

## 海面水温上昇による台風の発達の変化

佐藤凌輔\* 大河内康正\*\*

## Changing in Development of Typhoon with Rising Sea Surface Temperature

Ryosuke Sato\*, Yasumasa Okochi\*

In this study, relationships between development of typhoon and rising of the sea surface temperature (SST) in the north west Pacific Ocean are investigated. Further the characteristics difference in typhoon associated with El Nino and La Nina phenomena is also investigated. The average of global SST has risen by 0.55 °C in past 100 years. In the northwest Pacific Ocean including Japan area, it was 1.8 °C/100 years rise during recent 28 years (1986-2013). The total number of typhoons tends to be small and the strength of typhoons tends to become weak during this recent period. Average generation positions of typhoons during this period have been moving to the west and the north in the Pacific Ocean. It is found that events of equatorial SST, such as El Nino or La Niña phenomena, seriously affect characteristics of typhoon.

キーワード：台風の変化，地球温暖化，海面水温，エルニーニョ現象

Keywords：change in typhoon, global warming, sea surface temperature, El Nino phenomena

## 1. はじめに

2013年は19年ぶりに30個を超える台風が発生し、そのうちの17号と18号の2つは日本に上陸した<sup>1)</sup>。九州に上陸したのは6年ぶりであった。日本に上陸した台風の一つである18号は2013年9月13日に発生した台風で、最盛期において最低気圧960hPaと平均的な強さであったが、近畿を中心に24時間雨量は35ヶ所で、また48時間雨量は25ヶ所で観測史上最大の雨量を記録した<sup>2)</sup>。さらに、台風経路上に10個もの竜巻が発生した。これは、気象庁が竜巻・突風調査を強化した平成3年以降一つの台風に伴う竜巻の発生数としては最多であった<sup>3)</sup>。その後11月4日に、フィリピンを襲った台風30号は、最低気圧895hPa、最大風速65m/sと猛烈な台風で、行方不明者を含め死傷者は3万6千人以上となった<sup>4)</sup>。風力の強さで見ると、観測史上4位の台風であり、上陸したものでは史上最大であった。

このような平年と比べて異なった台風には、近年の地球温暖化の影響があるものと考えられる。台風の発生、発達には海面水温は重要な要素であり、台風の発生には海面水

温が27°C以上である必要がある。本研究では、海面水温が台風の発達に最も重要な要因の一つとみて、気象庁ホームページに掲載されている最近28年間の台風のデータおよび海面水温のデータの関係を調べた。海面水温については画像データをExcel VBAを用いて自動保存して解析し、その解析結果をExcel表にまとめて集計を行った。

本研究では近年の海面水温の上昇が台風の規模、強度、発生数や、上陸数へどのような影響を与えているのかを調査し、台風と地球温暖化の関係について考察した。また、赤道付近の海面水温の大きな変化をもたらすエルニーニョ・ラニーニャ現象との関係についても調査した。

## 2. 使用データ

本研究では、解析をする上で使用するデータは気象庁ホームページ気象統計情報<sup>2)</sup>に公開されている、「過去の台風データ」と、「海洋データ」を使用する。項目としては、台風の発生数、接近数、北西太平洋の月平均海面水温分布図(SST:Sea Surface Temperature)を扱う。ここで日本近海だけではなく北西太平洋のデータを使用するのは、台風の発生発達と関係深い低緯度の状況も解析できるようにするためである。また、国立情報学研究所のデジタル台風<sup>6)</sup>の台風データベースのデータも使用した。主に参照したデータ

\* 土木建築工学科(平成26年卒業)

\*\* 建築社会デザイン工学科

〒866-8501 熊本県八代市平山新町2627  
Dept. of Architecture and Civil Engineering,  
2627 Hirayama, Yatsushiro-shi, Kumamoto, Japan 866-8501

は、台風の発生地点、最低気圧、強風域の最大直径、寿命などである。海面水温分布図については、利用可能な 1986 年から 2013 年の 28 年間のデータを使用した。そのため台風の解析期間はこの 28 年間に限定した。

### 3. 色識別プログラム及び解析プログラム

本研究では、データの収集、整理及び、海面水温の部分的解析のためにプログラムを作成した。プログラム言語は、主に Excel の VBA<sup>7)</sup>を用いている。

月平均海面水温分布図を用いて、海面水温を空間的に解析する上で、28 年間の月ごとの図(約 330 個の図)から、必要なデータを読み取った。この際、目測によって読み取るとは、人為的な誤差が回避できない上、長時間を要する。そこで、プログラムを作成することで、迅速かつ、より正確な値を自動的に取得可能とした。

プログラムの処理の流れを大まかに説明する。図 1 は、海面水温(SST)解析の VBA Frame 中の配置である。図中の左 Image (SST 画像)をクリックすることで、その部分に+アイコンが表示され、右上の TextBox に緯度経度、およびピクセル座標がデジタル表示される。逆に TextBox にピクセル座標を入力することで+アイコンが Image のその場所に表示される。データの収集期間の開始(年)、終了(年)を ComboBox に指定し、地点海面水温の CommandButton を押すことで、期間内の指定した地点の海水温がエクセル・シート上へ出力される。その他の処理も、CommandButton を押すことで処理できるようにプログラムしている。

マクロの内部の処理の流れ、及び色を温度に変換する処理を説明する。まずは、気象庁より指定期間の SST 画像をダウンロードする。既にダウンロードされている場合は、その処理を行わない。気象庁の SST 画像は、GIF 形式であるため、BMP 形式に変換する。その後、この BMP 形式の SST 画像を読み込んで、指定座標のピクセル情報を取得するが、VBA では画像データ処理ができないので、API を使用する<sup>8)</sup>。

API とは OS やアプリケーションが持つ機能の一部を別の

外部のプログラムから呼び出して使用するものである。ここで使用するのは、OS がもつ GDI32 と USER32 である。この API によりデバイスコンテキスト(画像を内部処理するための仮想空間)を作成し、指定座標の色を 10 進数の RGB に変換する。これを SST 図 1 中 Image の右の温度バーと照らしあわせ、温度を表示するのである。温度バーはマクロの起動時に画像処理が行われ、それぞれの色は 10 進数の RGB を介して温度に変換される。温度バーの色と、指定座標の色が一致しない場合、例えば、指定座標が陸地を示している場合、等温線、文字などは、「測定不可」と表示される。また、色から温度へ変換する際の精度を上げるために、指定座標周辺 6 ピクセル程度の温度も算定し、これを指定座標と足して、平均を出すようにしている。このようにした理由はもう一つある。それは、緯度・経度の交点においては、黒い緯度線・経度線があるため、指定座標点の処理のみでは、多くの点で測定不可になってしまうためである。

他のボタンについては、後の節に関連する処理を行う。

### 4. 海面水温の推移と台風の変化

地球温暖化に伴い、大気は最近 100 年間(1914-2013)で平均 0.69℃上昇したと推定される<sup>9)</sup>。全球の SST の推移を、図 2 に示す。気象庁が発表している全球の SST のデータ<sup>10)</sup>より求めた長期変化傾向である。全球の SST は 100 年間(1914-2013)で 0.55±0.03℃上昇している。

#### 4.1 北西太平洋全域の解析

##### (1) 北西太平洋域の SST の推移

画像解析から求めた日本を含む北西太平洋での最近の傾向を見てみる。SST 解析では、緯度については、北緯 0 度から 60 度、経度では東経 100 度から 180 度の 5 度間隔で地点の温度を平均している。ただし陸地は含まない。図 3 は 28 年間(1986~2013)の北西太平洋全体の平均 SST の推移および全球平均 SST の推移を示した。データ数 28 では、決定係数  $R^2 > 0.101$  ( $|t| > 2.05$ ) であれば、危険率 5%で、その増加傾向は有意であるといえる。北西太平洋 SST の上昇率は、 $R^2 = 0.566$  であり、100 年当たり  $1.8 \pm 0.3^\circ\text{C}$  と推定される。

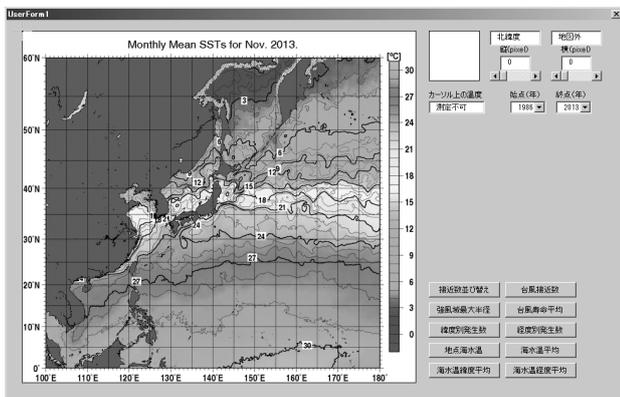


図 1 海面水温(SST)解析マクロの GUI

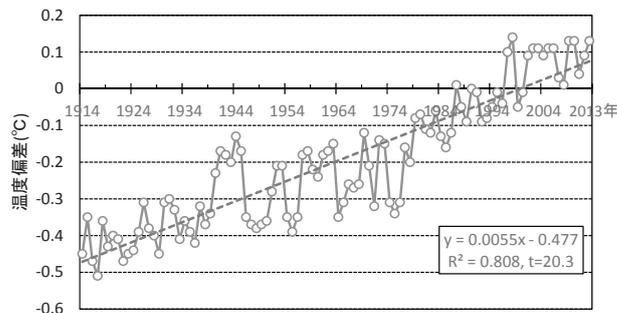


図 2 全球の海面水温(SST)の最近 100 年間の変化

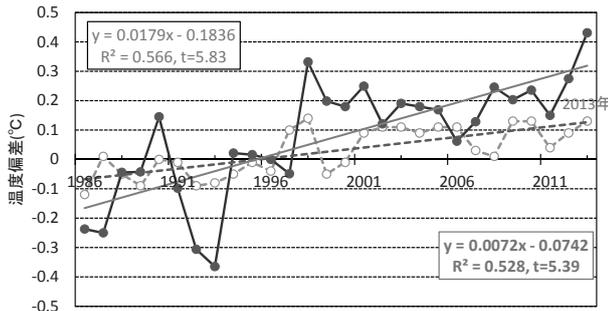


図3 最近28年間の北西太平洋領域のSSTの変化

この変化率は、同期間の全球SSTの上昇率  $0.7 \pm 0.1^\circ\text{C}$  より、2倍以上の大きさである。この両SST間の傾向は完全に一致はしていないが、相関係数は  $R=0.707$  と大きい。

(2) 台風の発生数・上陸数の変化

図4は28年間の台風の発生数の推移を表したものである。決定係数  $R^2=0.227 > 0.101$  ( $t=-2.76 < -2.05$ ) であり、有意に減少している。海水温が上昇しているのならば、熱輸送と関係する台風の発生数が増加する可能性も十分予想できるはずである。しかし、図4では発生数はむしろ減少している。

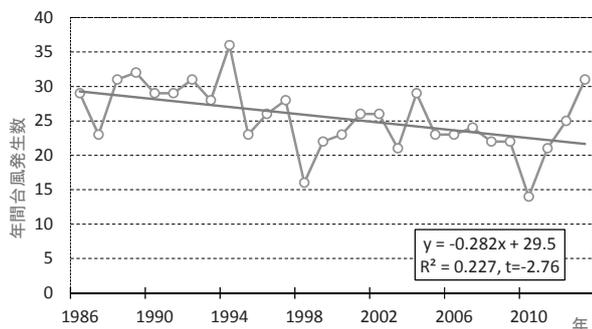


図4 最近28年間の台風の年間発生数の変化

また、台風の日本本土への上陸数の28年間の変化については、決定係数  $R^2=0.040 < 0.101$  ( $t=1.04 < 2.05$ ) であり、有意な変化傾向は見られなかった。上陸数は台風が発生・発達する海域の変化と関係すると思われるが、上陸数で見限り台風の軌道については大きな変化が見られない。

(3) 台風の年平均最低気圧・強風域最大直径の変化

最低気圧は、その台風の強度を表す指標となる。台風の強度の変化を見るために、その年の台風の年平均最低気圧の推移を調査した。年平均最低気圧の傾きの信頼性は小さく  $R^2=0.002 < 0.101$  ( $t=-0.35 > -2.05$ ) と有意ではないことから、温暖化に伴い台風の強さが変化しているとは言えない。台風の強さと強風域の大きさを示す台風の規模は独立のものである。ここで、台風の強風域とは、平均風速  $15\text{m/s}$  以

上の範囲を指す。図5に強風域の年平均最大直径の推移を示す。年平均とは、各年に発生した全台風の強風域最大直径を平均したものである。また、強風域最大直径の単位はnm(海里 nautical mile)であり、 $1\text{nm}$ は $1.852\text{km}$ に相当する。トレンドの傾きは、1年当たり5.04海里(9.3km)小さくなっており、決定係数  $R^2=0.305 > 0.101$  ( $t=-3.37 < -2.05$ ) で、有意な減少傾向があるとえる。

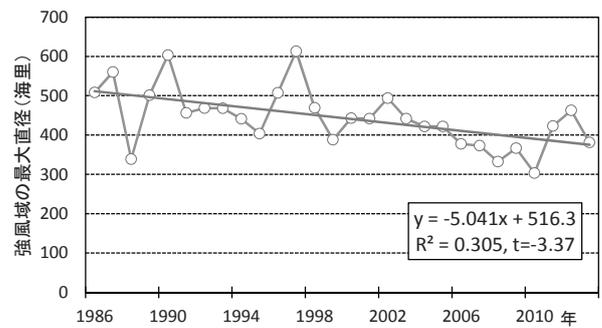


図5 台風の年平均強風域最大直径の変化

このようにSSTは上昇しているにもかかわらず、台風の発生数は減少し、平均の大きさも小さくなっている。

4.2 地域ごとの解析

本節では地域ごとの変化を見るため、緯度・経度ごとに経年変化を求めた。具体的には、緯度および経度についてそれぞれ5度ごとに代表点を取り、海水温、台風の発生数・発生地点の違いなどとの関係を求めた。

(1) 経度別海面水温の推移

図6は東経100度から東経180度まで、経度別に全緯度で平均した海面水温(SST)を示したものである。また表1は経度ごとのSSTの平均値、標準偏差( $\sigma$ )、回帰直線の傾き、

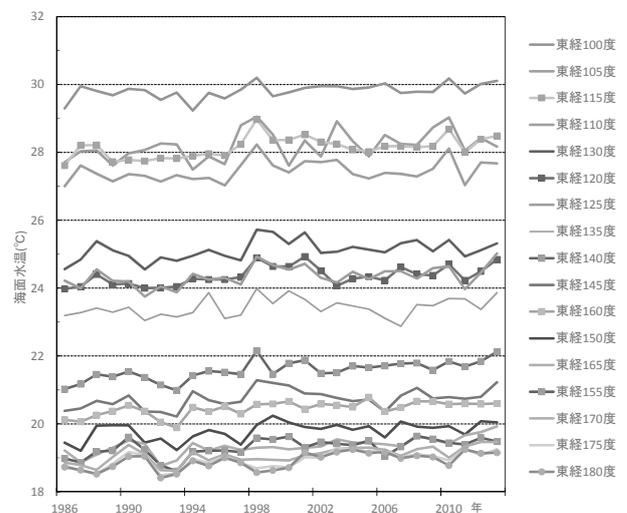


図6 経度別海面水温(SST)

表1 経度別海面水温推移のトレンド関係諸量及び判定

経度	平均	$\sigma$	$R^2$	傾き	SE	t値	判定
東経100度	29.81	0.22	0.15	0.122	0.057	2.13	▲
東経105度	28.20	0.42	0.18	0.022	0.009	2.39	▲
東経110度	27.45	0.30	0.01	0.014	0.027	0.54	—
東経115度	28.15	0.30	0.27	0.020	0.006	3.13	▲
東経120度	24.36	0.27	0.29	0.018	0.006	3.27	▲
東経125度	24.36	0.30	0.20	0.016	0.006	2.54	▲
東経130度	25.12	0.29	0.17	0.015	0.006	2.31	▲
東経135度	23.43	0.28	0.10	0.011	0.006	1.67	△
東経140度	21.57	0.28	0.52	0.025	0.005	5.30	▲
東経145度	20.75	0.27	0.19	0.015	0.006	2.49	▲
東経150度	19.80	0.26	0.24	0.016	0.006	2.85	▲
東経155度	19.30	0.26	0.33	0.019	0.005	3.57	▲
東経160度	20.45	0.21	0.13	0.011	0.006	1.95	△
東経165度	19.35	0.25	0.51	0.022	0.004	5.22	▲
東経170度	19.08	0.24	0.46	0.020	0.004	4.67	▲
東経175度	18.95	0.23	0.41	0.018	0.004	4.21	▲
東経180度	18.91	0.24	0.39	0.019	0.005	4.10	▲
判定: ▲( $t \geq 2$ ), △( $2 > t \geq 1.5$ ), —( $1.5 > t > -1.5$ ) ▽( $-2 < t \leq -1.5$ ), ▼( $t \leq -2$ )							

決定係数( $R^2$ ), 傾きの標準誤差(SE), t値, 及び傾きの有意性検定の判定を記号で示したものである. 図6では, 指定経度上の SST を緯度5度ずつ算出して, これを平均したものをその経度の SST として, 年ごとにその推移を表した. 西に行くほど, 高緯度で大陸の割合が多くなるため, データが熱帯域のみに偏り, 平均 SST は高い. 図の東経100度~東経115度の範囲では SST は, 特に高い値になっている. このため経度どうしの比較は, 緯度の情報も含んだものとなっているが, 全体的に上昇傾向トレンドが見られ, 特に東経140度付近および東経165度付近の海域では大きな上昇トレンドを示した.

(2) 緯度別海面水温の推移

次に緯度ごとの SST の変化傾向を見る. 緯度ごとに28年間平均した SST とその南北変化率を図7に示した. 大気温度変化と同様に SST は北緯30度~45度にかけて急激に緯度とともに変化している様子が確認できる.

図8は, 北緯0度から北緯50度まで5度毎に緯度別に, 年平均した SST の経年変化を示したものである. また表2は図8に示した緯度ごとのトレンドの諸量を表1同様に示

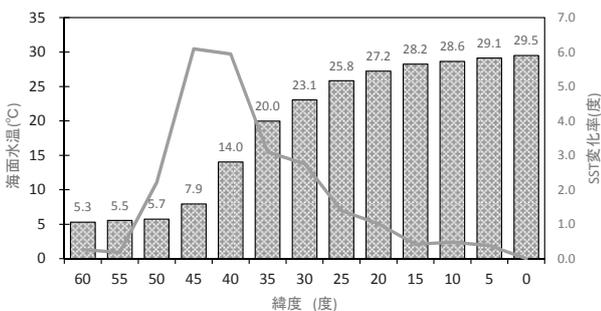


図7 緯度ごとの平均 SST と SST 南北変化率  
棒: 緯度ごとの平均 SST, 折れ線: SST の南北変化率

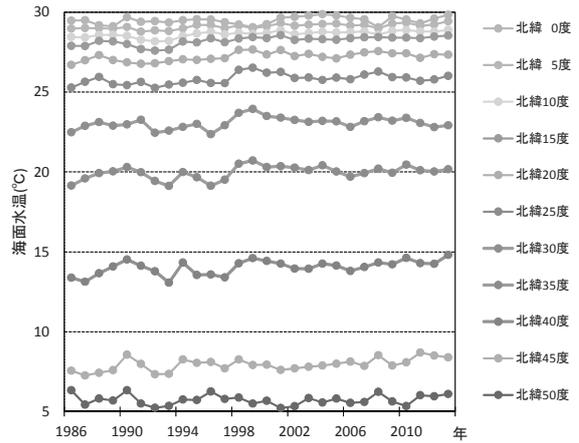


図8 緯度別 SST の経年変化 (北緯0度~50度)

表2 緯度別海面水温推移の各グラフの諸量及び判定

緯度	平均	$\sigma$	$R^2$	傾き	SE	t値	判定
北緯60度	5.3	0.39	0.31	0.029	0.009	3.43	▲
北緯55度	5.5	0.37	0.04	0.016	0.015	1.08	—
北緯50度	5.7	0.32	0.00	0.001	0.008	0.07	—
北緯45度	7.9	0.38	0.33	0.027	0.008	3.57	▲
北緯40度	14.0	0.44	0.32	0.031	0.009	3.49	▲
北緯35度	20.0	0.41	0.12	0.017	0.009	1.90	△
北緯30度	23.1	0.36	0.11	0.014	0.008	1.75	△
北緯25度	25.8	0.32	0.31	0.022	0.006	3.45	▲
北緯20度	27.2	0.27	0.41	0.034	0.008	4.29	▲
北緯15度	28.2	0.26	0.54	0.024	0.004	5.57	▲
北緯10度	28.6	0.19	0.50	0.016	0.003	5.05	▲
北緯5度	29.1	0.16	0.51	0.014	0.003	5.18	▲
北緯0度	29.5	0.23	0.11	0.010	0.005	1.82	△
判定: ▲( $t \geq 2$ ), △( $2 > t \geq 1.5$ ), —( $1.5 > t > -1.5$ ) ▽( $-2 < t \leq -1.5$ ), ▼( $t \leq -2$ )							

したものである. 赤道域では平均 SST の差は小さいが, 図7で示したように北緯35-45度では大きく緯度変化している. ほとんどの緯度域では, テンドは上昇傾向であるが, その中でも北緯40度付近では, 100年当たり  $3.1 \pm 0.9^\circ\text{C}$ , 北緯20度付近では, 100年当たり  $3.4 \pm 0.8^\circ\text{C}$  上昇している. 亜熱帯海域の SST の上昇は, 台風の発生・発達に必要な海水温  $27^\circ\text{C}$  以上の海域を拡大させることになる. また, 昇温の大きな北緯40度は, 暖流の親潮と寒流の黒潮の潮境付近であり, 海流境界の北上を示唆している.

(3) 台風発生位置の経度・緯度変化

台風は, 最近28年間(1986-2013)に713個発生した. これらの台風発生位置に近年変化があるかどうか, 台風発生数と経度・緯度の関係を調べてみた.

図9は, 各年の経度と台風発生数の加重平均により台風が発生した位置の経度の推移を表したものである. 各年, その経度における台風の発生数を重みとして, 加重平均により算出した. 経度の変化率は,  $R^2=0.171 > 0.101$  ( $t=-2.32 < -2.05$ )と有意な負の傾きを示し, 台風の発生日点が西に移

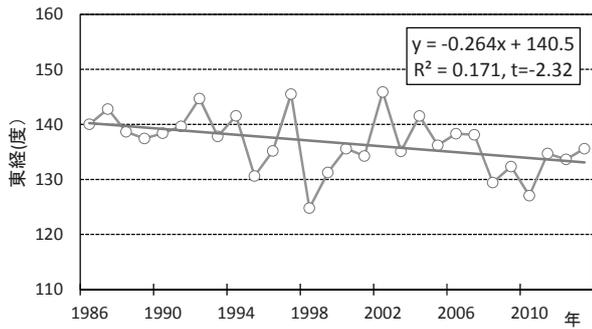


図9 台風発生位置の平均経度の経年変化

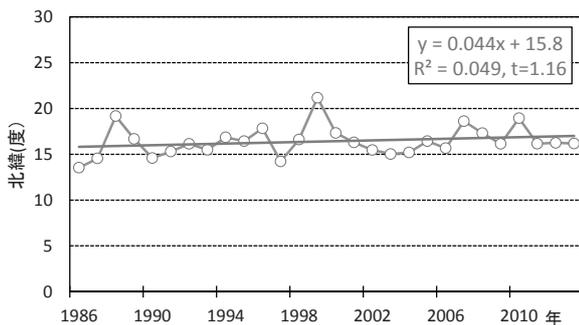


図10 台風発生位置の平均緯度の経年変化

動するトレンドを示唆している。

図10は、加重平均した台風発生位置の緯度の推移を表したものである。経度の場合と同様に、その緯度における台風の発生数を重みとして、加重平均を行い算出した。台風発生の平均緯度は、やや高緯度への移動が見られるものの、 $R^2=0.049 < 0.101$  ( $t=1.16 < 2.05$ ) となり正の傾きは有意とは言えない。SST解析の結果からは、 $27^\circ\text{C}$ 以上の海域が高緯度に拡大していることが示されたが、台風の発生緯度への影響については、台風ごとに詳細を考察する必要がある。

#### 4. 3 エルニーニョ現象とラニーニャ現象

SSTの変化に影響を与えると考えられるものには、地球温暖化のみだけでなく、赤道海域のSSTの変化であるエルニーニョ現象・ラニーニャ現象もあげられる。この現象は、赤道上の大気と海洋の相互作用の結果として引き起こされるもので ENSO(エルニーニョと南方振動)と呼ばれる。地球温暖化とは独立と考えられるものの、異常気象と関係があることから地球温暖化と何らかの関係があるものと推定されている。

ここで、エルニーニョ現象とは<sup>11)</sup>、太平洋赤道域の日付変更線付近からペルー沿岸にかけて、広い海域で平年に比べてSSTが高くなり、その状態が1年程度続く現象のことである。またエルニーニョに対して同じ海域内で平年に比べてSSTが低くなることは、ラニーニャ現象という。これらは赤道上の偏東風(貿易風)の強弱の変化によって引き

起こされる。エルニーニョ現象は、偏東風が弱くなった場合に発生し、太平洋西部に存在していた暖水が東の方へ移動し、東部ペルー沖では、風成海流による冷水の湧昇流が弱くなる。積乱雲の盛んに発生していた海域は東に移動する。ラニーニャにおいては、その逆で偏東風が普通より強くなることで、西部に暖水がより厚く蓄積され、東部での冷水の湧き上がりが強くなる。積乱雲発生地点は、平常時より西に移動する。このような、エルニーニョ現象やラニーニャ現象などの変化をここでは、熱帯海域の「海洋イベント」とよぶことにする。

熱帯海域の海洋イベントと台風の発生・発達の関係については、パンウォンサー<sup>12)</sup>によって、1951年-2008年の58年間1537個の台風について調査され、台風の発生・接近・上陸への影響の可能性は小さいと結論づけている。しかし、ここでは、より最新のデータに限定して、最近28年間の全713個の台風について熱帯海域の海洋イベントと台風の発生・発達の関係について再度調査を行った。

ここでは、熱帯海域の海洋イベントが台風の発生地点や、寿命に影響を与える可能性について解析を行う。エルニーニョ期間中、ラニーニャ期間中、そのどちらでもない期間中の台風発生数はそれぞれ162個、151個、400個で合計713個である。それぞれの海洋イベントの期間については、表3の気象庁が掲載しているエルニーニョ現象及び、ラニーニャ現象の発現時期を参照した。また表4には、表3での四季と月の対応を示している。これらを基に、エルニーニョ現象期間、ラニーニャ現象期間、およびどちらでもない期間に分けて台風の発生・発達を比較した。

表5はエルニーニョ現象の期間、ラニーニャ現象の期間、現象なしの期間のそれぞれの台風の発生数、月数、台風の寿命、日本本土への接近数、期間平均最低気圧、期間平均強風域最大直径をまとめて示したものである。

##### (1) 台風の寿命

エルニーニョ現象では、暖水の海域が拡大する、そうであれば、おのずと台風の発生・発達が助長されることになると考えられる。またラニーニャ現象では、その海域が狭まるため、発生・発達できる時間と空間が短くなるはずである。一方では、赤道領域では、自転の影響(コリオリ力)が小さいため台風は発達できない。では実際はどうだろうか。表5中の値は、それぞれのイベントごとに台風の値を平均したものであり、各標準誤差も同時に示した。表5に示した台風の平均寿命は、現象なし期間は $132 \pm 4$ 時間に対して、エルニーニョ現象期間では、 $145 \pm 7$ 時間と現象なし期間に比べて長くなっている。ただし、このエルニーニョ期間の変動の幅は大きい。またラニーニャ現象期間の値を見ると、 $99 \pm 5$ 時間と短く、現象なし期間の寿命と比較すると、有意な差が見られる。すなわち、台風の寿命はエルニーニョ現象時に最も長い。

表3 エルニーニョ及びラニーニャ現象発現時期

エルニーニョ現象	ラニーニャ現象
	1949年夏～ 50年夏
1951年春～51/52年冬	
53年春～ 53年秋	54年春～55/56年冬
57年春～ 58年春	
63年夏～63/64年冬	64年春～64/65年冬
65年春～65/66年冬	67年秋～ 68年春
68年秋～69/70年冬	70年春～71/72年冬
72年春～ 73年春	73年夏～ 74年春
	75年春～ 76年春
76年夏～ 77年春	
82年春～ 83年夏	84年夏～ 85年秋
86年秋～87/88年冬	88年春～ 89年春
91年春～ 92年夏	95年夏～95/96年冬
97年春～ 98年春	98年夏～ 2000年春
2002年夏～02/03年冬	2005年秋～ 06年春
	07年春～ 08年春
09年夏～ 10年春	10年夏～ 11年春

表4 発現時期における四季の定義

【春】3月～5月(3/1～5/31)	【秋】9月～11月(9/1～11/30)
【夏】6月～8月(6/1～8/31)	【冬】12月～2月(12/1～2/末日)

表5 海洋イベントと台風の諸量との関連性

台風の性質	現象なしの期間	E現象の期間	L現象の期間
総期間台風発生数	400	162	151
総期間(月)	179	72	85
寿命平均(時間)	132±4	145±7	99±5
発生数(個/年)	26.8±2.0	27.0±2.9	21.3±2.8
接近数平均(個/年)	5.9±0.8	6.8±1.4	4.2±1.1
最低気圧平均(hPa)	962±1	959±2	970±2
強風域最大直径平均(nm)	453±10	498±19	382±15
発生日点平均経度(E°)	137.4±0.8	142.0±1.5	132.0±1.2
発生日点平均緯度(N°)	16.1±0.3	15.2±0.4	18.1±0.5

ただし、E現象:エルニーニョ現象、L現象:ラニーニャ現象を表す。

### (2) 日本本土への台風の接近数

日本本土への接近数は、エルニーニョ現象及び、ラニーニャ現象とは、直接的な関係を持つとは言えないが、SSTの温度分布や偏東風(貿易風)の強弱が、台風の発生日点や台風の進路に影響を与える可能性も否定できない。

表5に期間ごとの発生数および接近数の平均を示す。この値は、各年に起きた台風の発生数および上陸数を年間当たりに換算したものである。これらのイベントごとの差を見ると、発生数について現象なしとエルニーニョ期間では27と有意な差はないが、ラニーニャ期間には発生数は21と少ない。接近数についてもラニーニャ期間に4.2個/年と最も少なく、エルニーニョ現象期間に6.8個/年と最も多くなっている。すなわち、発生数の少ないラニーニャ期間に台風の日本本土への接近数は、少なくなっている。

### (3) 台風の最低気圧

暖水の海域が広くなれば、その分台風は強く発達し、逆に狭まれば発達は弱くなると推定される。表5にイベントごとに平均した最低気圧を示した。エルニーニョ現象の発

現している期間では、平均959±2 hPaと、現象のない期間の962±1 hPaをわずかに下回っている。よって台風の強度は多少増大しており、ラニーニャ現象期間における最低気圧は970±2 hPaと高く、現象のない期間より弱い。したがって、両現象がない期間に比べエルニーニョ期間では台風は比較的強く、ラニーニャ期間では比較的弱いと言える。これらの差は、危険率5%で統計的に有意である。

### (4) 強風域最大直径

前述のように暖水の海域が拡大すると、それに伴って台風規模も大きく発達することが期待される。

強風域最大直径平均、台風の規模もエルニーニョ現象が起きているときに、より大きくなると推測される。表5に、海洋イベントごとに平均した強風域最大値の直径(海里 nm)を示した。強風域の最大直径は、エルニーニョ現象時498±19海里、現象なしの時453±10海里、ラニーニャ現象時382±15海里的順に小さくなっている。これらの差は、統計的にも有意である。規模についても、エルニーニョ時に最大となっている。

### (5) 経度別台風発生率

図11は海洋イベントごとの1年あたり経度別台風発生数である。左から、エルニーニョ現象期間、ラニーニャ現象期間、現象のない期間の順である。100度から180度まで10度ずつ区切ったときの発生数である。エルニーニョ現象時は、比較的東よりの東経150度～160度海域において発生数が最大である。ラニーニャ現象の発現時では、西よりの東経130度～140度海域で発生数が最大である。現象なし時のデータでは、東経130度～150度で多く、エルニーニョ現象時、ラニーニャ現象時の中間的な発生数分布となっている。台風の発生平均経度(表5)で見ても、エルニーニョ現象期間142度、ラニーニャ期間132度と暖水の海域の移動に連動して、台風の発生日点も移動していることがわかる。

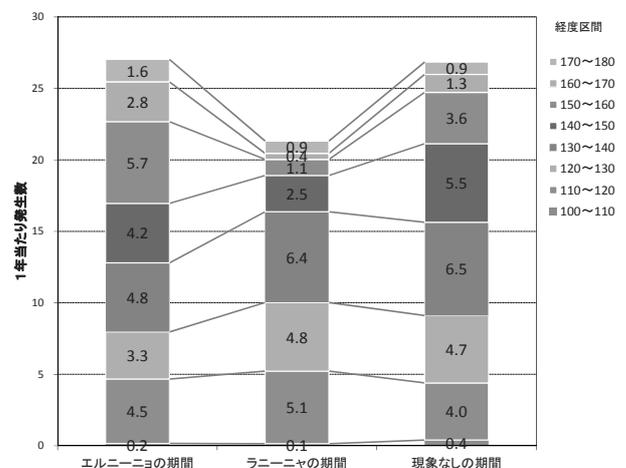


図11 海洋イベントごとの1年間あたり経度別台風発生数合計は、期間台風発生数

エルニーニョ現象期間は偏東貿易風が弱まり、暖水海域が東に拡大するとともに、その発生地点も東へ移動する。ラニーニャ現象期間は、貿易風が強まり、暖水海域がより西に追いやられ、その発生地点も西へ移動することを示している。

(6) 緯度別台風発生率

図12は海洋イベントごとの1年あたり緯度別台風発生数である。経度別台風発生数と同じように、左から、エルニーニョ現象期間、ラニーニャ現象期間、現象なしの期間の順で示される。北緯0度から35度までを、5度ずつ区切った時の1年当たりの発生数である。エルニーニョ現象の発現時は、北緯10度～15度における発生数が一番大きい。ラニーニャ現象時には、北緯10度～15度における発生数は減少し、北緯15度～20度が最も多くなっている。現象なしの場合は、北緯15度～20度が最大だが、10度～15度の発生数は、中間的となっている。台風の発生地点の平均発生緯度を見ても(表5)、エルニーニョ期間15.2度に対して、ラニーニャ期間18.1度と、エルニーニョ現象時の赤道領域での暖水の拡大、ラニーニャ現象時の冷水の拡大に伴って、台風の発生地点はエルニーニョ時には低緯度に、ラニーニャ時には比較的高緯度に移動していることが分かる。言い換えると、エルニーニョ現象のように、熱帯域で暖水海域が拡大した場合は、低緯度での台風発生が多くなり、ラニーニャ現象のように、暖水海域が縮小した場合は、台風の発生地点はより高緯度つまり北へ拡大することとなる。

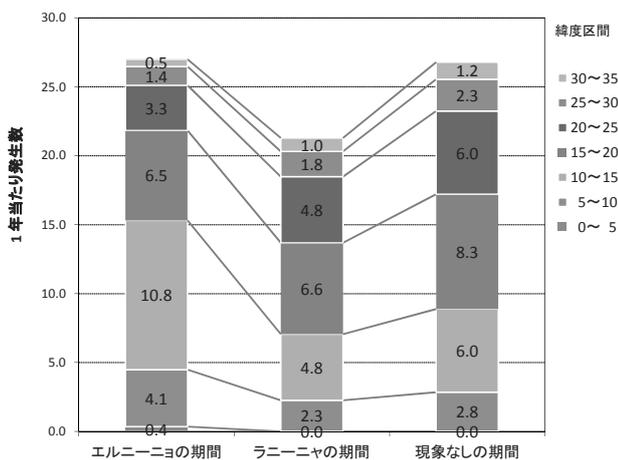


図12 海洋イベントごとの1年あたり緯度別台風発生数  
合計は、期間台風発生数

5. 結論

本研究では、気象庁により公開されている28年間(1986～2013)の海面水温、及び台風の発生数、発生地点、最低気圧、強風域最大直径等の台風を特徴付ける因子のデータ

を用いて、台風の発生発達に及ぼす地球温暖化の影響について考察した。解析に際して、気象庁の海面水温(SST)の画像データからデジタルデータ化するVBA解析プログラムを開発した。

解析結果より、次の結果が得られた。

- ・気象庁の発表している全球の海面水温の推移では、100年間で、 $0.55 \pm 0.03^\circ\text{C}$ 上昇しているが、日本を含む北西太平洋域においても、海面水温の上昇が確認でき、最近28年間のデータからは100年当たり $1.8 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 上昇していると推定される。

- ・28年間のトレンドとして、台風の発生数の変化では減少する傾向を持っており、強風域の最大直径も小さくなる傾向を持っている。

台風の日本本土への上陸数、平均最低気圧においては、そのトレンドは見られなかった。

- ・台風の発生地点については、年々西および北に移動しつつある。ただし北向き移動については、統計的に有意ではない。

- ・台風の強度や規模等の各要素はエルニーニョ現象及び、ラニーニャ現象に大きく左右される。

エルニーニョ現象の発現時には、台風の発生・発達は助長され、ラニーニャ現象の発現時には、逆に発達は抑えられる。台風の強度、規模つまり最低気圧、強風域の最大直径はエルニーニョ期間に最大である。

- ・エルニーニョ現象が発現しているときの台風の発生地点は東より、また低緯度になり、ラニーニャ現象時には、西より及び高緯度である。

これらの結果からも、地球温暖化及び海面水温の上昇の台風の各種の要素に及ぼす影響を単純に推定することは難しい。エルニーニョ現象及びラニーニャ現象が、熱帯海域のSSTの変化に大きく関与していることを考えれば、温暖化とエルニーニョ現象との関係などに今後焦点を当てていく必要があると考えられる。

今回は、画像データとして提供されたものをデジタル化するという方法で解析を進めたが、この方法はいたるところで応用できる可能性を持っている。

本研究では、ある程度合理的な結論が得られたが、データ数の少なさなどから、複雑な海洋データの分析としては、十分な解析とは言えないかも知れない。今後とも、計算プログラムの改善を図りつつ、更に海流などの力学的考察や、日射量など関連する他データとの関係を調べるなど詳細な解析が望まれる。データ解析においては、精度の良い多量のデータが非常に重要で、利用できるデータの収集や観測を続けていくことが必要である。

## 謝 辞

平成 25 年度課題研究として一緒に取り組んだ、小山昂祐君、前田彩夏さん、土屋宏遠君に感謝します。

(平成 26 年 9 月 17 日受付)

(平成 26 年 12 月 3 日受理)

## 参考文献

- 1) 気象庁: 2013 年 (平成 25 年) の台風について, 平成 25 年 12 月 24 日, 気象庁 HP, 平成 25 年新着情報
- 2) 気象研究所: 平成 25 年台風第 18 号の発達とそれに伴う近畿地方の大雨の発生要因～高い海面水温、及び偏西風との相互作用～, 気象研究所 HP, 報道発表資料 ([http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H25/press/20131007/press20131007\\_T1318.pdf](http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H25/press/20131007/press20131007_T1318.pdf))
- 3) 気象庁, 平成 25 年台風第 18 号による 9 月 15 日から 17 日にかけての大雨、暴風及び突風, 災害時気象速報, 災害時自然現象報告書 2014 年第 1 号
- 4) 国土交通省, 台風 30 号 (フィリピン) の被害概要について ([http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/r-jigyohyouka/dai04kai/siryou6.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/r-jigyohyouka/dai04kai/siryou6.pdf))
- 5) 気象庁 HP, 気象統計情報, (2014. 2)  
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 6) 北本 朝展, デジタル台風, 国立情報学研究所 HP, (2014. 2)  
<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>
- 7) Office TANAKA, VBA プログラム, (2014. 2)  
<http://officetanaka.net/>
- 8) Bird-Soft Weblog, VBA プログラム,  
[Http://www.bird-soft.net/mt/2008/07/getpixlexcel\\_vba.html](http://www.bird-soft.net/mt/2008/07/getpixlexcel_vba.html)  
(2014 年 2 月アクセス)
- 9) 気象庁, 海水温の長期変化傾向, 気象庁 HP, 各種データ・資料, 地球環境・気候, 地球温暖化, 気温・降水の長期変化傾向 (2014. 9)  
([http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_wld.html](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html))
- 10) 気象庁, 世界の平均気温, 気象庁 HP, 各種データ・資料, 海洋の健康診断表, 地球温暖化に対する診断表・データ (2014. 9)  
([http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a\\_1/glb\\_warm/glb\\_warm.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/glb_warm/glb_warm.html))
- 11) 小倉義光, 10 章気候の変動, 10.3 エルニーニョ, 一般気象学[第 2 版], 東京大学出版会, pp282-291, (2003)

- 12) Phanvongsa Nilundone, 台風の発達と地球温暖化, 平成 20 年度課題研究報告集, 八代高専土木建築工学科, pp12 (2008)