

台風時における気圧場から計算した風速と 実測された風速との関係 (第3報)

——台風9807号についての解析——

藤井 健*・光田 寧**

*京都産業大学一般教育研究センター

**日本気象協会関西本部

要 旨

1998年9月22日に紀伊半島に上陸した台風9807号は、中心の後面で吹き返しの風が強く、気温の下降を伴った。強風による被害が最も顕著であった奈良では突風率が3を超え、乱れの大きい風が吹いた。次に、この台風と過去に類似のコースを通過した3個の台風について、気象要素の時間的変化の特徴を比較した結果、台風後面の吹き返しの方がとくに強いとは限らなかった。また、気温は、いずれの台風でも中心後面で下降しているが、その傾向は台風によって異なっていた。最後に、著者が開発した台風気圧場客観解析法を適用して、10分間隔で気圧場の解析を試み、強い風が記録された気象官署6地点について地表風を算出して、実測地表風と比較した。その結果、風向については、ほぼ一致した。一方、風速については、京都、大阪および奈良ではほぼ一致しているが、上野と和歌山における台風中心後面の強風は過小評価となった。

キーワード：台風、気圧分布、強風、傾度風、地表風、調和解析

1. はじめに

1998年9月22日に来襲した台風9807号は、強い風を伴っていて、近畿地方（とくに奈良県）を中心として、大きな災害を引き起こした。そこで、本稿では、まず、この台風通過時に各気象官署の記録をもとに、気象要素の時間変化の特徴についてまとめた。

次に、過去に台風9807号と類似したコースを通過した台風6118号、7916号、8917号について、各気象官署における気象要素の時間変化の特徴を比較した。

最後に、著者が開発した台風気圧分布客観解析法（藤井, 1974; Mitsuta et al., 1979）を適用して、10分間隔で気圧場の解析を試みた。この結果から、昨年の年報（藤井ら, 1998）で報告した気圧場から

計算した風と実測地表風との間の関係を用いて、各地で地表風を算出し、実測風と比較した。

2. 台風9807号の気象要素の時間変化

気象庁によると、1998年9月17日15時にルソン島西海上の南シナ海で、弱い熱帯低気圧が台風の勢力に発達し、台風9807号となった。台風はルソン島を横断し、南西諸島の南海上、南大東島北海上を北東に進み、22日13時過ぎに和歌山県御坊市付近に上陸した。その後、台風は、近畿地方を北北東に進み、22日18時過ぎに富山湾から日本海へ出て、東北地方に再上陸した。

台風9807号の中心経路に近い気象官署8地点の気象要素の時間変化（10分間おきの観測値）をFig.1に示す。海面気圧は中心域通過時に鍋底状の

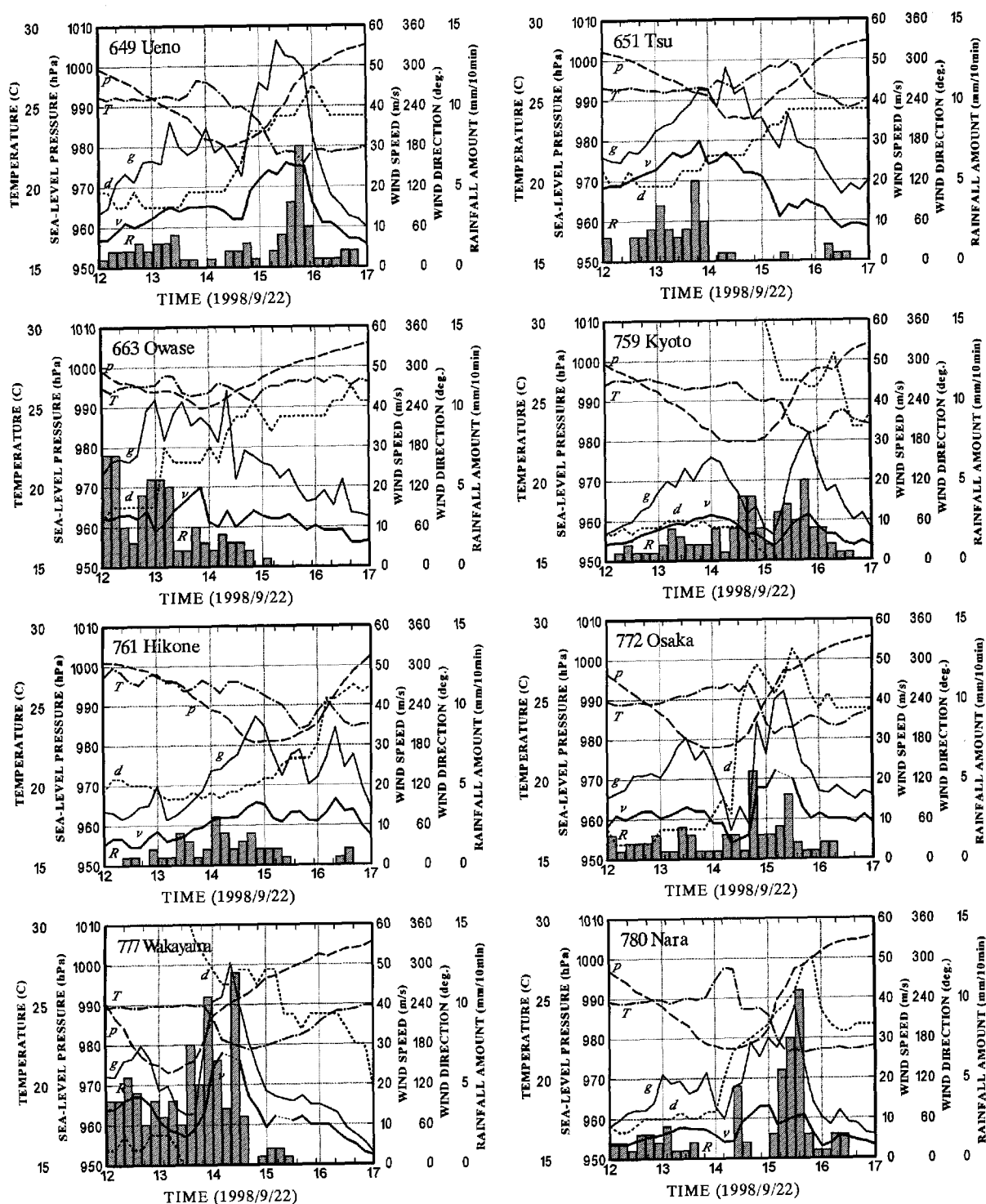


Fig. 1 Time changes of meteorological elements observed at eight weather stations of Japan Meteorological Agency (JMA) in Typhoon 9807 (VICKI). *p* indicates sea-level pressure, *d* wind direction, *v* ten-minutes mean wind speed, *g* peak gust speed, *T* air temperature, and *R* rainfall amount.

形状を示している。風速（10 分間平均）については、上野、大阪、和歌山、奈良において中心の後面通過時の方が大きい。最大瞬間風速については、平均風速の 2～3 倍程度である。中でも、奈良では、中心後面で、最大瞬間風速は 30 m s^{-1} を超え、平均風速の 3 倍、すなわち突風率が 3 を超えている。平均風速の最大が 13.1 m s^{-1} で、とくに強いというわけではないので、奈良盆地では乱れが大きい強風が被害を拡大したものと考えられる。気温は、いずれの地点においても、中心後面の強風出現時に 2～3℃ 下降していて、強風発現時と一致している。降水量については、和歌山のように中心前面通過時に多い場所と上野や奈良のように中心後面通過時の方が多い場所がある。

3. 類似コースを通過した台風

1961～98 年において、奈良盆地のすぐ西側を通過し、9807 号と類似したコースを通過した顕著台風は 6118 号（第 2 室戸台風）、7916 号、8917 号の 3 個である。これらの台風について、著者らが開発した台風気圧場客観解析法により決定した毎時の位置と経路を Fig. 2 に示す。これらの台風は四国の室戸岬付近に上陸し、北北東に進み、大阪湾から阪神地域に上陸している。なお、気象庁が決定した経路によると、7916 号は四国に上陸せず、紀伊水道から大阪湾に入り、大阪市に上陸している。

この図には、比較のために、気象庁が決定した台風 9807 号の経路も図示してある。台風 9807 号は紀伊半島に上陸して、奈良盆地の西側を通過している。1951 年以降に紀伊半島に上陸した顕著台風は数多くあるが、奈良盆地の西側を通過したのは、北北西に進んだ 7002 号のみである。したがって、台風 9807 号は珍しい経路をとったことになる。

次に、台風 6118 号、7916 号および 8917 号の通過に伴い、各地で観測された気象要素の時間変化（1 時間おき）を Figs. 3～5 に示す。

Fig. 3 に示した台風 6118 号の場合、風速は、台風眼が通過したと見られる大阪では中心後面の風の方が強い。しかし、奈良を除いた他の地点では、気圧が最低値を記録した時刻ころに風が最も強くなっている。ただ、奈良では、気圧の最低値を記録した時間帯で風向と風速が欠測になっているが、後面の風の方がはるかに強かったようである。気温については、尾鷲を除いて、中心通過後の下降が著しく、彦根、京都、奈良などでは 6℃ 以上下降している。この台風の場合、中国地方から南北に延びる寒冷前線が台風後面に進行してきていて（山元ら、1963；小

野田、1967）、気温の急激な下降は、この寒冷前線の通過によるものと考えられる。

Fig. 4 に示した台風 7916 号の場合、京都と大阪では、中心通過後の風速の方が大きい。気温の下降は、大阪と京都ではゆっくりであるが、上野と奈良では、中心域通過前に上昇し、その直後の 1 時間に 4～5℃ も下降している。

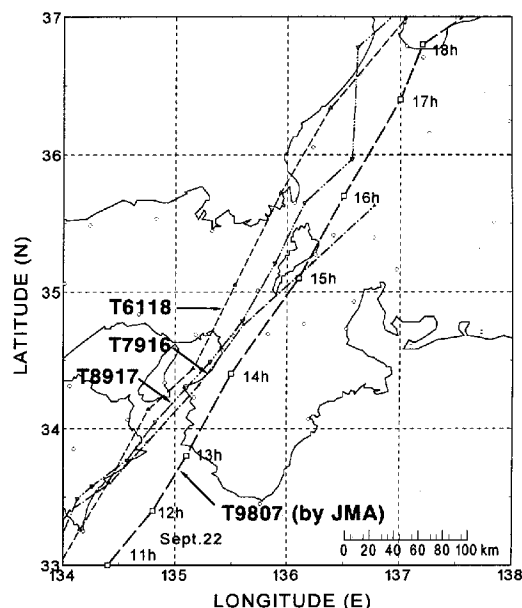


Fig. 2 The courses of Typhoon 9807 (VICKI) and the three typhoons passing a course similar to Typhoon 9807. The course of T9807 is based on Japan Meteorological Agency (JMA) and those of the other typhoons on the objective pressure analysis by the present authors.

Fig. 5 に示した台風 8917 号の場合、和歌山では中心後面における吹き返しの方が強いが、他の地点では、中心の前面と後面で風速の差は小さい。気温については、中心接近時には上昇し、中心域通過直後に急速に元の気温に下降する傾向がある。降水量については、中心前面通過時に集中している。

このように、ほぼ同じコースを通過した 3 個の台風と比較したところ、風速については、中心後面の吹き返しの方が強いとは限らない。気温については、いずれの台風でも中心後面の気温下降が見られるが、台風 8917 号のように台風中心域接近前の気温までにはしか下がらない台風もある。今後、このような差が何によって決まるのかについて検討する必要がある。

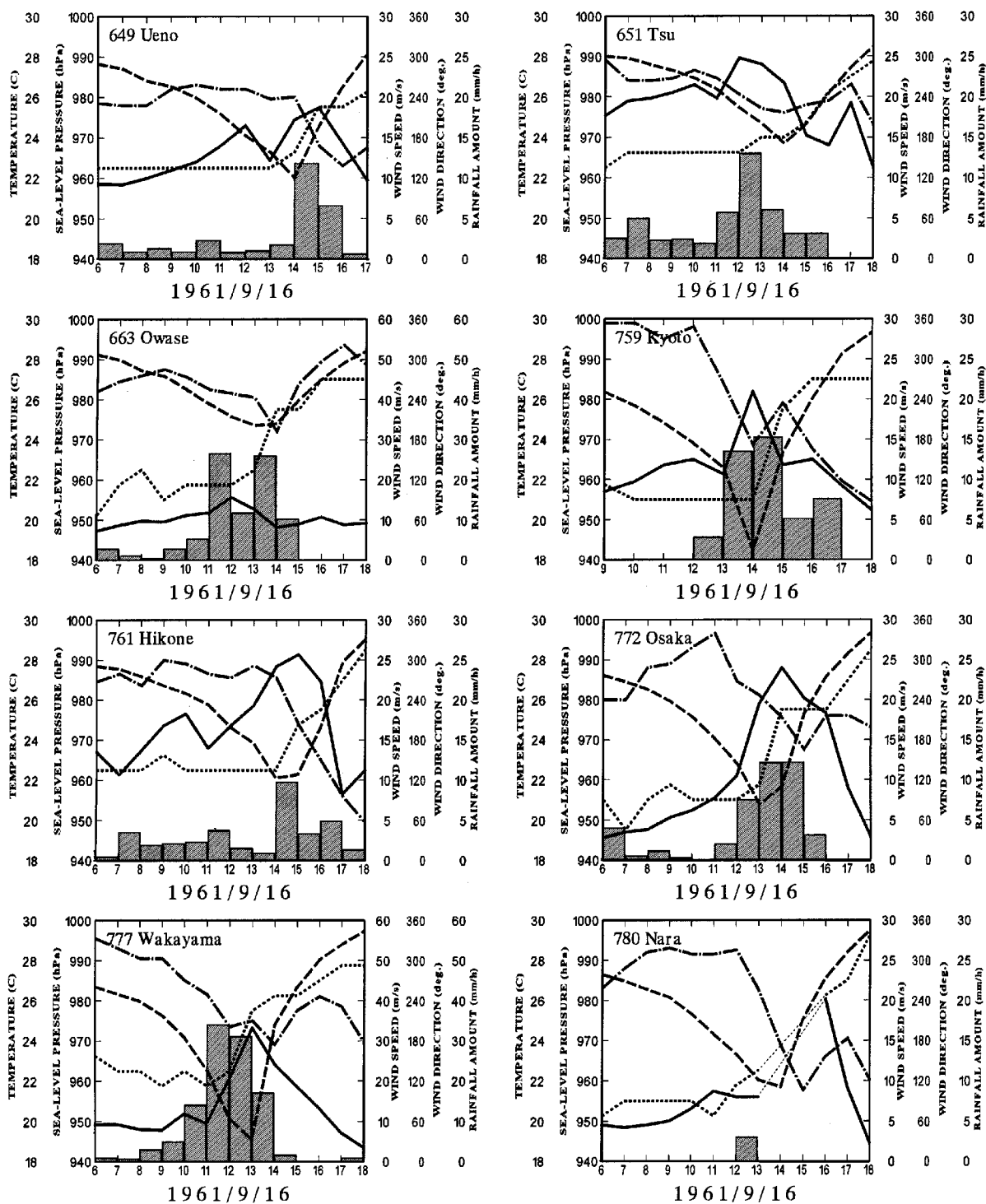


Fig. 3 Time changes of meteorological elements observed at eight weather stations of Japan Meteorological Agency (JMA) in Typhoon 6118 (the Second Muroto Typhoon). A solid line represents ten-minutes mean wind speed, a dotted line wind direction, a broken line sea-level air pressure, a chain line air temperature, and a bar rainfall amount.

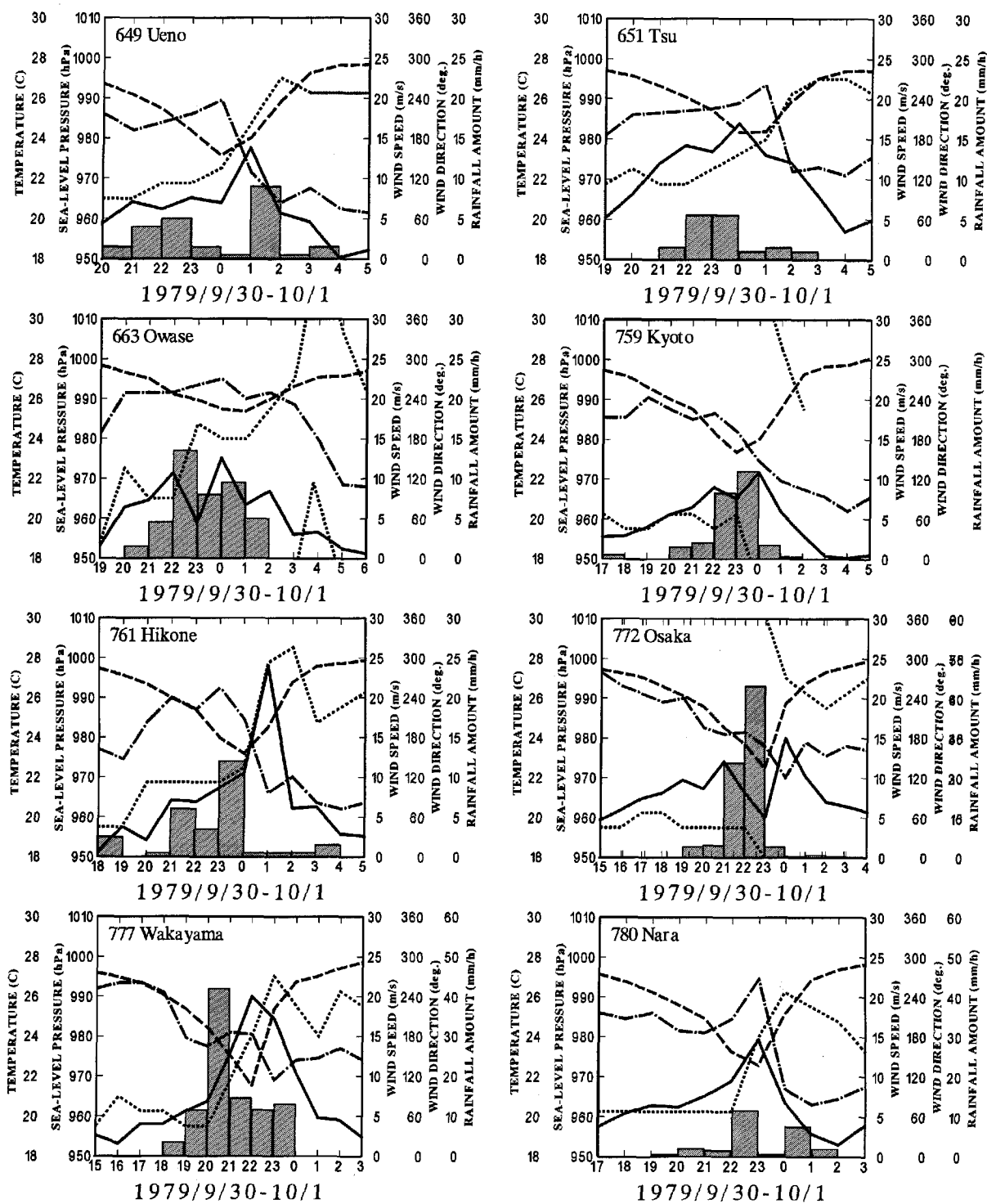


Fig. 4 Same as in Fig. 3, but for Typhoon 7916

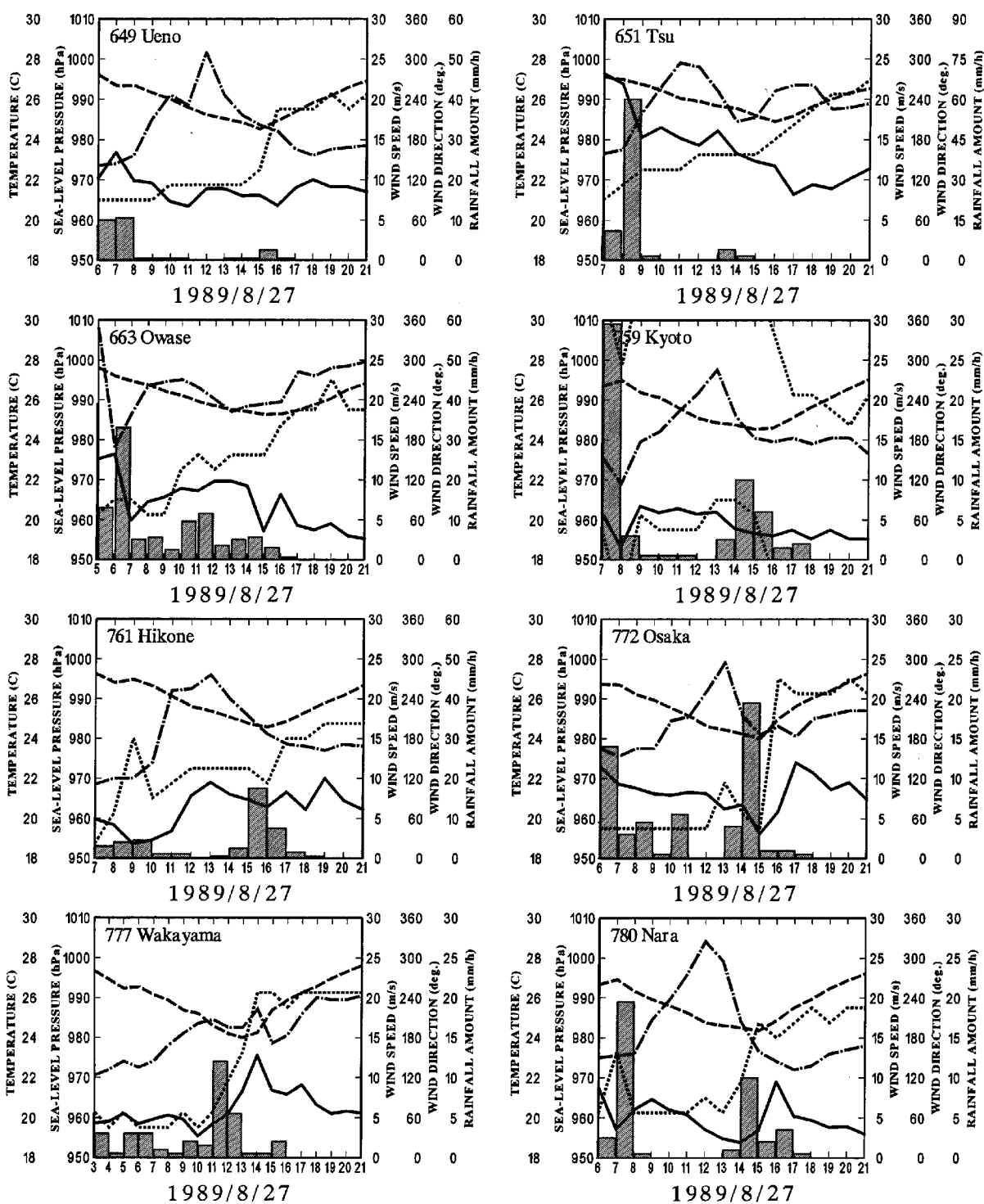


Fig. 5 Same as in Fig. 3, but for Typhoon 8917

4. 台風9807号の気圧場の解析結果

気象官署の日原簿の海面気圧のデータを用いて、Schloemer (1954) の気圧分布式

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

により気圧場の客観解析を行った。この式で、 p は中心からの距離 r における海面気圧、 p_c は中心気圧、 Δp は中心気圧低下量 (周辺気圧 - 中心気圧)、 x は r と最大風速半径 r_m の比で、 r_m を基準とした無次元相対距離に相当する。

まず、気象庁地上気象観測日原簿 (和歌山地方気象台白浜空港分室のデータを含む) の海面気圧を用いた解析の結果、毎正時における中心の位置、中心気圧、周辺気圧、最大風速半径を得た。

次に、経路周辺 28 カ所の気象官署 (和歌山地方気象台白浜空港分室を含む) の自記紙から 10 分間おきに現地気圧のデータを読みとり、海面更正を行い、海面気圧に換算した。このうち中心から 250km 以内に存在する官署のデータを用いて、正時を除いて 10 分間おきに気圧場の客観解析を試みた。このさい、周辺気圧は毎正時の解析結果から内挿により求めた値で固定値として与えた。

中心の経路を Fig. 6 に示す。経路は直線状ではなく、蛇行 (幅 15 km 程度) している。これを気象庁による経路と比較すると、最大で 10 km 程度進行方

向の左側にずれている。この差は、中心の決定方法が異なっているためであると考えられる。すなわち、気象庁は気圧分布だけでなく、気象レーダーや気象衛星画像による台風眼も参考にして中心を決定していて、これが気圧場客観解析により決定した気圧中心との差を生じたものと考えられる。

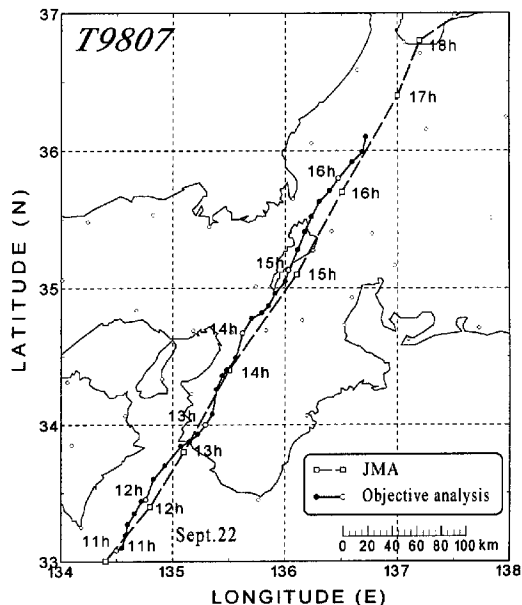


Fig. 6 A course of Typhoon 9807 determined by the objective pressure analysis

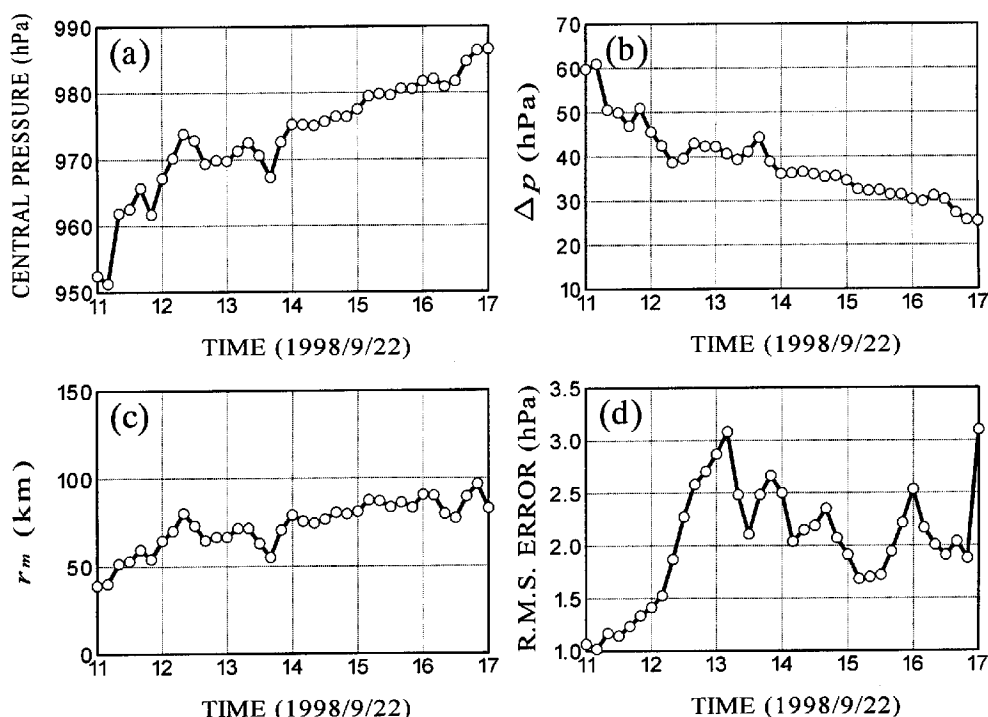


Fig.7 Time changes of the parameters in Schloemer's Formula (1) determined by the objective pressure analysis, (a) central pressure, (b) central pressure depth, (c) radius of the maximum wind speed, (d) r.m.s. error

また、奥田ら（1999）は、自治体消防署における気象観測データを収集し、風向の順転と逆転の境目として風の循環中心の経路を決定した。この経路は、気圧中心の経路よりも進行方向に対して左に 10 ～ 20 km ずれている。

気圧中心、台風眼の中心および風の循環の中心が、互いに異なっていることについては、Shaw（1919）が論じている。これによると、台風眼中心の経路は気圧中心の経路よりも進行方向の右側に、風循環中心の経路は気圧中心の経路より進行方向の左側にずれることになる。上に述べた 3 種類の決定法による中心経路のずれの方向は、Shaw の理論と一致している。

毎正時における位置を気象庁による位置と比較すると、13 時と 14 時は客観解析による中心の方が先行していて、30 km 程度の差がある。このずれは、気象庁による台風中心位置が気圧分布だけでなく、レーダーエコー図なども使用して決定されていることに起因するのではないかと考えられる。一方、15 時と 16 時には、両者の中心位置は接近していて、その差は 10 km 程度である。

中心気圧、中心気圧低下量、最大風速半径および気圧分布を Schloemer の式で近似したときの平均二乗誤差の平方根（r.m.s. error）の時間変化を Fig. 7 に示す。これによると、中心気圧の上昇および中心気圧低下量の減少については、12 時以降ほぼ一様で、平均して 1 時間当たり 4 hPa 程度である。最大風速半径については、徐々に増加していて、その割合は、平均して 6 km h⁻¹ 程度である。r.m.s. error については、上陸時ころの 13 時過ぎには 3 hPa を超えているが、次第に減少していく傾向がある。

5. 基本地表風と実測地表風の間の関係

昨年（藤井ら，1998）では、1975 ～ 94 年に本土に上陸した 22 個の顕著台風について、客観解析により得られた気圧分布から傾度風の風向と風速を算出した。さらに、傾度風風速については、最大風速半径内側で super-gradient の補正を行い、基本地表風速を求めた。次に、気象官署で実測された風向について傾度風風向からの偏角、また風速について基本地表風速に対する比を求めた。気象官署ごとに、風向偏角と風速比について傾度風風向に伴う変化を調和解析によって波数 4 以下の Fourier 級数の和として表した。これらの統計のうち、関東地方以西の気象官署における風向偏角と風速比の風向ごとの値について、昨年（藤井ら，1998）の Tables 2 and 3 に示した。

ここでは、台風 9807 号について、気圧場客観解析結果から傾度風を計算し、super-gradient の補正を行い、基本地表風速を算出した。この傾度風風向と基本地表風速から、昨年（藤井ら，1998）の Tables 2 and 3 の値を用いて地表風の風向と風速を推算した。台風中心経路付近や強風が観測された気象官署 7 地点についての結果を Fig. 8 に示す。

地表風風向の計算値については、中心最接近時のころの風向変動が大きい時間帯を除いて、実測値とほぼ一致している。

一方、地表風風速の計算値については、京都、大阪および奈良では、実測値とほぼ一致している。しかし、上野と和歌山における台風中心後面の強風は計算されておらず、過小評価となっている。これは、台風 9807 号が、過去の台風についての統計の適用範囲を超えたものであることを意味しているのかも知れない。このうち、和歌山は、1993 年 12 月 1 日に気象台の測風塔を移設し、そのさい風速計設置高度が 18.0 m から 38.9 m へと高くなった。基本地表風速と実測風の間の関係の統計は 18.0 m の期間のものであり、風速計設置高度変更は風速の過小評価の一因となっているものと考えられる。

6. おわりに

1998 年 9 月 22 日に来襲した台風 9807 号は、奈良盆地を中心として、中心気圧のわりには強い風が吹き、住家の破損、鉄道支柱の傾斜、倒木など大きな被害を生じた。この強風は、突風率が 3 にも達するような乱れの大きいものであった。

奈良盆地で強風が吹いた原因であるが、1999 年 4 月 26 ～ 28 日に開催された日本気象学会春季大会において、台風 9807 号の強風に関して 3 件の発表があった。この講演予稿集によると、奈良盆地で台風中心通過後に、強い風が吹いた機構は次のように考えられている。

榊原ら（1999）は、関西国際空港のドップラーレーダーのデータを解析した結果、観測高度 3 km あたりにシアラインがあり、ここで西からやってきた気塊が雨滴の蒸発により冷却し、下降して地上に達した可能性があるとしている。

また、藤部・北畠（1999）は、対流圏中上層に乾燥空気が侵入し、雨滴が蒸発、冷却したことによって強風を伴った低温域が形成されたと言っている。

さらに、河野ら（1999）は、MU レーダーの観測により、高度 2-3 km 付近に 4-5 ms⁻¹ 程度の強い下降流が存在していたことを明らかにしている。

台風眼の壁では、マルチセルタイプの巨大雷雨の

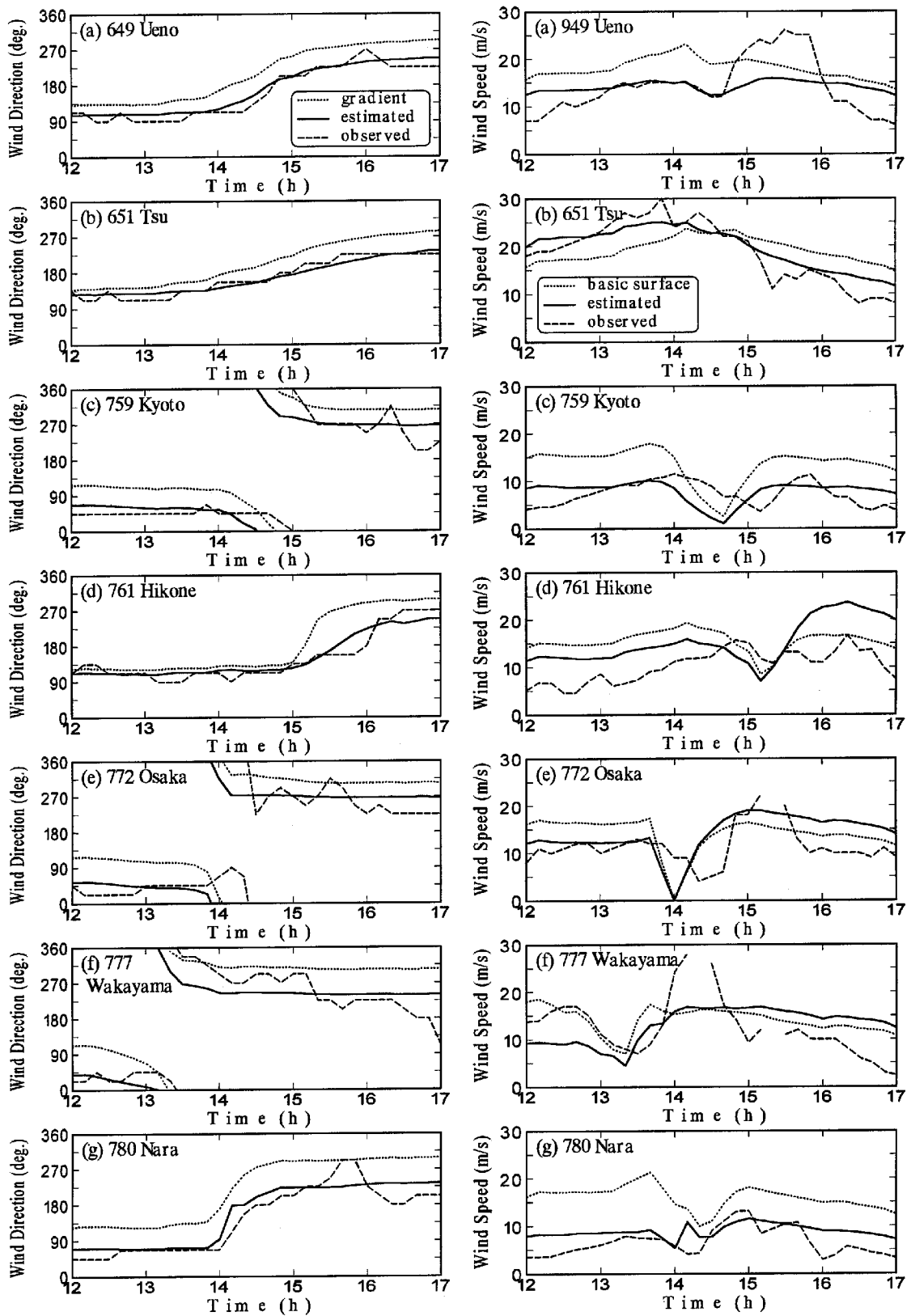


Fig. 8 Comparison of the estimated wind direction and speed with the observed wind direction and speed. A dotted line represents the gradient or the basic surface winds, a solid line the estimated surface wind, and a broken line the observed wind.

ように、様々な発達段階にある密集した積乱雲群で組織化されていると考えられる。その中には、下降流を伴った積乱雲もあり、ダウンバーストのような現象が出現している可能性もある。今回の被害調査によると、樹木や稲が倒れた方向は必ずしも同じ方向ではないと聞いている。これから、上空で雨滴の蒸発により冷却された空気塊が下降してきて、これが台風の渦による風を局地的に強めた可能性が強い。

台風の眼の壁付近の強風分布についての研究は少なく、今後、ドップラーレーダーなどによる観測結果の集積により、次第に明らかになっていくであろう。その成果は、今後の台風災害予測にも利用されるべきであると考えられる。

謝 辞

本研究の実施に当たって、気象観測資料収集のために、平成 10 年度文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(I)「1998 年 9 月台風 7 号による近畿地方を中心とした強風災害に関する調査研究」(課題番号 10600002, 研究代表者・松本勝京都大学教授)の補助を受けた。また、気象観測資料を提供していただいた気象庁各官署に対して感謝の意を表したい。

参考文献

奥田泰雄・桂 順治・林 泰一・丸山 敬・藤井 健(1999): 台風 9807 号の強風災害その 1, 消防署で観測された気象要素. 日本風工学会誌, 第 79 号, (印刷中)

小野田 仁(1967): 第二室戸台風のメソ解析—偽湿球温位による解析例—. 研究時報, 19 巻 7 号, pp.337-361.

河野宣幸・山本 衛・深尾昌一郎(1999): MU レーダー干渉計法を用いた T9807 の観測. 日本気象学会 1999 年度春季大会講演予稿集, p.228.

榊原 均・田中憲信・別所康太郎・藤崎法子(1999): 台風 9807 号に伴う強風. 日本気象学会 1999 年度春季大会講演予稿集, p.220.

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, 自然科学系列第 4 号, pp.77-90.

藤井 健・光田 寧・植田洋匡(1998): 台風時における気圧場から計算した風速と実測された風速との関係(第 2 報), 京都大学防災研究所年報, 第 31 号 B-1, pp.399-410.

藤部文昭・北畠尚子(1999): 台風 9807 に伴う地上風の特徴. 日本気象学会 1999 年度春季大会講演予稿集, p.222.

山元龍三郎・光田 寧・宮田賢二(1963): 第二室戸台風通過時の強風の分布について. 京都大学防災研究所年報, 第 6 号, pp.271-279.

Mitsuta, Y. T. Fujii and K. Kawahira (1979): Analysis of typhoon pressure patterns over Japanese Islands. *J. Natural Disaster Science*, Vol.1, No.1, pp.3-19.

Schloemer, R. W. (1954): Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okeechobee, Florida. *Hydrometeorological Report, USWB*, No.31, 49pp.

Shaw, Sir N. (1918): The travel of circular depressions and tornadoes and the relation pressure to wind for circular isobars. *Geophys. Mem.*, Vol.2, pp.17-44.

A Relation Between the Wind Speeds Computed from the Pressure Field and Recorded at the Weather Stations in Typhoons (3) — An Analysis of Typhoon 9807 (VICKI) —

Takeshi FUJII*, and Yasushi MITSUTA**

*General Education and Research Center, Kyoto Sangyo University

**Kansai Head Office, Japan Weather Association

Synopsis

Typhoon 9807 (VICKI) having hit the Kinki District on Sept. 22 in 1998 caused severe disasters by high wind. The high wind appeared in the rear side of the typhoon eye with abrupt air temperature falling. Time change of the meteorological elements are compared with those of the three typhoons 6118 (NANCY,

the second Muroto Typhoon), 7916 (OWEN) and 8917 (ROGER) having taken courses similar to Typhoon 9807. In these three typhoons, high winds were also recorded in the rear side of typhoon eyes at some weather stations. The course of typhoon pressure centers determined by the objective analysis in the ten-minutes interval indicates meandering in 15 km width and shifting on the left-hand side of the course determined by Japan Meteorological Agency (JMA). At seven weather stations of JMA, the basic surface winds are computed from a radial pressure profile approximated by the Schloemer's formula, and speed and direction of the surface wind are estimated after correction based on statistics for typhoons having hit in the past years. The estimated wind direction coincides with the observed one. However, at Ueno and Wakayama weather stations, the wind speed in the rear of the eye shows an under estimation.

Keywords: typhoon; pressure profile; high wind; gradient wind; surface wind; harmonic analysis