

沖ノ鳥島で観測した台風9713号の眼

中埜 岩男*¹ 藤森 英俊*¹
木邑 純一*²

1997年8月15日未明、沖ノ鳥島が台風9713号の無風域に入ったことが観測された。那覇の気象レーダでは、台風9713号は半径200km以上の二重眼が観測されている。この台風についてマイヤーズおよび藤田のモデルを用いて、沖ノ鳥島通過前後のパラメータを計算したところ、パラメータが二つに分かれた。この原因として、台風9713号が単眼から二重眼に変化したことが考えられる。従って、沖ノ鳥島で観測された無風域は、二重眼の外側のリングに沖ノ鳥島が入ったことを示しているものと考えられる。

キーワード：沖ノ鳥島・台風・二重眼

The eye of Typhoon 9713 observed at Oki-no-Tori Sima

Iwao NAKANO*³ Hidetoshi FUJIMORI*³
Junichi KIMURA*⁴

At Oki-no-Tori Sima (20.4° N, 136° E), a five-hour long windless zone was observed at dawn on 15 August while Typhoon 9713 approached and a strong wind blew over Oki-no-Tori Sima. However, the weather map showed that Oki-no-Tori Sima was more than 226km apart from the eye of Typhoon. The meteorological radar in Okinawa clearly observed the double eye structure of Typhoon 9713 where the outer ring was more than 200km in radius on 17 August. A parameter analysis using Meyers's and Fujita's models revealed the typhoon changed the structure on 15 August. After then, the typhoon kept it till 17 August. So, the windless zone was believed to be a part of the outer eye of Typhoon 9713.

Key Words : Oki-no-Tori Sima, Typhoon, Double eye

* 1 海洋科学技術センター

* 2 新日本気象海洋株式会社

* 3 Japan Marine Science and Technology Center

* 4 Shin-Nippon Meteorological & Oceanographical Consultant Co., Ltd.

1. はじめに

沖ノ鳥島は、フィリピン海中央部に位置する日本最南端の環礁であり、陸の影響を受けないユニークな観測環境を提供し、海洋気候の理想的な観測点となっている。しかも、日本にやって来る台風の半数以上は沖ノ鳥島の近くを通過するため、沖ノ鳥島は台風を観測する上でも重要な観測点の一つと考えられる。海洋科学技術センターが継続的な気象観測を開始した1993年4月以降でも、毎年台風が観測されている。しかし、沖ノ鳥島で無風状態を観測することは稀であり、これまでに無風状態を観測したのは、台風9713号だけである。この台風9713号を取り上げて、沖ノ鳥島における台風の観測の有用性を検討した。

沖ノ鳥島の観測データは、台風9713号が沖ノ鳥島に最接近してきた1997年8月15日未明、最大風速34m/sを記録した直後、突然平均風速ゼロの無風状態に入り、約5時間この状態が継続し、その直後、最大風速31m/sの暴風が再び吹き出したことを示している。1997年8月15日9時の天気図(図1)によると、台風の中心部が西北西に進路を取りながら沖ノ鳥島の北側を226km以上離れて通過して行ったことが示されている。沖ノ鳥島で観測されたこの無風状態は、台風の眼の中に沖ノ鳥島が入ったことを示すものと考えられるが、台風の眼は衛星画像による限りは半径226km以上であることは示されていない。しかし、沖縄本島的那覇の気象レーダの画像(図2)では、台風9713号の半径200km以上の巨大な二重眼^{1),2)}が観測されていた。従って、沖ノ鳥島は台風9713号の外側の眼に入っていたことが考えられる。

2. 沖ノ鳥島における観測データ

海洋科学技術センターが沖ノ鳥島に設置している気象計は、ノルウェーのアンダーラ社製ウェザーステーションAWS 2700であり、平均風速、最大風速、風向、気温、湿度、気圧、日射量および全放射量である。平均風速は30分間の風速の平均値であり、最大風速は30分間のうちの4秒平均風速の最大値を表す。台風の沖ノ鳥島通過前後を含む1997年8月9日から8月20日までの12日間の30分毎の観測データを図3に示す。

図3の風速データによると、8月12日から台風による風が徐々に強まり、8月15日1時30分に最大風速34m/s、平均風速の最大値25.7 m/sを示した後、急速に風が弱まり、同日5時に平均風速で無風状態となった。この無風状態は10時30分までの5時間30分続いた。この直後の11時に再び強風が吹き出し最大風速31m/sを記録し、平均風速23.2m/sの暴風域に入った。この後は、ゆっくりと風が弱まり、18日に台風の影響が殆どなくなった。

風向では、台風が沖ノ鳥島に東から近づいて来るに従って、通年卓越している東の風から反時計回りに北の風に変わり、更に西の風に変わった。沖ノ鳥島が、台風の無風域に突入する直前の西側の暴風域の最大風速域では、一時的に風向が不安定になり大きく変化していた。台風の無風域の中では弱いながらも西の風があることを示している。東側の暴風域が沖ノ鳥島を通過した後は南西の風で殆ど変化がなく、台風が遠ざかるにつれて元の東の風に戻った。

気圧の変化を見ると、台風の西側の暴風域の最大風速域よりも少し内側で最低気圧974hPaを示したことが分かる。台風の無風域では、975.1hPaから978.6hPaまで上昇しこの後976hPaまで一時的に減少するが再び気圧が上昇し、978.6hPaで東側の暴風域に入っている。このように、無風域でも、最低気圧を示さず、小さいながらも気圧傾度がみられる。台風の東側の暴風域では、978.6hPaから外周に向かってゆっくりと気圧が上昇している。天

図2の風速データによると、8月12日から台風による風が徐々に強まり、8月15日1時30分に最大風速34m/s、平均風速の最大値25.7 m/sを示した後、急速に風が弱まり、同日5時に平均風速で無風状態となった。この無風状態は10時30分までの5時間30分続いた。この直後の11時に再び強風が吹き出し最大風速31m/sを記録し、平均風速23.2m/sの暴風域に入った。この後は、ゆっくりと風が弱まり、18日に台風の影響が殆どなくなった。

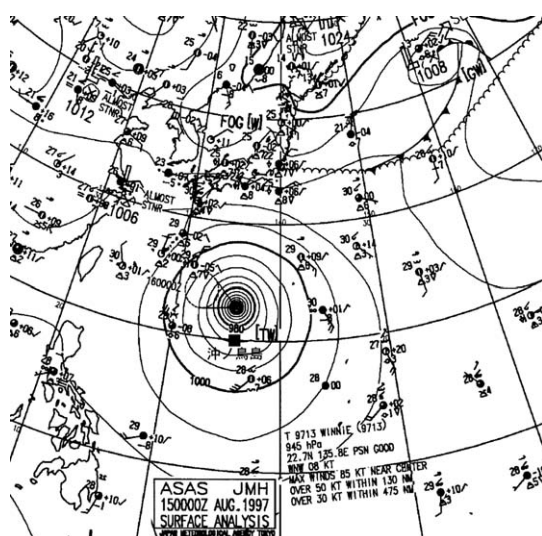


図1 詳細天気図(1997年8月15日9時JST 気象庁提供)
Fig. 1 Weather Map (9:00 15 August 1997 Courtesy of Japan Meteorological Agency)

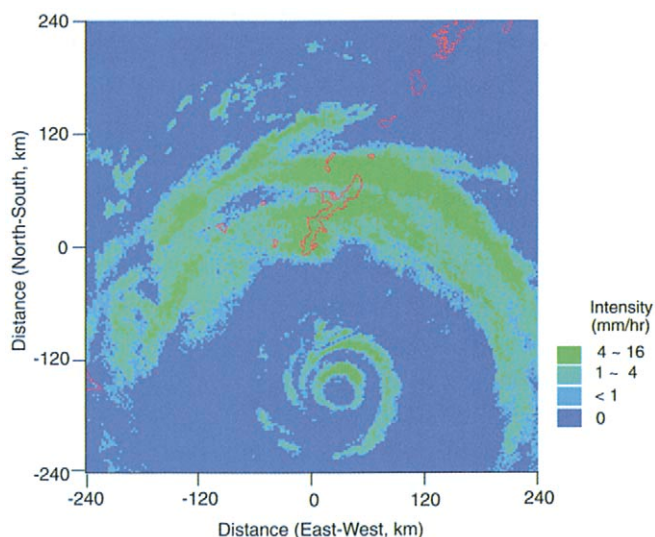


図2 沖縄の気象レーダがとらえた台風9713号の二重眼
(1997年8月17日10:30, 気象庁沖縄気象台提供)
Fig. 2 Radar Image of the double eye of Typhoon 9713
(10:30 17 August, 1997 Courtesy of Okinawa Meteorological Observatory)

気図では沖ノ鳥島は980hPa等圧円の外側に位置していることになるが、沖ノ鳥島の観測データは14日の午後から15日の午後までの約1日間980hPa以下で980hPaの等圧線の内側に位置していたことを示している。

気温の変化では、西側の暴風域では28.6℃を記録した後、徐々に気温が低下し、無風域で、26.5℃まで低下した。その後、徐々に28.5℃まで上昇し、西側の暴風域でも、更に気温が上昇し、29℃を越えた。

日射をみると、台風の接近まではほとんど変化が無かったが、沖ノ鳥島が台風の無風域に入った15日には、一時的に大幅に減少した。16日以降は、元の状態に戻った。

3. 台風の特徴

沖ノ鳥島の観測データを整理して、台風9713号の特徴を検討する。気圧と最大風速の関係を図4aに示す。無風域を無視すると、最大風速は気圧に反比例して、大きくなっていることが明らかである。この関係を示す回帰直線を求めると、

$$\text{最大風速 (m/S)} = -0.77(\text{気圧} - 1010) + 5.5$$

$$\text{相関係数} = -0.94$$

となった。

平均風速と風向データを用いて、風ベクトルを南北流と東西流に分解した。南北流は、図4c, 4eに示すように、台風の無風域の通過前後できれいに反転している。即ち、台風の西側では南向きの北風成分が次第に強くなり、最大となった時に、無風を経て、北向きの南風成分に反転する。中心部近くで強く、外側では、ゆっくりと弱くなっている。南風成分及び北風成分共に最大振幅は18m/Sで、一致している。従って、同心円状の強風域を観測したものと考えられる。これから、無風域の大きさが分かれば、風向の変化から台風の中心までの距離が求められる。沖ノ鳥島で観測した無風状態は5.5時間続き、この時の台風の移動速度は、西の方向15km/hであったので、無風域の大きさは約80kmとなる。風向は、西で269.8度、東で225.8度であったので、この風向の変化から、半径を求めてみると、100kmとなった。実際の半径は、200km以上と得られているので、この数値に合わせるには東の風向は246度程度でなくてはならない。このことは、台風の構造が東西で対称ではないことを示しているものと考えられる。

図4dと4fの東西成分に着目すると、台風が沖ノ鳥島に近づくに伴って、東の風から西の風に変わり、気圧の低下とともに風速が強まっている。これは、台風に向かって、周囲から強い風が吹き込んでいることを示している。

図4bに気圧の変化に伴う気温の変化を示す。気圧が下降すると若干は気温の上昇が見られるが、全体的には気圧の変化に連動した変化は見られず、最低気圧付近では、逆に、気温が低下している。従って、図4からは中心に近づいても必ずしも気温が上昇するとは限らず、南

から強い風が吹いているときに気温が高いことを示している。無風域では相対的に冷たい北西の風の圏内にあり、南からの暖かい風がないので、気温が上昇していないものと考えられる。

沖ノ鳥島で観測された風ベクトルを、台風を中心として沖ノ鳥島と相対的な位置関係で描いたのが図5である。この図によると、台風の東側では、北の風が風速を増しながら西の風に変わっていることが分かる。台風の西側では、ほぼ南西の風で一定となり、徐々に風速が弱まっていつている。1200km以上はなれると南西から東の風に戻っている。このように、台風の東と西では若干の非対称性を示している。

4. 台風9713号の解析

台風9713号の経路と各点における暴風域を図6に示す。この図によると、台風9713号は、沖ノ鳥島接近前の8月13日に最も発達し、超大型台風になっている。沖ノ鳥島最接近時の暴風域の半径は330kmで、沖ノ鳥島が25m/s以上の暴風域に入ったことが示されている。

沖ノ鳥島における観測データを用いて、台風モデルによるパラメータ解析を行った。台風モデルとして、台風域内の気圧分布を表すマイヤーズの式と藤田の式の両方を用いることとした³⁾。

a. 藤田の式

$$P(r) = P_{\infty} - \frac{\Delta P}{\sqrt{1 + \frac{r^2}{r_0^2}}}$$

b. マイヤーズの式

$$P(r) = P_0 + \Delta P \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right)$$

ここで、 $P(r)$: 台風域内の気圧

r : 台風の中心からの距離

P_{∞} : 台風から十分に遠く離れた点の気圧

ΔP : 台風中心の気圧降下量

r_0 : 中心付近の最大風速域の半径

P_0 : 台風の中心気圧

である。

この両式を、気象庁から公表されている台風9713号の位置および気圧データと、沖ノ鳥島の気圧データに適用して、気圧降下量、暴風域半径などを求めた。この時、全データからパラメータを求めようとしたが、データを良く見ると、図7に示すように、台風が沖ノ鳥島に東から近づいて来る場合と沖ノ鳥島から西に遠離る場合の二つのグループにデータセットが分かることが明らかとなったので、別々にパラメータを評価することとした。この結果を表1に示す。

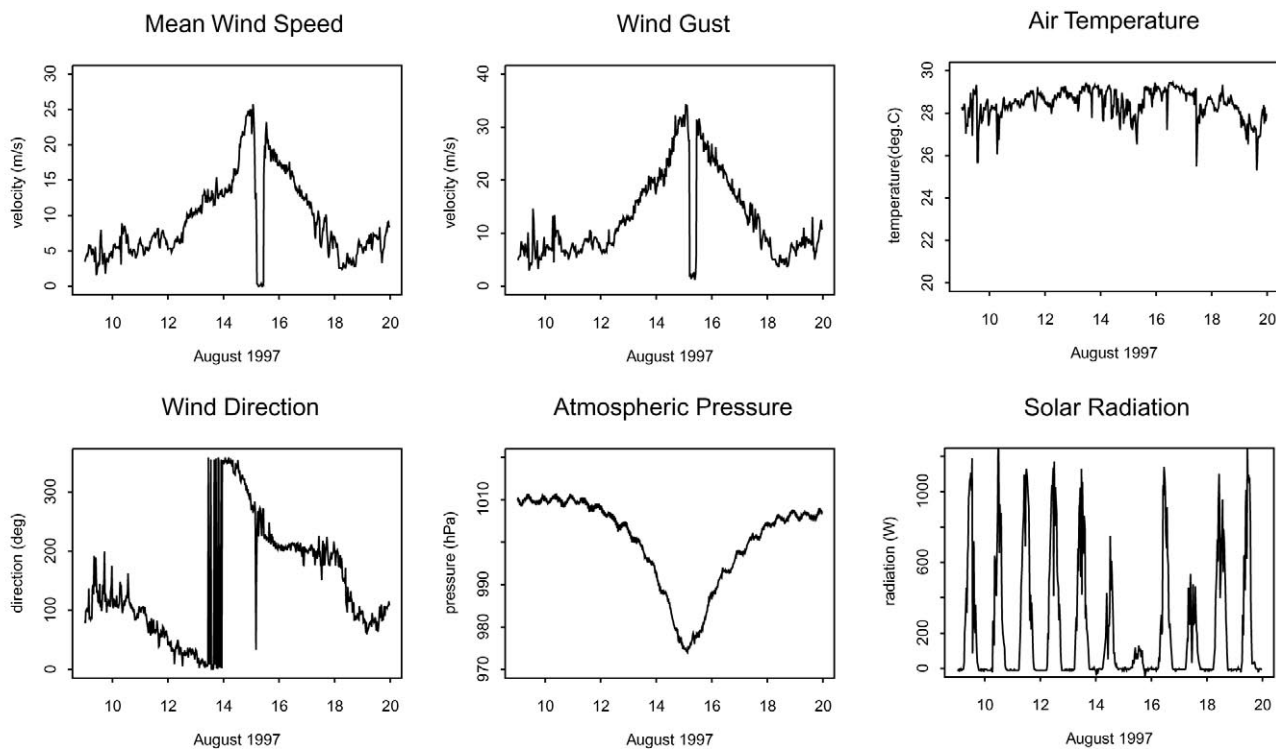


図3 沖ノ鳥島気象観測データ(1997年8月9日~18日)
Fig. 3 Meteorological elements observed at Oki-no-Tori Sima (9~18 August, 1997)

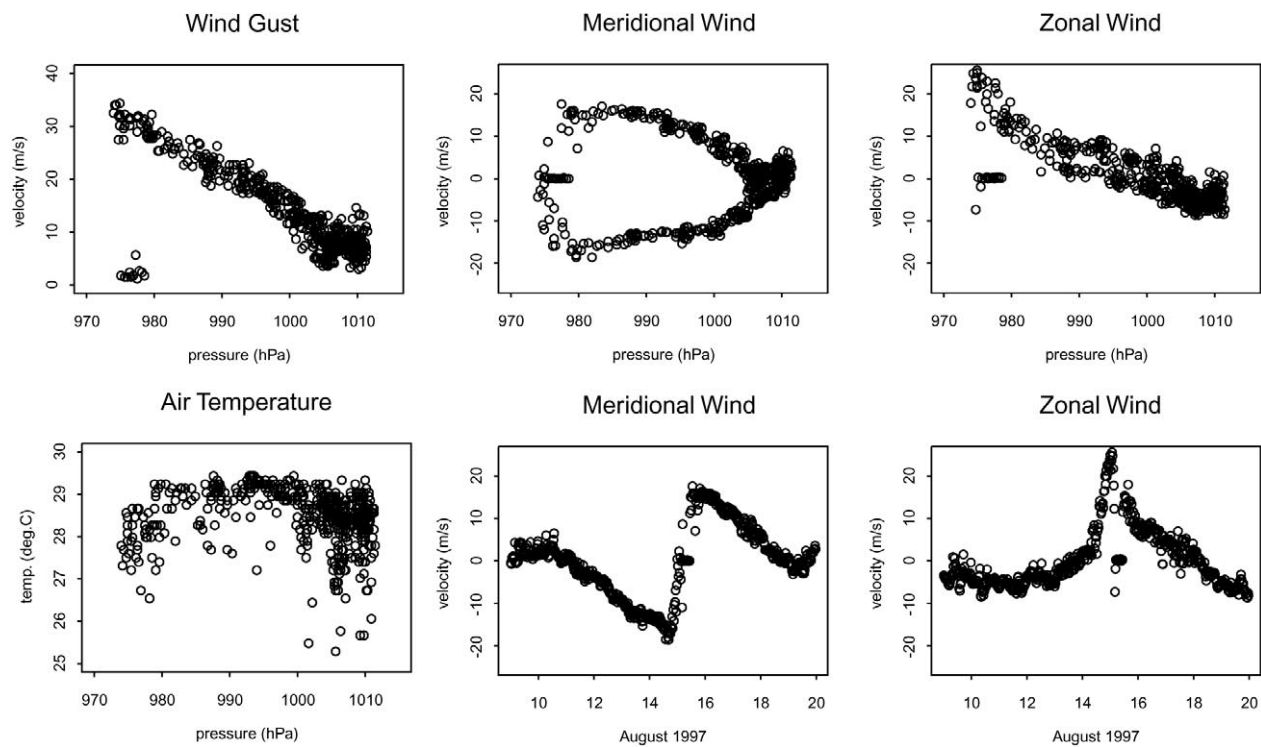


図4 風ベクトルと気温の気圧依存性
a.最大風速, b.気温, c.風の南北成分, d.風の東西成分, e.風の南北成分の時系列変化, f.風の東西成分の時系列変化
Fig. 4 Pressure dependence of wind and temperature
a. Wind Gust, b. Air temperature, c. Meridional wind, d. Zonal wind, e. Time series of meridional wind, f. Time series of zonal wind

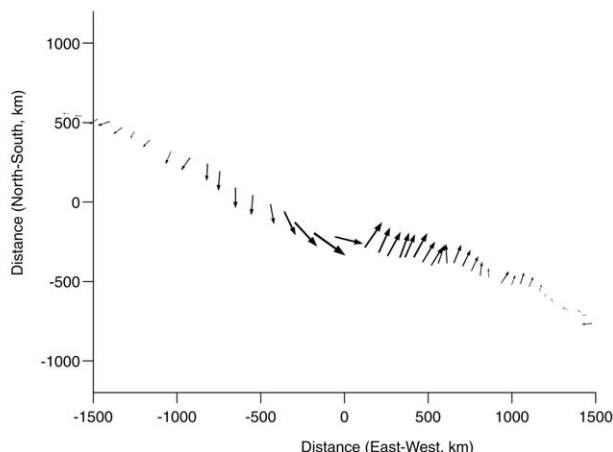


図5 台風9713の中心を基点として描いた風ベクトルの空間分布
Fig. 5 Spatial Structure of Wind Vector relative to the center of Typhoon 9713

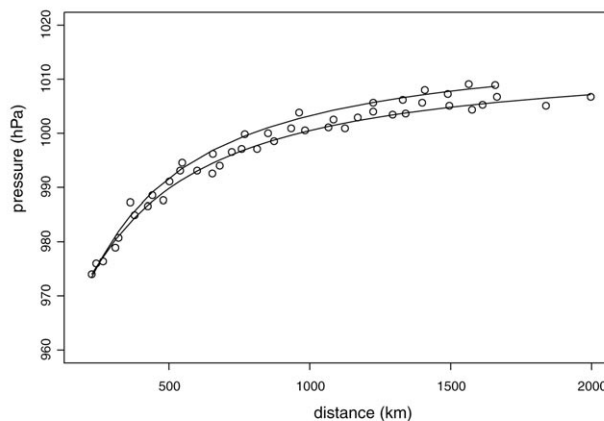


図7 マイヤーズの式による台風9713号のパラメータ解析
Fig. 7 Parameter Analysis of Typhoon 9713 using Meyers Equation

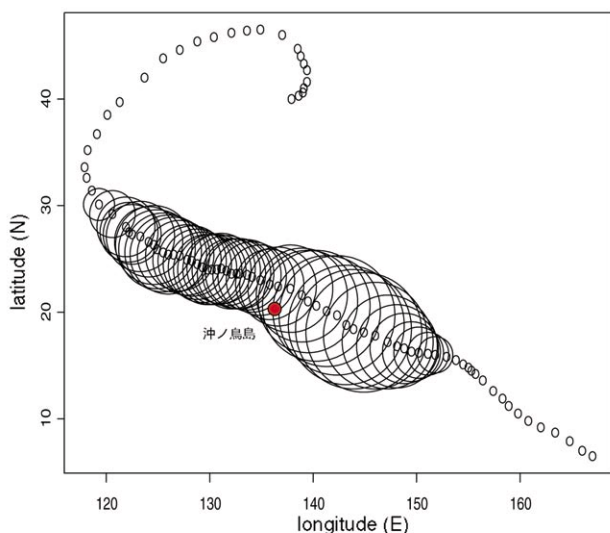


図6 台風9713号の経路と暴風域半径
Fig. 6 Track and Storm radius of Typhoon 9713

表1によると沖ノ鳥島に近づいて来る時に、最大風速域半径が254km, 228km, 遠離る時に298km, 266kmとなり、沖ノ鳥島から遠離る時の半径が、近づいて来る時の半径よりも大きいという結果が得られた。気象庁の公表しているデータでは、台風の大きさは、沖ノ鳥島に近づいて来る8月13日に最大であり、沖ノ鳥島を通過してからは、むしろ弱まっている。しかし、暴風域の半径は、15日3時までは、南東方向と北西方向とで、その大きさを異にしている。沖ノ鳥島に対して進路方向にあたる北西方向の暴風域半径は280kmでほぼ一定であるが、南東方向の半径は台風の勢力の変化とともに、最大の560kmから320kmへと小さくなっている。15日9時から同心円となり半径は330kmで一定となった。最大風速は、45m/sでほぼ一定であった。

両者を比較すると、沖ノ鳥島で観測したデータから求めたモデル1の最大風速域の半径は、台風の北西方向の暴風域半径と、マイヤーズの式で26km、藤田の式で52kmとの差がある。モデル2の最大風速域の半径では、暴風域の半径と、マイヤーズの式で32km、藤田の式で64kmの差がある。しかし、最大風速域の半径の変化が、マイヤーズの式で43.4km、藤田の式で38kmであり、暴風

表1 沖ノ鳥島観測データによる台風9713号の気圧分布のパラメータ
Table 1

モデル式	半径km	気圧差hPa (無限遠 - 中心)	気圧 hPa (無限遠・中心)	標準偏差 hPa
マイヤーズ 1	254.2	66.1	952	1.03
藤田モデル 1	228	61	1017	1.06
マイヤーズ 2	297.6	55.9	959	0.94
藤田モデル 2	266	52	1014	0.93

モデル1：台風が沖ノ鳥島に近づいて来ている時
モデル2：台風が沖ノ鳥島から離れて行っている時

域の半径の変化50kmとはほぼ一致している。台風と沖ノ鳥島との位置関係から、14日までは北西方向の台風の勢力をモデル化し、15日以降は南東方向の勢力をモデル化していることになる。

モデル1とモデル2で表す中心気圧は、それぞれ952hPaと959hPaとなった。モデル1の場合の実際の台風の中心気圧は915hPaから940hPaまで変動している。モデル2の場合は945hPaでほぼ一定であった。モデル1の場合には、その差は37hPaから12hPaであり、モデル2の場合は14hPaであった。また、気圧と風速の関係式から、モデル1の場合は50m/s、モデル2の場合は45m/sと求まる。モデル1とモデル2で表す台風から十分遠く離れた点での気圧は、それぞれ1017hPaと1014hPaで若干高めであった。

5. 考 察

沖ノ鳥島で観測した無風域は台風の眼と考えられるか。最大風速と気圧の関係からは、明らかに、良い反比例の関係が得られている。この関係が気圧だけで決まるとすると、無風域の気圧が観測された最低気圧よりも高いので、気圧だけでは最大風速32m/s程度の風が吹いていても不思議ではない。従って、無風域は、台風の中の一つの特異点を形成していることになる。

台風9713号は、沖縄の気象レーダー観測された時は半径200km以上の二重眼であったことが知られている。では、何時二重眼になったか。沖ノ鳥島の観測データを用いて、マイヤーズの式及び藤田の式で求めたパラメータは、どちらも台風発生後、沖ノ鳥島に近づいて来る時(進路A)と、沖ノ鳥島最接近後、遠離っている時(進路B)とでは、明らかに最大風速半径が異なっている。進路Aでは、台風は超大型にまで発達し、暴風域半径も大きい、進路Bでは、台風は若干衰えているので、暴風域半径は小さくなっている。それにも拘らず、台風モデルによるパラメータ解析では、最大風速半径は、進路Aよりも進路Bの方が大きくなっている。この事実、台風の勢力が弱まっても、暴風域半径は小さくならず、逆に大きくなっていることを示している。台風の中心気圧についても、進路Aでは、950hPa、進路Bでも957hPaであり、進路Aに至る時の方が強かったことを示している。

このため、沖ノ鳥島通過前後に台風がその性質を変えたことが考えられる。台風が、弱まる一方で、最大風速半径を大きくするのは、単眼では説明がつかない。しかし、台風が、単眼から二重眼に変わったとすれば、この点を矛盾なく説明し、更には、台風の中心が沖ノ鳥島を通らなくても二重眼の中にはいれば、沖ノ鳥島が無風状態となる可能性があることが示される。実際に、台風9713号がその形を変えたのは、15日の3時から9時の間であり、偶然にも、沖ノ鳥島に最接近した時期と一致している。この後、那覇の気象レーダーで観測されるまで暴風域の半径は330kmで一定であり、台風は同じ勢力と状態を維持していたものと考えられる。最接近前では、南西方向の暴風域半径が大きさを变えても北東方向の暴風域半径は280kmで一定であった。従って、台風9713号が、単眼から二重眼に変化した時期は沖ノ鳥島通過前後が最も可能性が高く、北西部と南東部の非対称な構造が変化して対称な構造を作る時に二重眼を形成したものと推定される。

同時に、沖ノ鳥島は、台風9713号の二重眼の半径200km以上の外側のリングの中に入ったものと考えられる。

6. ま と め

沖ノ鳥島で観測した台風9713号の無風域は、確かに、台風の眼であるが、通常の眼とは異なり、二重眼の外側のリング内に形成された無風域であったと考えられる。また、沖ノ鳥島の観測データから求めた台風モデルは、台風9713号が沖ノ鳥島の最接近前後にその構造を変化させたことを良く捕らえている。従って、沖ノ鳥島の近くを通過して北上する台風については、沖ノ鳥島の観測データがモデル化の評価を行う上で有用であることを示している。

参考文献

- 1) 村松照男, “台風7916号(OWEN)の成熟期の構造” 天気29(11), 1115-1128(1982)
- 2) T. Muramatsu, "The Structure of Polygonal Eye of a Typhoon", J. Meteor. Soc. Japan, 64(6), 913-921(1986)
- 3) 磯崎一郎・鈴木靖, “波浪の解析と予報” 東海大学出版会(1999)

(原稿受理: 2000年2月2日)