

HPCI戦略プログラム 分野3:防災・減災に資する地球変動予測
地球規模の気候・環境変動予測に関する研究(課題代表:木本昌秀、東京大学)
全球雲解像モデルNICAMによる延長予報・将来台風予測計算



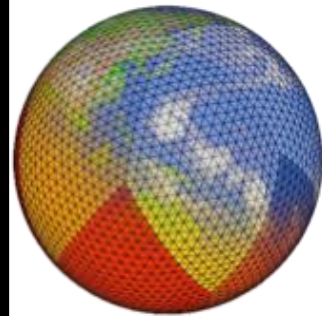
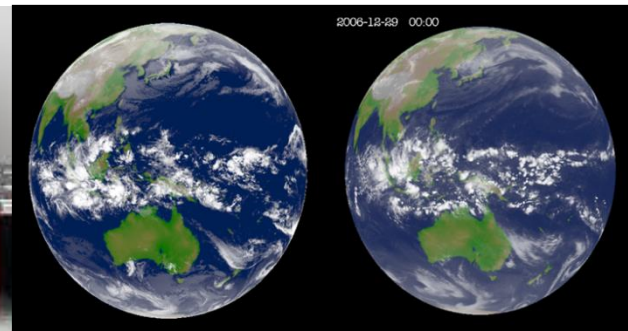
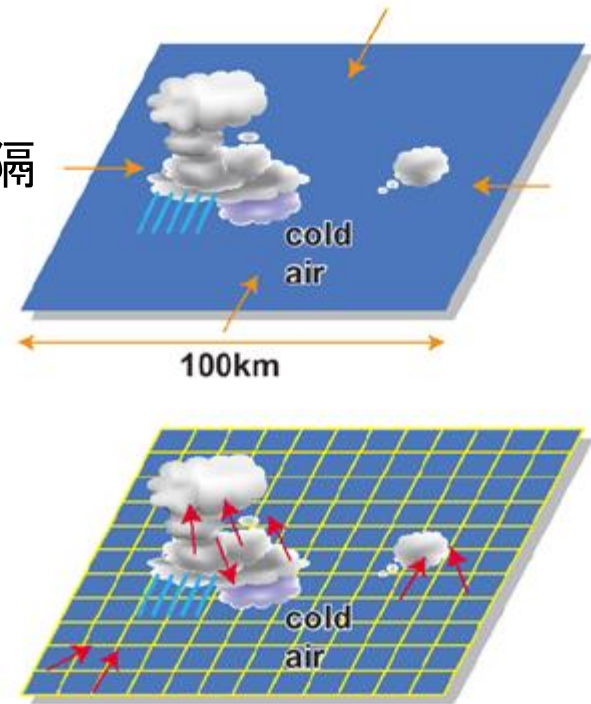
佐藤正樹 (東京大学/JAMSTEC)

沢田雅洋(東京大学); 宮川知己、中野満寿男、小玉知央、山田洋平(JAMSTEC);
宮本佳明、富田浩文、八代尚(理研AICS)

非静力学正20面体モデルNICAMによる全球雲解像計算

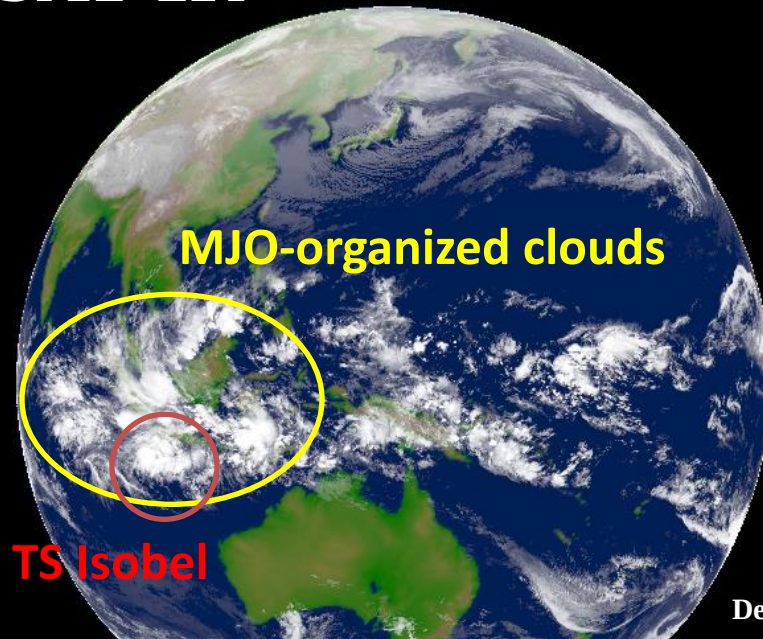
NICAM: Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model

- 対流雲を直接解像する高解像度全球大気モデル
- 2000年頃より開発開始 (JAMSTEC、東京大学)
 - Tomita and Satoh (2005, *Fluid Dyn. Res.*)
 - Satoh et al. (2008, *J. Comp. Phys.*)
- 地球シミュレータ(JAMSTEC)を用いて 3.5km メッシュ間隔の数値実験を実施
- 季節内変動(マッデンジュリアン振動)の現実的な再現
 - Tomita et al. (2005, *Geophys. Res. Lett.*)
 - Miura et al. (2007, *Science*)
- 国際協力を推進; 次世代モデルのスタンダードへ
 - Athena project (2009-10): 日米欧
 - G8-call ICOMEX (2011-): 日独米英仏

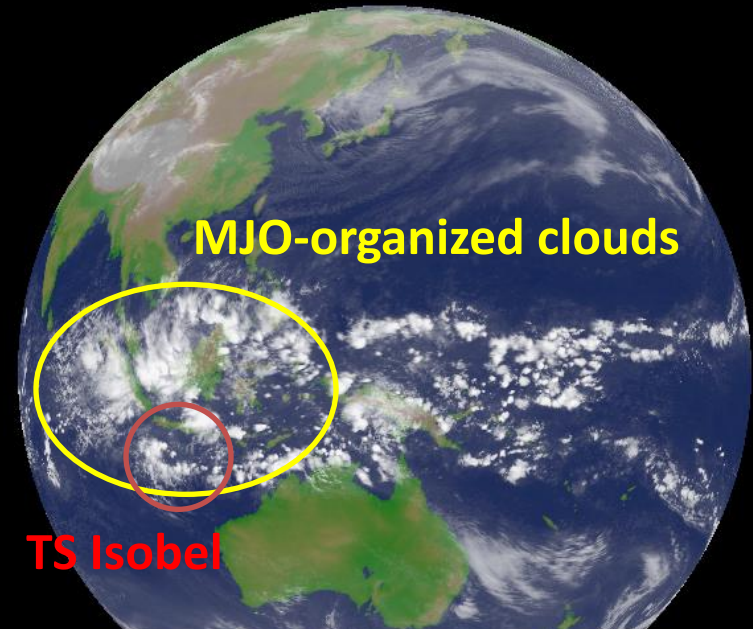


過去の研究：マッデン・ジュリアン振動(MJO)の事例実験

MTSAT-1R

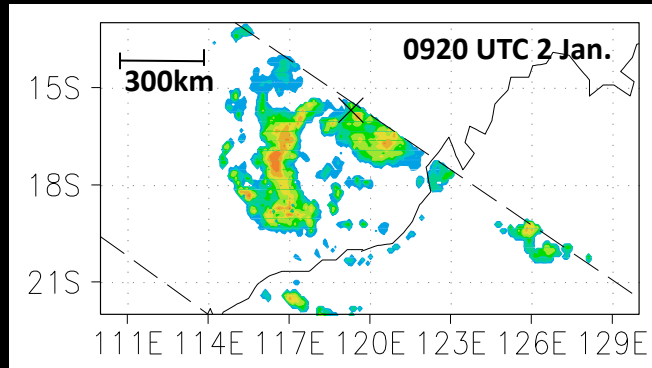


NICAM

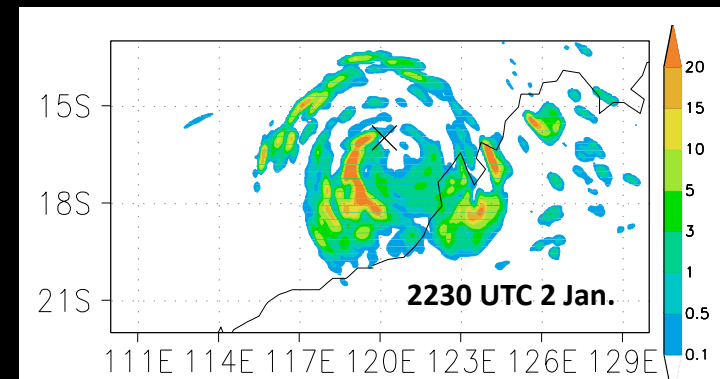


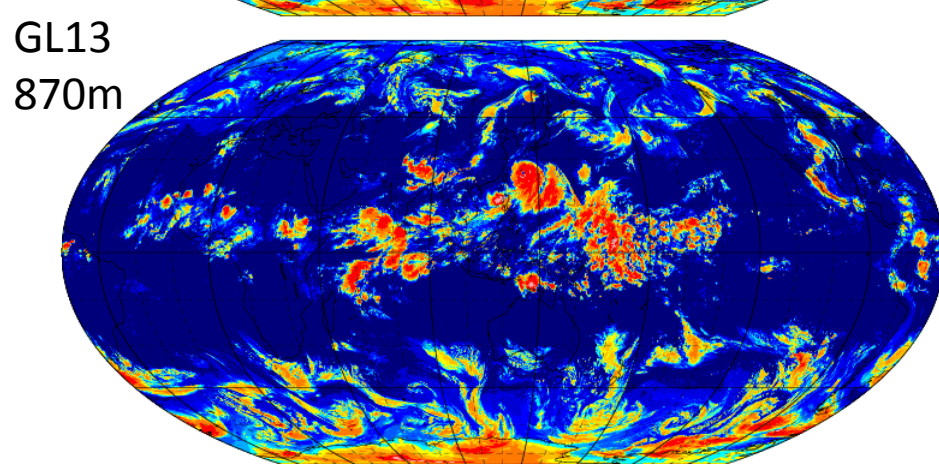
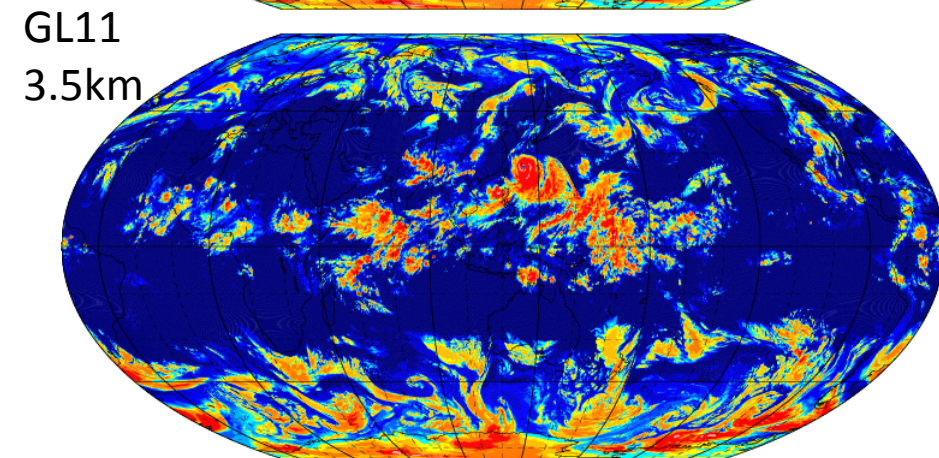
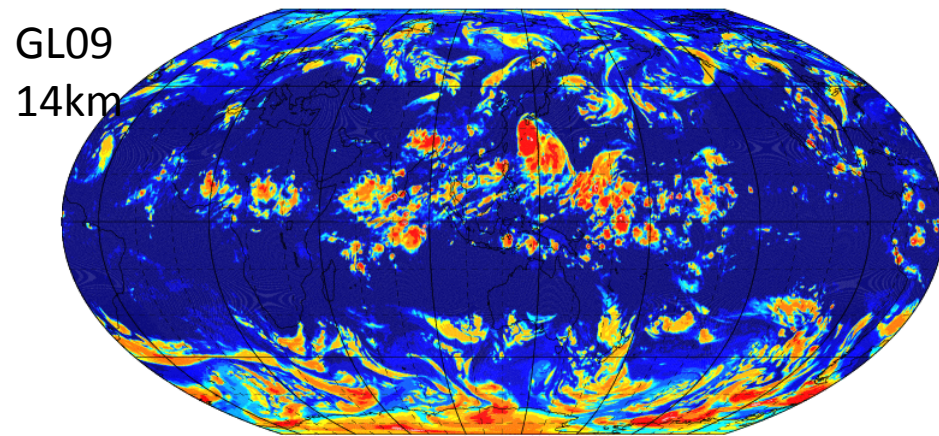
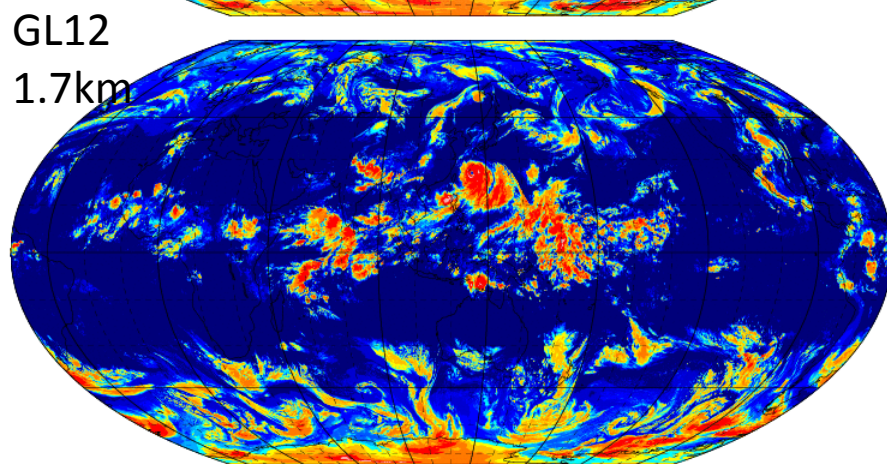
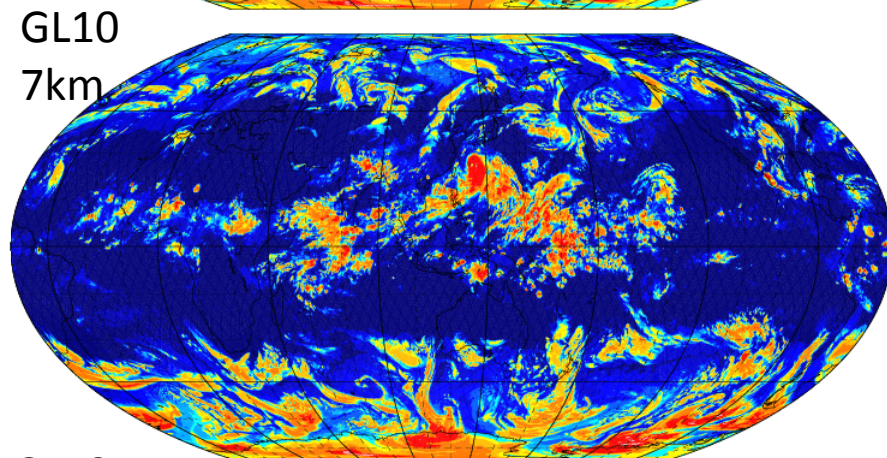
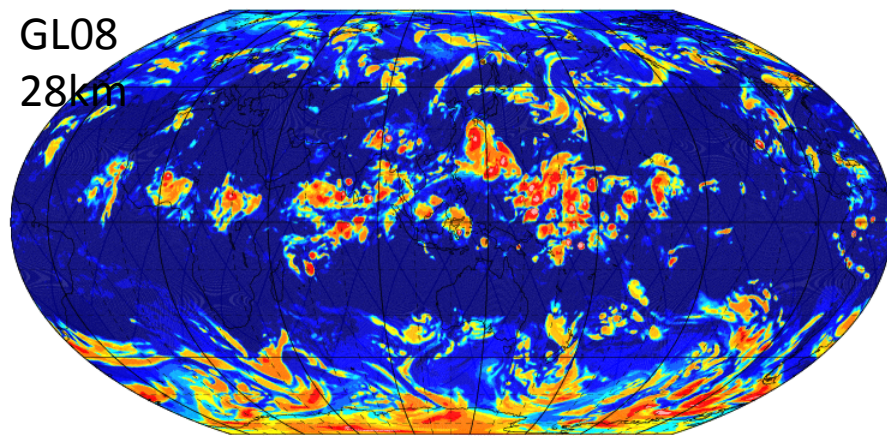
NICAM によりマッデン・ジュリアン振動(MJO) に伴う巨大雲集団の組織化、ゆっくりとした東進の再現, 積分開始後2週間後の現実的な台風経路・メソ構造の再現

Surface rain rate (mm hour⁻¹) by TRMM-TMI

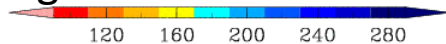


Surface rain rate (mm hour⁻¹) by NICAM



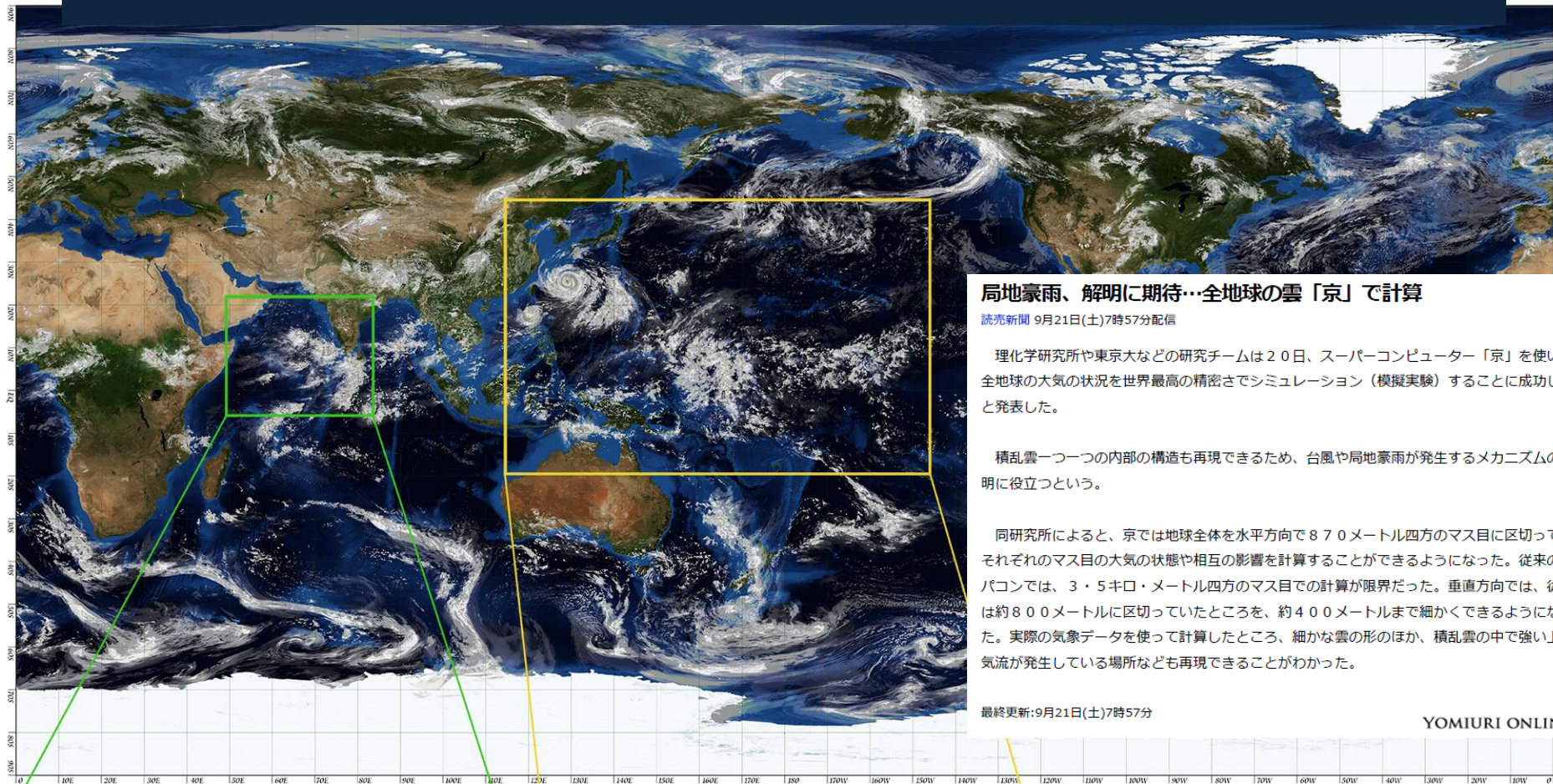


6UTC, 25 Aug. 2012



Miyamoto et al. (2013, Geophys. Res. Lett.)

870Mメッシュ全球雲解像シミュレーション



局地豪雨、解明に期待…全地球の雲「京」で計算

読売新聞 9月21日(土)7時57分配信

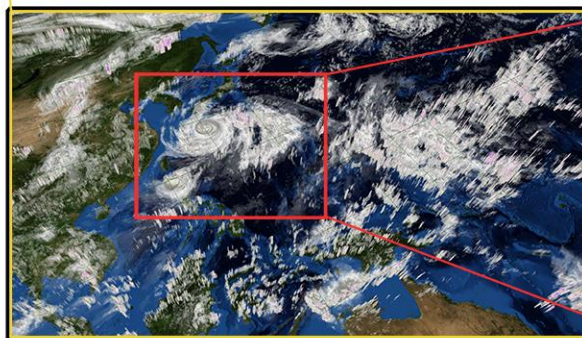
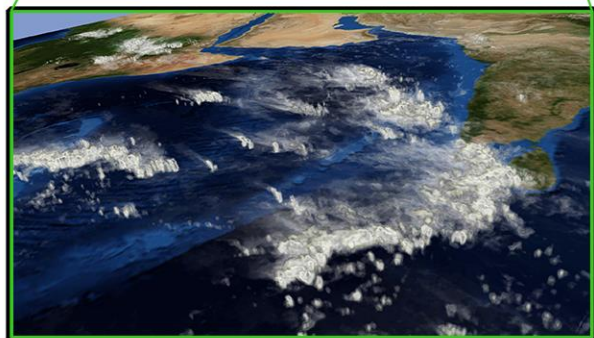
理化学研究所や東京大などの研究チームは20日、スーパーコンピューター「京」を使い、全地球の大気の状態を世界最高の精密さでシミュレーション（模擬実験）することに成功したと発表した。

積乱雲一つ一つの内部の構造も再現できるため、台風や局地豪雨が発生するメカニズムの解明に役立つという。

同研究所によると、京では地球全体を水平方向で870メートル四方のマス目に区切って、それぞれのマス目の大気の状態や相互の影響を計算することができるようになった。従来のスパコンでは、3・5キロ・メートル四方のマス目での計算が限界だった。垂直方向では、従来は約800メートルに区切っていたところを、約400メートルまで細かくできるようになった。実際の気象データを使って計算したところ、細かな雲の形のほか、積乱雲の中で強い上昇気流が発生している場所なども再現できることがわかった。

最終更新:9月21日(土)7時57分

YOMIURI ONLINE

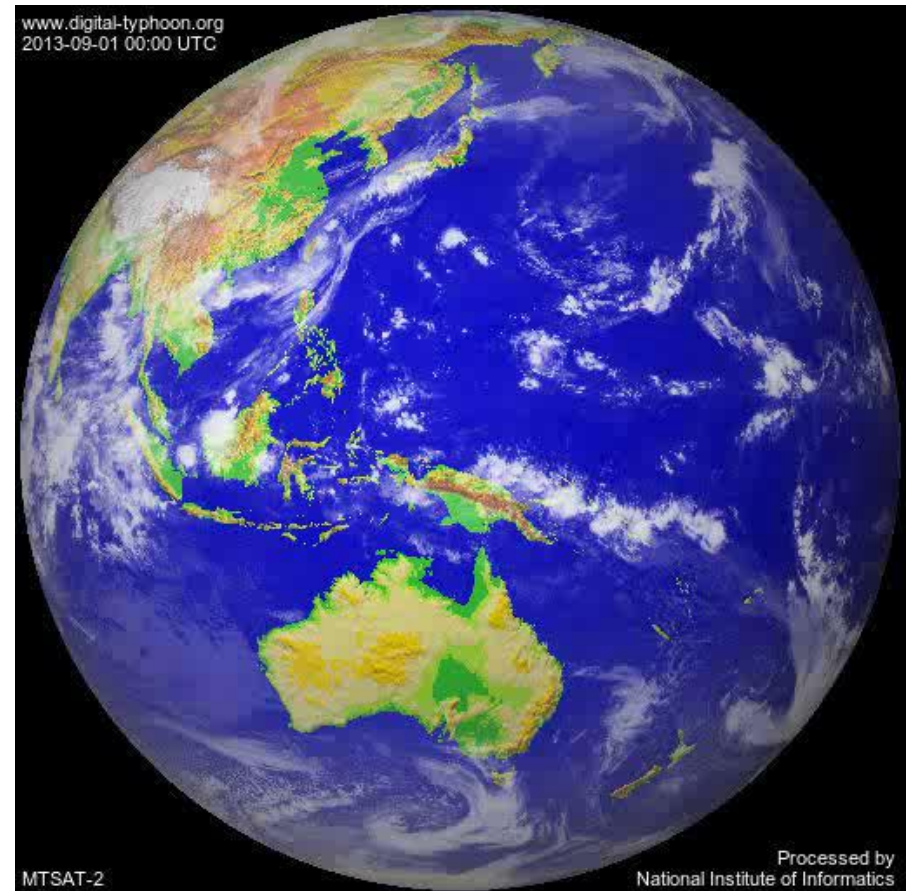


戦略分野3 気象・全球課題 NICAM計算のアプローチ

- 超高解像度化:「京」ほぼ全システムの利用
 - 全81920ノード、全球 870mメッシュ、1-2日計算
 - 収束性、台風詳細構造、対流発生ポテンシャルH25年度、重点課題採択
- 事例実験:中規模ノードを並列的に多数利用
 - 640~10240ノード、全球3.5、7、14 kmメッシュ計算
 - 1か月実験。延長予報
 - 1事例の計算を、普遍的な知見へ
 - 2004年、2012年台風; 冬期の季節内振動(マッデンジュリアン振動)H24年度、優先課題採択
- 長時間計算:一定ノードを継続的に利用
 - 640~10240ノード、全球7、14 kmメッシュ計算
 - 5-20年実験。温暖化実験。台風変化H25年度下半期、加速枠課題採択

2013年9月

- 台風の発生要因
 - 偏東風波動
 - モンスーントラフ
 - 季節内変動



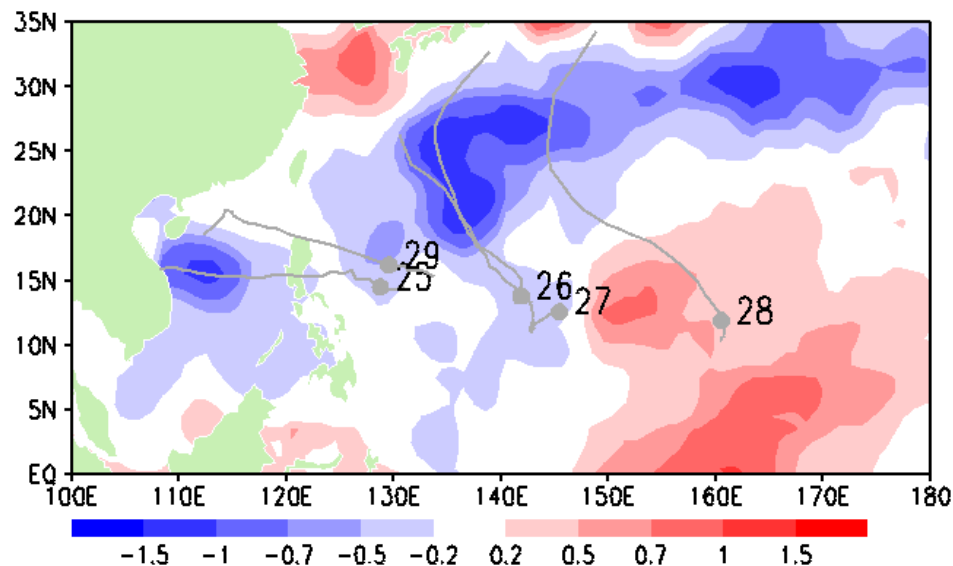
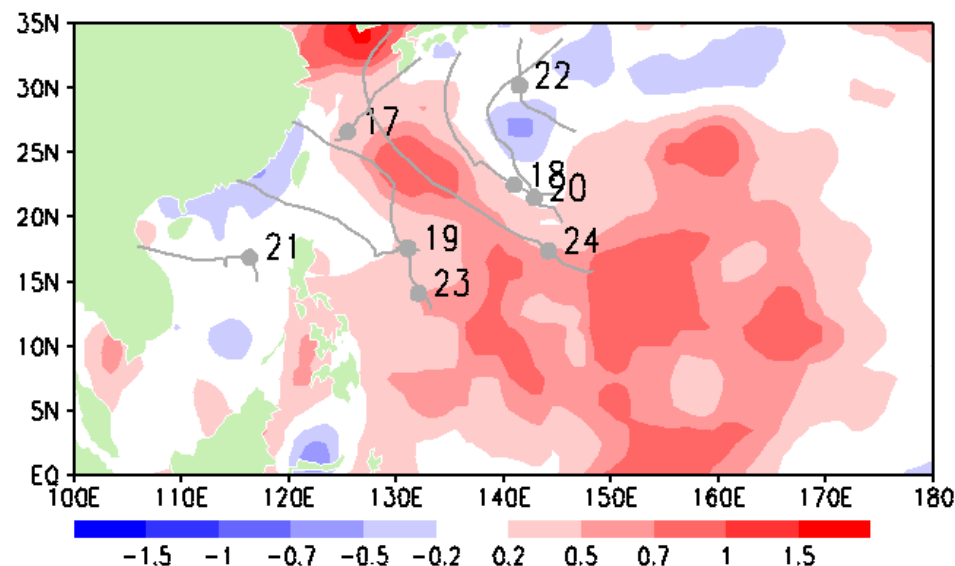
デジタル台風

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/archive/monthly/>

海面水温偏差と台風発生位置・経路

2013年9月偏差

2013年10月偏差



カラー: 2013年9/10月のSST偏差

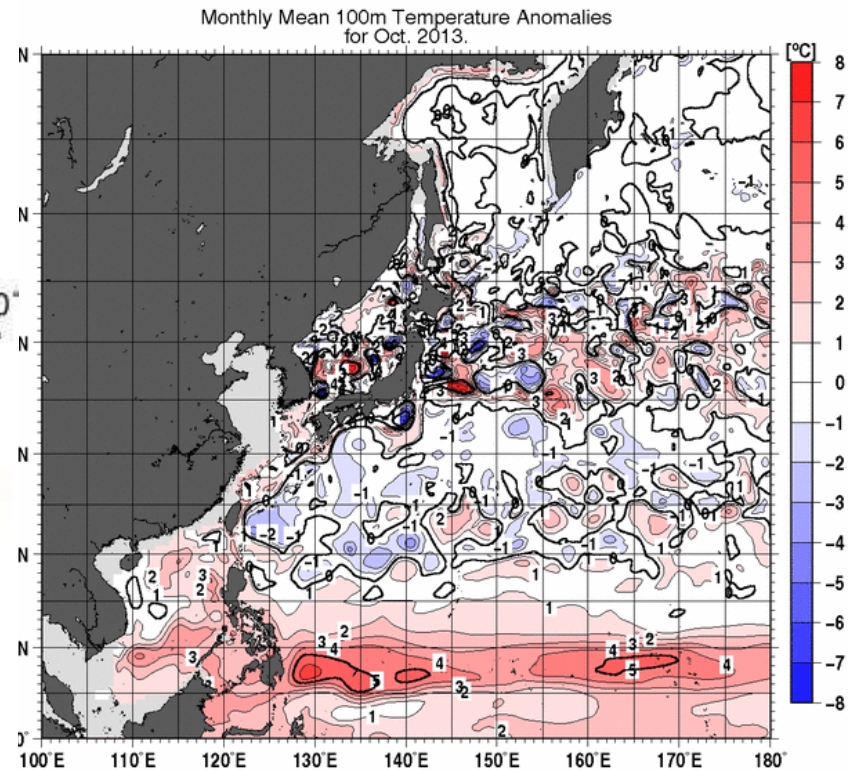
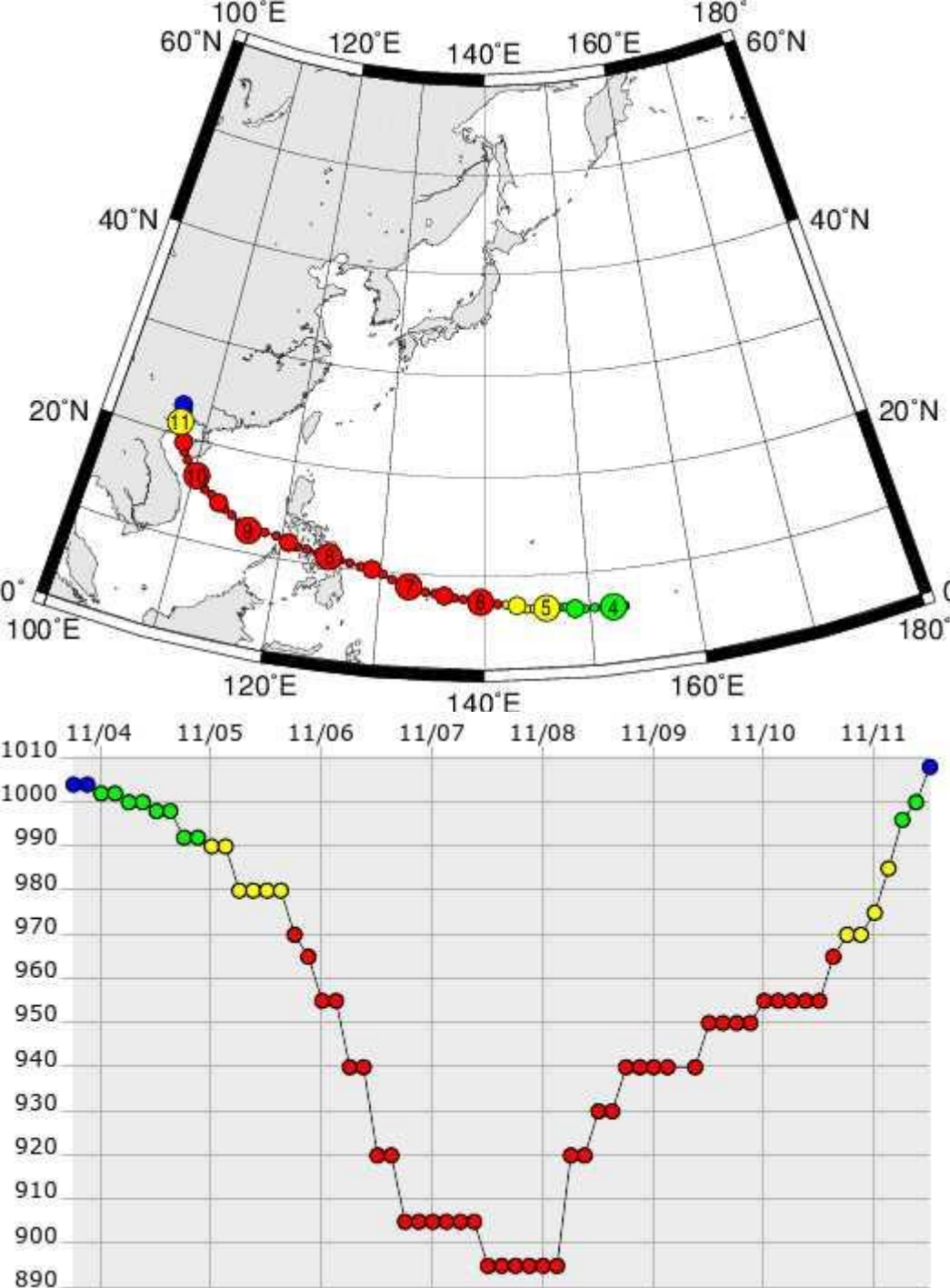
(1990-2013年の平均、Reynolds OISST)

灰色線: ベストトラック(数字は台風の番号、JTWC)

(K)

9月: 西～中央太平洋でやや高め
10月: 中央太平洋でやや高め、西太平洋で低め

台風30号HAIYAN



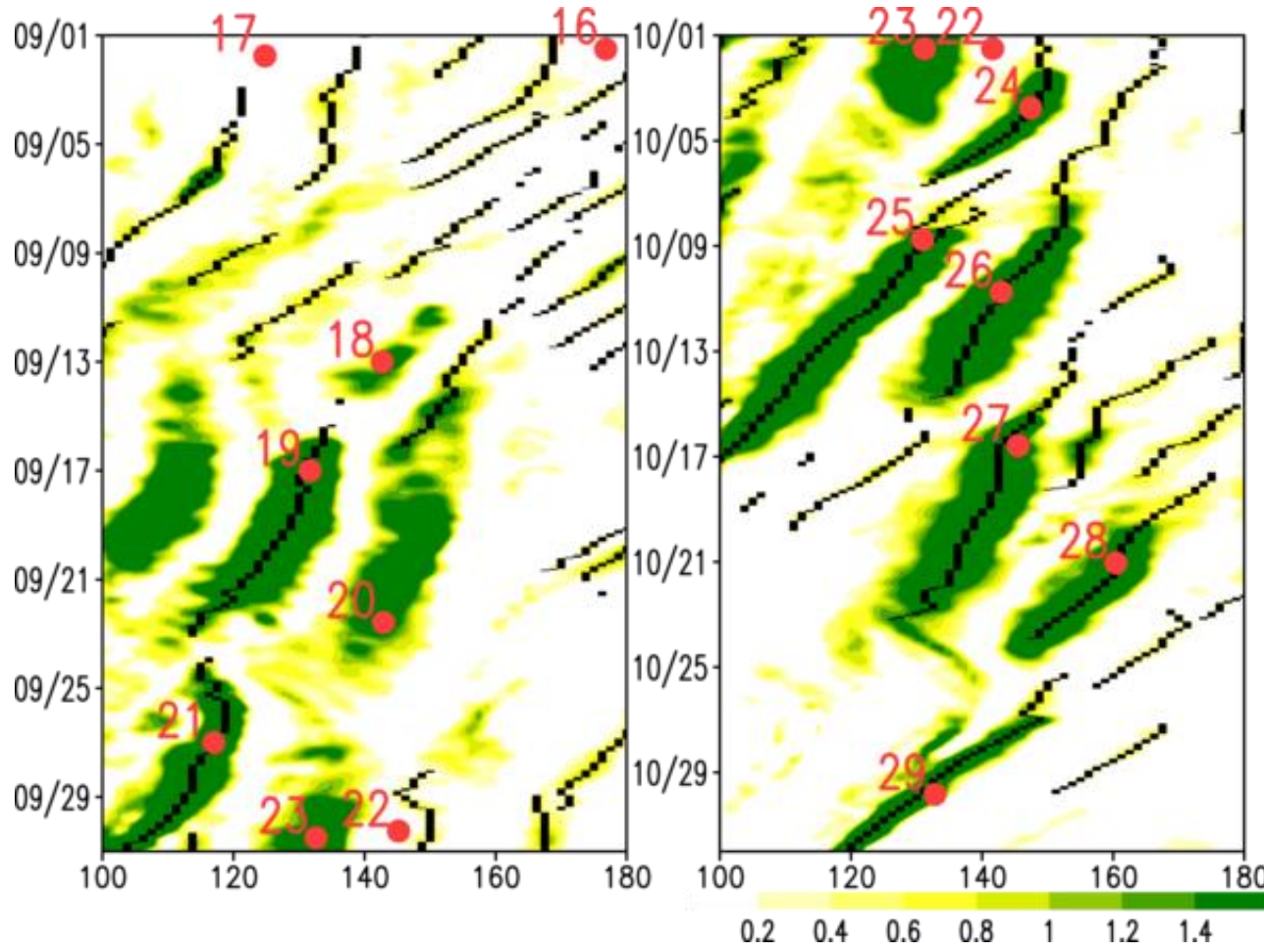
海洋100mの海水温偏差
(気象庁)

西方伝搬擾乱(偏東風)のトラッキング

<9月1-30日>

<10月1-31日>

2013年



カラー: 渦度700hPa
(10-20N平均)

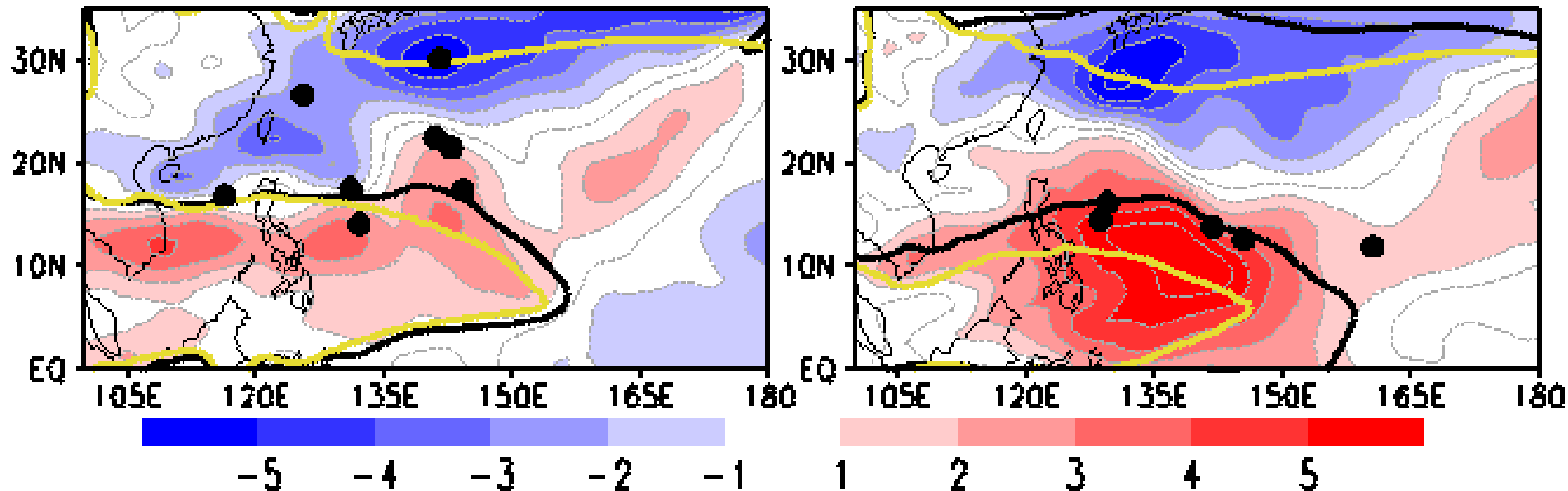
黒線: トラッキング
された擾乱(偏東風)
赤点: 台風発生位置

9月: 台風発生に偏東風が関係するものは**少ない**
10月: 台風発生に偏東風が関係するものは**多い**

Monsoon westerly

GPI: 9月

GPI: 10月



カラー: 2013年9/10月の東西風偏差

黒線: $u(2013)=0\text{m/s}$, 黄色線: $u(\text{clim})=0\text{m/s}$

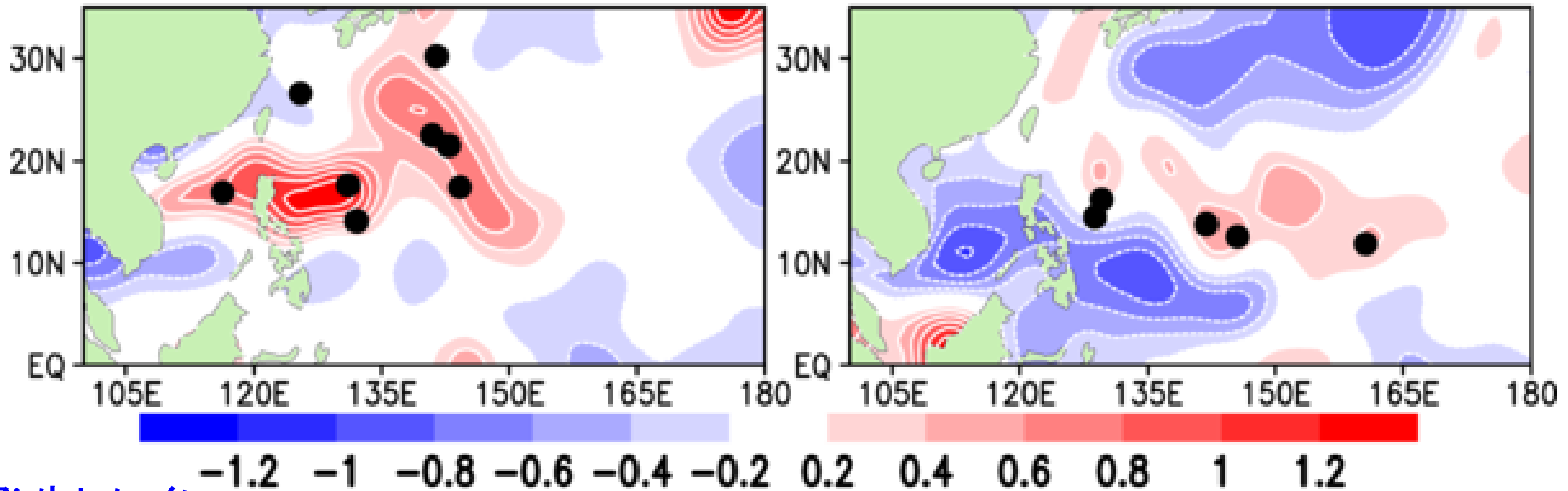
黒点: 台風発生位置(JTWC)

9月: 西風の張り出しは平年並み、強度は強い
10月: 平年より約10度東に張り出している

2013年9-10月の台風発生ポテンシャル

GPI: 2013/09

GPI: 2013/10



発生しやすい

発生しにくい

GP (Genesis potential): 台風発生ポテンシャル

渦度、相対湿度、鉛直シア、成層安定度の組み合わせで表される。

カラー: 2013年9/10月のGP偏差 (1980-2009年平均からの差を規格化、JRA25)

黒点: 台風発生位置 (JTWC)

高GP領域と台風発生位置は対応

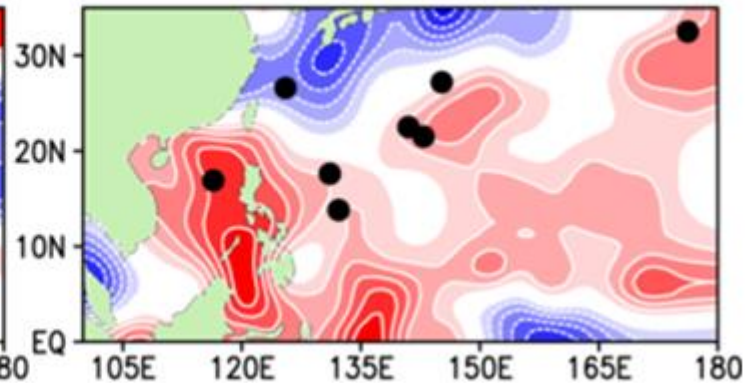
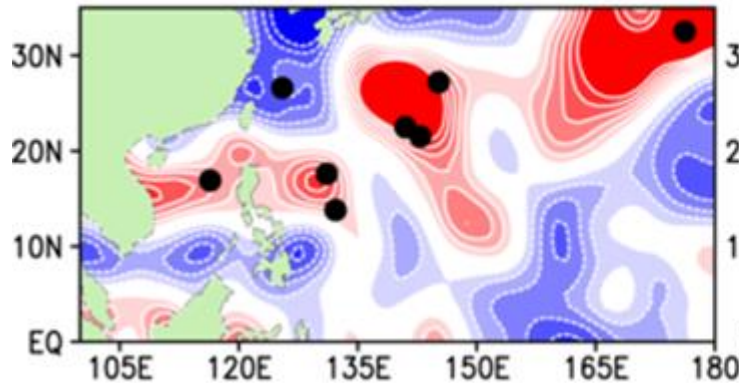
GPの各構成要素

2013年9月

VOR:2013/09

RH:2013/09

渦度



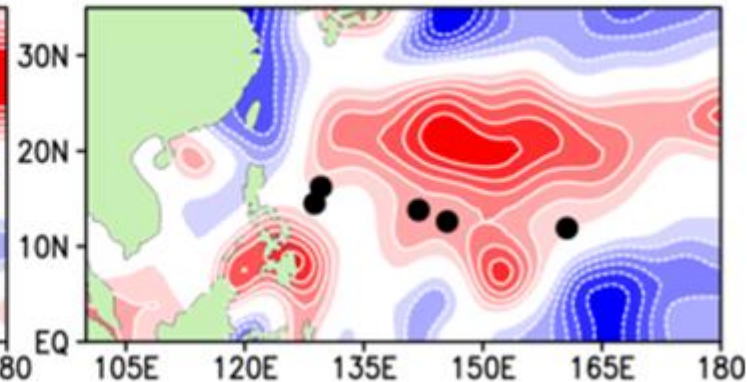
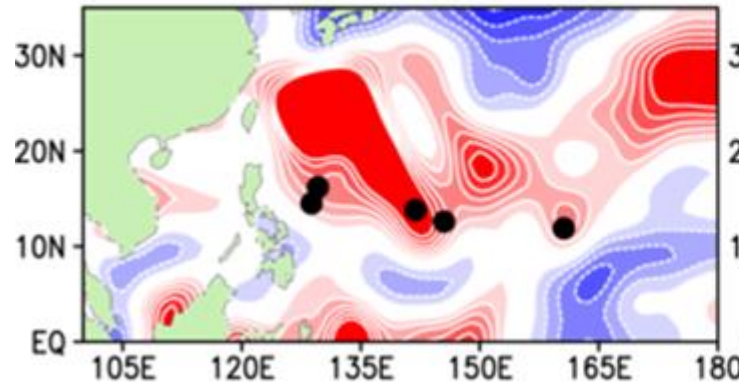
相対湿度

2013年10月

VOR:2013/10

RH:2013/10

渦度



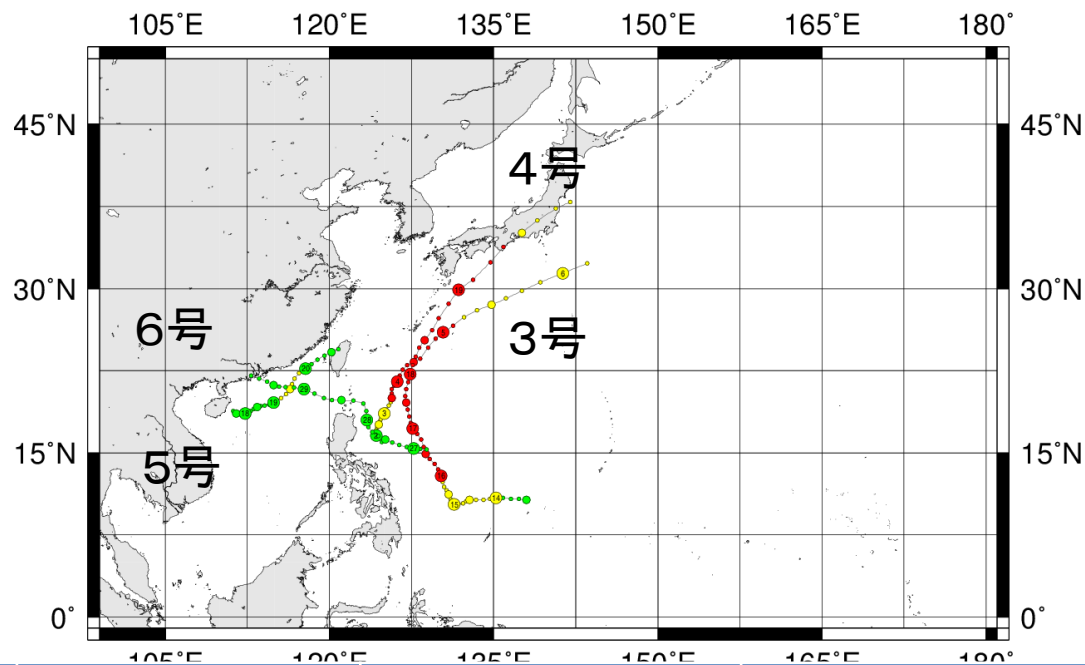
相対湿度

カラー: GP各構成要素の偏差

(1980-2009年の平均からの差を規格化、JRA25)

黒点: 台風発生位置(JTWC)

2012年6月の台風



台風番号	名前	発生日時(UTC)	消滅日時(UTC)	最低気圧(hPa)
201203	MAWAR	06-01 18:00	06-06 06:00	960
201204	GUCHOL	06-13 12:00	06-20 00:00	930
201205	TALIM	06-17 06:00	06-20 18:00	985
201206	DOKSURI	06-26 18:00	06-30 00:00	992

実験設定

使用モデル: NICAM (Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model)

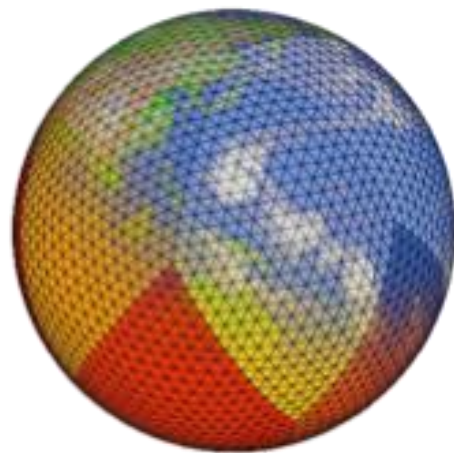
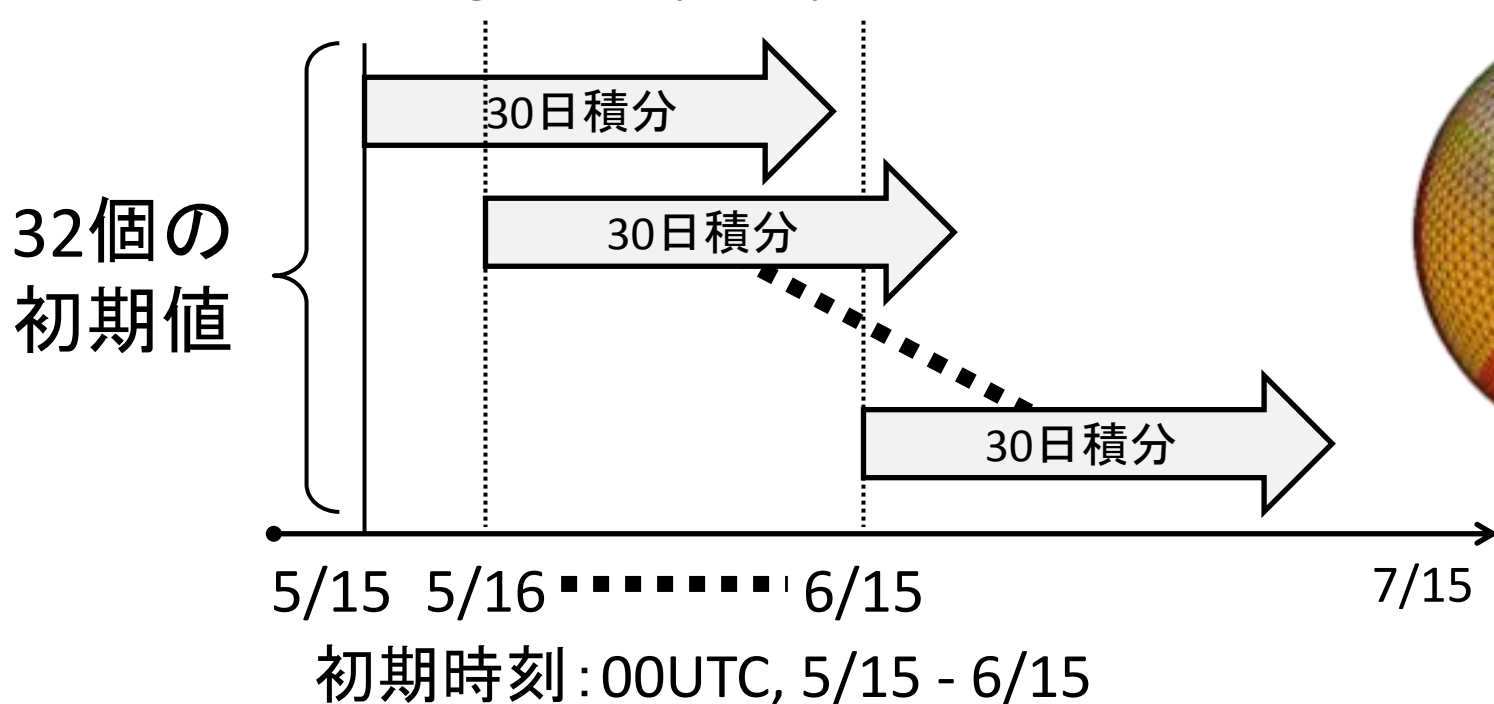
水平格子間隔14km相当, 鉛直38層,

積雲パラメタリゼーションを使わない

初期値:

大気: JMA-GPV/GSM, 海洋: Weekly-Reynolds SST

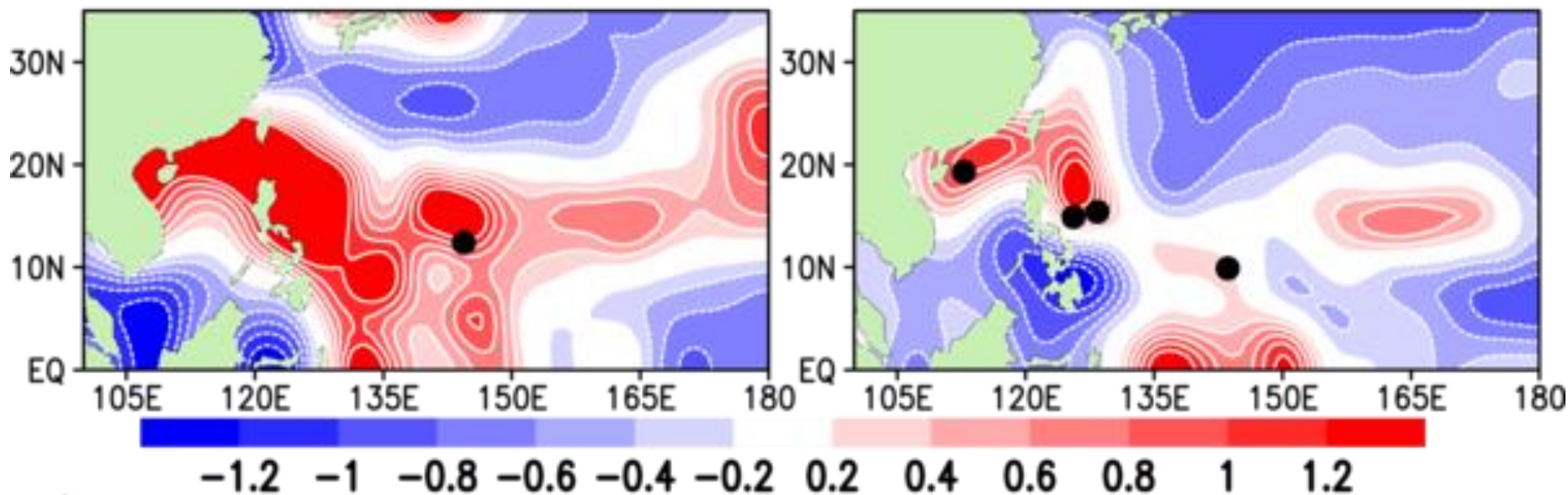
陸面: Long term spin-up of low resolution NICAM



2012年5-6月のGP(Genesis Potential)

GPI: 2012/05

GPI: 2012/06



発生しにくい

発生しやすい

カラー: 2012年5/6月のGP偏差
(1980-2009年平均からの差を規格化、JRA25)
黒点: 台風発生位置(JTWC)

5月: GPは高いが台風発生数が多い
(※5月はもともと発生数が少ない、平均1.1個)
6月: 高GP域は台風発生域、極端に高いわけではない

NICAMで再現された台風の発生とGP

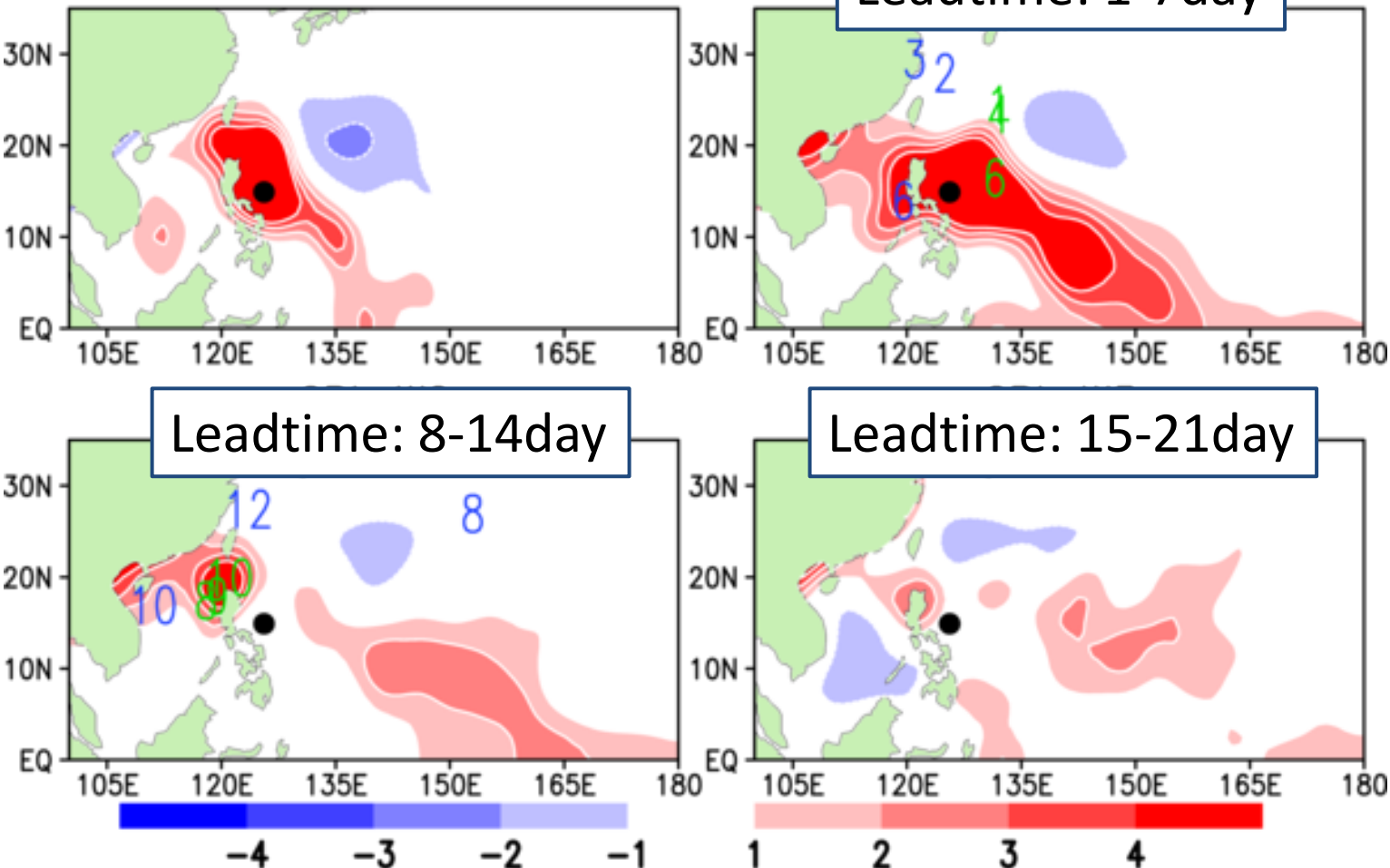
GPI: JRA

Leadtime: 1-7day

- ・LT=1-7day
GPの分布は
捉えている
- ・LT=8-14day
GPの分布を
ある程度再現
- ・LT=15-21day
GPの分布を
捉えていない

Leadtime: 8-14day

Leadtime: 15-21day



黒丸：台風3号 発生位置(6/1発生)

カラー：FT=5/29-6/4で平均したGPの偏差(7メンバーの平均)

数字：再現された台風のリードタイム(緑：HIT、青：False Alarm)

NICAMで再現された台風の発生とGP

GPI: JRA

Leadtime: 8-14day

- ・LT=8-14day
GPの分布を
ある程度再現
GPやや大きい

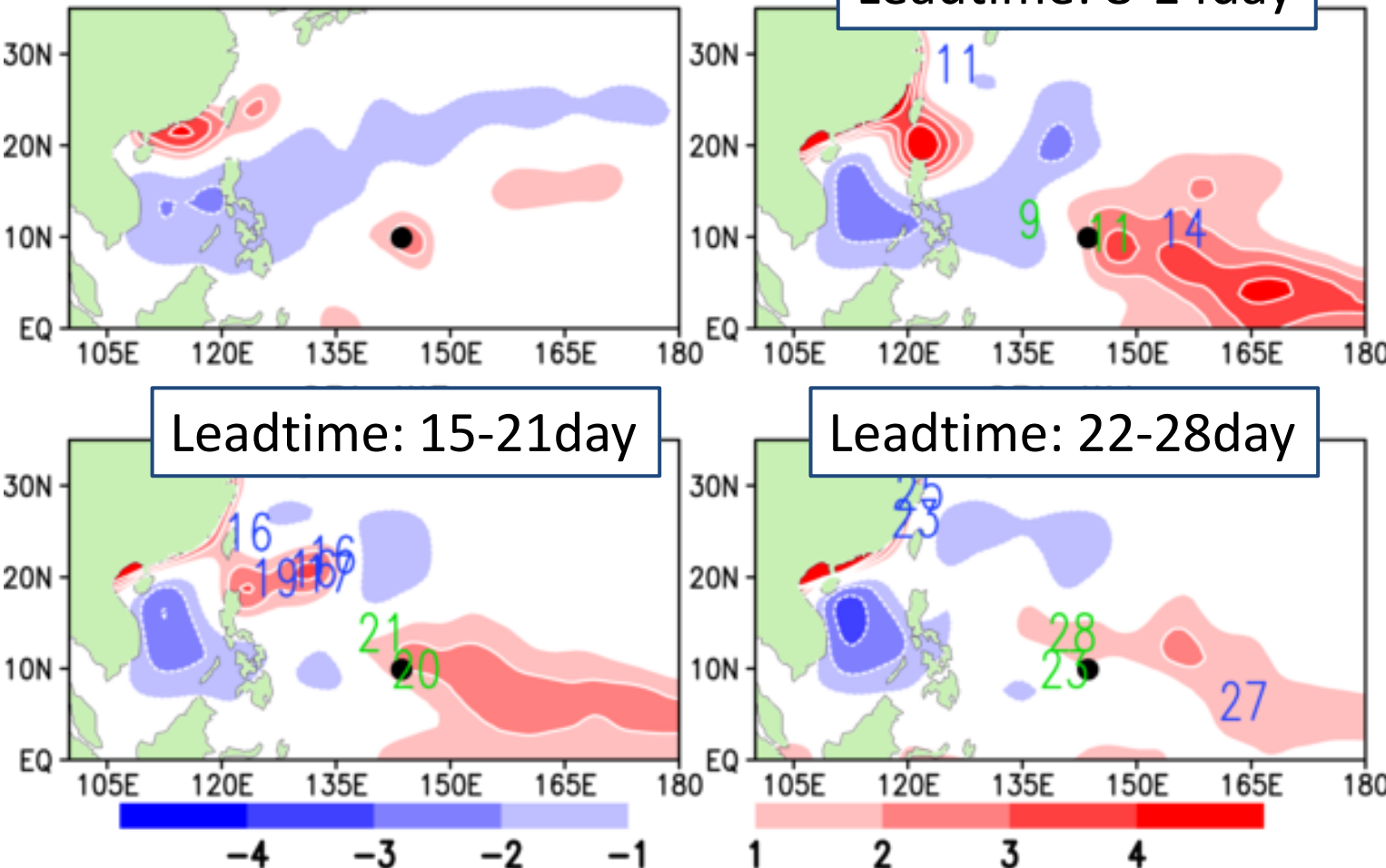
- ・LT=15-21day
高GP域と台風
発生が2地点で
見られる

- ・LT=22-28day
GPの分布はず
れるが、発生域
周辺で大きい

LT~28dayまで
似たような構造
=>ロバストか?

Leadtime: 15-21day

Leadtime: 22-28day



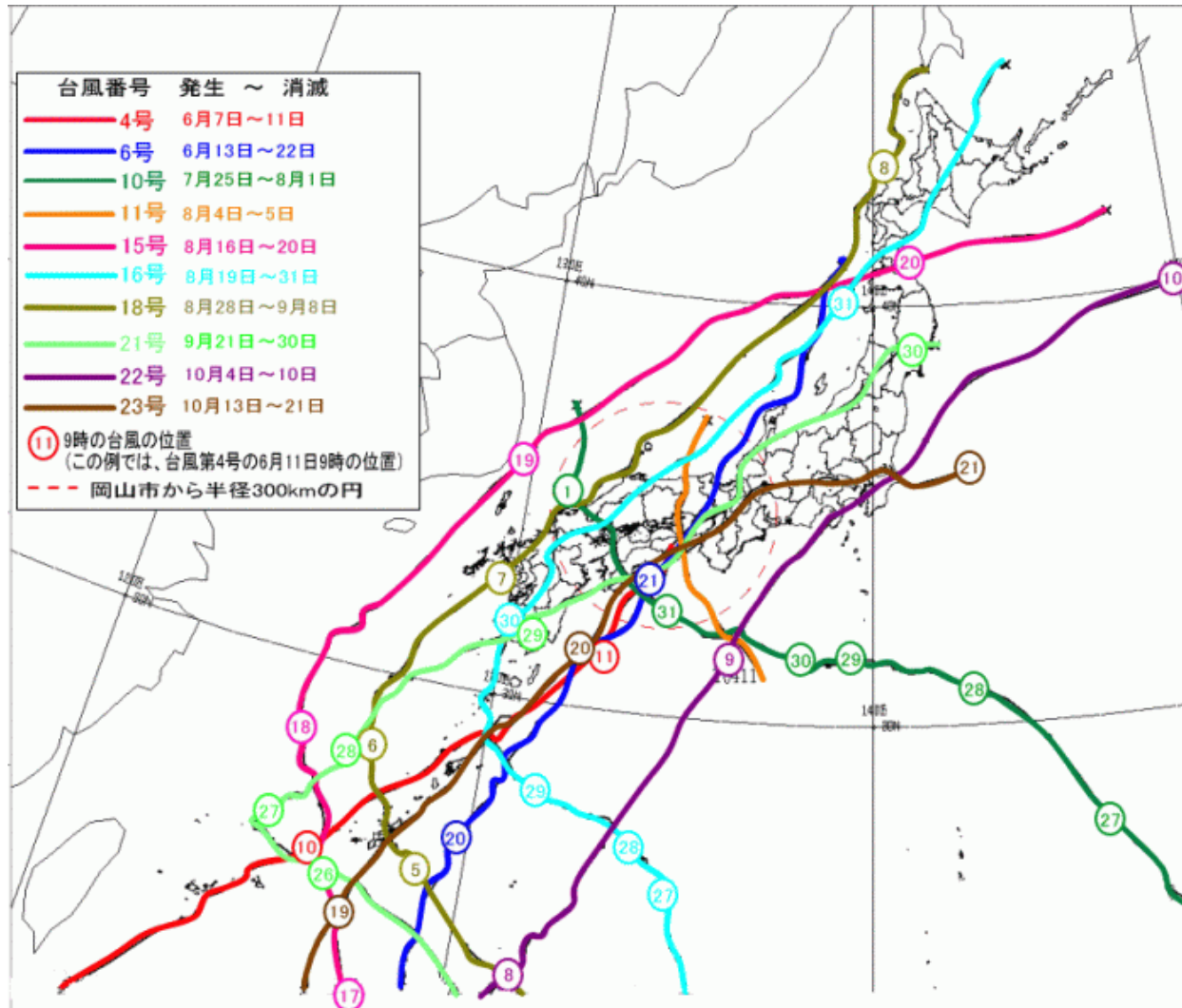
黒丸: 台風4号 発生位置(6/12発生)

カラー: FT=6/9-6/15で平均したGPの偏差(7メンバー平均)

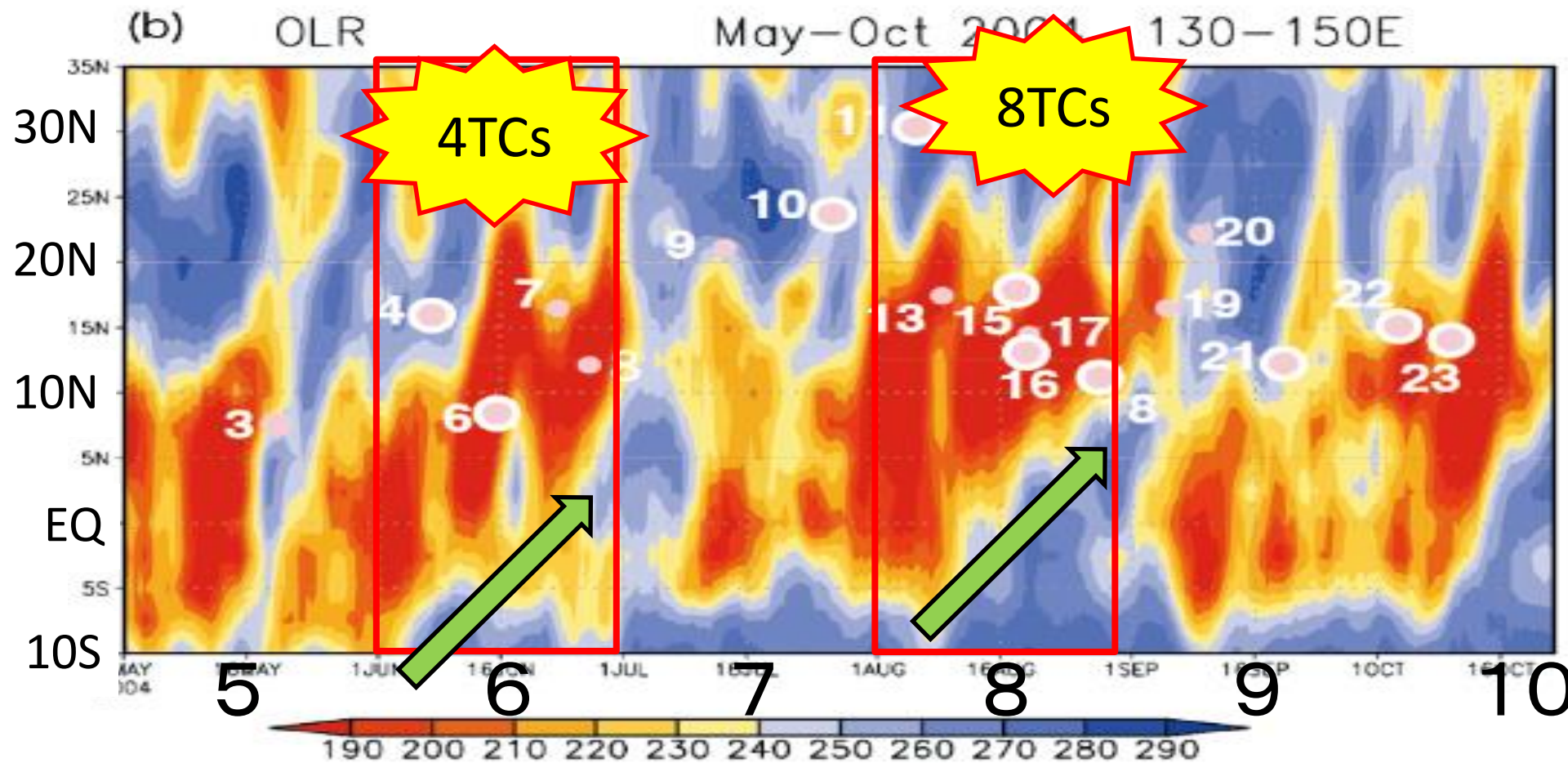
数字: 再現された台風のリードタイム(緑: HIT、青: False Alarm)

2004年の台風

観測史上、最多となる10個の台風が日本に上陸

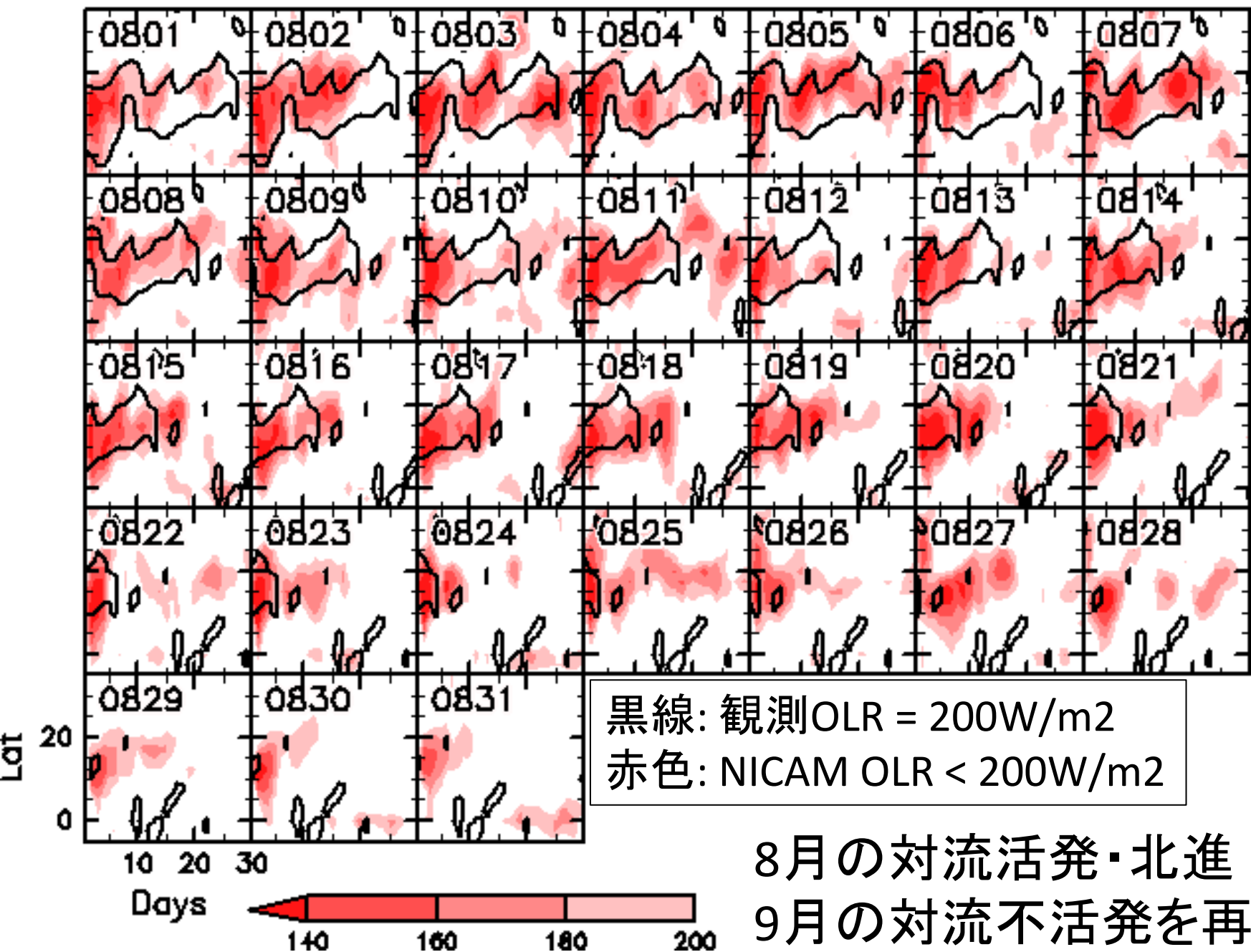


2004年の台風シーズン



Nakazawa (2006 SOLA)

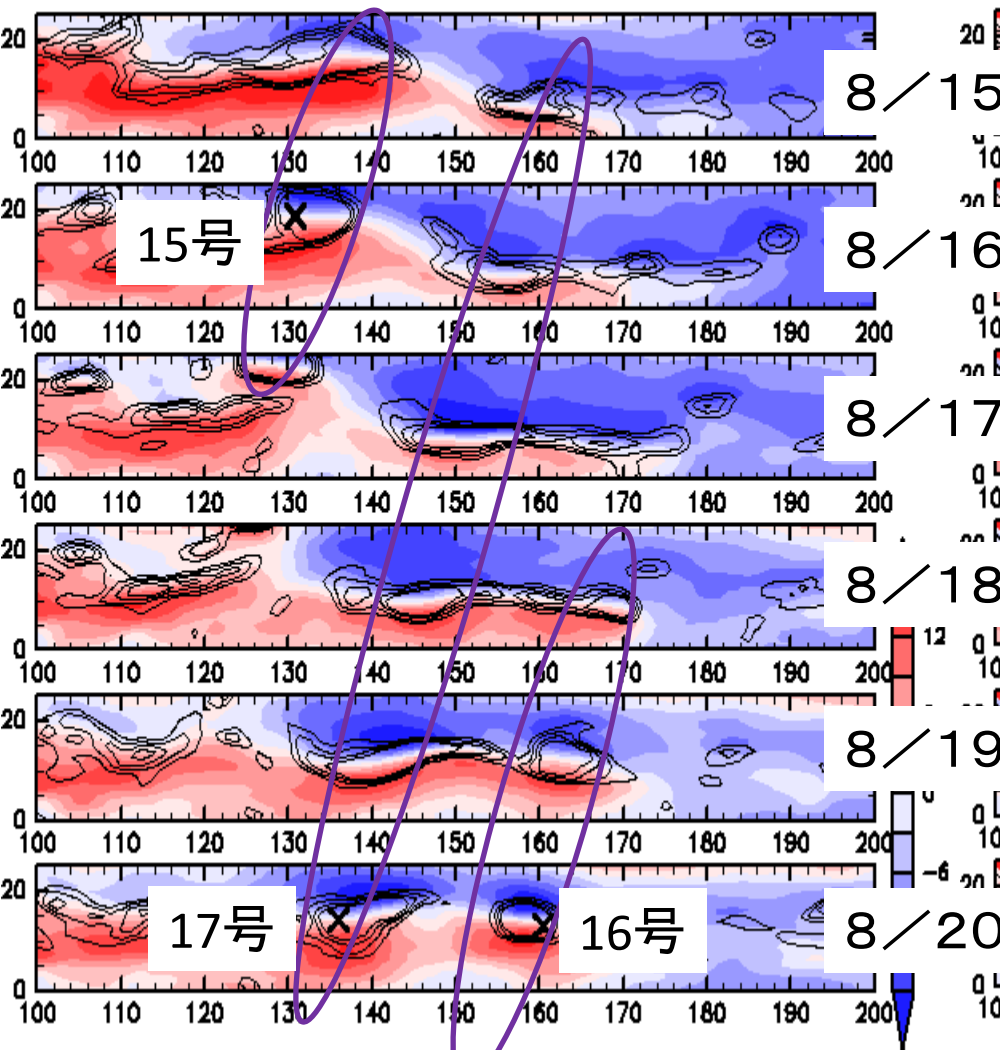
対流が活発で北進したときに台風多発



8月の対流活発・北進
9月の対流不活発を再現

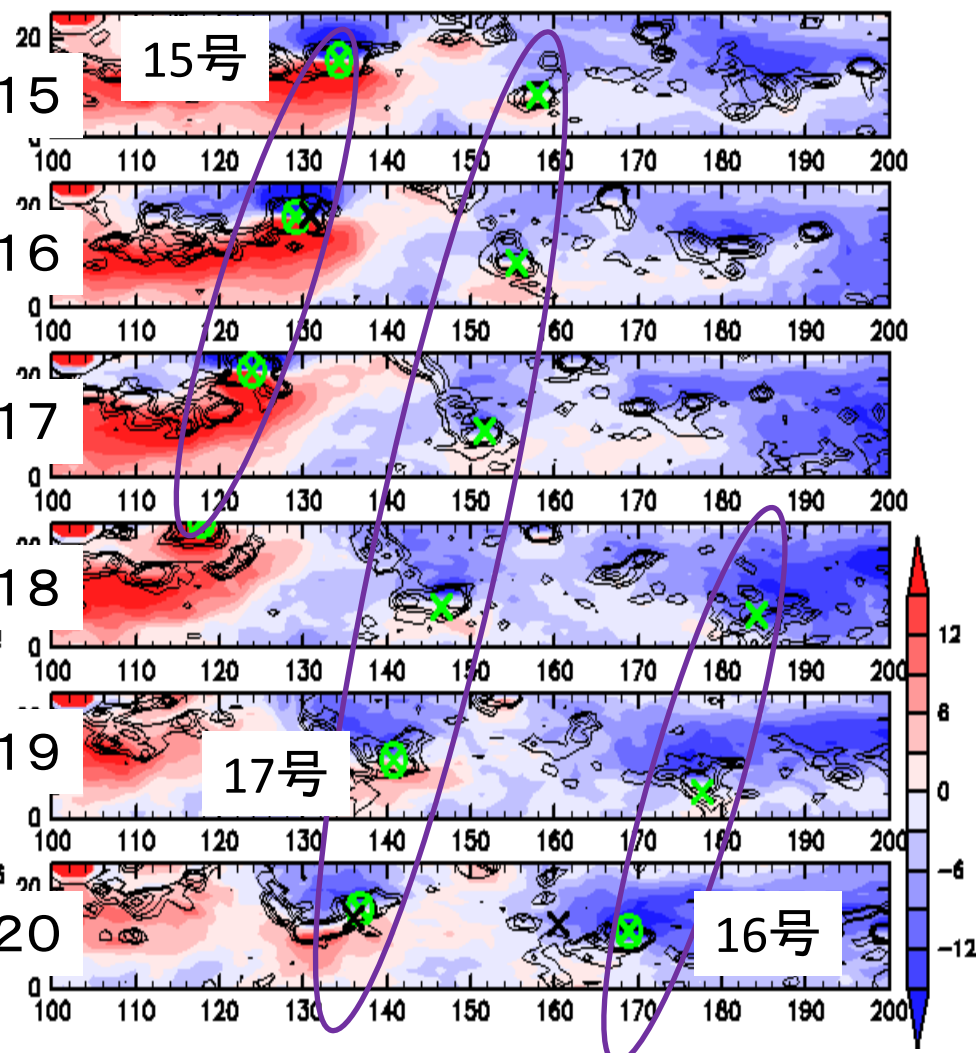
観測

JRA25 0815-0820 U & vort850



予測(8/4初期値)

NICAM i0804 0815-0820 U & vort850

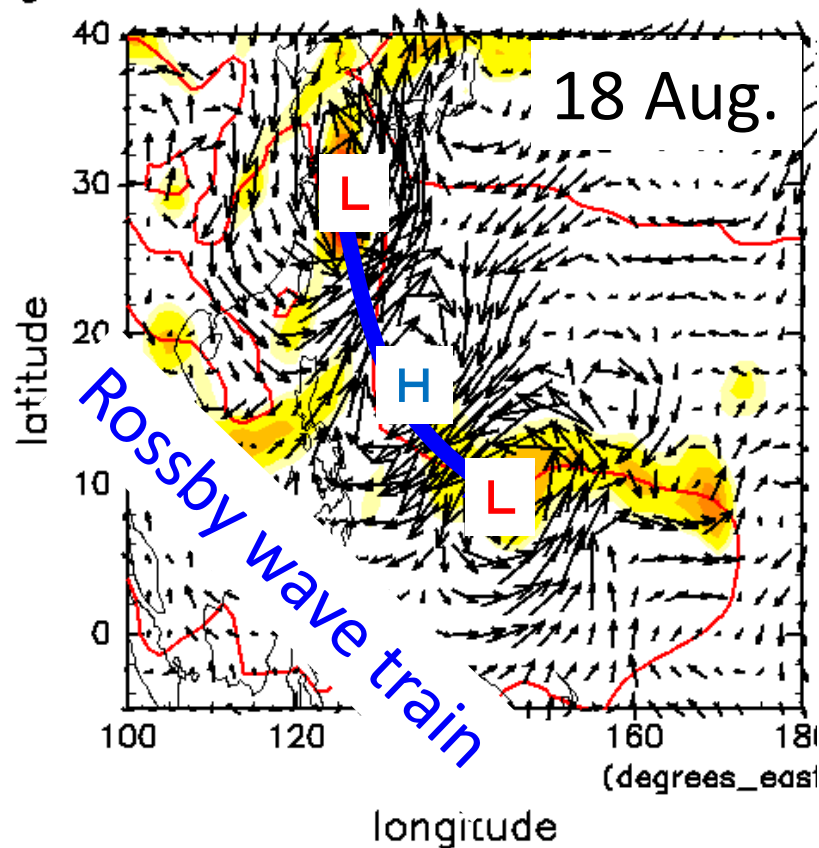


東からやってくる台風16号、17号の初期渦を良く再現

観測

JRA vort 3-8day u, v

(degrees_north)

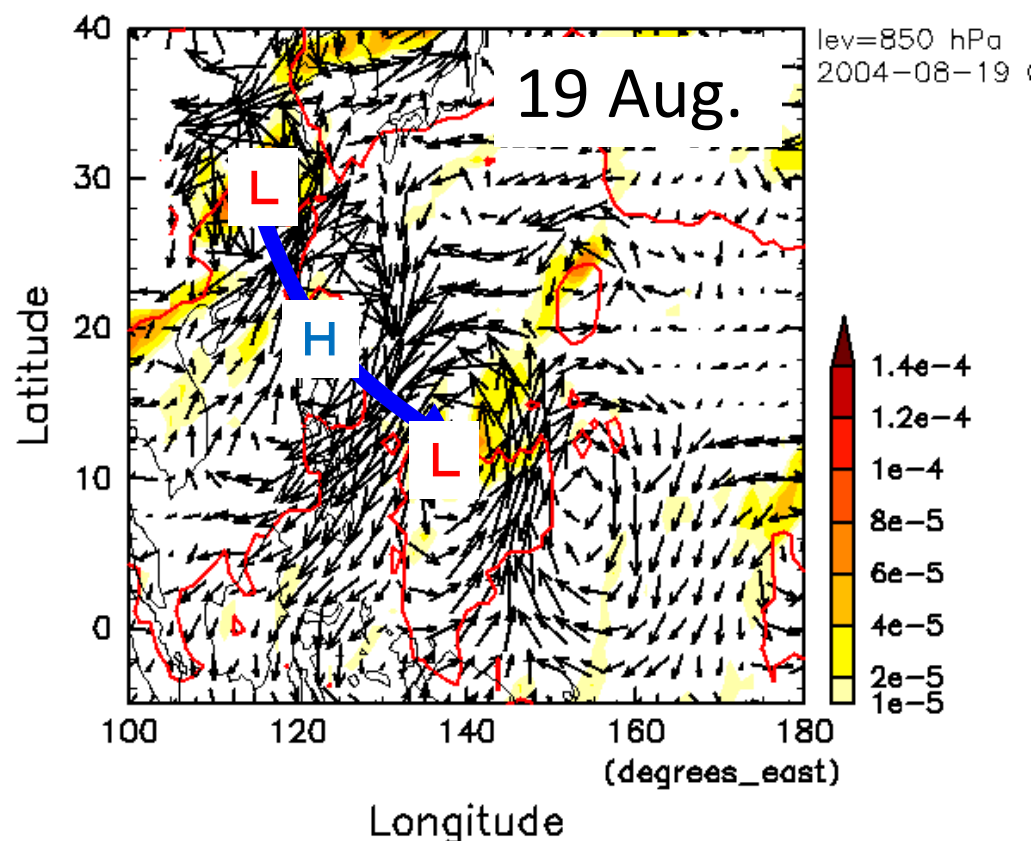


XUNIT = 5.000E+00, YUNIT = 5.000E+00

NICAM(8/4初期値 15日先)

3-8 day wind i0804 0819

(degrees_north)

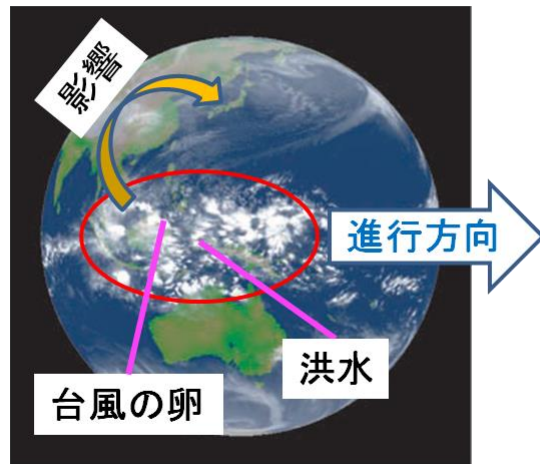


XUNIT = 5.000E+00, YUNIT = 5.000E+00

台風17号の発生
台風15号からのエネルギー伝搬の再現

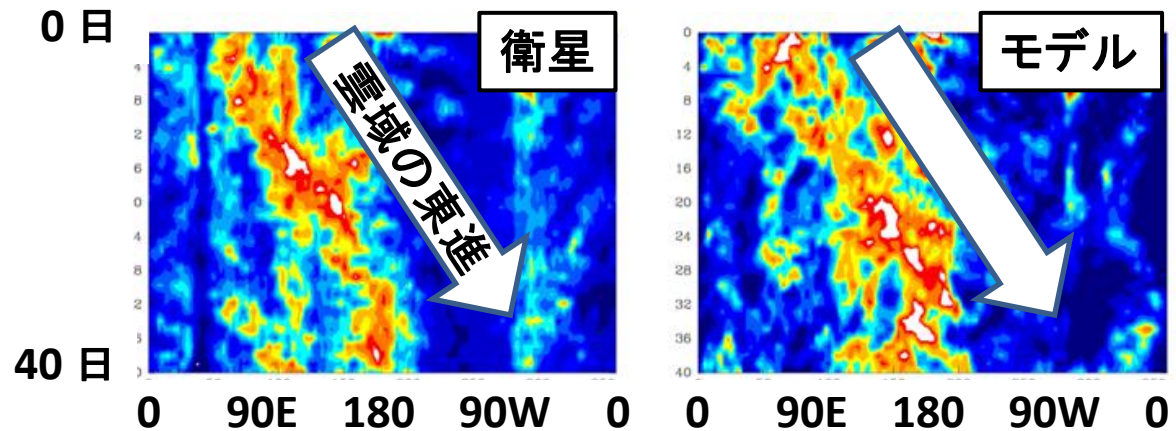
冬季：マッデン—ジュリアン振動(MJO)の予測

マデン＝ジュリアン振動（MJO）



Miura et al. 2007 *Science* に加筆

赤外放射(雲)の経度時間断面



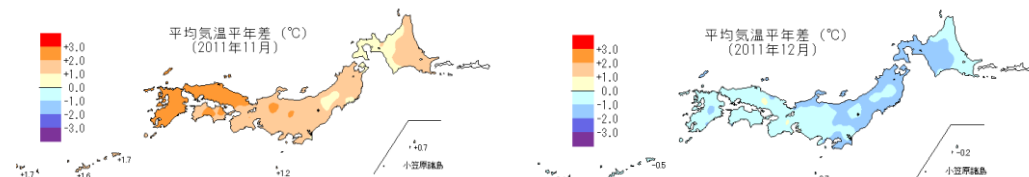
インドネシア洪水（2013年1月） リンゴ台風（1991年9月、19号）



MJOが社会にもたらす主な影響

- 熱帯の降水に対して支配的な影響
⇒ 洪水など
- 台風の発生
- 大気の波を通じた中緯度への影響
⇒ 熱波/寒波など

記録的な暑さの2011年11月 ⇒ 一転 寒い12月



(気象庁報道発表資料: 月平均気温の平年差)

計算結果例 (MJO 40日予測実験)

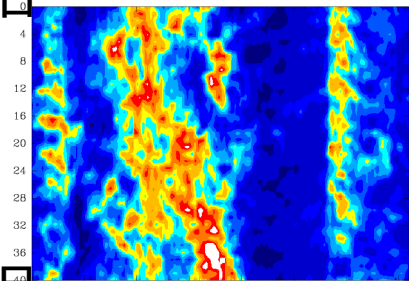
雲の経度時間断面

衛星観測

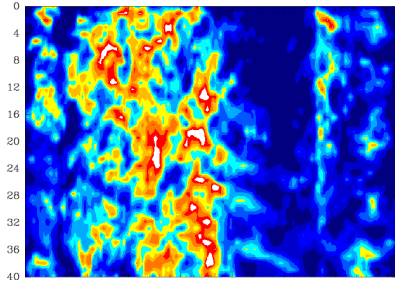
NICAM

0 日

E-W Hovmoller, NOAA-OLR



E-W Hovmoller, ss_lwu_toa, z=1

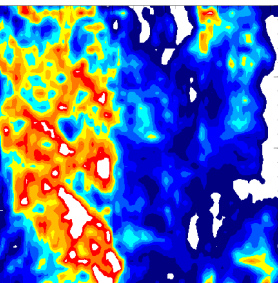
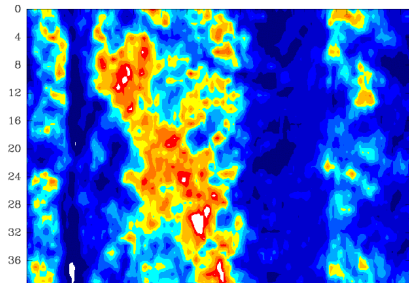


40 日

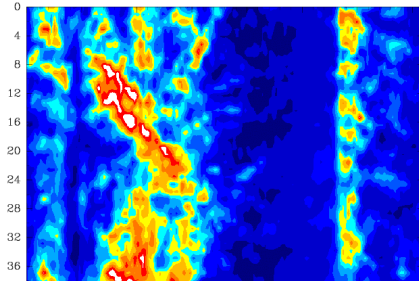
0 90E 180 90W 0

0 90E 180 90W 0

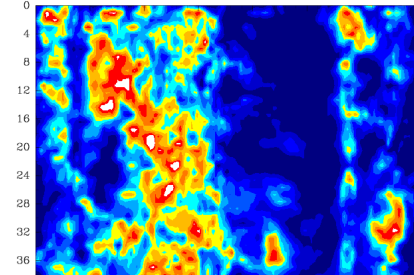
E-W Hovmoller, NOAA-OLR



E-W Hovmoller, NOAA-OLR

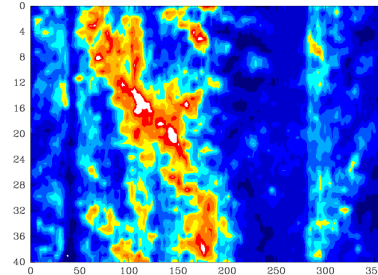


E-W Hovmoller, ss_lwu_toa, z=1

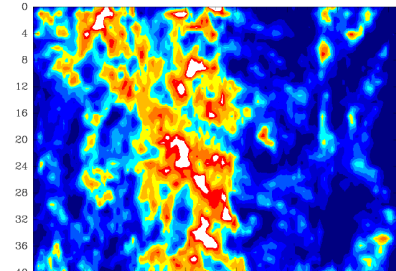


168 196 224 252 280

E-W Hovmoller, NOAA-OLR

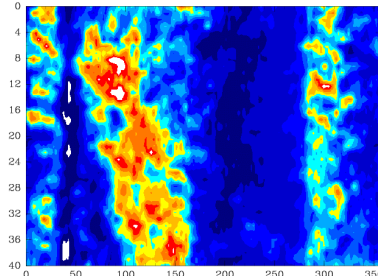


E-W Hovmoller, ss_lwu_toa, z=1

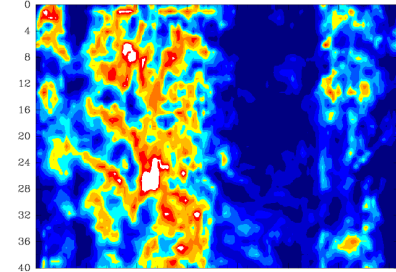


168 196 224 252 280

E-W Hovmoller, NOAA-OLR

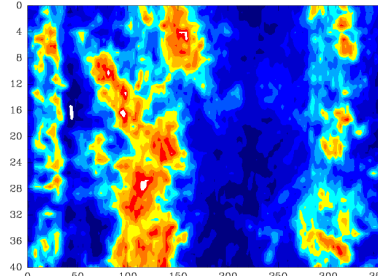


E-W Hovmoller, ss_lwu_toa, z=1

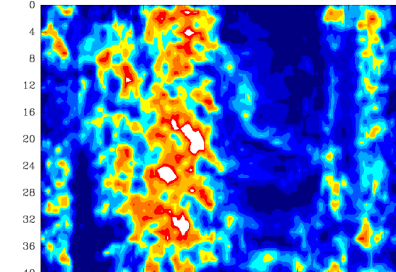


168 196 224 252 280

E-W Hovmoller, NOAA-OLR

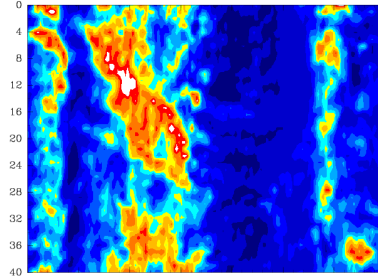


E-W Hovmoller, ss_lwu_toa, z=1

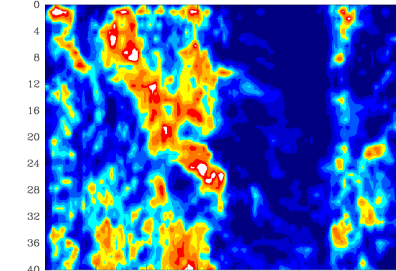


168 196 224 252 280

E-W Hovmoller, NOAA-OLR

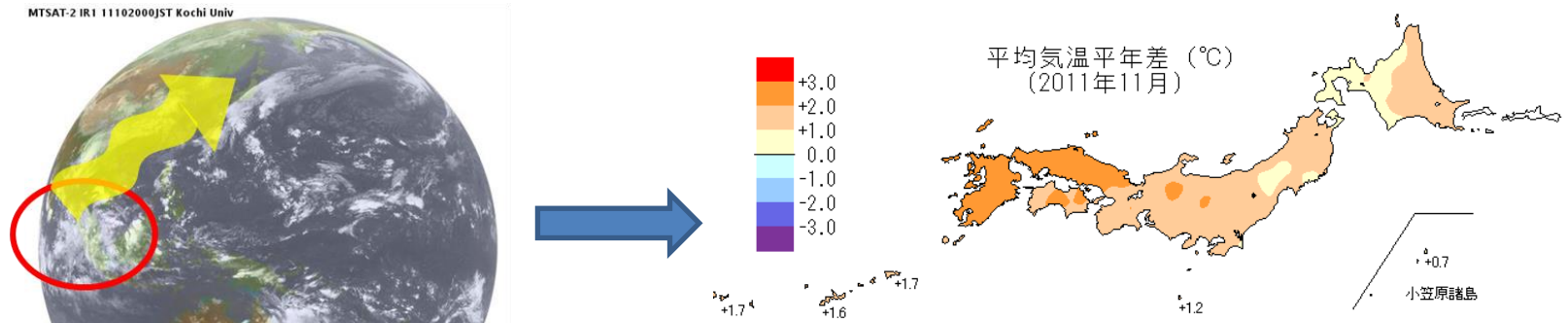


E-W Hovmoller, ss_lwu_toa, z=1



168 196 224 252 280

MJO と 日本の寒暖傾向予報

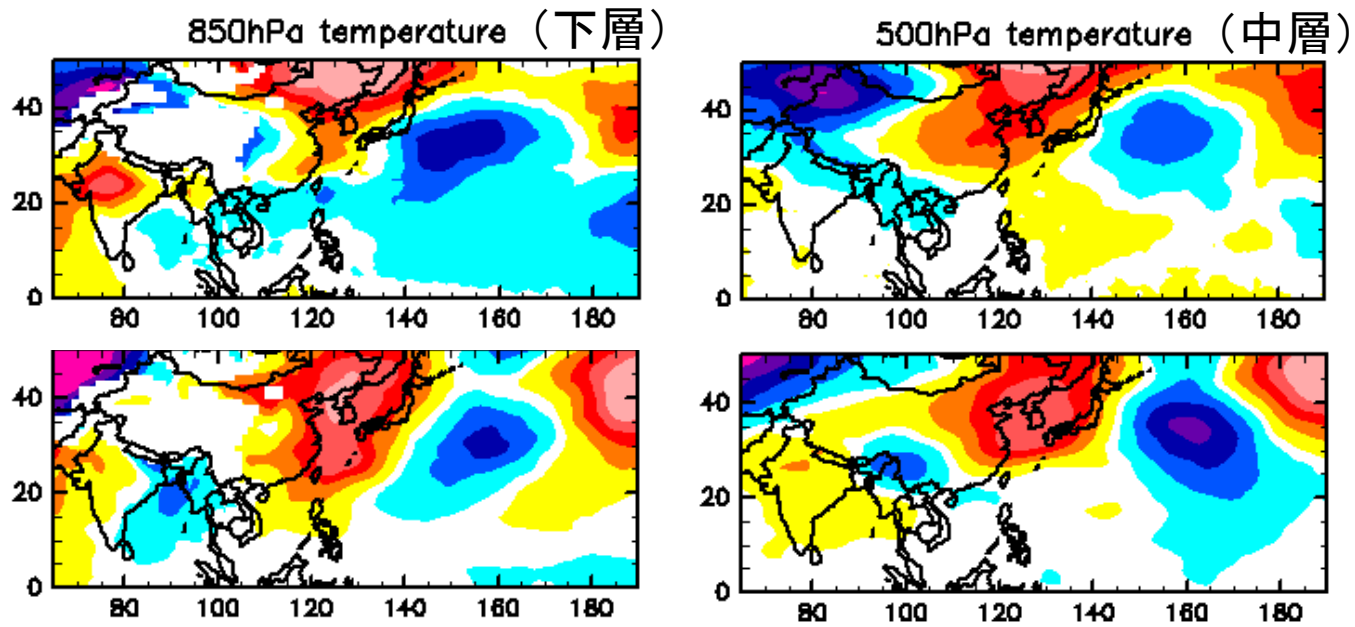


2011年11月 MJOがインド洋で大きく発達
持続的な加熱の影響が波として日本に伝わり
記録的な暑さに。 11/20 に神奈川で25.9°Cなど

11月上旬～中旬の平均気温(平年差)

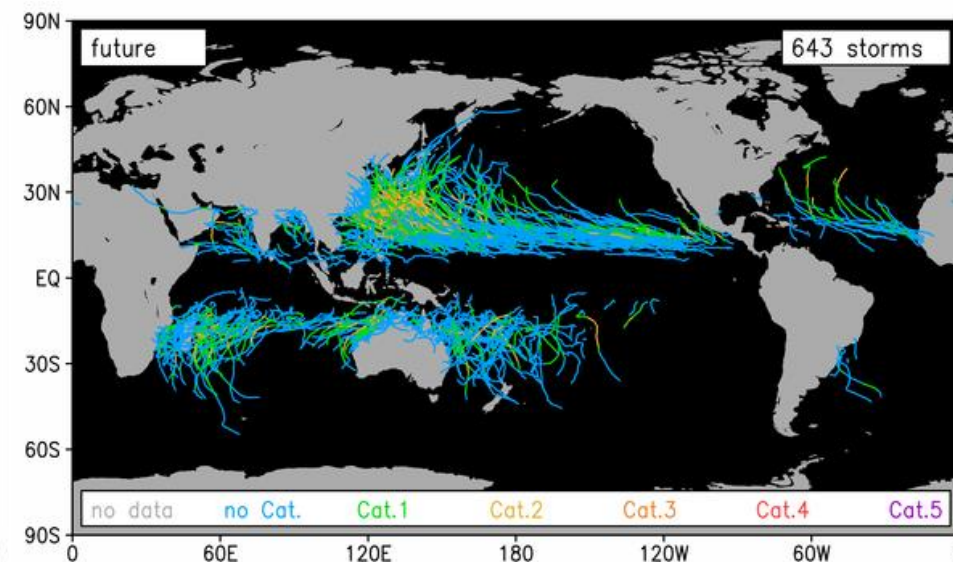
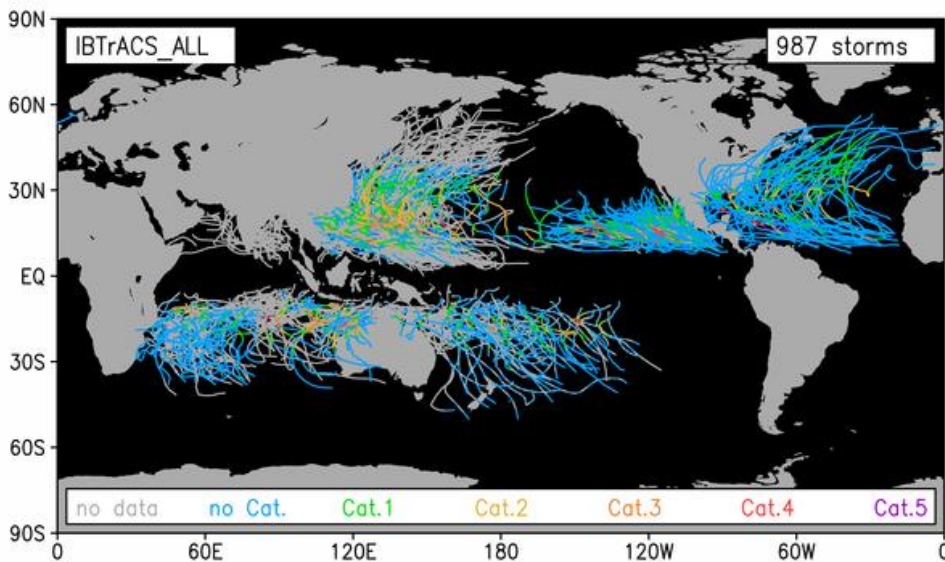
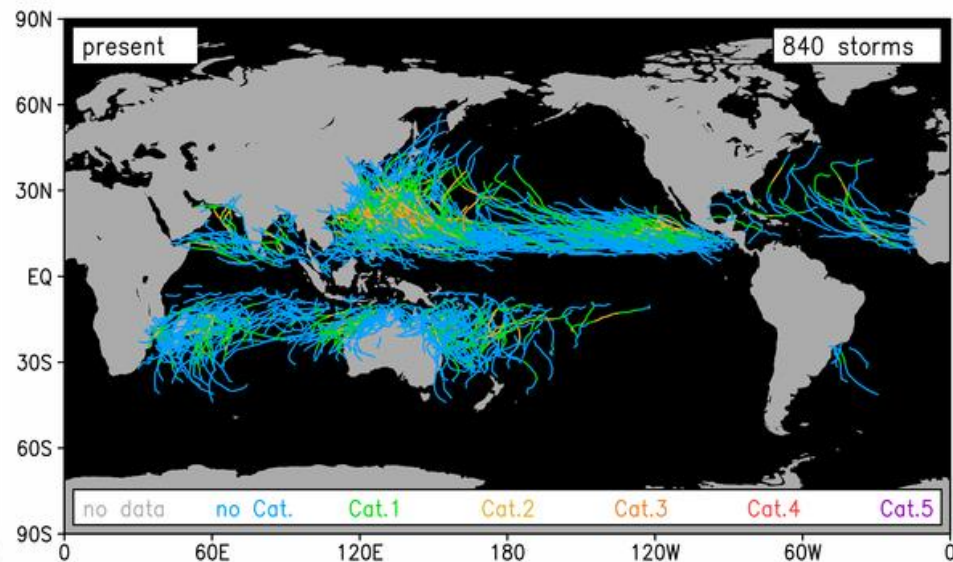
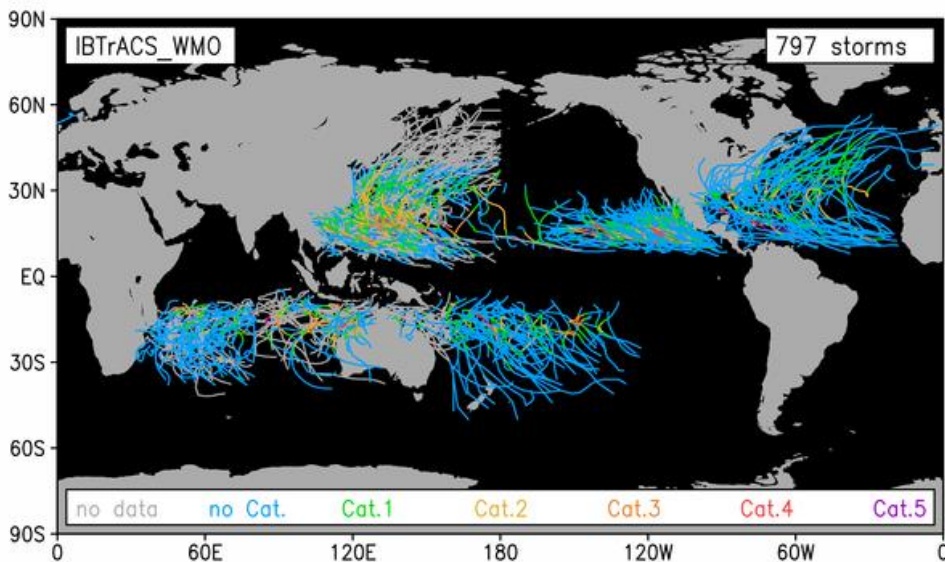
2011年10/10 開始
の予測 (NICAM)

観測 (JRA-55)



熱帯低気圧の将来変化

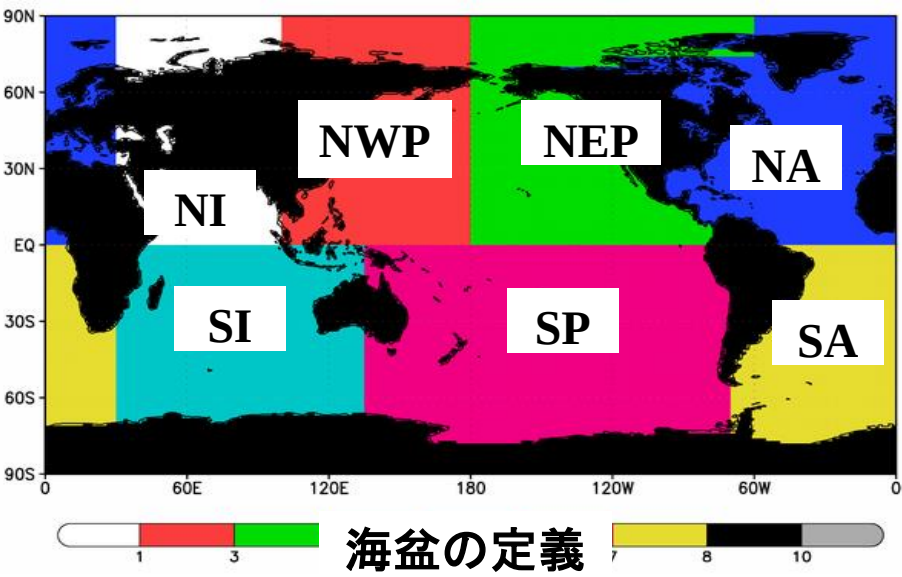
NICAM10年積分(現在気候・将来気候)の解析



海盆ごとの発生頻度

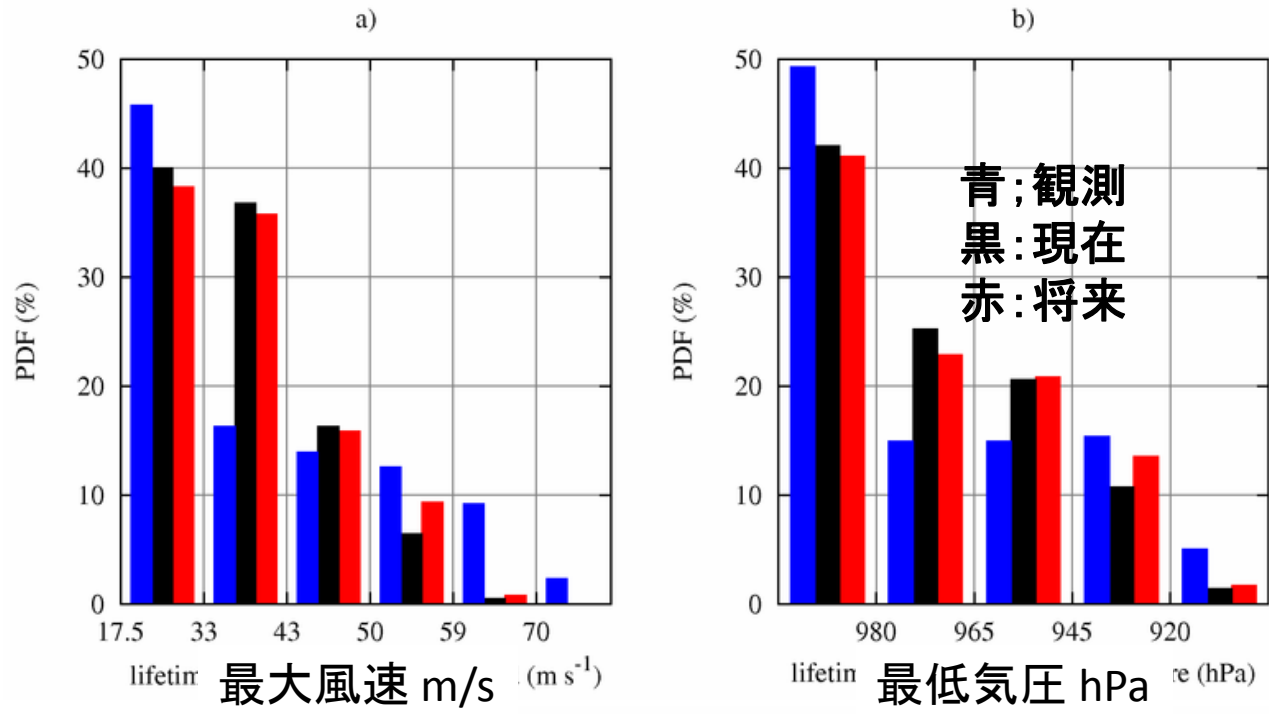
NICAMによる予測計算

- 全球で減少
- ほぼすべての海盆で減少
- 中央太平洋は増加
(150W-150E)

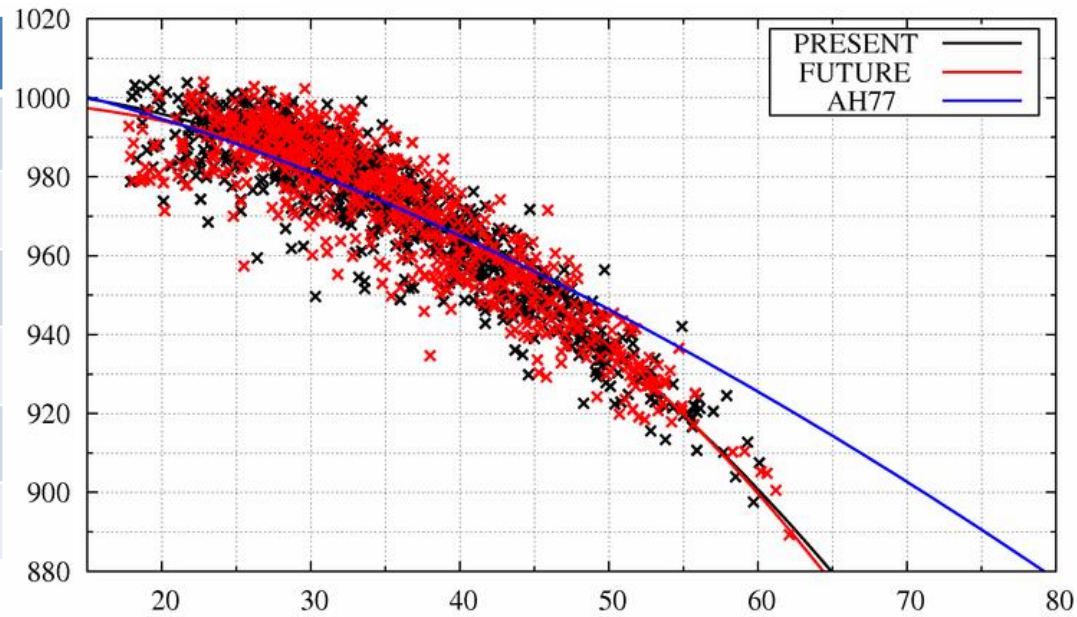


	全球 GL	北半球 NH	南半球 SH	北インド洋 NI	北西太平洋 NWP	北東太平洋 NEP	北大西洋 NA	南インド洋 SI	南太平洋 SP	中央北太平洋 NCP	南大西洋 SA
ALL	109.7	73.7	36.0	5.0	33.6	20.4	14.7	21.7	14.3	7.9	0.0
WMO	88.6	58.4	30.1	0.0	25.4	18.3	14.7	17.3	12.8	3.8	0.0
現在	93.3	58.1	35.2	5.8	28.6	20.1	3.7	19.1	15.6	8.2	0.6
将来	71.4	44.0	27.4	5.6	23.3	12.6	2.6	13.1	13.8	9.0	0.6
DIFF	-21.9	-14.1	-7.8	-0.2	-5.2	-7.6	-1.1	-6.0	-1.8	0.8	0.0

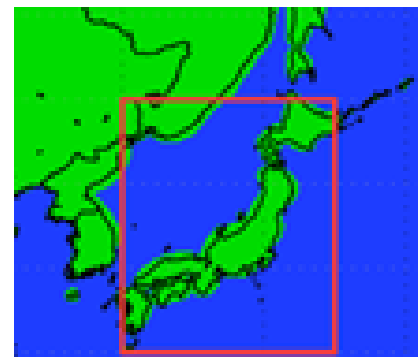
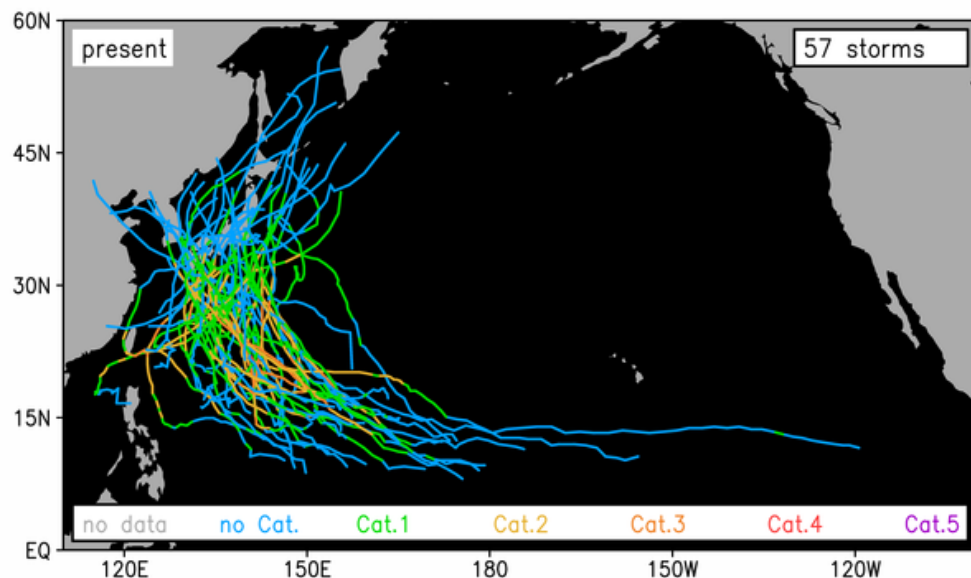
最大風速
6.4%增加
最低気圧
0.9%強化



var	case	Min	Max	Mean
SLP (hPa)	OBS.	882	1009	970.0
	PRE.	897.59	1004.4	971.2
	FUT.	889.28	1004.0	970.0
WS (ms^{-1})	OBS.	17.52	82.24	38.4
	PRE.	20.4	61.1	36.5
	FUT.	21.7	64.8	37.3



日本付近を通過する台風の将来変化

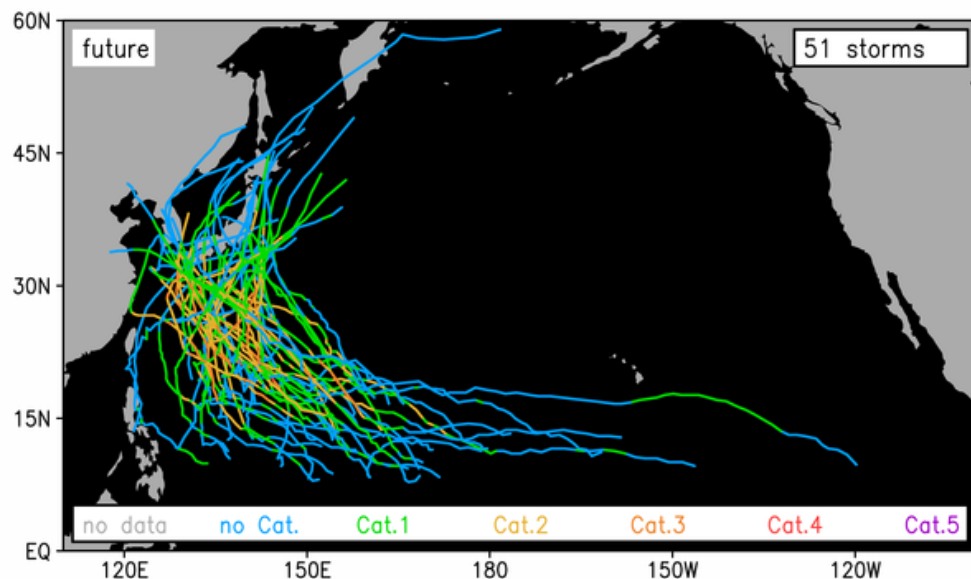


北緯30-45度、東経130-145度を
通過した台風

台風の数

57 → 51

10%減少



現在気候実験

最大台風: 静岡東部～神奈川西部に
中心気圧950-940(hPa)

最大風速50.5(m/s)

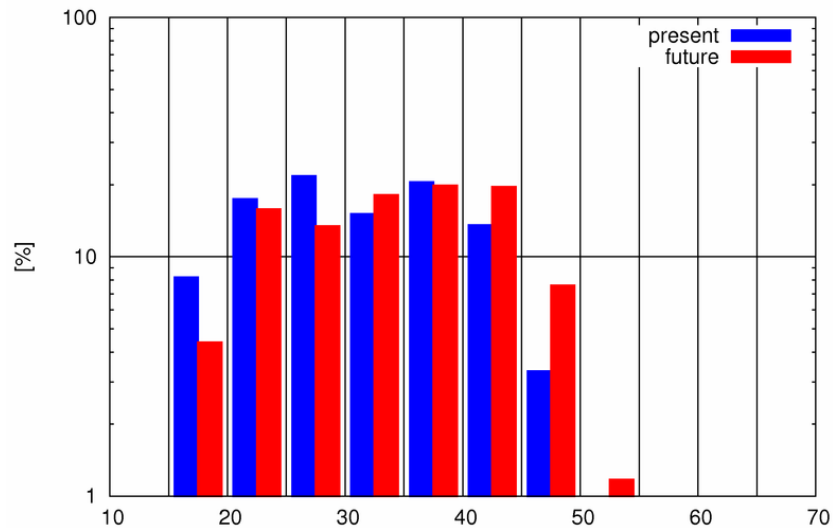
将来気候実験

最大強度: 千葉県東部を通過

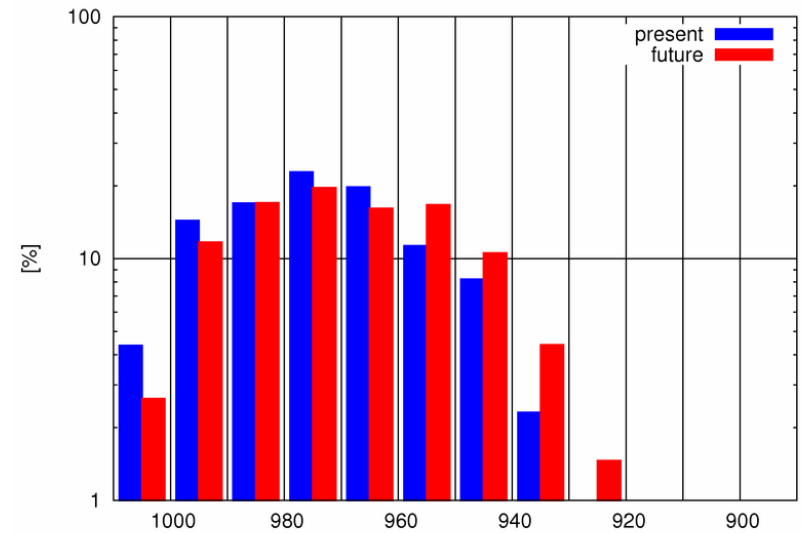
中心気圧930(hPa)

最大風速50.5(m/s)

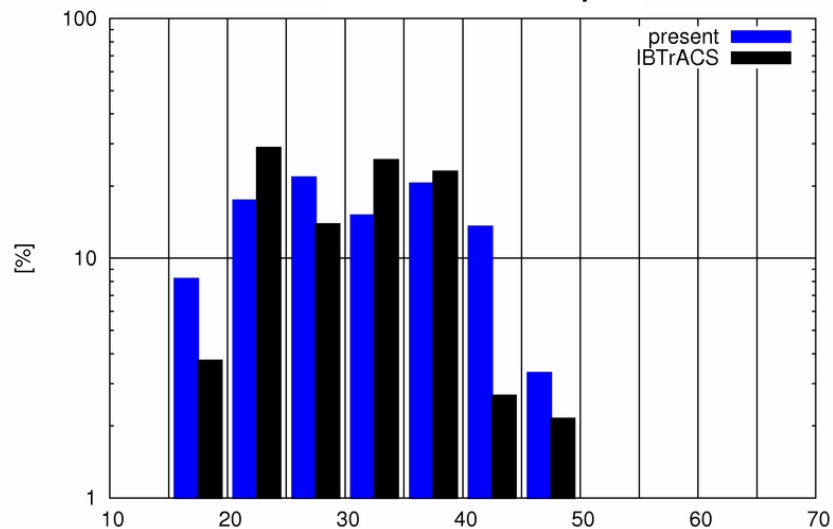
日本付近の強度の変化



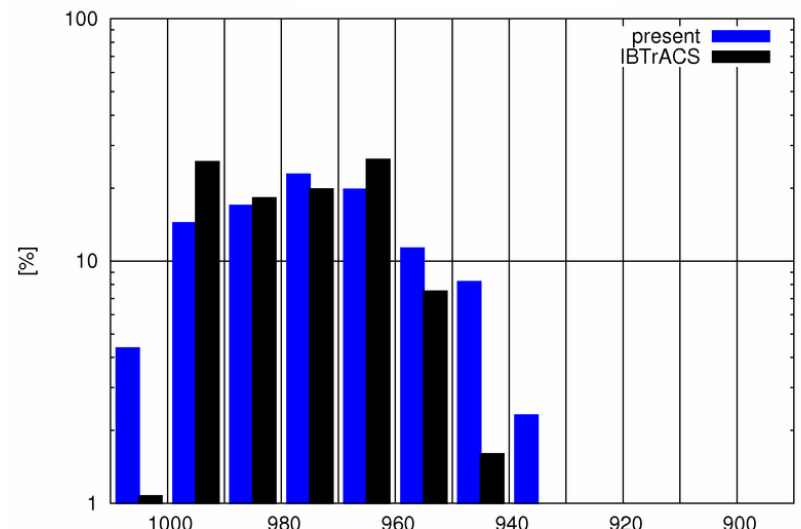
最大風速 m/s



最低気圧 hPa



最大風速 m/s



最低気圧 hPa

Summary: 京によるNICAMを用いた研究

- 全球雲解像実験: 京をフルに活用した計算。
全球にわたって対流雲を解像した数値シミュレーション。1Km以下実験を実施、対流雲がrealisticになる。
台風予測、対流ポテンシャル予測への利活用。
- 延長予報実験: 季節内変動の3週間以上の予測可能性を示す。台風の発生予測、日本の天候予測への貢献が期待できる。
- 将来の台風変化実験: NICAMによる長期実験。
将来の台風数の減少、強化: 従来知見と整合的
日本に接近する台風の強化、構造変化等、雲解像モデルの利点を活かした研究を推進中