

# イベント・アトリビューション研究の現状と気象研究所における計画

## 異常気象分析検討会

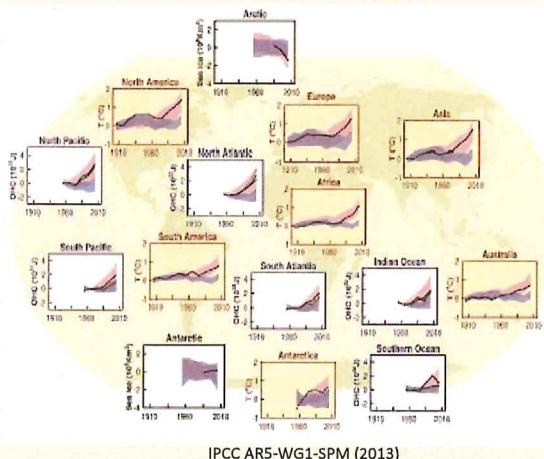
2015/02/23

気象研究所気候研究部 第5研究室 今田 由紀子

1

## Detection & Attribution (気候変動の検出と要因分析)

- 個々の外部要因のみを与えた歴史実験 (AOGCM & ESM) を過去の観測データと比較することで、「既に気候は変化しているのか」「変化しているのなら、どのような要因が効いていたか」を調べる。



現象及び変化特徴	変化先生の評価 (信に新しい限り 1950 年以前)	説明された変化に対する 人間活動の寄与の割合	科学変化的可能性	
			21世紀初期	21世紀末
ほとんどの地域で 暖かい冬の 温帯の減少と昇温	可変性が高い(高い) 可変性がある(高い) 可変性がある(低い)	(2.5)	可変性が高い(高い) 可変性がある(高い)	(11.2) ほぼ確実 ほぼ確実 ほぼ確実
ほとんどの地域で 暖かい夏の 温帯の増加と昇温	可変性が高い(高い) 可変性がある(高い) 可変性がある(高い)	(3.0)	可変性が高い(高い) 可変性がある(高い)	(11.2) ほぼ確実 ほぼ確実 ほぼ確実
ほとんどの地域で 緑地の増加と 森林の減少、熱島の 温帯や特級熱帯雨林	世界規模で温帯が中程度 ヨーロッパ、アフリカ、オーストラリアの大部分で厚 生むが厚い	(2.6)	可変性が薄い(?) 生むが薄い	(11.6) 上方に評議され ていない
大雨の頻度、強度、 大風と木本樹の増加	減らしていく傾向(?) 多い可能性がある(高い)	(2.5)	多雨度が中程度 多くが薄い	(11.3) 半強度の大風と木本樹の増加と 多くの雨量で可変性(高い)
干ばつの頻度や 持続期間の増加	多くあるが薄い 多くあるが薄い 多くあるが薄い 多くあるが薄い 多くあるが薄い	(2.6)	可変性が薄い 可変性が中程度 多くあるが薄い	(11.3) ほとんどの雨量で可変性(高い) 半強度の大風と木本樹の増加と 多くの雨量で可変性(高い)
深い積雪と低温の 温帯の増加	多くの雪量で温帯が中程度 多くあるが薄い 多くあるが薄い 多くあるが薄い 多くあるが薄い	(2.6)	可変性が薄い 可変性が中程度 多くあるが薄い	(11.3) 半強度の大風と木本樹の増加と 多くの雨量で可変性(高い)
暖かくなる傾向 温帯の増加	温帯が中程度 多くあるが薄い	(2.5)	温帯度が高め 多くあるが薄い	(11.3) 温帯度が高め 多くあるが薄い

Courtesy of H. Shiogama

2

# イベント・アトリビューション(E/A) —これは、温暖化のせいですか？—

- International Detection and Attribution Group (IDAG)の新しい取り組み
- 熱波、大雪、大雨、干魃などの異常気象が発生すると必ず聞かれるのは「**これは温暖化のせいですか？**」
- 異常気象は、気候システムのなかの自然な揺らぎ「内部変動」によっても生じる。→ 個別のイベントが、人間活動のせいだと言うことは、原理的に出来ない。（これまでの専門家の回答）
- 人間活動による気候変動が、観測されたような異常気象の発生確率や強度をどの程度変えてきたかは定量評価できる。→ **イベント・アトリビューション**（新しい取り組み）
- 最初の論文は、Oxford大学グループのPall et al. (2011, Nature)。「2000年秋の英国洪水の発生リスクは、温室効果ガス増加によつて高まっていた」

Courtesy of H. Shiogama

3



- MIROC5によるE/A(創生プログラム)
- 全球大気気候モデル(AGCM)で、たくさん(100メンバ)のアンサンブル実験を行う。

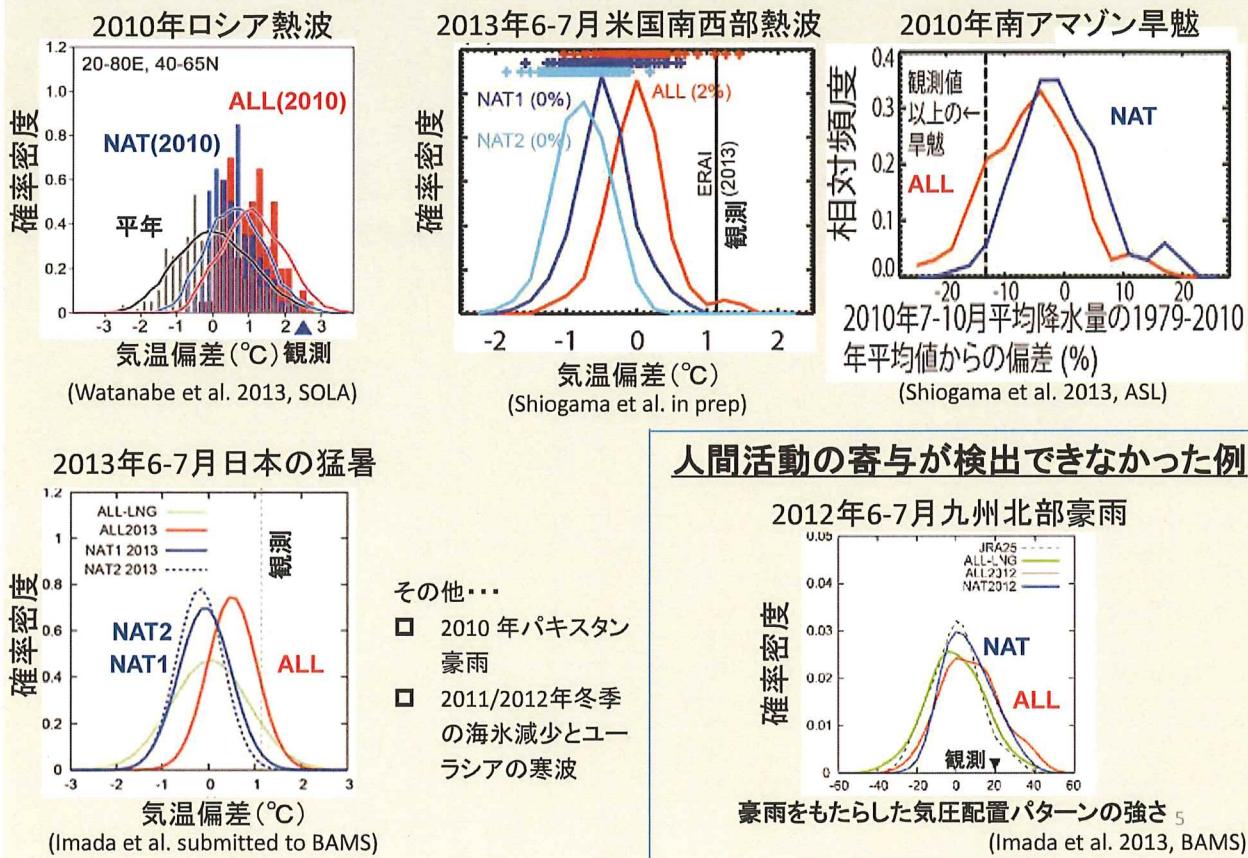
MIROC5 AGCM (T85L40)

	境界条件		メンバー数	期間
	外部強制	SST・海水		
ALL 全強制実験	人為起源 +自然起源	HadISST	100	2009年以降
NATO	自然強制実験	MIROC3の20世紀再現実験の変化パターンを除去 HadISSTの線形トレンド(1870-2012)を除去 (Christidis and Stott 2014)	100	2009年以降
NAT1		CMIP5 historical実験の変化パターンを除去 (Daithi 2013)		
NAT2				
ALL-LNG	20C+RCP4.5	HadISST	10	1946-2011

For validation

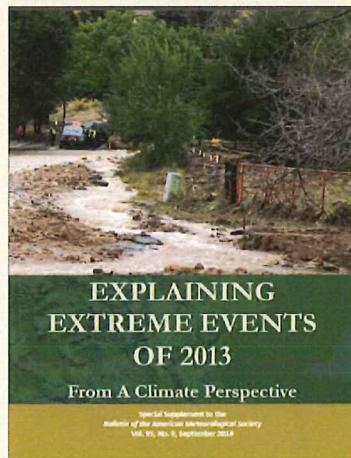
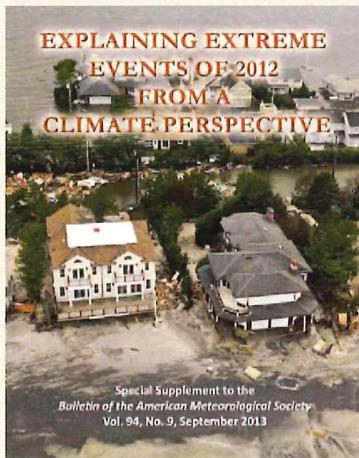
4

## 人間活動が発生確率を高めていた例



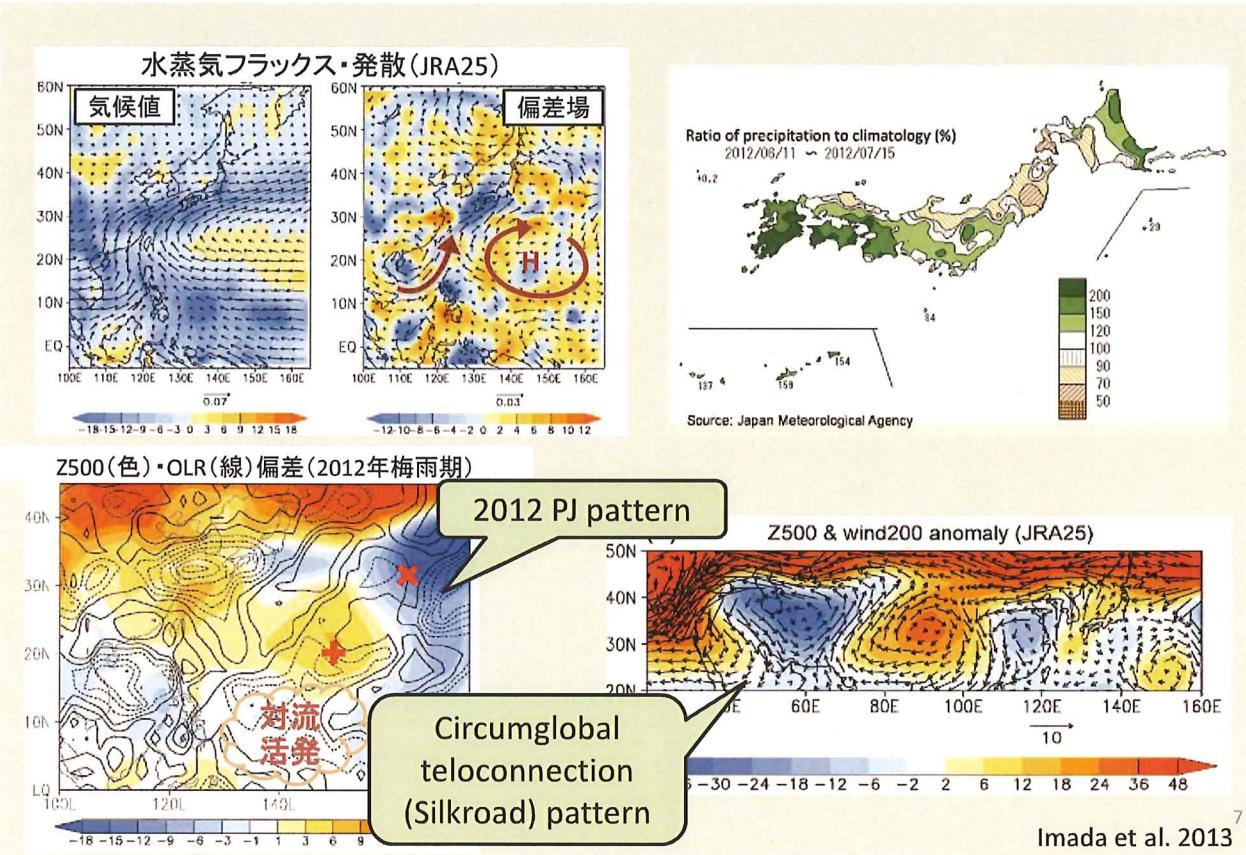
## 日本域を対象としたE/Aの例

- 平成24年7月九州北部豪雨に対する地球温暖化の寄与  
(Imada et al., 2013 BAMS)
- 平成25年夏季の日本の猛暑に対する地球温暖化の寄与  
(Imada et al. 2014 BAMS)

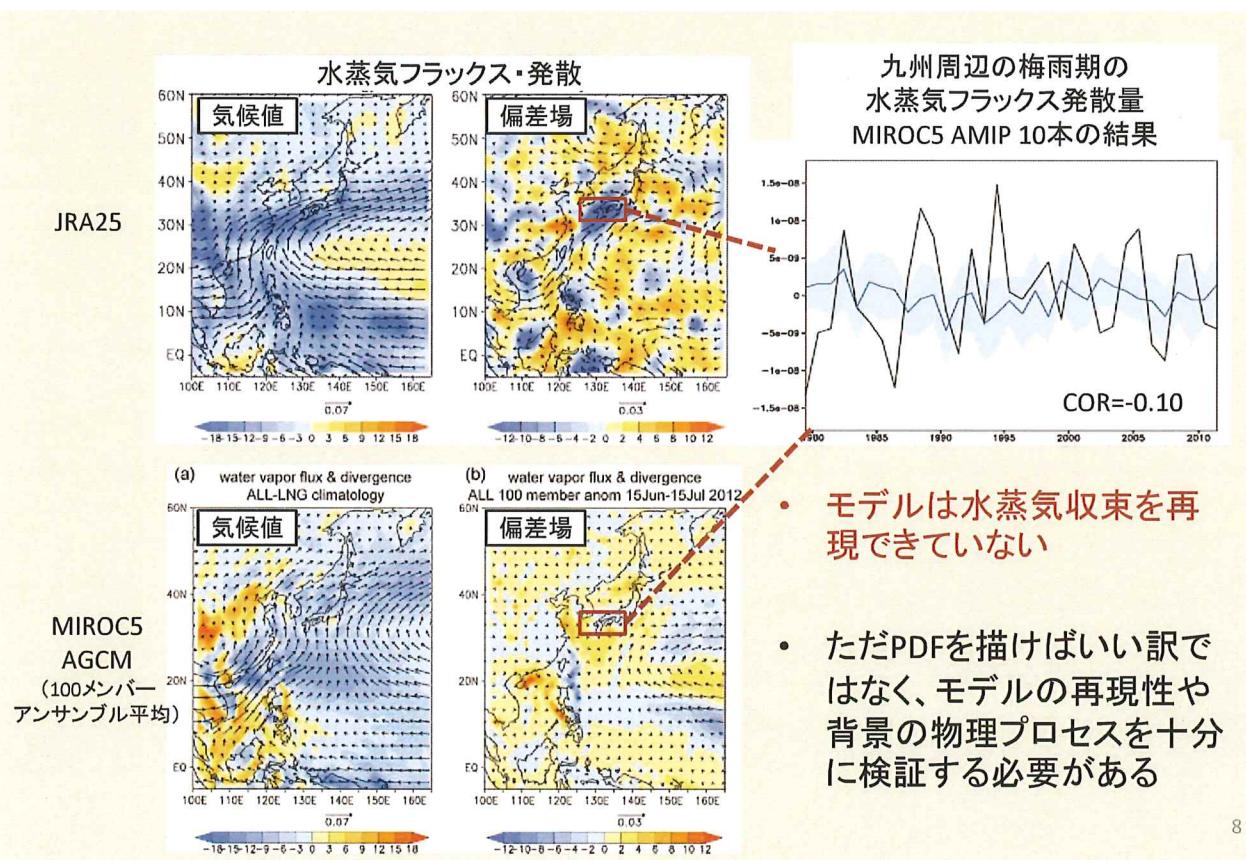


米国気象学会誌紀要第94巻9号(左)、第95巻9号(右) 表紙

# 2012年梅雨期(6/15-7/15)の気象場の特徴

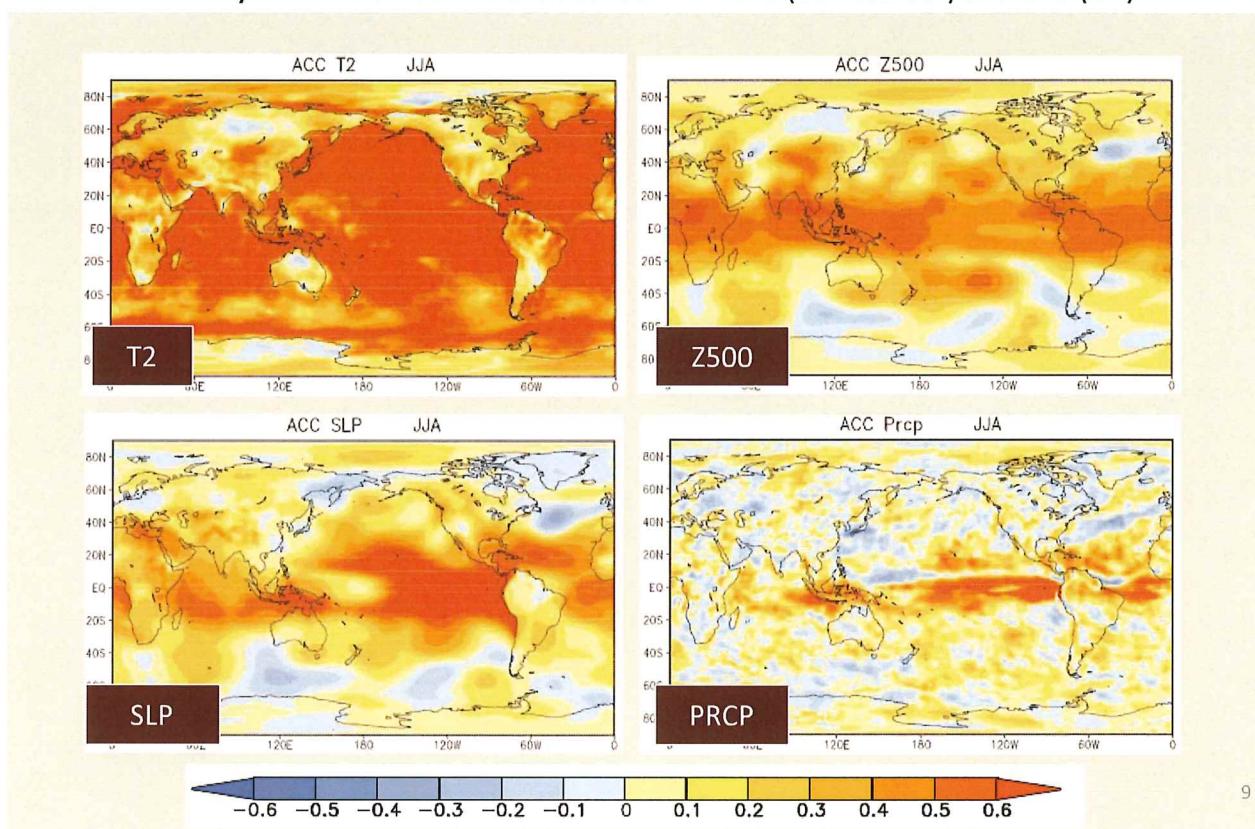


## モデルバイアス

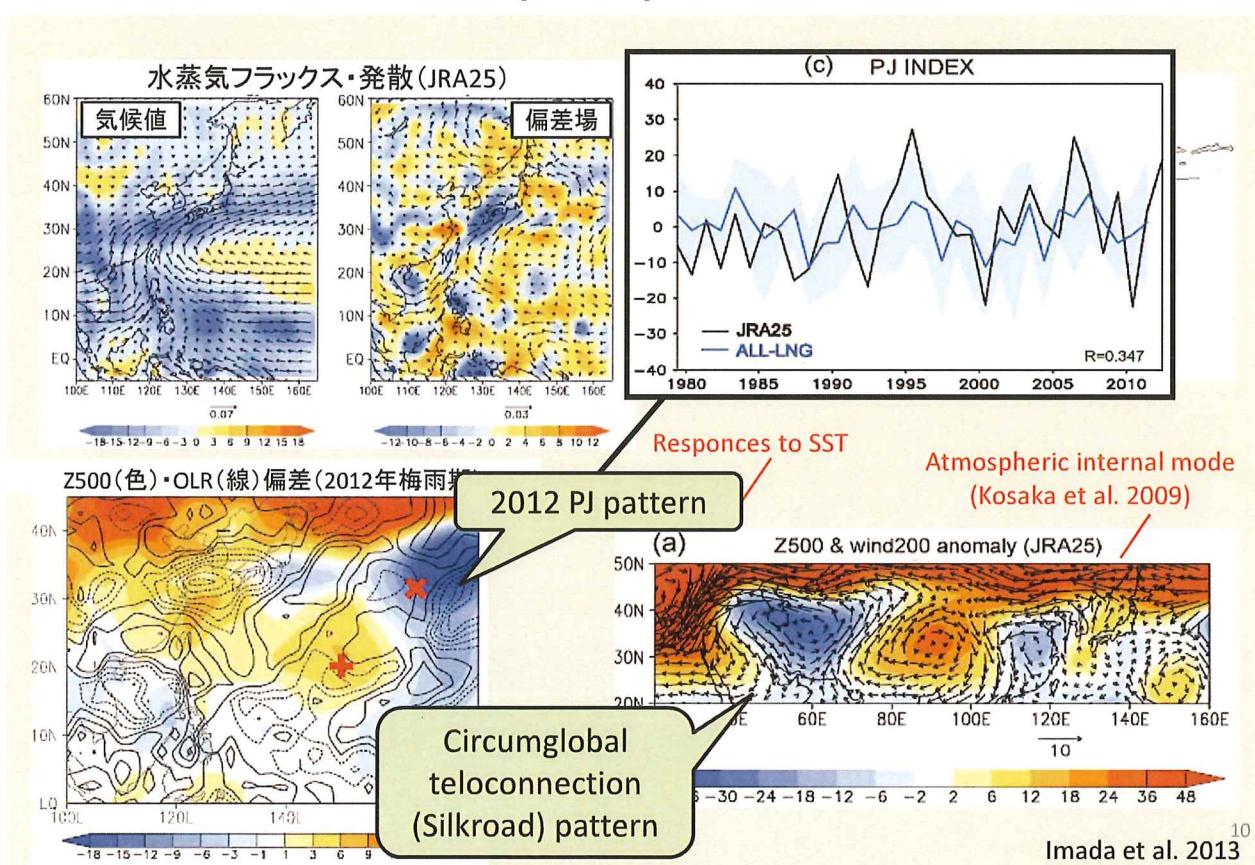


## Reproducibility of ALL-LNG run

Anomaly Correlation Coefficient between ALL-LNG (10-member) and OBS (JJA)

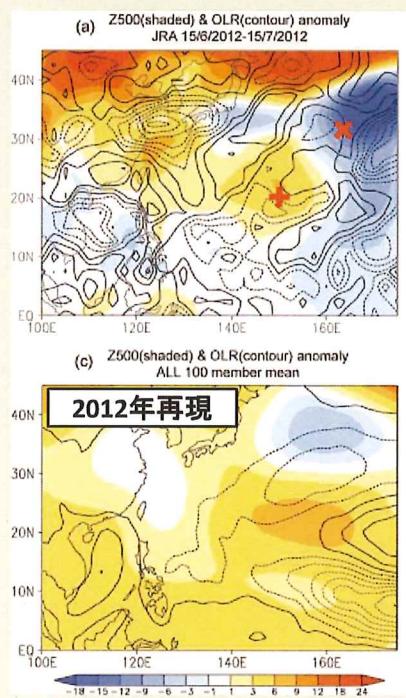


## 2012年梅雨期(6/15-7/15)の気象場の特徴



# 2012年7月 九州北部豪雨に対する地球温暖化の寄与

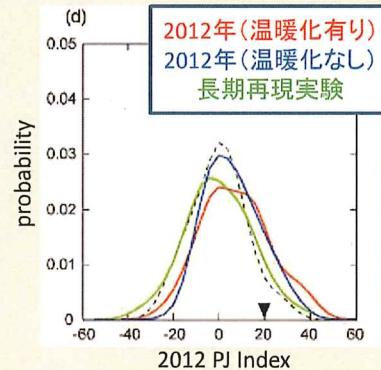
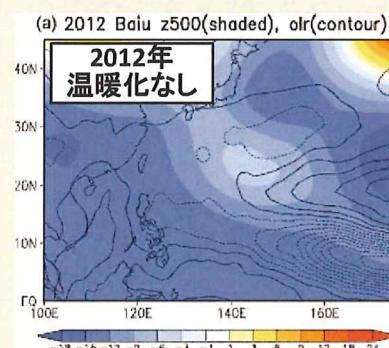
※モデルの再現性の見極めがEAの鍵



Kusunoki et al. 2006: 温暖化に伴う太平洋高気圧の強化

- SSTに対する応答:

- 温暖化なし実験においてもPJパターンが現れている(=内部変動の寄与)
- 再現実験の方が極値の発生頻度が(若干)高い(=温暖化の寄与)

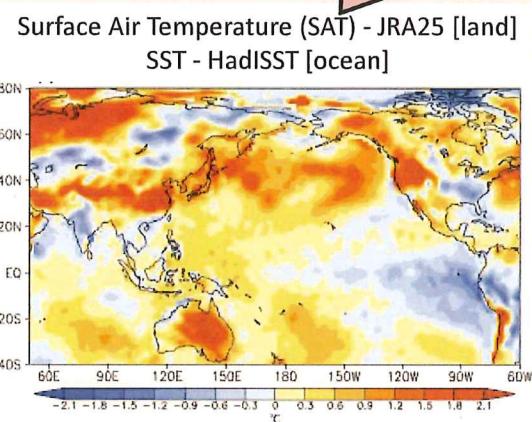


Imada et al. 2013

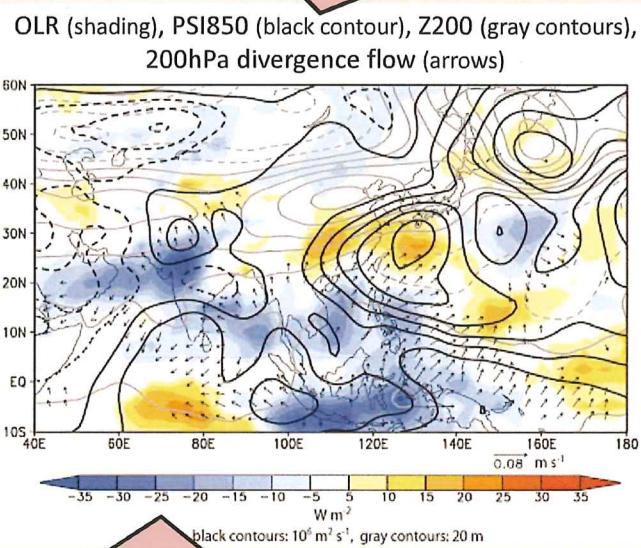
11

## 2013年7-8月の気象場 (JRA25偏差場)

Warmer SST in the north Pacific



Double high pressure systems



La Niña-like condition

Active convection in Indonesia, Philippines, Asian monsoon regions

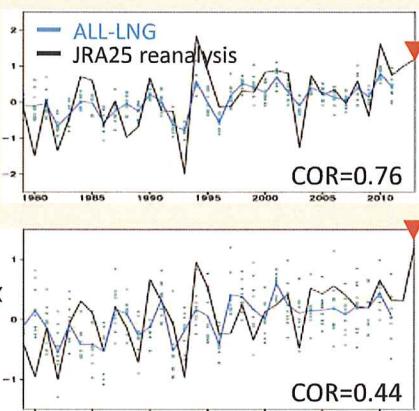
12

# Event Attribution by MIROC5

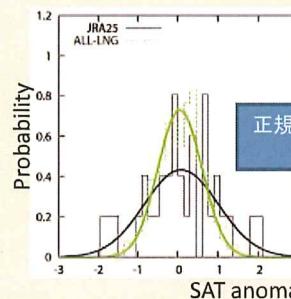
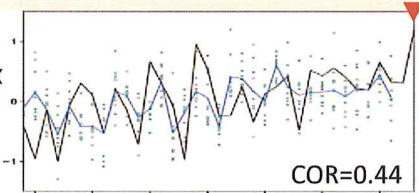
MIROC5 AGCM (T85L40)

	External Forcing	ALL	NAT1	NAT2	ALL-LNG
	RCP4.5	preindustrial		preindustrial	20C+RCP4.5
Boundary conditions	SST sea ice	HadISST	A linear trend based on HadISST (1870 to 2012) is removed (Christidis and Stott 2014)	Changes detected from the CMIP5 historical runs are removed (Daithi 2013)	HadISST
Ensemble size	100	100	100	100	10
Period	Jul-Aug 2013	Jul-Aug 2013	Jul-Aug 2013	Jul-Aug 2013	1946-2011

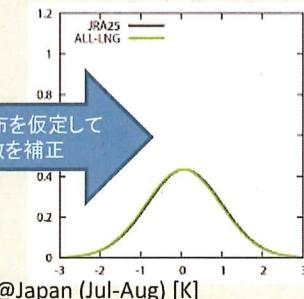
SAT Index  
(western Japan land area)



T850 Index  
(130E-140E,  
30N-37N)



正規分布を仮定して分散を補正

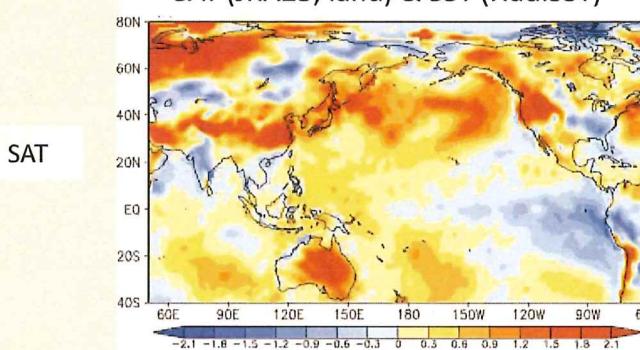


13

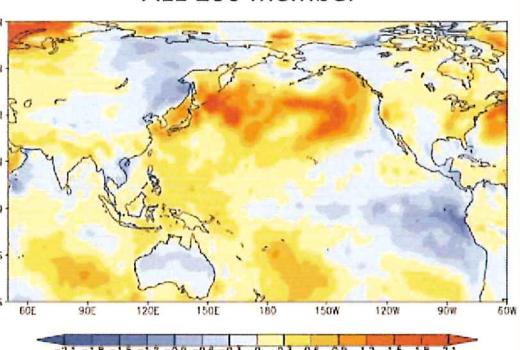
For validation

## 2013年7-8月偏差場のモデルによる再現

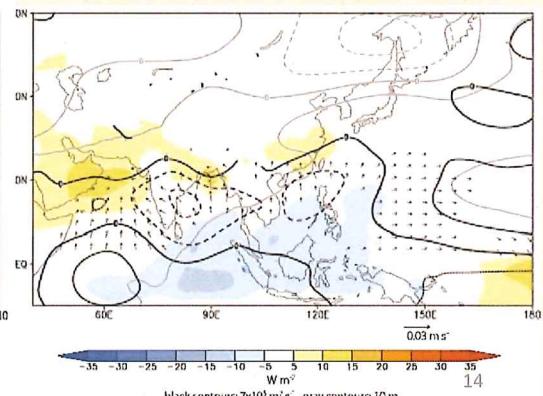
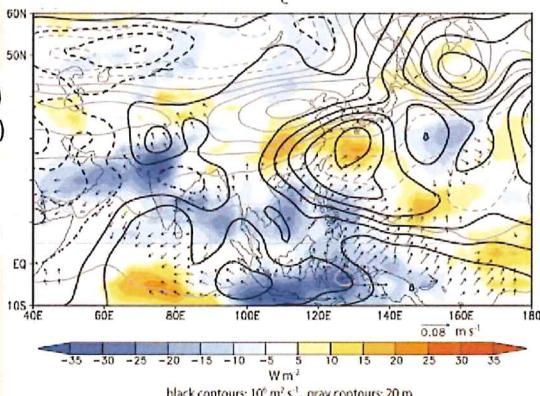
SAT (JRA25, land) & SST (HadISST)



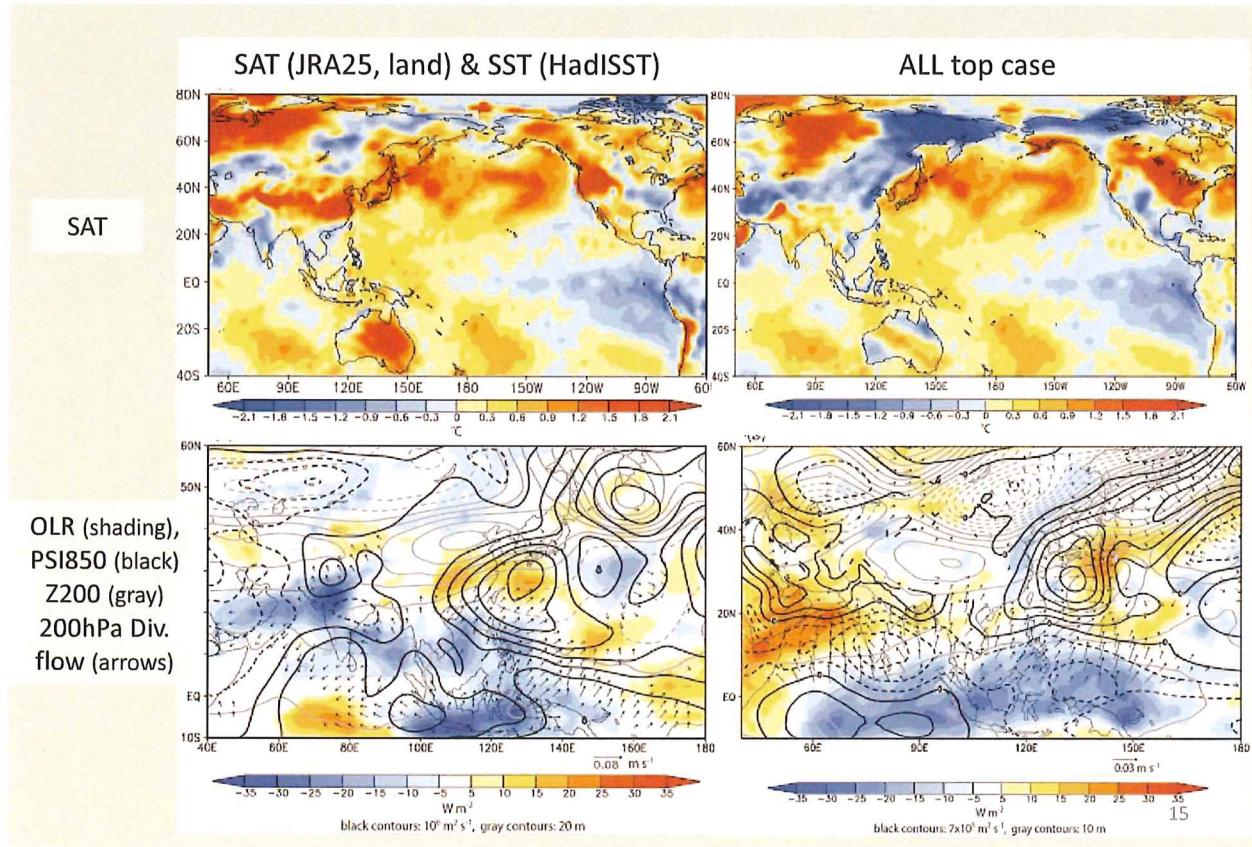
ALL 100 member



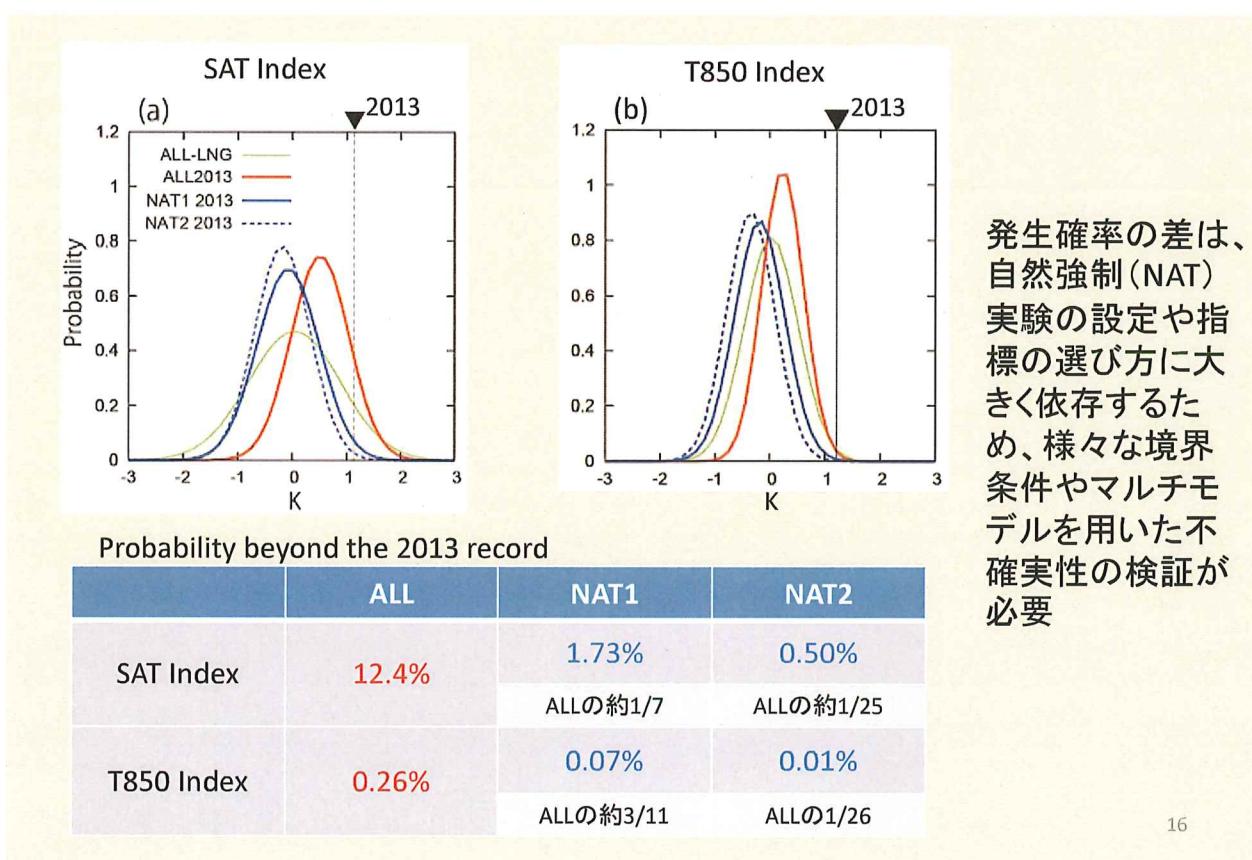
OLR (shading)  
PSI850 (black)  
Z200 (gray)  
200hPa Div.  
flow (arrows)



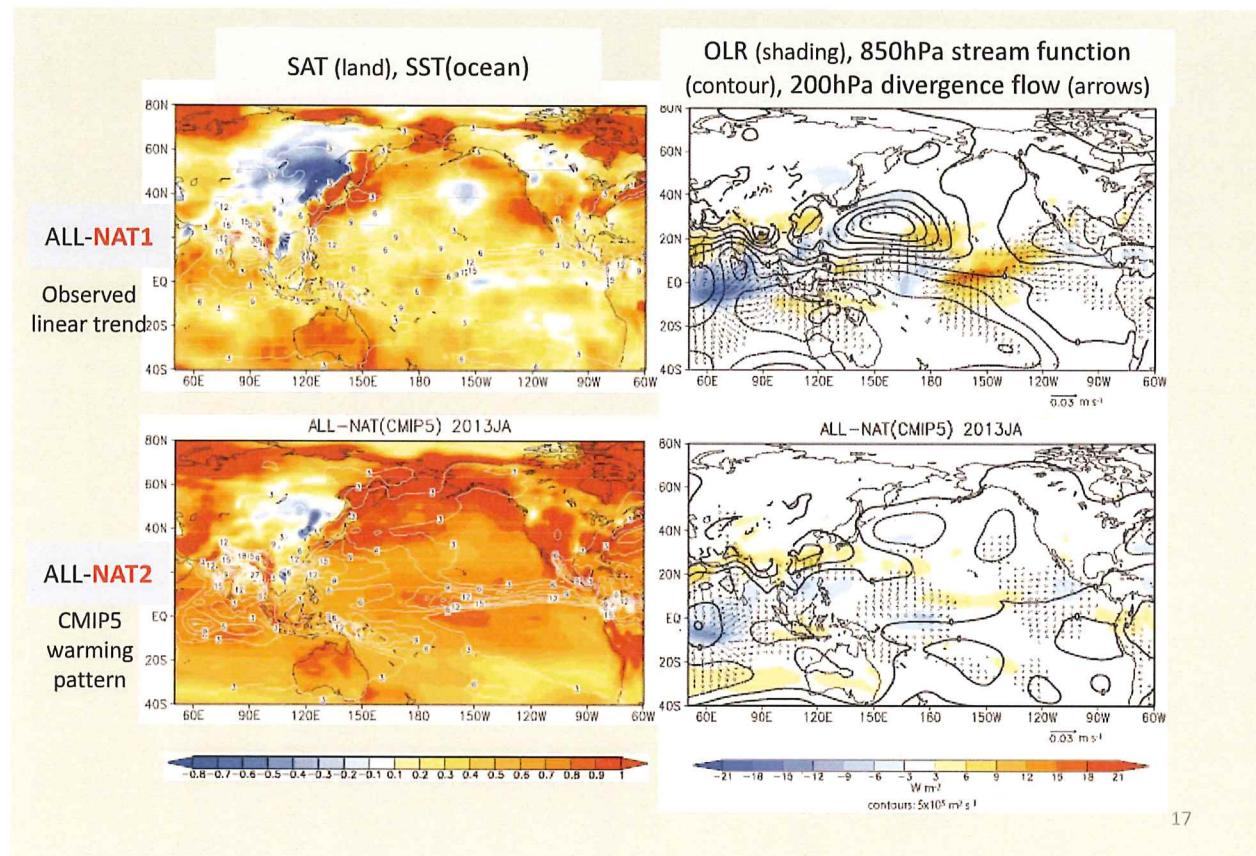
## 2013年7-8月偏差場のモデルによる再現



## 2013年猛暑の発生確率に対する人間活動の寄与

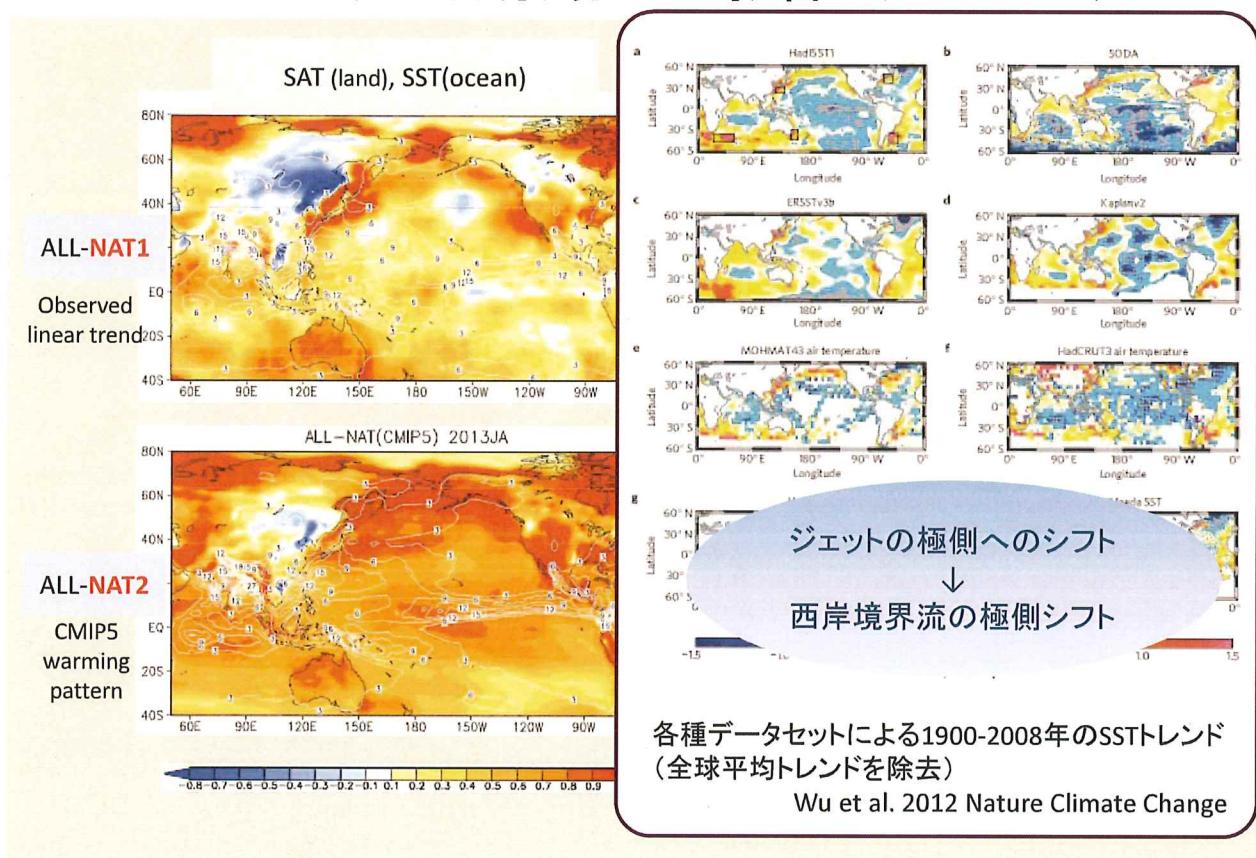


## 人間活動の背景場への影響 (ALL-NAT)



17

## 人間活動の背景場への影響 (ALL-NAT)



## E/Aの現状と課題

- モデルバイアス
- 非温暖化(NAT)実験の設定の不確実性
  
- イベント発生からE/Aの結果が得られるまでのタイムラグ
  - ・社会からの要望はイベント発生直後
  - ・現状は、HadISSTの公開を待ってから実験を開始するため数か月遅れ

19

## MRIにおけるイベント・アトリビューション研究計画

20

## 気象研究所 5年計画(H26～) 重点研究 「季節予報の高度化と異常気象の要因解明に関する研究」 におけるE/Aの計画

- MRIモデルによる準リアルタイムE/A実験体制の確立
  - ・ 創生Aとの連携
  - ・ 国際協力
- 新規性(MRIの強み)
  - ・ ダウンスケーリング
  - ・ 高次のモーメントの議論
  - ・ 十年規模変動

21

## 準リアルタイムE/A実験体制の確立

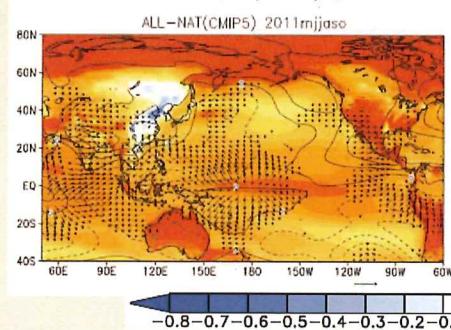
- 現行のE/A研究が抱える課題
  - ・ 解像度、モデルバイアス、非温暖化実験の不確実性、HadISSTの間違ったトレンド、社会のニーズとのタイムラグ  
...
- MRI-AGCM(60km)で100メンバーのE/Aを目指す
  - ・ より高解像度で日本域の再現が良いモデル
  - ・ 気象庁SSTを利用して準リアルタイム化を実現
- IDAGグループとの協力
  - ・ WCRP Climate Variability Programme's Climate of the 20th Century Project (C20C+) - モデル相互比較プロジェクト
- BAMS異常気象レポートへの貢献

22

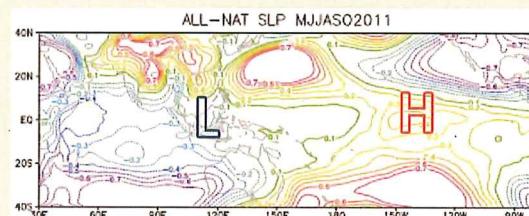
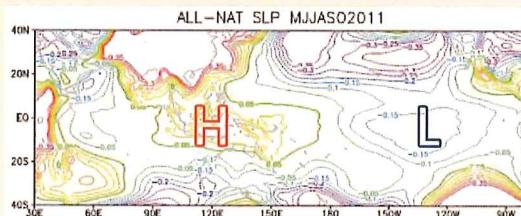
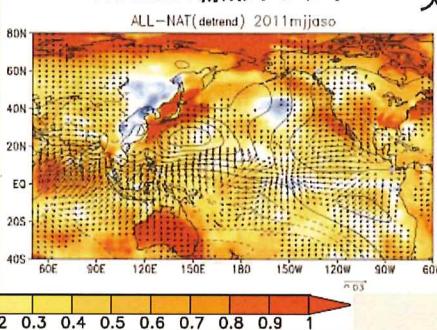
# 非温暖化実験の不確実性

ALL-NAT (2011年5－10月時点のトレンド)

CMIP5マルチモデル



HadISST線形トレンド

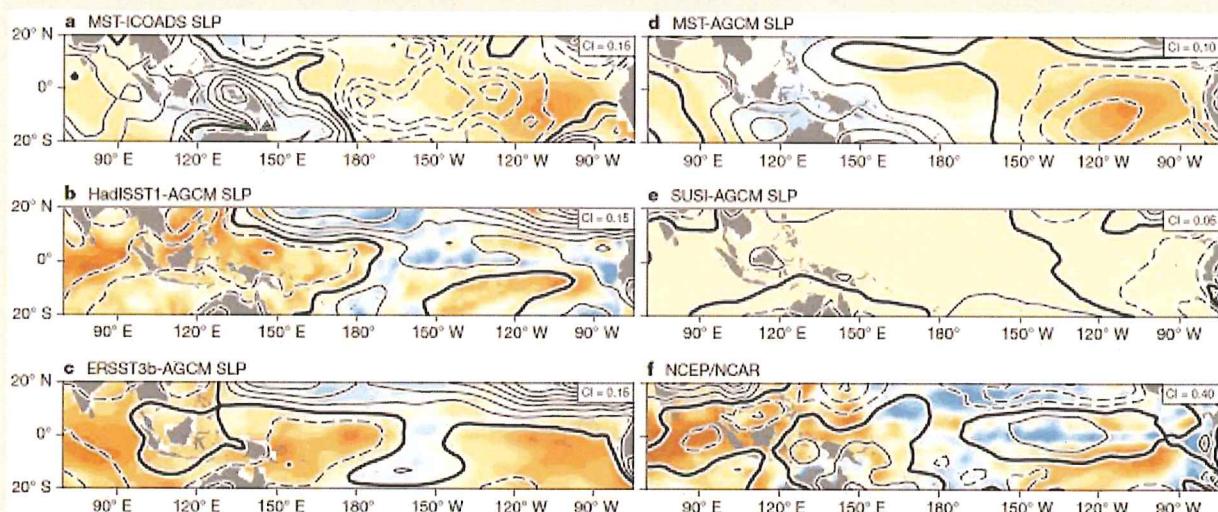


23

## HadISSTの間違ったトレンド

Tokinaga et al. 2012 Nature

HadISST1やERSST3Bはデータ同化で欠損値を埋める際に偽のトレンドが入っているため、観測点のみのデータを用いた場合でAGCMを駆動した場合と比較するとWalker循環の長期的応答が逆になる



トレンドが間違ってないデータ  
準リアルタイムで入手可能なデータ

→ 気象庁COBE-SST

24

## WCRP Climate Variability Programme's Climate of the 20th Century Project (C20C+)

Institution	Model
LBNL (USA)	CAM5.1-2degree, CAM5.1-1degree, CAM5.1-0.25degree
MGO (Russia)	MGO AGCM3 (T42L25)
MOHC (UK)	HadGEM-3A-N96, (HadGEM-3A-N216?)
NIES (Japan)	MIROC5
UCT (South Africa)	HadAM3-N48, HadAM3P-N96
UC Davis (USA)	WRF-CAM5.1-1degree

By Daithi Stone (LBNL)

First contributions to the C20C Detection and Attribution Project (<http://portal.nersc.gov/c20c>)

25

## 新規性・MRIの強み

- NHRCMによる力学的ダウンスケーリング
  - 台風や豪雨
  - 創生C(気象研・環境応用)との連携
- 統計的ダウンスケーリング
- 高次のモーメントの議論
  - 極端事象の発生確率の変化を2次以上のモーメント(PDFの形)の変化で議論
  - 創生C(防災科研・統計数理研)との連携
- 太平洋十年規模変動と日本の異常気象の関係
  - 創生Aとの連携

26

# E/Aの国内・国外の動向

27

## EAに関する国内の動き

- 文科省創生プロジェクト テーマAがメイン(塩竈、東大 AORI渡部、木本)
- ES3特別推進課題にて、文科省創生プロジェクト テーマA, C, Dが連携して100年100アンサンブル過去・将来実験+ダウンスケーリングを計画(AORI木本、MRI高藪、DPRI中北)
- 文科省創生プロジェクト テーマC, D, AがTyphoon Haiyan 実験を実施(MRI高藪、DPRI竹見、森、NIES塩竈)
- S10で、農業影響評価研究者へのEA実験データ提供
- 気象庁気象研究所、5年間のEAプロジェクト(MRI釜堀、今田)

28

# EAに関する国際的動向

## 国際

- Weather@home (<http://www.climateprediction.net/weatherathome/>)
  - Oxford大学のMyles Allen
  - RCMを用いて世界のいろいろな地域のEA実験を行う。欧州、米国西部、南アフリカ、豪州 & ニュージーランド、南西アジア、アフリカ、東アジア(これから)
- EU-FP7, EUCLEIA (EUropean, CLimate and weather Events: Interpretation and Attribution)  
<http://eucleia.eu/>
  - UKMOのPeter Stottが主導。
  - パブリックコミュニケーションを念頭に置いたEUのE/Aがメイン。
- World Weather Attribution program (US) <http://www.climateprediction.net/new-project-with-climate-central-world-weather-attribution/>
  - Heidi Cullen (Climate Central)
  - UKMOの季節予測SST & 海氷を用いて、イベント発生前に予めE/Aの実験セットを準備しておくnear-real-time E/Aの実現を目指す
- WCRP Climate Variability Programme's Climate of the 20th Century Project (C20C+)
  - Daithi Stone (LBNL)
  - モデル相互比較プロジェクト
- CMIP6に向けては、特にMIPの提案は行わず、有志でモデル比較などを行っていく。

By H. Shiogama 29

## まとめ

- I. MRIモデルによる準リアルタイムE/A実験体制の確立のため、創生Aとの連携や国際E/Aグループへの参加を視野に入れて準備を進めている。
- II. 日本周辺の再現の難しさや解像度の問題については、MRIの強みを生かしてダウンスケーリング等を積極的に取り入れていく。
- III. 将来的には準リアルタイム(イベント発生後1ヶ月前後)のデータ提供を目指す
- IV. E/A実験を応用して、異常気象の発生確率に対する太平洋十年規模変動の寄与や、高次のモーメント(PDFの形)の変化に目を向けたオリジナリティのある研究を目指す。