

# 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

光田 寧・藤井 健・末延 龍雄

## METEOROLOGICAL STUDY OF TYPHOON 7818

By Yasushi MITSUTA, Takeshi FUJII and Tatsuo SUENOBU

### Synopsis

Typhoon 7818 (IRMA) passed through the East China Sea and the Genkainada, and landed on north of the City of Shimonoseki on Sept. 15th in 1978. At Fukuoka Meteorological Observatory, the peak gust 46.0m/sec was observed, which exceeded the existing record at the observatory. In the period of this typhoon passage, the radial pressure profile is fitted with the Schloemer's equation, and the maximum gradient wind speed is estimated as about 30m/sec. In the rainband passing over the Izuhara Weather Station, air flow convergence is estimated as  $1.1 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ .

### 1. 序

1978年9月9日にルソン島の東方海上で発生した弱い熱帯低気圧は北西に進み、南シナ海に入った後北東に向きを変え、12日3時に与那国島の南西海上で台風18号となった。その後、徐々に発達を続けて北北東に進み、14日夜半から15日未明にかけて九州西方海上に達し、中心気圧は970mb、中心付近の最大風速は35m/sec、25m/sec以上の暴風半径は120kmに発達した。さらに、次第に進行方向を北東から東北東に変え、ほとんど変わらない勢力を維持して九州北方海上を進み、15日16時ごろ下関市北方に上陸し、次第に衰弱しながら中国地方中央部を縦断して、16日4時ごろ若狭湾付近で弱い熱帯低気圧となった。台風18号に発達した後の中心の経路を Fig. 1 に示すが、この台風は  $30^{\circ}\text{N}$  を越えてもなお発達した特異な台風であり、最盛期の勢力をほとんど維持しながら九州北方海上を東北東に進んだ。この間、九州北部では雨量は比較的少なかったが、暴風が吹き荒れ、福岡管区気象台では最大瞬間風速が、台風5612号によるこれまでの最大記録 42.3m/sec を上回る 46.0m/sec を記録し、福岡県を中心として暴風による被害が発生した。

著者らは、鹿児島県・沖縄県を除く九州全域および山口県の気象官署の観測資料、ならびに九州各地の被害に関する資料を収集し、種々の解析を行った。本報告はその結果である。

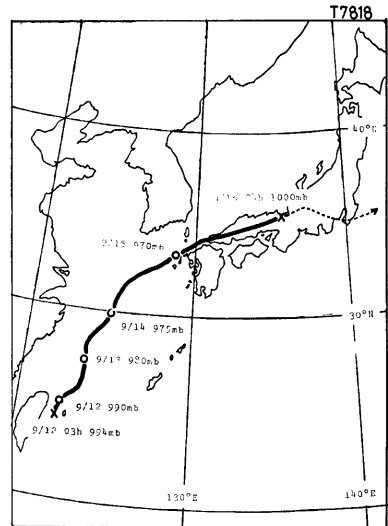


Fig. 1. Track of Typhoon 7818. Mark, O indicates the position at 09h JST.

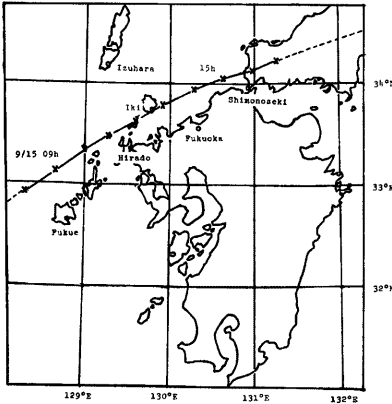


Fig. 2. Hourly positions of the typhoon center as determined from radar echo pattern of the Fukuoka Radar at Mt. Seburi.

## 2. 気圧場の解析

台風が中心が五島列島付近に到達した15日8時から、山口県に上陸1時間後の17時までにおいて、台風内の気象要素の分布を調べるために、背振山の福岡レーダーのエコー写真およびエコー・スケッチ図を用い、気圧や風の分布も参考にして、できるだけ詳細に、毎正時の中心位置の決定を行った。Fig. 2 にその経路図を示す。この経路図をもとに、中心から 250km 以内にある観測所の毎正時の気圧の実測値を、台風の中心からの相対的距離に対してプロットしたのが Fig. 3・4 である。福岡管区気象台の発表によると、13時には台風はやや衰えて、中心気圧が 970mb から 975mb に上昇しているの、13時より前の資料とそれ以後の資料とに分けて、Fig. 3 には8時から12時までの資料を用いたものを、Fig. 4 には13時から17時までの資料を用いたものを示してある。等圧線が中心のまわりに同心円状に分布していると仮定した台風の半径方向の気

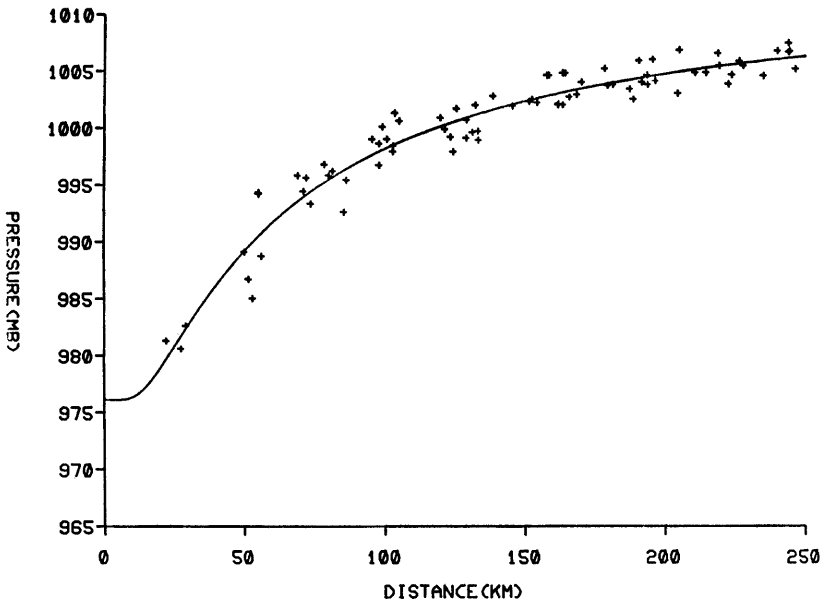


Fig. 3. Radial pressure profile fitted with the Schloemer's equation for 8-12h JST, Sept. 5th, 1978. Mark + indicates the observed sea-level pressure at the station.

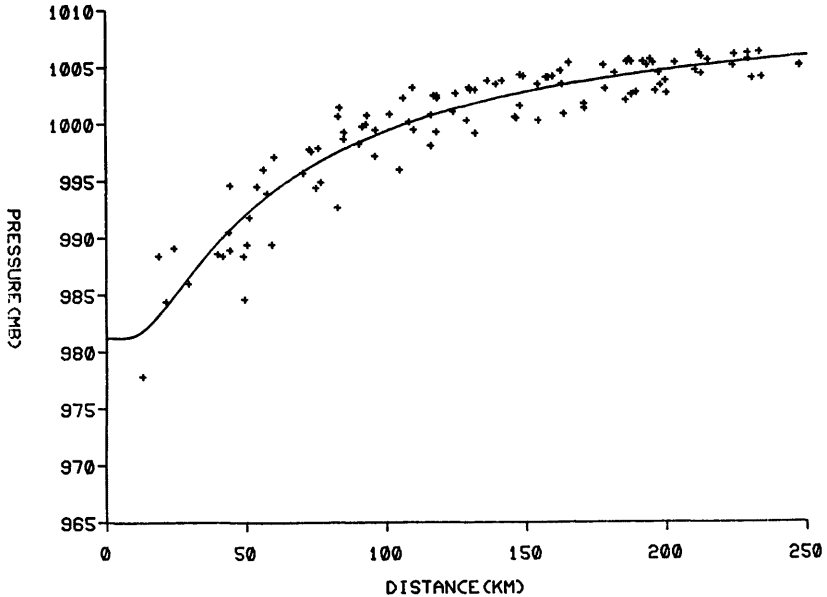


Fig. 4. Same as Fig. 3, except for 13-17h JST, Sept. 15th, 1978.

圧分布を表現する式は、いくつか発表されているが、著者等が他の台風の解析において用いて来た Schloemer の式を用いて、7818号の半径方向の気圧分布を近似してみた。Schloemer<sup>1)</sup>の式は次のように書ける。

$$P = P_c + (P_\infty - P_c) \cdot e^{-1/x} \quad (1)$$

$P_c$  は台風の中心気圧、 $P_\infty$  は台風の周囲気圧、 $x = r/r_m$  で  $r_m$  は旋衡風速最大の半径である。 $P$  (気圧) と  $r$  (中心からの距離) の関係が実測値と最も良く合うように、最小自乗法で  $P_c$ 、 $P_\infty$ 、 $r_m$  を求めると Table 1 のようになり、得られた気圧分布の曲線は Fig. 3・4 に実測値とともに実線で示してある。 $P_c$  については、福岡管区気象台が決定した値と比較してみると、8時から12時までについては6mb程度大きくなっているが、13時から17時までについてはほぼ一致した結果が得られている。 $P_\infty$  については主観解析による最も外側の閉じた等圧線は1010mb程度であり、これもほぼ一致している。最大風速半径の実測値としては、8～12時のものは、壱岐空港測候所の風速の自記記録において、時間変化を空間変化に置き換えて求めた45km

Table 1. The parameters of pressure profile analyzed objectively by the Schloemer's equation and the observed values.

|                 | 8h-12h    |          | 13h-17h   |          |
|-----------------|-----------|----------|-----------|----------|
|                 | Schloemer | Observed | Schloemer | Observed |
| $P_c$ (mb)      | 976.1     | 970      | 981.2     | 980      |
| $P_\infty$ (mb) | 1013.2    | 1010     | 1011.7    | 1010     |
| $r_m$ (km)      | 52.0      | 45       | 51.5      | 40       |

という値を示してあるが、気圧分布から求めた  $r_m$  の値は 52km で、これより 7km 大きい。また、13~17 時については下関地方気象台の風速の自記記録より同様にして求めたものであるが、それについても気圧分布から求めた  $r_m$  の値 51.5km はこれより 10km あまり大きい。

経路図から明らかなように、台風7818号の中心は壱岐空港測候所のごく近くを通過しており、その前後の中心気圧の変化も小さいので、壱岐空港測候所の気圧自記記録の時間変化を移動速度を用いて空間変化に変換したものは、気圧の半径方向の分布をよく表わしていると考えられる。Fig. 5 に壱岐空港測候所での気圧の記録を福岡、平戸、福江の各気象官署での気圧の記録と共に示す。この壱岐空港測候所の記録に見られるように、台風の中心付近の気圧分布はなべ底状であったと言える。それは Figs. 3・4 に示した気圧分布に対応したものであり、このような気圧分布の特徴は Schloemer の式による曲線によっても良く表現できている。一方、中心からある程度離れた最大風速半径に近い福岡と福江においても、図に示すように最低気圧時の気圧変化が小さい気圧の記録が得られている。これは台風の中心付近がなべ底状の気圧分布をしていたことは直接関係づけられない。7818号の気圧分布をさらに詳細に調べてみると、等圧線は円形より少しずれており、台風の進行方向に長軸を持つような長円状の気圧分布をしていて、台風の進行方向に垂直な短軸上では、等圧線は進行方向とほぼ平行に並んでいる。そのために、台風の中心からある程度離れた地点でも、

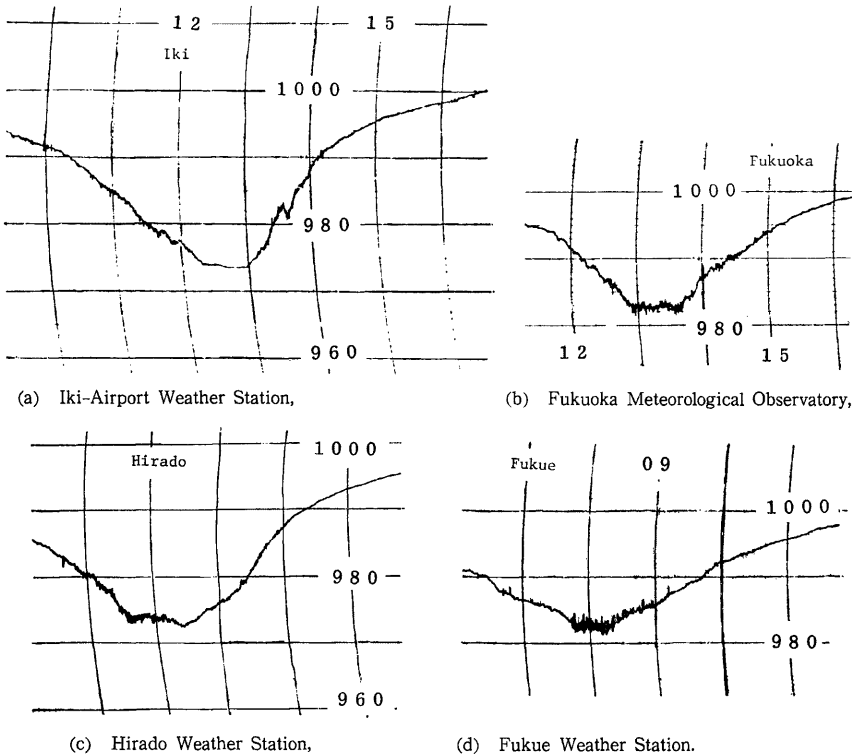


Fig. 5. Time variations of pressure,

Fig. 5 に示すような、なべ底状の気圧の記録が得られたのだと考えられる。これがこの台風の固有の性質であるのか、あるいは九州北部山地の北側を通過したことによって二次的に生じたものであるかは、はっきりしない。

### 3. 風速場の解析および福岡における暴風

この台風の気圧場を第1近似として良く表現している Schloemer の式より求めた気圧分布から、傾度風速の半径方向の分布を求めると、Fig. 6・7 のようになる。最大傾度風速は、8～12時には 33m/sec で、13～17時には 29m/sec となる。最大傾度風速が生じる位置については、両時間帯ともに 50km で  $r_m$  とほぼ一致する。さらに、これらの図には地上で観測された平均風速が+印で記入してあるが、地上風速の傾度風速に対する比は最大で0.99で、最大傾度風速の少し内側の地上風速最大のところで生じている。この比は台風の外域 50～150km ぐらいではほぼ0.4で一定になっている。Table. 1 に示した風速の日記録より求めた地上風の最大風速半径と、気圧勾配より求めた  $r_m$  を比較すると、 $r_m$  のほうが 10km 前後大きくなっていることと、このことは対応しており、昨年報告した7705号<sup>2)</sup> および 7709号<sup>3)</sup> の場合と同様な結果になっている。もっとも今回は気圧傾度の計算方法が異なっているので、最大傾度風速の位置をそのまま比較することは危険であるが、地上での風の最大となる半径が傾度風速最大の位置よりも台風の中心により近いところに存在するということは、事実であると見て良いであろう。この現象については、台風の下層における構造の特性として、今後解析していく必要がある。

7818号は俗に風台風と言われ、福岡県などで強風による被害が大きかったが、福岡の強風は実際考えられる以上に強かったのかどうか、過去の台風の記録なども参考にしながら調べてみた。Schloemer の式から

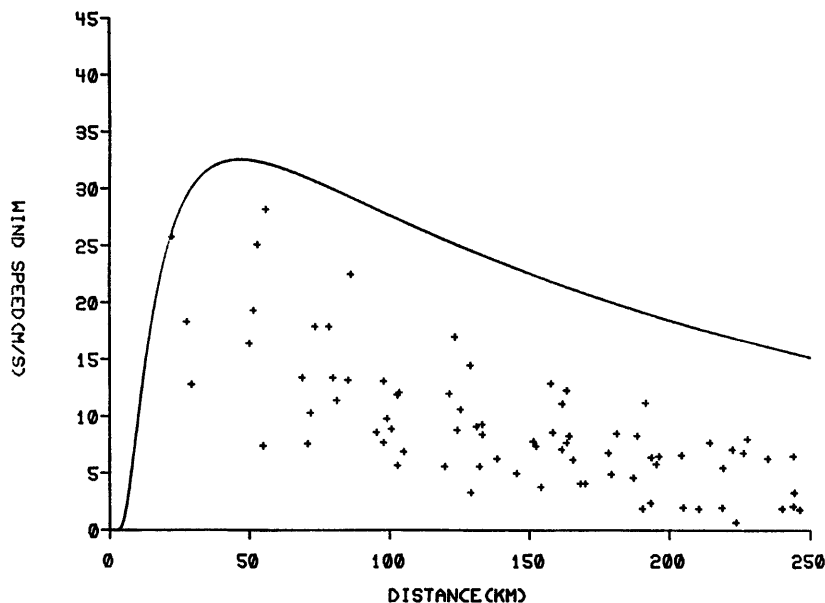


Fig. 6. Gradient wind speed profile for 8-12h JST, Sept. 15th, 1978. Mark, + indicates observed wind speed.

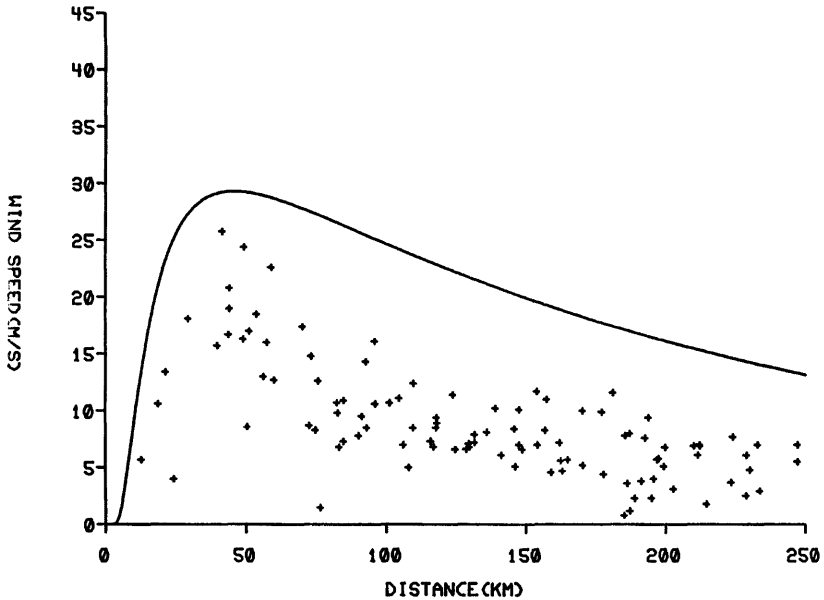


Fig. 7. Same as Fig. 6, except for 13-17h JST, Sept. 15th, 1978.

計算した傾度風速および地表で観測された風速は、Figs. 6・7に示したとおりで、これまでの台風と特に異なっているとは見られない。福岡で最大風速を記録した13時頃は、台風中心からの距離が約 50km であり、その距離に対応する傾度風速は約 29m/sec 程度であった。このときの地表風速との比は0.83と比較的大きな値を示しているが、他の地点が台風の中心から 50km ぐら離れたときの値と比較して、特に大きかったとは言えない。また福岡で観測された最大瞬間風速は 46.0m/sec であり、傾度風速よりはるかに大きくなっている。このことは地表付近の風の乱れによって生じたものであり、地表付近の粗度によって支配されるものと考えられる。従って、福岡での最大瞬間風速と最大風速の比、すなわち、いわゆる突風率は 1.9であり比較的大きな値と言える。しかし、特に異常なことは、たまたま北九州地方の市街地と台風の最大風速域が一致していたということ以外には見あたらない。Table 2 に示す極値表および Table 3 に示す

Table 2. Weather records of Typhoon 7818.

|                              | Fukuoka | Fukue | Hirado | Iki   | Izuhara | Shimonoseki |
|------------------------------|---------|-------|--------|-------|---------|-------------|
| Min. Sea-Level Pressure (mb) | 984.0   | 984.5 | 979.2  | 977.4 | 994.5   | 983.6       |
| Max. Wind (m/sec)            | 24.4    | 26.6  | 22.4   | 30.0  | 14.0    | 24.6        |
| Direction                    | SSE     | S     | SSE    | E     | N       | ENE         |
| Max. Peak Gust (m/sec)       | 46.0    | 44.9  | 42.2   | 37.7  | 30.8    | 42.2        |
| Direction                    | SSE     | S     | SSE    | E     | N       | ENE         |

Table 3. List of wind damages.

| Prefecture        | Number of Personal Damage |         | Damage to Houses     |                  |                  |                    |
|-------------------|---------------------------|---------|----------------------|------------------|------------------|--------------------|
|                   | Dead                      | Injured | Completely Destroyed | Partly Destroyed | Slightly Damaged | Nonresident Houses |
| Fukuoka           | 5                         | 64      | 24                   | 134              | 1633             | 159                |
| Saga              |                           | 10      |                      | 9                | 14               | 9                  |
| Nagasaki          | 1                         | 23      | 2                    | 4                |                  | 30                 |
| *Fukuoka* (T5612) | 6                         | 33      | 132                  | 263              | 1812             | 859                |

Table 4. Comparison of typhoon intensity between Typhoons 7818 and 5612.

|                                | T7818   | T5612   |
|--------------------------------|---------|---------|
| Min. Sea-Level Pressure(mb)    | 984.0   | 977.6   |
| Max. Wind (m/sec)              | 24.4    | 30.2    |
| Max. peak Gust (m/sec)         | 46.0    | 42.3    |
| Duration of Wind above 15m/sec | 3 hours | 4 hours |
| Central Pressure (mb)          | 975     | 950     |

被害表からもわかるとおり、福岡での風が佐賀や長崎に比べて異常に強いわけではないのに、福岡県の被害が際だって大きいのがわかる。この点は台風通過後、防災対策上の問題として注目されたことである。過去に7818号に似たコースを通過して福岡県に大きな被害を与えた台風に5612号がある。この台風は壱岐と対馬の間を北東に進んだ。中心気圧は 950mb であり、Table 4 に示すように、福岡での最大瞬間風速は 42.3m/sec で7818号より少し弱い。被害については参考のため Table 3 に示してあるが、死者はほぼ同数であるが、負傷者は1/2である。一方、建物の被害は5612号のほうがやや大きい。20年以上も年が違っているので、被害の絶対値だけで台風を単純に比較はできないが、今回の台風が特に被害が大きかったとは言えないのである。ここで異っているのは、5612号の時は強い台風が少し離れて通過したのに対して、今回の7818号の場合は比較的台風としては強いものではないが、丁度台風の最大風速半径が福岡市と一致したためこの付近で風が強かったということである。風速としてはこの程度が家屋に被害が多く出るとかの限界に近いところであり、比較的中心気圧が高い台風であるということによる油断が、被害を大きくすることに関係があったのではないかと思われる。台風による風に関する正確な予測が、防災対策上必要ではないだろうか。

#### 4. 厳原を通過したレインバンドの解析

台風7818号は 30°N 以北で最盛期に達し、そのために九州北海上通過時において、形の崩れていない眼やスパイラル状のレインバンドのレーダーエコーが観測されている。15日13時30分の背振山の福岡レーダーの PPI のエコー (Fig. 8) によると、台風の中心の進行方向に向かって左後方の象限の厳原のすぐ東に、幅が約 6.5km、長さが約 65km の南北にのびるレインバンドが存在している。このレインバンドの通過のさいに、厳原測候所において顕著な地上気象現象の変化が見られた。この時の自記記録をもとに、このレインバンドの地上付近の構造について調べてみた。

##### 4.1 線状エコー

このレインバンドによるエコーは15日 9 時30分に福岡レーダーの 200km レンジ内に現れ、21時 0 分の観

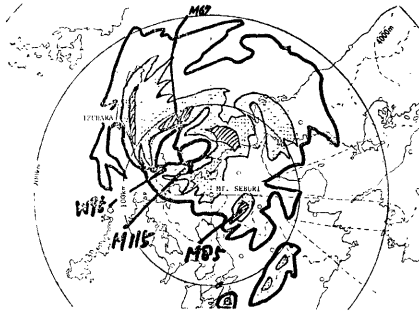


Fig. 8. Sketch of PPI radar echo as observed by the Fukuoka Radar at Mt. Seburi, at 13:30 JST, Sept. 15th, 1978.

測の打ち切りまで PPI スコープ上に見ることが出来た。福岡管区気象台の観測によるエコー強度並のスケッチを1時間ごとに追っていくと、Fig. 9 (a) のように台風の移動にともなってほぼ東北東に進んでいる。このエコーは12時30分から13時30分にかけて急速な発達に遂げ、厳原を通過した13時30分ごろはセル状構造は見られず、典型的な線状エコーの形態を示した。14時30分から15時30分まで最盛期であり、15時30分から16時30分にかけて急速に衰弱した。12時30分～14時30分において、中心に対する相対的な位置を示すと、Fig. 9 (b) のようになり、中心のまわりに徐々に時計まわりに回転している。レインバンドの内側は台風中心から40km ぐらいの距離まで続いており、台風眼周辺のレーダーエコーの見えない領域にまでおよんでいる。しかし、台風眼周辺の Eye wall はこれに比べてエコーの強さは弱い。

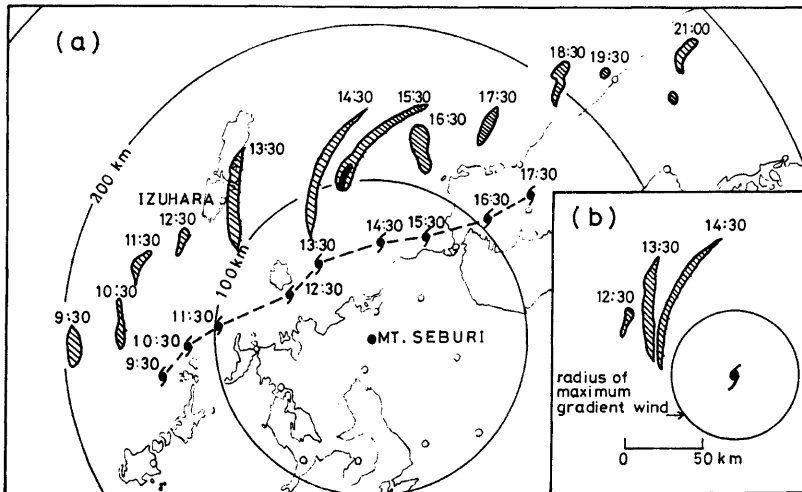


Fig. 9. (a) Trace of radar echo of rainband passing Izuohara Weather Station. Hatched area indicates moderate intensity, and black area indicates strong intensity.



台風ともなうレインバンドは中心に対して対数らせんの形をとることが知られていて、

$$r = a \cdot e^{\theta \tan \alpha} \tag{2}$$

と表すことができる。ここで  $r$  は台風中心からの距離、 $\theta$  は中心からの方位角、 $\alpha$  は対数らせんの傾角、 $a$  は定数である。Senn と Hiser<sup>4)</sup> によると、Hurricane について400例（中心から 100 miles 以内）の統計では、 $\alpha$  の平均は約  $17^\circ$  である。線状エコーの形態を示した13時30分～15時30分について  $\alpha$  の値を求めると、13時30分は  $32^\circ$ 、14時30分は  $24^\circ$ 、15時30分は  $14^\circ$  であり、時間とともに傾角は減少している。

4.2 レインバンドの通過ともなう気象現象

レーダーエコーのスケッチ図上では、厳原通過時において特異点の少い線状エコーであり、しかもスケッチ図は1時間おきであるので、異なる時刻について特異点の対応により、レインバンドの移動速度を求めることは不可能である。そこで、レインバンドの移動方向が眼の中心の移動方向と平行であるという仮定のもとに、12時30分～13時30分における空間変化を時間変化に置き換えると、このレインバンドは13時13分から25分にかけて厳原を通過したことになる。この時刻を中心として、厳原における現地気圧、風向、風速、雨量、気温および露点温度の自記記録を示したものが Fig. 10 である。

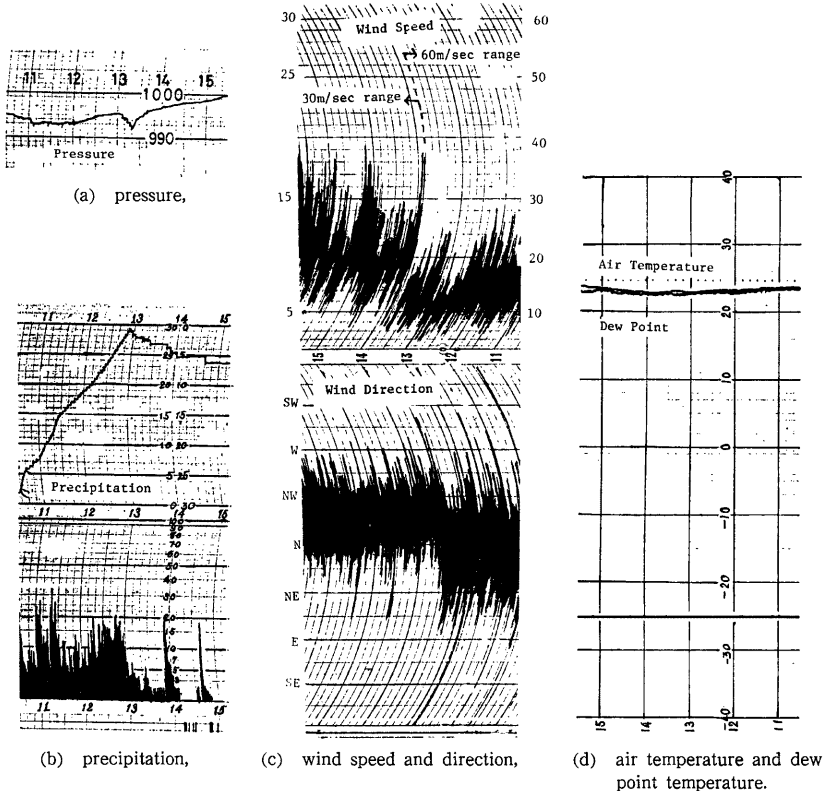


Fig. 10. Records of surface meteorological elements as observed at Izuohara Weather Station when the rainband was over the station.

台風を中心の接近にともない、現地気圧は11時から12時にかけて極小となり、ほぼ 993mb を示し、その後徐々に上昇していった。しかし、13時0分ごろより突然 995.5mb から下り始め、レインバンドの中心線（風向が順転から逆転に変わる時刻に相当する位置）がちょうど通過した頃の13時20分に極小値 992.2mb を記録し、20分間に3.3mb 下降した。その後急速に上昇し、13時40分には 996.0mb に回復し、その後は13時0分以前の 3mb/hour 程度のゆるやかな上昇にもどった。このように、レインバンドの前端の到達10分あまり前より気圧の急下降が始まり、バンドの中心線通過時ごろに極小となり、その後急上昇して後端の通過15分後に元の変化にもどっている。この変化の様子は地上で激しい雨を伴っていないということもあり、激しい降雨をとまなうレインバンドについての牛島の調査<sup>9)</sup>、すなわちレインバンドの前端到達数十分前より気圧は下降し始め、前端到達と同時に急上昇するという経過とは異なっている。

風向については2.5分前より2.5分後までの5分間の平均で表わすと、13時5分に N6°E（風向が N より6°NE へ偏るということの意味する）から順転し始め、13時19分に N25°E となり、ちょうどこの頃にレインバンドの中心線が通過している。その後、急速に逆転し始めて、13時25分には N15°W となり、6分間に40°も風向が回転している。さらに、レインバンドの後端通過5分後の13時30分には N27°W となり、その後はほぼこの風向に落ちついている。風速についても、風向と同じように5分間の平均で表わすと、12時から13時にかけて徐々に弱まり、13時0分には 11m/sec 程度であった。しかし、バンドの到達直前の13時10分に突然 15m/sec 程度に強まり、バンド通過後20分程たった13時40分まではほぼその強さが続いた。

雨については 15mm/hour 程度の雨が13時0分ごろから突然に 1~5mm/hour 程度に弱まり、バンド中心通過後30分位経過した13時50分ごろに突然 20mm/hour 近くに強まり、その後また次第に弱まり、14時すぎに止んでいる。すなわち、このレインバンドの通過中には通過前後より雨量が著しく減少して、レインバンドの通過中には激しい雨が観測されるという他の多くの例とは異なっている。バンドの両側における風向は、バンドの中心線走向の方向に対して15°以内であり、風速のバンドの中心線に垂直な成分は小さいが、バンドの両側では内側に向けて吹き込んで収束している。強さ並のレーダーエコーとして見られる上空の水滴は、この付近では地上に達していない。また、福岡レーダーの等ビーム高度線は蔵原においては 2000m 程度であり、強さ並の線状のレーダーエコーは地上付近の降雨を捕えたのではなく、上空に存在する水滴によるものである。したがって、バンド内には次に述べる地上付近の気流の水平収束からも推測されるように、強い上昇気流が存在し、水滴を支えたために、バンドの通過中は雨量が激減したのであろうと考えられる。レインバンドの構造を考える上で重要な問題である。

気温の変化は小さく、13時0分に比べてバンドの中央部が通過中の13時20分に0.2°C 上昇しているにすぎない。また、露点温度は同じく0.5°C 下っていて、相対湿度に換算すると97%から93%に下っている。これは、雨が小降りになったことに対応している。

#### 4.3 レインバンド内での気流の収束と発散

12時30分から13時30分にかけてレインバンドは、前述のように眼の中心と平行に移動したと仮定すると、移動方向は北より44°東に偏った方向で、ほぼ北東である。この方向におけるエコーの中心線のこの1時間の移動距離は 47km である。そこで、蔵原における現地気圧、風向・風速の観測値（風向および風速については2.5分前から2.5分後までの5分間の平均）を、この移動方向における空間分布に置き換えると Fig. 11 のようになる。気流はレインバンドの走向の方向には一様であるとする、気流の水平発散量はバンドの中心線より進行方向の前半部では  $0.6 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$  で、わずかに発散している。一方、後半部では  $-2.9 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$  で、大きな収束が見られる。また、バンド全域については、水平発散量は  $-1.1 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$  であり、その収束値はかなり大きい。地上付近では気流はバンドの両側から内側へ流れ込んでいて、強い上昇気流が存在していると考えられる。レインバンドの地上での収束のある後半部の幅は 3.1km ぐらいであるから、境界層の厚みが 1km であるとする、ここでの上昇気流は 3m/sec ぐらいとなる。この程度であれば水滴がささえられて落下しないことは十分考えられる。

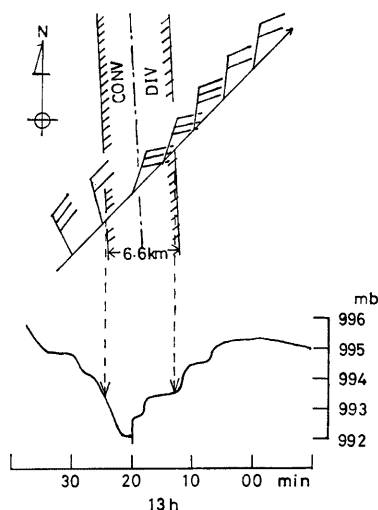


Fig. 11. Surface structure of the rainband analyzed by records of meteorological elements observed at Izuohara Weather Station.

## 5. 結 語

1978年9月15日に九州北方海上を東北東に進み、下関市の北方に上陸した台風7818号は、福岡県を中心として台風の規模のわりには大きい被害を残していったが、この台風について九州北方海上通過時の気象状況を解析した結果、次のような特徴が得られた。

(1) 等圧線が中心のまわりに同心円状に分布していると仮定し、半径方向の気圧分布を Schloemer の気圧分布式で近似すると、中心がすぐ近くを通過した岩波空港測候所の気圧自記記録に見られるような、なべ底状の気圧分布が得られた。しかし、さらに気圧の水平分布を詳細に調べると、等圧線は円形でなく、進行方向に長軸をもつ長円形に歪んでおり、そのために、中心から離れた福岡、福江の気象管署においても気圧の自記記録はV字型ではなく U 字型の変化をした。

(2) Schloemer の式により近似した半径方向の気圧分布から傾度風速を求めると、最大 33m/sec ぐらいで、傾度風速の最大は中心から 50km ぐらいのところに生じる。地上で観測された最大風速は 30m/sec ぐらいで、傾度風速の最大半径より少し内側の 40km ぐらいの位置に生じる。また、中心がすぐ近くを通過した岩波空港測候所および下関地方気象台の風速の自記記録より求めた地上風の最大風速半径も、最大傾度風速半径よりは 10km ほど小さい。地上風と傾度風との比は、最大風速域付近で0.9ぐらいであるが、それ以外では0.4ぐらいの値である。

(3) 7818号と同じような経路を通った台風5612号と比較すると、建物の被害は少ないにもかかわらず、人的被害は大きかった。これは台風の最大風速位置が市街地と一致したこと、および台風の中心気圧が比較的高かったため心理的に安心感があったためではないかと考えられる。

(4) 強さ並の線状エコーをもつレインバンドが厳原を通過したが、厳原の自記記録によると、バンド通過直前より気圧は急下降し、風向は順転し、バンドの中心線が通過し風向が逆転し始めるとともに、気圧は急上昇した。雨量はバンドの通過中には通過前後より激減した。これは、バンド内に強い上昇気流が存在し、

上空の雨滴を支えているからであると考えられる。バンド内の気流については、進行方向の前半部で弱い水平発散、後半部で強い水平収束となっているが、バンド全域としては  $1.1 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$  という強い収束が見られ、これから考えて、バンドの領域には強い上昇気流が存在したと思われる。

最後に、観測資料および災害資料の収集にあたり御協力いただいた福岡管区気象台、九州管区警察局、福岡県庁、福岡市役所、九州電力本社、糸島郡農協など関係諸機関の方々に深く感謝の意を表したい。また、資料収集にあたり手伝っていただいた京都大学防災研究所助教授文字信貴氏、同助手塚本修氏および林泰一氏に心から感謝したい。

#### 参 考 文 献

- 1) Schloemer, R. W. : Analysis and Synthesis of Hurricane Wind Patterns over Lake Okeechobee, Florida, Hydrometeorological Report, No. 31, 1954, pp. 1-49.
- 2) 光田 寧・文字信貴・塚本 修・浅井東洋 : 八重山群島を襲った台風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, 1978, pp. 405-415.
- 3) 山元龍三郎・光田 寧・文字信貴・塚本 修・末延龍雄 : 沖永良部島を襲った台風9号 (7709) 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, 1978, pp. 417-425.
- 4) Senn, H. V., and H. W. Hiser : The Mean Motion of Radar Echoes in the Complete Hurricane, Proc. 8th Weather Radar Conf., 1960, pp. 427-434.
- 5) 牛島敏光 : 台風のレインバンドについて, 福岡管区気象台要報, No. 14, 1958, pp. 113-122.