

近年の日本の天候と十年規模変動の 関係

卜部 佑介* 前田 修平

気象庁 地球環境・海洋部 気候情報課

Urabe, Y. and S. Maeda,
The relationship between Japan's recent temperature and decadal variability,
SOLA, 10, 176–179, doi: 10.2151/sola.2014-037

Outline

はじめに

- 十年規模変動への近年の注目 -

日本の近年の天候

- 季節変動の強化 -

大気、海洋の近年の状況

- La Niña-like conditions -

まとめ

使用データ

+ 大気循環場

- JRA-55 (気象庁; Kobayashi et al., 2015)

+ 海面水温 (SST)

- COBE-SST (気象庁; Ishii et al., 2005)

+ 表層水温

- MOVE-G (気象庁; Usui et al., 2006)
- 客観解析データ (Ishii and Kimoto, 2009)

+ 日本の気温

- 気象庁の現場観測

(http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/list/mon_jpn.html)

はじめに

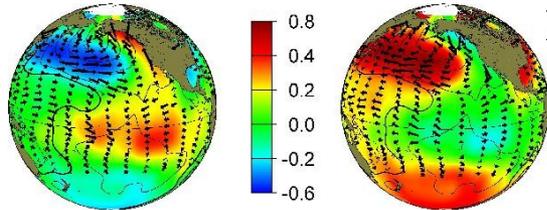
代表的な十年～数十年規模の変動

Pacific Decadal Oscillation (PDO)

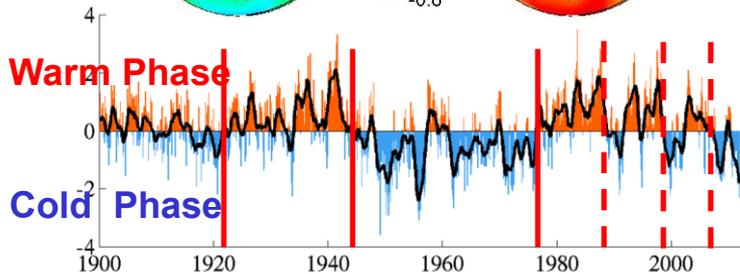
Mantua et al. (1997)

Warm (Positive)
Phase

Cold (Negative)
Phase



<http://jisao.washington.edu/pdo/graphics.html>

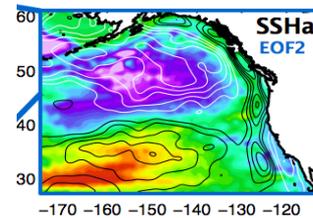


North Pacific Gyre Oscillation (NPGO)

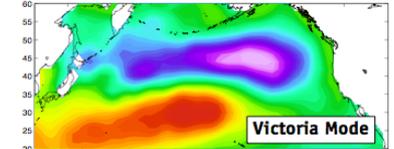
Di Lorenzo et al. 2008

Bond et al. 2003

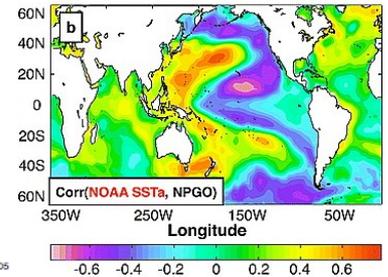
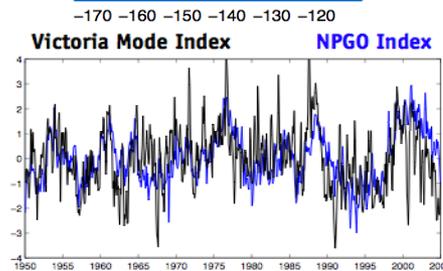
defined: as 2nd EOF of SSHa in the Northeast Pacific



SSTa (detrended) EOF 2

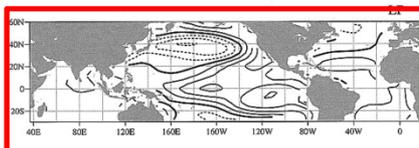
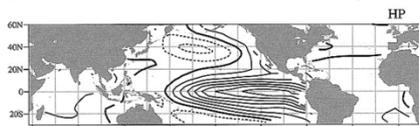
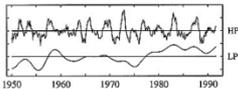


NPGO (SSH) = Victoria Mode (SST)



Interdecadal Pacific Oscillation (IPO)

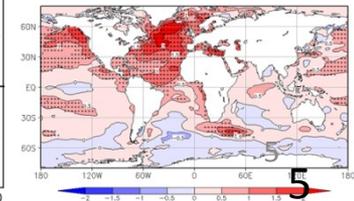
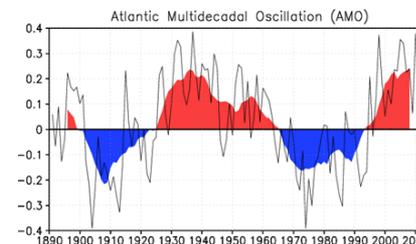
Zhang et al. (1997)



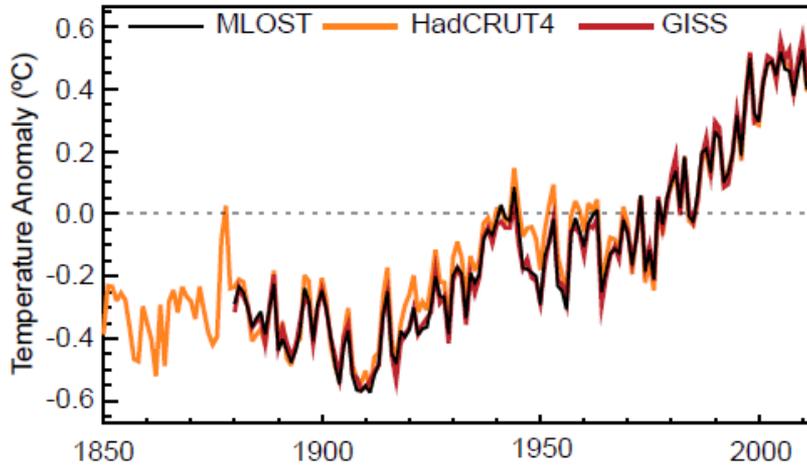
太平洋の海面水温に6年のLow PassフィルターをかけたEOF第1モード

Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO)

北大西洋で平均したのSST偏差から、線形トレンド成分を除いたもの。60-70年周期。

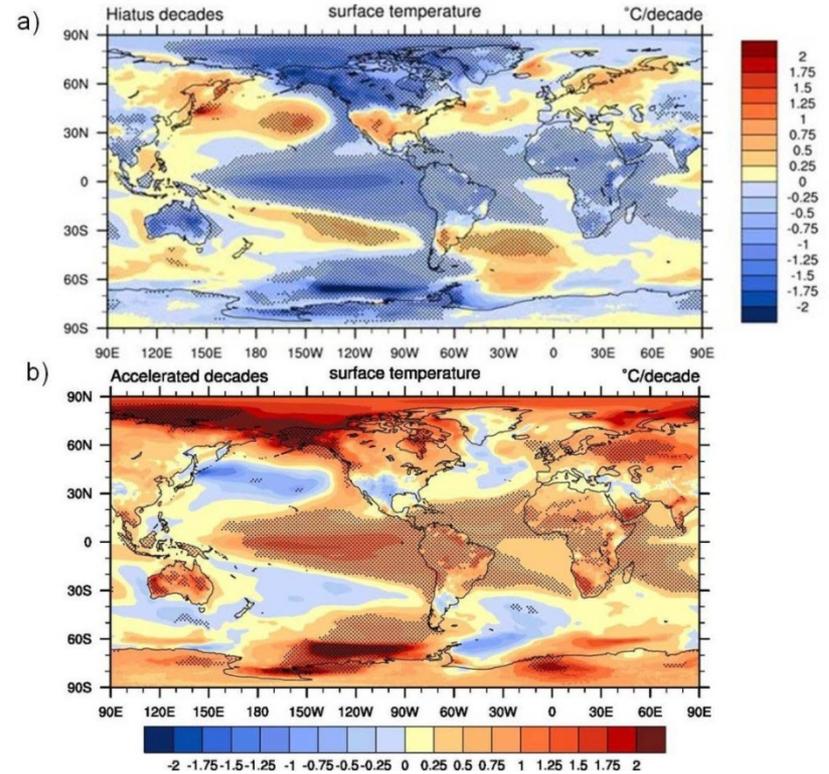


地球温暖化の停滞(ハイエイタス)と十年規模変動



Annual Global Mean Surface Temperature (GMST) anomalies relative to a 1961–1990 climatology from the latest version of the three combined Land-Surface Air Temperature (LSAT) and Sea Surface Temperature (SST) datasets (HadCRUT4, GISS and NCDC MLOST).

IPCC AR5 (2014)



Five CCSM4 21st century simulations with RCP4.5 (uniform increase in GHGs, no volcanoes):
 Composites of decades with near-zero warming trend (hiatus decades) and decades with rapid global warming (accelerated warming decades) show opposite phases of the IPO in the Pacific
 (hiatus=linear trend of global T < -0.10K/decade; 8 hiatus decades
 Accelerated=linear trend of global T > +0.41K/decade; 7 accelerated warming decades)

Meehl et al. (2013)

- ・正のIPO (≒ El Niño-like + 負のPDO) → 温暖化加速
- ・負のIPO (≒ La Niña-like + 負のPDO) → 温暖化停滞

日本の近年の天候

- 季節変動の強化 -

日本の気温の時系列

日本の気温の経年変動* (5年移動平均)

黒 : 年平均 (December – November)

赤 : 夏 – 秋平均 (June – November)

青 : 冬 – 春平均 (December – May)

破線: 1999 – 2011の線形トレンド成分

紫 : 夏 – 秋平均 (+0.31 °C / 10yr)

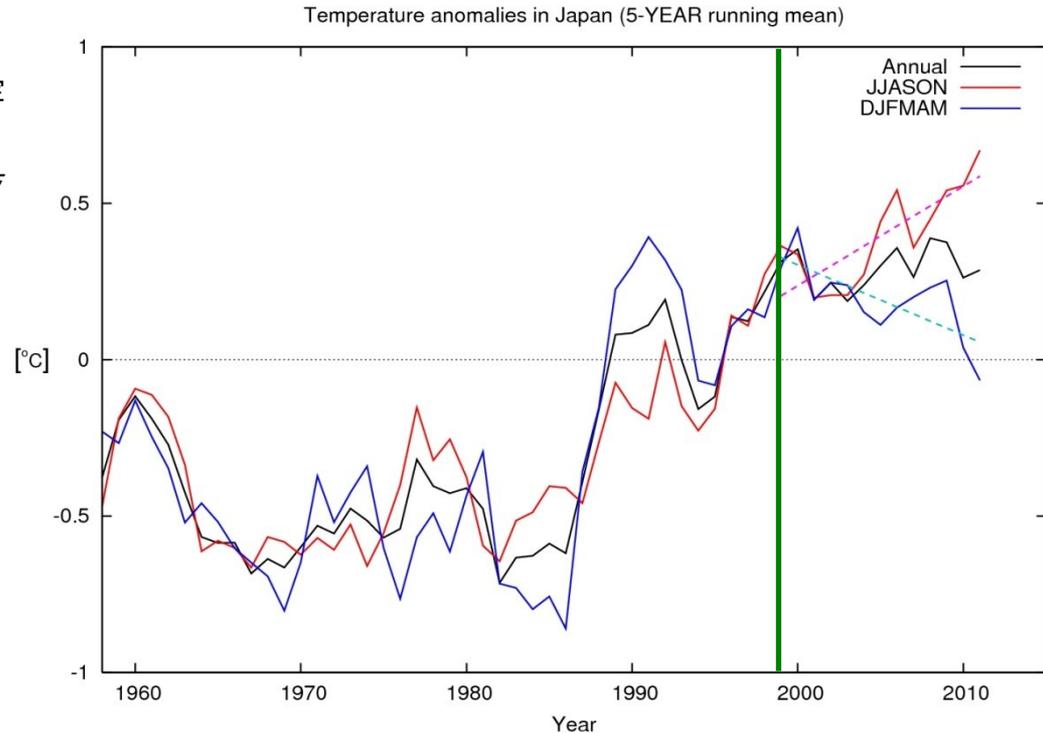
水色 : 冬 – 春平均 (-0.22 °C / 10yr)

いずれも95%の水準で統計的に有意

* 1898年以降観測を継続している気象観測所の中から、都市化による影響が少なく、特定の地域に偏らないように選定された以下の15地点の月平均気温データ。

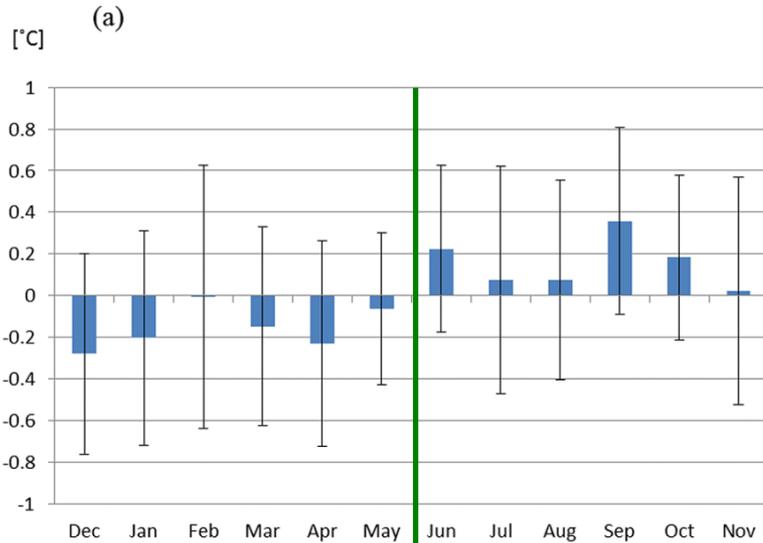
網走, 根室, 寿都(すつつ), 山形, 石巻, 伏木(高岡市), 飯田, 銚子, 境, 浜田, 彦根, 宮崎, 多度津, 名瀬, 石垣島

http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/list/mon_jpn.html



1990年代後半から見られている傾向
 夏 – 秋 気温**上昇** ↔ 冬 – 春 気温**低下**

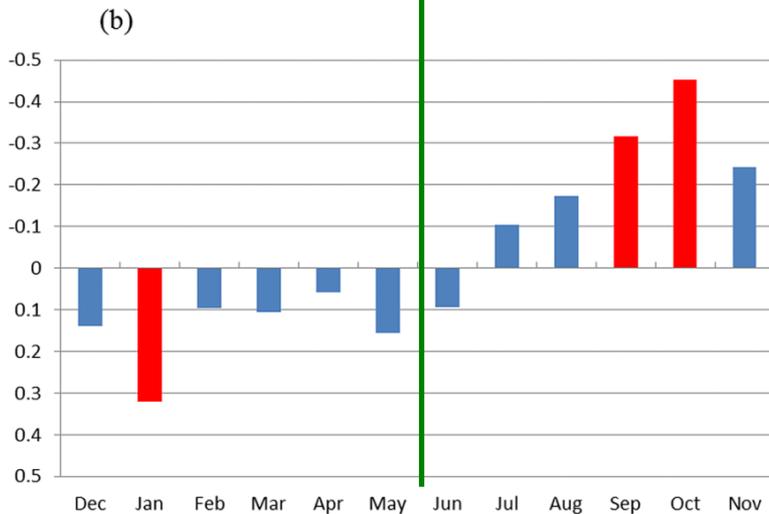
月毎の傾向：ラニーニャの影響との類似



(a) 日本の気温の月平均年間偏差
(1999～2012年平均)

* 冬－春平均と夏－秋平均の差はWilcoxon rank sum test (Wilcoxon, 1945)によると99%以上の水準で有意

Urabe and Maeda (2014)



(b) 日本の気温偏差とNINO3指数の相関係数
※縦軸を上下逆にしてある

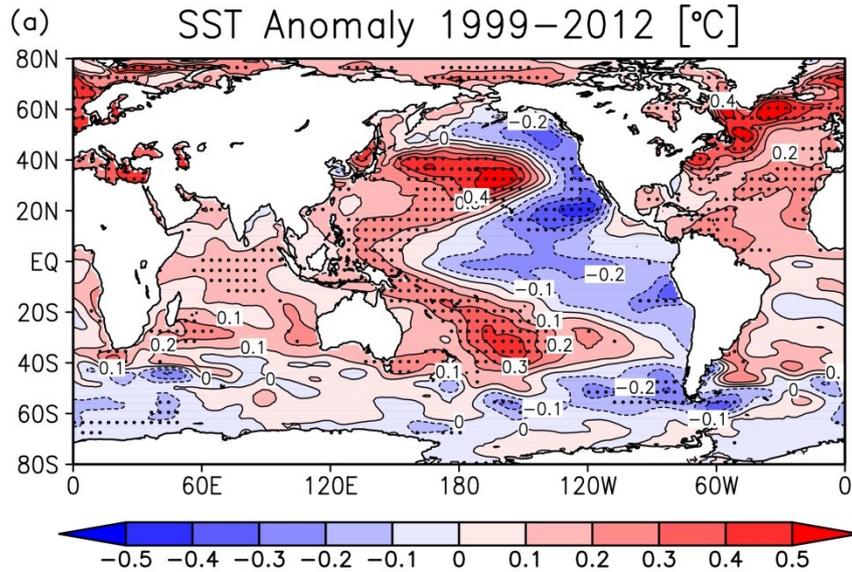
夏－秋 高温
冬－春 低温
= **季節変動の強化**

ラニーニャの影響に類似

大気、海洋の近年(1999 – 2012)の状況

- La Niña-like Conditions -

SSTとWalker循環

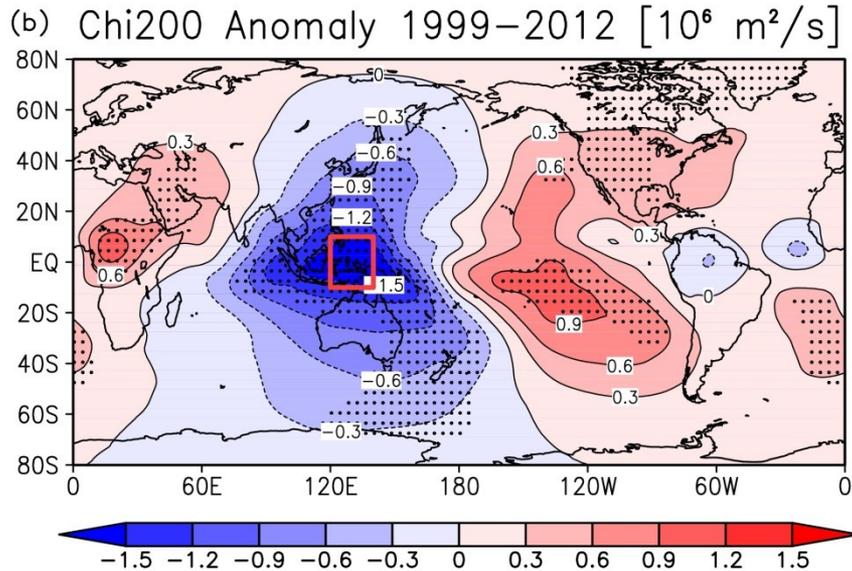


SST偏差

太平洋熱帯域の状況

	West	East
SST	Positive	Negative
Chi200	Divergence	Convergence

La Niña-like Conditions



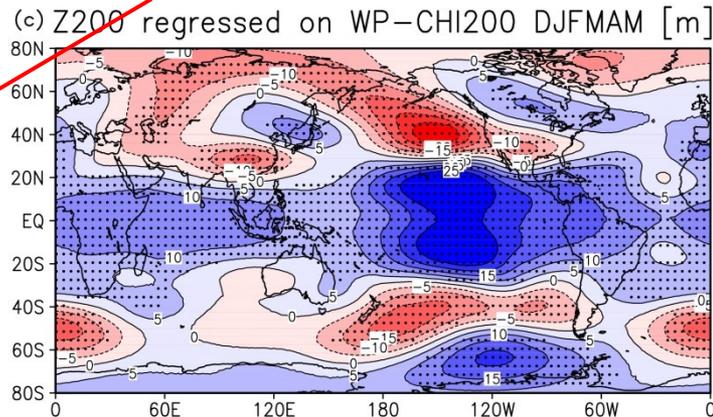
200 hPa の速度ポテンシャル(χ_{200})偏差

Urabe and Maeda(2014)

熱帯からの影響伝播

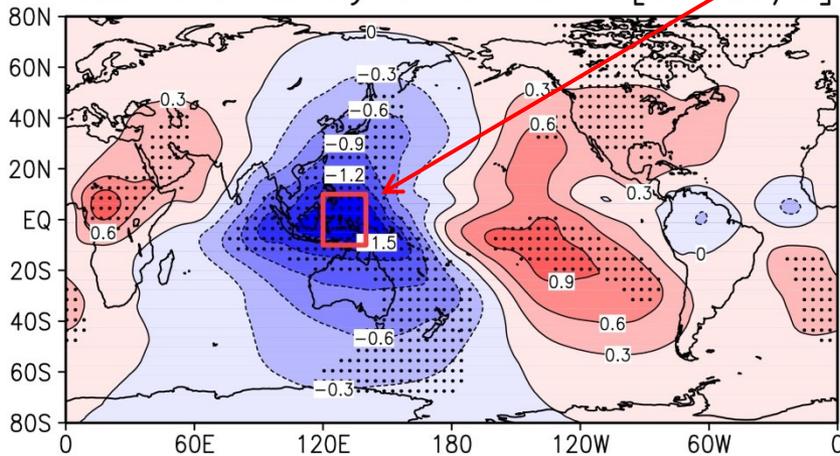
200 hPa高度 (Z200) 偏差

Z200偏差の、西部太平洋熱帯域で平均した χ 200偏差に対する回帰分布 [1959-2013]

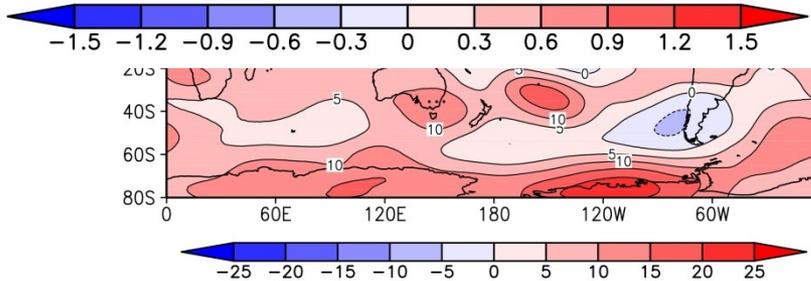


(b) Chi200 Anomaly 1999-2012 [$10^6 \text{ m}^2/\text{s}$]

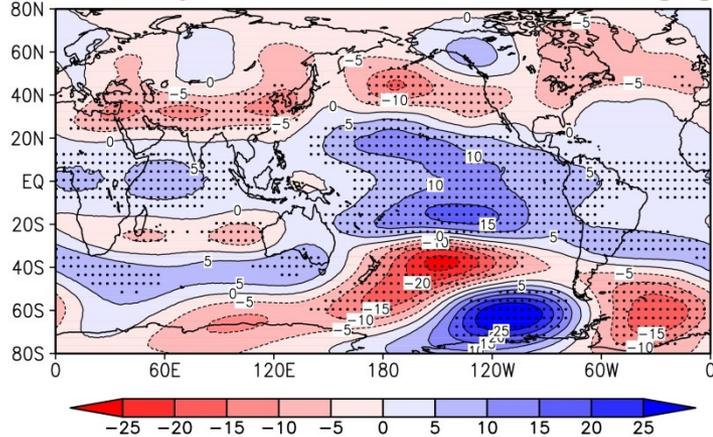
冬-春平



夏-秋平



(d) Z200 regressed on WP-CHI200 JJASON [m]



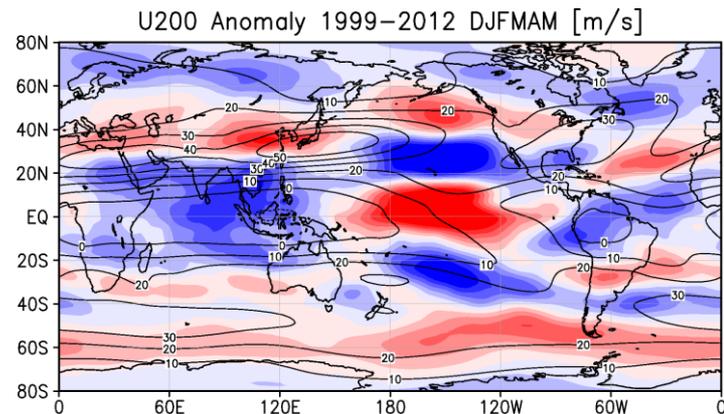
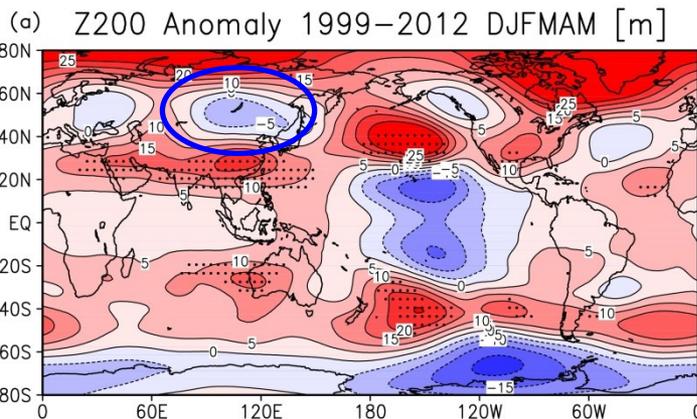
近年の循環場には熱帯の対流活動からの影響が重要

Urabe and Maeda(2014)

日本への影響

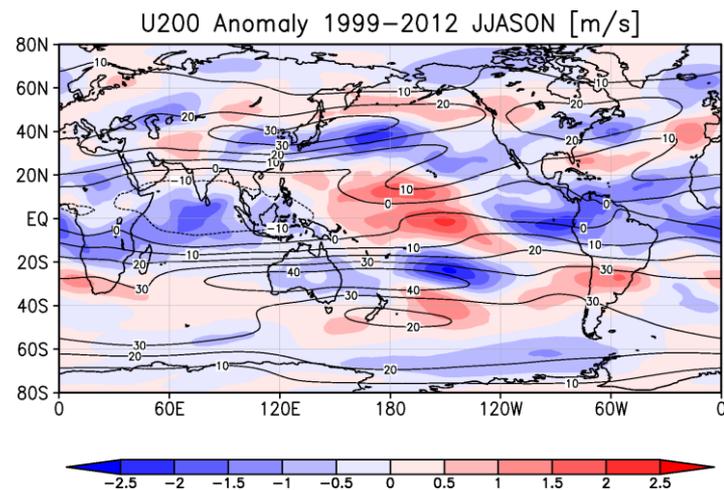
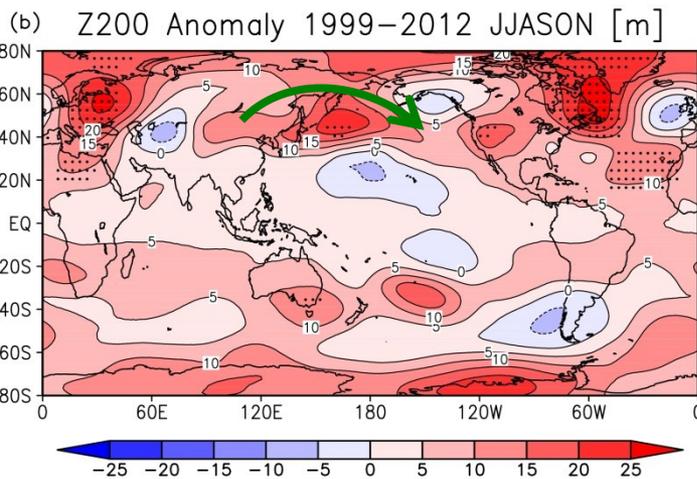
200 hPa高度 (Z200) 偏差

200 hPa の東西風
Anomaly (Shade) / Climatology (Contour)



冬 - 春平均

Far-Eastern trough
(Takaya and Nakamura,
2013) の強化
→東アジアモンスーンが
強まり、日本の低温と整
合的



夏 - 秋平均

日本付近で東西に正偏差
が分布
→ジェットが北偏し、日本
の高温と整合的

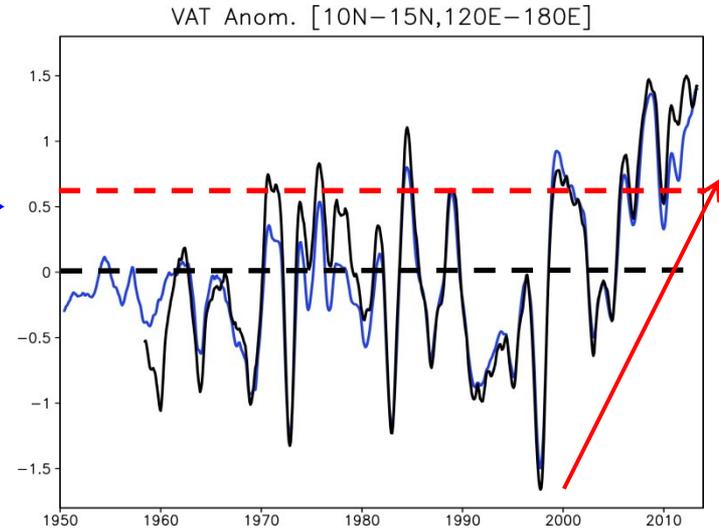
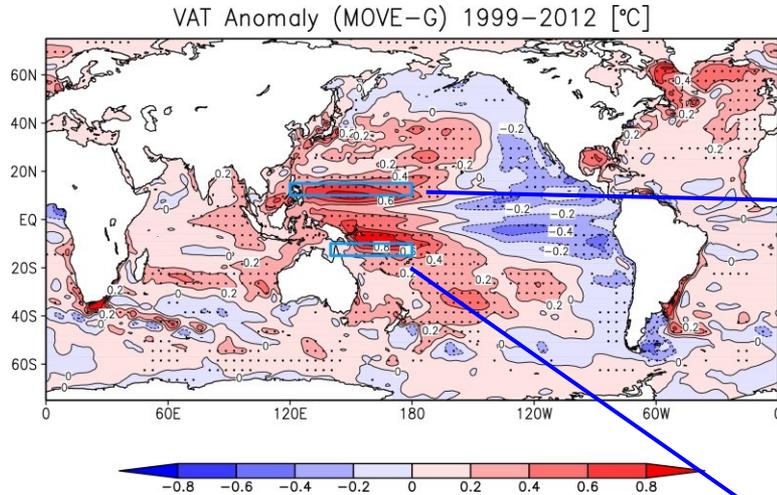
ラニーニャ傾向→循環場の変動→日本の天候(季節変動の強化)
整合的な状況として理解できる

表層水温の状況

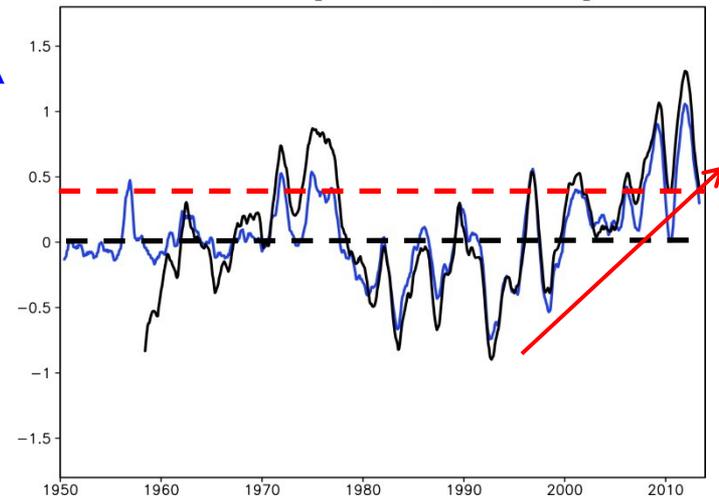
表層水温(海面~300m平均)偏差

西部太平洋熱帯域の領域平均

黒 : MOVE-G
青 : 客観解析 (Ishii and Kimoto, 2009)



Urabe and Maeda(2014)



最近十年ほど見られているラニーニャ傾向は、年々変動と同程度かそれ以上に強い偏差をもたらしている

まとめ

- 近年の状況 -

- 日本の気温は夏から秋(冬から春)にかけて
高温(低温)傾向 = 季節変動の強化
- 太平洋熱帯域の水温は西部(東部)で正偏差
(負偏差)。Walker循環が強まり、西部で対流
活発
→ La Niña-like Conditions
- 大規模な循環場もLa Niña傾向に対する応答
として整合的な分布
- 日本の気温の状況とも整合的

ところで、、、地球温暖化予測では

地球温暖化による熱帯循環場の変化の東アジア循環場への影響

熱帯の成層の安定化 > 降水量の増加

西太平洋の上昇流の弱化

ウォーカー循環の弱化

発散風によって励起される赤道波の振幅の低下

エルニーニョ側への変化

ゾーナル温暖化
+ 暖冬冷夏傾向へ
の変化

- 夏：チベット高気圧の弱化
(北縁を流れる亜熱帯ジェット
の南下)
- 冬：日本付近での熱帯起源の
ロスビー波 (気圧の谷) の振幅
の低下

Knutson and Manabe(1995)
Sugi et al.(2002)
Held and Soden(2006)
...

地球温暖化によるウォーカー循環の弱化

地球温暖化による熱帯域での熱力学バランスの変化

$$\omega \frac{\partial \theta}{\partial p} \simeq Q$$

上昇流の強さ

×

成層安定度

~

凝結熱

凝結熱以上に安定度が
増加することで、上昇発
散風は弱化

対流圏下層の水蒸気量
の増加によって、安定度
が増加

水蒸気量は増加するが
降水はあまり増えず、
凝結熱は微増

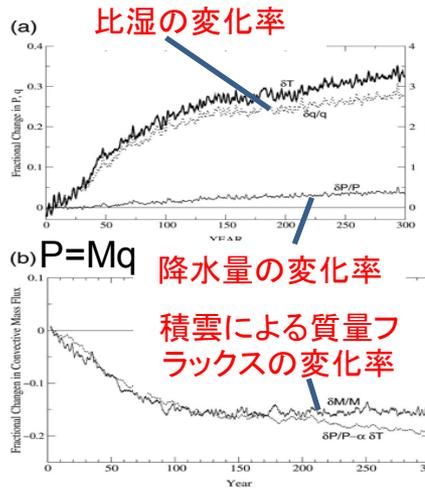


FIG. 3. (a) The change in global-mean surface air temperature δT (solid), fractional change in precipitation, $\delta P/P$ (dashed), and column-integrated water vapor, $\delta q/q$ (dotted). (b) The fractional change in global-mean convective mass flux $\delta M/M$ (solid) and the corresponding change in $\delta P/P - \alpha \delta T$ (dashed). All results are from the GFDL CM2.1, and the time series are smoothed using a 5-yr running mean.

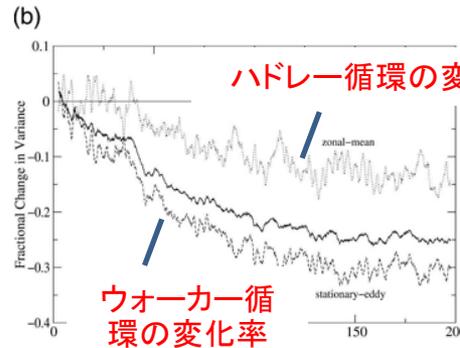
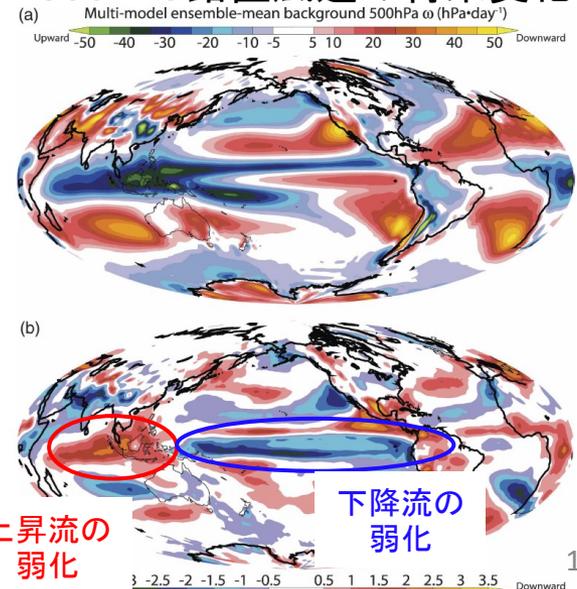


FIG. 4. Time series of the (a) absolute and (b) fractional change in spatial variance of monthly mean convective mass flux at 500 mb over the Tropics. Results are shown separately for the total (solid), zonal-mean (dashed), and eddy (dotted) components of the variance. All results are from the GFDL CM2.1, and the time series are smoothed using a 5-yr running mean.

Held and Soden 2006

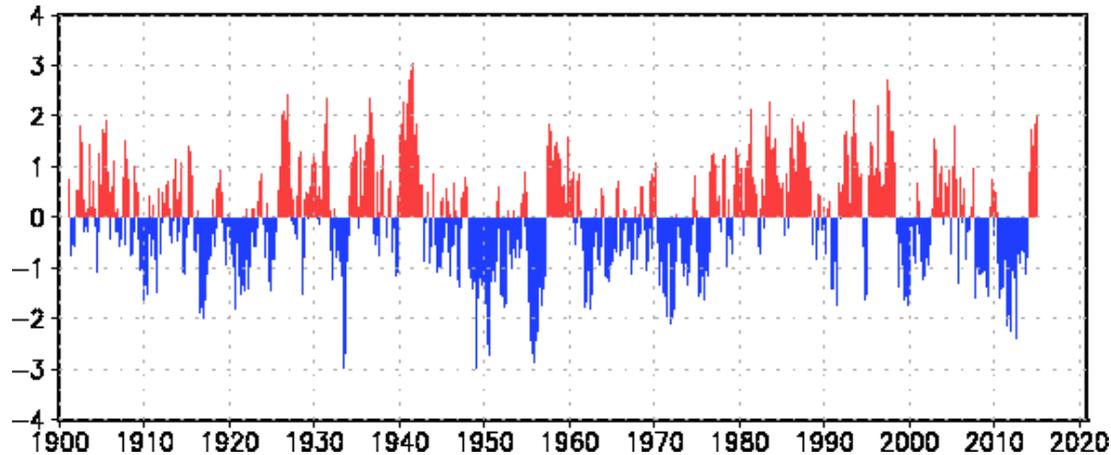
Held and Soden 2006

500hPa鉛直風速の将来変化



Vecchi and Soden 2007

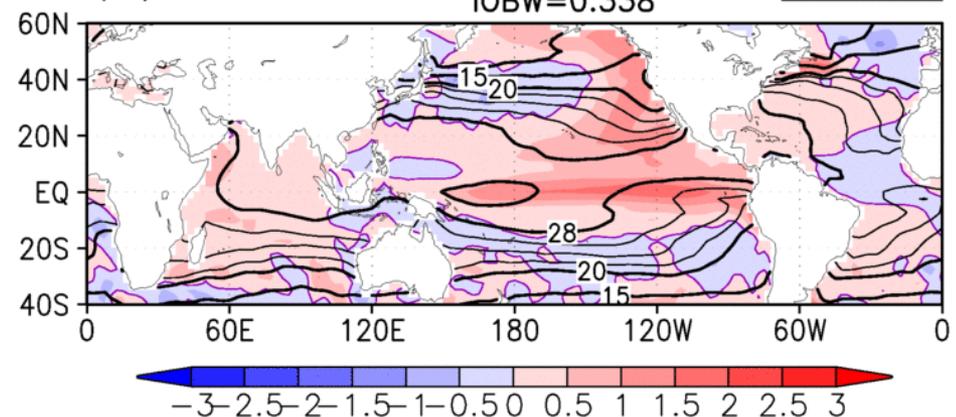
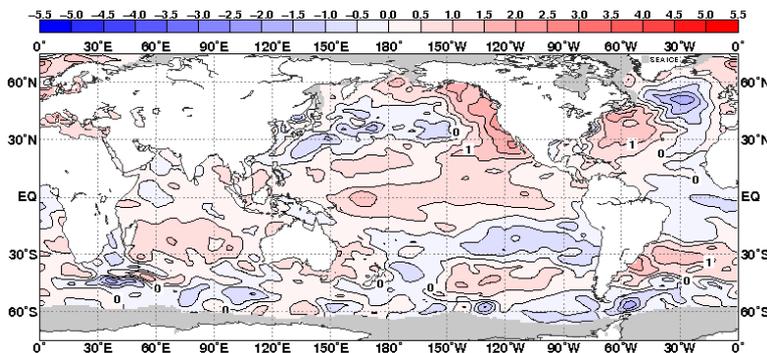
また、ごく最近は、、、2014年2月から正のPDO 指数、この夏も持続する予測



Init: 2015/02/10/00[1.1]

from: 2015/6- (m456)

(b) NINO.3=1.276 NINO.WEST=0.025 esbl
IOBW=0.338



PDOの曲がり角??