

## 台風気圧分布形について

藤井 健・光田 寧

### ON THE RADIAL PRESSURE PROFILES OF TYPHOONS

By Takeshi FUJII and Yasushi MITSUTA

#### Synopsis

The Holland's equation extended by addition of one more parameter  $B$  to the Schloemer's equation is used for an analysis of the radial pressure profiles in the three intense typhoons 9119 (MIREILLE), 9313 (YANCY), and 9426 (ORCHID) attacking the Japanese Main Islands in recent years. The analysis shows that the pressure profiles in these typhoons can be approximated reasonably by for  $B=1.0$  corresponding to the Schloemer's equation. This means that the pressure profiles of intense typhoons attacking the Main Islands may be represented with the Schloemer's equation without any serious error. However, some intense typhoons attacking the Nansei Islands have very small radius of the maximum wind speed of 10 ~ 30 km. The sharp pressure gradients around the maximum wind radius in these typhoons cannot be approximated by the Schloemer's equation reasonably, and, for example, the pressure profile in Typhoon 7705 (VERA) can be fitted most exactly for  $B=1.3$  of the Holland's equation.

#### 1. は じ め に

台風域内の風速分布は気圧分布と密接な関係があり、われわれは気圧分布が同心円状であると仮定し、現実の半径方向の気圧分布を Schloemer による経験式<sup>1)</sup>で近似した<sup>2~4)</sup>。そして、この気圧場とバランスする風として、風速分布の推算を試みた<sup>5~7)</sup>。Schloemer の気圧分布式は、中心気圧、周辺気圧、および最大旋衡風速半径という3個のパラメーターで表され、台風の気圧分布の特徴の本質を失わない程度に可能な範囲で単純化した式である。われわれがこのような単純な式を用いたのは、これ以上にパラメーターが多い式であると、観測資料の量が十分でないことの他に、20年くらい前では計算作業にばく大な時間を要することなど、台風の気圧分布のモデル化が困難であるという事情があったからである。

しかしながら、ある特定の台風について気圧分布から風速分布を算出し、さらに高潮などを推算しようとする場合には、その結果は現実の気圧分布の近似の正確さに影響される。このような場合には、もう一つパラメーターを追加して、現実の気圧分布への近似度を高めた方がよいのではないかと考えられる。

そこで、本論文では、近年に日本本土を襲った3個の比較的強い台風について、Schloemer の気圧分布式<sup>1)</sup>にもう一つパラメーター  $B$  を増やして拡張した式<sup>8)</sup>で、 $B$  の値を変えて気圧場の客観解析を試みた。そして、この  $B$  を追加することによって、これらの台風の現実の気圧分布の近似度がどの程度高まるのかについて検討した。さらに、南西諸島を襲う台風の中には、スケールは小さいが、中心気圧が低い台風がある。その例として台風 7705 号についても、同様な検討を試みた。

## 2. Schloemer の気圧分布式

われわれは、20 年余りに、Bjerknes<sup>9)</sup>, Fujita<sup>10)</sup>, および Schloemer<sup>1)</sup> による 3 種の代表的な気圧分布式を現実の台風に応用して、これらの式のうちで、日本本土を襲う台風の気圧分布の近似にどの式が最も適しているかについて検討してみた<sup>11~13)</sup>。その結果、Bjerknes の式は周辺気圧が低く推定される傾向があったが、Fujita の式と Schloemer の式の間では、ほとんど差がなかった。しかし、気圧分布とバランスする旋衡風速から求めた相対渦度の半径方向の分布について調べてみると、Bjerknes と Fujita の式では相対渦度は中心で最大値をとり、中心から離れるにつれて徐々に減少していくような分布をしていた。これは、最大風速半径の内側では一定で、その外側では半径とともに減少していく Rankine の複合渦の相対渦度の分布とよく似た分布であった。これに対して、Schloemer の式では、相対渦度は中心で 0 であり、中心から離れるにつれて急激に大きくなっていき、最大風速半径の内側で最大となり、それから外に向かって次第に減少していくような分布をしていた。この分布は、ハリケーン Daisy の相対渦度の半径分布<sup>14)</sup>とよく似ていた<sup>13)</sup>。気圧分布の解析結果から風速分布を推算するというわれわれの研究目的には、相対渦度の分布も現実の分布と似た形をとることも選択の条件の一つであった。そこで、われわれは、本土を襲う台風の半径方向の気圧分布を表すために、現実の熱帯低気圧の相対渦度の半径方向の分布とよく似た形の分布をとる Schloemer の式

$$p = p_c + \Delta p \exp(-1/x) \quad \dots\dots\dots (1)$$

を採用することにした<sup>7)</sup>。この式で、 $p$  は半径  $r$  における海面気圧、 $p_c$  は中心気圧、 $\Delta p$  は中心気圧低下量、 $r_m$  は最大旋衡風速半径であり、また、 $x = r/r_m$  である。

なお、相対渦度の分布については、上述のハリケーン Daisy の他に、Izawa<sup>15)</sup> が 1950 年から 1961 年にかけて日本を襲った台風のうち中心気圧が 970 hPa 以下の 14 個について、高層気象観測資料を合成して、相対渦度の分布図を作成している。これによると、地上では、相対渦度の分布は接線風速の分布とよく似ていて、進行方向に対して中心の右側で、中心より緯度 1 度ほど離れたところで最大値  $20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  をとり、Schloemer の式から求めた相対渦度に近い分布をしている。

その後、われわれは、日本本土を襲った顕著台風について、Schloemer の式を用いて、気圧分布の客観解析を行い、日本本土に襲撃する台風の統計的性質について調べ、地表風速の推算も試みてきた<sup>16~18)</sup>。

しかしながら、計算機の処理速度の向上に伴って、さらに現実に近い気圧分布を表すために、もう一つパラメーター  $B$  を増やした式、

$$p = p_c + \Delta p \exp(-1/x^B) \quad \dots\dots\dots (2)$$

が提案された<sup>8)</sup>。この式は、近年、Hubbert *et al.*<sup>19)</sup> や Flather<sup>20)</sup> により、Bangladesh や Australia を襲う熱帯低気圧による高潮の計算のための気圧分布の近似に使われている。さらに、Hubbert *et al.* は、 $B$  が  $p_c$  の関数であるとして、経験的に、

$$B = 1.5 + (980 - p_c)/120 \quad \dots\dots\dots (3)$$

という式を求めている。ここで、 $p_c$  の単位は hPa である。

なお、式(2)は Holland が提案したとされているが、もともと Schloemer<sup>1)</sup> が列挙した 10 種類の式の中に含まれていたものである。Schloemer は、Florida 半島の Okeechobee 湖を通過した 9 個のハリケーンの半径方向の気圧分布について、正規化した気圧  $(p - p_c)/\Delta p$  を対数にとって表している。このとき、 $r$  と  $\log\{(p - p_c)/\Delta p\}$  の間の関係が直角双曲線に似た形の曲線になるということから正規化した気圧が距離とともに指数的に増加する分布形である式(2)を選んだ。ただ、 $x$  の指数  $B$  を決定するにはデータが少なすぎ、また風の計算には大きい差を生じないということで、 $B$  の値を 1 としたのである。ちなみに、

Schloemer が解析した 9 個のハリケーンの気圧分布 (Fig. 1) について、最も誤差が小さくなる  $B$  の値を調べると、Table 1 のようになる。1948 年 9 月や 1950 年 10 月のハリケーンのように、 $B = 0.70$  あるいは  $0.65$  となるものもあるが、この 2 例を除いて、 $B$  の値は  $0.90$  から  $1.05$  の範囲にあり、 $1.0$  に近い値となる。

Holland<sup>8)</sup> によると、 $B$  の値は、その物理的意味から  $1$  と  $2.5$  の間の値をとる。彼は、Australia 周辺海域を通過した 3 個のサイクロン (彼はハリケーンと称している) について、海面気圧の半径方向の分布を調べ、 $B$  の値として  $1.5$ 、 $1.05$  および  $1.4$  という値を得た。さらに、彼は、Schloemer が調査した 9 個のハリケーンについて、 $B$  の値を変化させて、気圧分布を一致させると、誤差が著しく減少することを示した。

このような状況のもとでは、 $B$  の値を変化させると、日本を襲う台風の気圧分布が Schloemer の式で表した場合に比べて、近似度がどの程度に高まるのかについて検討する必要があるものと考えられる。

本論文では、近年、本土に襲った 3 個の強い台風、

9119 号、9313 号および 9426 号について、式(2)の  $B$  の値

を  $0.8$ 、 $1.0$ 、 $1.2$ 、 $1.5$ 、および  $2.0$  と変化させて気圧場の客観解析を試みた。解析は、 $B$  の値を変化させる以外は、台風 9019 号<sup>16)</sup>、9119 号<sup>17)</sup>および 9313 号<sup>18)</sup>について Schloemer の式で客観解析を行ったのと同じ方法で行った。すなわち、気象官署ごとに、自記紙から 10 分間ごとに気圧の値を読みとり、海面更正を施して、10 分間隔の海面気圧の時系列のデータを作成した。そして、解析時刻の 30 分前から 30 分後まで気圧場が定常と仮定して、時空間変換により気圧の時間変化を空間分布に変換し、中心付近の観測資料の不足を補い、最小二乗法で中心の位置 (緯度と経度)、 $\Delta p$ 、 $p_c$ 、 $r_m$  の値を求めた。この解析においては、各地点の海面気圧の観測値  $p_{\text{obs}}$  の対する計算値  $p_{\text{comp}}$  の r. m. s. 誤差  $\sigma_p$ 、

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum w_r w_r (p_{\text{comp}} - p_{\text{obs}})^2}{\sum w_r w_r}} \dots\dots\dots (4)$$

が最小になるような解を求めた。そして、この  $\sigma_p$  の最小値が  $B$  によってどのように変化するかについて調

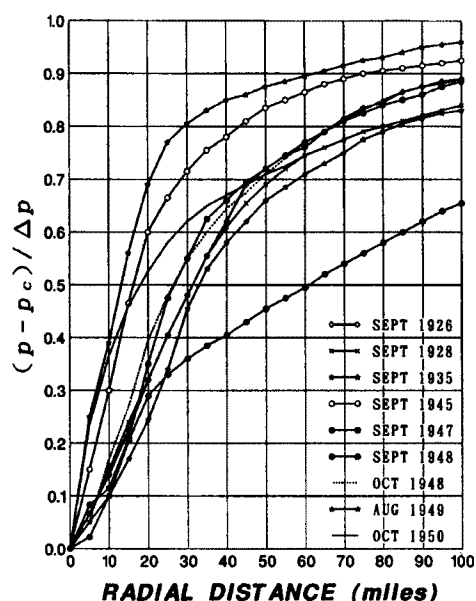


Fig. 1. The radial pressure distributions of nine hurricanes investigated by Schloemer<sup>1)</sup>

Table 1. The values of  $B$  giving the best fitting in the objective pressure analysis for nine hurricanes investigated by Schloemer

| Year | Month | $B$  | $r_m$<br>(miles) | $r_m$<br>(km) | r. m. s. error of<br>$(p - p_c) / \Delta p$ |
|------|-------|------|------------------|---------------|---------------------------------------------|
| 1926 | Sept. | 0.95 | 17               | 27            | 0.063                                       |
| 1928 | Sept. | 0.90 | 17               | 28            | 0.041                                       |
| 1935 | Sept. | 1.05 | 7                | 12            | 0.027                                       |
| 1945 | Sept. | 1.05 | 10               | 16            | 0.024                                       |
| 1947 | Sept. | 0.95 | 16               | 26            | 0.050                                       |
| 1948 | Sept. | 0.70 | 33               | 52            | 0.020                                       |
| 1948 | Oct.  | 1.00 | 16               | 26            | 0.034                                       |
| 1949 | Aug.  | 0.90 | 20               | 33            | 0.051                                       |
| 1950 | Oct.  | 0.65 | 9                | 15            | 0.016                                       |

べてみた。この式で、 $w_r$  は、中心付近での近似度を高めるために、中心に近い観測資料ほど重視するために掛けた重みであり、次の式で定義した。

$$w_r = \begin{cases} 100/r & (r > 10\text{km}) \\ 10 & (r \leq 10\text{km}) \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

また、 $w_t$  は解析時刻に近い観測資料ほど重視する重みで、解析時刻から  $k\Delta t$  ( $k = 0, 1, 2, 3$ ) だけ離れた時刻の観測資料に掛ける  $w_t$  の値は、次の式で定義した。

$$w_t = \frac{1}{k+1} \dots\dots\dots (6)$$

この式で、 $\Delta t$  は解析時間間隔であり、ここでは10分間とした。

### 3. 台風9119号の気圧分布

1991年9月27日から28日にかけて本土を襲い、大きい被害を残した台風9119号について、 $B$  の値を変化させて、気圧場の客観解析を試みた。Fig. 2 は、上陸少し前の15時00分から日本海に出た後の19時30分までの  $\sigma_p$  の値の時間変化である。 $B = 0.8 \sim 1.2$  の場合に  $\sigma_p$  の値がほとんど差がなく、全般的に見て、 $B = 1.5$  や  $2.0$  よりも小さい。

気圧場の客観解析では半径200 km以内のデータを用いたが、それよりも外側に外挿したとき、その極限值である周辺気圧が妥当な値に収束するかどうか検討する必要がある。これは、中心気圧と周辺気圧の差である  $\Delta p$  が台風の強さの目安の一つであり、風速分布に影響する  $\Delta p$  の値を正確に推定するために必要である。解析により得られた周辺気圧の値は、Fig. 3 に示すように、 $B$  の値によってかなりの差が見られる。Fig. 4 に示した気象庁が作成した27日21時の印刷天気図によると、周辺気圧は1,008 hPa 程度である。これと対比すると、 $B = 1.5$  や  $2.0$  の場合には周辺気圧は1,000 hPa 以下で、低すぎる。また、 $B =$

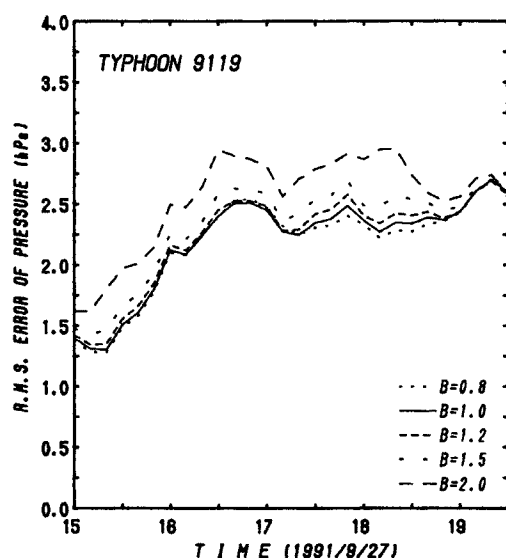


Fig. 2. Time change of the r.m.s. error,  $\sigma_p$ , of estimated pressure to observed one for the various values of  $B$  for Typhoon 9119 (MIREILLE)

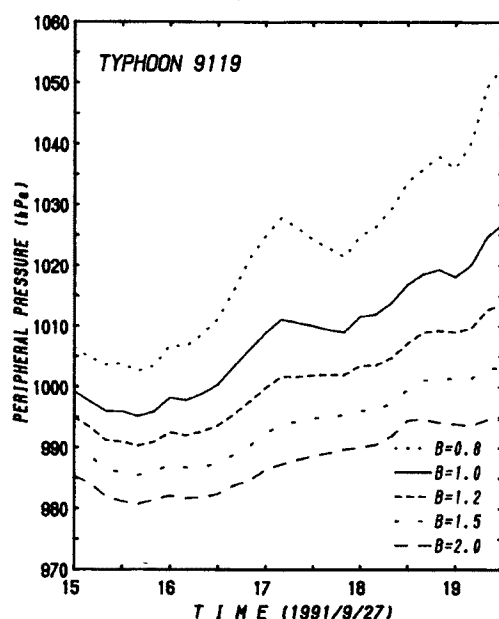


Fig. 3. Same as Fig. 2, except for the peripheral pressure

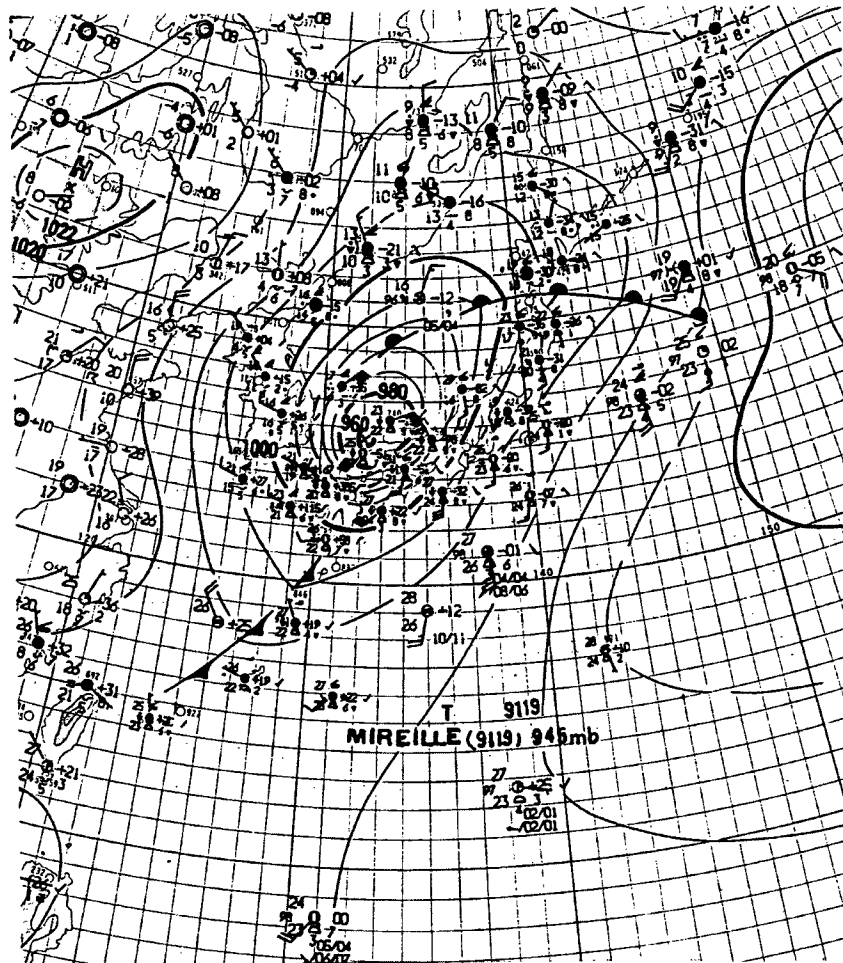


Fig. 4. The weather chart by Japan Meteorological Agency (JMA) at 21 JST, Sept. 27, 1991

0.8 では、17 時以降 1,020 hPa を超えていて、これは高すぎる。これに対して、 $B = 1.0$  の場合には 995 ~ 1,020 hPa で、また  $B = 1.2$  の場合には 990 ~ 1,015 hPa で天気図より値に近くこれらの  $B$  の値が、半径 200 km より外側では現実に近い気圧分布を与えているものと考えられる。したがって、 $\sigma_p$  と周辺気圧の値から判断すると、 $B = 1.0$  あるいは 1.2 で合理的な気圧分布をとり、Schloemer の式でも大きい誤差を生じないものと考えられる。

#### 4. 台風 9313 号の気圧分布

1993 年 9 月 3 日 16 時前に鹿児島県薩摩半島南東部に上陸し、九州南東部、四国西北部、中国地方を通過した強い台風 9313 号について同様な解析を試みた。

Fig. 5 は、上陸直前の 3 日 15 時 00 分から豊後水道に出る直前の 21 時 00 分までの間の  $\sigma_p$  の時間変化を示したものである。 $B = 1.0$  の場合に、 $\sigma_p$  の値が全般的に小さく、現実の気圧分布を最もよく近似している。これに比べて、 $B = 0.8$  の場合には 18 時ころまでは  $\sigma_p$  の値が少し大きく、 $B = 1.2$  の場合には 16 時 30 分から 19 時 30 分にかけて  $\sigma_p$  が少し大きくなっている。また、 $B = 1.5$  の場合には全般的に  $\sigma_p$  が大きく、

$B = 2.0$  の場合にはさらに大きくなっている。

$B = 1.5$  および  $2.0$  の場合の  $\sigma_p$  の増大が顕著であるところの 18 時 00 分の半径方向の気圧分布を Fig. 6 に示す。解析には、30 分前の 17 時 30 分から 30 分後の 18 時 30 分までの 10 分間おきの観測資料を用いたが、この図では、解析時刻のみを示してある。 $B = 0.8 \sim 1.2$  では、気圧分布曲線は観測値の分布とはほぼ一致している。一方、 $B = 1.5$  および  $2.0$  では、半径 70 ~ 100 km では高く、150 km の外側では低めに推算

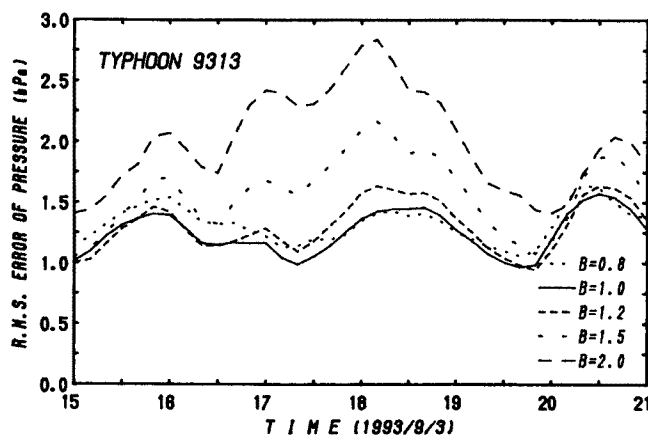


Fig. 5. Time change of  $\sigma_p$  for the various values of  $B$  for Typhoon 9313 (YANCY)

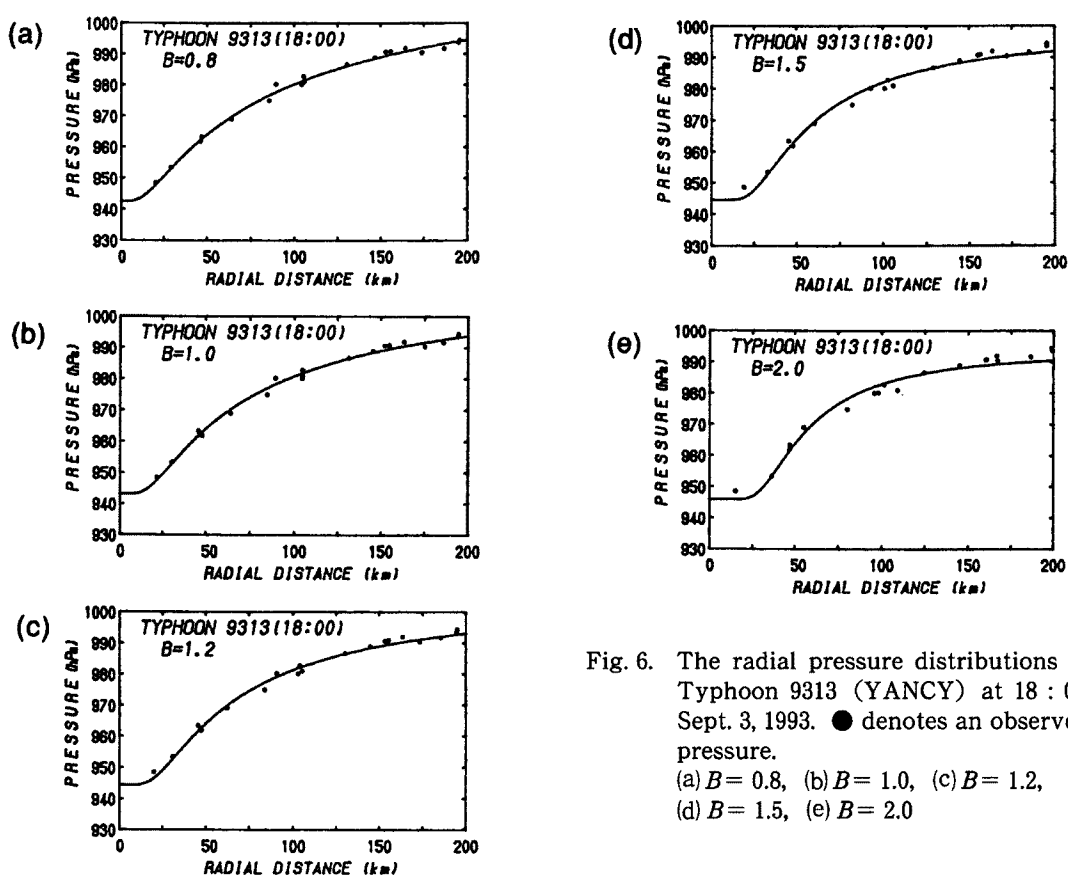


Fig. 6. The radial pressure distributions of Typhoon 9313 (YANCY) at 18 : 00, Sept. 3, 1993. ● denotes an observed pressure.  
(a)  $B = 0.8$ , (b)  $B = 1.0$ , (c)  $B = 1.2$ ,  
(d)  $B = 1.5$ , (e)  $B = 2.0$

されている。このために、最大風速半径あたりの気圧傾度が現実より大きく、傾度風速の最大値を過大評価する恐れがある。

Fig. 7 は、この時刻の等圧線の分布である。中心は宮崎県南部を通過していて、観測資料は中心から 23 km の都城、31 km の宮崎と比較的に中心に近いところで得られている。これに対して、 $\sigma_p$  の差が小さい 19 時 30 分には、Fig. 8 に示すように、中心は宮崎県中部を通過していて、最も近い延岡でも 40 km 離れている。

このように、中心付近にデータが多い時間帯では、 $B = 1.0$  に比べて、 $B = 1.5$  および 2.0 のときの  $\sigma_p$  の値が大きくなっている。一方、中心付近にデータが少ない時間帯では、 $B$  による  $\sigma_p$  の値の差が小さい。 $B = 1.5$  や 2.0 の場合、中心近くまで観測資料がある時間帯に  $\sigma_p$  が大きくなることは、これらの  $B$  の値では、台風 9313 号の気圧分布があまりよく近似できないことを意味している。

次に、周辺気圧は、Fig. 9 に示すように、 $B$  の値によってかなりの差がある。すなわち、 $B = 0.8$  では 1,010 ~ 1,030 hPa、 $B = 1.0$  では 1,005 ~ 1,020 hPa、 $B = 1.2$  では 1,002 ~ 1,010 hPa である。これに対して、 $B = 1.5$  および 2.0 では、半径 200 km の外側へ外挿しても、気圧はあまり高くな

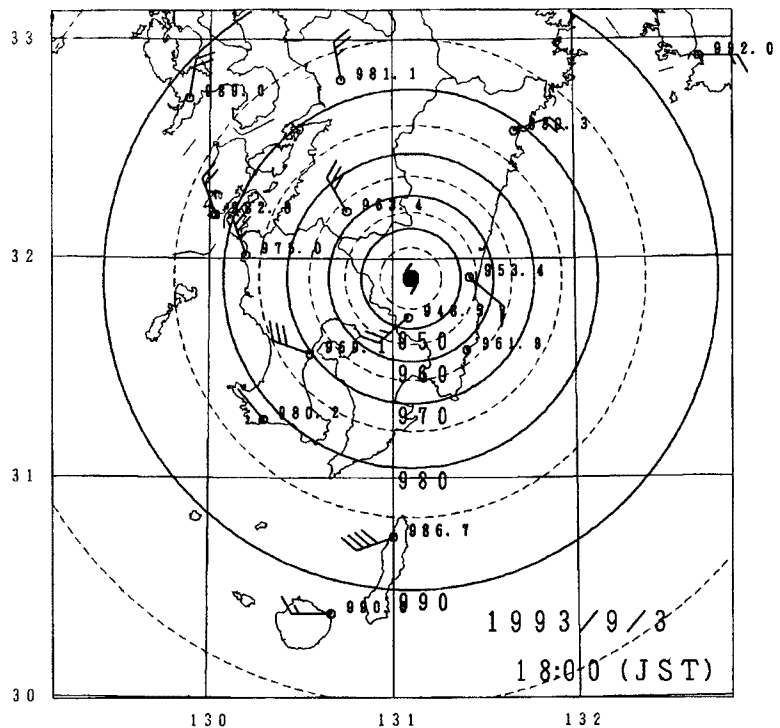


Fig. 7. The distribution of isobars, at 18 : 00, Sept. 3, 1993

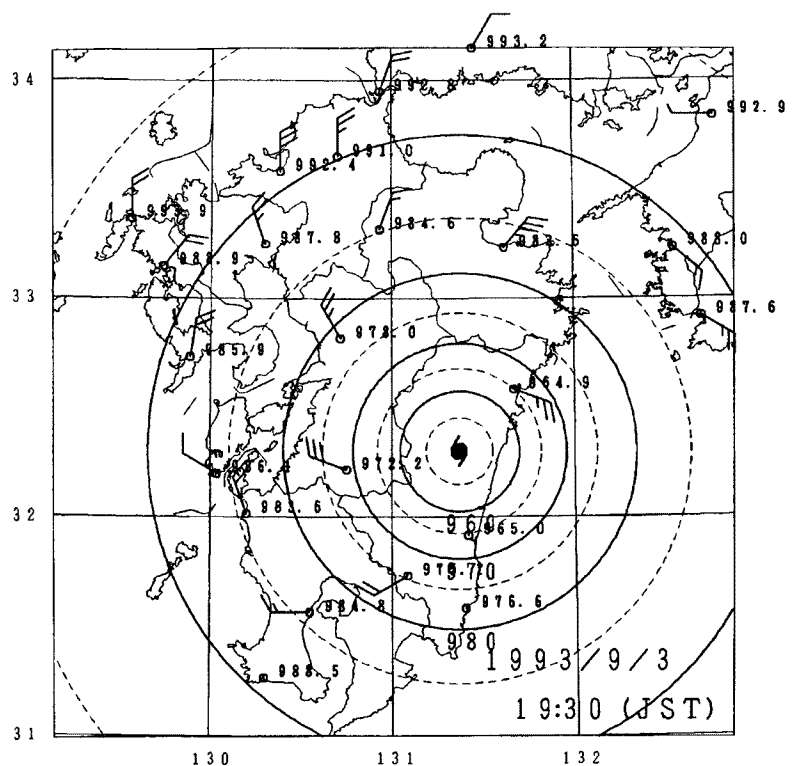


Fig. 8. Same as Fig. 6, except for 19 : 30

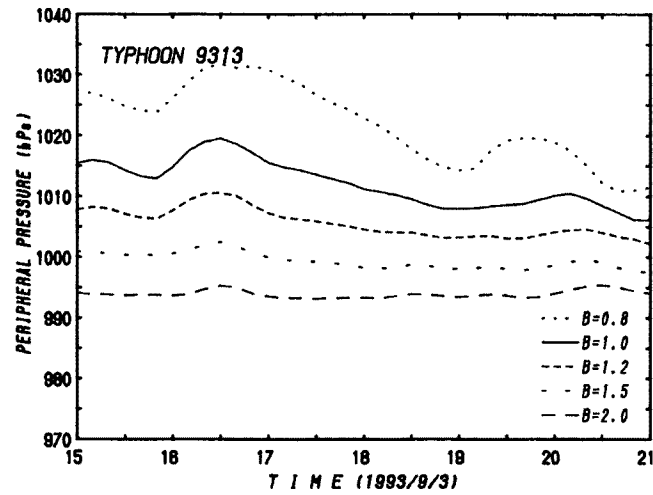


Fig. 9. Same as Fig. 5, except for the peripheral pressure,  $p_{\infty}$

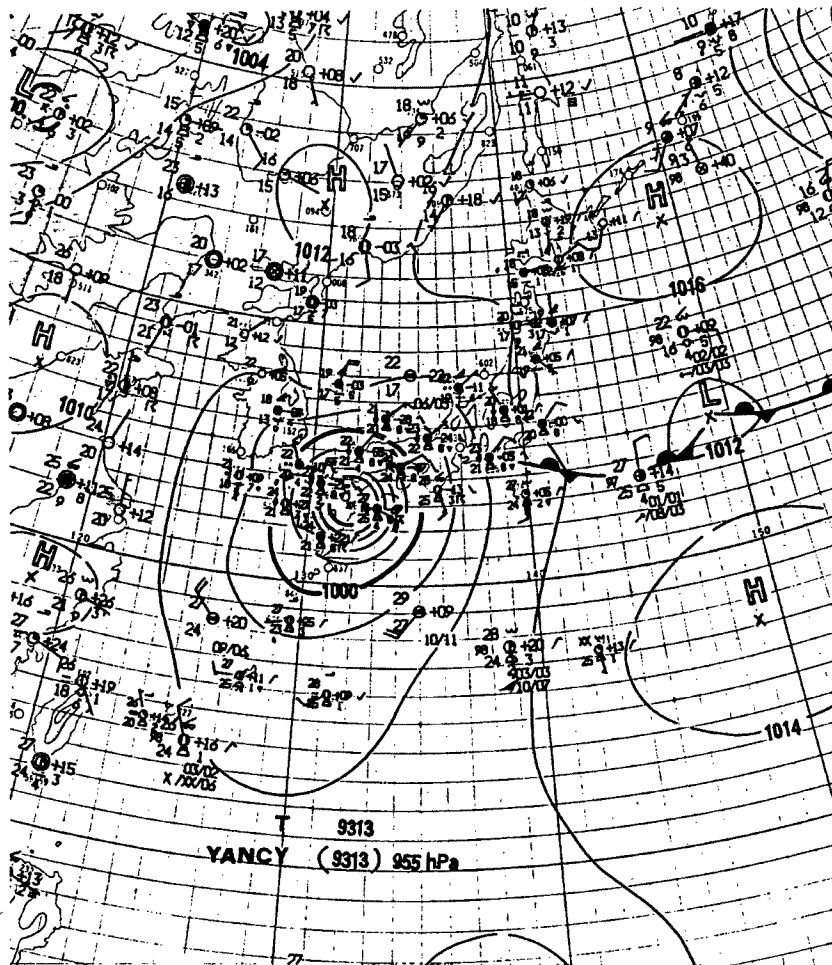


Fig. 10. The weather chart by JMA at 21 JST, Sept. 3, 1993



ず、 $B = 1.5$ では997～1,002 hPa、 $B = 2.0$ では994～996 hPaである。Fig. 10に示した21時の印刷天気図によると周辺気圧は1,008 hPa程度である。21時に得られた周辺気圧の値を比較してみると、 $B = 1.0$ の場合が最も近い値を示している。

Fig. 11に示した $\Delta p$ の値についても、 $B$ の値によって大きい差があり、 $B$ の値が大きくなるとともに $\Delta p$ 減少していつている。18時の気象庁による中心気圧は940 hPaであるから、天気図に基づいて周辺気圧を1,008 hPaとすると、 $\Delta p$ は68 hPaである。18時の $\Delta p$ は、 $B = 0.8$ のとき81 hPa、 $B = 1.0$ のとき68 hPa、 $B = 1.2$ のとき60 hPa、 $B = 1.5$ のとき54 hPa、 $B = 2.0$ のとき48 hPaであり、 $B = 1.0$ のときの $\Delta p$ の値が天気図解析による $\Delta p$ の値に最も近い値を示している。

このように、台風9313号の気圧分布は、 $B = 1.0$ 、すなわち、Schloemerの式で最もよく近似できることがわかったが、 $B = 1.0$ の $\sigma_p$ の値は1.0～1.3 hPaであり、前述の台風9119号の場合に比べると1/2以下になっている。これは、昨年度の年報<sup>18)</sup>で示したように、半径方向の気圧分布が台風9119号に比べてばらつきが小さく、同心円状に近い分布をしていたためである。これは、台風9119号に比べて台風9313号が本土に上陸した場所の緯度が低く、また、進行速度が1/2くらいであったことが関係しているのではないかと考えられるが、今後さらに多くの台風について調べてみる必要がある。

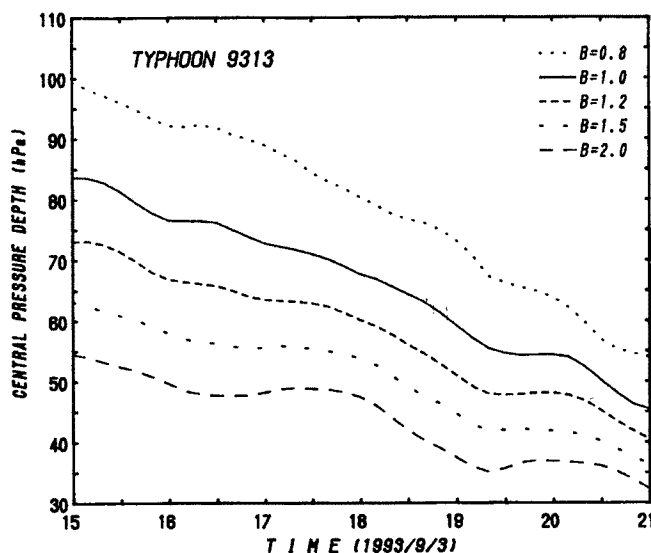


Fig. 11. Same as Fig. 5, except for the central pressure depth,  $\Delta p$

## 5. 台風 9426 号の気圧分布

台風9426号は、1994年9月29日19時30分ころに中心が和歌山県南部に上陸し、近畿地方を縦断した。この台風の気圧分布について、 $B$ の値を変えて同様な解析を試みた。Fig. 12は、上陸1時間30分前の18時00分から琵琶湖北部にある30日0時30分までの $\sigma_p$ の値の時間変化である。いずれの $B$ の値においても、上陸時の19時30分前後は $\sigma_p$ の値が大きく、2.0 hPaを超えている。Fig. 13に示した $B = 1.0$ の場合の客観解析による気圧分布を、各地点の気圧の観測値の分布と比べてみ

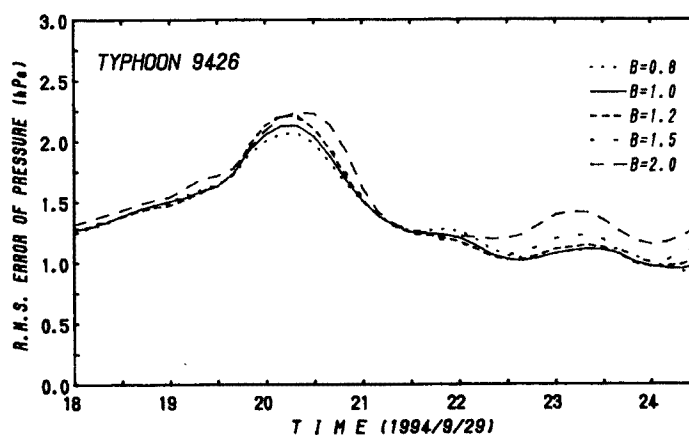


Fig. 12. Time change of  $\sigma_p$  for the various values of  $B$  for Typhoon 9426 (ORCHID)

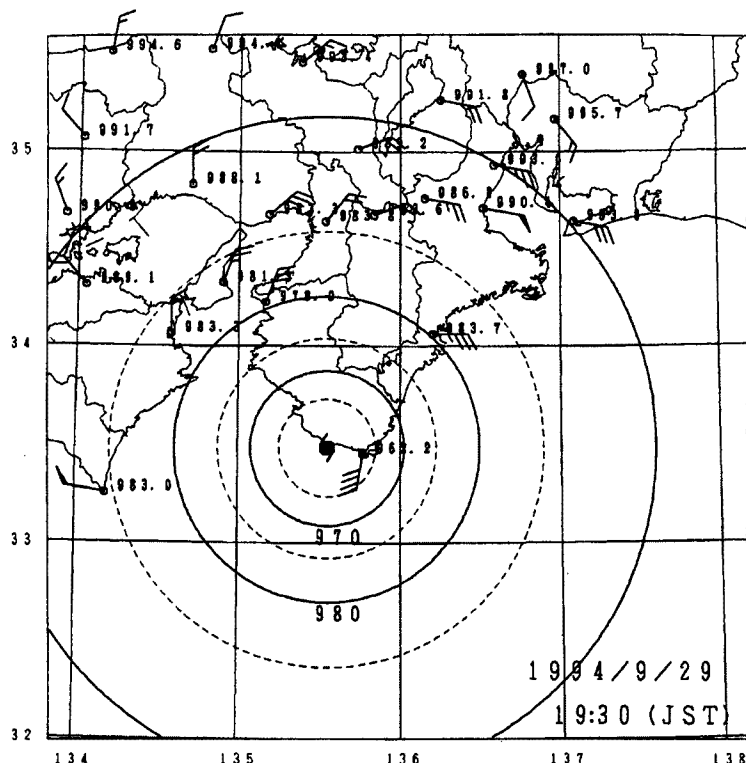


Fig. 13. The distribution of concentric isobars of Typhoon 9426 (ORCHID) determined the objective pressure analysis by Schloemer's equation at 19:30, Sept. 29, 1994

ると、計算値は中心の北北西の地点では高く、北東方向の地点では低くなっている。たとえば、尾鷲では 3.5 hPa 低く、和歌山では 1.7 hPa 高く推算されている。したがって、観測値による等圧線の形状は、同心円状と仮定した場合に比べて、北北西方向に膨らみ、南東方向に凹むような形状となる。このように、気圧分布が中心に対して非対称で、等圧線が同心円状からずれていたことが、 $\sigma_p$  が大きくなった原因である。

20 時 00 分以後、 $\sigma_p$  は急激に小さくなっていき、21 時 00 分には 1.2 ~ 1.3 hPa となっているが、この時刻の等圧線の分布を Fig. 14 に示す。解析による気圧の分布に比べて、気圧の観測値は北西方向では低く、北東方向では高い傾向は残っているが、半径 50 km 以内の 3 地点の  $\sigma_p$  は 1.0 hPa 以下で、等圧線はほぼ同心円状となっている。 $\sigma_p$  の値の  $B$  による差については、21 時 30 分以降は  $B = 2.0$  は他に比べて大きい、 $B = 0.8 \sim 1.5$  の間ではほとんど差が存在しない。

$\sigma_p$  の値は、台風 9313 号では  $B$  による差が大きい、9119 号や 9426 号では差が小さい。これは、9313 号の気圧分布は同心円状に非常に近く、このような場合には、気圧分布形による近似度の差が顕著に表れている。これに対して、他の 2 台風では、気圧分布の非対称成分が大きいので、それぞれの気圧分布の形状に最も一致するように中心の位置がずれるので、 $B$  による差が小さくなるのである。

Fig. 15 は、 $B = 1.0$  の場合の中心の位置と  $\Delta p$  の値である。上陸前後の 19 時 20 分から 40 分にかけて、進行速度が小さくなり、その後の 40 分から 50 分は大きくなっている。また、このころの中心のコースは、気象庁によるコースに比べて南東に偏っている。これらは気圧分布の非対称性と関連があるのではないかと考えられるが、この原因については今後追求する必要がある。

次に、Fig. 16 に示した周辺気圧によると、 $B$  の値によって周辺気圧はかなり異なっている。Fig. 17 に示

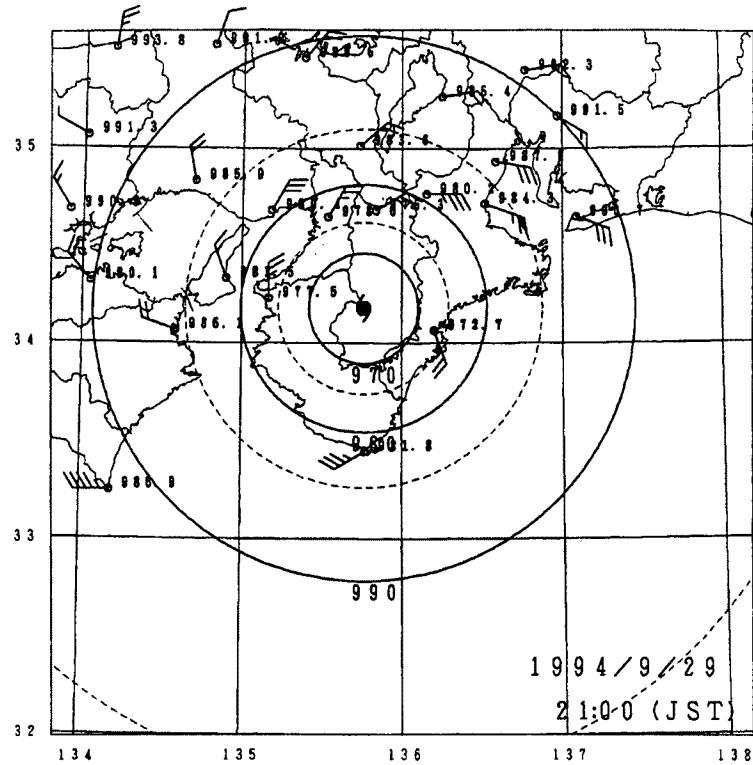


Fig. 14. Same as in Fig. 12, except for 21 : 00

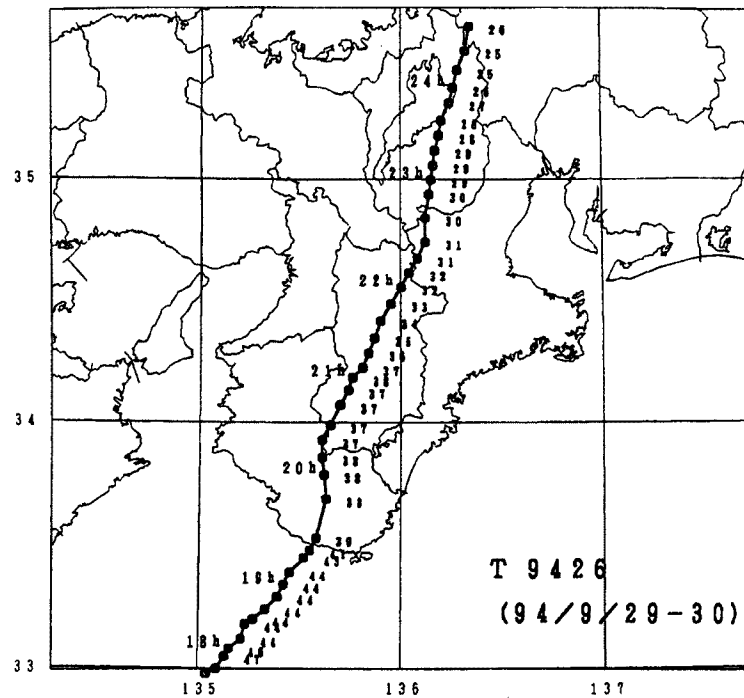


Fig. 15. The course of centers of Typhoon 9426 (ORCHID). A figure at the right hand side of a typhoon center indicates the value of  $\Delta p$

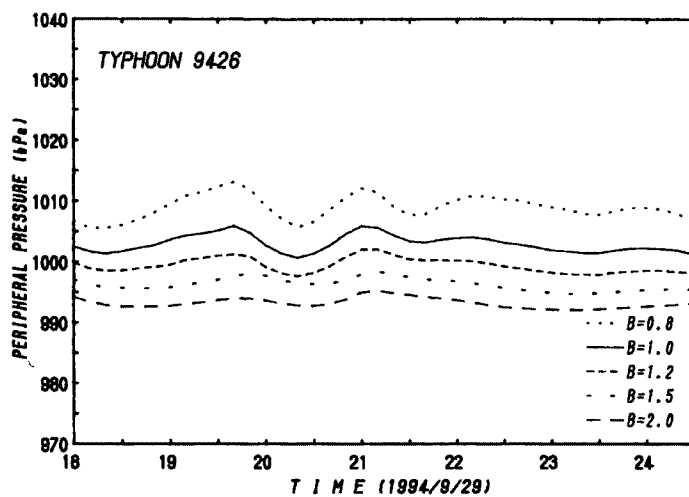


Fig. 16. Same as Fig. 11, except for the peripheral pressure

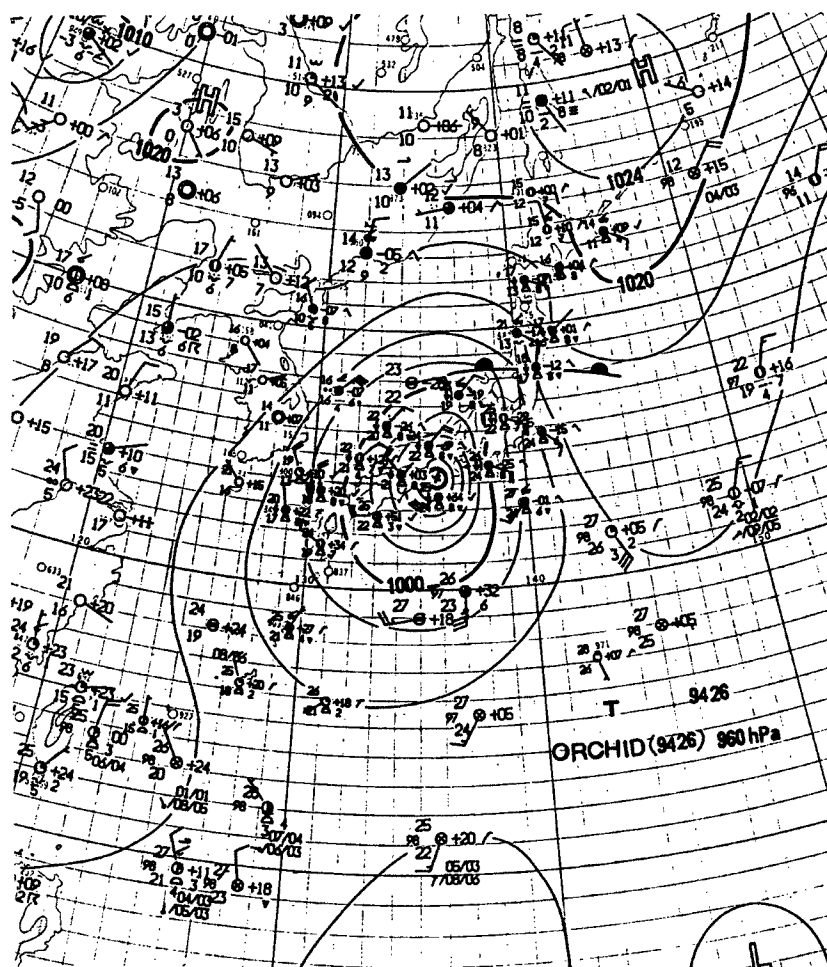
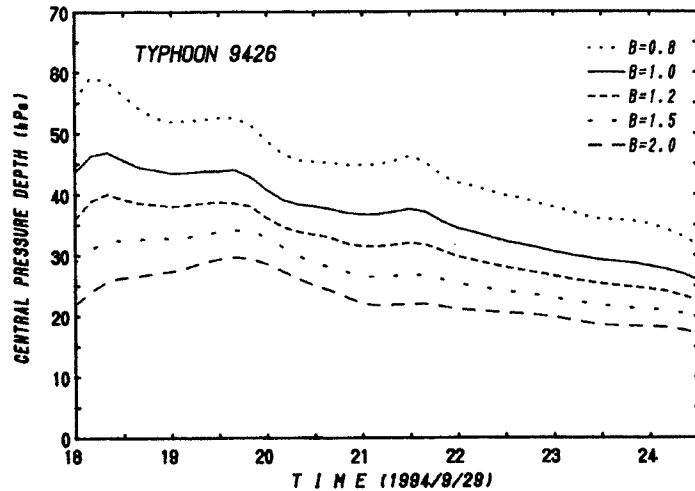


Fig. 17. The weather chart by JMA at 21 JST, Sept. 29, 1994.

Fig. 18. Same as Fig. 12, except for  $\Delta p$ 

した 21 時の天気図によると、周辺気圧が 1,008 hPa 程度であり、したがって、この時刻の  $B=0.8$  および 1.0 の周辺気圧は、天気図解析による値に最も近い値を示している。

また、 $\Delta p$  の時間変化を Fig. 18 に示す。気象庁によると、21 時の中心気圧が 960 hPa であり、天気図による周辺気圧を 1,008 hPa とすると、 $\Delta p$  は 48 hPa となり、 $B=0.8$  が最も近く、 $B=1.0$  がこれに次いでいる。

以上、台風 9119 号、9313 号および 9426 号の気圧分布について、 $B$  の値を変化させて近似してみた。その結果、 $B=1.0$  の Schloemer の式でもほぼ妥当な気圧分布が得られて、もう一つパラメーターを加えて、何倍もの時間をかけて現実の気圧分布を最もよく近似する気圧分布を表す  $B$  の値を求めてもあまり大きいメリットが得られないものと考えられる。

## 6. 南西諸島を襲った台風の気圧分布

前節までに述べたように、本土を襲う強い台風に対しては、Schloemer の気圧分布式で、ほぼ正確に近似できるものと考えられる。しかし、南西諸島を襲う台風の中には、西表島を襲った台風 7705 号のように、スケールは小さいが、強い台風、すなわち最大風速半径が小さくて、中心付近で急激に気圧が下がるような台風がある。光田ら<sup>21)</sup>がこの台風の気圧分布を Schloemer の式で近似した結果、Fig. 19 の破線で示すように、中心気圧は 887.1 hPa と低くなりすぎた。これは最大風速半径付近で気圧傾度が大きく、Schloemer の式でそのまま中心に向かってプロファイルを延ばしていくと、気圧が下がりすぎるためである。

南西諸島を襲う台風の気圧分布を最もよく近似する  $B$  の値については、石島<sup>22)</sup>が、1964 年から 1977 年にかけて南西諸島を襲った 8 個の台風について調べている。これによると、気圧分布を最もよく近似する  $B$  の値は 0.3 から 3.1 の間とかなり広い範囲にわたっていて、また、時間的にも変化している。したがって、南西諸島を襲う台風の気圧分布はさまざまな形状があり、Schloemer の式だけで表すのは不十分であり、もう一つパラメーター  $B$  をつけ加えて、最もよく近似する  $B$  の値を調べる必要があるものと考えられる。

そこで、南西諸島を襲ったスケールは小さいが、強い台風である 7705 号について、光田ら<sup>21)</sup>が合成した気圧分布において  $B$  の値を変化させて、 $\sigma_p$  が最も小さくなる  $B$  の値について調べてみた。その結果、 $B$  の

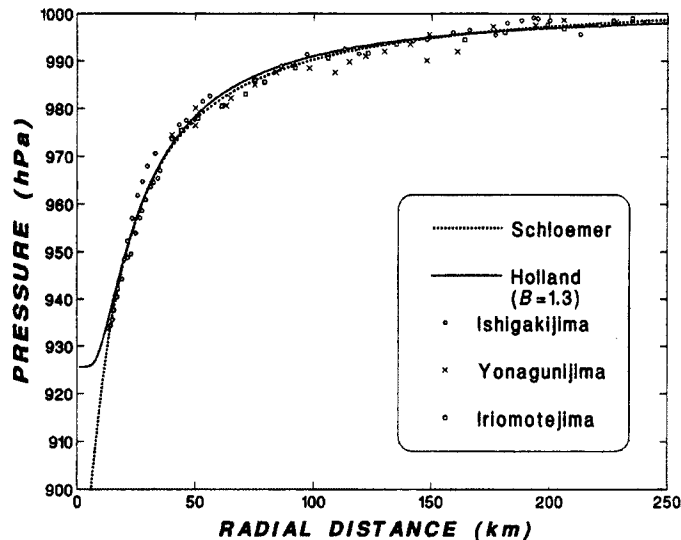


Fig. 19. The pressure distribution of Typhoon 7705 (VERA)

値を 1.3 とするとともによく合うことがわかった。 $B = 1.3$  の気圧分布は、Fig. 19 で実線で示してあるが、このときの中心気圧は 926 hPa,  $\Delta p$  は 76 hPa,  $r_m$  は 22.7 km で、これらは天気図解析による値とほぼ一致していて、妥当な値であると考えられる。このように、南西諸島を襲う小型で強い台風では、 $B$  の値を 1.0 よりも大きくとった方が、現実に近い気圧分布を表すことができるものと考えられる。

なお、Holland<sup>8)</sup> が調査したサイクロンの一つの TRACY (1974 年 12 月) も、 $B = 1.5$  で現実の気圧分布と最もよく一致した。これは中心気圧 950 hPa, 最大風速半径 7 km と小型で強いサイクロンであったためである。

## 7. お わ り に

Schloemer の式にもう一つパラメーター  $B$  を追加した拡張式 (Holland の式) を用いて、台風 9313 号、9119 号および 9426 号の気圧分布の客観解析を試みた。その結果、 $B = 1.0$ , すなわち Schloemer の式では妥当な気圧分布を表すことができることがわかり、これまでのわれわれの解析結果の妥当性が確認できた。今後、伊勢湾台風や第二室戸台風などの猛烈な台風について同様な解析を試み、本土を襲う強い台風の気圧分布が Schloemer の式で近似しても、大きい誤差を生じないのかどうかについて今後さらに検討を加えることにする。

なお、気圧分布の形状によっては、傾度風速の分布は多少異なってくる。Holland<sup>8)</sup> によると、Schloemer の式で表した気圧分布から風速分布を求めた場合、ほとんどのハリケーンにおいて最大風速を著しく過小評価するという。もし、地表風速と傾度風速の比が一定であると仮定すると、この問題が起こるかも知れない。

しかし、Malkus<sup>23)</sup> は、発達したハリケーンの下層では、眼の外側の風の強い領域から眼の内側へ角運動量の輸送があり、このため地表風速が傾度風速を上回り、super-gradient な風となるという仮説を立てた。そして、Gray and Shea<sup>24)</sup> は、ハリケーンの飛行機観測のデータで、最大風速半径の内側で super-gradient な風が吹いていることを確認した。われわれも、台風のモデルにおいて、最大地表風速の過小評価を防ぐために、強い台風の最大風速半径の内側では、地表風速が傾度風速を上回り、super-gradient な風となるという考えを導入した<sup>7, 25)</sup>。また、われわれは、台風 9019 号、9119 号および 9313 号の調査におい

て、傾度風速に対する実測地表風速の比が最大風速半径の内側で大きくなり、地表風速の実測値が気圧分布から求めた傾度風速を上回り、super-gradient な風となることがあることを示した<sup>16~18)</sup>。

一方、南西諸島を襲った台風の中には、中心付近の気圧の下降が著しい、小型で強い台風 7705 号について、 $B$  の値を変えて解析を試みた結果、 $B = 1.0$  よりも大きい  $1.3$  とすると、現実の気圧分布を最もよく返似することができ、中心気圧および最大旋衡風速半径がほぼ妥当な値となることがわかった。

最後に、地上気象観測資料を提供していただいた気象官署に対して厚く感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) Schloemer, R. W. : Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okeechobee, Florida. Hydrometeorological Report, USWB, No. 31, 1954, pp. 49.
- 2) 光田 寧・藤井 健・文字信貴・川平浩二・塚本 修：改良された標準計画台風，京都大学防災研究所年報，第 21 号 B-1, 1978, pp. 393 - 404.
- 3) Mitsuta, Y. T. Fujii and K. Kawahira : Analysis of typhoon pressure patterns over Japanese Islands. Natural Disaster Science, Vol. 1, No. 1, 1979, pp. 3 - 19.
- 4) Mitsuta, Y. and T. Fujii : Analysis of typhoon pressure patterns over Japanese Islands (II). Natural Disaster Science, Vol. 8, 1986, pp. 19 - 28.
- 5) 光田 寧・藤井 健・川平浩二：移動する台風の気圧場から求めた傾度風と実測風との比較，京都大学防災研究所年報，第 23 号 B-1, 1980, pp. 271 - 279.
- 6) Mitsuta, Y. and T. Fujii : Synthesis of typhoon wind patterns by numerical simulation. Natural Disaster Science, Vol. 8, 1986, pp. 49 - 61.
- 7) Mitsuta, Y. and T. Fujii : Analysis and synthesis of typhoon wind pattern over Japan. Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 37, 1987, pp. 169 - 185.
- 8) Holland, G. J. : An analytic model of the wind and pressure profiles in hurricanes. Mon. Wea. Rev., Vol. 108, 1980, pp. 1212 - 1218.
- 9) Bjerknes, V. : On the dynamics of the circular vortex with applications to the atmosphere and atmospheric vortex and wave motions. Geophysiske Publikationer, 2, 1921, pp. 1 - 88.
- 10) Fujita, T. : Pressure distribution in typhoon. Rep. Met. Lab. Kyushu Inst. of Techn., 2, No. 1-2, 1952.
- 11) 光田 寧・藤井 健・川平浩二：台風の構造のモデル化について (1)，京都大学防災研究所年報，第 17 号 B, 1974, pp. 227 - 234.
- 12) 藤井 健, 1974 : 台風域内の気圧場の客観解析法，京都産業大学論集，第 4 巻第 1 号，1974, pp. 77 - 90,
- 13) 光田 寧・藤井 健・川平浩二：被害台風の構造のモデル化について (2)，京都大学防災研究所年報，第 18 号 B, 1975, pp. 227 - 243.
- 14) Alaka, M. A. : On the occurrence of dynamic instability in incipient and developing hurricanes. Mon. Wea. Rev., Vol. 90, 1962, pp. 49 - 58.
- 15) Izawa, T. : On the mean wind structure of typhoon. Typhoon Res. Lab. Meteor. Res. Ins. Tech. Note, No. 2, 1964, p. 13.
- 16) 劉 迎・藤井 健・光田 寧：台風 9019 号の解析とレインバンドについて，京都大学防災研究所年報，第 35 号 B-1, 1992, pp. 193 - 204.
- 17) 藤井 健・林 泰一・光田 寧：台風 9119 号の解析と強風の分布について，京都大学防災研究所年報，第 35 号 B-1, 1992, pp. 183 - 191.

- 18) 藤井 健・光田 寧：台風 9313 号の気圧と強風の分布の特性について，京都大学防災研究所年報，第 37 号 B-1，1994，pp. 35 - 46.
- 19) Hubbert, G. D., G. J. Holland, L. M. Leslie and M. J. Manton : A real-time system for forecasting tropical cyclone storm surges. *Wea. Forecast.*, Vol. 6, 1991, pp. 86 - 97.
- 20) Flather, R. A. : A storm surge prediction model for the northern Bay of Bengal with application to the cyclone disaster in April 1991. *J. Phys. Oceanogr.*, Vol. 24, 1994, pp. 172 - 190.
- 21) 光田 寧・文字信貴・塚本 修・浅井東洋：八重山諸島を襲った台風 5 号 (7705) の気象学的特性について，京都大学防災研究所年報，第 21 号 B-1，1978，pp. 405 - 415.
- 22) 石島 英：島上観測データによる台風地上風場の推測，*天気*，Vol. 29, No. 9，1982，pp. 951 - 966.
- 23) Malkus, J. S. : On the structure and maintenance of the mature hurricane eye. *J. Meteor.*, Vol. 15, 1958, pp. 337 - 349.
- 24) Gray, W. M., and D. J. Shea : The hurricane's inner core region. II. Dynamic and thermodynamic characteristics. *J. Atmos. Sci.*, Vol. 30, 1973, pp. 1565 - 1576.
- 25) 藤井 健・光田 寧：台風による強風の出現確率の予測について—海上風の予測，*自然災害科学*，Vol. 11, No. 3，1992，pp. 125 - 144.