

### 第3章 台風が発達期・中心気圧極小期・成熟期の構造

#### 3.1 発達期の構造

第2章で述べた過程をへて、クラスターは23日06<sup>z</sup>に台風7916となり、25日には急速に発達した。この過程を写真11～13のGMSの雲画像で見ている。写真11は中心気圧1000mb(23日00<sup>z</sup>)の弱い熱帯低気圧に伴う雲分布を示しており、この画像の6時間後に台風となった。写真11は可視画像であるので背の低い積雲列が明瞭に識別でき、スパイラル状の雲列から推定される下層循環の中心が矢印の先の13°N、138°E付近に見られる。活発なCbクラスターの雲頂部が滑らかで白い輝度をもつ天蓋が明瞭で、この下に下層循環の中心が隠れると雲システムとしては急速に発達し、ほぼ台風強度と見なせる(Dvorak, 1975)。このことから、雲画像の特徴は、この時点ではほぼ台風強度に達していると示唆している。

次に写真12は24日00<sup>z</sup>の可視画像で、台風の中心気圧は990mbと発達している。台風の中心は17°N、135°Eにあり、中心から東西約500km以内の雲バンドの曲率が增大し、顕著なスパイラル状となった。台風の中心域には直径約80kmのCDO(注1)が明瞭化し、その円形度が增大し、さらにCDOからのびる雲バンドが低気圧性曲率を増した。これらの諸特徴は台風の発達形状の分類から見て、急速に発達しつつあることを示している。

写真13は25日00<sup>z</sup>の可視画像である。急速に発達しつつある台風の雲システムの特徴が見られる。第1点は、雲頂温度が-80℃以下の領域をもつCDOが明瞭で、その直径が増大している。第2点は、このCDOからスパイラル状に長さ800kmを越すCbバンドがあり、さらに10°N帯から北へ延びる雲バンドと連らなっていることである。これはfeeder bandと呼ばれ、台風の急激な発達の前兆と示すと言われているもので、事実、この

(注1) CDO: Central Dense Overcast の略、台風の中心核に存在する dense overcast (天蓋)。CDOは台風の中心を含み、濃密かつ圏界面に到達する高さをもつ対流雲で構成されている。

あと09<sup>z</sup>の画像でCDO内に台風眼が観測され、12<sup>z</sup>には明瞭化、25日2131<sup>z</sup>の観測において中心気圧が918mbまで低下し、49mb/dayの急激な発達を遂げた。このあとの26日は写真14に示めされ、32の気圧極小期として議論される。

この24日から25日にかけての発達をGuamの飛行機観測データで解析したのが図3.1である。

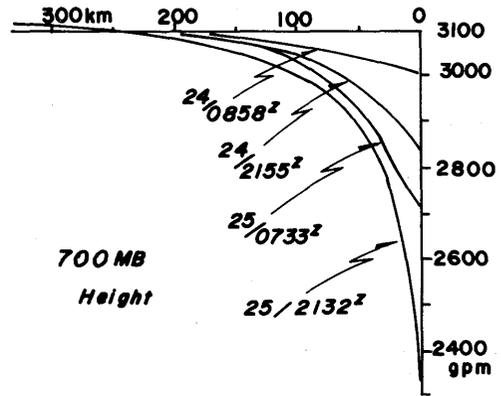


図3.1：発達期の700mbの高度の東西分布の変化。24日0858<sup>z</sup>—25日2131<sup>z</sup>。

700mb面の中心から300km内の変化を示す。24日0858<sup>z</sup>の観測では3001g.p.m(海面気圧で987mb)であったが、2155<sup>z</sup>では2833g.p.m(967mb)、その後、急激に低下し、25日2131<sup>z</sup>の観測で2375g.p.m(918mb)を記録した。これらの経過から見ると、中心から100km以内、特に50km以内の高度低下が著しく、中心付近の最大風速も23m/s(24日0858<sup>z</sup>)から56m/s(25日2131<sup>z</sup>)と増大し、中心から限られた範囲での発達が見られ、画像上でのCDOの形成・強化及び眼の形成と対応していた。

この急激な発達期における貫通飛行機観測によれば、24日1910<sup>z</sup>には眼の壁雲が明瞭化したが、眼の上部を絹雲が覆っていると報告されている。この絹雲のため、GMS画像上には眼が観測されず、CDO内に明瞭な眼が形成されたのは25日12<sup>z</sup>であり、約1日の遅れがあった。

### 3.2 中心気圧極小期の構造

台風は25日2131<sup>z</sup>に918mbを記録したあと、26日09<sup>z</sup>まで920mb前後の中心気圧を維持した。写真14に中心気圧極小期にあたる26日00<sup>z</sup>のGMS可視画像を示し、図A・13にT<sub>BB</sub>分布を示した。可視画像において明瞭な台風眼とそれを取り巻くリング状の白い輝度の濃密な雲域—CDO、眼の壁雲に対応—が顕著であり、それを取り巻いて延びるスパイラルバンドも、a—b—cのように円形度の強い曲率を示し、非常に発達した形状を呈している。3.7で詳述する、台風の特徴的な形状から台風強度を推定するDvorak法の強度示数(T数)が7.0となり、推定中心気圧915mbという発達した台風形状であった。

T<sub>BB</sub>の分布(図A・13)で見ても台風眼内は0℃と高温で、眼の壁雲の雲頂温度の-75℃に比べ著しく高温で、明瞭な円形状の眼(写真14)が海面近くまで続いていることがわかる。台風中心の貫通飛行機観測の報告でも直径8~10kmの眼があ

り、明瞭で厚い壁雲が閉じており、海上における中心域が目視されると報告されている。2131<sup>z</sup>のドロップゾンデでは700mbで2375g.p.m、海面気圧918mbであった。また眼を囲むCDOのT<sub>BB</sub>は-75℃以下で、一部は-80℃以下の低温となり、閉じた領域となっている。この雲頂温度は圏界面の温度とほぼ一致し、活発な眼の壁雲の雲頂が圏界面(高度、約16km)まで到達していることを示し活発な対流雲をもつ中心構造が明らかである。

一方、図1.2の中に、台風の中心より2.5×2.5度、緯経度5度の矩形内でのT<sub>BB</sub> ≤ -60℃の量の変化が示されている。この値の変化はCDOの雲域の拡がりの目安となっており、25日18<sup>z</sup>に極大があり、中心付近の活発な対流雲の低温域の拡がりが、この時期に極大に達していることを示し、中心気圧の極小期とよい一致を見せている。(尚、飛行機観測は25日10<sup>z</sup>から22<sup>z</sup>まで行なわれなかった)。

次にGuamの飛行機観測データ(RECON)で、この気圧極小期を調べよう。この間の観測は25日

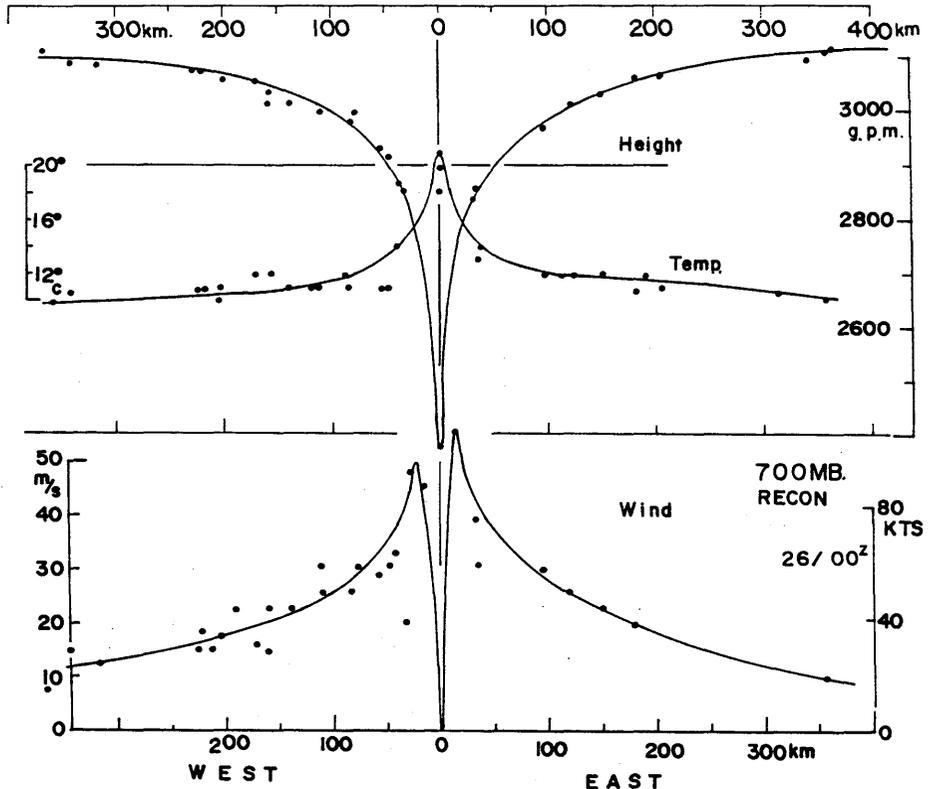


図3.2: 26日00<sup>z</sup>、700mb (RECON) の高度、風速、温度の東・西分布。

2000<sup>z</sup> から26日0353<sup>z</sup> まで約8時間が行なわれ、中心位置決定の貫通飛行は2131<sup>z</sup>、0033<sup>z</sup>、0222<sup>z</sup> の3回行なわれた。観測は主に700mb面である。これらのデータを観測時刻における台風の中心位置と報せられたところからの相対位置に直し、台風中心座標に展開し、700mbの高度・風速・温度を東西分布に分けた図を図3.2に示す。

この図から明らかとなった観測結果は次のとおりである。

- i) 各観測要素とも左右(軸)対称性がきわめてよく、観測値のばらつきも少ない。
- ii) 高度については、十分遠方で台風の影響外の600kmより遠方で高度3,120g.p.mから、緩やかに中心に向かって減少し、中心付近で急激に減少、25日2131<sup>z</sup> のドロップゾンデでは2,375g.p.mと745g.p.mの負偏差の極小値を記録した。高度場 $\phi_\lambda$ と風速場 $v_\lambda$ は $(f+v_{\lambda/r})v_\lambda = \partial\phi_r/\partial r$  (傾度風平衡)の関係式をよく満足している。
- iii) 温度場についても、眼の中で21.2<sup>o</sup>Cが記録され、十分遠方から見て約12<sup>o</sup>Cの正偏差となり、850mbでは24.4<sup>o</sup>C(図略)と、約5<sup>o</sup>Cの正偏差を伴い、ハリケーンHilda(Hawkins and Rubsam, 1968 b)と同様に下層においても暖気核構造が明瞭である。
- iv) 眼の内の湿度は眼の壁雲あるいは、すぐ外側

の領域の飽和状態に比べ、露点差で約7<sup>o</sup>C(2131<sup>z</sup>)と比較的乾燥している。

v) 風速場においては、高度場の漏斗状分布に対応して、台風中心より13~18km付近に極大があった。最大風速は東側で56m/sに達した。この最大風速の位置は06<sup>z</sup> 沖繩レーダーの観測で得られた明瞭な台風眼(直径約20km)の壁雲に数km入ったところにあった、風速は一般的に東側が強い。

### 3.3 成熟期の高度・風速場の変化

台風は26日の中心気圧極小期を経たあと、27日00<sup>z</sup> には945mb、その後は945mb~950mbの中心気圧を維持しながら約200km/dayでゆっくり北上した。GMS画像上で渦巻状の雲域が水平方向に最も拡大していると見られる29日00<sup>z</sup> の700mbの気象要素を図3.2と同様に展開し、東西分布にしたものを図3.3に示す。この中に偏西風帯へ侵入し加速中の30日00<sup>z</sup> の風速場も重ねた。さらに、27日及び28日についても同様に展開し、中心気圧極小期の26日から偏西風帯に侵入し変形を受けつつある30日00<sup>z</sup> までの風速場・高度場の分布を合成し、その変化を図3.4に示した。

26日00<sup>z</sup> を中心とした気圧極小期に比べ、i)~iv)の変化が解析された。

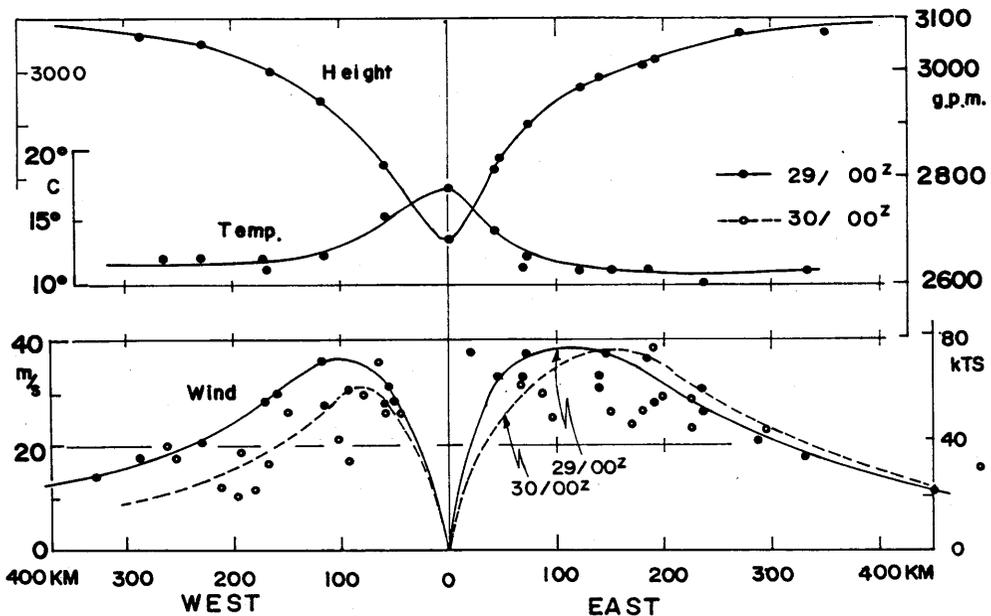


図3.3：図3.2と同様、29日00<sup>z</sup> の700mb高度、風速、温度と30日00<sup>z</sup> の風速の東・西分布。

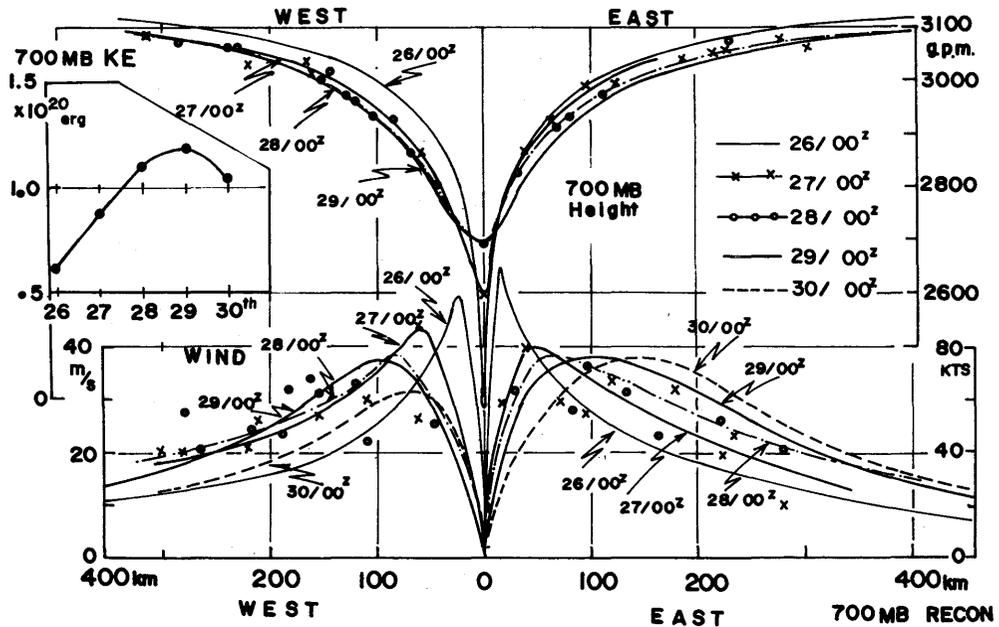


図3.4：成熟期における700mbの高度・風速の東・西分布の変化、26日00<sup>z</sup>～30日00<sup>z</sup>（30日00<sup>z</sup>は風のみ）、左上図は400km以内の700mb面（厚さ1m）の運動エネルギーの変化。

- i) 高度場において、29日00<sup>z</sup>の観測では台風中心で2,682g.p.mと307g.p.m埋積し、眼の壁雲付近での漏斗状の高度分布が浅まる一方、中心から50km以遠では逆に低下し、高度分布の水平方向の勾配を増大させている。
- ii) 風速場では27日から29日にかけて強風域は次第に拡大し、逆に最大風速は減少し、その出現位置が中心より離れる方向に移動している。高度と風速の関係は29日まで傾度風の関係式がほぼ成立している。
- iii) 最大風速の出現位置が中心から離れるに従い、中心の暖気核構造の温度集中性が弱まった。
- iv) 29日00<sup>z</sup>に比べ、偏西風帯に侵入した30日00<sup>z</sup>の観測では、台風の進行方向の左側、即ち西側では全域とも風速が減少し、右(東)側では150km以内で増大している。最大風速の出現位置も左右とも東へずれ、東側では中心より離れ、西側では中心へ近づいた。偏西風帯に侵入した台風の風速場の特徴が現われ、非対称化が進行した。
- v) 図3.4の左上図に700mb面での運動エネルギー（厚さ1m）の時間変化を示した。中心付近の最大風速が26日に観測され、その後は減少し続けたにもかかわらず、運動エネルギーは増大し続け、

29日には最大を示し、中心の最低気圧の極小が出現してから約3日遅れている点が興味深い。ハリケーン Hilda, 1964の観測データ (Hawkins, 1968)でも、この観点からデータを見ると同じ傾向が認められる。

### 3.4 成熟期の台風の南北断面

台風は奄美大島の東27kmを接近して通過し、約200km/dayの遅い速度で北上した。この間、6時間間隔の高層観測データが得られ、沖縄・名瀬、両レーダの300kmの探知範囲で明瞭な台風が持続的に追跡され、また中心位置も正確に捕えられ、調査上、好条件下で高層気象の南北断面図を得ることができた。

#### (1) 台風の中心を通る南北断面

図3.5は名瀬の高層観測点を通過した台風を時・空間変換して得た、台風中心を通る北から南南西の断面図である。南北600kmの間で11回の観測が行なわれ、地上からほぼ圏界面に対応する100mbまでの構造が得られた。台風中心に対する気球の相対位置を左上図に示したが、気球が風に

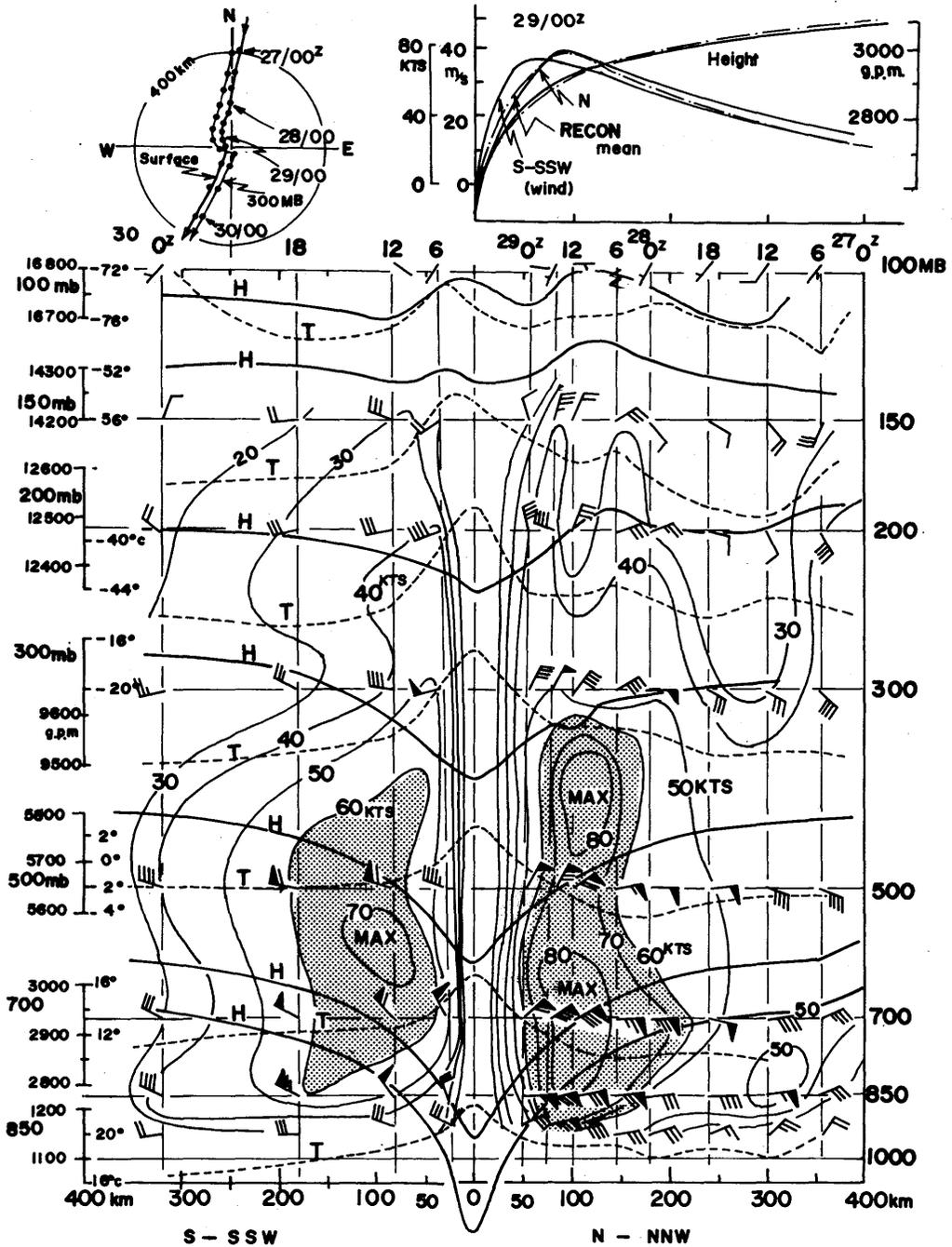


図3.5：成熟期の台風の南北断面。名瀬（47909）の高層データ（27日00<sup>z</sup>～30日00<sup>z</sup>）を時空間変換したもの。左上図はゾンデの軌跡、右上図は700mbとの比較。

流されながら上昇するので、同一観測点から飛揚されても地上から300mbまで上昇する間に数十kmも離れる場合もある。特に台風中心に近い所での飛揚では図で明らかなように大きくずれる。この南北断面から見た台風の成熟期の構造は次の特徴点をもっている。

i) 大気の中層では北側のほうが風速で約15%強く、RECON データで得た東側が強い点と合わせると、進行前面及び右側で風速が強いことを示している。一方、70ノット(36m/s)以上の強風域は中心から50km~150kmまで存在し、鉛直方向では350mb(高度約9km)まで伸び、80ノット(41m/s)の領域も同様であり、最大風速の位置は高度の増加とともに、やや外向きに傾いている。最大風速の出現位置は中心から約100kmにあり、第5章で述べる台風域内の降雨断面で観測された半径80km付近の最強雨域とほぼ一致している。29日00<sup>z</sup>のレーダーエコーで半径80km付近にある環状の降雨域(恐らく二重眼構造)に対応している。このことは26日00<sup>z</sup>の最大風速の位置が中心より15kmの眼の壁雲内とは異なった構造になってきたことを示している。

ii) 29日00<sup>z</sup>及び06<sup>z</sup>の名瀬におけるレーウィンゾンデ観測では、中心より48km(00<sup>z</sup>)及び25km(06<sup>z</sup>)の地点で飛揚され、二重眼構造の内側での鉛直構造が得られた、台風は50km内の中心域において、台風の下層から圏界面近くの125mb(約15km高度)まで明瞭な低気圧性循環が観測され、200mb面で半径150km離れたところで15m/sの傾度風が吹いておた。

iii) 高度場では200mb面まで中心付近が最も低く、150~100mbの対流圏上部では低圧部は北側へずれ、中心付近では逆に高くなっている。

iv) 温度場では暖気核が明瞭で、中心から100km内では200~300mb面で正偏差が最大となり、値は9~10℃であった。一方、中心付近の対流圏上部では高温の中心が南側へずれてはいるが、雲頂部での寒気核は認められない。

## (2) 中心から200km付近の南北断面

図1.1で示したように台風が沖繩と南大東島(両地点ともほぼ26°N)のほぼ中間点を北上したことにより、台風の東および西、約200km付近の南北断面が得られ、図3.6へ示した。図を見易くするため、南北の基線を30度傾け、楕円の中心は両

観測点の間を通過した28日15<sup>z</sup>の台風の位置とした。風向は全て楕円に対し接線方向が台風循環の接線方向に一致するように描かれている。風の場と湿度場を見るため250mb高度までの断面が示されている。

図3.6で解析された特徴点は次のとおりである。  
v) 850mbより下層の境界層内では風向が接線方向より内向き、すなわち台風中心に対し吹き込み成分があるが、境界層より上ではほぼ接線方向で傾度風平衡がよい近似で成立していた。

vi) 70ノット(36m/s)以上の強風域は東側において中心より190~220km、高さ800~400mb、西側では高さ850~700mb(1.3~1.7km)、中心より190~200km付近に存在し、左右非対称構造となっている。

vii) 風速の鉛直シャーは400mbまで小さい。

viii) 湿度場では東側で全域湿潤であるのに比べ、西側では200~250kmより外域で急激に乾燥域が拡大し、特に、非常に湿度の低い気塊が大気中層に侵入している特徴を示している。

## 3.5 衛星画像上における成熟期の台風

### (1) 衛星画像上での特徴的な分布

3.2章の中心気圧極小期のあと、成熟期の台風を衛星画像で見たのが、写真18(29日)及び写真1である。26日00<sup>z</sup>及び06<sup>z</sup>の画像で、CDO内に明瞭な眼を持っていた台風は、12<sup>z</sup>に眼が不明瞭化し18<sup>z</sup>には消滅した。画像上の眼が不明瞭化した12<sup>z</sup>では台風の中心気圧925mbと気圧の極小期に近い値であり、眼が消えた18<sup>z</sup>ですらまだ935mbであった。27日00<sup>z</sup>には945mbと浅まり、衛星画像上で、眼の消滅など台風の形態上の衰弱が先行している。この傾向はDvorak(1975)においても見られ一般的な形態変化と見なせよう。

写真16に27日00<sup>z</sup>~18<sup>z</sup>の画像を示したが、すでに台風眼はなくCDOの円形度は26日比べ悪い。27日00<sup>z</sup>の画像の中心付近の24.5°N、129.5°E付近に窪みがあるが、風ループ動画で見ると回転しており眼ではないと判断されている。06<sup>z</sup>になると、CDOの円形度は若干よくなり、中心にわずかながら眼が見え始めてきている。この状態が12<sup>z</sup>まで続き、スパイラル状の雲バンドが巻き込んだ形での眼(bandig type eye, Dvorak, 1975)の形状になった。この間の観測では中心気

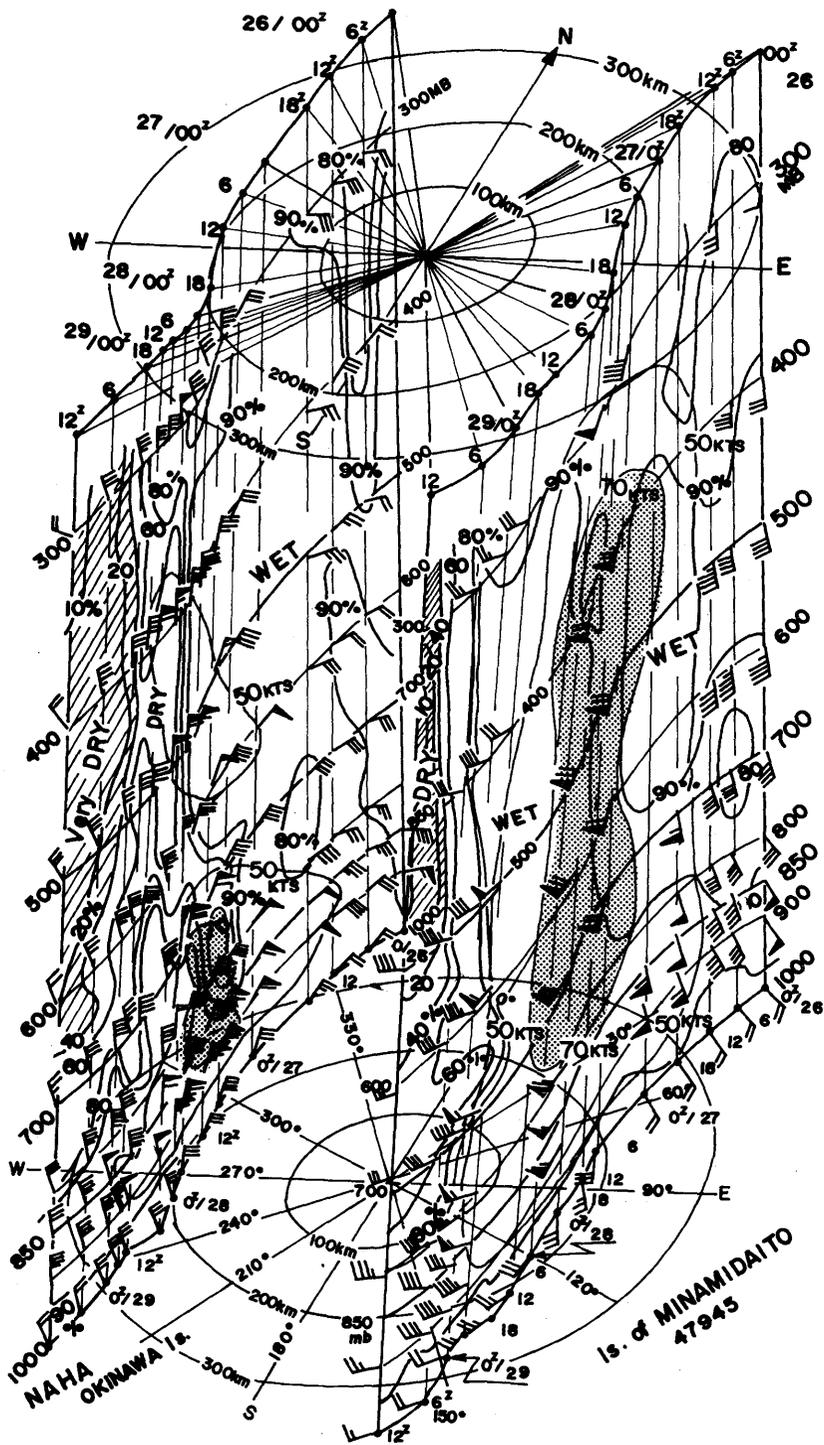


図3.6：台風中心から東西約200km地点の南北断面（那覇、936：西側、南大東島：東側）、26日00<sup>z</sup>～29日12<sup>z</sup>。

圧が947mb から940mbに低下した。しかし18<sup>z</sup>には眼が再び不明瞭化し、変動が大きい期間であった。

28日(写真17)には中心気圧が950mbとなったが、画像上では中心域に眼を持ち始めた。可視・赤外画像の重ね合わせで白い輝度をもつ、すなわち対流雲が厚く密な雲域が直径500kmを越し、前日と比較して水平方向に拡大した。28日00<sup>z</sup>の $T_{BB}$ 分布を図A・15に示してあるが、赤外画像上では不明確ではあるが中心に $-55^{\circ} < T_{BB} \leq -60^{\circ}$ の温度の相対的に暖い窪みがあり、その周りを $T_{BB} \leq -60^{\circ} \sim -70^{\circ}$ の低温域が環状に取巻き、画像上での明瞭な眼の出現の前兆を示していた。強調された画像上であれば「不明瞭ながら眼—obscure eye—、すなわち中心位置を特定できる場合があることを示している。

写真17の中段に28日06<sup>z</sup>の赤外・可視画像を示した。この時刻は台風の雲頂部付近の絹雲が最も少ない(Muramatsu, 1983)期間であり、赤外と可視の両画像の重ね合わせで得られる白い部分は両画像とも白い輝度、すなわち雲頂温度が低く(厚く)、密な対流雲域を示し、図5.12で示すレーダーエコー図の中で、眼の壁雲やスパイラルバンドの活発な積乱雲域との対応関係は良い。このあとの観測では直径約100kmの大きな台風眼が持続的に維持され、雲画面上では小さな変動を含めながら安定した状態で推移した。

写真1に29日00<sup>z</sup>の可視・赤外、両画像および名瀬レーダーエコーを示した。この時刻は成熟期の最も安定した期間にあたり、700mbの運動エネルギーが最大となり水平方向に勢力が拡大した期間である。特徴点は次のとおりである。

i) 可視・赤外画像とも眼の構造が明瞭である。レーダーエコーでは直径25kmの円形の眼と、それを取り巻くエコー頂9.2kmを含む活発な対流雲が眼の壁雲を形成している。画像上ではCDOに対応している。

ii) 眼の壁雲の外縁に起源を発するスパイラルバンドが顕著であり、CDOを一周以上取りまわしている。レーダーエコーでは幅5~10kmのスパイラル状のエコーが観測され、エコー頂は10km前後と壁雲のそれと差がない。しかしながら雲頂温度は眼の壁雲では $T_{BB} \leq -60^{\circ}$ の領域が環状に閉じており、一部は $T_{BB} \leq -70^{\circ}$ であるのに比べ、スパイラルバンドのそれは $T_{BB}$ が $-50^{\circ}$ 前後と

高い(図A・16、 $T_{BB}$ 、29日00<sup>z</sup>)。

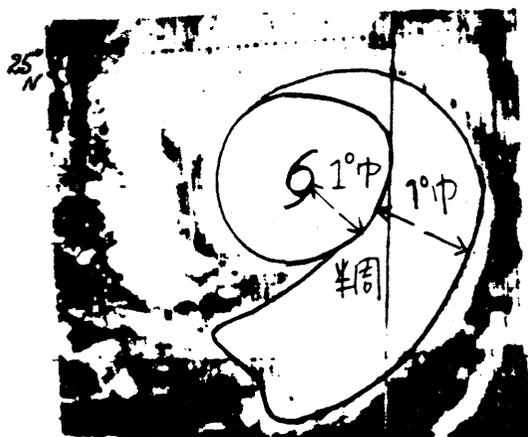
i)、ii)とも発達した台風形状を示している。

iii) 可視・赤外画像を比較して最も大きな違いが見られるのが台風の西側の東シナ海上の雲域である。可視画像上では低気圧性曲率をもった層積雲系の比較的密な雲域として観測され、赤外画像では海面温度に近い黒灰色で高い温度を示している。 $T_{BB}$ は10<sup>z</sup>前後であり、状態曲線との対応では高さ2km付近に存在する逆転層下で発生している背の低い雲域であった。個々の小雲塊の移動を動画から追跡し算出した結果、約10~15m/sとなり、800~850mb面付近の風場で流され低気圧性曲率をもちながら移動していた。エコー分布においても台風の西側半径130kmより外側では活発な対流エコーはなく、東側の活発なCu-Cbラインの存在と比べ非対称分布をしている。

29日06<sup>z</sup>(写真18、中段)、12<sup>z</sup>(下段)の画像とも00<sup>z</sup>と同様に明瞭な台風形状を保ち、最も成熟した期間であった。同時に29日12<sup>z</sup>の画像で台風の北側に濃絹雲の雲列が明瞭化し高気圧性曲率をもち、偏西風帯トラフとの相互作用が始まったこと示唆している。最も安定した成熟期ですら周辺部から急速に変質を受け始めていることが明白である。

## (2) 台風の強さの推定 (Dvorak 法)

雲パターンの特徴から台風の強度を推定するDvorak法で台風7916の中心気圧の推定を行う。この手法は可視画像で台風の雲の構造を、眼の構造(E数)、中心部構造(CF, Central Feature)、それを取り巻くスパイラル状の雲域(BF, Banding Feature)に分け示数化する。最終的には示数の和としてT-numberを決め、現況との比較、時系列的な調整を行い、CI数を決める。CI数とは台風の強さの示数であり、発達中あるいは定常状態の台風ではT数と同じ、急激な発達期や衰弱期では若干異なる。予め統計的に得られているCI数と台風の中心気圧との対応表で気圧を決定する。一例として9月26日03<sup>z</sup>の可視画像上における台風の強度を推定してみる。写真15の00<sup>z</sup>と06<sup>z</sup>の間の画像であるが、図3.7で示すように、CFは明瞭なCDOが直径2度幅であり、明瞭な眼をもつことにより示数は6.0となる。またBFは1度幅以上のバンドが半周で示数は1.0となり、T数は7.0となる。この場合、時系列的な調整は



CI Number	MSLP (Atlantic)	MSLP (NW Pacific)
1		
1.5		
2	1009 mb	1003 mb
2.5	1005 mb	999 mb
3	1000 mb	994 mb
3.5	994 mb	988 mb
4	987 mb	981 mb
4.5	979 mb	973 mb
5	970 mb	964 mb
5.5	960 mb	954 mb
6	948 mb	942 mb
6.5	935 mb	929 mb
7	921 mb	915 mb
7.5	906 mb	900 mb
8	890 mb	884 mb

図3.7: Dvorak 法による台風の中心気圧の推定 (9月26日03<sup>z</sup>, 12<sup>h</sup>)、下の表は CI 数と中心気圧との対応表。この図の場合 CF (6.0) + BF (1.0) = T 数 (7.0)、CI 数7.0となり、対応表から915mb。

0であるので CI 数は7.0となる。図3.7の下段に示してある対応表で、中心気圧を推定すると915mbとなる。03<sup>z</sup>の他の手段で総合的に決めた中心気圧は920mbであったので差は5mb程度であった。同様に25日から30日まで示数化したもの

を表3.1に示し、対応する中心気圧と気象庁決定の中心気圧との比較も載せた。台風7916は標準的な台風構造をしており変化も標準的な強度変化をした。中心気圧の推定誤差は比較的少なかった。この台風を含む1979年の台風期の Dvorak 法による中心気圧の推定値と気象庁で決定されたそれとの差は可視画像をもとにしたもので平均5mb、赤外画像をもとにする方法で8mbと比較的良好な結果が得られている。しかしながら、この Dvorak 法における弱点は衰弱期及び急激な発達期には推定値が大きく狂うことがある。台風7916においても、表3.1の30日の例で見られるように誤差が増大している。

なお、現在では現業的に改良された Dvorak 法 (1982) が可視・赤外とも用いられており、TOPEX-83でも試験的に行なわれ、良好な結果を得ている。この手法の解説は木場 (1984) に詳しく報告されている。一方、Gently et al (1980) や島田ほか (1983)、Dvorak (1982) などで T<sub>BB</sub> を利用した台風の強度推定が行なわれているが、T 7916 の場合においてもあとで述べるように、日変化成分が大きく出ており誤差要因となるので十分注意して利用しなければならない。

### (3) 台風の雲域の二重極大をもつ日変化

台風の雲頂部の絹雲の天蓋 (canopy) に日変化現象がある。海上においては早朝に対流雲が活発化し、その結果として雲頂部から外に絹雲が吹き出し、赤外画像で見ると午後極大が現られる。しかし、陸 (島) の上では日中の加熱により対流雲は午後から夕方にかけて活発となる。この結果、比較的大きな島では海洋性極大と陸上の極大の二つの極大が日変化として出る。図3.8は台風7916の中心から2.5度範囲の矩形内での T<sub>BB</sub> の占有率の変化を示したものである (Muramatsu, 1983)。矩形で囲んだ領域が沖縄・奄美大島の島へ接近し、その影響圏に入った26日頃から、それ以前の海洋性の一日周期のみの変化から、図中 S<sub>1</sub>~S<sub>4</sub>、I<sub>1</sub>~I<sub>4</sub> で示す雲域の二重極大現象が顕著に現われている。3.6で述べるようにエコーの系統的な変化に12時間周期の変動が見られるが、これとの関連も興味深いはまだ解明に至っていない。図3.8の中で T<sub>BB</sub> ≤ -70°C 領域の占有率の変化が示されているが、圏界面に達する活発な対流雲域と対応すると見られるこの量の変化は早朝に極大 (D<sub>1</sub>

表3.1 Dvorak 法を用いた台風7916の推定中心気圧 (9月25日~30日)。

9月/日 時	CF	BF	T数	調整	CI数	対応する 中心気圧	気象庁決定 の中心気圧	差
25 03Z	4.0	1.0	5.0	0	5.0	964	960	-4
26 03Z	6.0	1.0	7.0	0	7.0	915	920	-5
27 03Z	3.5	1.5	6.0	0	6.0	942	945	-3
28 03Z	4.0	1.5	5.5	0	5.5	954	955	-1
29 03Z	4.0	1.5	5.5	0	5.5	954	950	+4
30 03Z	3.0	1.0	5.0	1.0	5.0	944	955	+9

~D<sub>5</sub>)があるのみで、海洋性ピークのみの日変化現象が卓越している。この差はまだ未解明であるが、島(陸)上の対流性の雲頂が低い(T<sub>BB</sub>が高い)と考えれば説明し得る。

### 3.6 成熟期における中心構造の変化

T<sub>BB</sub> 分布及びレーダーの毎時データから台風の中心付近の微細構造の変化を議論する。図A・13に示した26日00<sup>z</sup>のT<sub>BB</sub>分布において眼の壁雲の雲頂温が-80℃に対し、眼の中では0℃と高温であった。台風眼を通るT<sub>BB</sub>の東西断面をとると明瞭な漏斗状の温度分布が得られた。気圧極小期から成熟期へて温低化の始まる29日21<sup>z</sup>まで

の4日間のT<sub>BB</sub>の変化を図3.9に示す。T<sub>BB</sub>分布は先に述べたように雲頂温度分布と見なせ、眼の壁雲の雲頂高度分布となる。図3.10に成熟期におけるエコー変化を示す。エコー図の範囲は中心構造を見るため、台風中心を中心に置く、東西200km、南北250kmの矩形をとり、3時間ごとの変化をとった。

図3.9及び図3.10を詳細に調べると、成熟期(26日09<sup>z</sup>~29日16<sup>z</sup>)の期間を、さらに変動期(26日09<sup>z</sup>~27日21<sup>z</sup>)と安定期(28日00<sup>z</sup>~29日16<sup>z</sup>)に分けられることがわかった。これらの分類に沿った諸特徴は次の通りである。

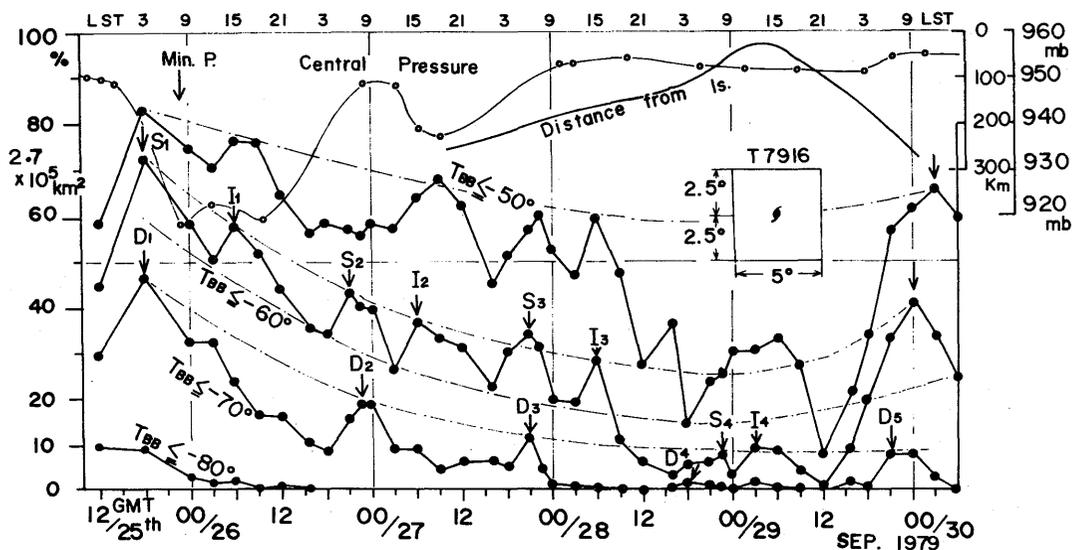


図3.8：台風7916の雲域の日変化における二重極大、中心から2.5°径の矩形内のT<sub>BB</sub>の占有率の変化、極大S1……S4は海洋性極大；I1、…、I4、島の極大；D1、…、D5はT<sub>BB</sub>≤-70℃の極大(海洋性)。

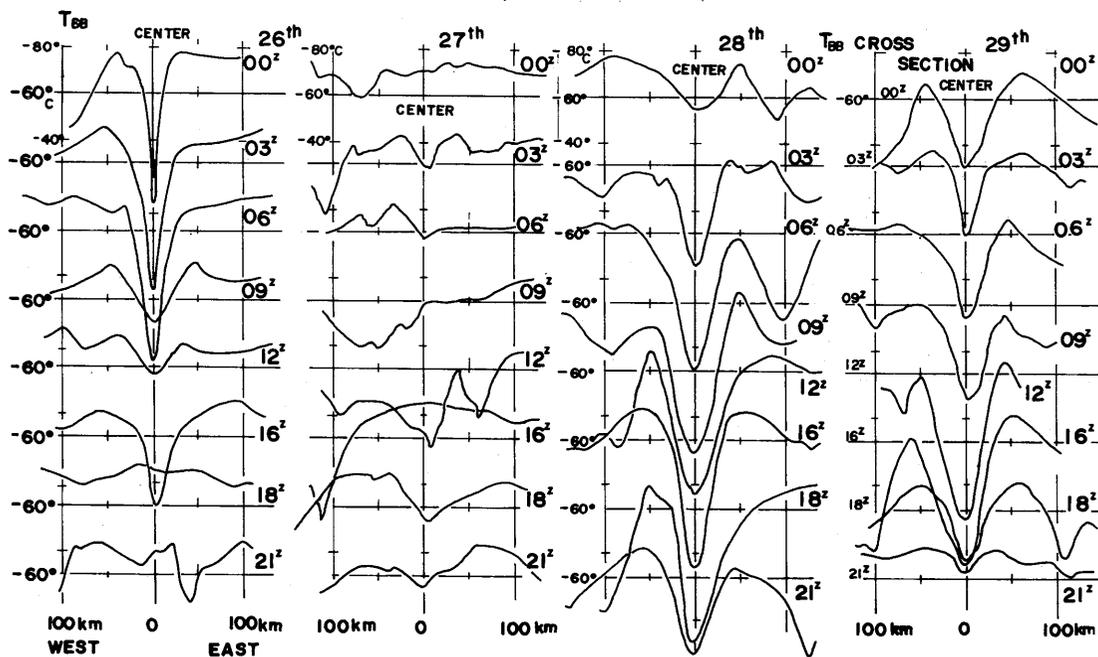


図3.9：台風中心を通る  $T_{BB}$  の東西断面（各々100km）、26日00<sup>z</sup>～29日12<sup>z</sup>（3時間毎の変化）。

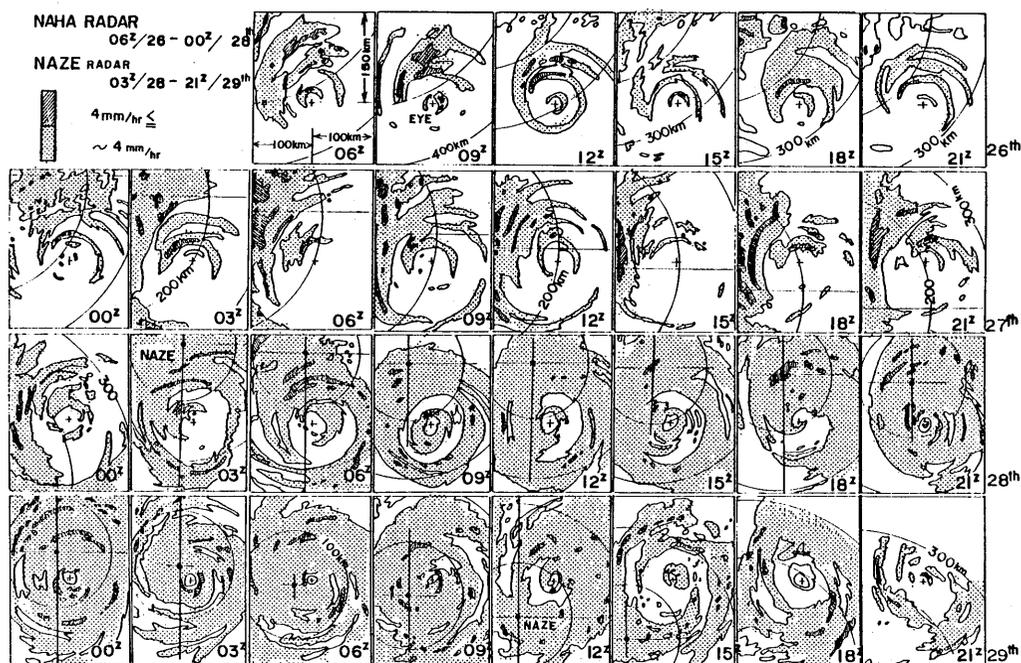


図3.10：台風の中心付近のエコーの変化。26日06<sup>z</sup>～28日00<sup>z</sup>、那覇レーダー；28日03<sup>z</sup>～29日21<sup>z</sup>、名瀬レーダー、台風中心より東西100kmの範囲、3時間毎。

(1) 変動期 (26日09<sup>z</sup> ~ 27日21<sup>z</sup>)

中心気圧極小期では3.2で述べたように画像上の明瞭な眼をもち、図3.9の  $T_{BB}$  分布において26日00<sup>z</sup> ~ 06<sup>z</sup> の間、眼の中の温度は海面近くの値を示し、直径20km前後の小さな眼が維持されていた。このあと09<sup>z</sup> の  $T_{BB}$  分布で台風眼内の温度が0℃から-50℃へと急激に下降し、漏斗状分布はなくなった。0830<sup>z</sup> の飛行機観測によれば眼の直径は0222<sup>z</sup> に比べ拡大し、飛行機から海面は目視されなくなり、上空を薄い絹雲が覆い始めたと報告されている。圏界面付近の薄い絹雲は一般的に射出率が0.1~0.5と1よりかなり小さい、その結果、薄い絹雲を通して暖い海面温度を見ることになり、絹雲のなかった時に比べ、台風付近の  $T_{BB}$  の温度は見かけ上、下降する原因となる。赤外画像上で眼が不明瞭化する。エコー分布では26日12<sup>z</sup> まで二重眼構造の外側の環状エコーと内側の小さな眼と壁雲が明瞭であった。

この期間中で、中心構造は26日12<sup>z</sup>、27日00<sup>z</sup>、09~12<sup>z</sup>、28日00<sup>z</sup> で示されたエコー分布で組織的となり、約12時間周期の変動となっている。この期間をさらに、図3.11で示した時間エコー分布の変化で見ると、中心から50km内の眼の壁雲の環状構造が明瞭化 (26日08<sup>z</sup>、12<sup>z</sup>、17<sup>z</sup>、27日02<sup>z</sup>、07~08<sup>z</sup>) と外側の半径30~50kmの環状の壁雲が明瞭となる時期 (26日12<sup>z</sup>、14<sup>z</sup>、16<sup>z</sup>、19<sup>z</sup>、27日01<sup>z</sup>、07<sup>z</sup>、10<sup>z</sup>) が周期的に変動した。さらに眼の壁雲

を含む中心構造が全く不明瞭化する期間など複雑に変動している。26日の期間では、外側リングの強化→内側へ縮少→内側リングの強化→内側リングの非組織化という系統的な変動となっている。このような変動はハリケーンでも観測されている。

この他の特徴としては、 $T_{BB}$  の東西断面の変化の中で、27日12<sup>z</sup> から28日00<sup>z</sup> にかけて、高温の部分が眼の外側に観測されている。いわゆるスパイラル状 (banding type eye) に低温域が巻き込む形状を示し、安定期に観測される眼の出現の前兆を示している。

(2) 安定期 (28日00<sup>z</sup> ~ 29日16<sup>z</sup>)

28日00<sup>z</sup> から29日16<sup>z</sup> までは中心気圧が950~955mbと一定を維持し、700mbの運動エネルギーも29日00<sup>z</sup> を極大に高原状に変わり安定期を示している。図3.10のエコー分布上では、直径20~30kmの明瞭な眼とその外側に環状のエコー域がある二重眼構造が大きな変動なしで持続している。図3.9の  $T_{BB}$  分布においても、台風眼を示す漏斗状の分布を示し、29日12<sup>z</sup> まで明瞭に維持された。

中心気圧極小期、変動期・安定期を含む成熟期をへて偏西風帯における温帯低気圧化が進行する。この段階では次章で詳述するようにレーダーエコー上での眼の拡大、衛星画像上での眼の不明瞭化などの変化が進む。

上述の成熟期を通して、(イ)台風の中心構造が複

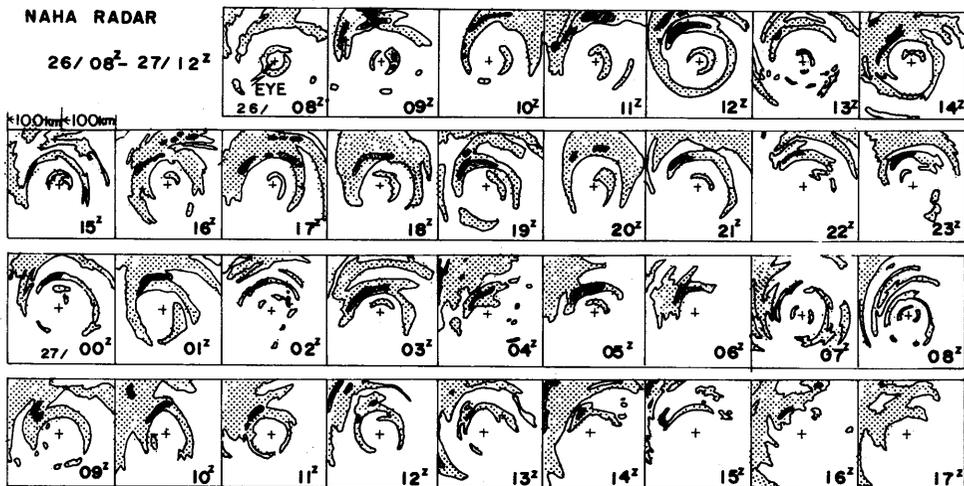


図3.11: 変動期における台風中心構造の毎時エコー分布の変化、26日08<sup>z</sup>~27日17<sup>z</sup> (那覇レーダー)。

雑に変動しており、(ロ) $T_{BB}$ 分布(赤外面像)とレーダーエコー分布との対応は変動期で悪い、(イ) $T_{BB}$ 分布において、早朝の台風眼内の温度上昇、眼の不明瞭化、眼径の縮少、午後から夜にかけての期間では逆に眼径の拡大、見かけ上の $T_{BB}$ 温度の下降;という日変化現象と観測されている。

いずれにしても、時系列的に台風の強度示数を求める場合、GMSの画像・ $T_{BB}$ 分布・レーダーエコー分布などの特徴的な形状に、数時間、半日、1日などの周期変動成分が観測されており、このような変動成分の見積りを十分考慮しなければ、大きな誤差要因となるので注意深く扱わなければならない。

### 3.7 構造のまとめ

第2章で述べた過程で発生した台風が発達し、

成熟した期間の構造の変化をGMS・飛行機観測・高層・レーダーエコー等のデータを用いて解析した。その結果、発達期(23日06<sup>z</sup>~25日18<sup>z</sup>)、気圧極小期(25日21<sup>z</sup>~26日06<sup>z</sup>)、成熟期(26日09<sup>z</sup>~29日16<sup>z</sup>)に分けられ、成熟期はさらに変動期(26日09<sup>z</sup>~27日21<sup>z</sup>)と安定期(28日00<sup>z</sup>~29日16<sup>z</sup>)に段階分けできることがわかった。

この解析結果はハリケーン Daisy, Hilda, Gladys など、大西洋・カリブ海で観測されたハリケーンの構造の特徴とよい一致を示した。さらに、本報での解析では1~3時間間隔のデータ解析から、(イ)成熟期の期間で、数時間、半日、1日の変動成分があり、(ロ)成熟期の最も安定な時期ですら、すでに西側から変質が始まり、温帯低気圧化の第1段階が進行した。このあとの経過は第4章で述べられるであろう。