

東アジアの台風襲来数と北太平洋の海面水温との関係*

解 思 梅**・青 木 孝***・吉 野 正 敏****

要 旨

東アジアの西沙, 広州, 厦門, 上海, 那覇, 鹿児島, 名古屋の7地点を中心とした半径 5° の範囲内の台風の年間襲来数と, 東部熱帯太平洋 (10°S まで) を含む北太平洋の月平均海面水温との相関解析を行った。

相関係数の地域的な分布は, 北太平洋の南東から東の海域と北西から西の海域の2つに大別される。東部赤道太平洋を中心とした南東から東側の海面水温とは, 前々年の夏から前年の冬まで高い正の相関が長く続いた後, 相関が逆転して, 同年の春からは負の相関が強くなる。また, El Niño 海域 (ペルー沖の80°~90°W) の海面水温との相関関係も認められた。一方, 北西から西部太平洋の海面水温との相関関係は, 東側に比べるとそれほど顕著ではなかった。この研究によって, 上海を除く6地域の台風襲来数は, 2年前の夏からの海面水温と有意な相関があり, 年予報や季節予報に海面水温が役立つことがわかった。

1. はじめに

海面水温の異常と大規模な大気循環の関係については, 海洋学者や気象学者によって, 最近重視されている。1950年代の初めに, 中国では呂 (1950) が, 北太平洋の水温がその後の中国における汛期 (雨期) の降水に影響していることを指摘した。また, Namias (1959), Bjerknæs (1966, 1969), Ratcliffe・Murray (1970) はそれぞれ, 太平洋, 大西洋の水温が長期予報において重要であることを指摘した。特に, Bjerknæs (1969) は赤道の海面水温が異常な低温になるとウォーカーセルが発達し, ハドレーセルが衰弱するという仮説を提出した。その後, 符ら (1979) は, ハドレーセルが衰弱するばかりでなく, 消失することを示し, また, 全く反対の赤道環流圏が出現すること, 赤道の水温の異常冷暖によって, ウォーカーセルとハドレーセルが交替して出現することを指摘した。

このようにこの地域における大気循環の長期間の変化には, 海洋の影響が大きいたことが指摘されていた。しかし, 長期予報に海洋の役割を具体的に利用している例は余り多くない。中国の気象学者達は, 1970年代以来, 汛期降水量および気温を, 先行する2~3季節の海面水温で予報することを試みている。吉野・解 (1982, a, b), Yoshino・Xie (1983) は, 1年半前までの北太平洋の海面水温と, 東アジアにおける6地域の降水量および気温との相関関係を分析して, 有意な相関関係が認められることを報告した。

ところで, 台風は暖かい海洋上で発生することが知られていたため, たとえば Wendland (1977) や何 (1978), 潘 (1982), 饒村 (1982) のように台風の発生と海面水温の関係については, 比較的によく調べられている。しかし, 台風経路との関係については, Fisher (1958) あるいは陶ら (1963) などによる毎日の海面水温場を使った短期予報的な立場からの研究に限られていた。

Harnack *et al.* (1982) や Michaelsen (1982), Wang (1982) によると, 海面水温は大気に比べはるかに持続性がある。そこで, 台風について長期予報の立場から, 本論文では, 東赤道および北太平洋海流域などにおける海面水温と, 東アジアの台風襲来数との関係を解析した。この研究結果が超長期予報, すなわち年予報と季節予報

* Relation between the number of typhoon visit in East Asia and sea surface temperature in the North Pacific.

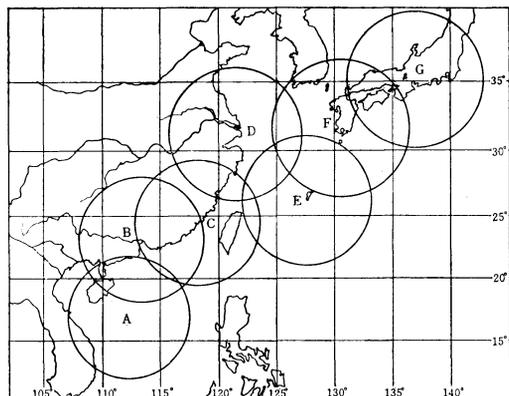
** Simei Xie, 中国国家海洋予報中心。

*** Takashi Aoki, 気象研究所予報研究部。

**** Masatoshi Yoshino, 筑波大学地球科学系。

—1983年4月4日受領—

—1983年8月16日受理—



第1図 台風の襲来数を調べた地域。
円は半径5°の範囲を示す。図中の記号は
A：西沙(59981)，B：広州(59287)，
C：厦門(59134)，D：上海(58367)，
E：那覇(47936)，F：鹿児島(47827)，
G：名古屋(47636)の各地点を表す。

第1表 台風の年間襲来数の平均と標準偏差，最大値，最小値(1951~1980年)。

	西沙	広州	厦門	上海	那覇	鹿児島	名古屋
平均	5.7	4.9	5.0	2.0	5.9	4.4	3.3
標準偏差	2.7	1.6	1.8	1.3	1.3	1.5	1.5
最大値	11	9	10	5	5	9	6
最小値	2	2	2	0	0	2	1

に役立つことを願うものである。

2. 資料と調査方法

西沙(A)，広州(B)，厦門(C)，上海(D)，那覇(E)，鹿児島(F)，名古屋(G)の7地点を中心として，半径5°の範囲内(第1図)に襲来した台風の年間度数を，気象庁発行の気象要覧の資料を使い，1951~1980年の30年間について調べた。本論では，同じ台風が2回以上同じ地域に襲来しても1回として数えている。第1表に各地域の台風襲来数の平均値などを示した。西沙，広州，厦門，那覇では襲来数が多く，1年に5~6

個は半径5°の範囲内に台風が出現している。

海面水温については，北太平洋の月平均海面水温資料*から，緯度経度5°ごとの格子点における月平均値を，1949~1980年の32年間について読み取った。

各地域の台風襲来数の年々の変動と，各格子点の月平均の海面水温との相関係数を，海面水温を1ヵ月ずつ先行させ，同年の7月から2年前の春の5月までの各月について計算した。

3. 結果

3.1. 台風の年間襲来数と北太平洋の月平均海面水温との相関係数の分布

台風襲来数と北太平洋の海面水温との相関係数の分布が特徴的な例として，鹿児島地域と那覇地域について第2図と第3図に示した。両図の下段の相関係数の分布にみられるように北太平洋が，正相関と負相関の2つの区域に画然と分かれている。北太平洋の南東部の正相関の区域は，東赤道海流や，カリフォルニア海流，ペルー海流の海域に相当する。北西部の負相関の区域には，西部北赤道海流をはじめ，黒潮，北太平洋海流，親潮，アラスカ海流の海域が含まれる。

鹿児島地域の前々年の10月(第2図下段)には，北太平洋の南東部の海域の正相関域が，東赤道海流を中心にした海域で非常に広くて相関係数も大きい。カリフォルニア海流の正相関域は狭くて相関係数も小さい。北西部の負相関域は広いが相関係数の値は大きくない。負相関域の中心が北に偏り，親潮域と親潮が北太平洋海流と合流する海域で相関関係が最も強くなっている。

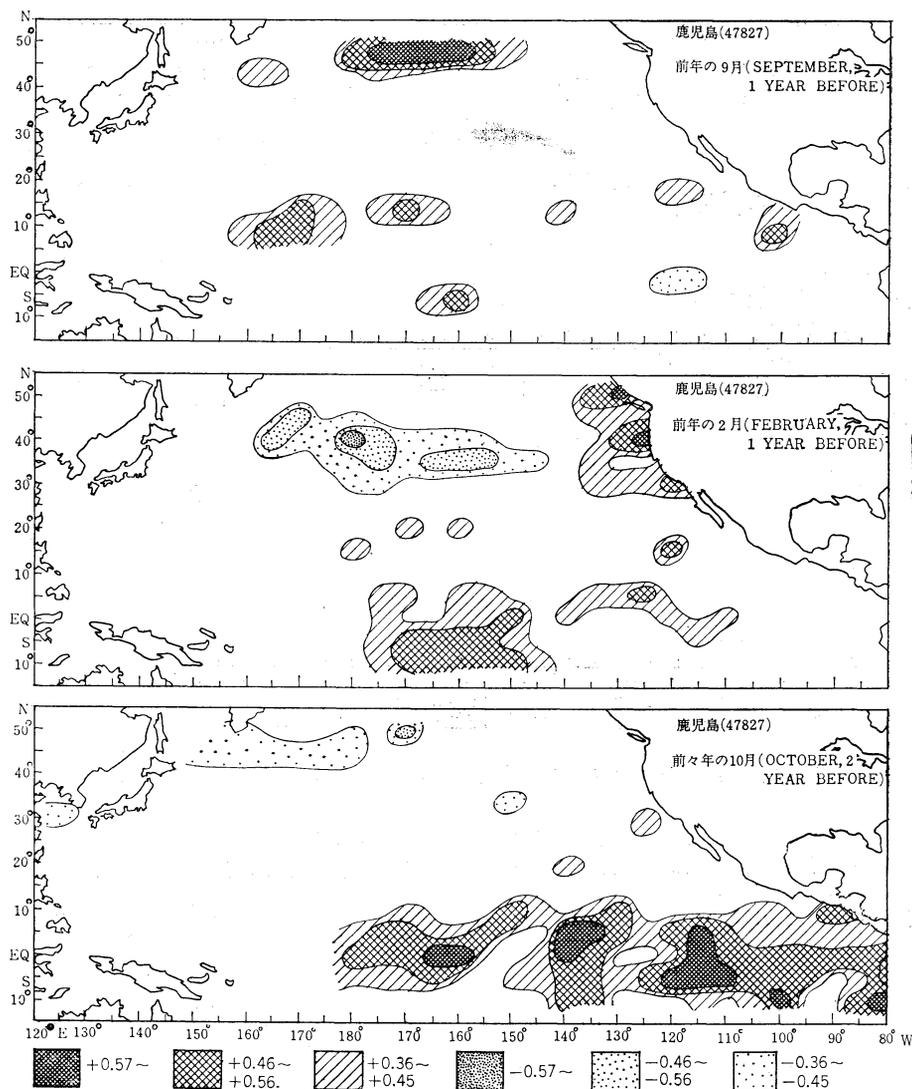
その後，前年の2月(第2図中段)には，南東部の海域で正の相関関係が弱くなり，北赤道海流の有意な正相関域は赤道太平洋中央部となった。カリフォルニア海流域とアラスカ海流域では正の大きな相関係数が現れている。一方，北西部の負相関域は，北太平洋海流域とその南の，いわゆる北太平洋高気圧の圏内における海域で，相関関係が強くなり，有意水準は99.9%に達している。

しかし，前年の9月(第2図上段)になると，赤道太平洋海域の正相関域はくずれてしまい，北西部の負相関域も消えて，アラスカ海流域に非常に顕著な正相関が現れる。

第3図下段の那覇地域における前年1月の場合には，東赤道海流域で正相関の範囲は鹿児島地域ほど広くはなく，相関係数も小さい。しかし，カリフォルニア海流域の正相関域は広く，有意水準も高い。前年の4月(第3

* (1) 中国科学院地理研究所，上海中心气象台，1979：北太平洋逐月平均水温資料。海洋出版社，北京，463p。

(2) NOAA National Marine Fisheries Service: Fishing Information. Southwest Fisheries Center-La Jolla, California, 1976-1980.



第2図 鹿児島地域の台風襲来数と北太平洋の海面水温との相関係数の分布.

図上段)になると、南東部の北赤道海流やペルー海流の海域とカリフォルニア海流域の正相関が有意な範囲が際立って縮小する。一方、北西部の海域では負の相関関係がやや強くなり、アラスカ海流の正相関が顕著になっている。

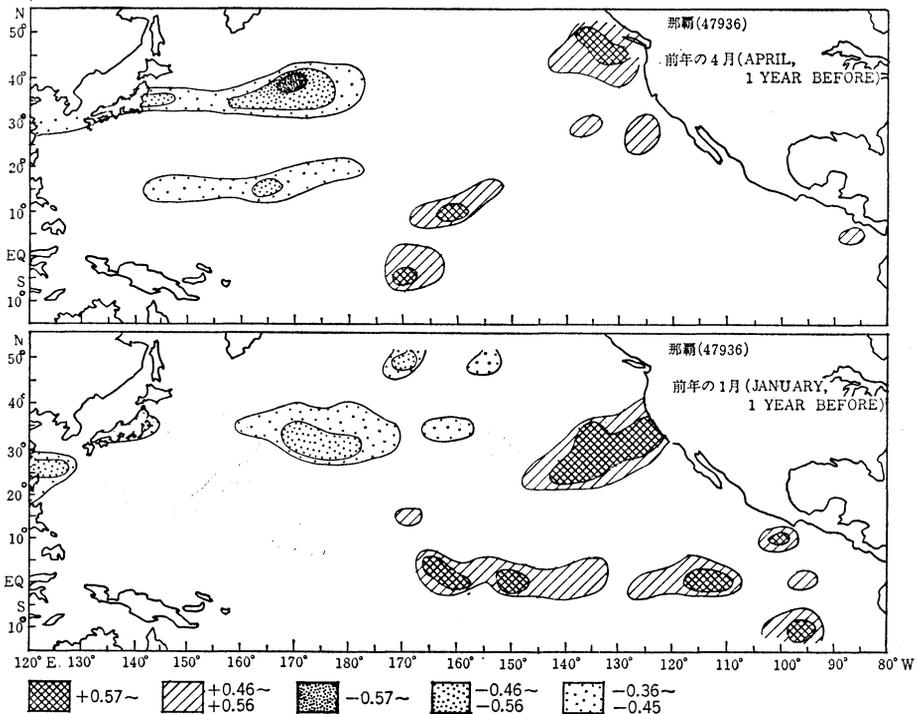
鹿児島地域や那覇地域だけでなく、他の地域においても、台風襲来数と北太平洋の海面水温との相関関係は、北太平洋の南東部の海域が正の相関、北西部の海域が負の相関をもつ傾向が強い。また、遅れの相関をとる月が台風襲来数を数えた期間に近いほど相関が良い訳ではな

く、遅れの相関をとる月が遡るにつれて相関が必ずしも悪くなることもない。

3.2. 北太平洋の南東部海域および北西部海域における海面水温との相関強度指数

台風襲来数が、北太平洋の南東部と北西部のそれぞれの海域と、正相関・負相関の明瞭な違いのあることは既に述べた。ここでは、相関関係の強弱を表現する尺度として次のように相関強度指数を定義して、両海域での相関関係の変動を明らかにする。

統計学において、標本から得られる相関係数 r を母集



第3図 那覇地域の台風襲来数と北太平洋の海面水温との相関係数の分布。

第2表 相関係数の有意水準によって定義した相関強度指数 (標本数30, 自由度28).

相関強度指数	相関係数	有意水準
±1	±0.36~	95.0
±2	±0.46~	99.0
±3	±0.57~	99.9
±4	±0.65~	99.99%

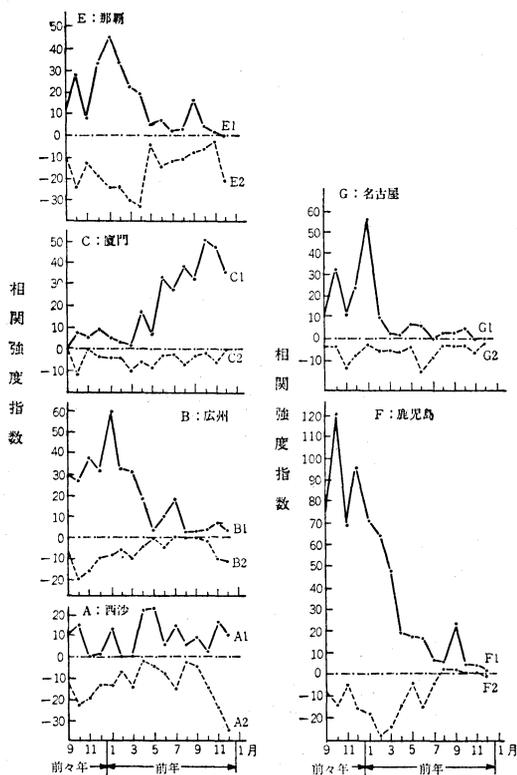
団相関係数 ρ の推定値として用いるとき、 $\rho=0$ の仮説検定のための標本相関係数の限界値が導びかれている。大きさが $n=30$ (年) の標本について、自由度 $n-2$ すなわち28に対する標本相関係数 (本論では単に相関係数と呼ぶ) の限界値を有意水準に対応させて求め、第2表のように各格子点の相関係数の大きさによって、±1, ±2, ±3, ±4 の指数を与える。対象とする海域についてこの指数を集計したものを相関強度指数とする。

第4図は、各地域における台風襲来数と、北太平洋の南東部および北西部の両海域との相関強度指数の変化を示す。ただし、上海地域は正相関・負相関のいずれの指数とも小さく、はっきりした変化傾向がみられなかった

ので図から省いた。第4図によると、前々年の9月から前年の12月まで16カ月の間、全地域で、南東部の海域とが正相関 (図中の実線)、北西部の海域とが負相関 (図中の破線) といった特徴がある。しかし、細かくみると地域によって傾向が異なっている。

北太平洋の南東部の海域において、正の相関強度指数が特に卓越するのは前々年の9月から前年の3月ころまでである。鹿児島地域は7地域の中では正の指数が最も顕著であり、前年の6月まで持続している。特に前々年の10月の121という値は他の地域における最大値の2倍以上である。厦門地域は、前年の5月以前は特徴的な傾向がみられない。しかし、前年の6月以降は正の指数となり当年の6月まで続く。西沙地域では、正の小さい値の変動を繰り返しており特に顕著な傾向がない。

第4図の破線で示された北西部の海域における負の相関強度指数の変化は、南東部の正の相関強度指数に比べると大きくない。広州地域、那覇地域、鹿児島地域は、前々年の9月から前年の4月ころまで、北太平洋の南東部の海域においては正の相関強度指数が卓越していたのと対照的に、北西部の海域では同じ期間に負の相関強度



第4図 台風襲来数と海面水温との相関強度指数の変化。

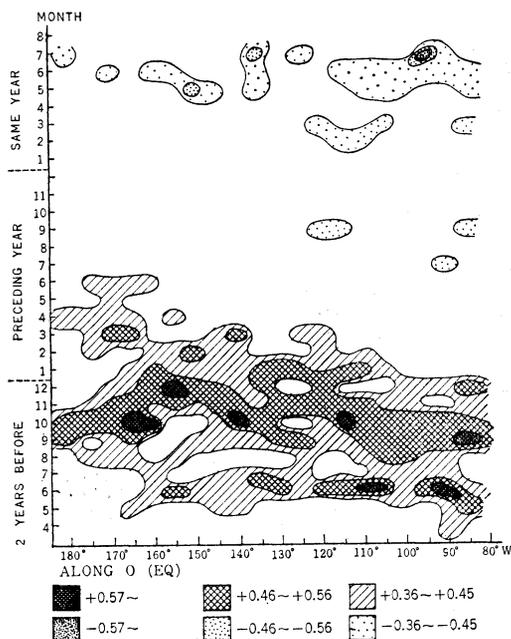
実線は南東海域（東部赤道太平洋，カリフォルニア海流，ペルー海流），破線は北西海域（西部北赤道海流，黒潮，北太平洋海流，親潮，アラスカ海流）との相関強度指数を表す。

指数が大きい。厦門や名古屋では特徴的な変化傾向がみられない。西沙地域では，前々年の秋に負の指数が大きくなるだけでなく，前年の10月以降も再び負の大きな値になっている。

3.3. 時間断面からみた北太平洋の南東部および北西部海域における海面水温との相関関係

北太平洋の南東部の海域における相関関係の変化の代表として，第5図に鹿児島地域の台風襲来数と東部太平洋の赤道に沿う海面水温との相関係数の時間断面図を示した。

この図によると，前々年の5月ころから前年の6月ころまでの約1年間，赤道に沿って180°～85°Wの範囲に，有意水準が95%以上の正相関の海域が広がっていることがわかる。相関係数の最大値は+0.62である。この



第5図 鹿児島地域の台風襲来数と東部太平洋の赤道に沿う海面水温との相関係数の時間断面図。

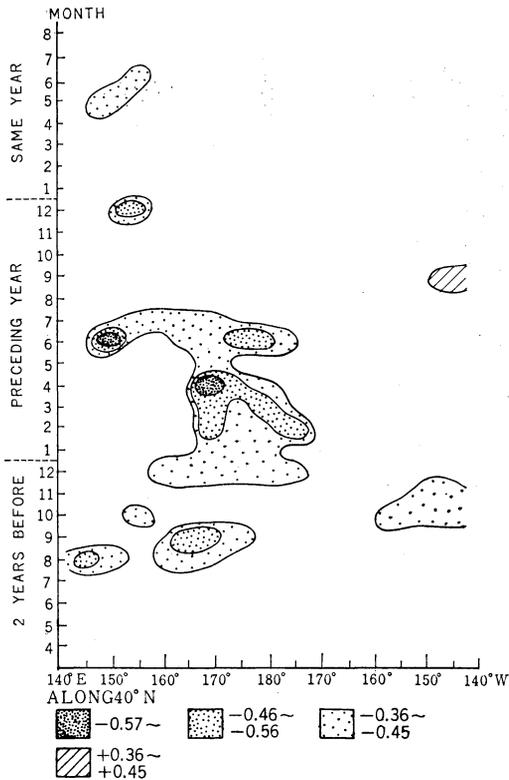
正の相関関係は，東から有意水準95%以下になり，西の方ほど相関が有意でなくなるのが遅れている。有意水準95%以下になるのに，90°Wから170°Wまで約6か月かかっているのので，この間の西進の速さを計算すると約1ノットとなる。

しばらく有意な相関がみられなくなったあと，前年の夏ころから負の相関の有意な海域が少しずつ現れる。当年の5～7月には，有意水準95%を超える負の相関域がかなり広がる。しかし，上述の前々年5月から前年6月ころまでの正相関のときに比べると，有意水準でも，範囲の広さでも，持続する期間についても，低く，狭く，短い。

また，El Niño 海域（85°W）との相関関係には，前々年の5・9・12月が99～99.9%の有意水準の正相関，次いで負相関に転じ，前年の4・9月，当年の3・5・6月に負の相関が大きくなるという間歇的現象があり，注目に値する。

第6図は，北太平洋の北西部海域で負相関が卓越する例として，那覇地域の台風襲来数と40°Nに沿う海面水温との相関係数の時間断面である。

前々年の8月から前年の7月までが，西部の145°E～



第6図 那覇地域の台風襲来数と40°Nに沿う海面水温との相関係数の時間断面図。

175°W 海域で負の有意な相関域が現れやすい期間である。特に前年の4月を中心に負の相関関係が強くなる。北太平洋南東部では、第5図にも示したように、前年から当年にかけて相関係数の符号が正から負へと逆転したけれども、北西部の場合は顕著な変化はみられず、第6図では当年になっても有意水準が95%以上の負の相関域があり、有意な正の相関域が現れないことも注目に値しよう。

4. 考察

上に述べた結果のうち、幾つかの興味ある問題をここで若干考察してみたい。まず、東アジアの台風襲来数と北太平洋の海面水温との良い相関域は、暖流海域と寒流海域に分けられるのではなく、南東～東部と北西～西部に分けられることである。前者は東部赤道太平洋暖流域を中心として、カリフォルニア海流域、ペルー海流域の北端および東部の南赤道反流域を含んでいる。後者は北太平洋海流の暖流域を中心として、そのほか西部赤道太

平洋暖流域、黒潮、親潮の南端、アラスカ海流などの海域を含んでいる。この2海域はある一定の期間、同じ正負の相関関係を呈している。例えば、前々年の夏から前年の春までは前者が正で後者が負の有意な相関を示す。このような大規模な長期間の正、負の相関海域の出現は、大規模な大気循環に対応していると考えられる。今回の論文はこのように事実を指適するにとどめ、大気循環との関連については触れないが、今後の研究の方向を探る上で、2、3の考察をしておきたい。

上述の南東～東部、北西～西部という北太平洋における地域差は、Namias (1953) や Bjerknes (1966, 1969) の研究で指摘されているとおり、ハドレーセルとウォーカーセルが関係していると思われる。東部赤道太平洋の海面水温が大規模な大気循環に影響する物理構造については、埴 (1978)、林 (1978)、潘 (1978)、符ら(1979)、Wang *et al.* (1982) の研究があるが、北太平洋暖流域を中心として北太平洋の海面水温の年々変動と大規模な大気循環の年々変動に関する論文はまだない。これは今後の課題であろう。

海面水温が長く持続性を持つことに関しては東赤道太平洋やカリフォルニア海流域などの海域の海面水温が10カ月くらい持続性を持つことを Wang (1982) は示した。この結果は上述した赤道太平洋、カリフォルニア海流域の正相関と北太平洋北西部などの負相関の持続性と一致するものである。しかし、同時または直前の月との相関関係では東部で正、西部で負の相関という特徴がなくなるというような先行する時期による正負逆転についての現象は、これまで指摘されておらず、今回、初めて明らかにされたものである。このような時間のずれを伴う現象の数値実験はむずかしい (Wiin-Nielsen, 1982) ので更に解析的な詳しい研究が必要である。

El Niño 海域の海面水温の年々変動との関係もまた明らかになったが、前々年の12月までは正の相関、その後、負の相関になること、および有意な相関の出現が3～6カ月の周期をもっていることが確認された。また非常に興味あることは、El Niño 現象はペルー沖 (80°～90°W) に出現してから、赤道太平洋中央部の (180°～170°W) 付近に至るまで数カ月ずれることが多い (Woster, 1983) が、東部赤道太平洋における正相関、負相関の有意な海域の出現、消滅も数カ月ずれていることである。

5. まとめ

東アジアの7地域の台風襲来数と北太平洋の海面水温との相関関係を解析した。得られた結果を要約すると次のとおりである。(1)海面水温との相関係数の分布は、北太平洋の東部と西部の2つの区域に大別できる。そのひとつは、東部赤道太平洋の海域を中心にして、カリフォルニア海流域、ペルー海流域、南赤道反流域を含む正相関域である。また西部の北太平洋暖流域を中心にして、黒潮域とアラスカ海流域を含む負相関域がある。このような東部に正、西部に負の相関をもつ対照的な分布は、前々年の夏から持続するが、前年の秋からしだいに明らかでなくなる。ただし厦門地域との相関だけは特殊で、東部の正相関域が前年の10月に最も大きくなり、当年の6月まで持続する。上海地域とは特徴的な相関関係が得られなかった。

(2)東部赤道太平洋の海面水温と、前々年の夏から前年の春ごろまでの10カ月前後も続く正相関は、広州・那覇・鹿児島・名古屋の各地域において顕著である。当年との相関になると負に転じるが、前の正相関に比べれば有意水準が低く、相関が有意な海域も狭い。

(3)El Niño 海域との有意な相関が認められる。例えば、鹿児島地域との間では前々年の12月までは正相関、その後は負相関に転じ、3~6カ月間の周期がある。また有意な相関域の出現・消滅はペルー沖(80°~90°W)から始まって赤道太平洋の中央部(180°~170°W)に達するまで数カ月の遅れがある。

文献

Bjerknes, J., 1966: The 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.

陶詩言・章名立・呂玉芳, 1963: 東亜台風路徑与海水温度分布以及1000~500毫巴厚度場の関係, 中国夏季副熱帯天気系統若干問題の研究, 中国科学院地球物理研究所集刊, 49-58.

Fisher, E.D., 1958: Hurricanes and the sea surface temperature field, *J. Met.*, 15, 328-333.

符涼斌・孫翠霞・張金枝, 1979: 赤道海温異常与大気の垂直環流, *大気科学*, 3, 50-57.

婦佩蘭, 1978: 北太平洋海水表面温度特征及相应的大気環流型, 中国科学院大気物理研究所集刊, (6), 13-26.

Harnack, R.P., J.R. Lazante and J. Harnack,

1982: Associations among the Tropical Pacific wind and sea surface temperature fields and higher latitude circulation, *J. Climatol.*, 2, 267-290.

何家驊, 1978: 西太平洋台風活動与海温場の関係, 中国科学院大気物理研究所集刊, (6), 72-86.

林学椿, 1978: 北太平洋海水表面温度異常及其对東亜大気環流的影响(一), (二), 中国科学院大気物理研究所集刊, (6), 40-56, 57-71.

呂炯, 1950: 海水温度与旱問題, *气象学報*, 21, 1-16.

_____, 1951: 西北太平洋及其在東亜气候上的問題, *地理学報*, 18, 69-88.

馬繼瑞, 1982: 太平洋南赤道逆流的某些特征及其变化原因初步探討, *海洋学報*, 4, 517-528.

Michealsen, J., 1982: A statistical study of large-scale, long period variability in North Pacific sea surface temperature anomalies, *J. Phys. Oceanogr.*, 12, 694-703.

Namias, J., 1953: Thirty-day forecasting—a review of a ten-year experiment, *Met. Monogr.*, 2 (6), 1-83.

饒村 曜, 1982: 台風の発生と海面水温, *研究時報*, 34, 181-184.

潘怡航, 1978: 太平洋赤道緯圈環流在熱帶海洋影響中緯度西風強度中的作用, *大気科学*, 2, 246-252.

_____, 1982: 赤道太平洋熱力状况对西太平洋台风發生頻率的影響, *气象学報*, 40, 24-50.

Ratcliffe, R. and R. Murray, 1970: New lag associations between North Atlantic sea temperatures and European pressure applied to long-range weather forecasting, *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 96, 226-246.

Wang, Jingyi, 1982: Statistical relationship between the frequency of typhoon over Northwest Pacific and field of monthly mean sea surface temperature, *Acta Oceanologica Sinica*, 1, 40-46.

Wang, Shaowu, *et al.*, 1982: Interaction between sea surface temperature and atmospheric circulation in winter half year, *Acta Oceanologica Sinica*, 1, 189-194.

Wendland, W.M., 1977: Tropical storm frequencies related to sea surface temperatures, *J. Appl. Met.*, 16, 477-481.

Wiin-Nielsen, A.C., 1982: Meteorology and the oceans, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 63, 1370-1379.

Wooster, W.S., 1983: An index of anomalous SST in the eastern Equatorial Pacific, 1970-1982, *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, (16), 4-5.

吉野正敏・解思梅, 1982a: 東アジアの気候異常と北太平洋の水温分布, 日本気象学会春季大会講演

- 予稿集, 139.
 _____, 1982b: 東アジアの気候異常
 と北太平洋の水温分布(II), 日本気象学会秋季大
 会講演予稿集, 155.
 Yoshino, M.M. and Shimei Xie, 1982: Climatic
 anomalies in East Asia and sea surface tem-
 perature in the Tropical Pacific, WMO Pro-
 gramme on Research in Tropical Meteorology,

Extended Abs. Regional Sci. Conf. Tropical
 Met., Tsukuba, 18-22 Oct., 1982, 151-152.

_____ and _____, 1983: A preliminary
 study on climatic anomalies in East Asia and
 sea surface temperature in the North Pacific,
 Sci. Rept., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sect.
 A, 4, 1-23.

日本気象学会誌 気象集誌

第II輯 第61巻 第3号 1983年6月

目次

- 小川俊雄・坂口文則: しぐれ雲の電気
 孫野長治・遠藤辰雄・重野忠史: 雪雲の電氣的構造 その1 降水物理学的性質との関連
 仲野 貴・竹内利雄・河崎善一郎・高木伸之: 高い煙突への落雷の雷撃速度の測定
 村上正隆・木村 勉・孫野長治・菊地勝弘: 水溶性エアロゾルに関する降水洗浄の観測
 関川公成: 自然大気中のサブミクロン粒子に含まれる水溶性物質の割合
 岩坂泰信・小林愛樹智: 火山噴火後に見られる成層圏エアロゾル層の decay 過程におけるエアロゾルの凝集
 及び凝縮の役割
 久芳奈遠美・武田喬男: 雲核が雲粒粒径分布に与える影響に関する数値実験 第2部 大雲粒の生成について
 梶川正弘・菊地勝弘・遠藤辰雄・孫野長治: 雪結晶ゾンデによるカナダ北極圏の下層大気中における雪結晶の
 観測
 浅野正二: 光学的に非等方法の氷晶雲における太陽放射伝達
 水野建樹・横山長之・安楽岡 顕: 大気境界層中における上空煙源からの鉛直拡散について
 P.H. Chan: 東アジアにおける冬期総観場の運動エネルギー論
 T.-C. Chen・Y.-H. Lee: 大気大循環モデルによる運動エネルギー生成の研究
 増田耕一: 冬の北半球大気中の非断熱加熱率の力学的見積もり
 田中 実: ユーラシア・西太平洋地域の循環と中部 インドにおける夏季 モンスーン降雨の active-break サイ
 クルの変動

要報と質疑

- 重野忠史・孫野長治: 繫留気球による地表近くの電場と降水電荷の逆相関関係の観測
 岩坂泰信・福西 浩・平沢威男・藤井良一・宮岡 宏: 成層圏エアロゾル層の多波・同時レーザーダ観測
 近藤 豊・高木増美・岩田 晃: シャピユイ帯の吸収を利用した成層圏オゾンの測定