

付録 1 用語集\*

【CDO】

“Central Dense Overcast” の略。台風が最盛期に達する前には、台風の中心付近で発達した対流雲がリング状の構造をとっていたとしても（すなわち台風の眼とその壁雲が存在していたとしても）、その発達した対流雲から吹き出た巻雲が台風中心を覆い、静止気象衛星で上から見た画像（可視画像・赤外画像）では台風の眼が見えない時がある。この眼を覆った巻雲を CDO と呼ぶ。すなわち、CDO がある場合は、可視・赤外画像を用いた台風中心位置決定の精度には限界がある。ただし、可視・赤外画像では眼が見えなくても、レーダーやマイクロ波センサーでは CDO の巻雲を透過して観測するため、眼の壁雲が見え、精度の良い中心位置決定が可能な場合がある。台風が「強い台風」の強度に達すると、台風中心で強い下降流が生じるため、中心付近で CDO が消失して雲画像でも「台風の眼」が見られることになる。

なお、この CDO は、Dvorak 法による「CDO」と「湾曲した雲バンド」という二つの雲パターンの両方を含んだものである。

【温帯低気圧化（温低化）】

熱帯低気圧が温帯低気圧に変化すること。本稿では、気象庁ベストトラックデータで熱帯低気圧（台風）が最初に温帯低気圧と見なされた時刻をもって「温帯低気圧化した」としている。一方、熱帯低気圧（台風）が傾圧帯付近に進み構造変化を始めたと考えられる時点について、本稿独自の判断で「温帯低気圧化を開始した」としている。ただし定量的な基準に基づいたものではない。

【温暖核（または暖気核）】

低気圧中心付近に見られる暖かい空気の領域。熱帯低気圧の場合は、ごく下層を除き、対流圏ほぼ全層にわたって直径数百 km の温暖核が見られる。これは潜熱解放に伴って生成されるものであり、最盛期の台風では一般に上部対流圏（300～200 hPa）に極大を持つとされる。

熱帯低気圧の衰弱時には温暖核も弱まるが、温帯低

気圧化が特に顕著な場合は、圏界面付近を起源とする強い沈降の寄与のため、1000 km スケールの温暖核として見られることがある。

【下層循環中心】

下層大気における低気圧性循環の中心。“low-level circulation center” から“LLCC”と略記されることがある。熱帯低気圧や台風が十分組織化されている場合は、低気圧中心にほぼ一致する。本来の意味は風の循環中心だが、衛星観測による下層雲のらせん状の分布から推定される中心を指す場合も多い。

下層循環中心が特に問題になるのは、熱帯低気圧の組織化前や発達過程において、眼がまだ不明瞭な時期に、低気圧中心を決定する場合である。クラウドクラスターが熱帯低気圧であると認知される前には、一般に、下層循環中心を示唆する下層雲列と、発達した積乱雲がやや離れており、これらが重なると下層渦の収束と積乱雲の中層の上昇流の結合により熱帯低気圧として発達を開始すると考えられている。しかしその後の熱帯低気圧の発達初期には、CDO が低気圧中心を覆い、下層雲列が見えなくなるので、低気圧中心決定は難しいとされる。

【クラウドクラスター】

活発な対流雲が数百 km スケールに組織化されたもの。特に熱帯～亜熱帯域で比較的緩やかに組織化されたシステムを指すことが多い。本稿では熱帯低気圧・台風組織化される前段階の雲システムに特に着目している。

【傾圧帯】

南北の気温差が大きい領域。本稿では原則として、対流圏下層（850 hPa）及び中層（500 hPa）の等温線分布で判断している。傾圧帯の分布は、温度風の関係から、上層のジェット気流と関係が深い。熱帯低気圧（台風）がこの領域に進むと、熱帯低気圧自身の循環と既存の傾圧性のために水平温度移流が生じるため、じょう乱の構造と発達メカニズムが変化する。

\* 北畠尚子

### 【ジェットストリーク】

上部対流圏のジェット気流 (jet stream) の中で特に風速の大きい領域をジェットストリーク (jet streak) という。風速の値に一般的な基準値はないが、本稿では 250 hPa 面の  $40 \text{ ms}^{-1}$  等風速線でジェットストリークを示している。ジェットストリークの入り口右側と出口左側では発散域となり、その下では上昇流が励起されるので、仮にジェット気流の蛇行(トラフ)が全くなくても中緯度偏西風帯における熱帯低気圧(台風)の構造・勢力変化に寄与しうる。

### 【対称性・非対称性】

発達期・成熟期のよく組織化された熱帯低気圧は、メソ $\alpha$ スケールで見た構造(地上気圧・風などの分布)としては基本的には軸対称性を持った構造を取る。一方、温帯低気圧は、傾圧性を持つので、水平面での構造は非対称性が強い。このため、特に中緯度での熱帯低気圧の構造変化として非対称性の増大に着目する。

一方、台風が陸地に近づいた場合の降水分布は、基本的には台風に伴う風の吹きつける斜面で雨量が多くなるが、温帯低気圧化が進むと、前線に伴い寒気側で雨量が多くなることもある。このため、例えば台風が南岸に接近する際の降水分布は、成熟期の構造を比較的保っている場合には台風中心の東側で雨量が多くなる傾向があるが、温帯低気圧化が進んでいると台風中心の北～北西側で雨量が多くなることもある。

### 【太平洋高気圧】

北太平洋高気圧 気候学的には、北太平洋東部に中心を持ち、広く北太平洋を覆い、暖候期にはその西端が日本列島にかかる。本稿では、日本列島の南東海上から日本列島に張り出す高気圧を、太平洋高気圧と呼ぶ。

### 【デルタ型レインシールド】

台風が中緯度に北上し前線帯に接近すると、雲域が非対称化し、特に台風中心の北側にデルタ型( $\Delta$ )の降水システムが現れることが多い。Shimazu (1998) はこれをデルタ型レインシールド (delta rain shield) と呼んだ。台風に伴う他の雲域が対流雲に多く占められるのに対し、この雲域は層状性の特徴を持つ領域が

多い。温帯低気圧化の過程に現れ、温帯低気圧における温暖コンベヤーベルトと同様の性質を持つと考えられる。

### 【トラフ】

気圧の谷。本稿では「モンスーントラフ」以外の「トラフ」は、特に断りのない限り対流圏中上層のトラフを指す。すなわち、250 hPa または 500 hPa においてジオポテンシャル等高線の低気圧曲率極大域をトラフと呼んでいる。トラフの下流側では発散域となり、その下では上昇流が励起される。中緯度で上層のジェット気流が蛇行するとそのトラフの下流側(前面)で温帯低気圧の発生・発達が生じることがよく知られている。

トラフの中でも特に顕著なものは、成層圏起源の乾燥した空気が対流圏上層から中層まで下降する。乾燥空気は一般に下層起源の湿潤なじょう乱の変形・衰弱に寄与するが、さらに、圏界面が下降することで圏界面と下層のじょう乱が結合し傾圧性発達しやすくなる側面も持つ。熱帯低気圧(台風)が温帯低気圧化の前後に再発達することがあるのはこのためと考えられている。

### 【二重眼(多重眼)】

台風の眼の壁雲(eyewall)が二重(多重)になっているもの。既存の眼の壁雲の外側に別の壁雲が生じて一時的に二重眼となり、その後は内側の壁雲は下層収束が小さくなり、水蒸気の補給が減少するので衰弱するとされる。しかし二重眼の成因やライフサイクルには不明な点が多い。台風の勢力が強い場合に見られることがある。

### 【馬蹄形の風速分布】

台風中心から東～北北東方向に弱風域が伸び、それ以外の方角では台風中心を強風域が取り囲むような風速分布で、等風速線を引くと強風域が馬蹄形に見える。台風が温帯低気圧化するときの海上風分布に見られることがある。一般に、温帯低気圧化期には台風の移動速度が速くなるために台風中心の進行方向右側みに風速極大が見られることが多いが、風速分布が馬蹄形になるときは進行方向左側及び後面にも風速の大きな領域が生じている。2004年には台風第15号と第

18 号の海上風で特に顕著に見られた。

【眼の壁雲】

eyewall. 台風を中心付近で最も活発な対流雲がリング状に組織化されているもの。そこでは強い上昇流が生じており、そこには外から下層風が収束しているため、一般には、角運動量保存により、眼の壁雲付近の下層でその台風の最大風速が生じる。一方、眼の壁雲の内側では下降流となっており、水平風速も小さい。

【モンスーントラフ】

モンスーン領域に現れる地上気圧極小の領域。本稿ではアジアモンスーンの西寄りの下層風と偏東風との収束帯を指す。夏季の北西太平洋にはしばしば、台湾付近からフィリピン東方海上にかけて現れる。熱帯収束帯 (Intertropical Convergence Zone ; ITCZ) が、北半球と南半球それぞれの極方向から吹く偏東風による収束帯、すなわち北東風と南東風の収束帯であるのに対し、モンスーントラフは西寄りの風が寄与することに特徴がある。熱帯域の中でも特に対流活動が活発になりやすい。

付録 2 各図の説明\*

各図はすべて本報告に添付されている CD-ROM に、図の種類毎に各台風別に収録されている。また、気象庁作成のベストトラックの表も収録した。CD-ROM には、読者の便宜のために各図にリンクを貼った html ファイルが収録されている。パソコン上でブラウザを使ってこのファイルを読み込むなどして、目次として利用していただきたい。

図には、台風経路および海面水温図、台風の強度変化図、静止衛星雲画像図、地上気圧・地上気温・東西風の鉛直シアー図、850 hPa 面のジオポテンシャル高度・850 hPa 面の気温・850 hPa 面の相対湿度の図、500 hPa 面のジオポテンシャル高度・500 hPa 面の気温・500 hPa 面の湿度の図、250 hPa 面のジオポテンシャル高度・250 hPa 面の気温・250 hPa 面の発散・ジェットストリークの図、解析雨量および毎時風解析図、各種衛星搭載マイクロ波センサーの観測結果の図が含まれている。台風経路および海面水温図、台風の強度変化図については本文にも記載した。

各種衛星搭載マイクロ波センサーの観測結果の図は、TMI もしくは AMSR-E PCT85 画像、AMSR-E もしくは TMI 37 GHz 画像、QuikSCAT 画像、AMSU Ch. 7 画像から成る。以下、各図の説明である。

(1) 台風経路および海面水温図

図中の台風の位置、強度や低気圧の種別等の情報は、気象庁ベストトラックデータに基づく。実線は台風の階級が「台風」、破線は「熱帯低気圧」、点線は「温帯低気圧」であることを表す。経路上の黒四角は 00 時（世界標準時、以下同様）、黒丸は 12 時の位置を表す。

海面水温は米国 Remote Sensing Systems 社 (RSS, <http://www.ssmi.com/>) 作成の日別海面水温データを使用した。このデータセットは、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) に搭載された TRMM マイクロ波イメージャー (TMI) および地球観測システム衛星 Aqua に搭載された改良型高性能マイクロ波放射計 (AMSR-E) により観測された海面水温を最適内挿して得られたものである。水平解像度は緯度、経度ともに 0.25 度である。ここで描画した海面水温は台風の上陸日から 1 週間前（台風発生が上陸から 1 週間以内な

ら発生日）までの平均である。海面水温が 20°C 以下の場合は描画しなかった。一般に台風（熱帯低気圧）の発生・発達には海面水温が 26.5°C 以上あることが必要とされている。

(2) 台風の強度変化図

気象庁ベストトラックデータ中の中心気圧および最大風速について、その時間変化を描画した。中心気圧を黒丸で、最大風速を黒四角で表した。

(3) 静止衛星雲画像図

静止気象衛星 (GOES-9) の赤外 1 チャンネルによる観測結果を台風の発生から衰退・消滅まで、12 時間毎に描画した。

(4) 地上気圧・地上気温・東西風の鉛直シアーの図

気象庁作成の全球客観解析 (GANAL) を用いて、台風の発生から衰退・消滅まで、12 時間毎に描画した。GANAL の水平解像度は緯度、経度ともに 1.25 度である。等値線の間隔は、気圧は 4 hPa、気温は 2°C、鉛直シアーは  $10 \text{ ms}^{-1}$  である。鉛直シアーは 200 hPa 面の風の東西成分から 850 hPa の風の東西成分を差し引いたものである。鉛直シアーは台風の発生に関わる重要なパラメータであり、鉛直シアーが弱い（ほぼ  $0 \text{ ms}^{-1}$ ）領域で台風が発生しやすいと考えられている (Gray, 1968)。

(5) 850 hPa 面のジオポテンシャル高度・850 hPa 面の気温・850 hPa 面の相対湿度の図

全球客観解析 (GANAL) を用いて、台風の発生から衰退・消滅まで、12 時間毎に描画した。GANAL の水平解像度は緯度、経度ともに 1.25 度である。等値線の間隔は、高度は 30 m、気温は 4°C、相対湿度は  $20 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$  である。大規模場における下層の相対湿度の大きな領域では、熱帯低気圧が発生しやすいと考えられている。

(6) 500 hPa 面のジオポテンシャル高度・500 hPa 面の気温・500 hPa 面の湿度の図

\* 別所康太郎・北畠尚子・星野俊介・上野 充

全球客観解析 (GANAL) を用いて、台風の発生から衰退・消滅まで、12 時間毎に描画した。GANAL の水平解像度は緯度、経度ともに 1.25 度である。等値線の間隔は、高度は 60 m、気温は 4°C である。湿数はカラーバーを参照。中層の高い湿度は、強い対流雲ができるための条件であり、台風の発生期には特に重要である。また、中緯度の乾燥空気を追うことで、台風の温帯低気圧化に伴い、その構造が変化しているのかがわかる。

#### (7) 250 hPa 面のジオポテンシャル高度・250 hPa 面の気温・250 hPa 面の発散・ジェットストリークの図

全球客観解析 (GANAL) を用いて、台風の発生から衰退・消滅まで、12 時間毎に描画した。GANAL の水平解像度は緯度、経度ともに 1.25 度である。等値線の間隔は、高度は 120 m、気温は 4°C、発散は  $5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$  である。ジェットストリークは  $40 \text{ ms}^{-1}$  の等風速線を点線で表すことで図示した。上層の大きな発散領域を追うことで、熱帯低気圧が発生しやすい環境にあるのか、あるいは台風が発達しやすい環境にあるのかがわかる。

#### (8) 解析雨量および毎時風解析図

気象庁作成の解析雨量および毎時風解析データを用いて、台風接近時における日本周辺の 3 時間毎の 1 時間積算雨量および地上の風向・風速を描画した。台風のもたらした強雨、強風等を確認できる。

#### (9) 衛星搭載各種マイクロ波センサーの観測結果の図

##### (9.1) TMI もしくは AMSR-E PCT85 画像

TMI および AMSR-E には、それぞれ水平・垂直の 85 GHz もしくは 89 GHz の周波数を持つチャンネルがある。マイクロ波は一般に雲を透過する性質があり、雲を通して、その中にある氷晶や雨粒、あるいは地表面の情報を抽出することが可能である。これら 85 GHz もしくは 89 GHz の周波数帯は、よく発達した対流雲に含まれる氷晶に対して鋭敏な感度を持ち、氷晶の量が多いほど輝度温度が低くなる傾向を示す。一方、この周波数帯では、地表面からの放射も同じように低い輝度温度となることが知られている。そこで、

水平・垂直偏波間の輝度温度の差を利用して、氷晶と地表面からの寄与をより分け、氷晶のみが低い輝度温度を示すようにしたものが偏光修正温度 (Polarized Corrected Temperature : PCT) である。PCT は以下のように求められる。

$$\text{PCT} = 1.818 \times \text{TBv} - 0.818 \times \text{TBh}$$

ここで、TBv は垂直偏波の輝度温度、TBh は水平偏波の輝度温度である。PCT を用いることにより、台風がよく発達した対流雲や、眼を識別することが可能となる。詳しくは、Spencer *et al.* (1989) を参照のこと。

なお、85 GHz と 89 GHz の輝度温度を用いた PCT の間には系統的な差がある。本解析では、TMI と AMSR-E の PCT 画像を比較する場合を考慮し、以下の式にしたがって AMSR-E の PCT89 を相当する TMI の PCT85 に変換して用いた。

$$\text{PCT85} = 2.2 + 0.996 \times \text{PCT89}$$

PCT85 を用いることで台風に伴う対流雲を抽出し、CDO に隠されて見えない台風の眼や壁雲を確認したり、台風周辺のレインバンドの形状を知ることができる。

##### (9.2) AMSR-E もしくは TMI 37 GHz 画像

AMSR-E および TMI には、水平・垂直の 37 GHz の周波数を持つチャンネルがある。これらの周波数帯は、下層の雨粒に対して鋭敏な感度を持ち、雨粒の量が多いほど輝度温度が高くなる傾向を示す。一方、陸地からの放射も高い輝度温度を示すため、陸地付近では注意が必要である。PCT85 画像が対流雲のみ抽出するのに対して、37 GHz 画像は下層の雨を捉えることが可能であるため、眼の壁雲が十分に組織化されていない場合でも螺旋状のレインバンドを PCT85 よりも検出しやすい。このため、PCT85 よりも、より正確に台風の眼の位置を同定することが可能な場合がある。本解析では垂直偏波のみを用いたため、「TB37V」と表示している。

##### (9.3) QuikSCAT 画像

地球観測衛星 QuikSCAT に搭載されたマイクロ波散乱計 SeaWinds から求めた海上風の図である。SeaWinds については、Katsaros *et al.* (2001) を参照のこと。本解析では、RSS 作成の海上風データを使用した。高度 10 m で 8 分から 10 分で平均した風に相当

する。詳しいアルゴリズムについては、Wentz *et al.* (2001) を参照のこと。本解析では、RSS 社のアルゴリズムのうち version 3 を用いて計算された海上風を使用したため、図中、「Qsv3」と表示している。

QuikSCAT の海上風から、台風に伴う下層の低気圧性循環や、その中心が確認できる。また、海上風速の対称・非対称分布や、収束・発散領域などもわかる。

#### (9.4) AMSU Ch. 7 画像

極軌道気象観測衛星 NOAA シリーズの 15 号以降に搭載されているマイクロ波探査計 AMSU は、二つ

の構成要素 AMSU-A および AMSU-B に分けられる。このうち、AMSU-A には 200 hPa 付近の気温に対して荷重関数のピークを持つ Ch. 7 (54.9 GHz) が存在する。このチャンネルで観測された、周縁補正を加えられた台風中心付近の輝度温度と周辺からの温度偏差は、台風の温暖核をよく捉えており、台風の強度と非常によい正の相関を持つことが知られている (Kidder *et al.* 2000)。Brueske and Velden (2003) によれば、AMSU の Ch. 7 輝度温度の周辺からの偏差は、大きくても 6 K 程度である。本解析では、図中、「AMSU Limb corrected CH07」と表示している。

参 考 文 献

- Brueske, K.F. and C.S. Velden, 2003 : Satellite-based tropical cyclone intensity estimation using the NOAA-KLM series Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU). *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 687-697.
- Gray, W.M., 1968 : A global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Mon. Wea. Rev.*, **96**, 669-700.
- Hall, J.D., A.J. Matthews and D.J. Kalory, 2001 : The modulation of tropical cyclone activity in the Australian region by the Madden-Julian Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **129**, 2970-2982.
- Katsaros, K. B., E. B. Forde, P. Chang and W. T. Liu, 2001 : QuikSCAT's SeaWinds facilitates early identification of tropical depressions in 1999 hurricane season. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 1043-1046.
- Kidder, S.Q., M.D. Goldberg, R.M. Zehr, M. DeMaria, J.F.W. Purdom, C.S. Velden, N.C. Grody and S.J. Kusselson, 2000 : Satellite analysis of tropical cyclones using the Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 1241-1259.
- 気象庁, 2004 : 平成 16 年夏から秋にかけての集中豪雨・台風等について. [http://www.kishou.go.jp/books/ijyoukishou/gouu\\_taifuu0411.pdf](http://www.kishou.go.jp/books/ijyoukishou/gouu_taifuu0411.pdf)
- Lau, K.M. and P.H. Chan, 1986 : Aspects of the 40-50 day oscillation during the northern summer as inferred from outgoing longwave radiation. *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 1354-1367.
- Liebmann, B., H.H. Hendon and J.D. Glick, 1994 : The relationship between tropical cyclones of the western Pacific and Indian Oceans and the Madden-Julian Oscillation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 401-411.
- Nakazawa, T., 1986 : Intraseasonal variation of OLR in the tropics during the FGGE year. *J. Meteor. Soc. Japan*, **64**, 17-34.
- Shimazu, Y., 1998 : Classification of precipitation systems in mature and early weakening stages of typhoons around Japan, *J. Meteor. Soc. Japan*, **76**, 437-445.
- 消防庁, 2005 : 消防白書. <http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h17/index.html>
- Spencer, R. W., H.M. Goodman and R.E. Hood, 1989 : Precipitation retrieval over land and ocean with SSM/I : Identification and characteristics of the scattering signal. *J. Atmos. Ocean. Technol.*, **6**, 254-273.
- Wang, B. and H. Rui, 1990 : Synoptic climatology of transient tropical intraseasonal convection anomalies : 1975-1985. *Meteor. Atmos. Phys.*, **44**, 43-61.
- Wentz, F.J., D.K. Smith, C.A. Mears and C.L. Gentemann, 2001 : Advanced algorithms for QuikScat and SeaWinds/AMSR. *Proceedings, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2001. IGARSS'01*, **3**, 1079-1081.
- Zhu, Congwen, T. Nakazawa and Jianping Li, 2003 : Modulation of twin tropical cyclogenesis by the MJO westerly wind burst during the onset period of 1997/1998 ENSO. *Advances in Atmos. Sci.*, **20**, 882-898.