

テーマC 構成図

主管機関：筑波大学（代表者：植田 宏昭）

【気候変動リスク情報創生プログラム テーマC】 気候変動リスク情報の基盤技術開発

領域代表者

高数 出（気象庁気象研究所）

(i) 気候変動リスクの評価の基盤となる確率予測情報の創出

大楽 浩司（防災科学技術研究所）

(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

大楽 浩司
（NIED）

(b) 気候変動予測
データの統計学的
手法の開発

上野 玄太
（統計数理研究所）

(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

芳村 圭
（東京大学
大気海洋研究所）

(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

高数 出（MRI）

(a) 予測情報の信
頼性・不確実性の
定量化手法の開
発

植田 宏昭
（筑波大学）

(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

高数 出
（MRI）

(c) 雲解像大気・
海洋・波浪結合モ
デルによる台風
強度推定

坪木 和久
（名古屋大学
HyARC）

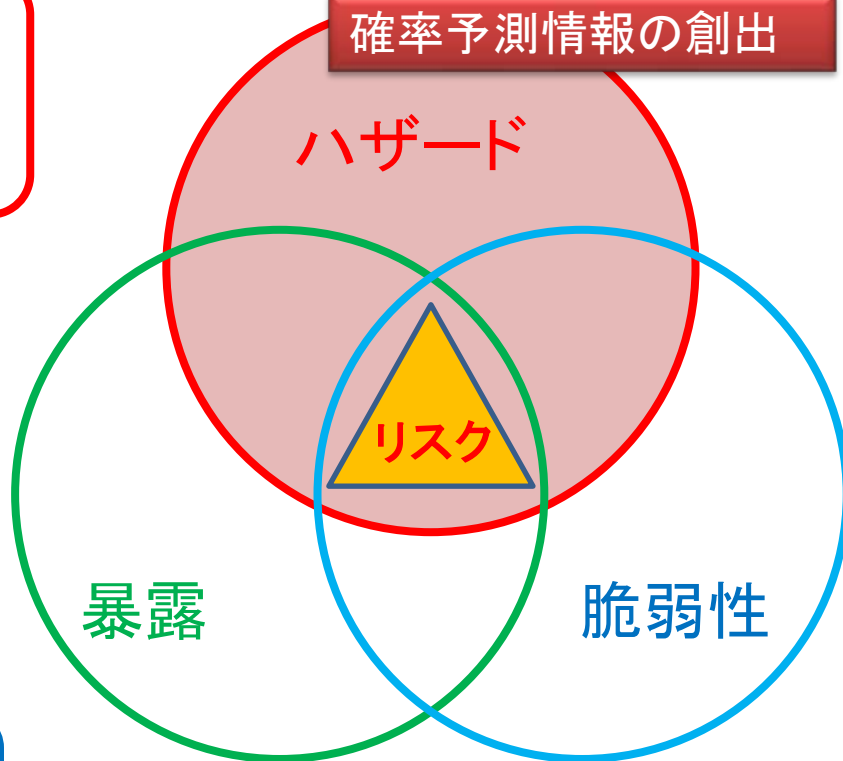
テーマCの
カバーする領域

課題設定の背景

- **ハザード**: リスクを引き起こす可能性のある危険な気候現象
 - **暴露**: ハザードの影響により損失を被る可能性のある地域社会
 - **脆弱性**: 地域社会が有する、ハザードの悪影響を受けやすくする状況
- **リスク** = **ハザード** × **暴露** × **脆弱性**

標準的気候シナリオの整備

確率予測情報の創出



※ リスク評価をイメージしたハザード情報の創出が求められる

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)

(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)

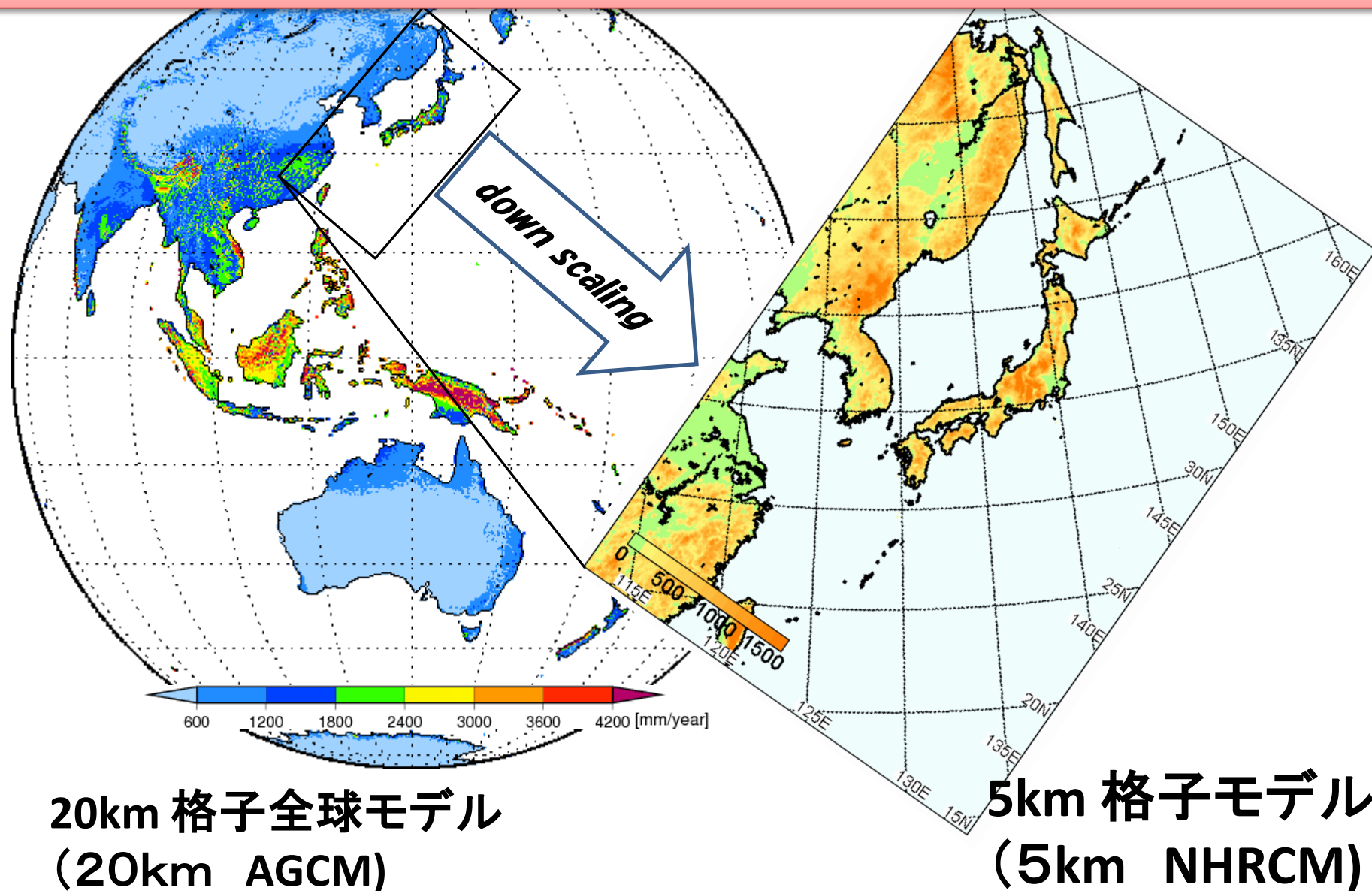
(ii) 高度利活用(影響評価研究等)を支える標準的気候シナリオの整備

- (a) 予測技術の信頼性・不確実性の定量化手法の開発
- (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

サブ課題代表:

- (a) 植田宏昭(筑波大)・(b)高薮出(気象研究所)

(ii)-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



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

■ ダウンスケーリング実験の計画

全球モデル:

前半では、**CMIP5_RCPシナリオ**に対応した温暖化実験を実施する。

後半では、海面水温をリストアした**結合モデル**を使用する。

領域モデル:

前半では、**5km NHRCM**によるダウンスケーリングを実施する。

後半では、**2km NHRCM**による2段階ダウンスケーリングを実施する。

					中間評価					取りまとめ
	H24/1	H24/2	H25/1	H25/2	H26/1	H26/2	H27/1	H27/2	H28/1	H28/2
AGCM20	SST準備	現在再現実験								
		SST準備	シナリオ1実験			20kmAGCM				
			SST準備	シナリオ2実験						
SST restore AO-GCM20			モデル開発		SST準備	現在再現実験				SST restore
			ネスティング			SST準備	シナリオ1実験			20km AO-GCM
							SST準備	シナリオ2実験		
NHRCM5	設定準備	現在再現実験								
		設定準備	シナリオ1実験			5kmNHRCM				
			設定準備	シナリオ2実験						
NHRCM2		2kmモデル化に伴う問題点の把握・解決			設定準備	現在再現実験				
			ネスティング			設定準備	シナリオ1実験			2kmNHRCM
							設定準備	シナリオ2実験		
					中間評価					取りまとめ

■ 20km実験計画(前半)

日本域を含む世界各地域の予測データ・領域境界条件データを提供

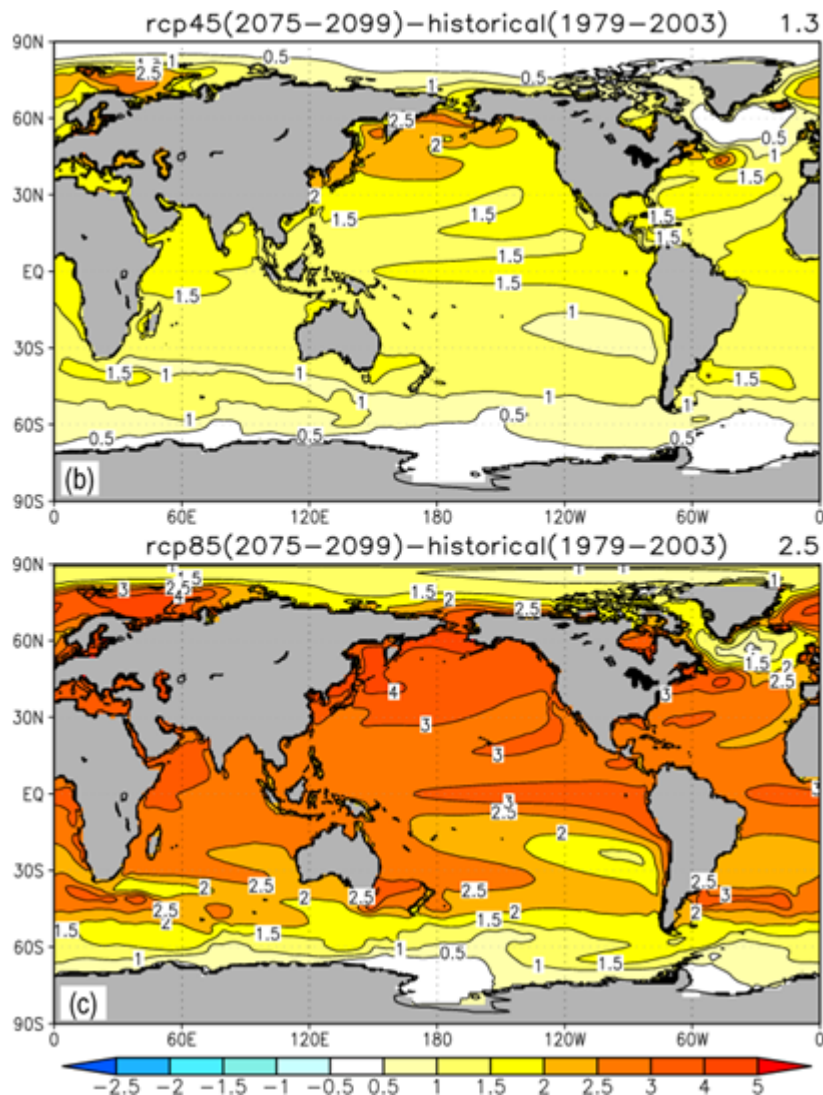
- 革新実験からシナリオの変更
CMIP3(A1B) → CMIP5(RCP8.5 & RCP4.5)
- 出力の追加
 - 領域モデル用境界値
 - * 日本域のみ出力 → ほぼ全球(70N-50S)で出力
 - 追加要望の反映
 - * 月平均鉛直積算水蒸気フラックス
 - * 6時間毎1.25度データは、9層 → 12層
 - * 3時間平均の表面流出
- 10月より現在気候実験(1979-)を開始

■ 将来実験で設定する海面水温・海水分布変化量

実験に備えたSSTデータ等の整備

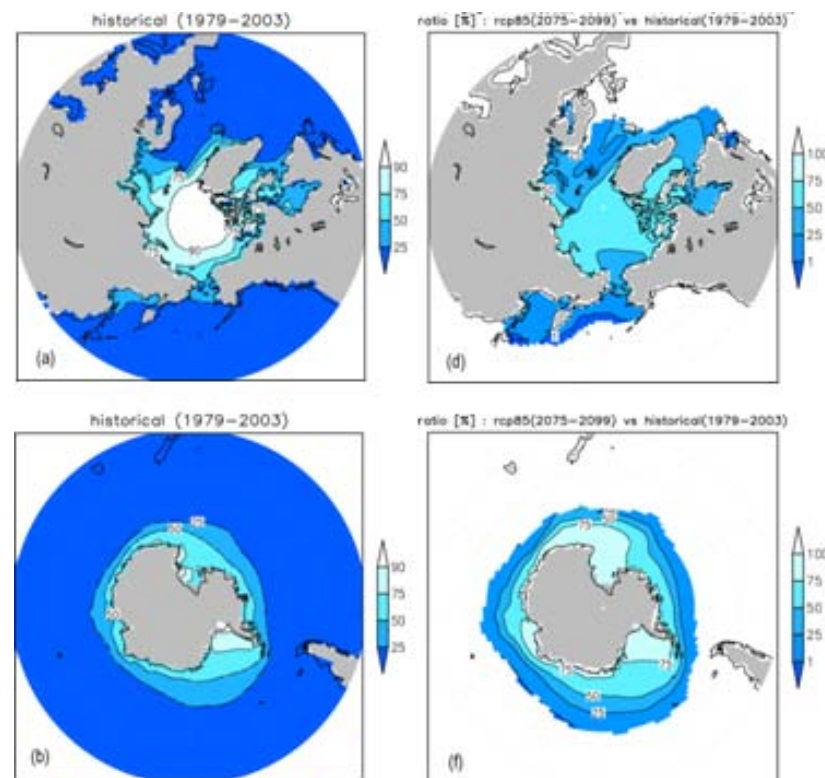
(荒川理 提供)

CMIP5海面水温の将来変化平均



CMIP5

現在気候の海水密度度(%)と
将来変化平均



■層積雲スキームの改善 (雲量分布)

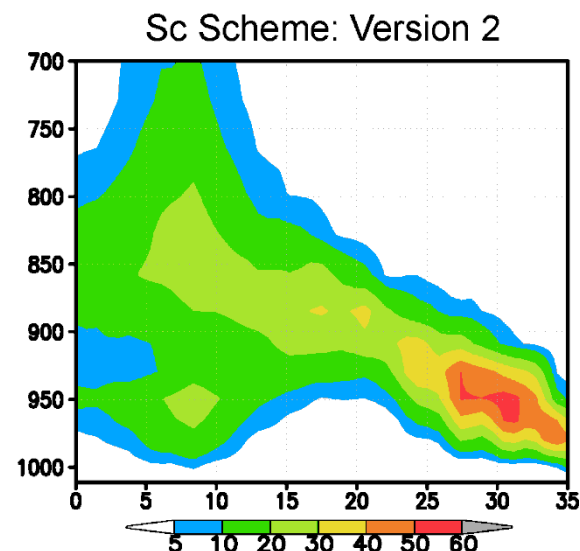
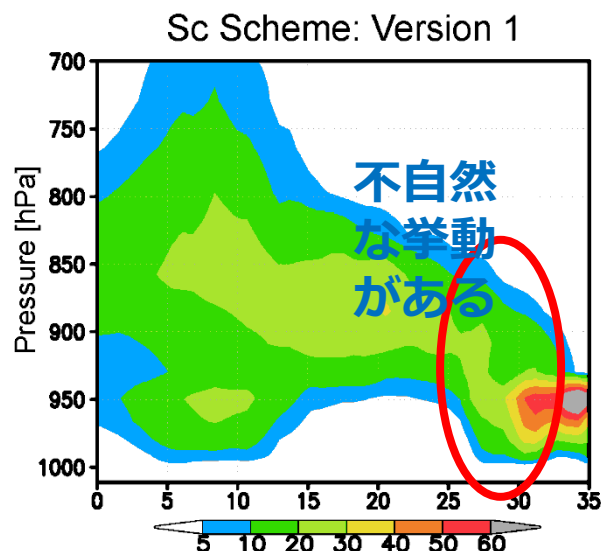
結合モデル整備へ向けてのモデル改良

改良前

改良後

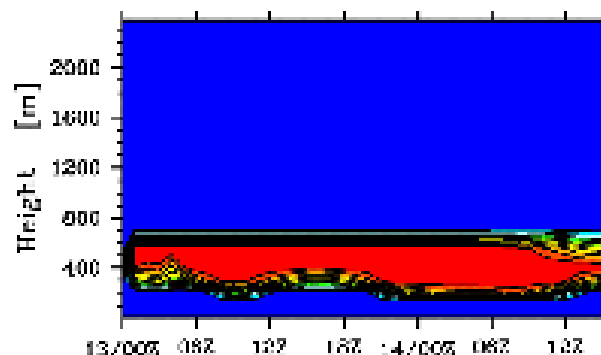
カリフォルニア沖の
雲量分布
(7月)

(縦軸: 高度)
(横軸: 大陸からの距離)

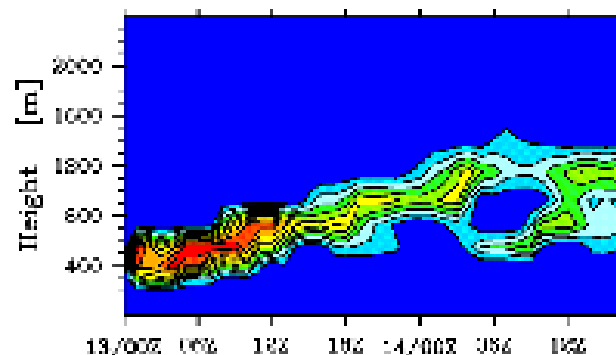


層積雲領域から、
浅い対流と
層積雲の共存領域への
遷移

(縦軸: 高度)
(横軸: 時間)



層積雲の遷移が見られない



■ 大気海洋相互作用導入による熱帯季節内変動再現性の向上

モデル結合化によるパフォーマンス向上のチェック

北半球冬
(OLRが
東へ移動)

観測

大気モデル

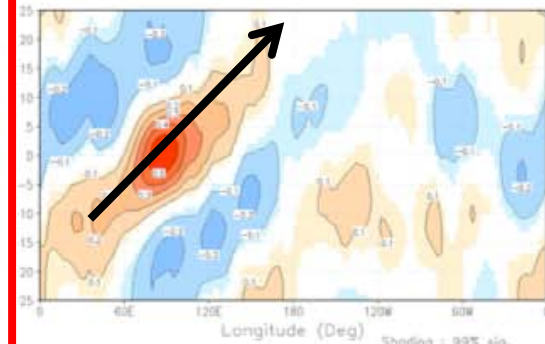
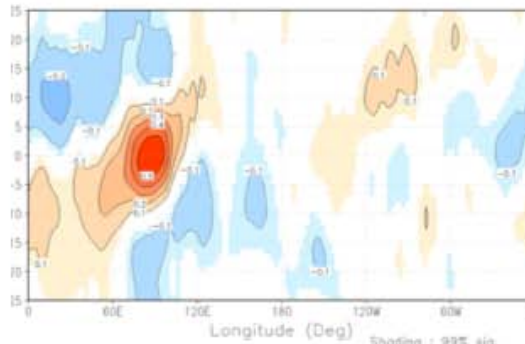
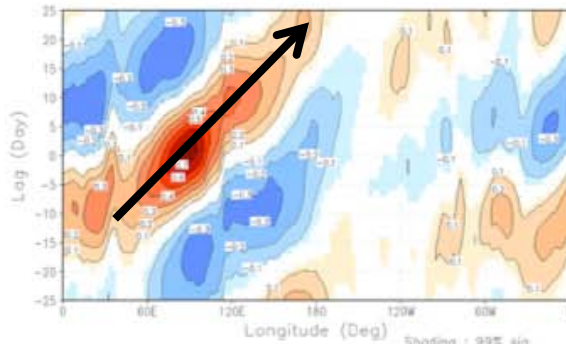
結合モデル

時間
↑

(a) AVHRR Winter

(b) AGCM Winter

(c) CGCM Winter



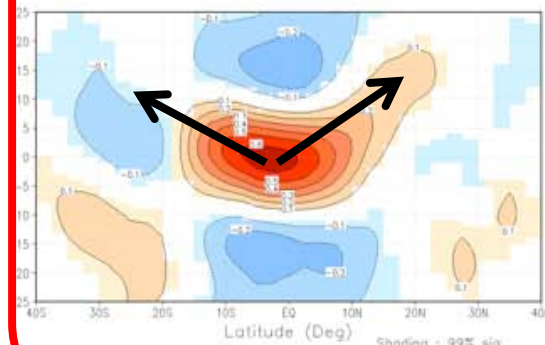
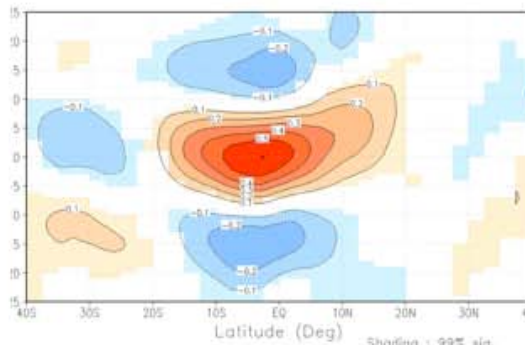
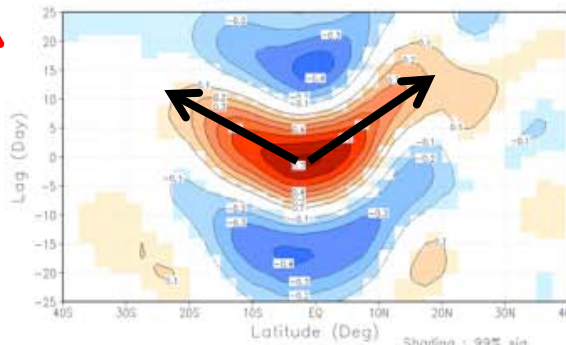
北半球夏
(OLRが
南北へ移動)

経度
→

(a) AVHRR Summer

(b) AGCM Summer

(c) CGCM Summer



良好に再現される

時間
↑

緯度
→

領域モデル(NHRCM)グループ

- ① 5km NHRMの降水極値のパフォーマンスチェック
- ② 5km NHRCMの局地気候再現のパフォーマンスチェック
- ③ 5km NHRCMの改良
 - 陸面モデルへの不凍水スキームの導入
- ④ 5km NHRCM実験の仕様と領域
- ⑤ ネスティングする20kmAGCMのパフォーマンスチェック
 - 梅雨前線の再現性確認

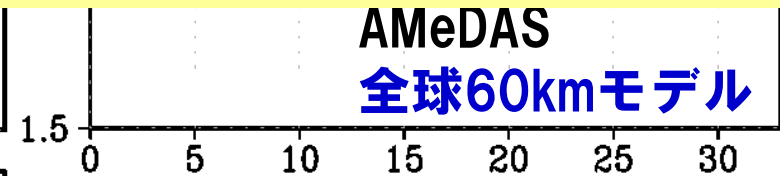
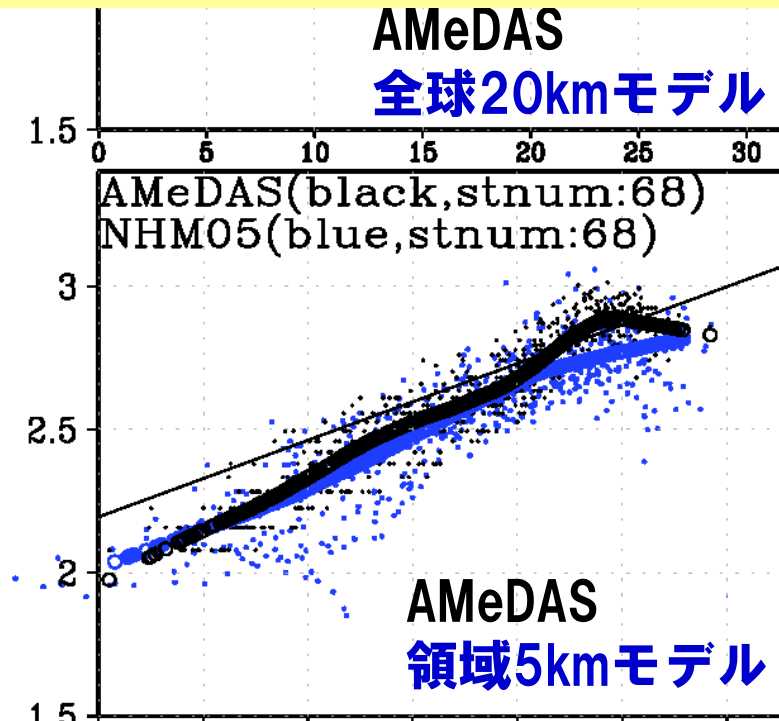
① 5kmNHRCMによる降水極値のパフォーマンスチェック

(mm/day) 99th of hourly prec.:Kyushu.land(1979-2003)

log10 AMeDAS(black,stnum:68)
SPA(blue,grid_num:108)

AMeDAS(black,stnum:68)
HPA(blue,grid_num:13)

・NHRCM 5は、時間降水量の地上気温に対する極値表現を大いに改善しうる←温暖化気候実験を行う上で、非常に重要



時間雨量

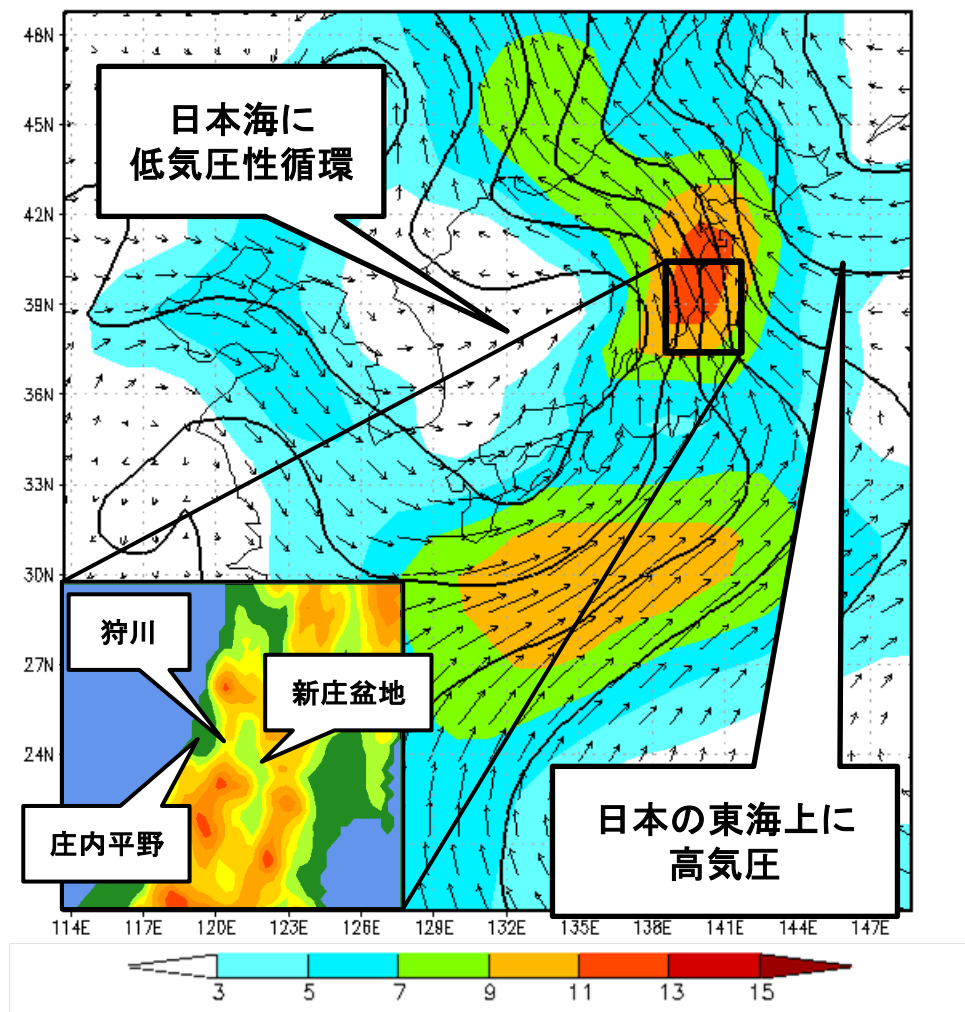
領域：九州(全球モデルは九州を含むグリッドの値。領域5kmモデルは観測点最寄り陸上のグリッドの値)

期間：1979-2003(ただし領域5kmモデルは1980-2000)

(金田 提供)

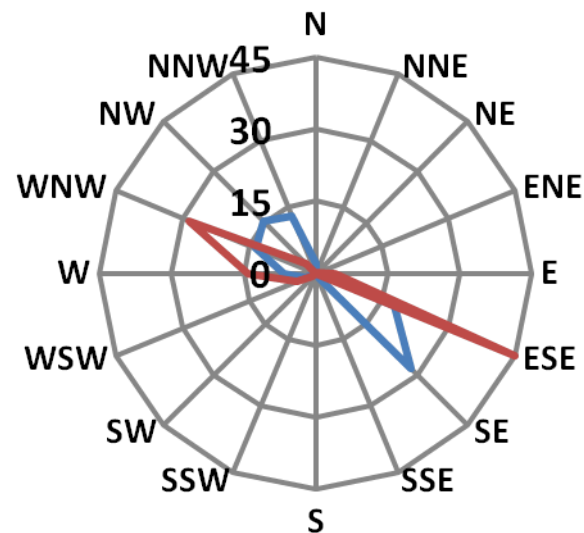
地上気温と降水極値の関係：モデルの再現性

② 5kmNHMによる局地気候の再現性チェック(だし風)



図a: 狩川で日最大風速 12m/s 以上の日を平均した地上気圧(等地線2hPa毎)、地上風速(色)、風向き(矢印)。JRA25 の再解析データを用いて作成。左下の地図は、狩川付近の地形を示す。

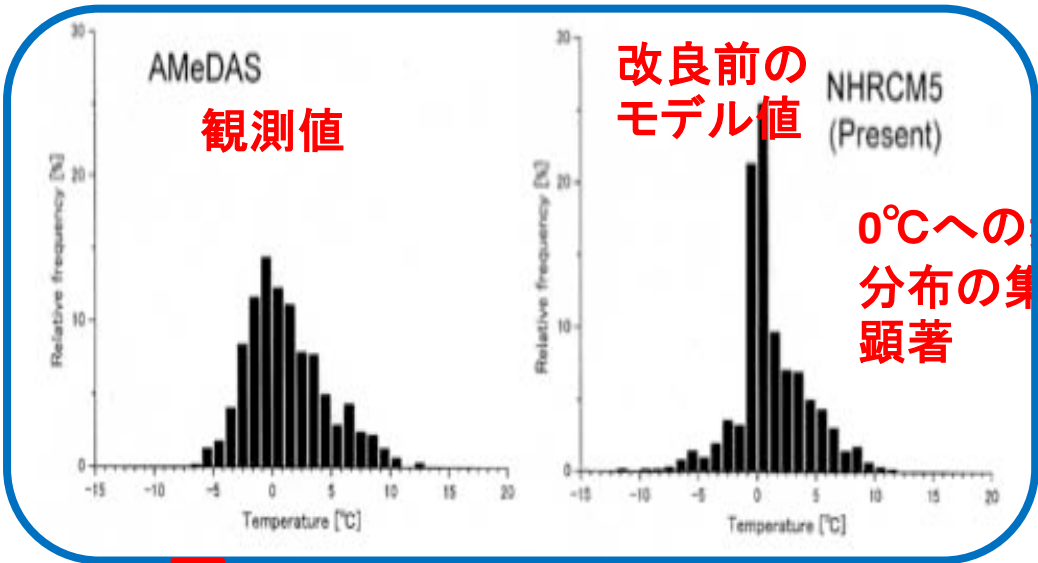
清川だし



図b: 狩川における、6月の日最高風速の風配図。

(花房 提供)

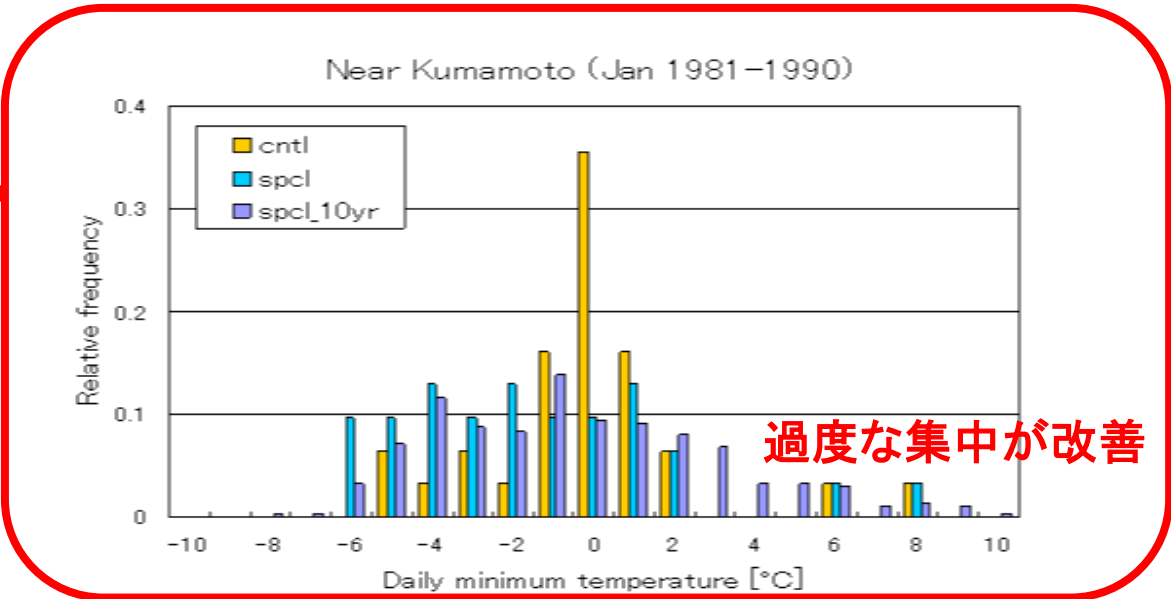
③ 5kmNHRCMの改良 (陸面モデルへの不凍水スキーム導入)



0℃への頻度
分布の集中が
顕著

図1 最低気温0℃への過度な頻度分布の集中.
5km-NHRCMの現在気候20年再現実験で熊本に相当するモデル格子での1月の頻度分布(右)とアメダス観測(左)

スキーム
改良



過度な集中が改善

(大泉 提供)

図3 熊本付近における1981年1月のNHRCMによる最低気温の規格化頻度分布. cntlはコントロール、spclは不凍水スキームの結果. spcl_10yrは積分を1980年7月から10年行なった実験の1月平均分布.

④ 5kmNHRCMモデル実験の仕様と領域

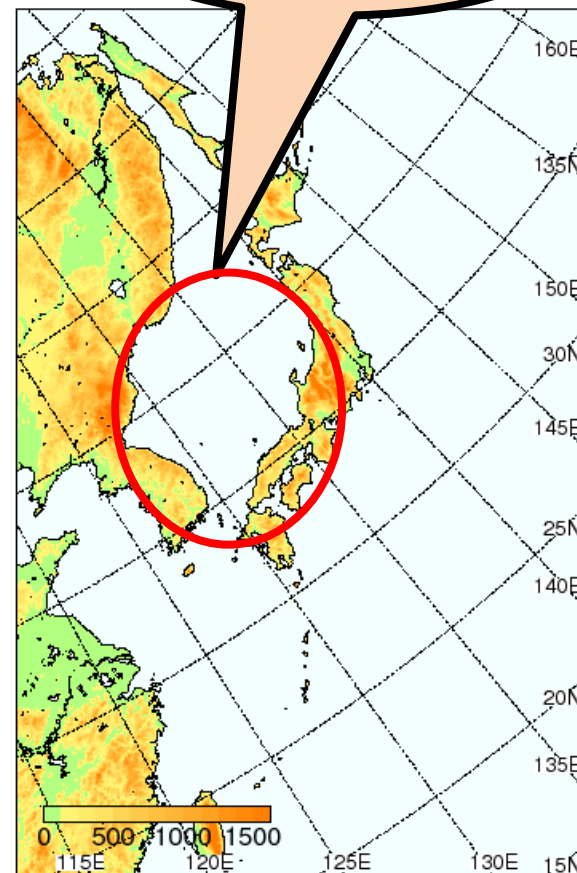
仕様:

水平格子間隔	5 km
格子点数	527 × 804 × 50
方程式系	完全圧縮系（フラックス形式）
放射過程	短波：2方向近似（ δ -エディントン法） 長波：k-分布法及びテーブル参照法
雲物理過程	バルク法（雲水、雨水、雲氷、雪、霰）
積雲対流スキーム	海陸の雲底高度の違い及び島の面積を考慮したKain-Fritsch
親モデルの情報取り込	境界緩和及びスペクトルナッジング
乱流スキーム	Improved Mellor-Yamada (MYNN) Level 3
陸面モデル	Simple Biosphere (SiB)

実験:

- AGCM20にネスティングし、通年積分。
- RCP4.5W、RCP8.5W シナリオで実験。
- 1年ごとのタイムスライス実験。

冬の日本海の吹送距離を考慮して決定



計算領域:

(村田 提供)

② 側面境界の20kmAGCMのパフォーマンスチェック

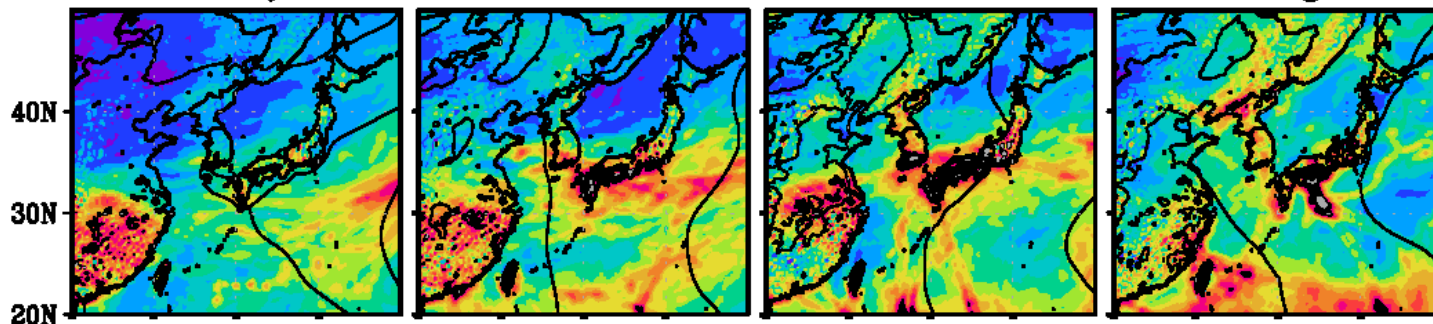
SPA_m01: Monthly Prep.(mm/day)(precipi*3600*24):1979-1983

May

Jun

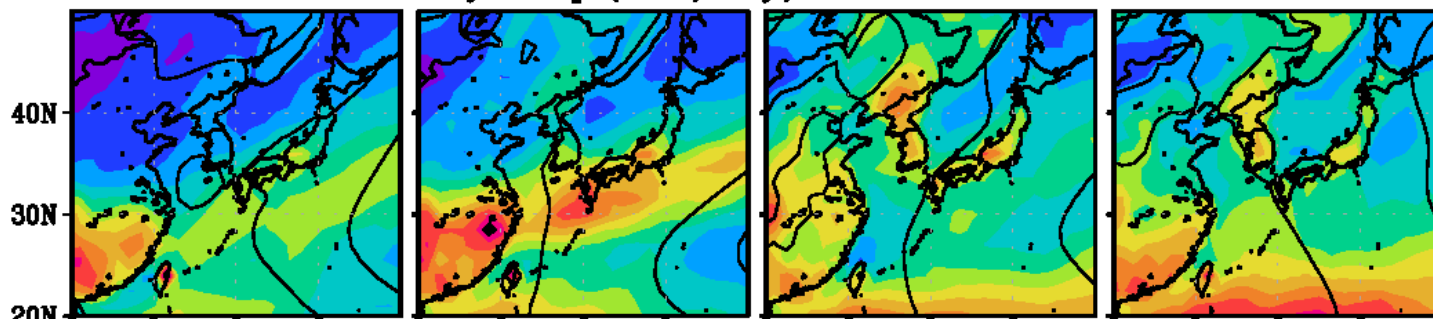
Jul

Aug

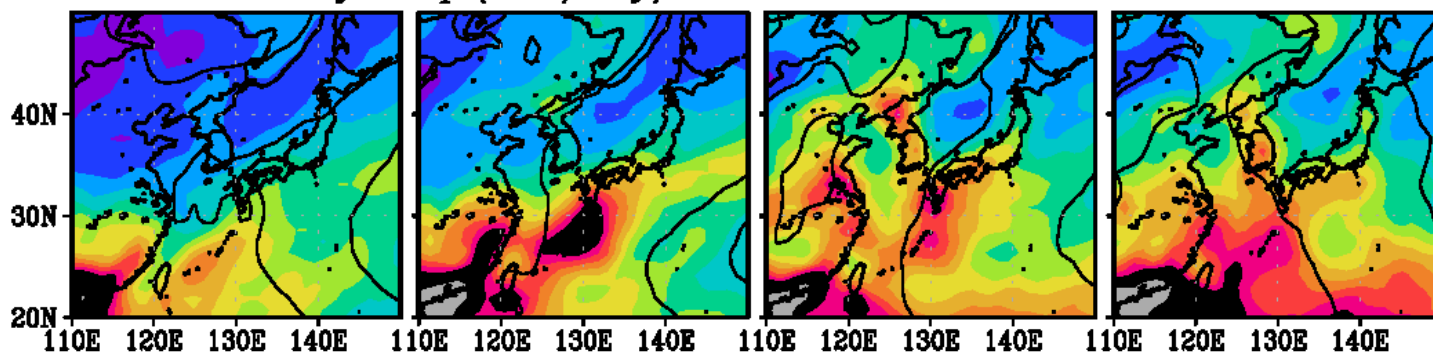


本課題で計算された
20kmAGCM
モデル結果

ERA-interim: Monthly Prep.(mm/day):1979-2003



JRA25: Monthly Prep.(mm/day):1979-2003



再解析結果
ERA-Interim
JRA-25

月平均降水量
(mm/day)
&
SLP



(金田 提供)

■ 積雲スキームと海面水温(SST)を変えたアンサンブル実験

(CMIP3の革新プログラムで整備された60kmAGCMのアンサンブル実験結果)

● 現在: 1979~2003年、25年

S S T \ 積雲	YSスキーム	ASスキーム	KFスキーム
観測	HP_YS	HP_AS	HP_KF

● 21世紀末: 2075~2099年、25年 A1B排出シナリオ

Δ S S T \ 積雲	YSスキーム	ASスキーム	KFスキーム
CMIP 3 マルチ モデル平均	HF_YS	HF_AS	HF_KF
クラスター1	HF_YSc1	HF_ASc1	HF_KFc1
クラスター2	HF_YSc2	HF_ASc2	HF_KFc2
クラスター3	HF_YSc3	HF_ASc3	HF_KFc3

YS: Yoshimura (Yukimoto et al. 2011)

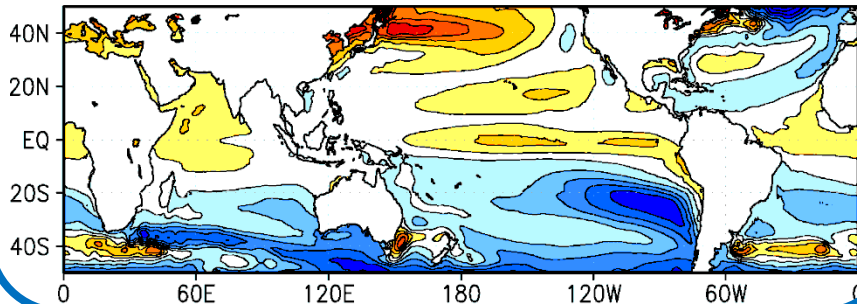
AS: Arakawa and Schubert (1974); Randall and Pan (1993)

KF (Kain and Fritsch 1990, 1993)

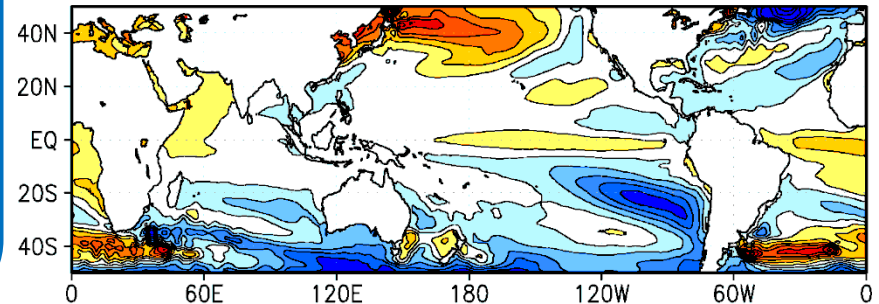
■ 年平均海面水温の変化 (将来 – 現在)

参加全モデルの平均値

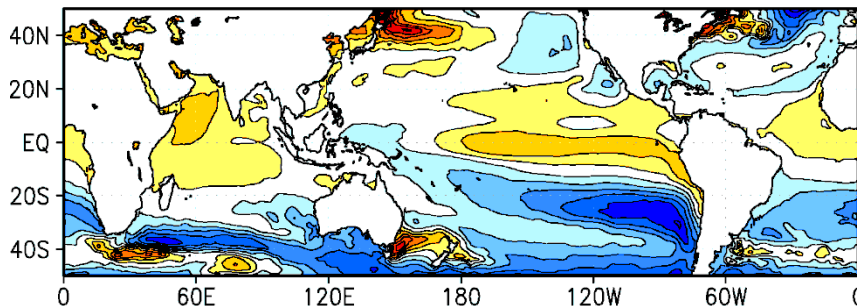
(a) CMIP3 MME SST



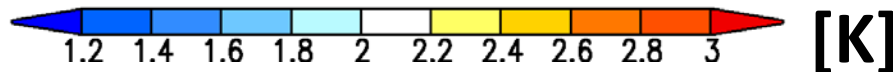
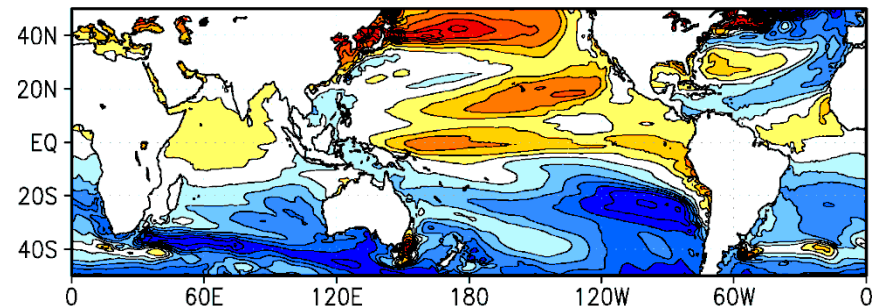
(b) Cluster1 SST



(c) Cluster2 SST



(d) Cluster3 SST



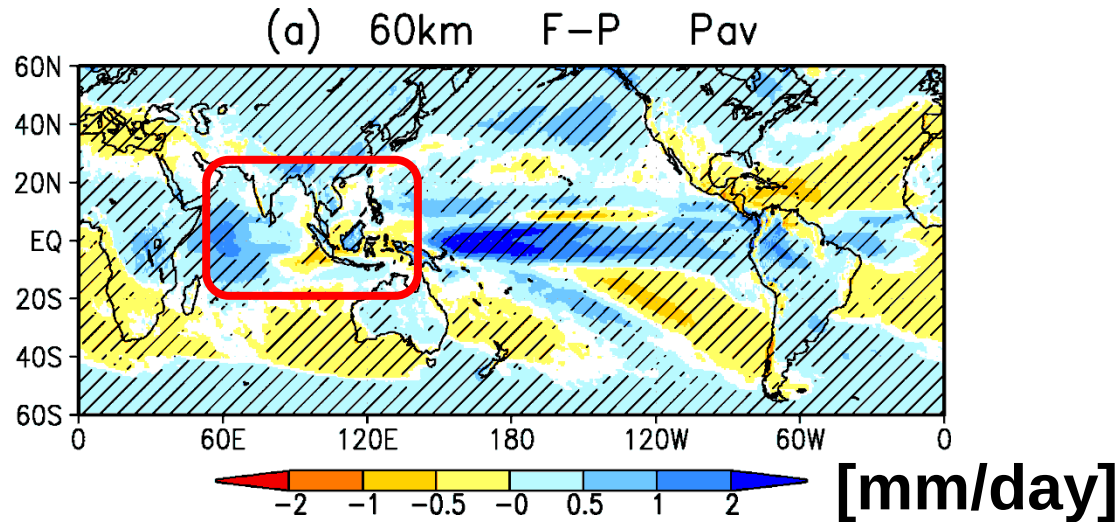
- CMIP3の各モデルにおける Δ SST(熱帯平均からのずれ)をクラスター解析し、3通りの昇温パターンを作成した。
- いずれも、熱帯平均 Δ SSTは同じになるようにした。

(Endo, 2012)

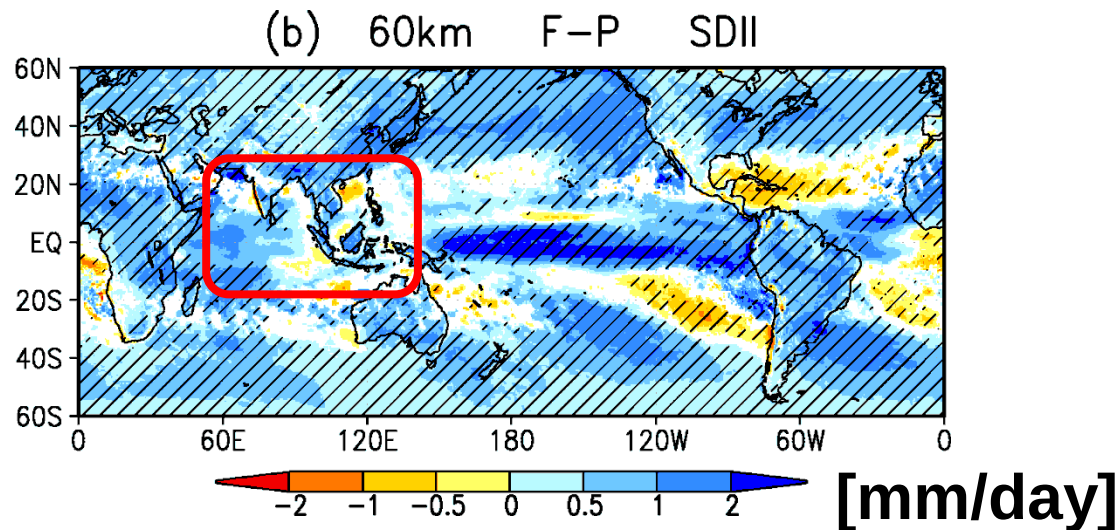
■ 降水の変化

陰影: 変化量(有意水準5%以下のみ)
ハッチ: 10メンバー以上で同じ符号変化

年降水量
(Pav)



降水強度
(SDII)



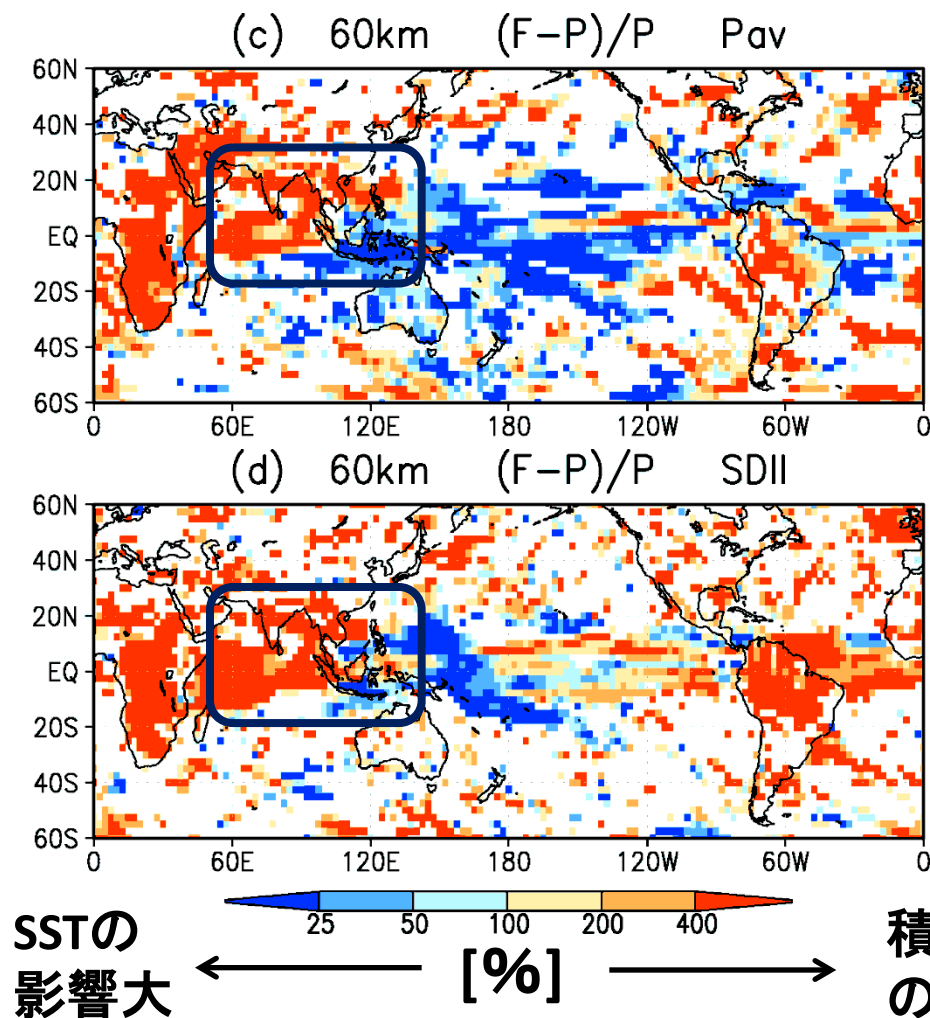
南アジア・東南アジア(赤枠内)で
降水変化予測の不確実性が大きい

Var_積雲

Var_SST

年降水量
(Pav)

降水強度
(SDII)



有意水準1%
以下のみ陰影

- 南・東南アジア陸上域での降水変動の不確定要因は

積雲スキーム > Δ SST分布

20

■ 本課題におけるアンサンブル実験計画(前半)

■ 確率予測情報創出のためのアンサンブル実験

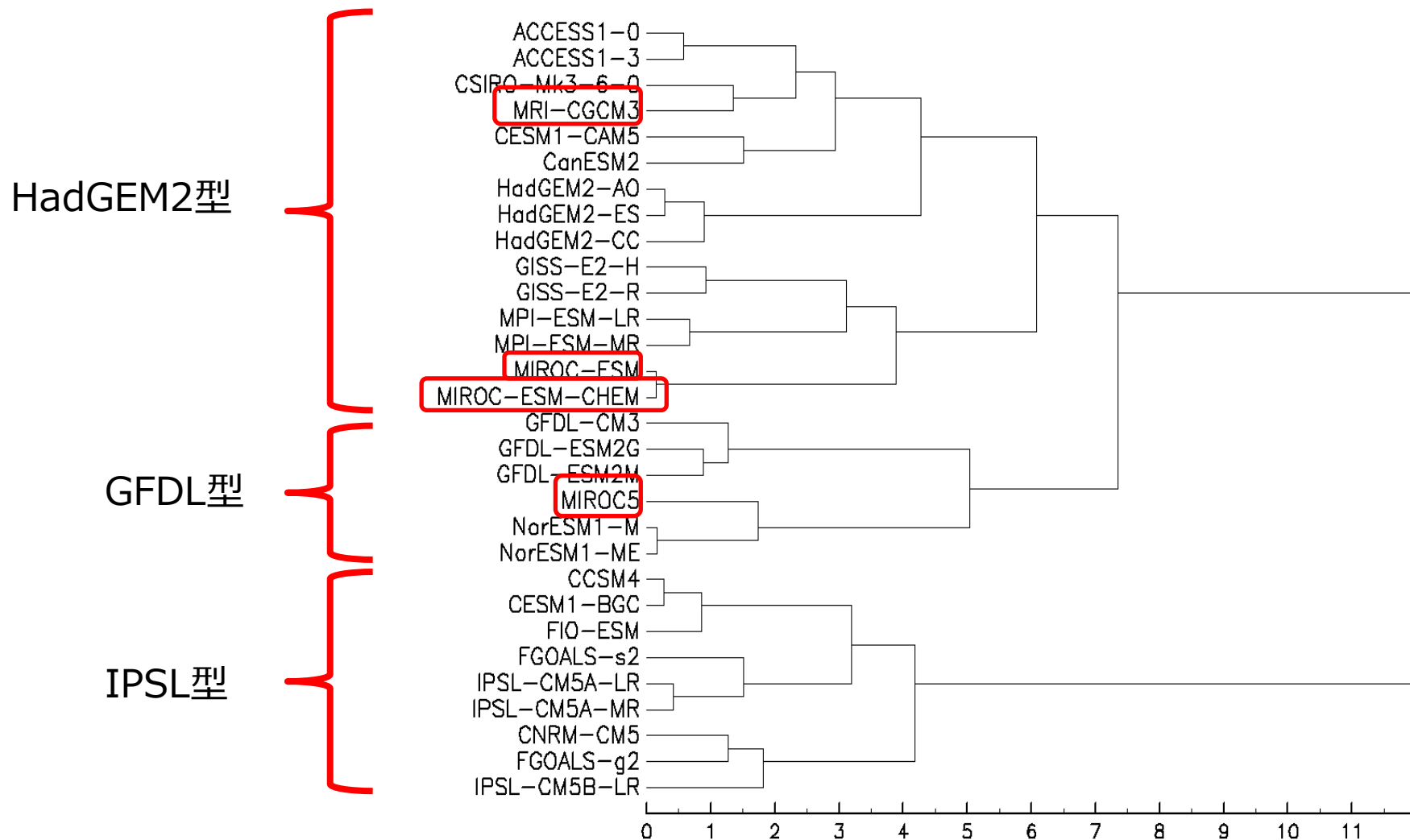
- 台風・梅雨前線などの現象を最低限再現する60km 全球大気モデルで行う
- アンサンブル実験の追加
 - 初期値_アンサンブル
 - 物理スキーム_アンサンブル
 - 将来SST変化_アンサンブル

■ RCMによるアンサンブルネスティング実験も計画中

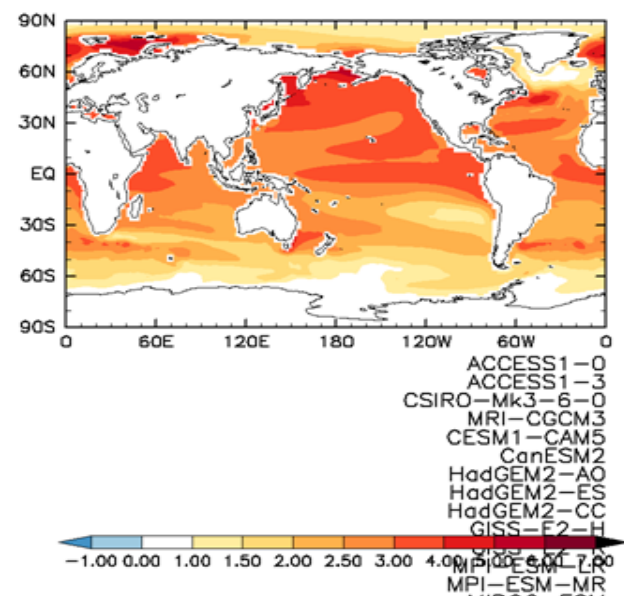
- 出力はデータを利用するテーマD等と調整中

■ CMIP5参加モデルにおけるSSTのクラスター解析

(水田 提供)

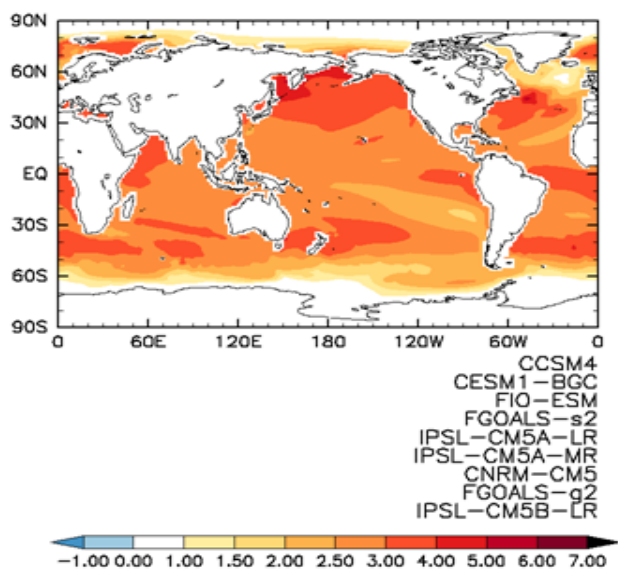


3つの将来海面水温変化パターン (クラスタ解析)



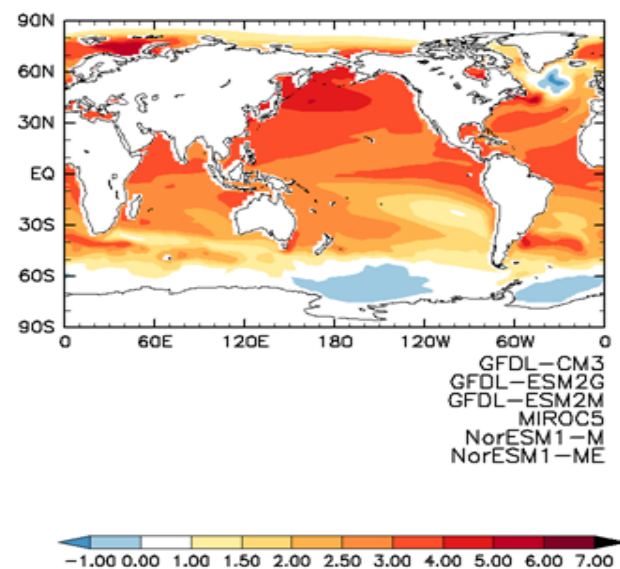
HadGEM2型

亜熱帯
北東太平洋で
昇温が大きい。



IPSL型

熱帯全体が
比較的一様に
昇温。



GFDL型

北インド洋・
北西太平洋で
昇温が大きい。

(水田 提供)

(ii) H24年度進捗のまとめ

- 20kmAGCMは、RCPシナリオで計算実施する。
 - SSTデータの収集と整備を行った。
 - 現在再現実験からスタートしている。
- 5kmNHRCMは、スキームの改良を行い実験スタートに向け準備中である。
 - 陸面スキームの改良とその効果確認
- 60kmAGCMによるアンサンブル実験実施に向けた準備も進んだ。
 - CMIP5実験のSSTクラスター解析の実施
- 後期(3年度目以降)を見据えた、AOGCMの構築、2kmNHRCMの構築に向けた研究も進めている。
 - 海洋結合実験の効果確認
 - 層積雲スキームの改良とその効果確認