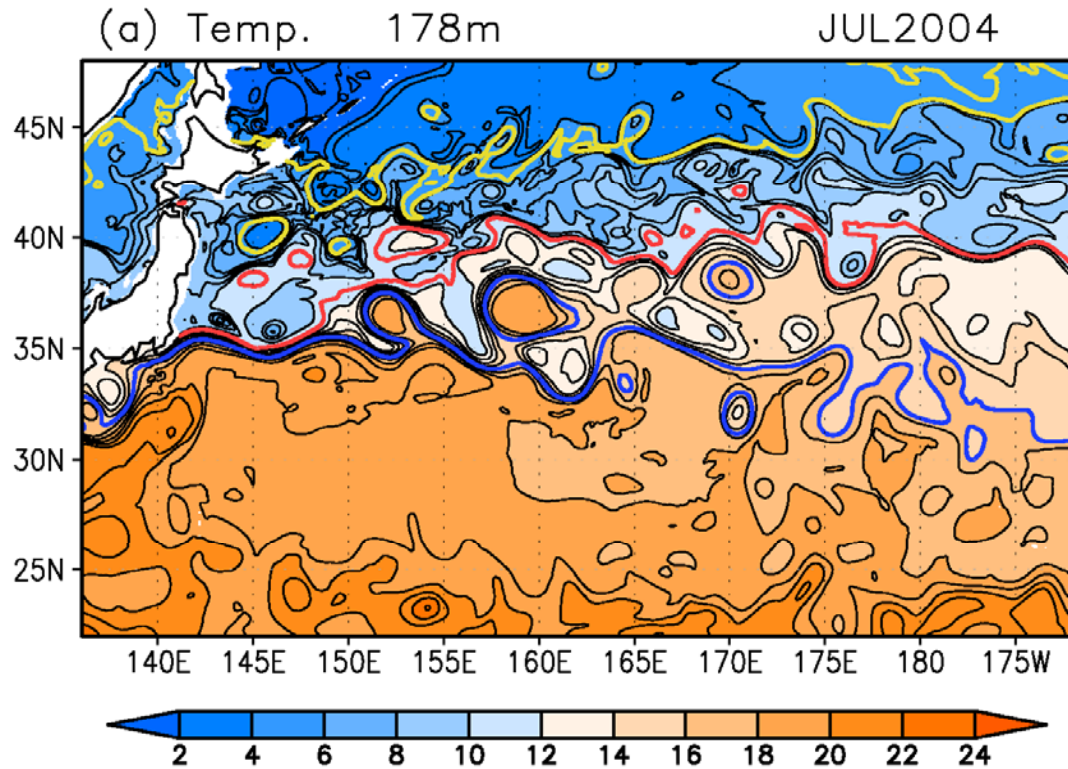
本年度の計画: サブテーマ1

- 北西大西洋領域モデルの結果を用いてメソスケール・サブメソスケール渦のプロセスを解析し、渦による熱・淡水輸送やその結果としての日本近海の成層構造形成への寄与を定量的に明らかにする
- 前年度までに行ってきたシミュレーションに加え、若干の追加実験を地球シミュレータ上で実施し、その結果における渦の統計的振舞に関する解析を行うことを通して、海洋の時間平均場の形成における役割を評価する

進捗: サブテーマ1

黒潮続流近傍の前線構造

観測に基づく概念図
(Yasuda, 2003)



亜寒帯前線

黒潮続流前線

黒潮分岐前線

6 km モデル 亜表層水温(7月平均)

進捗: サブテーマ1

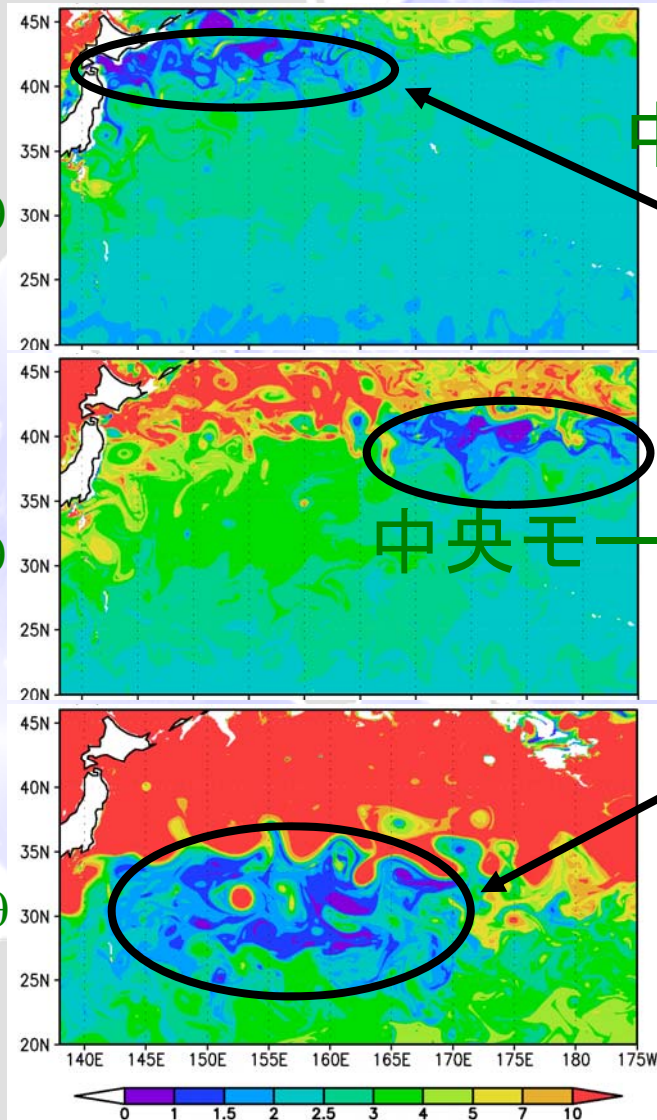
黒潮続流近傍の水塊構造

渦位(夏季5日平均)

26.35 σ_θ

26.05 σ_θ

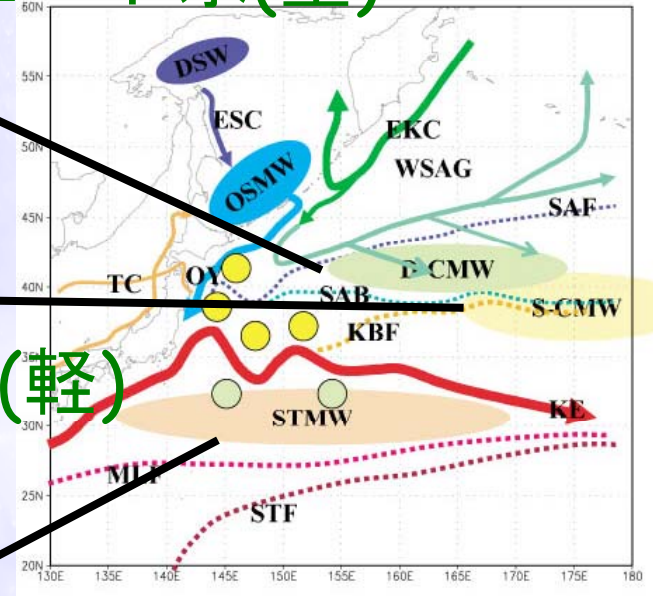
25.05 σ_θ



中央モード水(重)

中央モード水(軽)

亜熱帯モード水



進捗: サブテーマ1

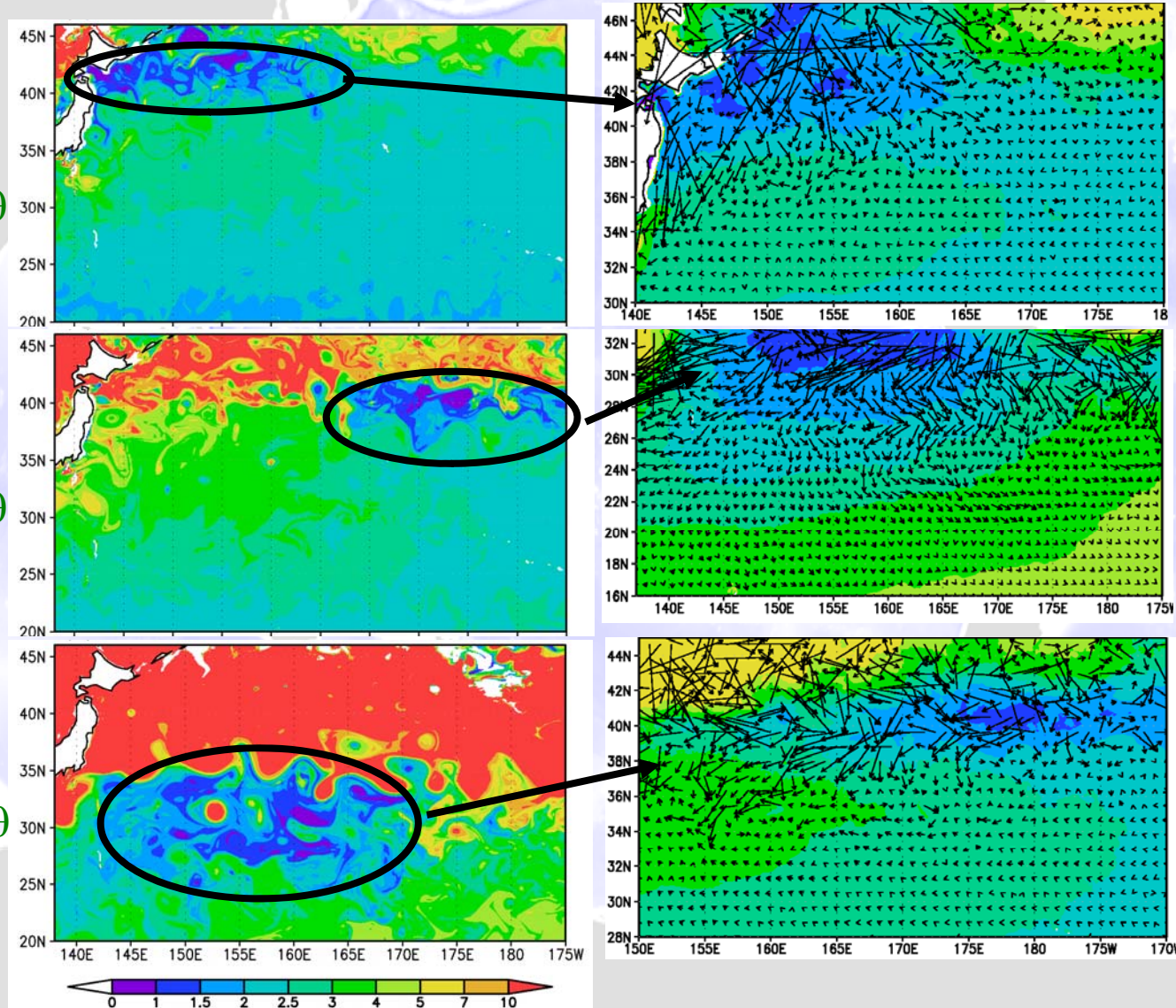
黒潮続流近傍の水塊構造

渦位(夏季5日平均)

26.35 σ_θ

26.05 σ_θ

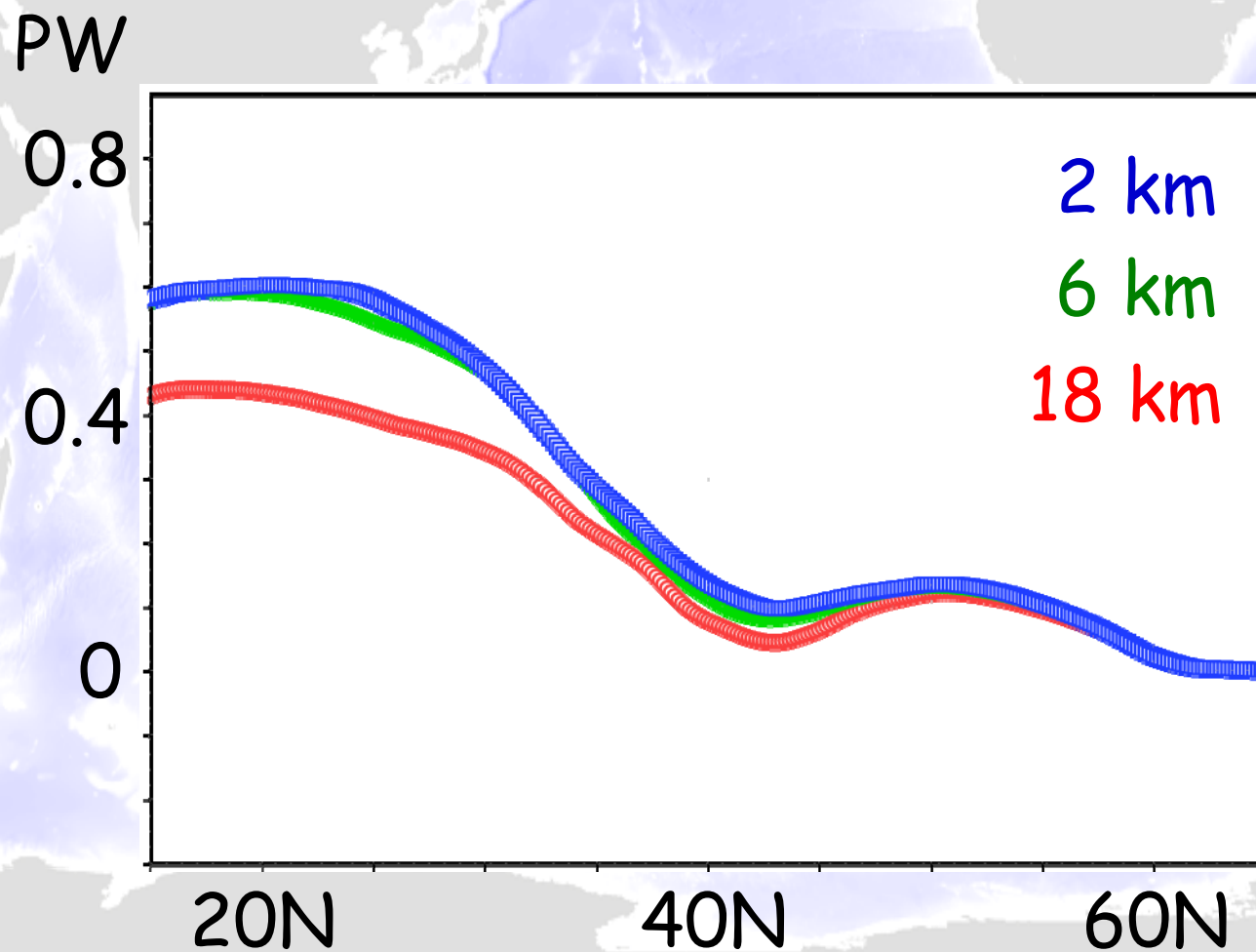
25.05 σ_θ



渦層厚フラックス(長期平均)

進捗: サブテーマ1

北太平洋北向き熱輸送



研究目的

海洋モデルの高精度化が気候変動予測に与えるインパクトを評価する

水平 20 km格子全球海洋モデル(現状の高解像度大気海洋結合モデルで採用)をベースとして

- 日本近海を重点的に高解像度(数km以下)化した nested gridモデルを開発 (サブテーマ 1)

- 20 km格子におけるサブメソスケール現象のパラメタリゼーションを開発 (サブテーマ 2)

上記を実現した全球海洋モデルを大気モデルと結合し、これら海洋モデル高精度化のインパクトを実証

昨年度までの経過：サブテーマ2

20 km格子におけるサブメソスケール現象のパラメタリゼーションを開発

- 日本近海以外でサブメソスケール渦のプロセスが重要となる海域について、高解像度海洋モデリングを実施し、水平20 km格子全球海洋モデルの適切なパラメタリゼーション選択・開発、および適切なパラメータ選択を行う
 - ・南大洋：中層水形成, インド洋－大西洋交換
 - ・ラブラドル海・ウェッデル海：深層水形成

昨年度までの経過: サブテーマ2

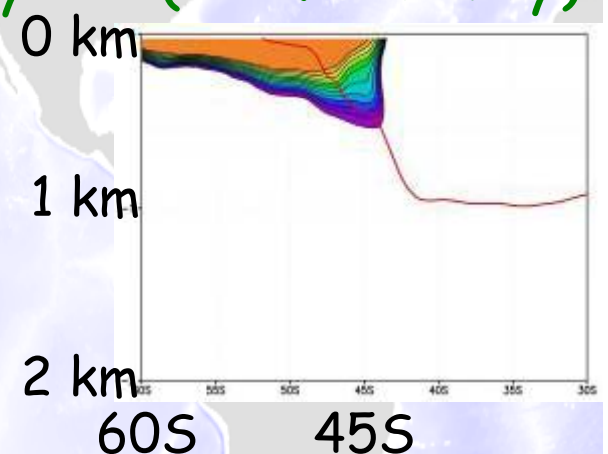
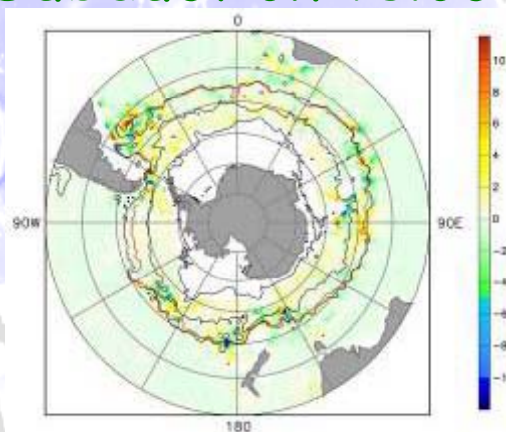
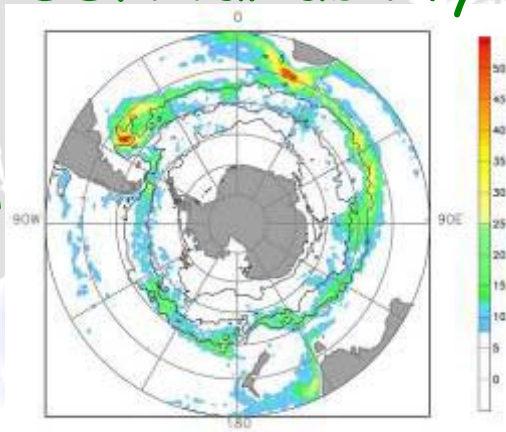
南大洋モデリング

SSH variability

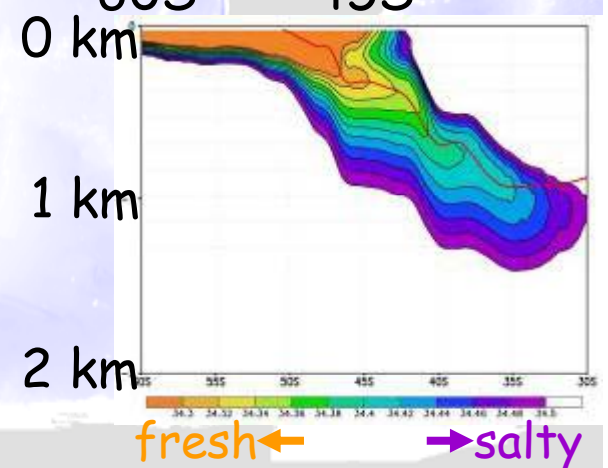
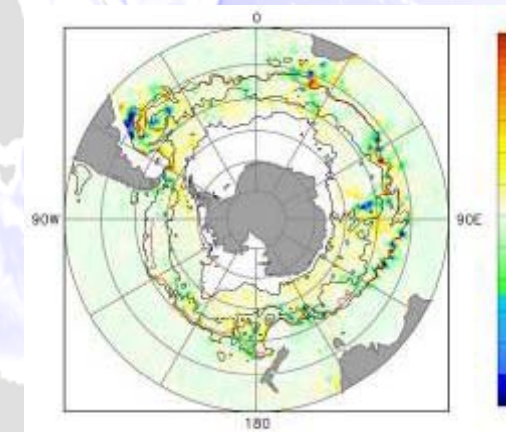
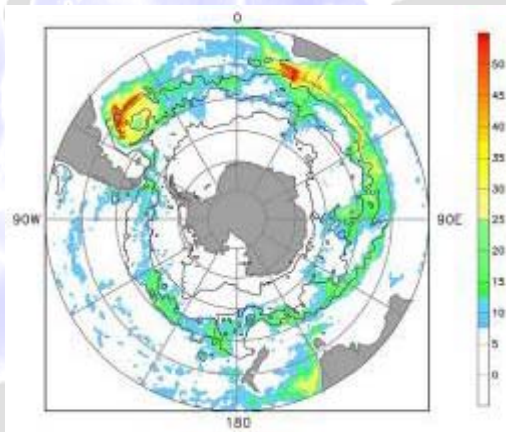
Subduction velocity

AAIW
(30W salinity)

20 km
格子

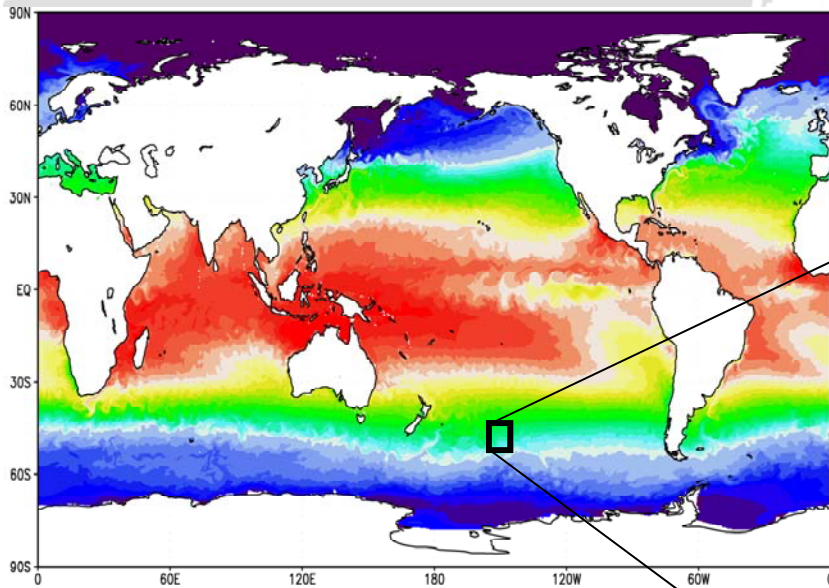


10 km
格子

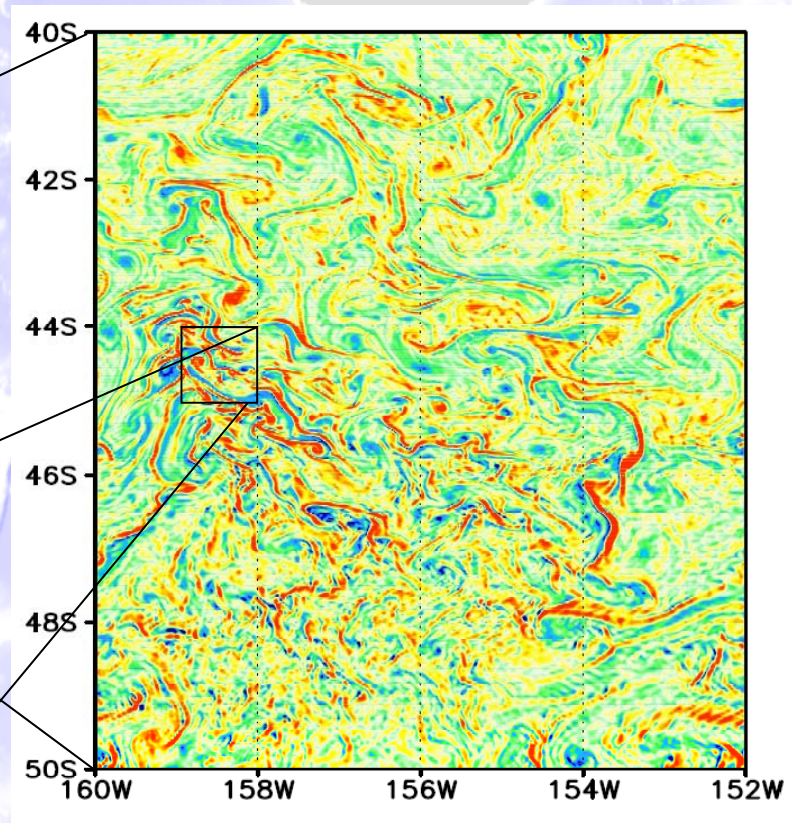


昨年度までの経過: サブテーマ2

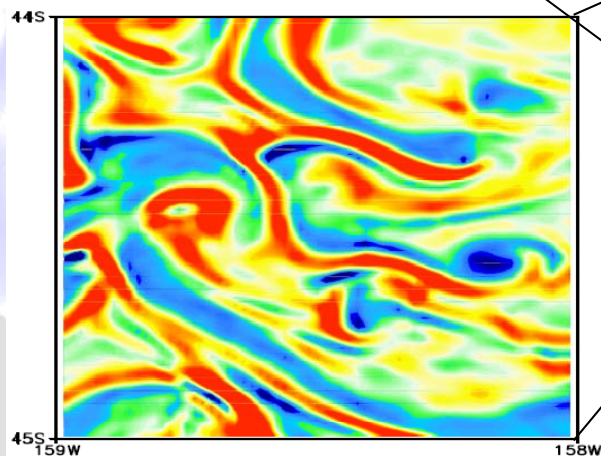
サブメソスケール渦のパラメタリゼーション



20m深での相対渦度



水平1km格子計算



昨年度までの経過: サブテーマ2

サブメソスケール渦のパラメタリゼーション

混合層内のサブメソスケール渦: パラメタライズ
海洋内部のメソスケール渦: 直接解像

渦輸送速度

$$\mathbf{v}^* = -(\kappa \mathbf{S})_z$$

$$w^* = \nabla_H \cdot (\kappa \mathbf{S})$$

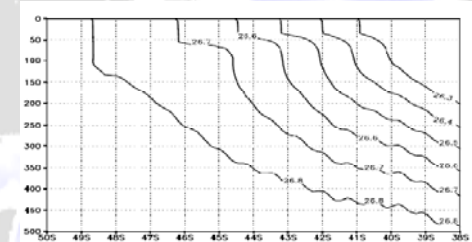
海面付近で大きな渦輸送速度

$$\kappa = \kappa_0 e^{(-z/z_0)}$$

$$z_0 = 100 \text{ m}$$

$$\kappa_0 = 5000 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

20km格子



昨年度までの経過：サブテーマ2

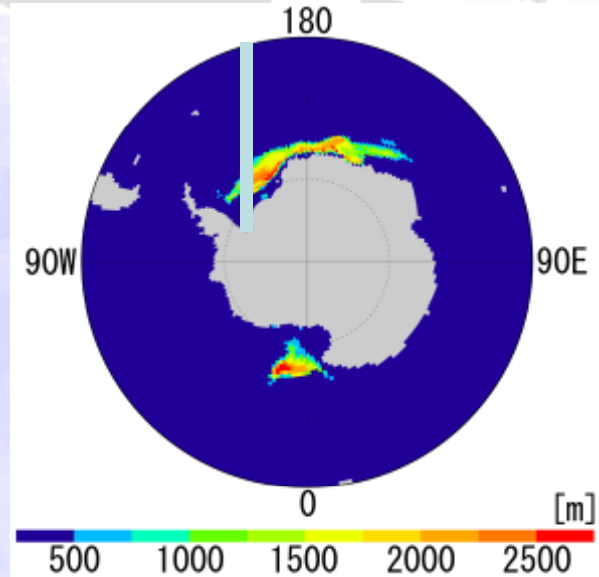
ウェッデル海の深層水形成

低解像度モデルでは深い海での対流活動によって深層水が形成。

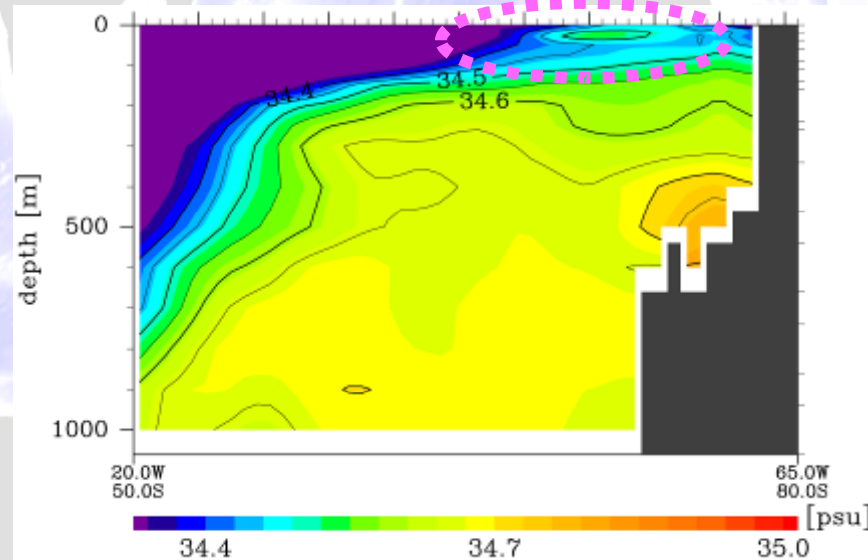
モデルでは表層の塩分が高すぎる。

- ・ 対流が起きていることの「結果」
- ・ 南大洋全域で同傾向、塩分収支？
→ 領域モデルで検証を試みる。

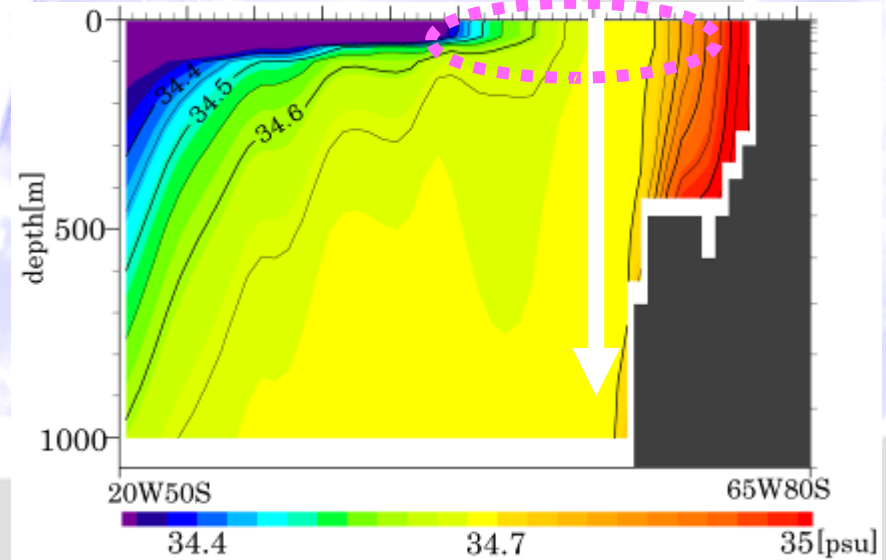
Convection around Antarctica [m]



PHC climatology



Winter salinity around Antarctica

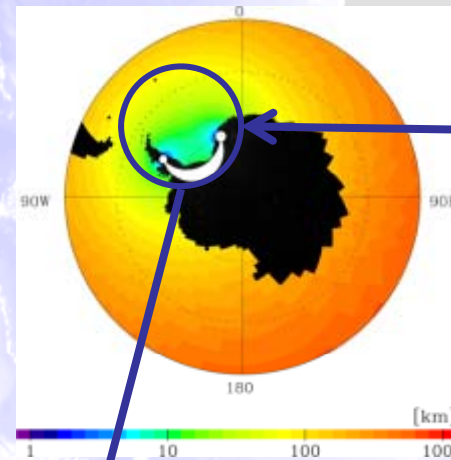


昨年度までの経過: サブテーマ2

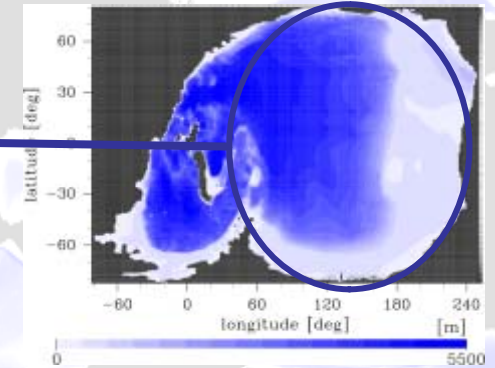
ウェッデル海の深層水形成

COCOを用いて
ウェッデル海領域モデルを
新たに作成
→ウェッデル海表層の塩分
収支を解析し、低解像度の
結果と比較・議論する

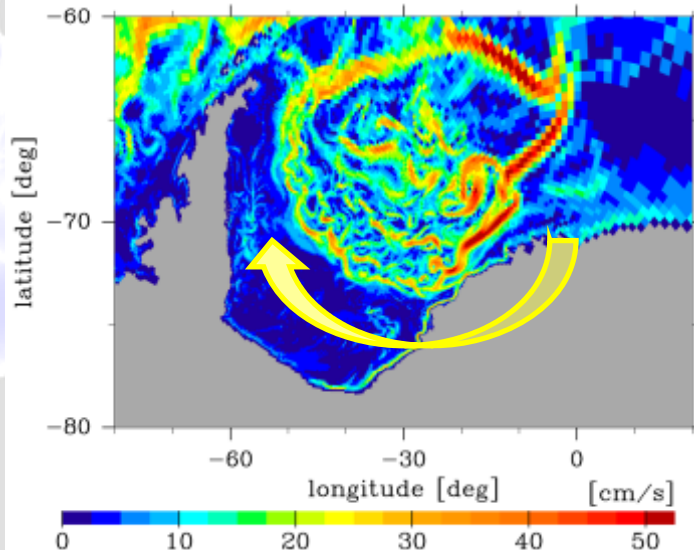
水平解像度(南大洋)



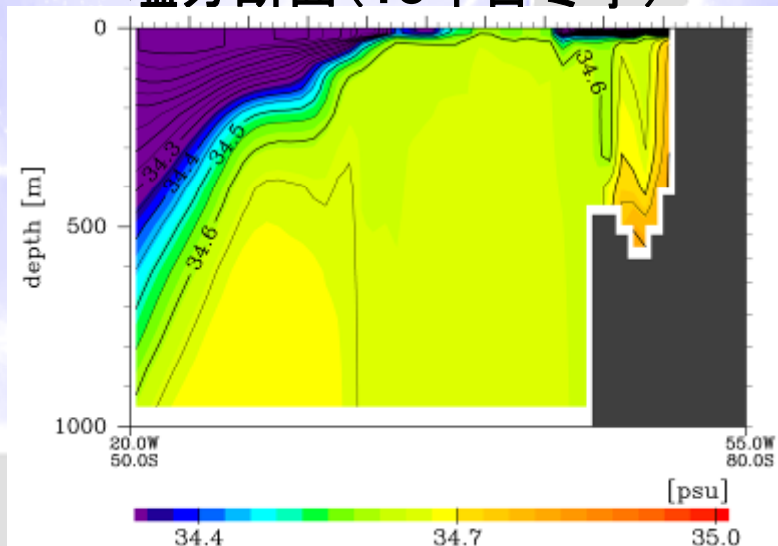
領域モデルの地形



表層流速(18年目3月・5日平均)



塩分断面(18年目冬季)

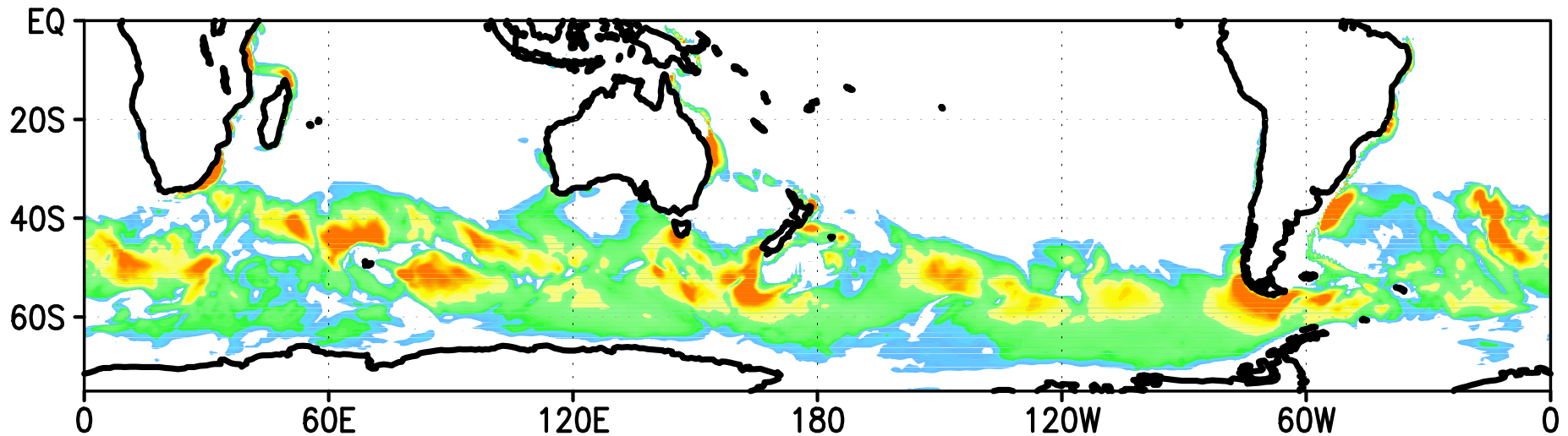


本年度の計画: サブテーマ2

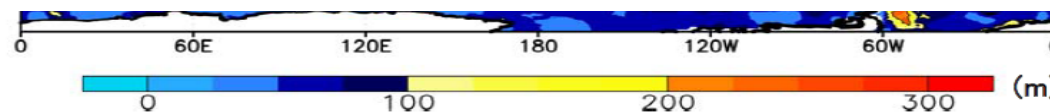
- 日本近海高解像度領域モデルを水平20 km格子全球海洋モデルにネストしたモデルシステムを完成させる
- これを海洋単独モデルとして用いたハインドキャスト実験を通して、従来の水平20 km格子モデルに対する優位性を検証する
- これを既存の気候モデルの海洋部分と差し替えられるように、既存モデルで使用されている大気海洋結合部分（カプラー）へのインターフェイスを作成する

進捗: サブテーマ2

サブメソスケール渦に対する乱流クロージャ



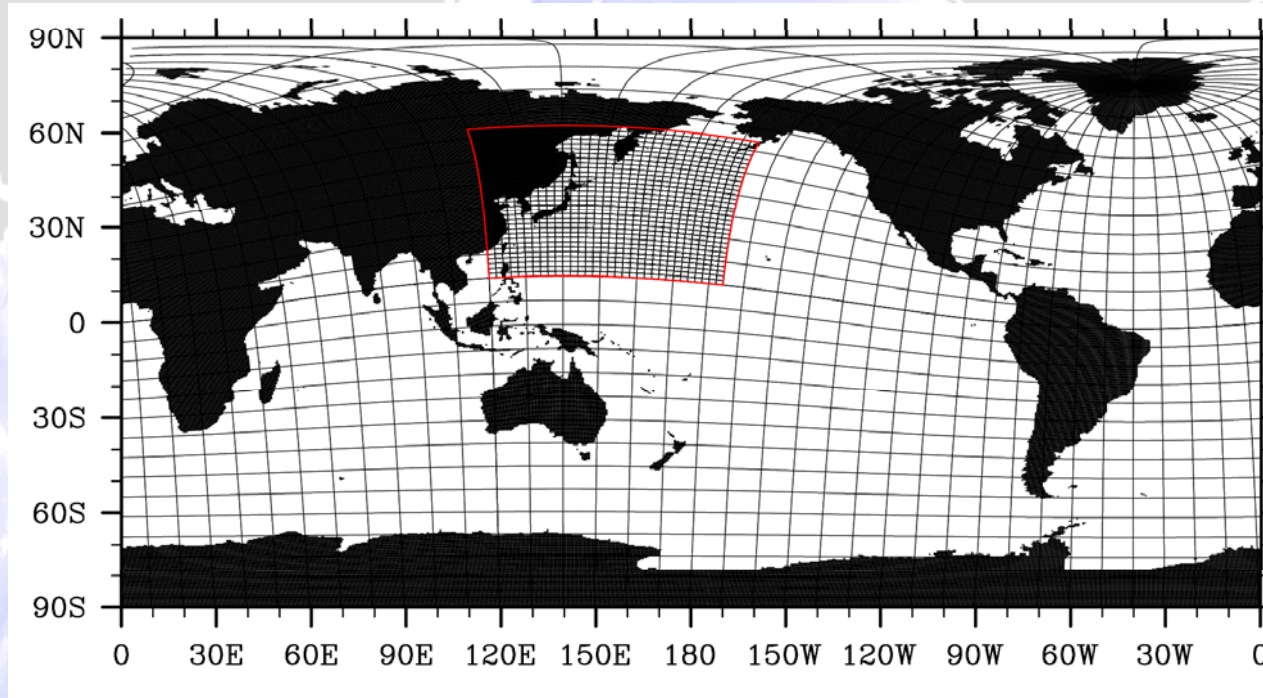
サブメソスケール渦のTKE 予報の基づく層厚拡散係数



(c) 観測値 (WOA05)

進捗: サブテーマ2

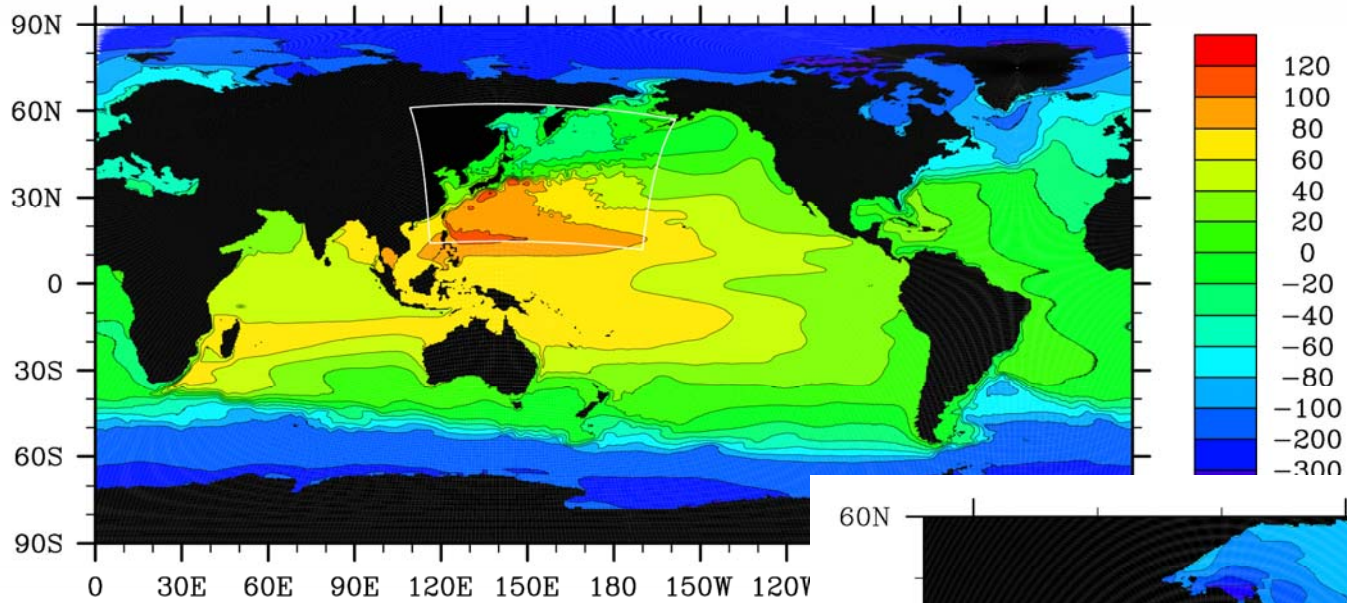
日本近海を高解像度ネストした全球モデル



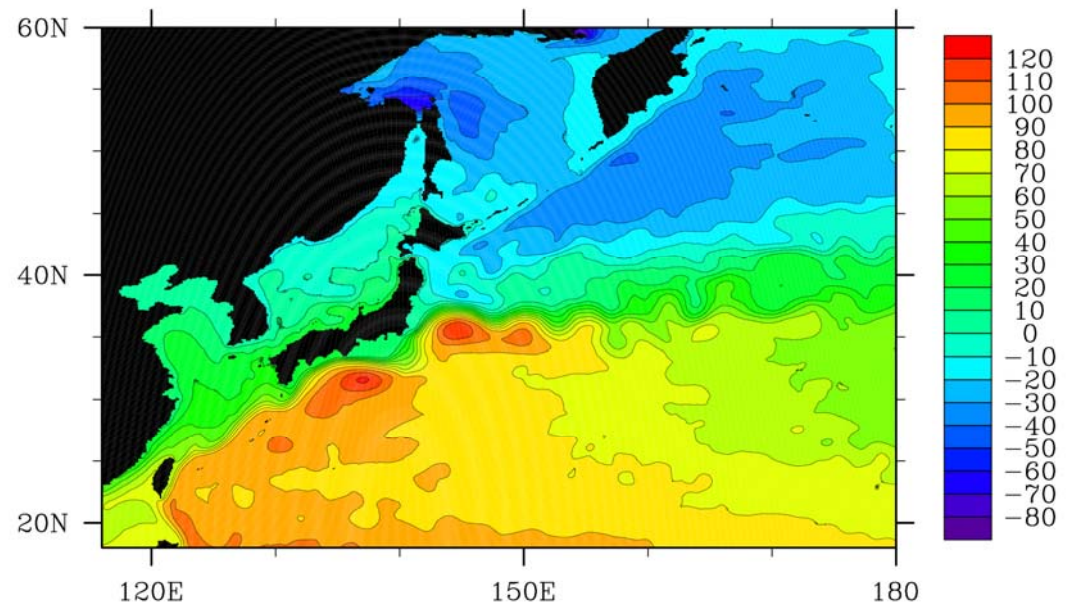
※ 最終的には、tripolar grid で水平格子全球 ~20 km, 日本近海 ~6 km だが、計算資源の制約により、今回は bipolar grid 水平格子全球 ~60 km, 日本近海 ~12 km でテスト

進捗: サブテーマ2

気候値 forcing によるスピンアップ

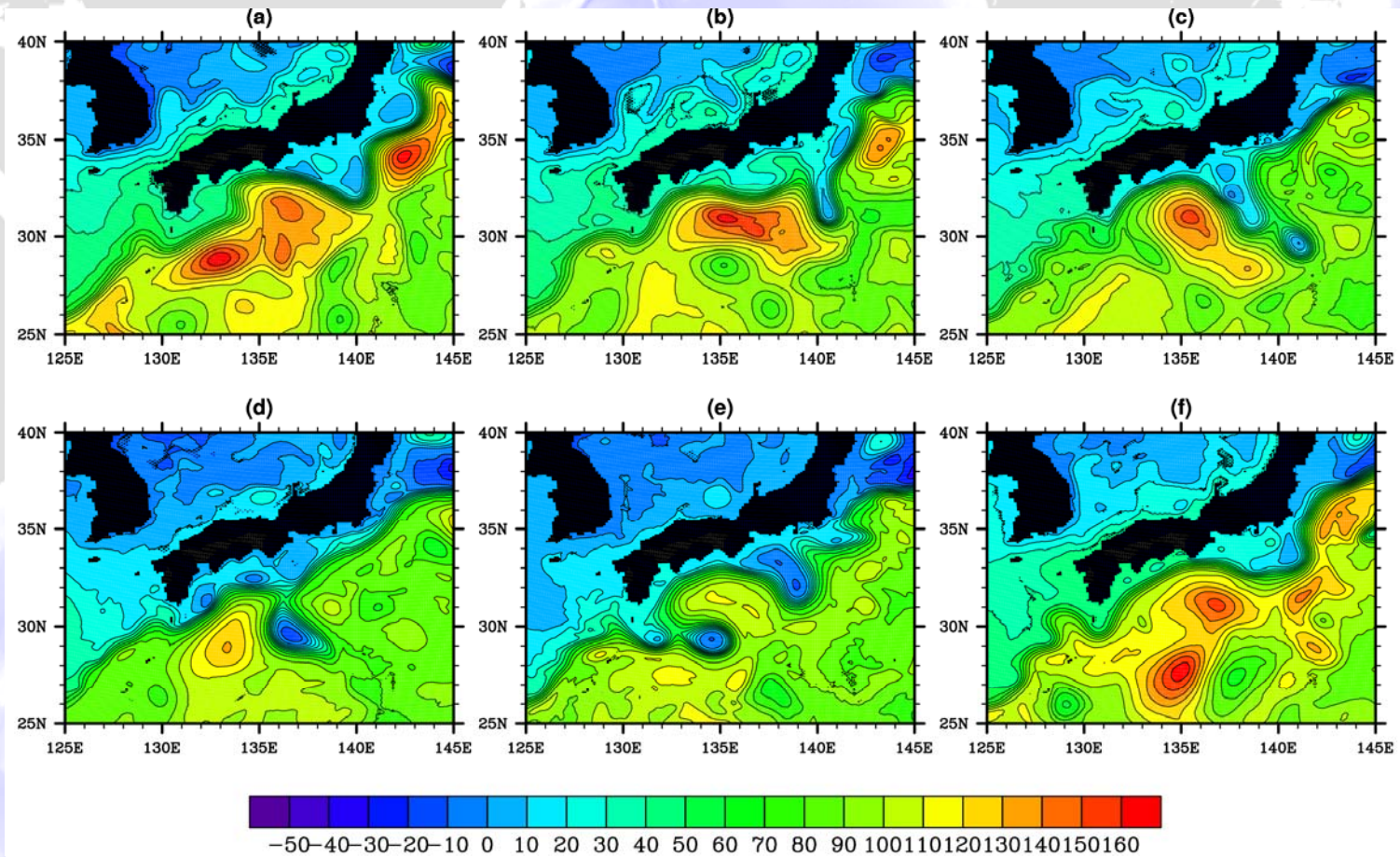


年平均海面高度



進捗: サブテーマ2

ハインドキャスト実験



黒潮蛇行の生成(上)・消滅過程(下)

進捗: サブテーマ2

ハインドキャスト実験

最初の 10 年程度はうまくいっていたが、その後黒潮の振舞がおかしくなってしまった

- 解像度が足りない
- Forcing データセット(CORE2)がおかしい

...問題解決に向けて、鋭意努力中