台風の発生発達過程

筆保弘徳，横浜国立大学

Yuqing WANG，IPRC
佐藤正樹，大内和良，那須野智江，
山田洋平，三浦裕亮，柳瀬亘，
東京大学/海洋研究開発機構

台風をシミュレーションする

数値シミュレーションで
どこまで
現実的な台風を再現できるのか？

台風再現の難しくする要因

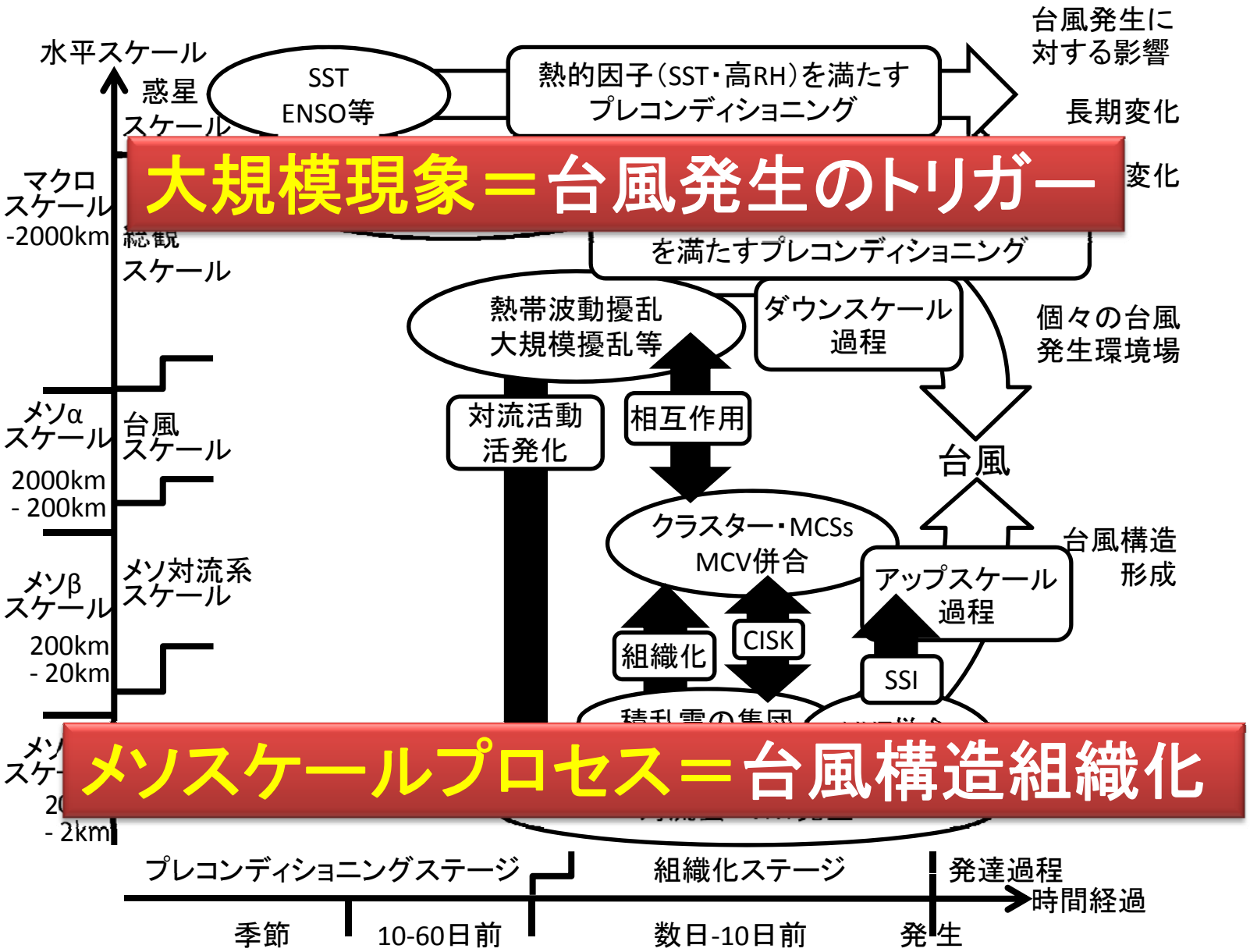
数値シミュレーションによる台風再現の難しさ

- 台風発生・発達が起きる亜熱帯域海上での密な観測が困難であること

  ＝　初期値・境界値問題

- 長時間・多重スケール現象である台風を再現するツールがないこと.

長時間・多重スケール相互作用



Break through

By W. Frank (IWTC-VI 2006)
The key lies in determining how the full range of tropical weather phenomena collectively produces the sufficient local conditions to form a storm.

Break through

- 世界初の全球雲解像度モデルNICAMの登場(Satoh et al. 2008;Tomita et al. 2004)
- NICAMと地球シミュレータによる現実場のシミュレーション　MJO実験 (Miura 2007)
- 2006実験で2週間後の台風発生再現成功 (Fudeyasu et al. 2008).
- 台風発生メカニズムの解明　(Fudeyasu et al. 2010)
- 2004年3ヶ月実験 (Oouch et al. 2009; 2010)

Purpose

全球雲解像モデルを使った

数値シミュレーションで

どこまで

現実的な台風を再現できるのか？

MJO実験と2004年実験から
見えてきた台風再現のポイント

MJO実験で発生した台風

気象庁・非公式セミナー　2010/12/21

台風発生・発達のメソスケールプロセスメカニズムの解明

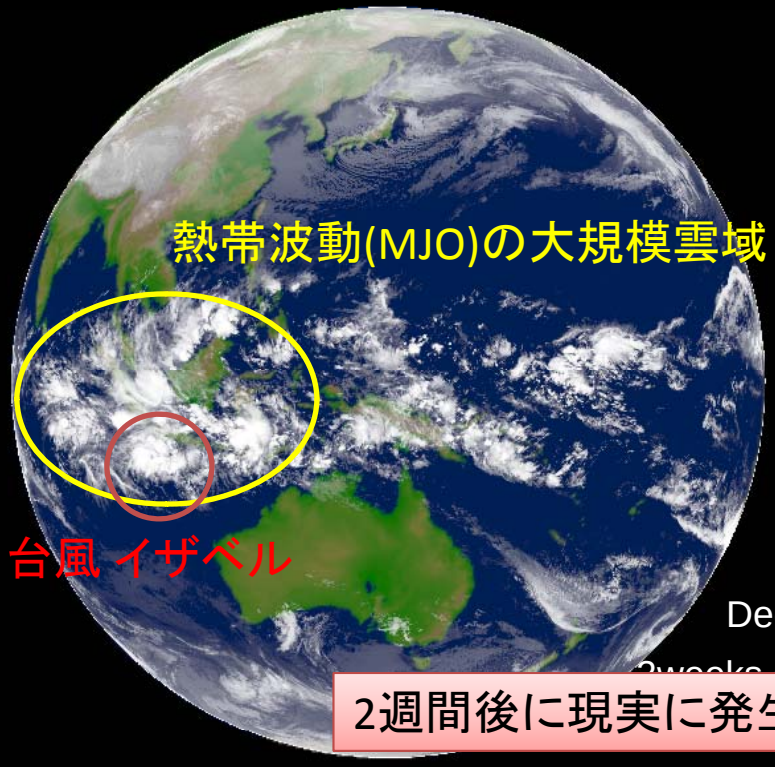
Experimental design

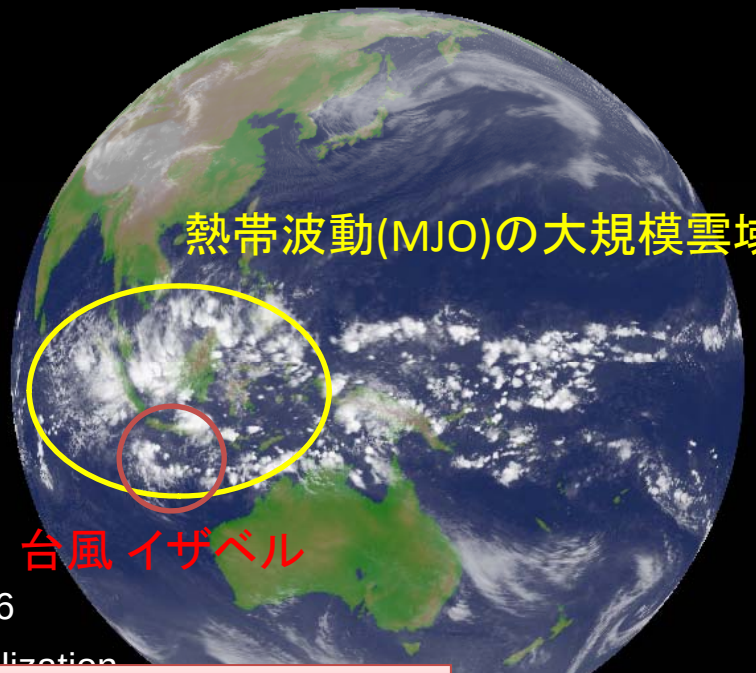
MJO実験

Initialization	NCEP Global analysis on 00Z 15 Dec. 2006
Nudging	None
Bottom boundary	Bucket model and Weekly Reynolds SST
Horizontal resolution	7km
Vertical resolution	40-levels Stretched grid (80m～2.9km)
Cloud	Cloud microphysics by Grabowski (1998)
Surface flux	Bulk parameterization by Louis (1979)
Radiation	MSTRNX (Nakajima et al. 2001; Sekiguchi 2004)
Convective parameterization	None
Integration period	32 days from 15 December 2006 to 16 January

気象衛星

NICAM



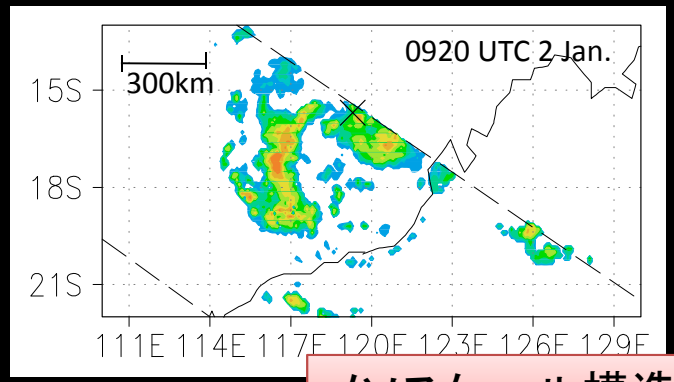


Dec. 29 2006

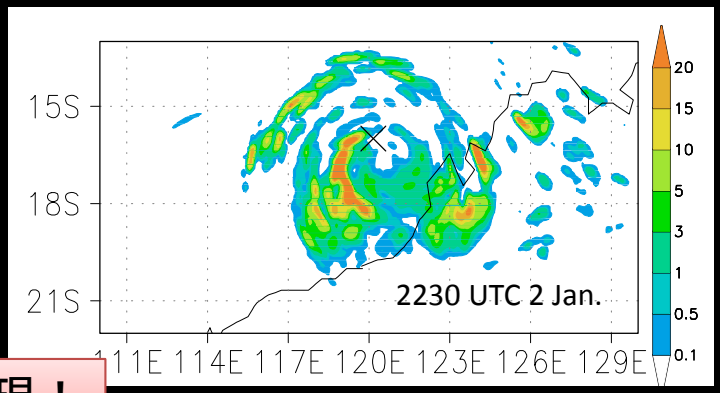
2weeks after initialization

2週間後に現実に発生する台風の再現に成功！

Surface rain rate (mm hour^{-1}) by TRMM-TMI

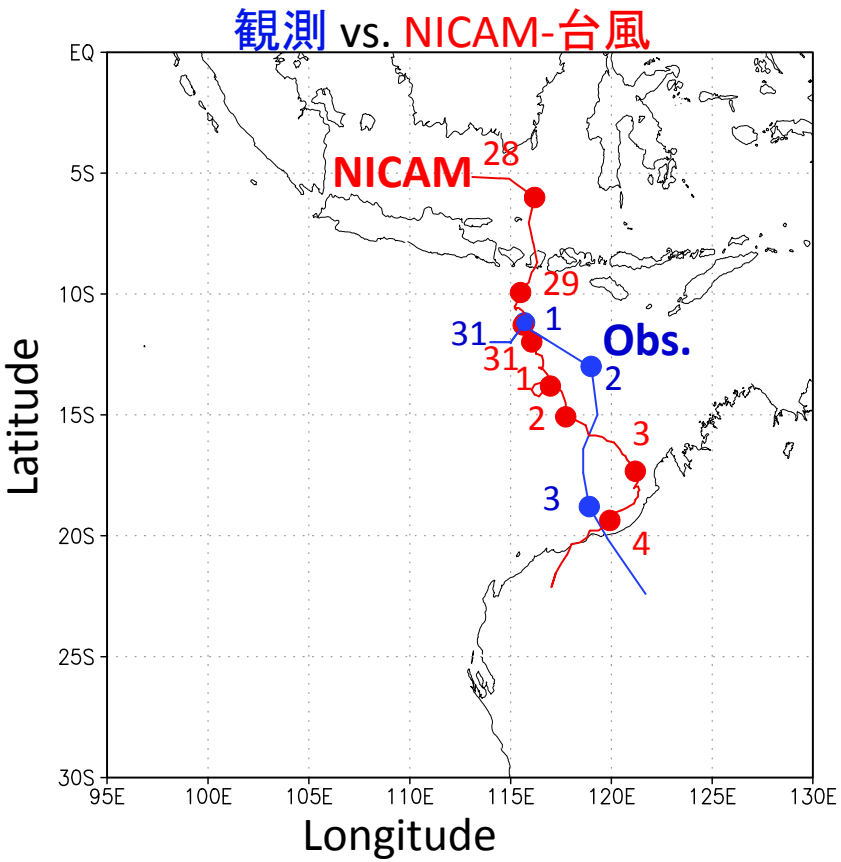


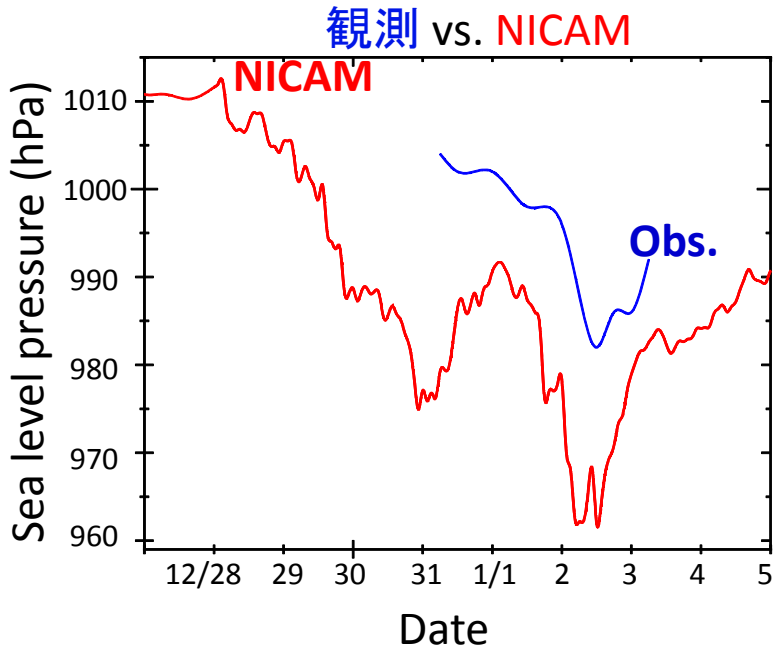
Surface rain rate (mm hour^{-1}) by NICAM



メソスケール構造もほぼ再現！

OBSERVATION vs NICAM

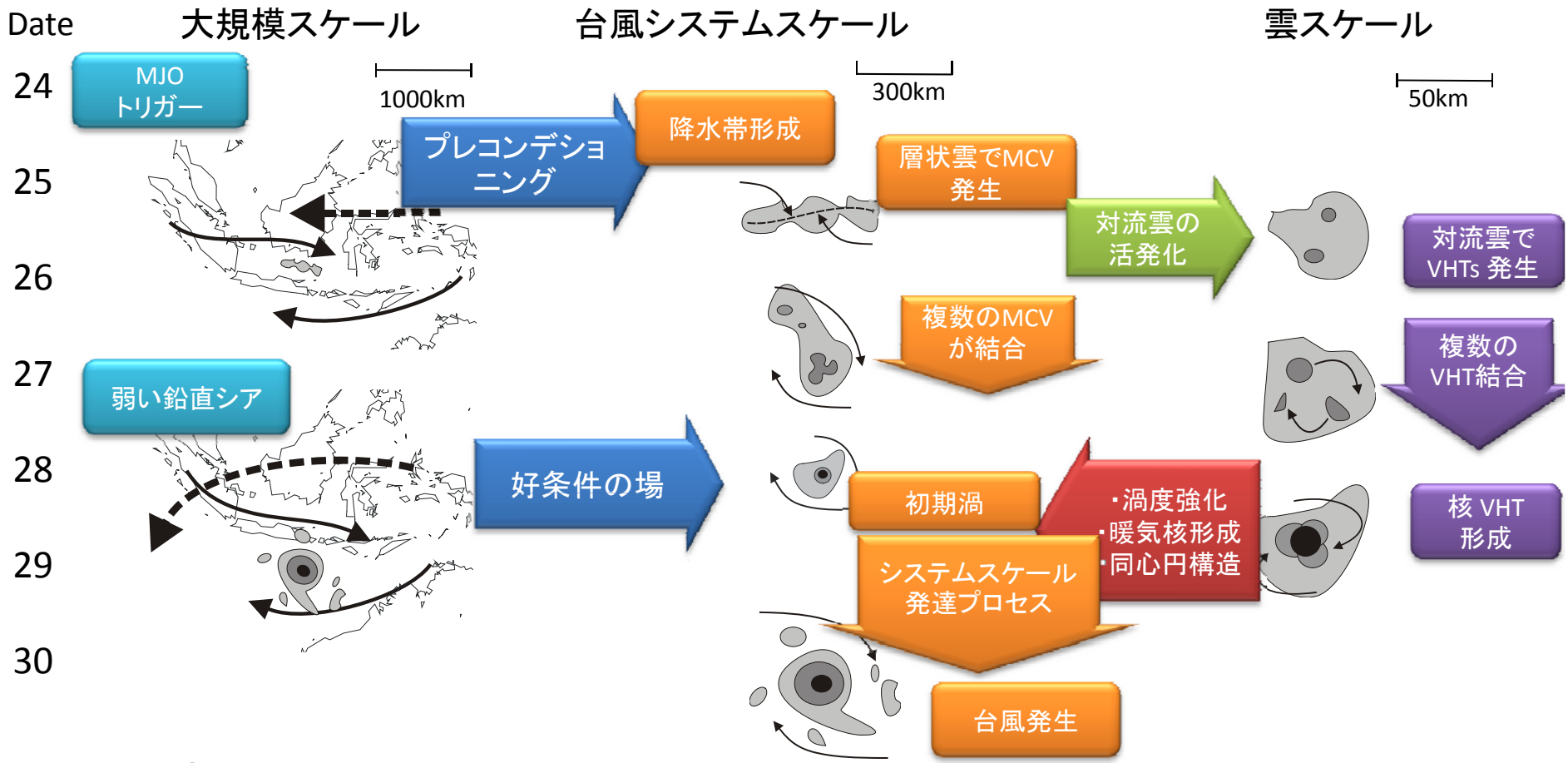


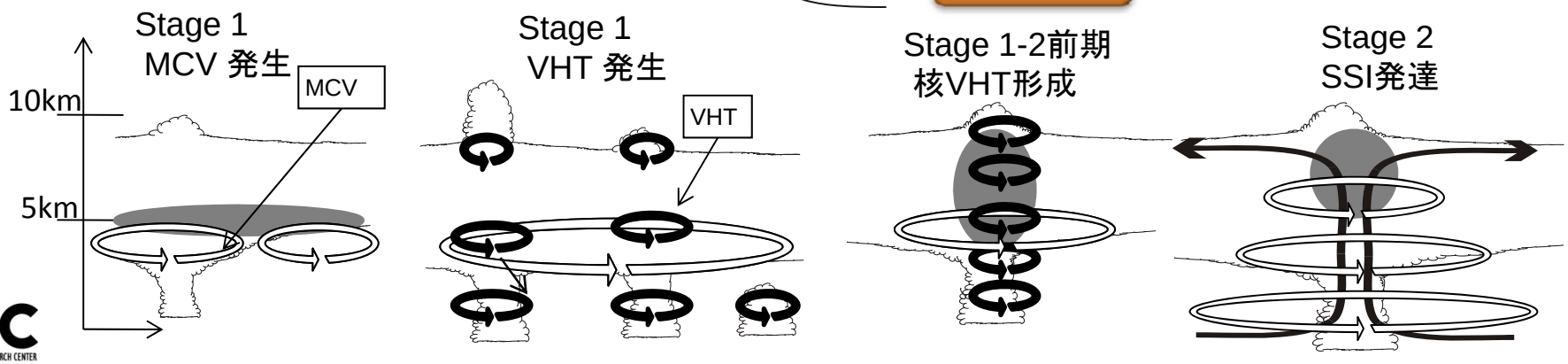


台風の動きや台風強度変動（ライフサイクル）も再現！

台風強度は観測よりも発達！

段階式台風発生プロセス(Fudeyasu et al. 2010)





Conclusion

台風予報

成功

2週間先の台風発生の位置・タイミング

台風経路

ライフサイクル（強度変化）

ほぼ成功

メソ構造

失敗

台風強度

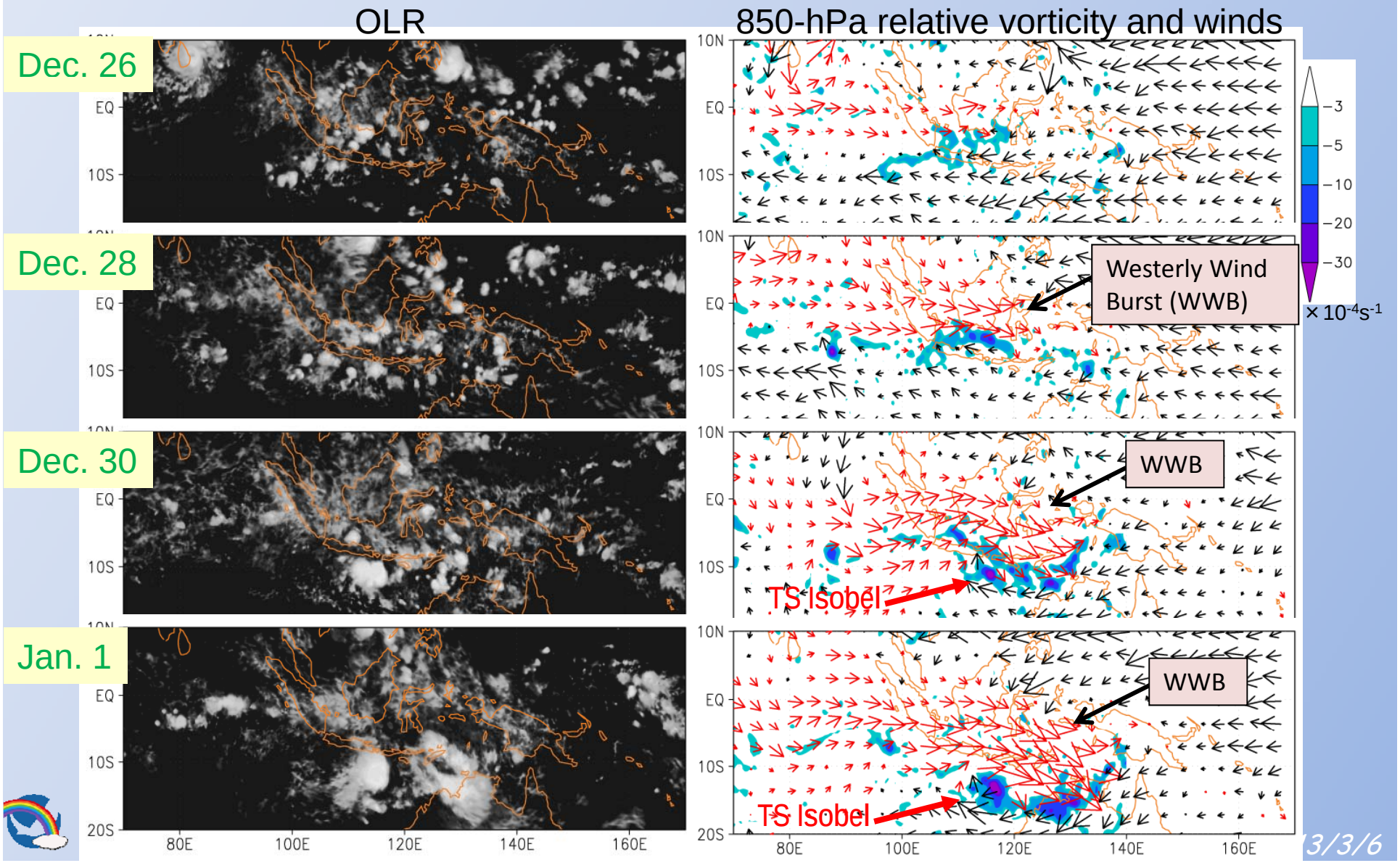
Question

なぜ、2週間先の台風発生予報は成功したのか？

- 大規模現象を妥当に再現しているから？
  台風発達プロセスからの観点
- 高解像度の御利益はあるのか？
  14km実験との比較
- ビギナーズラック？
  2004年実験の結果

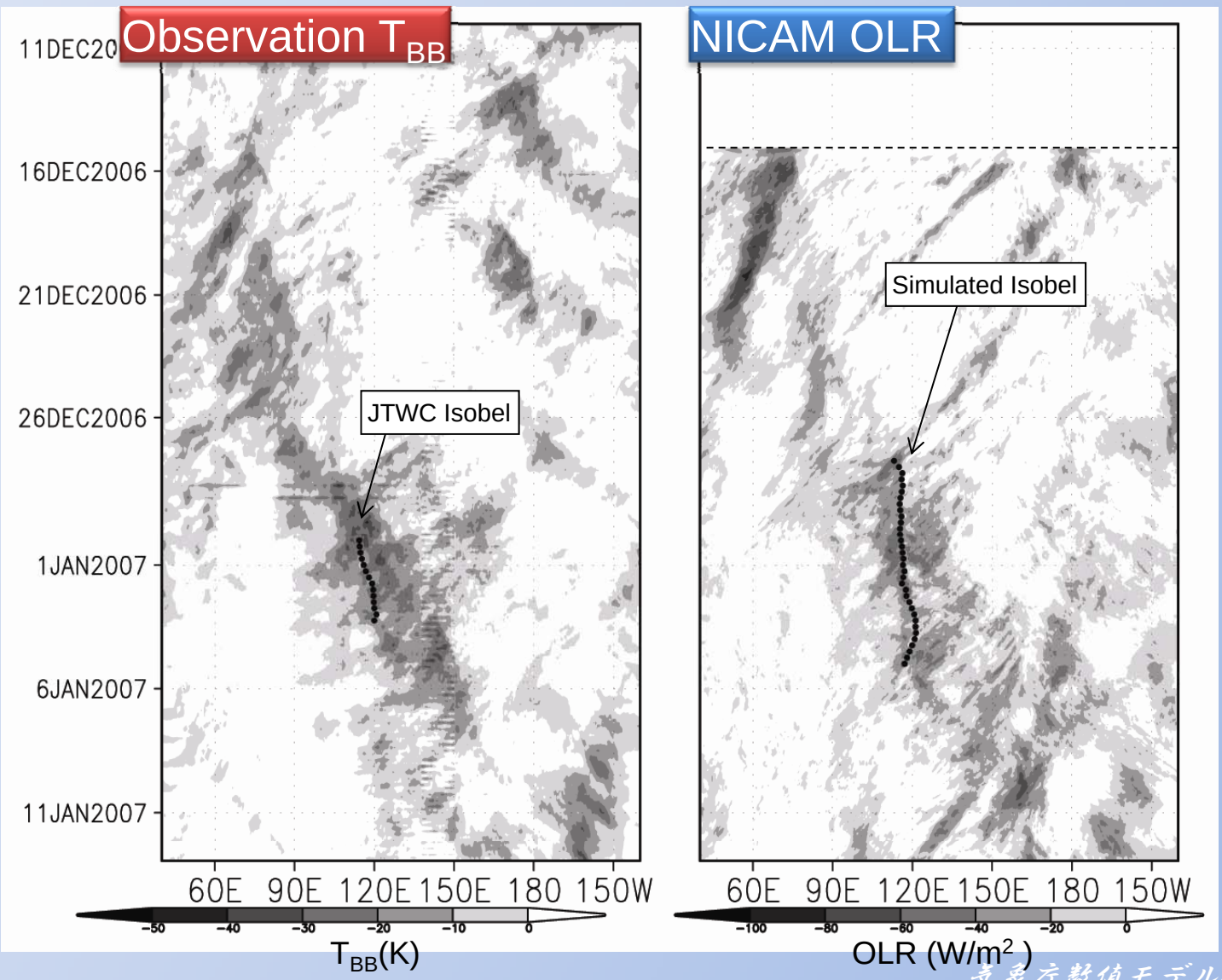
OBSERVATION vs NICAM

台風発生トリガーの再現に成功



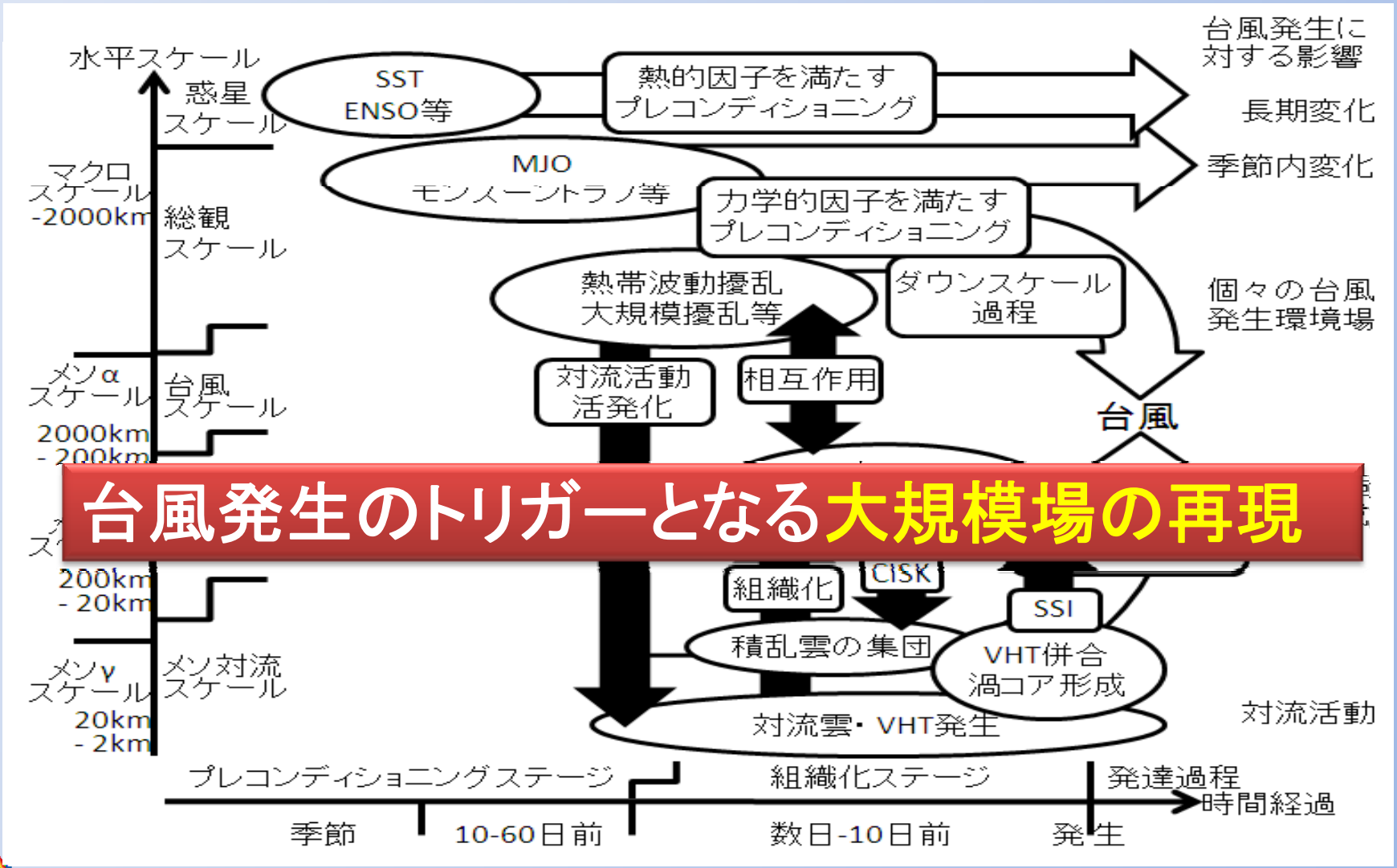
OBSERVATION vs NICAM

MJOを妥当に再現



Question

なぜ台風発生予報は成功したのか？



台風発生のトリガーとなる大規模場の再現

Question

なぜ、2週間先の台風発生予報は成功したのか？

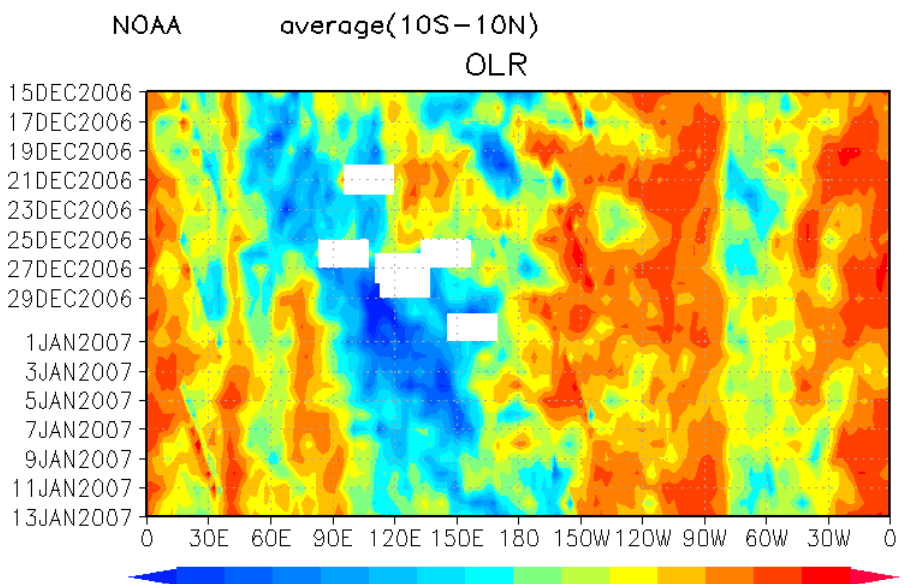
- 大規模現象を妥当に再現しているから？
  台風発達プロセスからの観点
- 高解像度の御利益はあるのか？
  14km実験との比較
- ビギナーズラック？
  2004年実験の結果

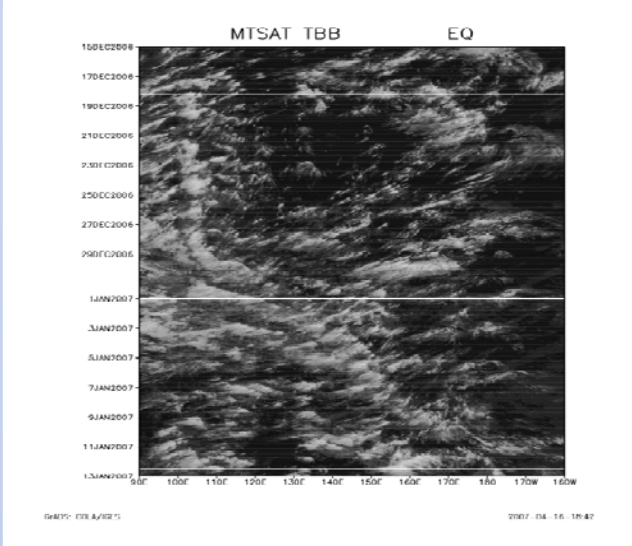
Experimental design

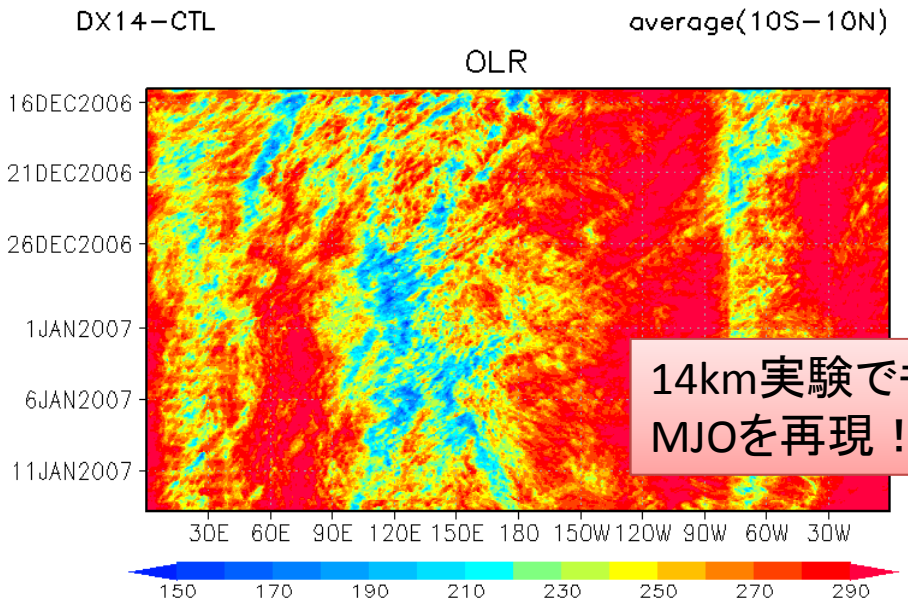
MJO-14km 実験

Initialization	NCEP Global analysis on 00Z 15 Dec. 2006
Nudging	None
Bottom boundary	Bucket model and Weekly Reynolds SST
Horizontal resolution	14km
Vertical resolution	40-levels Stretched grid (80m～2.9km)
Cloud	Cloud microphysics by Grabowski (1998)
Surface flux	Bulk parameterization by Louis (1979)
Radiation	MSTRNX (Nakajima et al. 2001; Sekiguchi 2004)
Convective parameterization	None
Integration period	32 days from 15 December 2006 to 16 January

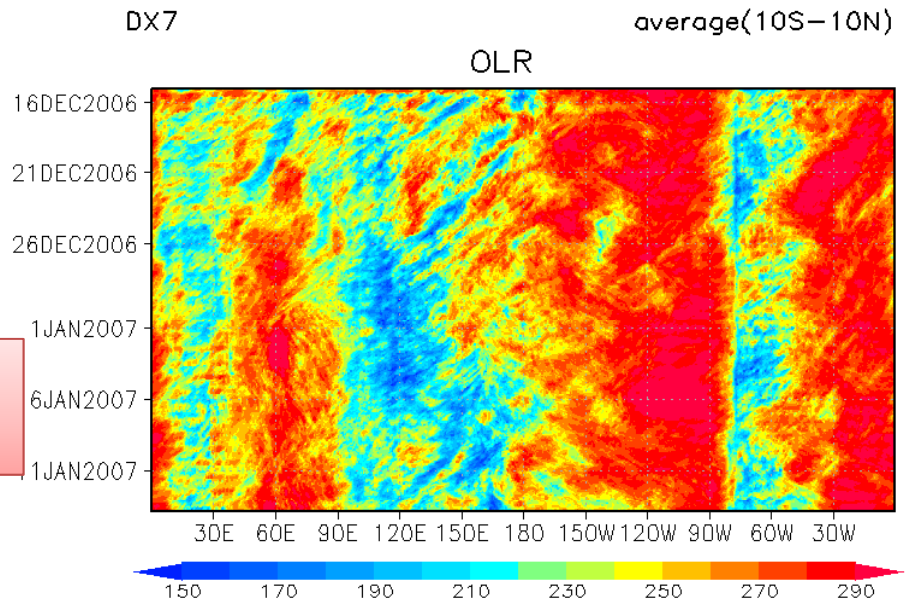
NICAM　14km vs 7km





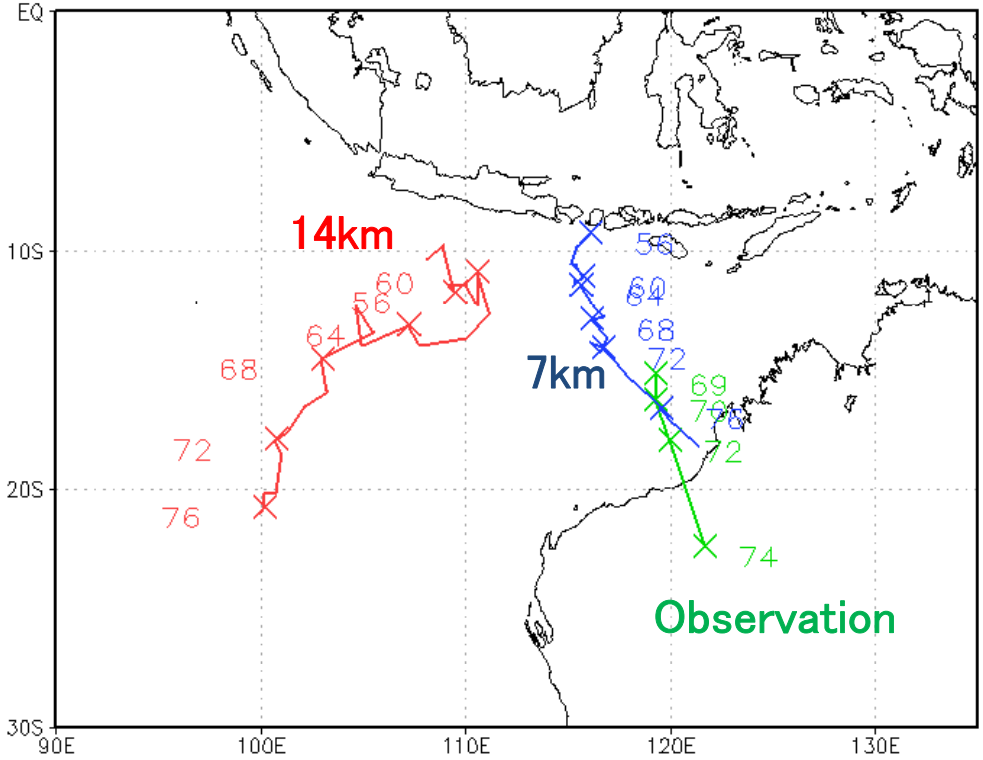


14km実験でも
MJOを再現！

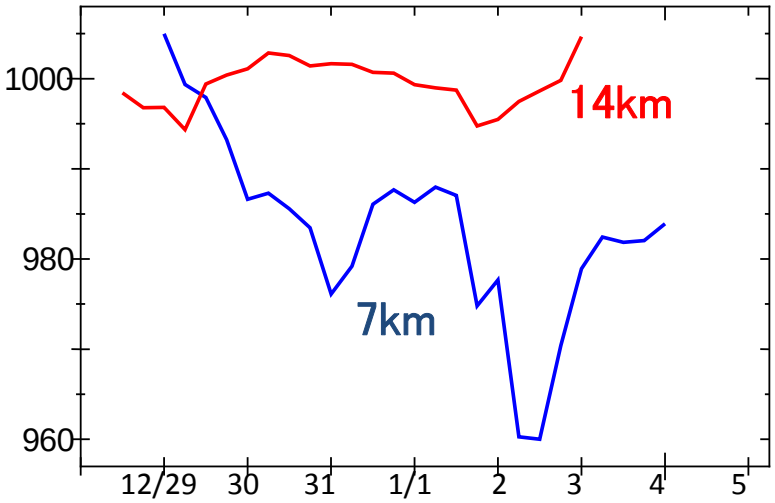


NICAM　14km vs 7km

Isobel トラック



NICAM-Isobel 気圧変化

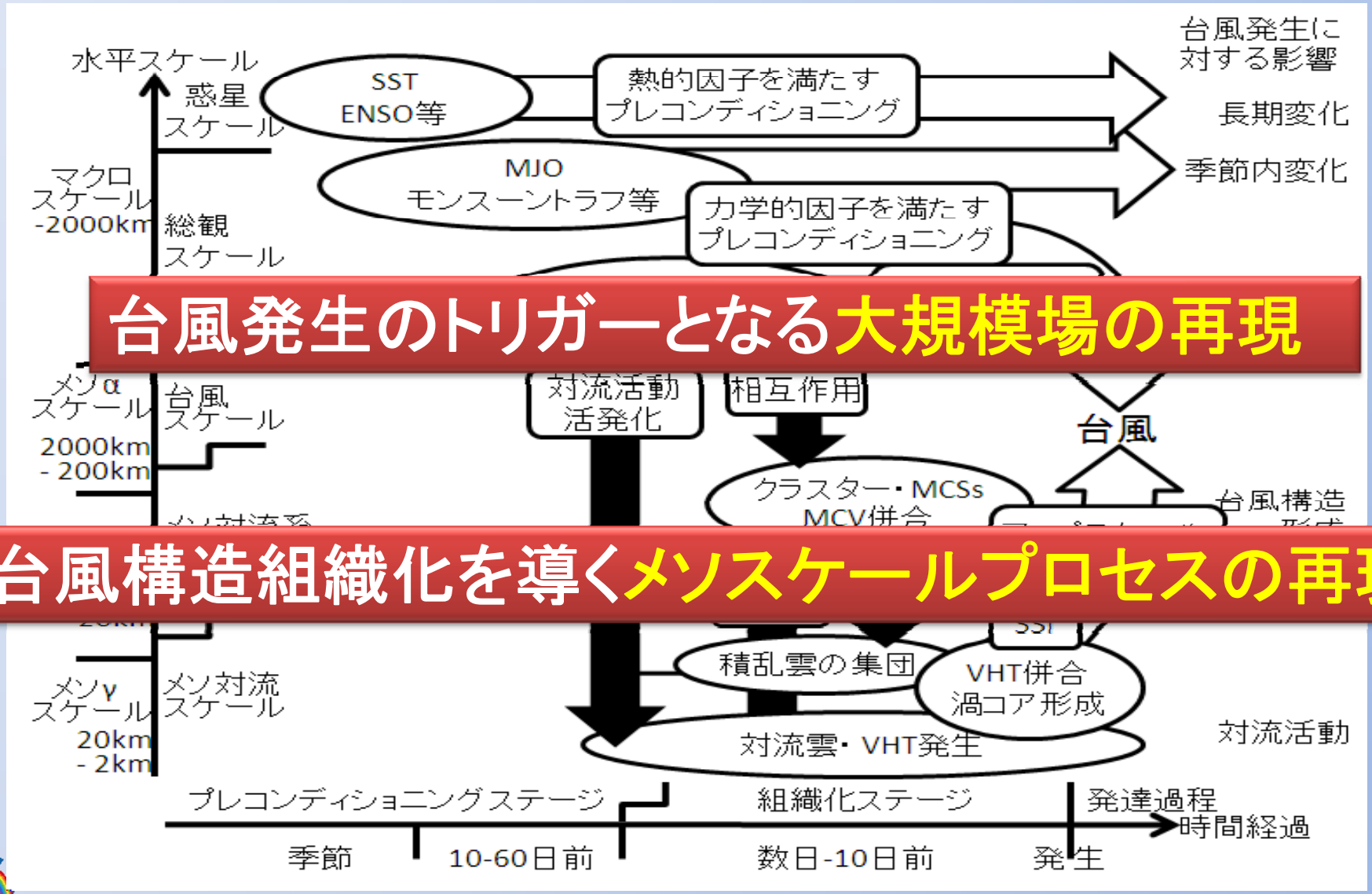


MJOに伴う熱帯擾乱の発生は再現！

14km実験では台風は再現されず

Question

なぜ台風発生予報は成功したのか？



台風発生のトリガーとなる大規模場の再現

台風構造組織化を導くメソスケールプロセスの再現

Question

なぜ、2週間も未来の台風発生予報は成功したのか？

- 大規模現象を妥当に再現しているから？

  台風発達プロセスからの観点

- 高解像度の御利益はあるのか？

  14km実験との比較

- ビギナーズラック？

  2004年実験の結果

2004年実験の結果

- MJO実験はビギナーズラック？
- NICAMのシミュレーションはどこまで精度があるのか？
- 台風発生はいつ頃先まで予報できるのか？

Experimental design

2004年 実験

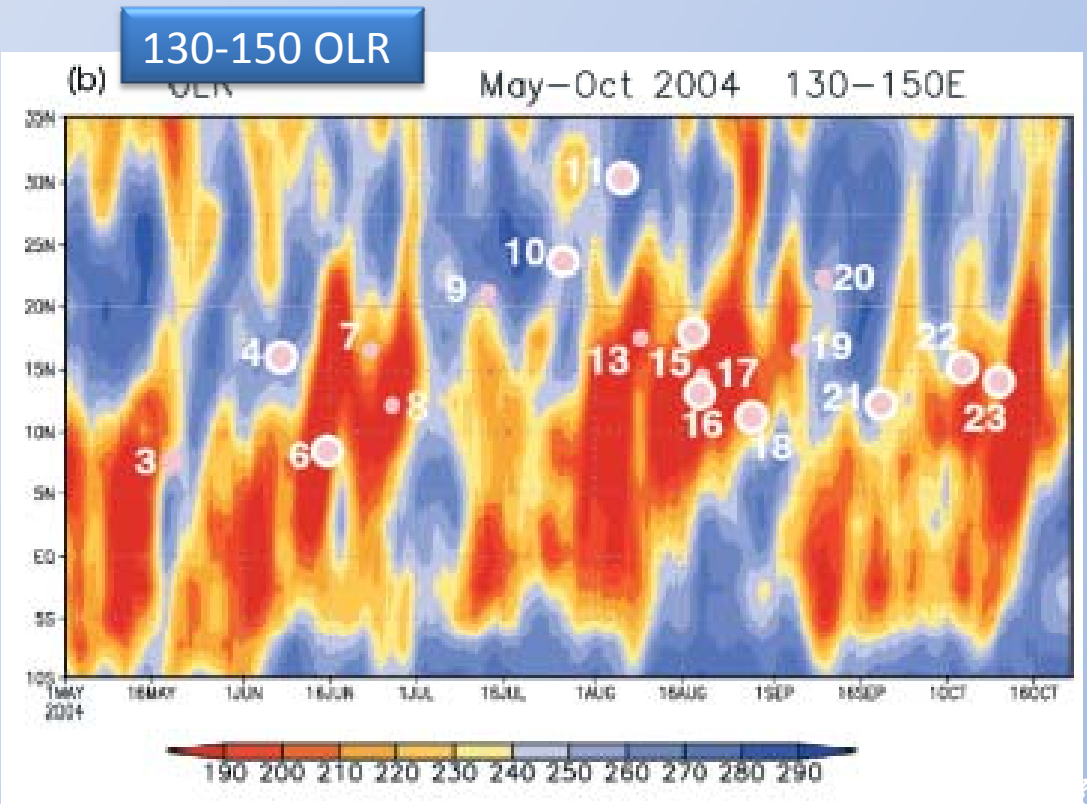
Initialization	NCEP Global analysis on 00Z Jun 01, 2004
Nudging	None
Bottom boundary	Bucket model and Weekly Reynolds SST
Horizontal resolution	7km
Vertical resolution	40-levels Stretched grid (80m～2.9km)
Cloud	Cloud microphysics by Grabowski (1998)
Turbulence	Improved version of Mellor-Yamada Level 2 (e.g., Nakanishi & Niino 2004; Mellor and Yamada 1982; Noda et al. 2008)
Surface flux	Bulk parameterization by Louis (1979)
Radiation	MSTRNX (Nakajima et al. 2001; Sekiguchi 2004)
Convective parameterization	None
Integration period	June 01 ~ 31 August, 2004 (~ 3 months)

CPU time: 12hrs for ~10-day integration on the Earth Simulator

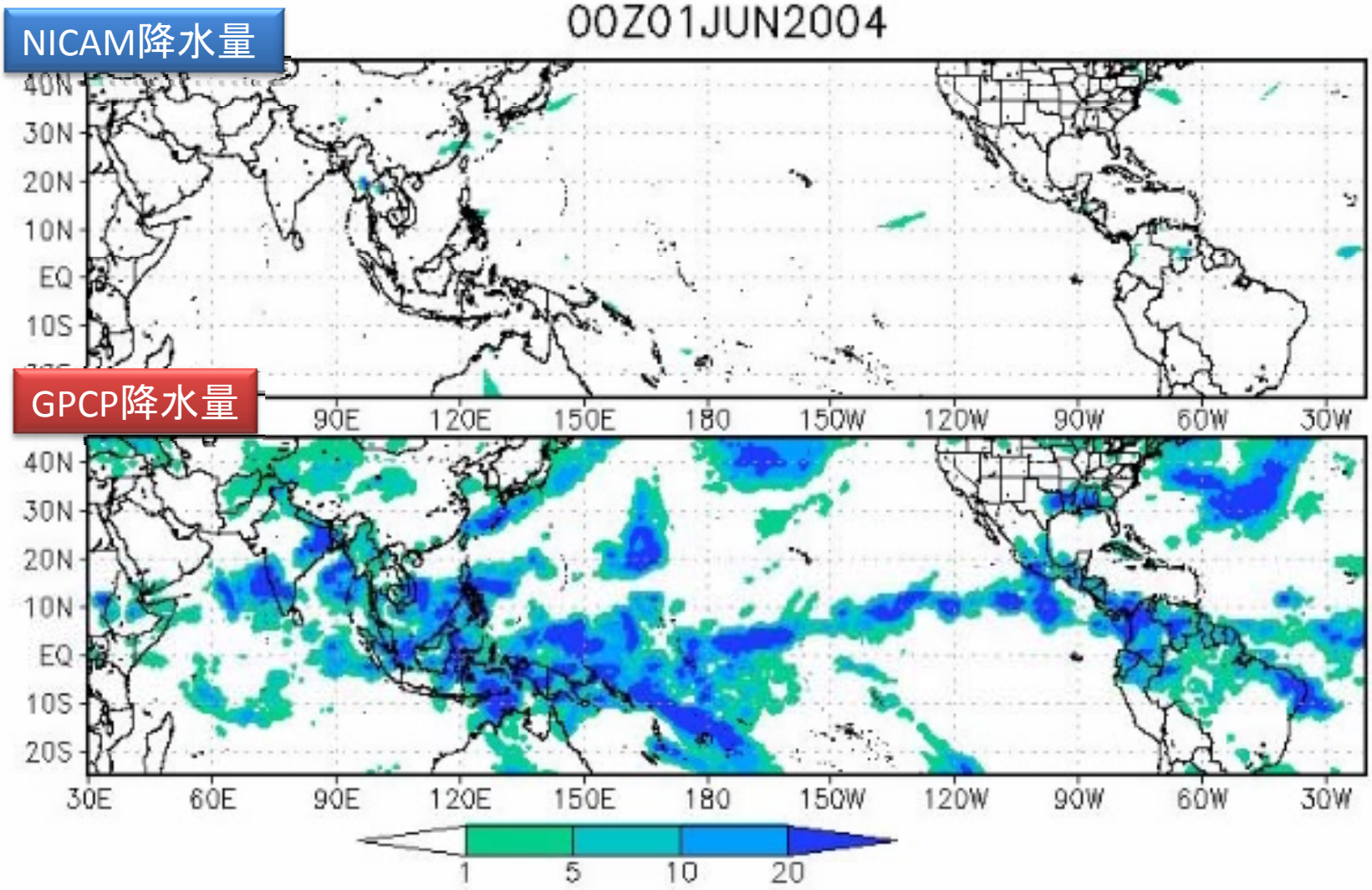
2004年の夏は？

2004年夏の特徴

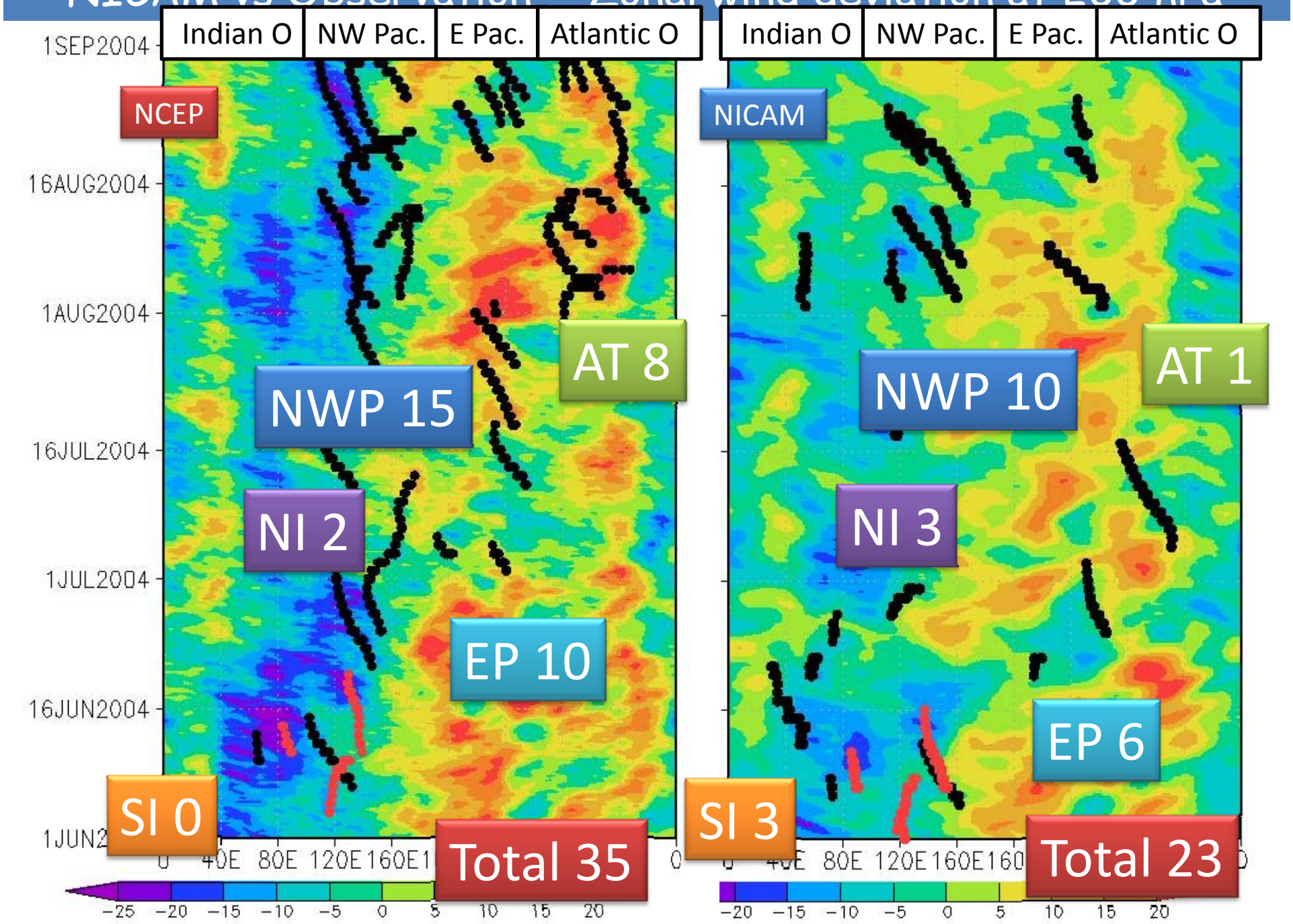
- 北西太平洋台風発生29個 (平均26)
- 日本上陸台風が10個！ (平均2.6/年)
- 北西太平洋でMJO活発　6月、8月、10月
- MJOとモンスーン　台風発生 Nakazawa (2006)



NICAM vs Observation

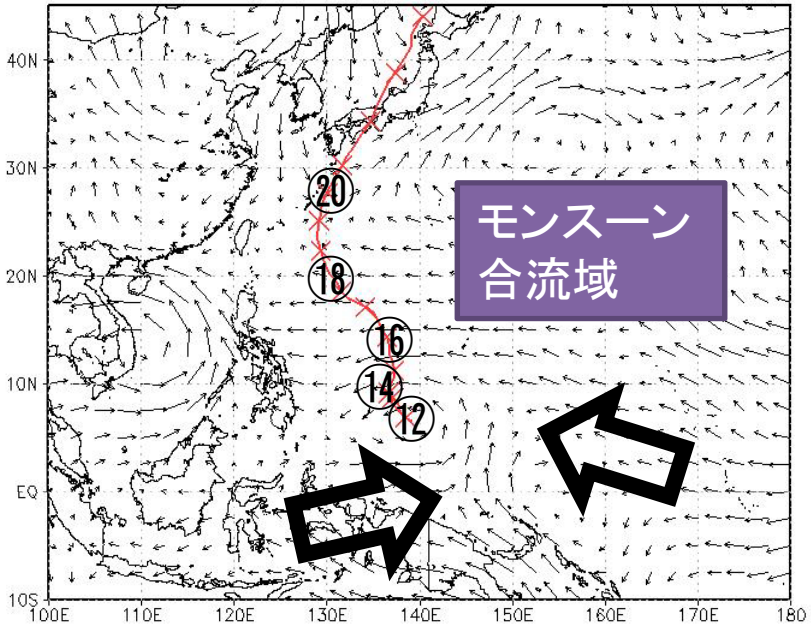


NICAM vs Observation Zonal wind deviation at 200 hPa

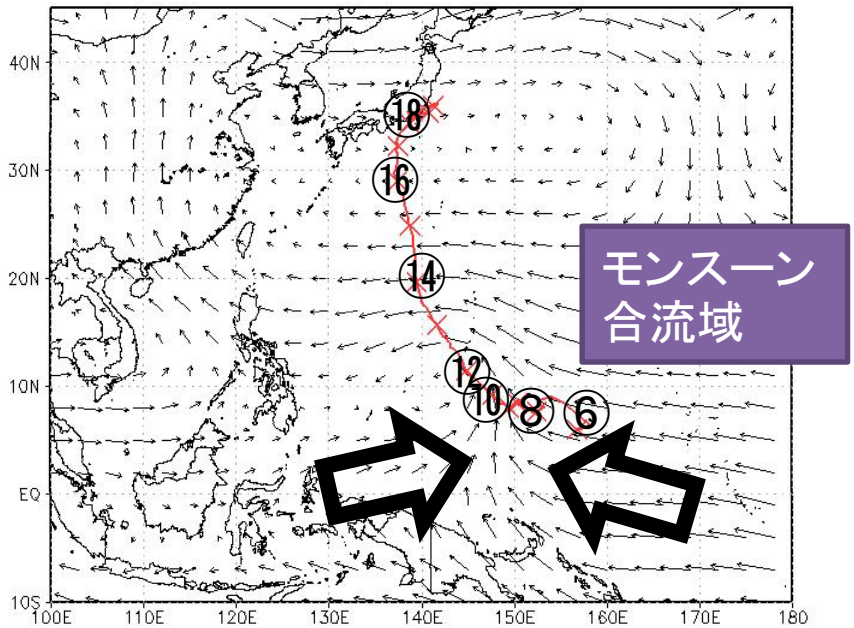


NCIAM vs observation

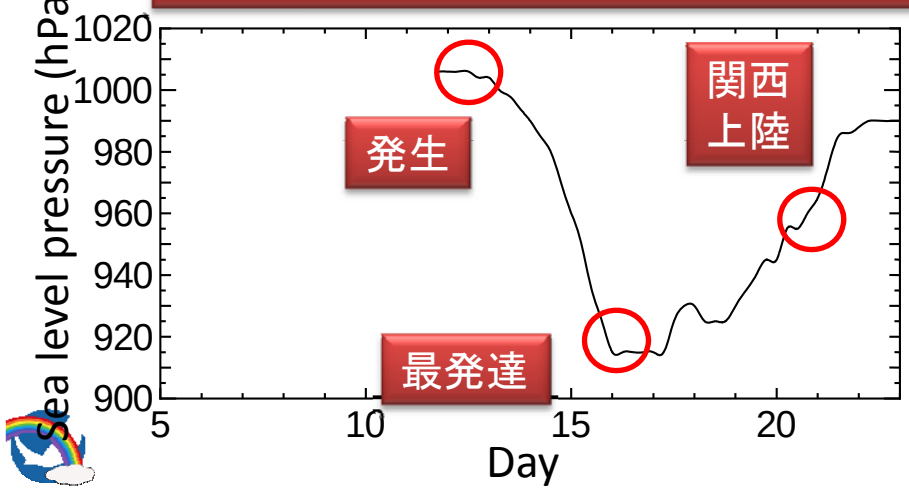
T0406　NCEP 850-hPa wind at 12Jun



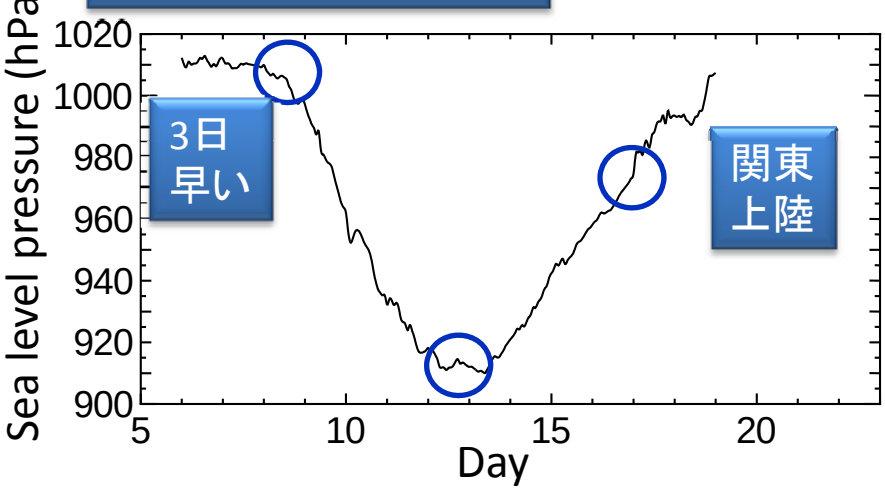
W02　NICAM 850-hPa wind 12Jun



気象庁ベストトラック海面気圧　T0406



NICAM海面気圧W02



OBSERVATION vs NICAM

台風予報

ほぼ成功
2週間程度でMJOに関係した台風の発生位置・タイミングがいくつか合う

そのうちのいくつかは
台風経路
強度変化＝ライフサイクル

Conclusion

Conclusion

台風の発生予報をめざすには？

・大規模場の再現性かつメソスケールプロセスの再現性が重要

・全球雲解像度シミュレーションが必要

・大規模要因MJOに関係する台風発生は10日先までなら？！