

台風9807号による強風災害について ——その1：消防署で観測された気象要素——

奥田泰雄・桂 順治・藤井 健*・林 泰一・石川裕彦・丸山 敬

*京都産業大学 一般教育研究センター

要 旨

近畿地方と中部地方にある消防本部の気象観測網を中心して台風9807号の気象状況を調べた。近畿地方で瞬間風速が50m/secを超える強風域が4ヶ所あり、その発生時刻は最低気圧とほぼ同時の場合と約1時間後の場合に分かれた。合成レーダ図との比較により、後者の強風は台風の背後にできる降雨帯の周辺で発生し、その風向は台風の回転方向と台風の中心に向かう法線方向に分かれた。その他、気温、湿度、降雨量、気圧についてこの台風の地上での詳細な気象状況が明らかになった。このように、台風の地上での気象情報の収集には消防署の細かい気象観測網は大変有用であることが分かった。

キーワード：台風9807号、消防署、台風の経路、気象要素、合成レーダ図

1. はじめに

1998年9月22日午後1時ごろ、前日上陸した台風9808号(Waldo)に続いて和歌山県御坊市北部に上陸した台風9807号(Vicki)は近畿地方を縦断し、奈良県を中心に各地に甚大な被害を及ぼした。この台風は台風7916号(中島ら, 1980)とその進路が似て近畿地方の中心部を通過したために、気象台や測候所だけでなく消防署や学校等の多くの場所で台風の気象観測が行われた。

近年、全国の自治体の消防本部(主に市・郡に設置)では消防用気象情報収集装置を導入するところが増えてきている。消防用気象情報収集装置は地区での消防防災や広報活動のために気象要素を自動観測するシステムである。近畿地方と中部地方の消防本部は各府県あたり数10ヶ所あり、そのほとんどの消防本部でこの消防用気象情報収集装置が導入されている。このためこの消防本部の気象観測網は1県あたり1・2ヶ所しかない気象台や測候所よりも緻密なものとなり、さらに大都市部ではAMeDAS(降水量・風向風速・日照・気温の4要素)よりも細かい観測網となっている。しかも、この装置ではAMeDASでは計測されない瞬間風速、気圧、湿度と

いった台風の観測には不可欠な気象要素が時系列で計測することができ、台風の気象要素の調査には打って付けと考えられる。植松ら(1999)は青森・秋田県内の消防署での気象観測状況についてデータベースを作り、気象観測網の構築を行っている。しかし、消防用気象情報収集装置はその地域ための気象情報を提供するという目的、或いは観測されたデータの信頼性等の理由によって、このような消防用気象情報収集装置で観測された気象資料を広範な地域から収集しその有用性を検証した例はこれまでにない。

そこで筆者らはこの気象観測網を使って台風9807号の地上の気象状況を詳細に調べる目的で、台風9807号の通過後、観測された気象資料の提供を各消防本部に依頼した。その結果、停電や計測器の故障、資料公表の問題等の理由によって回答の得られなかったところがあるものの、Table 1に示すように非常に多くの回答が得られた。特に被害の大きかった奈良県及び愛知県の回答率は80%をこえていた。その後、気象官署(気象庁, 1998a)や近畿地方の発電所においても同様の気象資料を得て、Table 2に示すように全部で253ヶ所の観測点から気象資料を入手することができた。ここでは、地上で観測されたこれらの気象資料に加えて合成レーダ画像から求め

た雨量強度図をもとに、台風通過に伴う気象要素の時系列変化について調べた結果を報告する。さらにこの結果をもとに消防署で観測されている気象資料の有用性を検証する。

2. 消防用気象情報収集装置

ここでは、代表的な消防用気象情報収集装置（㈱日本エレクトリック・インスルメント FWS-9800）についてその概要を述べる。消防用気象情報収集装置は主に5つの気象要素（風向風速、気温、湿度、気圧、降水量）を自動的に連続して計測することができ、プロベラ型風向風速計、白金抵抗温度計、高分子薄膜湿度計、アネロイド型気圧計、降雨強度計及びデータロガーで構成されている。データロガーのサンプリング周波数は4Hzであるが、気象現象の周波数特性や計測器の応答特性よりも充分高い。計測された結果は主に10分間平均値（毎時50分から00分までの平均値）として1時間毎にプリント出力される。風向風速は10分間平均値以外に、1時間（毎時01分から00分まで）毎の最大瞬間風速とそのときの風向も同時に計測され、日最大値とその発生時刻が記録される。他の気象要素の日最大値や日最小値も分単位の発生時刻とともに記録される。台風のような強風災害の調査には重要な指標となる最大瞬間風速値はこれまで気象台の自記記録くらいしかなかったが、消防本部でこの最大瞬間風速値がその発生時刻とともに計測されることは、強風災害の調査には大変有用である。また、プリント出力する時間間

隔は1分から1時間まで1分単位で変更することができるので、前もって時間間隔を短くしておけばより緻密な気象観測が可能となる。気象庁のレーダ図が7分30秒毎であるので、その程度の時間間隔で地上での気象要素が観測できれば、台風の構造についてより多くの知見が得られると期待される。しかし、今回の気象観測では大半の消防本部が1時間毎に記録を出力していたので、台風通過時の1日の記録を1時間毎に整理し気象要素別にデータベースを作成した。また、気象台や発電所のように自記記録のかたちで記録保存している消防本部もいくつかあったが、全て1時間毎に自記記録を読みとってデータベースに入れた。

この消防用気象情報収集装置では、プリント出力以外にテキストファイルとしてフロッピディスクに保存することも可能である。一枚の3.5インチフロッピディスクで192日分の全時報、日集計データを記録することができる。さらに、電話回線を使って遠隔操作及び気象情報の収集をすることもできるので、全国の消防本部にある消防用気象情報収集装置のネットワーク化が可能である。しかし、現時点ではそのようなネットワークシステムは構築されていない。

なお、大半の消防本部では各計測器の気象庁検定を行っておらず、また計測器が置かれている位置・高さ・周辺の状況等について不明なところが多い。そのためとくに風速値に含まれる誤差が大きいと考えられるが、この気象資料を纏めるにあたりこのような誤差の補正はとくに行っていない。

Table 1 Number of fire stations

Name of prefecture	Number of fire station	Number of answer	Rate of answer (%)
Kinki district	Kyoto	17	10
	Mie	16	11
	Shiga	11	7
	Osaka	33	22
	Wakayama	21	8
	Nara	13	11
Chubu district	Aichi	47	38
	Gifu	24	13
	Fukui	12	8
Total	194	128	66

Table 2 Total Number of measuring points

Classification of measuring points	Number
Fire station	128
Meteorological observatory	27
AMeDAS (4 measuring elements)	71
Power generation	27
Total	253

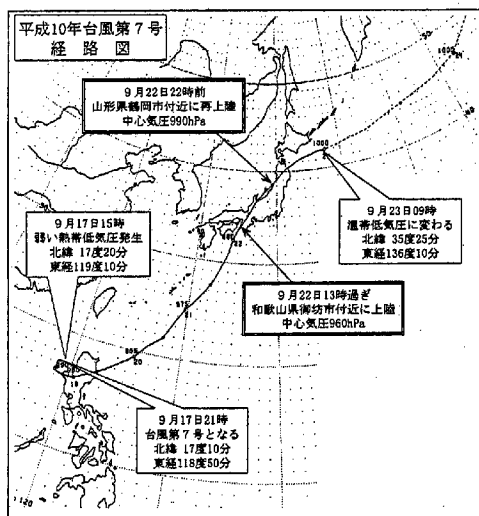


Fig.1(a) Path of Typhoon 9807(Vicki)

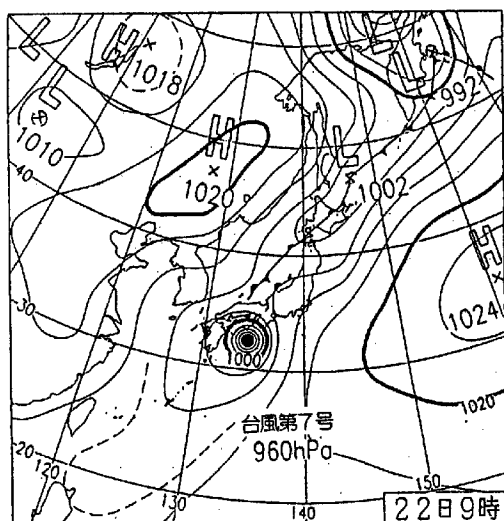


Fig.1(b) Weather chart at 9:00 on 22 Sep.

3. 台風 9807 号の気象概況

台風 9807 号の経路 (気象庁, 1998b) と 9 月 22 日午前 9 時の天気図 (気象庁, 1998b) を Fig.1(a)(b) に示す。9 月 17 日 15 時フィリピン・ルソン島の西方海上で発生した弱い熱帯低気圧は同日 21 時には台風 7 号となり、Fig.1(a) に示す経路で徐々に発達しながら 22 日 13 時ごろ紀伊半島に上陸した。上陸時の中心気圧は 960hPa で、中心付近の最大風速 35m/sec、風速 25m/sec 以上の暴風域の半径は南東側 190km、北西側 150km、風速 15m/sec 以上の強風域の半径は南東側 700km、北西側 220km であった。上陸後は近畿地方を南西から北東方向に縦断し徐々に勢力を弱めながら富山湾に抜けた。さらに同日 22 時前に山形県に再上陸した。再上陸時の中心気圧は 990hPa で、中心付近の最大風速 25m/sec、風速 15m/sec 以上の強風域の半径は南東側 460km、北西

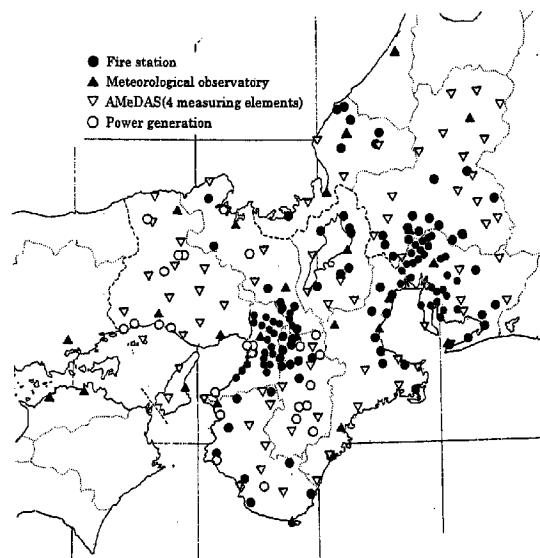


Fig.2 Location of fire stations, meteorological observatories and power generations

側 190km であった。その後太平洋側に抜けて、23 日 9 時に温帯低気圧になった。この台風は大きさや強さはごく普通の台風であったが、移動速度が速く前線の影響で大雨を伴っていたのが特徴的である。この台風の移動速度 (気象庁, 1998b) は紀伊半島上陸直前には約 50-55km/hr で、上陸後は約 75-85km/hr に速度を上げている。

4. 地上の気象状況

4.1 気象観測点の位置

観測資料が手に入った消防本部、気象官署、発電所等の位置を Fig.2 に示す。●が消防本部、▲が気象台、▽が AMeDAS、○が発電所の位置を指す。AMeDAS は全県にわたってほぼ均等に配置されているが、気象台や測候所は 1 府県あたり 1-2 ケ所、多くても 4 ケ所程度しかない。一方、消防本部の観測点は大阪市や名古屋市といった大都市部に集中し逆に山間部では観測点の数が少ない。しかし、発電所の観測点が近畿地方の山間部と沿岸部に多く存在し、消防本部の観測網を補完するかたちになっている。とくに今回の台風で被害の大きかった奈良県北部では、気象台が 1 ケ所、AMeDAS が 3 ケ所に対し、消防本部は 11 ケ所もあり詳細な気象情報を収集することができた。台風のような強風災害の被害状況を把握するには、都市部を中心に緻密な観測網ができていない消防署の気象観測網が非常に有効であることがこの図からも分かる。なお、今回の調査では兵庫県の消防本部と三重県・愛知県・岐阜県の発電所の気象観測資料は入手できなかったため、図中には含めていない。

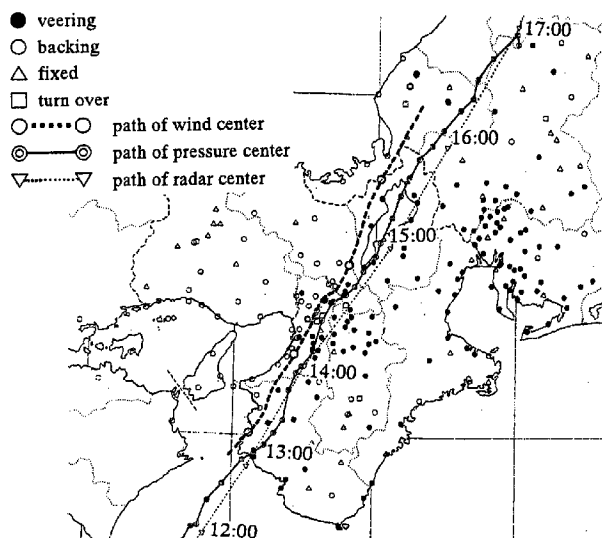


Fig.3 Path of Typhoon 9807(Vicki) on Kinki district

4.2 台風の経路

Fig.3の●は風向変化が時計回り、○は反時計回りの観測点である。△と□は消防署での1時間毎の観測において、それぞれ風向変化がなかった観測点と風向が180°反転した観測点である。山間部では周囲の山の影響等により、風向変化が逆回り或いは風向が変化しないところがある(山元ら, 1963)が、近畿地方をほぼ東西に分ける境界線が存在する。この境界線を太い破線で示す。これは台風の風中心の経路に相当する。自記記録を採っている観測点では各観測点での風向変化の時刻が分かるので、この風向変化の時刻から風中心の凡その位置を1時間毎に○で示した。また、気象官署の気圧記録を用いた客観解析(藤井ら, 1999)により10分間毎に求めた台風の気圧中心の位置を◎で示す。さらに1時間毎の位置を▽で示す。▽は気象庁が主としてレーダ図によって1時間毎に求めた台風のレーダ中心の位置である。台風の経路は蛇行しており、台風の風中心と気圧中心の経路はお互いによく似ているが、風中心の経路が気圧中心の経路よりも進行方向に対して約10-20km左にずれていることが分かる。1時間毎の風中心の位置(○印)は気圧中心の位置(◎印)から西-南西の方向にずれ、13:00から16:00にかけて2点間の距離は広がる傾向にある。また、レーダ中心の位置(▽印)は気圧中心の位置(◎印)に対して、上陸後から14:00にかけて大きく南西側にずれている。Shaw(1918)は回転する円盤のようにどの位置でも同じ角速度をもつ風速分布した低気圧を正規低気圧と呼び、kinematic center, isobaric center, tornado centerなる3つの台風中心の位置関係を理論的に示した(増田ら, 1956; 気象庁, 1961; 山元ら, 1963)。Shawによると3つの台風中心は台風の進行

方向に対して直交方向に左から順に並び、その距離は台風の進行速度に比例するとしている。今回の観測結果においてもShawが示した3つの中心が存在し、それぞれ風中心、気圧中心、レーダ中心に相当している。しかし、3つの台風の中心はShawが示したように必ずしも台風の進行方向に対して直交方向に並んでいる訳ではない。また、山元ら(1963)が示すような副低気圧によって風向変化が逆回転になるところもあるようだが、今回の調査のような1時間毎の風向変化からでは、このような細かな風向変化までは明らかにできなかった。

4.3 強風の状況

Fig.4(a)-(g)に10分間平均風速値(毎時50分から00分までの平均値)の分布を11:00から17:00までの時系列で示す。Fig.5(a)-(g)に同風向風速ベクトルを示す。図中の○は客観解析(藤井ら, 1999)より求めたその時刻での台風の気圧中心の位置を示す。台風が近づくにつれて紀伊半島の沿岸部で風速値が上昇する。台風が上陸すると平均風速値が10m/secを超える地域が台風を中心を囲むように形成される。14:00に台風の気圧中心が大阪府と奈良県の県境に達すると、台風の右側の形成される強風域だけでなく、台風の気圧中心の背後にも平均風速が20m/secを超える強風域が現れる。和歌山市では最大風速32.4m/sec(発生時刻14:20)を記録している。その後この強風域は大阪府から奈良県北部、三重県北部を通過し愛知県西部から岐阜県南西部まで移動する。このとき三重県亀山市で最大風速31.9m/sec(同15:48)、岐阜県海津町で最大風速32.7m/sec(同15:57)とそれぞれ30m/secを超える暴風を各地で記録している。Fig.5の風向風速ベクトルから分かるように、台風の右側に形成される強風域の風向は南東から南が主であるが、台風の中心の背後に形成される強風域の風向は南から西が主となる。

Fig.6は各地の日最大瞬間風速の分布である。Fig.7に日最大瞬間風速値の時間分布を示す。Fig.6の○は客観解析(藤井ら, 1999)より求めた台風の気圧中心の位置である。近畿地方南部から中部地方西部にかけて40m/secを超える強風域が広がる。この強風域は台風の経路の右側に位置するものであるが、台風の進行方向に対して少し時計回りにずれている。和歌山県南西部、兵庫県洲本市・和歌山県北西部、奈良県北西部、三重県北部の4ヶ所に50m/secを超える地域があり、和歌山県田辺市で51.0m/sec(発生時刻13:13)、同和歌山市で50.0m/sec(同14:13)、兵庫県洲本市で50.8m/sec(同14:07)、奈良県新庄町で59.5m/sec(同14:59)、三重県上野市で56.4m/sec(同

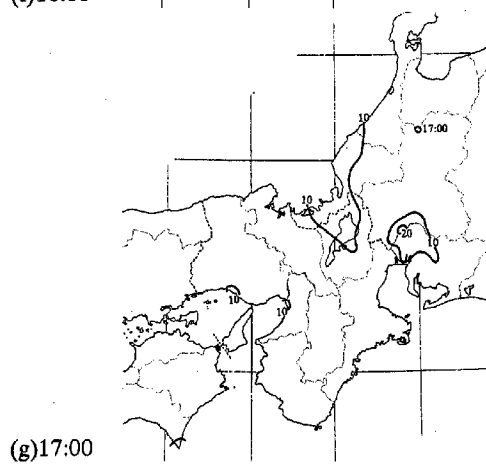
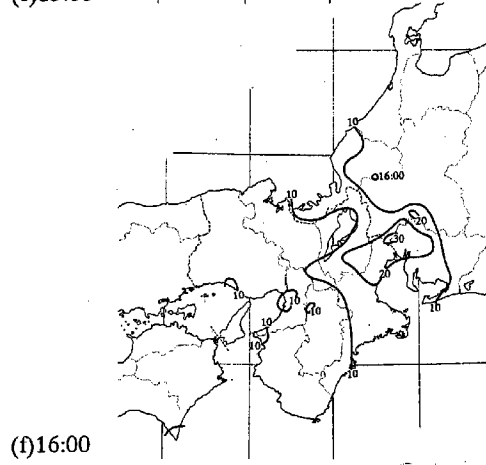
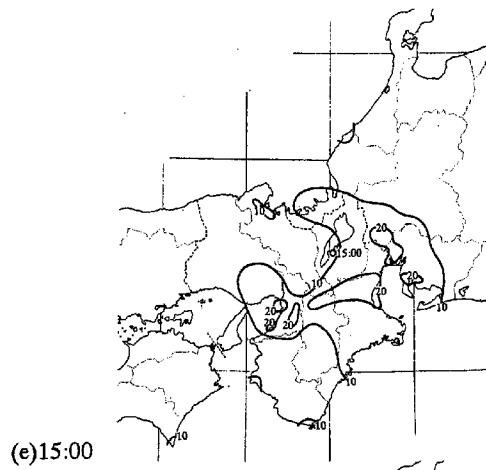
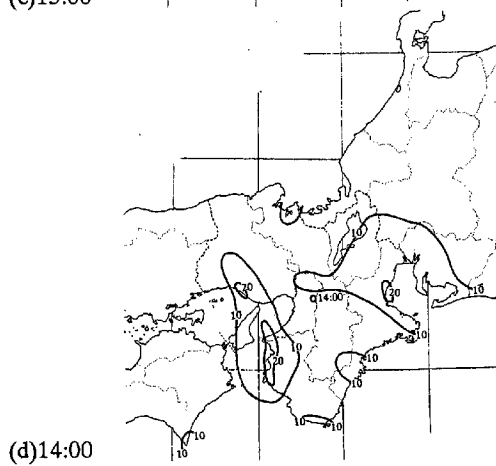
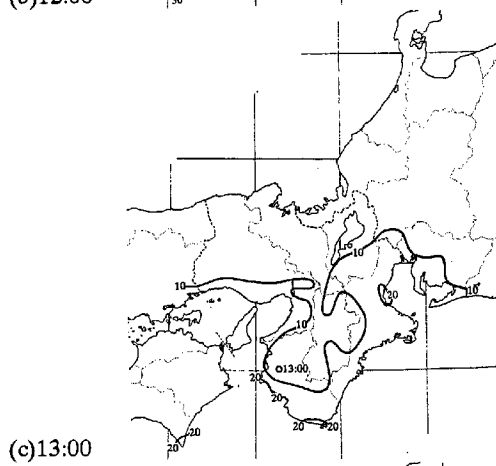
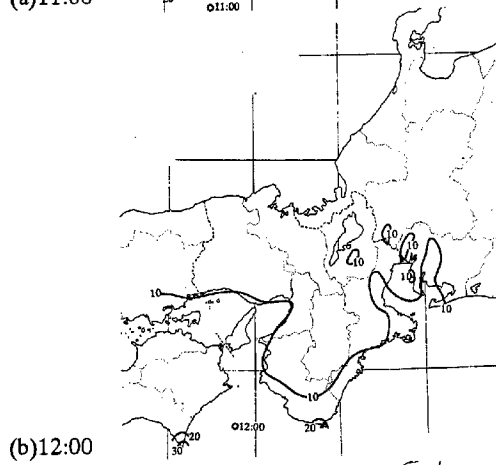
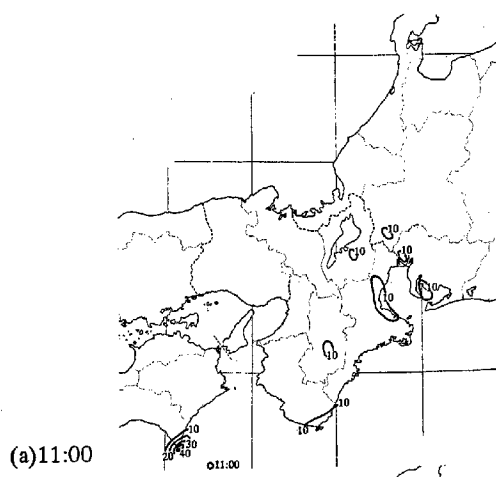


Fig.4 Distribution of mean wind speed(m/sec)

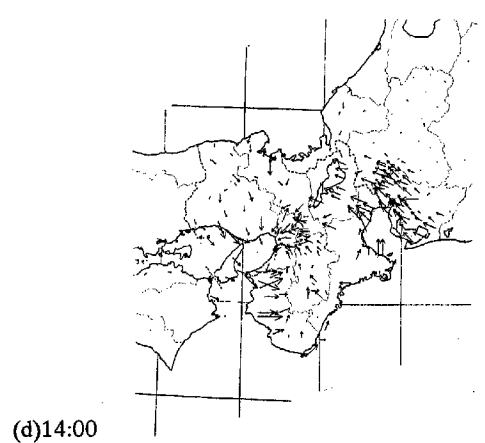
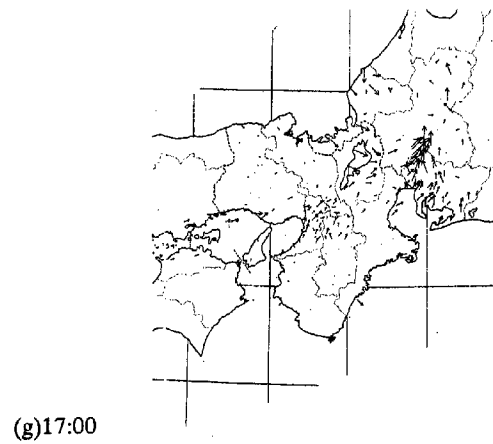
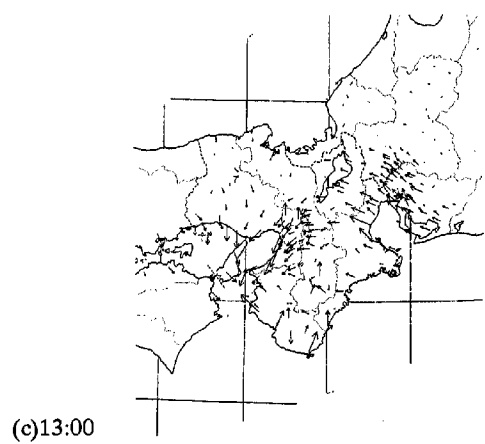
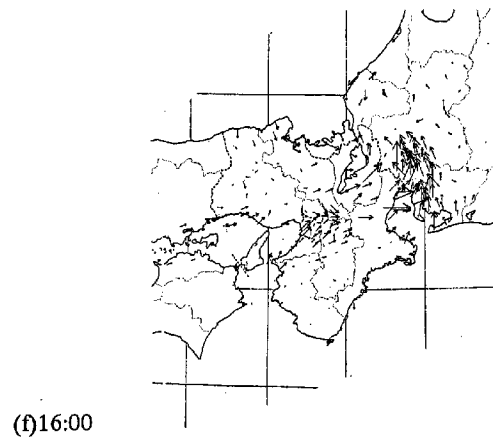
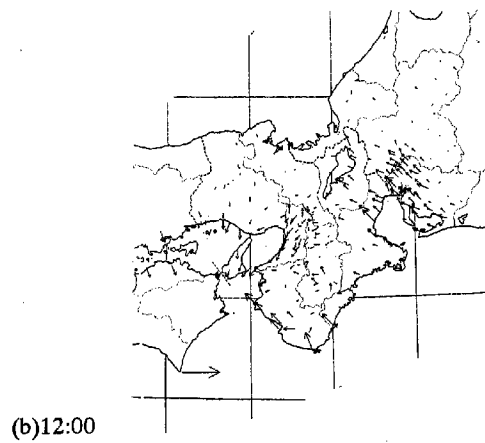
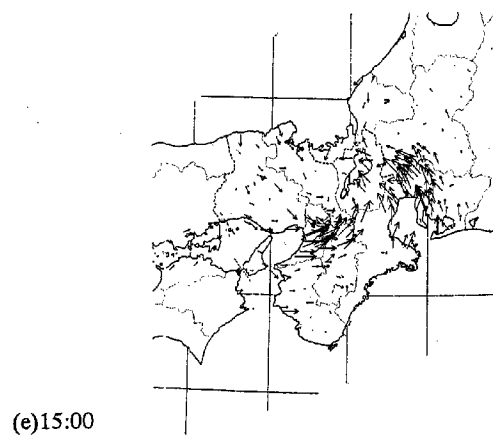
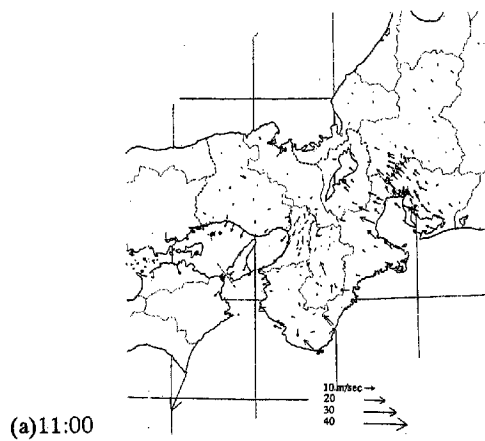


Fig.5 Vector chart of mean wind

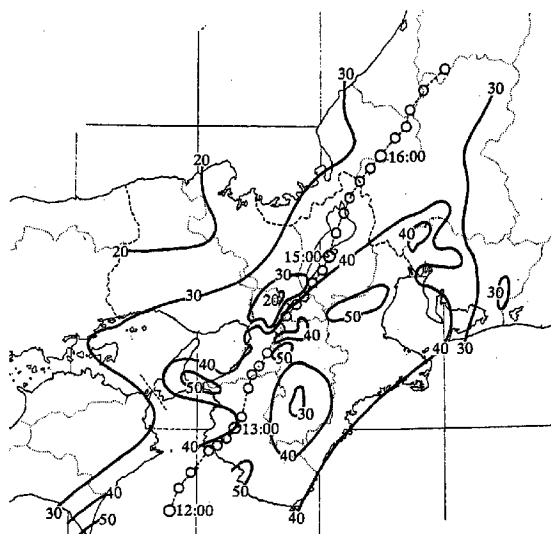


Fig.6 Distribution of daily max instantaneous wind speed (m/sec)

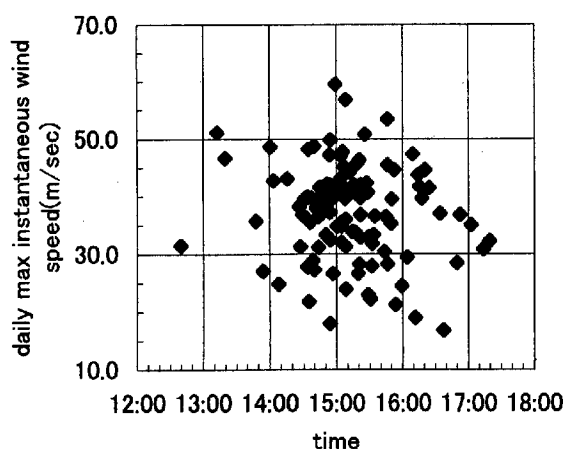


Fig.7 Variation of daily max instantaneous wind speed

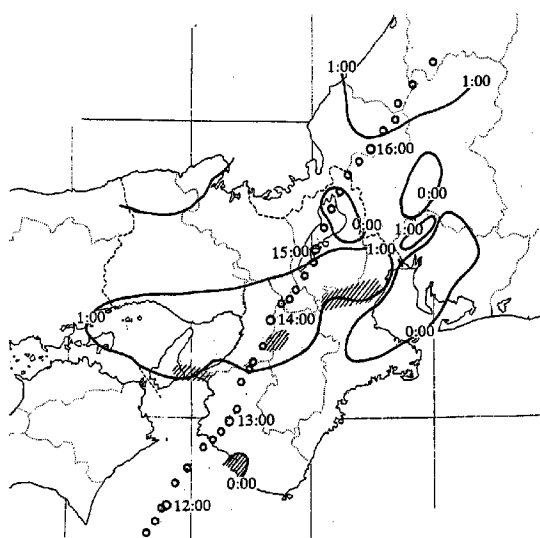


Fig.8 Difference hours between occurrence time of daily max instantaneous wind speed and daily min atmospheric pressure

15:14)の最大瞬間風速を記録している。一方台風の風中心が通った大阪府北部・京都府南部及び奈良県の山間部では最大瞬間風速が 30m/sec 以下の弱風域が上記の強風域に隣接して存在する。大阪府島本町では日最大瞬間風速が 18.9m/sec (同 16:12)であった。この地域では台風の風中心が近づく前の平均風速値も周辺の地域に比べて小さく、台風の強風域が通過しなかったという気象的要因以外に地形の影響も考えられる。

Fig.8 に最大瞬間風速の発生時刻と最低気圧の発生時刻との差を示す。図は、時間差が 0 または負である地域と時間差が約 1 時間以上ある地域に大きく 2 つに分けられる。図中の斜線部は Fig.6 で示した最大瞬間風速が 50m/sec を超える 4 地域である。和歌山県南西部ではほぼ同時刻に最低気圧と最大瞬間風速が発生しているのに対し、兵庫県洲本市・和歌山県北西部、奈良県北西部、三重県北部では最低気圧の約 1 時間後に最大瞬間風速が発生している。つまり、和歌山県南西部での強風は台風を中心の右側に形成される強風域に対応したものであるのに対し、兵庫県洲本市・和歌山県北西部、奈良県北西部、三重県北部での強風はこれとは別の要因によるものと考えられる。この強風の要因については合成レーダ図と合わせて後述する。また、愛知県では大半の地域で最低気圧と最大瞬間風速の発生時刻の差が 0 または負であるが、愛知県北西部で一部 1 時間以上になるところがある。これはあとから台風の中心背後に形成される強風域によって、その観測点での日最大瞬間風速が書替えられたためである。

4.4 気温の状況

Fig.9(a)-(h)に 11:00 から 18:00 までの気温の分布を示す。気温の絶対値は観測地の高度によって異なるので日平均気温 (1 時~24 時における 1 時間毎の気温の平均値) との差で表した。図中の○は客観解析 (藤井ら, 1999) より求めたその時刻での台風の気圧中心の位置を示す。台風が上陸する前は近畿地方西部の沿岸部で気温が低い地域があるものの、全域にわたって 1℃から 3℃程度気温が高くなっている。台風が上陸すると台風を中心を西側から囲むように低温域が広がる。14:00 から 15:00 ではこの低温域が台風を中心まわりに鍵(フック)状の分布し、台風の北西側から中心に向かって冷氣が入りこんでいる様子が分かる。このとき大阪府南部から奈良県北部にかけて等温線の間隔が密になり、温度勾配が大きくなっている。とくに 15:00 には、0℃の等温線が大阪府と奈良県との県境付近で大きく蛇行し、等温線の間隔も極めて密になっている。大阪府と奈良県

との県境には生駒山地と金剛山地があり、その切れ間を大和川が流れている。この山地を挟んで大阪府柏原市と奈良県王寺町が約 5km の距離で隣接しているが、この間での気温差は 4.0℃以上あった。また、大阪府内でも八尾市と東大阪市との距離は 4km 程度であるが、その間で気温差が 5.0℃以上もあった。さらに八尾市では 14:00 から 15:00 の 1 時間に気温が 8.0℃も急激に低下し、日最低気温を記録している。大阪府東部と奈良県西部に位置する多くの観測点で 15:00 前後に日最低気温を記録している。このように、台風の北西側から冷氣が進入することで、15:00 前後に大阪府と奈良県との県境を挟んで気温の急激な低下をもたらしたことが分かった。その後、台風の移動に伴ってこの低温域は一旦近畿地方全体に広がるが、紀伊半島の沿岸部では既に気温が上昇し、近畿地方全体の気温も徐々に上昇している。

4.5 降雨量と比湿の状況

Fig.10(a)-(g)に 11:00 から 17:00 までの時間雨量(毎時 1 時間前からの雨量の積算値)の分布を示す。図中の○は客観解析(藤井ら, 1999)より求めたその時刻での台風の気圧中心の位置を示す。11:00 には四国地方で 50mm を超える降雨が観測されているが、近畿地方では山間部で 10mm 程度の雨が降っている程度である。台風が近づくにつれて近畿地方南部の降雨量が急激に増大している。14:00, 15:00 では降雨域が台風の中心を西側から巻き込むような鍵(フック)状の分布となり、近畿地方でも 40mm 以上の降雨を記録するところがある。それに対して、台風の東側では、降雨量は数 mm 程度でほとんど雨が降っていない地域もある。その後台風の移動に伴い降雨域は北東方向に移動するが、この鍵状の分布形状も不明瞭になり、近畿地方での降雨量は北部を除いて全て 0mm になっている。台風の移動速度が速かったために、台風の西側では短時間で 40mm 以上の降雨を観測するもののその約 2 時間後には降雨は止んでしまっている。

Fig.11(a)-(g)に 11:00 から 17:00 までの合成レーダ図を示す。1 時間に 8 画像をサンプリングしたものを 1 時間毎に重ね合わせて図示した。つまり、11:00 の図では 10:07 から 11:00 までの 8 画像を重ね合わせたものになる。11:00 には台風の眼は室戸岬沖にあるが、既に台風の降雨域が四国地方と中国地方にかかり、室戸岬上空に雨量強度の強い降雨帯がある。このとき、室戸岬の地上での時間雨量も 50mm を超える降雨を観測している。12:00 に台風の眼が近づいて降雨域が紀伊半島にもかかってくると、紀伊半

島南部の時間雨量もそれに対応して増加している。台風が紀伊半島南部に上陸すると、紀伊半島南部から兵庫県にかけて降雨域が広がる。紀伊水道周辺と尾鷲市北部に雨量強度の強い降雨帯があり、これに対応して徳島市、兵庫県洲本市、和歌山市、三重県尾鷲市の時間雨量はそれぞれ 56.5, 38.5, 24.5, 28.0mm とかなり激しい降雨を観測している。14:00 には合成レーダ図での台風の眼はあまりはっきりしないが、気圧中心から推測すると奈良県北西部にあると思われる。台風の眼を取り囲むように降雨域が広がっている。この分布形状は 14:00 での地上での雨量分布と非常によく似ている。和歌山県北部から大阪府・奈良県にかけて降雨量が少ない地域が帯状に分布し、その地域を降雨量の多い地域が鍵(フック)状に取り囲んでいる。とくに洲本市と和歌山市に雨量強度の強い降雨帯がかかっている。このときの時間雨量はそれぞれ 44.0, 32.5mm であった。また Fig.3 に示したように台風のレーダ中心は風中心や気圧中心よりも東側にずれて、和歌山県北部から奈良県西部を通過していることがこの合成レーダ図からも確認できる。15:00 には台風のレーダ中心は奈良県北部から京都府南部に移動し、中心の西側である大阪府北部に雨量強度の強い降雨帯がある。その後鍵状の降雨域の形状は崩れて、降雨域の雨量強度も小さくなっていく。このように、合成レーダ図と地上で観測された時間雨量の分布は非常によく合っており、合成レーダ図の有効性を間接的に証明している。

Fig.12(a)-(g)に 1:00 から 18:00 までの比湿の分布を示す。図中の○は客観解析(藤井ら, 1999)より求めたその時刻での台風の気圧中心の位置を示す。台風が上陸する前は、近畿地方での比湿の分布は東側が 20g/kg 以上で高く中央部及び西側が低い分布になっている。また、伊勢湾の沿岸部でも比湿が 20g/kg を越える地域が存在する。これらは台風によって南から湿った空気が流入しているためである。台風の上陸に伴って、南西方向から紀伊半島に向かって乾いた空気が流入し、北東側の湿った空気を巻き込み、14:00, 15:00 には台風の目を中心にして渦巻き状の分布になる。14:00 に和歌山県と大阪府の県境で比湿が 20g/kg を超えているのは、台風の西側に発達した降雨帯によってもたらされていると思われる。一方、台風の中心の東側は南西方向から流入した乾いた空気によって比湿は 10-15g/kg 程度となっている。その後台風の移動に伴い、台風の中心まわりに形成される渦巻き状の分布はなくなり、台風の通過後は近畿地方全体の比湿は 10-15g/kg 程度で安定している。

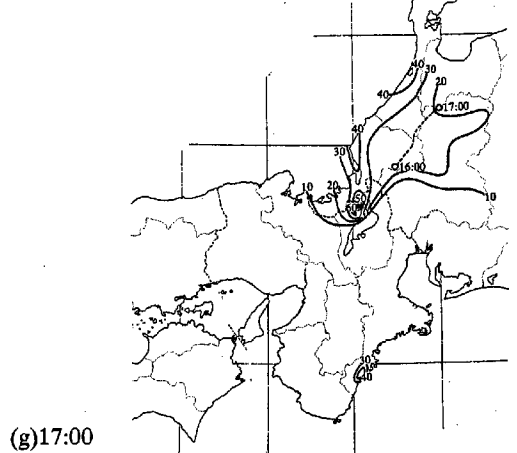
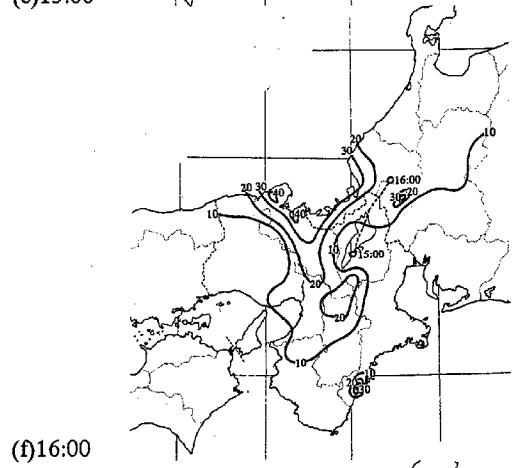
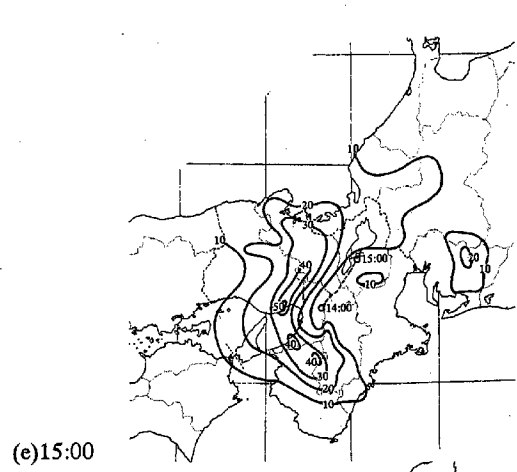
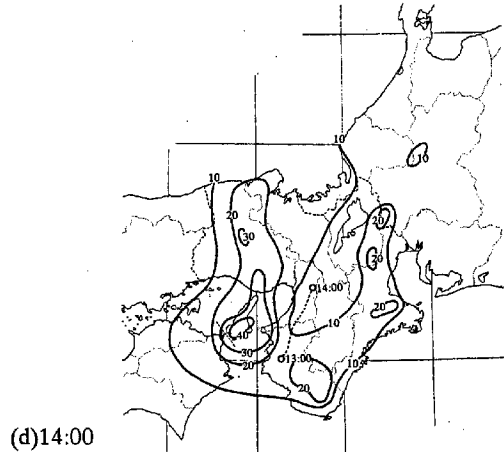
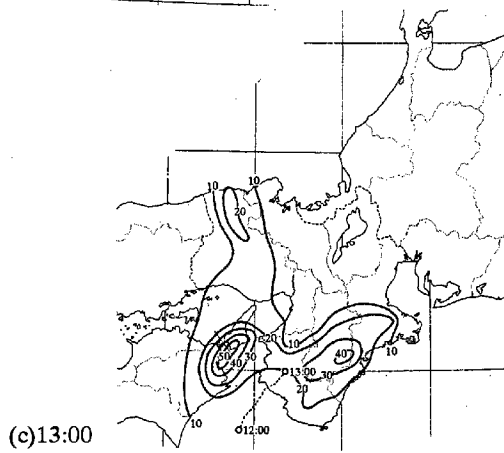
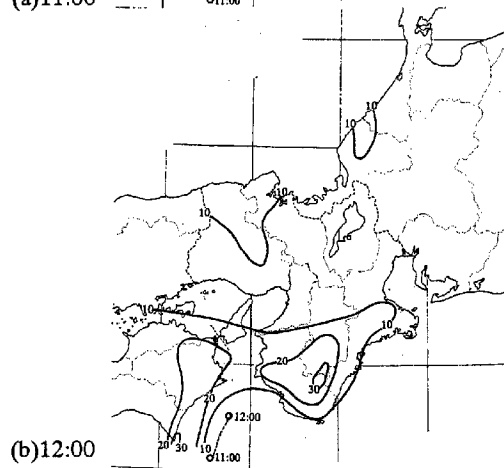
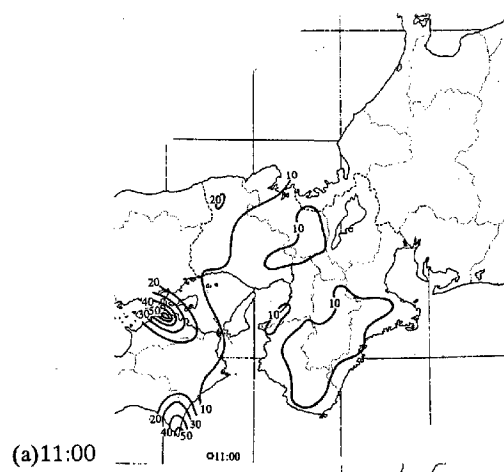


Fig.10 Distribution of hourly precipitation (mm/hr)

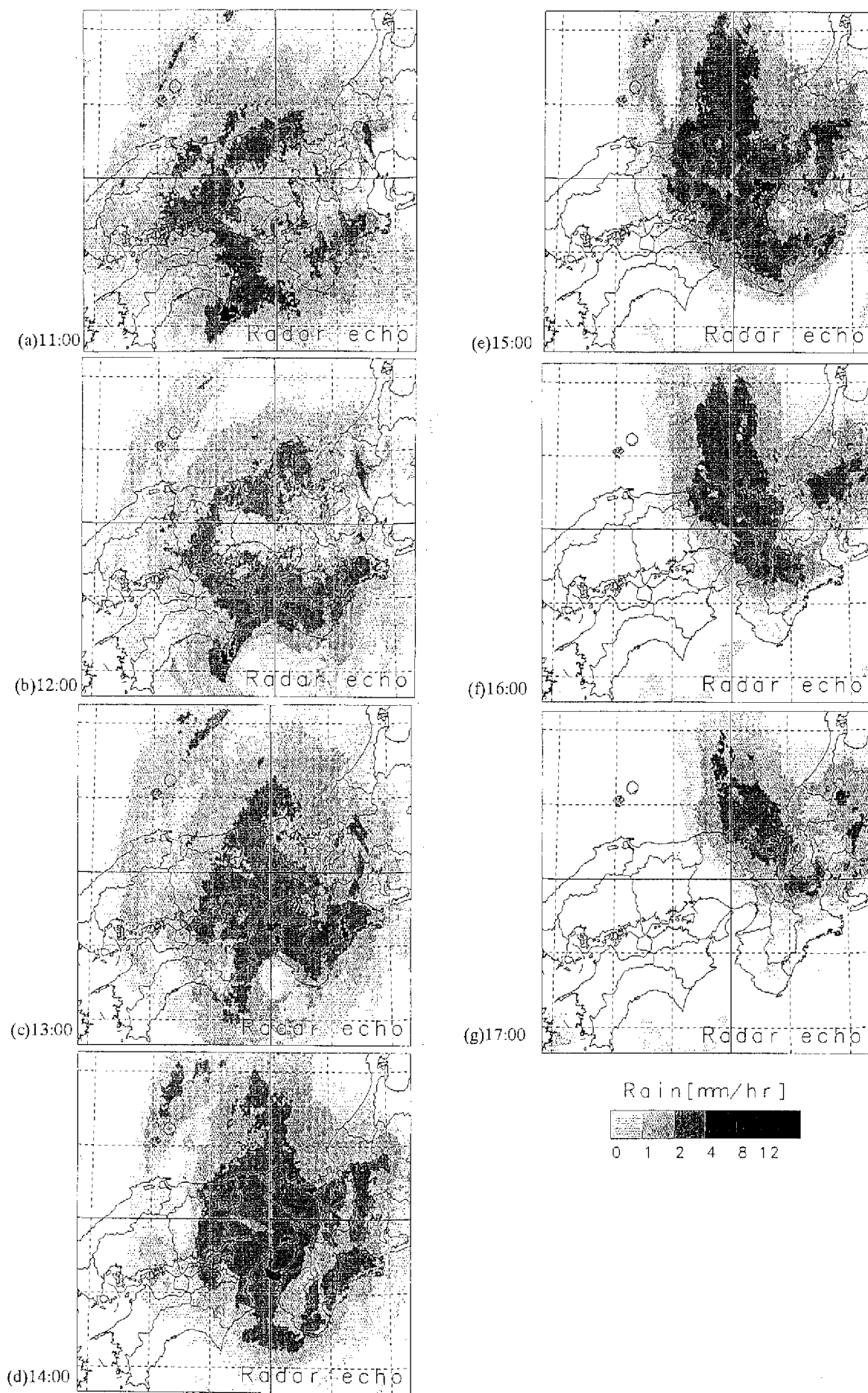
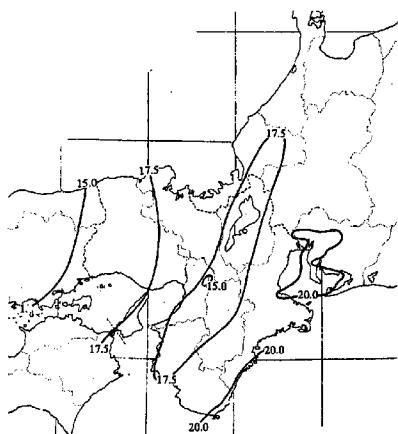
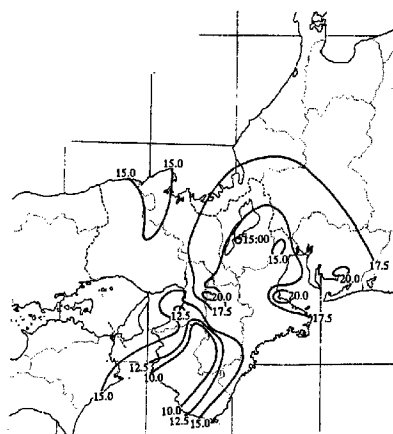


Fig.11 Combined radar echo of Typhoon 9807(Vicki)

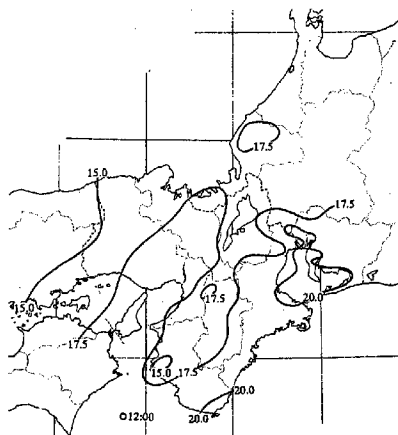
(a) 11:00



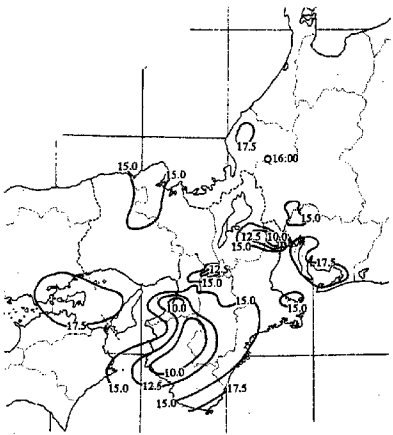
(e) 15:00



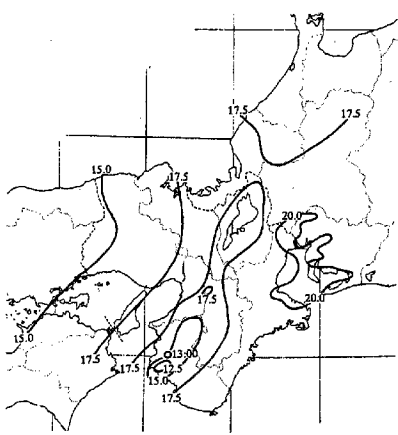
(b) 12:00



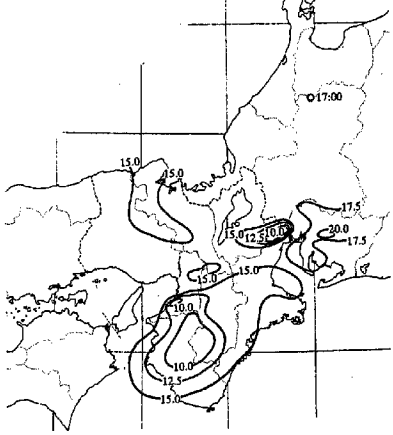
(f) 16:00



(c) 13:00



(g) 17:00



(d) 14:00

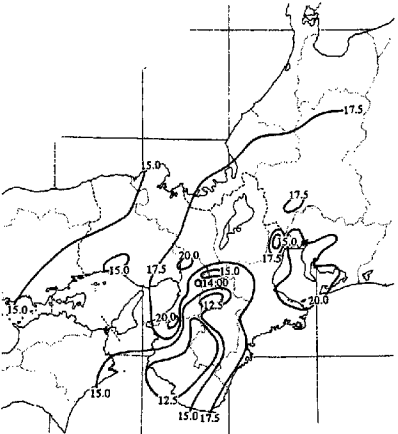


Fig.12 Distribution of specific humidity(g/kg)

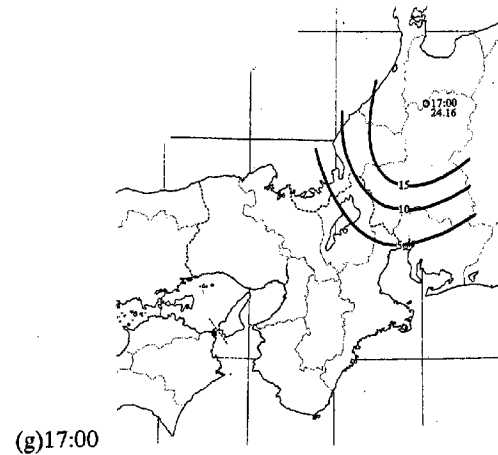
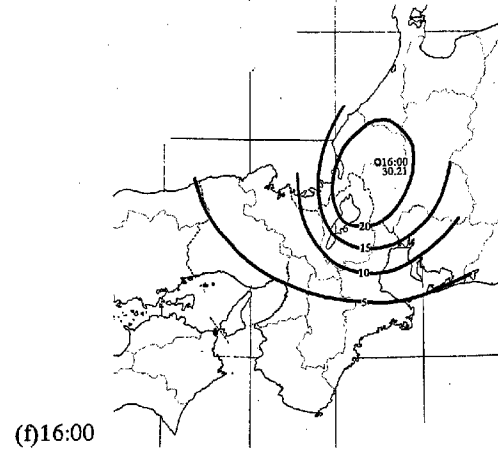
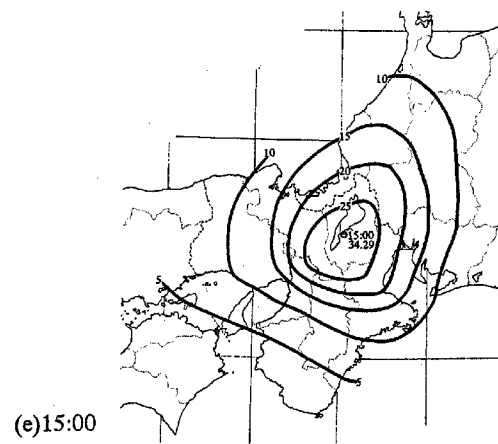
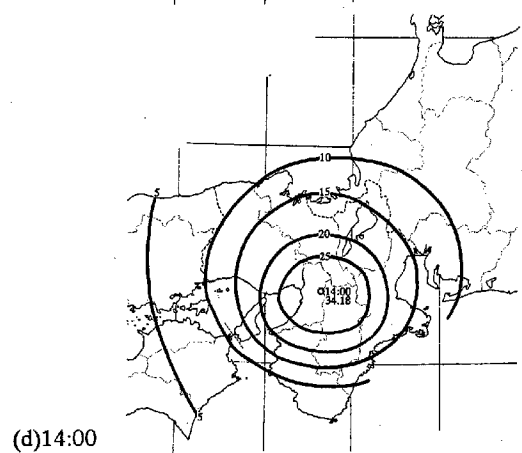
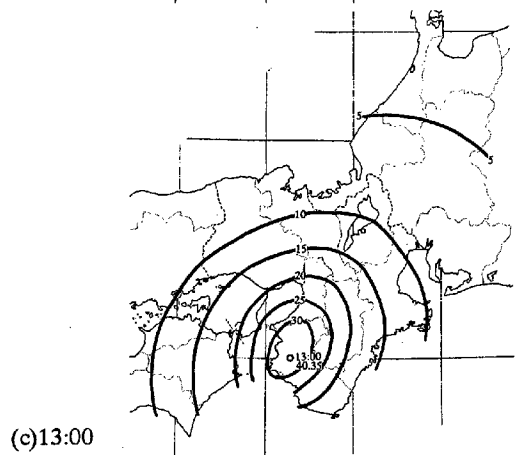
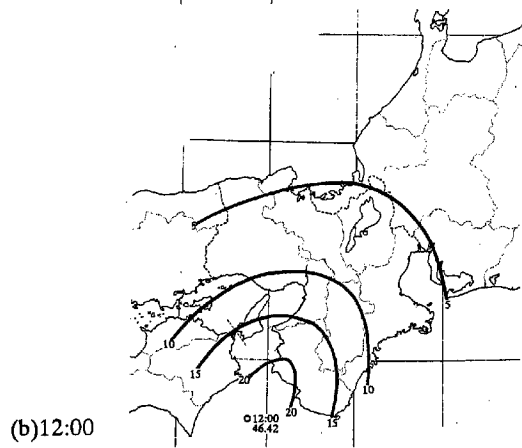
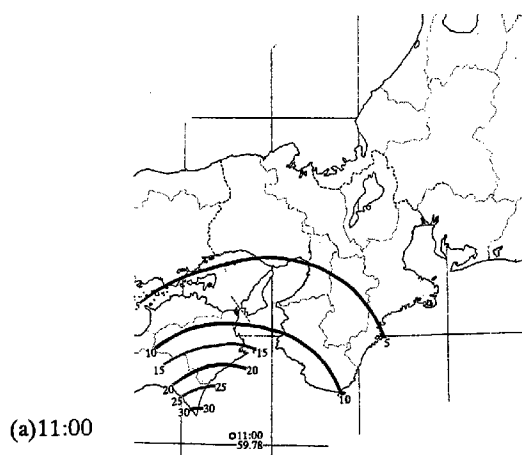


Fig.13 Distribution of differences from max atmospheric pressures before daily min atmospheric pressures(hPa)

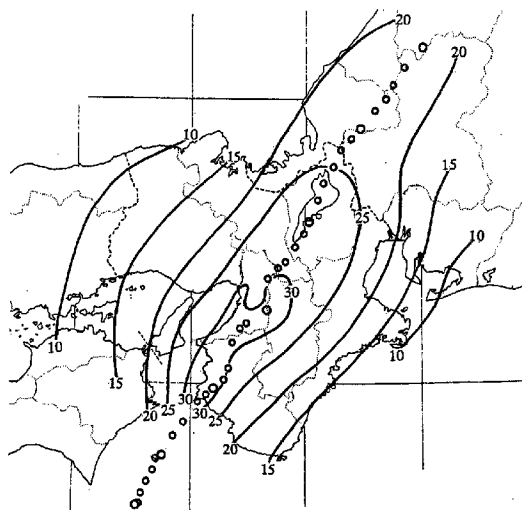


Fig.14(a) Distribution of difference between daily min atmospheric pressure and peak atmospheric pressure in frontal zone of typhoon 9807 (hPa)

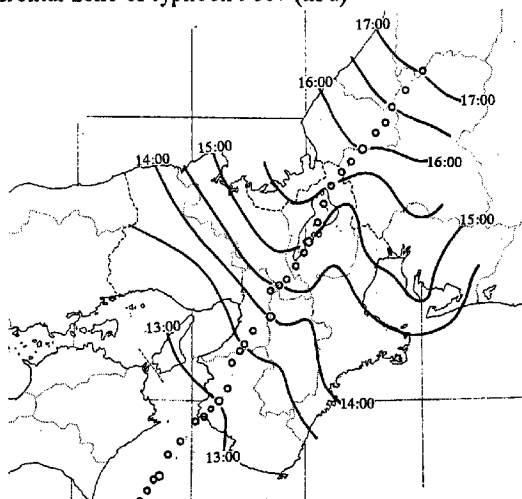


Fig.14(b) Distribution of occurrence time of daily min atmospheric pressure (hPa)

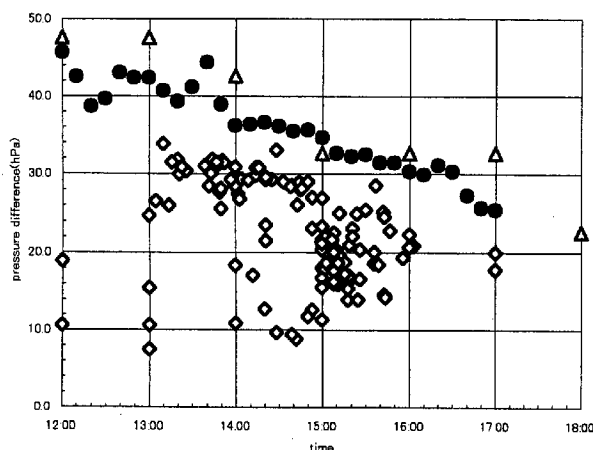


Fig.15 Variation of difference between daily min atmospheric pressure and peak atmospheric pressure in frontal zone of typhoon 9807 (hPa)

4.6 気圧の状況

Fig.13(a)-(g)は11:00 から17:00 までの各地での気圧分布である。気象台や測候所で観測された気圧は海面補正された絶対圧で示されているが、消防署で観測された気圧は海面補正されていない場合もあり、また気象庁検定を受けていないために気圧計の零点がずれている場合がある。そこでここでは各時刻での気圧と台風通過前の最高気圧との気圧差で表した。図中の○は客観解析（藤井ら，1999）より求めた台風の気圧中心の位置を示す。気圧中心の位置の数字は時刻と客観解析で求めた中心の気圧差である。台風の気圧の分布形状は円形の場合(14:00)もあるが、台風の進行方向に少し伸びた楕円形の場合(12:00, 13:00, 15:00, 16:00)が多かった。Fig.11 の合成レーダ図でも楕円形をしている場合があり、この台風の形状を示している。また、台風の中心の背後に pressure dip が観測される例（山元ら，1963；中島ら，1980）があるが、1 時間毎の気圧値ではよく分らなかった。

Fig.14(a)(b)に各地の日最低気圧とその発生時間の分布を示す。Fig.13 と同じく日最低気圧と台風通過前の最高気圧との気圧差で表した。図中の○は客観解析より求めた台風の気圧中心の位置を示す。客観解析より求めた台風の気圧中心の経路はこの気圧の谷 (trough) とほぼ一致している。一方最低気圧の発生時間は台風の経路に対してほぼ直交するが、台風の経路の右側で大きく蛇行している。Fig.15 はその最低気圧の時間分布である。図中の◇は日最低気圧と台風通過前の最高気圧との気圧差、●は気圧場の客観解析（藤井ら，1999）により求めた中心の気圧差である。△は気象庁が発表している1時間毎の中心気圧から台風通過前の最高気圧との気圧差である。客観解析により求めた中心の気圧差は、台風上陸前の11:00 には約60hPa あったが17:00 には約30hPa までほぼ直線的に減少し、台風が上陸後その勢力を弱めていることが分かる。各地の気圧差の上方包絡線は客観解析により求めた中心の気圧差よりも5-10hPa 程度小さいが、客観解析により求めた中心の気圧差の減少傾向とほぼ同じ勾配で減少している。

5. 合成レーダ図と近畿地方での強風との関係

Fig.16(a)-(p)は14:00 から16:00 までの7分30秒毎の合成レーダ図で、各地で観測された日最大瞬間風速を記録した時刻別に図中にベクトル表示した。ただし14:45 のレーダ図はデータが欠落している。Fig.8 でも述べたように、強風が吹いた地域は最低気圧と日最大瞬間風速を記録した時刻の時間差が0ま

たは負である地域と、その時間差が約1時間以上ある地域に大きく2つに分けられる。前者が台風の中心の右側に発生する強風域に対応するのに対し、後者は台風の中心の背後に形成される強風域である。山元ら(1963)は第二室戸台風の報告で寒冷前線に伴う強風について述べているが、今回観測された強風も同じ性格のものと推察される。この強風はこれまでもいくつかの観測例(中島ら, 1980; 藤井ら, 1992)があるが、詳細な観測例はまだないようである。

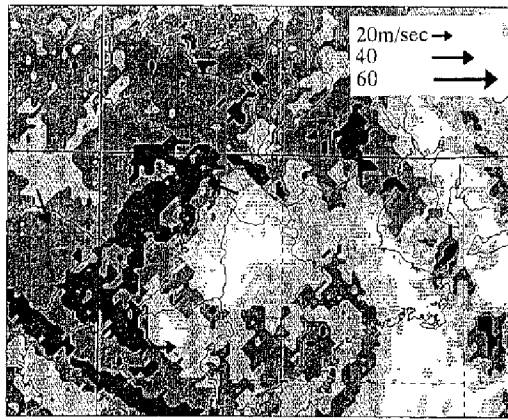
合成レーダ図の14:00では台風の中心の西側に雨量強度の強い降雨帯がある。その降雨帯の南北端の内側で、台風の中心を挟んで逆方向(台風の回転方向)の強風が発生しているのが分かる。14:07では兵庫県洲本市でこの降雨帯の外側で西北西の強風が観測されているように見える。しかし、14:15には洲本市の南西方向に別の降雨帯が発生しており、洲本市の強風もこの降雨帯の内側で発生したと考えられる。同時に三重県松阪市でも南よりの強風が観測されているが、これは台風の中心の右側に発生する強風域によってもたらされたものである。14:15には和歌山市で西よりの強風が観測されている。これは洲本市で強風が観測された6分後に観測されたもので、同じ降雨帯の内側で強風が観測されたことになる。14:22にはこの降雨帯の移動に伴い強風域は西北西に移動する。14:37には強風域は和歌山県北部から奈良県西部に移動し、吉野川沿いに吹く西南西の強風と奈良盆地で南の強風が観測されている。吉野川沿いに吹く風は台風の回転方向であるのに対し、奈良盆地の南風は台風を中心に向かって吹く法線方向になる。14:52にはこの降雨帯が北東方向に移動するのに伴い、強風域も大阪府南部から奈良県北部に移動する。このときの風向は南西から西で、回転方向と法線方向の風が発生している。15:00には大阪府と奈良県の県境にある金剛山地を挟んで南よりの強風が発生し、奈良県新庄町で59.5m/secを観測している。新庄町の風向だけが南南東になっているが、観測地の西側に山が迫っておりこの山の影響が考えられる。その後15:07では大阪府南部から奈良県北部にかけてこの降雨帯の周辺で西寄りの強風が観測されている。このように14:52から15:07までの僅か15分間に金剛山地を挟んで、風向が西→南→西と大きく変化して強風が発生していることになる。筆者らの奈良県での現地調査でも、「最初南風が強くその後西風に変った」という証言を多く得ており、建物の被害状況からも南風だけでなく西風での被害も多く報告され、このような風向変化を伴った強風が発生したと考えられる。この原因とし

て地形の影響により奈良盆地では南風、吉野川沿いでは西風が卓越したとも考えられるが、このような風向の変化は単純に地形の影響だけでは説明がつかないように思う。その後も台風の移動に伴い強風域は北東方向に移動するが、そのときも西寄りの回転方向と南寄りの法線方向の風向で強風が観測されている。15:52にはこの降雨帯は三重県北部にまで達し、西寄りの強風が観測されている。この近畿地方中部で観測された強風は、ほとんどがこの降雨帯の周辺かまたはこの降雨帯よりも台風の中心寄りの地域で発生している。この降雨帯の周辺では回転方向(西)または法線方向(南)の風向で40-60m/secの強風が観測されているが、この降雨帯よりも台風の中心よりの地域では回転方向(西)の風向のみで風速も30-40m/secと弱くなる。

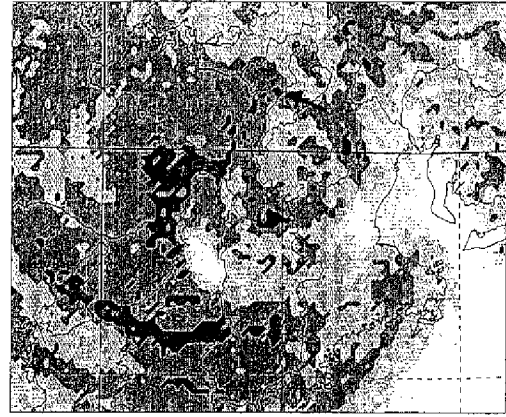
この合成レーダ図とFig.9の地上の気温分布(14:00, 15:00)と比較すると、この降雨帯がほぼ地上の0°Cの等温線上にあることが分かる。即ち0°Cの等温線の近傍で強風が発生していることになる。とくに15:00の等温線は大阪府と奈良県との県境付近で密になり大きく蛇行しているが、これまでもこの強風は寒冷前線に伴う強風として急激な気温の降下を伴うと報告されており(山元ら, 1963), この気温分布が強風の発生と関係があると考えられる。

さらにこの強風についていくつかの報告がなされている。榊原ら(1999)は、関西国際空港のレーダ図から求めた高度3kmでの水平速度分布から15:30に奈良市上空にかかった降雨帯付近で収束的シアラインが存在することを示し、これによって地上で強風が発生したと報告している。河野ら(1999)は、滋賀県信楽町にあるMUレーダを使って台風9807号の風速3成分の観測を行った。15:53に停電によって観測は中断したが、15:50過ぎから停電までの間に高度2-3km付近において4-5m/secの強い下降流を観測している。15:52の合成レーダ図では上記の降雨帯が信楽町上空に差し掛かったところで、この前後には滋賀県栗東町で36.4m/sec(発生時刻15:45)、滋賀県八日市市で41.6m/sec(同16:16)の日最大瞬間風速が観測されている。即ちこの下降流と地上での強風との間に何らかの因果関係があると考えられる。

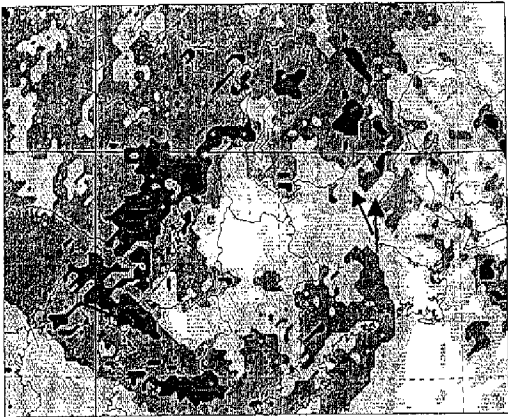
このように台風の背後に発生する強風域について、消防署の気象観測網を使って調べたところ興味深い事実が分かってきた。台風の上空の気象要素はレーダやひまわりを使ってかなり詳しく観測することができるが、それに比べて地表面付近の気象要素はこれまで気象台やAMeDASで観測されたものだけであり、その情報量が少なかったように思う。しかし、気象台やAMeDASに加えて消防署の気象観測網も



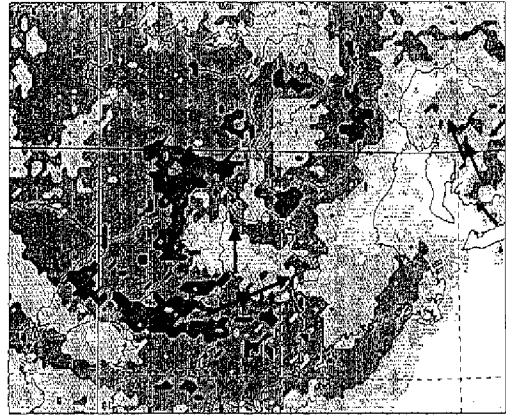
(a)14:00



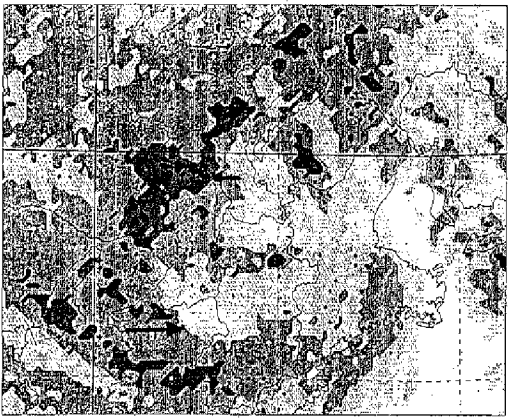
(e)14:30



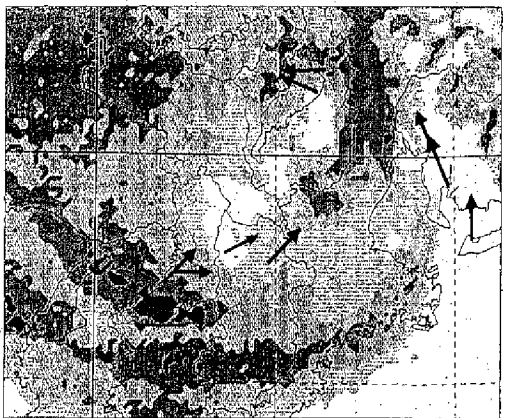
(b)14:07



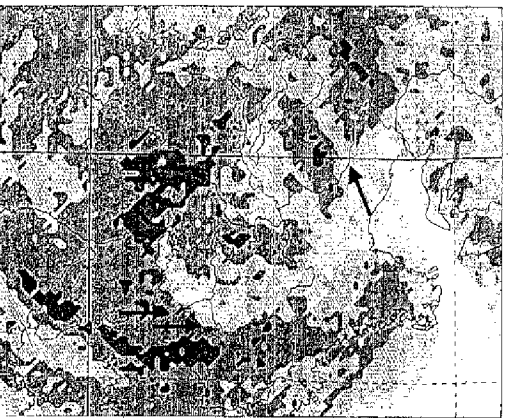
(f)14:37



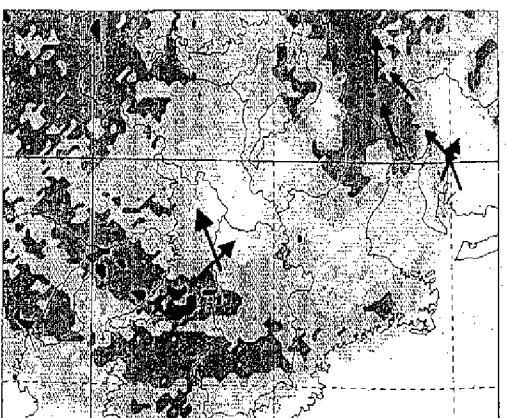
(c)14:15



(g)14:52

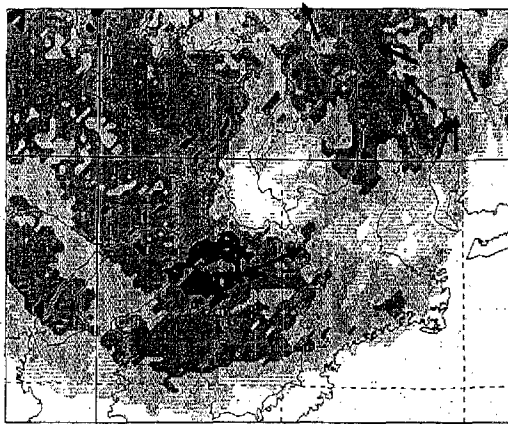


(d)14:22

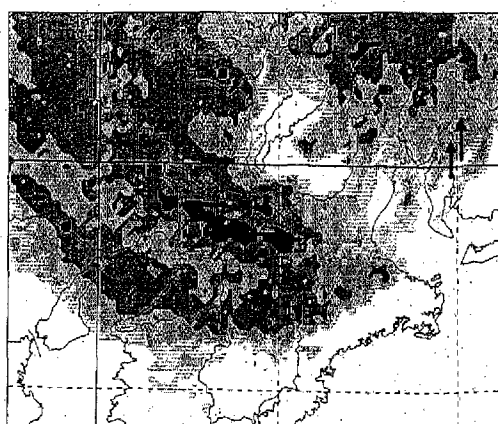


(h)15:00

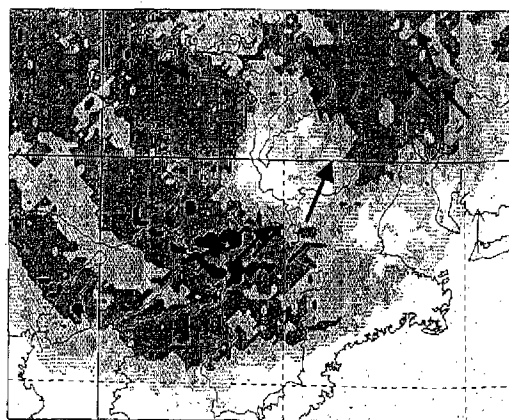
Fig.16 Combined radar echo and daily max wind vectors



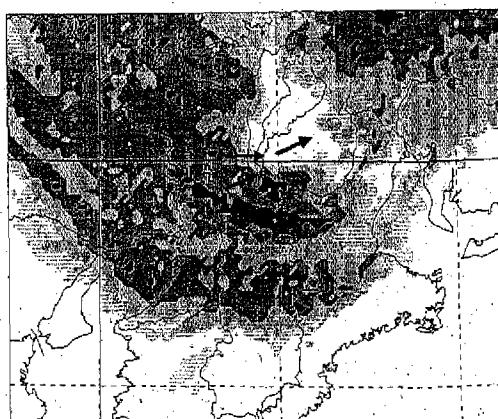
(i)15:07



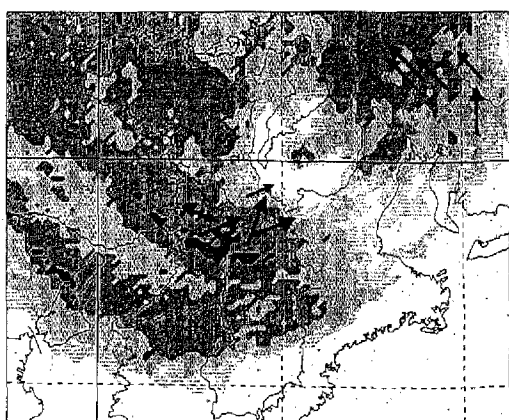
(m)15:37



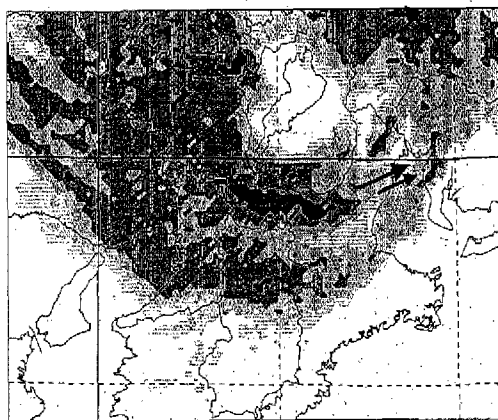
(j)15:15



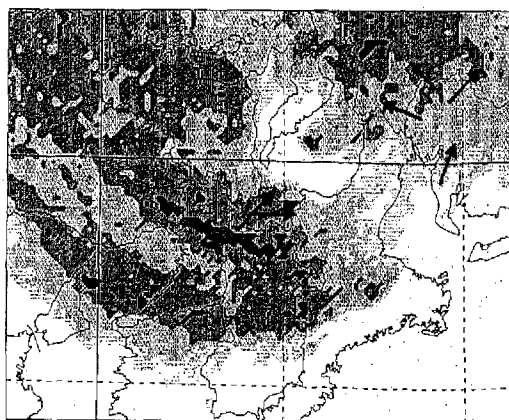
(n)15:45



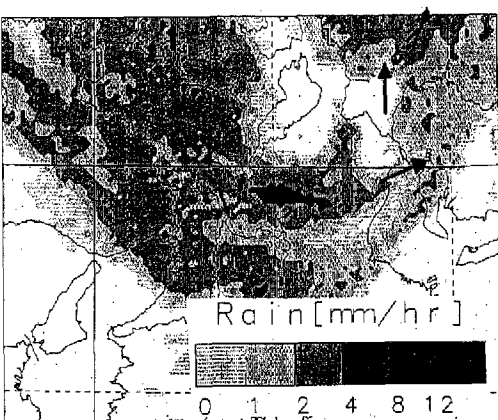
(k)15:22



(o)15:52



(l)15:30



(p)16:00

Fig.16 (continued)

利用すると、より詳細な台風の気象観測が可能となると期待できる。

6. まとめ

消防署の気象観測資料を中心にして、台風 9807 号の各気象要素について調べた。その結果以下のことが分かった。

- 1) 消防署の気象観測網は、都市部では気象台や AMeDAS の観測網よりも細かく大変有用であることがわかった。
- 2) 台風の経路には各地の風向変化から求めた風中心、各地の気圧分布から求めた気圧中心、及びレーダ図から求めたレーダ中心があるが、台風 9807 号の場合にもこの 3 つの経路が西から風中心、気圧中心、レーダ中心の順に並んだ。とくに風中心と気圧中心は近畿地方での経路の蛇行の形まで非常によく似ていた。
- 3) 台風 9807 号の強風域は、台風を中心の右側に形成されるものと台風を中心の背後に形成されるものの大きく 2 つに分けられた。前者の強風は上陸地点にあたる和歌山県や愛知県において観測された。後者の強風は近畿地方中部で観測され、近畿地方の各地に甚大な被害をもたらした。合成レーダ図との比較により、後者の強風は台風を中心の西側にできた強い雨量強度の降雨帯周辺で発生し、その風向は台風の回転方向と台風を中心に向かう法線方向の 2 つに分類できることが分かった。
- 4) 気温の分布から、台風 9807 号によって北西側から台風を中心に向かって冷気が進入する様子を示した。また、15:00 には大阪府と奈良県の県境付近で温度勾配が非常に大きくなっていることが分かった。
- 5) 時間雨量の分布から、台風 9807 号の降雨域の分布状況が示した。また、この時間雨量の分布は合成レーダ図の間接的な証明にもなることが分かった。
- 6) 比湿の分布により、15:00 には南西方向からの乾いた空気と北東方向からの湿った空気が台風を中心に向かって流入する様子を示した。
- 7) 気圧の分布から、この台風の気圧分布形状が楕円形をしている場合が多いことを示した。

謝 辞

本調査の一部は文部省科学研究費（基盤研究(C) 研究代表者 京都大学教授 松本 勝）によって行わ

れたものである。気象資料を収集するにあたり気象庁、財団法人日本気象協会、財団法人気象業務支援センター、自治体消防本部、関西電力株式会社、株式会社日本エレクトリック・インスルメントの関係各位にご協力をいただいた。また、気象データの読み取りには本学技官杉政和光氏と本研究室卒業生富田達也君に協力してもらった。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 植松 康・佐々木和彦(1999)：東北地方における風観測（その 1 青森県と秋田県の場合），日本風工学会誌，第 78 号，pp.81-93.
- 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 年春季大会講演予稿集，pp.223.
- 気象庁(1961)：伊勢湾台風調査報告，気象庁技術報告，第 7 号，899pp.
- 気象庁(1998a)：地上気象観測資料・地域気象観測資料・高層気象観測資料，気象庁月報（平成 10 年 9 月）。
- 気象庁(1998b)：平成 10 年台風第 6 号，第 7 号，第 8 号，第 9 号及び前線による 9 月 18 日から 10 月 2 日にかけての大雨と暴風，災害時気象速報.
- 榊原 均・田中恵信・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 年春季大会講演予稿集，pp.215.
- 中島暢太郎・光田 寧・後町幸雄・田中正昭・藤井健・文字信貴(1980)：台風 7916 号について，京都大学防災研究所年報，第 23 号 B-1，pp.87-111.
- 藤井 健・林 泰一・光田 寧(1992)：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，pp.183-191.
- 藤井 健・光田 寧（1999）：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－，京都大学防災研究所年報，第 42 号，（印刷中）
- 増田善信・笠原 彰(1956)：台風論，地人書館.
- 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.113-127.
- Shaw N.(1918)：The travel of circular depressions and tornadoes，Meteorological Office. Geophysical Memoirs，No. 12，pp.19-44.

On Strong Damage by Typhoon 9807(Vicki) Part 1: Meteorological Elements Observed at Fire Stations

By Yasuo OKUDA, Junji KATSURA, Takeshi FUJII*,
Taiichi HAYASHI, Hirohiko ISHIKAWA and Takashi MARUYAMA

*General Education and Research Center, Kyoto Sangyo University

Synopsis

Meteorological elements on the Typhoon 9807(Vicki) were investigated using the weather observation network at fire stations in the Kinki and Chubu districts. There were 4 areas in Wakayama, Nara and Mie, where the max instantaneous wind velocities exceeded 50m/sec. In Tanabe City in Wakayama the max instantaneous wind velocity was measured almost simultaneously with the min atmospheric pressure. In the other areas the max instantaneous wind velocity was measured almost one-hour after the min atmospheric pressure occurred. The latter strong winds were expected to be related with a rain band behind the Typhoon 9807.

Keyword: Typhoon 9807(Vicki); fire station; path of typhoon; meteorological element; combined radar chart