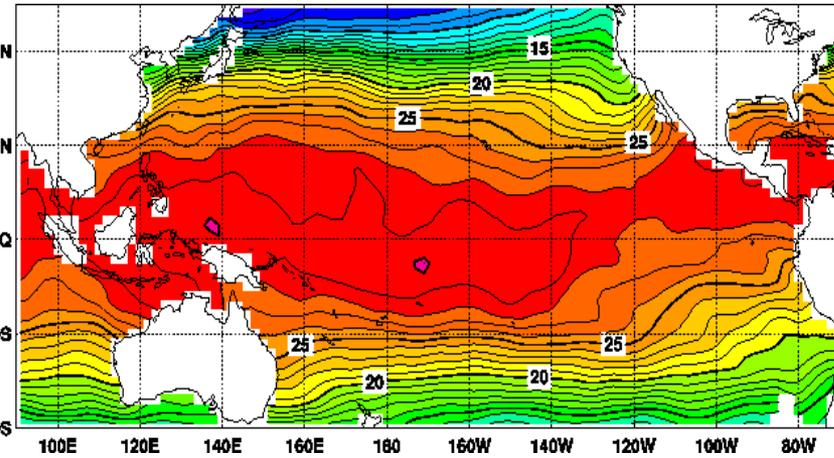


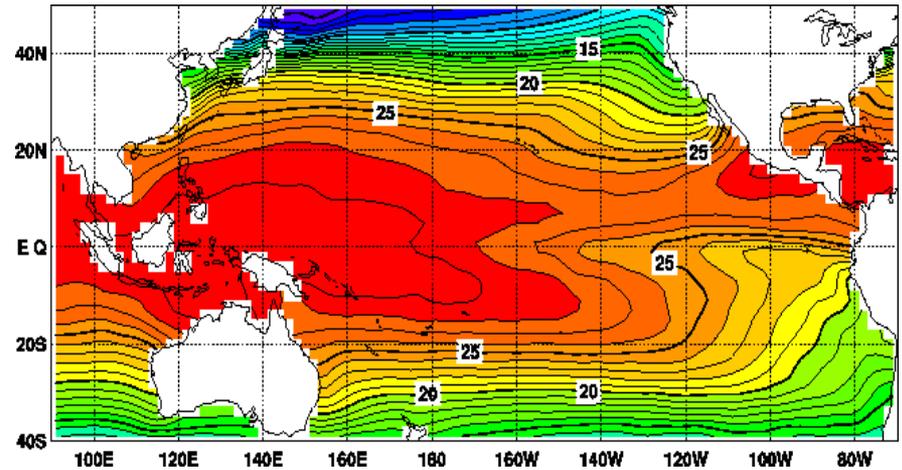
5. エルニーニョと南方振動

(海面水温の変動)

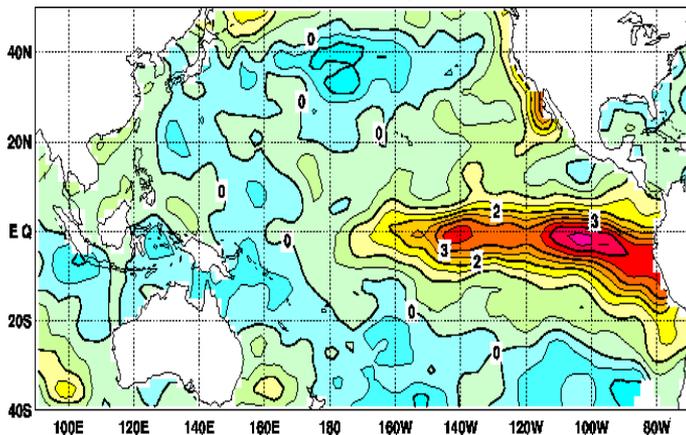
A: エルニーニョ成熟期 (1997Nov)



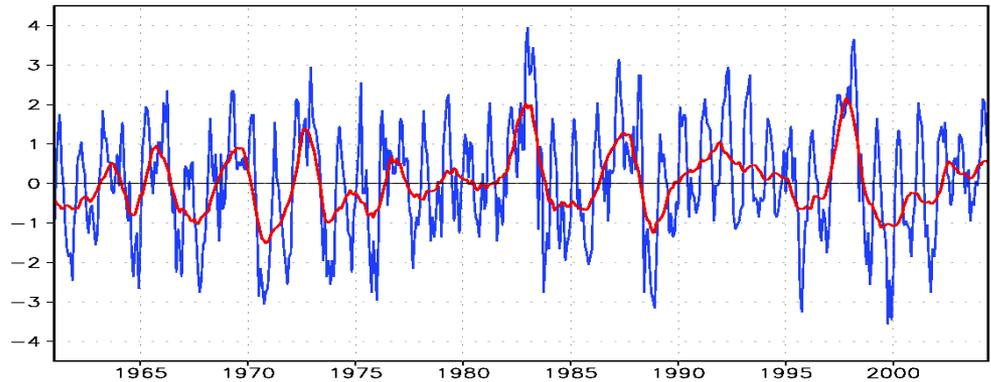
B: 平常時 (Nov 気候値)



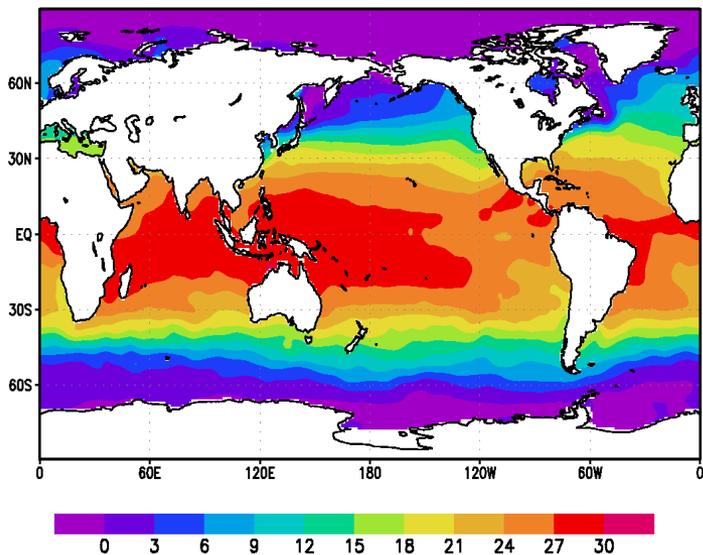
SST 偏差 (A-B)



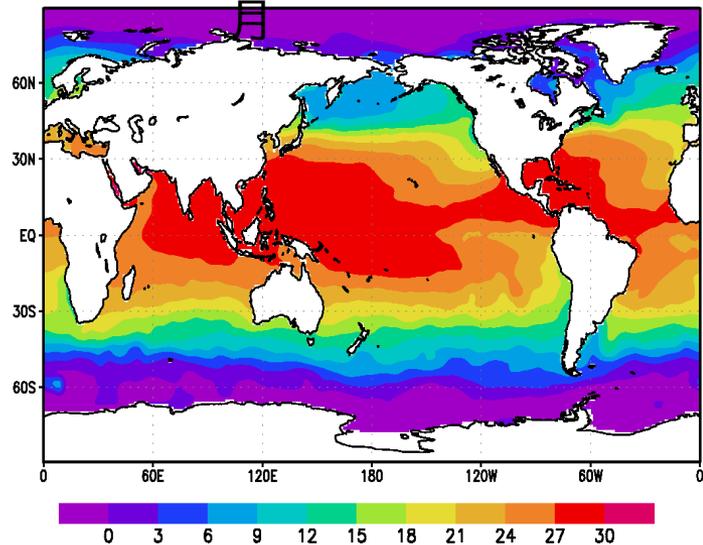
SST 120E EQ.



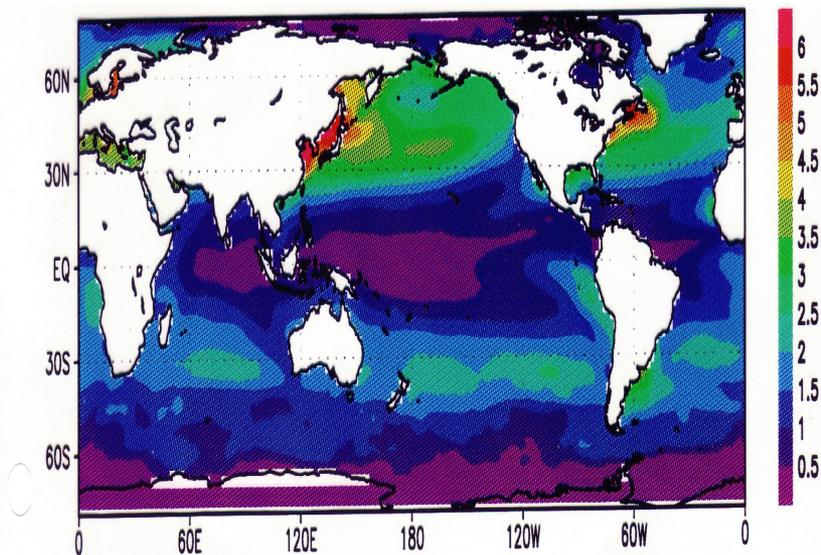
SST 1月



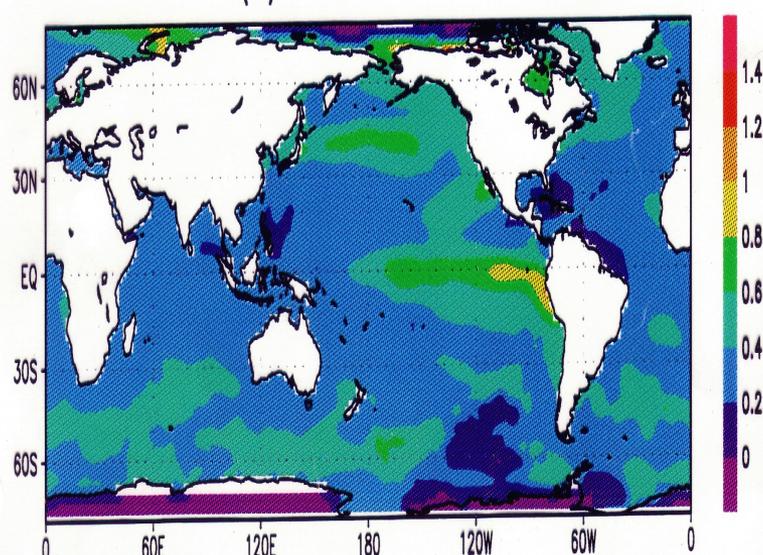
SST 7月



RMS (annual)

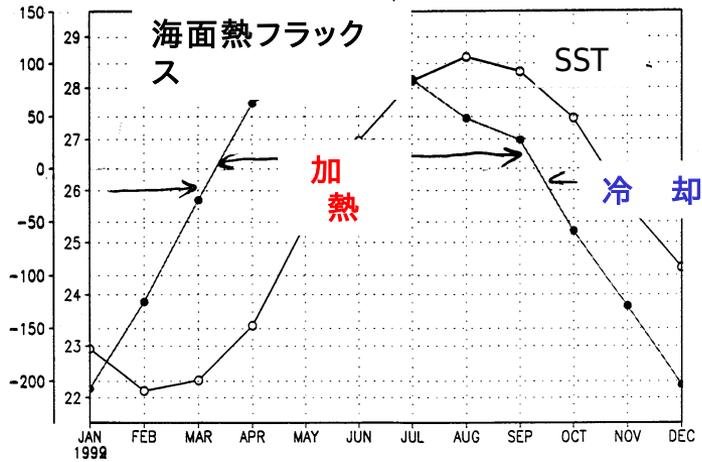


RMS (interannual)



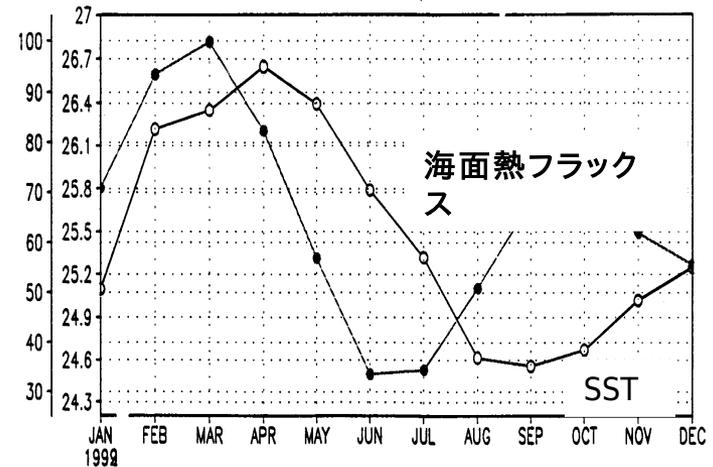
日本南方域

130E-140E/20N-30N



太平洋東部赤道域

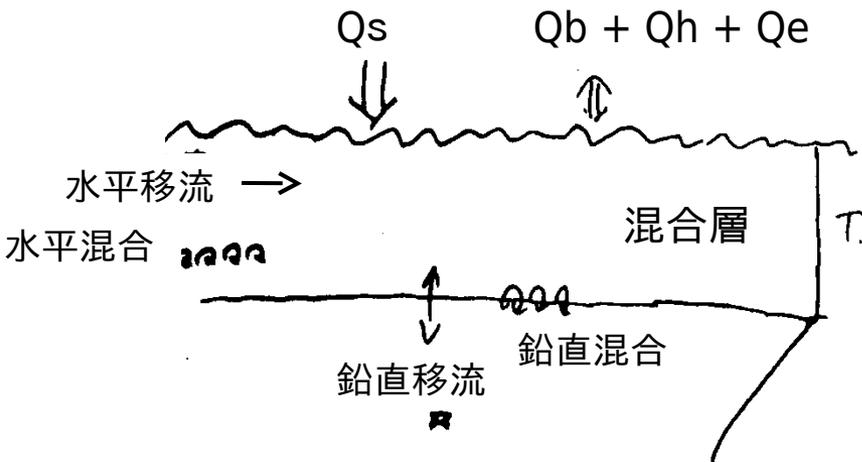
150W-90W/5S-5N



$$\frac{\partial T}{\partial t} \approx Q_{net}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \nabla(\vec{u}T) = \frac{1}{\rho C_p H} Q_{net} + \kappa \Delta T$$

海洋の力学

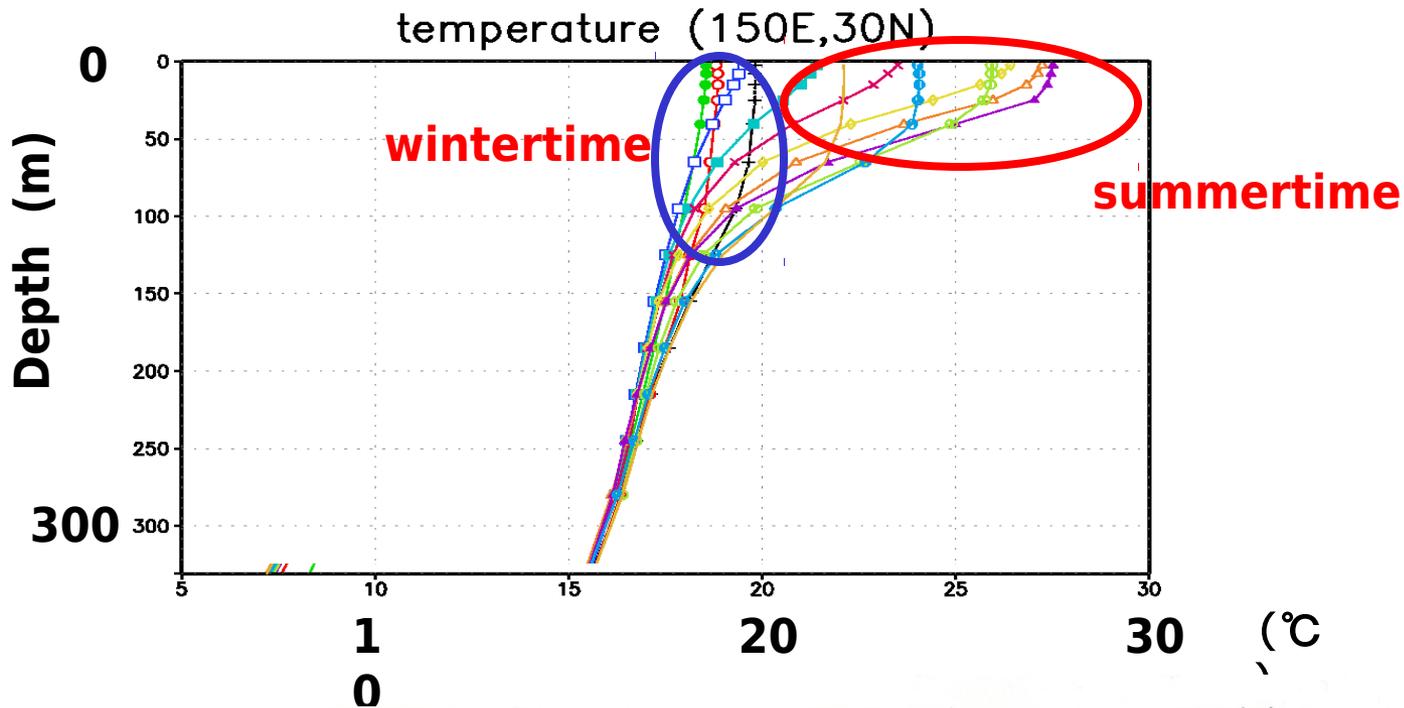


Qs : 短波 short wave radiation

Qb : 長波 Long wave radiation

Qe : 潜熱 Latent heat flux

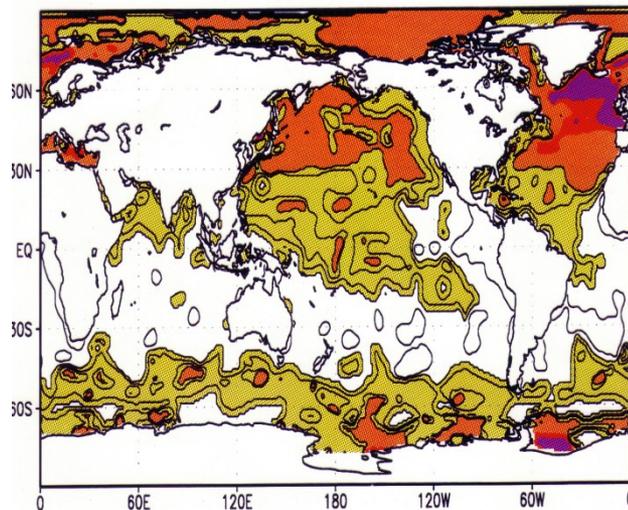
Qh : 顕熱 Sensible heat flux



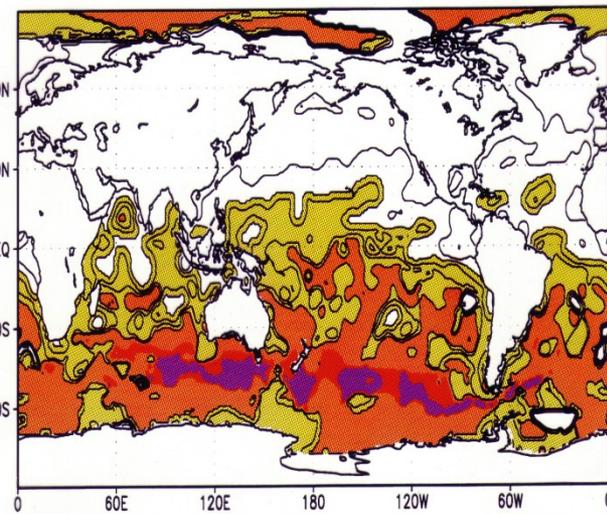
混合層深度



MLD(m) February

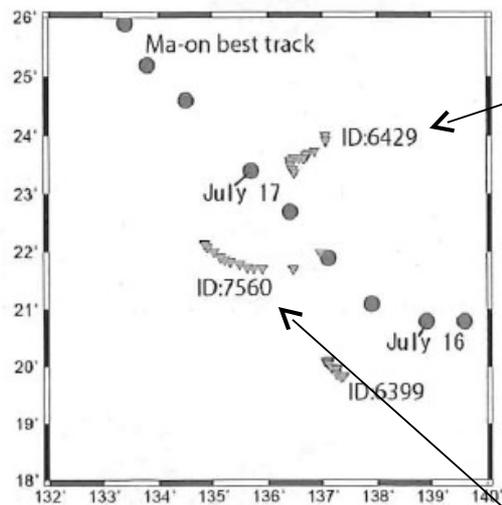


MLD(M) August



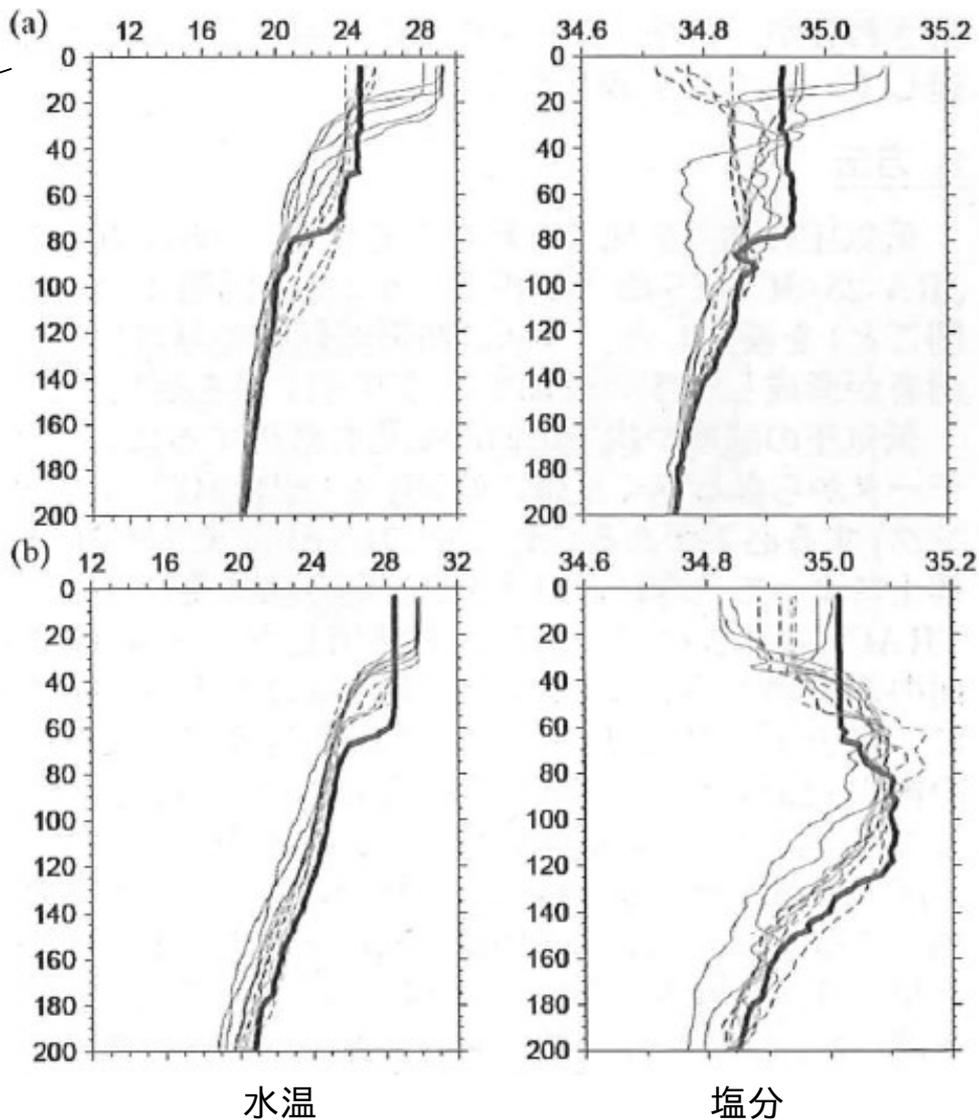
アルゴフロートによる台風通過前後の混合層の構造の変化の直接観測

和田ほか(2011気象学会秋季大会要旨集より)



台風Ma-on(6号)の経路とフロートの位置

太線 7/16
 実線 before
 点線 after



水温

塩分

熱フラックスの評価

- 海上気象観測データから導出

顕熱 (Qh)・潜熱 (Qe) フラックス

バルク法 $Qh = \rho C_p C_H |V| (T_s - T_a)$

$$Qe = \rho L C_E |V| (q_s - q_a)$$

短波 (Qs)・長波 (Qb) 輻射

経験式 $Qs = (1 - \alpha) Q_{so} (1 - AC)$

$$Qb = \varepsilon \sigma T_s^4 (a - b e^{\frac{1}{2}}) (1 - BC)$$

Southampton Oceanography Centre
(SOC) Surface Flux Climatology

- 大気解析

ERA interim ECMWF ReAnalysis

NCEP-2 Reanalysis (NRA)

JRA25 JMA Reanalysis

- “Objectively Analyzed air-sea heat Fluxes (OAFlux)” project

<http://oaflux.whoi.edu/>

(1958-)

密度

ρ Cp 定圧比熱

L 蒸発の潜熱

T 気温・海面水温

q 比湿

$C_H \cdot C_E$ バルク係数

α 海面のアルベード

ε 海水の射出率

σ ステファン・ボルツマン定数

Q_{so} 大気上端の短波放出量

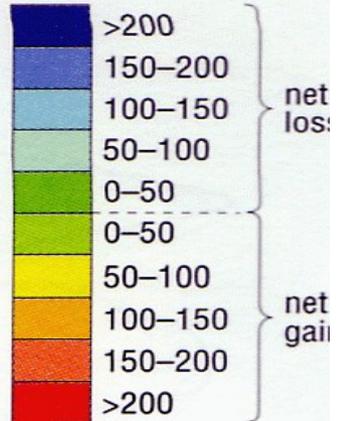
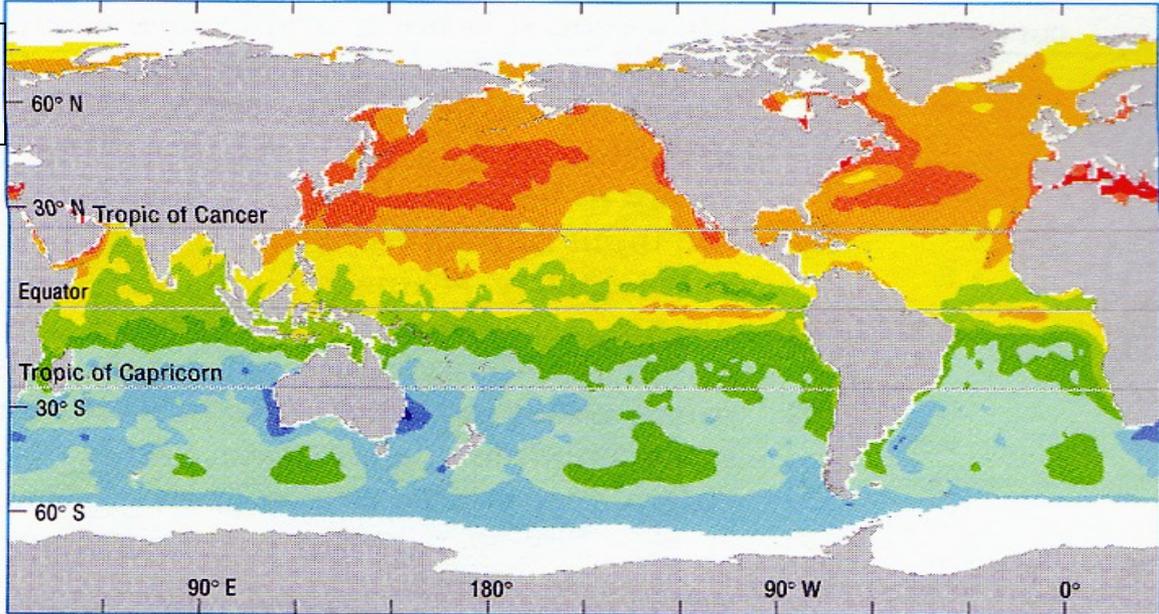
C 雲量

e 空気の水蒸気圧

SOC フラックス
ス

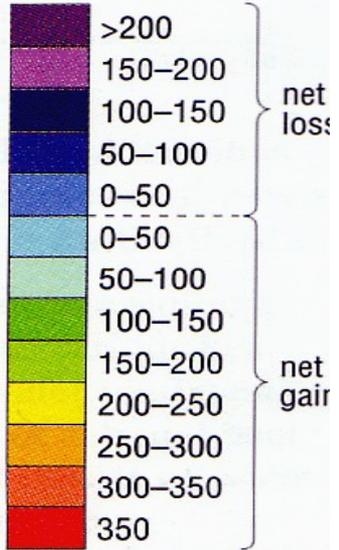
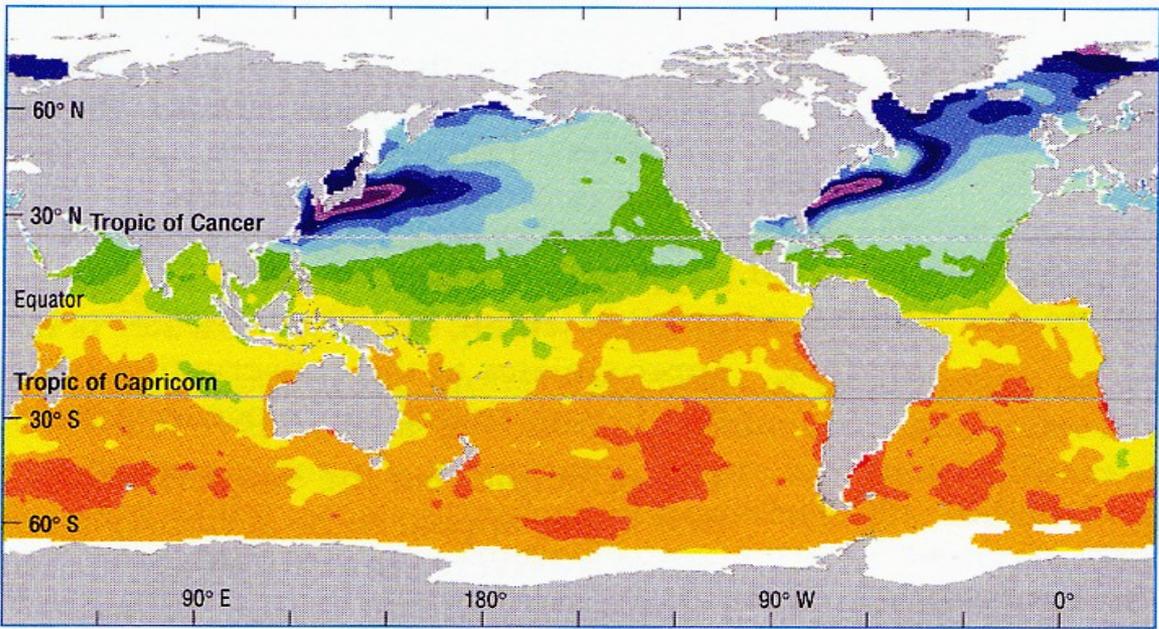
7月

熱フラックス
w/m2
正:A→O



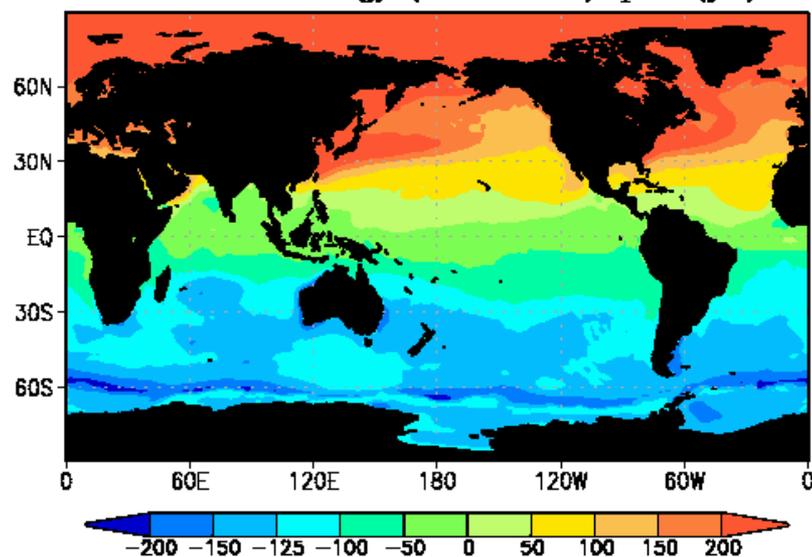
(a)

1月

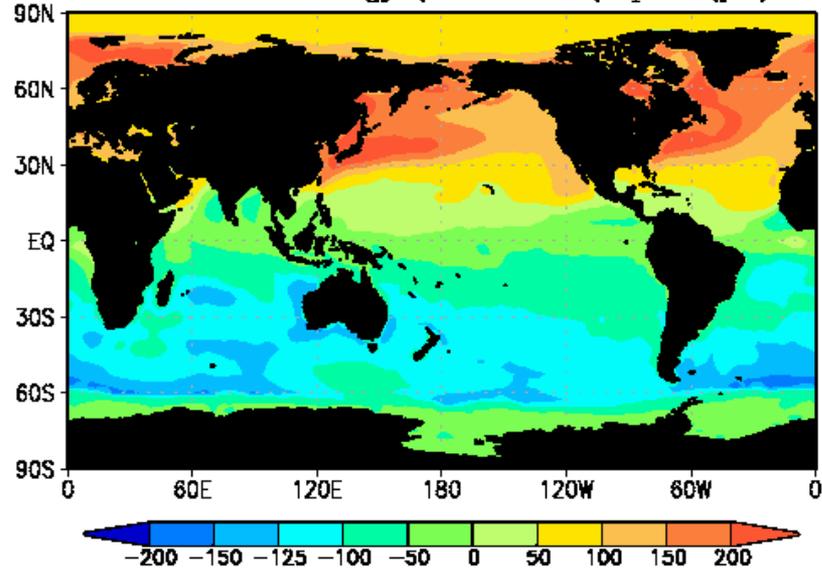


(b)

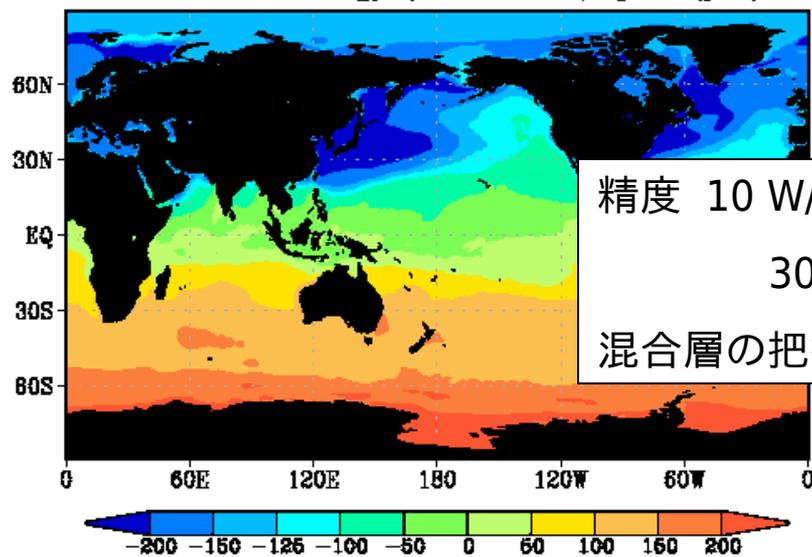
JRA25 climatology (1979-2006) qnet (jul)



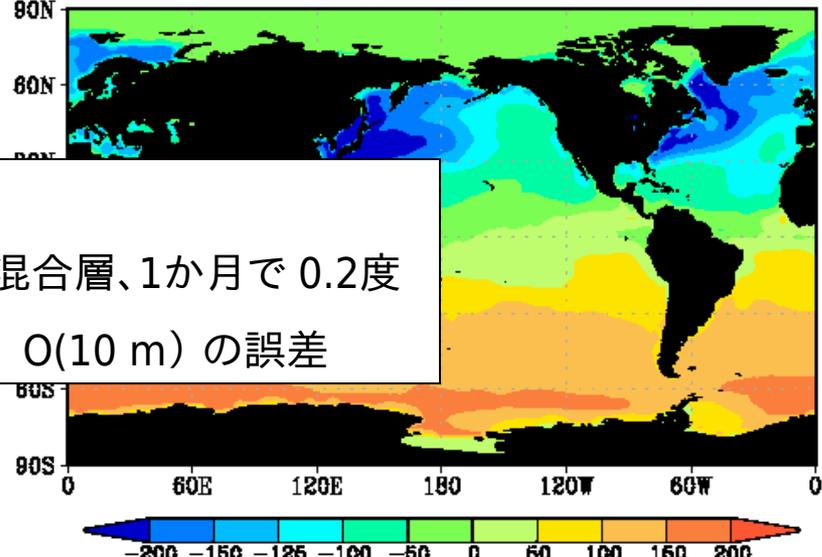
ERA40 climatology (1958-2001) qnet (jul)



JRA25 climatology (1979-2006) qnet (jan)

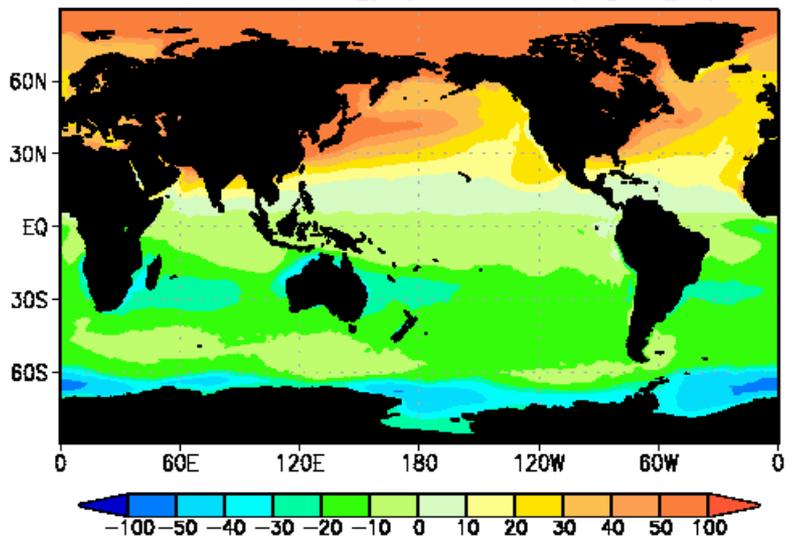


ERA40 climatology (1958-2001) qnet (jan)

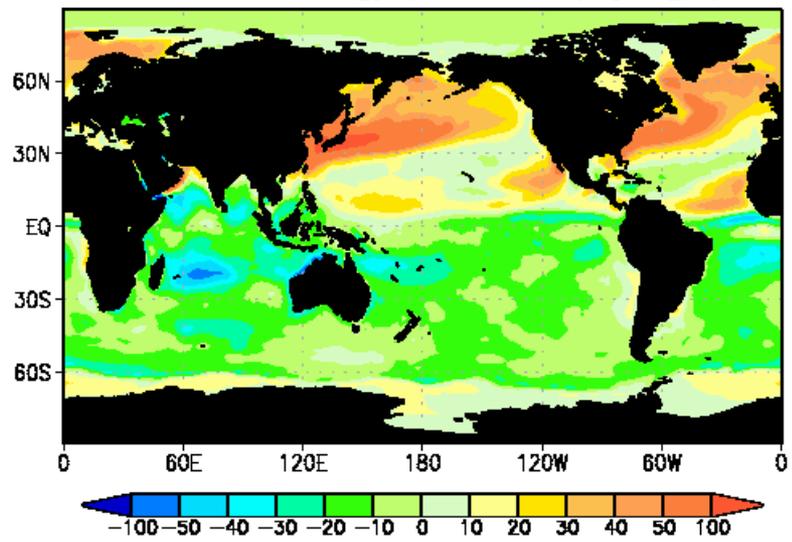


精度 10 W/m²
 30mの混合層、1か月で 0.2度
 混合層の把握も O(10 m) の誤差

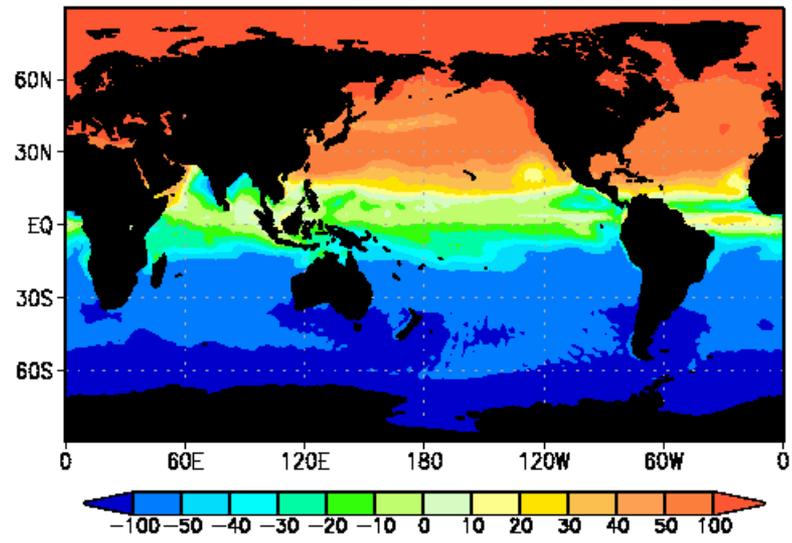
JRA25 climatology (1979–2006) qlo (jul)



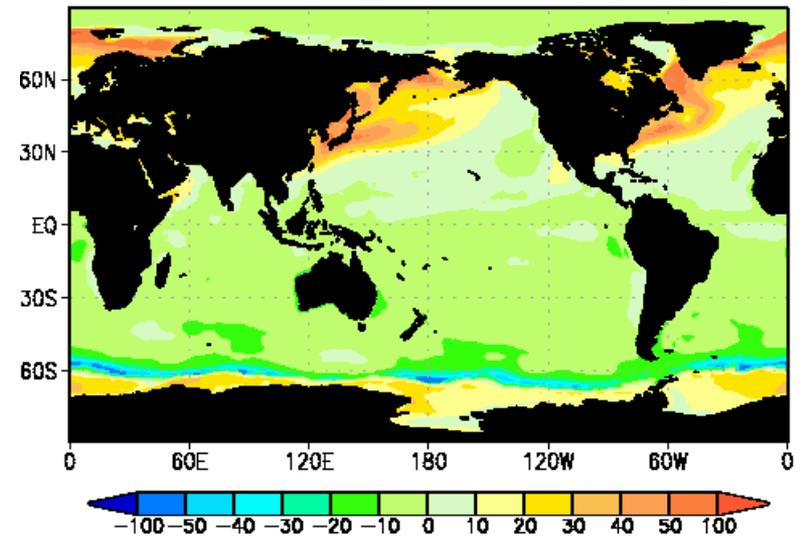
JRA25 climatology (1979–2006) q1a (jul)



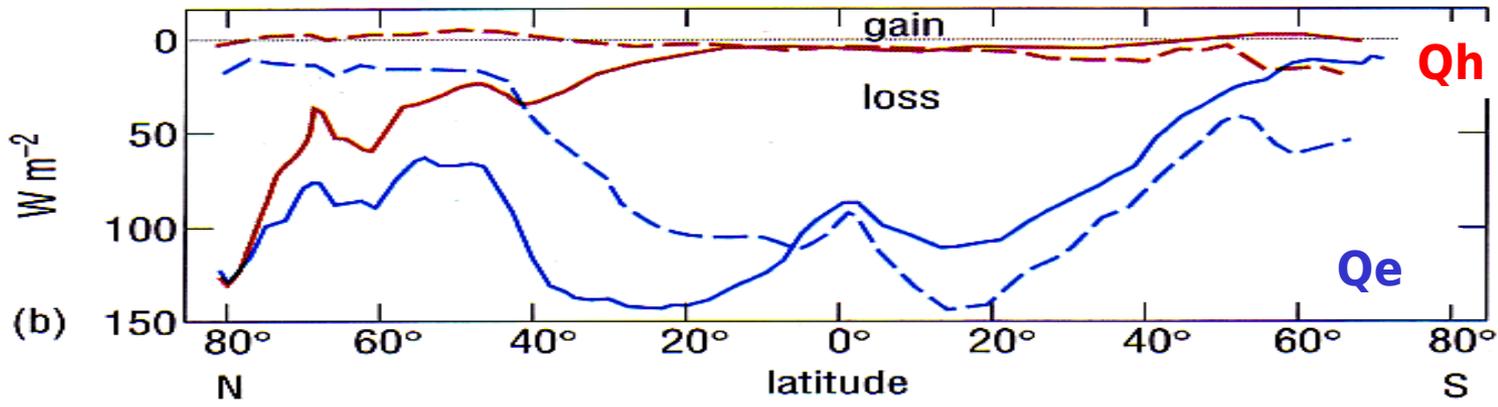
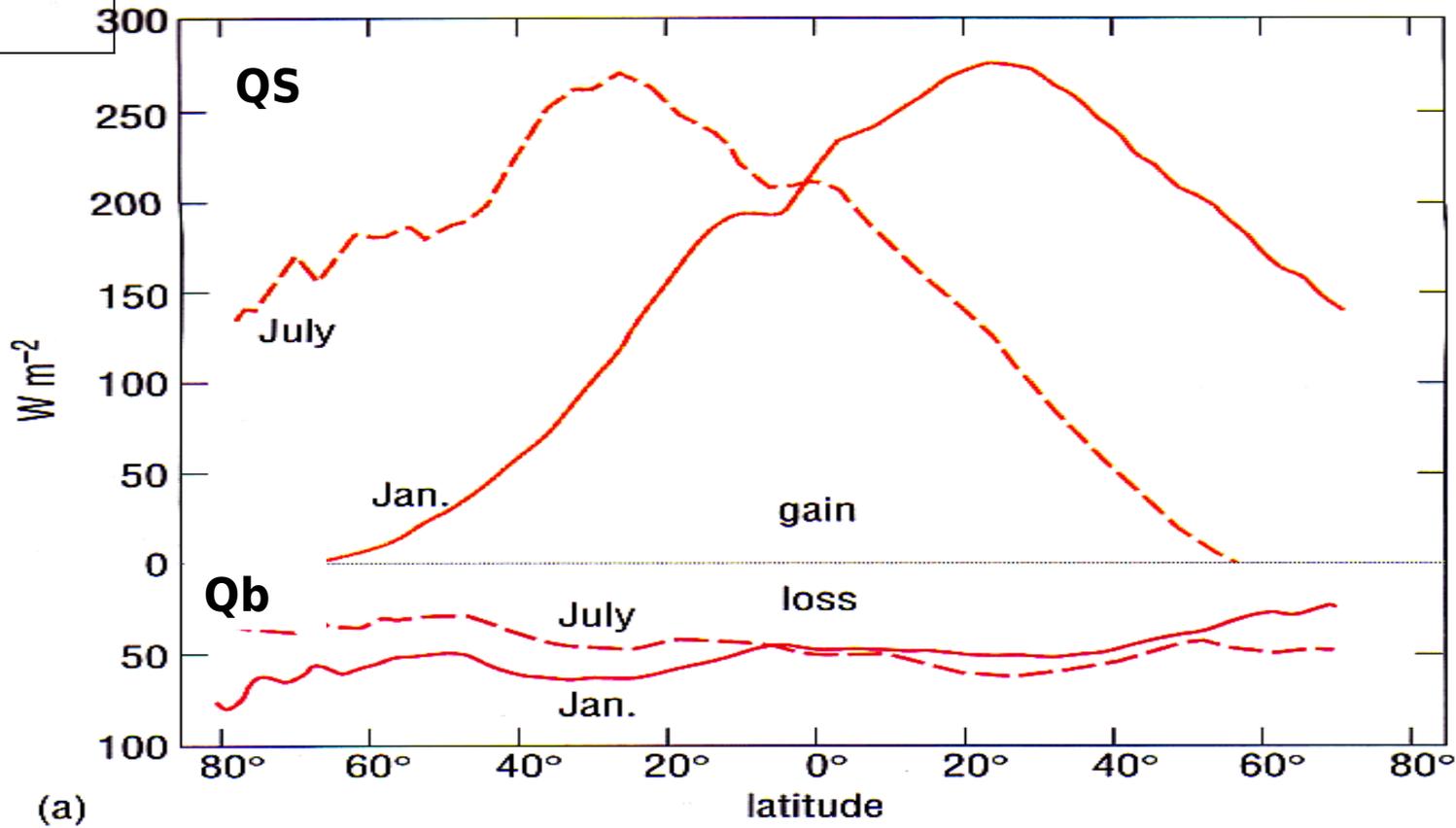
JRA25 climatology (1979–2006) qsh (jul)



JRA25 climatology (1979–2006) qsn (jul)

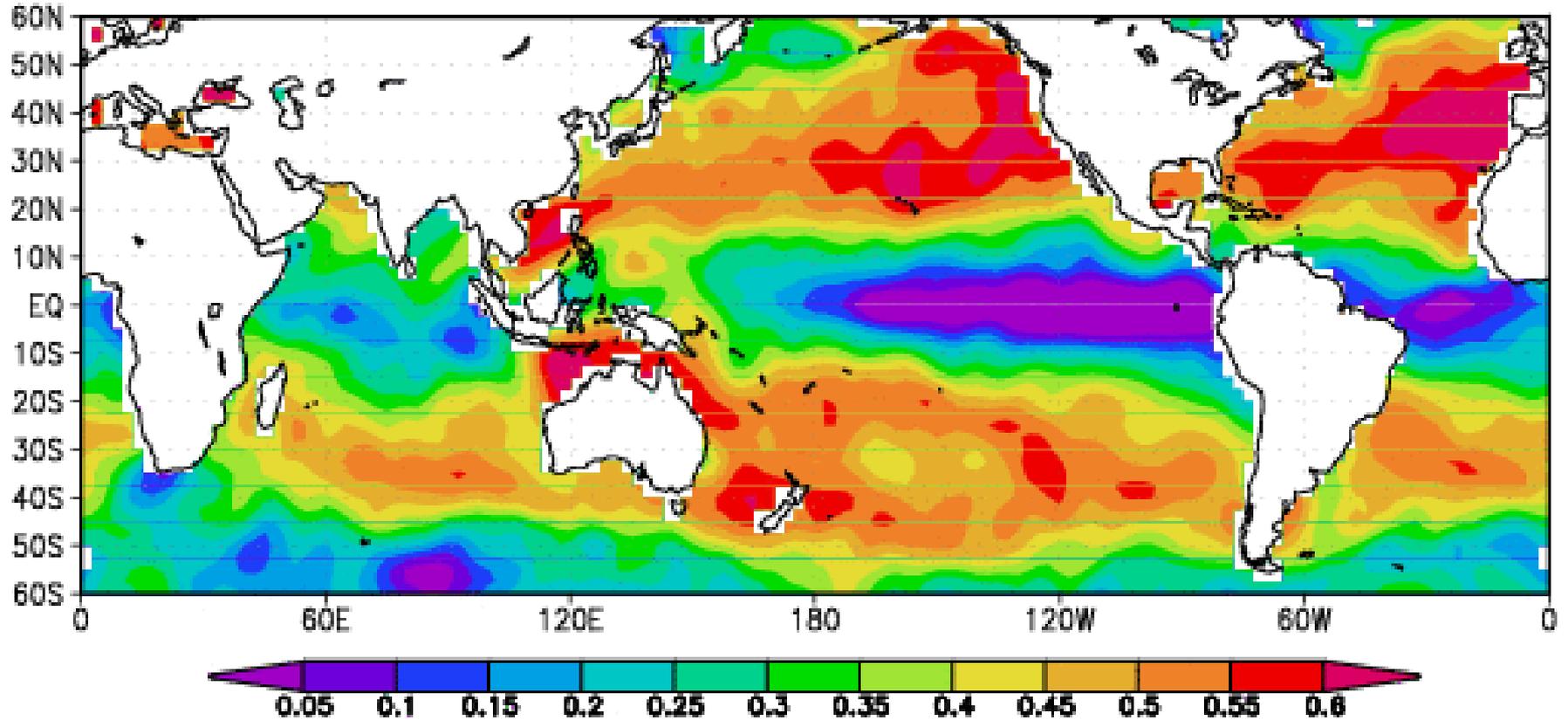


SOC フラックス
ス



海面水温変化と海面熱フラックスの相関 (>25日)

dsst - flux correlation (25 day)



※ 大気 ⇒ 海面水
温

エルニーニョ

スペイン語で「El Niño」。
男の子、神の子キリストの意。

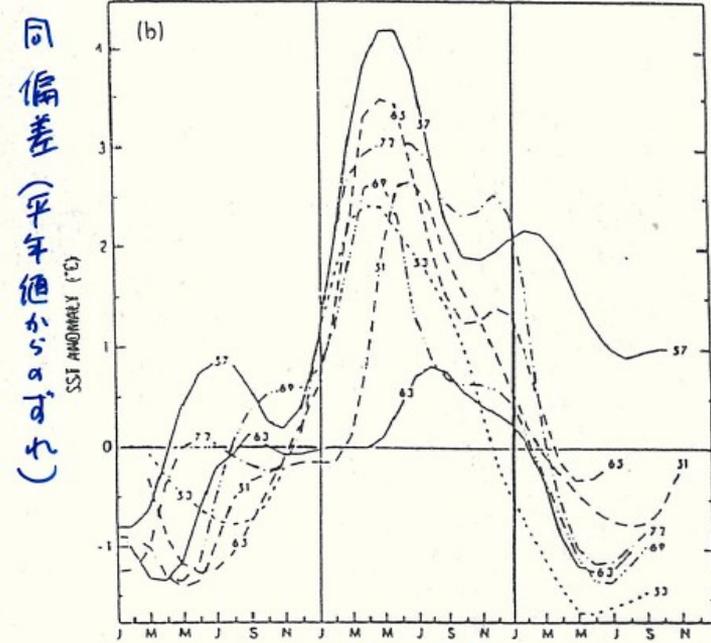
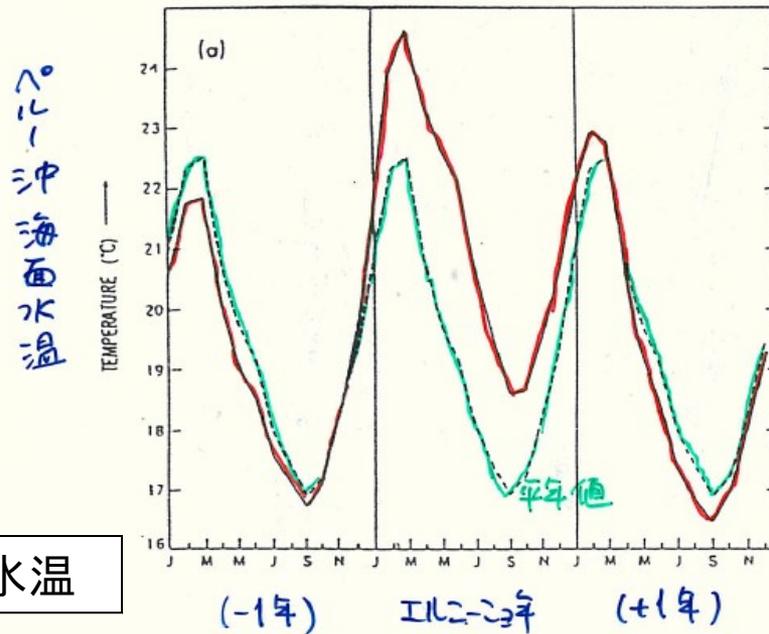
ラニーニャ

「La Niña」。女の子の意。

ペルー沿岸で季節的に発生する南向きの暖流／海水温上昇

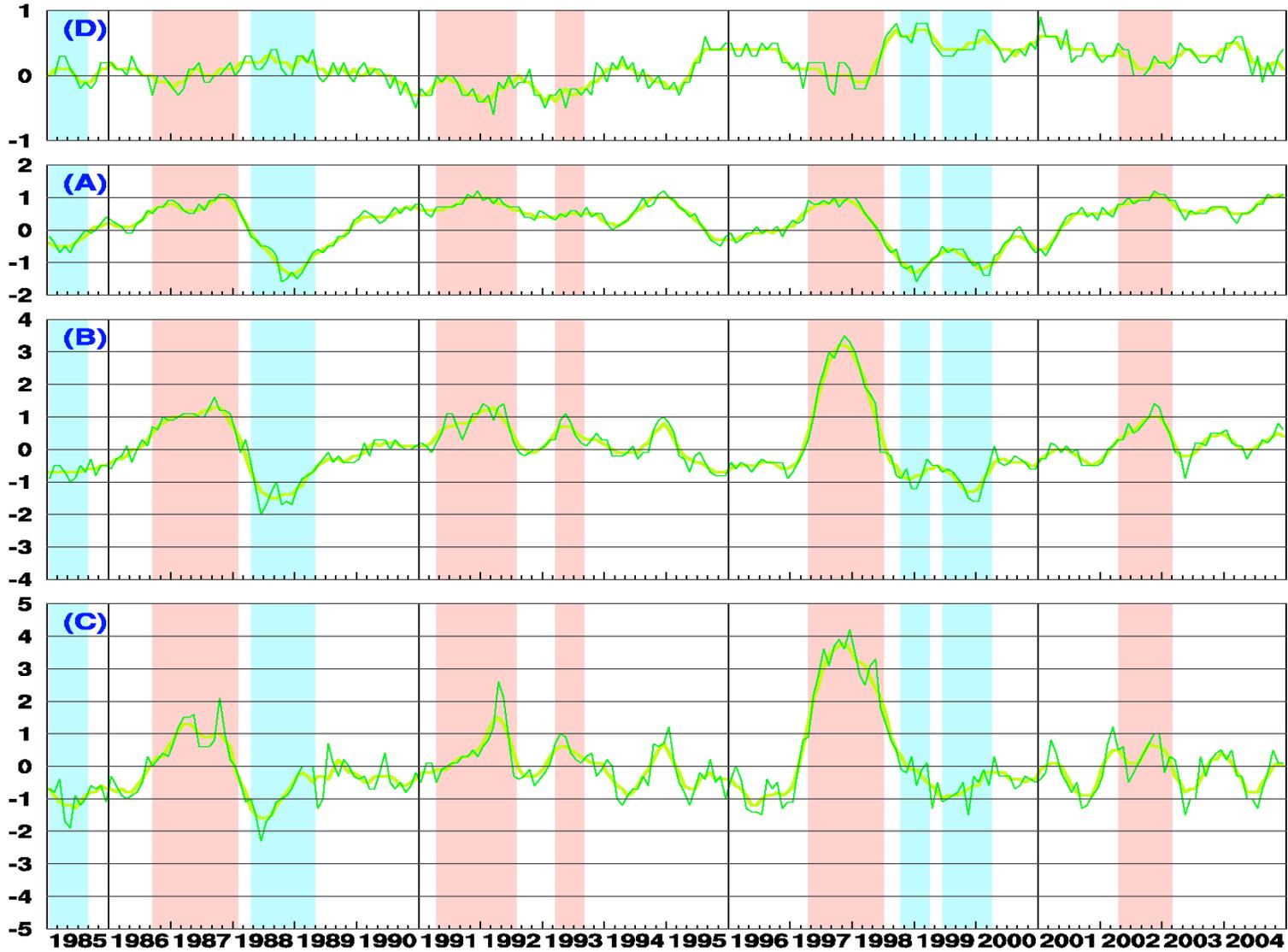
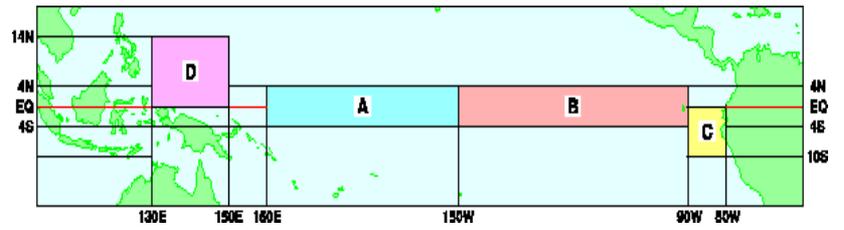
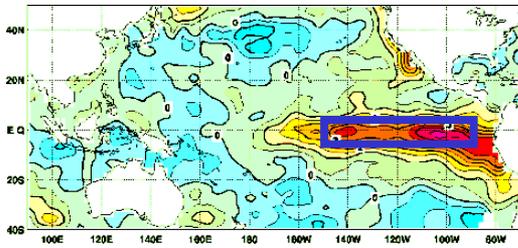


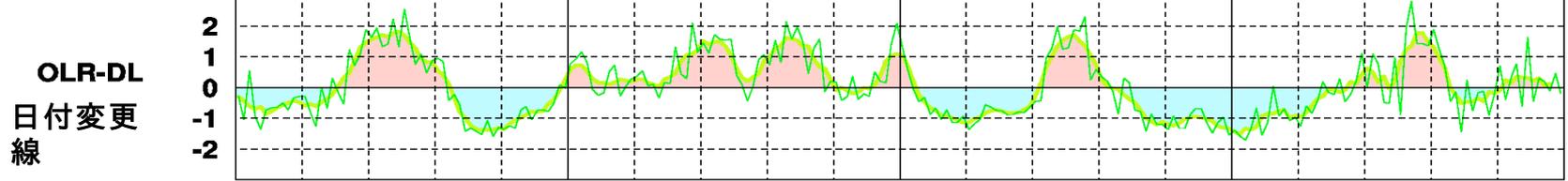
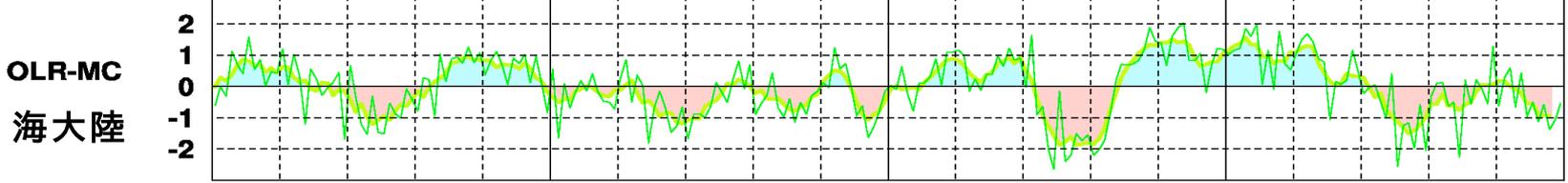
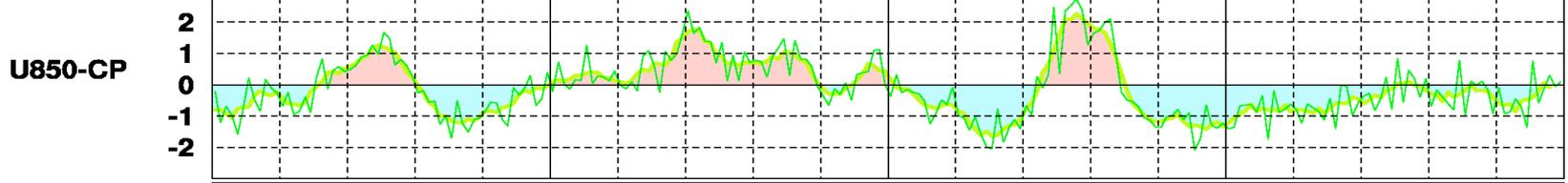
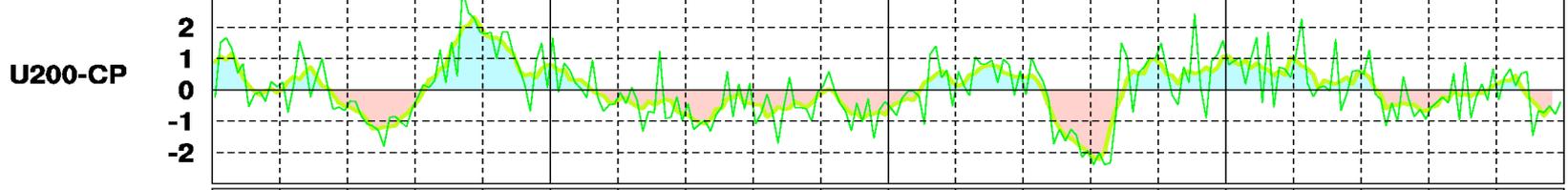
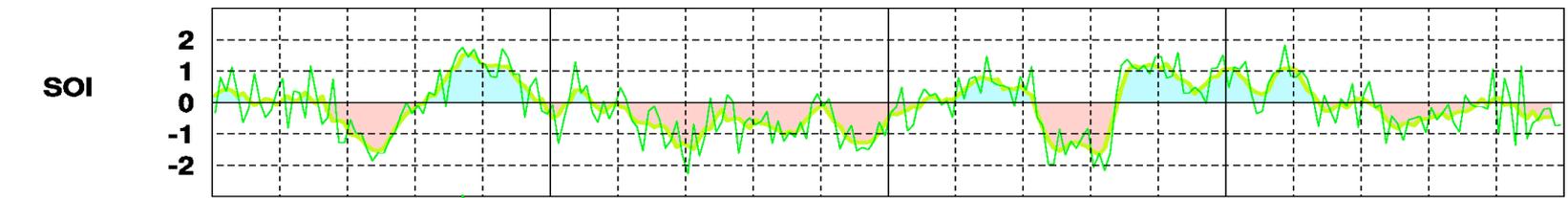
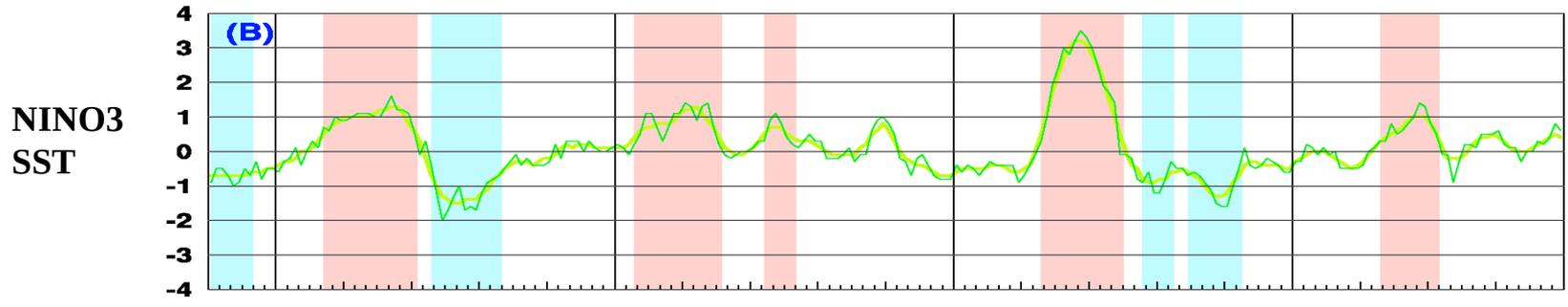
太平洋赤道域東部で数年に一度発生する海面水温の上昇



ペルー沖監視海域の海面水温の時間変化の比較
(1950年以降の14例)

El Niño年
1951. 63. 57
63. 65. 69
72 (7194)



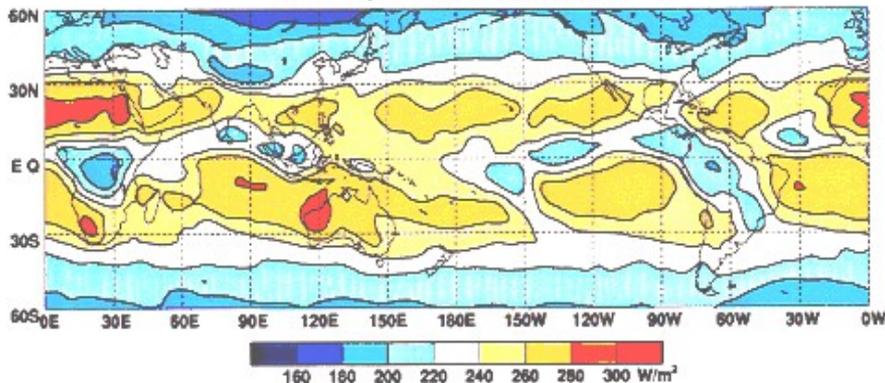


1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004

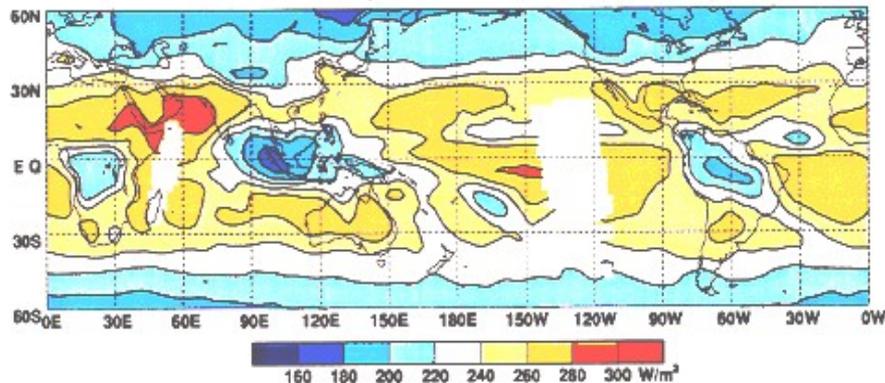
対流活動の相違 る) エルニーニョ現象

(NOAA提供OLRによ ラニーニャ現象

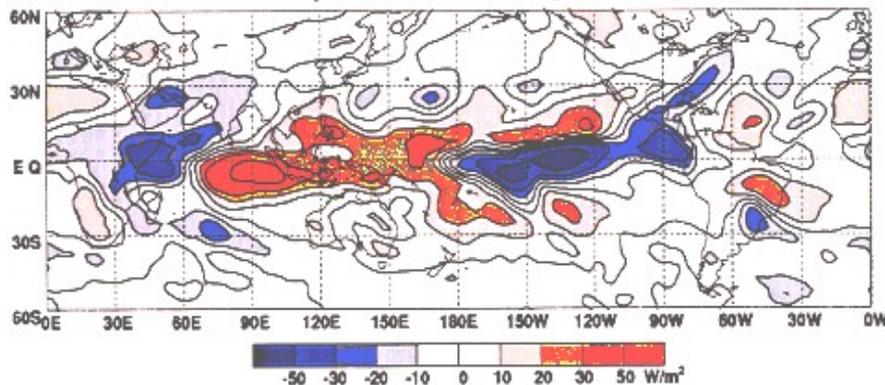
Monthly Mean OLR (NOV97)



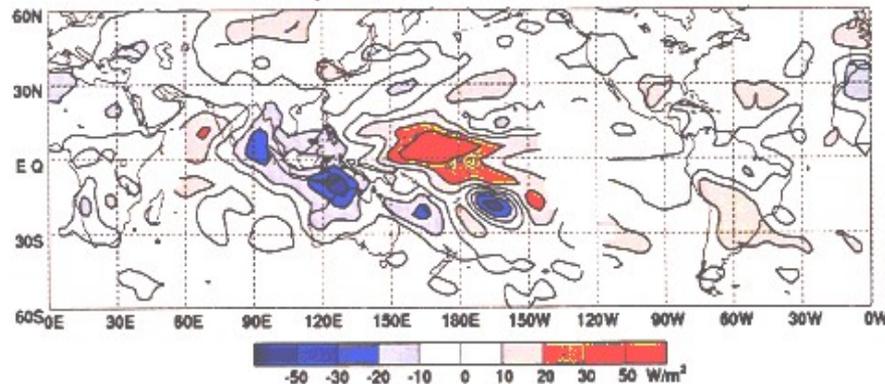
Monthly Mean OLR (NOV88)



Monthly Mean OLR Anomaly (NOV97)



Monthly Mean OLR Anomaly (NOV88)



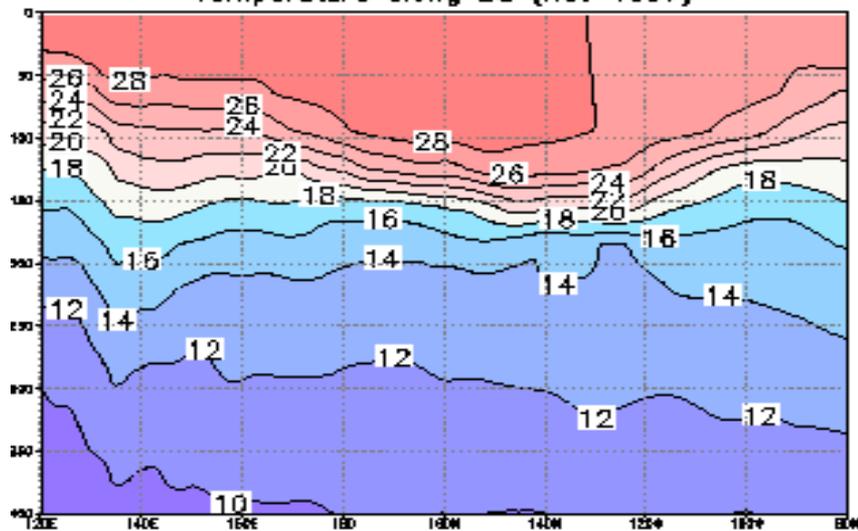
1997年11月

1988年11月

エルニーニョ時(1997年11月):A

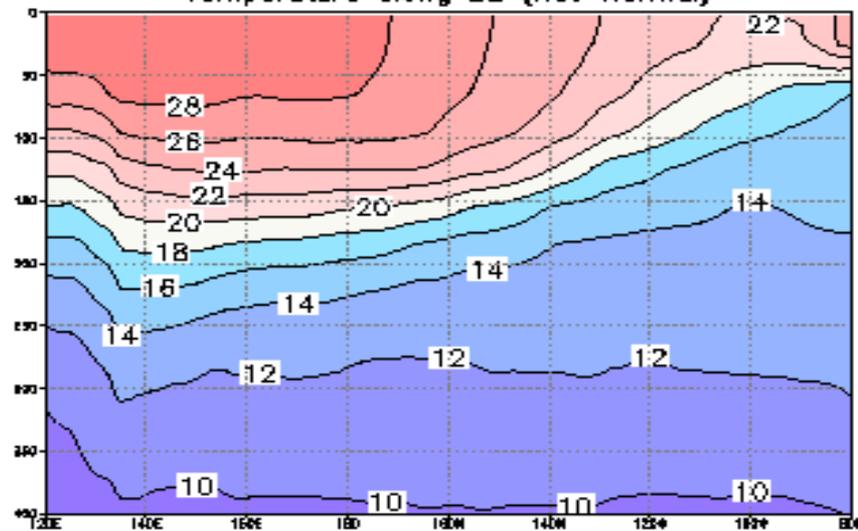
時:B

Temperature along EQ (Nov 1997)

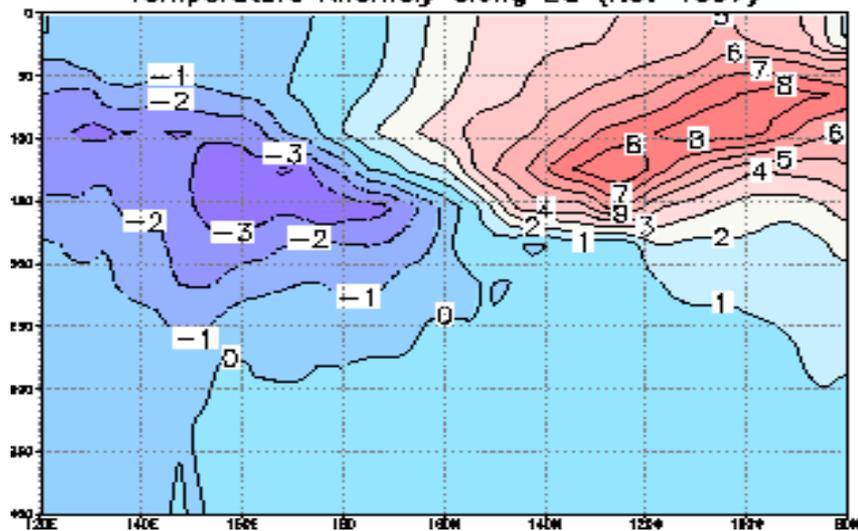


平年

Temperature along EQ (Nov Normal)



Temperature Anomaly along EQ (Nov 1997)



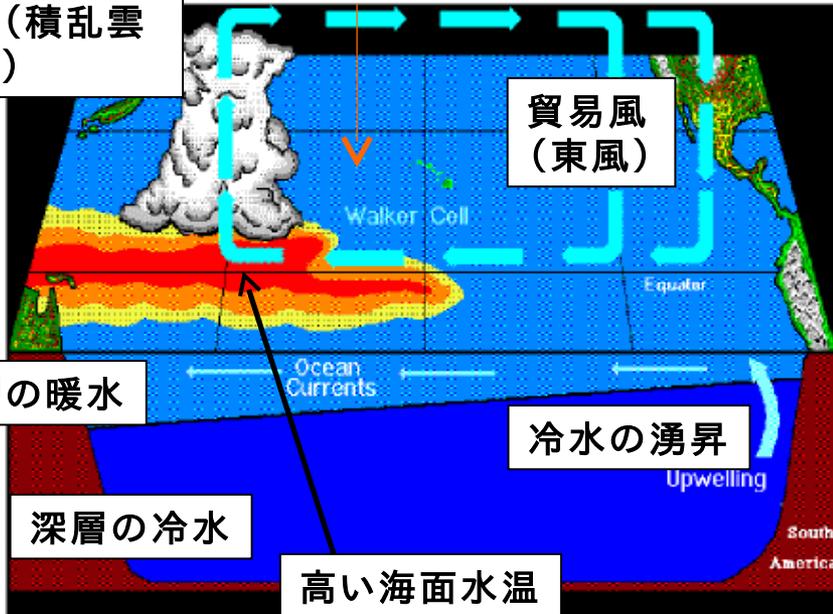
赤道東西断面の表層水温

偏差
(A-B)

El Niño and Southern Oscillation (ENSO)

通常時

対流活発
域(積乱雲
群)



貿易風
(東風)

表層の暖水

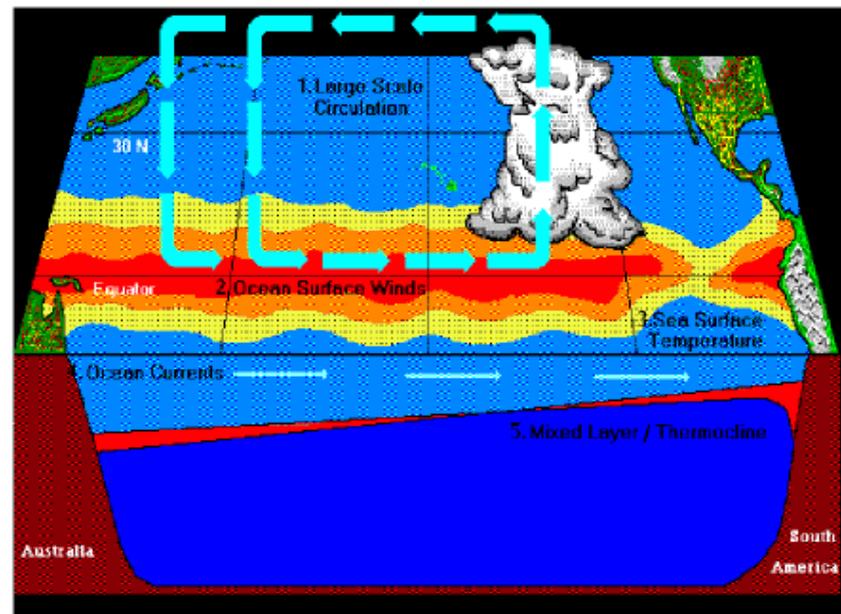
深層の冷水

高い海面水温

冷水の湧昇
Upwelling

エルニーニョ時

赤道



1. Large Scale
Circulation

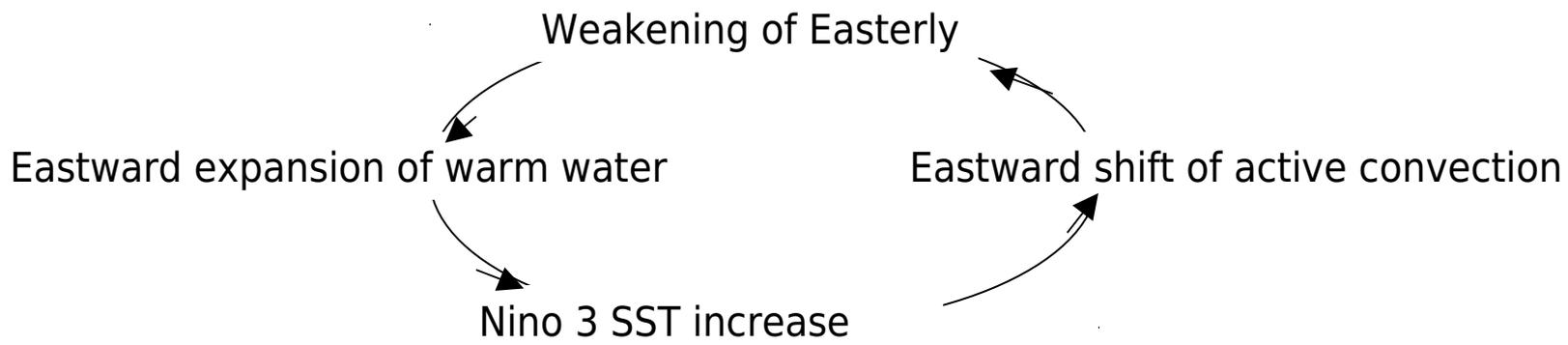
2. Ocean Surface Winds

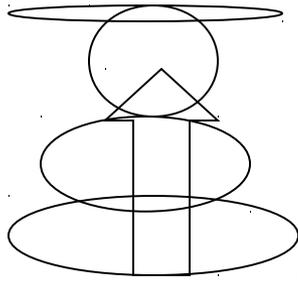
3. Sea Surface
Temperature

5. Mixed Layer / Thermocline

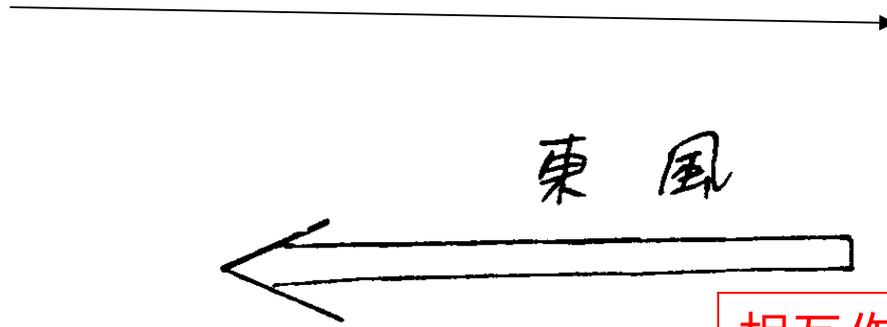
(NOAA HP)

エルニーニョ時の正のフィードバック

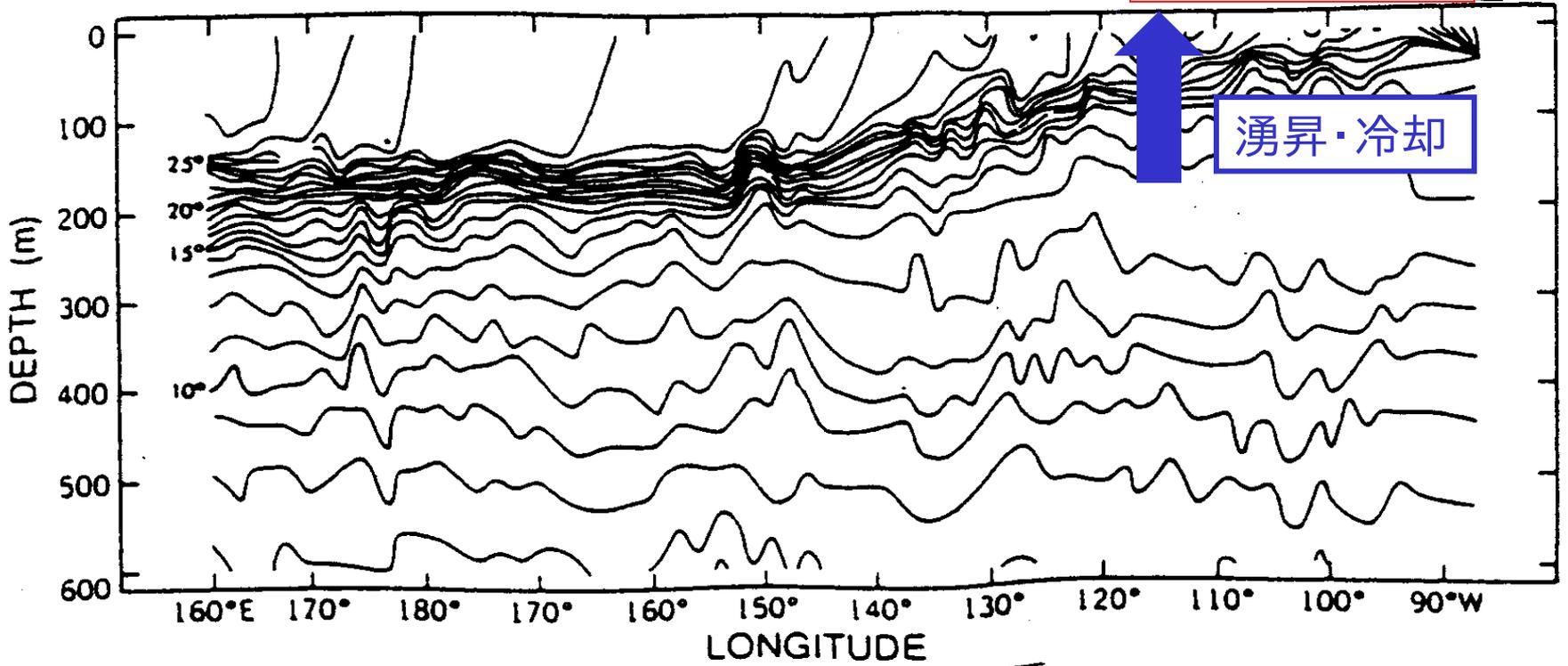




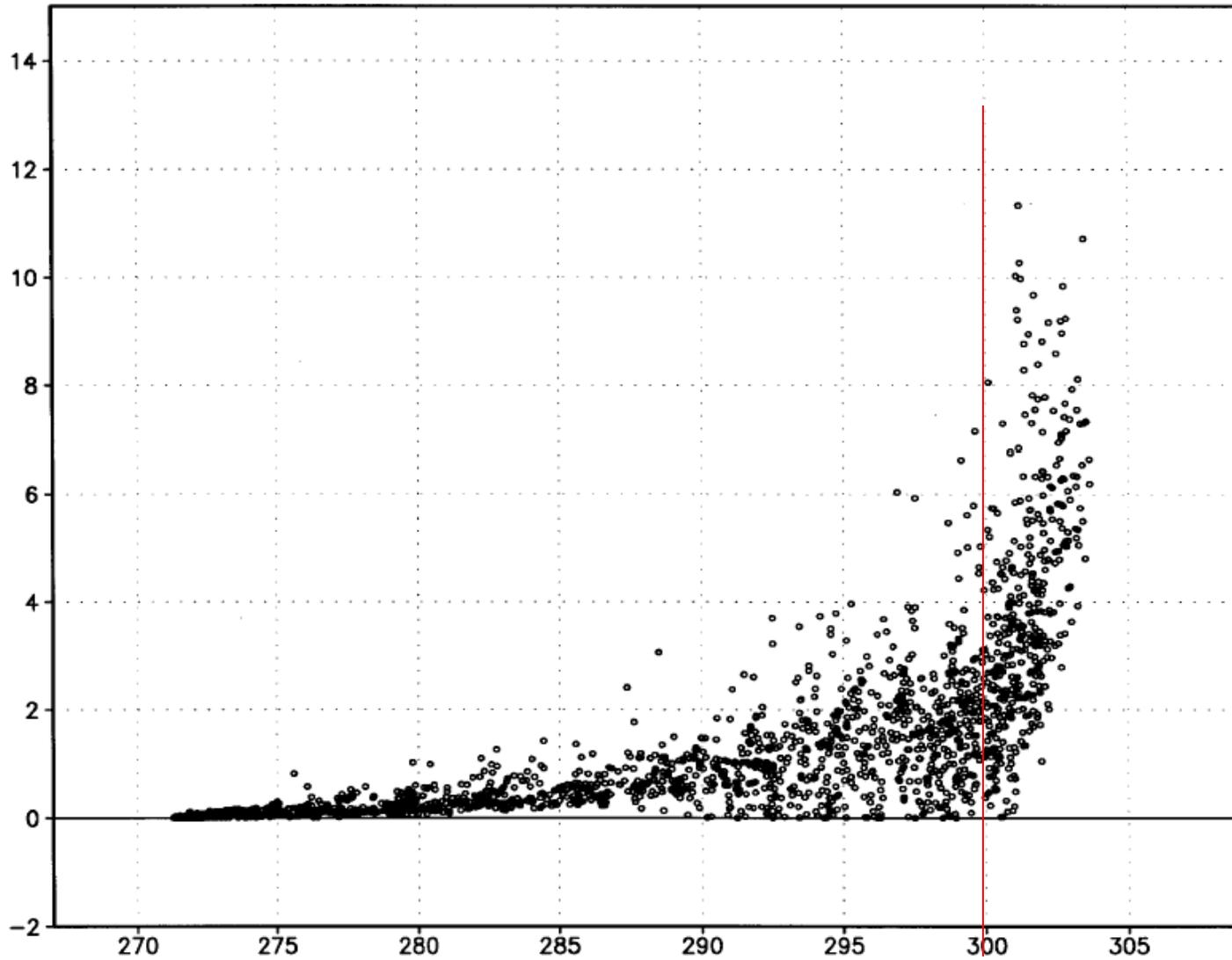
海面水位



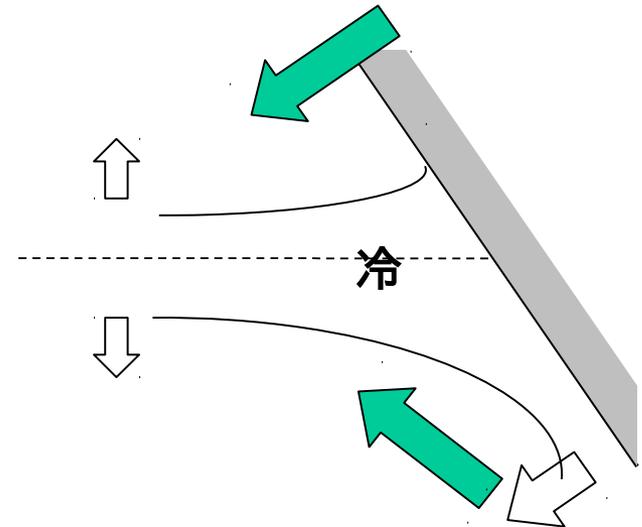
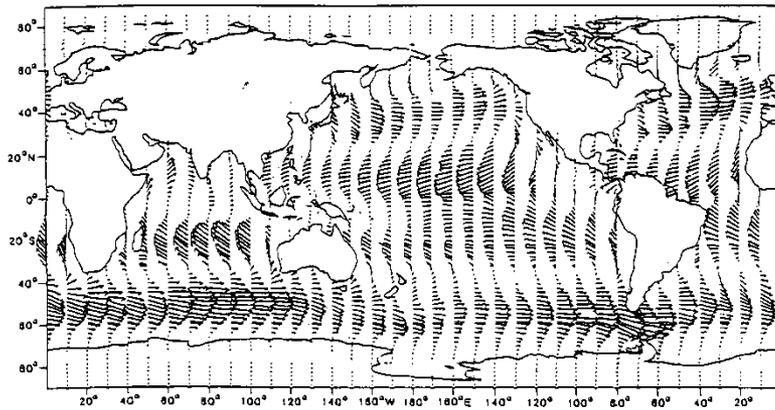
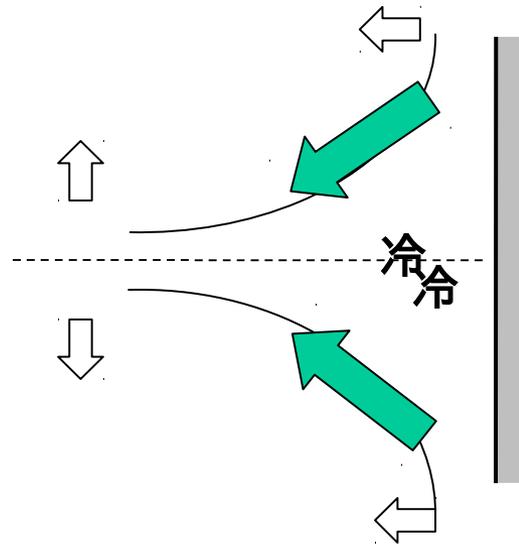
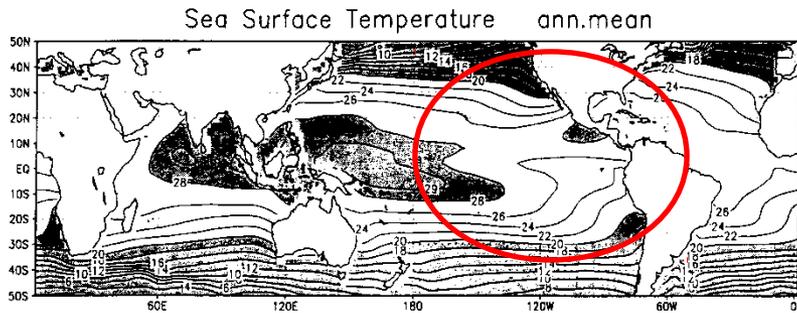
相互作用の窓



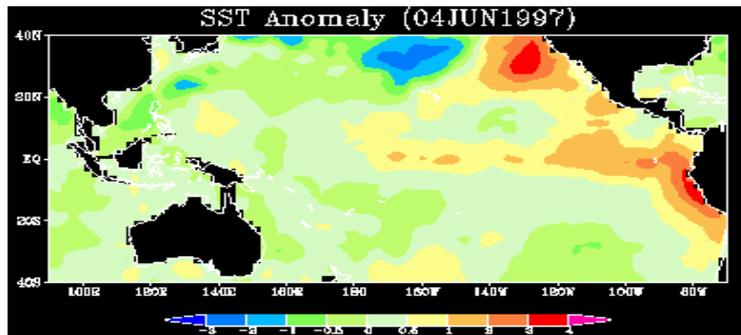
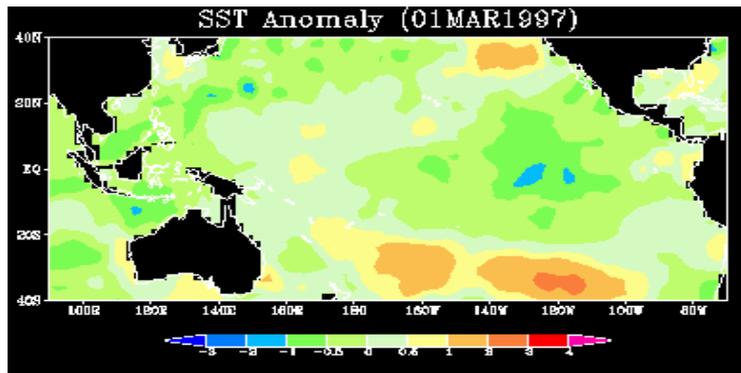
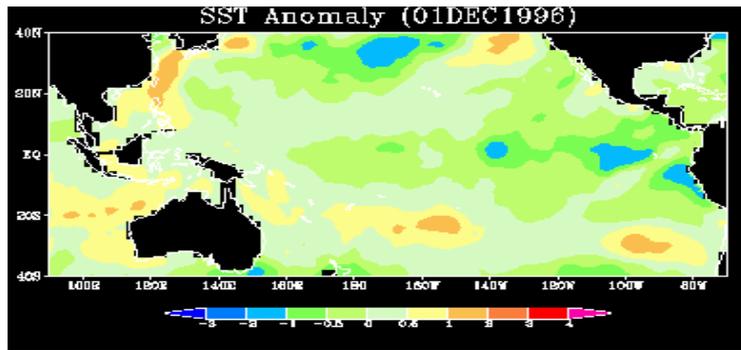
SST (K) vs CUPREC (mm/day)



東部赤道域の南北非対称について

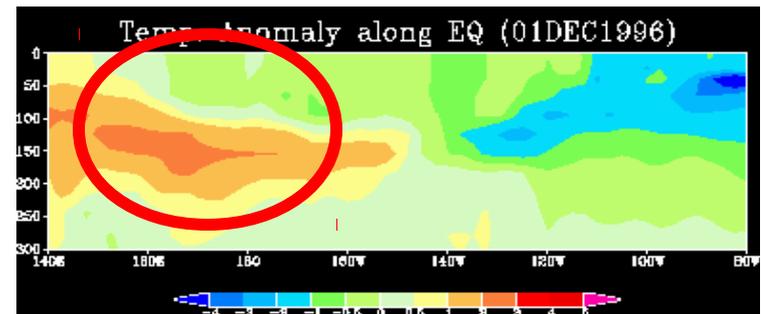


SST anomaly

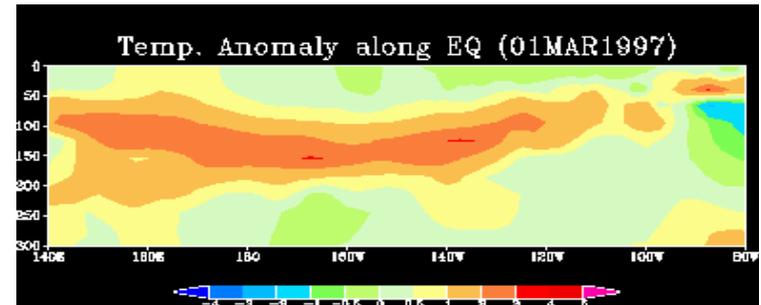


T anomaly (0-300m) along Eq.

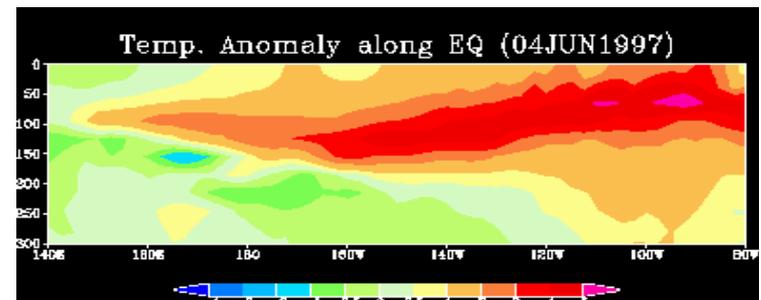
1996
DEC

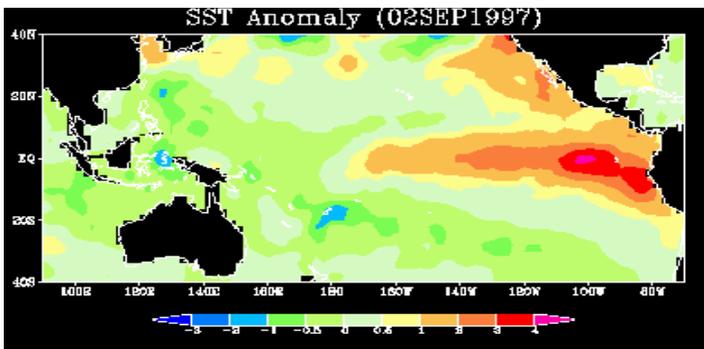


1997
MAR

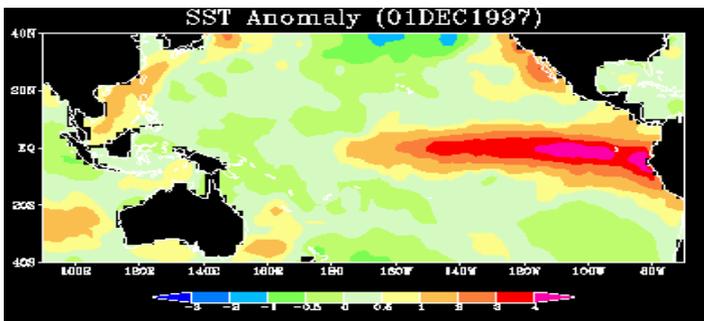
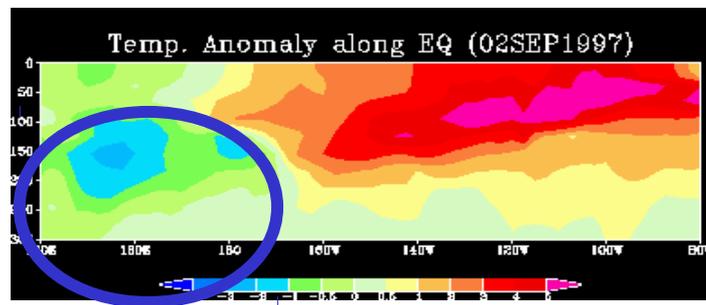


1997
JUN

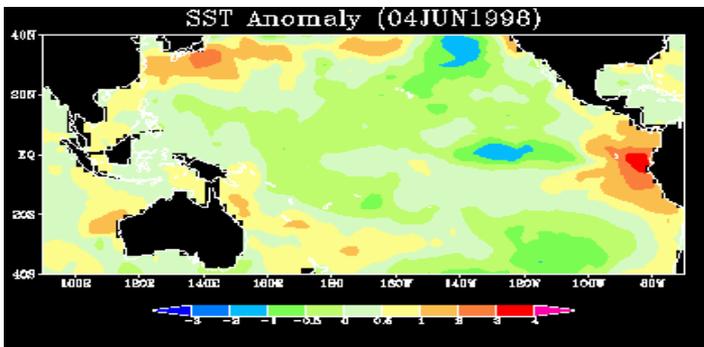
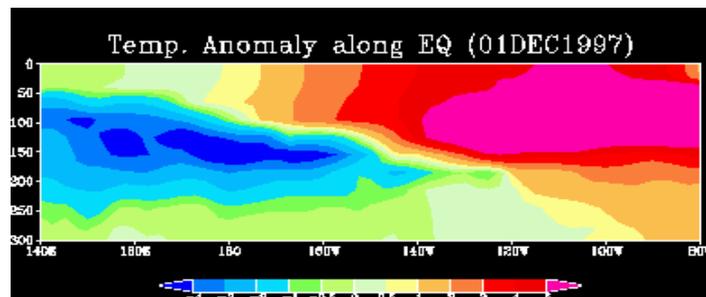




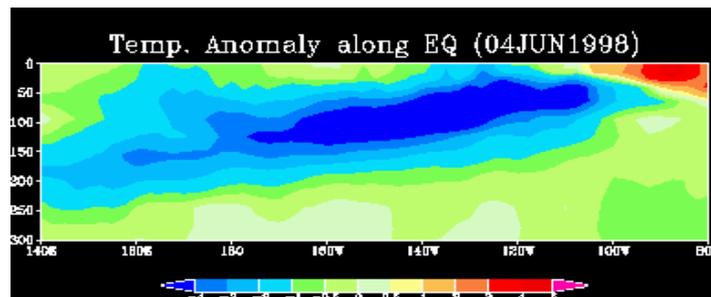
1997
SEP



1997
DEC



1998
JUN



海洋内部で位相反転の変化が先行

→

遅延振動子 Delayed oscillator

再充填振動子 Recharge oscillator

(Jin, 1997)

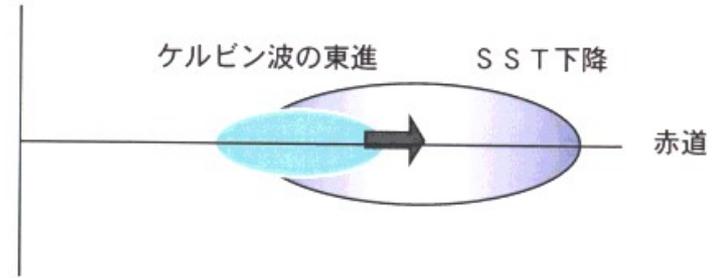
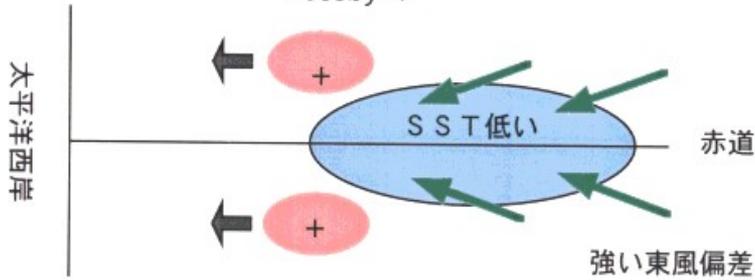
ex.
$$\frac{dT}{dt} = \alpha T - \beta(T - T_*) - cT^3$$

遅延振動子理論の模式図

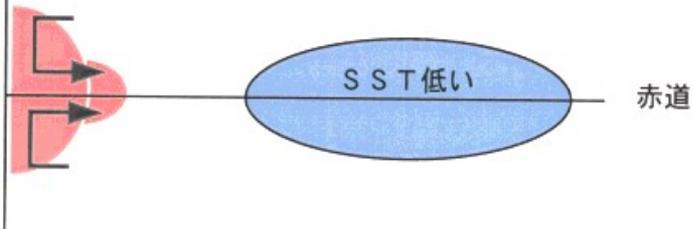
(Schopf and Suarez, 1988)

(Battisti and Hirst, 1989)

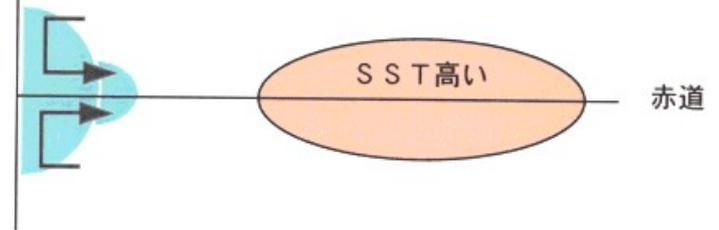
ラニーニャ



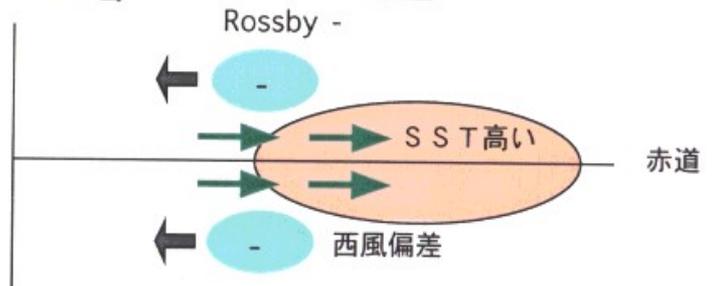
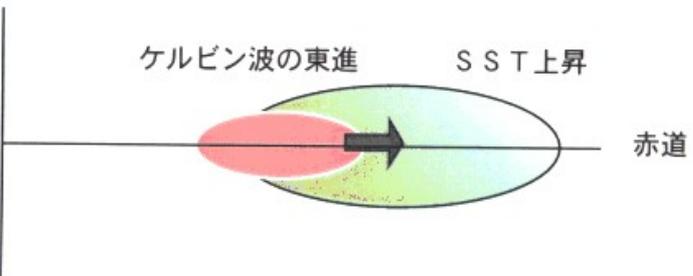
Rossby +の反射



Rossby -の反射



エルニーニョ



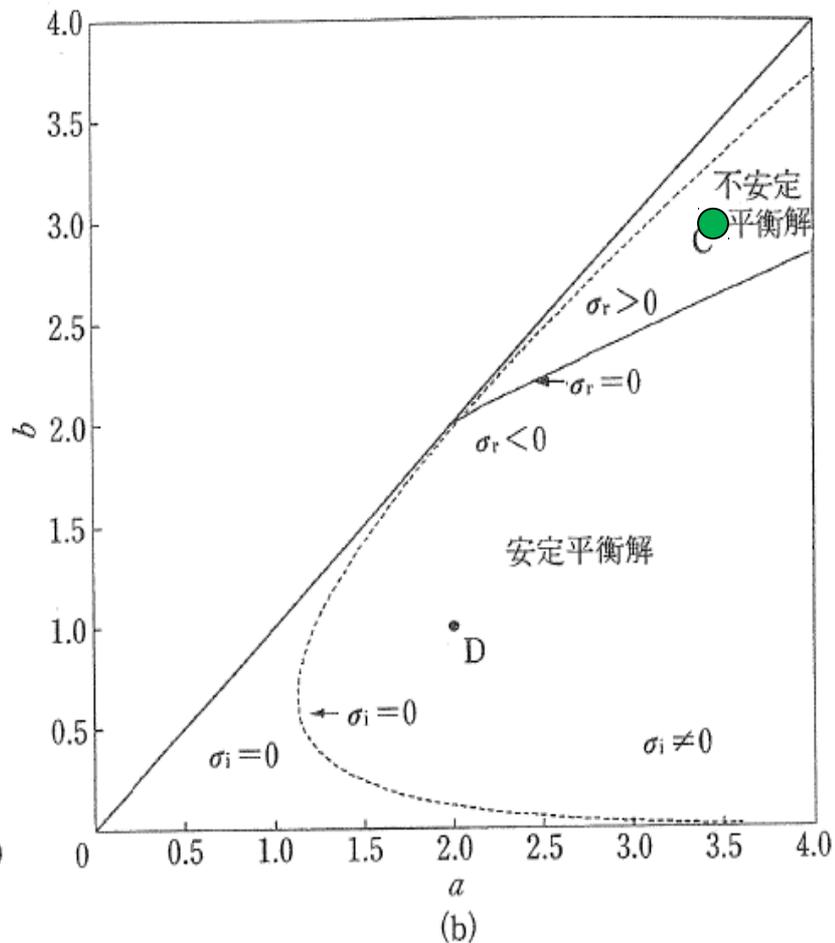
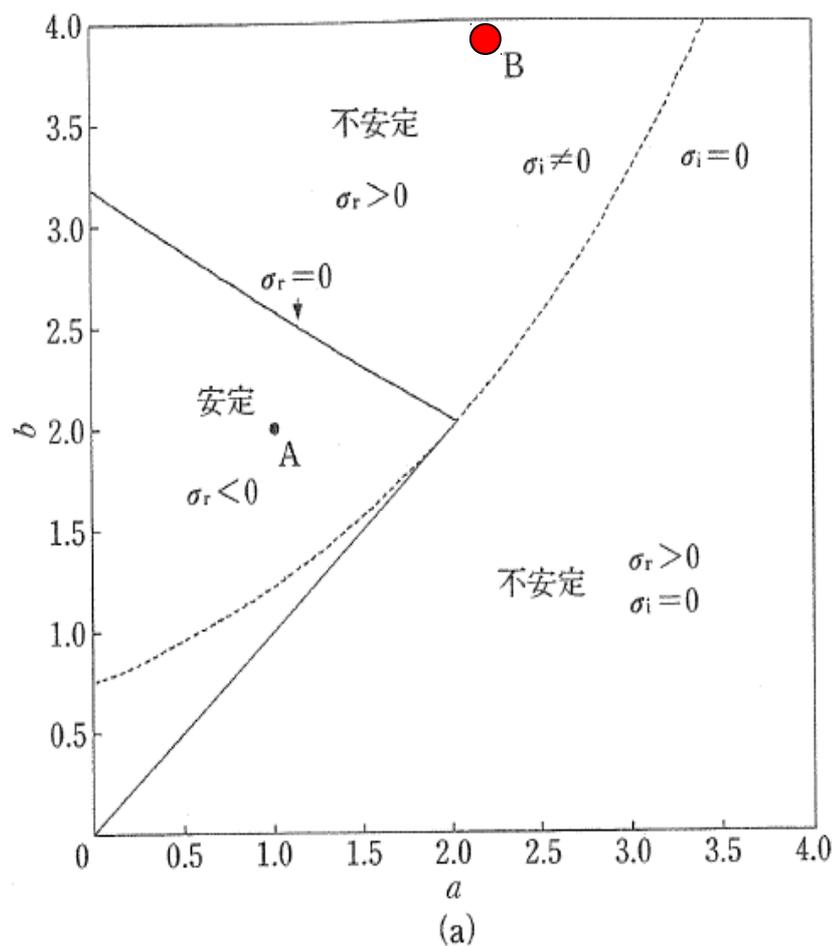


図5-24 遅延振動子方程式の安定性

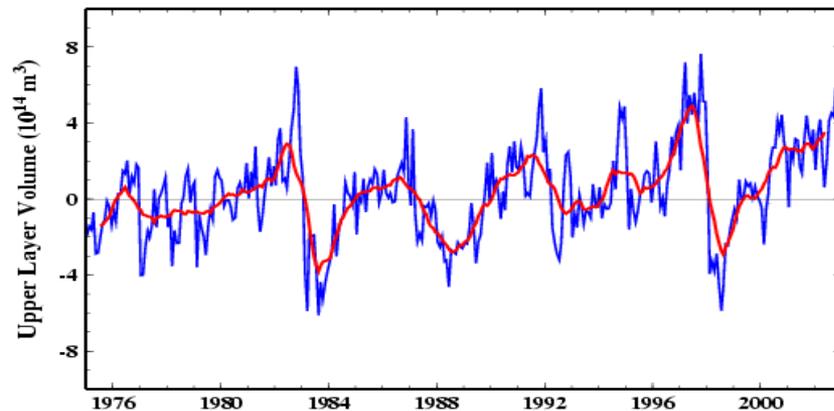
(a)は $T_0=0$ の平衡解の線形安定性を示す。 $\sigma_r > 0$ の領域は不安定、 $\sigma_r < 0$ は安定である。また、 $\sigma_i \neq 0$ では、平衡解の近傍で振動することを示す。(b)は平衡解 $T_0 = \pm \sqrt{(a-b)/c}$ ($a > b$ の領域で存在する)の安定性を示す。

(Battisti and Hirst, 1989)

(山形・升本、1996)

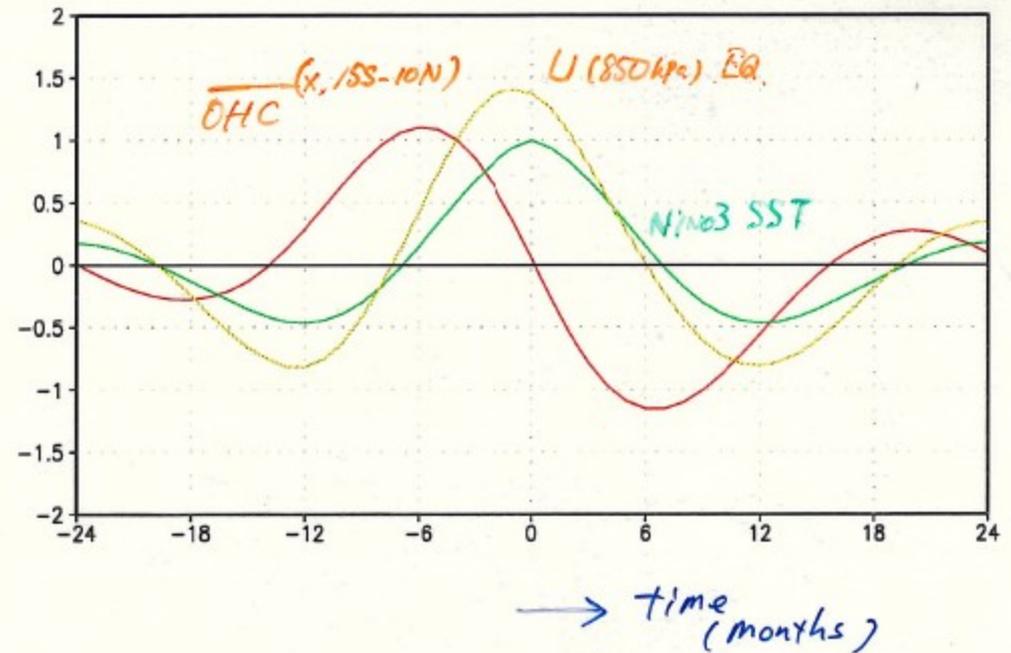
赤道バンドへの熱の蓄積 Off-equator との南北熱交換

再充填振動子 Recharge oscillator (Jin, 1997)



15S-15Nの太平洋表層体積
(ハワイ大学海水位センターHP)

LAG REGRESSION to NINO3 SST of
 $\overline{OHC}^*(15S-10N)$, $U(850hPa, EQ.)$, NINO3 SST



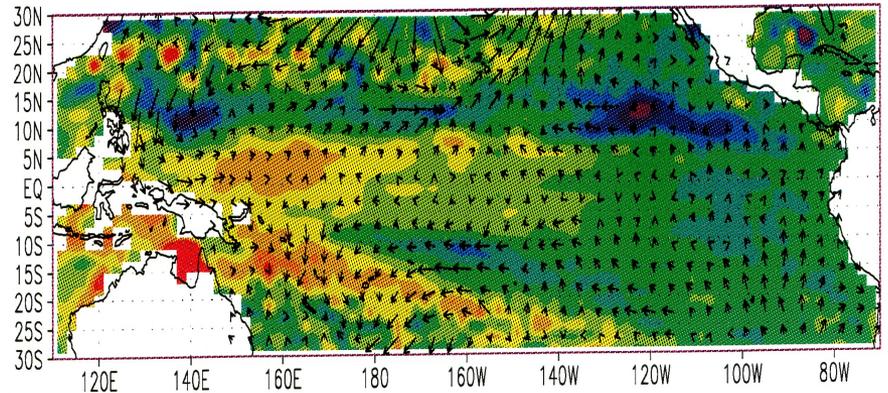
気象研結合モデルでのOHC先行の様子

海面水位偏差(彩色)と風応力偏差(ベクトル)の推移

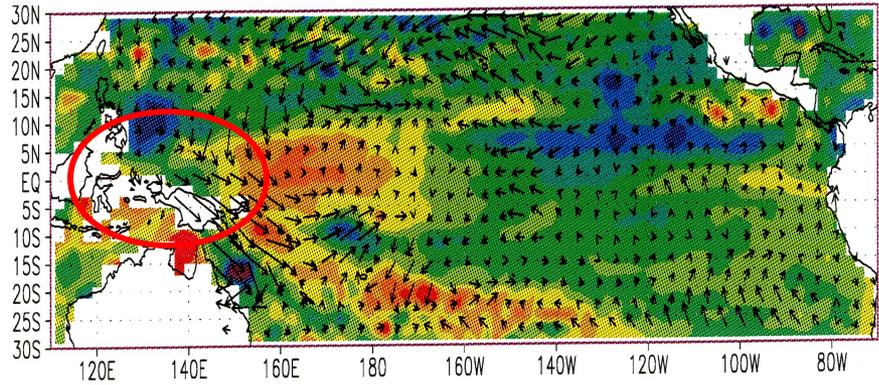
発生の引き金

- ・季節内振動にともなう
西風偏差
-
- ・表層水温の正偏差の
発生と東進

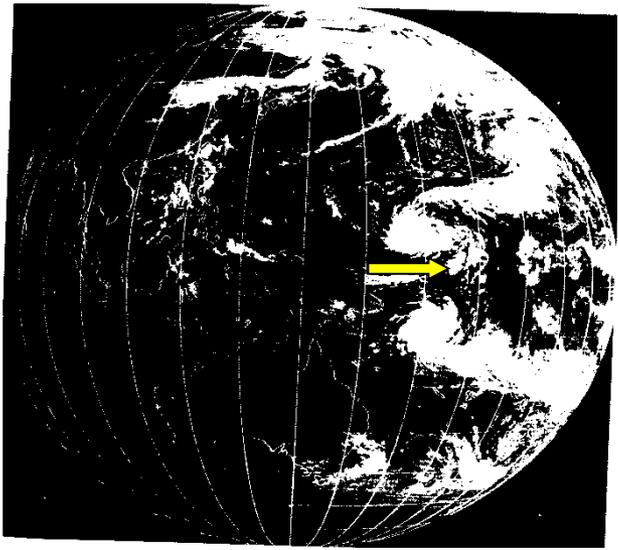
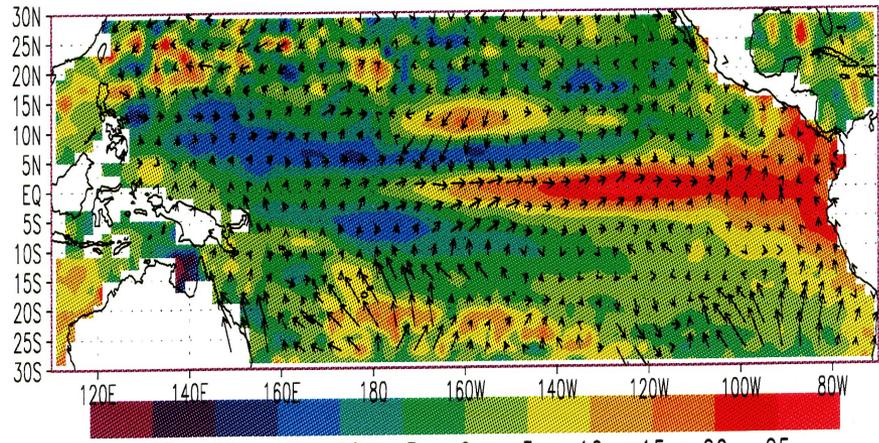
1996年1
2月



1997年
3月

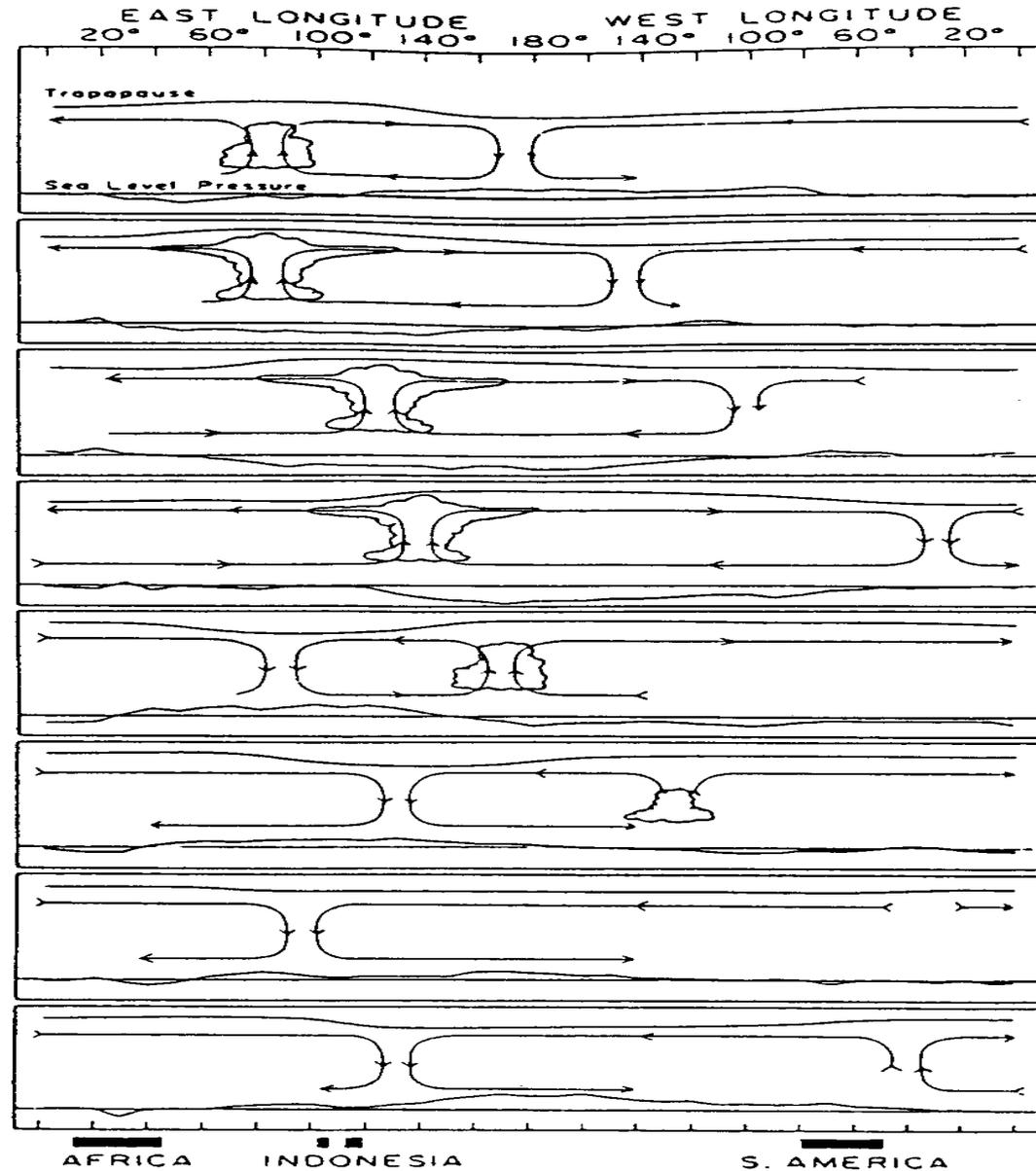


1997年
6月



赤道季節内変動 Oscillation

Madden-Julian



NINO3.4 SSTA (10-12月) と ISO (5-9月) の相関

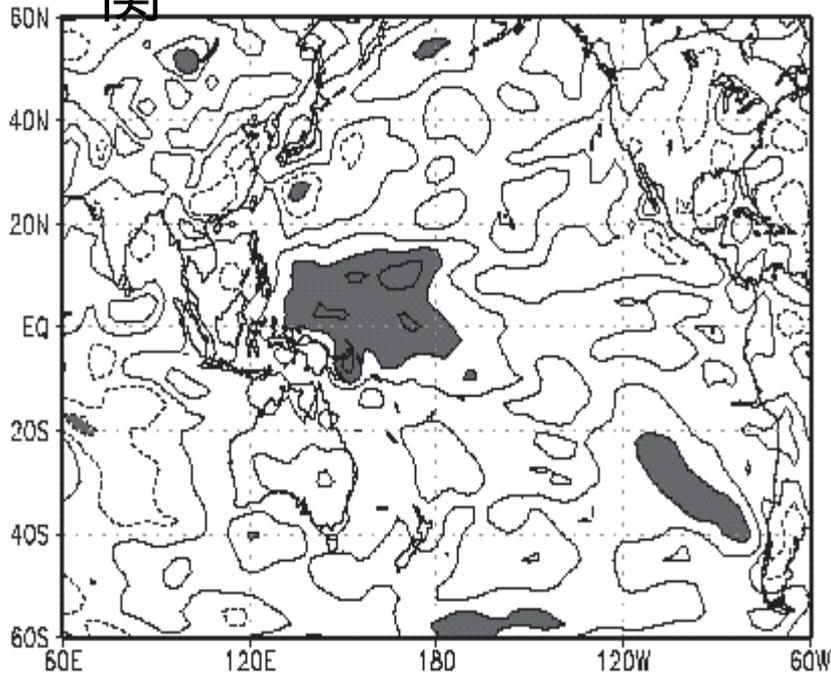


Fig. 2: Distribution of correlation coefficient between the SSTA in Niño3.4 in October-December and kinetic energy of the ISO during the last May-September, interval: 0.2; The shaded area represents the area with significance level above 99%.

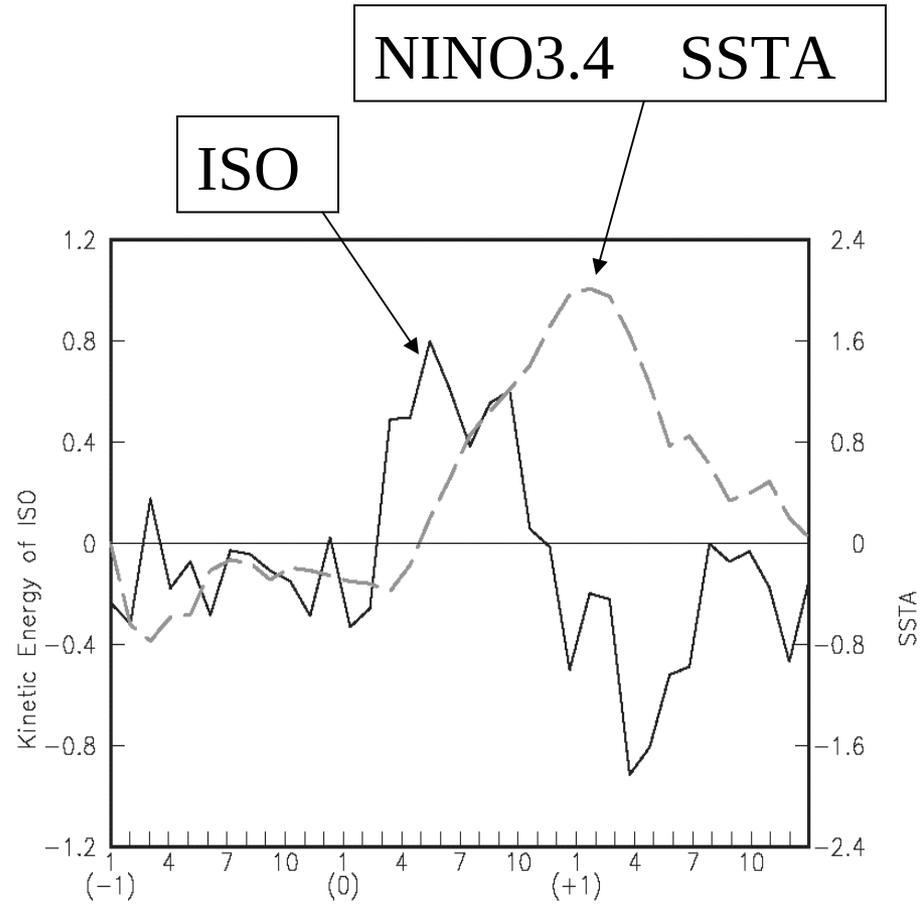
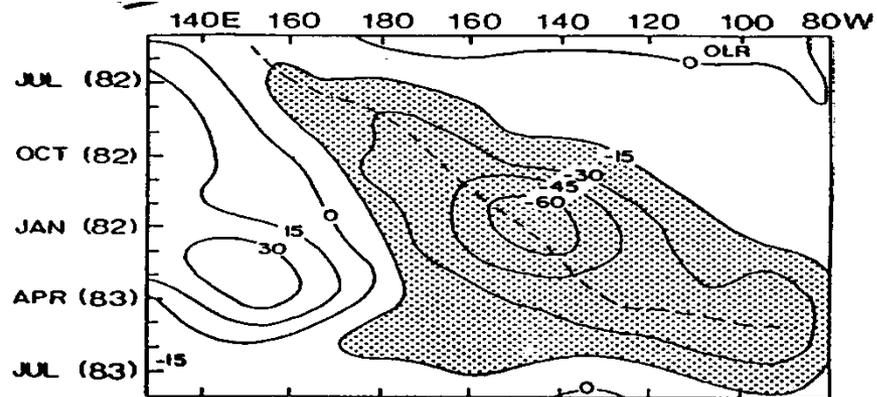


Fig. 3: Temporal evolutions of composite SSTA (broken line) in Niño3.4 and composite ISO kinetic energy anomaly (solid line) over the equatorial western Pacific (10°S-10°N, 130°E-180°).

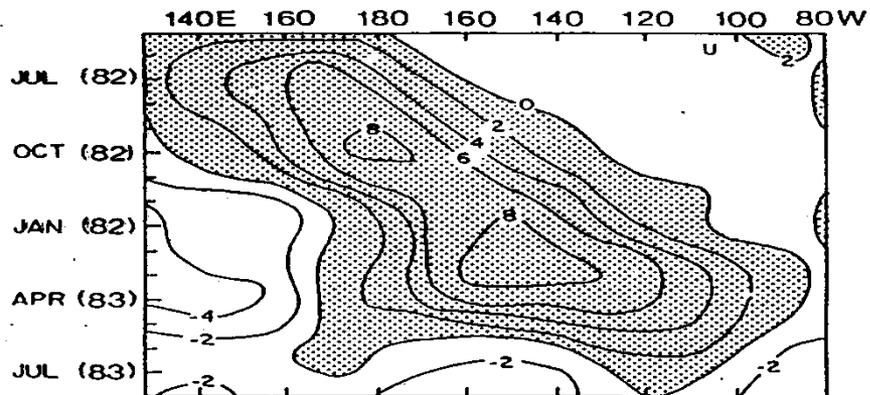
エルニーニョ年と前後1年のコンポジット

(Li and Long, 2002, CLIVAR Exchanges)

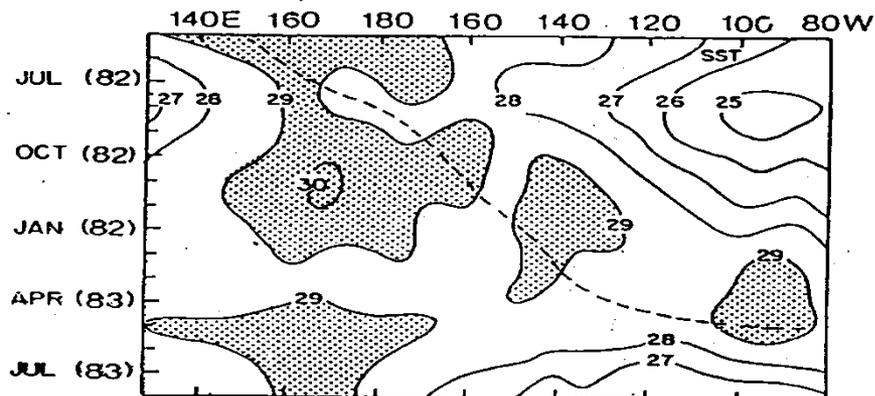
OLR偏差



東西風偏差



海面水温



結合不安定波
(1985)

Yamagata

海洋モデル

風応力

$$u_t - fv = -g^* h_x + K_s U - au$$

$$v_t + fu = -g^* h_y + K_s V - av$$

$$h_t + H(u_x + v_y) = -bh$$

$$T_t = -uT_x + K_T h - dT$$

大気モデル

$$A_x U - fV + \phi_x = 0$$

$$A_x V + fU + \phi_y = 0$$

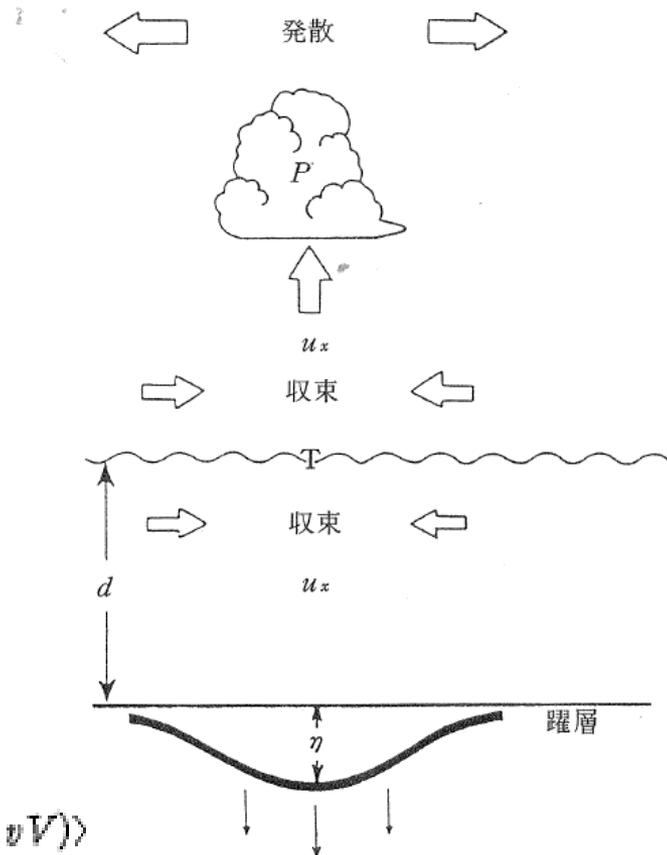
$$B_x \phi + C_A (U_x + V_y) = -K_Q T$$

蒸発による潜熱

海洋エネルギー

$\langle \rangle$ spacial mean

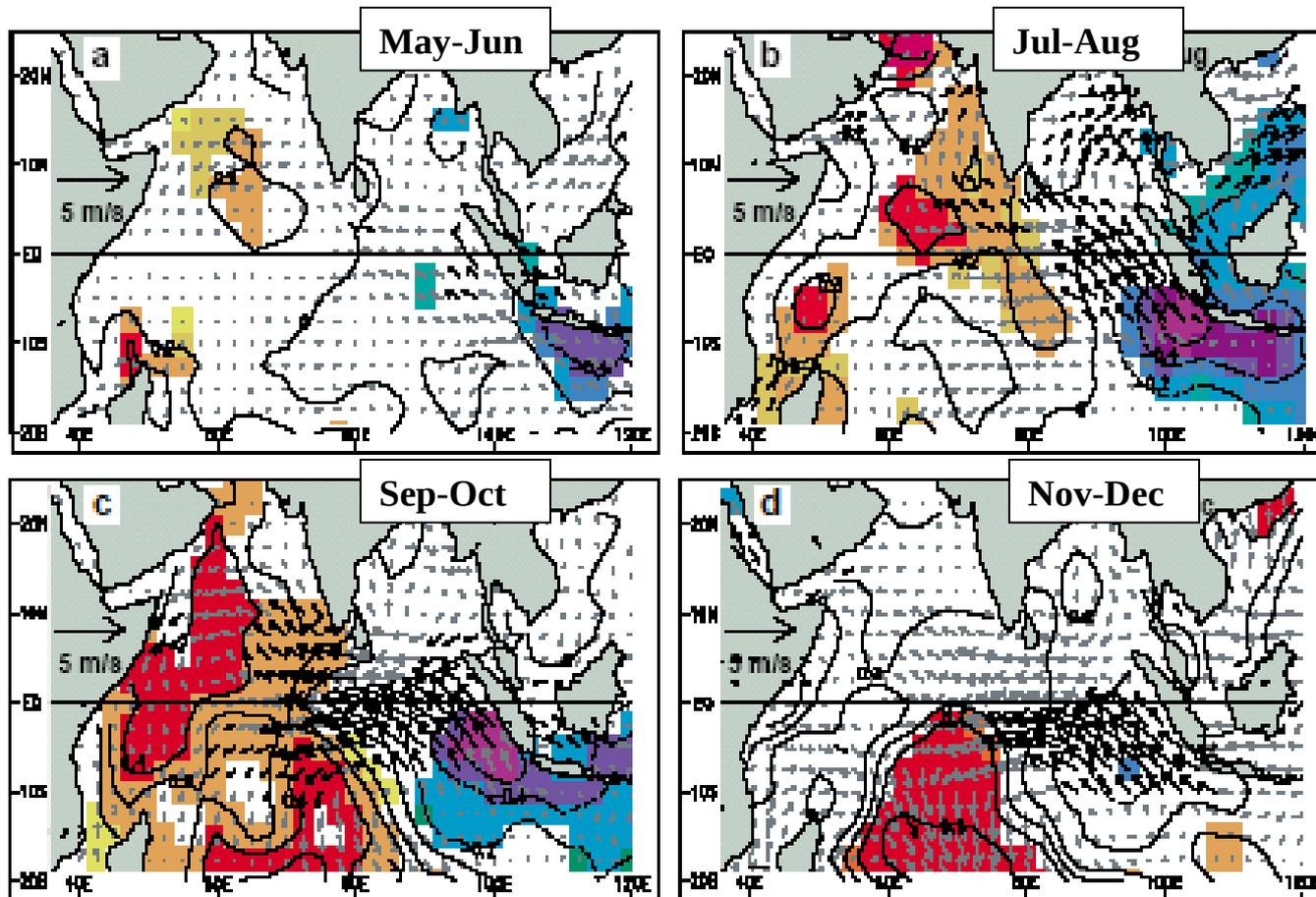
$$\frac{1}{2} \langle H(u^2 + v^2) + g^* h^2 \rangle_t = -a \langle H(u^2 + v^2) \rangle - b \langle g^* h^2 \rangle + K_s \langle H(uU + vV) \rangle$$



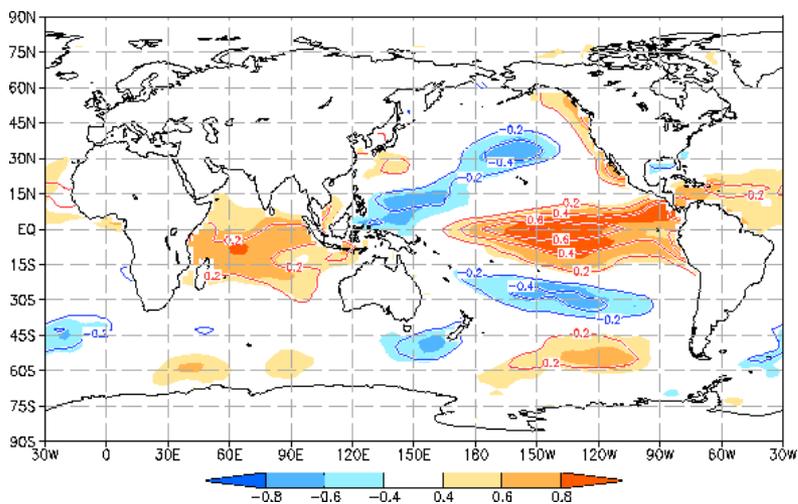
混合層の偏差 η が増すと、海面温度 T が上昇し、大気加熱 P が強まり、風の収束 U_x が生じる。これが海洋の流れの収束 u_x を引き起こし、さらに η が増す。

(山形・升本, 1996)

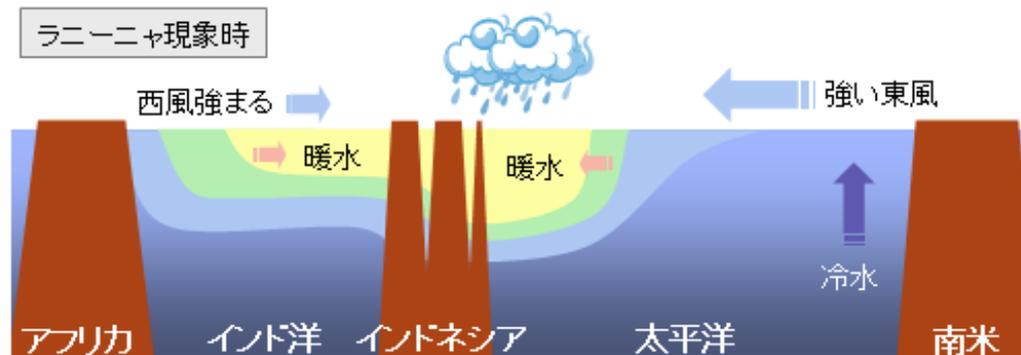
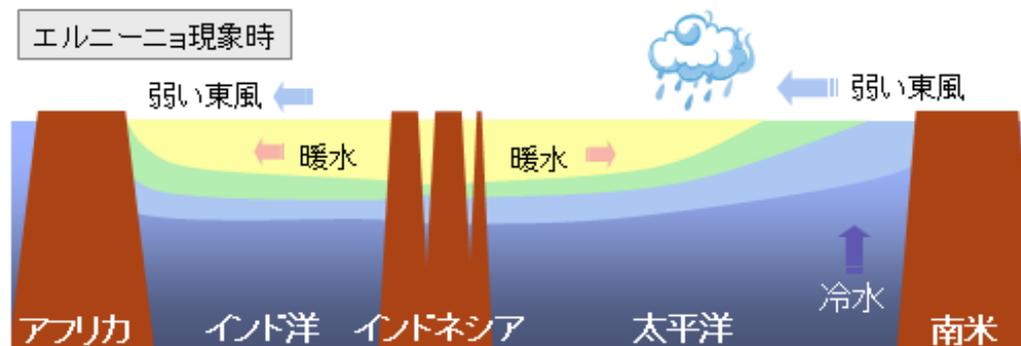
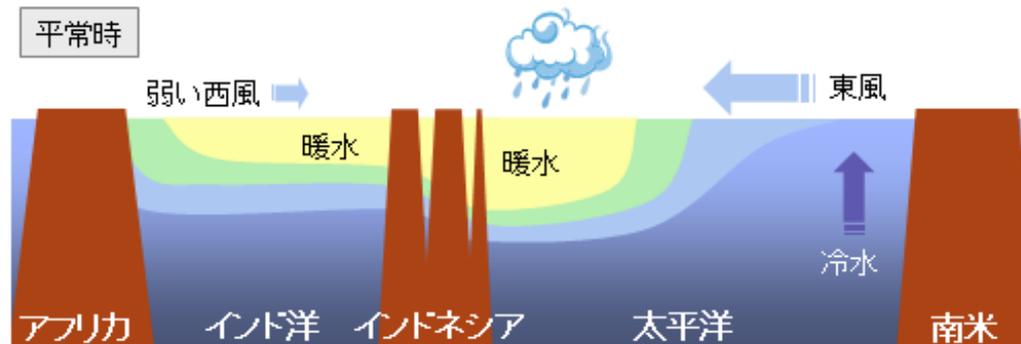
Indian Dipole-mode Oscillation (Saji et al., 1999)



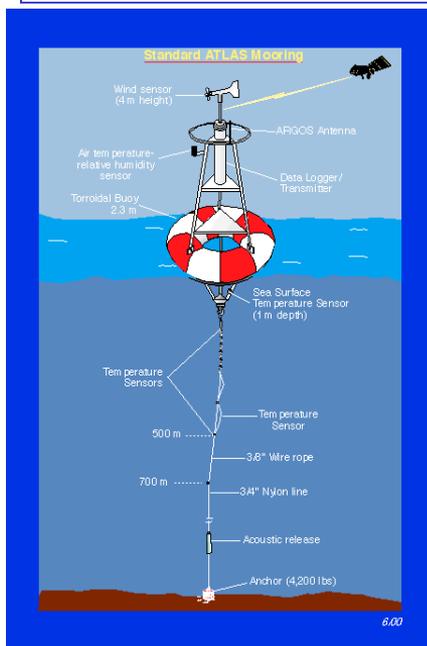
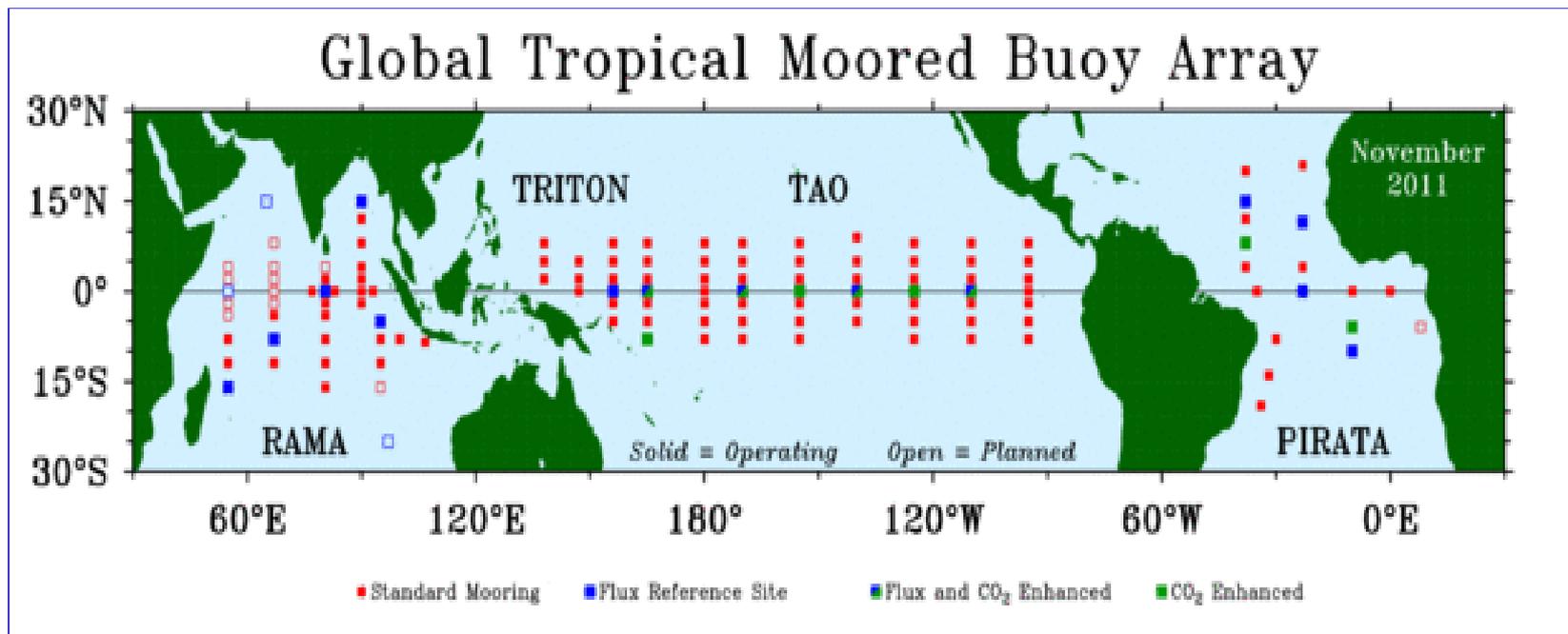
Evolution of the event (shaded:SST, vector:wind)



NINO3-SSTとの相関(+3ヶ月のSST春)



観測ツールの多様化・高度化 ①係留ブイネットワーク



TAO/TRITON

Tropical Atmosphere Ocean project/NOAA

Triangle Trans-Ocean Buoy Network/JAMSTEC

PIRATA

Prediction and Research Moored Array in the Atlantic

RAMA

Research Moored Array for African-Asian-Australian

Monsoon Analysis and Prediction

Tropical Atmosphere Ocean project

Home Project overview **Data display** Data delivery El Niño & La Niña Site map

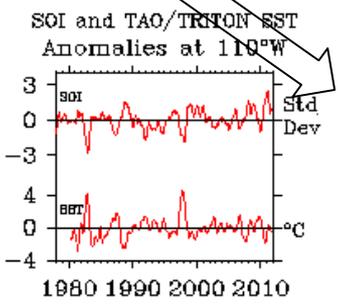
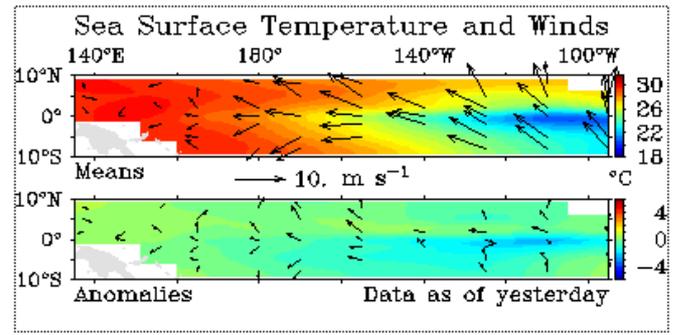
TAO / TRITON Data display

Buoy summary plot Time series plots ? Help

Lat Lon plots Section plots

Assorted plots Animation Find

Real-time data from moored ocean buoys for improved detection, understanding and prediction of El Niño and La Niña.

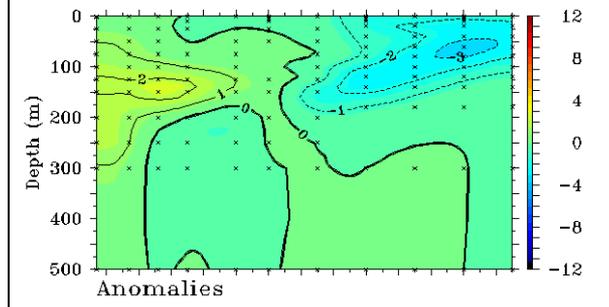
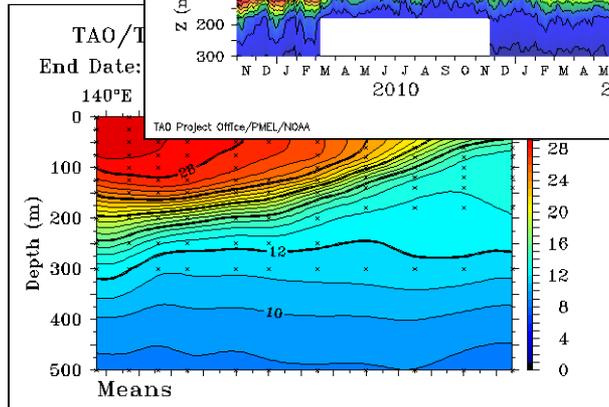
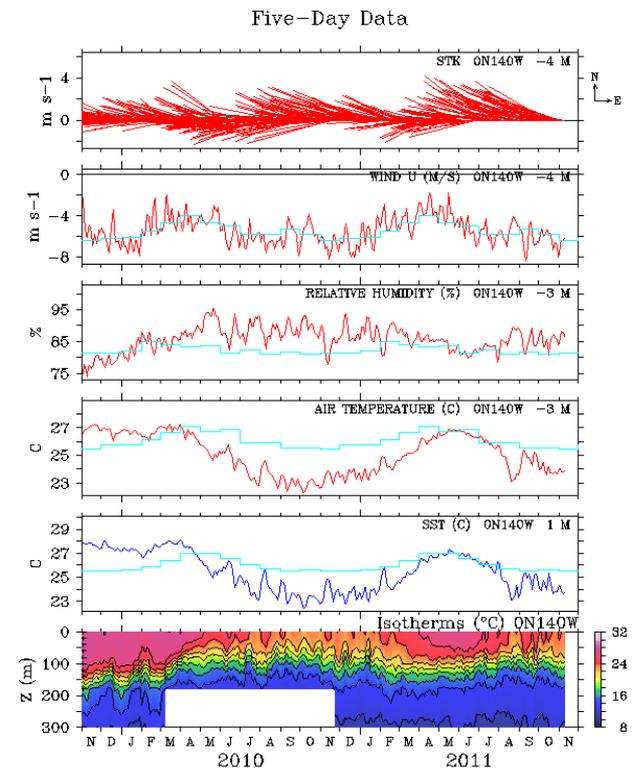


Try our combined [Display and Delivery Page](#) which includes more comprehensive data and features, like the ability to download what you view

[Other TAO graphics pages](#) [Troubleshooting](#) [Non JavaScript version](#)

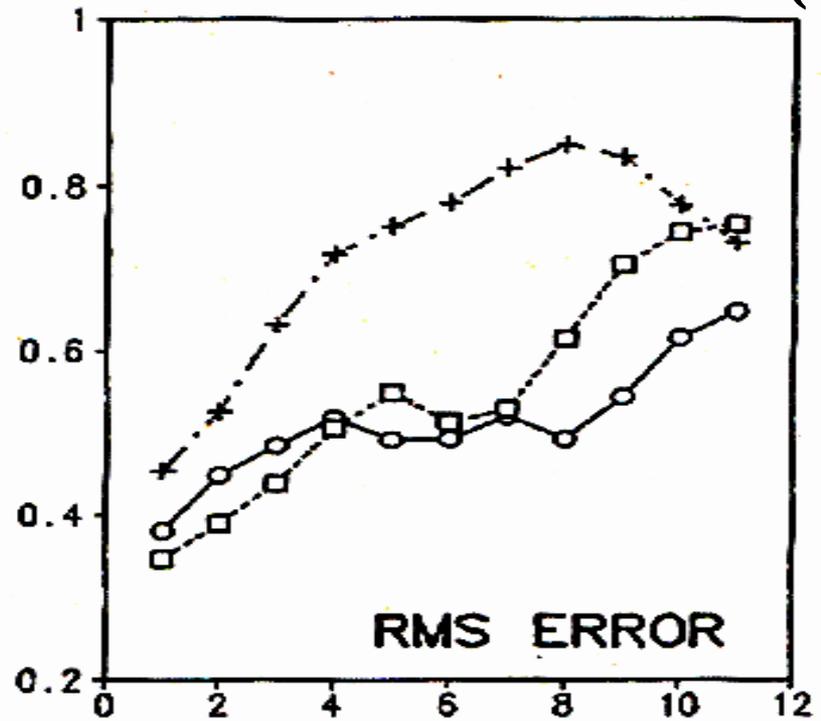
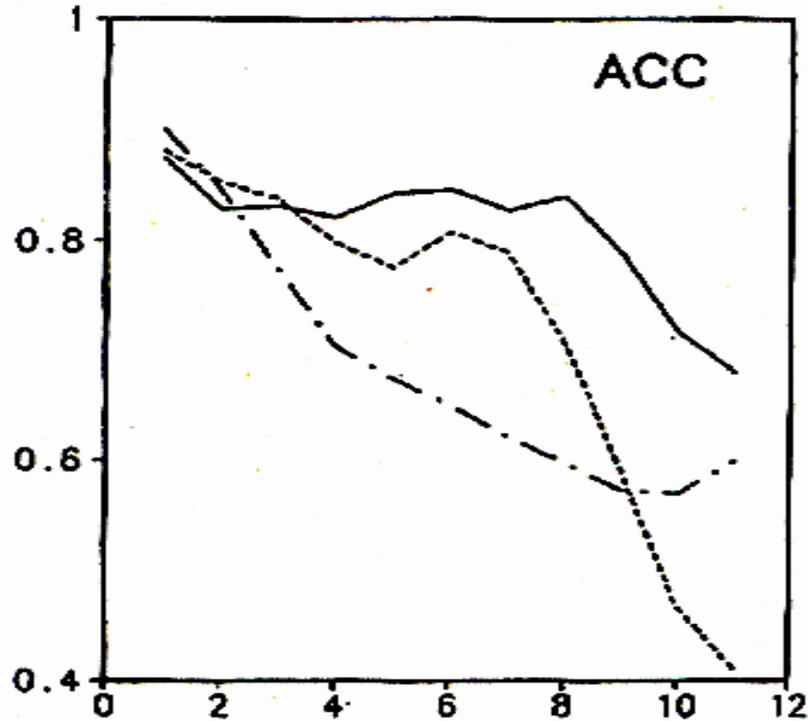
[Home](#) | [Project overview](#) | [Data display](#) | [Data delivery](#) | [El Niño & La Niña](#) | [Site map](#)

TAO Project Office
NOAA | Pacific Marine Environmental Laboratory
7600 Sand Point Way NE



SST-3 (170W-120W, 5S-5N)
(MAY-OCT. 1989-1993)

Ji ほか(1998)



Forecast Lead (month)

海洋初期化

に

— F-RA2

- - - F-HFSU

- · - F-NTAO

XBT、TAO同
化

非同化

XBTのみ同化

平成 23 年 11 月 10 日
気象庁 地球環境・海洋部

エルニーニョ監視速報 (No. 230)

2011 年 10 月の実況と 2011 年 11 月～2012 年 5 月の見通し

- ラニーニャ現象が発生しているとみられる。
- このラニーニャ現象は、冬から春までの間に終息する可能性が高い。

【解説】

エルニーニョ／ラニーニャ現象

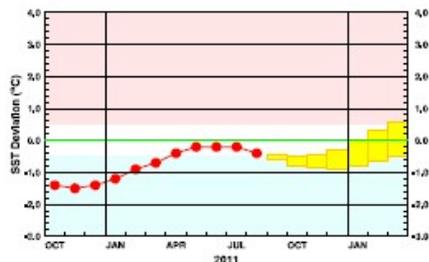
- 10 月の実況：ラニーニャ現象が発生しているとみられる。エルニーニョ監視海域の海面水温は基準値より低い値（基準値との差は -0.9°C ）だった（図1、表）。太平洋赤道域の中部から東部にかけての海面水温は平年より低かった（図2、図4）。太平洋赤道域の海洋表層の水温は、西部で平年より高く、中部から東部にかけて平年より低かった（図3、図5）。これら海洋の状況は、ラニーニャ現象が発生していることを示している。一方、太平洋赤道域の気候では、西部で平年よりも対流活動が不活発で、西部から中部にかけての下層の東風が月平均では平年並の強さだった（図6、図7、図8）。
- 今後の見通し：ラニーニャ現象は冬から春までの間に終息する可能性が高い。エルニーニョ予測モデルは、エルニーニョ監視海域の海面水温が、冬から春にかけて基準値より低い値から基準値に近い値へ推移すると予測している（図9）。今後、太平洋赤道域の西部に蓄積された海洋表層の暖水が東進したとしても、東部の水温が基準値に近い値になるのは冬以降になると考えられる。以上のことから、ラニーニャ現象は冬から春までの間に終息する可能性が高い。

西太平洋熱帯域およびインド洋熱帯域の状況

- 西太平洋熱帯域：10 月の西太平洋熱帯域の海面水温は、基準値より低い値だった（図1）。今後、冬にかけて基準値に近づく予測される（図10）。
- インド洋熱帯域：10 月のインド洋熱帯域の海面水温は、基準値より高い値だった（図1）。今後、冬にかけて基準値に近づく予測される（図11）。

10 月の日本と世界の天候への影響

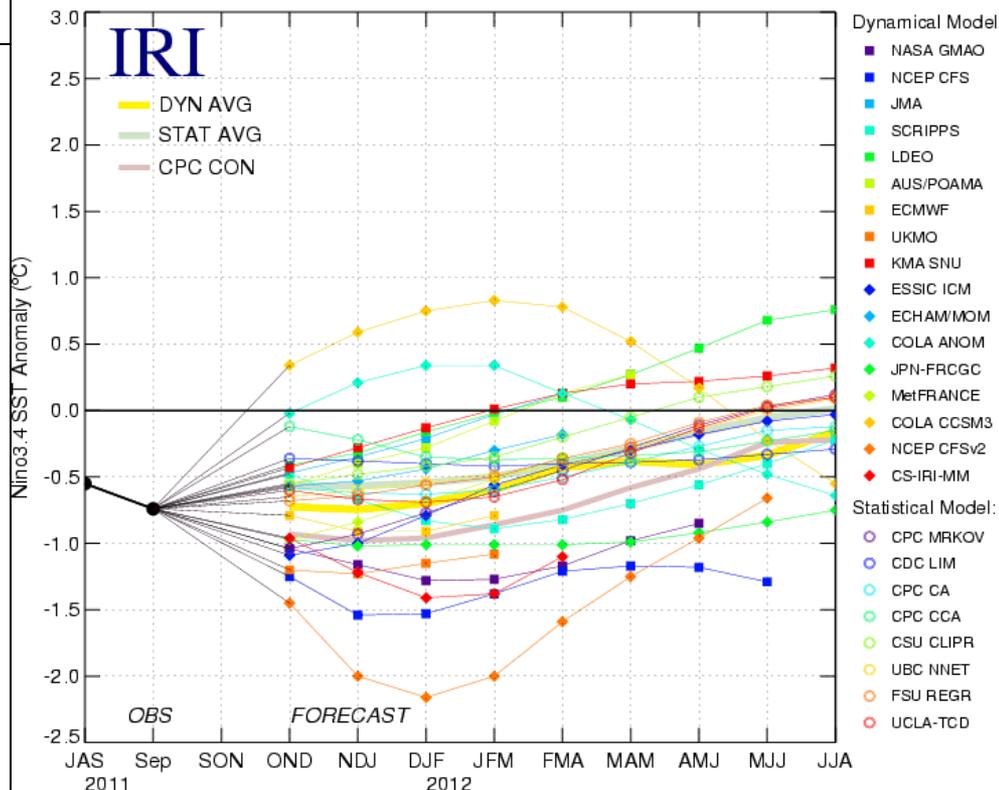
- 日本：ラニーニャ現象時の特徴は明瞭には見られなかった。今後の日本の天候については、最新の季節予報を参照されたい。
- 世界：ラニーニャ現象時の特徴は明瞭には見られなかった。



エルニーニョ／ラニーニャ現象の経過と予測

左の図は、エルニーニョ監視海域の海面水温の基準値との差の5か月移動平均値（指数）の推移を示す。8月までの経過（観測値）を折れ線グラフで、エルニーニョ予測モデルによる予測結果（70%の確率で入ると予想される範囲）をボックスで示している。指数が赤／青の範囲に入っている期間がエルニーニョ／ラニーニャ現象の発生期間である。

Model Predictions of ENSO from Oct 2011



海洋データで初期化した結合モデルが主流

→ 力学的季節予報

○エルニーニョ現象と天候との関連

Nature Japan » Nature » Nature ハイライト » 温暖化と紛争のホットスポット:国内紛争とエルニーニョとの結びつき

nature Japan

Journal home

今週号

バックナンバー

メールアラート登録

Nature 特別翻訳記事

Nature Video

Nature について

Supplements

日本語版 Focus

The Nature Top Ten

購読者の皆様へ

著者の皆様へ

Nature 著者インタビュー

Nature ダイジェスト

掲載論文数ランキング

Nature Café

全国の取扱い書店

NPG Resources

ENG Nature Asia-Pacific

ENG NPG Asia Materials

ENG A-IMBN Research

エラーが発生しました。

Nature ハイライト

Nature 476, 7361 (Aug 2011)

Cover Story: 温暖化と紛争のホットスポット:国内紛争とエルニーニョとの結びつき

地球の気候と暴力の世界的パターンとが関係付けられる可能性については、歴史家や科学者がずっと以前から理論化を試みてきたが、実際のデータに基づく直接的な検証が行われ

証が行われ

主な原因で

新たな解材

使って、エ

の年の2倍

降のすべて

喫している

て示したも

いになるの

度が高くな

が地球の自

N&V p.40

Letters to

全文

News and

全文

全文

全文

LETTER

doi:10.1038/nature10311

Civil conflicts are associated with the global climate

Solomon M. Hsiang^{1†}, Kyle C. Meng¹ & Mark A. Cane²

It has been proposed that changes in global climate have been responsible for episodes of widespread violence and even the collapse of civilizations^{1,2}. Yet previous studies have not shown that violence can be attributed to the global climate, only that random weather events might be correlated with conflict in some cases³⁻⁷. Here we directly associate planetary-scale climate changes with global patterns of civil conflict by examining the dominant inter-annual mode of the modern climate⁸⁻¹⁰, the El Niño/Southern Oscillation (ENSO). Historians have argued that ENSO may have driven global patterns of civil conflict in the distant past¹¹⁻¹³, a hypothesis that we extend to the modern era and test quantitatively. Using data from 1950 to 2004, we show that the probability of new civil conflicts arising throughout the tropics doubles during El Niño years relative to La Niña years. This result, which indicates that ENSO may have had a role in 21% of all civil conflicts since 1950, is the first demonstration that the stability of modern societies relates strongly to the global climate.

The idea that the global climate might influence the peacefulness of

define annual conflict risk (ACR) in a collection of countries to be the probability that a randomly selected country in the set experiences conflict onset in a given year. Importantly, this ACR measure removes trends due to the growing number of countries¹⁸ (Supplementary Fig. 1).

In an impossible but ideal experiment, we would observe two identical Earths, change the global climate of one and observe whether ACR in the two Earths diverged. In practice, we can approximate this experiment if the one Earth that we do observe randomly shifts back and forth between two different climate states. Such a quasi-experiment is ongoing and is characterized by rapid shifts in the global climate between La Niña and El Niño.

To identify a relation between the global climate and ACR, we compare societies with themselves when they are exposed to different states of the global climate¹⁹. Heuristically, a society observed during a La Niña is the 'control' for that same society observed during an El Niño 'treatment'. We sharpen this comparison by separating the world into two groups of countries: those whose climate is strongly coupled to ENSO and those weakly affected by ENSO. If climate influences

エルニーニョ現象と社会・経済

1997/98年には、直接的な損失だけで300億ドルを超える

地域	直接的被害(百万\$)	死亡者数(人)	罹病者(人)	被害者(人)	避難者(人)	被害地域(a)
アフリカ	118	13,325	107,301	8,900,000	1,357,500	476,838
アジア	3,800	5,648	124,647	41,246,053	2,544,900	3,861,753
アジア太平洋	5,333	1,316	52,209	66,810,105	143,984	7,031,199
北米	6,647	559	未調査	41,100	410,000	30,787,900
中南米	18068	858	256,965	864,856	363,500	14,102,690
合計	34,349	24,120	533,237	110,997,518	6,258,000	56,687,632

■パナマ運河にエルニーニョ現象

喫水線制限の強化続く 荷積み削減、コスト上昇



水量が豊かときのパナマ運河。現在はエルニーニョ現象のため水量が不足気味で、3月からの喫水制限は海運業界に波紋を広げた

世界気象機関(WMO)による

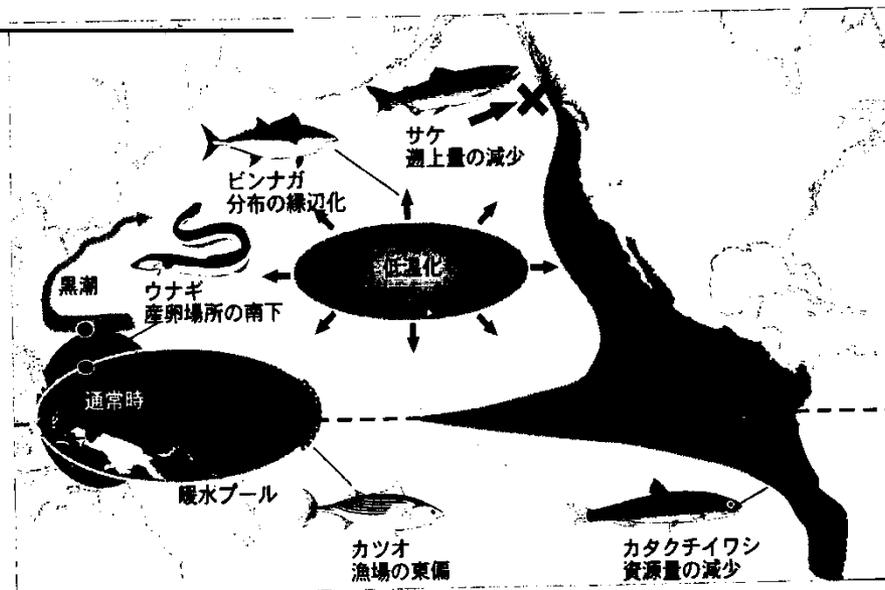
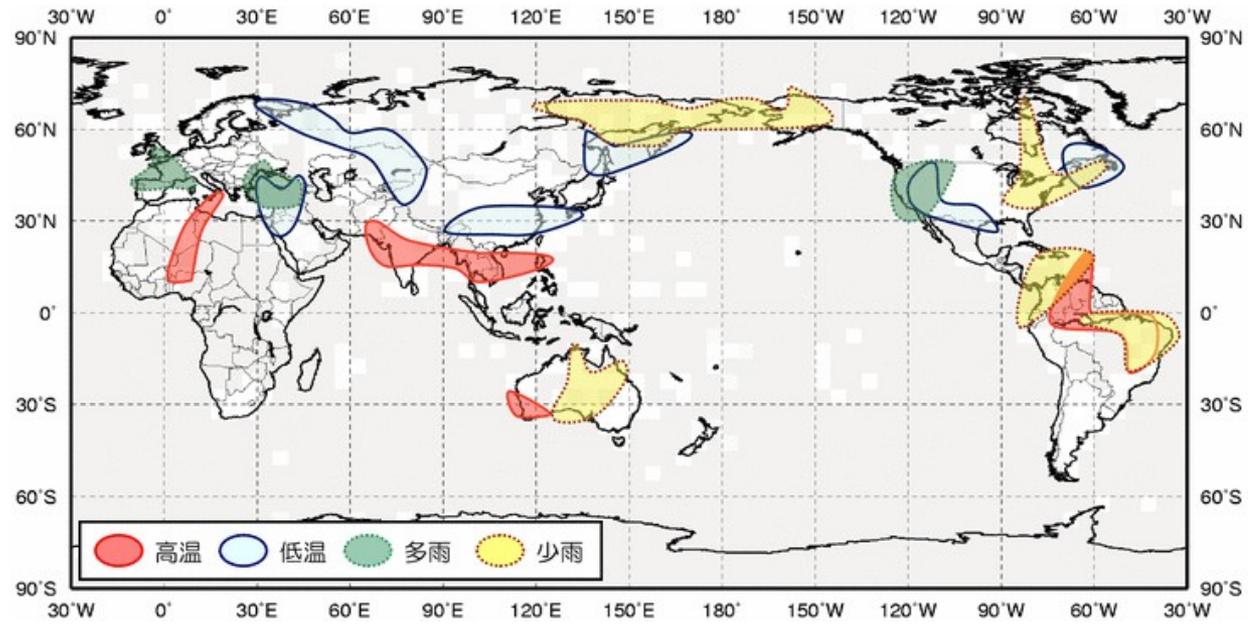
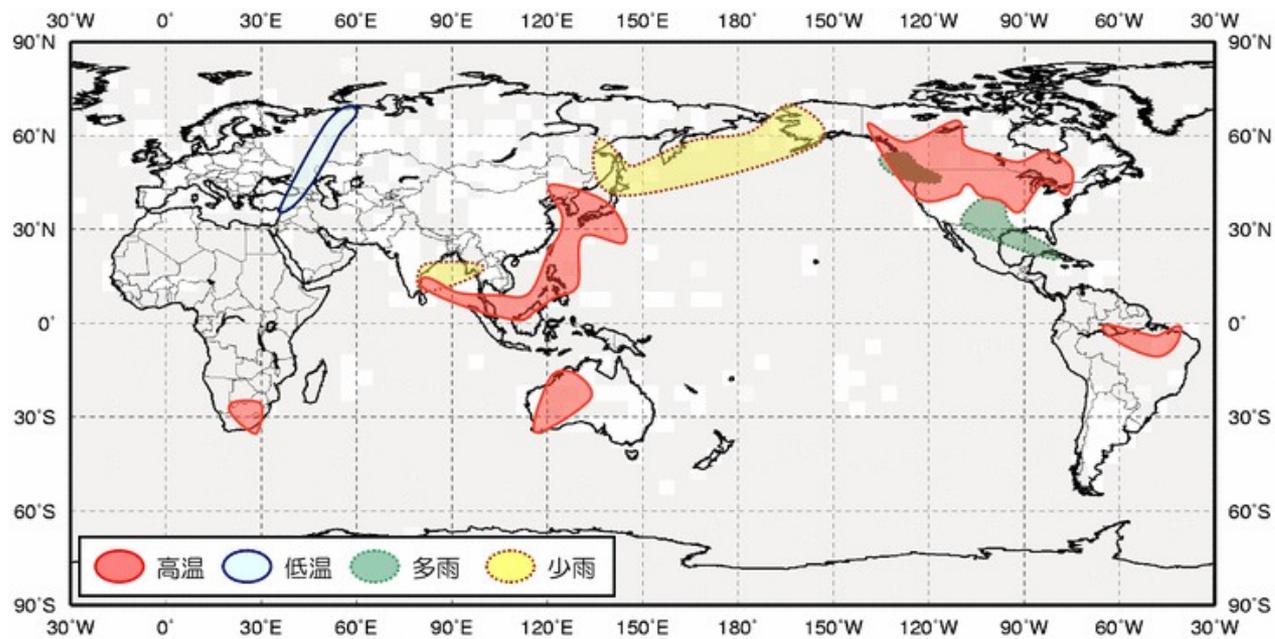


図4・8 エル・ニーニョによる魚類への影響



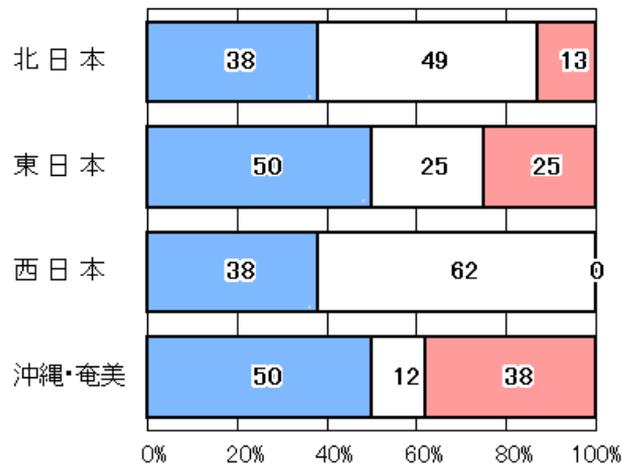
夏



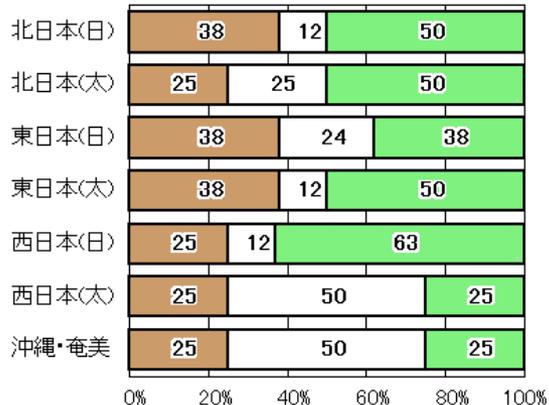
冬

エルニーニョ発生年

平均気温 <夏> 低い 平年並 高い

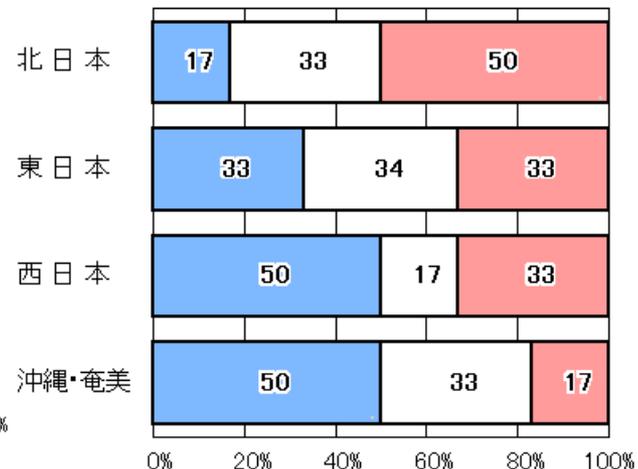


降水量 <夏> 少ない 平年並 多い

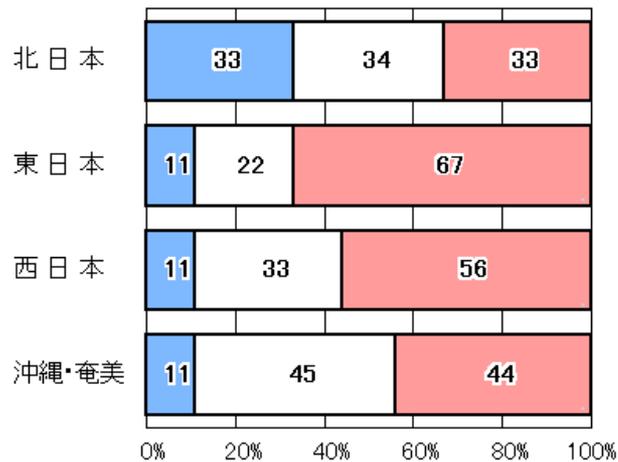


ラニーニャ発生年

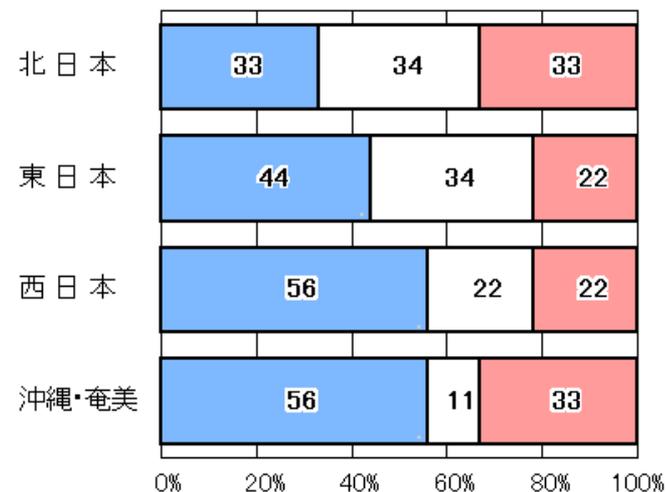
平均気温 <夏> 低い 平年並 高い



平均気温 <冬> 低い 平年並 高い



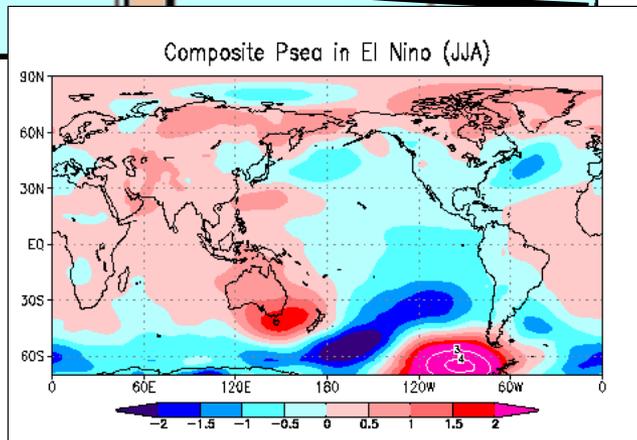
平均気温 <冬> 低い 平年並 高い



エルニーニョ現象時の 大規模な大気の流れの特徴(夏)

太平洋高気圧は西に張り出すことが多い。

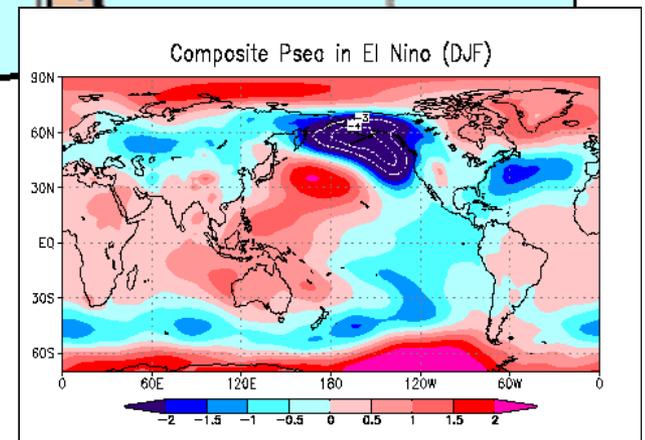
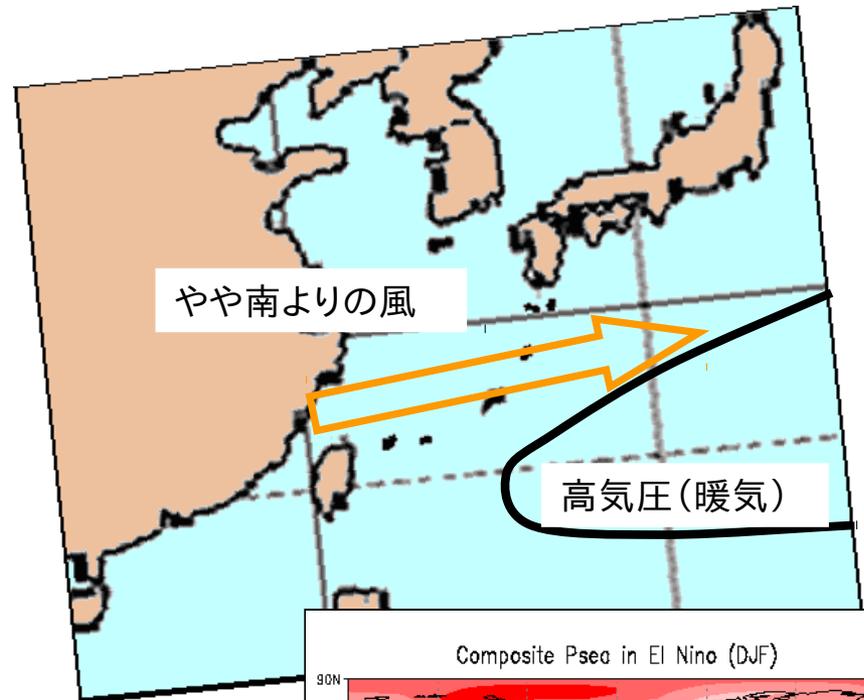
一方、北へは張り出しにくく、本土は低気圧の影響を受けやすい。



エルニーニョ現象時の 大規模な大気の流れの特徴(冬)

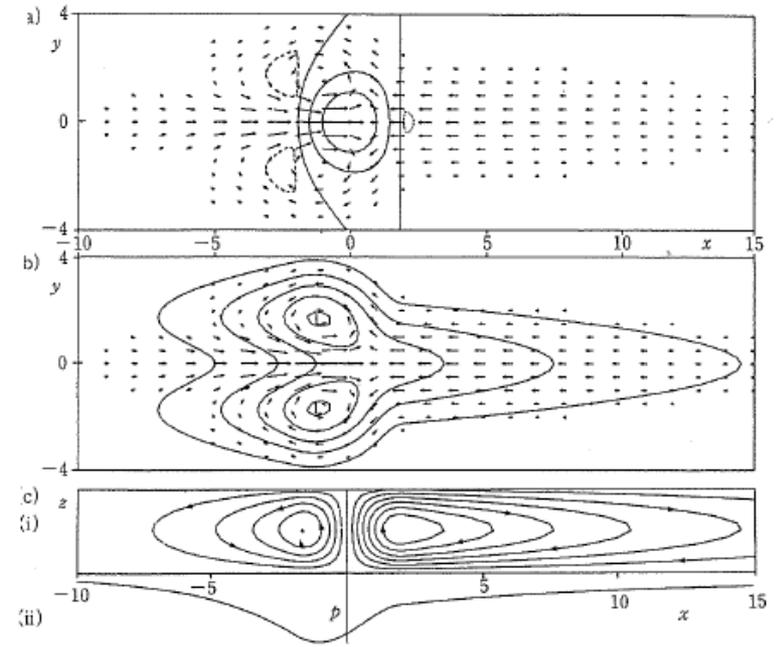
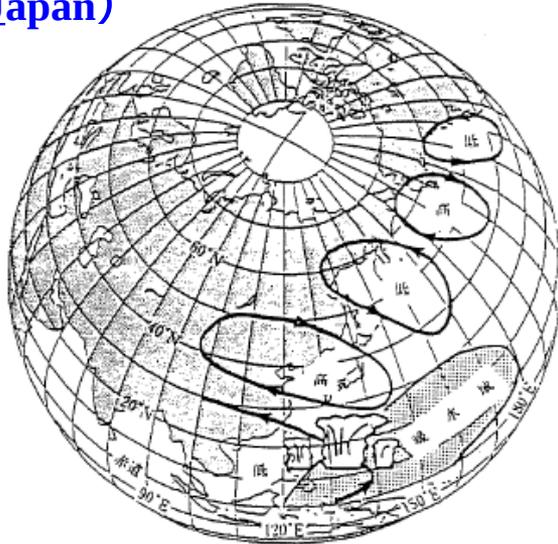
暖気の影響を受ける傾向

低気圧の活動の影響を受ける傾向

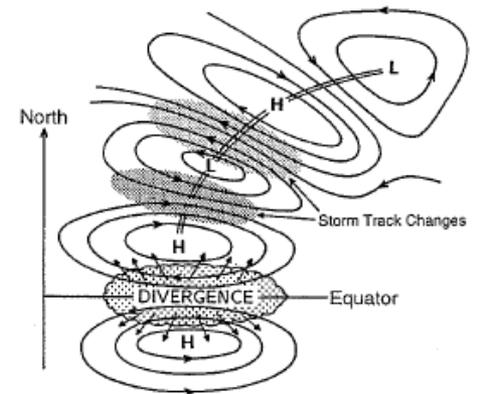
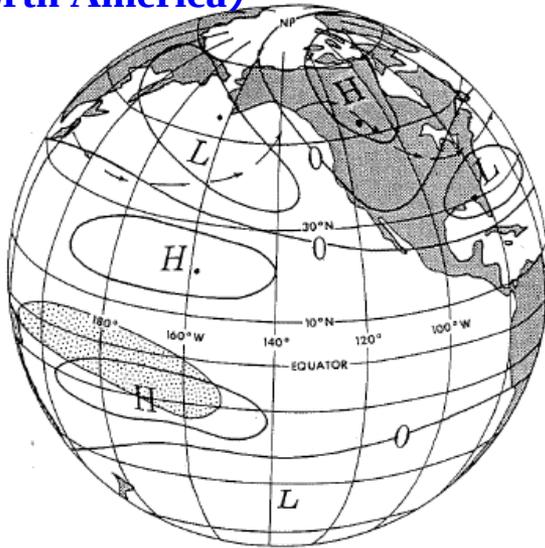


テレコネクション

PJ (Pacific-Japan)

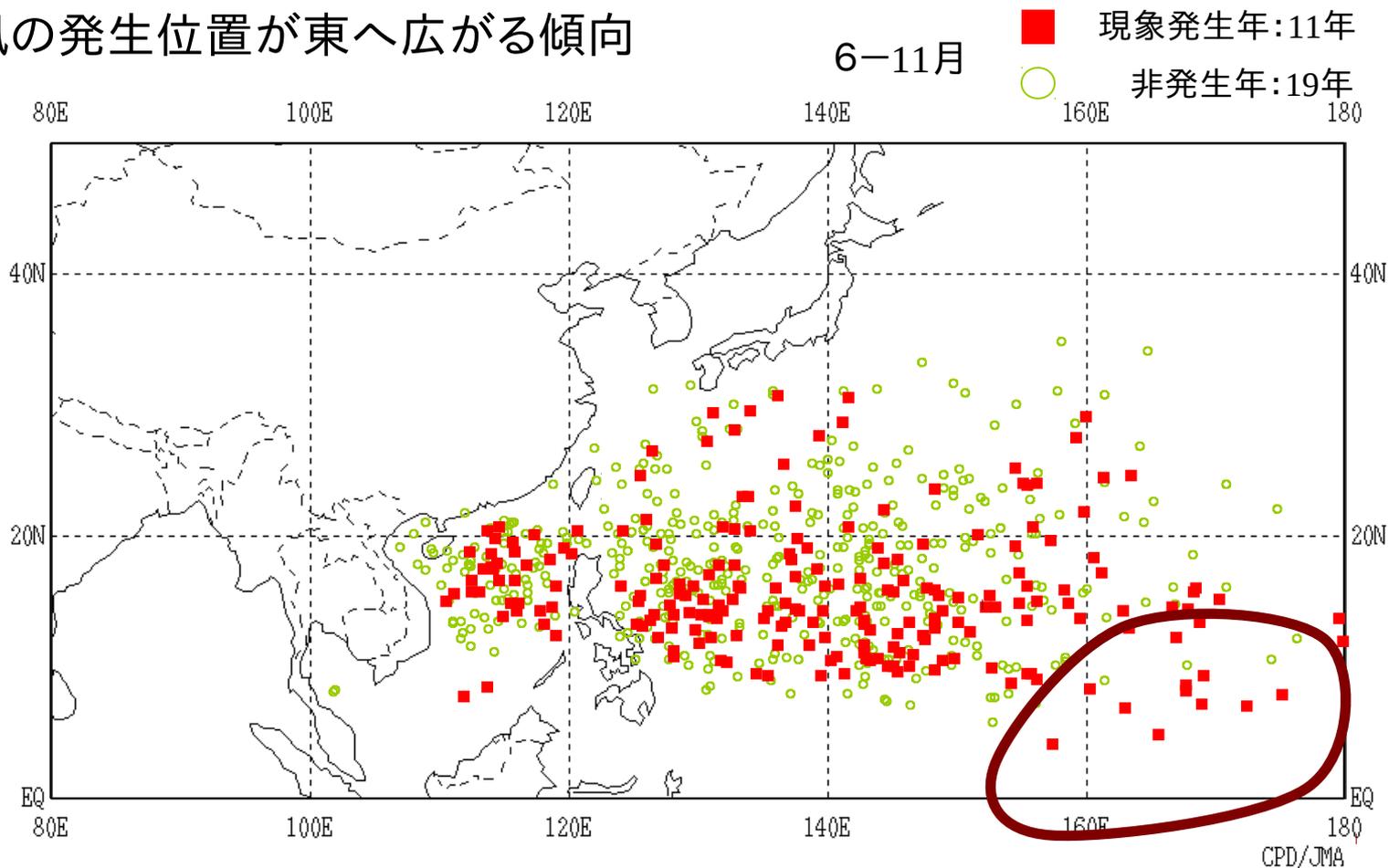


PNA (Pacific-North America)



エルニーニョ現象と台風

(1) 台風の発生位置が東へ広がる傾向



(2) 台風の発生数は少ない傾向

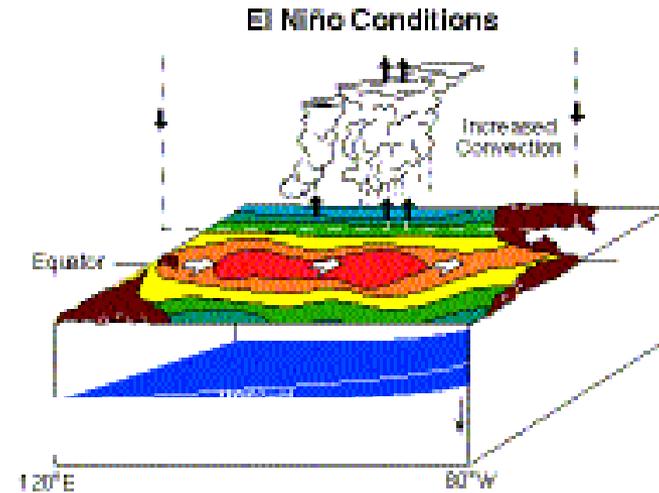
(3) 台風の経路、接近数については関連が小さいと見られている

- エルニーニョの強さや頻度に温暖化の影響は？
- 天気予報が必ずしもあたらないのにエルニーニョが予測できるのか？
- 大西洋にENSOはないのか？
- 規模が違うのは何故か？
- 昔もエルニーニョはあったのか？
- 有意な予測可能性のリードタイムは？

Operational El Niño / Southern Oscillation (ENSO) Observing System

Facts about ENSO:

- Originates in the tropical Pacific
- Has a periodicity of 2-7 years
- Affects the global atmospheric circulation
- During the warm phase of ENSO, called "El Niño", sea surface temperatures warm, trade winds collapse and precipitation patterns shift
- During the cold phase of ENSO, referred to as "La Niña", sea s cool and trade winds strengthen



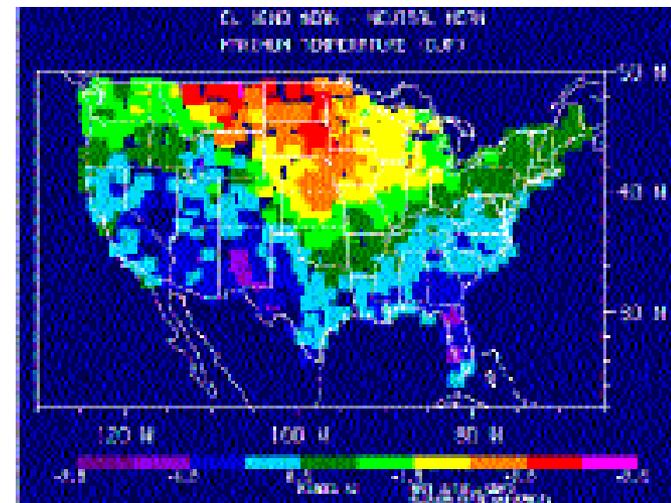
ENSO Effects on the United States:

El Niño

- Warmer winters across the northern US
- Gulf states cooler and wetter
- California can be wetter or drier
- Pacific salmon and other fisheries disrupted
- Fewer hurricanes in the Atlantic

La Niña

- La Niña has equally dramatic, often opposite effects on the US

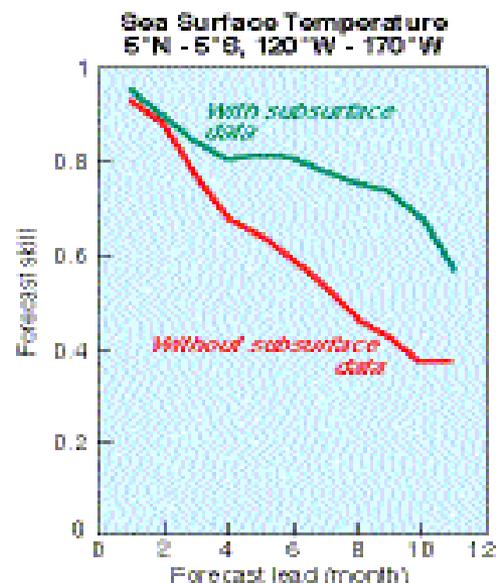


ENSO is Predictable:

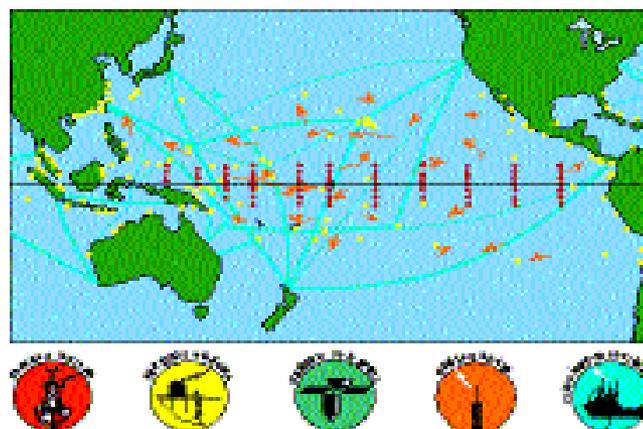
- Computer models show skill in forecasting tropical Pacific Ocean temperatures one to two years in advance
- ENSO forecasts improve the accuracy of seasonal and longer forecasts over the US
- Potential for billions of dollars in benefits to the US economy in:
 - Agriculture
 - Energy generation
 - Water resources
 - Forestry
 - Fisheries
 - Transportation
 - Commerce
 - Public health

What is needed?

- Long term operational support for Pacific Ocean observations that are the foundation of skillful ENSO forecasts:
 - Moored buoys
 - Drifting buoys
 - Volunteer ship temperature probes
 - Sea level measurements
- Total cost of these ocean observations is \$4.9 million per year



ENSO Observing System



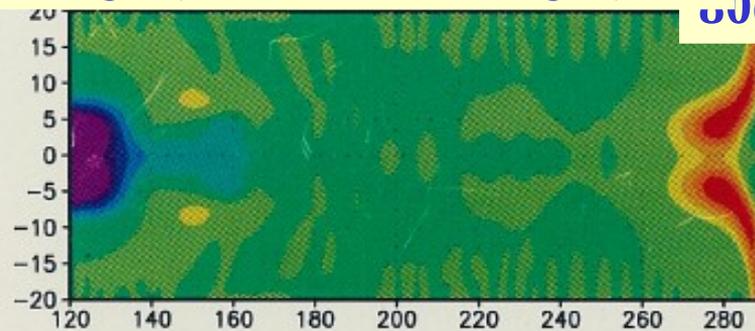
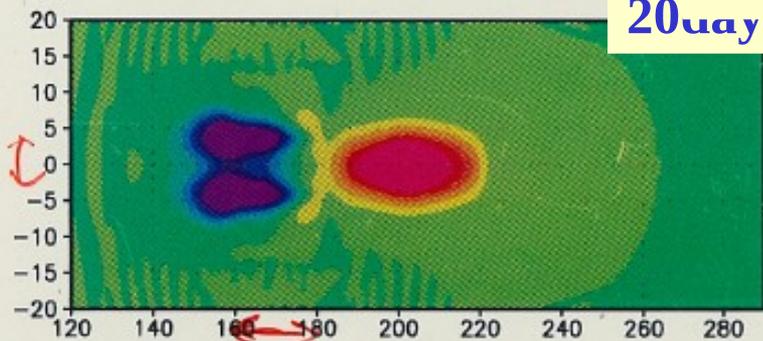
熱帯海洋の応答の様子 (赤道ケルビン波・赤道ロスビー波)

τ_x
($t=0 \sim 20$ 日)

Westerly (T=0~20days)

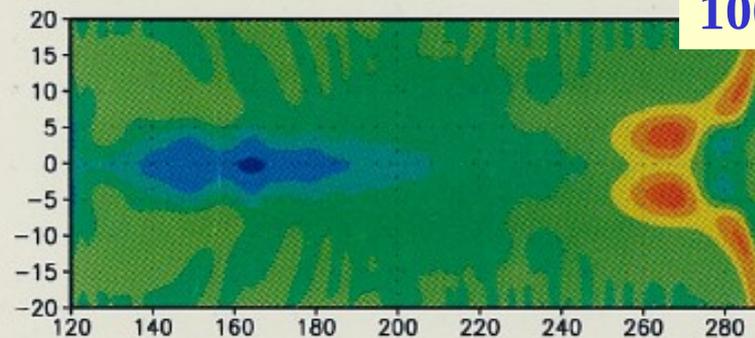
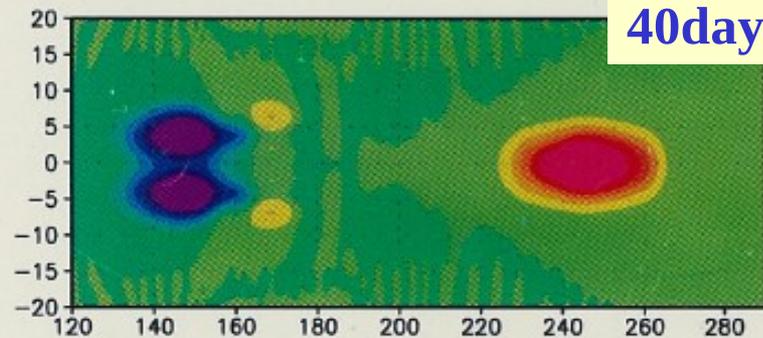
20days

30days



40days

100days



60days

120days

