

最近の気候と温暖化について

木本 昌秀

資料作成協力：渡部雅浩博士
東京大学大気海洋研究所

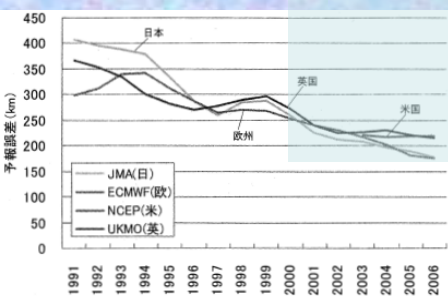
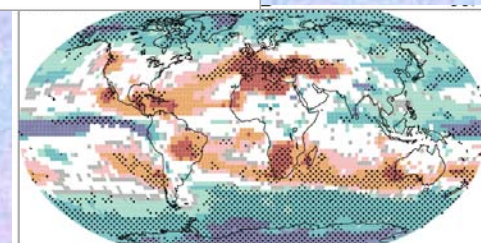
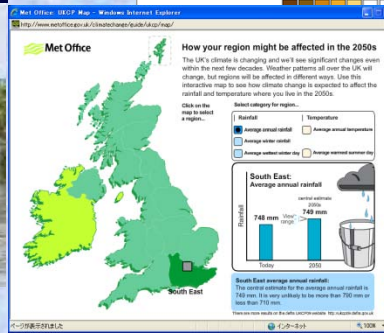
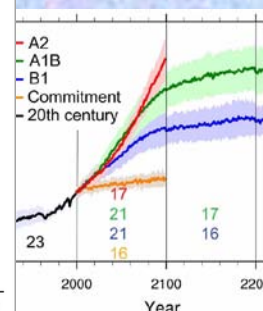
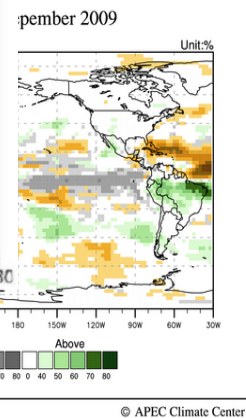
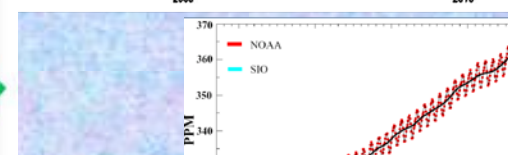
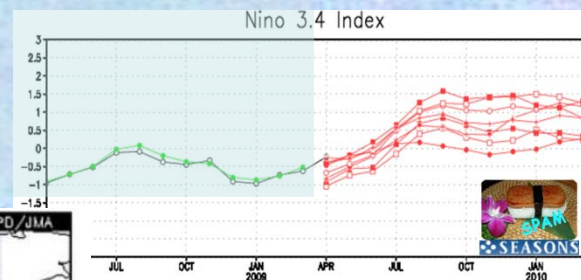
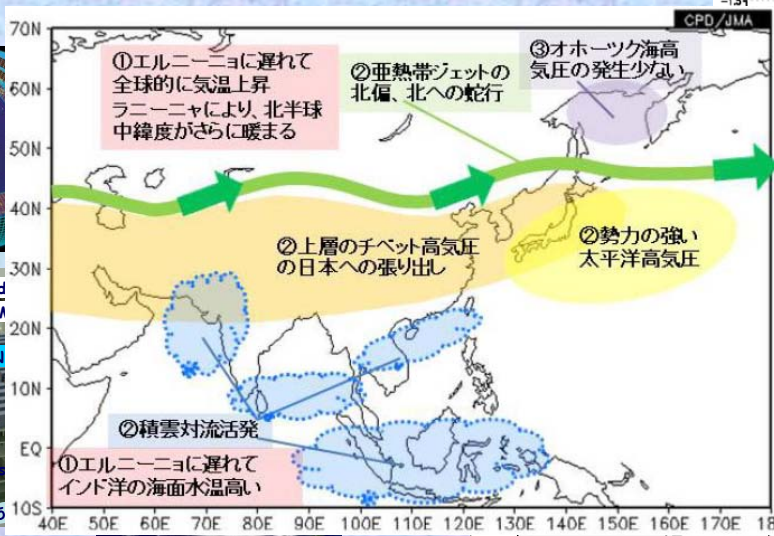
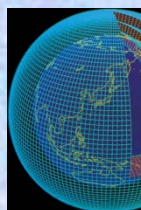
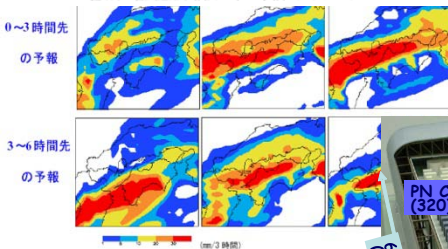


圖 7.9 台風進路予報誤差 (2 日予報) (氣象庁提供)



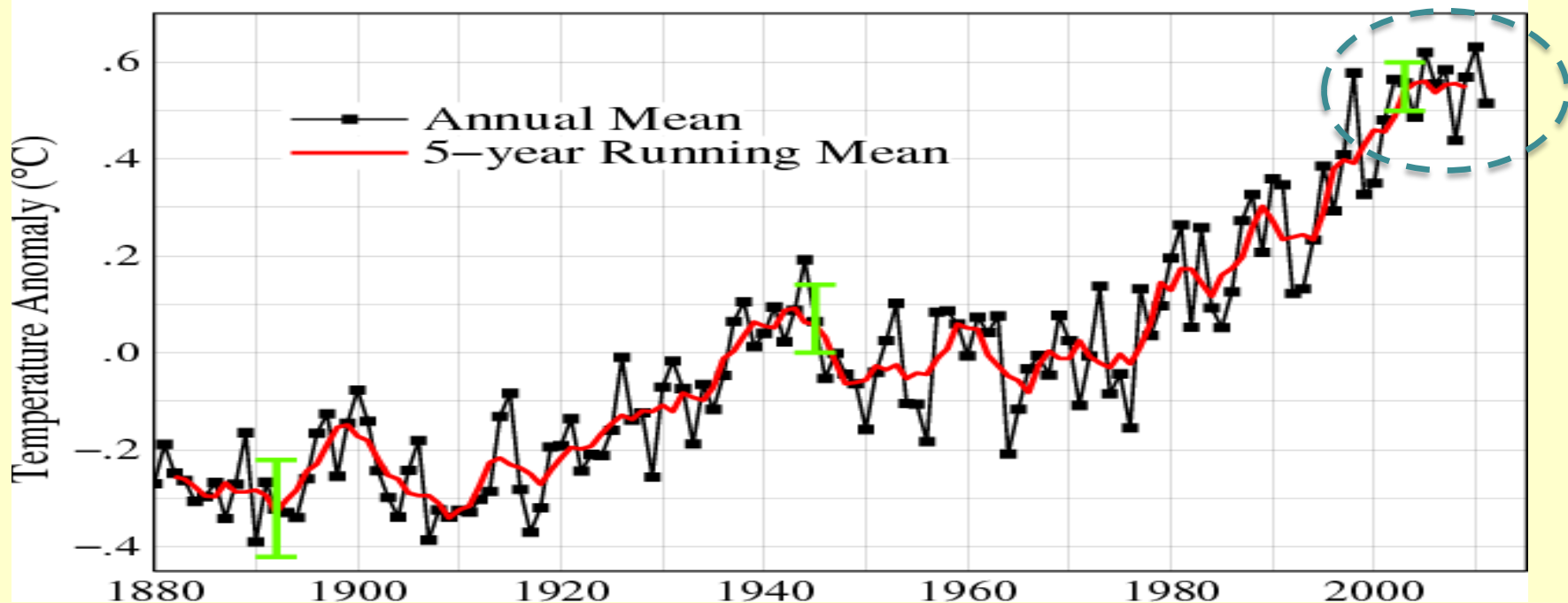
Hiatus問題

- 2000年頃から、温暖化の傾向が鈍っているように見える
- 観測のhiatusが何故生じたかは諸説あるが未解決
- CMIPモデルはhiatus periodをうまく再現できていない

hiatus 【haiéitəs】

隙間, 裂け目, 間隙, 活動休止
(類) an interruption in the
intensity or amount of something

Global-mean SAT time series

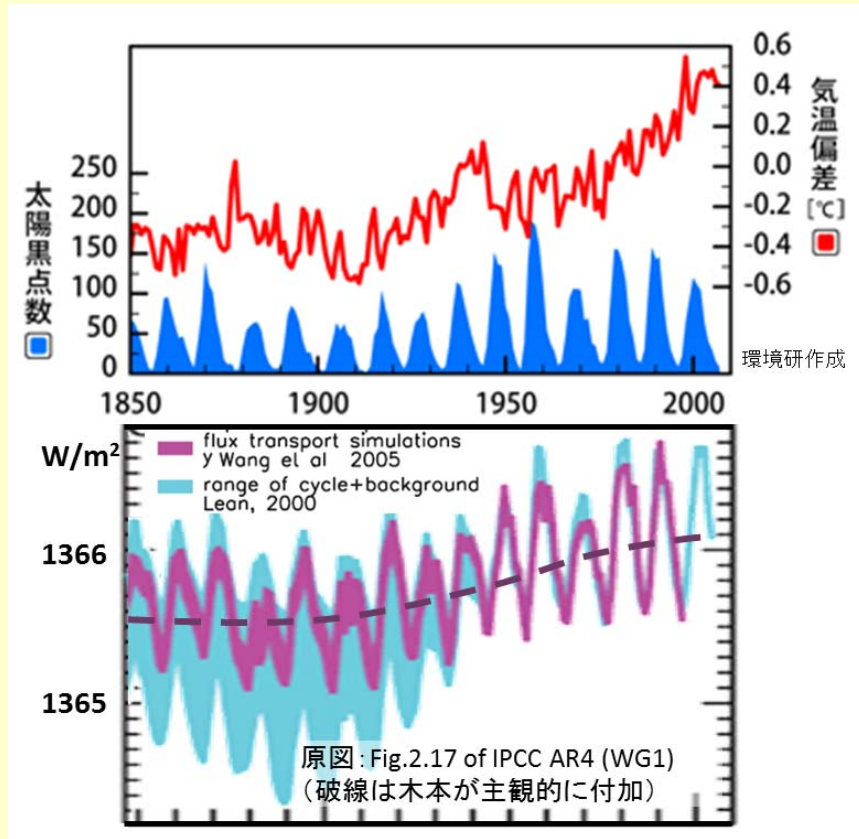


Hiatus問題

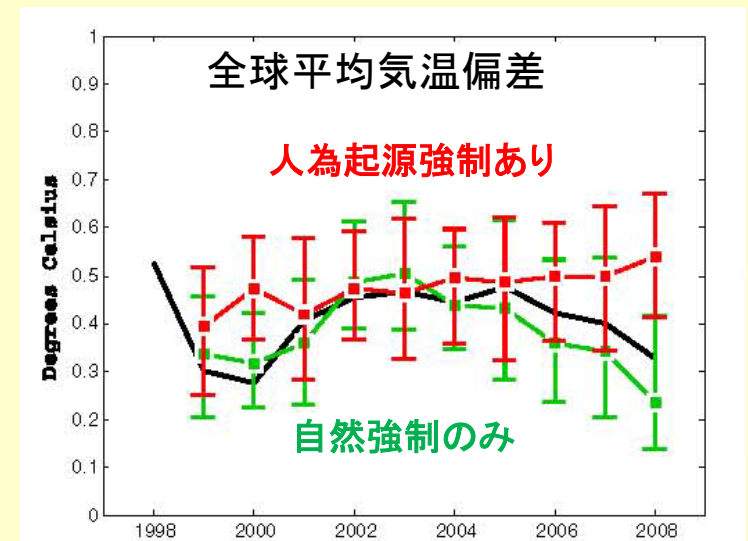
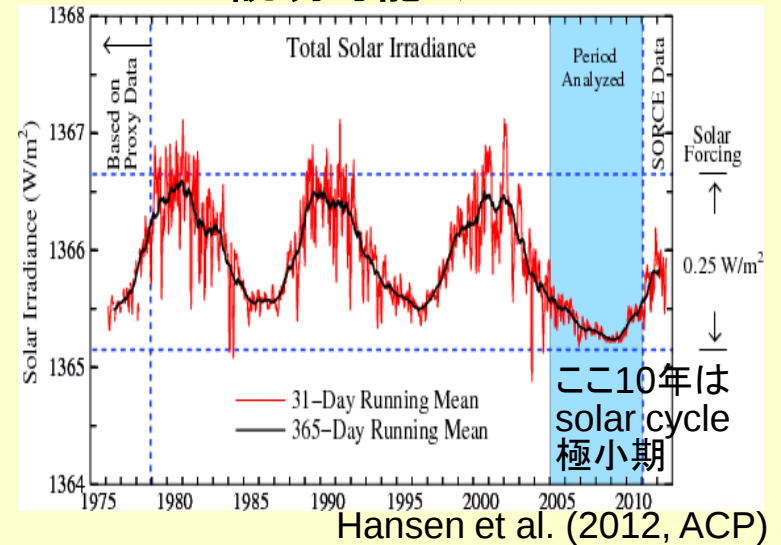
1. Hiatusとは何を指す？	前のスライド
2. Hiatusは本物か？	そう考えてよい
3. Hiatusは理解されているか？	されていない
・外部強制？	
－太陽活動？	量的に不足(<15%)
－成層圏エアロゾル？	よくワカラナイ
－温室効果気体(増加率鈍化)？	地球に入る熱はプラス
・内部変動？	多分…
－太平洋十年規模変動	そのように見える
－海洋熱吸収	多分、が、詳細過程不明
－成層圏水蒸気？	よくワカラナイ(量的に不足？)
4. モデルがHiatusをハズしている？	誤差範囲の下端。要説明。
－気候強制が悪い？	エアロゾル、実際より少なめ？
－モデルが悪い？	？？気候感度？海洋熱吸収？
－近未来予測は？	まあ、OKに見える。詳細過程不明
5. 温暖化は止まったのか？	いいえ

太陽活動？

<長期傾向>



<太陽活動(11年周期)でhiatusの ～15%は説明可能?>



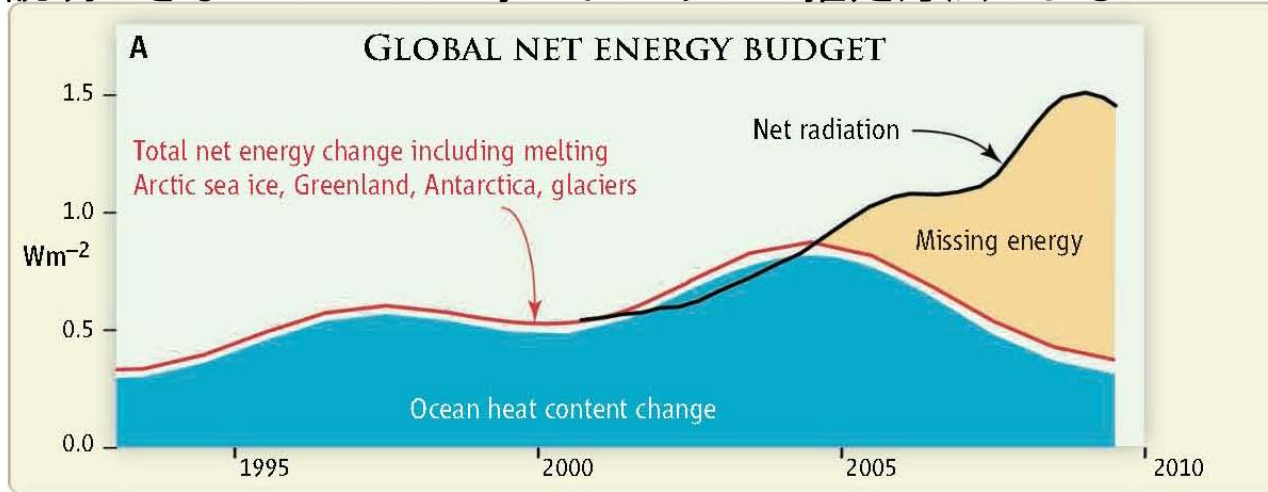
- 簡単なエネルギー収支計算では、
太陽定数 $\pm 0.5 \text{ W/m}^2$ ～ 気温 $\pm 0.026^\circ\text{C}$
- 気候モデルの20世紀実験では考慮されている
- 近年の温暖化の主要因とは考えにくい

Kaufmann et al. (2011, PNAS)

Missing energy?

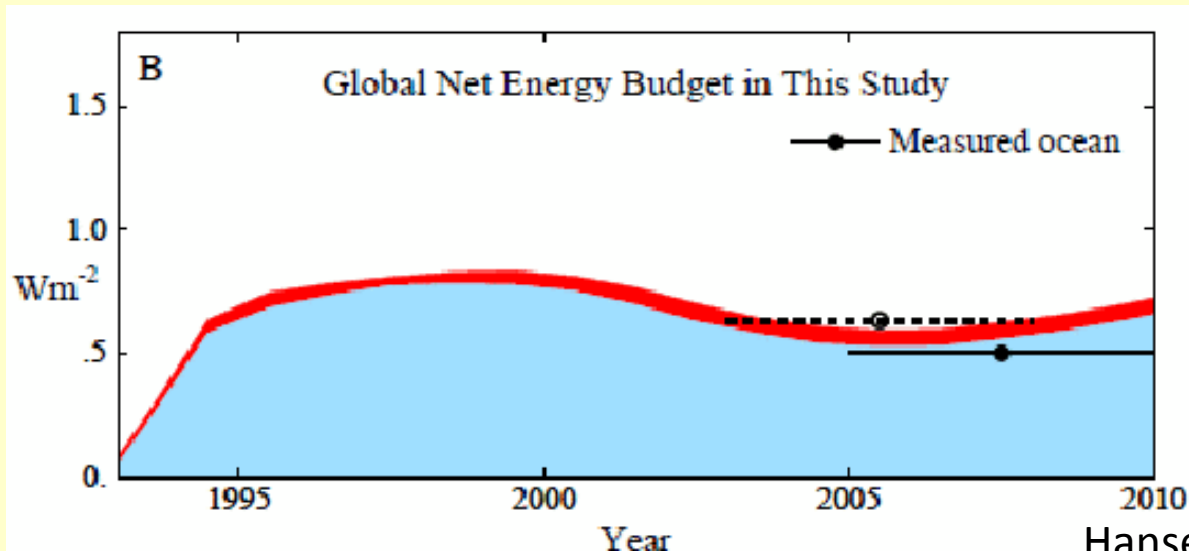
地球が受け取る余分なエネルギーは海洋熱吸収だけでは説明できない？ —— 全球エネルギーの推定方法による

Missing
Energyあり



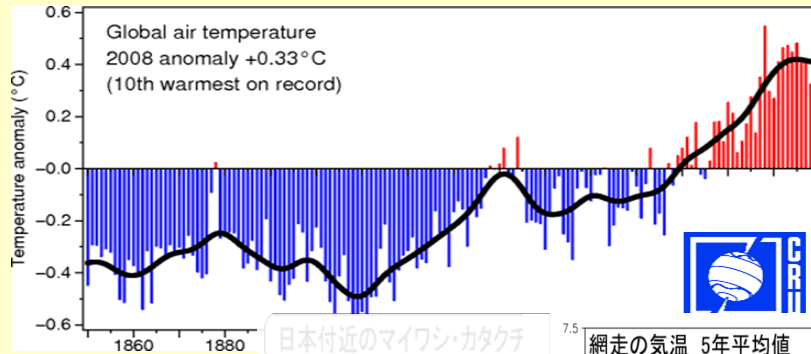
Trenberth and Fasullo (2010, Science)

Missing
Energyなし

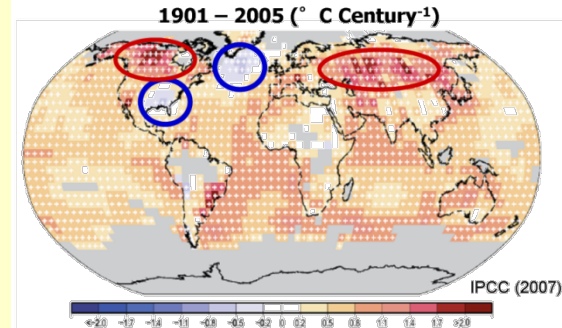


Hansen et al. (2012, ACP)

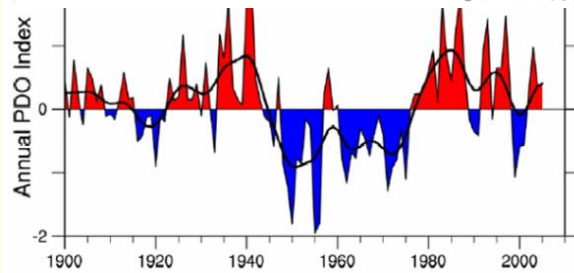
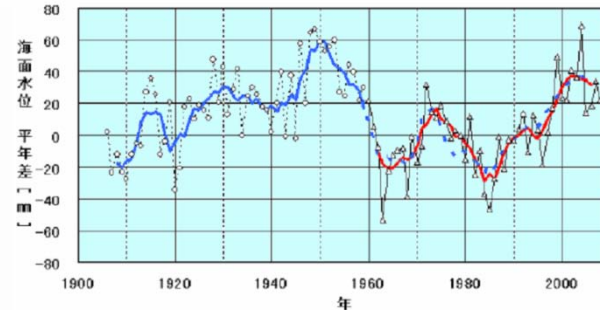
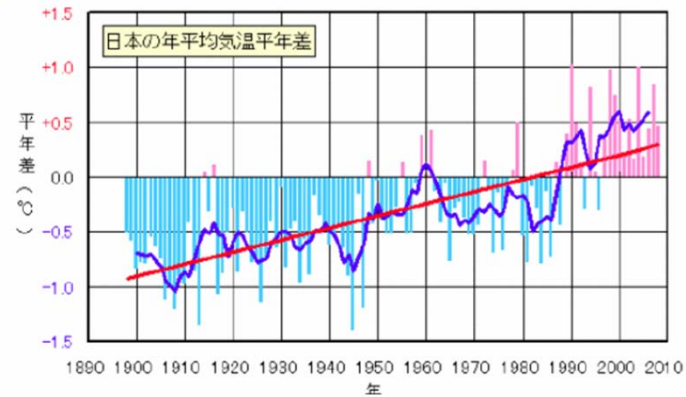
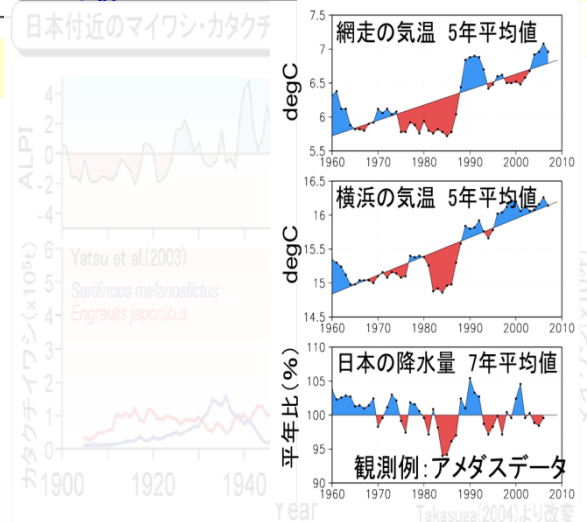
気候変動＝強制＋自然変動



Linear trend of surface temperatures



Mixture of internal variability and forced climate change



Pacific Decadal Oscillation

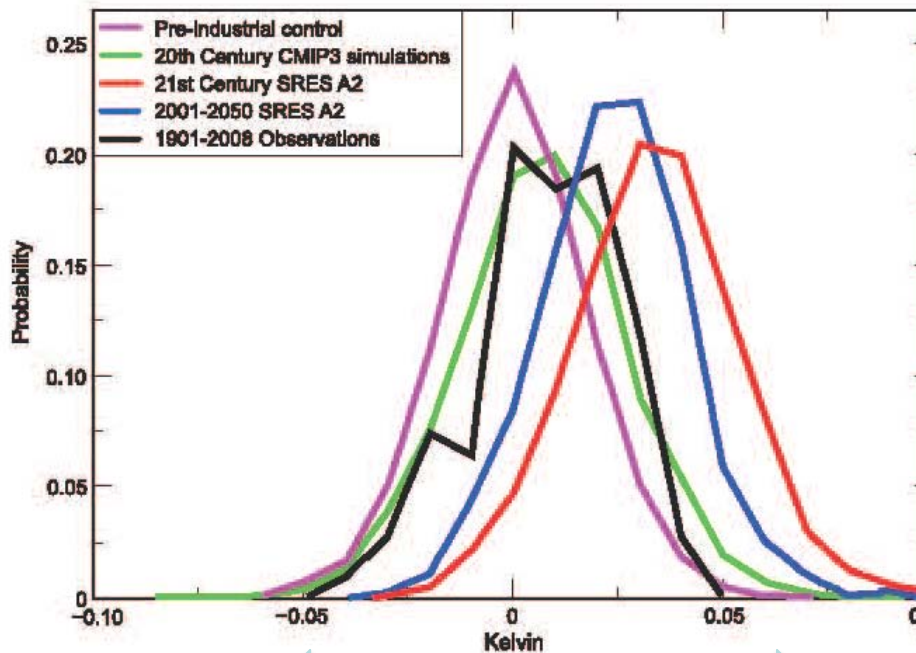
(PDO)

気候の十年規模変動

自然変動？

Hiatusは想定範囲内？

10年平均地表気温トレンドの確率分布



気候モデルの長期積分に見られるhiatus

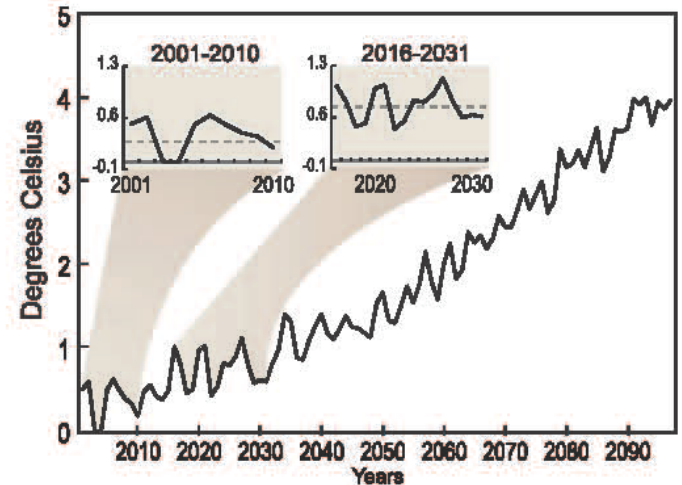


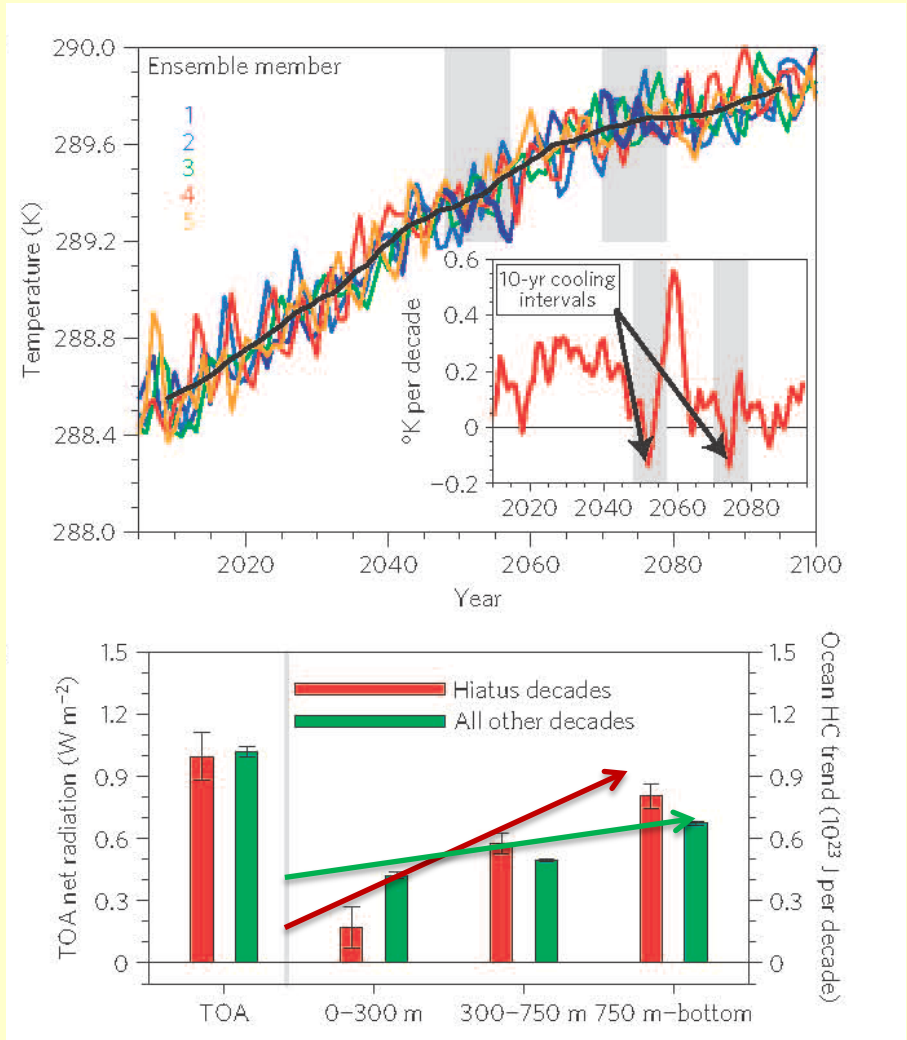
Figure 2. One realization of the globally averaged surface air temperature from the ECHAM5 coupled climate model forced with the SRES A2 greenhouse gas increase scenario for the 21st century.

- ✓ 観測のSAT trendは正ばかりではない
→ 2001-2010のトレンドがゼロだからといって驚くことはない
- ✓ CMIP3 20C実験は観測の(SAT trend)PDFをよく再現
→ モデルが間違っているというにはあたらない

自然変動？

たまたま海洋がたくさん熱を吸収するとhiatusが生じる？

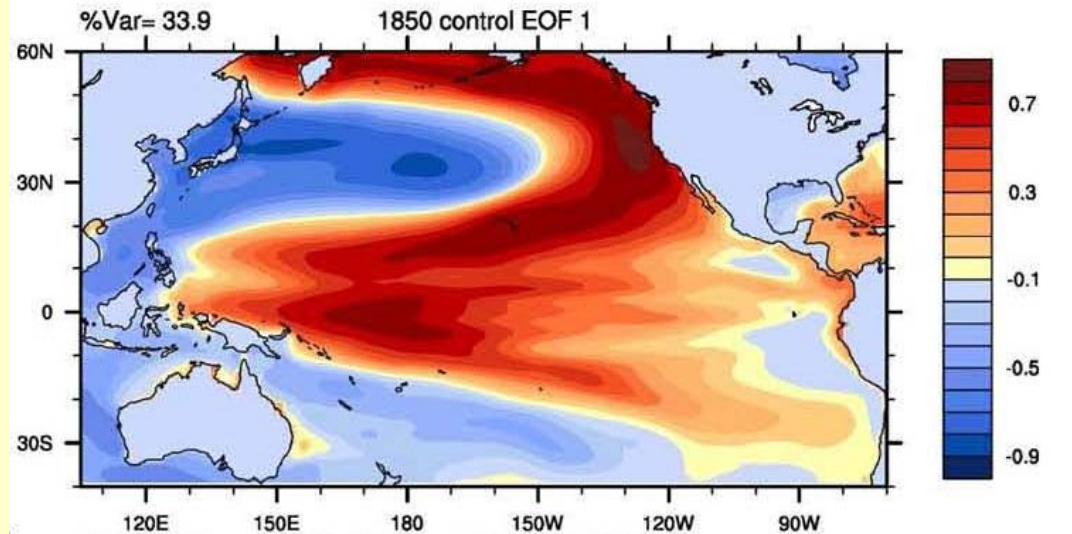
- ❑ NCAR CCSMのアンサンブル
- ❑ 観測の2001-2010のような Hiatusはいくつか現れる
- ❑ そのとき、昇温は表層<亜表層
- ❑ たまたまocean heat uptakeが活発になるときにhiatusが生じる



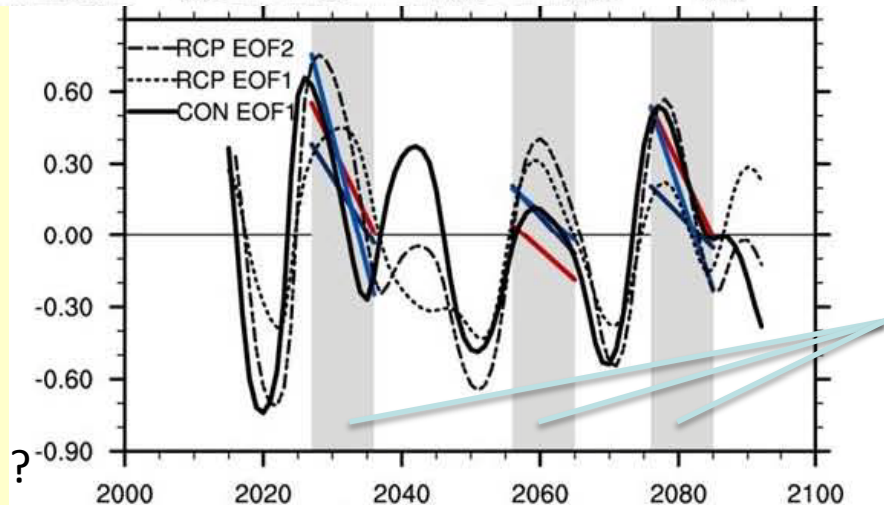
自然変動？

たまたま海洋がたくさん熱を吸収するとhiatusが生じる？

CCSM4 piControlにおける
IPO (Interdecadal Pacific
Oscillation)のパターン
(13yr rm SSTAのEOF1)



CCSM4 RCP4.5における
IPOのインデックス
→ メンバごとに位相は
ばらばらだが(内部変動
なので)、hiatusの時期には
決まって正から負へ変化



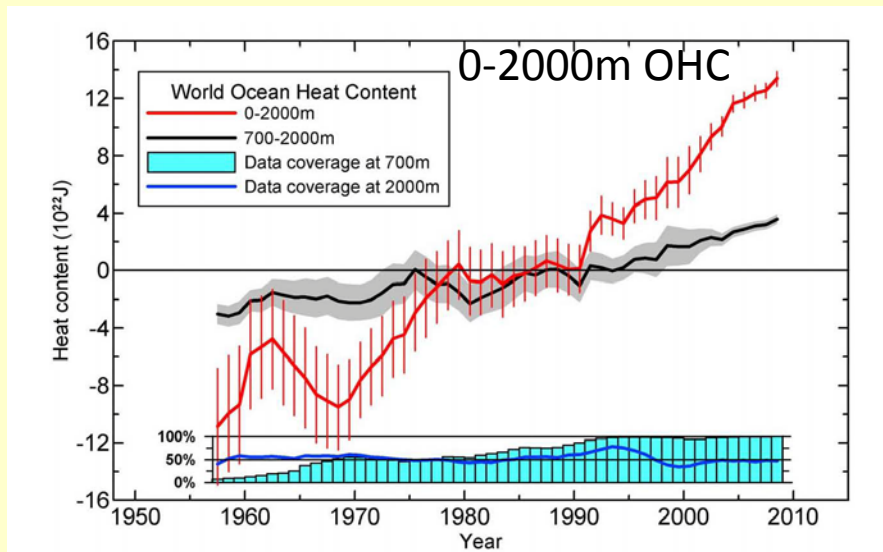
hiatus

- Q. 海洋熱吸収とIPOの関係は？
Q. 2000年以前は問題にならなかった？

Ocean is warming

ΔN が増えているならば海洋蓄熱量 H は近年増大しているはず

$$\frac{d\Delta H}{dt} = \Delta N$$

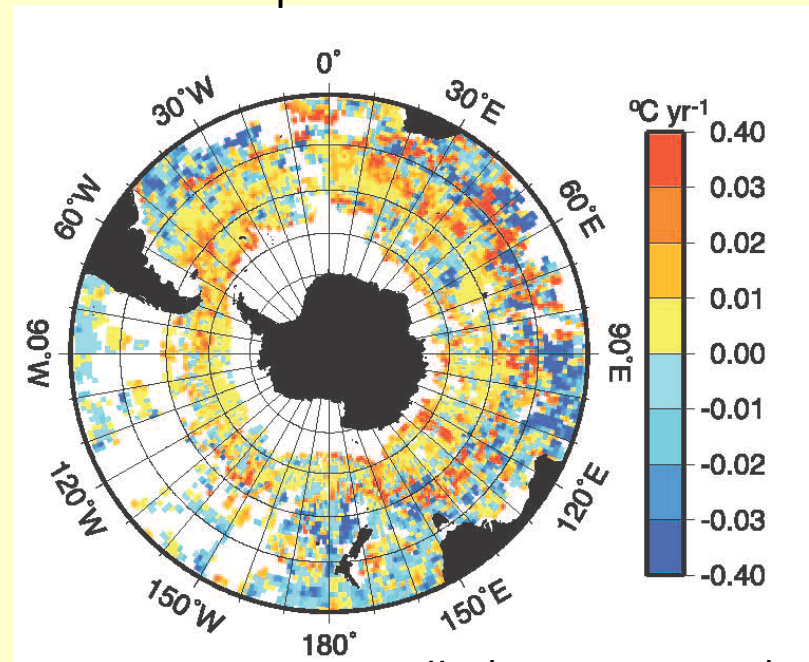


Levitus et al. (2012, GRL)

Lyman et al. (2012, Nature)も同様

0.41 W/m² heat absorbed into 0-2000m ocean
For 2005-2010 (vonSchuckmann & LeTraon 2011)

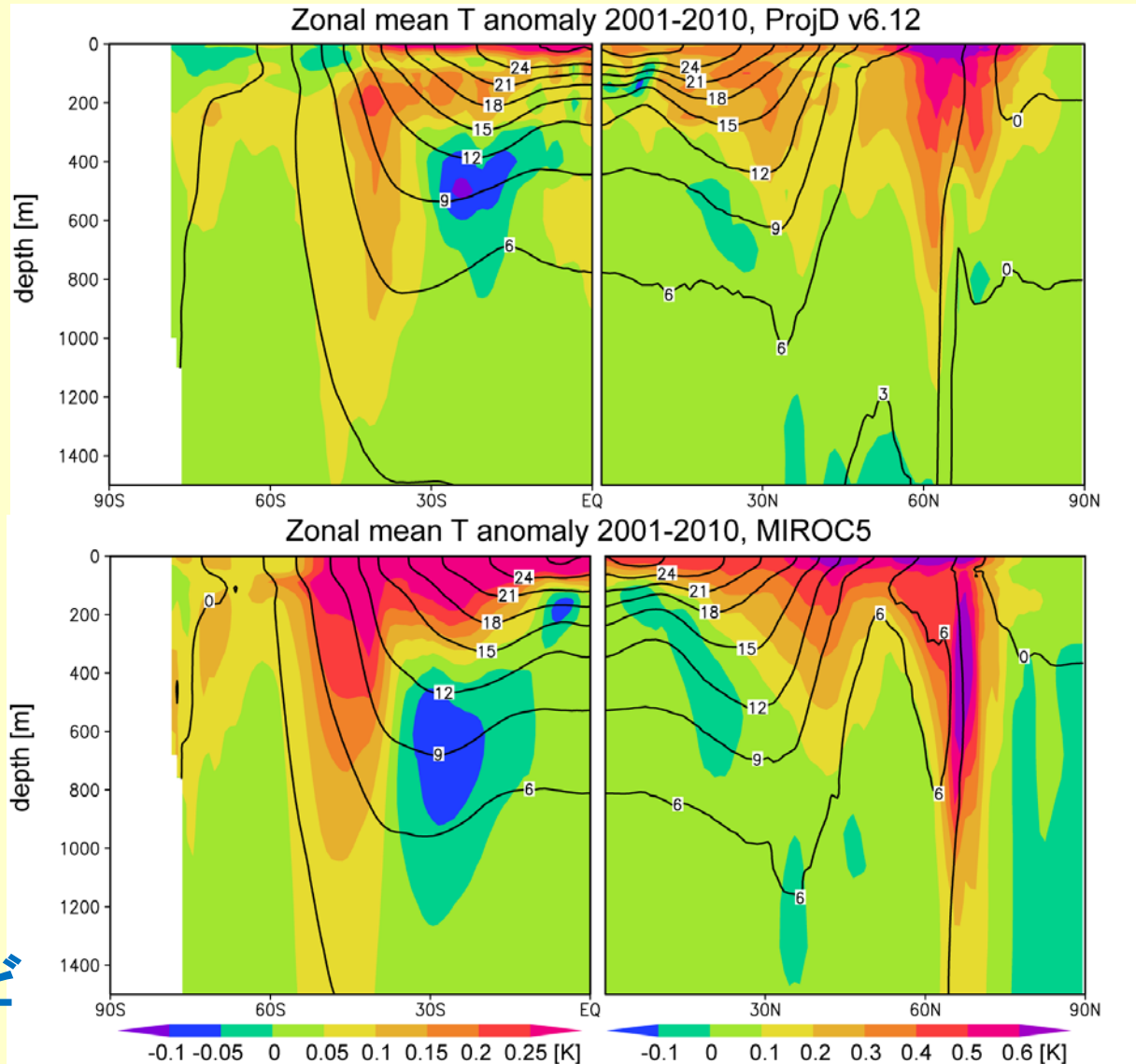
700-1100m Temp trend for 1930-2000



Gille (2002, Science)

海洋の昇温

2001-2010偏差
観測値
(ProjD v6.12)



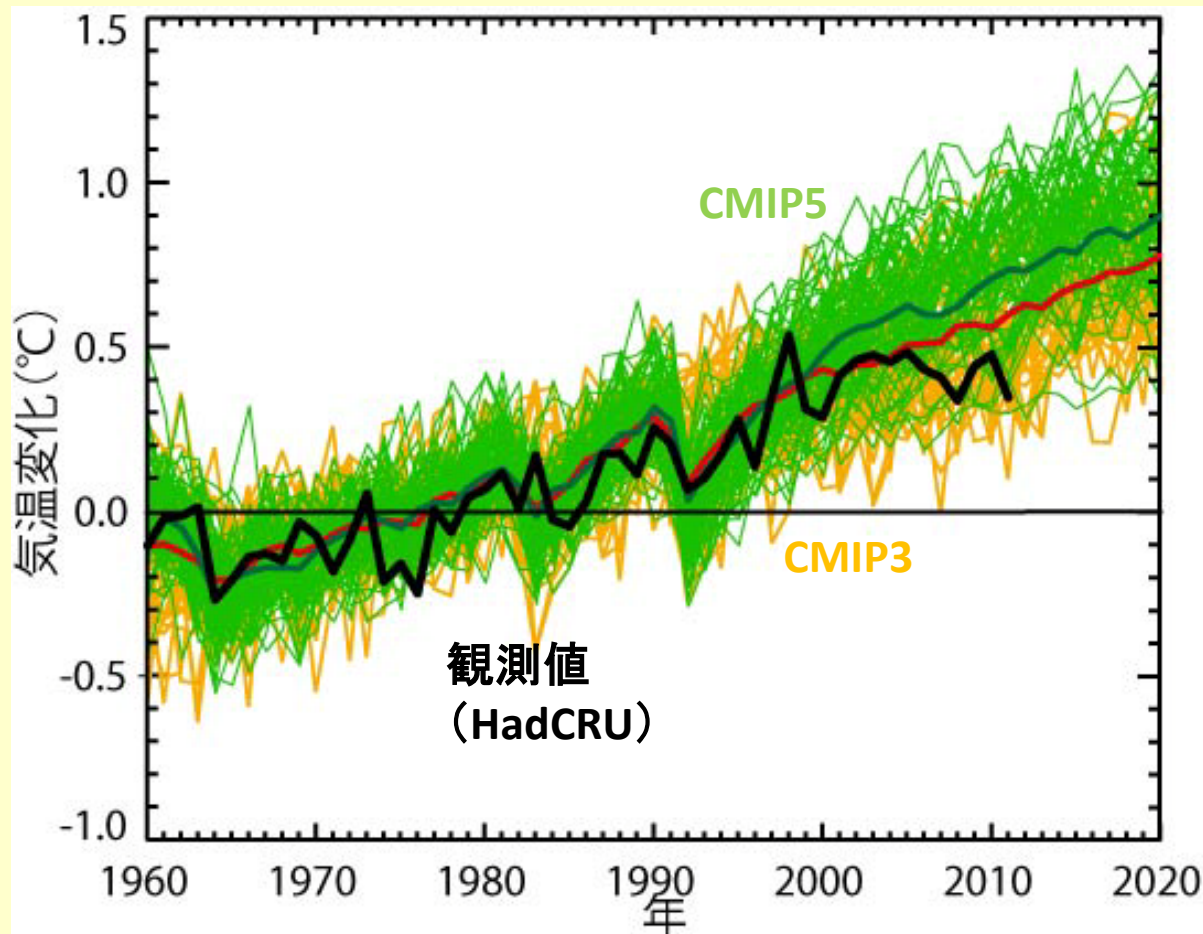
2001-2010偏差
MIROC5
(ensemble avg)

昇温過大だけど
全般悪くない、

Hiatus 問題

CMIP気候モデルではどうか？

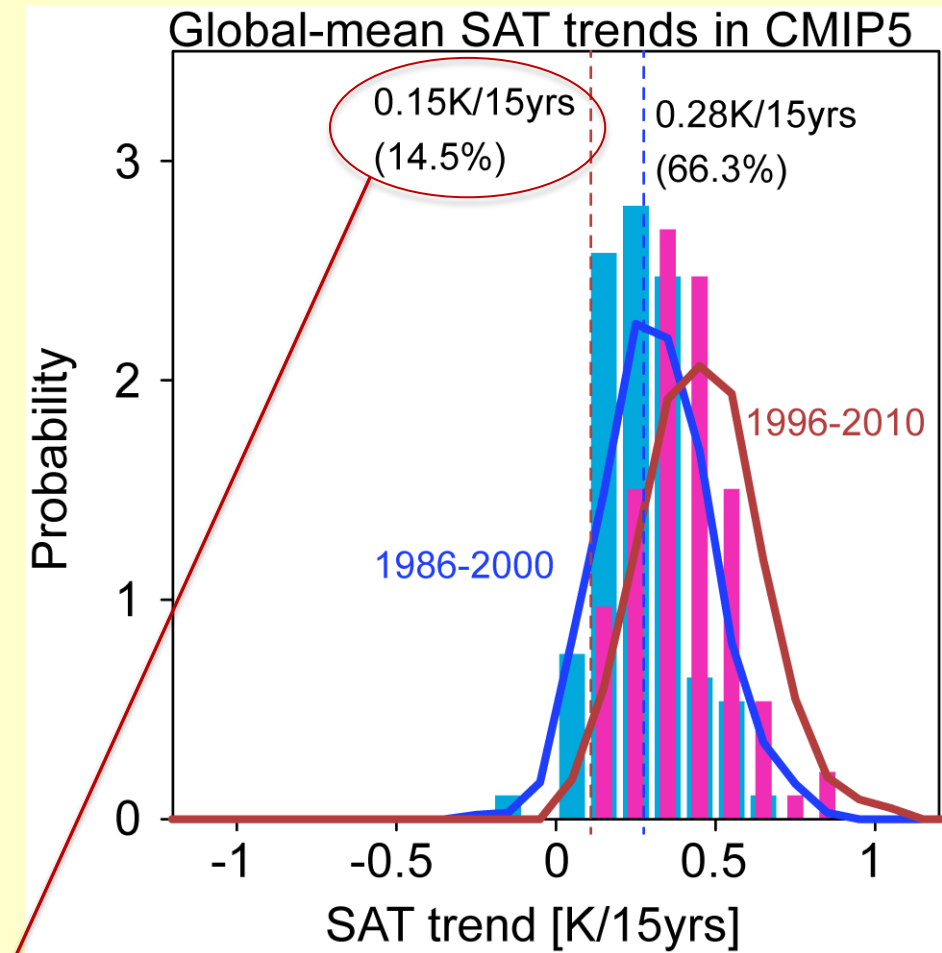
Obs+CMIP3(20C+A1b)+CMIP5 (hist+RCP4.5)



Hiatus問題

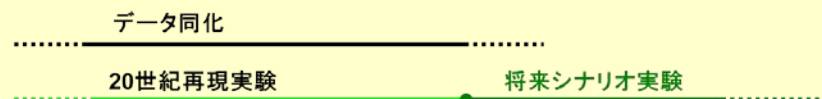
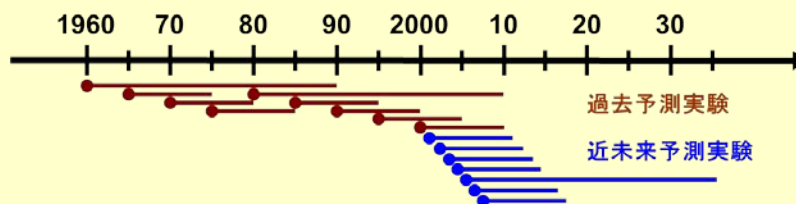
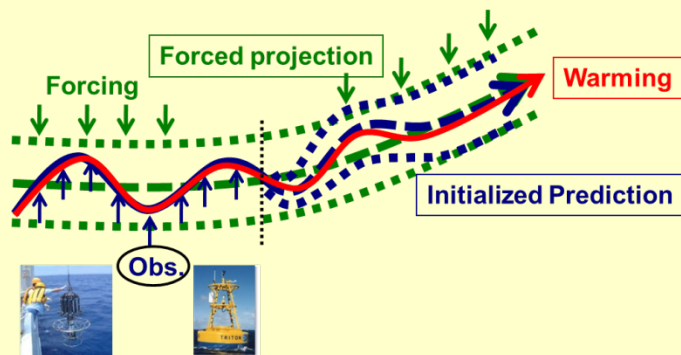
CMIP気候モデルではどうか？

- 気候モデルの地表気温はどれも上昇する
- 観測値はモデルのばらつきの範囲内にある
- モデル全体(アンサンブル平均)としては、Hiatusを再現していない
- 各モデルで、2000年以前の昇温と2001年以降のhiatusをともに再現しているかどうか？



CMIP5全メンバの85%はSATトレンドを過大評価している

近未来(十年規模気候変動)予測



全球平均地表面気温

観測(赤)と予測(青、緑)

初期値化有り

初期値化無し

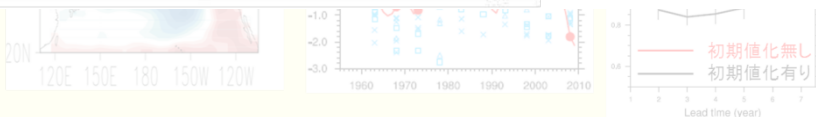
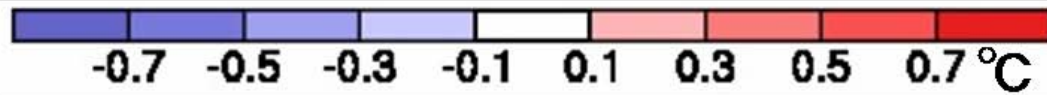
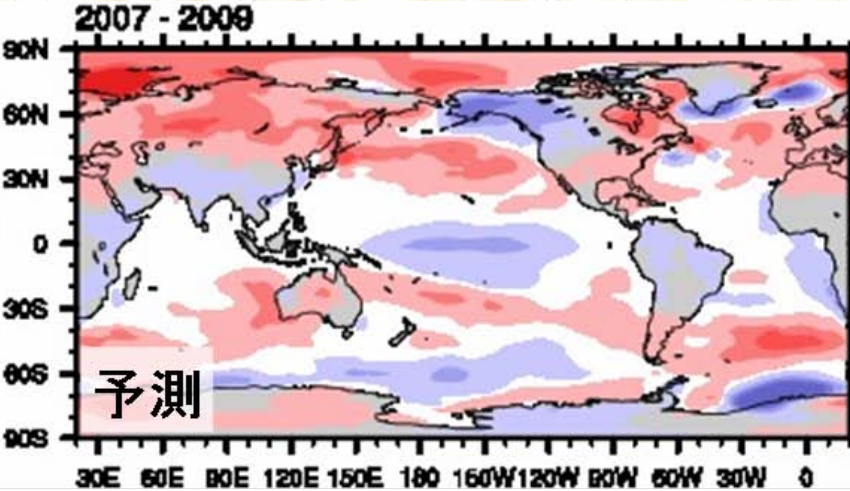
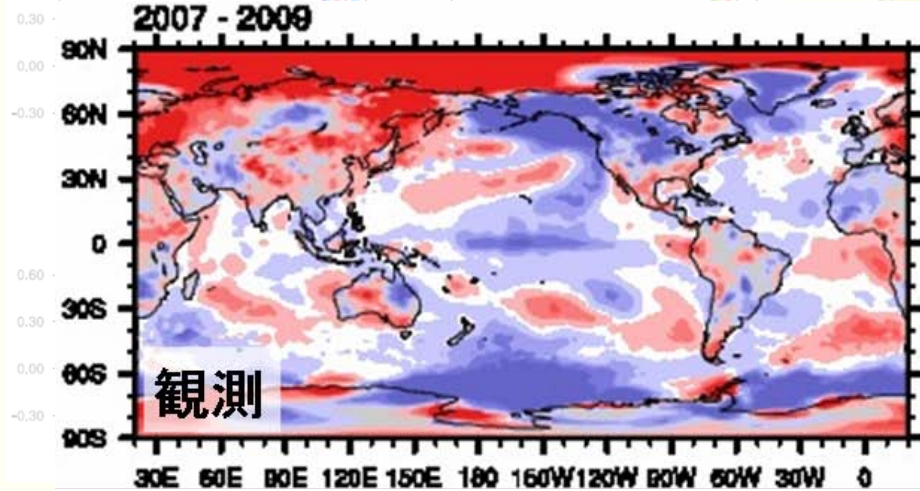


地表面気温の予測スキル、初期値化のインパクト

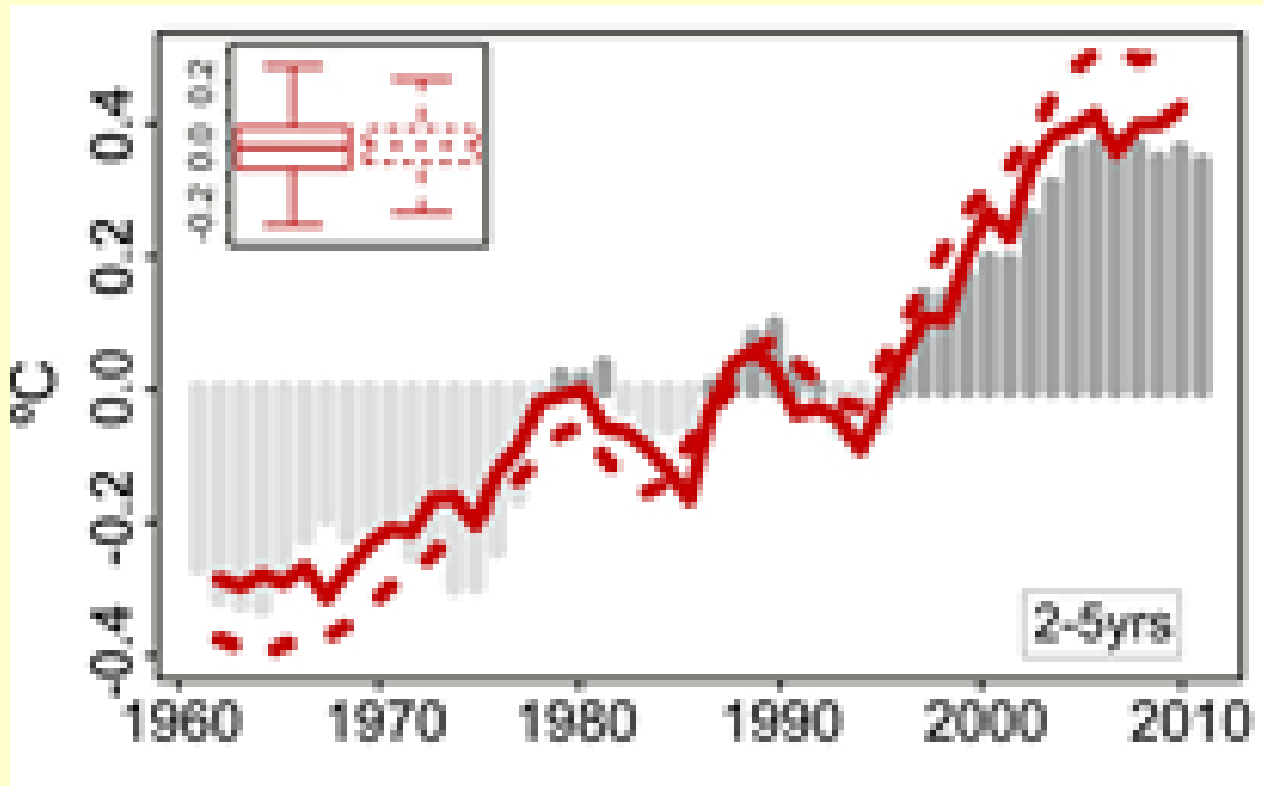
初期値化なし

初期値化あり

差



CMIP5 decadal prediction



Global mean surface temperature anomaly time series.

Bars: Observation

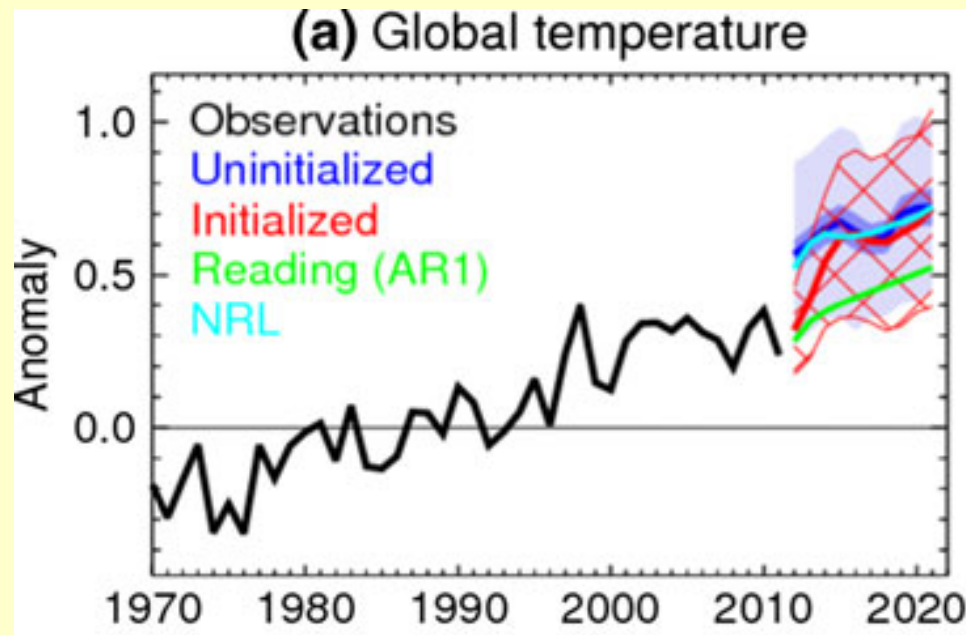
Thick line: CMIP5 initialized hindcasts. Multimodel mean.

Dashed line: CMIP5 non-initialized hindcasts. Multimodel mean.

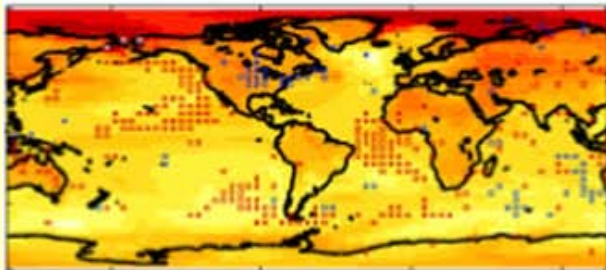
Experimental prediction

Prediction from 2012→

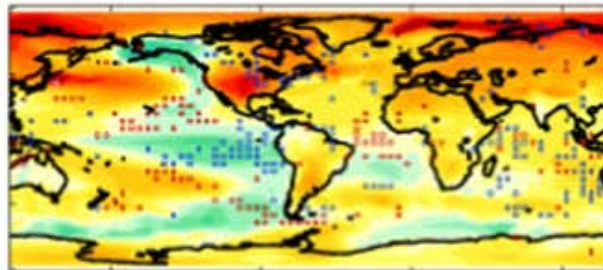
Verification for the first year↓



(m) Average uninitialized



(n) Average initialized



(o) Observations (Jan–Sep)

