

気候変動リスク情報創生プログラム

(領域テーマA: 直面する地球環境変動の予測と診断)

領域代表機関: 東京大学大気海洋研究所

代表者: 木本昌秀

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

- 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

参画機関:
AORI
JAMSTEC

- 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

参画機関:
JAMSTEC
AORI

- 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

参画機関:
JAMSTEC
AORI

- 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

参画機関:
MRI
AORI

- 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

活動概要

1. 異常天候・気候変動の要因分析、人為要因の影響(温暖化リスク)評価
 - Event Attribution
2. 気候感度定量化・低減
 - アンサンブル、雲解像モデル
3. モデル、予測システムの開発
 - CMIP6用モデル、EnKFデータ同化システム
4. 課題間連携等

創生テーマAとCMIP, IPCCタイムライン

	FY2012 1年目	FY2013 2年目	FY2014 3年目	FY2015 4年目	FY2016 5年目	FY2017	FY2018	FY2019	FY2020
EA実験	EA事例実験		EA本番実験		成果とり まとめ	CMIP6本番実験？	解析？		
	EA方法論検討								
予測実験	予測実験		CMIP6実験 設定						
気候感度実験	気候感度実験								
	パラメタリゼーション開発		CMIP6 用モデル 決定						
モデル開発	次期モデル開発・調整								
EnKF開発	EnKF開発		CMIP用同 化システム 調整		成果とり まとめ	100年再解析プロダクトラ ン？			
			低解像度100年再解析 実験						
CMIP6	実験デザイン決定？								
IPCC	AR5						AR6？		

Present

ES資源・成果発表

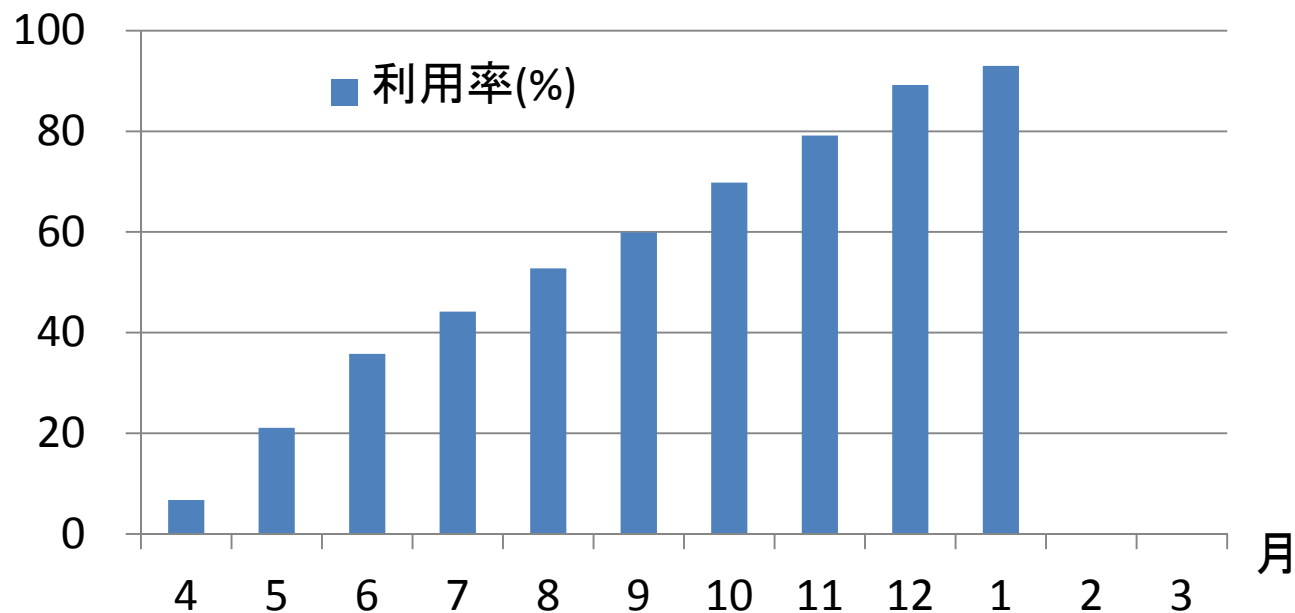
- ES資源:2015年1月で消化済み(割り当て:21.8万ノード時)
- 成果発表(2013年度)

受賞	3件
学術発表件数	88件
(内訳) 論文発表	26件(+投稿中7件)
その他著作	8件
口頭発表	54件
広報活動	35件(+記者発表4件)

地球シミュレータ 活用状況

配分された 21.8 万ノード時間の内 93% 利用 (2015年1月10日時点)

■ モデル開発	:	5 万ノード時間
■ EnKF 開発	:	4 万ノード時間
■ E/A実験	:	7 万ノード時間
■ シームレス予測実験	:	3 万ノード時間
■ 佐藤課題	:	1 万ノード時間



資源利用率の推移。1月分は 1月10日時点のもの。



SOUSEI Program for Risk Information
on Climate Change

気候変動リスク情報創生プログラム

創生テーマA

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

課題代表者 渡部雅浩(東大AORI)

- ✓ Event Attribution (EA)
- ✓ 近未来予測
- ✓ 気候感度



今年度の成果概要(課題(i)a)

- ✓ 論文16本、プレスリリース4件
- ✓ Nature系ジャーナルへの論文掲載2本
- ✓ メンバー受賞(塩竈、釜江)
- ✓ 研究
 - ✓ EA研究: 全般(塩竈)
 - ✓ EA研究: BAMS レポートへの貢献(今田)
 - ✓ 北半球熱波頻度増大(釜江)
 - ✓ ENSO予測(今田、山崎)
 - ✓ ハイエイタス研究(渡部)
 - ✓ ユーラシア寒冬の要因分析(森)
- ✓ モデル開発(建部、小倉他)とCMIP6への対応

イベント・アトリビューション (EA)

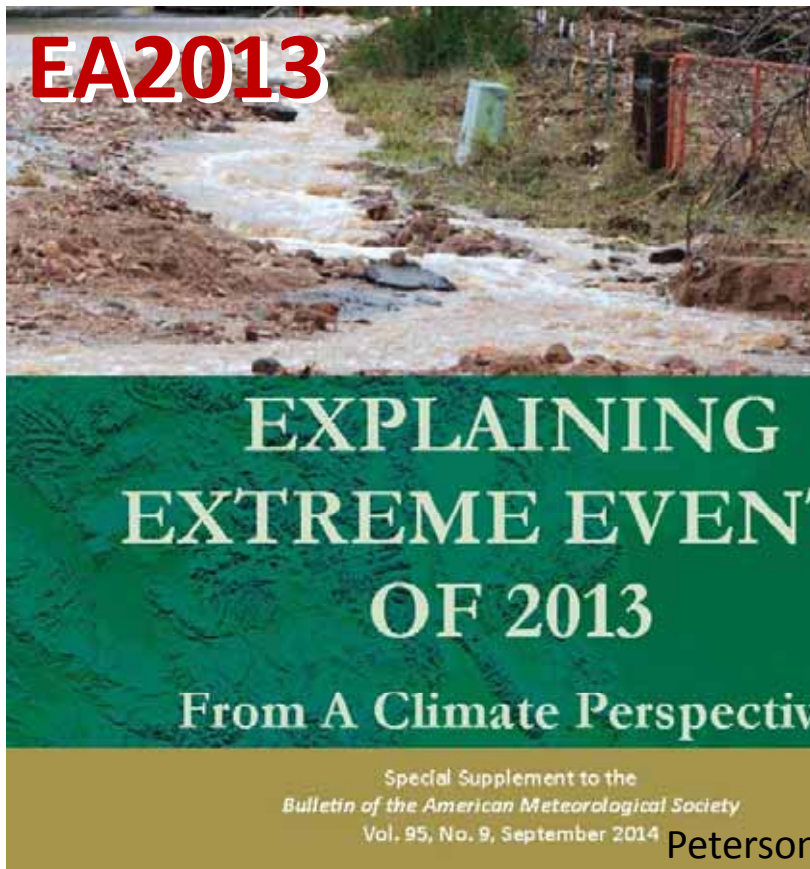
MIROC5-AGCM (T85L40) C20C

- 4 種類のアンサンブル実験
- 1946-2013, 10 メンバ
- 2010-2013 のみ100 メンバ
- 「自然 SST/sea ice」は2通り

放射強制

SST/sea ice

	Historical	PI fixed
Historical	ALL	NST
Natural*	ALF	NAT



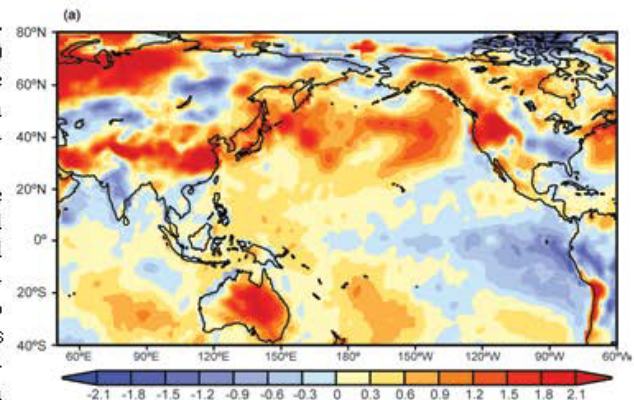
15. THE CONTRIBUTION OF ANTHROPOGENIC FORCING TO THE JAPANESE HEAT WAVES OF 2013

YUKIKO IMADA, HIDEO SHIOGAMA, MASAHIRO WATANABE, MASATO MORI, MASAYOSHI ISHII, AND MASAHIDE KIMOTO

Anthropogenic climate change played a significant role in increasing the probability of events such as the heat wave in Japan in 2013.

Introduction. During the boreal summer of 2013, Japan experienced extraordinarily high temperatures: record-breaking daily maximum temperatures at 143 sites in the west of the country. Daily mean surface air temperature (SAT) was 1.2°C warmer than normal on average in July and August in western Japan, which was above the 90th percentile for the reference period of 1979–2012.

This heat wave was characterized by the intensification of both the Pacific high and the Tibetan high. Figure 15.1 shows observed anomalies of surface temperature, circulation, and convective activity from July to August 2013. Active convective heating, as indicated by negative anomalies in outgoing longwave radiation, was observed in

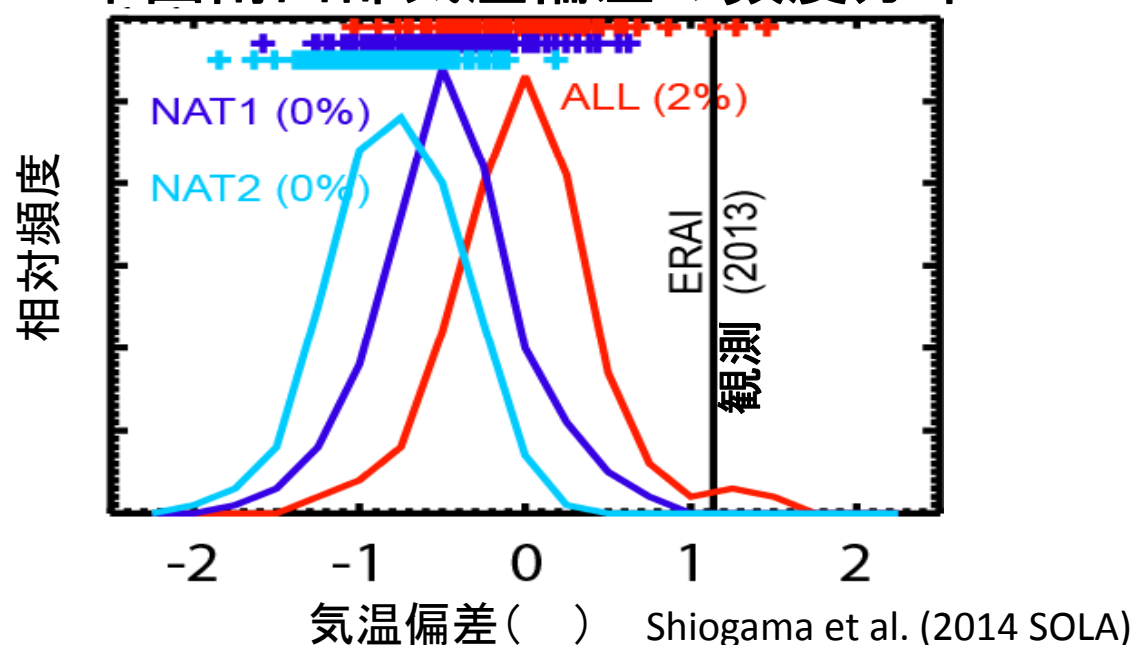


2013年6-7月米国南西部熱波

- いくつかの州で、過去10位以内の暑い夏を経験(NOAA CDC, 2013).
- 54 (Death Valley), 51 (California), 49 (Phoenix)など
- 旅客機の離陸が許可される気温の上限(47.8)を超えたため、運航不可に
- カリフォルニア山火事を誘発



米国南西部気温偏差の頻度分布



カリフォルニア旱魃やシカゴ/NY寒波のEAもあるが難しい...

- The PDFs have wide ranges spanning from negative to positive values due to stochastic behaviors of atmospheric circulations.
- Anthropogenic warming led to the rightward shift of the PDF.
- Both human influences and the atmospheric natural variability contributed to the occurrence of the 2013 heat wave.

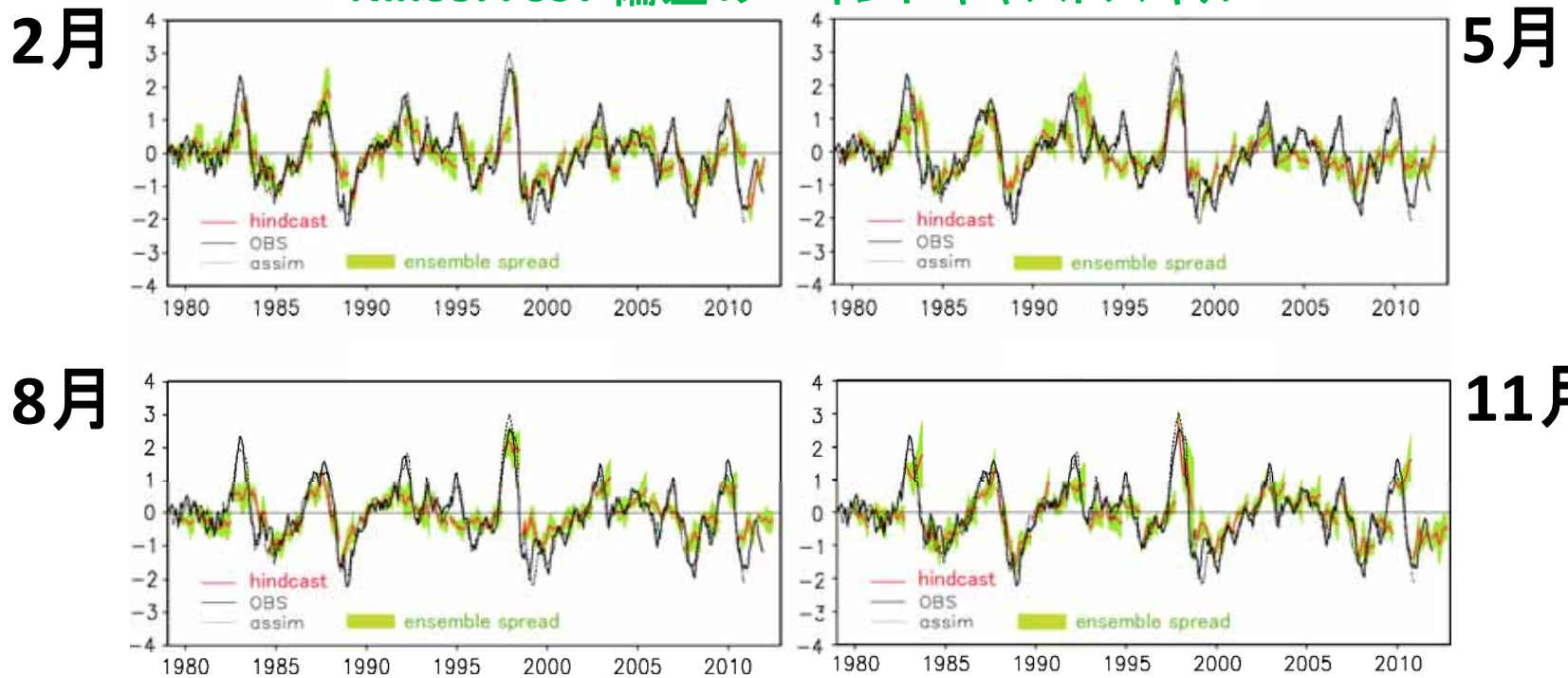
エルニーニョ & 近未来予測

MIROC5-CGCM (T85L40+1degL44) CHFP

- 海洋水温・塩分のアノマリ同化
- 大気は再解析値で初期化
- 1979年～現在、8メンバ、1年4回



Nino3.4 SST 偏差のハインドキャストスキル



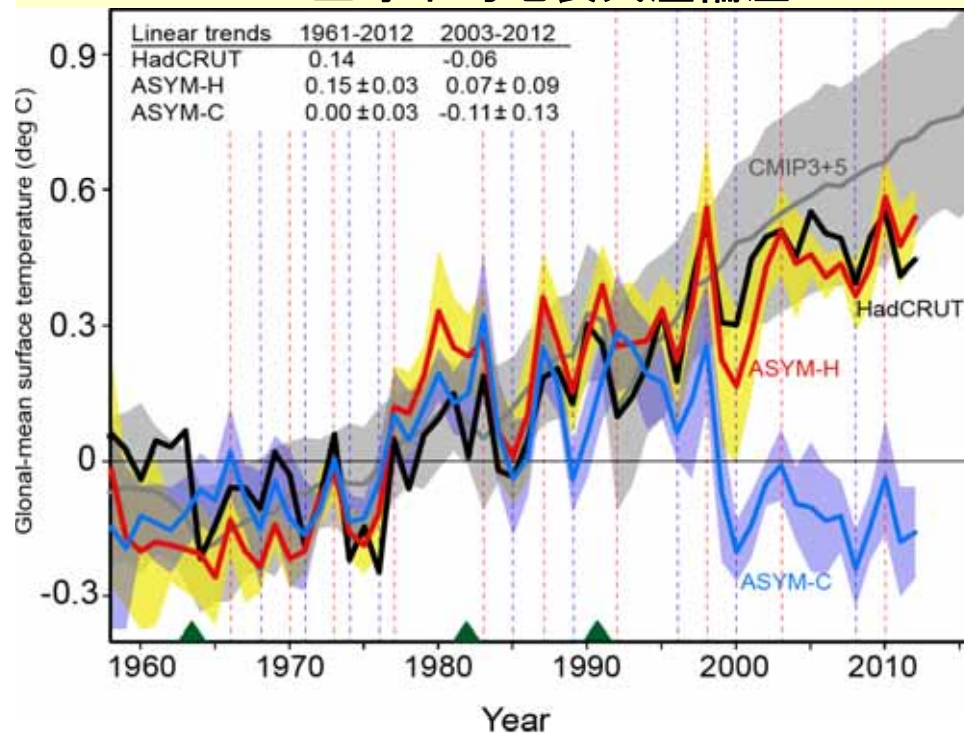
今後、解像度および同化システムの更新を予定

Imada et al. (2015 sub judice)

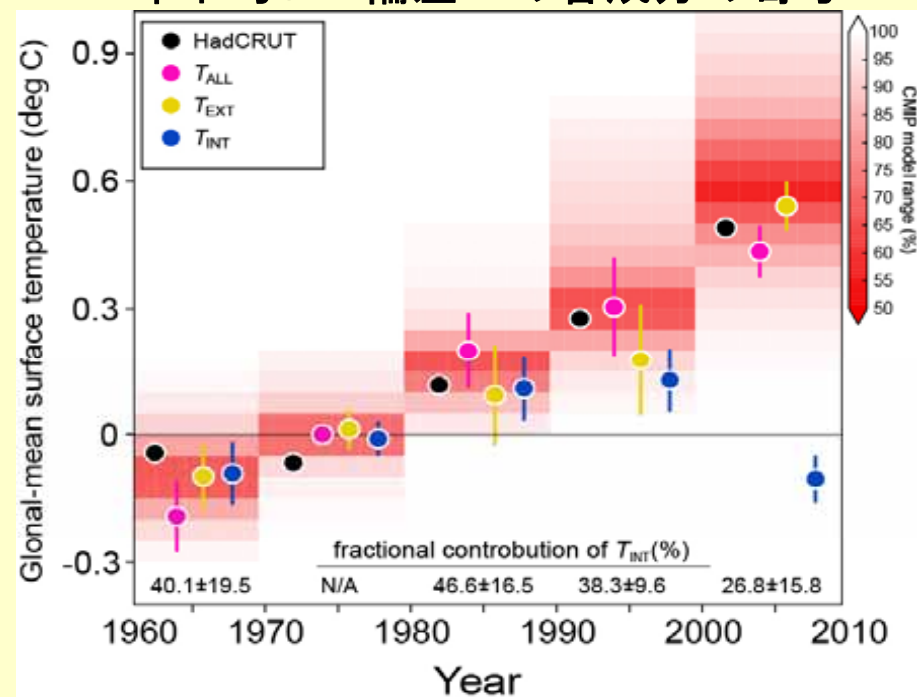
ハイエイタスの再現と要因分析

2000年代のSAT偏差分布に対する気候内部変動と強制応答の寄与の評価

全球平均地表気温偏差



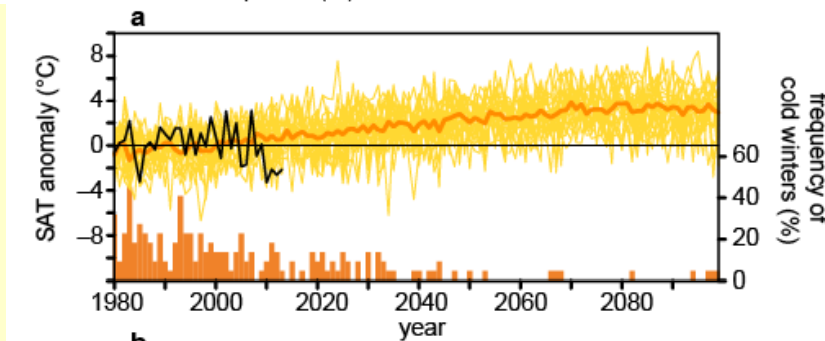
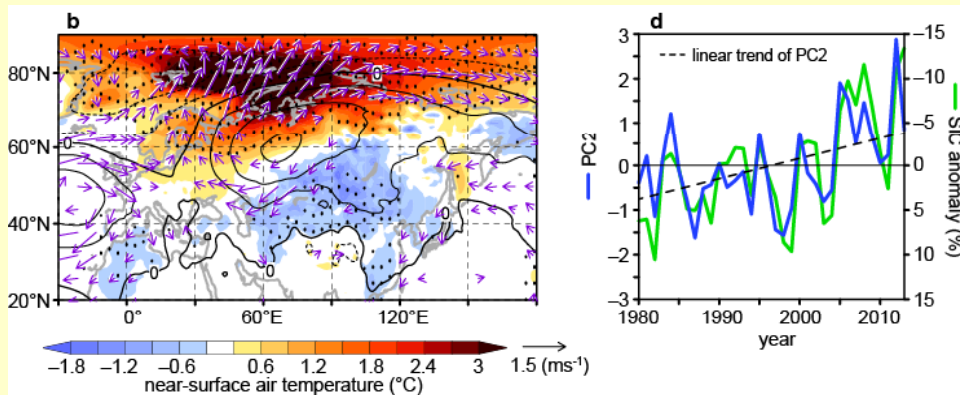
10年平均SAT偏差への各成分の寄与



CMIP: 一方的な昇温のみ
 ASYM-H (外部強制変化あり): ハイエイタスを再現
 ASYM-C (外部強制変化なし): 2000sには寒冷化

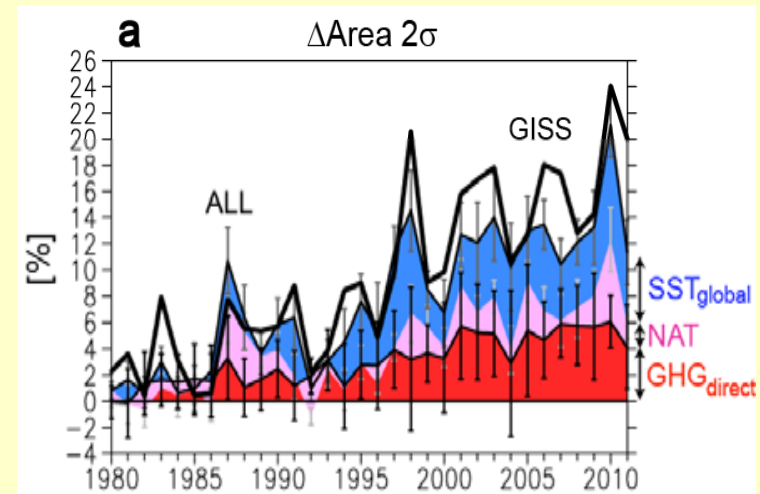
内部変動成分は、1980s, 1990s, 2000sのSAT変動の47, 38, 27%を説明

温暖化のはずなのに 最近は寒冬続き... ?



Mori et al. (2014; Nature Geosci)

2000年代は猛暑が多いが、 理由は？



- ✓ シミュレーションは過去の熱波頻度の増大をよく再現
- ✓ 短期的な変化(10年程度)には温暖化(CO₂による陸面加熱)とSST自然変動が重要

Kamae et al. (2014; GRL)

年度内の計画、次年度へ向けて

《創生》

- ✓ MIROC 長期DA実験
- ✓ 気候変動メカニズム実験諸々
- ✓ 2014年の要注目点を解析(イベント、全球気温 etc)

《CMIP6関連》

- ✓ MIROC6開発へ向けて(サブ課題毎の成果を集約)
- ✓ プレCMIP6・プレ近未来予測実験

《その他》

- ✓ テーマ間連携: ES3特別推進課題
- ✓ EA気象研(&気象庁)連携

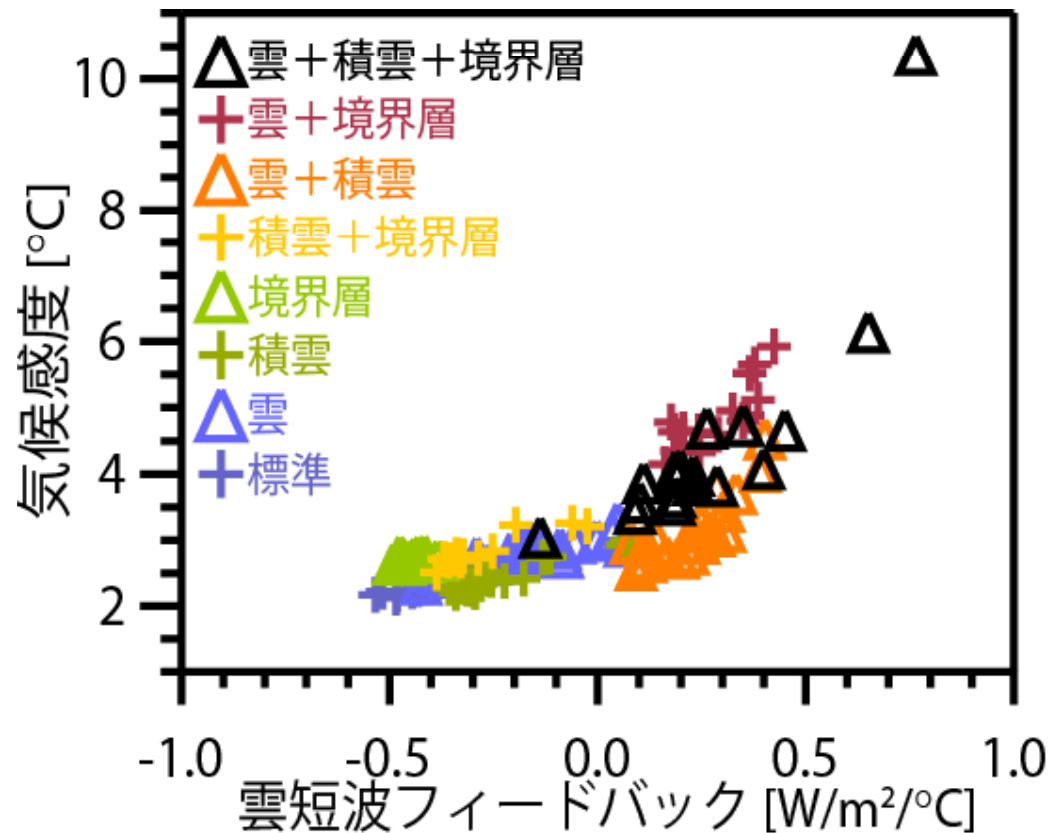
今年度の研究概要(気候感度)

- ✓ アンサンブル実験を用いた予測不確実性の理解
 - ✓ 新規アンサンブル実験の解析(塩竈・釜江)
 - ✓ CMIP5 MMEの解析(渡部・釜江)
 - ✓ 北極温暖化増幅メカニズムの解明(吉森)
 - ✓ CO₂増減に対する対流圏調節の違い(阿部)
- ✓ 気候予測の信頼性向上に資するモデル開発
 - ✓ 浅い積雲スキームの導入(小倉)

気候感度の不確実性 定量化

マルチパラメータ・マルチ物理アンサンブルシミュレーション(MPMPE)

MIROC5からパラメータ化をMIROC3に入れ替えて8種類のモデルを作成
X
各モデルで6種類のパラメータ設定値を変更して20種類のモデルを作成



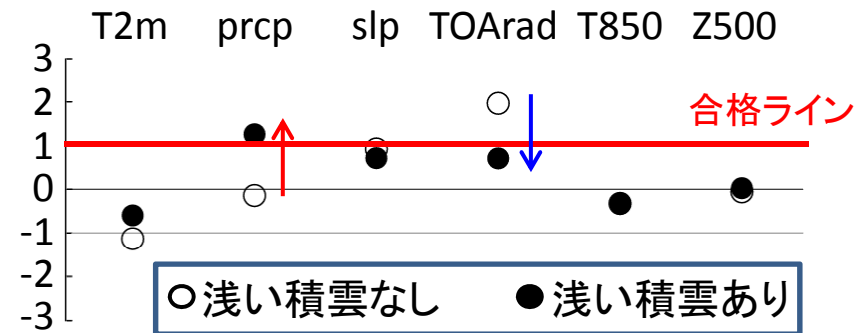
Shiogama et al. (2014)

気候感度は2.2～10.4 に分布。各モデルを観測と比較して信頼性を検討。

浅い積雲スキームの導入

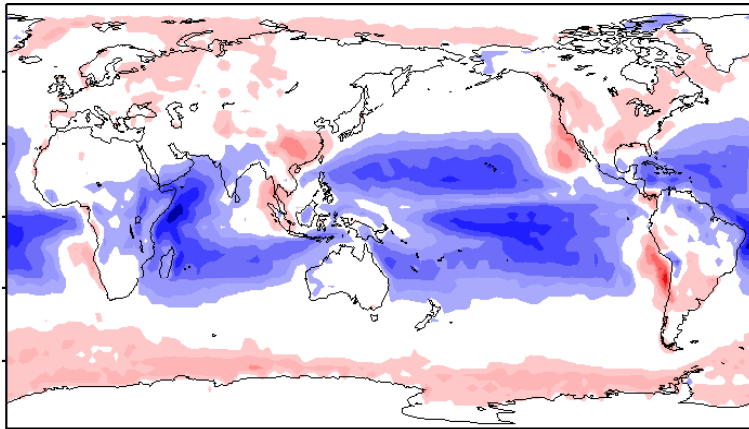
- ✓ Park and Bretherton (2009) スキームを MIROC5-AGCMへ試験的に導入
- ✓ スキームの性能を鉛直次元モデルで点検、改良を実施。
- ✓ 気候値の成績は全体的にやや改善

現在気候の再現成績(二乗平均誤差)

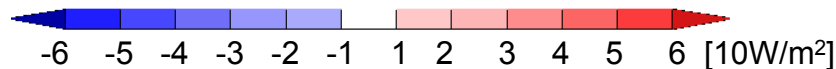
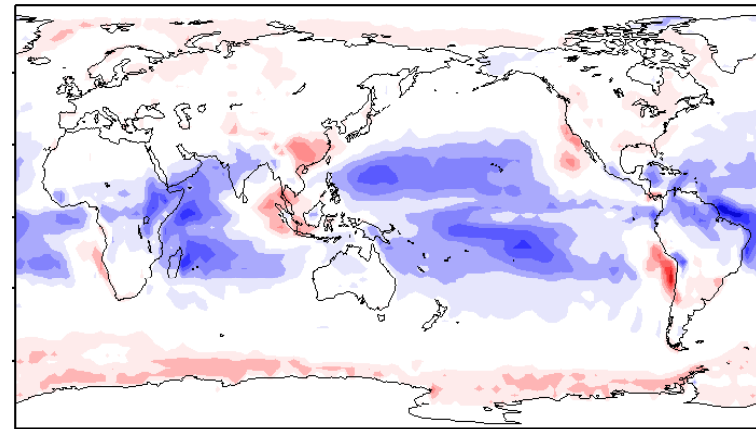


大気上端短波放射バイアス(MIROC5-AGCM)

浅い積雲 導入前



浅い積雲 導入後



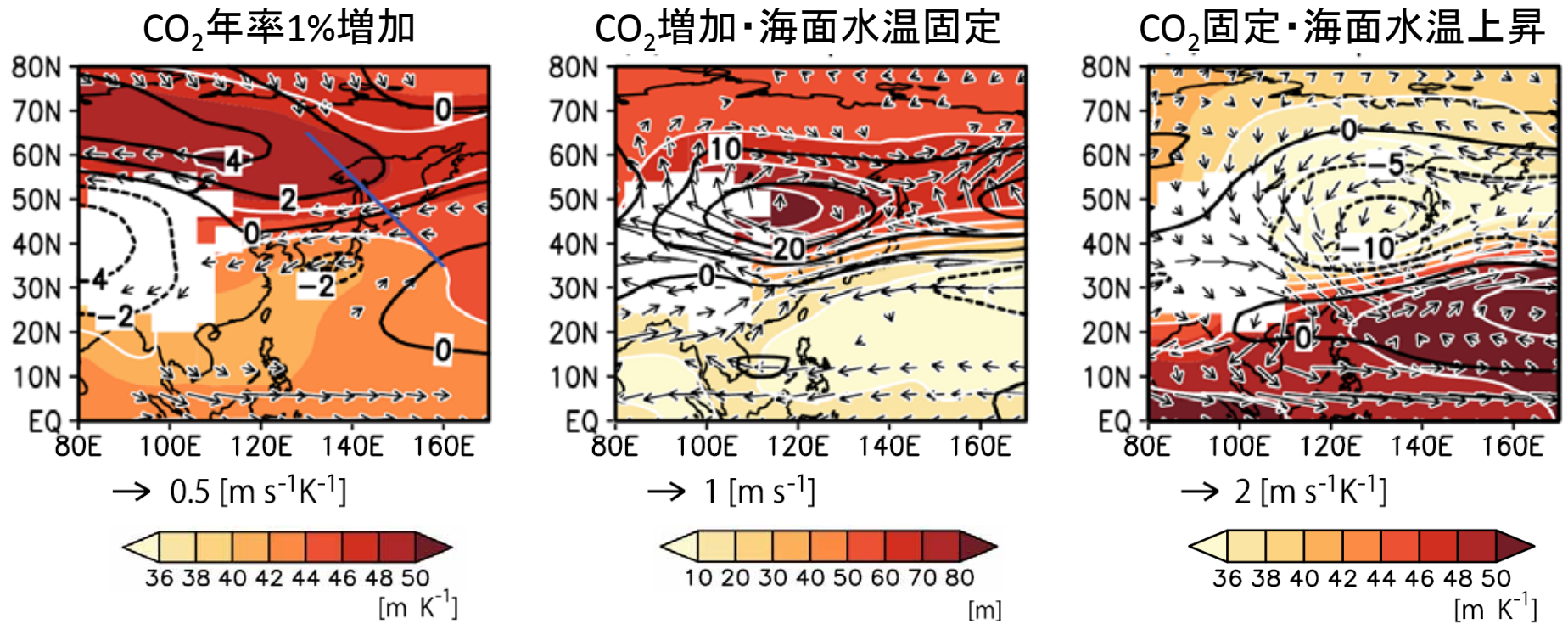
Ogura et al. in prep.

スキームの最終的な調整を経てCGCMへの導入を予定。

夏季東アジアにおける気候変化の理解

温暖化シミュレーションにおける等圧面高度場と大気循環の変化

(CMIP5 MME mean, 色: Z300-Z850, 等値線: Z300経度平均からの偏差, 矢印: 850hPa水平風速)



Kamae et al. (2014b)

地表気温の海陸間の違いが増大、日本付近へ向けた北東風が強化。

大気中CO₂増加による直接的な影響を海面水温上昇がやわらげる。

まとめと今後の展望(気候感度)

創生前半の成果

- ✓マルチパラメータ・マルチ物理アンサンブル(MPMPE)により気候感度の**パラメータ&構造不確実性**について系統的に調査しCMIP3/5 MMEから推定された不確実性の幅を検証した。
- ✓衛星シミュレータを活用してモデルによる**下層雲再現性**を評価し浅い対流スキーム導入によりその再現性向上を図った。
- ✓既存のCMIP3/5 MME解析等により、気候感度の**不確実性に関する理解**を進展させた(詳細は省略)。

まとめと今後の展望（気候感度）

創生後半の目標

- ✓気候感度の不確実性に関する有力な仮説を検証する。
（下部対流圏の鉛直混合強度の重要性について検討する。）
- ✓CMIP6へ向けて気候予測の信頼性を高めるため、
必要なモデル改良を実施する（主に雲と放射のパラメータ化）。

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)

- アンサンブル予測システム開発
- 観測データベース整備
- 100年大気海洋再解析実施

- MIROC6 開発
- EnKF 開発
- 海氷同化・予測システム開発

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

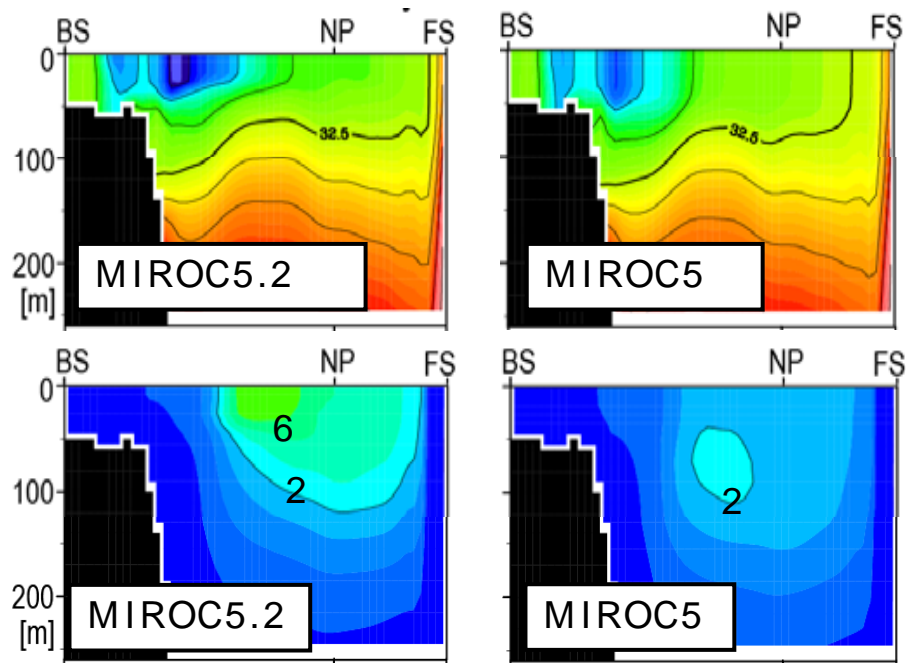
CMIP6へ向けた気候モデル開発

		MIROC5	MIROC6
ATM			
	Resolution	T85L40 (3hPa)	T85L85 (0.0025hPa)
	Cumulus Dynamics	Chikira and Sugiyama (2010)	CMT修正, 水漏れ修正, 浅い対流
	Physics		中層大気用仕様 非地形性GWD
LND		mosaic MATSIRO + prognostic LAI	サブグリッドの積雪被覆率 融雪湿地 土壌アルベドの水分依存
OCN			
	Coordinate	generalized curvilinear, bipole	tripole
	Resolution	1.4° x 0.5°-1.4°, L50 (5500m)	1° x 0.5°-1°, L63 (7200m)
	Mixed Layer	NK1.5	海氷下でのTKEの取り扱い変更
	Ad-hoc		潮汐散逸率マッピング, 海底熱水噴出
カプラ		独自方式	JCUP

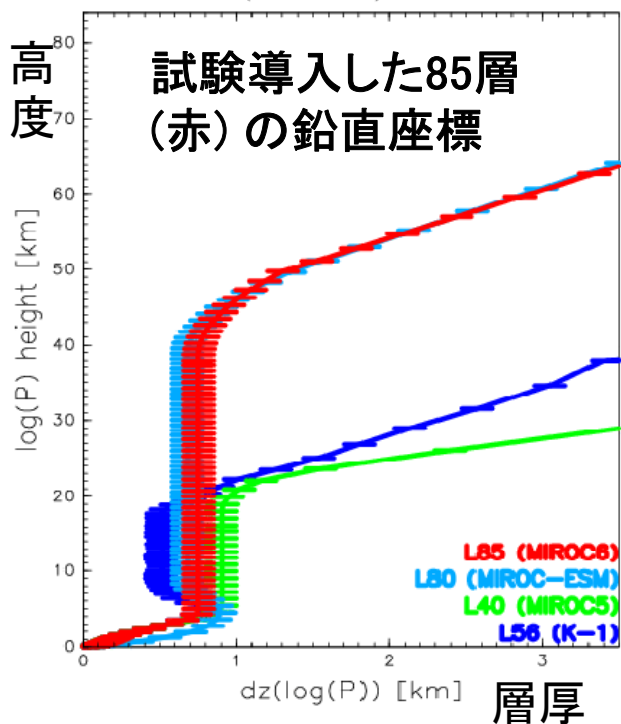
調整中, 検討中

モデル開発の状況

- MIROC5.2(T85, CMIP6 プロトタイプ) スピンアップ
- 浅い積雲対流スキーム [課題 (i)-b] 導入・調整中
- 成層圏高鉛直解像度化と中層大気物理スキーム導入
- 海水下での海洋物理スキーム (TKE) の改良
- 顕著モデルバイアス低減化作業中
- エアロゾル～雲物理の調整
- MRI-CGCM 開発グループとの情報交換



Vertical Coordinates
(full level)

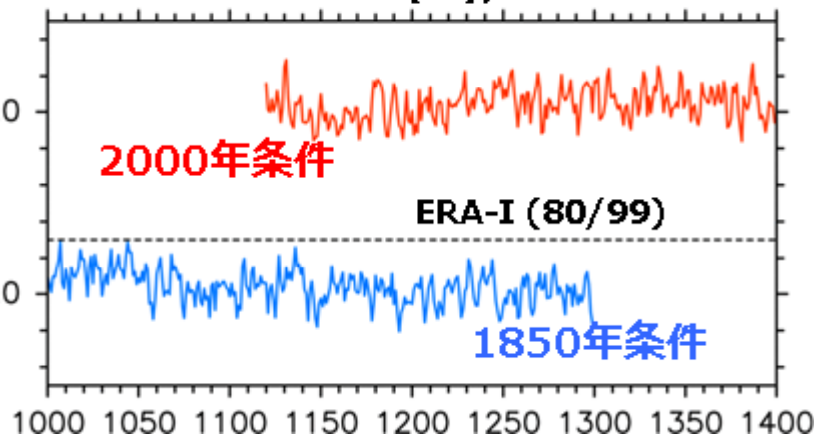


海水下の海洋物理スキームの改良

北極海に流れ込んだ河川水が中央部に滞留し (下段; 値は河川水量)、海面近くに観測(省略)と同等の低塩分層が出現する (上段)。

(Komuro et al., 2014, submitted)

全球平均 SAT (°C), 年平均

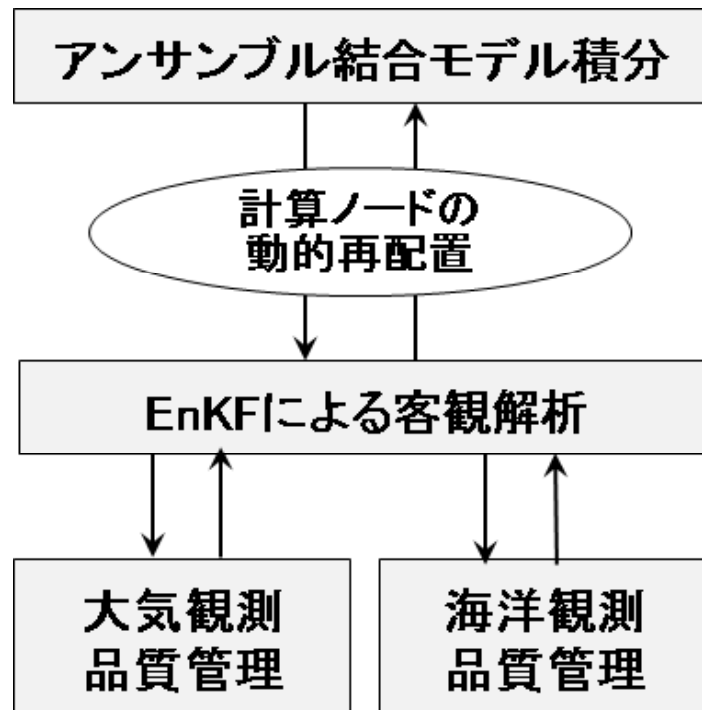


スピンアップ状況

1850年と200年の温暖化条件の元でMIROC 5.2 を長期積分。モデル積分は安定に推移している。

シームレス予測のためのアンサンブル予測システム開発

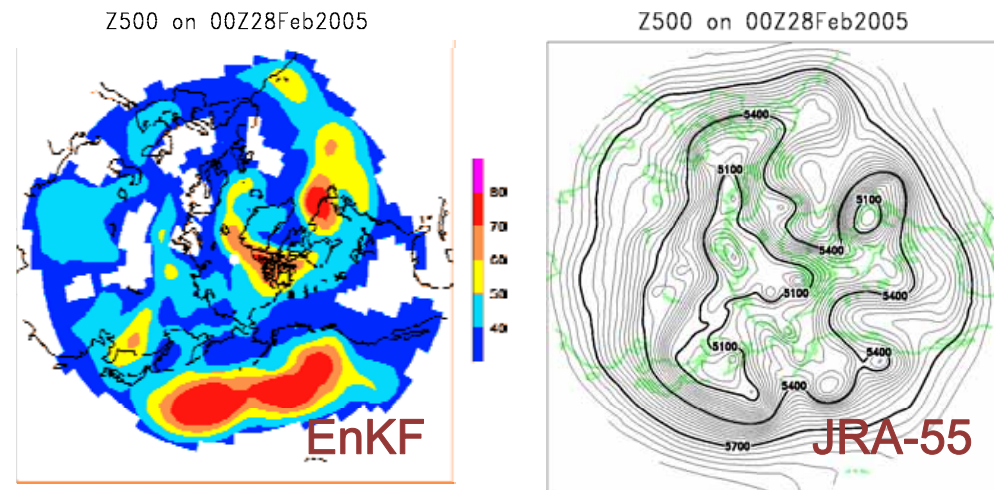
- EnKF の改良・高度化
- 長期観測データの整備
- 海面水温摂動法の開発と試験



長期再解析が効率的に実施可能なシステムの導入。モデル積分と観測データ同化を一つの計算ジョブで実施できる。

モデル初期値化仕様 (第一版, 稼働中)

- Hunt et al. (2007) の LETKF
- 疎結合 (loosely-coupled) 同化
- 大気6時間毎、海洋5日毎同化
- 海面気圧データ (ISPD v.3.2.8; 5時間前までの大気観測データ利用)、QC は COBE
- 台風ポーガス (IBTrACS v03r05)
- COBE-SST2 + SST摂動
- 格子点表層水温・塩分観測 (新バージョン)
- 日本で収集した観測データの利用



500hPa 高度場とスプレッド(左)と再解析(右)比較

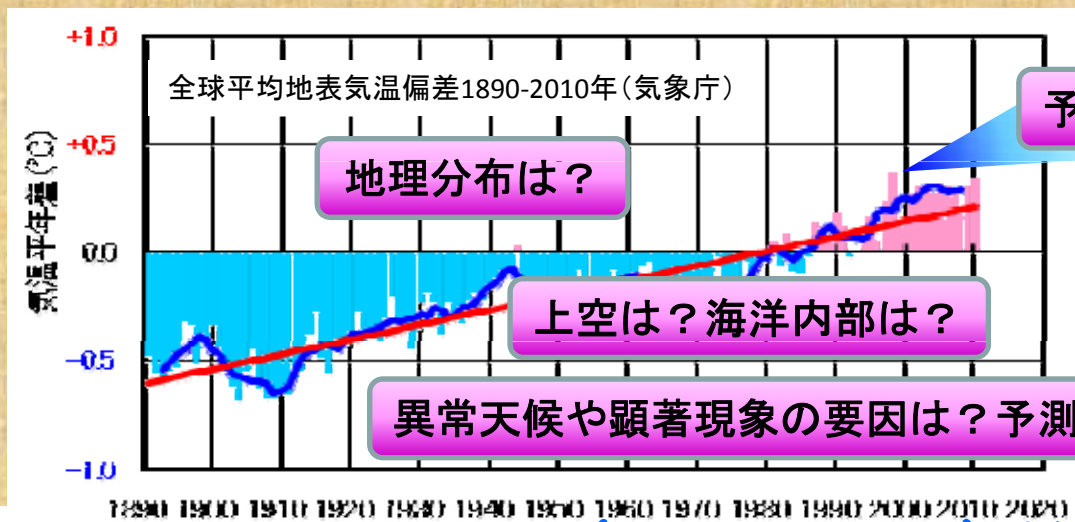
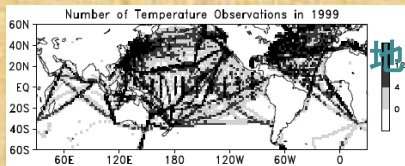
150年気候再解析



1889年
十津川村台風



1930年代北米ダストボウル



地理分布は？

予測？検証は？

上空は？海洋内部は？

異常天候や顕著現象の要因は？予測可能性は？



地表観測 ←

→ 大気高層観測(～現存大気再解析)
→ 海洋内部観測(～現存海洋再解析)

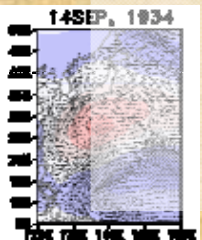
← 本課題で目指す 大気海洋再解析

世界初の過去150年大気海洋結合気候データセットの構築

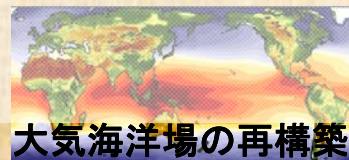
- ☺ 50年以上遡った大気海洋3次元変動の解明、データ発掘・救済
- ☺ 異常天候・顕著現象・数十年規模気候変動の要因分析、メカニズム解明、ダウンスケール、再予報による予測可能性評価
- ☺ 将来気候予測の信頼度向上、気候変動リスク評価研究への貢献
- ☺ システムは研究コミュニティの共通プラットフォームに



1934年室戸台風
↓再現天気図

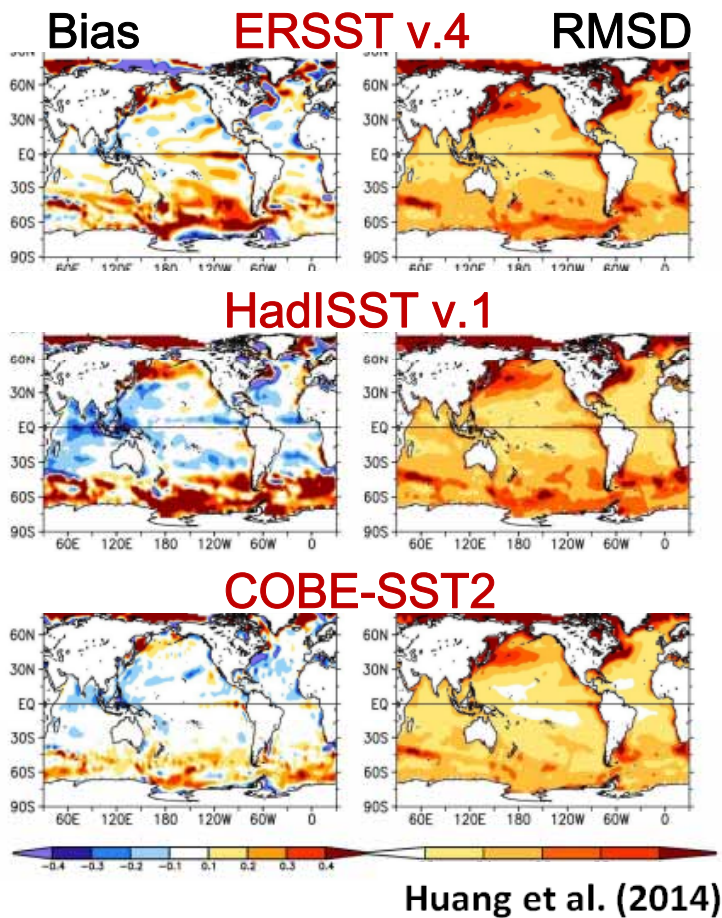


20世紀初頭の台風再構築



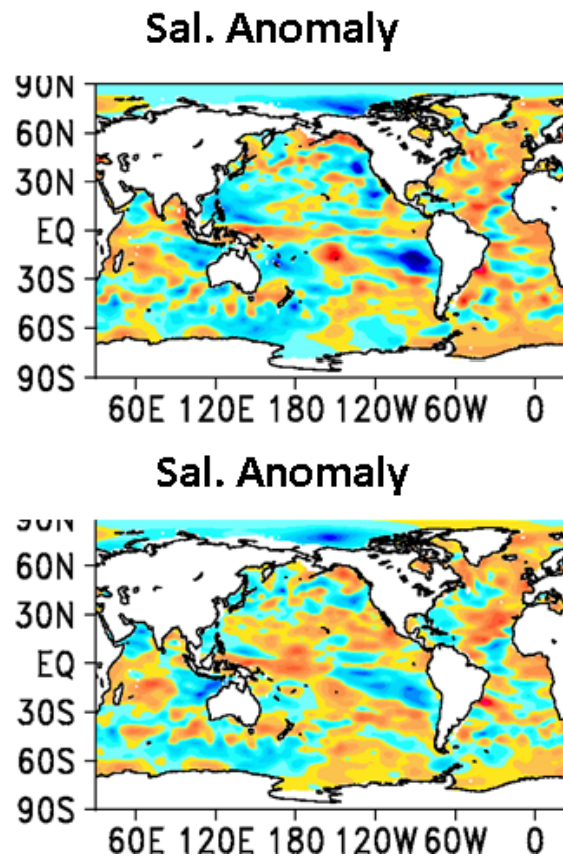
大気海洋場の再構築

150年解析に向けた準備状況

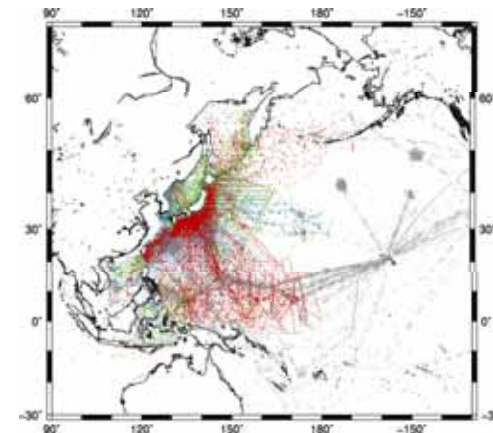


世界主要SST解析値のバイアスとRMSD (NOAA衛星解析 OI.v2 比、1997-2011)。COBE-SST2 は、高いパフォーマンスを持つ。

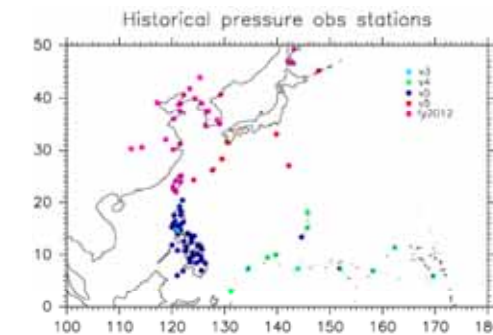
海面水温から海洋内部の塩分変動を推定。上段はArgoを使用した100m深の塩分偏差、下段は海面水温データのみから推定したもの (2008年7月15~19日)。



国内外の機関と連携して、大気・海洋データを整備・収集



戦前の表層水温データ分布、色つきが日本の機関による。未整備の旧帝国海軍海上気象観測データのデジタル化 (来年度予定)



復元された戦前のアジア域地上観測データ (JAMSTEC)

プログラム間連携予算

統合的地球環境予測システムのための解析支援・管理ソフトウェア

稼働中 (https://amaterasu.ees.hokudai.ac.jp/~fswiki/data_explorer/ 要ログイン)

共生1・革新近未来・創生 の研究資産であるモデル実験データを幅広いユーザに活用してもらうためのデータ検索インターフェイス

従来版

ソフトウェア配布

NICAM、MIROC-ESM、MRI で活用予定

本年度開発 (外注)

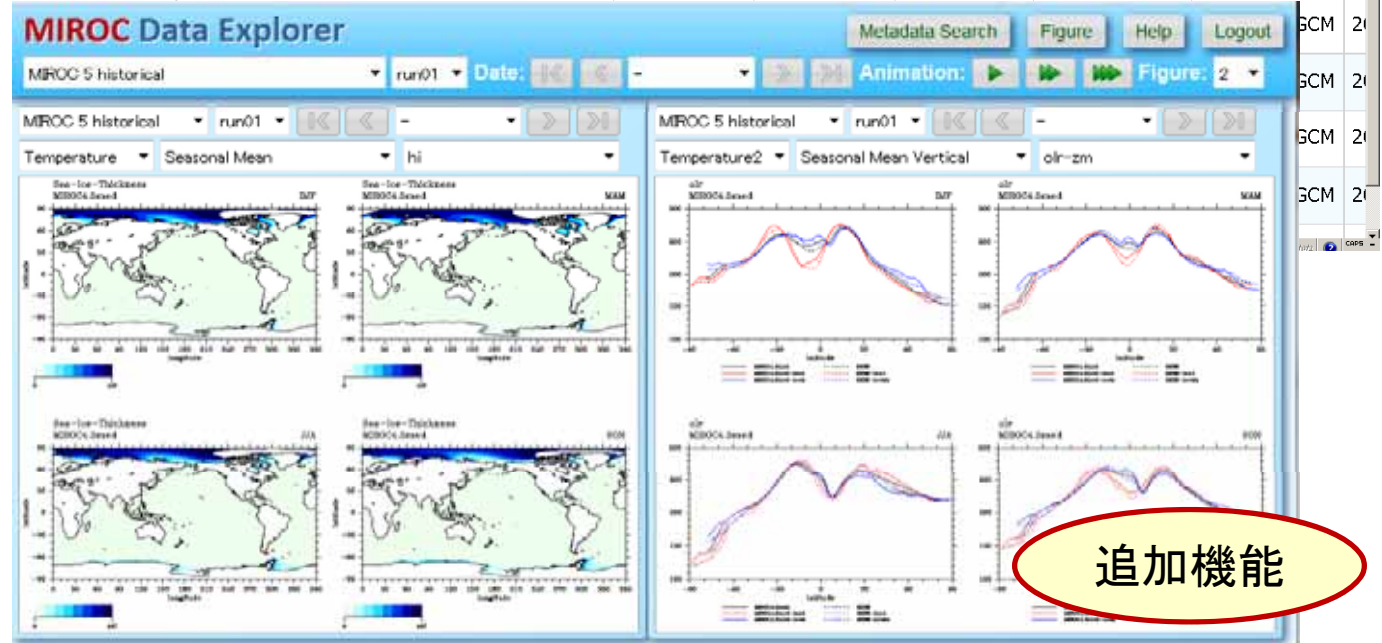
- 従来版の改良
- 可視化情報 (モニタ図) の提供

MIROC Data Explorer
Data Search
miroc5 Search (Other Window) Search (This Window)
Keyword Category Category 1: CMIP5 Category 2: Prediction Category 3: MIROC5
Temporal Extent Start Date: - End Date: -

Search results are: 7

Dataset Name	Start Date	End Date	Category 1	Category 2	Category 3	M
MIROC5 CMIP5(IPCC-AR5) decadal prediction experiment	1962-01-01	1971-12-31	KAKUSHIN	Prediction	MIROC5-CGCM	21
MIROC5 CMIP5(IPCC-AR5) decadal prediction experiment	1963-01-01	1972-12-31	KAKUSHIN	Prediction	MIROC5-CGCM	21

- ✓ 図情報を参照することで、モデル出力データを良く理解できる。
- ✓ データ利用者もモデル開発者も有用なツール

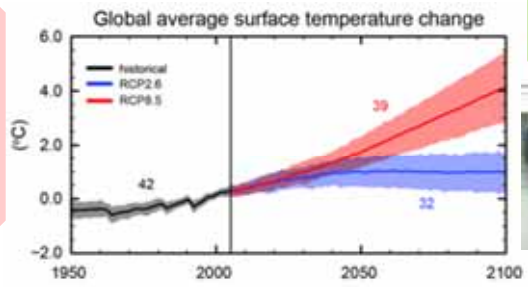


追加機能

ES 3「特別推進課題」

地球温暖化施策決定に資する気候再現・予測実験データベース

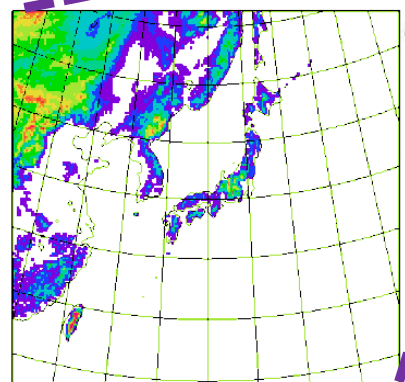
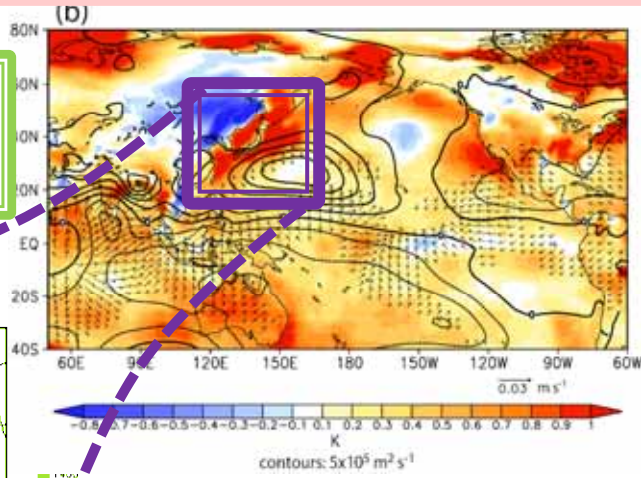
- 日本の温暖化施策決定のための統一シナリオ
- 「環境省『適応』データセット」を大幅拡充



ES3を利用

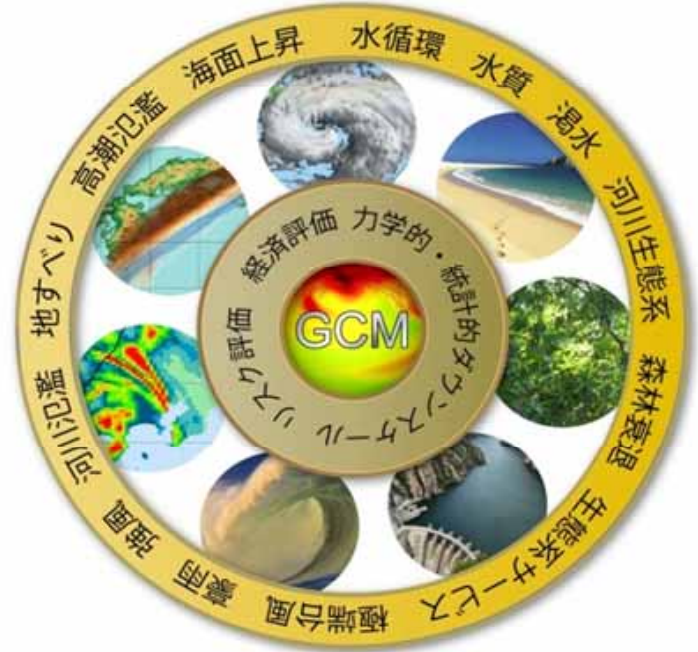
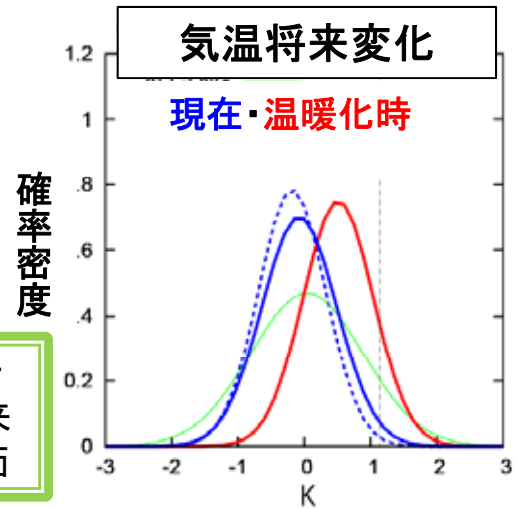


高解像度大気モデルを用いて全世界と日本の気候を再現・予測



過去と将来温暖化進行時の気象・気候現象を確率的に評価可能なデータベース

十分な気候モデル出力アンサンブル (~100) を用いて、将来の気候変化を高い確度で評価



気候変化の確率情報を元にした影響評価

実験デザイン概要

SSTを与えた高解像度大気モデル実験出力
のべ6万年積分 (60 km AGCM換算)、8PBデータ出力 (予定)

