

## 台風9119号の解析と強風の分布について

藤井 健・林 泰一・光田 寧

### ON AN ANALYSIS AND A WIND DISTRIBUTION OF TYPHOON 9119 (MIREILLE)

By Takeshi FUJII, Taiichi HAYASHI and Yasushi MITSUTA

#### Synopsis

Typhoon 9119 (MIREILLE) making landfall at 1600 JST, Sept. 27, 1991 caused high wind disaster through Kyushu and Tohoku Districts. Characteristic features of this typhoon is investigated by pressure and wind analyses.

Every ten-minute interval after landfall, pressure pattern is represented with the Schloemer's formula<sup>1)</sup> by the objective analysis method. In this analysis, we interperated the pressure data in the near center region of the typhoon by the time-space conversion, and the gradient wind is computed based on the computed pressure pattern. The gradient wind grew more intense after landfall and the intense wind region exceeding  $50 \text{ ms}^{-1}$  passed through the mountain part of Oita Prefecture and Hiroshima Bay, where the severe disasters by high wind were caused.

About 2.5 hours after passing of the typhoon center, a pressure-dip with the maximum drop of 7.5 mb was observed through the northern part of Kyushu District and the western part of Chugoku District, and the life time of the dip exceeded 7.5 hours. At passing of the pressure-dip, peak gust of  $20\sim 40 \text{ ms}^{-1}$  is observed, and it is considered that the investigation of this phenomenon is also important for a high wind disaster prevention work.

#### 1. はじめに

1991年9月27日16時ごろに長崎県西彼杵半島に上陸した台風9119号は、Fig. 1に示すように北東に進み、山口県から日本海に出て北東に進み、28日未明に東北地方西方海上を通過し、8時前に北海道渡島半島に再上陸した。この台風通過時において、多くの気象官署で開設以来の最大風速、最大瞬間風速の極値を更新した。気象官署のうちで従来の極値を更新した官署は、最大風速は5官署であるが、最大瞬間風速を更新した気象官署は26官署に達している<sup>1)</sup>。これらの官署数が山岳測候所を除く全気象官署のうちで占める割合は、それぞれ、3.3%、17.3%である。最大風速が最も大きい値を観測したのは広島であり、 $36.0 \text{ ms}^{-1}$ である。これは、1951年10月15日のRUTH台風来襲時に観測された $33.9 \text{ ms}^{-1}$ を40年ぶりに更新したものである。また、最大瞬間風速については、九州北部から中国西部にかけては、大分と呉を除くすべての地点で $40 \text{ ms}^{-1}$ を超えていて、 $50 \text{ ms}^{-1}$ を超える強風を観測した気象官署は11地点に及んでいる。さらに、東北地方でも従来の極値を更新し、青森では、従来の極値 $35.9 \text{ ms}^{-1}$  (1961年5月29日)を大幅に上回る $53.9 \text{ ms}^{-1}$ を記録した。これらの数値を見ただけでも、台風9119号による強風は、数十年から100年に一回の生起確率をもつような極めて希なものであったことがわかる。

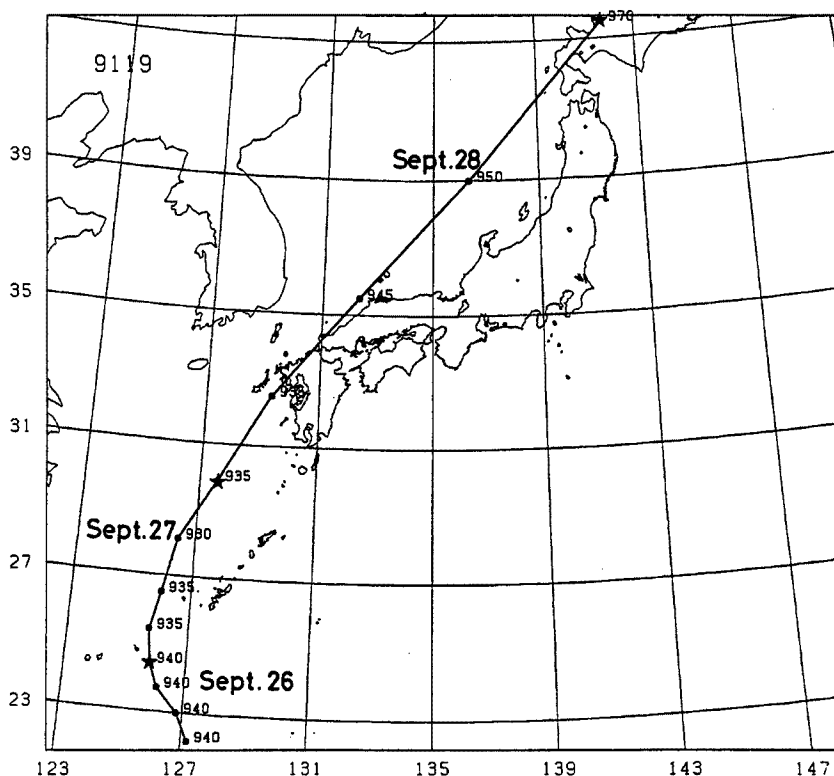


Fig. 1. The main part of the course of Typhoon 9119 and its central pressure determined by Japan Meteorological Agency. Mark ★ indicates a position of a typhoon center at 900 JST.

また、台風に伴った強風により、各地で災害が発生した。死者は62名<sup>2)</sup>に達したが、このうちほとんどは瓦などの飛来物に直撃されたり、倒壊した建物の下敷きになったりするなど強風によるものであった。

そこで、この台風通過時における各地の気象観測資料を収集し、この台風の気圧と風速の分布について解析し、その特性について調べた。

## 2. 気圧場の客観解析

台風9119号のように中心気圧の低い台風は、最大風速半径付近で気圧傾度が大きく、正確な解析を行うためにはこの付近で気圧の資料の密な分布が必要である。しかし、気象官署の分布は数十～100 km 間隔であり、解析時刻の資料だけでは中心付近で満足できる結果が得られない場合がある。著者<sup>3),4)</sup>は、1990年9月19日に和歌山県白浜町の南方に上陸した台風9019号の気圧場の解析において、時空間変換により観測点の密度の粗さを補う方法を試みたが、台風9119号の気圧場についてもこの方法により客観解析を行うことにした。

この方法では、気圧を自記紙から10分間おきに読み取り、解析時刻の30分前から30分後まで気圧場は定常であると仮定して時空間変換を行って、Schloemerの気圧分布式<sup>1)</sup>で表したのであるが、この方法については、藤井・劉<sup>3)</sup>および劉・藤井・光田<sup>4)</sup>に説明してあるので、ここでは省略する。

解析により決定した10分間おきの中心の位置と中心気圧、最大旋衡風速半径を Fig. 2 に示す。台風は、上陸後次第に加速し、ほぼ北東に進んでいる。中心気圧の上昇量は、九州を通過していた2時間で10 mb程度にすぎなく、比較的減衰が小さい。また、最大旋衡風速半径  $r_m$  は、上陸時は65 km程度であるが、

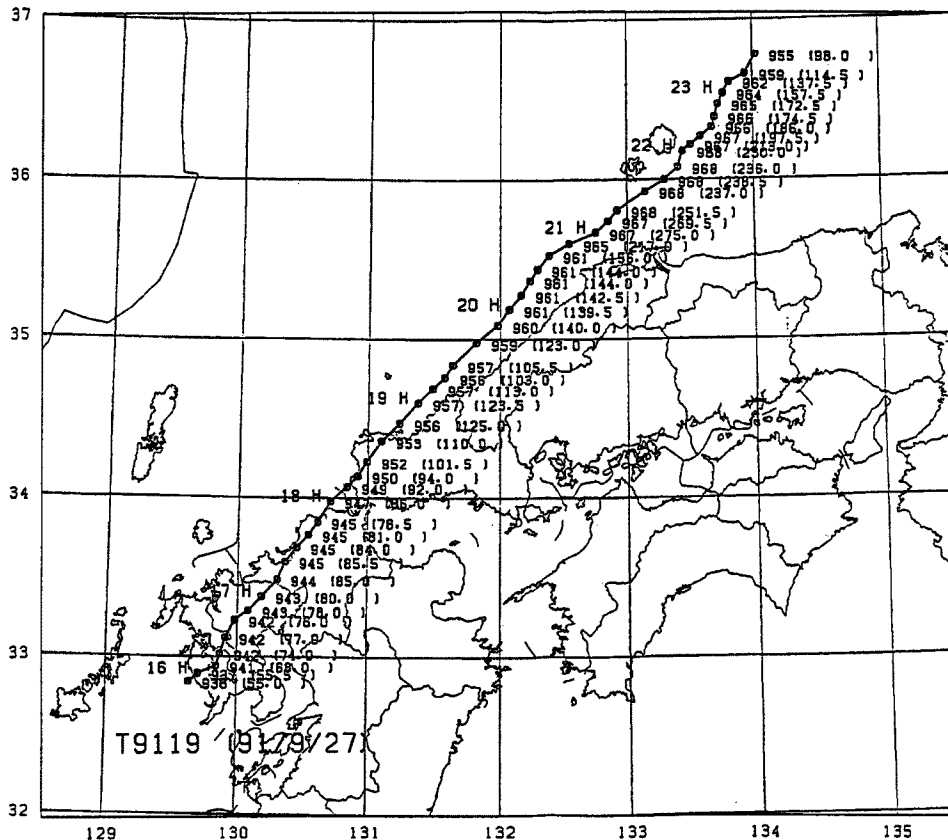


Fig. 2. The positions of a typhoon center determined at the ten-minute interval by the objective pressure analysis. The number indicates to a central pressure (mb) and that in the parenthesis to a radius (km) of the maximum cyclostrophic with speed.

2時間後には100 km近くに増加している。この図には、15時50分から23時30分までの客観解析の結果を示してあるが、21時ころ以降は $r_m$ の値が急速に大きくなり、250 kmを超えていて、経路の蛇行もやや顕著になっている。これは、観測資料が一方方向に偏っているためであり、本土上陸前や日本海・太平洋上へ抜けた場合への本解析法の適用には問題点が残っている。

なお、客観解析の結果では、中心は21時50分ころに隠岐の東を通過している。西郷測候所の風の記録によると、このころ風速は $2 \text{ ms}^{-1}$ くらいまで弱まり、眼が通過したようである。風向の記録によると、21時45分から10分間に東北東から北、西、そして南へと急激に変化していて、台風の渦の中心が西郷のほとんど真上を通ったようである。一般に、気圧中心は渦の中心よりも進行方向に対して右方向にあるので、客観解析によるこのころの中心の位置は妥当な結果が得られたと考えられる。ただし、気圧の記録によると、西郷では22時53分に海面気圧964.3 mbの最低気圧を記録していて、上記の風の記録による眼の通過時刻より1時間程度遅れている。このころ風向は徐々に南から西、西北西へと変化している時で、これは台風がこの付近で再発達していたことによるようでもあるが、台風が西郷に接近したころの経路については今後検討を要する。

### 3. 傾度風速の分布

客観解析により得られた気圧場とバランスする傾度風速を算出して、その分布の特徴について調べてみた。

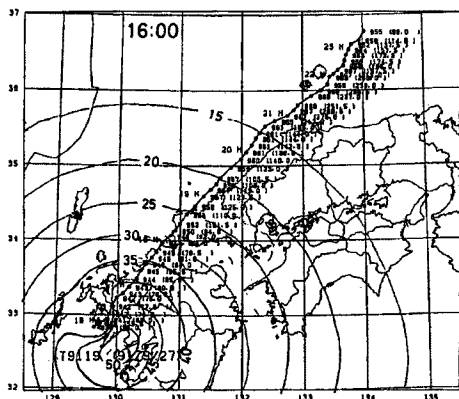


Fig. 3(a). Distribution of the gradient wind speed balancing to the pressure pattern determined by the objective analysis at 1600 JST, Sept. 27, 1991.

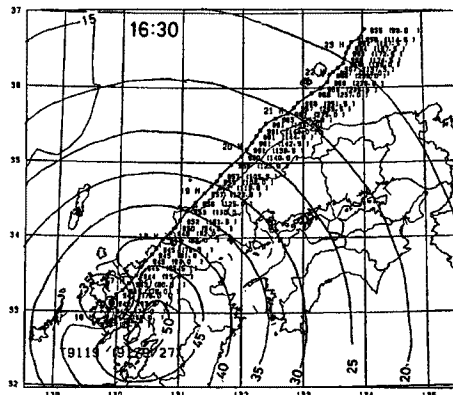


Fig. 3(b). Same as Fig. 3(a), except for 1630 JST.

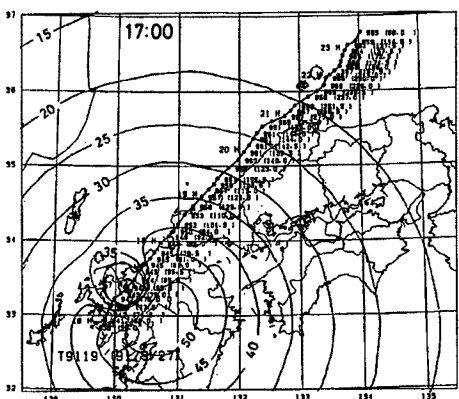


Fig. 3(c). Same as Fig. 3(a), except for 1700 JST.

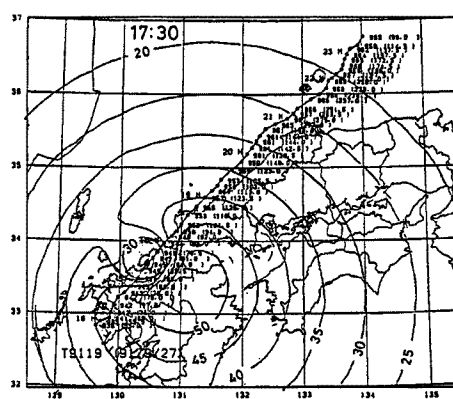


Fig. 3(d). Same as Fig. 3(a), except for 1730 JST.

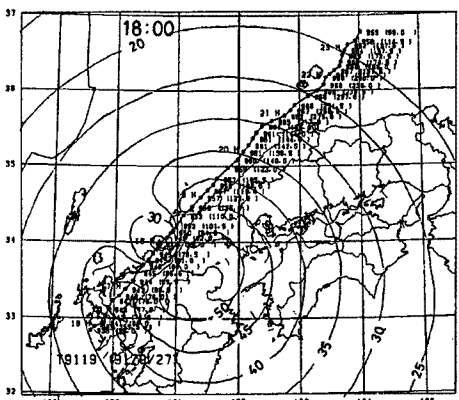


Fig. 3(e). Same as Fig. 3(a), except for 1800 JST.

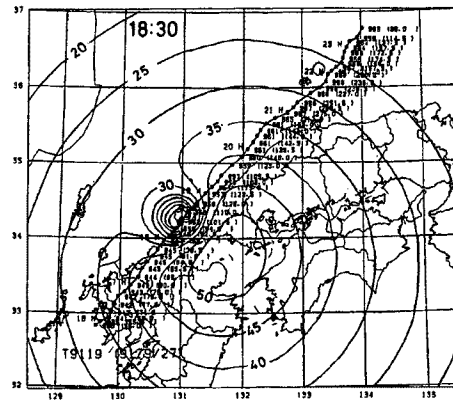


Fig. 3(f). Same as Fig. 3(a), except for 1830 JST.

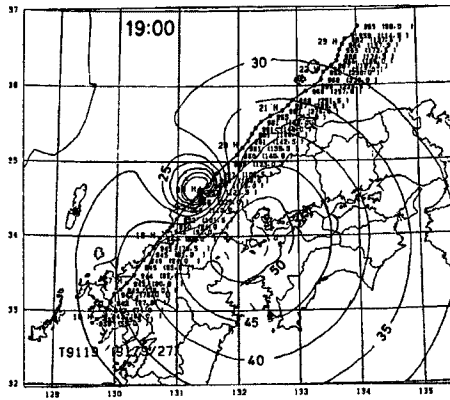


Fig. 3(g). Same as Fig. 3(a), except for 1900 JST.

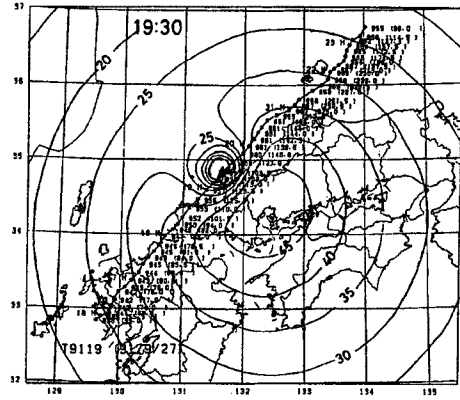


Fig. 3(h). Same as Fig. 3(a), except for 1930 JST.

気圧分布が同心円状であっても、気圧場の移動により流跡線の曲率半径に非対称が生じて、傾度風速は進行方向に対して左側よりも右側の方が大きくなる。この流跡線の曲率半径は、移動する風速場における流跡線の曲率と流線の曲率の関係を運動学的に求めた Blaton の公式<sup>5)</sup>を用いて、流跡線の曲率半径を流線の曲率半径、すなわち等圧線の曲率半径で表すことにした。

このように気圧場の移動の効果を考慮に入れて求めた傾度風速の分布を Fig. 3 に示す。なお、気圧場の移動速度はその時刻30分前からの平均とした。上陸跡、中心気圧は徐々に上昇しているにもかかわらず、風速  $50 \text{ ms}^{-1}$  以上の範囲は広がっていている。これは、台風の移動が加速したのと最大風速半径が広まったことによるものである。この傾度風が最も強い区域は17時30分ころ大分県の山地を通過して、この地域では広い範囲にわたって倒木などの強風による山林災害が発生している。19時00分には、この強風域は広島湾に達している。このころから、広島湾周辺では、厳島神社の能舞台の倒壊などの被害が発生している。19時30分には、この強風域はやや衰え、風速  $50 \text{ ms}^{-1}$  以上の範囲はなくなっている。

#### 4. pressure dip の通過にともなう強風

九州から中国地方西部にかけて、台風を中心付近通過時には最大瞬間風速  $40 \sim 60 \text{ ms}^{-1}$  の強風が観測されたが、中心通過約2時間30分後に再び風が強まり、 $20 \sim 40 \text{ ms}^{-1}$  の瞬間風速が観測された。この強風のさいに、気圧の急激な降下が生じ、小擾乱 (pressure dip) が通過した形跡が認められた。

この pressure dip が最も顕著に現れたのは、佐賀市付近である。Fig. 4 に示した佐賀地方気象台の気圧の記録では、19時30分を中心として深さ  $6.0 \text{ mb}$  の pressure dip を伴う擾乱が通過している。このときの最大瞬間風速は  $28.2 \text{ m/s}$  であり、風向は、西から北北西、さらに最大瞬間風速を記録したときには東と、pressure dip 発現前とは  $180^\circ$  変化し、気圧が回復後、西南西にまで戻っていて、擾乱の中心の通過を表している。雨は、擾乱の通過1時間前の18時30分ころに一時的に強い雨が降っているが、18時から19時までの1時間に  $6 \text{ mm}$  にすぎない。擾乱通過時には弱い雨だけである。

また、Fig. 5 は佐賀市の北東方約  $10 \text{ km}$  離れたところにある佐賀県三田川町の陸上自衛隊目達原基地での記録である。pressure dip の深さは  $7.5 \text{ mb}$  にも達していて、19時34分に最大瞬間風速  $36.6 \text{ ms}^{-1}$  が記録されている。

このような pressure dip は、鹿児島県の自記紙上には記録されていないが、阿久根や福江から九州北部を横断し、中国西部を通り、隠岐にまで追跡でき、記録が得られる陸上だけでも7時間半継続していた。各地の自記紙に基づいて、各地の pressure dip の最深線の通過時刻と最大気圧降下量の分布を描くと Fig. 6 のようになる。pressure dip を伴った擾乱は、九州北部で最も発達している。

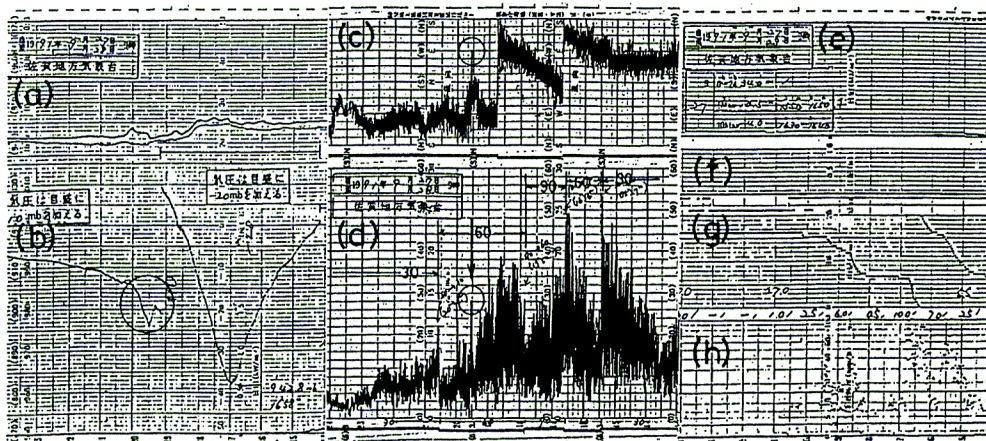


Fig. 4. Surface meteorological records at Saga Meteorological Observatory. (a) air temperature and dew-point temperature, (b) pressure, (c) wind direction, (d) wind speed, (e) flux of solar radiation, (f) duration of sunshine, (g) rainfall amount, (h) rainfall intensity.

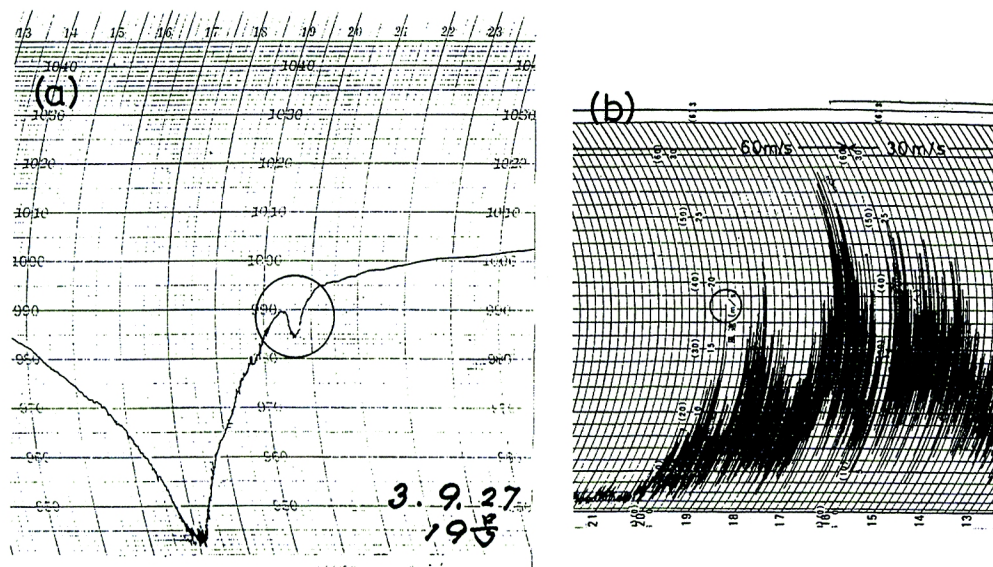


Fig. 5. Surface meteorological records at Medachihara Station of the Ground Self-Defence Force. (a) pressure, (b) wind speed.

客観解析により決定した台風を中心の位置 (Fig. 2) と pressure dip 最深線との相対的な位置関係は Fig. 7 のようになる。17時30分から18時30分までは30分間あたり約 10 km の速さで中心から外へ移動している。しかし、最盛期の18時30分から19時30分にかけては中心から 200 km のほとんど同じ場所にある。その後、19時30分から20時00分の30分間には、20 km 近く外へ移動している。なお、pressure dip は、最盛期には、中心より 200 km 程度離れていて、前に述べた気圧場の客観解析の結果には、ほとんど影響していない。

気圧降下量が最大となった19時30分の気圧分布と各地の地表風は Fig. 8 のようになる。この図で、気圧分布は客観解析によったものである。また、点線は pressure dip 域を示している。dip 域は、幅が約 50 km にも達している。dip 域の中心部では、実測風向はほぼ北よりに変化している。このために、気流は pressure dip 前面で水平発散、後面で水平収束となっている。

Fig. 9 は同じ時刻のレーダー画像である。pressure dip 域は、幅約 100 km の発達したレインバンドの後

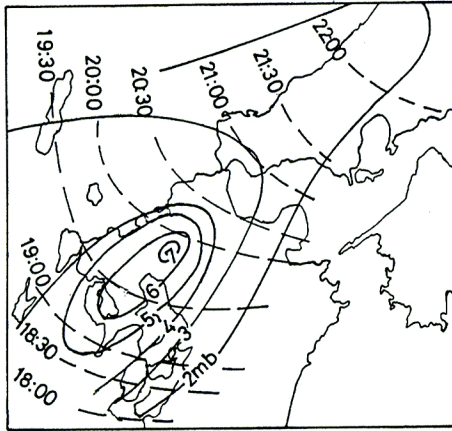


Fig. 6. Distribution of the maximum pressure anomaly and its occurring time.

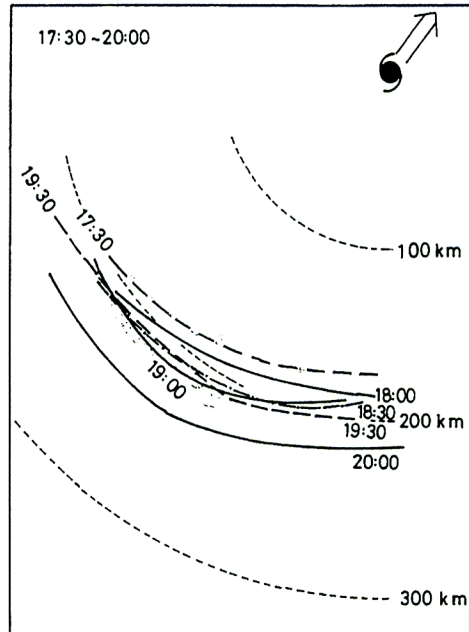


Fig. 7. The position of pressure dip relative to the typhoon center determined by the objective pressure analysis.

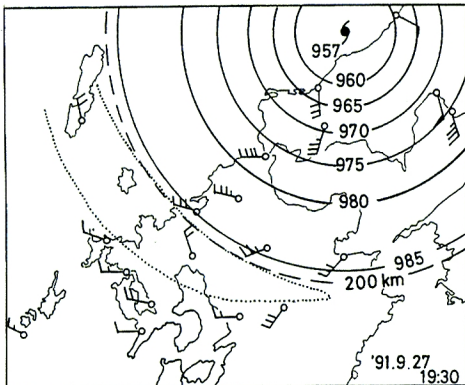


Fig. 8. The distribution of isobars determined by the objective pressure analysis and the observed surface wind at 1930 JST, Sept. 27, 1991.

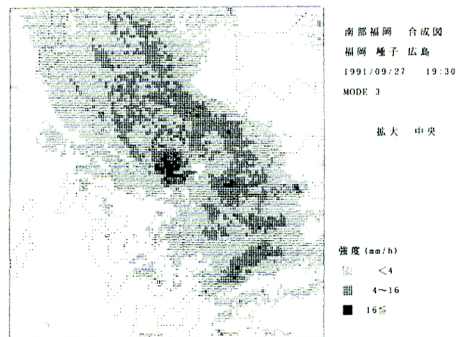


Fig. 9. The distribution of radar echoes at 1930 JST, Sept. 27, 1991. This pattern was synthesized with radar echoes on the Fukuoka, Tanegashima and Hiroshima Observatories.

方に位置している。レインバンド内には、1時間あたり32mm以上の雨量に相当するエコーが存在し、この後方で顕著な pressure dip が現れていて、このエコーに相当する対流現象が pressure dip の生成になんらかの影響を及ぼしているものと考えられる。

Fig. 10 に示したのは、pressure dip が中国地方に達した27日21時の地上天気図である。九州地方南部には寒冷前線が存在している。しかし、Fig. 4 に示した佐賀の地上気象観測の記録では、気温は下降して、寒冷前線通過の兆候は見られない。このころの上空の状態については、福岡の27日21時の高層気象観測の記録から求めた相当温位の高度変化を示すと Fig. 11 のようになる。870 mb と 700 mb の間に安定層が存在し、相当温位の差は8°C程度ある。このように、pressure dip 域付近の上空に安定層が存在するのは、台

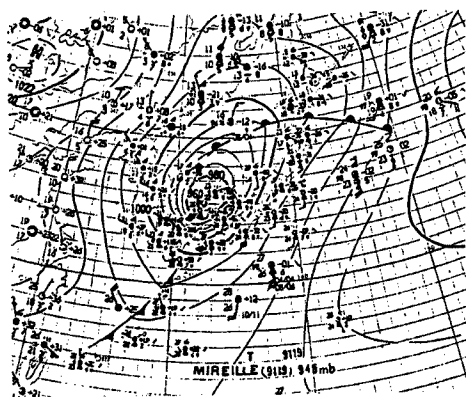


Fig. 11. The vertical distribution of equivalent potential temperature at Fukuoka at 2100 JST, Sept. 27, 1991.

風8124号でもみられたのである<sup>6)</sup>。

## 5. おわりに

気圧場の客観解析については、長崎県上陸直前から九州北部、山口県を通過し日本海に抜けるまでの期間はほぼ妥当な結果が得られた。この結果を利用して傾度風速の分布を計算した。その結果、強風災害が顕著であった大分県山地や広島湾では、傾度風速が  $50 \text{ ms}^{-1}$  以上の強風域が通過していた。なお、今後、台風9019号において調べた<sup>3), 4)</sup> のと同様に、傾度風速と地表風速の関係が地形によってどのように変わるかについて調べて、地形と地表風速の関係についてまとめる予定である。

台風域内の pressure dip について解析された例としては、1949年の台風 Della<sup>7)</sup>、台風5821号<sup>8)</sup>、6420号<sup>9)</sup>、7818号<sup>10)</sup>、7916号<sup>11)</sup>、8124号<sup>6)</sup> などがある。このように、pressure dip はそれほど珍しいものではなく、これに伴う強風は、台風の中心が遠ざかり、風が弱まってきて安心したときに突然に吹き出すのであり、風速のわりに大きい被害が発生する可能性があって、防災上軽視できない。

最後に、本研究の遂行にあたって、福岡、大阪、仙台管区の各気象台、測候所、および航空、陸上、海上自衛隊の諸施設から気象観測資料を提供していただいた。これに対して、深く感謝の意を表します。なお、本研究は、平成3年度文部省科学研究費補助金総合研究(A)『1991年台風19号による強風災害の研究』の研究成果の一部である。

## 参考文献

- 1) Schloemer, R. W.: Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okeechobee, Florida, Hydrometeorological Report, 31, 1954, 49 pp.
- 2) 気象庁予報部：平成3年9月25日から9月28日にかけての台風第19号と前線による暴風と大雨，災害時自然現象報告書，1991年第4号，1991，68 pp.
- 3) 藤井 健・劉 迎：台風9019号の地表風と地形との間の統計的關係について，京都産業大学論集，自然科学系列，第21巻，1992，(印刷中)。

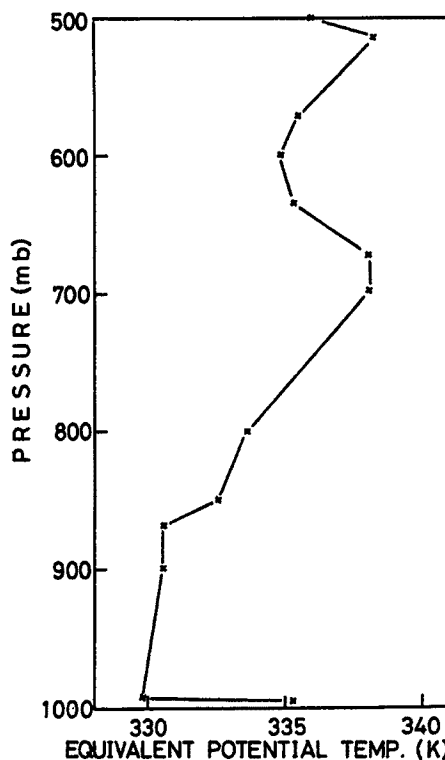


Fig. 10. Surface weather map at 2100 JST, Sept. 27, 1991.



- 4) 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. 193-203.
- 5) Holmboe, J., G. E. Forsythe and W. Gustin: *Dynamic Meteorology*. John Willy and Sons, Inc., 1945, pp. 207-209.
- 6) Matsumoto, S. and H. Okamura: The internal gravity wave observed in the Typhoon T 8124 (Gay). *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 63, 1985, pp. 37-51.
- 7) Fujita, T.: *Studies on typhoon and convection*. Report of Meteor. Lab., Kyushu Ins. Tech. Vol. 2, No. 1-4, 1952, pp. 64-67.
- 8) 立平良三：台風の降雨帯の解析 (5821号の場合)，研究時報，13巻4号，1961，pp. 264-279.
- 9) 山元龍三郎・光田 寧・宮田賢二・田平 誠：台風20号にともなった暴風について，京都大学防災研究所年報，第8号，1965，pp. 593-604.
- 10) 光田 寧・藤井 健・末延龍雄：北九州地方を襲った台風18号 (7818) の気象学的特性について，京都大学防災研究所年報，第22号 B-1，1979，pp. 407-418.
- 11) 中島暢太郎・光田 寧・後町幸雄・田中正昭・藤井 健・文字信貴：台風7916号について，京都大学防災研究所年報，第23号 B-2，1980，pp. 87-111.