

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo University of Marine Science and Technology (東京海洋大学)

## 北太平洋夏季海面水温経年変動の研究

著者	松尾 典幸, 岩坂 直人
雑誌名	東京海洋大学研究報告
巻	2
ページ	9-18
発行年	2006-03-31
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00000178/">http://id.nii.ac.jp/1342/00000178/</a>

# 北太平洋夏季海面水温経年変動の研究

松尾典幸・岩坂直人

(Received October 6, 2006)

## Study on interannual variations of summer sea surface temperature anomaly in the North Pacific Ocean

Noriyuki Matsuo and Naoto Iwasaka

**Abstract:** Dominant interannual variations of summer sea surface temperature (SST) anomaly in the North Pacific are depicted by using an empirical orthogonal function analysis for the period from 1960 through 1995. The leading mode of the empirical orthogonal function (EOF) of the summer SST has mono-pole pattern with large amplitudes in the zone between 35 N and 45 N, 150 E and 150 W. Entire region of the analysis domain shows same polarity in the leading mode. Time coefficient of the leading EOF shows decadal variation; positive extreme values are found in 1960's and 1990's while negative ones are seen from 1975 through late 1980's. In the latter period the negative extremes of the time coefficients are found during El Nino event periods but in the former periods positive extremes did not always happened during La Nina or El Nino periods. We also examined relationships between the leading EOF of the summer SST and other meteorological variables and surface heat and energy fluxes based on composite analysis.

**Keywords:** the North Pacific Ocean, summer sea surface temperature (SST) anomaly, empirical orthogonal function (EOF) analysis, El Nino event

### 1. はじめに

海面水温は大気および海洋双方に対する熱的境界条件として、大気と海洋の熱的構造のみならず双方の循環場も規定し、大気海洋結合系の変動を知る上で重要な量である。海面水温に関しては過去 150 年以上にわたる船舶観測資料の蓄積、および 1980 年代初頭から実用的になった人工衛星による海面水温観測により豊富で長期にわたる資料がある。そのため様々な観点から幅広く研究されている。北太平洋海面水温の大規模で比較的長時間スケールの長い研究に限ってみても、Namias らの研究に始まり<sup>1)</sup>、北太平洋の海面水温変動には卓越した構造があり<sup>2), 3)</sup>、それが大気の変動と関係している<sup>4), 5), 6)</sup>ことが分かっている。当初は、海面水温変動を長期予報の予報因子として扱っての研究が続いていたが、少なくとも数ヶ月程度の時間スケールをもつ現象については主に大気の強制によって水温偏差の構造が出来る事が示された<sup>4), 5), 6)</sup>。

他方、1980 年代以降急速に発展したエルニーニョ現象の研究から、熱帯太平洋の海面水温変動と大気変動は相互に影響を及ぼしあっていること<sup>7)</sup>、また熱帯太平洋の海洋変動が中高緯度大気へ影響を及ぼしていることが示され

た<sup>4), 8), 9)</sup>。中高緯度の海面水温変動についてその後研究が進み<sup>10)</sup>、寒候期の水温偏差の構造が長周期変動の偏差構造を支配していることが明らかになった。またその偏差構造も大気の偏差構造と対応していることが分かった。そのような長周期変動は周期帯によって異なる様相を示すが、いわゆる decadal 変動のような周期の長い現象の中には気候ジャンプ、すなわちある状態から別の状態へ短期間に急速に遷移する現象 (レジームシフト) として理解されるものもある<sup>11)</sup>。

ところで、長期の海面水温変動において卓越する構造は寒候期に形成される深い混合層の分布構造を反映<sup>10)</sup>し、他方夏季の海面水温は表層に発達する薄い夏季混合層を反映するために海洋内部構造を十分表していないと見なす考え方があり<sup>12), 13)</sup>、夏季海面水温に関しては冬季、あるいは年平均などの変動に比べて十分な関心を集めていないのが現状である。わずかに Zhang *et al.*<sup>14)</sup>、Norris *et al.*<sup>15)</sup>などの研究があるだけである。しかし夏季海面水温は、亜寒帯における晩春から盛夏にかけての海霧や低層雲の発達と密接に関連していると考えられており<sup>15)</sup>、大気海洋結合系の変動を考える上で決して無視出来るものではない。

そこで、本研究では夏季海面水温変動のうち年々変動に焦点を当て、卓越する変動パターンを抽出し、その変動の

\* Department of Maritime Systems Engineering, Faculty of Marine Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology 2-1-6 Etchujima, Koto-ku, Tokyo 135-8533, Japan

特徴を明らかにすると共に、海面エネルギーフラックスや各種海上気象要素との関係を明らかにすることを目的に研究を行った。

## 2. データ

海面水温および海上気象要素、海面エネルギーフラックスは Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (COADS<sup>16)</sup> の個別観測値に基づいて Iwasaka and Hanawa<sup>17)</sup> に準じて作成したものである<sup>18)</sup>。格子は 2 度×2 度、旬平均であるが、ここでは旬平均から格子点毎に月平均値に直して使用する。

海面水温、気温、全雲量、低層雲量、ベクトル平均及びスカラー平均風速、気圧、潜熱、顕熱、長波、短波を解析に用いる。解析対象範囲は北緯 20 度から 60 度、東経 100 度から西経 80 度までの北太平洋、期間は 1960 年から 1995 年までである。

各格子点について、1 か月分または連続して 2 か月分値が欠ける場合、時間方向に線形内挿で補間した。ただし、1950 年 1 月および 1995 年 12 月に値が無かった場合のみ経度方向の線形内挿法によって補間をした。3 か月分以上連続して欠ける場合は補間は行わず欠けたままとした。

本研究では夏季を 7 月から 9 月までの 3 ヶ月間と定義した。この期間としたのは、研究対象海域の海面水温が平均で最も高くなる時期に相当するからである。

海面水温及び各気象要素、フラックス要素は、各格子点で期間全体の平均値を月毎に求め、この研究における気候値とした。各格子点でそれぞれの年月の値と気候値との差を求めて、偏差場を作成し、年々変動を解析するためにこれを用いた。

## 3. 結果

### 3.1 夏季平均場の分布

まず、1960 年から 1995 年までの北太平洋における平均的な夏季海面水温分布について見てみる (Fig.1 a)。亜寒帯循環系の水温は高く、特に西部では摂氏 27~28 度以上を示す高温域が北緯 30 度近くまで広がっている。それに対して千島、アリューシャン列島付近、オホーツク、ベーリング海などは 7~8 度程度の水温の海域が見られる。水温フロントは北緯 38 度~42 度付近に認められる。水温の標

準偏差は Fig.1 b に示す。東シナ海、日本海、オホーツク海など西部の縁辺海に大きな値が認められるが、北太平洋では北緯 30 度~45 度の中緯度帯で水温フロントを中心とした海域に東西に大きな値が広がっている。ただし西経 140 度以東は値が東に向かって値は小さくなっている。

### 3.2 年々変動場の主成分解析結果

夏季海面水温年々変動場の卓越する変動を抽出するために、海面水温偏差場に対する主成分解析を行った。解析は補間した月も含めて連続した時系列をえられた格子点を対象に、分散共分散行列に基づいて行った。

各主成分の寄与率は第 1 主成分から第 5 主成分までがそれぞれ 14.0%、9.8%、7.3%、4.8%、3.6%となった。これらは Overland and Preisendorfer<sup>19)</sup>の方法による誤差評価では、5%の危険率で有意と見なせるが、North *et al.*<sup>20)</sup>の方法によってそれぞれの主成分の推定誤差を求めたところ第 1 主成分以外は互いに固有値の値が近く相互に十分分離出来ていない可能性があった。そのため本研究では夏季海面水温年々変動場の卓越する変動構造として第 1 主成分だけを取り上げて議論する。

第 1 主成分の空間構造と時間変動を Fig.2 に示す。変動の中心は北緯 35 度から 45 度、東経 150 度から西経 150 度付近までで東西に広がっている。また全海域でほぼ同符号の構造となっていて、卓越する夏季海面水温年々変動は解析対象海域全体で変動し特に中緯度の水温フロント付近に大きな振幅を持つことが分かる。第 1 主成分時系列の特徴を見ると、偏差が極端に大きくなる時期 (標準偏差を超える時期) が数年毎に見られる。また全体として 1970 年代前半までは正偏差、75 年から 90 年頃までは負偏差、それ以降は再び正偏差になる傾向が認められる。1960 年代に正の極大、1970 年代後半は負の極大が目立つようになることは、これまでの研究で指摘されてきた 1970 年代半ばの decadal 変動<sup>10)</sup>またはレジームシフト<sup>11)</sup>に対応すると考えられる。この結果は Zhang *et al.*<sup>14)</sup>で示された SVD 解析結果の空間構造、時系列と極めて類似している。

冬季又は全季節を対象とした海面水温場の第 1 主成分<sup>2)</sup>と比較すると、構造的に類似している部分もあるが、それらの第 1 主成分に見られる東部での逆符号の変動成分は夏季海面水温第 1 主成分には見いだせない。Iwasaka *et al.*<sup>5)</sup> (以下 IHT) ではその第 2 主成分を夏季のモードであると見なしたが、IHT<sup>5)</sup>の第 2 主成分と比べて本研究の第 1

**Table.1** The years when the positive or negative extremes of the time coefficient of the leading EOF for each month are found. The years when the absolute value of the coefficient is larger than the standard deviation are chosen.

	Positive extreme year	No. of years	Negative extreme year	No. of years
July	62 63 67 71 94	5	76 82 83 86 87 88	6
August	61 62 63 67 94	5	76 82 83 85 87 93	6
September	61 62 94	3	71 76 82 87	4

主成分はピークの位置などが大きく異なっている。IHT<sup>9)</sup>の第2主成分が夏季の変動をある程度表現していることはIHT<sup>9)</sup>の解析から間違いはない。しかし本研究で夏季に限定した解析を行った結果得られた第2主成分の構造(図は示さない)とIHT<sup>9)</sup>の第2主成分が類似していることは、IHT<sup>9)</sup>の第2主成分は、北太平洋の夏季に最も卓越した変動構造ではなく、2番目に卓越するモードを抽出したと考えられる。

海面水温偏差時系列の decadal および ENSO の時間スケール変動を抽出して解析した Tanimoto *et al.*<sup>10)</sup> の主成分解析結果と比較すると、decadal スケールでの夏季海面水温偏差第1主成分 (Tanimoto *et al.*<sup>10)</sup> の Fig. 1 b) とは空間構造、時間変動とも類似しているが、彼らの ENSO スケールの結果とは大きく異なっている。

### 3.3 海面水温年々変動場と他の気象要素等との関係

#### (1) 各格子点での関係

夏季海面水温の変動は、夏季の薄い表層混合層過程を考えると放射フラックスが支配的ではないかとの議論がある<sup>15)</sup>。そこで格子点別に海面水温年々変動時系列と、雲量及び長波、短波放射フラックス年々変動との相関を求めた。即ちいずれも偏差時系列で相関係数を計算した。雲量との相関は、全雲量、低層雲量ともほぼ全海域で海面水温とは負の相関関係にある。特に相関が高いのは北緯30度から45度に挟まれる海域である。相関係数は高いところで0.6程度を取る(Fig.3)。即ち雲量が多いとき海面水温が低くなる傾向が見られると言うことである。これは Norris *et al.*<sup>15)</sup> の雲量と海面水温の SVD 解析結果と矛盾しない結果と言える。海面での正味長波放射との相関を求めると、ほとんどの海域で有意な結果は得られなかったが(図は示さない)、海面水温が高いとき正味で海洋から放出される長波放射量が増えると言う傾向にあり、海面水温偏差を抑制するフィードバックをかける傾向を示唆している。これは海面水温偏差と雲量とが負の相関を持つ海域でも認められるので、雲の長波放射に対する効果、即ち下向き長波放射を増やして海洋が放出する正味長波放射量を減らすという効果と矛盾しない。また短波放射との相関解析結果は正相関の海域が中緯度帯全体に広がっている(図は示さない)。ここで用いた短波放射フラックス推定値はバルク式を用いて雲量に基づいて推定されている。従ってこれは雲量との関係と逆符号でほぼ同等になるべきであるので当然の結果ではある。

また参考までに潜熱及び顕熱と海面水温との相関も調べたが、中緯度帯西部で無相関の海域が認められ、他は正相関だったものの統計的には有意とは言えない結果であった(図は示さない)。

#### (2) 夏季海面水温第1主成分と各気象要素との関係

3.2で求めた夏季海面水温第1主成分と各格子点の各気象要素等との関係を相関解析で調べた。その結果、雲量に

ついては対象海域全体に負の相関が認められたものの相関係数は大きくても -0.4 程度であり、また空間構造は組織化されていなかった。その他の要素では、水温と類似の変化をすると期待される気温については第1主成分の空間構造に類似した構造を持つ組織化された正相関領域が現れたもののそれ以外の要素では雲量と同様に相関は高くなく、空間構造も組織化されているとは言えなかった。

上記解析では明瞭な空間構造が得られなかったことから、第1主成分時系列の示す変動と他の気象要素などとの関係が線形ではない可能性が考えられる。そこで、第1主成分時系列で卓越する正又は負の値を取る時期を選び、合成図解析を行い、第1主成分が正と負のそれぞれの時期に各気象要素等がどのような状態にあるかを調べた。対象は第1主成分時系列の標準偏差を超える値を取った月で Table 1 に示す。時系列が正偏差と負偏差を示す場合のそれぞれについて夏季平均の水温偏差、および雲量、気圧、風ベクトルそれぞれの偏差合成図を Fig.4 に示す。海面水温偏差は、正偏差時の中心は180度付近にあるのに対して負偏差時の中心は東経170度付近にある(Figs.4 a and 4 b)。対応する時期の雲量は、海面水温偏差の中心部よりやや南西側に偏差の中心が認められるが、海面水温正偏差の場合、構造はあまり組織化されていない。それに対して海面水温負偏差の時は、雲量の多い場所が日本南岸から北太平洋中央部、更に東部まで北緯30度~40度付近を東西に延びている(Figs.4 c and 4 d)。気圧場では海面水温正偏差期には北太平洋北部中央で気圧の正偏差、負偏差期には同様に同海域で気圧の負偏差となっている。また特に海面水温負偏差の時オホーツク海付近に気圧場の正偏差が顕著に認められる(Figs.4 e and 4 f)。風ベクトル偏差の合成図を見ると、気圧場偏差と地衡風の関係が認められ、海面水温偏差の中心付近から西では水温正偏差の時は南東ないし南の風偏差が現れ、水温負偏差の時は北ないし北東の風偏差が顕著である。水温偏差中心より東では、逆の傾向がある。ただし海面水温正偏差期、風偏差ベクトルは北太平洋中央北部で高気圧性循環偏差、アラスカ湾付近で低気圧性循環偏差を明瞭に示すが、海面水温負偏差期は風偏差ベクトルの組織的構造は認めがたい(Figs.4 g and 4 h)。

#### (3) 卓越する海面水温偏差場とエルニーニョの関係

第1主成分時系列には decadal 変動が認められることは先に述べたが、年々変動についても興味深い特徴がある。Fig.5 に再び第1主成分時系列を示す。それと共にエルニーニョ期間をあわせて示してある<sup>21)</sup>。この図から明らかに、1970年代後半から90年代にかけて負偏差の大きい時期がエルニーニョ期間に良く対応していること、逆に1970年代前半以前は、対応関係が悪いこと、その時期には正偏差が卓越することが分かる。つまり中高緯度海面水温の夏季の変動にも冬季の場合と同様にエルニーニョとの関係が認められること、およびその関係は熱帯太平洋域の海面水温が高温となるレジームである1970年代後半から90年代に



は対応が良く、逆に低温となるレジームでは悪くなるというように、レジームによって異なることがわかる。特に1970年代後半に状況が大きく変化するところは、Nitta and Yamada<sup>22)</sup>をはじめとして多くの研究者が指摘している非常に顕著なレジームシフトあるいはジャンプの時期に当たっている。またYasunaka<sup>23)</sup>の研究でも夏季の合成図解析で北太平洋に有意な偏差が認められており、本研究結果と整合している。さらに、正偏差の卓越する1960年代は正偏差が必ずしもラニーニャ期に一致しているわけではなく、正偏差期と負偏差期では熱帯太平洋海面水温場との対応関係が対称ではない可能性が示唆される。

#### 4. 議 論

夏季海面水温偏差の変動は、相関解析の結果では海面での短波放射フラックス変動との関係が強いことが示されたが、冬季については主に熱フラックス、即ち潜熱と顕熱の和、の変動が海面水温変動と良い相関を示す<sup>24)</sup>事が分かっており、好対照である。しかし、夏季も冬季も卓越する海面水温変動の構造に対応するような放射あるいは熱フラックスの構造は見いだせず、組織的な海面水温変動をもたらす外的要因としては、これらのフラックスの変動は主要な役割は果たしていないことが示唆される。

卓越する海面水温変動の構造は、Zhang *et al.*<sup>14)</sup>が指摘するように、北太平洋中央部から西部にかけては冬季と夏季で類似しているが、東部では冬季と夏季では大きく異なる。これは、夏季だけを取り出して解析した本研究やZhang *et al.*<sup>14)</sup>などでは明確である。しかし、Tanimoto *et al.*<sup>10)</sup>ではENSOスケールとdecadalスケールの夏期海面水温偏差構造が大きく異なっていた。その理由は定量的には検討していないが、decadalスケールについては、本研究の第1主成分時系列でも夏季の変動にdecadalスケールが卓越しているためTanimoto *et al.*<sup>10)</sup>と良い対応をすることは予想できる。それに対して彼らのENSOスケールについては24か月から60か月の周期帯を取り出すバンドパスフィルターをかけた時系列に対する主成分解析結果であるが、本研究の第1主成分時系列で目立つ年々変動の卓越周期より若干周期が短いため、本研究で得られたような空間構造を持つ変動を除去してしまった可能性がある。実際、図は示さないが本研究の第2主成分は空間構造がTanimoto *et al.*<sup>10)</sup>のENSOスケール第1主成分と空間構造が類似しており、また時系列も2年から5年の周期帯に卓越する変動が認められるので、彼らのENSOスケール第1主成分は夏季海面水温では実際には最も卓越するモードではなかった可能性がある。

本研究の結果、夏季海面水温の卓越する変動が正偏差を示す時期と負偏差を示す時期がそれぞれ60年代・90年代、と70年代後半から80年代とに明瞭に分かれ、decadalな変動を示すことが分かったが、ENSOとの関係を見ると70年代後半から80年代は負偏差とエルニーニョの対応が

よいが正偏差とラニーニャの関係は不明瞭であった。冬季の場合、中高緯度は偏西風が卓越し、熱帯の大気場の変動が直接的に準定在波動として伝搬しうことは既に理論的、数値実験的に明らかにされているが<sup>9), 25)</sup>、夏季の場合は偏西風が弱まるために熱帯域との関係を冬季の場合と同様のメカニズムで理解出来ない。従って負偏差期のエルニーニョとの関係は、冬季とは別に考えなければならない。本研究では詳細には議論していないが、月別の合成図解析の結果を見ると、夏季として分類した7月と9月ではその様相が大きく異なる場合もあり、特に7月には梅雨前線やオホーツク海高気圧活動に対応すると思われる偏差場が気圧や雲量に現れている。これらを考慮すると、直前の春から初夏のモンスーン活動やユーラシア大陸上での積雪などとの関連も含めて、エルニーニョ発生初期段階から低緯度と中高緯度の変動の間には関連がある可能性もある。

熱帯域と中高緯度帯を結びつけるメカニズムは今のところ不明だが、通常は混合層で覆われ夏季には顕著ではなくなるはずの亜表層の温度偏差が、負偏差期にはエルニーニョに伴う擾乱によって表層に現れることで夏季にも出現すると考えらえる。その場合北太平洋東部に逆符号の偏差が現れないのは、北半球の太平洋から北アメリカにかけての領域でPNAパターンのような定在波動的な変動が夏季には生じないためであろう。

他方、正偏差期には負偏差期には想定される低緯度と中高緯度を結びつけるメカニズム自体が夏季には働かない可能性がある。その場合、正偏差のイベントが何に支配されているかは不明だが、熱帯域ではなく中高緯度での独自の年々変動を反映している可能性がある。

北太平洋全域に及び組織的な水温偏差を作り出す仕組みも、正偏差と負偏差期で分けて考える必要がありそうである。正偏差期は、北太平洋高気圧が北太平洋のほぼ全域を覆い、西部では特に南よりの風が強くなる。そのため西部から西経160度付近までの中緯度帯は全体として日射量の増加、南からの暖気移流などで正偏差を形成しやすい環境になる。他方海面水温負偏差期は、夏季を通じて日本付近から東へ伸びる前線帯の活動が衰えず、またオホーツク海高気圧が顕著に存在して日本付近から東経170度付近までは特に南風が弱く北太平洋高気圧は平年より東に偏ることがわかる。そのため負の水温偏差中心付近は北東の風偏差と平年より多い雲に覆われることで負偏差の形成がされやすい環境におかれる。

北太平洋高気圧変動を支配するメカニズム、および海面水温偏差形成メカニズムについては今後更にモデルでの実験なども含めて考察していく必要がある。これらのメカニズムが解明されれば、夏季の長期予報などにも寄与することになると期待される。

## 参考文献

- 1) Namias, J.: Recent seasonal interactions between North Pacific waters and the overlying atmospheric circulation. *J. Geophys. Res.*, 1959, 64, 631-646.
- 2) Davis, R. E.: Predictability of sea surface temperature and sea level pressure anomalies over the North Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 1976, 6, 249-266.
- 3) Weare, B. C., A. R. Navato and R. E. Newell: Empirical orthogonal function analysis of the Pacific Ocean surface temperatures. *J. Phys. Oceanogr.*, 1976, 6, 671-678.
- 4) Kwamura, R.: Relation between atmospheric circulation and dominant sea surface temperature anomaly patterns in the North Pacific during the Northern Hemisphere winter. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1984, 62, 910-916.
- 5) Iwasaka, N., K. Hanawa and Y. Toba: Analysis of SST anomalies in the North Pacific and their Relation to 500 mb Height Anomalies over the Northern Hemisphere during 1969-1979. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1987, 65, 103-114.
- 6) Lanzante, J. R.: A rotated eigenanalysis of the correlation between 700 mb heights and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic. *Mon. Wea. Rev.*, 1984, 112, 2270-2280.
- 7) Philander, S. G. H., T. Yamagata and R. C. Pacanowski: Unstable air-sea interactions in the tropics. *J. Atmos. Sci.*, 1984, 41, 604-613.
- 8) Bjerknes, J.: Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 1969, 97, 163-172.
- 9) Horel, J. D. and J. M. Wallace: Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, 109, 813-829.
- 10) Tanimoto, Y., N. Iwasaka and K. Hanawa: Relationships between sea surface temperature, the atmospheric circulation and air-sea fluxes on multiple time scales. *J. Meteorol. Soc. Japan*, 1997, 75, 831-849.
- 11) Yasunaka, S. and K. Hanawa: Regime shifts found in the Northern Hemisphere SST field. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2002, 80, 119-135.
- 12) Alexander, M. A., C. Deser and M. S. Timlin: The reemergence of SST anomalies in the North Pacific Ocean. *J. Climate*, 1999, 12, 2419-2433.
- 13) Sugimoto, S and K. Hanawa: Remote reemergence areas of winter sea surface temperature anomalies in the North Pacific. *Geophys. Res. Letter*, 2005, 32, L 01606, doi:10.1029/2004GL 021410
- 14) Zhang, Y., J. R. Norris and J. M. Wallace: Seasonality of large scale atmosphere-ocean interaction over the North Pacific. *J. Climate*, 1998, 11, 2473-2481.
- 15) Norris, J. R., Y. Zhang and J. M. Wallace : Role of low clouds in summertime atmosphere-ocean interactions over the North Pacific. *J. Climate*, 1998, 11, 2482-2490.
- 16) Woodruff, S. D., H. F. Diaz, J. D. Elms and S. J. Worley: COADS release 2 data and metadata enhancements for improvements of marine surface flux fields. *Phys. Chem. Earth*, 1997, 23, 517-526.
- 17) Iwasaka, N. and K. Hanawa: Climatologies of marine meteorological variables and surface fluxes in the North Pacific computed from COADS. *Tohoku Geophysical Journal*, 1990, 33, 185-239.
- 18) Tanimoto, Y., H. Nakamura, T. Kagimoto and S. Yamane: An active role of extratropical sea surface temperature anomalies in determining anomalous turbulent heat flux. *J. Geophys. Res.*, 2003, 108, C 10, 3304, doi:10.1029/2002JC 001750.
- 19) Overland, J. E. and R. W. Preisendorfer : A significance test for principal components applied to a cyclone climatology. *Mon. Wea. Rev.*, 1982, 110, 1-4
- 20) North, G. R., T. L. Bell and R. F. Cahalan: Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions. *Mon. Wea. Rev.*, 1982, 110, 699-706.
- 21) 気象庁: 地球温暖化監視レポート 1994
- 22) Nitta, T. and S. Yamada: Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation. *J. Meteorol. Soc. Japan*, 1989, 67, 375-383.
- 23) Yasunaka, S.: Regime shifts in global SSTs, pp 94, Doctoral Thesis, 2004, Tohoku University, Sendai, Japan.
- 24) Iwasaka, N. and J. M. Wallace: Large scale air sea interaction in the Northern Hemisphere from a view point of variations of surface heat flux by SVD analysis, 1995, *J. Meteorol. Soc. Japan*, 73, 781-794.
- 25) Hoskins, B. and D. J. Karoly: The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing. *J. Atmos. Sci.*, 1981, 38, 1179-1196.

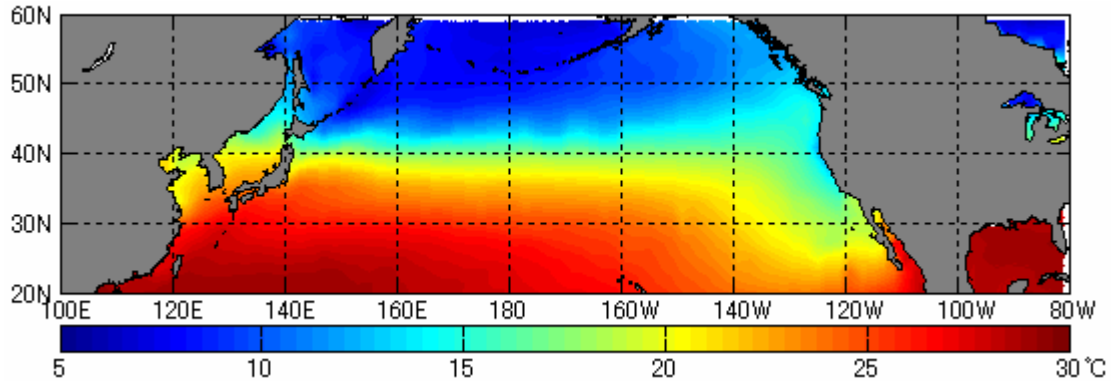


Fig.1 a Climatology of the summer sea surface temperature in the North Pacific. Color scale of the temperature is shown in the bottom of the figure.

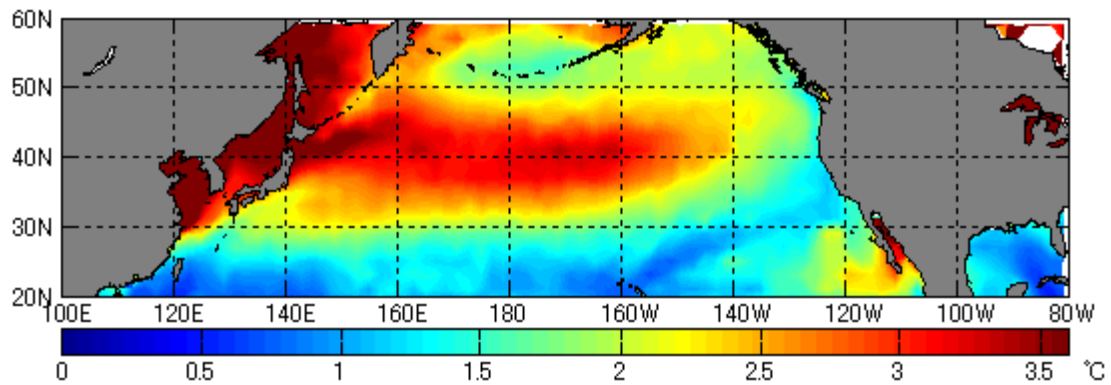


Fig.1 b Same as Fig. 1 a, except for distribution of the standard deviation.

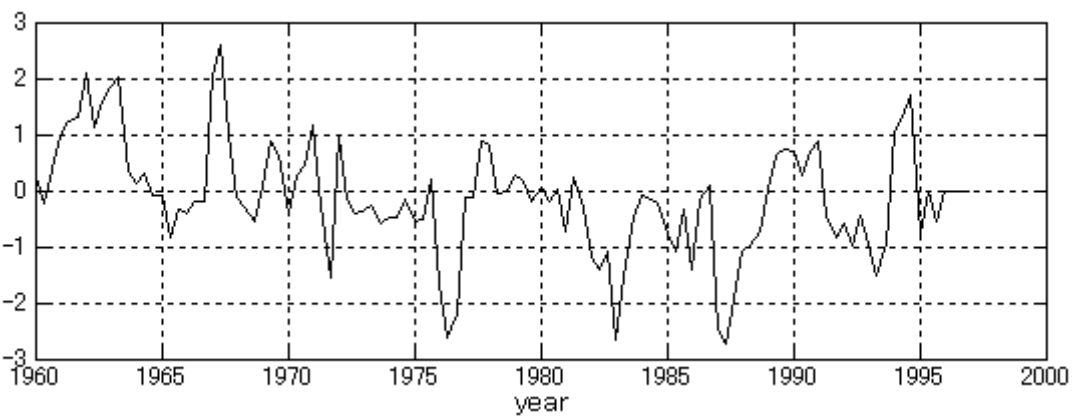
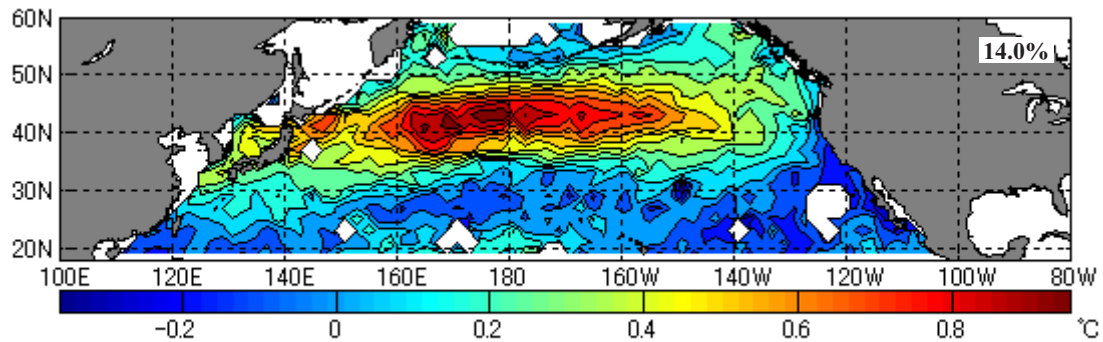


Fig. 2 Spatial structure (top) and normalized time coefficient (bottom) of the leading EOF of the summer SST anomaly in the North Pacific. The spatial pattern shows the regression of SST anomaly onto the time coefficient. Contour interval is 0.2 . The color scale is shown in bottom

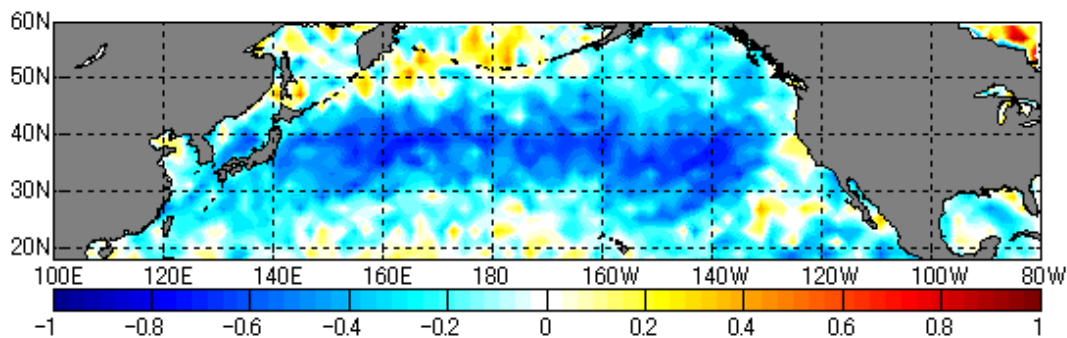


Fig. 3 Distribution of correlation coefficient between SST anomaly and low cloud amount anomaly in each grid.

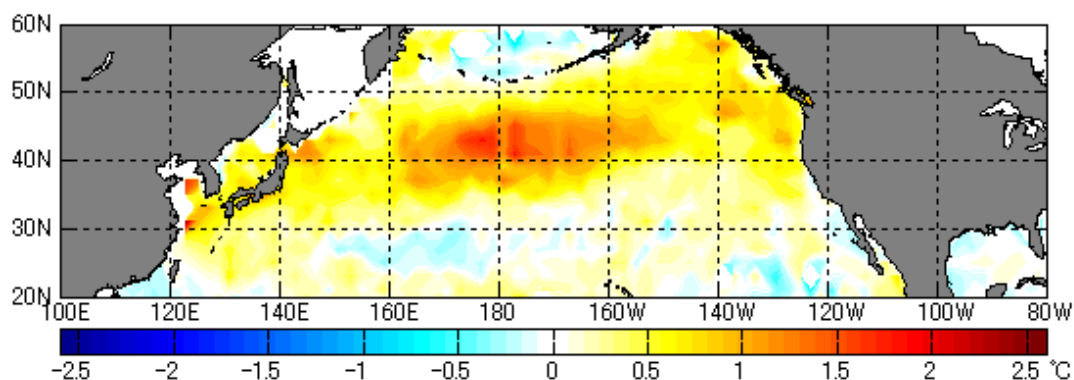


Fig. 4 a A composite map of the SST anomaly for positive extremes of the leading EOF.

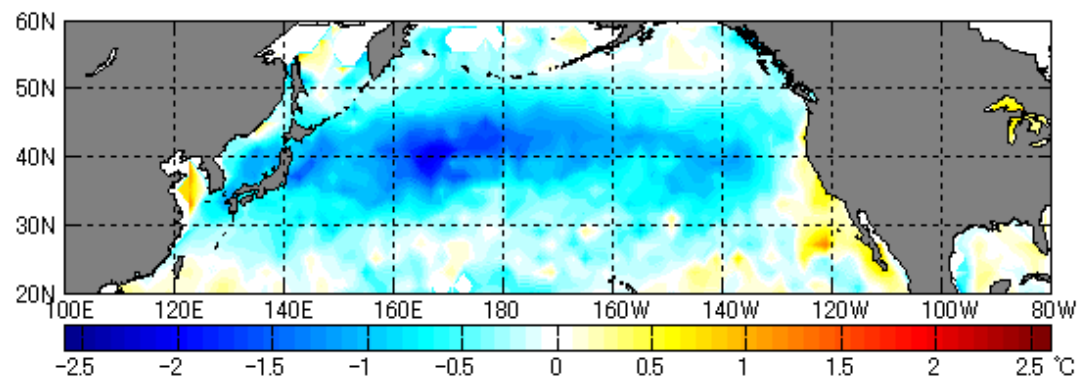


Fig. 4 b Same as Fig.4 a, except for the negative extremes.

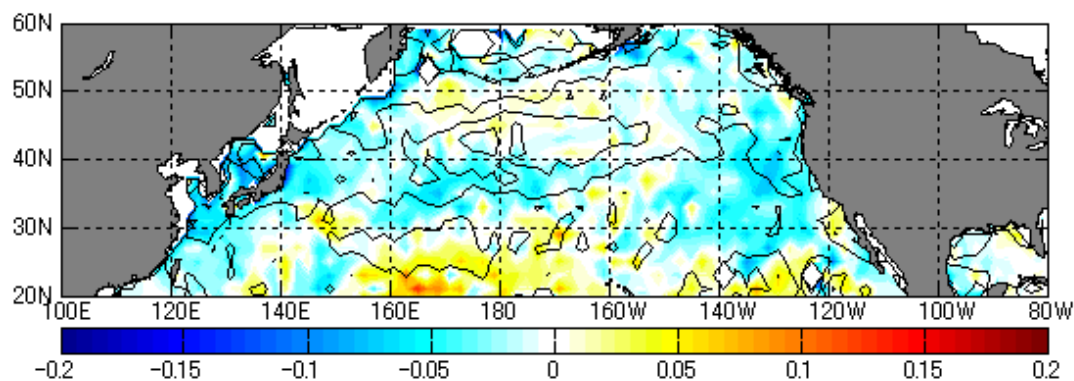


Fig.4 c A composite map of the low cloud amount for the positive extremes of the leading EOF of the SST anomaly (colors). The color scale is shown below. The composite map of the SST (Fig. 4 a) is drawn as contour lines on the map. Contour interval is 0.5 .



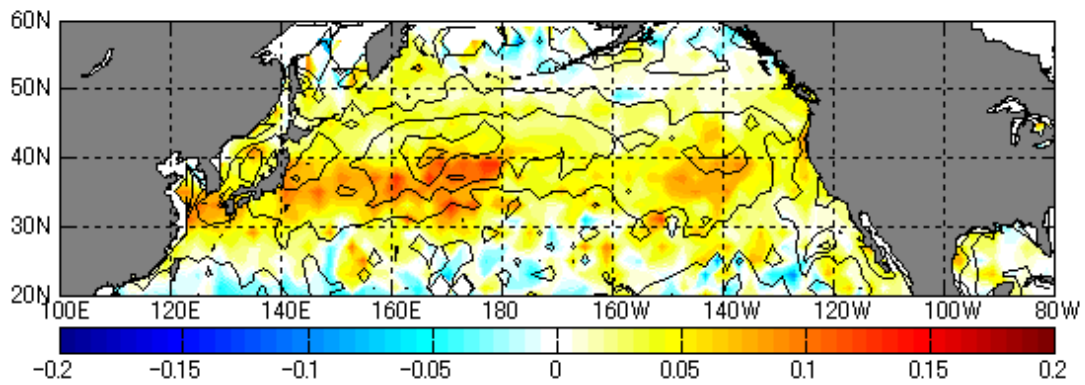


Fig. 4 d Same as Fig. 4 c, except for the negative extremes.

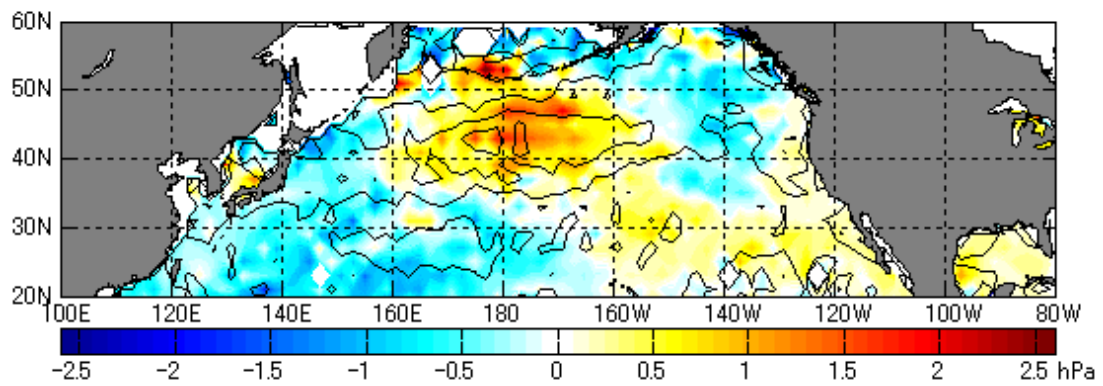


Fig. 4 e Same as Fig. 4 c, except for sea level pressure anomaly.

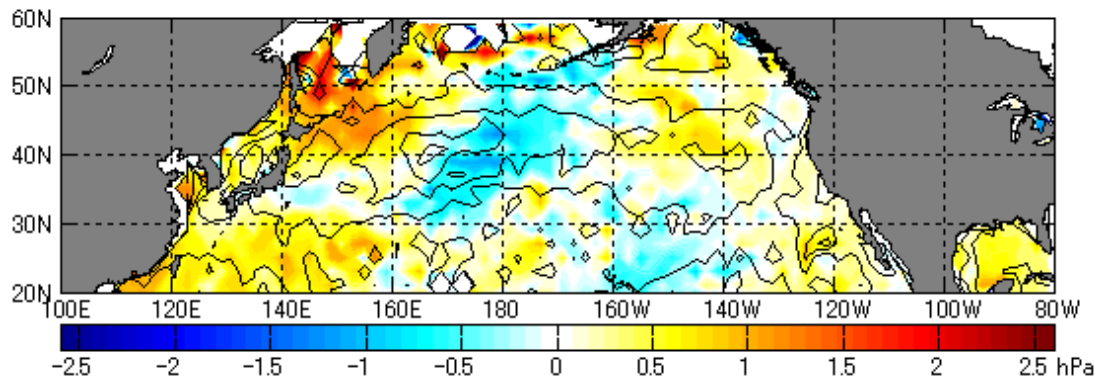


Fig. 4 f Same as Fig. 4 e, except for the negative extremes.

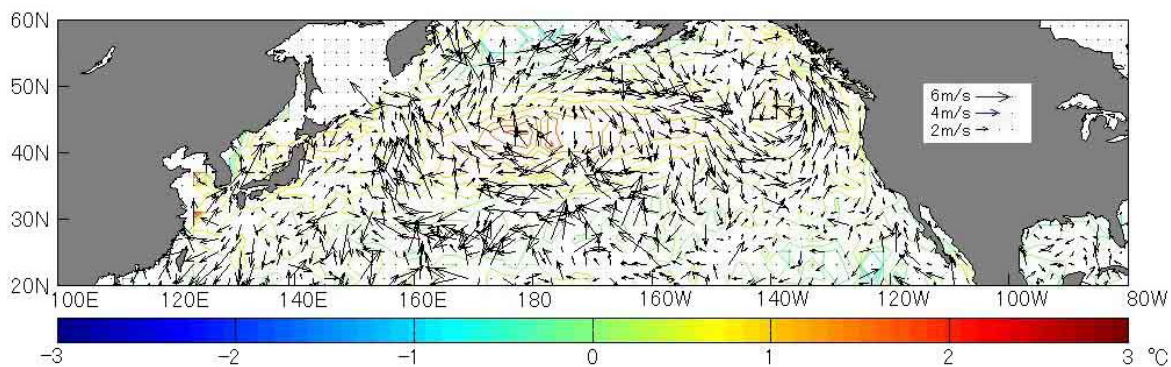


Fig. 4 g Composite wind anomaly vectors for the positive extremes of the leading EOF of the SST anomaly. The vector scales are shown on the right. The composite map of the SST (Fig. 4 a) is drawn as contour lines on the map. Contour interval is 0.5 .

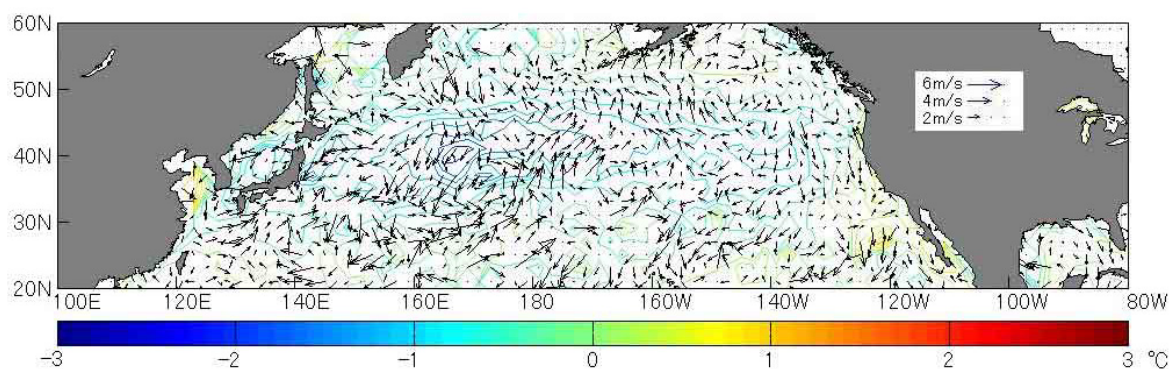


Fig. 4 h Same as Fig. 4 g, except for the negative extremes.

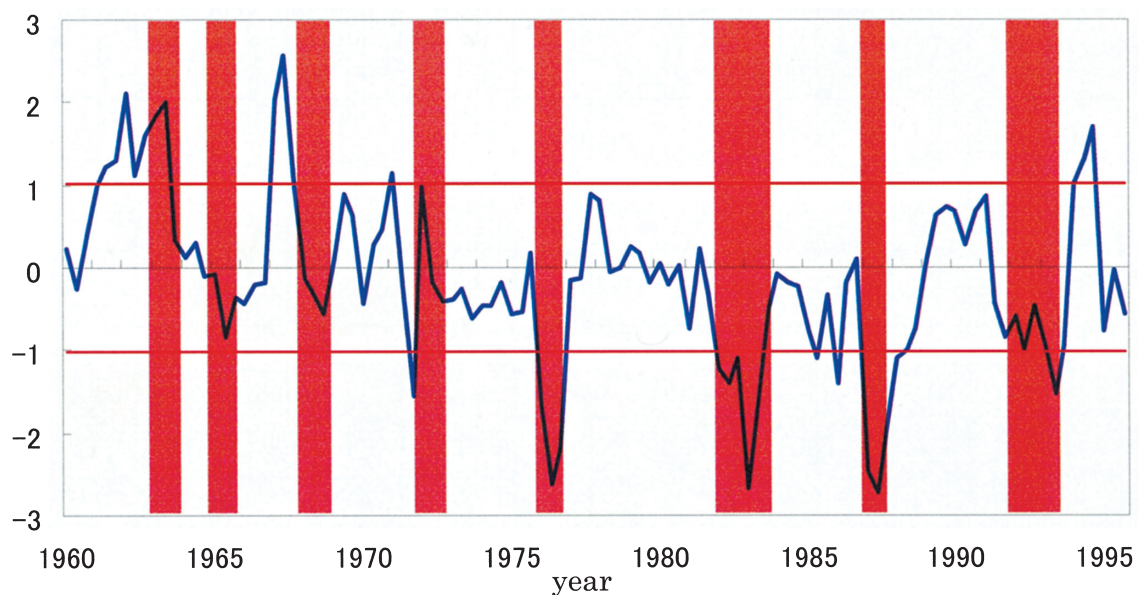


Fig. 5 The normalized time coefficient of the leading EOF of the summer SST, same as Fig. 2. The periods indicated by shading are identified as El Niño periods.

## 北太平洋夏季海面水温経年変動の研究

松尾典幸・岩坂直人

東京海洋大学海洋工学部海事システム工学科

北太平洋の夏季海面水温偏差の卓越する年々変動を主成分解析を用いて調べた。期間は1960年から1995年である。第1主成分は北緯35度から45度、東経150度から西経150度に大きな振幅を持つ単極型の構造で、解析対象全体が同じ符号をもって変動する。第1主成分の時系列は10~20年程度の長周期変動を示している。1960年代と1990年代は正の極大を示す年が多く、1975年頃から1980年代後半までは負の極大を示す年が多い。後者では負の極大が見られる年はエルニーニョ年に相当するが、前者では正の極大を示す時期が必ずしもラニーニャ年に当たっているわけではない。夏季海面水温の第1主成分と他の気象要素及び海面フラックスとの関係についても合成図解析に基づいて検討した。

**キーワード**：北太平洋，夏季海面水温偏差，主成分解析，エルニーニョ