

テーマA:「直面する地球環境変動の予測と診断」

領域代表者: 木本昌秀(東京大学大気海洋研究所)

課題(i) 直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明

(1) 季節～30年程度のシームレスな予測情報の提供

気候リスクの評価においては、過去に実際に起こった異常天候や気候変動事例がどの程度の確率で出現するのか、その確率は今後どのように変化してゆくのかを知る必要がある。したがって、予測システムの過去事例に対する再現性、予測性を年々～数十年のシームレスな時間スケールで検証した上で将来の予測情報を提供する。

(2) 過去の気候変動に対する要因分析

気候リスク研究においては、地域的な気候変動、とりわけ、異常天候や極端現象の発生確率の将来変化予測が必要とされる。これを実現するために、過去に起きた気候変動現象の再現とそれに対する自然、人為要因の影響の定量評価を行う気候診断を行う。(D/A, E/A)

(3) 気候感度に対する知見の向上、気候感度評価の新しい方法論の確立

数十年以上の時間スケールでは、二酸化炭素増加等の外力に対する気候システムの応答の大きさの指標である気候感度の不確実性低減が必要である。本課題では、気候感度に影響を与えるモデルの物理過程に系統的に摂動を与えて気候感度の確率密度分布を評価した上で、観測データ情報から最尤密度を推定する手法の開発を試みる(構造不確実性)。また、雲解像モデルにより雲過程再現の向上、不確実性低減を図る。

課題(ii) 地球環境変動研究を支える統合的予測システムの開発

これらの課題を実現するために、まず予測システムによる過去事例の再現性の向上を図り、また、より長期間の気候診断を可能にする気候解析予測システムの構築を行う。(EnKF)

(1) 様々な時空間スケールに対応するシームレス予測の基盤技術開発

(2) 初期値・境界値の最適化技術、データ同化技術の開発



テーマA:「直面する地球環境変動の予測と診断」

実施体制図

領域代表者: 木本昌秀 主管機関: 東大大気海洋研究所 (AORI)

課題(i): 直面する気候変動に関する
要因の特定とメカニズムの解明
代表者: 渡部雅浩

代表機関: 気象庁気象研究所 (MRI)
課題(ii): 地球環境変動研究を支える
統合的予測システムの開発
代表者: 石井正好

サブ課題(a):
近未来気候変動予測
代表者: 渡部雅浩

代表機関: 国立
環境研究所 (NIES)

サブ課題(b-1):
気候感度不確実性低減
代表者: 小倉知夫

代表機関: 海洋研究
開発機構(JAMSTEC)

サブ課題(b-2):
気候感度不確実性低減
代表者: 佐藤正樹

サブ課題(a):
シームレス予測の
基盤技術開発
代表者: 石井正好

代表機関: 海洋研究
開発機構(JAMSTEC)

サブ課題(b):
データ同化技術開発
代表者: 田中幸夫

参画機関:
JAMSTEC
MRI
NIES

参画機関:
AORI
JAMSTEC

参画機関:
JAMSTEC
AORI

参画機関:
JAMSTEC
AORI

参画機関:
MRI
AORI

- 季節～30年先までの気候変動予測実験
- Detection & Attribution
- 気候変動メカニズム研究

- 物理摂動・差替実験
- 衛星データによるモデルの気候再現性評価
- マルチモデルアンサンブル

- 全球非静力学モデルNICAMを用いた雲の予測精度向上、将来の不確実性低減

- 近未来予測のための初期値・境界値作成
- 過去100年の結合系再解析
- カプラを活用した統合地球環境予測システムの開発

- EnKFを用いた大気海洋結合同化システム
- モデル初期値化システムの最適化

課題(i): 直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明

サブ課題a: 年々変動～30年程度を対象とした
近未来気候変動予測研究

サブ課題代表者(兼課題代表者)

渡部雅浩

東京大学大気海洋研究所

テーマA「直面する地球環境変動の予測と診断」

課題(i) 直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明

サブa: 年々変動～30年程度を対象とした近未来気候変動予測研究

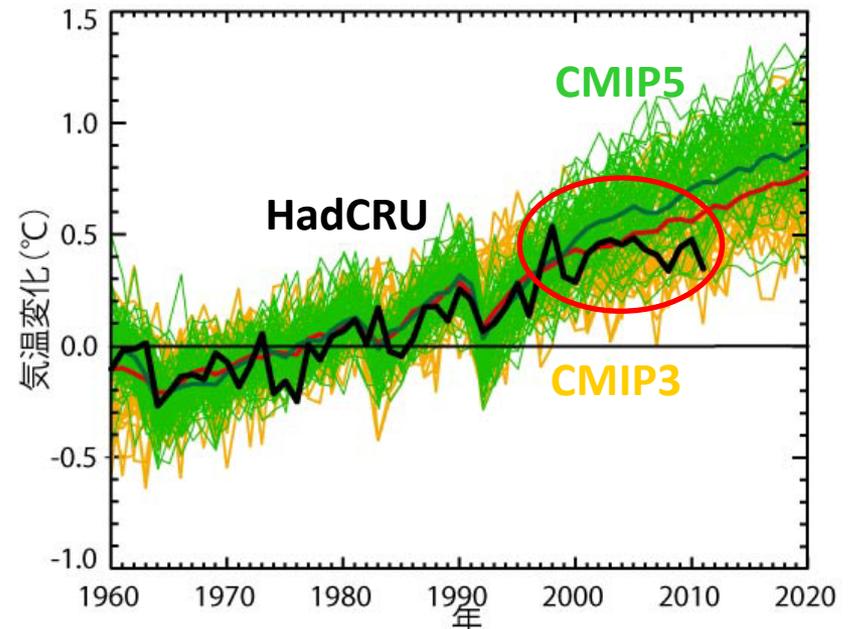
(1) 季節～数十年～百年規模のよりよい予測情報

- 季節～近未来予測
→ メンバ増、解析
2000年以降の
気候変動予測
- 創生後半用モデル
の調整

近年の温暖化の鈍化

CMIPモデルは、最近10年の全球平均
気温変化をうまく再現できていない

→ 近未来の気候変動予測にとっても重要



テーマA「直面する地球環境変動の予測と診断」

課題(i) 直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明
サブa: 年々変動～30年程度を対象とした近未来気候変動予測研究

(2) 過去の気候変動に対する要因分析

- Event Attribution (EA)事例計算
 - ✓ MIROC5 AGCM(T85L40)、MIROC4 AGCM(T106L56)
 - ✓ 1979-2012の再現実験(10メンバアンサンブル)
※2009-2012のみ50メンバに増強
 - ✓ 20C切り分け実験を用いてcounterfactual実験
- EA方法論の検討
- 国際連携
 - ✓ BAMSレポート
(2013秋出版予定)

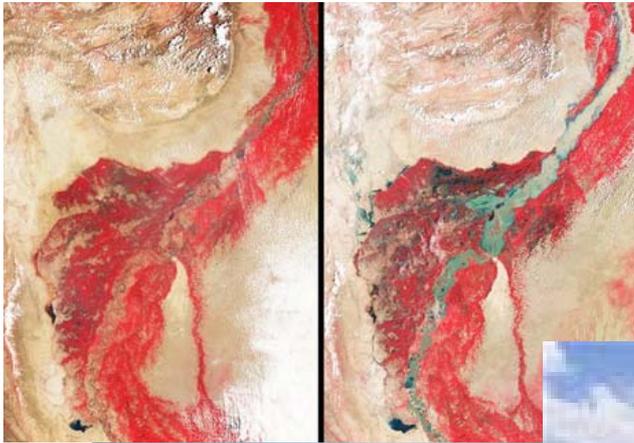
EXPLAINING EXTREME EVENTS OF 2011 FROM A CLIMATE PERSPECTIVE

THOMAS C. PETERSON, PETER A. STOTT AND STEPHANIE HERRING, EDITORS

Using a variety of methodologies, six extreme events of the previous year
are explained from a climate perspective.

EA事例研究

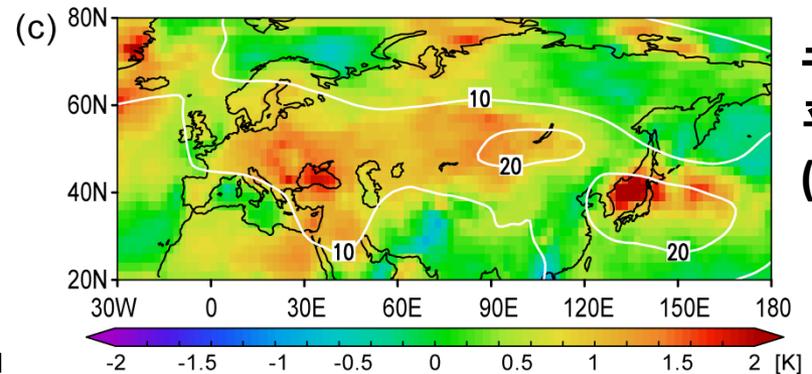
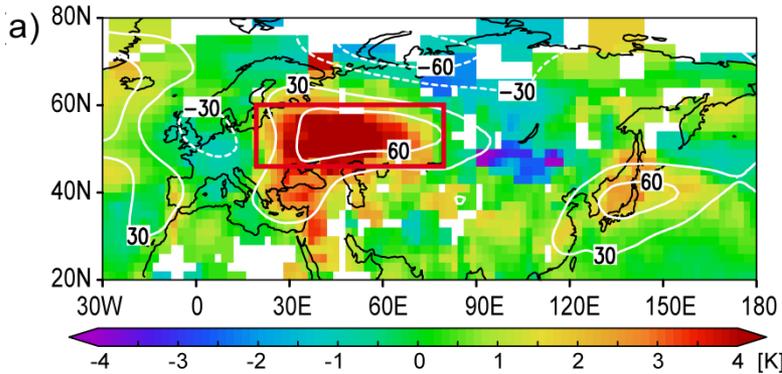
- 2010年7月パキスタン洪水 (Imada et al., in prep.)
- 2010年アマゾン干ばつ (Shiogama et al., in prep.)
- 2010年7-8月ロシア・極東猛暑 (Watanabe)



2010年猛暑のEA

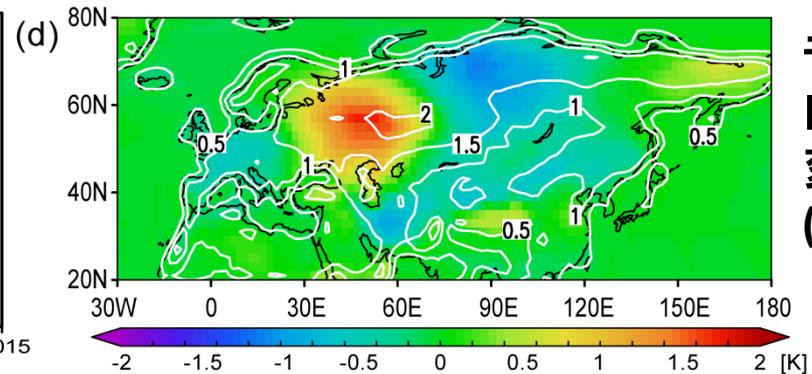
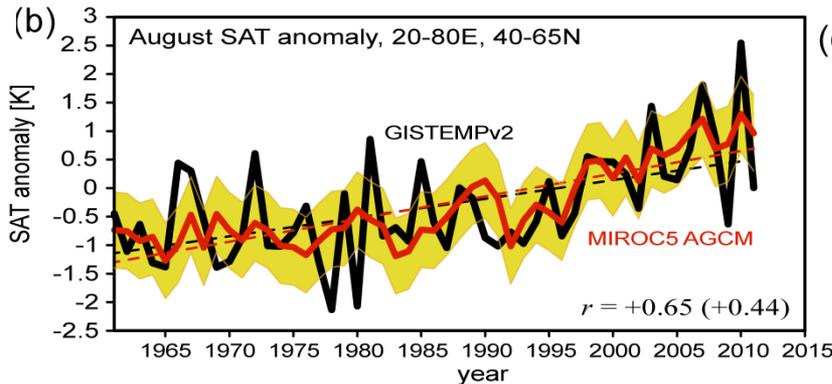
8月ロシア西部の地表気温偏差

観測値
(2010)



モデル
平均
(2010)

モデル



モデル
内部
変動
(2010)

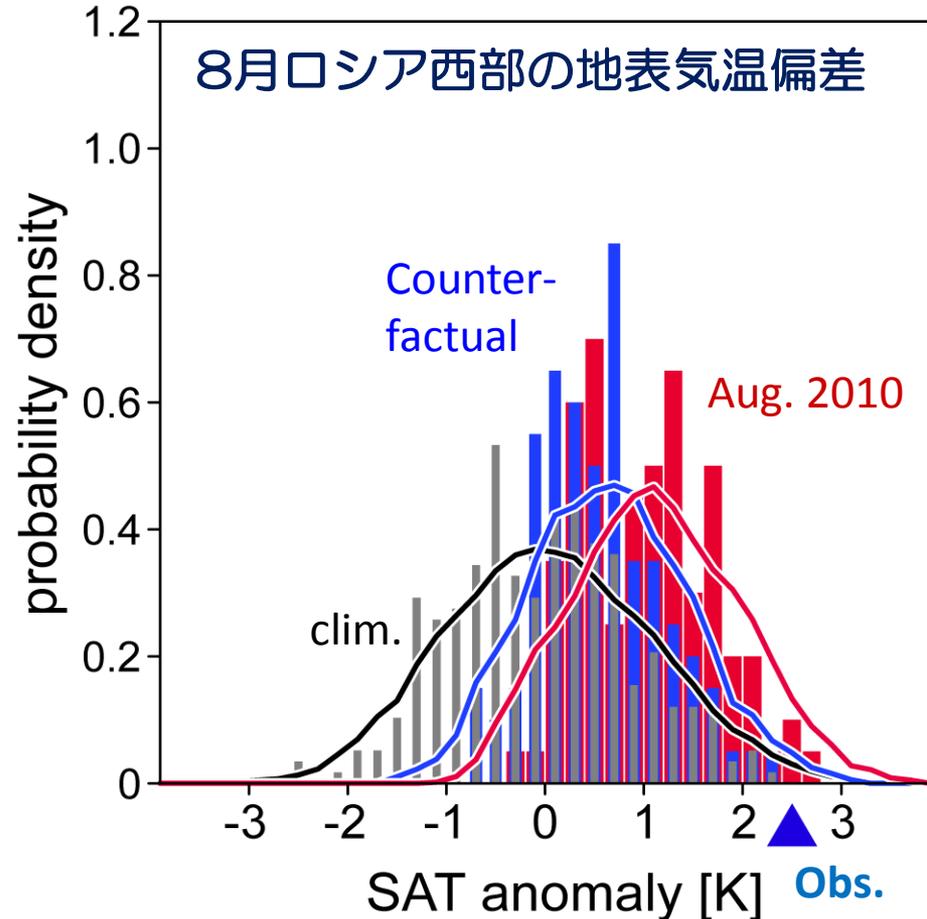
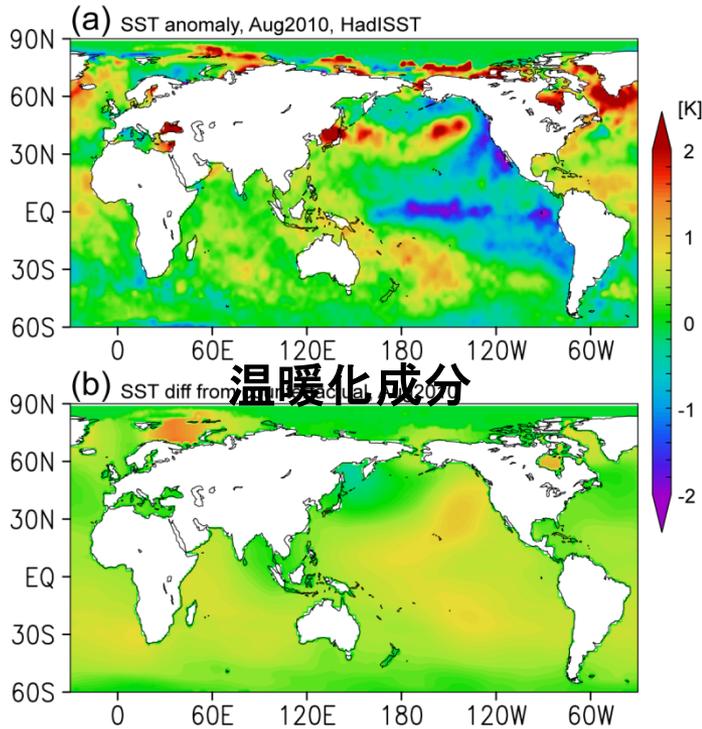
わかること:

- ✓ SST/sea-iceを与えれば、ロシア西部のSAT年々変動はある程度再現可能
- ✓ 2010年のようなextremeな偏差は、アンサンブル平均では出ない
- ✓ しかし、アンサンブルは観測のようなextremeを含む

Courtesy of M Watanabe

2010年猛暑のEA

SST偏差(Aug2010)



観測された猛暑は

- ・ほとんどは内部変動
- ・確率的には、温暖化していなければほとんど発生しなかった（発生確率 3.3% / 0.6%）

EA研究の現状と今後

- EAは始まったばかり、方法論も手探りの状況
- 初年度に予定していた事例計算はほぼ期待通りの結果
- 陸面状態の制約/結合系によるEAなど、が有益な可能性がある⇒これから実験予定
- 近未来予測との融合
- テーマC、Dへのデータ提供の可否

課題(i): 直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明

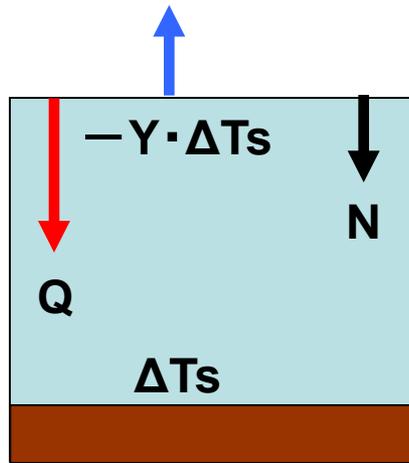
サブ課題b-1: 気候感度に関する不確実性の低減化

サブ課題代表者

小倉知夫

国立環境研究所

気候感度に関する不確実性の要因



Q: 放射強制力

ΔT_s : 地表面気温変化(全球年平均)

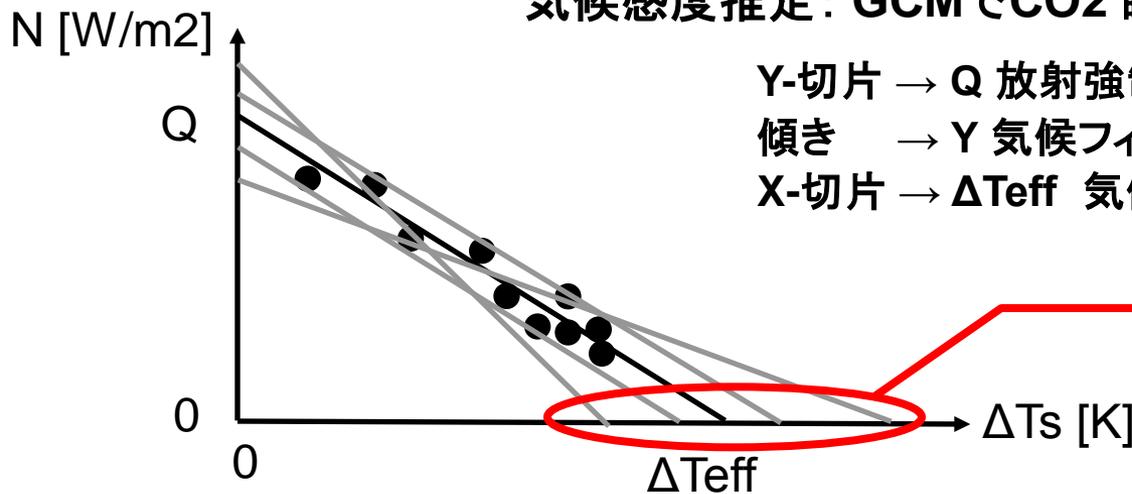
Y: 気候フィードバック(W/m²/K)

N: 大気上端の放射不均衡(W/m², 下向き正)

$$N = Q - Y \cdot \Delta T_s$$

Gregory et al. (2004)

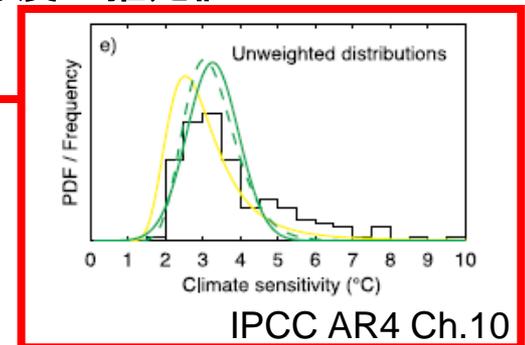
気候感度推定: GCMでCO₂ 瞬時増加実験



Y-切片 → Q 放射強制力

傾き → Y 気候フィードバック

X-切片 → ΔTeff 気候感度の推定値

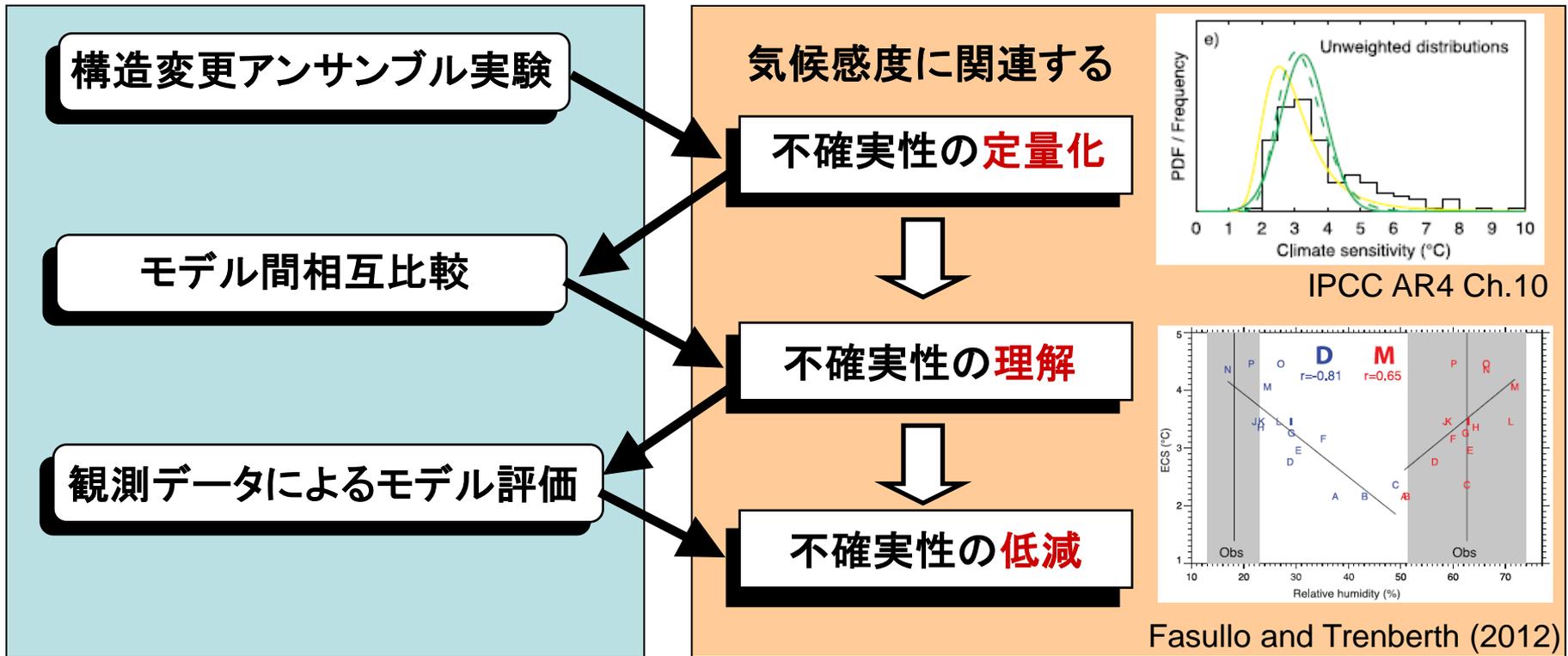


気候感度に関する不確実性は、放射強制力と気候フィードバック(主に雲)に由来。

本サブ課題(A-i-b)の挑戦

モデルの構造変更を伴う新しいアンサンブル実験をMIROCで実施・解析する。

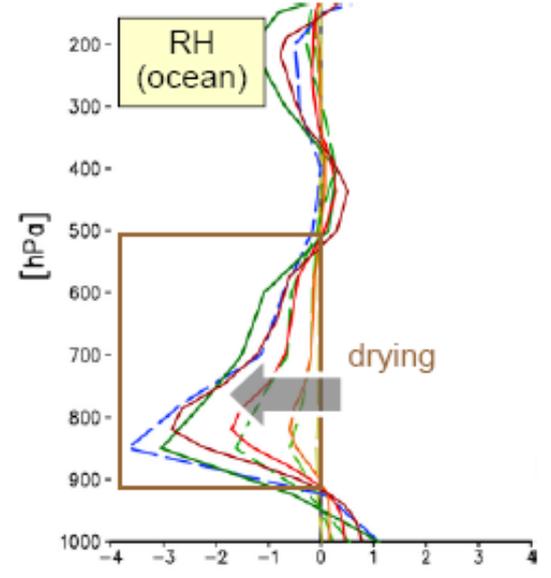
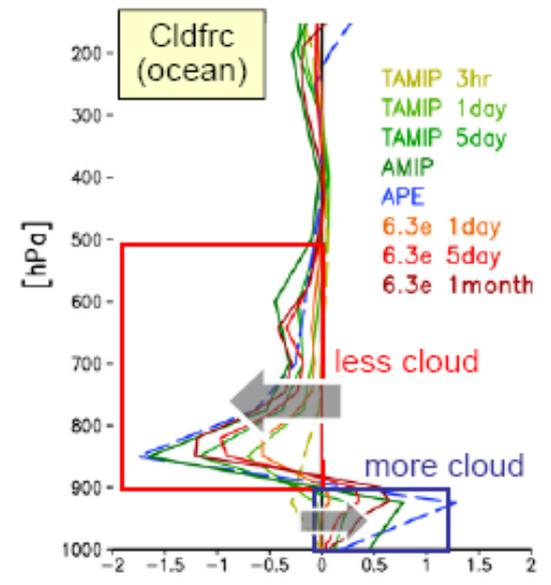
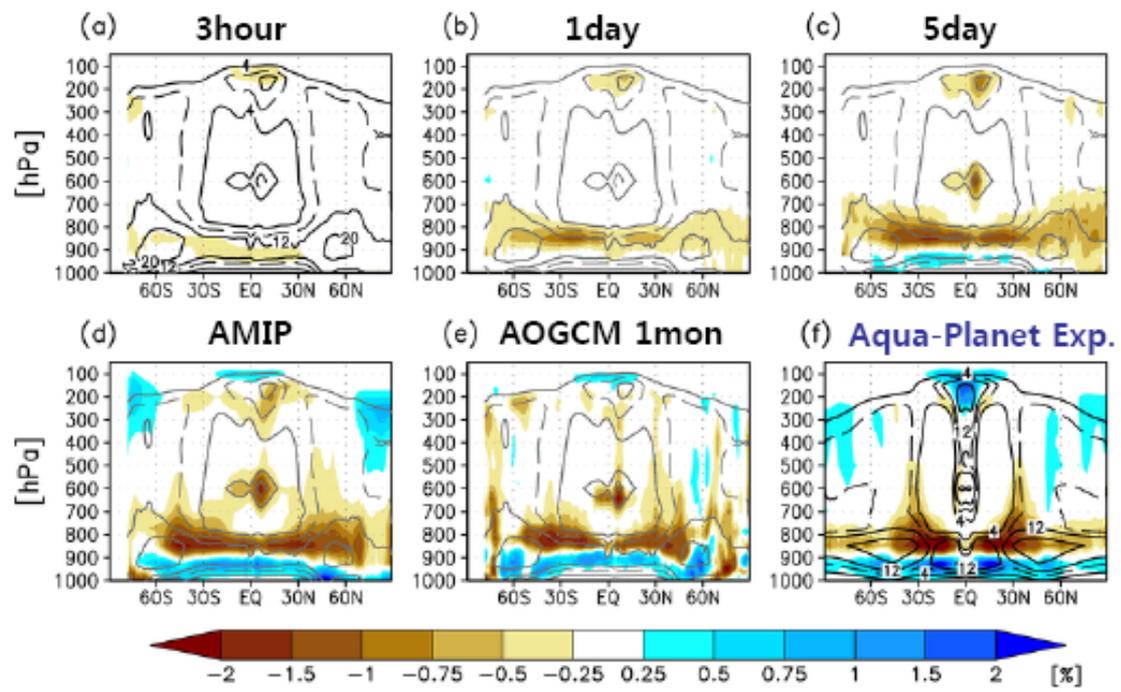
- 下層雲過程に焦点を絞り 物理モジュール差し替え
- MIROCバージョン間で物理モジュール差し替え(MPE) & PPE



目標: 気候モデルの誤差低減と気候感度推定の不確実性について有益な知見を得る

進捗例：放射強制力と対流圏調節の理解（3）

Cloud fraction (ocean)



✓ Marine PBL shallowing
... can occur without land/sea contrast

✓ Cloud decreasing → Positive SWcld

PBL cloud



Timeline と進捗状況



- アンサンブル実験を設計(MIROC5 PPE+MPE)。初期結果は良好。開始を前倒し。
- 浅い積雲パラメタリゼーションのコーディング開始。
- 並行して、既存のアンサンブル実験を解析中 (CMIP3/5, MIROC3/5 PPEs)

対流圏調節の時間スケール、海陸コントラストの役割 (Kamae and Watanabe 2012a, 2012b in press)
アンサンブル相互比較 (CMIP5 vs MIROC5 PPE; Shiogama et al. in prep.)
北極域温暖化増幅プロセスの新しい診断方法 (Yoshimori et al. submitted)
対流圏調節の不確実性要因 (瞬時放射強制力, Ogura et al. in prep.)

。。。

課題(ii): 地球環境変動研究を支える統合的予測システムの開発

サブ課題a: 様々な時空間スケールに対応する
シームレス予測の基盤技術開発

サブ課題代表者(兼課題代表者)

石井正好

気象研究所

サブ課題b: 初期値・境界値の最適化技術、データ
同化技術の開発

サブ課題代表者

田中幸夫

海洋研究開発機構

ii) 地球環境変動研究を支える統合的予測システムの開発

a. 統合的予測システムの開発

- シームレス予測のための初期値、境界値作成
- 過去100年の結合系再解析
- カプラーを活用した統合地球環境予測システムの開発
- モデル不確実性低減 (バイアス・系統誤差低減)

現在進行中の開発テーマ

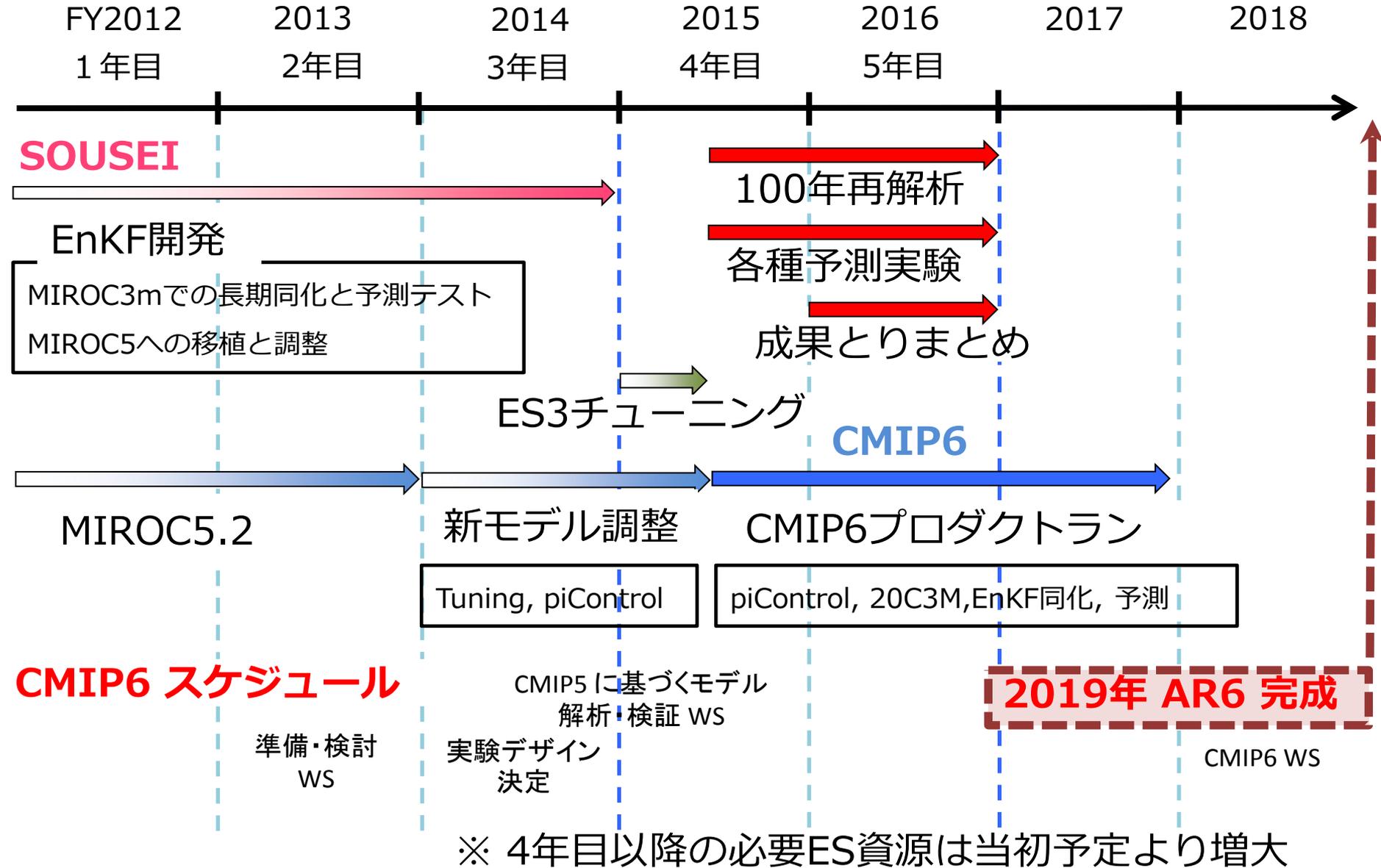
- アンサンブル予測システム
- 100年大気海洋再解析のための観測データベース

b. シームレス予測の基盤技術開発

- EnKFを用いた大気海洋結合同化システム
- モデル初期値化システムの最適化
- 多様な観測データの初期値化等への利用

- MIROC5.2
- EnKF
- 海氷同化 (含モデル開発)

SOUSEI/CMIP6 でのロードマップ



アンサンブル予測/不確実性評価システム

予測にとって最適なアンサンブルメンバー作成手法の開発

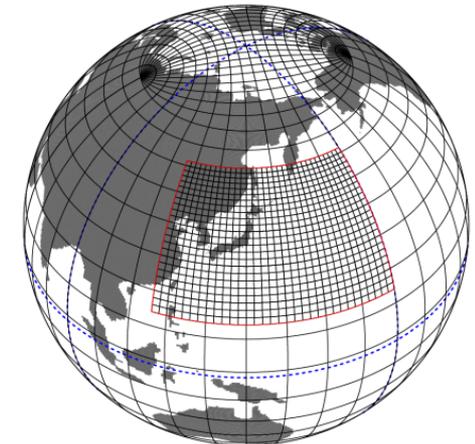
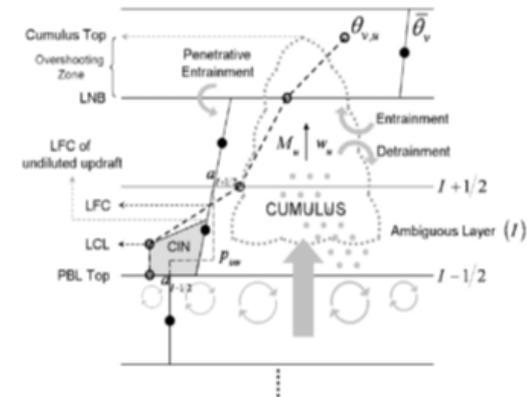
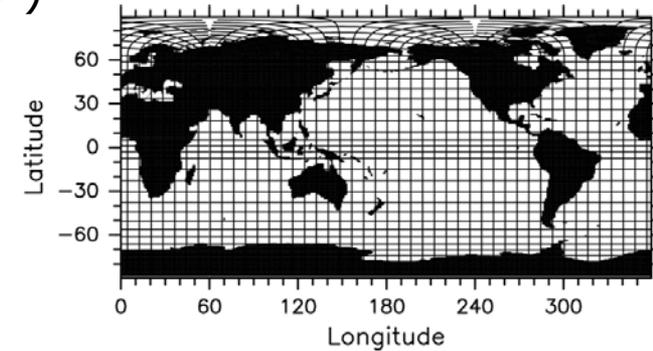
- モデル初期値化システム
 - 改良気候モデル (開発中)
 - EnKF (開発中)
 - 極域 (海氷) の再現性・予測可能性の向上 (開発中)
- 初期値摂動とモデル摂動
 - 観測の不確実性の評価 (開発中)
 - モデルの不確実性の評価 (1-abと連携)
- 超長期大気海洋(再)解析による気候再現
 - 長期観測データの整備 (整備中)
 - データレスキュー (実施中)

MIROC5.2 (現行MIROC5のマイナーバージョンアップ)

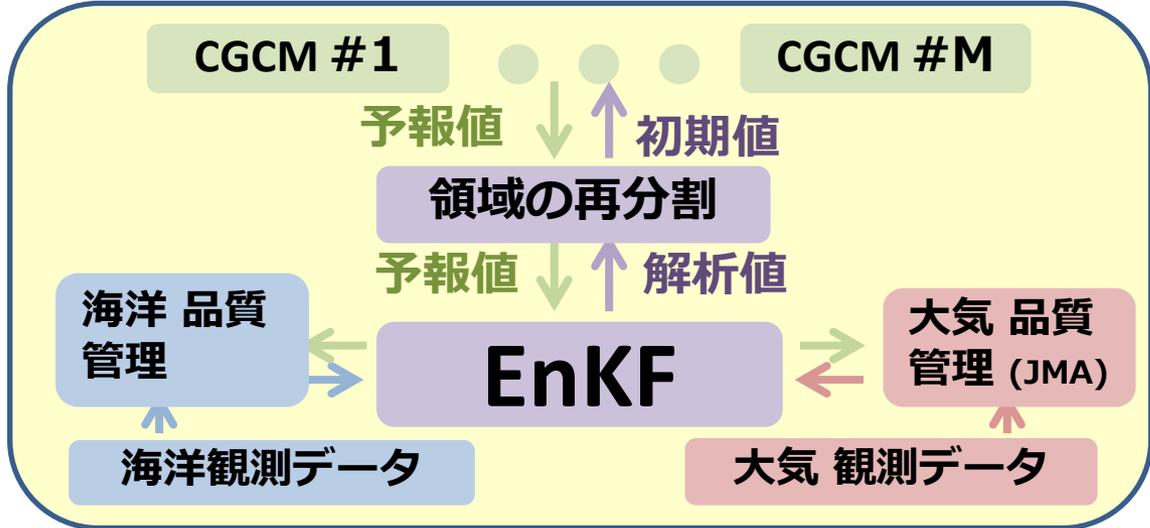
- 顕著バイアス軽減 (作業中)
 - 規則的かつ振幅の大きなENSO, 過剰赤道貿易風
- 海洋座標系の変更 (済み)
 - 世界標準の3極座標系の採用
 - 北極海の高解像度化
 - 0-1000m 鉛直高分解能
- 陸面及び海氷まわりの改良物理スキームの導入 (一部済み)
- 新カプラー (JCUP) の導入 (導入済み、次年度最終調整)

さらなる高度化 (努力目標)

- 浅い積雲対流スキームの導入 (開発中)
 - 亜熱帯海域での過剰雲量及びSST高温バイアスの軽減。偏西風位置・強度の改善も期待
- 成層圏の高解像度化 (開発中)
 - 現行の 3hPa から 0.03hPa or higher
 - 成層圏を介した熱帯・中高緯度相互作用過程及びユーラシア大陸上季節予報精度向上
- 高解像度領域ネスト海洋モデルの全球気候モデルへの導入 (開発中)

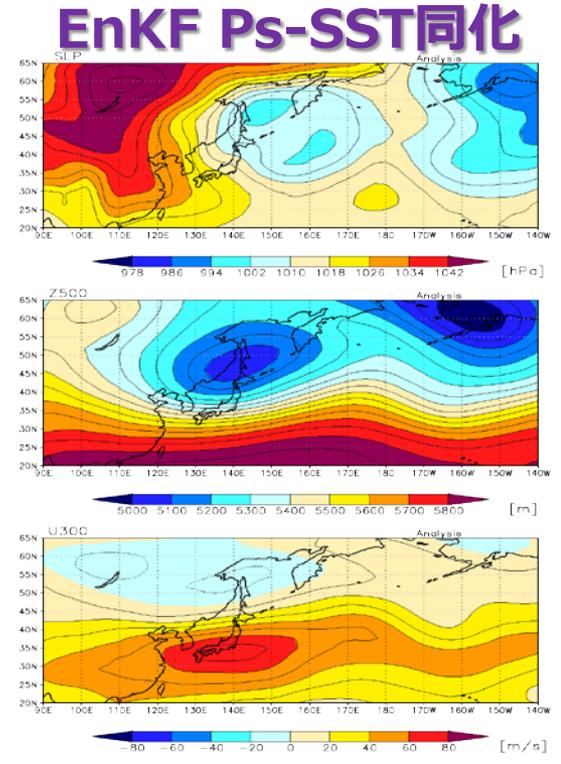
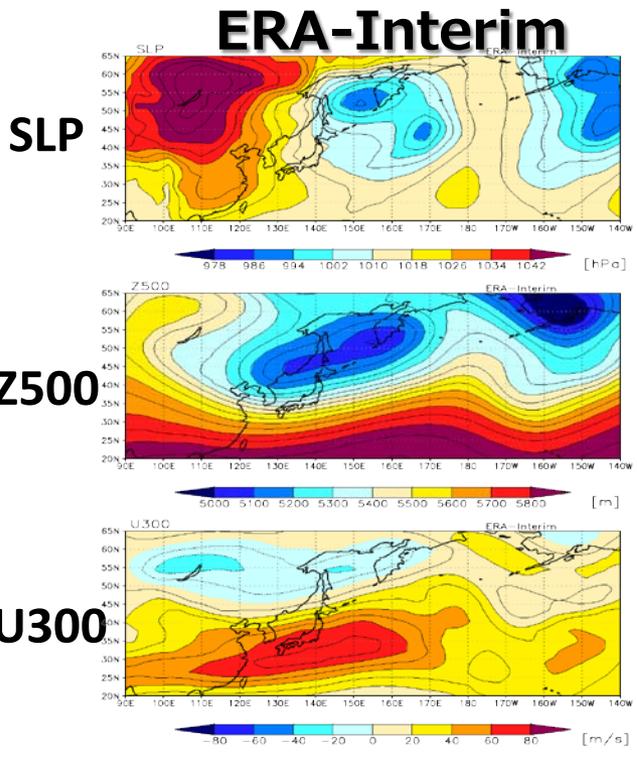
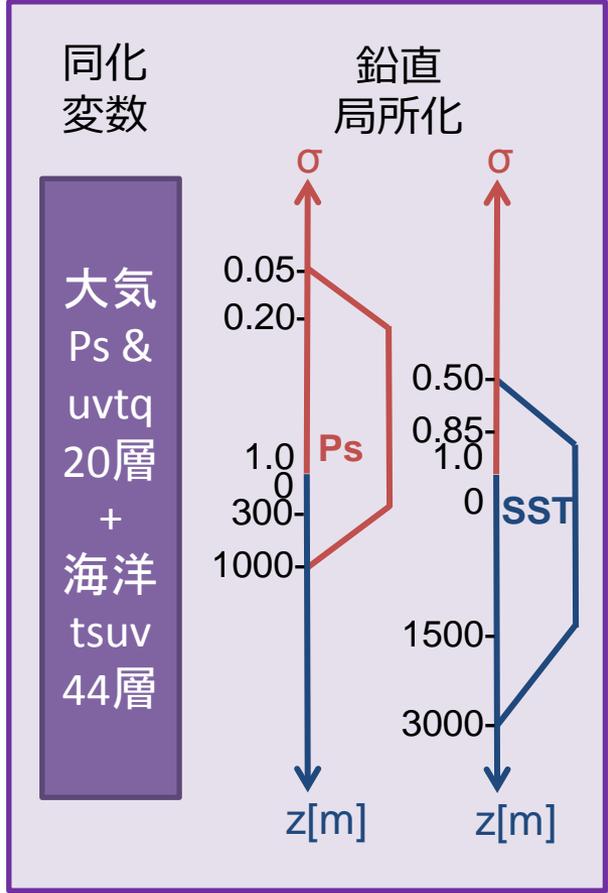


MRI-CGCM の併用

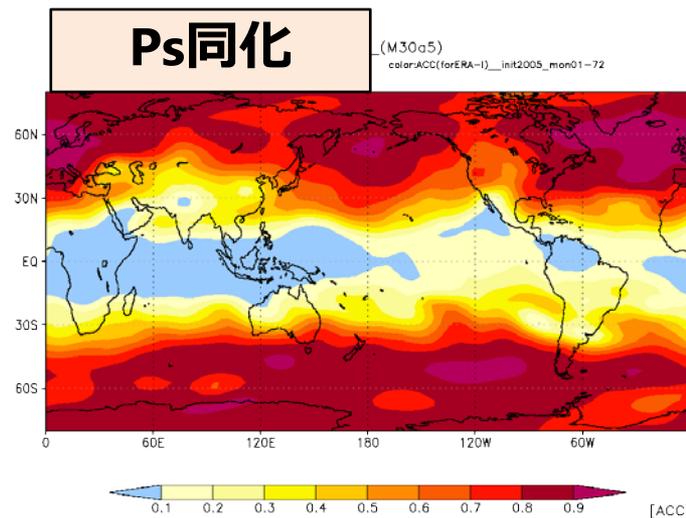
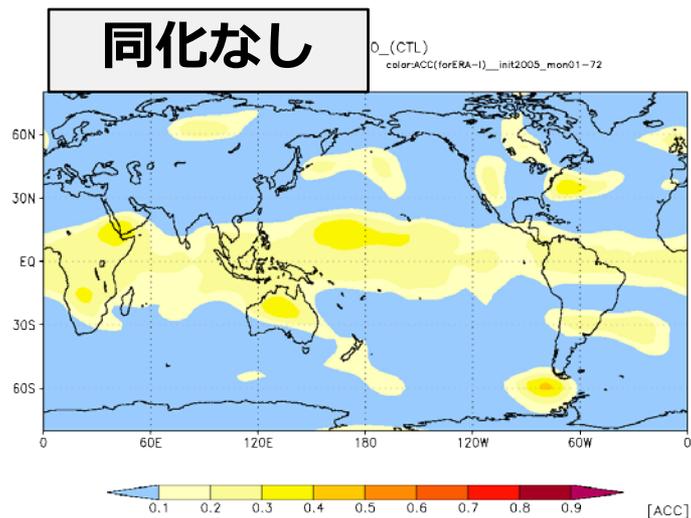


アンサンブルカルマンフィルターによる**結合モデル**初期値化システム開発

SLP-SST同化

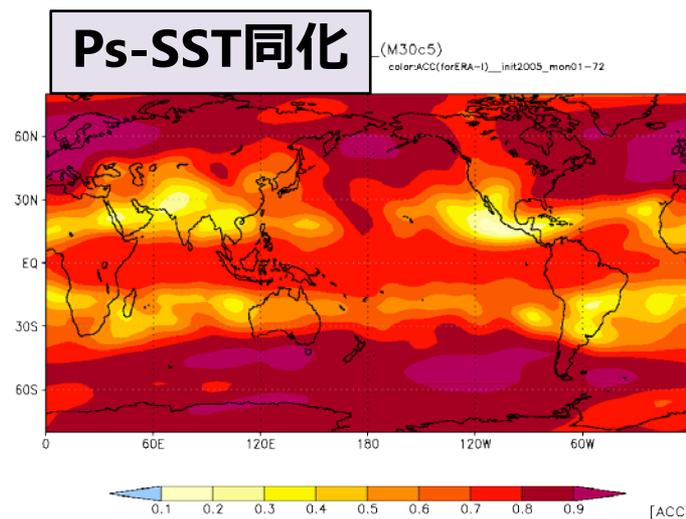
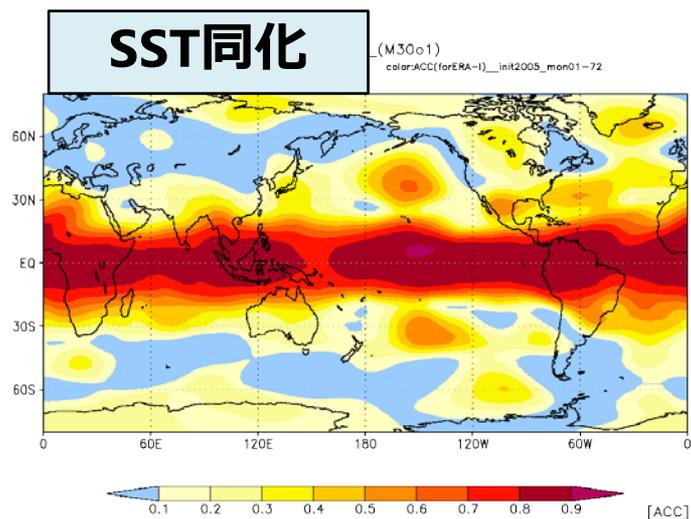


2009年12月17日の再現



Ps同化

中高緯度で効果大
(地衡風平衡が
良く成り立つた
ため)



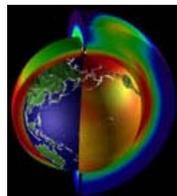
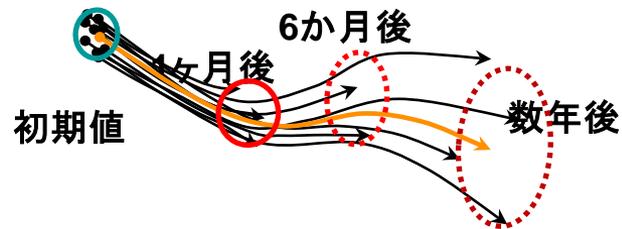
SST同化

低緯度で効果大

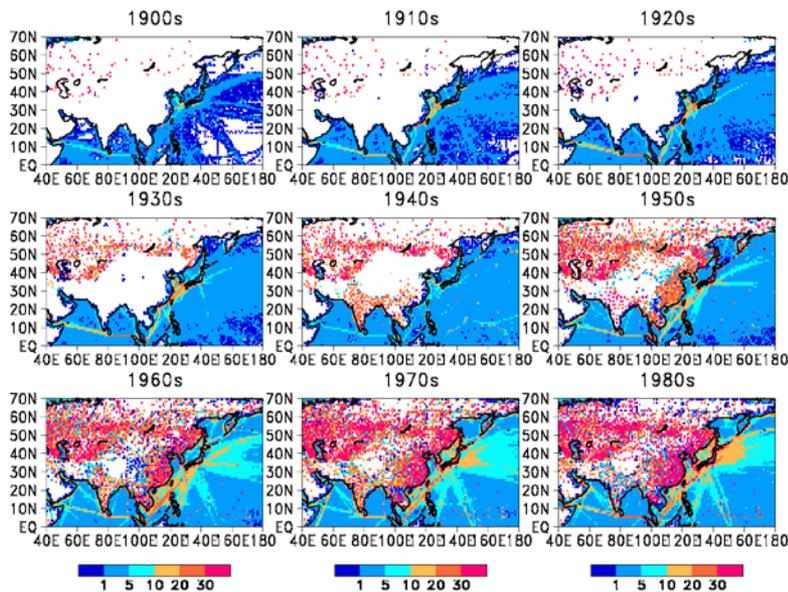
Ps-SST同化

Ps同化,SST同化
を併せた改善効果

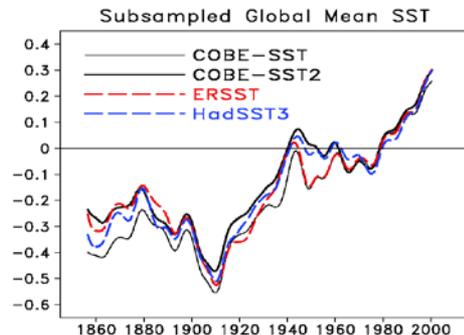
100年解析



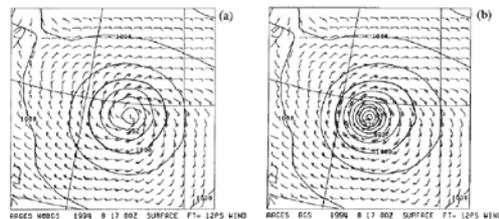
気候モデル



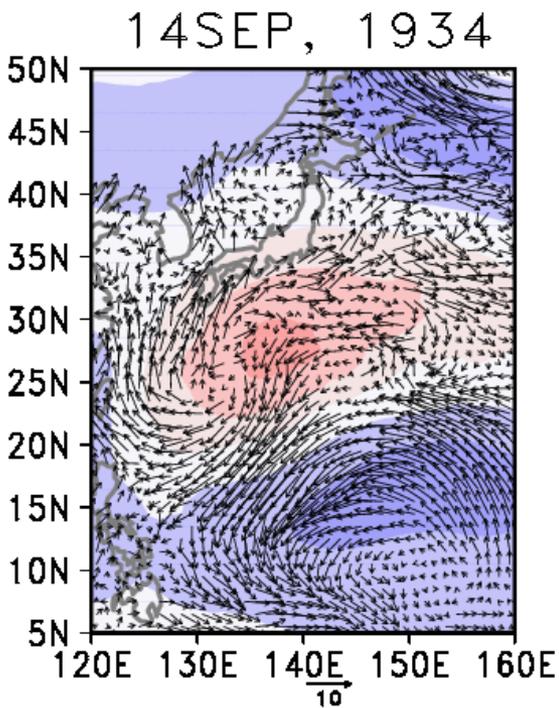
シームレス予測実験



COBE-SST2



台風ポーガス



COBE-SLP2

室戸台風のケース

ISPD v2 データレスキュー

dss.ucar.edu/datasets/ds132.0

