

21世紀気候変動予測革新プログラム共同研究課題 A ②
高解像度モデルによる近未来気候予測変動に関する研究
全体代表者: 木本昌秀(東京大学気候システム研究センター)

チーム 近未来

B_03 アンサンブルデータ同化手法を用いた
不確実性定量化技術の開発

SPAM

(System for Prediction and Assimilation by MIROC)

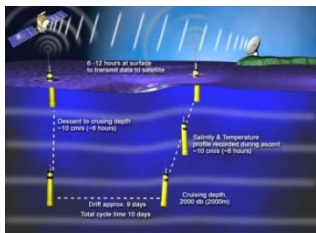
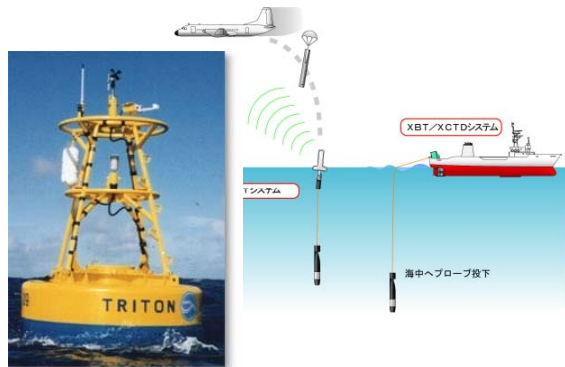
研究代表者: 石井正好

海洋研究開発機構

IPCC貢献地球環境予測プロジェクト

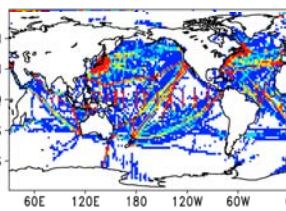
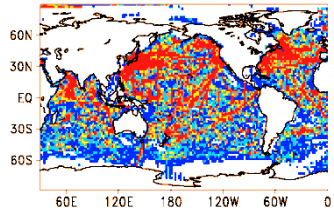


- [不確定量の低減] 正確な大気と海洋の初期条件を与えて予測精度を向上
- [不確定量の評価] 適切なアンサンブル予測 で予測結果の信頼性評価

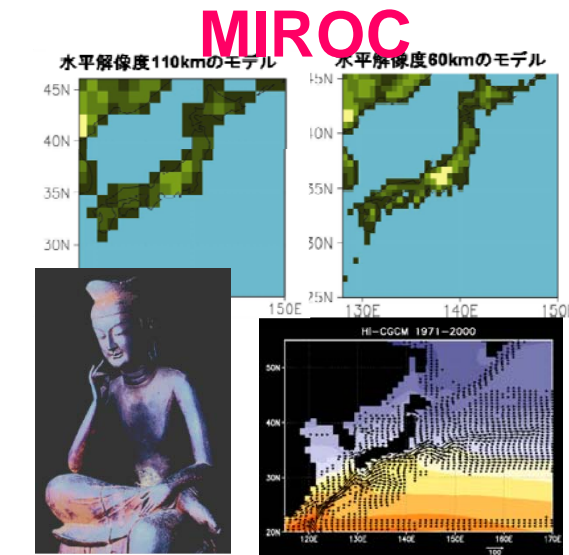
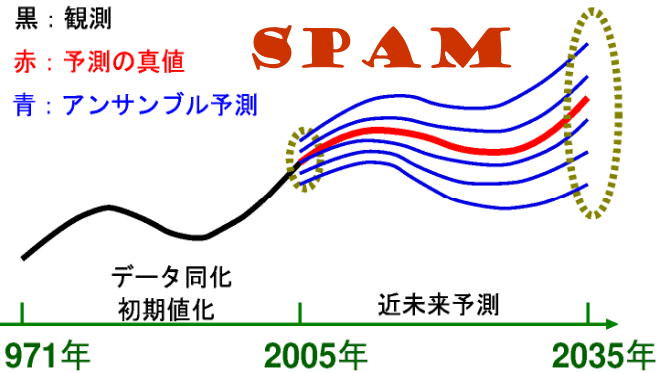


Argo有

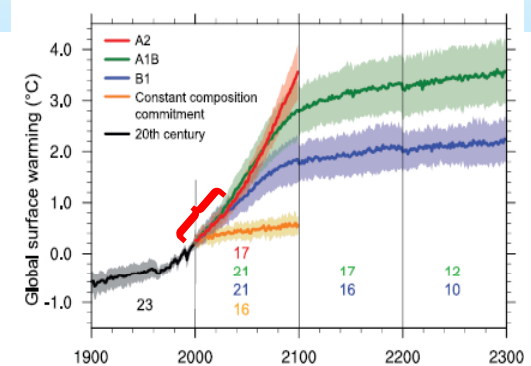
Argo無



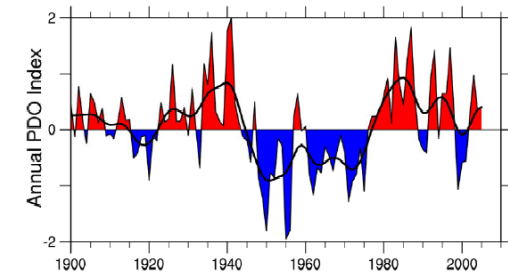
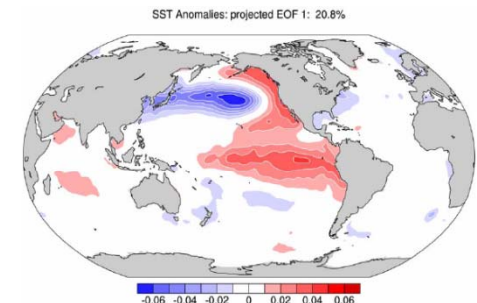
海洋観測



高解像予測モデル



地球温暖化シナリオ



太平洋10年規模変動 (PDO)

昨年度まで

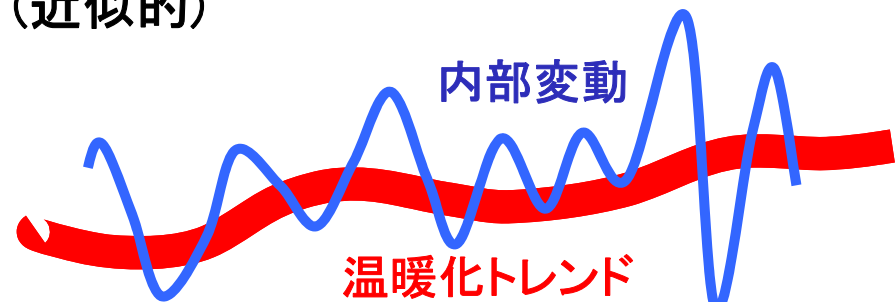
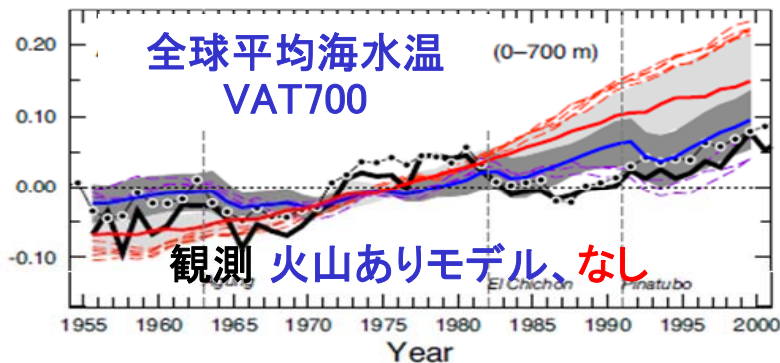
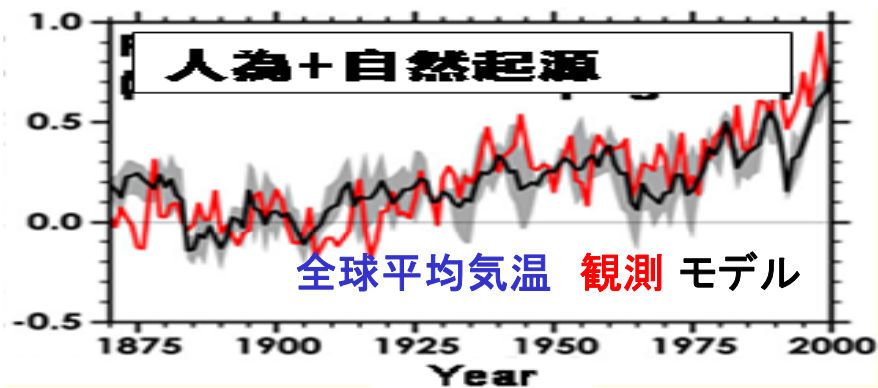
- ◆ 近未来予測システム (**SPAM**) の開発
- ◆ AR4 中解像度モデルによる CMIP5 近未来予測実験の実施

今年度

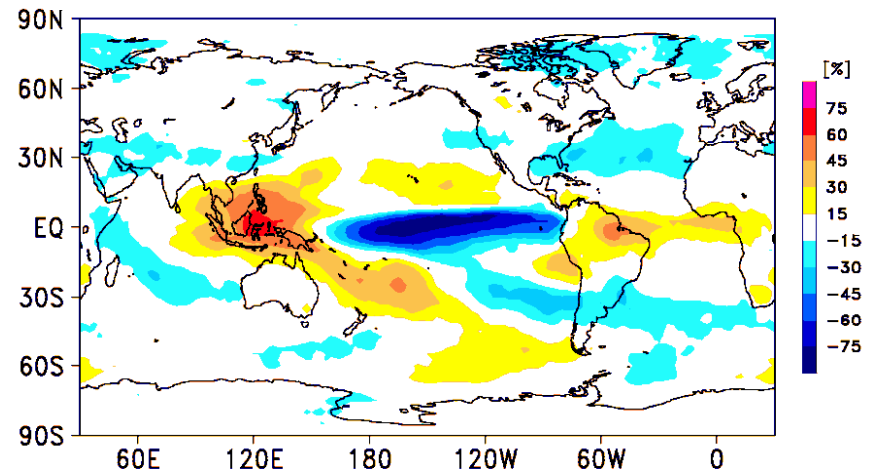
- ◆ 近未来予測システム (**SPAM**) の改良
- ◆ AR5 向け高解像度モデルへの**SPAM**の導入および予備実験の実施

SPAM 近未来予測仕様

- ◆ 結合モデルの海洋のみをデータ同化
- ◆ MIROC の高解像版に適用可 (格子点値化された観測データ)
- ◆ アノマリー同化 by IAU (Incremental Analysis Update)
- ◆ 同化に際して熱、水 (塩分) を保存 (近似的)
- ◆ ENSO の再現



NINO-3 海面水温偏差と
OLR の同時相関



2007～2009年までに得られた成果

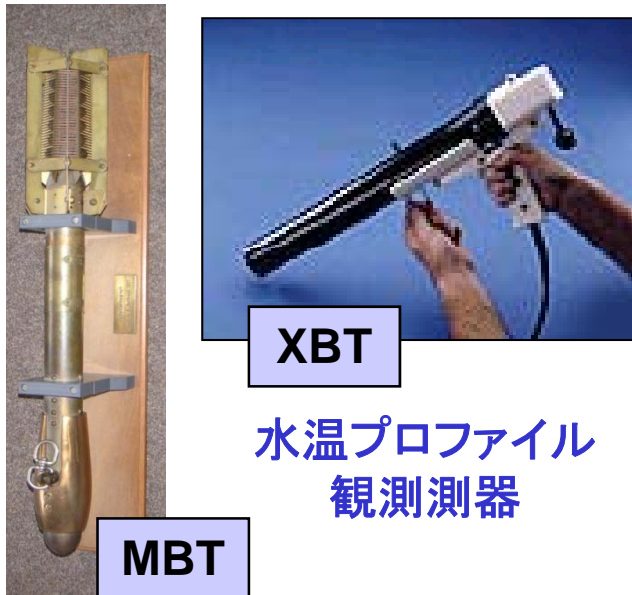
(不確実性課題関連、チーム内協力含む)

- PDO の予測可能性を実証 (Mochizuki et al. 2010, PNAS)
 - 十年規模変動についての予測可能成分解析 (Sugiura et al, 2009, GRL)
 - XBT深度補正 (Ishii and Kimoto 2009, JO)
 - 火山噴火が内部変動に与える影響 (Shiogama et al. 2010, 準備中)
 - XBT補正の十年規模変動予測への影響 (Yasunaka et al. 2010, 準備中)
 - 大西洋ダイポールの予測可能性 (Chikamoto et al. 2010, 準備中)
 - 簡易摂動法 (AIP) の開発 (Chikamoto et al. 2010, 準備中)
 - 海氷同化の十年規模変動予測への影響 (Toyoda et al. 2010, 準備中)
-
- 近未来予測システム (**SPAM**) の開発
 - 新ESでの モデル (MIROC) 高速化
 - 新エミッションデータ等の整備
 - 多重並列実行機能 (**RAINBOW**) の導入
 - モデル出力保存書式の改良 (圧縮形式の採用)
 - CMIP5 データ投入対応

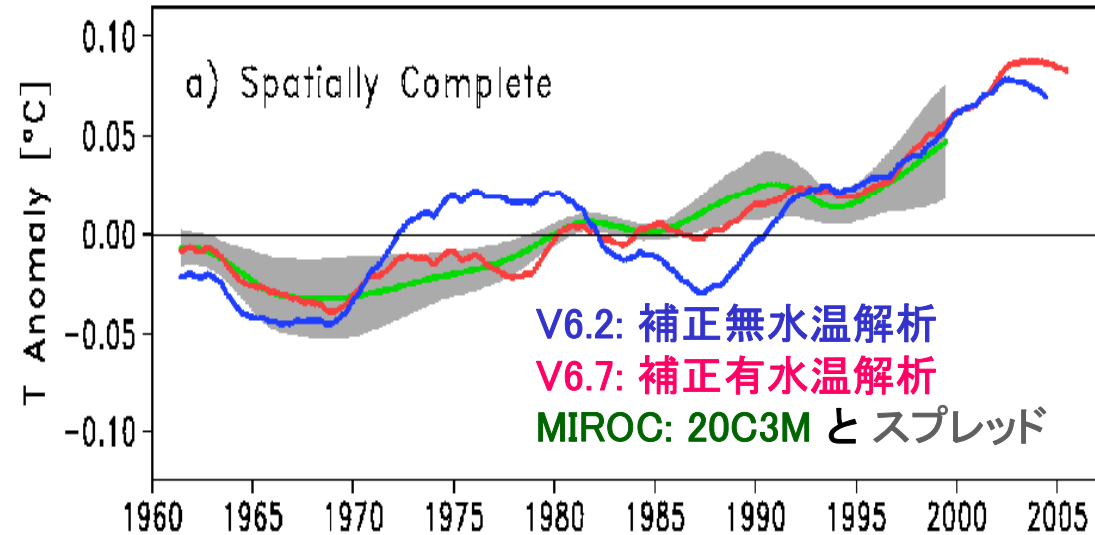
XBT深度補正の近未来予測への影響 (1)

◆ 歴史的 XBT & MBT 深度補正法の導入 (Ishii and Kimoto, 2009)

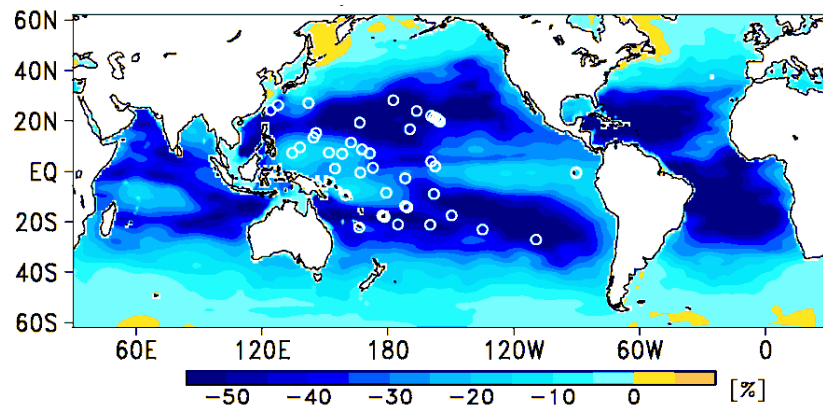
全球平均水温偏差 (0-700m)



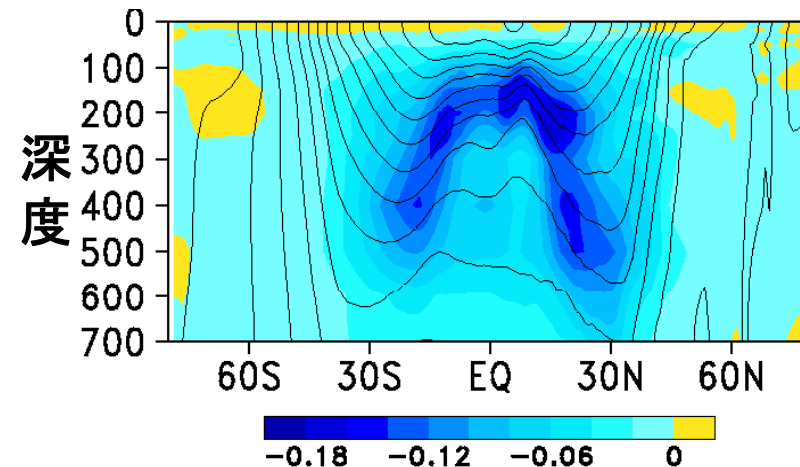
水温プロファイル
観測測器



XBT補正あり/なしのOHC700の差

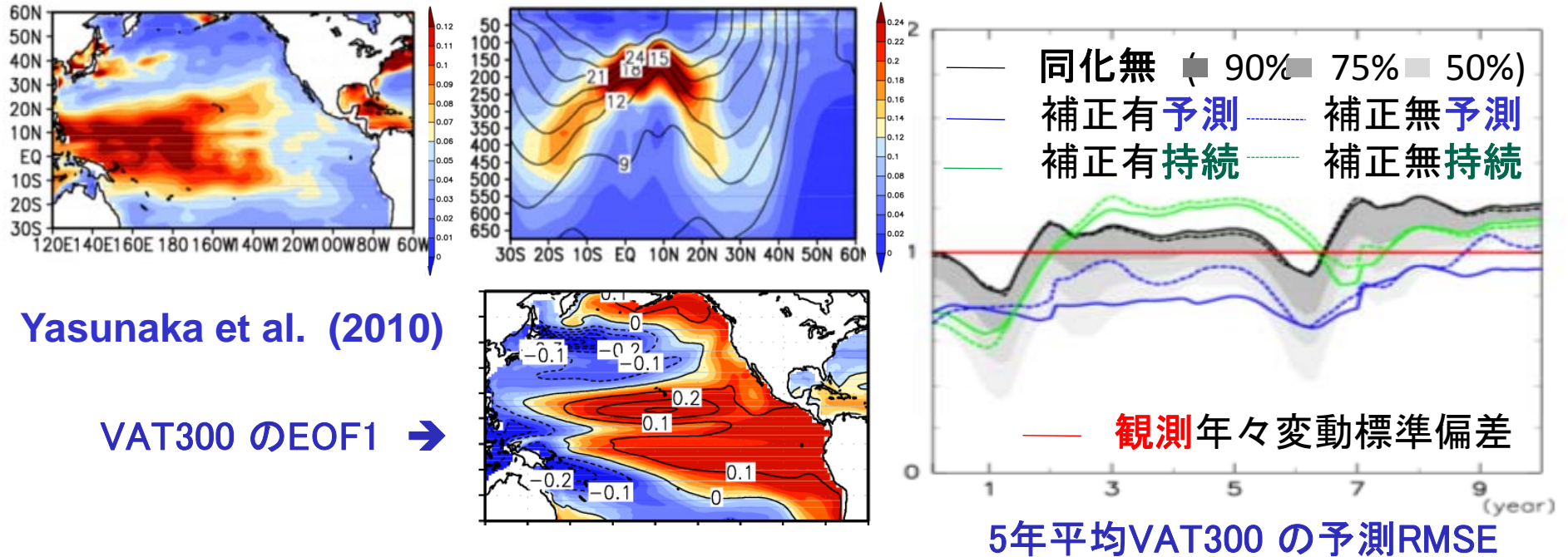


XBT補正あり/なしの水温差

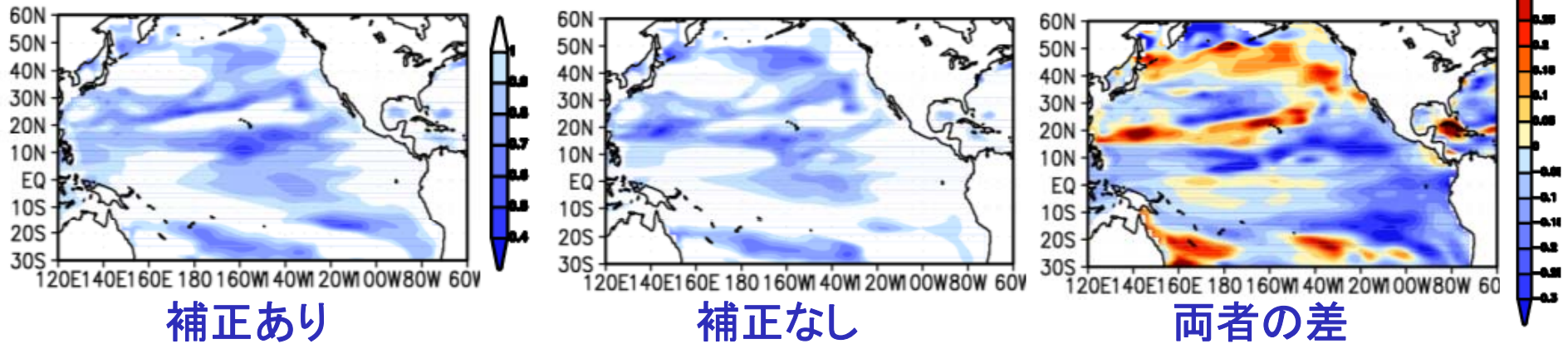


XBT深度補正の近未来予測への影響 (2)

月平均VAT300 の補正有無のRMSD と水温のRMSD (180E)



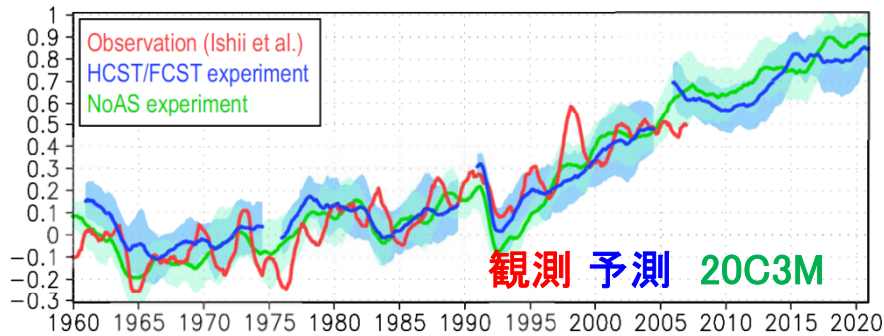
予測VAT300 のRMSE: 観測 σ > の海域のみ表示



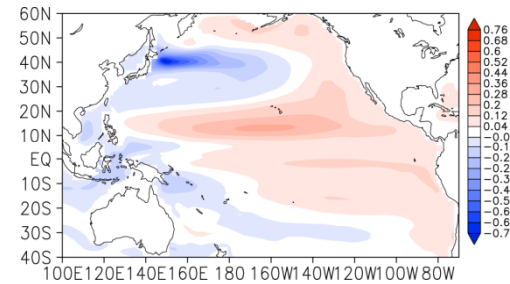
PDO の予測可能性

Mochizuki et al. (2010)

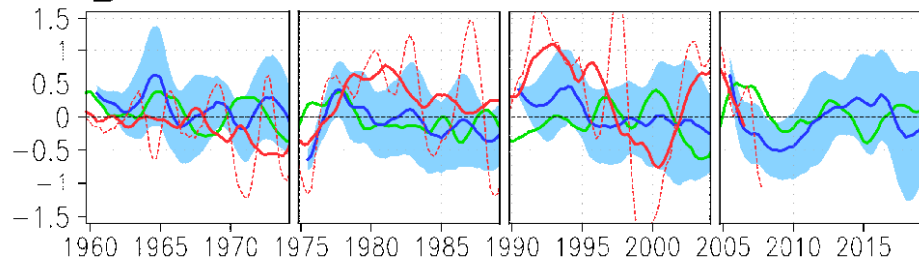
全球平均地上気温



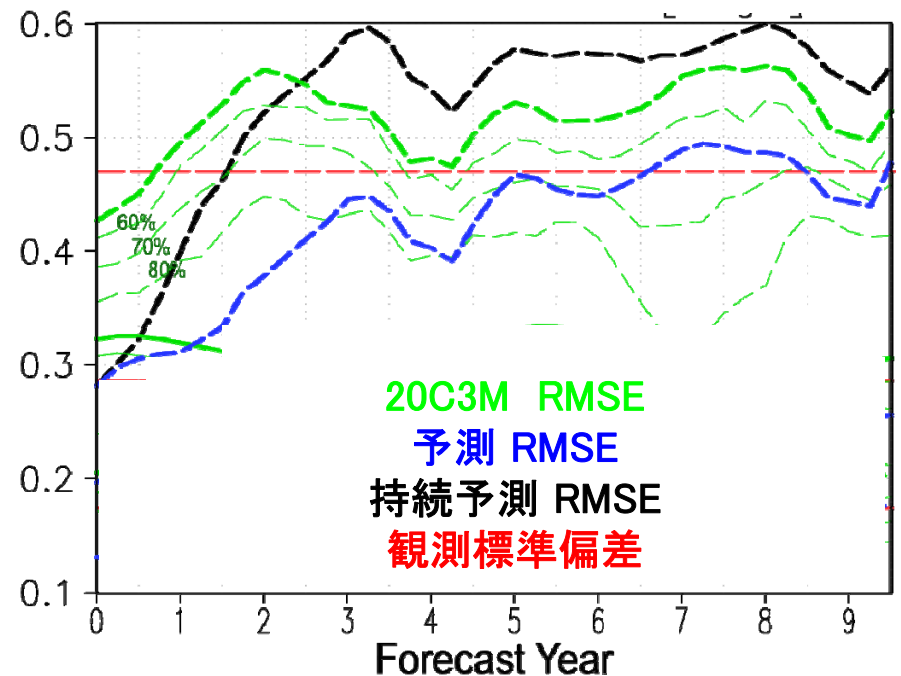
- 10 アンサンブル予測
- 14.5 年予測、1960年から1990年まで5年おき (7ケース)
- 25.5年予測、2005年初期値



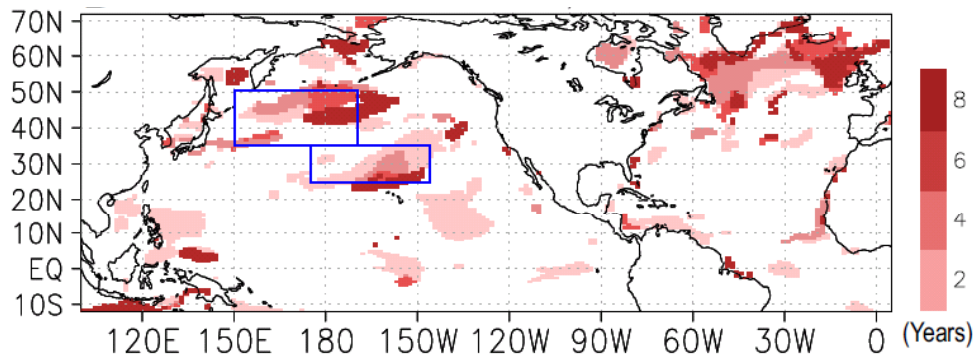
VAT300 の EOF1 スコア 観測 予測 20C3M



5年平均 EOF1 VAT300 の予測スキル

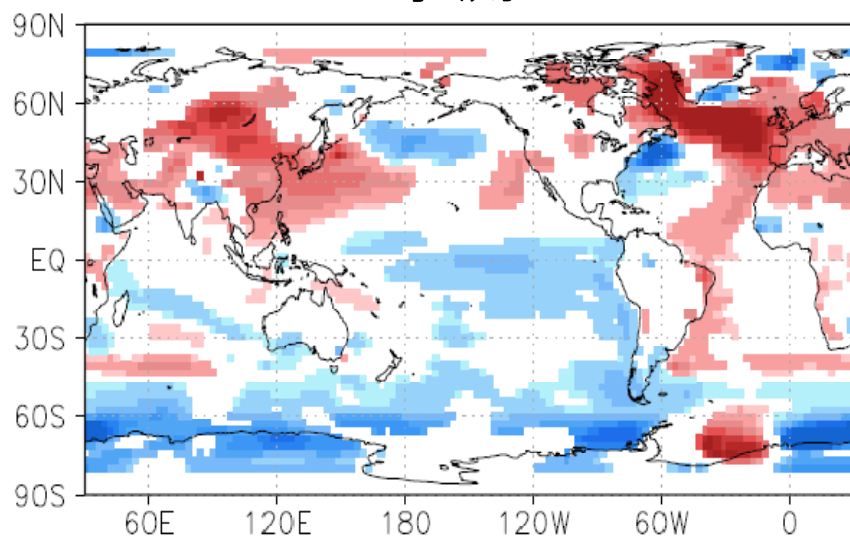


5年平均VAT300 の予測可能性 (年)

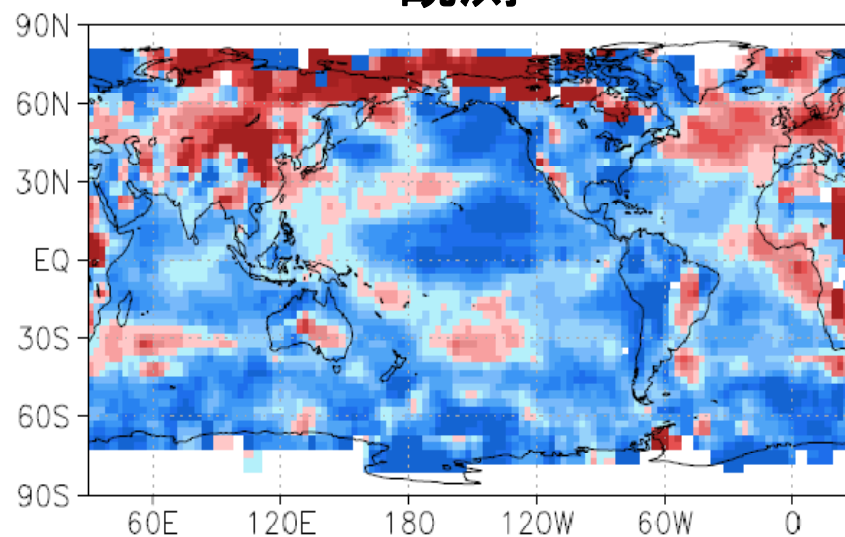


2006年～2008年の地表面気温の予測

予測



観測



予測可能成分の抽出

predictable component analysis

(Schneider and Griffies 1999, Delsole and Chang 2003)

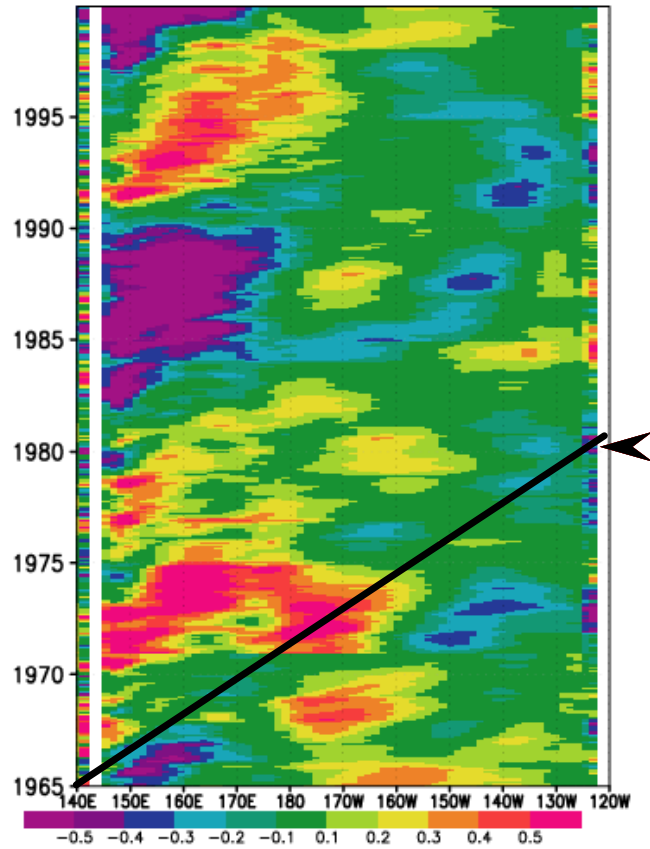
$$\lambda = \frac{\sigma_{\text{fct}}^2}{\sigma_{\text{clim}}^2} = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{C}_{\text{fct}} \mathbf{v}}{\mathbf{v}^T \mathbf{C}_{\text{clim}} \mathbf{v}} \rightarrow \min .$$

\mathbf{C}_{fct} : 予報アンサンブルの誤差共分散行列

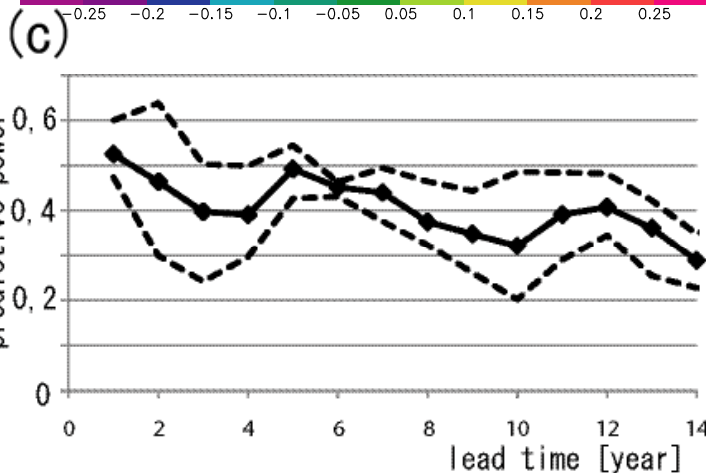
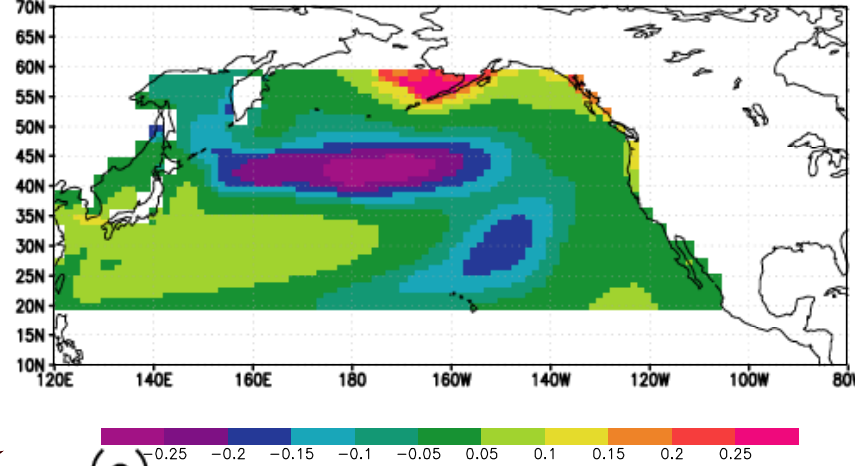
\mathbf{C}_{clim} : 参照アンサンブルの誤差共分散行列、

\mathbf{v} : 状態ベクトル、 λ : 規格化された誤差の分散.

(a) heat content evolution [K] at 42Nto44N band



(b) averaged Predictable Component

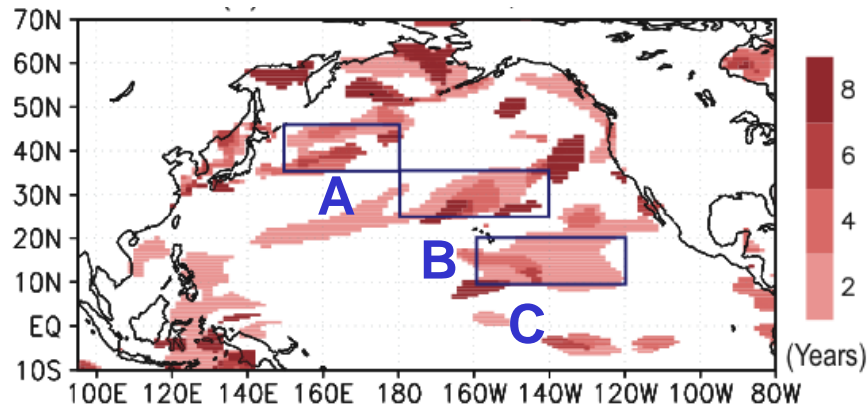


VAT400 の予測可能な海域 =
規格化アンサンブル予測誤差を最小とするパターン

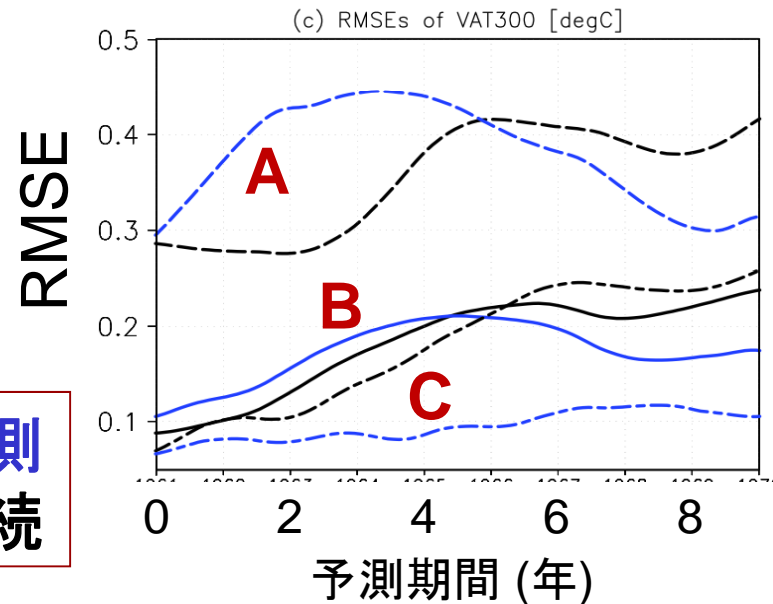
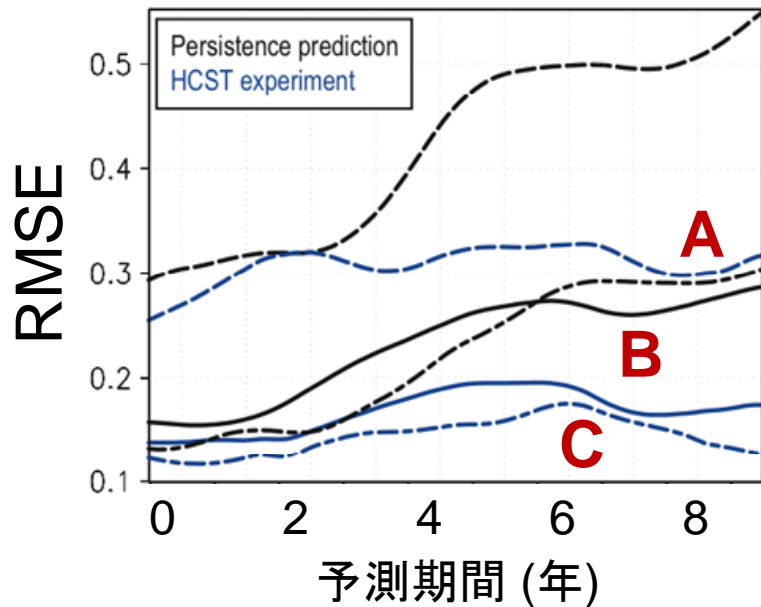
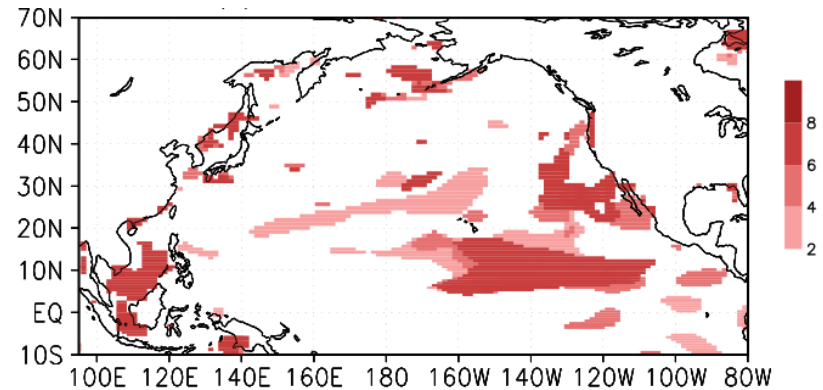
Sugiura et al. (2009)

VAT300 の5年平均値を90%有意に予測できる場所

PDO の予測が上手い場合
Ver. 0.4



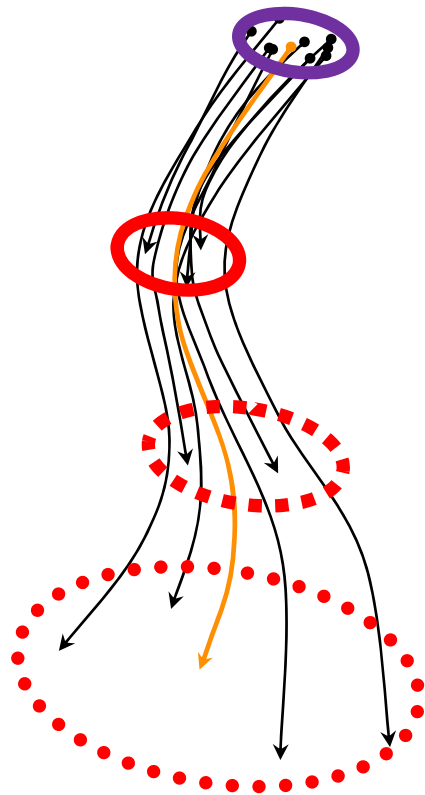
PDO の予測が上手いかなかった場合
Ver. 1.0



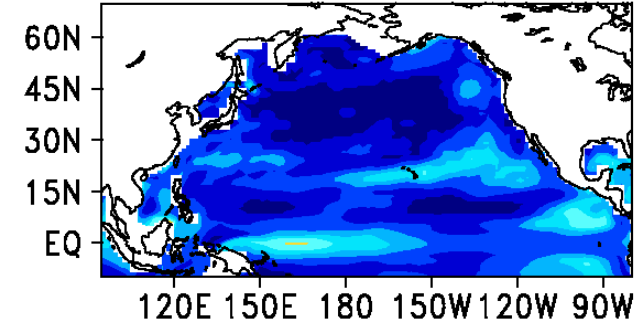
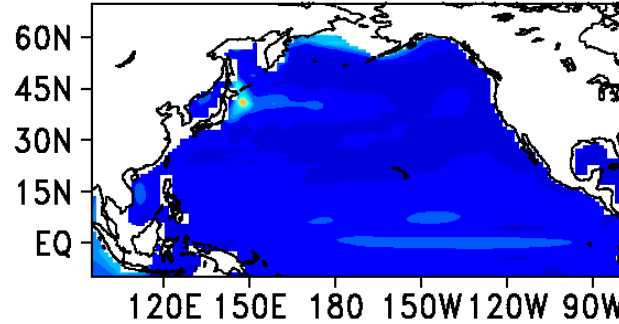
同化が良ければ...

年平均
VAT300 のスプレッド
VAT300
v0.4 spread

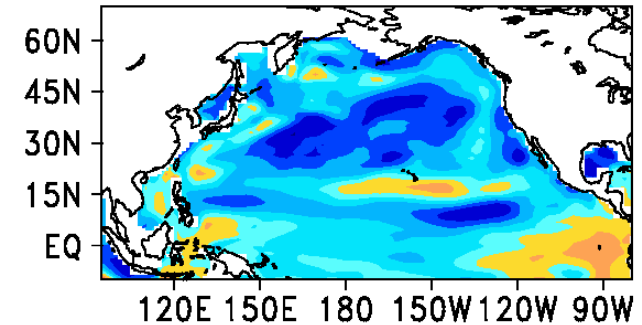
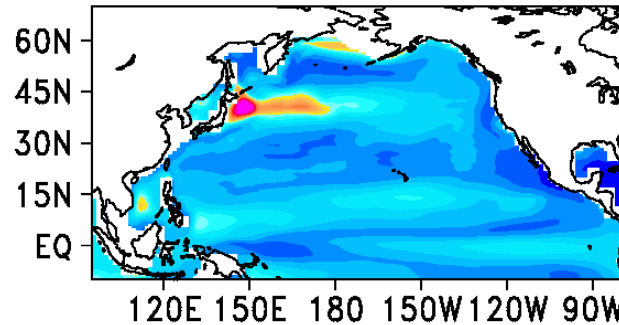
比: 良/悪
v0.4/v1.0



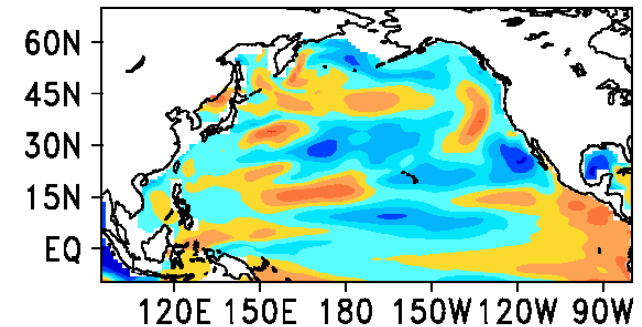
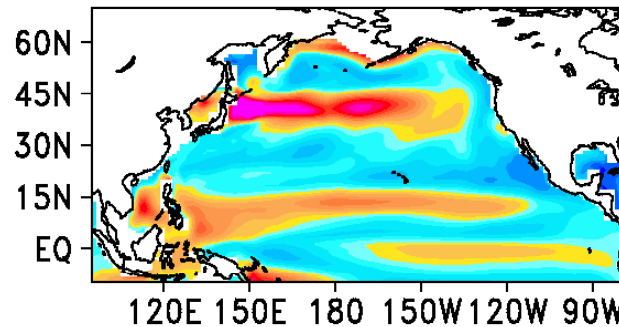
予測開始前



1年目



2年目



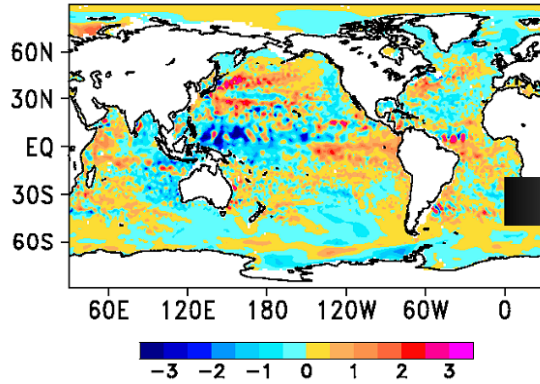
0.06 0.16 0.26 0.36 [°C]

60 80 100 120 [%]

高解像モデル同化

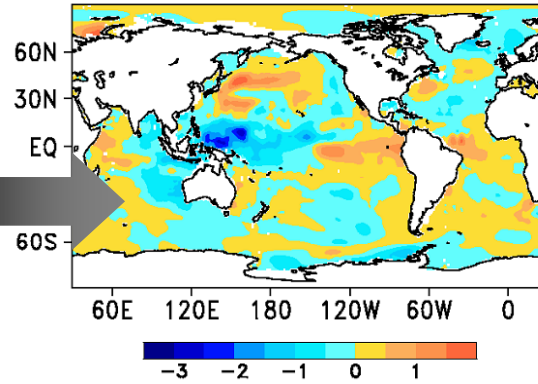
モデル渦保存

Ia at 130m <raw>

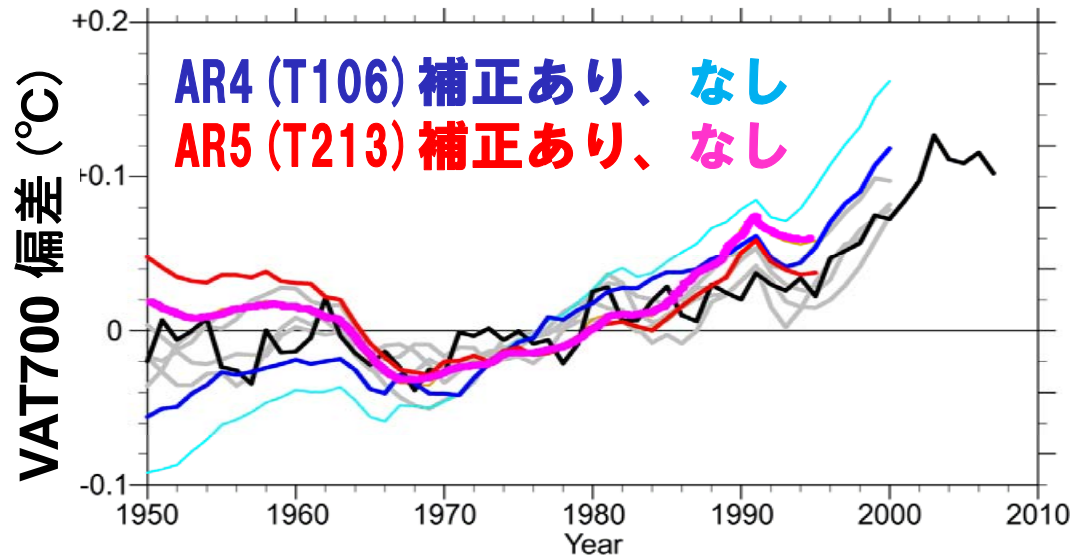


海氷データ同化は不採用

Ta at 130m <smooth>



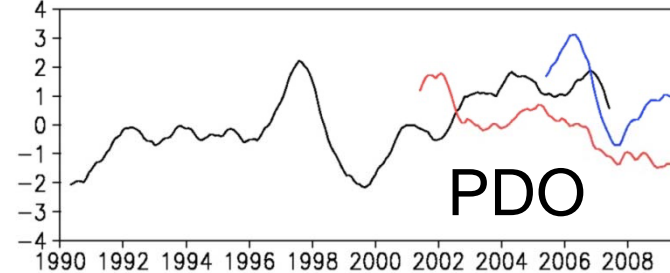
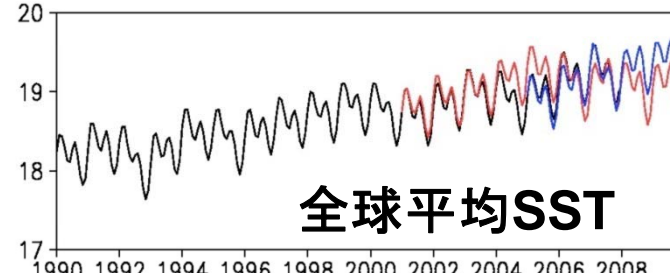
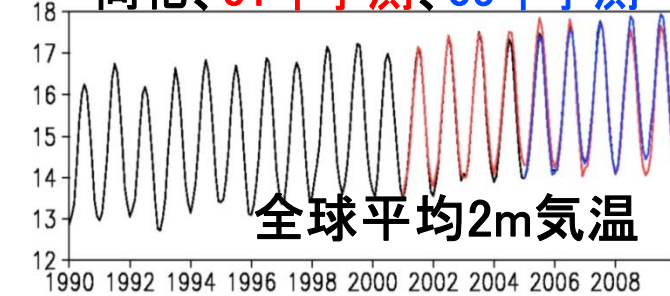
モデルドリフト除去



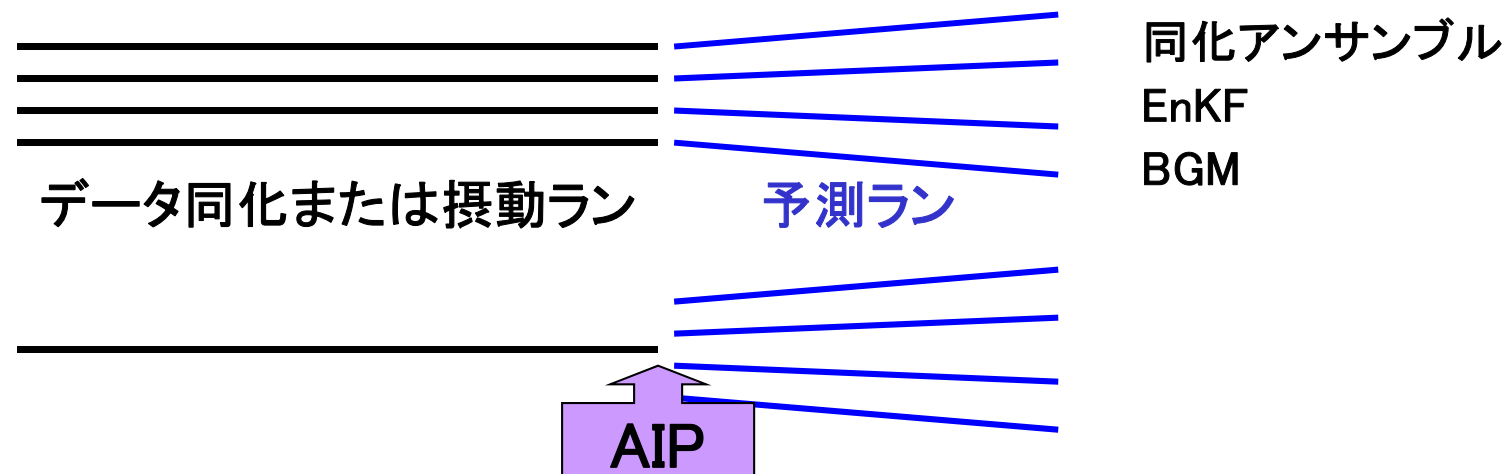
予備実験

AR4 時の T106 大気を結合したモデルで実験、海洋モデルは同じ。

同化、01年予測、05年予測

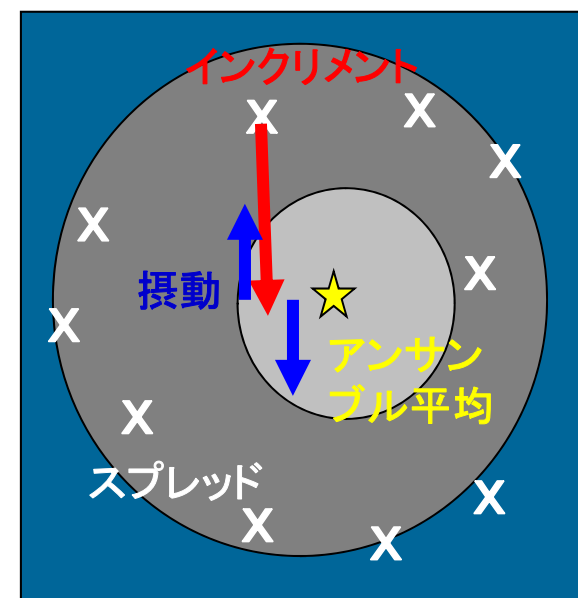


解析インクリメント摂動法 (AIP)

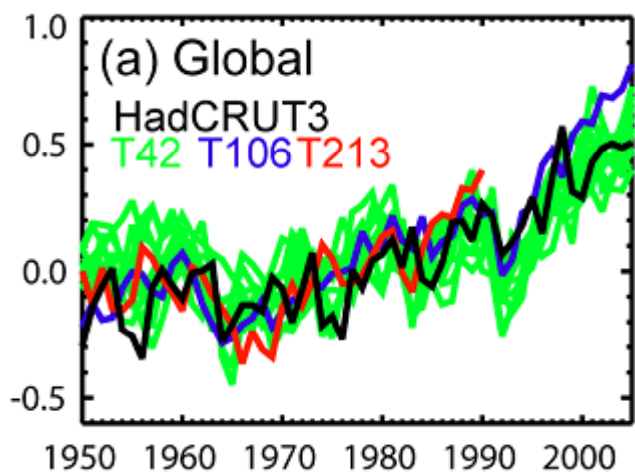
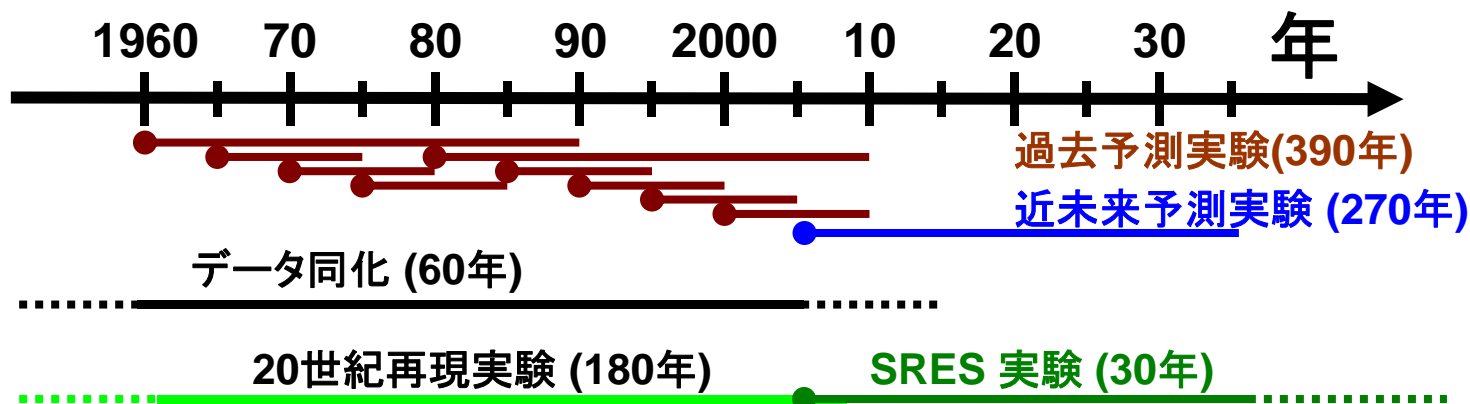


手法の概要

- 同化アンサンブル平均は最良の予測結果を導く。
 - ➔ 解析インクリメントで同化アンサンブル平均を推定
- 解析インクリメントは近未来予測の誤差成長モードである (BGMとの相似性)
 - ➔ 解析インクリメントから摂動を構成する。



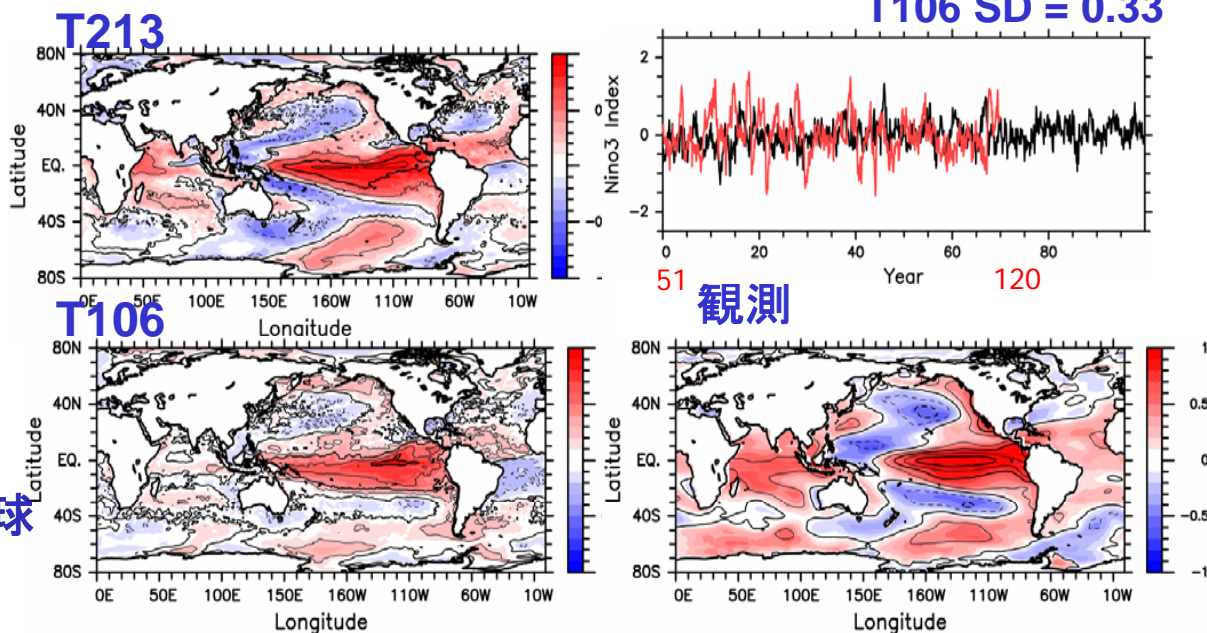
高解像度本番実験実施中



20世紀気候再現実験による全球平均地表面気温の時系列

Nino3 SST に対する相関回帰

T213 SD = 0.53
T106 SD = 0.33



まとめ

- ◆ 高解像度モデルに適用可能な近未来気候予測のためのアンサンブル予測手法を開発した。
- ◆ 太平洋十年規模変動 (PDO) には数年程度の予測可能性があることが実証された。このことは、データ同化が適切に実現されたことに関連すると考える。

今後

- 高解像度モデルによる近未来予測本番実験への適用
- 新しい同化・予測手法の開発