

(97) 南方振動の変動特性及び福岡市月降水量・ 月平均気温との相関関係

FLUCTUATION CHARACTERISTICS OF SOUTHERN OSCILLATION AND
CORRELATION BETWEEN SOUTHERN OSCILLATION INDEX AND
MONTHLY PRECIPITATION / TEMPERATURE IN FUKUOKA, JAPAN

河村 明¹・江口 聡一郎²・神野 健二³
Akira Kawamura, Soichiro Eguchi and Kenji Jinno

¹九州大学助教授 工学研究院 (〒812-8581 福岡市東区箱崎六丁目10-1)

²九州電力株式会社 小丸川発電所建設所 (〒884-0104 宮崎県児湯郡木城町石河内1261)

³九州大学教授 工学研究院 (〒812-8581 福岡市東区箱崎六丁目10-1)

これまで、エルニーニョ・ラニーニャ現象の指標となる南方振動指数 (SOI) と日本のような中緯度における水文気象要素との相関関係は明瞭とはなっていない。本論文では、渇水リスクの高い福岡市における111年間の月降水量および月平均気温データを例に取り、これらを正規変換の後規準化し、それに対応するSOIとの相関関係を解析している。その結果、全時系列を対象とした場合の相関はほとんどゼロであるが、SOIデータをその大きさによりカテゴリーに分類し、そのカテゴリー別に相関関数を解析すると、強いエルニーニョ・強いラニーニャのカテゴリーにおいて、ある特定の遅れ時間に対し、有意性の高い相関を検出できることが分かった。そしてこれらの現象に関連した福岡市月降水量・月平均気温の傾向が見出された。

Key Words : *Southern Oscillation Index, correlation analysis, monthly precipitation, monthly average temperature, Fukuoka City*

1. はじめに

南方振動 (Southern Oscillation) は、太平洋赤道域の東部と西部において、気圧の平年からの偏差が一方で高くなればもう一方では低くなるという現象であり、20世紀はじめGilbert Walker卿により発見された¹⁾。この南方振動は、東部太平洋赤道域における海面水温変動現象であるエルニーニョ・ラニーニャ現象と密接に関連しており、現在では、両者は一体の現象であると認識され、双方の頭文字を用いたENSO(El Niño - Southern Oscillation)という名前で行われている^{1), 2)}。南方振動の状態は南方振動指数³⁾ (Southern Oscillation Index, 以下SOIと記す) により数値化されていて、アメリカ合衆国の国立海洋大気庁 (NOAA) では、海面水温データと共にSOIを用いることによりENSO現象の判断を行っている¹⁾。

ENSOはテレコネクションを通じて世界各地の気象に影響を及ぼし、これらの現象に起因すると考えられる異常気象が世界各地で数多く報告されている^{1), 2)}。このような異常気象の発生や気候変動は、例えば水資源確保という点から見て不安定な要因として懸念されており、これに伴い南方振動の定性・定量的解析や予測、そして南方振動の降水・気温などへの影響評価が重要な課題となっている。

SOIと世界各国の水文気象要素との関係については積極的に研究が行われている (例えば、文献4) ~7) 参照)。その結果、低緯度帯での水文気象要素とSOIの間には顕著な相関関係が見出されている。一例として、吉野⁷⁾はフィリピンとマレーシアでの平均月雨量とSOIの変動が非常に良く対応することを示している。

これまで、エルニーニョが発生した年 (エルニーニョ年) と日本の天候の特徴については、夏に低温傾向、冬に暖冬傾向になる場合が多いことが指摘されている^{1), 8)}が、日本のような中緯度における気候へのエルニーニョ・ラニーニャ現象の明瞭な影響はあまり報告されていない^{1), 2)}。そして、日本の降水に影響を及ぼす台風発生数などとエルニーニョ年との関係^{1), 9)}や、日本の桜の開花日 (3月の月平均気温などに関係する) とエルニーニョ年やラニーニャ年との関係^{1), 10)}といったようなエルニーニョ年 (ラニーニャ年) に対応させた研究は多くある。

しかし、SOI (月単位で計算される) と日本における月降水量などの水文気象要素とを直接用いて関係づける研究は、ほとんど見受けられない。その数少ない研究として、吉野⁷⁾はSOI時系列と四国の月降水量時系列の関係を解析した結果、四国の月降水量の変動とSOIとの間に、明瞭な影響を指摘することは困難であり、これは日本のような中緯度までエルニーニョの直接的な影響は及ばないことを示していると結論づけている。このようにSOI

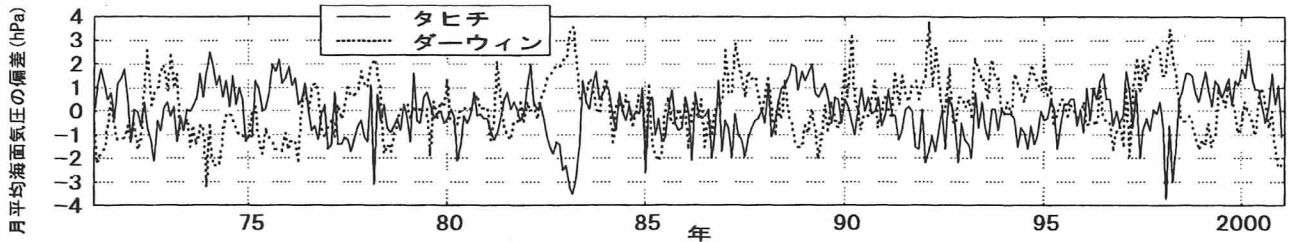


図-1 タヒチおよびダーウィンにおける月平均海面気圧の各月平均値からの偏差時系列

と日本の水文気象要素を直接用いて相関解析を行っても明瞭な相関関係は得られないため、そのような研究結果は余り発表されていないものと推測される¹¹⁾。

また、地球温暖化とENSO現象の関連性^{11),12),13)}や、1976-77年に起こった太平洋規模の気候変動¹⁴⁾によるENSO現象のシフトに関する気候物理的研究^{15),16)}などは数多く存在している。しかし、著者らの調べた限り、SOIの元となる気圧データやSOIそのものの時系列解析は意外にも発表されていないようである^{17),18)}。

そこで本論文では、まず、SOIを用いる場合の有用なバックグラウンド情報を提供することを目的として、SOIの基となる南方振動現象の長期的変動特性を統計的に検討する。次いで、月単位でSOIと福岡市月降水量・月平均気温の相関関係について解析を行っている。福岡市を例として取上げたのは、福岡市は地勢的に水資源に恵まれず常に渇水の危険性にさらされており、過去において11回もの給水制限を実施している。特に、昭和53年や平成6年の大渇水時には甚大な被害を被っている¹⁹⁾。このため、本地域における水文気象特性を把握することは、水資源問題上非常に重要な課題となっている。

本論文でも、SOI時系列と福岡市月降水量・月平均気温時系列の相関関数を直接計算しているが、結果は降水量の遅れ時間に関わらず相関はほとんどゼロとなった。しかし、SOIデータをその大きさによりカテゴリーに分類し、そのカテゴリー別に相関関数を解析した結果、難しい数学的手法を用いなくとも、強いエルニーニョ・強いラニーニャと分類したカテゴリーにおいて、ある特定の遅れ時間に対し、有意性の高い相関を検出できることが分かったのでここに報告するものである。これにより、エルニーニョ・ラニーニャ現象に関連した福岡市月降水量・月平均気温の有用な傾向が見出された。

2. 南方振動の長期的変動特性

(1) 用いた気圧データ

南方振動という現象は、南太平洋のタヒチ島パペーテ（西経149.6度、南緯17.5度）とオーストラリア北部のダーウィン（東経130.9度、南緯12.4度）両地点の気圧データを用いて表現されている。両地点の月平均海面気圧データは、1935年以前については欠測の存在等により若干信頼性が劣る^{17),20)}。しかし、これらはRopelewski et

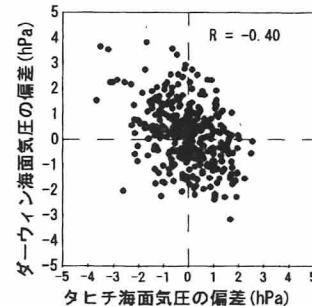


図-2 図-1の散布図

al.²⁰⁾やAllan et al.²¹⁾によって精度よく補完されており、現在では1866年からの連続データとして利用でき^{17),20),21)}、解析に用いる上でも問題はないと考える¹⁸⁾。ここでは1866年1月から2000年12月までの1620カ月（135年間）の連続した月平均海面気圧データを対象として以下の解析を行っている。

(2) 南方振動強度

図-1は、タヒチおよびダーウィン両地点における月平均海面気圧の値から、その各月毎（1月～12月）の平均値を差し引いた偏差時系列を最近30年間（1971年1月から2000年12月）分について示したものである¹⁸⁾。この図より、一方の地点の気圧が平均より高くなると、他方の地点では平均より低くなる傾向がはっきりと認められる。この現象は、20世紀初めGilbert Walker卿により発見され南方振動と名付けられた有名な現象である¹⁾。図-2は図-1の偏差時系列の散布図を示しているが、30年間の南方振動の相関係数は-0.40となっている。また、1866年1月からのデータ（135年間）を用いた場合の南方振動の相関係数は-0.26となっていて、南方振動の相関係数（南方振動強度と呼ぶことにする）そのものはそれほど高くないことが分かる^{17),18)}。しかし、「相関係数は0である」という帰無仮説のもとで統計的仮説検定を実行すると、0.01%以下という有意水準でその帰無仮説は棄却される。つまり、この相関係数は極めて有意であると言える¹¹⁾。

(3) 南方振動強度の長期的変動特性

図-3の太線は、1895年から2000年までの各年(106年)に対し、その年の過去30年間の南方振動強度を算定し図示したものである。30年間を適用する理由は、WMO（世界気象機関）では、30カ年の平均値を平年値と定義

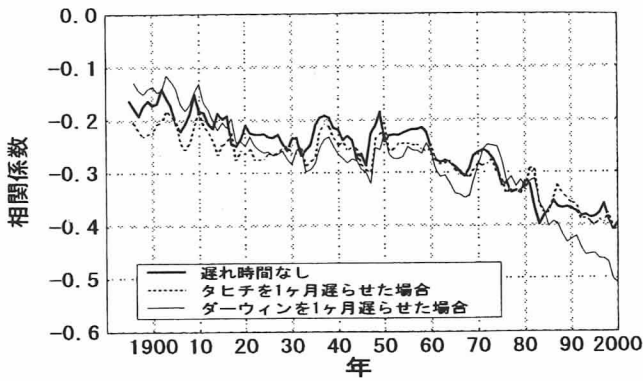


図-3 南方振動強度の長期的変動

していることを考慮したためである²²⁾。図中例えば、1900年の値は1871年から1900年の30年間の南方振動強度を示している。なお、全ての相関係数は、最低でも有意水準1%で有意である。また図-3において、細線はダーウィンのデータを1か月遅らせた場合の南方振動の相関係数を示しており、破線は逆に、タヒチのデータを1か月遅らせた場合の相関係数を示している。

図-3より、いずれの場合も、相関係数は年の進行と共に一貫して大きくなる傾向にあることが分かる。特に、ENSO現象のシフトとして知られる1970年代半ば以降その傾向は顕著となっている。すなわち、近年南方振動強度は増大する傾向が見出される。また同図より、1920年代半ばまではタヒチを1か月遅らせた場合が相関は最も大きい、それ以降はダーウィンを1か月遅らせた場合の方が相関が最も大きくなっていることが分かる。

次に、図-3の南方振動強度が大きくなる傾向を統計的に調べるために、気圧データの長期変動を見てみよう。図-4は、タヒチおよびダーウィンの月平均海面気圧の各月平均値からの偏差値を30年移動平均したものである。図-4より、タヒチについては、1910年以前は約0.1(hPa)程度あった偏差が、1930年頃までに0(hPa)に減少し、その後1980年頃までは0(hPa)を中心に上下している。そして近年は、-0.1(hPa)付近まで減少しており、全体的にタヒチの月平均海面気圧が年々減少傾向にあることが分かる。また、ダーウィンは1910年頃まで気圧がやや上昇しているものの、その後1940年頃まで減少し、70年以降70年代半ばまでさらに減少している。そして気圧偏差が70年半ばで最小の-0.25(hPa)となった後一転して上昇を続け、現在では0.2(hPa)付近にまで達している。すなわち、近年ダーウィンの月平均海面気圧が著しく上昇していることが分かる。以上より、図-3の70年代半ばからの南方振動強度の増大は、タヒチの気圧の減少とダーウィンのその上昇に起因していると言えよう¹⁸⁾。

(4) SOIの長期変動特性

タヒチとダーウィンの月平均海面気圧データを用いたTroupの方法による、ある年 y 、ある月 m ($m=1$ 月~12月)における $SOI(y,m)$ の値は次式で算定される^{3), 11), 23)}

$$SOI(y,m) = \{P_T(y,m) - P_D(y,m)\} - M_{30}(m) / S_{30}(m) \quad (1)$$

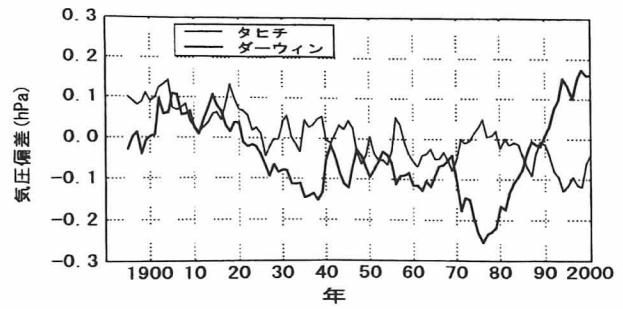


図-4 30年移動平均した月平均海面気圧の偏差時系列

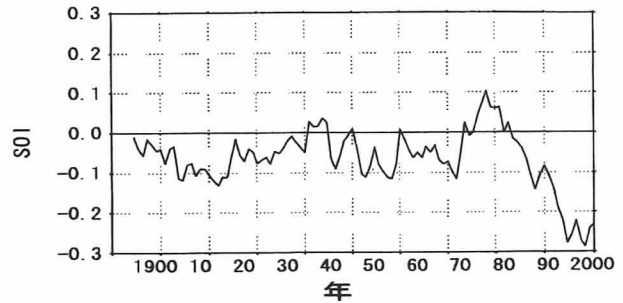


図-5 SOIの30年移動平均時系列

ここに、 $P_T(y,m)$ 、 $P_D(y,m)$ ：それぞれタヒチ及びダーウィンにおける月平均海面気圧(hPa)、 $M_{30}(m)$ 、 $S_{30}(m)$ ：それぞれ基準期間30年間(1951年から1980年)における、ある月 m に対するタヒチとダーウィンの月平均海面気圧差の平均値(hPa)および標準偏差(hPa)である。式(1)からも分かるように、SOIとはタヒチとダーウィンの月平均海面気圧の差を平均0、分散1に基準化したものとして表される。そして、SOIが-1以下の場合エルニーニョ、1以上でラニーニャと大まかに判断される。特に絶対値が2を超えると強いエルニーニョ、ラニーニャと判断される。なお、SOI時系列の統計的特性(発生頻度特性、持続特性など)およびカオス特性(自己相関特性、スペクトル特性を含む)については、それぞれ著者らの文献(17), 3)を参照されたい。

図-5にSOIの30年移動平均時系列を示す。この図より、SOIは全体的に負の側に振れており、その値は1970年代半ばまではおよそ-0.1から0付近の間で変動している。70年代半ばに一旦正の側に振れた後、それ以降は減少を続け、近年は-0.3付近にまで達しているが分かる。すなわち近年は、SOIの値が負の方向に大きく振れており、以前に比べエルニーニョ傾向にある。しかも、エルニーニョ現象そのものが大規模になってきていることが示唆される¹⁸⁾。事実、1982年~1983年および1997年~1998年にかけて、20世紀最大規模のエルニーニョ現象が起こっている。

4. SOIと福岡市月降水量との相関

福岡市月降水量のデータは1890年1月から存在する。各月(1~12月)の降水量ヒストグラムは、正規分布ではなく正に歪んでいる²²⁾。一般に月降水量の分布は非対称

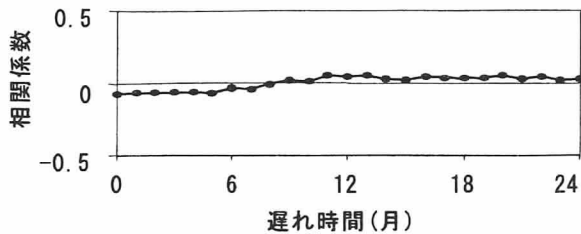


図-6 SOI時系列と三乗根変換規準化月降水量時系列の相互相関関数

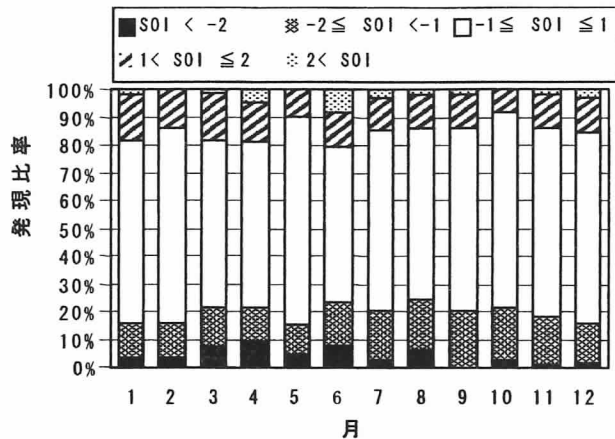


図-7 SOI発現比率

であり、対数変換や n 乗根変換によって正規分布に近似できるといわれている。このため、ここでは月降水量に三乗根変換を施して正規変換し、さらに各月毎に平均値を差し引き、標準偏差で割ることによりデータを規準化した。その結果、月降水量データはおおよそ平均0、標準偏差1の正規分布として規準化された²⁾。本論文の以下の解析では、福岡市月降水量のデータ数に合わせて、1890年1月から2000年12月までの111年間1332ヶ月のSOIデータと正規変換後規準化した福岡市月降水量データを用いて解析を行っている。

以上で述べたSOI時系列と福岡市における三乗根変換規準化月降水量時系列に対して、相互相関関数(SOIを基準として月降水量を遅れ時間にとる)を算定した。その結果を図-6に示す。図-6より、どの遅れ時間に対しても相関係数はほとんどゼロであり、両者の間に相関関係は見出せない。この結果は、1. はじめに述べたように、吉野が四国の月降水量に対して得た結果と同様である⁷⁾。

そこで、SOIのデータをその大きさによって、①SOI < -2、②-2 ≤ SOI < -1、③-1 ≤ SOI ≤ 1、④1 < SOI ≤ 2、⑤2 < SOIの5つのカテゴリーに分類し、そのカテゴリー毎に三乗根変換規準化月降水量との相関関数を算定することを試みた。以後、これらの現象を容易に関連づけるため、カテゴリー①~⑤をそれぞれ、強いエルニーニョ、弱いエルニーニョ、通常状態、弱いラニーニャ、強いラニーニャと呼ぶことにする。図-7に、用いた111年間のSOIデータについて、上記の5つのカテゴリーの月別発生頻度を示す。この図より、エルニーニョ、ラニーニャはどの月でも発生し、月毎のそれぞれのカテゴリーの発現比

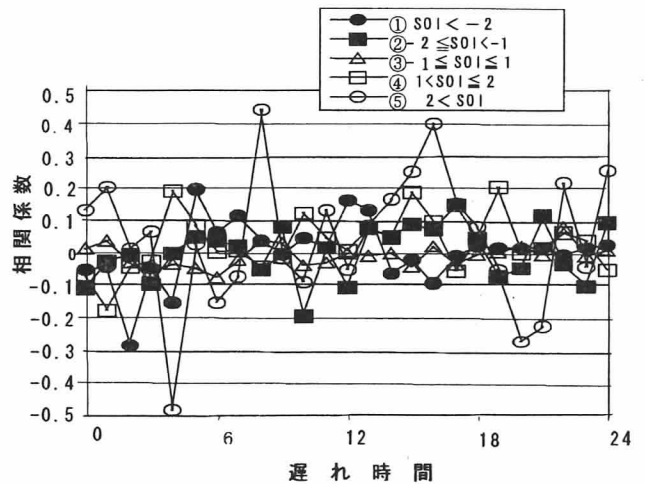


図-8 カテゴリー分類したSOIと対応する三乗根変換規準化月降水量との相互相関関数

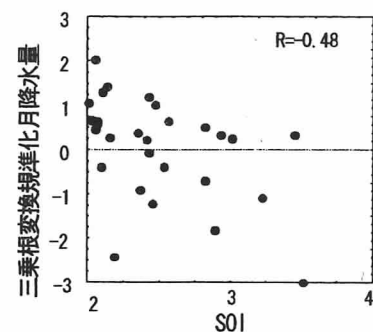


図-9 強いラニーニャ時における遅れ時間 $n=4$ ヶ月の規準化月降水量

率にそれ程大きな変動は見られない¹⁷⁾。この場合、111年1332ヶ月全体のカテゴリー①~⑤の発生比率は、それぞれ、4.2%、15.5%、65.5%、12.6%、2.2%となっている。

さて、上記の5つのカテゴリー毎のデータに対し、ある月のSOIと、そのSOIから遅れ時間 n ヶ月後 ($n=0\sim 24$)の三乗根変換規準化月降水量との相関関係について調べた結果を図-8に示す。図-8より、エルニーニョおよびラニーニャ現象が生じていない通常状態(カテゴリー③)の場合には、図-6同様ほとんど相関が見られないが、SOIの絶対値が大きくなるにつれて、相関係数の絶対値も大きくなるという傾向が見て取れる。この場合、強いラニーニャ現象の方が強いエルニーニョ現象よりも相関が高くなる傾向にある。最も相関係数が大きいのは、強いラニーニャ(カテゴリー⑤)で遅れ時間 $n=4$ ヶ月の場合で、相関係数は-0.48である。この相関係数は有意水準1%で有意である。この強いラニーニャのカテゴリーではその他に、遅れ時間 $n=8$ ヶ月および $n=16$ ヶ月の相関係数が有意水準5%で有意である。また、強いエルニーニョ(カテゴリー①)については、唯一 $n=2$ ヶ月の場合に有意水準5%で有意な相関が得られた¹¹⁾。

次に、有意な相関が得られた以上の4ケースのうち、ここでは紙面の都合上、強いラニーニャ時で遅れ時間 $n=4$ ヶ月の場合の散布図のみを図-9示す。この図より、

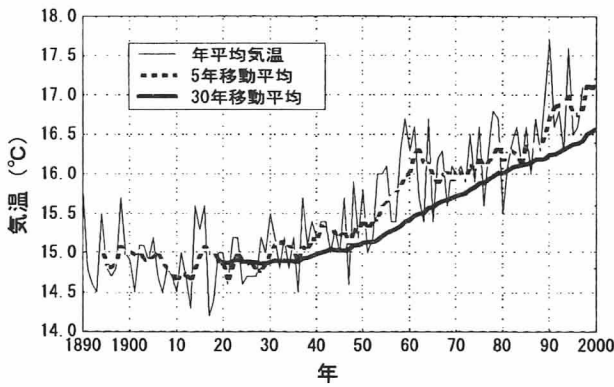


図-10 福岡市年平均気温

SOIが大きくなる(ラニーニャ現象が顕著になる)程、4ヶ月後の福岡市月降水量は平年に比べ減少する傾向にあることが認められる¹¹⁾。

5. SOIと福岡市月平均気温との相関

福岡市月平均気温データも1890年1月より存在する。図-10に福岡市年平均気温(各年について、1~12月の月平均気温データの平均値)の時系列を細線で示している。なお、点線・太線はそれぞれ年平均気温時系列の5、30年移動平均を示している(例えば、1921年から1950年までの30年間の平均値を1950年の30年移動平均値として表示している)。図-10から、福岡市の年平均気温は1930年過ぎから一貫して上昇傾向にあることが分かる。本報では、30年移動平均時系列である太線より、1937年から気温の上昇傾向が始まったと判断し、それ以降の月平均気温時系列データについては最小2乗法により算定したトレンドを除去した。トレンドを除去することによって各月毎(1~12月)の月平均気温の分布が正規分布により近くなったことを確かめた²⁴⁾。次に、各月毎に平均値を引き標準偏差で割って平均0、分散1に規準化し、1年周期の影響を取り除いた。

まず、SOIと規準化した福岡市月平均気温データ時系列全体の相互相関を算定した結果は、前述の降水データの場合と同様、どの遅れ時間に対しても相関係数はほとんど0であった。そこで次に、SOIのデータを前述のように5つのカテゴリーに分類し、カテゴリーごとのデータに対し、ある月のSOIとそのSOIからnヶ月後(n=0~24)の月平均気温との相関関係について解析を行った。図-11にその結果を示す。図-11より、月降水量の場合と同様、通常状態(カテゴリー③)の場合にはほとんど相関が見られないが、SOIの絶対値が大きくなるにつれて、相関係数の絶対値も大きくなるという傾向が見取れる。強いエルニーニョ(カテゴリー①)の場合、n=12ヶ月の相関係数は0.31であり有意水準2%で有意である。このときの散布図を図-12に示す。この図より、SOIが小さくなる(エルニーニョ現象が顕著になる)程、12ヶ月後の福岡市月平均気温は平年に比べ低下する傾向にあることが

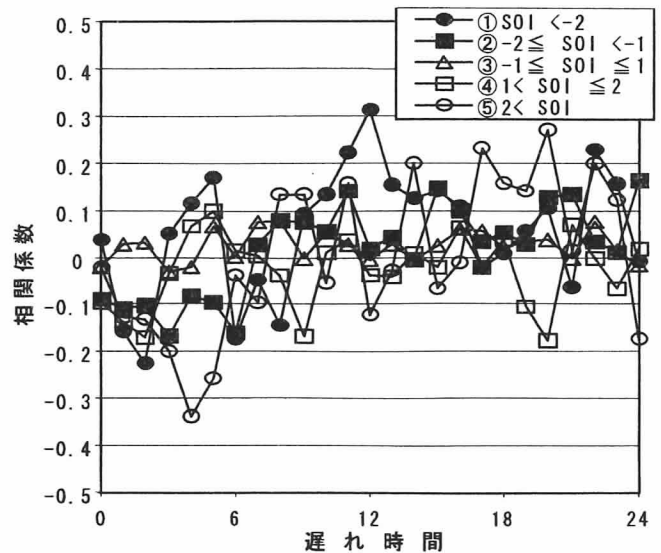


図-11 カテゴリー分類したSOIと対応するトレンド除去後規準化月平均気温との相互相関係

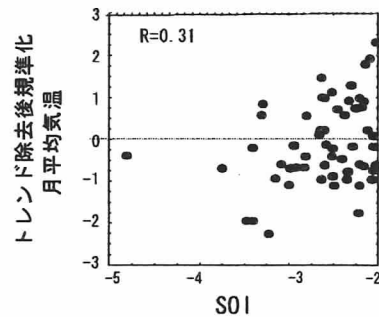


図-12 強いエルニーニョ時における遅れ時間n=12ヶ月の規準化月平均気温

認められる。なお、強いラニーニャ(カテゴリー⑤)については、n=4ヶ月の時相関係数-0.34で最も相関は強いが、有意水準5%で有意ではなかった。

6. むすび

本論文では、111年間1332ヶ月の南方変動指数(SOI)と規準化した福岡市月降水量・月平均気温データを用いて、南方振動との相関関係について解析・検討を行った。まず、南方振動の相関について考察を加え、相関係数そのものはそれ程大きくないものの極めて高い有意性を保持していることを示した。またその強度が一貫して増大する傾向にあるという長期的変動特性を有していることを確認した。特に、ENSO現象のシフトとして知られている1970年代半ば以降その傾向が顕著であった。

SOIと降水・月平均気温時系列全体を対象とした場合、両者の相関は予想通りほとんどゼロであった。しかし、SOIをその大きさによって5つのカテゴリーに分類して、カテゴリー別に相関関数を算定するという単純な解析の結果、強いエルニーニョ・強いラニーニャのカテゴリーにおいて、有意な相関を抽出することができた。そして、例えば、強いラニーニャ時には、SOIが大きくなるほど、4ヶ月後の福岡市月降水量は平年に比べ少雨となる傾向

にあること等を示した。従来、日本のような中緯度における気候要素とSOIとの明瞭な相関は得られていなかったが、本論文のようにSOIをカテゴリー分類することにより、日本の他の地域でも有意な相関が抽出されることが示唆される。そしてより広い空間スケールでのSOIとの相関構造の解析が可能になると考えられる。

なお、ここで得られたSOIと福岡降水量・月平均気温の有意な相関関係の気象物理的説明については、エルニーニョ・ラニーニャ現象により、太平洋上の熱帯低気圧の発生位置が東西に移動し、それに伴う周囲の高気圧・低気圧分布（特に太平洋高気圧）がシフトすることに起因すると考えられる¹⁾²⁾が、その福岡市降水への時間的遅れの影響など詳しいことは、現時点では不明であり今後の研究課題であると考えられる。

参考文献

- 1) 気候影響・利用研究会編：エルニーニョと地球環境，成山堂書店，1999.
- 2) 桜井邦雄：エルニーニョ現象の予測に向けて，日本に影響を及ぼす熱帯の気象，日本気象学会関西支部，pp.38-57,1998.
- 3) Kawamura, A., McKerchar, A.I., Spigel, R.H. and Jinno, K. : Chaotic characteristics of the Southern Oscillation Index time series, *Journal of Hydrology*, No.204, pp.168-181, 1998.
- 4) Ropelewski, C.F. and Halpert, M.S.: Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*, Vol.115, pp.1606-1626, 1987.
- 5) Halpert, M.S. and Ropelewski, C.F. : Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation, *Journal of Climate*, Vol.5, pp.577-593, 1992.
- 6) Uvo, C.B., Repelli C.A., Zebiak S.E. and Kushnir, Y. : The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation, *Journal of Climate*, Vol.11, pp.551-562, 1998.
- 7) 吉野文雄：エル・ニーニョ現象と四国の月降水量の関係について，平成11年度土木学会四国支部研究発表会講演概要集，pp.90-91,1999.
- 8) 新田尚：新気象読本，東京堂出版，1988.
- 9) 西森基貴，吉野正敏：ENSO現象と台風の発生・発達・経路との関係，地理学評論，第63巻Ser.A，第8号，pp.530-540，1990.
- 10) Yoshino, M. and Park, H.S : Variations in the plant phenology affected by global warming, In: Glants, M. et al. (eds.), *Climate change and plants in East Asia*. Springer-Verlag, pp.93-107,1996.
- 11) 河村 明，江口聡一郎，神野健二：南方振動と福岡市月降水量の相関関係について，土木学会論文集，No.691/II-57，pp.153-158, 2001.
- 12) Trenberth, K.E. and Hoar, T.J. : The 1990-1995 El Niño Southern Oscillation event: Longest on record, *Geophysical Research Letters*, No.23, pp.57-60, 1996.
- 13) Harrison, D.E. and Larkin, N.K. : Darwin sea level pressure, 1876-1996: Evidence for climate change?, *Geophysical Research Letters*, No.24, pp.1779-1782, 1997.
- 14) Zhang, Y., Wallace, J.M. and Battisti, D.S. : ENSO-like interdecadal variability : 1900-93, *Journal of Climate*, No.10, pp.1004-1020, 1997.
- 15) Chao, Y., Ghil, M. and McWilliams, J.C. : Pacific interdecadal variability in this century's sea surface temperatures, *Geophysical Research Letters*, No.27, pp.2261-2264, 2000.
- 16) Wang, B. and An, S.I. : Why the properties of El Niño changed during the late 1970s, *Geophysical Research Letters*, No.28, pp.3709-3712, 2001.
- 17) 河村 明，江口聡一郎，神野健二：南方振動指数(SOI)およびその気圧データの統計的特性について，水工学論文集，第45巻，pp.169-174, 2001.
- 18) 江口聡一郎，河村 明，神野健二：南方振動の長期的変動特性について，水工学論文集，第46巻，pp.103-108,2002.
- 19) 河村 明：平成6年大水—地域別の事例・福岡市—昭和53年福岡大洪水との比較，土木学会誌，第80巻第9号，pp.96-97,1995.
- 20) Ropelewski, C.F. and Jones, P.D. : An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation index, *Monthly Weather Review*, No.115, pp.2161-2165, 1987.
- 21) Allan, R.J., Nicholls, N., Jones, P.D. and Butterworth, I.J. : A further extension of the Tahiti-Darwin SOI, early ENSO events and Darwin pressure, *Journal of Climate*, No.4, pp.743-749, 1991.
- 22) 河村 明，上田年比古，神野健二：降水時系列の長期的パターン変動の解析，土木学会論文集，第363号/II-4，pp.155-164, 1985.
- 23) Troup, A.J. : The "southern oscillation". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol.91, No.390, pp. 490-506, 1965.
- 24) 江口聡一郎，河村明，神野健二：南方振動指数(SOI)とトレンドを除去した福岡市月平均気温との相関関係に関する考察，平成13年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，第二分冊，pp. B-192-B193, 2002.

The impacts of Southern Oscillation on climate are widespread and extend far beyond the tropical Pacific. However, the concrete influence is not so clear, especially in middle to high latitudes, including Japan. In this study, the correlation between monthly values of on one hand Southern Oscillation Index (SOI) and on the other hand normally standardized precipitation and temperature in Fukuoka, Japan, which is constantly exposed to high drought risk is investigated in detail using 111 years of data. For the original time series, no significant direct correlation is detected. However, statistically significant correlation coefficients are obtained when using SOI data categorized into five groups according to their magnitudes.