熱帯太平洋の海面水温と 500 mb 高度場との関係

小泉耕**

要 旨

熱帯太平洋の4つの海域の海面水温の変動と500 mb 高度場との関係を35年間 (1951~1985) の資料を用いて合成図解析によって調べた。熱帯太平洋の中央部および東部で海面水温が高い年には,日本付近の500 mb 高度場は負偏差となるが,夏には特徴的な傾向がみられない. エルニーニョ年といわれている年との対応がよいのは熱帯太平洋東部 (NINO 3) が高温になった年である。しかしエルニーニョの時に日本付近に現れるとされている高度偏差は,むしろ熱帯太平洋の中央部 (NINO 4) が高温になったときに顕著である. エルニーニョの時の日本付近の高度場は NINO 4 の変動と密接な関係にあると思われる. 熱帯太平洋西部 (NINO WEST) の海面水温が高い年の冬の日本付近の 500 mb 高度場は負偏差となるが,その他の場合は統計的に有意な特徴はみられなかった.

1. はじめに

Bjerknes (1966, 1969) が指摘して以来, 熱帯太平洋 の海面水温と大気の循環場との関係が調べられてきてい る. 最近になって, Wallace・Gutzler (1981) は, 冬の 500 mb 高度場には5つのテレコネクションパターン が 存在することを明らかにした. Horel・Wallace (1981) は東部赤道太平洋の海面水温の 偏 差と Pacific/North American (PNA) パターンとの関係について調べた. Kawamura (1984) は, 北太平洋の海面水温偏差分布を 主成分分析し, エルニーニョ現象のときの海面水温分布 を主す第1主成分は PNA パターンと関係があり, 15~ 40° Nの海面水温における東西のシーソーを表す第2主 成分は Western Pacific (WP) パターンと 関係してい ることを示した.

エルニーニョ年現象に伴う海面水温の偏差分布は,個 々のイベントによって異なる(例えば Fu, et al., 1986). これまでの研究では,エルニーニョ現象に伴って観測さ

** Ko Koizumi, 気象庁長期予報課. ——1988年10月5日受領—— ——1989年2月9日受理—— れるいくつかの特徴的な大気の循環場が、どの海域の海 面水温の偏差と関係しているかを明らかにしたものはな い.本文では、熱帯太平洋の四つの海域において、それ ぞれの海面水温が高いときと低いときの大気循環場の特 徴について調べた結果を報告する.

2. データ

海面水温と 500 mb 高度のデータは,次のような長期 予報課が編集作成したものである.基礎データは1951~ 85年の35年間における月平均値であるが,本文の解析に おいては3ヵ月平均値を対象とした.

海面水温については, ①1951~79年は GFDL の CO-ADS データ (Oort, 1985), ② 1980~84 年は NOAA の CAC 解析値, ③1985 年は気象庁海洋課 の 解析値, 以上の 3 種類のデータから 作 成 した 緯度経度 2°×2° の月平均値を使用した.

500 mb 高度については, ①1951~57年2月は NMC/ NOAA の天気図からの読み取り値, ②1958年3月~62 年は気象庁の天気図からの読み取り値, ③1963~73年は NCAR の解析値, ④1974~85年は気象庁数値予報課の 解析値, 以上4種類を用いて作成した 緯度経度 10°× 10°の月平均値を使った.

^{*} Relationship between the sea surface temperatue in the tropical Pacific and 500 mb geopotential height.

282

3. 海面水温の分類と北半球高度合成図の作成

太平洋赤道域を次に示した四つの 海域に 分け(第1 図),これらの各海域で領域平均した 季節平均(冬:12 ~2月,春:3~5月,夏:6~8月,秋:9~11月) の海面水温を求めた.この海域は気象庁長期予報課で熱 帯太平洋の海面水温の変動の監視の対象としているもの である.NINO 1+2 と NINO 3, NINO 4 は CAC/ NOAA の監視領域と同じで, エルニーニョの時に海 面水温が正偏差となる南米沿岸から160°E までの 領域 (Rasumusson・Carpenter, 1982) をエルニーニョの時 に最も偏差の大きくなる 120°W 付近を中心に3つに 分けたものである。また NINO WEST は ENSO に ともない対流活動が海面水温と密接な関係を持って変化 する領域であることを Kurihara・Kawahara (1986) が 示しており,気象庁長期予報課で西部熱帯太平洋の監視 領域としている.



第1図 解析の対象となった熱帯太平洋の四つの海域

第1表 各海域の1951~85年の3か月平均の海面水温上から順に12~2月, 3~5月,6~8月,9~11月+は高温,一は低温,空白は平年並 みを示す

12~2月	1955	60	65	7 0	75	80	85
N I N O 1 + 2		+ +	+	- +-	++	+	++ -
NINO 3	+	+	-+-++	-++	++	+	+
NINO 4	-+ -	++-	- +-+	· ++-	+ +	+ +	+
NINO WEST			++	-+++	-+-	H	+-+

3~5月	1955 60	65 70	75 80 85
N I N O 1 + 2	+ +++	++	-+ + - + +
NINO 3	+ + + + +	++ -	-+++ ++
NINO 4	++++	+ -++-	-+ + ++
NINO WEST	+	++	+ ++-++

6~8月	1955	60 65	7 0 7	5 80	85
N I N O 1 + 2	+-+ +	+	+ -	-+	-++ -
NINO 3	+ - + +	- +-+	++	-+-+	++
NINO 4	+ + + +	+ + + + +	++ -+	· - +	++
NINO WEST	- +	++ -	++ -+	- +	+- +

9~11月	1955	60	65	7 0	7 5	80	85
N I N O 1 + 2	+-++-+		+ -	- +	++	+	++
NINO 3	+ ++		- + - +	- +	++	+	+ -
NINO 4	++	-	+ - +	++	+++	+	+
NINO WEST	+ +	- +!	-+	- + + +	-+ -		+ - ÷ +

N天気//36.5.

 NINO 1+2
 赤道~10° S, 80~ 70° W

 NINO 3
 4°N~ 4° S, 90~150° W

NINO 4 $4^{\circ}N \sim 4^{\circ}S$, $150^{\circ}W \sim 160^{\circ}E$

NINO WEST 14°N~赤 道, 130~150°E

各海域の海面水温について各季節毎に1951~85年の35 年間の平均値と標準偏差を求め、次のように、各海域の 季節平均の海面水温を三つに分類した。

- 海面水温が高い年:海面水温偏差が正でその絶対値が 標準偏差の0.52倍より大きい
- 海面水温が低い年:海面水温偏差が負でその絶対値が 標準偏差の0.52倍より大きい
- 海面水温が平年並の年:海面水温偏差の絶対値が標準 偏差の0.52倍以下

海面水温偏差が正規分布しているとすれば,標準偏差の 0.52倍をしきい値とすることによって,度数分布は高温 年に30%,平年に40%,低温年に30%となる.第1表に 各季節について海面水温の高温・平年並・低温の分類を 示す.

この分類をもとにして各海域の各季節について,次の 規準で北半球の 500 mb 高度の合成図を作成した.

高温年の合成図

②低温年の合成図

③高温年の平均から平年並の年の平均を差し引いた偏 差の合成図

④低温年の平均から平年並の年の平均を差し引いた偏 差の合成図

③と④については偏差が統計的に有意であるかどうか を,各格子点についてt一検定により判定した.

4. 海面水温の高い年とエルニーニョ年との関係

Rasmusson・Carpenter (1982) などの解析によると, エルニーニュ現象に伴う熱帯太平洋の海面水温の偏差は 次のような経過をたどる.熱帯太平洋の東部および中央 部 (NINO 1+2, NINO 3, NINO 4) では,年の初 めに負偏差から正偏差に変わり,秋から冬にかけて正偏 差が最大となり,翌年の春まで正偏差が続く.熱帯太平 洋西部 (NINO WEST)では,夏から翌年の春まで負 偏差が継続する.

エルニーニュ年における前節の規準で分類した各海域 の海面水温偏差には次のような特徴がある. ここではエ ルニーニュ年を,佐伯(1983)に従って1951,53,57/ 58,63,65/66,69,72/73,76,82/83年の9年とする. 海面水温偏差は,いずれのエルニーニュ期間にも含まれ る9~11月の3か月平均を対象とした.

NINO 1+2 では9年のエルニーニョ年のうち1963年 を除く8年で高温となった. NINO 3 では全ての年で 高温となった. NINO 4 では1953年を除く8年で高温 となったが、エルニーニョ年以外の1968,77,79年にも高 温となっている. NINO WESTではほぼ全てのエルニー ニョ年に低温となっているが、1969年は高温となった.

他の季節についても調べてみると、ここで採用したエ ルニーニュ年は NINO 3 が高温になる年とほぼ同じで あった.

5. 北半球 500 mb 高度の合成図の特徴

3節で述べた方法で作成した合成図の特徴は次のとお りである.ここでは主に日本付近のパターンについて記 述する.

5.1 冬の特徴

第2~4 図に 12月~2月の 3か月平均の NINO 3, NINO 4, NINO WEST の 高温年 と 低温年 における 500 mb 高度合成図を示した. NINO 1+2 の高温年 と 低温年は NINO 3 の場合と似たパターンとなるので図 は省略した.

①NINO 3 の高温年(第2図左)

極東の20~30°N帯で高度が高く,日本の南東海上に 中心をもつ危険率5%で有意な正偏差域が日本をおおっ ている. 寒気の南下が阻まれ,このような500mbの偏 差分布の時には日本付近の気温は高くなりやすい.前節 で述べたとおり NINO 3 の高温年はエルニーニョ年と ほぼ一致するが,栗原 (1988)はエルニーニョ年の冬の 日本の気温が平年より高くなる傾向があることを示して いる.

②NINO 3 の低温年(第2図右)

日本付近は負偏差におおわれ,中国南部から西太平洋 の20°N帯にかけて危険率5%で有意な負偏差の領域 が広がっている。カムチャッカ半島からアリューシャン 列島の南東域では正偏差となっている。波数2のトラフ が日本付近で平年よりも深まっており,西高東低の気圧 配置が強まって日本への寒気の南下が強いときのパター ンである。

このときヨーロッパには Wallace・Gutzler (1981) が示した East Atlantic パターンが見える.

③NINO 4 の高温年 (第3図左)

日本付近の正偏差域は NINO 3 の高温年の場合より もより大きい. また陰影で示したように、日本付近は危

1989年5月



第2図 左図:NINO3の12~2月の海面水温が高温の年の500mb高度合成図(実線)と平年並みの年との 差(破線)右図:NINO3の12~2月の海面水温が低温の年の500mb高度合成図(実線)と平年並 みの年との差(破線).高度の等値線間隔は100m,偏差の等値線間隔は10m,危険率5%で有意な 偏差の領域に影をつけた



第3図 左図:NINO4の12~2月の海面水温が高温の年の500mb高度合成図(実線)と平年並みの年との 差(破線) 右図:NINO4の12~2月の海面水温が低温の年の500mb高度合成図(実線)と平年並 みの年との差(破線).高度の等値線間隔は100m,偏差の等値線間隔は10m,危険率5%で有意な偏 差の領域に影をつけた



第4図 左図:NINO WEST の12~2月の海面水温が高温の年の 500 mb 高度合成図 (実線) と平年並みの 年との差(破線) 右図:NINO WEST の12~2月の海面水温が低温の年の 500 mb 高度合成図 (実 線)と平年並みの年との差(破線). 高度の等値線間隔は 100 m, 偏差の 等値線間隔は 10 m, 危険率 5%で有意な偏差の領域に影をつけた

険率5%で有意な正偏差の領域に広くおおわれている.

④NINO 4 の低温年(第3図右)

日本付近の偏差分布に大きな特徴はみられない。日付 変更線の東側の 40°N 帯を中心として危険率5%で有 意な正偏差域があり、日本付近は負偏差域となっている が、NINO 3 の低温年と比べると日本付近の 偏差の 値 は小さく、危険率5%で有意な領域もない。

日付変更線の東側の正偏差,合衆国西岸の負偏差,合 衆国東岸の正偏差は,Wallace・Gutzler (1981)の Pacific/North American パターンを形成している. この 領域は NINO 3 や NINO 4 の高温年でも大きな偏差 が現れているが,低温年が高温年の逆符号のパターンに なるわけではない.

⑤NINO WEST の高温年・低温年(第4図)

高温年の合成図は NINO 3 の低温年ときと同じく日本付近は負偏差となるが, 偏差の値は NINO 3 の低温 年より大きく, 危険率で有意な領域も広い. さらにバイ カル湖付近を中心とした正偏差も顕著で, 危険率5%で 有意である. これらの偏差は Wallace・Gutzler の Eurasian パターンに似ている. NINO 3 の低温年に比べ ると, 日本付近への寒気の南下は強いパターンである. 一方日付変更線の東側から合衆国にかけては NINO 4 の低温年とは逆符号の PNA パターンが 現れている.

低温年は NINO 3 や NINO 4 の 高温年と 類 似 し て,日本付近に寒気の南下しにくいパターンである.しか し日本付近には危険率5%で有意な領域はない. 危険率 5%で有意な偏差は合衆国の西岸と東岸に現れており, これは NINO 3 や NINO 4 の高温年と似ている.

5.2 夏の特徴

第5~7図に, 6~8月の3か月平均の NINO 3, NINO 4, NINO WESTの高温年と低温年における500 mb 高度合成図を示した. ここでも NINO 1+2 の高 温年と低温年は NINO 3 の場合と似たパターンとなっ たので図は省略した.

NINO 3 の高温年(第5図左)

カムチャッカ半島の南東部の 50°N あたりと中国東 北区に中心を持つ負偏差域が日本付近をおおっている. ただしこの負偏差は小さく,危険率5%の有意な値には 達していない. 30°N 以南では正偏差となっており, 定性的には亜熱帯高気圧の日本付近への張り出しが弱い 傾向にあることを示している.

②NINO 4 の高温年(第6図左)

1989年5月

27



第5図 左図:NINO3の6~8月の海面水温が高温の年の500mb 高度合成図(実線) と平年並みの年との 差(破線)右図:NINO3の6~8月の海面水温が低温の年の500mb 高度合成図(実線)と平年並 みの年との差(破線).高度の等値線間隔は100m,偏差の等値線間隔は10m,危険率5%で有意な 偏差の領域に影をつけた



第6図 左図:NINO4の6~8月の海面水温が高温の年の500mb高度合成図(実線)と平年並みの年との 差(破線)右図:NINO4の6~8月の海面水温が低温の年の500mb高度合成図(実線)と平年並 みの年との差(破線). 高度の等値線間隔は100m,偏差の等値線間隔は10m,危険率5%で有意な 偏差の領域に影をつけた

*****天気// 36.5.



第7図 左図:NINO WEST の6~8月の海面水温が高温の年の500mb 高度合成図(実線)と平年並みの年 との差(破線)右図:NINO WEST の6~8月の海面水温が低温の年の 500mb 高度合成図(実線) と平年並みの年との差(破線).高度の等値線間隔は 100m,偏差の等値線間隔は 10m,危険率5%で 有意な偏差の領域に影をつけた



 第8図 NINO 4 の高温年(実線)および平年並の年(破線) における, 120~140°E で平均した3か月移動平均 500 mb 高度の 5700 m との 5800 m の南北の季節変化

前項で述べた NINO 3 の場合と同じように,日本付 近と日付変更線の 50°N 付近は負偏差である.しかし NINO 3 に比べると負偏差の値は大きく,危険率5% で有意となっている.すなわち NINO 4 が高温の年に は, 亜熱帯高気圧の日本付近への張り出しが著しく弱い ことを示している.

中部太平洋から合衆国にかけて日付変更線付近の負偏

差,アラスカの正偏差,カナダ東部の負偏差という危険 率5%で有意な偏差の列が現れている.

③NINO 3 および4の低温年(第5図右,第6図右)
 NINO WEST の高温年および低温年(第7図)

日本付近の高度偏差はいずれも小さく,はっきりした 特徴がみられない.

NINO 3 の低温年には冬の NINO 4 低温年に 見ら

1989年5月

287

NINO 4 WARM YEAR 500mb



第9図 NINO 4 の高温年と平年並の年との, 3 か月移動平均 500 mb 高 度の差の緯度・時間断面図, 等値線間隔は 5 m

れた PNA パターンと同じパターンが現れている.

5.3 春と秋

春(3~5月)と秋(9~11月)については,高度場 の合成図における高度偏差の値は小さく,危険率5%で 有意なところがない.また海面水温の高温年と低温年と で高度偏差のパターンには特徴的な違いがみられないの で,図は省略した.

春や秋には、冬から夏あるいは夏から冬への遷移の状 況によって、冬の特徴を持つパターンや夏の特徴を持つ パターンが現れている. そこで季節変化に伴う海面水温 と 500 mb との関係の変化をみるために次のような 資 料を作成した。第8図は NINO 4 の 高温年に おける 120~140°E について平均した3か月平均の 500 mb 高 度が 5700 m と 5800 m になる位置の 季節変化を示し たものである。高温年には平年並の年に比べて、季節変 化の振幅が小さく,冬に高度が下がらず,夏に高度が上 がらない。第9図は3か月平均の120~140°E について 平均した 500 mb 高度における, NINO 4 の高温年と 平年並の年との差の,緯度・時間断面図である. この図 によると、たとえば 30°N では5月と6月の間で正偏 差から負偏差に転じており、10月と11月の間で負偏差か ら正偏差に転じている、春と秋は、日本付近の偏差の符 号が逆転する移行期であり,独自の偏差パターンが現れ ないとみられる

6. おわりに

NINO 3 や NINO 4 の高温年における日本付近の

500 mb 高度場は、冬には南東海上から正偏差におおわ れ、夏には日付変更線の 50°N 付近から南西へのびる 負偏差におおわれる.これはエルニーニョの年に現れる 特徴(栗原1988)と同じ傾向である.

エルニーニュ年と各海域の海面水温偏差を比較すると NINO 3 の高温年とエルニーニュ年とが最も対応がよい.また NINO 3 はエルニーニュの時に最も海面水温 偏差の大きくなる領域でもある.しかし日本付近の循環 場は NINO 3 よりもむしろ NINO 4 の変動に密接し ているようである.すなわち NINO 4 が高温になると き,日本付近は冬は統計的に有意な正偏差におおわれ夏 は統計的に有意な負偏差におおわれる.Kitoh (1988) も12月の日本の気温と高い相関があるのは中部赤道太平 洋 (0°N, 160°W)の海面水温であることを示してい る.

各海域が低温になるときについては日本付近の高度場 に明瞭な特徴を見いだすことができなかった (ただし NINO 3 の冬の低温年には日本の 南に 統計的に有意な 負偏差が現れる). 各海域が高温になるとき 低温になる ときでは偏差が単に逆になるわけではなく,また大きな 偏差の現れる場所も異なっている.

NINO WEST については,高温年の冬に日本付近に 寒気が南下しやすいパターンが顕著である.栗原(1984) は夏の日本の気温と西部熱帯太平洋の海面水温との間に 高い相関があることを示しているが,この調査では海面 水温と高度との間に明瞭な関係を得ることができなかっ た.6~8月という期間は梅雨期と盛夏期を含んでお

▶天気/ 36.5.

り、3か月平均することによって2つの季節の特徴が互いに打ち消しあった可能性もある.本文で対象とした海域の中ではNINO WEST が最も日本に近い海域なので、日本の天候に及ぼす影響は小さくないであろう。今後、平均する期間を変えたり対象とする海域を変えてみるなどの調査も必要である.

謝辞

この研究を進めるにあたり,討論と助言をいただいた 気象庁長期予報課の皆様に厚く感謝いたします.

文 献

- Bjerknes, J., 1966: A Possible Response of the Atmospheric Hadley Circulation to Equatorial Anomalies of Ocean Temperature. Tellus, 18, 820-829.
 - ——, 1969: Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. Mon. Wea. Rev., 97, 163-172.
- Kawamura, R., 1984 : Relation Between Atmospheric Circulation and Dominant Sea Surface Temperature Anomaly Patterns in the North Pacific during the Northern Winter. J. Met. Soc. Japn. 62, 910-916.
- Kito, A., 1988: Correlation Between the Surface Air temperature in Japan and the Global sea Surfce Temperature. J. Met. Soc. Japan, 66,

967-986.

- Kurihara, K. and Kawahara, 1986: Extremes of Asian Weather during the Post ENSO Years of 1983/84-Severe Cold Winter and Hot Dry Summer-. J. Met. Soc. Japan, 64, 493-503.
- 栗原弘一, 1988: 長期予報に おける ENSO の役 割,海洋科学, 20, 284-289.
- Fu, C.B., H.F. Diaz and J. O. Fletcher, 1986: Characterics of the Response of Sea Surface Temperature in the Central Pacific Associated with Warm Episodes of the Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev., 114, 1716-1738.
- Horel, J D. and J. M. Wallace, Planetary-scale Atmospheric Phenomena Associated with the Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev., 109, 813-829.
- Oort A.H. and Y-H. Pan, 1985: Diagnosis of Historical ENSO events. WMO Long-range Forecasting Research Report Series, No 6, 249-258.
- Rasmusson, E. M. and T. H. Carpenter, 1982, Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Nino. Mon. Wea. Rev. 110, 354-384.
- 佐伯理郎, 1983: エル・ニーニョ, グロースペッタ ー、No, 21-1, 1-12
- Wallace, J. M. and D. S. Gutzler, 1981: Teleconections in the geopotential height during the Northern Hemisphere Winter. Mon. Wea. Rev., 109, 784-812.

(p. 268 からつづく) に楽しいものです.

女性研究者の第一号として、今も、研究の第一線で頑 張っている J. Simpson には、全く頭が下がります. 特 に「私は、いつも重荷を背負っている. 男が 失敗した ら、個人が悪く云われるだけだから 良いが、も し、私 が、いいかげんなことをすると、私が悪いのではなく て、女性全体に能力がないと判断されるので、常に、男 性より優れていなければならない」と語っていた言葉が 印象的でした。日本でも、戦後、第一線に登場した数多 くの女性研究者の言葉と共通するものを感じます。果た して、現在の我々が変わり得たか否か、興味の残るとこ ろです. (住 明正)