

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

山元龍三郎・光田 寧・文字 信貴
塚本 修・末延 龍雄

METEOROLOGICAL STUDY OF TYPHOON 7709

By Ryozauro YAMAMOTO, Yasushi MITSUTA, Nobutaka MONJI,
Osamu TSUKAMOTO and Tatsuo SUENOBU

Synopsis

The Typhoon 7709 (The Okinoerabu Typhoon, BABE) hit Amami Islands in September 1977 and brought about serious damages to Okinoerabu Island. The present paper describes the structure of the Typhoon 7709 after the results of the expedition to this area. The eye of the typhoon passed just above the Okinoerabu Island and the maximum wind speed at the Okinoerabu Weather Station is estimated as 46 m/s, though the record of wind speed is not obtained due to the trouble of the instrumentation. The pressure distribution was obtained fairly close to the center of the typhoon and the results of objective analysis has good agreement with the observed values.

1. は し が き

1977年8月31日、カロリン諸島のボナベ島の南西海上に発生した弱い熱帯性低気圧は西に進み9月2日、グァム島の南約300 kmの海上で台風9号となった。その後台風はミンダナオ島の北東海上で進路を北北西に変えて次第に発達し、8日にはバシー海峡の東方で中心気圧905 mb、最大風速55 m/s、風速25 m/s以上の暴風半径が120~200 kmという気象庁分類の大型で非常に強い台風に成長した。9日0時頃から向きを北東、後に北よりに変え速度を次第に速め45 km/h程度で9日22時すぎには沖永良部島を通過して奄美諸島一帯に大きな被害をもたらした後、東シナ海に入って進路を北西から北北西に転じ11日正午前に揚子江河口付近に上陸し、その後衰えて熱帯性低気圧となった。Fig. 1に発生から消滅までの台風の経路を示すがこのような強い9月ごろの台風としては日本本土近くで進路を北西から西寄りに変え中国大陆に向かうというケースは極めてまれなものである。Photo. 1は気象衛星NOAA 5がとらえた9月9日8時49分の可視光による台風の写真で台風の渦の北側で日本列島に沿ってのびている前線と連っていることが認められる。

台風の中心付近の気象データとして得られているものとして最近では台風5号(7705)のも

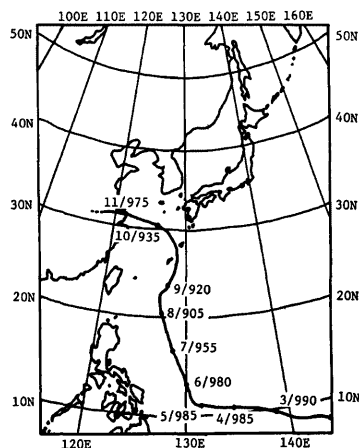


Fig. 1. The track of Typhoon 7709.

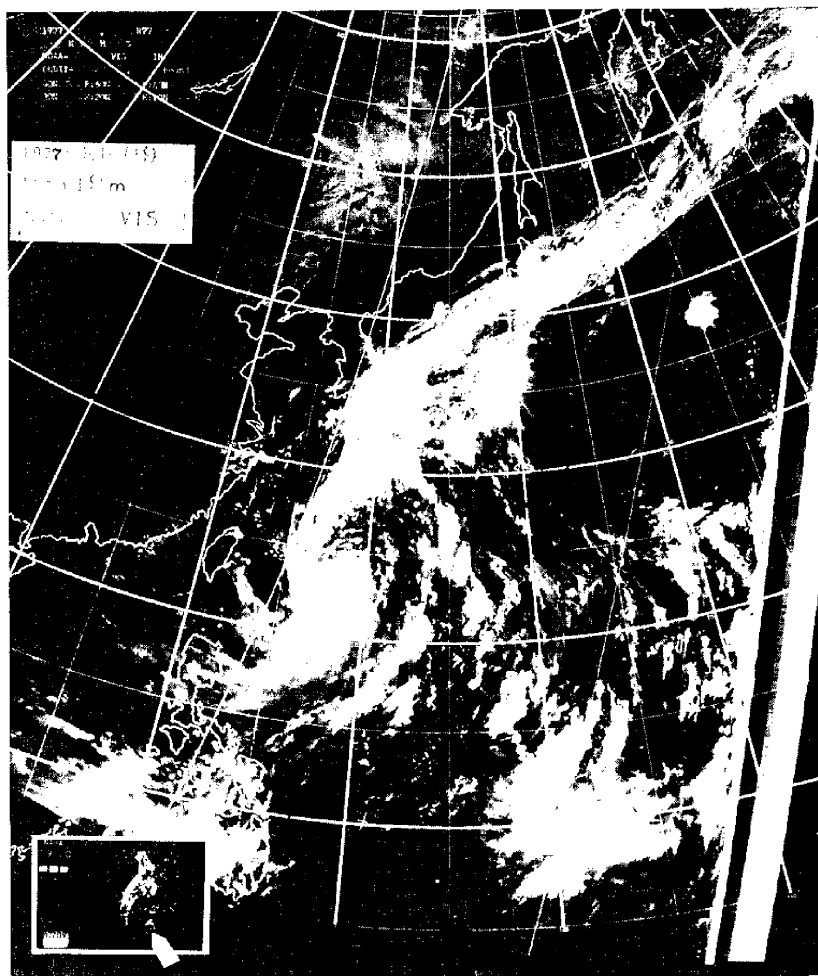


Photo. 1. Satellite picture of Typhoon 7709 by NOAA 5 (08:49, Sep. 9, 1977, VISIBLE) and radar echo as observed at Naha (09:00, Sep. 9, 1977) shown in the left below blank in the same geographical scale.

のがあるが、台風 9 号の場合は 5 号に比べて大きくかつ強い台風であった点が特徴としてあげられる。沖永良部測候所では測風塔の傾斜により台風眼通過時の風のデータに欠測が見られるが、できうる限りの気象データを収集し、台風 9 号の構造についての解析を行った。本報告はその結果である。

2. 沖永良部島付近の台風の経路

台風 9 号の大略の経路は Fig. 1 に示したとおりであるが、沖永良部島付近の詳細な経路を調べるため那覇及び名瀬のレーダーの記録を用いた。那覇のレーダーで台風中心の位置を確認できるのは 9 月 9 日 7 時か

ら10日3時まで、一方名瀬レーダーでは9日16時から10日5時までである。この間、両レーダー共1時間ごとのエコー写真があるがこの2つの記録を基にして求めた沖永良部島付近の台風の経路はほぼ一致し、その結果は Fig. 2 に示すとおりである。この図には1時間毎の台風の中心の位置とその時のレーダーで見た眼の大きさを描いてあるがこれによると台風はこの付近では南々東から北北西に向かって 40 km/h とかなり速いスピードで進み、眼の形はほぼ円形で直径は約 35 km を維持して進んでいる。台風は9日22時30分ごろに沖永良部島のほぼ中央部に上陸し、ほぼ全島を眼でおおって島を横断したものと考えられる。島の東部にある沖永良部測候所では9日22時10分に最大風速 39.4 m/s (ESE), 22時16分に最大瞬間風速 60.4 m/s (ENE) を記録した後、猛烈な風のため観測柱が傾き、それ以後正確な風の観測は不可能となった。また22時50分にはこの経路図によれば台風の中心は同測候所から 6.5 km にまで接近し同時刻に最低気圧 907.3 mb を記録しているがこれは日本観測史上最低の値とされている。この島では測候所の他に長浜にある鹿児島県の土木事務所において風速の自己記録が得られている。これによると9日22時15分ごろ最大瞬間風速は 70 m/s を越えており、また22時20分ごろより23時0分ごろまで眼の中にあったことが推定される。これら地上気象観測の結果及び現地における聞きこみ調査の結果からも台風がこの島のほぼ中央部を通ったことが裏付けられる。

3. 台風の中心付近の気圧分布

Fig. 2 に示した台風の中心の経路から各時刻の台風の中心と観測点間の距離 r を求め、その時の各観測地点における海面気圧 P との関係調べたものが Fig. 3 である。ここで用いた観測点は沖永良部、徳之島、名護、名瀬、那覇及び与論島で台風の経路の左右に分布している。実測値の分布は台風5号の場合とほぼ似た形をしているが、5号に比べて中心の近くまで気圧の実測データが得られているという特色がある。この気圧の実測値の分布を5号の場合と全く同一の手法¹⁾で Bjerknes, Fujita, Schloemer の3つの式で近似し r_m , P_c , P_∞ を求めて観測値と比較すると Table 1 のような結果となる。観測値のうち r_m については沖永良部測候所の風のデータが中心からの距離 19 km 以下では支柱が傾いたため使用できないので後に述べる気圧勾配から求める傾度風速の最大風速半径をとった。また P_c の値は Fig. 3 に示した気圧の実測値の分布を外挿して求めたものである。沖永良部測候所では公式には最低気圧 907.3 mb を記録したとされているが、Fig. 3 に示した周囲の気圧分布から外挿した中心気圧や前後の気圧の値を自己記録から読取ったものに基づいた海面気圧から推測するとこの最低気圧の値はやや低すぎるのではないかと考えられる。この表に示した r_m の値については若干差が見られるが P_c の値についてはかなり良く一致している。気圧の実測値に対する式の適合性からみると5号の場合と同様に Schloemer の式が最も誤差が小さい。さらに台風5号に比べて9号の場合には中心にごく近い所まで気圧の実測があるため、最も気圧傾度の大きい領域よりも内側のやや気圧傾度のゆるやかになっている領域までのデータが使えることもあって5号の場合のような異常に低い中心気圧にならず、¹⁾ ほぼ実測値を外挿した値に近いものになっている。また、この図に示した2本の線は5号

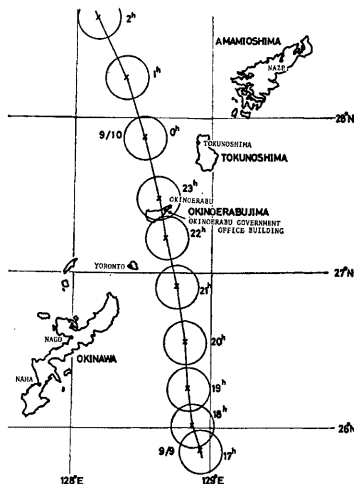


Fig. 2. The detailed track of the Typhoon 7709 near Okinoerabu Island.

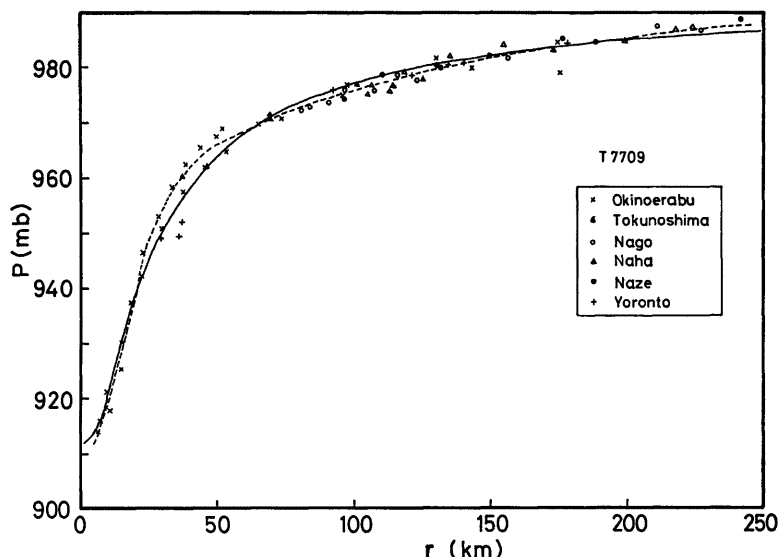


Fig. 3. The radial distribution of sea surface pressure. Plots indicate observed values, the dashed line is smoothed by eye and the solid line is fitted for the Schloemer formula.

Table 1. The results of the objective analysis and the observed values.

7709	Bjerknes	Fujita	Schloemer	Observed
r_m (km)	31.5	25.0	22.5	20
P_e (mb)	915.1	909.7	911.4	911
P_∞ (mb)	984.9	991.7	993.7	1000

の場合と同様に実線が Schloemer の式、破線が目で平滑化したものを表わす。

4. 気圧勾配とそれに対応する傾度風の分布

Fig. 3 に示したような気圧分布が得られればそれから気圧勾配の分布が得られるが、これとは別に沖永良部測候所で得られた気圧の自記記録を基に台風 5 号の場合と同様な方法で気圧の時間変化から気圧勾配を求めることもできる。両者を比べてみても大きな違いは見出せない。そこで Fig. 3 の破線で示した気圧実測値に基づく気圧分布から気圧勾配を用いて台風の移動速度を 40 km/h として傾度風速を台風 5 号の場合と同じ方法で計算したものを Fig. 4 に示す。台風 5 号に比べ移動速度が大きいぶんだけ台風の左右での風速の差も大きくなるが、傾度風速のピークは中心から 20 km 付近に現れ、その最大値は台風の右側の最大風速半径のところで 67 m/s、反対側では 55 m/s、それ以外の位置ではその中間の値をとるものと推定される。

5. 台風の中心付近の地表風

前章では気圧勾配から予想される傾度風について述べたが実際に地表付近で観測される風にはこれに地表面の影響が加わったものになる。Fig. 5 に示したものは沖永良部測候所における風向風速の自記記録であるが前にも述べたとおり強風のため測候所の測風塔が傾斜したため、22時16分以降は正確な風の記録は得られ

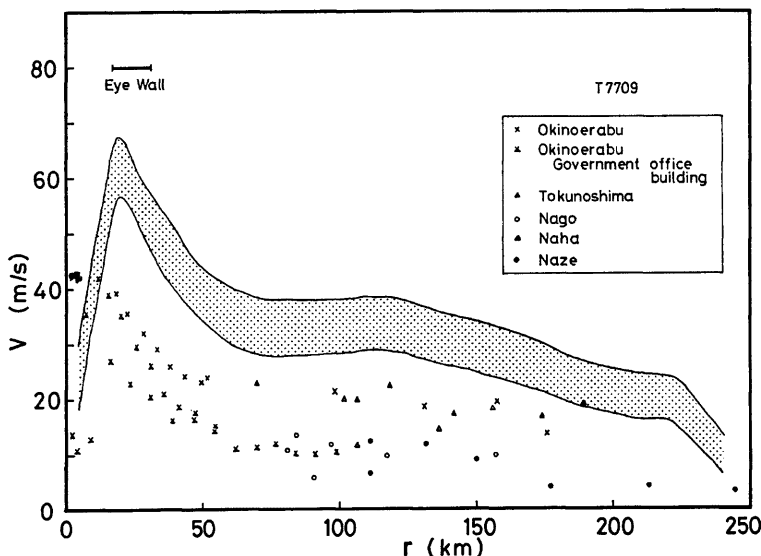


Fig. 4. The radial distribution of the gradient wind speed with correction for forward motion and the observed surface wind speed.

ていない。一方、長浜にある鹿児島県土木事務所の風速計は作動しており最大瞬間風速 70 m/s 以上を記録しているが、設置場所が建物の屋上で屋根面からあまり高くなく必ずしも正確な風速値を示しているとは言いがたい。地表風速を台風の中心からの距離に対して各観測点についてプロットしたものを Fig. 4 に併せて示しており土木事務所における風速値も参考のためにプロットしてある。地表で観測された最大風速は土木事務所の 42 m/s であり、中心から 12~13 km 付近でピークを示している。傾度風速のピークの位置が中心

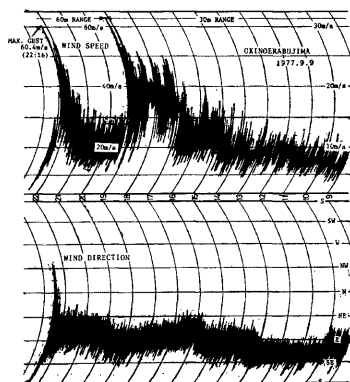


Fig. 5. The wind trace as obtained at Okinoerabu Weather Station.

から 20 km 前後、レーダーで見た eye-wall の領域が 17~32 km であったことを考えると、地表風速のピークはこれより内側に現れていることになる。このことは台風5号についても見られたことであり、台風について一般的に言えることかもしれない。もしそうだとすれば台風の構造を考える上で重要な意味を持つ。もっとも、土木事務所の風速については建物の影響を受けていることも考えられるのでこのように断定することは疑問もある。

地表風速と傾度風速とを比べると当然のことながら摩擦の効果の入ってくる地表風速の方が小さく現れているが傾度風の最大風速半径より内側の中心付近では傾度風速と地表風速の極大の位置の違いから両者の比は増大し両者は接近してくる。地表風速 (V_s) と移動速度を零とした場合の傾度

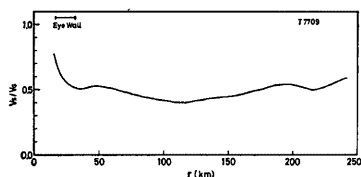


Fig. 6. The radial distribution of the ratio of surface wind speed to gradient wind speed.

含むが、1 時間半から 2 時間ぐらいさらされていたことになる。この間の風向は東寄りから西寄りに変化しているはずで島の東半分は時計方向に順転、西半分は反時計方向に逆転したはずである。また沖永良部測候所の測風塔が傾斜する直前の突風率は約 1.5 であるからこの値を最大風速の推定値に適用すれば最大瞬間風速は同測候所で 70 m/s 程度であったと考えられる。被害の程度の大きさは著しいが³⁾ この台風による沖永良部島での風は近年の最強の台風である第 2 宮古島台風あるいは第 3 宮古島台風の場合の宮古島における風^{3), 4)} に比べればそれよりは強くなかったと言える。

6. 台風の構造

今までの議論で台風域内の地表での気圧と風速の分布が得られているがこれと関連して台風域内の雲あるいは雨の分布を調べてみた。そのためにはレーダー写真を用いるのが有効な方法である。Photo. 2 は 9 月 10 日 0 時すぎの名瀬レーダーのとらえたほぼ同じ時刻（正確には 0 時 12 分と 0 時 44 分）の台風 9 号の PPI と RHI のエコーであり、両者のスケールは同じにとつてある。RHI の方は台風の中心を通る鉛直断面をとったものであるがエコー強度別にその領域の大きさを描いてあり、ATT の数字が大きくなるにつれてエコー強度が強いことを示している。台風の中心はレーダーから 120 km ぐらいのところであり、PPI で切っている面は比較的低い高度にある。PPI と RHI のエコーは非常に良く対応しており台風の中心から 25 km 付近を中心とした eye-wall の領域に非常に強いエコーのあることが認められ eye-wall は高度 10 km 前後にまで伸びていることがわかる。さらに eye-wall の内側は高さと共に多少外側に広がっているが、この断面では傾斜は全く見られない。地上観測で見られる雲の無い風の弱い領域としての眼の半径は 10 km ぐらい、地表風速の最大風速半径は 12~13 km であり傾度風速のピークは 20 km ぐらいとなるのに対してレーダーで見た eye-wall は 17~32 km で 25 km 付近に最も強いエコーの部分がある。このような強いエコーの見られる領域には強い上昇気流の存在することが予想され、その上昇気流をひき起こすためにはその下で気流が収束していると考えられる。Figs. 7, 8 に示したものは台風 5 号の場合と同様な方法¹⁾ によって得られた中

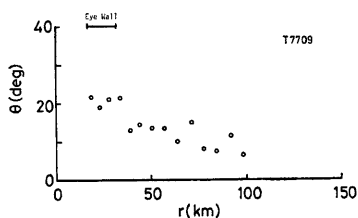


Fig. 7. The radial distribution of the deflection angle of surface wind from the isobar.

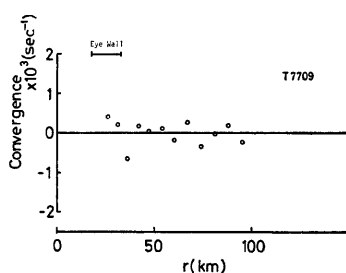


Fig. 8. The radial distribution of mass convergence.

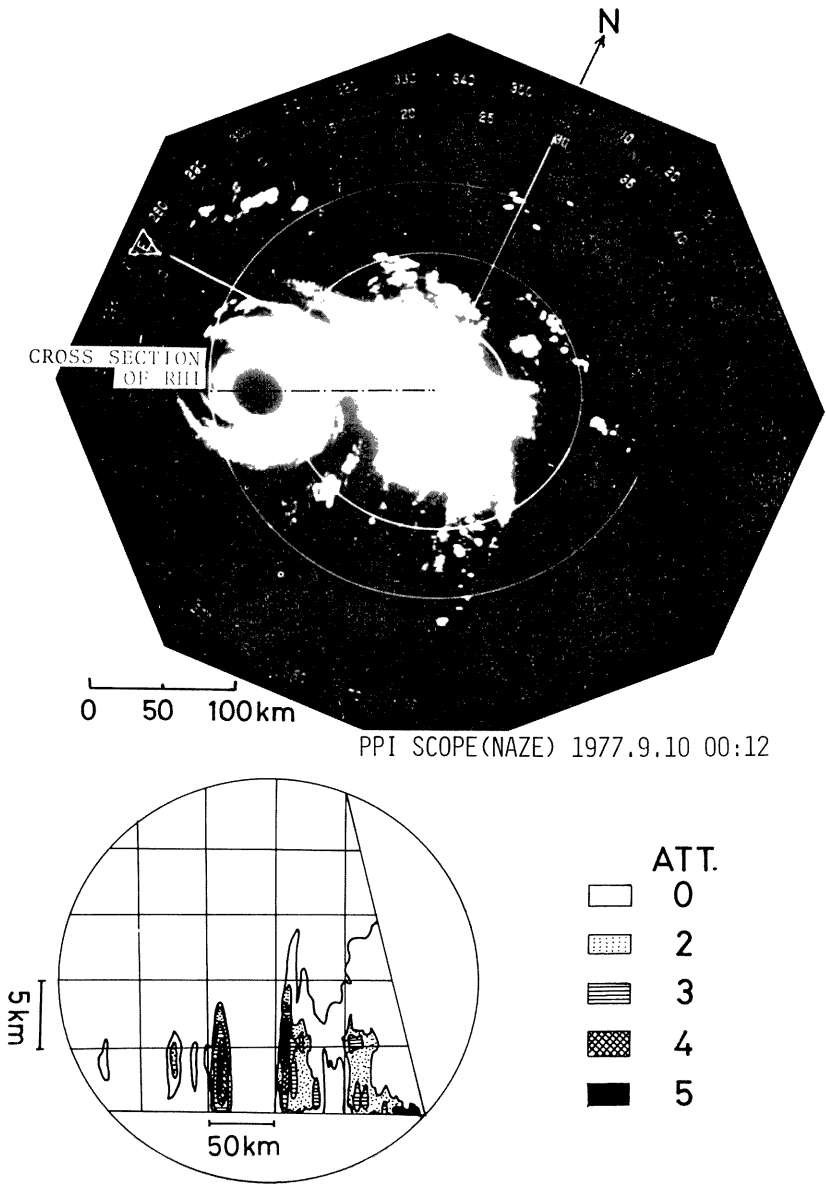


Photo. 2. The distributions of echo intensity of RHI scope and the radar echo of PPI scope.

心から 18km 以上の範囲における地表風の等圧線からの偏角の分布及びそれに伴う収束の分布を示している。風向の偏角についてみると台風 5 号の場合と同様、中心に近づくにつれて偏角の増加するような分布をしているが収束量の分布を見ると 5 号で見られたような eye-wall 付近での顕著なピークはここで解析した 25 km より外側の範囲では見られず、外側からの流入量は中心からの距離にかかわらず一定で中心に近づくにつれて偏角の増加によって平衡を保っていると考えられる。しかし収束の大きな部分が見られなかったのは風、特に風向の実測が中心近くでは測風塔の傾斜のためうまく行われなかったことにも起因しているようで、もう少し内側で生じていたことも考えられ、台風の構造が異っていたと断定することはできない。またこの台風について同心円状の等圧線を横切って台風の中心に向かって流入する空気量は $1.8 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度であり、5 号の場合の $2.2 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{s}$ に比べて多少小さい。台風の周囲における平均の絶対湿度が約 22 g/m^3 であったことから、境界層の厚みを 1 km と仮定し収束が中心から 17 km ~ 25 km の間で生じているとすると降雨強度は 20 mm/10 min. ぐらいになる。一方、観測された 10 分間降雨量の分布をみたものが Fig. 9 であるが雨量のピークは中心から 20 km 付近に見られ、レーダーエコーで見た eye-wall の領域中、傾度風速の最大風速半径と対応し、また RHI でみた最もエコーの強い領域ともほぼ一致している。そして降雨強度は 10 ~ 30 mm/10 min. で先に収束より計算した値ともほぼ一致している。

7. 結 語

1977 年 9 月に沖縄県島を襲った台風 9 号について気象資料を収集し気象学的立場から奄美諸島付近通過時の状況の解析を行った結果次のようなことがこの台風の特徴としてあげられることがわかった。

- 1) 台風の規模が大型で非常に強い勢力であったにもかかわらず、9 月の台風としては極めてまれな北西から西よりに進路を変え中国大陸へ向かうというコースをとった。
- 2) 実際の気圧分布がかなり中心近くまで得られたがこの気圧分布を現在までに発表されている近似式であてはめてもかなり良く表現することができ、中心示度についてもかなり良く一致する。
- 3) 台風の中心からの距離の関数として種々の気象要素の分布を調べると、地表風速の最大は 12 ~ 13 km、傾度風速の最大は 20 km、降雨強度の最大は 20 km、レーダーで見た eye-wall の範囲は 17 ~ 32 km、エコーの最強強度は 25 km となっており、RHI スコープで見た eye-wall はほぼ直立して高さ 10 km ぐらいにまで達している。

最後に貴重な気象資料の入手にあたりいろいろと御無理をお願いした福岡管区气象台、沖縄气象台はじめ各測候所の方々に厚く感謝します。また資料収集を手伝っていただいた京都大学防災研究所助手、谷池義人氏、同技官、杉政和光氏に心から感謝します。

なお、本研究は文部省科学研究費・自然災害特別研究 (202036) による援助を受けて行われたものである。

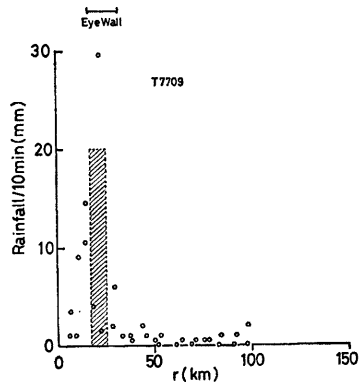


Fig. 9. The radial distribution of observed rain fall intensity and calculated rain fall intensity.

参 考 文 献

- 1) 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.
- 2) 石崎澄雄・谷池義人：台風7709号における沖永良部島の被害について，京都大学防災研究所年報，第21号 B, 1978, pp. 363-374.
- 3) 光田 寧・宮田賢二・吉住禎夫：第2宮古島台風に伴った暴風の特性について，京都大学防災研究所年報，第11号 A, 1968, pp. 507-516.
- 4) 石崎澄雄・山元龍三郎・光田 寧・室田達郎：第3宮古島台風による家屋の風災害について，京都大学防災研究所年報，第13号 A, 1970, pp. 449-461.