

## 所内課題

# 全球非静力学モデルを用いた 高解像度計算による 気象擾乱の発生・発達メカニズムと その予測可能性に関する研究

海洋研究開発機構 シームレス環境予測研究分野

那須野 智江

H27年度 地球シミュレータ利用報告会

2016年3月11日 コクヨホール

海洋研究開発機構 第3期中期計画（抜粋）

(2) 海洋・地球環境変動研究開発

③ 観測研究に基づく地球環境変動予測の高度化と応用

**長期的な推移**を見せる地球温暖化を背景として、大気海洋系独自の  
変動としての猛暑や暖冬、さらには都市規模での豪雨や竜巻等、  
**短期・局所的に起こる極端現象**の発生頻度の増加が指摘されてい  
る。このような現象に対して、社会に適切なタイミングで情報が届く  
**実用的な予測**を行うことができれば、その意義は極めて大きい。そ  
のため、**シームレスな環境予測システム**の構築に向け、**全球雲解  
像モデル(NICAM)**を高度化して数値計算を行い、**洋上観測データ  
等を活用した検証**を通じて、予測の信頼性を向上させる。



## Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (NICAM)

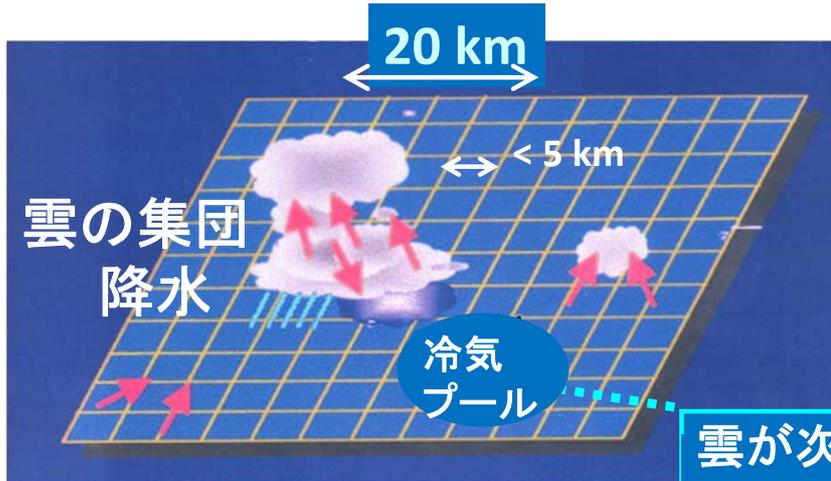
非静力学正二十面体大気モデル  Satoh et al. (2014, PSPSI)

地球上のメソスケール対流システム関連過程を直接計算

- 完全非圧縮非静力学方程式系 (質量・エネルギー保存)
  - Satoh (2002, 2003)
- 正二十面体格子
  - Tomita (2001, 2002)
- 湿潤過程を陽に計算
- 3.5 – 14 km horizontal mesh → 1.7km, 880m Miyamoto et al (2013)

雲・降水に関するプロセスを計算  
数 km 格子サイズで全球を覆う  
→ シームレスな全球予測が可能

戦略プログラム分野3



- 1999年～開発
- ESを用いた研究実績 (論文~70件、受賞2件)
- 物理過程の改善 (創生プロジェクト)

雲が次々に発生するきっかけを作る

## H27年度成果概要:

### 1. NICAMを用いた準リアルタイム予測システムの構築

- 夏季アジア域の季節内予測計算 (試験運用)
- 集中観測Pre-YMC予測計算 (実運用)

[http://www.jamstec.go.jp/ymc/jpn/campaigns\\_files/nicam/nicam\\_j.html](http://www.jamstec.go.jp/ymc/jpn/campaigns_files/nicam/nicam_j.html)

\* Pre-YMCの予測計算の実施にあたってはジョブのスケジューリング等において多大なご協力を頂きました。謝意を表します。

### 2. MJOのメカニズム (海面水温の影響) 理解

- 集中観測CINDY2011アンサンブル再現計算解析

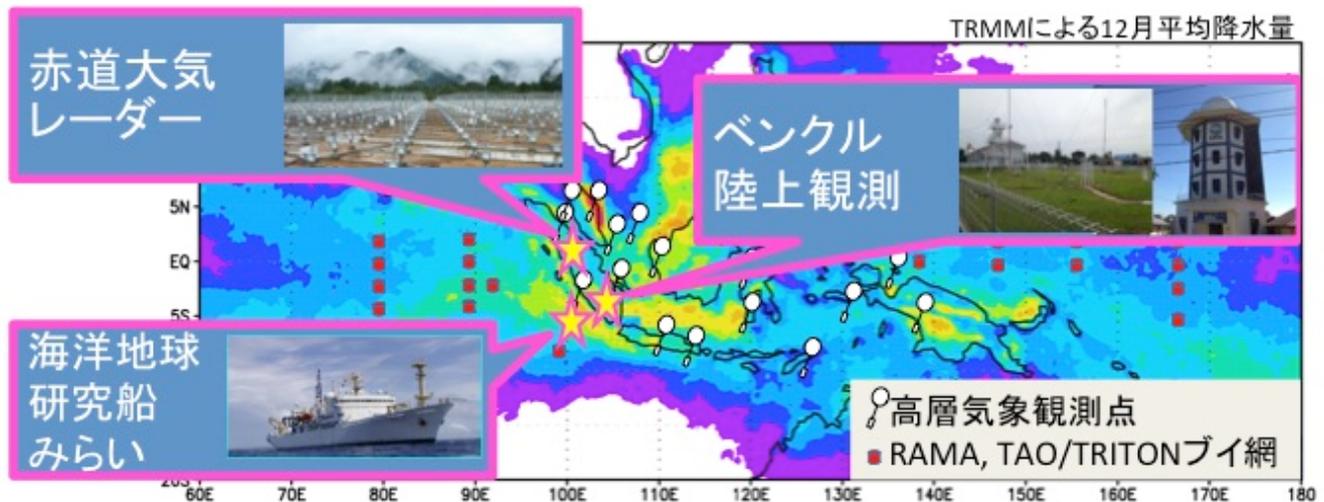
Miura, H., T. Suematsu, and T. Nasuno, 2015: An ensemble hindcast of the Madden-Julian oscillation during the CINDY2011/DYNAMO field campaign and influence of seasonal variation of sea surface temperature. J. Meteor. Soc. Japan, 93A, 115-137.

# JAMSTEC 熱帯集中観測プロジェクト (Pre-YMC)

大気海洋相互作用分野 [http://www.jamstec.go.jp/ymc/jpn/pre\\_ymc\\_2015\\_j.html](http://www.jamstec.go.jp/ymc/jpn/pre_ymc_2015_j.html)

2015年11-12月

観測内容: みらい Cバンド二重偏波ドップラーレーダー, 高層ゾンデ, CTD, 等.  
 ベンクル Xバンド二重偏波ドップラーレーダー, 高層ゾンデ, 地上気象, 等.  
 コタバシ 赤道大気レーダー, 水蒸気+オゾンゾンデ



## 海洋大陸域 (観測希少・気候モデルの課題多い)

- 世界有数の対流活発域。
- 日周期が卓越。複雑な島嶼、急峻な地形、局所メカニズム → 高解像度化有効
- 活発な大気海洋相互作用  
(エルニーニョ、インドダイポール現象等の影響大)
- 季節内振動/MJOの振る舞いに大きな影響。  
→ 気象予測・気候変動においても重要な地域。

<http://www.jamstec.go.jp/ymc/>

“ YMC ”

Years of the Maritime Continent

2017 - 2019

Observing the weather-climate system of Earth's largest archipelago to improve understanding and prediction of its local variability and global impact

**目的:** 観測と数値実験を通して、海大陸域の気象・気候システムのマルチスケールな現象の理解と予測技術の向上を図り、全球に与える影響についても理解を得る。

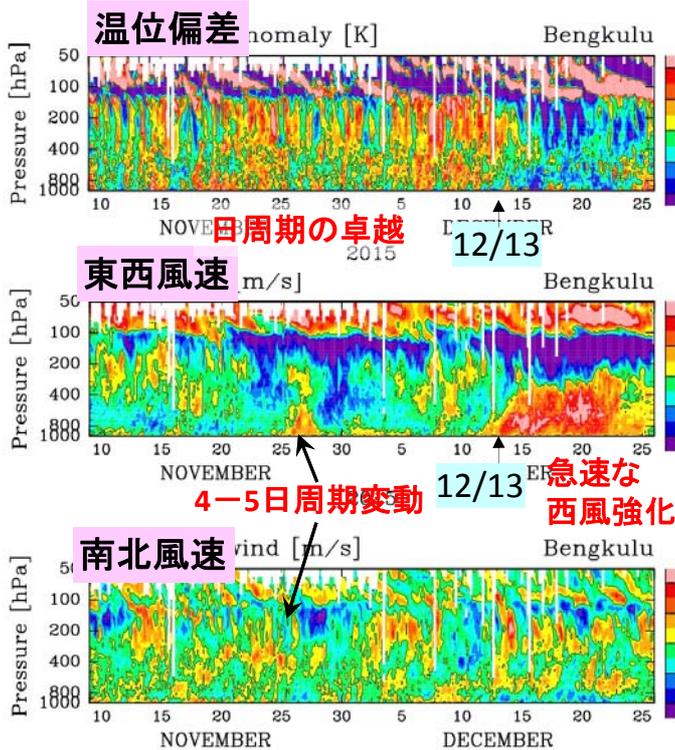
**参加予定国:** 日本、米国、インドネシア、シンガポール、マレーシア、フィリピン、英国、オーストラリア他多数

## Pre-YMC 予測計算

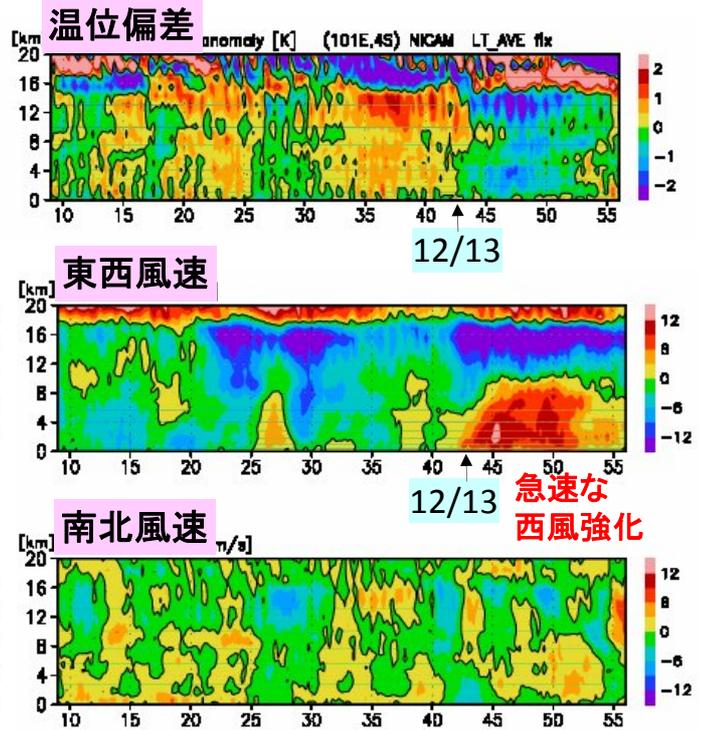
- 水平格子間隔: 7 km (7-days), 14 km (30-days)
- 鉛直層数: 40層 (0 m ~ 38,000 m) 18時頃 初期値データを取得  
計算: 4-6時間/job
- 雲物理過程: NSW6 (Tomita 2008) ポスト処理: 2-3時間
- 対流パラメタリゼーション: off 午後 予測結果の配信  
週1回 テレビ会議
- 乱流過程: MYNN level 2 (Nakanishi and Niino 2004; Noda et al. 2010)
- 放射過程: MSTRN X (Sekiguchi and Nakajima 2008)
- 陸面過程: MATSIRO (1.0deg x 1.0deg)
- 初期値データ(大気・海洋・陸面): NCEP final analysis
- 海面水温設定: 2~3メンバーアンサンブル
  1. 気候値(時間変化) + 初期値偏差
  2. スラブ海洋モデル(時定数: 7日 or 1時間)

# Pre-YMC 予測計算 (2015/11-12月)

## ゾンデ観測 陸上拠点(ベンクル)



## NICAM予測計算 (7 km格子7case平均)

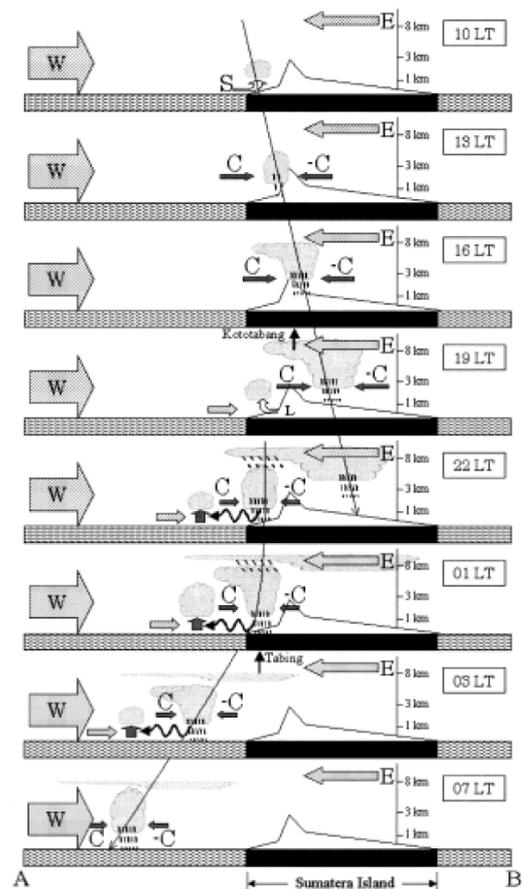
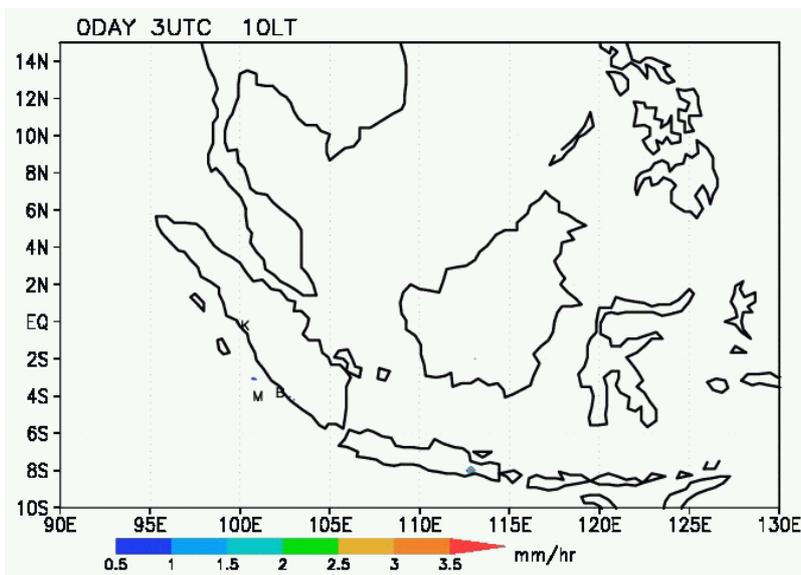


\* 急速な西風の強化は「マッデン・ジュリアン振動」の活発化と関係する

[http://www.jamstec.go.jp/ymc/jpn/pre\\_ymc\\_2015\\_j.html](http://www.jamstec.go.jp/ymc/jpn/pre_ymc_2015_j.html)

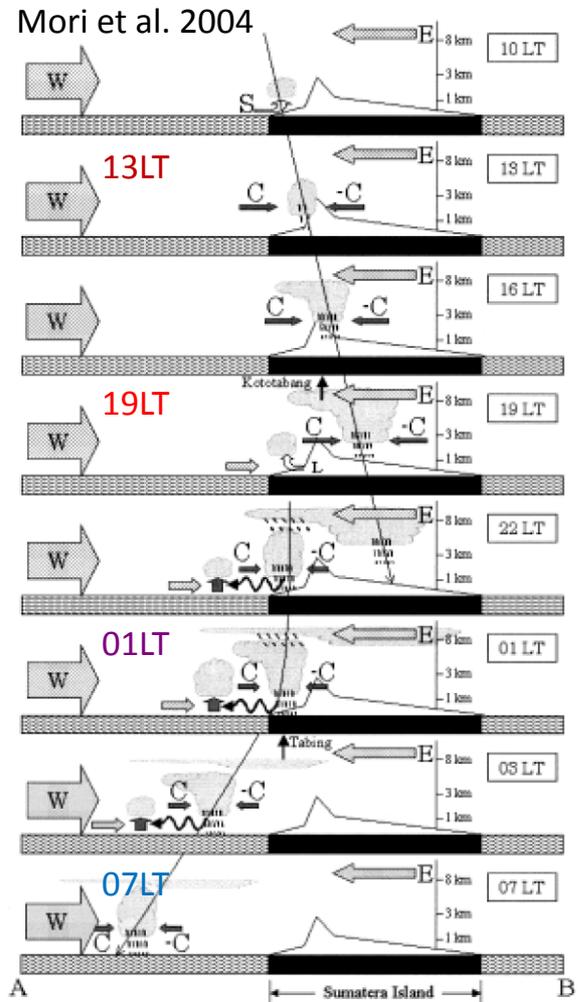
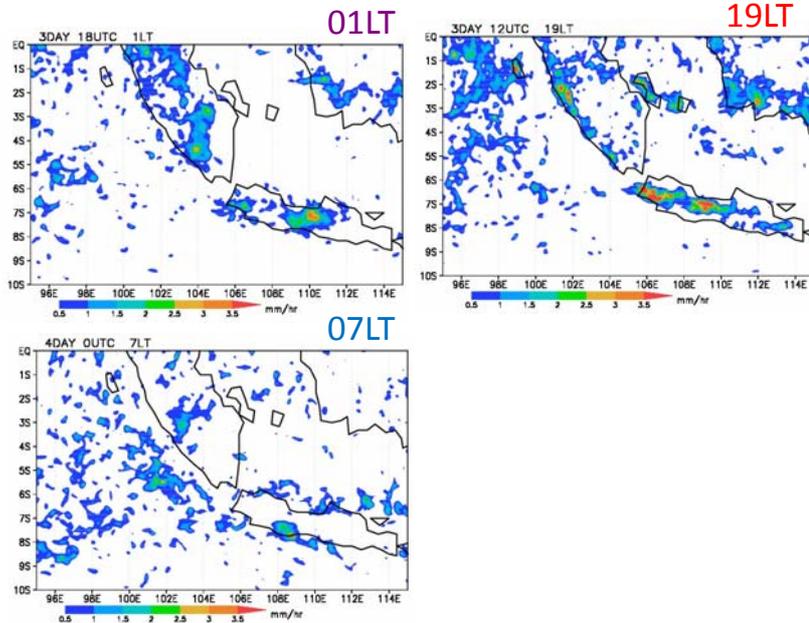
## スマトラ南西岸 7-km格子1週間予測計算 降水日変化 (30ケース合成)

Mori et al. 2004

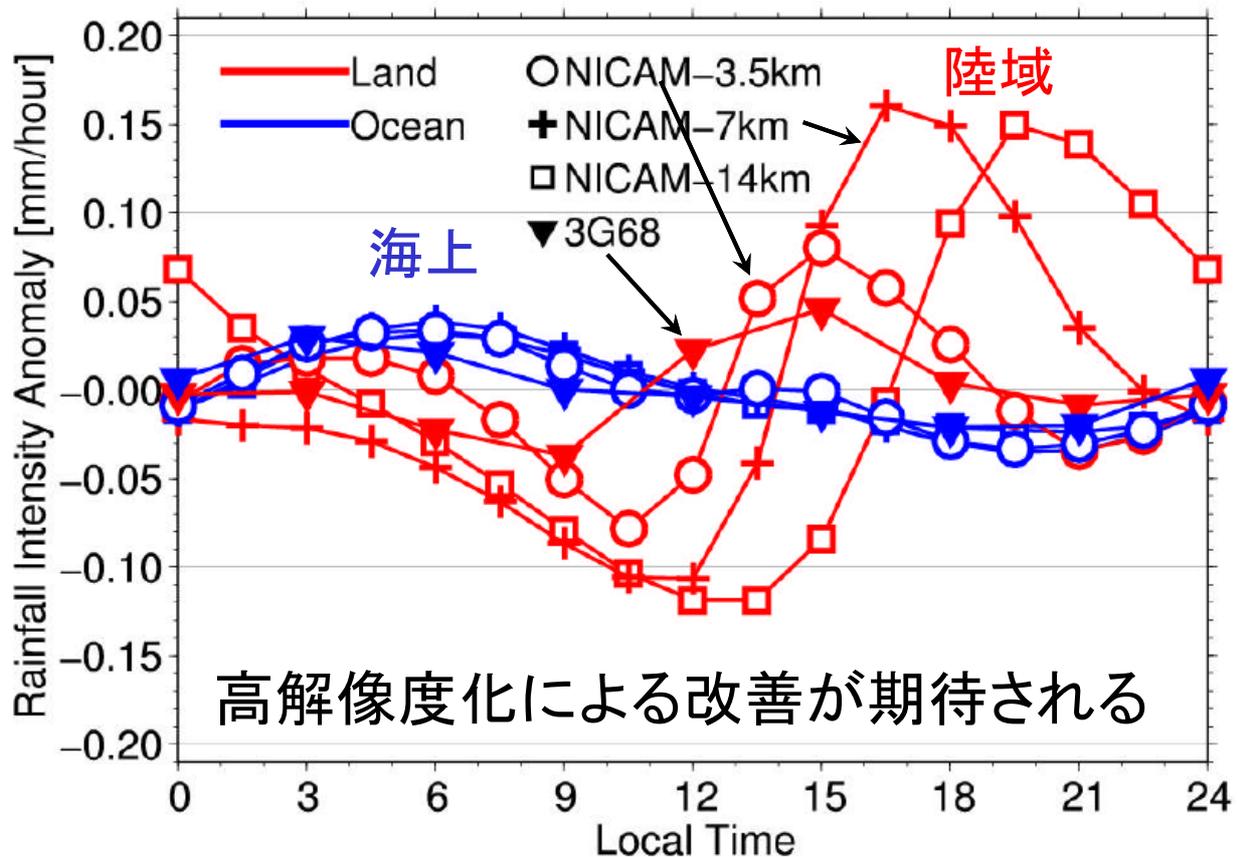


# スマトラ南西岸 7-km格子予測計算 降水日変化 (30ケース合成)

降水の日周期の  
過程はよく再現  
位相が3-6時間  
遅れる



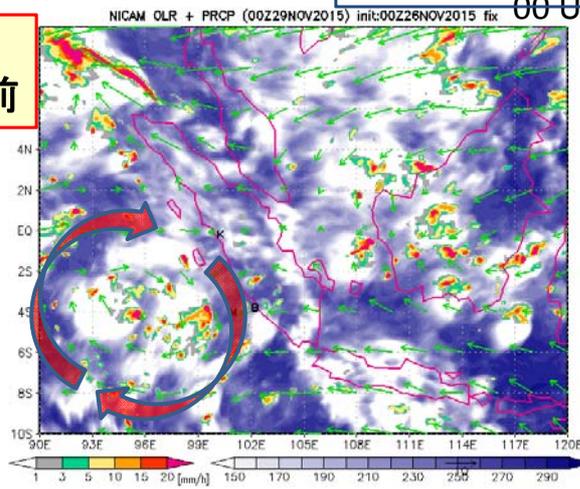
## 降水日周期の検証 Sato et al. 2009



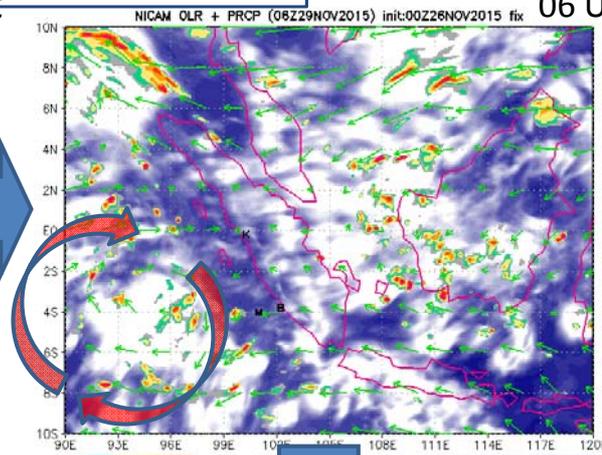
2015年11月29日

# 降水システムの予測例

西風強化前



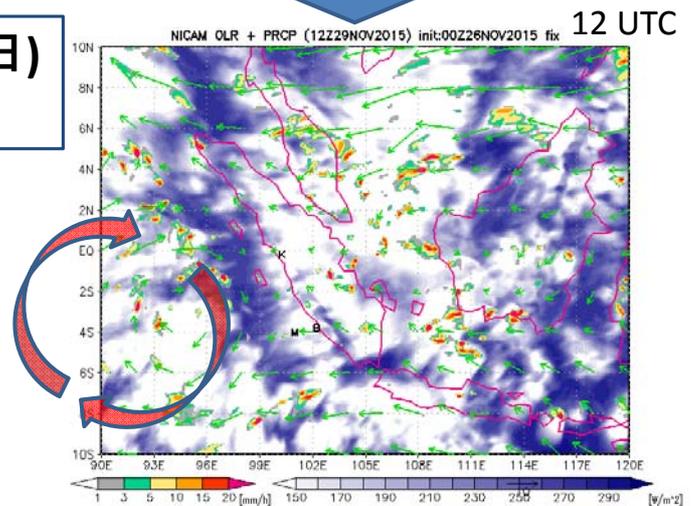
00 UTC



06 UTC

7-km格子予測計算(11/26初期日)  
雲(OLR)、降水、10m 風ベクトル

- ・西進する渦状の対流性擾乱 (風向4-5日周期で反転)
- ・背景風: 東風
- ・日変化明瞭

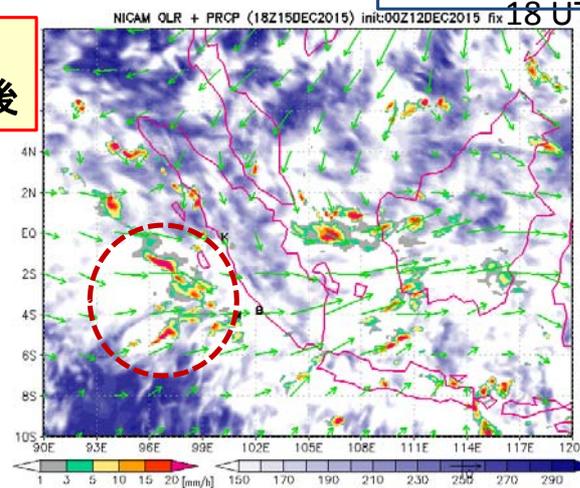


12 UTC

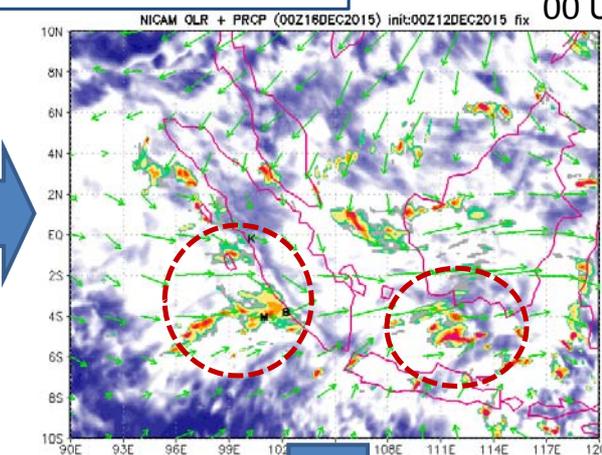
2015年12月15-16日

# 降水システムの予測例

西風強化後



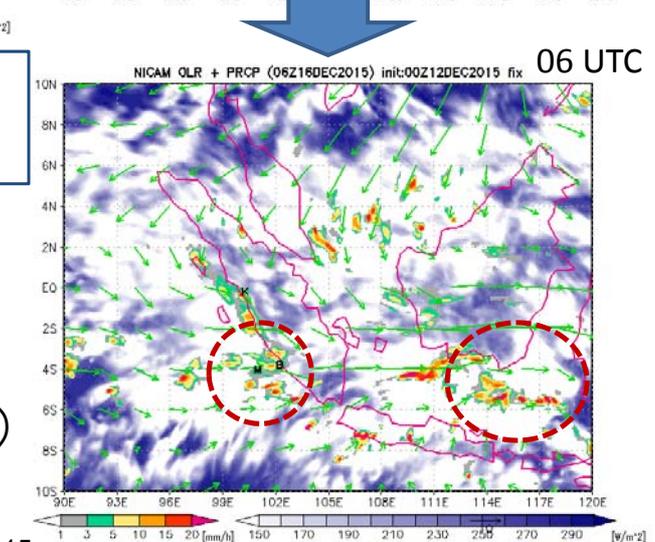
18 UTC



00 UTC

7-km格子予測計算(12/12初期日)  
雲(OLR)、降水、10m 風ベクトル

- ・東進する楔状の対流性擾乱
- ・下層風に平行な線状降水体
- ・背景風: 西風
- ・対流活動強化 (日変化不明確)

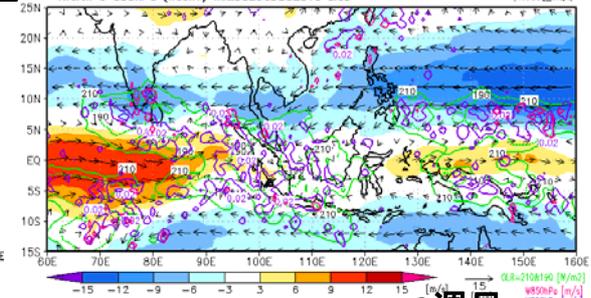
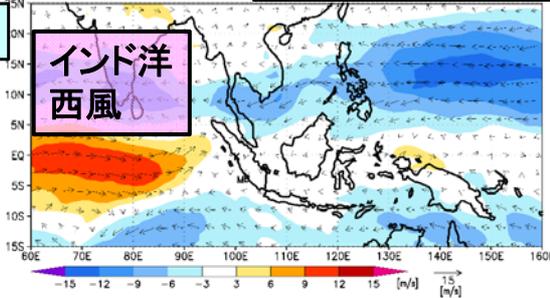


06 UTC

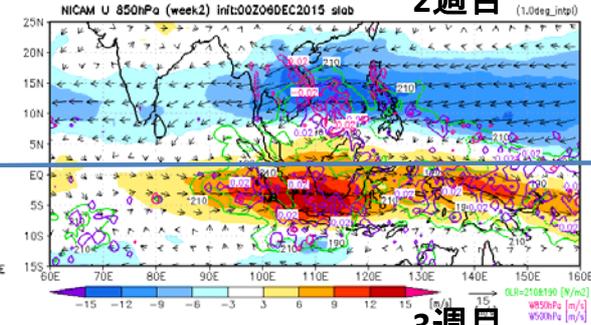
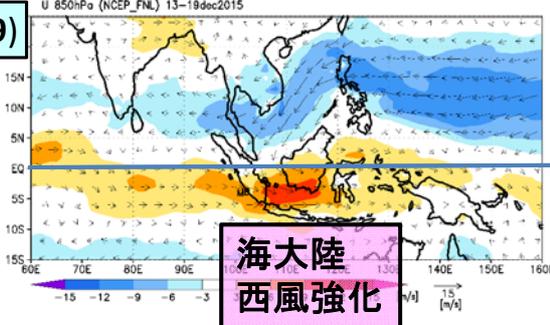
**NCEP解析値 850hPa 東西風速**

**30日予測計算 1週目**

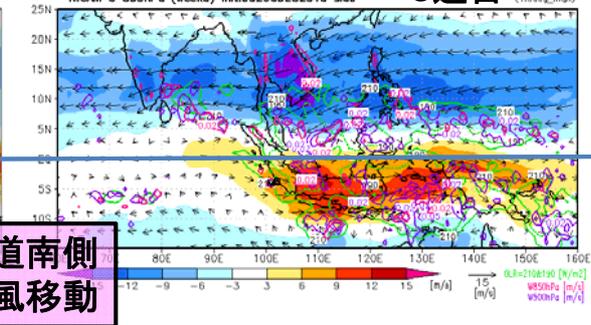
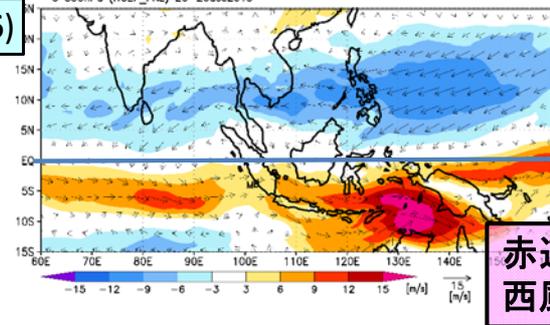
(2015/12/6-12)



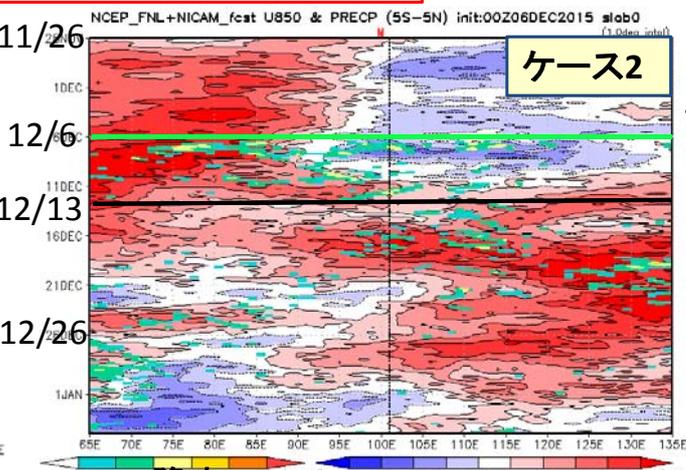
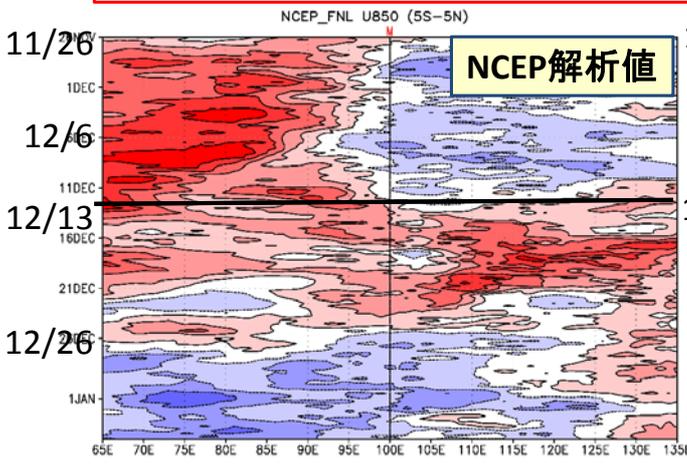
(2015/12/13-19)



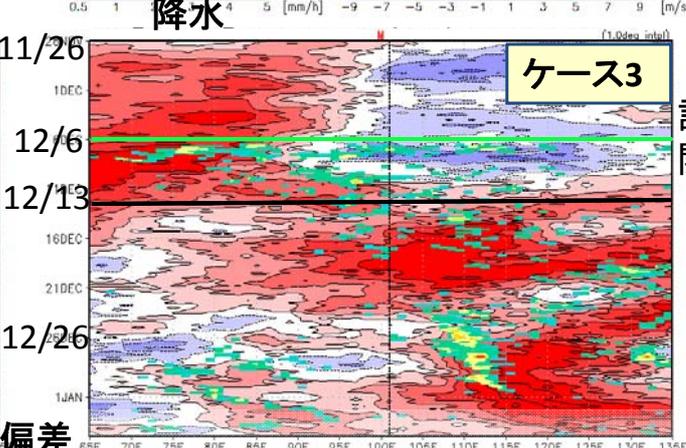
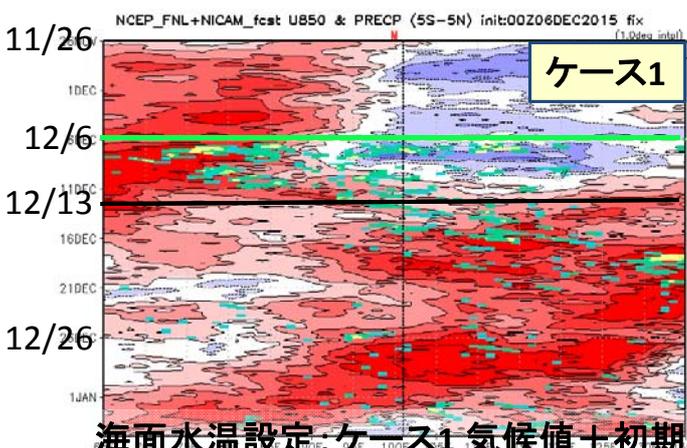
(2015/12/20-26)



**14-km格子1か月予測計算(下層東西風) (5S-5N平均) 初期日:12/6**



計算開始



計算開始

海面水温設定: ケース1 気候値+初期偏差  
ケース2 スラブ海洋モデル(時定数:7日)、ケース3(時定数:1時間)

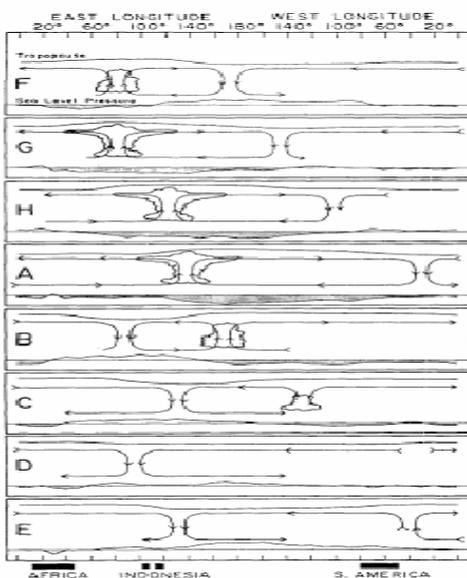
# CINDY2011期間MJO事例 アンサンブル再現計算

## 季節内変動, Madden-Julian振動(MJO)

- 30-60 日周期、東西波数=1-2
- 大規模な対流域を伴う
- 暖水域上をゆっくり(~5 m/s)東進

気象・気候に  
広く影響を及ぼす  
→延長予報の鍵

2006年12月-2007年1月の事例  
Miura et al. (2007)



Madden and Julian (1972)

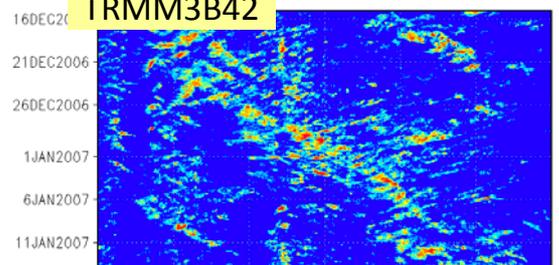
MTSAT-1R



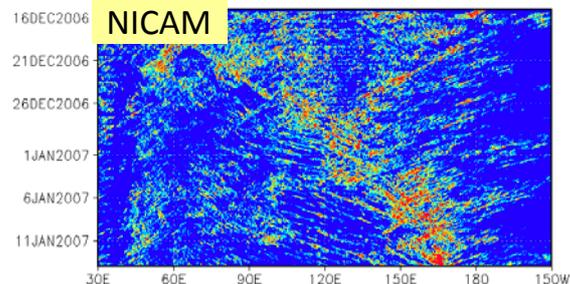
NICAM OLR



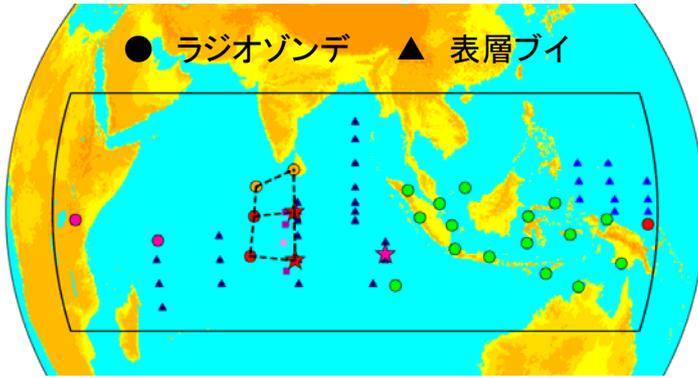
TRMM3B42



NICAM



特にインド洋におけるMJO開始の予測は難しい



Yoneyama et al. (2013, BAMS)

[http://www.jamstec.go.jp/iorgc/cindy/index\\_j.html](http://www.jamstec.go.jp/iorgc/cindy/index_j.html)

観測期間: 2011年10月-2012年1月

参加機関: 69機関

米国、日本(JAMTECほか)、インド、インドネシア、フランス、モルディブ、ケニア、セيشェル、スリランカ、シンガポール等

**NICAM を用いた予報・再現計算の実施**  
10月後半、11月後半に顕著なMJO事例

MJO-1

MJO-2

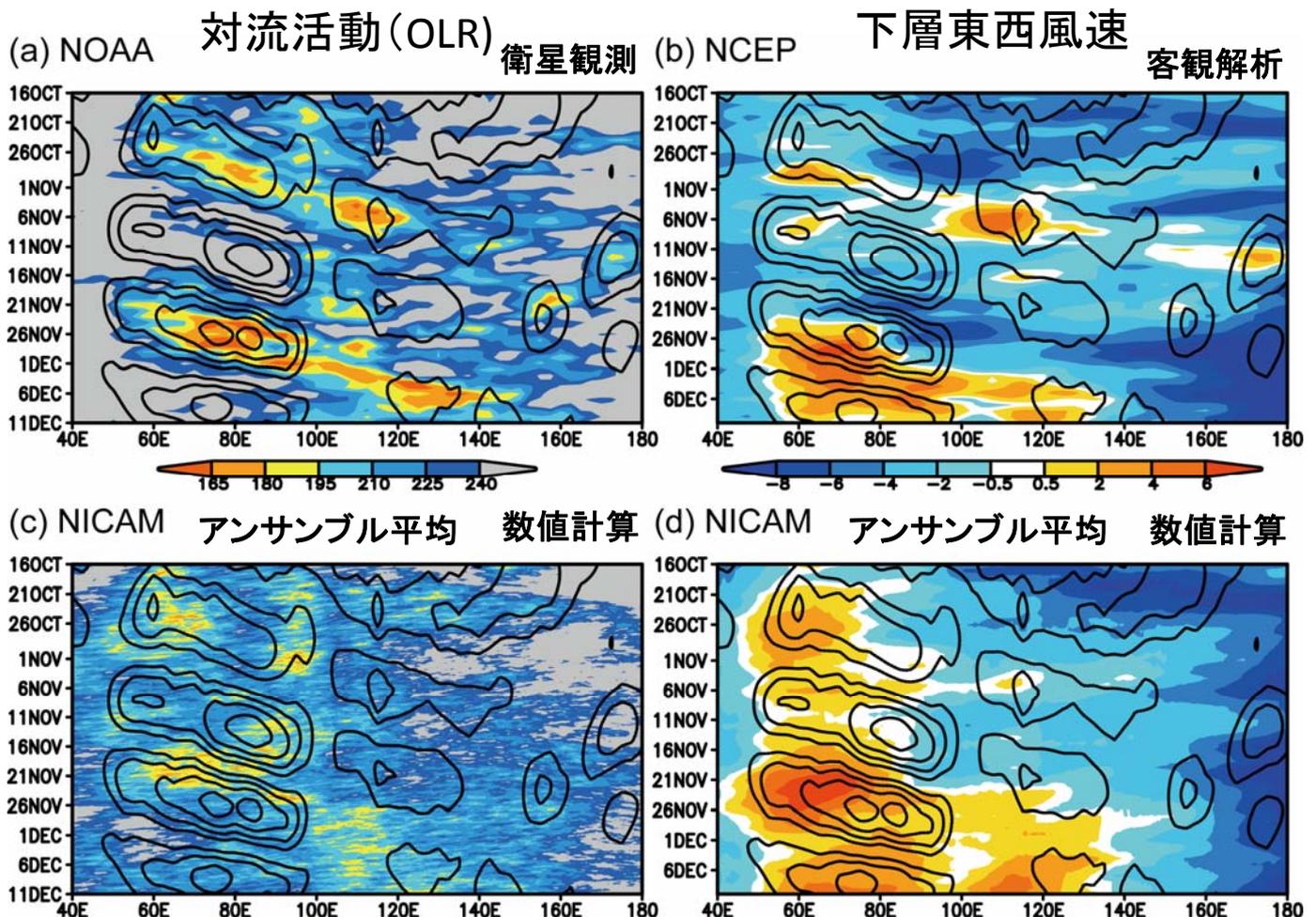
## 集中観測CINDY2011 MJO事例 対象計算

NICAM 7 kmメッシュ / 14 km メッシュ

初期値: NCEP final analysis (1.0deg)

積分期間: 2011/10/16(12,13,14,15) 00UTC - 2か月

SST: 観測値を与える



Miura et al. (2015, JMSJ) Fig. 5

NCEP再解析

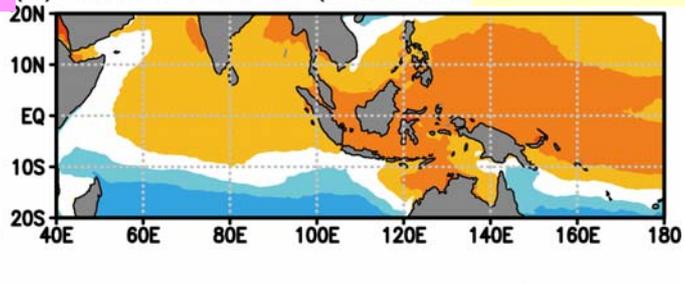
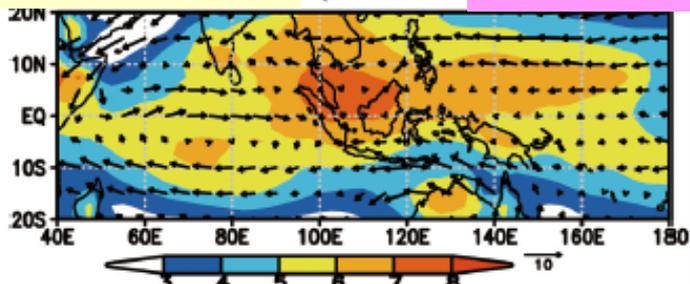
# 気候場の季節進行

NOAA

下層東西風速

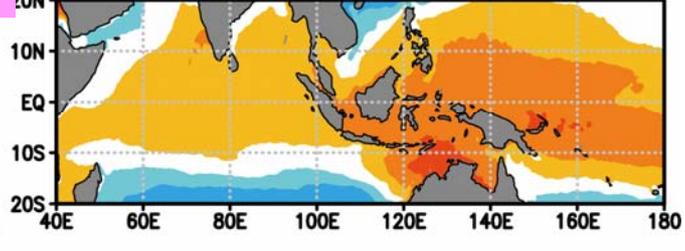
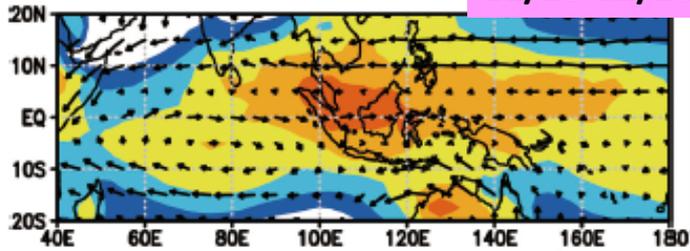
(Climatology) 10/16-11/14 (d) Oct 16–Nov 14 (Climatology)

海面水温



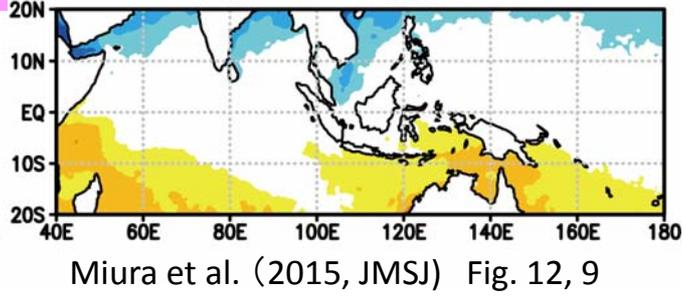
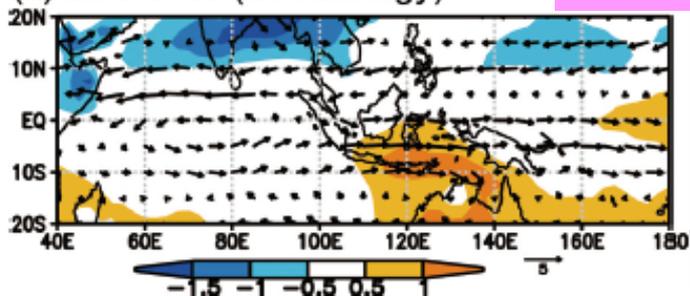
(b) Nov 15–Dec 10 (Climatology) 11/15-12/10

(e) Nov 15–Dec 10 (Climatology)



(c) difference (Climatology) 後-前

(f) difference (Climatology)



Miura et al. (2015, JMSJ) Fig. 12, 9

GPCP

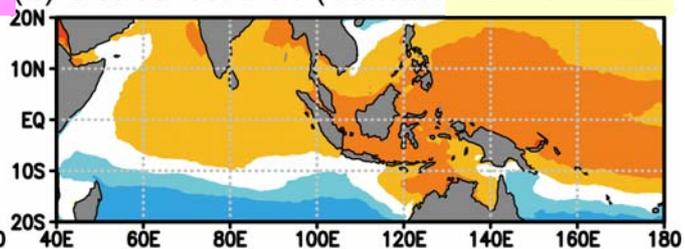
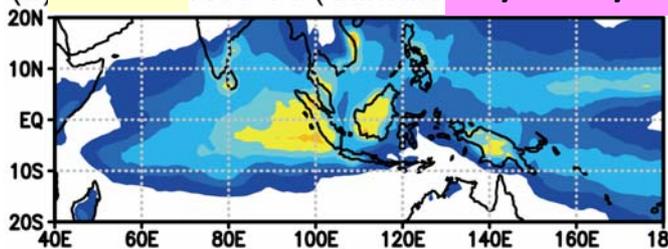
# 気候場の季節進行

NOAA

降水

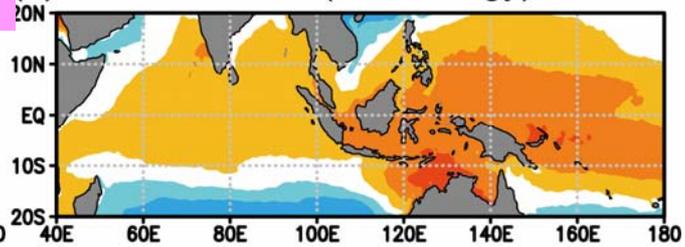
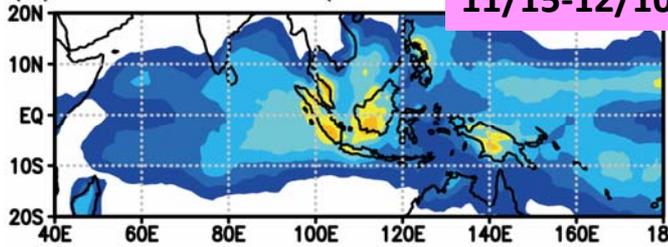
(d) Nov 14 (Climatology) 10/16-11/14 (d) Oct 16–Nov 14 (Climatology)

海面水温



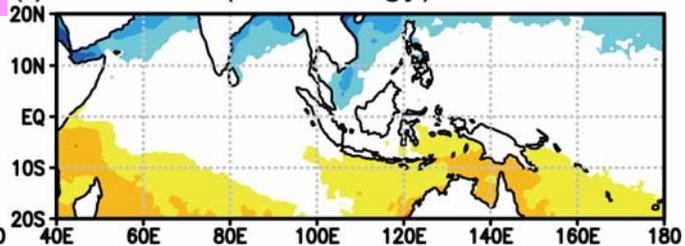
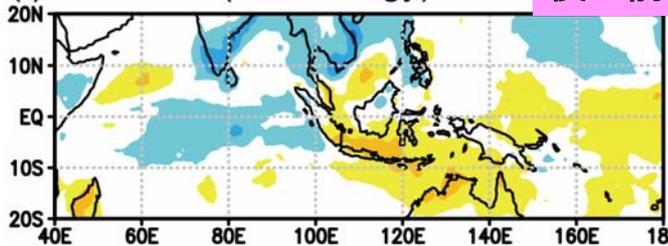
(e) Nov 15–Dec 10 (Climatology) 11/15-12/10

(e) Nov 15–Dec 10 (Climatology)



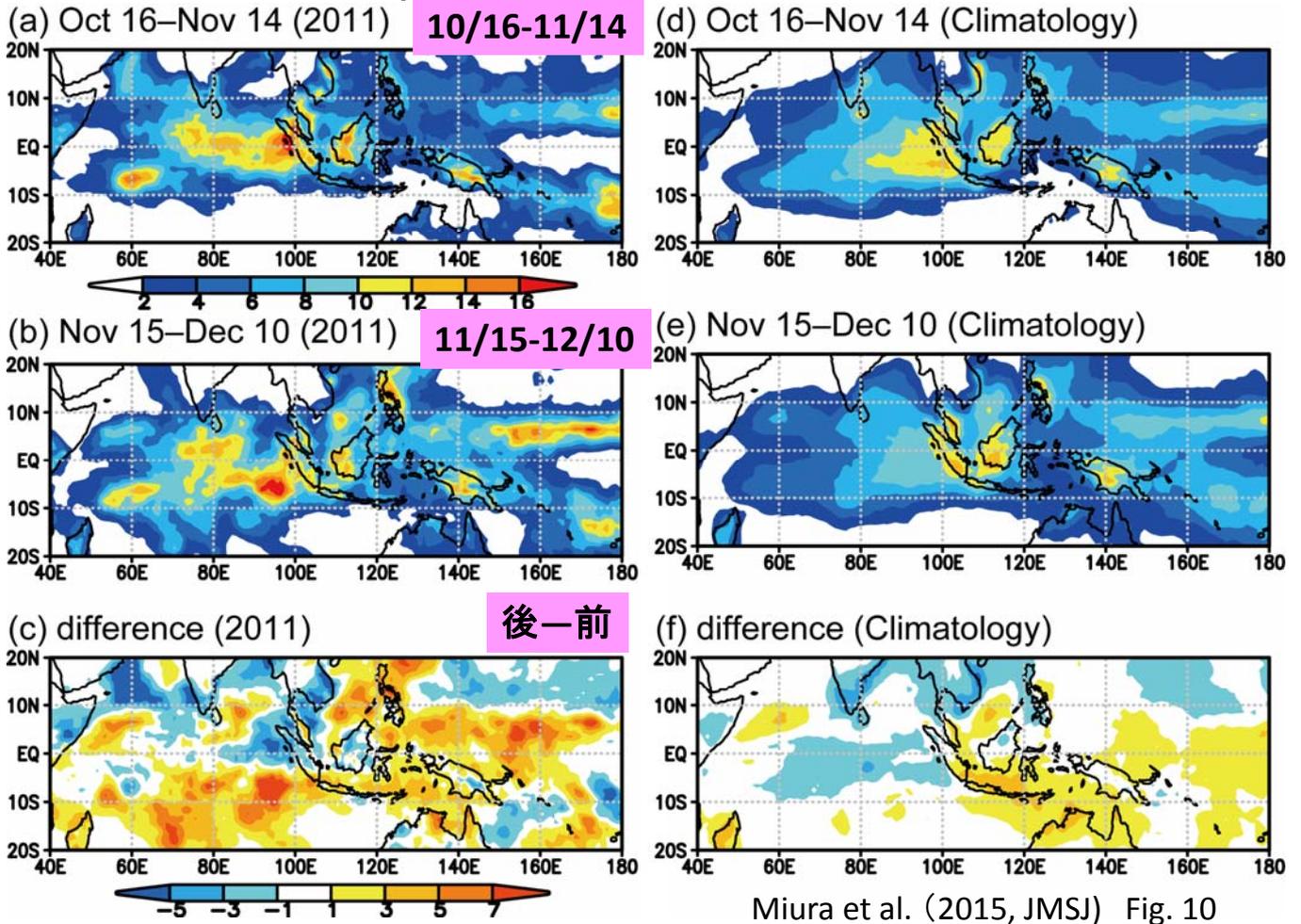
(f) difference (Climatology) 後-前

(f) difference (Climatology)

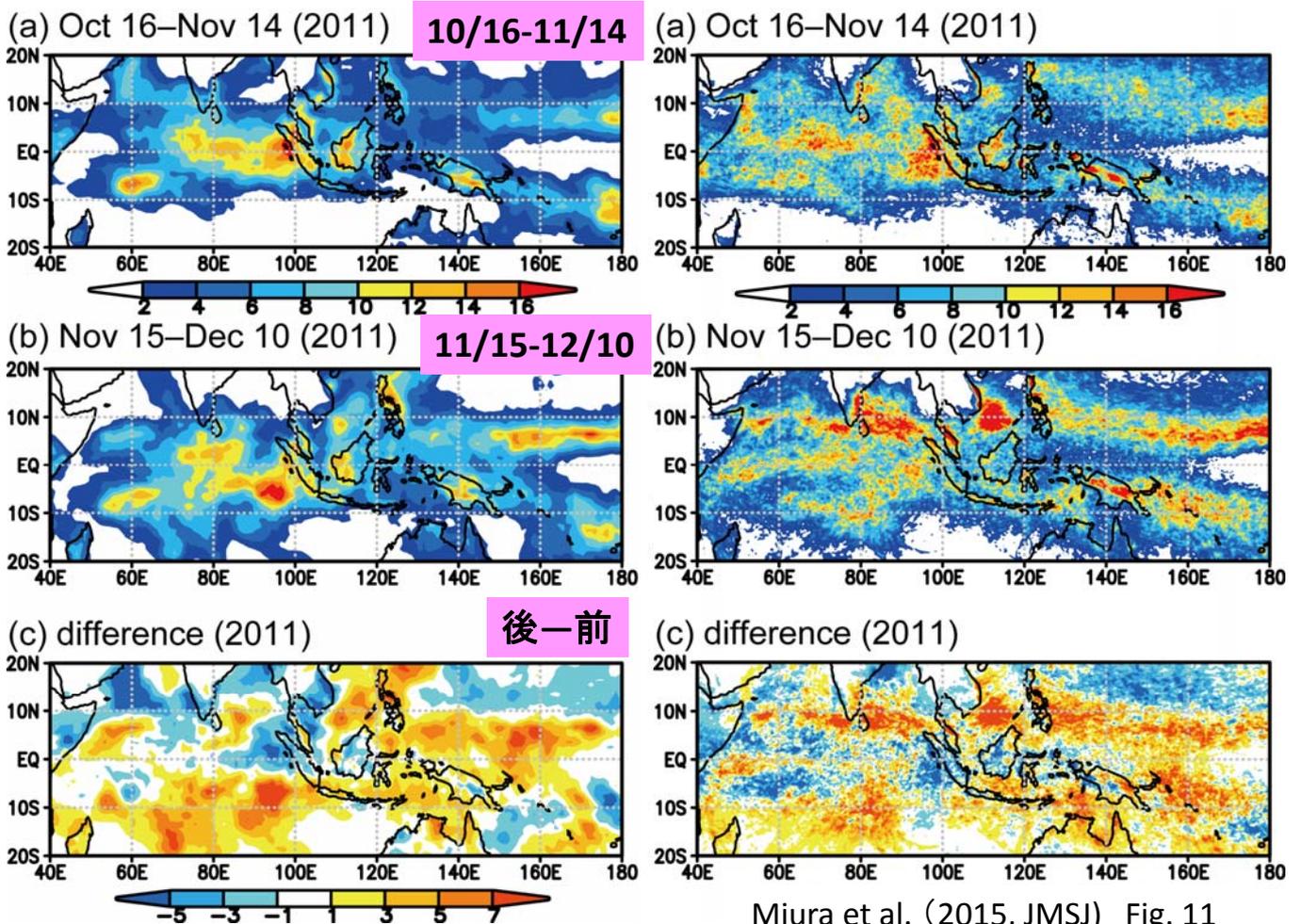


Miura et al. (2015, JMSJ) Fig. 11, 9

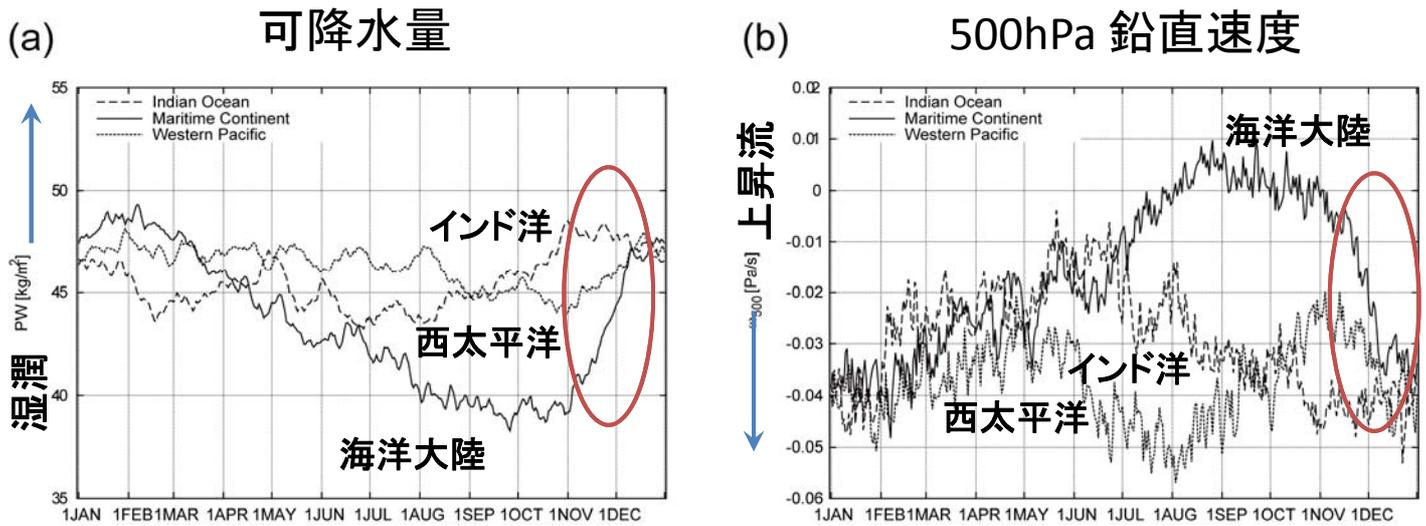
# 2011年 降水 (GPCP) 気候値



# 観測 (GPCP) 降水 (2011) NICAM



# 季節進行(気候値)NCEP再解析

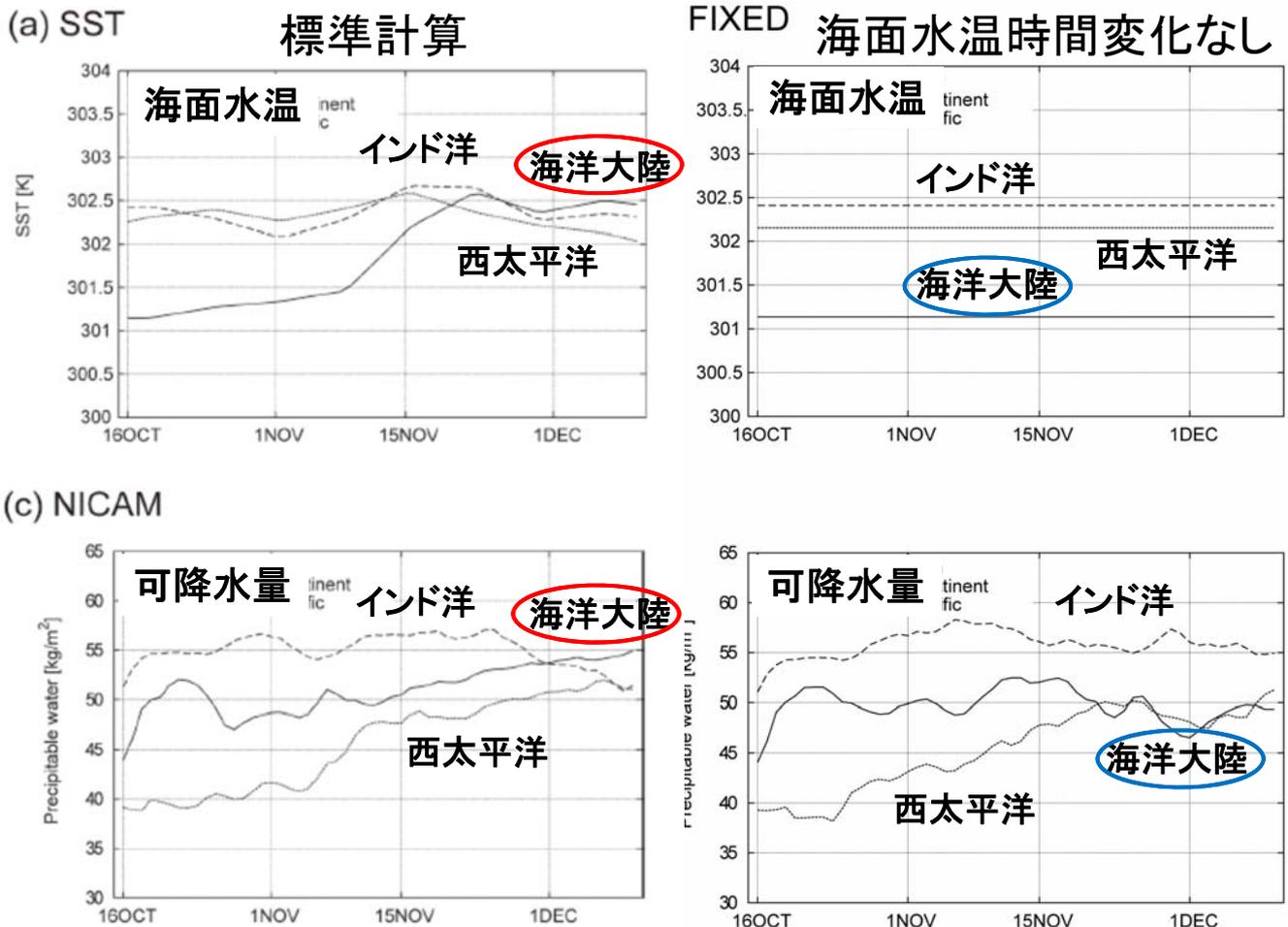


Miura et al. (2015, JMSJ) Fig. 4

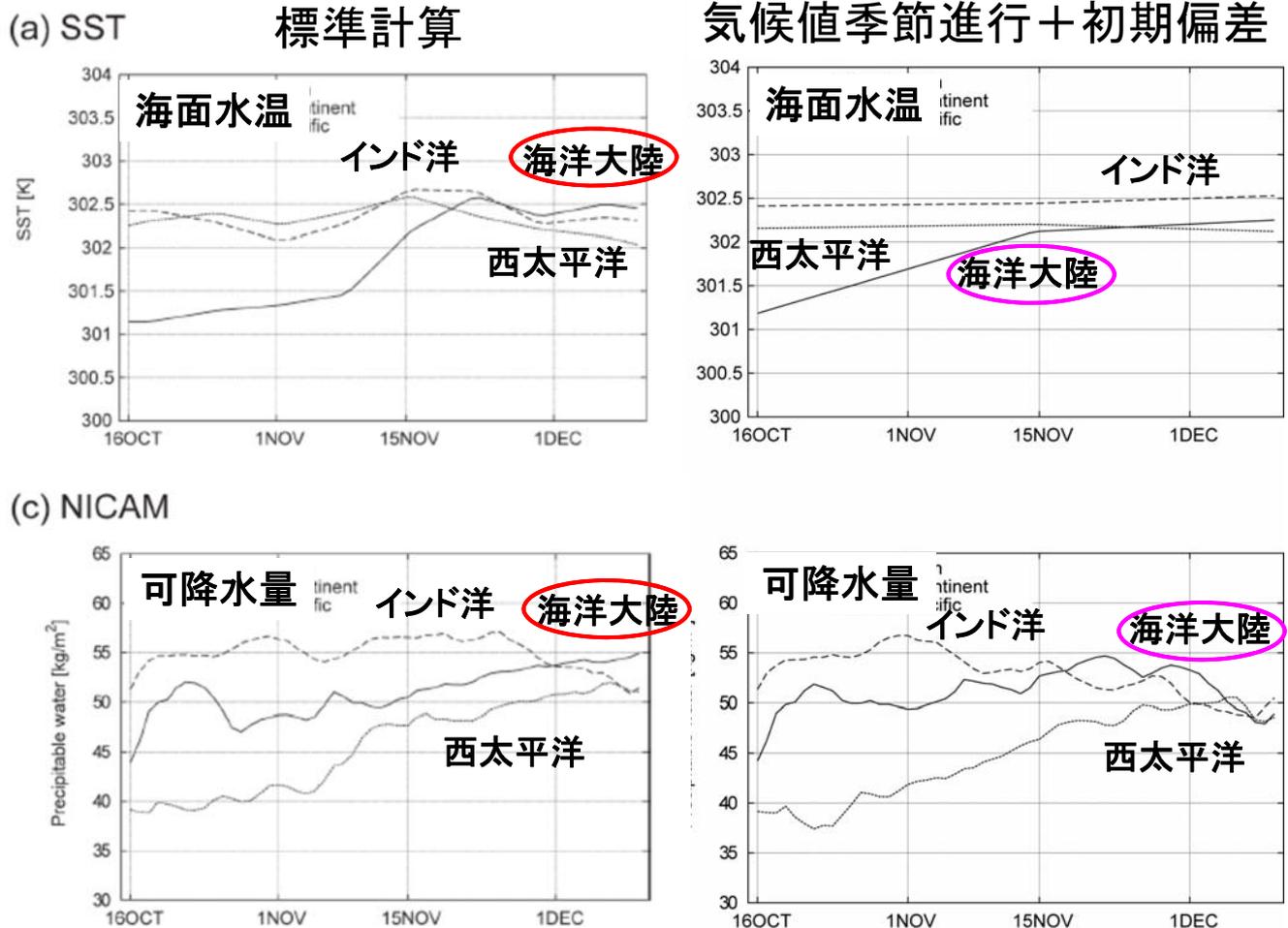
対流活動  
に好都合

11-12月  
海洋大陸域の空気塊がインド洋東部や  
西太平洋の空気塊と同等の浮力をもつ  
(東西コントラストの急速な変化)

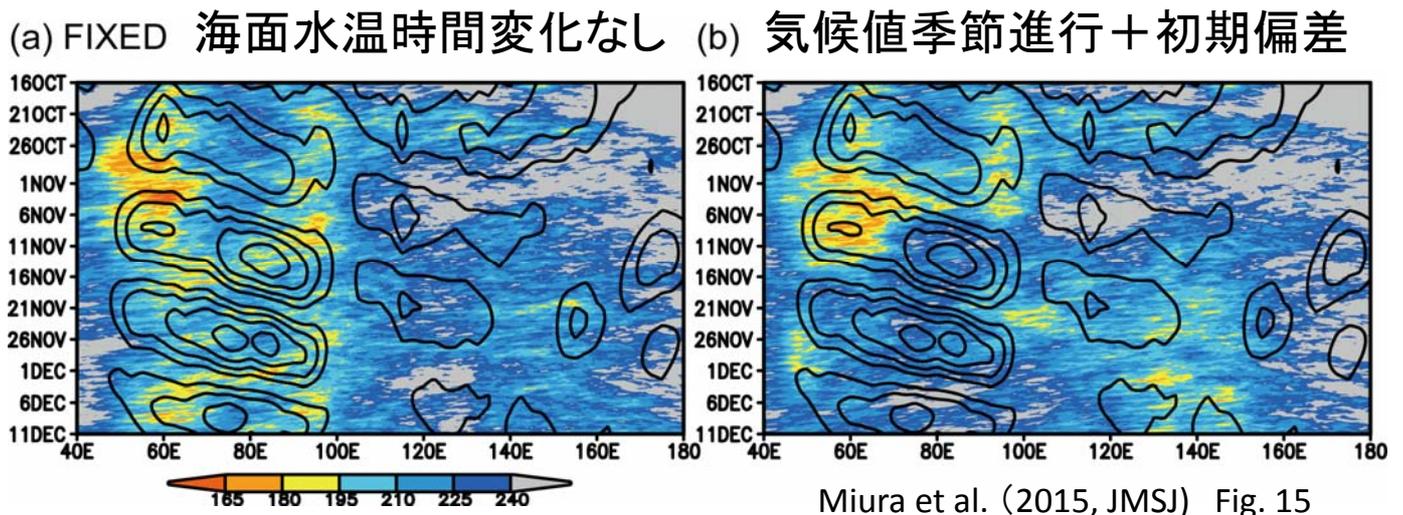
## 海面水温の季節進行の影響(感度計算)



# 海面水温の季節進行の影響(感度計算)



# 海面水温の季節進行の影響(感度計算)



インド洋に対流域が停滞  
MJO-1, MJO-2 不明瞭

MJO-1 再現  
MJO-2 振幅弱い

海面水温域の季節進行(湿潤域の東進)がMJOの発現を促進

## まとめ・今後の課題

- 全球非静力学モデルによる予測計算システム構築  
熱帯集中観測Pre-YMCにおける実運用と検証：
  - 日変化：サイクルは現実的、位相に3－6時間の遅れ  
→ 高解像度化 (<7-km格子)、急峻な地形の表現の改善
  - MJOに伴う大規模場の変化を予測 (~2週間前)
  - 雲システムの形状や波動擾乱との関係の変化を予測。
- CINDY2011期間のMJO事例の数値実験
  - MJO-2がアンサンブル平均に現れる。
  - 海面水温の季節変化に伴い、11－12月にかけてMJOと同程度の速度で湿潤域が東に移動  
→ 大気の応答として発現するタイプのMJOの存在  
→ MJO関連現象の予測可能性が高い季節がある可能性