

近年の気候変化を「仕分け」するー 温暖化研究の新たな展開ー

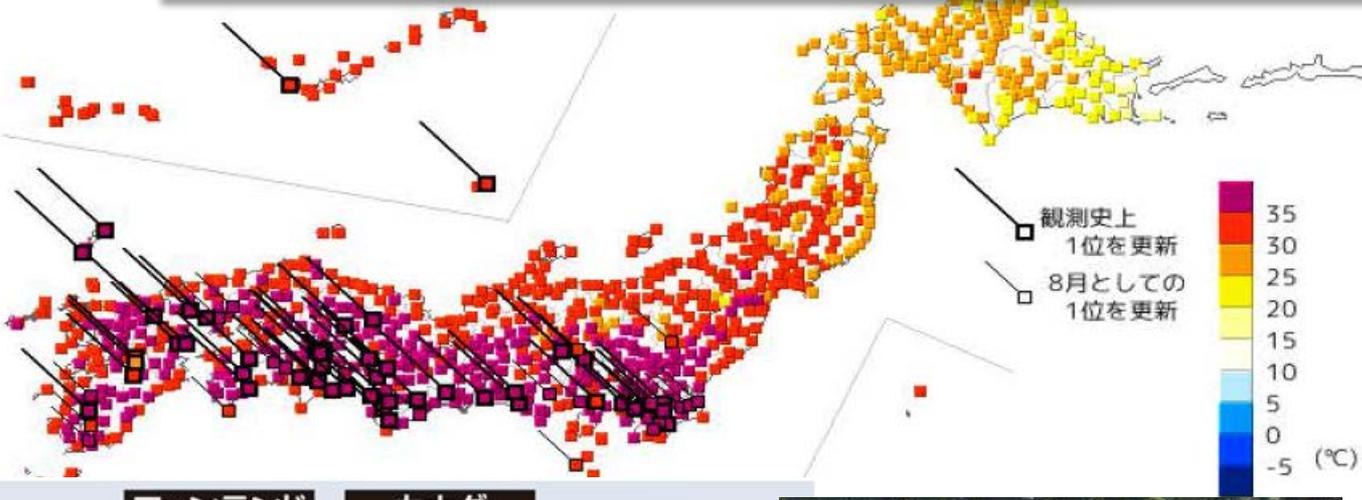
渡部雅浩

東京大学大気海洋研究所

hiro@aori.u-tokyo.ac.jp

2013年猛暑

日最 143地点で日最高気温の記録更新、また8/11頃を中心に東・西日本太平洋側で異常高温、高知県四万十市江川崎で日最高気温が41.0℃、国内記録更新

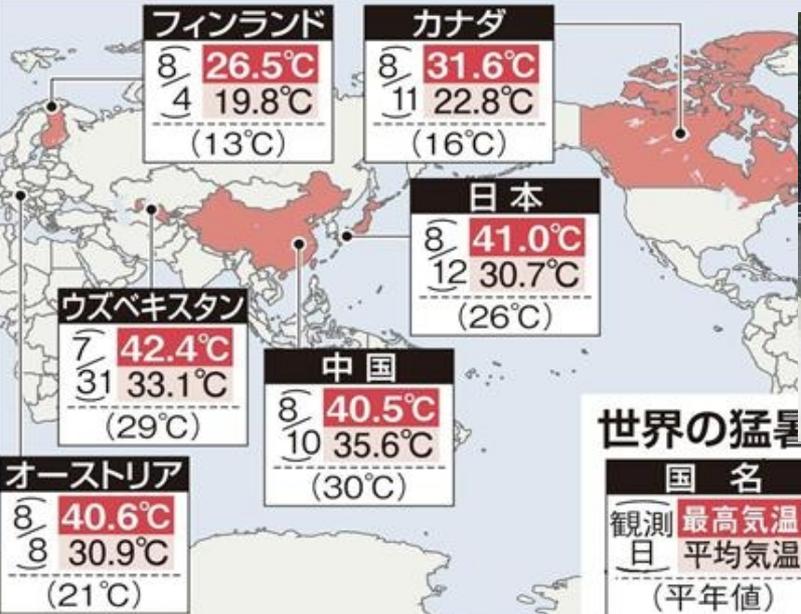


上から張り出した太
庄に日本列島が覆わ
れて、10日は沖縄から
けて気温が上がっ
927カ所の観測地
4地点で最高気温
超え、35度以上の猛
観測、30度以上の真
93地点に達した。
「これはサウナだ」

高知・山梨・群馬の4地点 全国で猛暑日 熱中症死者も

各地で熱中症による
が相次ぎ、死者も出た
象片は今後数日は厳し
さが続くともみて、注
びかけている。
気象庁によると、高
四万十市と甲府市で40
度、山梨県甲州市で40
度、群馬県館林市で40
度を観測した。40度
は、埼玉県熊谷市と
県多治見市で観測史上

酷暑6年ぶり40度台



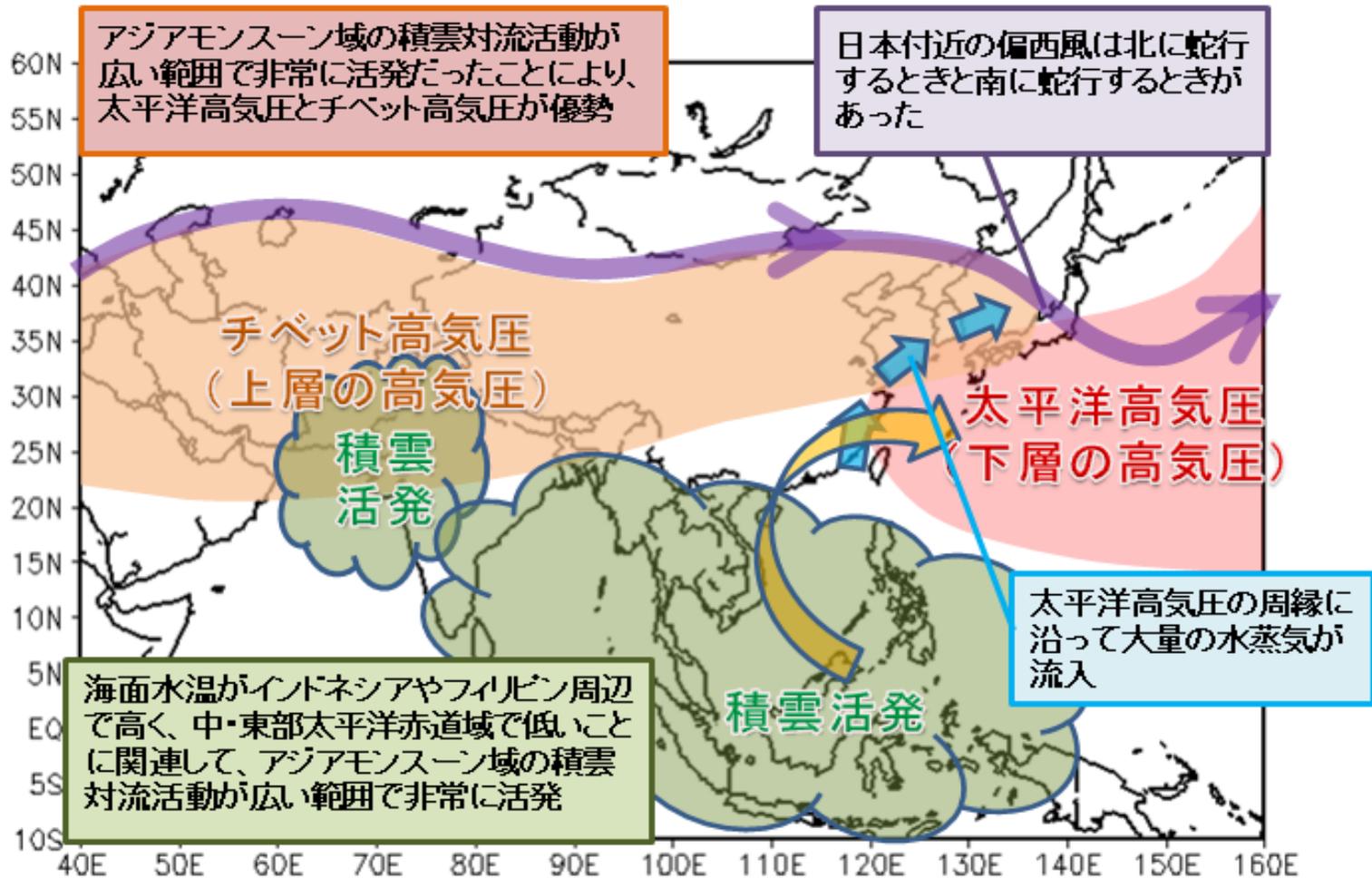
世界の猛暑

国名	観測日	最高気温	平均気温	(平年値)
フィンランド	8/4	26.5℃	19.8℃	(13℃)
カナダ	8/11	31.6℃	22.8℃	(16℃)
ウズベキスタン	7/31	42.4℃	33.1℃	(29℃)
中国	8/10	40.5℃	35.6℃	(30℃)
オーストラリア	8/8	40.6℃	30.9℃	(21℃)
日本	8/12	41.0℃	30.7℃	(26℃)



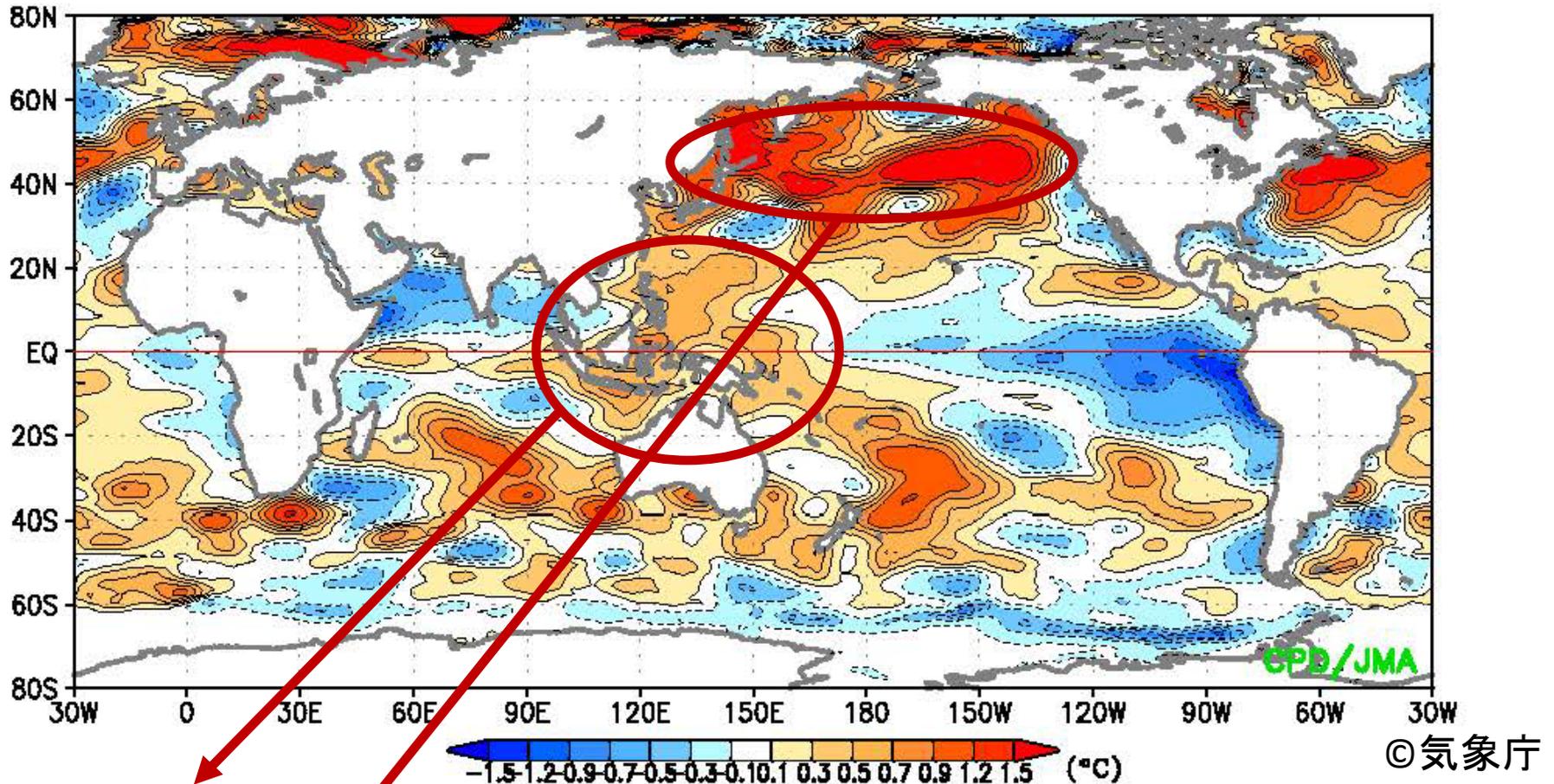
2013年猛暑：なぜ起こったか

- 7～8月、太平洋高気圧とチベット高気圧がともに平年より強くなった
- 海面水温がインドネシアやフィリピン周辺で平年より高かったことで、アジアモンスーンが広い範囲で平年と比べて非常に活発となった



今夏の海面水温 (SST)

2013.07.01 - 2013.08.20

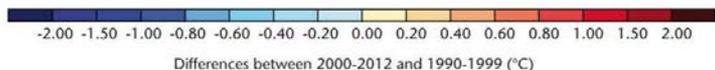
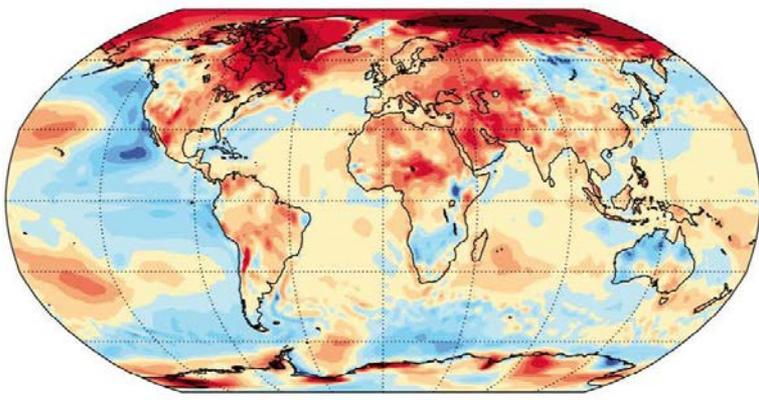


- 西太平洋の海面水温が高かった ⇒ モンスーン活発化の一要因
- 北太平洋の海面水温が高かった ⇒ 猛暑の結果か、水産などへの影響大

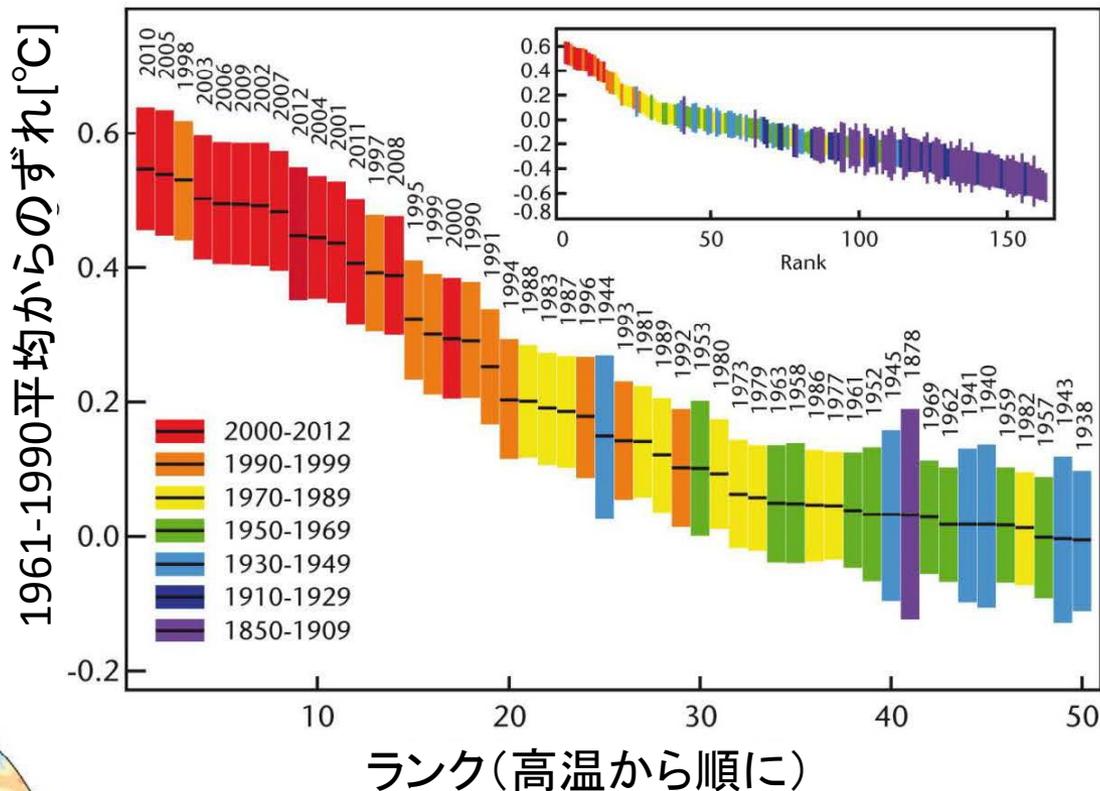
地球は温暖化している

- ❑ 1998年以外のTop 10は全て21世紀になってからの記録
- ❑ 2000年以降は、1961-1990年に比べ平均して約0.5°C気温が高い

最近の地表気温変化
(1990-1999年平均と
2000-2012年平均の差)



1850年以降の全球平均地表気温のランキング

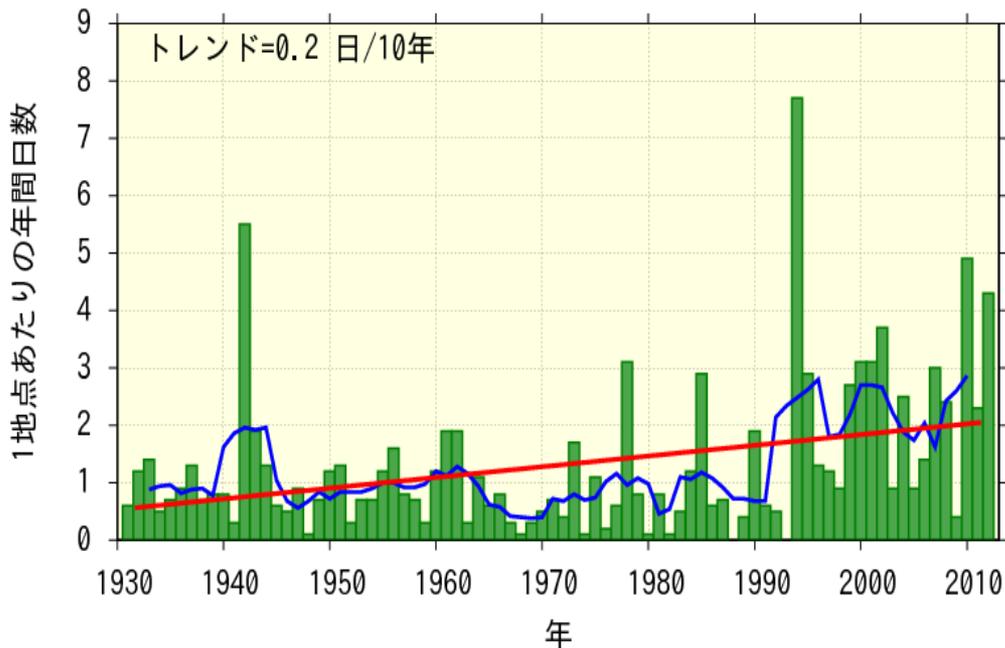


- ❑ 北極周辺および大陸上の昇温が大きい

地球は温暖化している

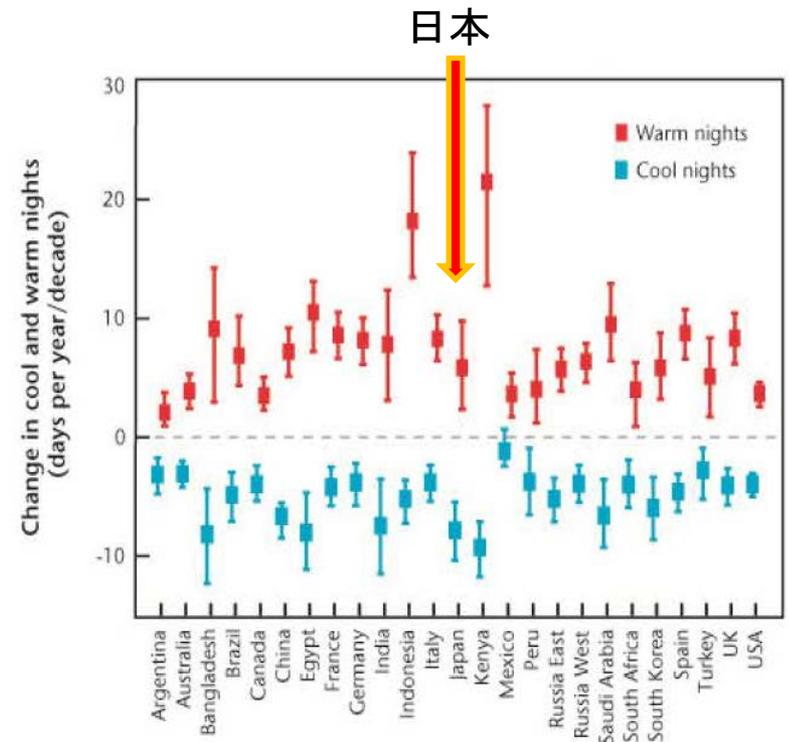
平均気温の上昇とともに、夏の猛暑日数も増えている

日本の猛暑日数(35°C以上の地点)の長期変化



気象庁報道発表資料

世界各国における熱帯夜の出現頻度の変化(1960年以降)



UK Met Office (2013)



疑問：今年の猛暑をはじめとする近年の異常気象に、地球温暖化が影響しているのか？
影響しているならばどのように？

創生プログラム テーマA-(i)

直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明

✓ イベント・アトリビューション (EA)

特定の異常気象について、地球温暖化の寄与を定量的に評価し、温暖化が異常気象にどう影響するかメカニズムを解明する

✓ 近未来予測 (シームレス予測)

リスク情報創生のための基礎データ提供



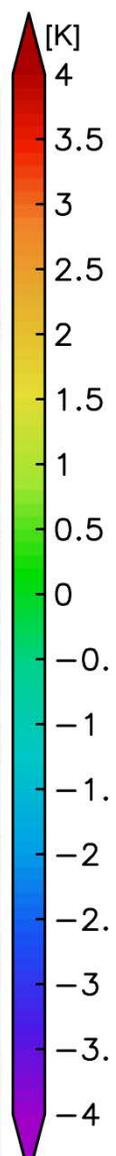
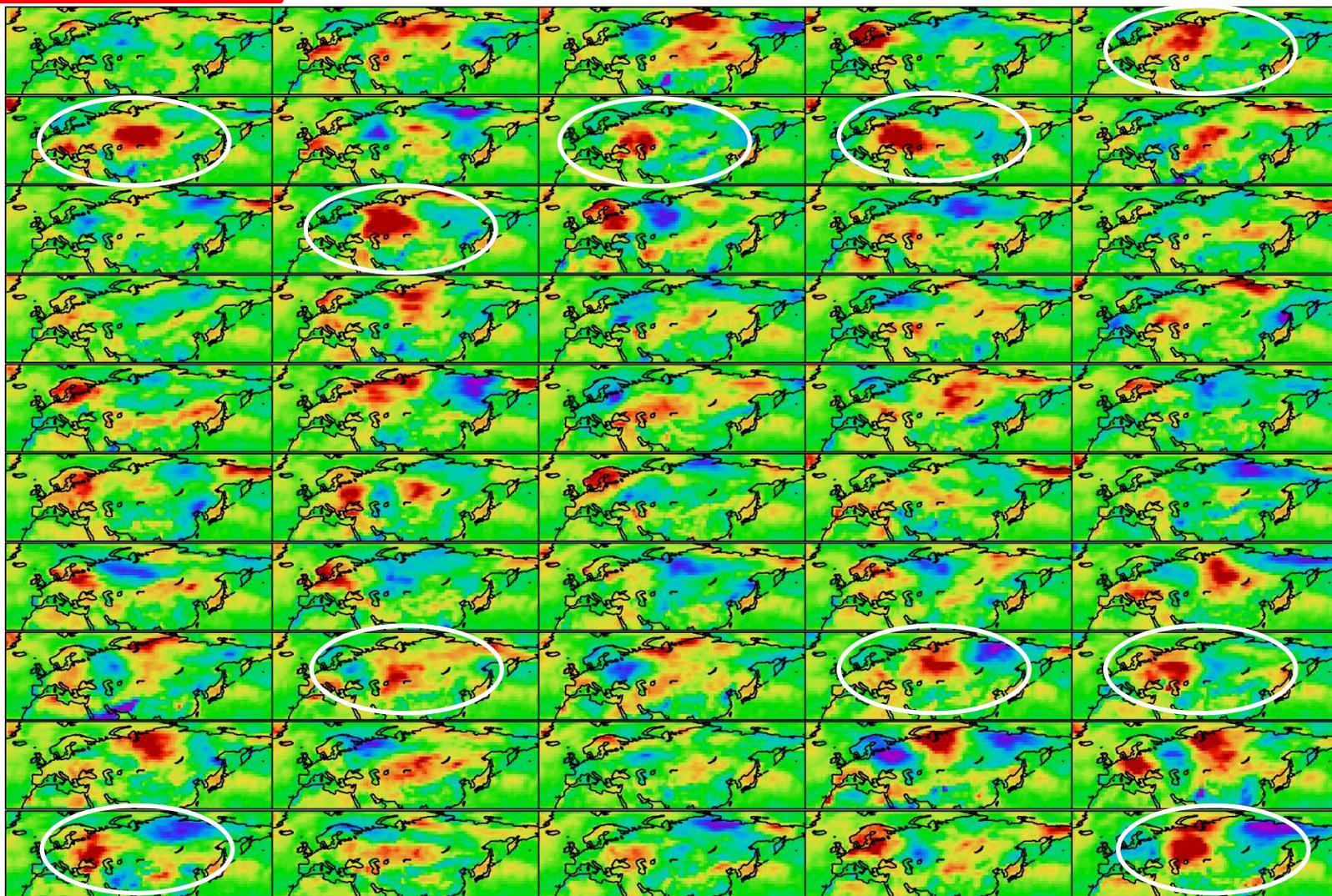
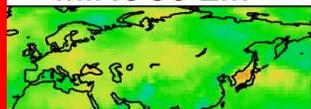
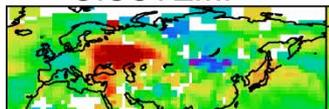
2010年7-8月ロシア猛暑

観測値

GISSTEMP

MIROC5 EM

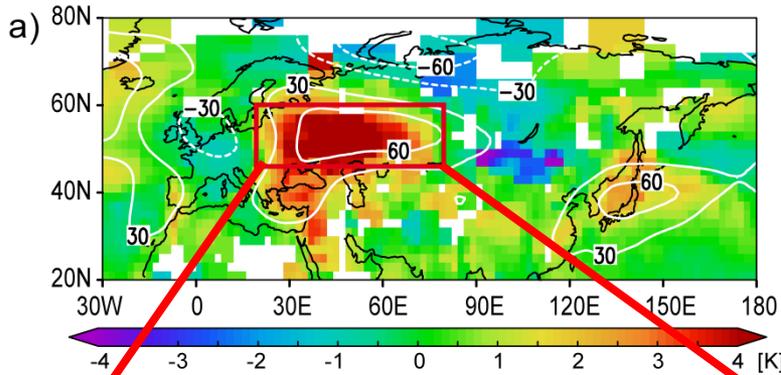
MROC5 AGCM (モデルによるシミュレーション)
で再現された2010年8月の地表気温偏差



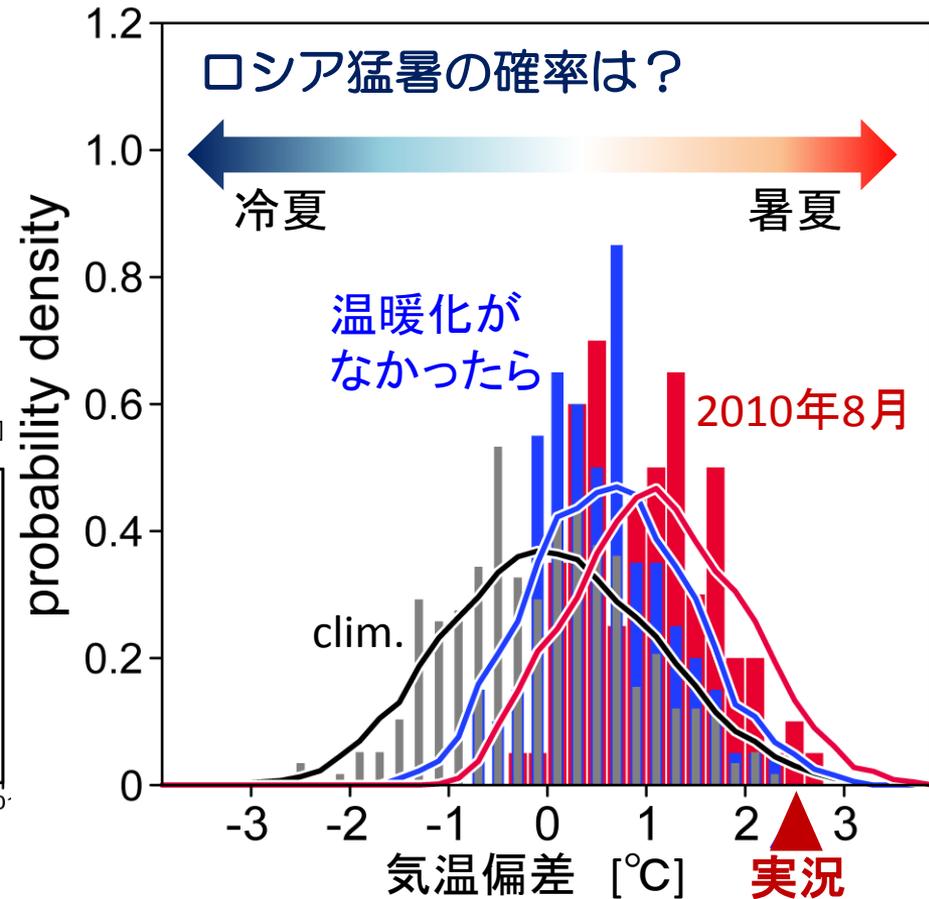
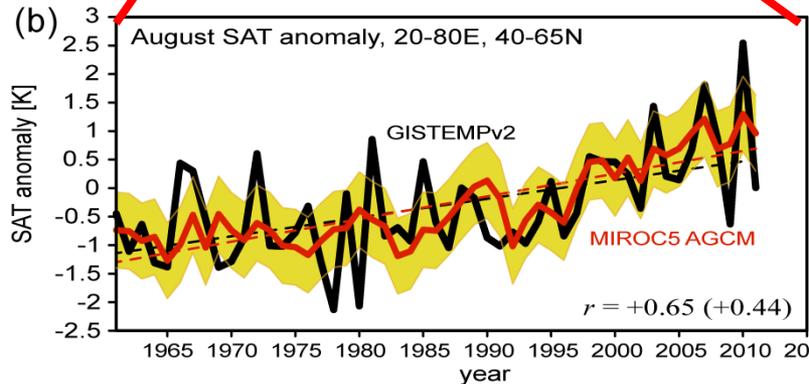
2010年猛暑のEA

8月ロシア西部の地表気温偏差

観測値
(2010)



モデル



観測された猛暑は—

- ・ ほとんどは自然の変動
- ・ しかし、確率的には、温暖化していなければほとんど発生しなかった (発生確率 3.3% \Rightarrow 0.6%)

イベント・アトリビューション: その他の例

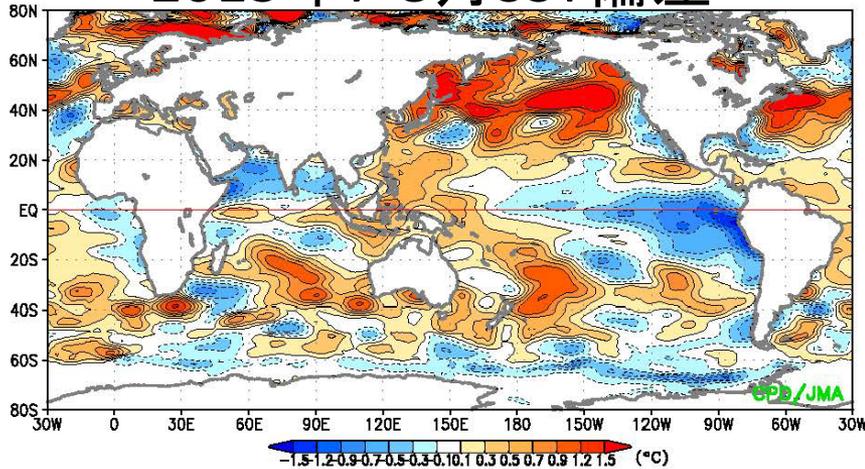
- 2010年アマゾンの干ばつ
- 2010年パキスタン洪水
- 2012年九州北部豪雨
- 2012年ユーラシアの寒冬

.....

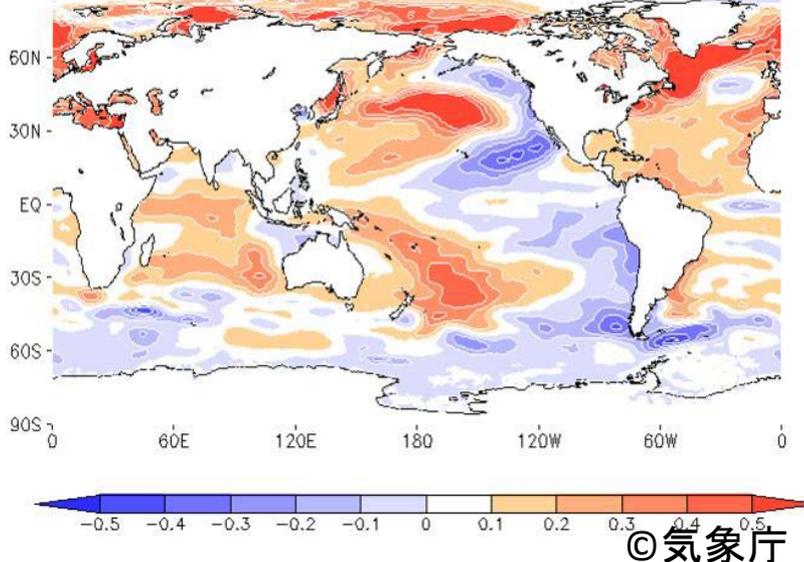
- 2013年猛暑(現在進行中)
 - 異常気象のメカニズム(テレコネクションなど)
 - 全球的な温暖化の影響
 - **ゆっくりした海洋の変動の影響**

2000年以降の海面水温とPDO

2013年7-8月SST偏差

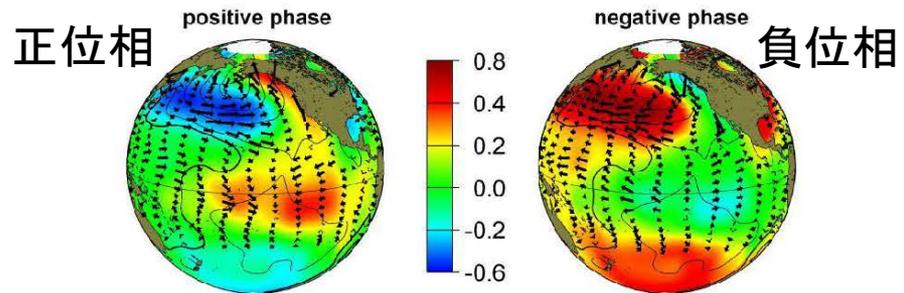


2000-2012年平均のSST偏差

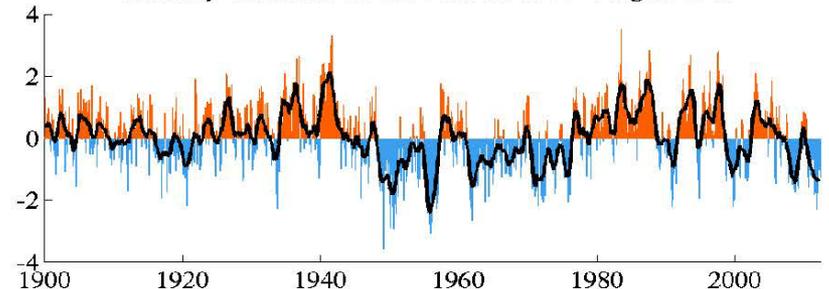


太平洋十年規模変動
(Pacific Decadal Oscillation, **PDO**)

= ゆっくりとした大気海洋の自然変動



monthly values for the PDO index: 1900 - August 2012



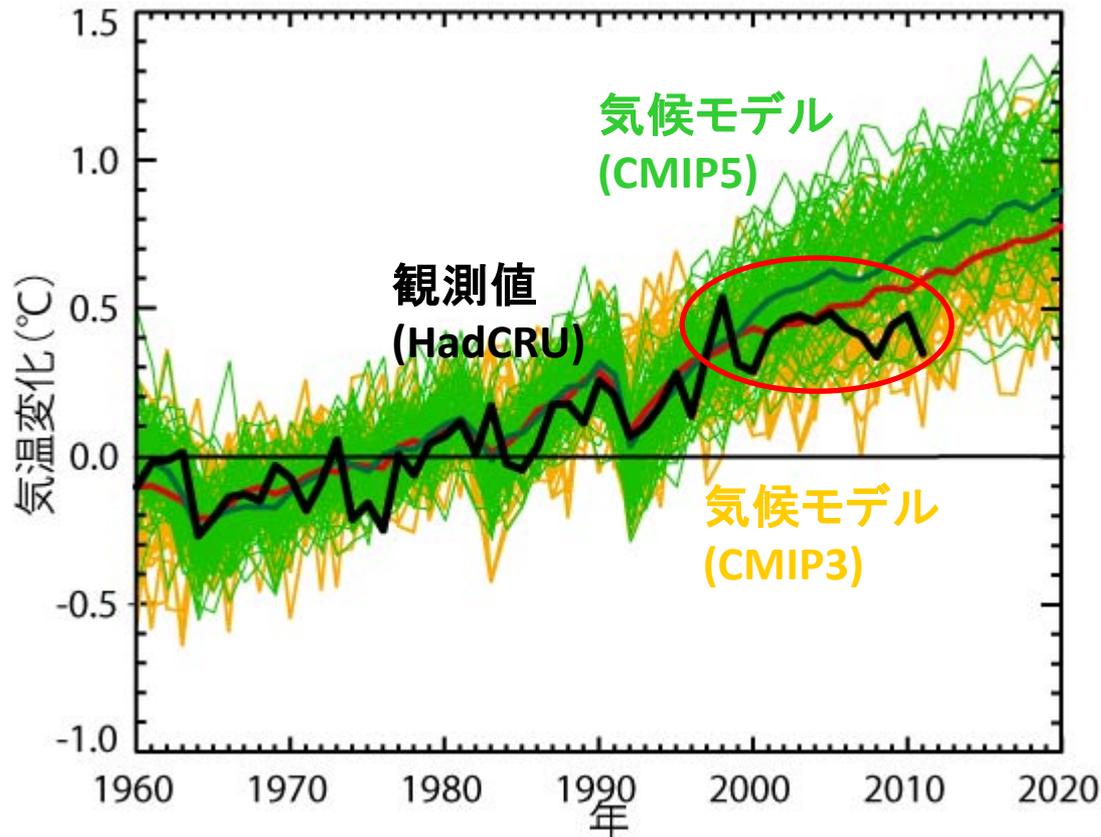
2000-2012年は**PDO**の負位相に相当

Mantua et al. (1997)

地球温暖化の停滞(hiatus)

近年の温暖化の鈍化

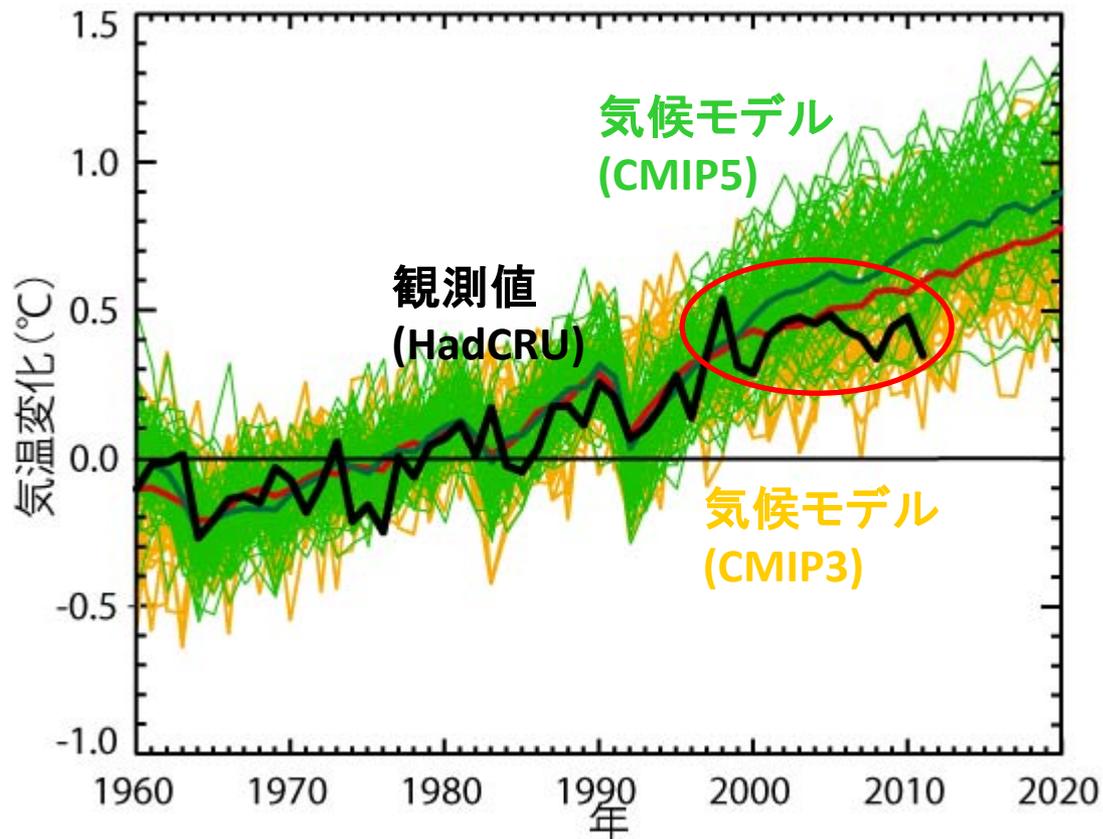
- 2000年頃から、全球地表気温はほぼ一定(10年で 0.03°C の昇温)
- 気候モデルは、最近10年の全球平均気温変化をうまく再現できていない
⇒ 温暖化予測と違い、現実には温暖化が鈍っていることを意味するのか？



地球温暖化の停滞(hiatus)

仮説

- 成層圏の水蒸気減少 (Solomon et al. 2010)
- 太陽活動の不活発化 (Kaufmann et al. 2011)
- 海洋熱吸収の活発化 (Meehl et al. 2011; Watanabe et al. 2013)
- 太平洋十年規模変動に伴う自然の変動 (Meehl et al. 2012; Kosaka and Xie 2013)



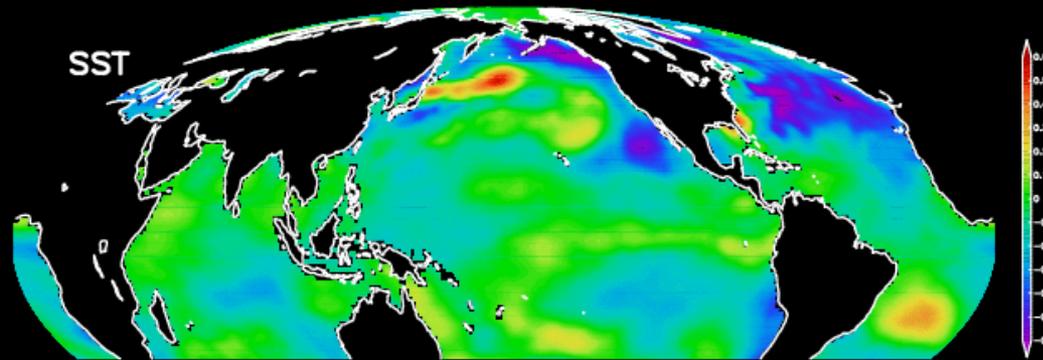
海洋熱吸収の活発化

観測事実

- 大気上端の正味放射収支は以前として負(=大気-地表面系を加熱)
- 海洋700m以深の蓄熱量が増加している

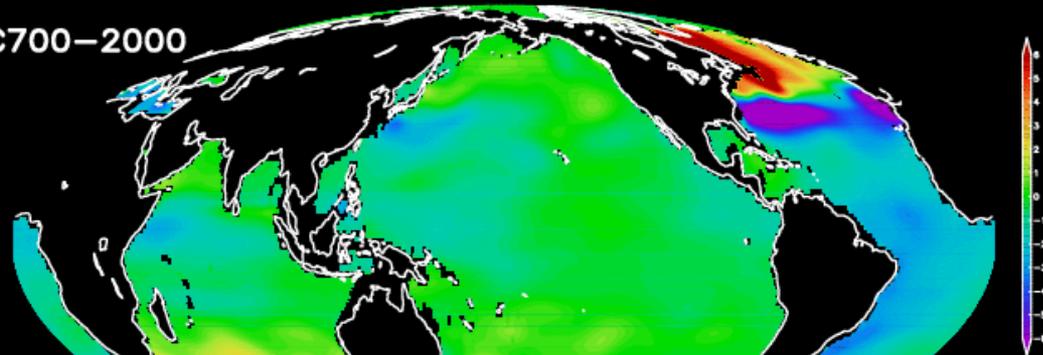
Ocean temperature anomaly 1971 JAN

海面水温



HC700-2000

深層700-2000m
蓄熱量
(平均水温に比例)



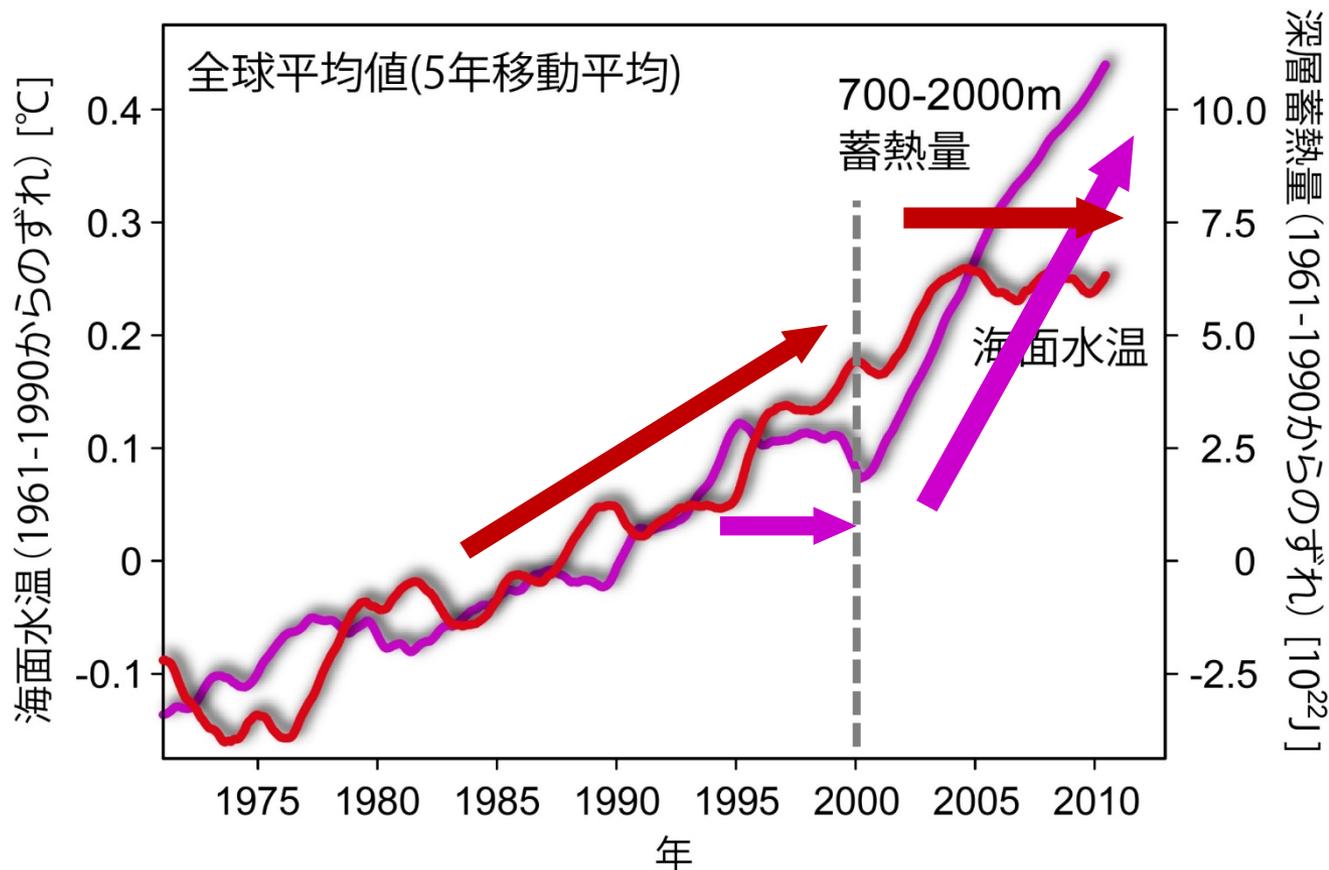
5-yr running mean anomaly

Data courtesy of Masayoshi Ishii (JMA/MRI)

海洋熱吸収の活発化

観測事実

- 大気上端の正味放射収支は以前として負(=大気-地表面系を加熱)
- 海洋700m以深の蓄熱量が増加している



海洋熱吸収の活発化

観測事実

- 大気上端の正味放射収支は以前として負(=大気-地表面系を加熱)
- 海洋700m以深の蓄熱量が増加している
- 海面水位は上昇を続けている(海面水位←海水熱膨張が最も寄与)

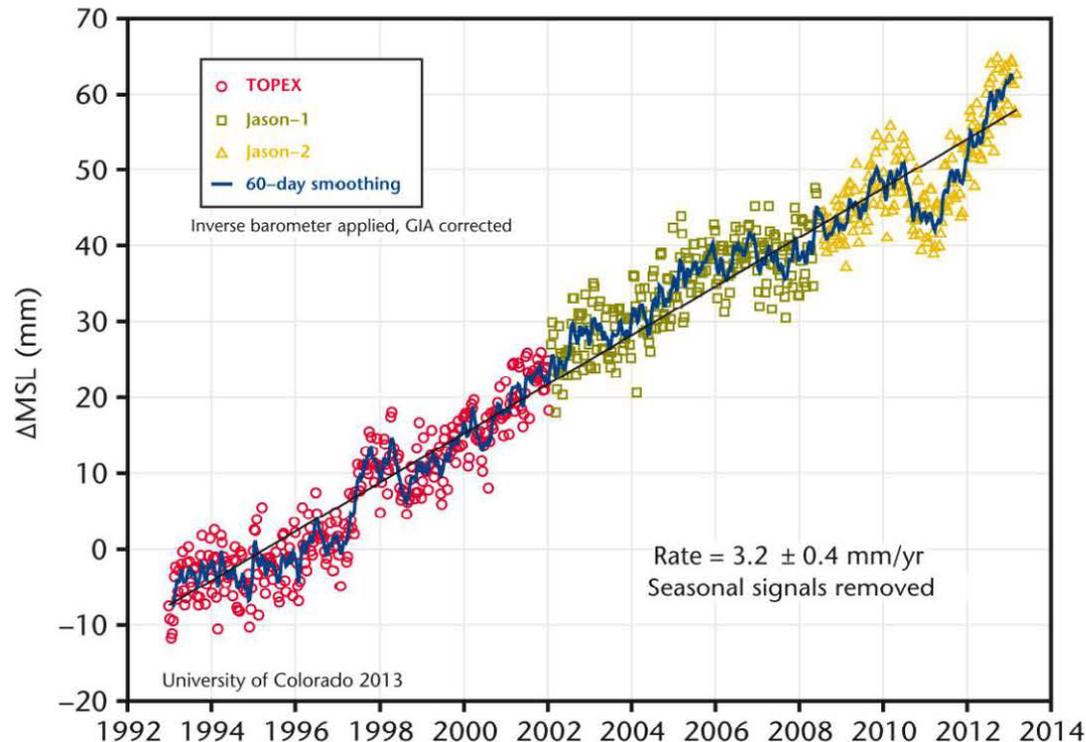


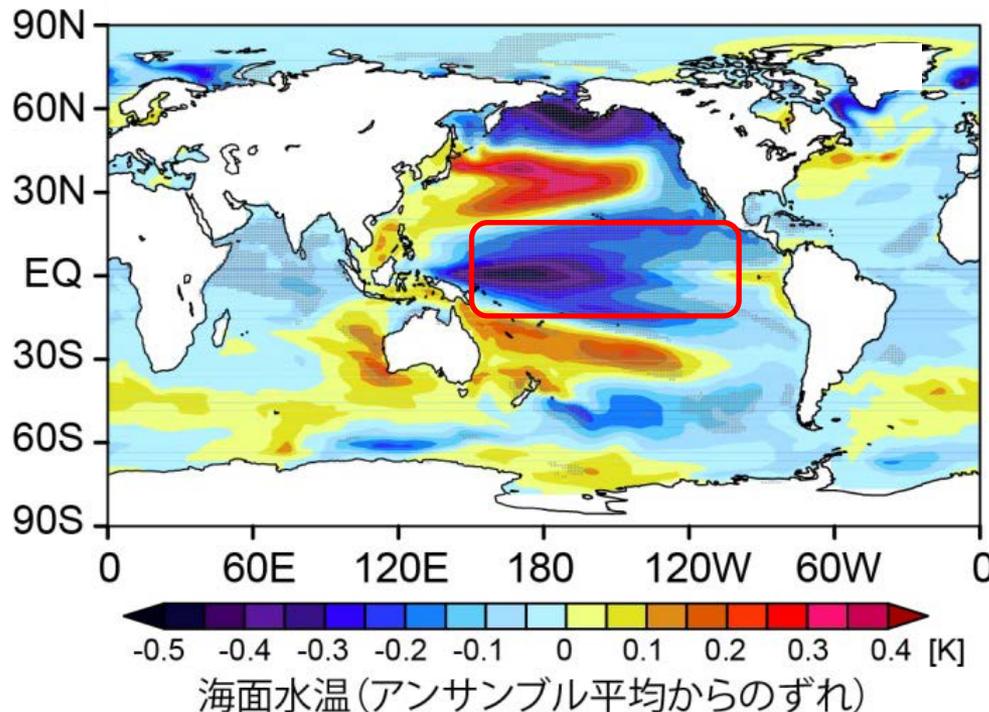
Figure 19: Time-series of global average sea level since 1993 based on satellite altimeter observations. (Source: <http://sealevel.colorado.edu>, Nerem et al, 2010).

気候モデルにおけるhiatus

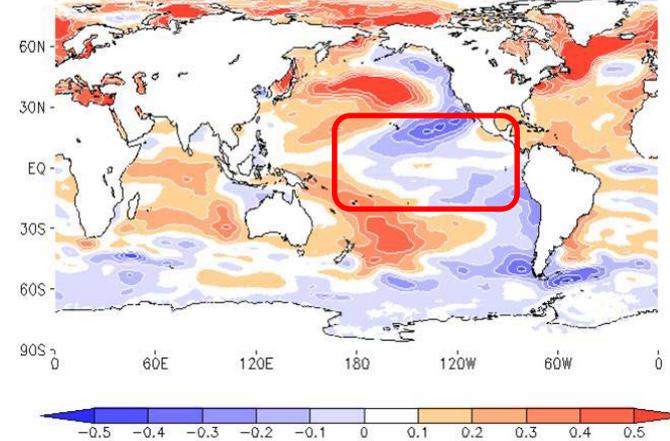
モデルアンサンブルから

- 初期値アンサンブルを調べると、hiatusが現れているメンバもある
- Hiatusが現れているときには、PDOの負位相に似たSST偏差

MIROC5における2001-2010年平均SST偏差
(11メンバ間のspreadに対する線形回帰)

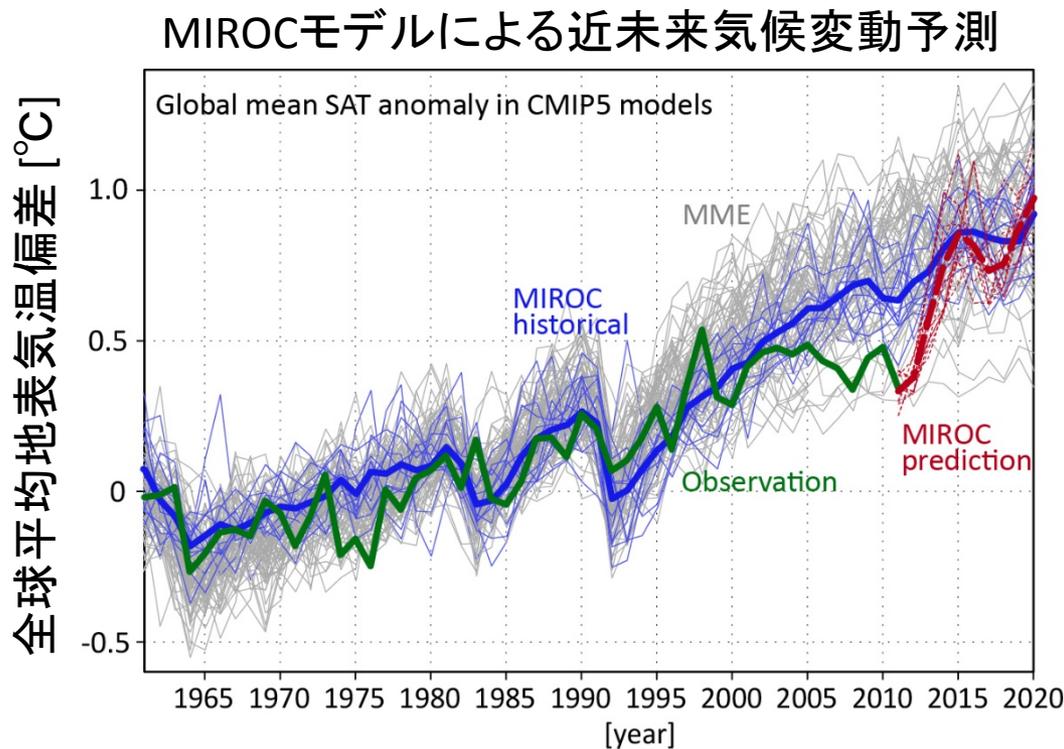


観測されたSST偏差(2000-2012)



将来予測への影響

近い将来(～2020)の予測は下方に修正されるが、hiatusはやがて終わり温暖化が加速される(hiatus終了のタイミングはモデルにより異なる)



青線: 通常の20世紀気候再現および将来予測実験

赤線: 2011年の観測値でモデルを初期値化した近未来予測実験

Hiatusと近年の日本の異常気象

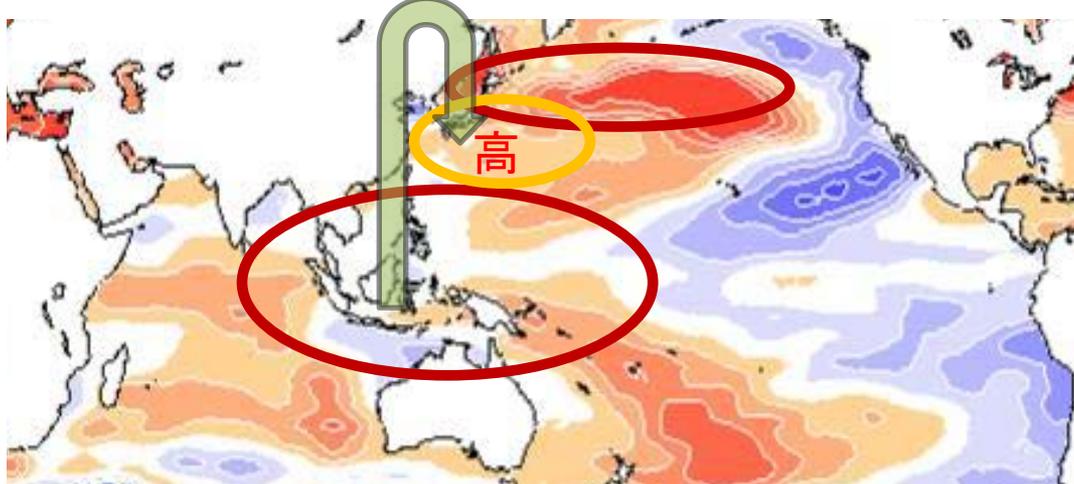
温暖化の停滞と負のPDOがセットだとするとー

- ✓ 西太平洋の高い海面水温 ⇒ 強い太平洋高気圧を維持しやすい
- ✓ 中緯度太平洋の高い海面水温 ⇒ 暑夏による水温上昇を助長

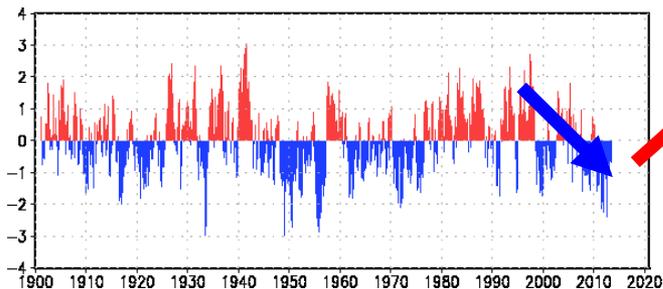
2013猛暑の特徴



2000-2012年の海面水温偏差



正確に「いつ」というのは難しいが、PDOの位相はやがて逆転する



温暖化の加速

⇒ 全球的な昇温傾向

⇒ 日本付近では、今年の猛暑のようなメカニズムは働きにくい

暑

涼

まとめ

前提として理解していただきたいこと

- 近年の異常気象の第一要因は、自然のゆらぎ（内部変動）である
- 温暖化に伴う気候変化は、異常気象の起こりやすさを変える（猛暑の発生確率を増やす）が、影響の大きさは地域・現象ごとに異なる

創生プログラムの研究成果からわかったこと、今後おこなうこと

- 地球温暖化は止まっていない
- 地表の温暖化停滞期は自然の気候変動である太平洋十年規模変動と同期しており、やがては温暖化の加速期に戻ると予想される
- 今年の猛暑に対するイベントアトリビューション（温暖化の寄与、PDOの寄与）を準備中