



創生テーマC 気候変動リスク情報の基盤技術開発

課題代表：高薮出（気象研）

主管機関：筑波大学

（H25年度成果報告会@一橋講堂）

2014/01/21 V3.5

テーマ間連携促進用追加資金による 今年度の成果

- a) 名大の坪木グループ（最大クラス台風）との研究連携強化のため、気象研のNHRCMを用いた台風研究を行う研究員を1名、名大へ付けた。
- b) テーマC/D連携打ち合わせ会合を開催した。
- c) 力学的ダウンスケーリングの国際ワークショップを開催し国内外の同様課題間との連携を強化した（CORDEX-EA, CODEX-SEA, CORDEX-SA, TCCIP等）。本ワークショップにはテーマDからも発表をお願いし影響評価まで含めた研究連携を図った。

ESの活用状況について

- 年度当初配算された計算機リソースはH25年中にほぼすべて使用している。
 - 全球モデル(AGCM)実験: 16030ノード時間
 - 地域気候モデル(RSM・NHRCM)実験: 64677ノード時間
 - 台風のダウンスケール実験: 13041ノード時間
- **使用量／配算量＝93748／96616**

数値は全て12月空調メンテ時前
(但し: 書かれている数値は概算)

(i) 気候変動リスク情報の基盤
となる確率予測情報の創出

領域課題代表:防災科研

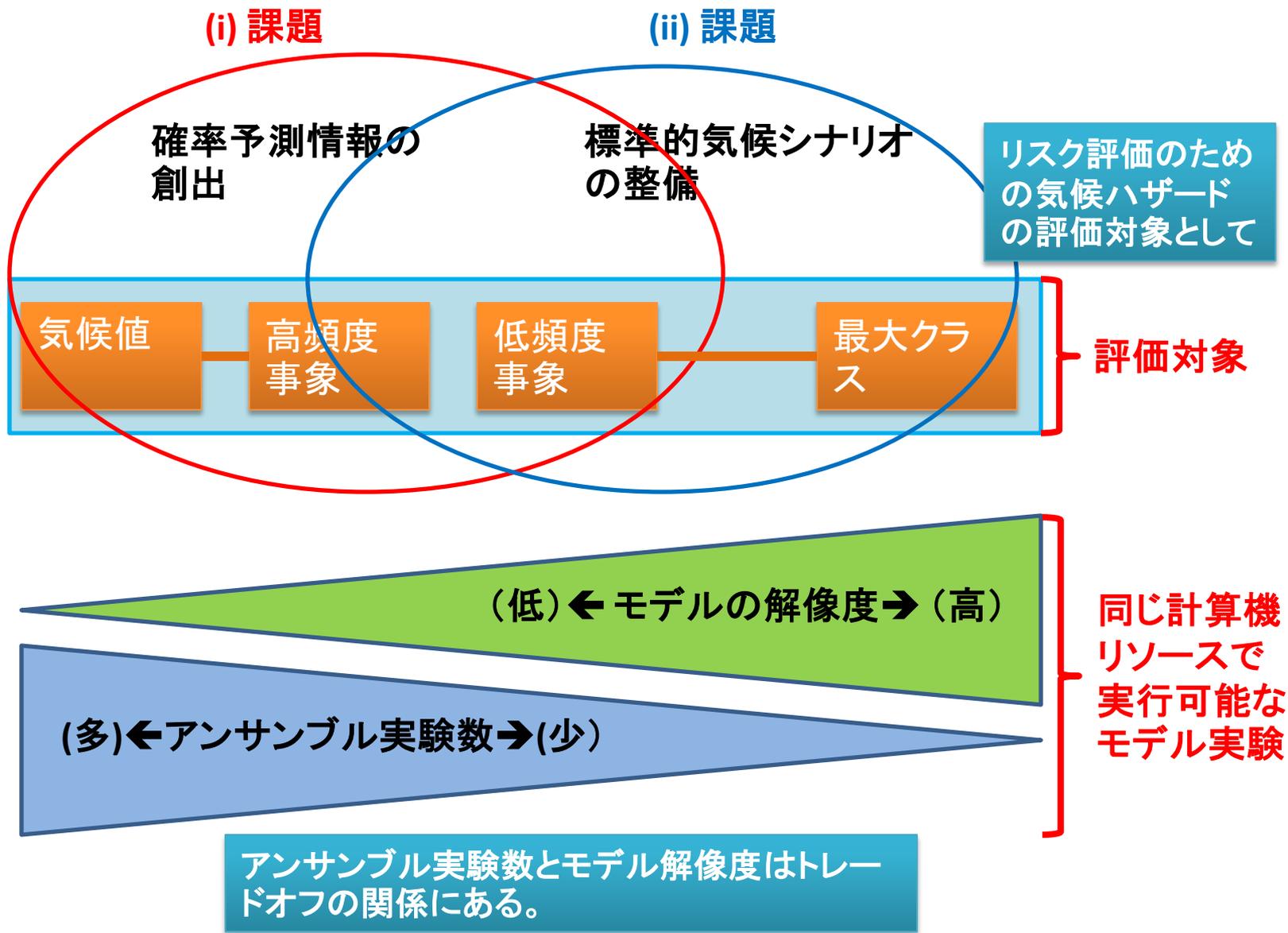
- (a) アンサンブル予測技術と予測
実験の最適化手法の開発
(防災科研)
- (b) 気候変動データの統計学的
手法の開発 (統数研)
- (c) アンサンブルデータの効率的
なダウンスケーリング手法の
開発 (東大 大気海洋研)

(ii) 高度利活用(影響評価研究等)
を支える標準的気候シナリオの整備

領域課題代表:気象研

- (a) 予測技術の信頼性・不確実性の
定量化手法の開発 (筑波大)
- (b) 高解像度力学的ダウンスケーリ
ングによる低頻度ではあるが影
響の大きい気候変動事象に関
する情報の創出 (気象研)
- (c) 雲解像大気・海洋・波浪結合モ
デルによる台風強度推定
(名古屋大水循環研究センター)

テーマCの課題設定の概念図



年次計画	H24	H25	H26	H27	H28
i	(i)-a 気候変動アンサンブル実験の最適化手法の開発 防災科研	高頻度事象確率分布プロトタイプ創出		高頻度事象確率分布推定手法改良	
		アンサンブル実験の最適化手法の開発			極端事象の確率的シナリオのプロトタイプ作成
	(i)-b 気候変動アンサンブルデータに関する統計学的手法の開発 統数研	高頻度事象確率分布創出手法の開発			
			極端事象サンプリング手法検討	極端事象サンプリング手法開発	
	(i)-c アンサンブルデータの効率的なダウンスケーリング手法の開発 東大AORI	アンサンブル平均場のDDS手法の開発／気候予測への適用			
			確率情報のDDS手法の開発		
			DDSされたアンサンブル平均場とPDFの創出		
ii	(ii)-a 予測情報の信頼性・不確実性の定量化手法の開発 筑波大	解析準備			アジアモンスーン域等の幅を持った変容の予測
		各種アンサンブル実験の実施・解析			
	(ii)-b 高解像度力学的ダウンスケーリングによる極端事象変化情報の創出に関する研究 気象研	20kmAGCM・5kmNHRCMの複数SSTでの計算・検証		20kmAO-GCM実験 2kmNHRCMによる日本全域の計算・検証	
	20kmAO-GCM・2kmRCMの開発				
	(ii)-c 雲解像大気・海洋・波浪結合モデルによる台風強度推定 名古屋大HyARC	結合モデルシステム構築／台風強度予測高度化			
		海洋応答解析／最大可能強度推定			



(ii) 高度利活用(影響評価研究等)を支える標準的気候シナリオの整備

領域課題代表： 高薮出(気象研)

今年度のII.(a)の研究成果

- アジアを中心としたモンスーンの将来気候変化に関して、解析を進めた。
 - ① 東アジアの降水量と降水強度は、21世紀末にかけて単調に増加する。降水増加率は他のモンスーン地域に比べて大きく、不確実性が小さいことがわかった。特に、短期間の降水強度（3日間最大・5日間最大等）の増加率は大きく、気温の上昇率による含有水蒸気量変動（CC効果）とよく対応する。
 - ② 21世紀末にかけて、ハワイ付近の熱帯低気圧は増加する。これは、ハワイの南東側で発生した熱帯低気圧が、衰えないまま、ハワイまで移動しやすくなったためであることがわかった。
- 都市の将来気候に対して類似した現在気候を持つ都市を調査（気候アナログの作成）。たとえば、21世紀末の東京の気候は、現在の中国浙江省の温州（ウェンチョウ）市の気候に近くなる。

降水と気温の関係

東アジア
(100-150E, 20-50N)

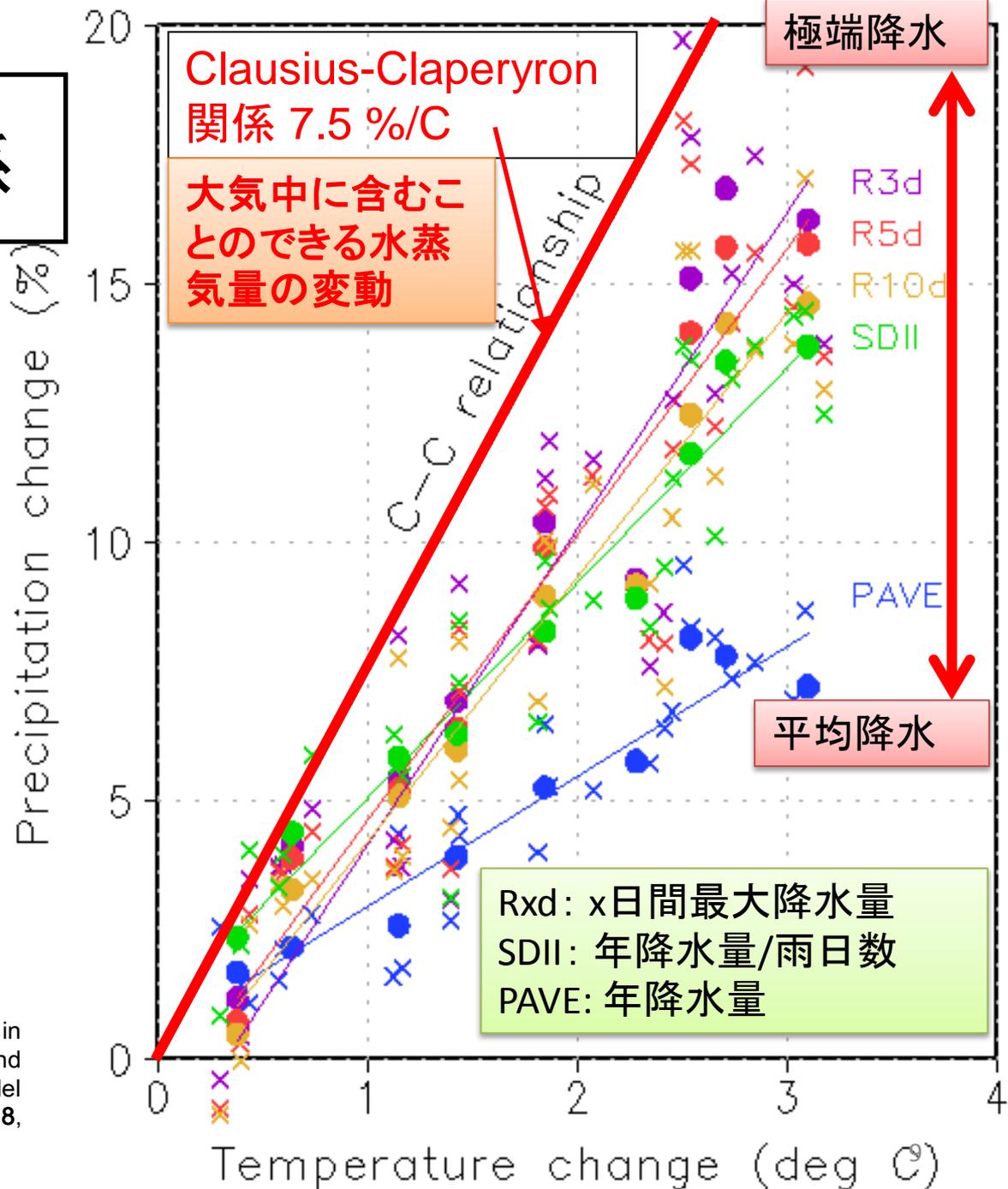
X : 個別実験

● : アンサンブル平均

10年平均 : 2010-2019年
から2090-2099年まで

傾き = 降水効率

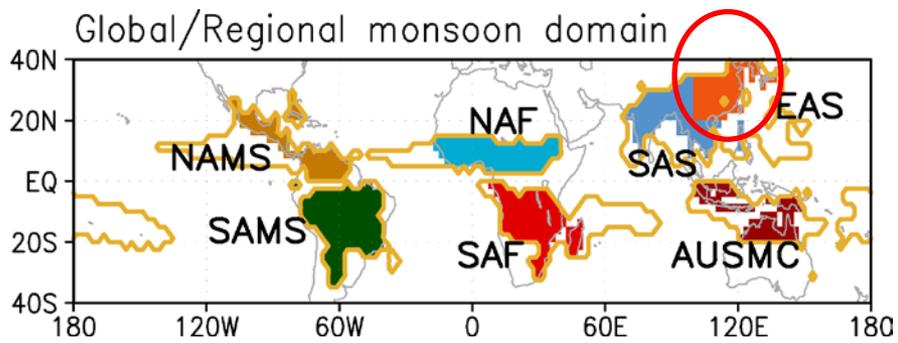
Kusunoki, S., and R. Mizuta (2013), Changes in precipitation intensity over East Asia during the 20th and 21st centuries simulated by a global atmospheric model with a 60 km grid size, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **118**, doi:10.1002/jgrd.50877. 2013年10月11日無料公開



全球60kmアンサンブル実験におけるモンスーンの今世紀末へ向けての変化
 24メンバー: ΔSST(4) × 積雲スキーム(3) × 初期値(2)

- 東アジアでは降水増加率が大きく、予測のばらつきが小さい。

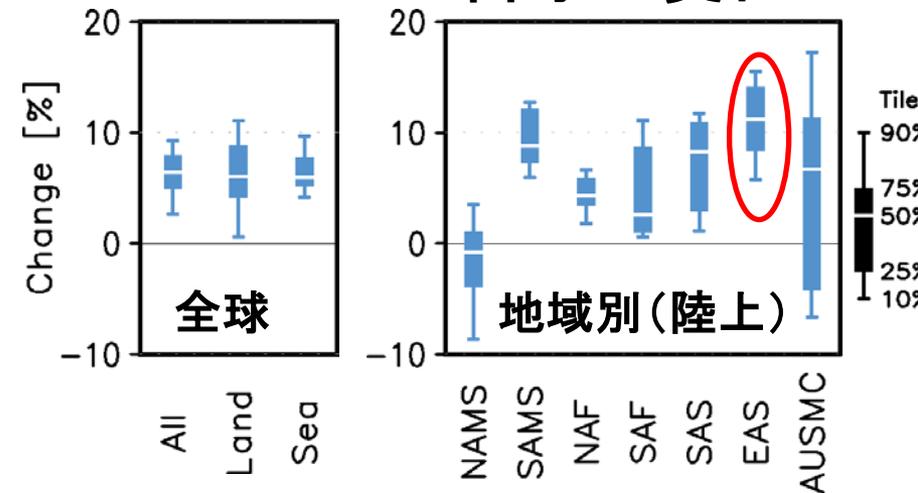
(CMIP5の結果と整合的)



モンスーン領域:

雨季/乾季の降水差 2.5mm/day以上

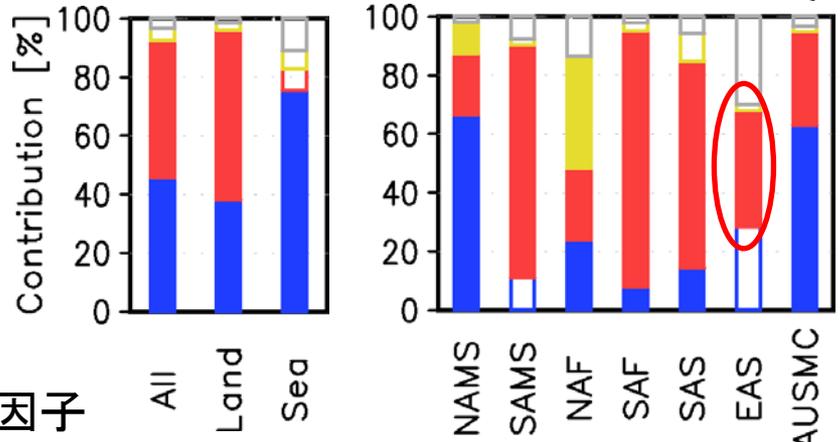
モンスーン降水の変化



分散分析によるバラツキの要因分離

$$S = S_a + S_b + S_{ab} + S_e$$

全分散 SST 因子 積雲 因子 交互 作用 内部 変動

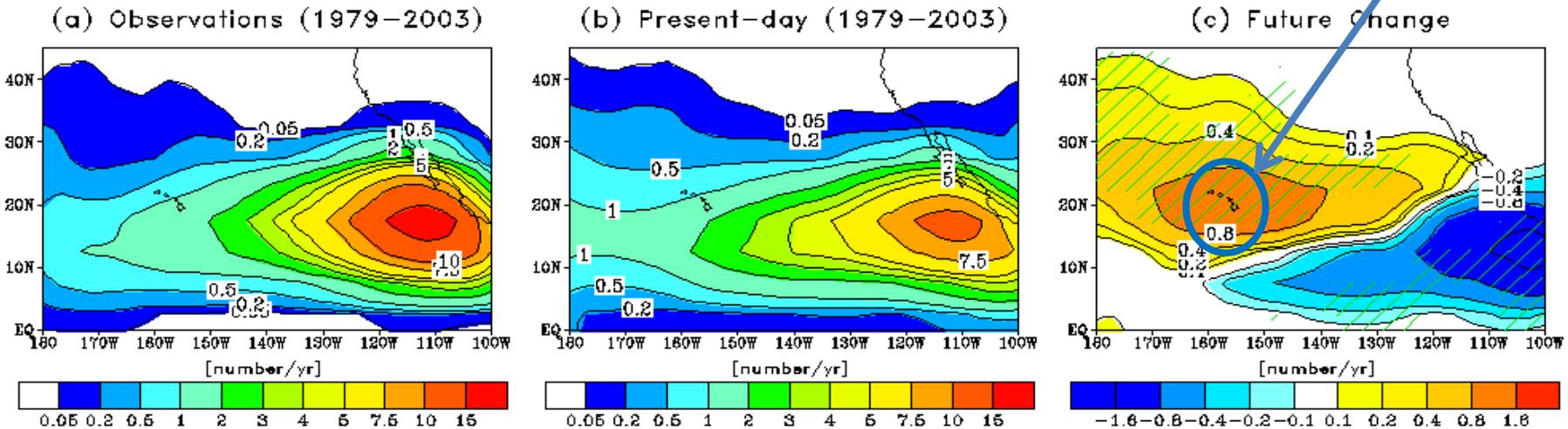


(遠藤 2013)

塗りつぶし棒グラフ: 有意な因子

熱帯低気圧の将来変化(ハワイ周辺)

ハリケーン存在頻度分布の将来変化



存在頻度とは5 x 5度格子内におけるハリケーンの存在頻度を6時間毎にカウントしたもの。C図の緑の斜線は統計的有意性(99%)と、モデル間で将来変化の符号が一致していることを意味する。

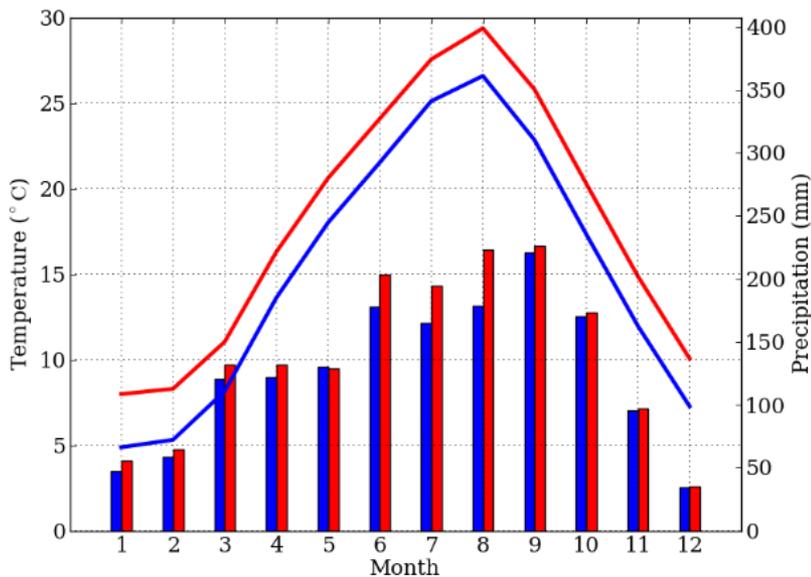
Murakami, H., B. Wang, T. Li and A. Kitoh, 2013:
Projected increase in tropical cyclones near Hawaii.
Nature Climate Change, 3, 749-754,
doi:10.1038/nclimate1890.

ハワイ付近の存在頻度増加は主にハリケーン移動特性変化によるものである

図Cの将来変化から、将来変化の東西コントラストが顕著である。つまり、**中部太平洋の亜熱帯域で増加し、東太平洋の熱帯部で減少**。これらの将来変化は統計的有意で、実験間のばらつきが小さく、不確実性が小さい。

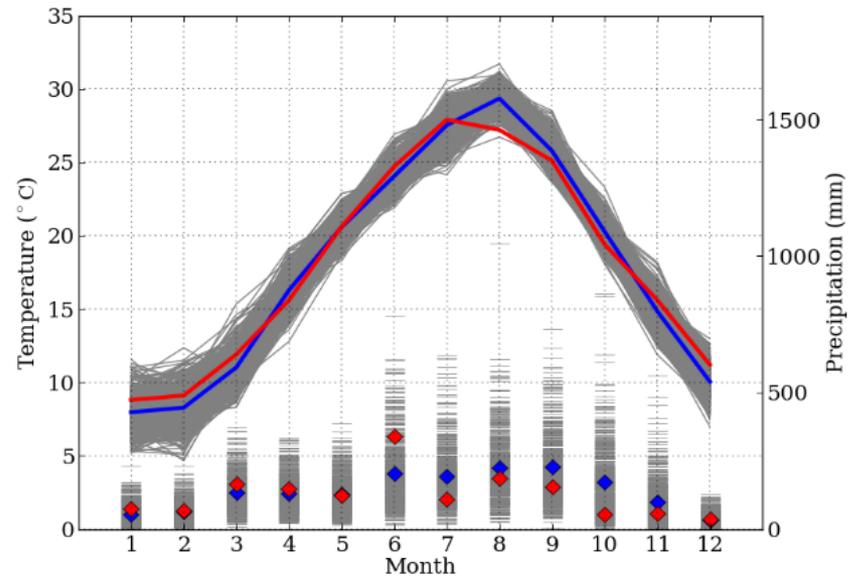
将来気候アナログ

東京の現在気候と将来気候



(気温と降水量：線グラフと棒グラフ)

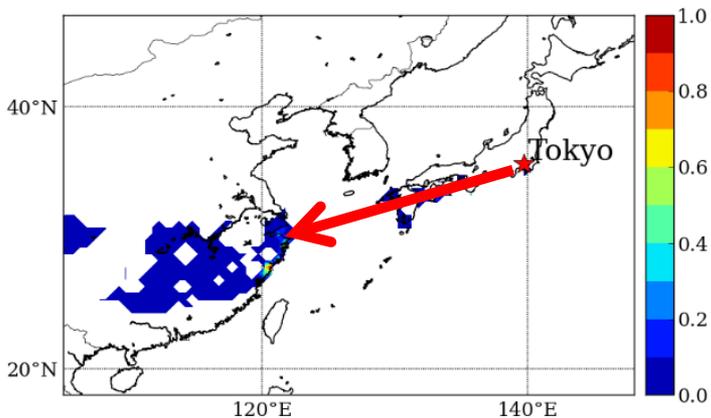
東京の将来と中国温州の現在



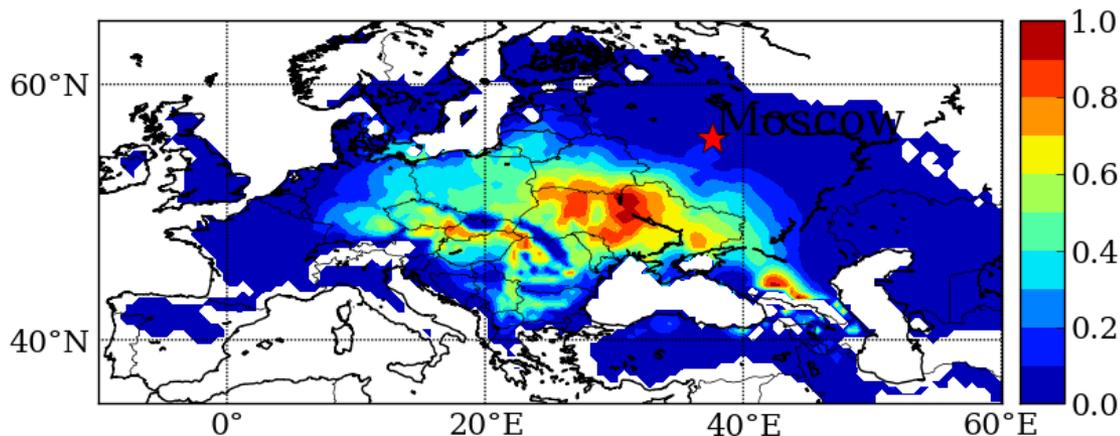
将来： SRES A1B シナリオでの今世紀末

21世紀末の気候アナログ(気候類似都市)

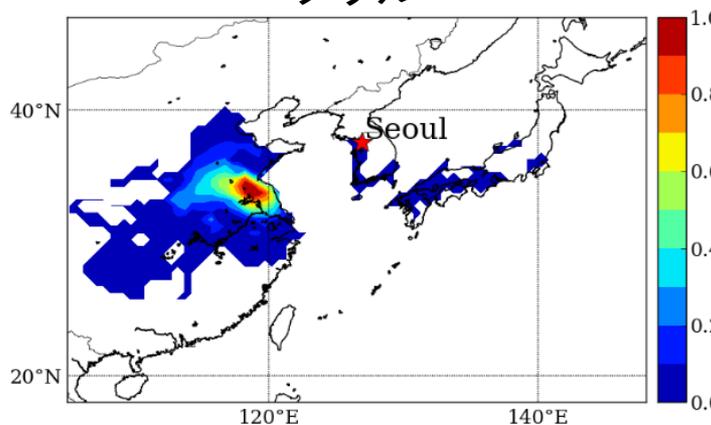
東京 → 中国・温州市



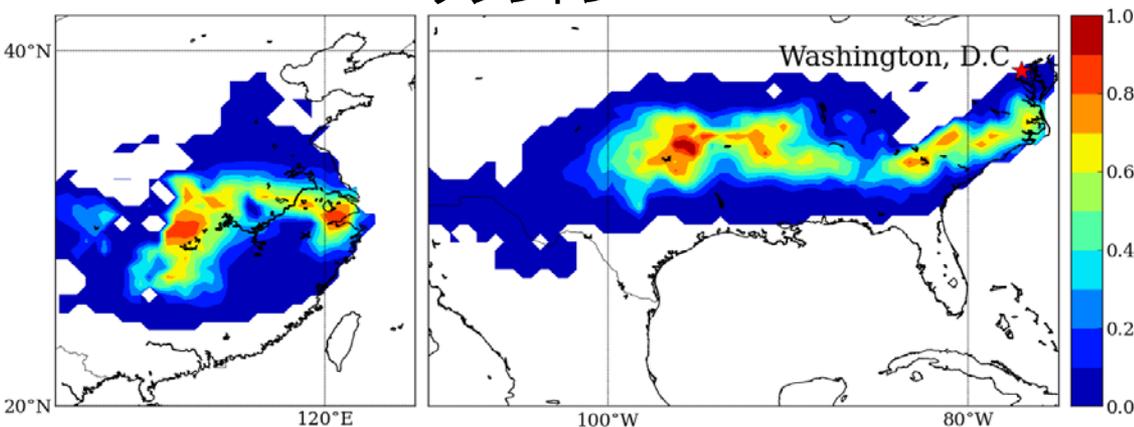
モスクワ



ソウル



ワシントン



来年度のII.(a)の研究予定

- 全球(60km)の高分解能大気モデルを用いた、CMIP5・RCPシナリオに対応した21世紀末の気候変化アンサンブル実験を、当初計画どおり終了する。
- 信頼性・不確実性を明確にする観点から、アジア・太平洋域の将来気候変化の解析を引き続き進める。

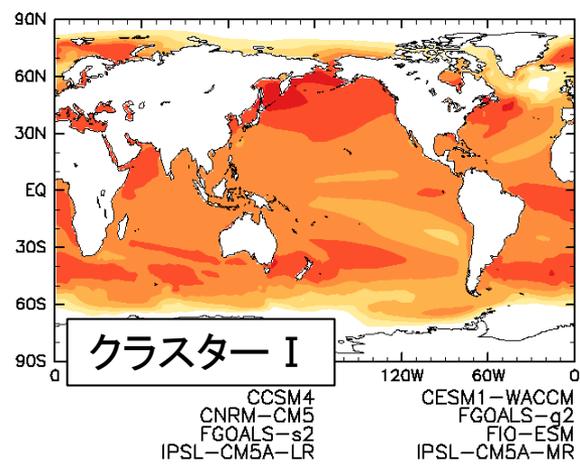


今年度のII.(b)全球モデルの研究成果

- 全球(20km)の高分解能大気モデルを用いて、CMIP5・RCP8.5Wシナリオに対応した21世紀末のSSTアンサンブル気候変化実験を計画どおり実施した。
- 全球(20km・60km)の高分解能大気モデルに海洋の影響を取り込むため、海面水温をリストアした結合モデルの開発を実施。期待されるとおり、熱帯低気圧の平均強度の弱化が確認できた。
- 全球大気モデルの改良を実施。これまでの熱帯・亜熱帯域に加えて、中緯度・高緯度の下層雲再現性の高い雲スキームを開発した。これにより、世界の多くのモデルに共通する南極周辺の雲バイアスが改善した。

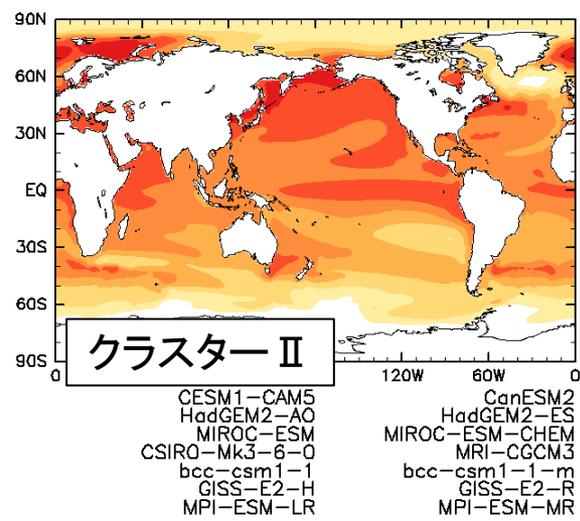
海面水温変化の3クラスタ化

いずれのSST分布でも実験を実施する。



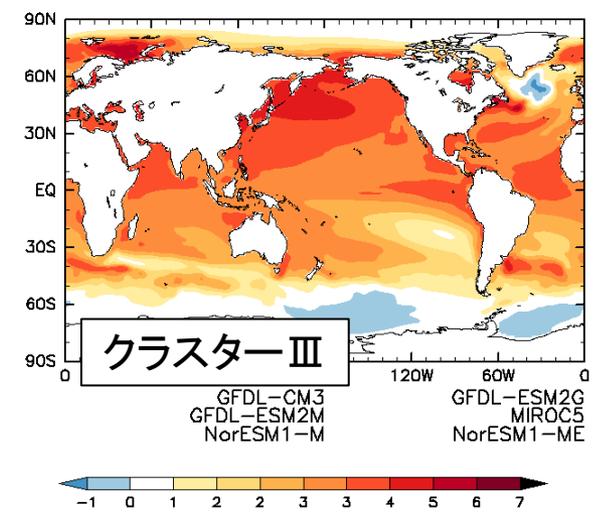
NCAR型
(CCSM4)

熱帯全体が比較的一様に昇温。



HadGEM2型
(MRI-CGCM3)

亜熱帯
北東太平洋で昇温が大きい。



GFDL型
(MIROC-5)

北インド洋・
北西太平洋で昇温が大きい。

創生テーマC (ii)-ab 実験進行状況



大気モデル60km版の実験フラックス調整による気候平均の再現(リストアによる年々変動の再現はまだ)

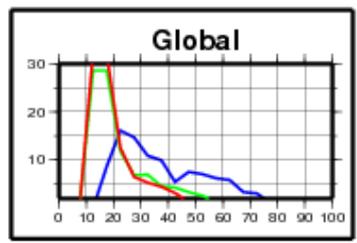
熱帯低気圧の強度(最大風速分布)

PDF OF MAXIMUM WIND VELOCITY

From 1979 to 2003

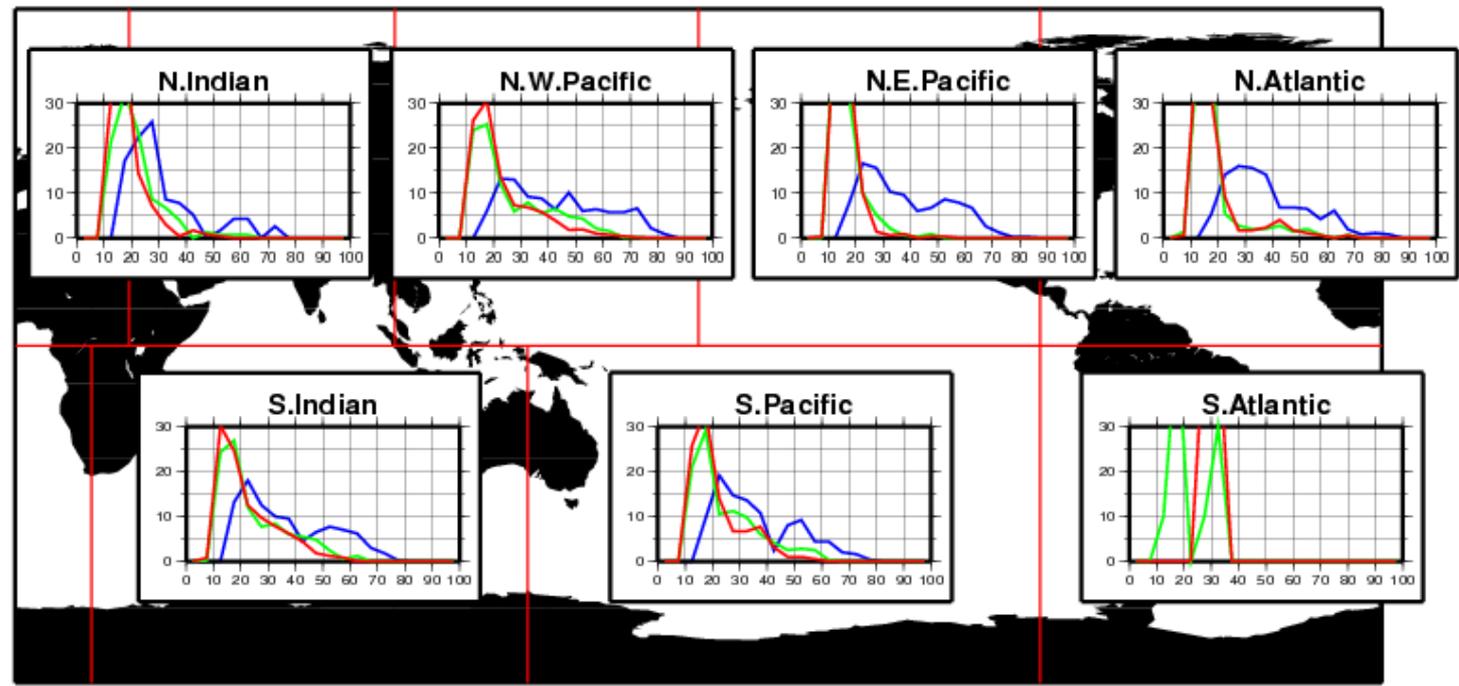
abscissa: max wind velocity(m/s)

ordinate: provability(%)



- Best Track(1979-2003)
- HPA(1979-2003)
- HPCR_qc11m(1979-2003)

大気モデル
結合モデル

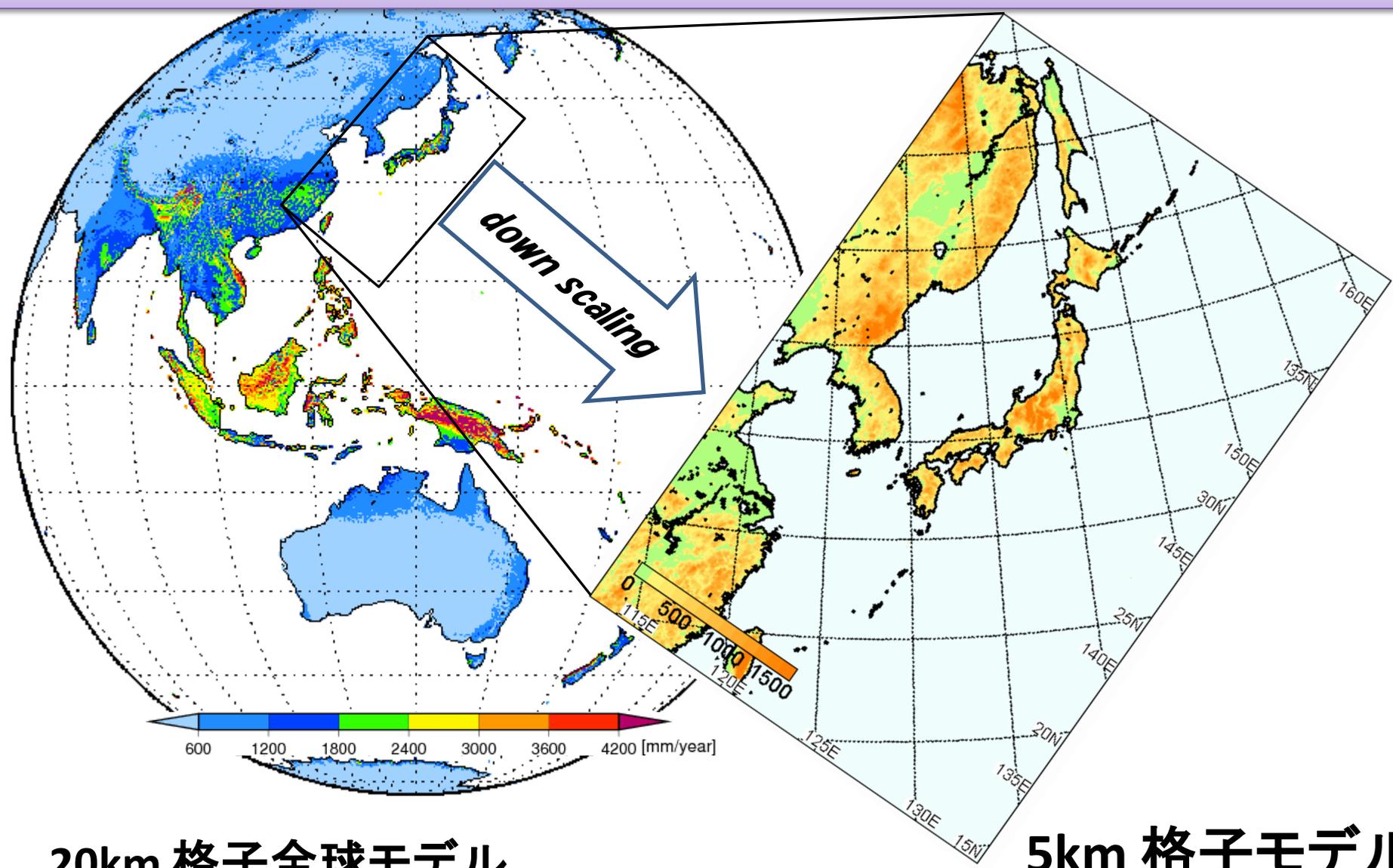


強い熱帯低気圧が減少。平均最大風速で見ると、約10%弱い。

今年度のII.(b)地域気候モデルの研究成果

- ① 5kmNHRCMの**実験と結果の検証**
 - － 現在再現結果の検証
 - 地上気温・降水量の再現性確認
 - 従来モデル(温暖化予測情報第8巻)との比較
- ② 2kmNHRCMへ向けたNHRCMの改良
 - － 高分解能モデルへの都市サブモデルの導入
 - 都市域温度バイアスの改善
 - － 高分解能化の様々な効用の調査
 - 急峻な地形のもとでの降水量の再現性向上
 - 局地風の再現性向上
 - 健康影響評価への適応性向上

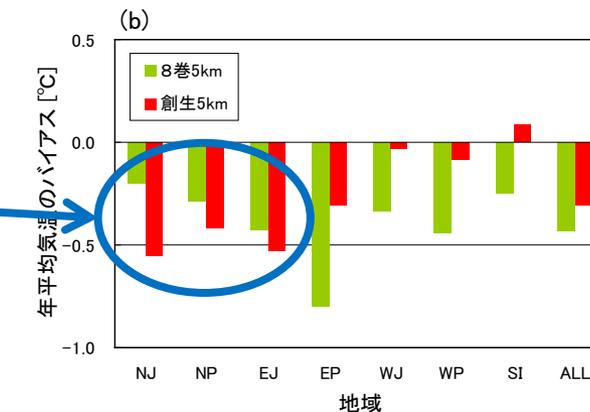
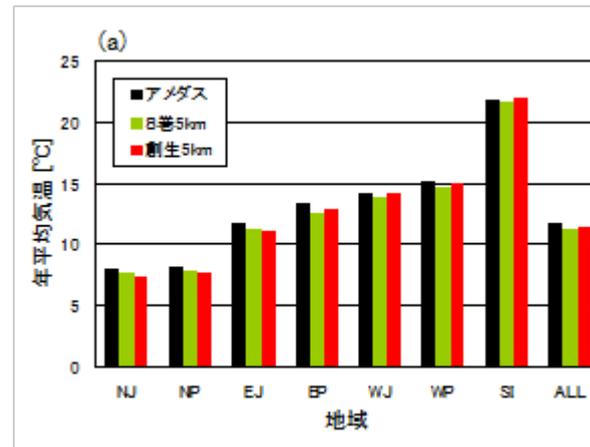
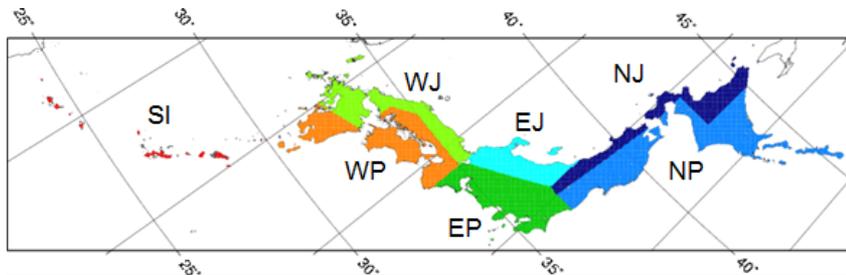
20kmAGCMの5kmNHRCMによるダウンスケーリング実験のデザイン



20km 格子全球モデル
(20km AGCM)

5km 格子モデル
(5km NHRCM)

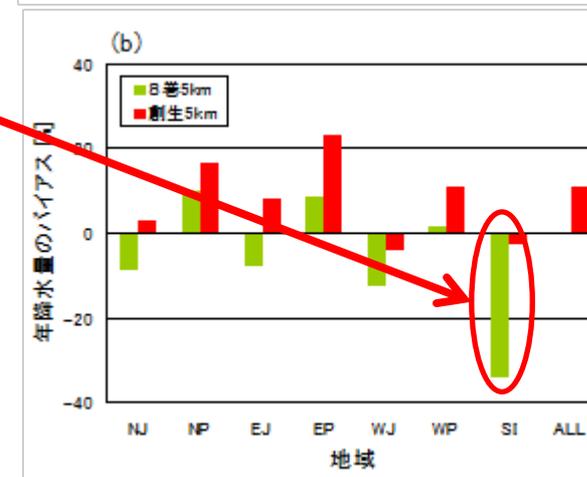
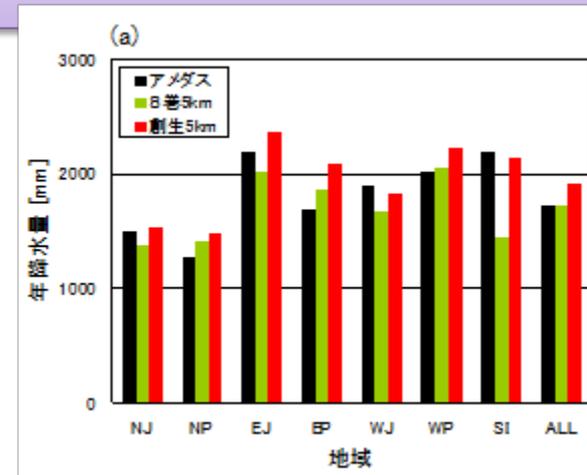
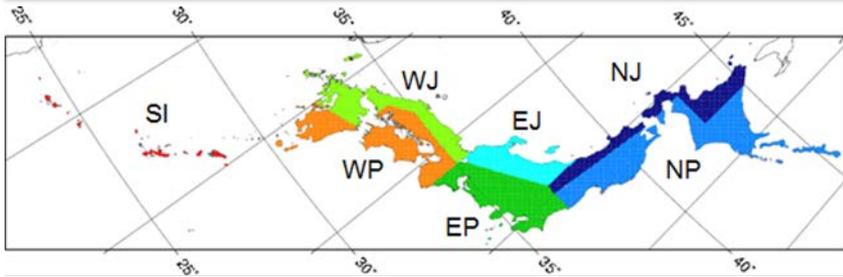
地上気温の再現性



EP, WJ, WP, SI → 再現性向上
 NJ, NP, EJ → 冬季の低温バイアスが見える

日本北部の冬季低温バイアスは、積雪深の影響が考えられる。

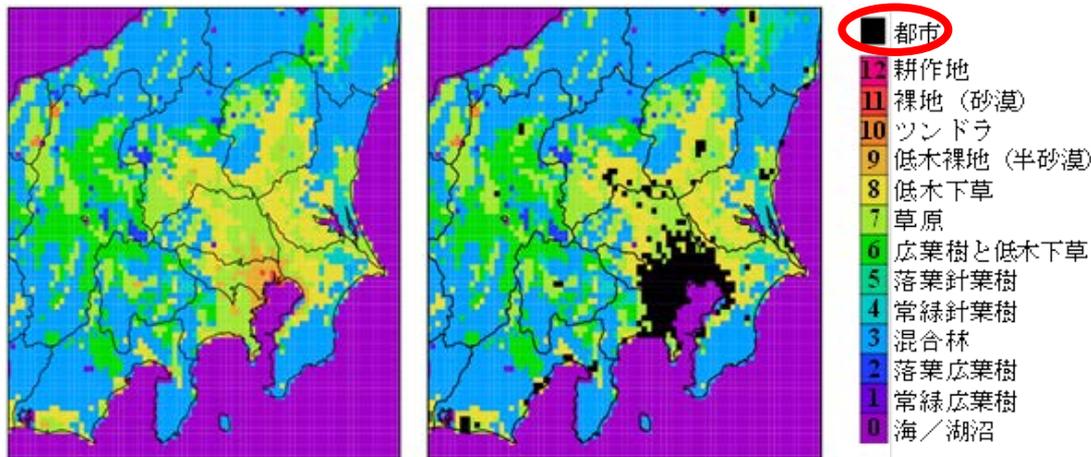
降水量の再現性



改良版KFスキームの導入により、特に南西諸島の降水量再現性が向上している。

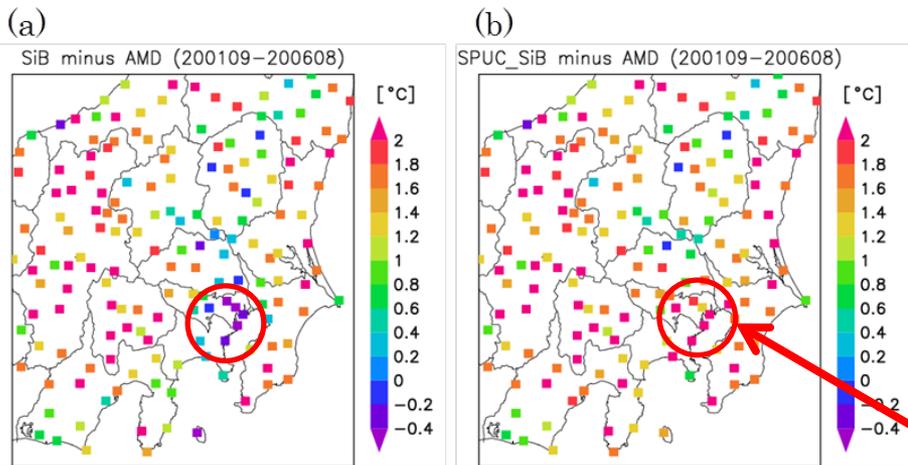
※改良版KFスキーム：気塊の持ち上げ高度をオリジナル版から調整したものの。

NHRCMへの都市サブモデルの搭載



高解像度化により、都市が見えてくる。4-5km格子モデルでも東京のような大規模都市は見える。より高解像度になれば中小都市も見えてくる。

このため、2km格子NHRCMの導入に当たっては、都市サブモデルを入れることが再現性向上にとり重要である。



上図： 左は自然植生のみのもので従来のモデル。右は都市域(黒)を入れたモデル。
 下図； 4kmNHRCMの計算結果。アメダス点での地上気温バイアス。左は自然植生のみ。右は都市サブモデル入り。
都市中心部の低温バイアスが消えている。

図4 5年平均地上気温の対アメダスバイアス。
 (a)NHRCM_SiB 実験、(b)NHRCM_SPUC 実験。

来年度のII.(b)の研究目標

- RCPの8.5Wシナリオの複数のSST分布に従った20km格子AGCMによる将来予測計算、ならびにその予測結果の5km格子地域気候モデルによる力学的ダウンスケーリング実験を当初計画通り終了する。
- さらに、20km格子AO-GCMの開発と、2kmNHRCMのアセンブルを進めモデルフィクスを行う。
- データの効率的な利活用に向けてテーマC/D連携研究会を開催する。ダウンスケーリングの汎用化をめざしアジア域等の研究者との共同研究を継続する。また、ダウンスケーリングの国際研究集会等を共催し、情報交換を行う。創生他テーマとの連携研究を進める。

