第5章 アメダスで観測された台風7916の降雨量分布

――アメダス・レーダーエコー解析 ――

台風は9月26日から30日にかけ、南西諸島沿い に沖縄・奄美大島・種子島通り北上したあと、日 本を縦断した。この台風の経路に沿って沖縄・名 瀬・種子島・室戸岬レーダーがあり、成熟期から 偏西風帯侵入直後の台風を捕え、上陸後は富士山 レーダー、次いで函館・札幌・釧路レーダーで偏 西風帯における温帯低気圧へ遷移する過程を観測

することができた。

また、沖縄から北海道までのアメダス観測点(約 1300地点)のデータから台風に伴う時間雨量分布 を得ることができ、特徴的な分布を明らかにする ことができた。この章では、1)成熟期の台風の 降雨量分布、2)台風に伴う降雨を分類し、段階 分けを行う、3)偏西風帯侵入直後の降雨量分布、



図5.1:台風7916と前線による大雨の降雨量分布9月24日~10月1日の8日間。



図5.2:9月26日(上段)および27日(下段)の日降雨量分布と台風の経路。



図5.3:9月28日(上段)および29日(下段)の日降雨量分布と台風の経路。

-57-



図5.4:9月30日(上段)および10月1日(下段)の日降雨量分布と台風の経路。

4)日本列島の地形による降雨の増幅効果について、5)台風による降雨の量的予測可能性、に分け解析を進める。

5.1 台風の前線による大雨の特徴(9月26日 ~10月1日)

台風7916が20°Nを越す25日頃から、日本列島 には秋雨前線に伴う前線性雲バンドが停滞し、地 点によっては100~200mm/dayの大雨が降った。 9月24日から10月1日までの8日間の降雨量を図 5.1に示す。図5.2に26日・27日の日降雨量分布を 示したが、日本列島上では26日、27日ともに幅30 ~50kmのライン状の局地的な降雨とよっており、 28日(図5.2)についても50mm/dayを越す降雨 域は前日同様、ライン状の狭い範囲であった。こ れらの降雨は最大100mm前後で局地的である。従っ て図5.1で観測された南西諸島で400~700mm、九 州・四国・紀伊半島における300~500mmの降雨量 の大部分が台風の接近・通過による降雨である。 この期間の降雨量分の特徴としては次のとおりで ある。

i)台風が南西諸島沿いに通過(26~29日)した ことにより、沖縄から種子島にかけ400~700mmの 降雨となった。27日から29日の3日間の南西諸島 における降雨量をあとで図5.6に示すが、奄美大 島で612~673mm、徳之島で449mm、沖縄北部で319mm の大雨となった。台風の北上速度が遅く降雨時間 が長く継続した結果である。

II) 台風が九州南東海上を北東に進み、四国に上陸した期間において、九州一四国の南東~東側斜面では地形性降雨により日雨量300mmを越す大雨が降り、台風の眼の壁雲付近では最高110mm/hrの激しい雨となった。

III) この間、27日に八丈島で241mm/day、28日には三宅島で173mm/dayの大雨となったが、いずれも前線性雲バンドの南縁の Cb ラインによるものであった。

5.2 日降雨量分布の特徴

9月26日の日降雨分布の特徴

図5.2上段に26日の日降雨量を示し、衛星画像

を写真15および写真16に示した。特徴点としては 次の諸点である。

i)本州から九州南部にかけ非常に狭い降雨バンドがあり、GMS 画像上では前線性雲バンド内の降雨である。

ii) 屋久島・種子島の降雨は、26日の GMS 画像 上で追ってみると、写真15の①で示されている台 風の外側、約800kmを回る Cb クラスターが南下 した秋雨前線と交わる領域での対流性エコーによ る雨である。5.3章で詳しく検討する。

 Ⅲ)写真15・16(26日)の画像の中で、図中A で示した奄美大島の南東にある⑥で示した雲域は 可視・赤外両面像からCbクラスターである。台 風の中心から400~500km離れて回っているもの で、奄美大島では70~80mmの降雨となった。Ⅳ) 沖縄では21時以後、台風中心から約300km圏内に 入り、写真15・16で見られるスパイラルバンドに よる降雨域に入り、18—24時の間に40mm前後の雨 となった。

(2) 27日の降雨量分布の特徴

図5.2下段に27日の日降雨量分布を示し、この 時の6時間ごとの衛星写真を写真16に示す。特徴 点は;

i)秋雨前線による降雨域は前日同様、狭いバン ド状となり、前線性雲バンド内の線状構造の降雨 域を示している。この雲バンドの南縁には Cb ラ インがあり、八丈島(33°N、140°E)では日雨量 241mmの大雨となっている。

ii)沖縄から奄美諸島、全域にかけ、台風中心から300~350km圏内のスパイラルバンドの降雨域に入り、沖縄北部では最大224mm/dayの大雨となった;であった。

(3) 28日の降雨量分布の特徴

図5.3上段に28日の日降雨量分布を示し、写真 17に28日の画像を示す。特徴点は以下の通りであ る。

i)東日本の20mm以上の面状の降雨域は、28日に
40°N帯を東進した500mbトラフの南東象限(図
A・3-4)の前線性雲バンド域の降雨である。

トラフの通過とともに北上した前線に伴う雲バンドの南縁に発生した Cb ラインにより三宅島では 6-15時を中心に173mmの大雨となった

ii) 下層の湿潤な南南東一南東気流により、太平

洋沿岸地方に20~143mm/dayの降雨となった。 Ⅲ) 台風の北400~420kmに位置する屋久島・種子 島では日降雨量159—191mmの大雨となったが、3 —6時を中心に通過したスパイラルバンドによる 降雨であった。

Ⅳ)台風の100~300km圏内に入った南西諸島では スパイラルバンド及び眼の壁雲の激しい降雨域に 入り、台風の移動速度が120km/dayと遅いこと もあって、徳之島の387mmを最高に300mm前後の大 雨となった。詳細は5.3で述べる。一方、沖縄南 部は台風の西~南西側に入ったため、中心より約 150kmと近いにもかかわらず10mm以下で、著しく 少ない特徴を示した。

(4) 29日の降雨量分布の特徴

図5.3に29日の日降雨量を示し、写真18に衛星 画像を示した。特徴点の次のとおりである。

1)台風の北上とともに、関東から九州までの太 平洋沿岸の東~南東側斜面を中心に20-119mmの 降雨となった。特に、紀伊半島付近の降雨域はあ とで述べるが、台風の周辺をまわる Cb クラス ターと秋雨前線とが交わるところでの降雨であっ た。

ii) 台風の移動が190km/dayと遅く、中心から
150km圏内に入った奄美大島では200mmを越す大雨
となった。台風の西~南西側に入った徳之島・沖
縄は降雨量が著しく少ない。

(5) 30日の降雨量分布の特徴

図5.4の上段に30日の日降水量の分布を示し、 写真19から21に衛星画像を示す。この期間は、イ) 偏西風帯に侵入しているが、まだ十分台風の構造 を維持していた海上での期間、ロ)上陸前後にお ける近接地形の効果による地形性降雨強化の期 間、ハ)衰弱期・温帯低気圧の進行;の3段階の 異なった降雨分布を示し、図5.4はその和である。 30日の特徴は次のとおりである。

i)種子島を台風眼が通過し、上述イ)の期間に おける台風の中心を通る降雨分布が得られた。こ の点は5.3で述べる。

Ⅱ)台風の進行に伴い、1000mm以上の降雨域が 台風の経路から幅150km以内にほぼ限られ、九州 東部・四国・紀伊半島の東─南東斜面においては 200~400mm/dayの雨量となった九州の場合は 脊梁山脈を境に西側ではほとんど降雨はなく著し い対照を示した、また地形性降雨による増雨効果 が観測された、5.4で詳しく解析する。

Ⅲ)台風の上陸・北東進に伴い、台風の中心付近の降雨は衰え、エコー分布・降雨量分布ともに進行方向および北象限に移動するという、温帯低気 圧への遷移する過程の構造を示した、この点はすでに第4章で述べた。

Ⅳ)伊豆半島から房総半島にかけ50mm前後の降雨があった。衛星・レーダーの観測で見ると、台風の東側約700km付近にある南北走向の Cb バンドとその先端に位置する弱い熱帯低気圧に伴う Cb クラスターの通過によるものである。この時は一部がかかっただけであるが、もし台風が北へ進めばこのバンドは停滞し、時としては数百mm/dayの大雨がもたらされる注目すべきの降雨域であった。

(6) 10月1日の降雨分布の特徴

図5.4の下段に10月1日の日降雨量分布を示し、 写真22~24に衛星画像を示した。この日の雨量分 布は、イ)偏西風帯に侵入、急速に温低化が進行、 完了、そして偏西風じょう乱との相互作用でで再 発達する期間を含んだ期間である。特徴点は次の とおりである。

i)本州へ上陸後は、降雨域が進行前方および北 側へ移り、降雨域・量とも急激に減少した。

 Ⅱ) 一担弱まったエコーおよび降雨は、温低化完 了直前からの再発達につれて、北―北西側で強く なり、それに対応する降雨量分布となった。この
Ⅰ)、Ⅱ)については第4章ですでに解析されて いる。

5.3 成熟期の台風の降雨量の特徴的な分布

(1) 降雨 stage 1~4の分類

5.3の日降雨量の特徴的な分布で述べたように 台風域内の主要な降雨は以下に示す4 stage に分 けられる。

 台風のはるか縁辺における、Cbクラスター あるいは Cu-Cbバンドと前線性雲バンドとの相 互作用による降雨。この台風では800~1000kmの 範囲。

Ⅱ)台風の循環内をまわる Cb クラスターによる 降雨、中心から400~600㎞。

ⅲ)スパイラルレインバンド(以後、スパイラル

バンドと略す)による降雨。中心から150-300km の環状領域。

Ⅳ)眼の壁雲(eye wall)及び、それを取り巻く 密なスパイラルバンドによる降雨。中心より約 150kmの圏内であり、衛星画像上では CDO とし て観測される。中心核における降雨とも呼ぶ。

図5.5は26日15時(06²)の沖縄レーダーのエコー である。この時の観測で始めて、台風の全容がレー ダーで捕えられた。、観測点の南南東320km付近に は台風眼であり、それを取り巻く直径20~25kmの 眼の壁雲があり、途中エコーなし領域が存在、二 重眼構造の外側の壁雲は中心から100ないし150km に拡がり、エコー頂は9~10kmと高く、活発なエ コー域がある。この領域は台風の中心核における 降雨、stage4に対応する。この中心核を取り囲 むスパイラルバンドのエコー領域が150kmより外 側に300~400kmまで広がり、stage3のスパイラ ルバンドによる降雨に対応する。この stage3、 4が台風による主要な降雨となる。

また図中 A で示した奄美大島南東海上のエ コー域はスパイラルバンドとは異なった構造をも つ Cb クラスターである。台風の循環内を回る Cu-Cb クラスターの降雨即ち stage 2 の降雨に 対応している。stage 1 の降雨については図5.5で は見られなかったが、5.2の26日の中で述べた。 stage 1 ~ 4 について詳しく分類して述べる。

(2) 成熟期の台風の降雨量の南北分布

図5.6は27日から29日の3日間の総降雨量の分 布と台風の経路である。図5.1の8日間の雨量と 比較すると、ほぼ8-9割の雨が、この期間に降っ たことになる。図5.5に示した26日15時のエコー 分布で述べたように、台風による降雨の主要な部 分は stage 3 及び stage 4 によるものである。

stage 3 および stage 4 の降雨を見るため、図 5.7に奄美大島から沖縄までの27日07時-29日17 時の期間の時間降雨量分布を示した。のちに図 5.9以下に3時間ごとのレーダーエコーを示すが、 これら一連の図と比較しながら、降雨域の移動を 追跡し、図の中に示す。また、降雨域と台風中心 との相対距離を50km毎に描き合成した。

この図5.7と図5.9—11のエコー図を比較する と、stage 3、すなわちスパイラルバンドによる 降雨は、台風中心から200~250km付近にあるスパ イラルバンド SPR 2 と160~180km付近の SPR 3 による降雨が主要なものであった。また、中心か



図5.5:26日15時(06²)の沖縄レーダーエコー



図5.6:南西諸島(沖縄一種子島)における3日間降雨 量、(27日0時-29日24時)と台風の経路。

ら130-150km圏内では20mm/hr以上の降雨が断 続的に続き、台風の眼の壁雲とそれを取り巻く密 なスパイラルバンドによる降雨--中心核における 降雨--となった。

この時間雨量分布図(図5.7)で明らかとなった特徴点は以下の通りである。

 主要なスパイラルバンドによる、ライン状降 雨域が SPR 2、SPR 3 の 2 本ある。SPR 2 は13 -25mm/hr、SPR 3 は16-36mm/hr の強雨で あり、13時間以上継続的に降雨域が追跡できる。 また、降雨域の幅は両者とも約20kmであった。

 II) SPR 2 に伴う降雨域は台風中心に対し、
3.8km/hr (1.7m/sec)という法線方向の移動 成分のみで非常に遅く、SPR 3 でも同様で3.0km /hr であった。

Ⅲ)中心核における降雨は徳之島では台風中心か

ら150kmから70kmの環状の領域で降り、眼の壁雲 の最も強いところで33mm/hrとなり、3時間降 雨量では最大89mm(11—14時)となった。一方、 奄美大島では、中心より130—70kmの範囲で降り、 眼の壁雲内に入った29日2時からは、連続4時間、 30mm/hrの強雨となり、3時間雨量で105mm(3 —6時)となった、最大時間降雨量は奄美大島南 部で39mm(4—5時)であり、中心の北側のほう が北西側(鹿児島)より強い。

Ⅳ)一方、中心核における降雨の中で、眼の壁雲のすぐ外側の降雨域の中に数本の極大値が観測され、スパイラル構造をもった降雨域の通過を示唆している。

この図5.7をもとに、台風と観測点の相対位置 で示したのが図5.8の『台風に伴う降雨量の南北 分布』である。成熟期の最も安定した台風が、周 辺に大きな陸地の影響のない島沿いに、120-190km/dayという遅い速度で通過するという、 時空間変換をして降雨分布を求める上で、非常に 良い条件下にあった。これにより、奄美大島・徳 之島・沖縄の時間雨量をもとに、1)台風のほぼ 中心を通る(奄美大島)、2)中心の西80km付近(徳 之島)、3)西、170km付近(沖縄);を通るそれ ぞれの南北断面を得た。図5.8で示されたような 成熟期の台風の時間雨量分布ははじめてであろ う。

図5.8において、奄美大島のデータは島の北部 (名瀬)と南部(伊仙)の2点の平均をとった、 台風の中心を通る奄美大島と中心の西80kmの徳之 島のデータの特徴点はほぼ共通しており、特徴点 は以下の通りである。但し、図5.7の特徴で述べ た点は重複を避けるため除くことにする。

1) スパイラルバンドによる降雨は、台風の移動 速度が遅かったために数時間も続き、その間に、 狭い強雨域がある。最大で20-25mm/hrという 強雨が約2時間(幅10~15km)続いていた。

 Ⅱ)二重眼構造において、外側の環状の降雨域が 最も降雨強度が大きく、半径70kmより内側では5 mm/hrと少ない。

Ⅲ) 奄美大島では SPR 2 による降雨量が多く、 徳之島では SPR 3 のほうが多い、スパイラルバ ンドの降雨の中での徴細構造と考えられる。

iV) 台風の南西像限における降雨は弱く、中心よ り70kmより外側では数 mm/hrか、無降水であり、 北一北西側に比べ著しく少ない。偏西風帯侵入前



図5.7:沖縄一奄美大島の時間降雨量分布。(降雨帯の移動)。

-63 -



図5.8: 成熟期の台風の降雨量の南北分布。奄美大島、徳之島、沖縄のアメダスの時間雨量を時空間変換したものである。

ですら、このような対照的な分布を示している点 興味深い。中緯度における台風個有の特性のひと つと考えられる。

V) 台風の西180kmの沖縄では SPR 2、3とも
10mm/hr以下の降雨となり、全般的に弱い。
以上の、諸特徴点が得られた。

(3) stage 3 - スパイラルバンドによる降雨stage 1 から4までの降雨を詳細に見るため、 図5.9より(27日)図5.14(29日)に、前3時間 降雨量とエコーをまとめて示す。図5.9は27日0 -9時のエコーおよびアメダスの前3時間雨量で ある。図の中で沖縄および奄美大島は黒塗りで示 し、雨量は九州南部から沖縄までの範囲を示し、 台風との相対距離を示した。図の@(00時)のエ コーから(03時)のエコー分布となる間に(2)図 の0-3時の雨が降ったことになる。各レーダー とも毎時観測が得られており、アメダスの時間雨 量を比較することによって、詳細な解析ができた。 stage 3 の降雨は中心から150~300-400kmの範 囲の降雨であり、衛星写真やレーダーエコー分布 において、明瞭に識別できるスパイラルバンドに よるものである。沖縄では26日21時から SPR 1 (図5.5)の降雨からこの stageの雨が始まった。 i)沖縄における降雨

沖縄は図5.9~図5.11で示されているように、 SPR1を中心とする降雨域によって10-15mm/ hrとなり、次いで、SPR2により、北部山地を 中心に25-44mm/3hrとなった。さらに、台風 の北170km付近に顕在化した SPR3(図5.10、⑧)



図5.9:前3時間アメダス降雨量分布とレーダーエコー分布(沖縄・名瀬レーダー)、27日3^h—12^h。レーダー 図に、黒塗りの地形(沖縄・奄美大島)、雨量分布図には台風からの距離を入れてある。



図5.10:27日15時~24時の前3時間雨量とエコー;説明は図5.9と同じ。



図5.11:28日3時~12時の前3時間雨量とエコー分布;レーダーは沖縄・名瀬合成図。

— 67 —



図5.12:28日15時~24時の前3時間雨量とエコー分布。

-68 -



図5.13:29日3~12時の前3時間雨量とレーダーエコー;説明は図5.7と同じ。



図5.14:29日15~24時の前3時間雨量とレーダーエコー(名瀬)。

- 70 -

によって20-30mm/3hrが続き、北部山地では この降雨で224mm/dayとなった、南部では40~ 60mm/dayと少なく対照的であった。

ii) 徳之島における降雨

図5.10で示されたように、SPR 2 により、27 日18時を中心に、前 3 時間で58mmの大雨となった。 次いで28日 0 — 6 時の図5.11⁽²⁾ — ⁽¹⁾ で見られるよ うに SPR 3 により、46mm / 3 hr (0 — 3 hr)、 58mm / 3 hr (3 — 6^h)の降水量となった。

Ⅲ) 奄美大島においては、stage 3 の降雨は台風
中心から280km付近に達した27日13時から始まり、
27日18—24時の図5.10、⑧一①で見られるように
SPR 2 で32-41mm/3hrの降雨となり、28日6
-9時を中心に図5.11の SPR 3 で最大73mm/3
hr (28日、6-9時)となっている。

nr (20日、 6 – 9 kf) となっている。 iV) 屋久島・種子島では図5.11、 6 – ⓒ で見られ るように28日雨量159–191mmの大雨となったが、 これは台風の北、約400~420km付近でのスパイラ ルバンドによる降雨であった。降雨は28日06時前 後に集中し、種子島南部で77mm/6 hr、屋久島 で76mm/4 hr となった。平均雨量は12–19mm /hr であり、最大降雨量は種子島で30mm/hr、 屋久島で41mm/hrの大雨になった。GMS 画像(写 真16–17)を見ると、500mbのトラフ通過後に前 線が北上し、スパイラルバンドが急速に発達し北 上していくのが見られる。このバンドの通過によ るもので、これら両島以外ではこれによる降雨は 認められず、SPR 2、SPR 3 と比べ異なった特

徴を示している。 ∨) スパイラルバンドによる降雨は SPR 2 で11

—16mm/hr、SPR 3 で16—18mm/hr と中心に 近いほど降雨強度は強い。

(4) stage 4 一眼の壁雲およびそれを取り巻く 密なスパイラルバンドによる降雨、『中心 核における降雨』と呼ぶ。

このstage 4 における降雨は台風による雨の中 で最も激しいものである。沖縄はこの stage での 降雨はなかった。

最初に、この stage の降雨となったのは徳之島 である。すでに述べたように半径150-70kmの環 状の領域において降り、図5.11-図5.12の間に、 連続的に71-81mm/3hrとなり、stage4の期間 である28日6時から17時までに241mm/11hrを 記録した。平均で21.9mm/hrであり、特に強い 領域に入った9時から14時の5時間に141mmとな り、平均で28.2mm/hr、最大時間雨量は33mm/ hrであった。

次に奄美大島におけるこの stage での降雨を述 べる。28日9時以降、半径130km内の中心核の降 雨域に入った、特に、29日3-6時(図5.13)で は105mm/3hrの降雨量となり、成熟期の台風 の期間では最も強い雨を記録した。中心核の中で も、半径80km付近が最も強く、この環状の領域が 通過した29日0-9時の間、奄美北部で177mm、 南部で180mmとなり、29日の日雨量の7~8割が 降った。この stage 4 による降雨は29日10時から 30日9時まで続き、24時間降雨が328mmとなり、 図5.6で示した3日間の総降雨量の642mm/(2点 平均)の約半分がこれによるものであった。

すでに述べているように、同じ中心核の中でも、 南西象限は降雨が弱く、図5.13—14で特に注目さ れるよう、エコーはあっても、降雨が極端に少な い。台風の西側から侵入する乾燥域との関連で、 空中に降水粒子が観測されても地上まで届かない ためと見られ、今後の検討に譲る。

(5) stage 1 — Cb クラスターと前線性雲バン ドとの相互作用による降雨—

屋久島・種子島南部に26日、59~85mmの降雨が あった。GMS 画像上でこの雨をもたらした雲域 を追ってみると、写真15の中で J で示した Cb ク ラスターの通過によるものであった。このクラス ターは台風の外縁800kmを回り、秋雨前線に伴う 雲バンドと交わる領域で大雨となっている。衛星 画像の特徴としては、西南西—東北東走向の前線 性雲バンドと本州海上を北北西—北西進してくる Cb クラスターが観測されることである。

この stage の他の例としては、29日、台風中心 から約800km離れた紀伊半島南部の降雨をもたら したものである。雨量は最大で119mmとなり、主 に0—12時の間に降っている。28日(写真18)で 見ると、台風の周辺を周る Cu-Cb クラスターが 西北西進し、前線性雲バンドと交わる領域で降っ ている。下層850mbでは東南東~南東(潮岬)で あった。この stage では、台風中心から800~ 1000km離れた遠方の時ですら大雨となる。特に Cu-Cb バンドが停滞する場合、数百 mm/dayの 降雨の場合もある。

(6) stage 2 一台風の循環内を回る Cu-Cb ク ラスターによる降雨一、中心より400-600km。

5.2の26日の特徴で述べたが、この stage の雨 は写真15 (26日00^z)の中で符号 e で示した奄美 大島の南東海上の Cb クラスターによる降雨であ る。図5.5の中で、A の符号で示した対流性エコー 領域に対応するものである。また、29日15時以後、 九州中部から四国南部の降雨は写真18で認められ るように Cb クラスターによるもので、台風中心 から約500~580km離れた所での降雨であり、80~ 100mm/day の雨量である。30日 0 —12時の紀伊 半島南部の雨も同様に stage 2 によるもので、台 風中心から500km前後離れた所の Cu-Cb クラス ターが半島の南東斜面で地形効果も重なった降雨 となっている。

表5.1 台風の降雨の stage 別の分類とその降雨量(徳之島・奄美大島・種子島)。

	TOKUNOSHIMA	AMAMIOUSHIMA	TANEGASHIMA
	(97 7° N)	(28.3° N)	(30 5° N)
		(20.0 11)	about 900km of dist
S tage 1	· · · ·		about 500km of use
			-ance from the center
	·	26th 15 18h	2001, 35 11111
S tage 2		4001rm - 5001rm	
		$400 \text{Km} \rightarrow 300 \text{Km}$	
		70-8010101	
	SPR 2	SPR 2	SPR
STAGE 3	270-→200km	300-→240km	400-→450km
	27th/12-21h	27th/18-24th	28th/2-7h
	140 mm	67mm	77 mm
	mean max	mean max	mean max
precipitation caused by	SPR 3	SPR 3	
$300 \mathrm{km} (400) \rightarrow 120 \mathrm{km}$	180-→120km	200-→150km	
	28th/0-6h	28th/5-9h	
	109mm/6hr	32mm/5hr	
	mean max	mean max	
······································	120-→80km	150-→60km	150t-→40km
Stage 4	28th/6-17h	28th/9-29/9h	29th/23h-30/17h
	241 mm/11hr	328 mm / 24rhr	192 mm/8hr
provinitation in the	mean 21.9 mm/hr	mean 13.6mm/hr	mean 24.0 mm/hr
precipitation in the			
150 km (120)	20th (0, 14h 20th (0, 7h 20th (0, 7h		
130 KIII (120)	2011/ 91411 141mm/5h-	25111/2-111 196mm /5k-	
\rightarrow center			144mm/onr
	$= \frac{1100}{1000} \frac{1000}{1000} \frac{1000}{1000$	$\frac{111100}{20.2}$ mm/hr	mean $\frac{28.8 \text{ mm/hr}}{==}$
	max 33 mm/hr	max 29 mm/hr	$\lim_{n \to \infty} \frac{34}{2} \text{ mm/hr}$

-72 -

stage1、2とも台風自体の雨というよりは、 台風と周辺場との関係で降雨量が多くなるもので あり、また、台風より相対距離が400~1000kmと 離れた降雨で、前線と相互作用を起すと、しばし ば数百mm/dayを越えるの降雨となるので注目 されよう。

(7) 台風の中心核における総降水量の比較

表5.1に示したように、各観測点とも、台風の 中心から130~170kmの環状の領域で、25~28mm /hr、最大で34mm/hrの降雨量となっている。 中型台風の地形の影響ない海上での成熟期の台風 の値を得たことになるが、この値と他の台風・ハ



図5.15: 偏西風帯に侵入直後の台風の降雨量の南北分 布、図5.8と同様、種子島のデーダを、30日08 時中心に示したもの。

リケーンとの比較をしてみよう。

台風(ハリケーン)域内の降雨量は水蒸気収支 から求めた残差によるものが多い。Hughes (1952) は半径150km内の領域で150mm/davを求めた。 また、Malkus and Riehl (1960) は中心から30-90kmの狭い領域--恐らく、眼の壁雲内--における 水蒸気収支からこの値を求め、非常に強い台風 (882mb) で945mm/day、強い台風 (910mb) で 780mm/day、中型(966mb)で480mm/dayを得 ている。Hawkins and Imbenbo (1976) は非常に 強いハリケーンにおいて、0-18.75kmの間のリ ング域で48mm/hr を得ており、Frank (1977) は熱帯低気圧の平均値として、0-222km領域で 103mm/dayを得た。一方、Miller (1958) はフ ロリダ周辺を通った16個のハリケーンの降雨量を もとに中心から3度以内の領域において、平均で 200mm/dayを見積っている。

台風796の解析結果では、台風の進行前面にあ たる北一北西側の130—170kmの環状領域で平均25 -28mm/hrであり、中心から後面では5mm以下 と弱い。この非対称な降雨分布とエコー分布を考 慮に入れると、150km内では降水量はおよそ 250mm/dayとなる。

5.4 偏西風帯侵入後の台風の降雨量の南北分 布

台風は偏西風帯に侵入した直後の30日、中心が 種子島付近を通過した、これにより、図5.8と同 様な、台風ほぼ中心を通る北北東一南西で切った 降雨量の南北分布を得ることができ、図5.15に示 す。降雨量は島の南部と北部の2点の平均値を用 い、30日0-24時の3時間降雨量とエコー分布を 図5.16および5.17に示す。

中心から300km以内では中心核による降雨が主 であった。10mm/hr以上降雨は台風の北北東 160kmから始まり、中心から15kmまでの30日0時 -9時の期間で192mm/8hrとなった、平均は 24mm/hr、特に強い領域では徳之島・奄美大島 と同様に約5時間継続し、総雨量は約140mmとな り、平均で25-29mm/hrとほぼ一致していた。 種子島レーダーの30日3時(図5.16)および6時 (図5.17)の観測によると、4-16mm/hrの降 雨強度をもつ強エコー域が、台風の前方へ拡がり、 眼の壁雲に対応する最も強い降雨域の通過で、最



図5.16:30日3時、6時の前3時間雨量とレーダーエコー(名瀬・種子島レーダー)。



図5.17:30日9時、12時の前3時間雨量とレーダーエコー(種子島・名瀬)



図5.18:30日15時~24時、前3時間雨量

大34mm/hrとなった。

この偏西風帯侵入直後の台風の降雨量の南北分 布図における特徴点は次のとおりである。

i)降雨域の拡がりなどを含め、全体が進行方向の北東方向に約20kmずれた。

ii) 台風中心の通ったあとは即ち、南西象限で は成熟期の場合(図5.8)に比べ、さらに弱くほ とんどなかった。

Ⅲ)図6.8の奄美大島の場合、眼の壁雲の外に 密なスパイラルバンドの通過を示唆する数本の降 雨量のピークがあったが、種子島の場合はピーク はなく、全体に面状エコー化している点が著しく 異なっている。この傾向は温低化のところで述べ た30日12²の場合とも共通している。

このように、成熟期の構造をもちながら、|) ~III)で特徴ずけられたように、スパイラルバン ドが不明瞭化し、南西象限の無降水化の進行、全 体の北東側偏位等、偏西風帯において変形を受け つつある遷移状態の台風の特徴的な分布を表わし ている。

5.5 地形効果による降雨量の増大

台風に伴う降雨に関して地形効果による増雨効 果は古くから経験的に知られており、種々のケー スで、解析が報告されている。杉浦・石原(1971) は単純に地形勾配と上昇流を結びつけ、強制上昇 による地形性降雨量に経験的な減衰係数を掛け、 予報現業用の雨量予測を行い比較的よい結果を得 ている。さらに、台風の降雨ではないが立平(1976) は地形性降雨に雨滴成長の雲物理過程を考慮に入 れて大幅な改善を図った。観測データをもとに解 析したものとしては、伊勢湾台風によってもたら された降雨量が地形と密接に関係し、特に、レイ ンバンドが山岳へさしかかると著しい降雨強化が もたらされていると報告されている(東大グルー プ;1969、1970)。また Takeda and Motoda (1965) はレーダー観測をもとに台風のレインバンドを含 む強雨セル(72mm/hr)の発生頻度が九州の東 側斜面の地形分布とよく対応していることを示 し、Furukawa (1980) は台風の外側降雨帯によ る四国地方の豪雨に関するエコー分布の定量的解 析の中で山岳地形でのエコー頻度分布の増大を解 析している。

定量的な解析としては、Sakakibara and Take-



図5.19:富士山レーダーおよび室戸岬レーダーエコー 合成図、30日12時~21時

da (1973) が台風7002の観測データをもとに、紀 伊半島の地形による降雨増幅係数の存在を見い出 し、その分布を求めた。いずれにしても、、地形 がなかったら降るであろう降雨量、の見積りが実 測ではなく、ある仮定にもとずく推定値となり、 増幅係数の基本的な誤差要因となる。この係数は 地形の複雑さや降雨の物理過程の複雑さで検出は 難しい。ここでは、地形効果を受ける直前におけ る海上での降雨量分布が得られた台風7916の増幅 係数を調べてみよう。 図5.4の30日の日降水量分布において100mmを越 す降雨域は台風中心から幅150km以内に限られ、 しかも、九州から四国・紀伊半島の東~南東斜面 で降雨量が多い。この地形効果を見るため、30日 0-24時の3時間降雨量とエコー分布を図5.16~ 図5.19に示し、地形との対応を見るため、図5.20 に地形図と台風の経路を合成したものを示した。 九州地方と四国地方に分けて、地形効果を検討す る。 (1) 九州地方の地形効果による降雨量の増大

スパイラルバンドによる降雨

30日0-6時の3時間降雨量とエコー分布を示す図5.16を見ると、台風中心から170~400km領域のスパイラルバンドによる降雨域が明瞭であり、図5.20の地形図と比較すると九州山地東部(32.8°N)、鰐塚山地(31.7°N、地形C)、大隅半島の肝属山地(31.2°N、地形a-b)など、東一南東斜面をもつ地形の部分で筋状に降雨域があり、大分県南東部の山地では78mm/3hr(0-3^h)の降雨となった。種子島レーダーの観測に



図5.20:地形図と台風の経路。地形 a-b は肝属山地、c は鰐塚山地、d-e-f:九州脊梁山地、g-h:大分県南部の 山地、j,k:四国南西部の山地、l-m-n:四国山地(石鎚山脈)、n-g:剣山地及び南へのびる山地、p: 讃岐山脈。



図5.21:九州地方の地形による降雨量の増大、アメダス時間雨量分布(30日0時~15時)。

よると、30日0時のエコー分布(図5.16)の上で、 観測点の北北西、約200km、100km、40km付近に不 鮮明ながら3本のスパイラルバンドがあり、台風 とともに動いていた。図5.16—17の3時間降雨量 を見ると、台風の接近で全体的に降雨量は多く なってきているが、特に降雨量の多いところは地 形と密接に対応していることがわかる。

この経過をより詳しく調べるため、図5.21に九 州地方における、アメダスの時間雨量分布を示す。 この図の中における0-7時の降雨量分布で見る と、大分県東部の降雨域は、図5.16のエコーや GMS 画像上で観測されている台風の北側370km 付近のスパイラルバンドによるものであった。時 間雨量の分布から、30日0時頃、宮崎県中部付近 より、ゆっくり北上するのが見え、降雨強度もは じめ10-15mm/hrであったが、地形 g-h 付近 では最大で42mm/hr(1-2時)となった。地 形によって降雨量が増大し、図5.16の0-3時に おける g-h 付近に見られる北西一南東走向の帯状 の降雨域となった。

一方、九州の脊梁山脈(図5.20、d-e-f)の東 側斜面においては、台風循環の下層の東南東流に より、山の斜面を中心に30mm/hr前後の降雨と なっている。台風の北側にあるスパイラル状のエ コーによる降雨域は北上しながら、地形 a-b、地 形 c、d-e-f の南東斜面(32.8°N付近)、次いで g-h 付近で降雨量を増大させている。時間雨量で 見ると、30mm/hr前後の降雨となり、表5.1の stage 3 による降雨(14~18mm/hr)に比べ、約 1.7~2倍となっている。

ii) 中心核による降雨

種子島で観測された台風の中心核における降雨 が地形によって、どう強化されるか調べる。台風 の中心が東70kmを通った大隅半島の肝属山地(ab)では日雨量292mmの大雨が降り、おもに30日 3~9時の間に集中した。最も激しい雨は30日9 時の前3時間雨量で160mm(図5.17)、前1時間雨 量の最大値は9時の63mm/hrであった。この付 近は観測点が比較的密であり10~15km間隔の観測 網で降雨分布を得ている(図5.21)。この降雨は 台風中心から120-80kmの中心核の降雨であった。 この降雨の直前に種子島を横断した時に得た降雨 強度の最大の値、34mm/hrと比べ、約1.9倍で あり、種子島における3時間降雨量89mmと比べて 1.8倍であった。時間雨量の最大も種子島で34mm /hrであったが、肝属山地では64mm(7-8時)、 63mm(8-9時)となり、約1.9倍になり、ほぼ、 妥当な値となっている。また、最も強い降雨となっ た領域は肝属山地が台風中心より約90km付近に 入った時であり、種子島の最大時間雨量がでた領 域と一致していた。

この1.8倍~1.9倍という係数が北東進する台風 の北~北北西象限にあたる斜面の地形効果によっ て増大する降雨増幅係数であり、台風との相対位 置関係から見て(図5.17)、台風の南東風により、 その風向にほぼ直角な走向の肝属山地の斜面での 地形効果による降雨増幅係数と言える。

(2) 四国地方の地形効果による降雨量の増大

台風は30日19時頃、四国東部に上陸し、21時に は紀伊水道へ抜けた、このため図5.4の30日の日 降雨量分布の中で東部で401mm、南西部で270mmの 大雨となった。この降雨量分布の特に多雨な領域 と図5.4の地形図を比較すると、南西部のj (865m)、k(1000m);脊梁山地(1981m)で ある四国山地 l-m-n、剣山地から室戸岬へ延びる (n-q)の山地の東一南東斜面及び、讃岐山脈(P) に沿う斜面が多雨域と対応していた。この経過は 図5.14の台風の経路と3時間降雨量との対応に明 確に出ている。

この点をさらに詳細に見るため、30日11時~22 時の四国地方における時間雨量分布を図5.22に示 し、図5.23に室戸→富士山レーダーの3時間ごと のエコー図を示した。左下(12時)から時間の経 過に従い示す。降雨は、台風の中心から150km(図 5.18)の圏内に入った四国の南西部から始まり、 はじめ20mm/hr(12時)の雨域が北上とともに 50mm/hr(14時)、43mm/hr(15時)となった。 この降雨域は図5.23で示す室戸レーダーで観測さ れた台風の中心から170km離れたスパイラルバン ド x-x'の通過によるもので、四国南西部の山の 斜面 k で降雨量が増大した。さらに北東へ移動 し、15時以後は四国中部で不明瞭化した。

台風中心より半径150kmの領域即ち中心核領域 (図5.23の14時のエコー分布でy-y'より内側に四 国南部が入った14時以後。足摺岬において47mm /hr (14—15時)。地形 j-k の南側で62mm/hr (15 —16時)、77mm/hr (~17時)という大雨となり、 降雨域の最も強い領域が台風の移動とともに北東 進した。図5.18の3時間雨量分布の⑤(15—18時)



図5.22:四国地方の地形による降雨量の増大、アメダス時間雨量分布。(30日12時~22時)。



図5.23:室戸岬レーダー (13時~18時)、富士山レーダー (19時~23時)。x-x'はスパイラルバンド、y-y'より 中心よりは、台風の中心核。

において海岸沿いの帯状の多雨域の中で、地形 k 付近は166mmとなり、100mm以上の領域は j-k に沿 い、地形効果による降雨の増大が見られる。日雨 量の大部分はこの13時から18時の5時間で降り、 特に台風中心から100~120km内の台風中心核に 入った15~18時で約6割が集中的に降ったことに なる。

一方、四国南東部図5.20の n-g で示した山地の 南東斜面では台風の北東象限の150km (図5.18) に入ったあとの16時以後の降雨が主であり、図 5.23の17時のエコー図で台風中心から100km付近 の眼の壁雲による降雨域が四国南東部を通過した 際に急激に降雨量が増大した。降雨が最も強い領 域の通過で前1時間雨量が18時に77mm、19時・ 96mm、20時97mmとなり、17—20時の3時間で地点 降雨量の最大が210mmの豪雨となった。四国南東 部での日雨量357~401mmの5割が、3時間で降り、 中心核の降雨で7割が降ったことになる。

さらに、20時以後は台風の北東進で徳島県西部 や淡路島で94~110mm/hrの強雨が降った。地 形の影響のほとんどない状態の値(表5.1)では 眼の壁雲付近の降雨が平均で30mm/hr、最大で 34mm/hrであったことを考えれば、眼の壁雲の 最も激しい降雨域が直接通過した四国東部におけ る地形効果による降雨増幅係数は、約2.5~3倍 と推定される。同じ様な場で、台風7002が北北西 進し、紀伊半島の地形効果で豪雨となったケース での解析で、Sakakibara and Takeda(1973)は 20分雨量における降雨増幅係数の分布を出した。 この中で、紀伊半島の東斜面における係数は卓越 風向と地形とに密接に関係し、山の南東側斜面で 最大3~4となっている。台風7916の場合は1時 間雨量の増幅係数であり、20分降雨量より平滑化 した値であり、係数が低くでるのは妥当である。 また台風7916の場合の地形の影響のない領域での 降雨量分布は、種子島、他の南北断面で実質的に 得た値であり、他例の場合の仮定値、あるいは空 間的一様性からの偏れで出す点は異なる。中心核 で約3倍、周辺部での約2倍は予報現業での経験 的な値に近い。

5.6 降雨量の予測の可能性

5.3において、台風に関する降雨を stage 1 ~ 4 の 4 段階に分け、それぞれ特徴を示した。 stage 1 ~ 2 については台風周辺をまわる Cb ク ラスターに関係するもので、この stage による降 雨は GMS 画像上において Cu-Cb クラスターと して認識し、レーダー観測網で捕えなければなら ない。短時間予測上重要なテーマとなろう。

台風による主な降水はスパイラルバンドによる stage 3、中心核による stage 4の降雨量の和であ る。今回の解析結果は、もし海上でレーダーエコー 分布が得ることができれば(今回の場合は沖縄一 奄美一種子島レーダーによるエコー分布)、台風 の進路予測別に降雨量の短時間予測の可能性があ ることを示している。レーダーエコーのない場合 は衛星画像で可視と赤外の重ね合せたデータに適 当な閾値をとり、近似するのも一つの方法であろ う。台風の進路別に降雨量を予想する場合は日本 の地形による降雨増幅係数を、地形別・下層風別 に予め設定しておけば台風による降雨の進路別総 雨量予測も可能となろう。ただ台風の盛衰・移動 速度の変化などの因子の取り扱いは今後の検討課 題であろう。