

衛星画像による雲特徴パラメータと台風発生期の最大風速との関連

The Relationship between Satellite-derived Cloud Parameters and Measured Maximum Wind Speed in the Typhoon Genesis Stage

阿部 世史之*, 牧野 義久**, 中鉢 幸悦*, 上野 忠良*
Yoshiyuki Abe, Yoshihisa Makino, Koetsu Chubachi and Tadayoshi Ueno

Abstract

The Tropical Cyclone Analysis Working Group in the Meteorological Satellite Center is promoting a subject for the technological development on the typhoon genesis judgement using GMS imagery since 1989 in cooperation with the RSMC Tokyo-Typhoon Center.

The main purpose of this development is to establish the bases and method which can suggest the possibility of typhoon genesis roughly within 24 hours before using GMS infrared imagery.

Next themes were aimed in the investigation for the technological development.

- (1) Using maximum wind speed near the tropical cyclone's depression center measured on the aircraft in the period from 1982 to 1986 as objective correspondence data.
- (2) Parameterizing the 6 hourly characteristics of the cloud appearance and the 6 h variation trend in the organizing stage of a tropical cyclone as follows, and investigating synthetically these parameter points.
 - a) Appearance of Cumulonimbus (Cb) in 9 regions centering the cloud system center of a tropical cyclone that suggest the characteristic on deep convection. (Named "Cb parameter")

9 regions are divided by three circles (their radii are 250km, 500km and 750km) and two lines (NW-SE and NE-SW line through the cloud system center). Only the central region is circle, others are fan figure.
 - b) Appearance of curved cloud band (for only a typhoon developed in "Band pattern") or dense cloud overcast (for only a typhoon developed in "DO

* 気象衛星センターデータ処理部解析課

** 気象庁予報部数値予報課

(1992年8月28日受領, 1992年9月6日受理)

pattern”) that suggest the characteristic on deep convection too. (Named “Band/DO parameter”)

- c) Appearance of Cirrus (Ci) streak that suggest the characteristic on divergence at the upper layer. (Named “Ci parameter”)

The following 3 subjects were clarified through the investigation.

- (1) Each parameter point was defined as adding the appearance point and the 6 h variation trend point (“Cb parameter” was calculated as regional weighed average). Three parameter points were added to the “total point”, and the “total point” at once was supposed that it might describe the maximum wind speed at the time.

In this situation, correlation coefficients between the “total points” and the measured maximum winds were smaller than 0.4. But, correlation coefficient between the “total point” averages within 24 h before and the maximum winds was higher as 0.575 for “DO pattern”. On the other hand, the same operation had not good correlation for “Band pattern”.

- (2) As the next process, “Cb parameter” points were checked individually in each region considering the time average and time lag against the measured maximum wind. As a result, time averaged “Cb parameter” points in the peculiar region depending on the cloud pattern had higher correlation coefficients between the maximum winds considering the time lag extend to increase in wind speed.

Likewise, time averaged “Band/DO parameter” points and “Ci parameter” points considering the time lag had higher correlation coefficients between the maximum winds.

- (3) Using 3 parameter points which were detected through the (2) process and had higher correlation coefficients, for “Band pattern”, the “total points” by the product of next 3 parameter points including the Coriolis factor
 - a) Average of “Cb parameter” point (adding the appearance point and the 6 h variation trend point in the central region) at -06h, -12h, -18h and -24h.
 - b) Average of “Band/DO parameter” point (adding the appearance point and the 6 h variation trend point) at -24h and -30h.
 - c) Average of “Ci parameter” point (adding the appearance point and the 6 h variation trend point) at 00h and -06h.
 - d) The Coriolis factor depending on the latitude of the Cloud System Center.

had higher correlation coefficient (0.539 for all wind speed, and 0.418 for wind speed less than 35 knots) between the maximum winds.

And for “DO pattern”, the “total points” by the sum of next 3 parameter points multiplying by the multiple regression coefficients including a bias

- a) Average of “Cb parameter” point (adding the appearance point and the 6 h variation trend point in the western medium region) at -12h and -18 h multiplying by 0.7407.
- b) Average of “Band/DO parameter” point (adding the appearance point and the 6 h variation trend point) at 00h and -06h multiplying by 0.3726.
- c) Average of “Ci parameter” point (adding the appearance point and the 6 h variation trend point) at -06h and -12h multiplying by 0.1883.
- d) 2.7071 as a bias.

had higher correlation coefficient (0.607 for all wind speed, and 0.777 for wind speed less than 35 knots).

Using the relationship between the “total points” decided through (3) and measured maximum winds, the bases and method for the typhoon genesis judgement were expected basically.

1. はじめに

北西太平洋（東経180°より西側の太平洋で南シナ海等の属海を含む）に存在する熱帯低気圧のうち、最大風速が風力階級8以上（34ノット、17.2 m/s以上）に達したものが台風と定義されている。気象庁における台風予報作業では、以下の確認を行って台風の発生を判定している。

- (a) 船舶や海上観測ブイ、陸上の観測で、熱帯低気圧に伴う風速が34ノット以上であることが確認された時
- (b) 衛星画像で、特有な形状で判定して、十分な強さまで発達していることが確認された時。または、ドボラック法（雲システムパターンによる強度解析法）でT数2.5以上が解析された時

しかし、低緯度帯で発生しつつある台風の周辺で島や船舶から常に十分な観測値が得られるとは限らない。グアム島の統合台風警報センターによ

る飛行機観測も、1987年途中で廃止されている。また、ドボラック法による発達期のCI数(発達期はT数と同じ)ではCI数3.0以下に±0.5程度のバラツキがある（「予報作業指針——台風予報——」, 気象庁予報部, 1990）ため、T数だけで台風の発生を判定することは危険が多い。

この問題点に対処するため、気象衛星センターデータ処理部と予報部予報課では、低緯度帯を均一に常時監視できる衛星画像の特性を生かし、衛星画像による客観的な台風発生判定技術の開発に向けて調査を進めている。

この調査開発の目標は、弱い熱帯低気圧（以下「TD」という）が発達して台風強度になる時に、衛星画像で特有な形を示す雲パターンの状態と変化をパラメータ化し（以下「発生判定パラメータ」という）、台風発生の判定すなわち最大風速が34ノットを越えたか否かの判定を客観的に可能とすることである。さらに可能であれば、24時間以内に台風にまで発達しそうなTDを特定する手法も

検討する。

本調査では、

- (1) 深い対流を示す特徴
 - (a) 9つの領域内でのCbのセルやクラスターの分布状況の特徴
 - (b) Cbで構成される雲バンドの形成の特徴(ただし、バンドパターンで発達した台風)または
Cbで構成されるDO(濃密で円形を成す雲の天蓋)の形成の特徴(ただし、DOパターンで発達した台風)
- (2) 上層発散を示す特徴
 - (c) 雲システムの中心部から吹き出すCiストリークの分布状況の特徴

の3つを発生判定パラメータとして採用し、各々6時間毎にポイントを与えた。3つのパラメータポイントの組み合わせによって「総合ポイント」を算出し、これを統合台風警報センターの飛行機観測による最大風速と数値的に比較して、台風発生に至る総合ポイントの時間的な経過を検討した。総合ポイントは、各パラメータポイントの和や積による式で算出される(総合ポイントを算出する式を、以下「発生判定式」という)。

この結果、3つのパラメータのポイントに対して各パターン固有の時間平均を施し、バンドパターンではこれらの積(雲システム中心の緯度値によるコリオリ因子も考慮する)で表す発生判定式による総合ポイント、DOパターンではこれらの和(35ノット未満の最大風速とこれに対応する各パラメータポイントとの重回帰分析による係数やバイアス値を考慮)で表す発生判定式による総合ポイントが、最大風速の盛衰を良く記述することが判明した。

以下、本調査の内容と結果を記述する。

2. 使用資料と調査方法

2. 1 発生判定パラメータを抽出する台風の選択

発生パラメータを抽出するため、統合台風警報センターによる飛行機観測が実施されていた1982年から1986年に発生した台風のうち、以下の条件を満たすものを選択した。

- (a) ベストトラック(気象庁予報部が最終的に決定した解析値)で台風発生と解析された時刻を境に、TD期間中に2回以上、台風発生後24時間以内に1回以上の最大風速の飛行機観測値があるもの
- (b) 発生期に陸地(特にフィリピン諸島)の影響を受けなかったもの

選択した台風は、以下の23個である。

1982年	T8204, T8208, T8209, T8210, T8211, T8212, T8213, T8219, T8221, T8222
1983年	T8309
1984年	T8405, T8406, T8408, T8412, T8417, T8425, T8426
1985年	T8509, T8520
1986年	T8606, T8607, T8610

2. 2 使用した資料

(1) 写真

6時間毎の赤外/ポラーステレオ投影の全紙大スチール写真を使用した。

(2) ベストトラックデータ

予報部決定のベストトラックデータから、2.1項に示した台風について、6時間毎の階級、位置(緯度/経度)、海面最低気圧、移動方向/速度

を使用した。

(3) 飛行機観測データ

いわゆる RECCO データで、気象衛星センターで整備されたデータセットから、2.1項に示した台風について、最大風速の観測置を使用した。

2. 3 調査方法

TD が発達して台風に成長する時に、衛星画像上では

(a) 低気圧性曲率を持つ雲バンドの鮮明化

下層循環が一層明瞭化し、活発な Cu/Cb による雲列やバンドの曲率が增大する。

(b) Cb クラスターの増加と中心部への集中

Cb クラスターが孤立化し、DO (Cb クラスターによる濃密な雲の天蓋) や雲バンドが形成される。

(c) 回転の明瞭化

上層発散と下層循環が強化され、双方の中心が接近する。

など、特有の雲パターンの特徴と変化が見られる。

これらの特徴をパラメータ化する場合、過去の調査結果から、単一のパラメータ (例えば擾乱の雲システム中心付近の T_{BB} 分布の時間変化など) では説明が困難であり、複数のパラメータを組み合わせる必要があることが指摘されている。

そこで、複数の発生判定パラメータを選択し、各パラメータに対して与えた6時間毎のポイント値を組み合わせる発生判定式によって総合ポイントを算出し、6時間毎の個々のパラメータポイントや発生判定式による総合ポイントを飛行機観測による最大風速値と比較評価する方法

で行った。

発生判定パラメータの要素選択にあたっては、台風強度推定法 (ドボラック法) における測定要素を参考にして1990年に発生した10数例の台風をサンプルとして予備解析を行い、写真から判定可能な要素を選んだ。短い時間間隔の連続画像によるパラメータ要素 (例えば雲移動ベクトルを使用した上層発散や下層循環など) は、選択しなかった。与えるポイントは、やはり台風強度推定法の測定要素を参考に設定した。

発生パターンは、「予報作業指針——台風予報——」(気象庁予報部、1990) に従って

(a) 雲バンドが湾曲する型 (バンドパターン)

(b) 濃密な雲の天蓋型 (DO パターン、Cb クラスターの非組織型を含む)

の2つに大別した。「積乱雲セル群の回転型 (上層コールドロウ循環パターン)」は、発生回数がごく少ないため、この調査では考慮しなかった。

表1に、本調査でパラメータ化した要素と、ポイントの与え方を示す。3つのパラメータポイントの取得にあたっては、写真上の各擾乱の中心に表1中の図に示した縮尺のスケールを当て、それぞれに

(a) Cb パラメータ：深い対流雲の特徴1 雲システム中心から半径750km以内に現れる Cb セルやクラスターを、9つの領域毎に測定する。内容は、各パターンとも同じである。

(b) BAND/DO パラメータ：深い対流雲の特徴2

雲システム中心から半径500km以内に現れ、活発な Cb で構成される雲バンドや DO を測定する。バンドパターンと DO パターンでは、測定要素が異

表1 各発生判定パラメータの測定要素と与えるポイント

深い対流雲（クラスター）の特徴のパラメータ化					
<p>1 Cbパラメータ（各パターンに共通） 判定した雲システム中心（CSC）を中心とする半径250km, 500km, 750kmの円と、北西-南東方向と北東-南西方向の2直線で囲まれる扇型（中央のみ円型）の9つの領域内（下図）において、Cbセル/クラスターの発現状況に対して、「状態」と「6時間変化傾向」のポイントをつけ、それぞれの領域固有の重みを掛けて、全体の加重平均を採る。 これによって、各領域におけるCbセル/クラスターの増減度と中心部への集中性を数値化する。</p>					
状態ポイント（APPT）			6時間変化傾向ポイント（TRPT）		
Cb（厚い雲域）が有る	Cbが領域の9割以上を占める	30	Cbの占める割合が増加した	6時間前と比べて厚くなった雲域中、または厚さが持続している雲域中で増加した	+8
	Cbが領域の5割～9割を占める	20		6時間前にあったCbがそのまま発達した または、新たにCbが発生した	+6
	Cbが領域の1割～5割を占める	10		6時間前と比べて雲域は薄くなったが、Cbは増加した	+4
			Cbの占める割合は変化が無い	Cbが一方で発生し他方で消滅したため、結果的には面積の変化が無い	+2
				Cbは現状を維持している	0
Cb（厚い雲域）は無い または、あっても領域の1割未満である			Cbの占める割合が減少した	厚い雲域は持続している	-4
				雲域も薄くなった	-8
			6時間前から新たに発生したCbが有る		+2
			6時間前の状態と変化が無い		0
			6時間前にはCbや1割～5割有った		-4
			6時間前にはCbが5割以上有った		-8
【 各領域（R）と重み（α） 】			【 領域別加重の例 】		
<p>CSC：雲システム中心</p> <p>内側円の半径：250km 中間円の半径：500km 外側円の半径：750km</p>			$\alpha_1 = 8$ $\alpha_2 = 2$ $\alpha_3 = 4$ $\alpha_4 = 4$ $\alpha_5 = 2$ $\alpha_6 = 1$ $\alpha_7 = 2$ $\alpha_8 = 1$		
			Cbパラメータのポイント		
			$= \frac{\sum (\text{APPT} + \text{TRPT})_i \times \alpha_i}{\sum \alpha_i}$		

(続く)

2 BAND パラメータ (バンドパターンで発達した台風) 中心から半径500km以内に頭部を持って Cb を含み、かつ中心を指向する雲バンドに対して、「状態」(バンドの流入方向による調整有り)と「変化傾向」のポイントを付ける。 ただし、バンドが複数個識別できる場合は、各バンドに対して「状態」ポイントを付けて最も高いポイントのバンドを一つ採用し、これに対して「変化傾向」ポイントを付ける。			2 DO パラメータ (DO パターンで発達した台風) DO (中心付近の Cb による雲の天蓋) に対して、「状態」(DO の形状による調整あり)と「変化傾向」のポイントを付ける。 ただし、DO が複数個識別できる場合は、各 DO に対して「状態」ポイントを付けて最も高いポイントの DO を一つ採用し、これに対して「変化傾向」ポイントを付ける。								
★★ 該当するバンドや DO が無い場合 2 のポイント = 0, 新たに発生した場合変化傾向 = +2 ³ , 消滅した場合変化傾向 = -2 ³ ★★											
状態ポイント (APPT)		6時間変化傾向ポイント (TRPT)		状態ポイント (APPT)		6時間変化傾向ポイント (TRPT)					
① バンド頭部に対する CSC の位置	頭部内 ~ ≤ R100km	10	④ バンド頭部に対する CSC の位置	近づいた	+1	① DO の幾何学的中心に対する CSC の位置	DO 内	10	④ DO の幾何学的中心に対する CSC の位置	近づいた	+1
	R100km < ≤ R250km	5		接した			DO 境界上	5		包括した	
	> R250km	0		変化無し	0		DO 外	0		変化無し	
② 中心に対するバンド軸の長さ (周回数)	1/2以上	10	⑤ 中心に対するバンド軸の長さ (周回数)	長くなった	+1	② 大きさ (平均径)	≥ D500km	10	⑤ 大きさ (平均径)	大きくなった	+1
	1/4-1/2	5		変化無し	0		D200km ≤ < D500km	5		変化無し	0
	1/4以下	0		短くなった	-1		< D200km	0		小さくなった	-1
③ バンド内に占める Cb の割合	2/3以上	10	⑥ バンド内に占める Cb の割合	増加した	+1	③ 平滑度 (DO はあるが②で0点の場合は③も0点とする)	Cb ≥ 1/2 ほぼ滑らか	10	⑥ 平滑度 (DO はあるが②で0点の場合は⑥も0点とする)	増加した	+1
	1/3-2/3	5		変化無し	0		Cb ≥ 1/2 凹凸大	5		変化無し OR ②=0	0
	1/3以下	0		減少した	-1		Cb < 1/2 OR ②=0	0		減少した	-1
APPT = ①+②+③ + 調整 (下記)		$T = ④+⑤+⑥$ $TRPT = 2^T \quad (T > 0)$ $0 \quad (T = 0)$ $-2 \text{ ABS}(T) \quad (T < 0)$		APPT = ①+②+③ + 調整 (下記)		$T = ④+⑤+⑥$ $TRPT = 2^T \quad (T > 0)$ $0 \quad (T = 0)$ $-2 \text{ ABS}(T) \quad (T < 0)$					
※ バンドの尾部が北側または西側から入り込んでいる場合は状態ポイント -5 を操作する。ただし、尾部が東側や南側から入り込んでいる場合は除く ※ 同値の状態ポイントを持つバンドが複数あった場合の優先度 1. 雲システム中心に近いバンド 2. 時間的に持続しているバンド 3. 尾部が東側や南側から入り込むバンド				※ DO の形状が長径 : 短径 = 3 : 2 以上の楕円形または不規則形 (いびつな境界など) である場合は状態ポイント -5 を操作する。ただし、円形や② = 0 点の場合は除く ※ 同値の状態ポイントを持つ DO が複数あった場合の優先度 1. 雲システム中心に近い DO 2. 時間的に持続している DO 3. 形状が円に近い DO							
BAND/DO パラメータのポイント = APPT + TRPT											

上層発散の特徴のパラメータ化			
3 Ci パラメータ (各パターンに共通) 中心から半径750km以内に発現して上層発散を示す Ci ストリークの明瞭さと高気圧性曲率に対して、「状態」と「6時間変化傾向」のポイントを付ける。 バンドパターンの場合 → 下層循環の中心付近から吹き出す Ci ストリークに着目する DO パターンの場合 → 中心付近のクラスター頂部から吹き出す Ci ストリークに着目する			
状態ポイント (APPT)		6時間変化傾向ポイント (TRPT)	
北側を含め全方向に発散を示す明瞭な Ci ストリークが有り、かつ高気圧性曲率を呈する	30	Ci ストリークの量・高気圧性曲率とも増加した	+8
2・3の方向 (北側も該当する) に発散を示す明瞭な Ci ストリークが有り、かつ高気圧性曲率を呈する	20	Ci ストリークの量・高気圧性曲率の一方が増加したが、他方は変化が無い	+4
主に CSC の南側に Ci ストリークが有るが、単に偏東風によって流されているのみである または、南側以外にも Ci ストリークは有るが、高気圧性曲率はあまり呈しない	10	Ci ストリークの量・高気圧性曲率とも変化が無い	0
		Ci ストリークの量・高気圧性曲率の一方が減少したが、他方は変化が無い	-4
		Ci ストリークの量・高気圧性曲率とも減少した	-8
発散を示す明瞭な Ci ストリークは無い	0	6時間前の状態と大きな変化は無い	0
		6時間前には明瞭な Ci ストリークが有り、高気圧性曲率を呈していた	-8
Ci パラメータのポイント = APPT + TRPT			

なる。

(c) Ci パラメータ：上層発散の特徴

雲システム中心から半径750km以内
に現れる高気圧性発散を示す Ci スト
リークを測定する。内容は、各パター
ンとも同じである。

として、6時間毎の各時刻におけるそれぞれの
状態を示す「状態ポイント」と過去6時間での
変化を示す「6時間変化傾向ポイント」を測定
する。

この方法により、ベストトラックで初めて台
風と解析された時刻を境に、TD期48時間と台
風期24時間の計72時間に対して、6時間毎で13
時刻の各パラメータのポイントを採点した。

飛行機観測の最大風速値を基にベストトラッ
クの台風発生時刻を吟味し、最大風速35ノット
(台風判定のしきい値は34ノットだが、飛行機
観測による最大風速の通報値は、5ノット単位
であるため)を考慮した結果、台風発生とする
時刻の移動が必要なものはこれを6時間単位で
前後に移動させた。この修正により、発生時刻
がベストトラックより前に逆上った台風につい

てはそのスライド時刻分を48時間前から更に
逆上り、各パラメータを追加決定した。また、
擾乱の雲システム中心の位置は、ベストトラッ
クによる位置を参考にして、写真から決定し直
した。

与えられた各パラメータのポイントは、

(a) 最大風速との間に時間差を考慮しない
場合

(b) 各パラメータのポイントに時間変化や
時間平均を施し、最大風速との間に時間
差を考慮した場合

の2通りで処理し、これらの個々の値および発
生判定式による総合ポイントの値を、最大風速
と比較した。

3. 調査結果

3.1 最大風速との間に時間差を考慮しない 場合の各パラメータポイントの特徴

表1に示した方法で与えたCbパラメータ、
BAND/DOパラメータ、Ciパラメータの各ポ
イント(それぞれの状態ポイントと6時間変化

表2 最大風速との間に時間差を考慮しない発生判定式による各ポイントと最大風速の相関

ポイント	パターンと評価の しきい値 ^{*1}		D Oパターン	
	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt
Cb パラメータポイント	0.235	0.090	0.003	-0.076
BAND/DO パラメータポイント	0.301	0.154	0.230	0.197
Ci パラメータポイント	0.248	-0.141	0.357	0.148
総合ポイント (TPと略す)	0.404	0.030	0.341	0.192
(評価データ個数)	(58)	(26)	(69)	(20)
6時間前と現在のTPの変化量	0.277	0.239	-0.122	-0.305
(評価データ個数)	(57)	(25)	(69)	(20)
24時間前と現在のTPの変化量	0.123	-0.068	-0.125	-0.118
現在を含む前4時刻(00,-06,-12,-18 h)のTPの平均値	0.305	-0.228	0.575	0.371
(評価データ個数)	(55)	(23)	(69)	(20)

*1 評価のしきい値

「設定無」：全最大風速と、各ポイント全体との相関

「<35Kt」：35ノット未満の最大風速と、対応する各ポイントとの相関

傾向ポイントの和)を加えて、その時刻での総合ポイントとする。ただし、Cbパラメータポイントは9つの領域での加重平均とする。

この総合ポイントを与える発生判定式は

総合ポイント＝

当該時刻のCbパラメータポイント

(状態ポイントと6時間変化傾向ポイントの和の9領域での加重平均)

+ 当該時刻のBAND/DOパラメータポイント

(状態ポイントと6時間変化傾向ポイントの和)

+ 当該時刻のCiパラメータポイント

(状態ポイントと6時間変化傾向ポイントの和)

であり、これを発生判定式(1)とする。この判定式では、最大風速との間に時間差を考慮しない。すなわち、当該時刻の各ポイント値がその時刻の最大風速を表すと仮定している。各ポイントと最大風速値を対応させて両者の間の相関を調べる際に、飛行機観測による最大風速値は、観測した時刻に最も近い6時間毎の時刻の値として考えた。

表2に、最大風速との間に時間差を考慮しない発生判定式(1)による各ポイントと最大風速の相関を、各パターンについて示す。相関は、最大風速のしきい値を設定しないで全ての最大風速値と各ポイント値を対象にした場合(表中の「設定無」と、35ノット未満の最大風速値(すなわち台風発生以前)とこれに対応する各ポイント値のみを対象にした場合(表中の「<35Kt」)の、2通りで評価した。

表に示すように、Cbパラメータ、BAND/DO

パラメータ、Ciパラメータの各ポイントおよびこれらの和による総合ポイントは、バンドパターンでは総合ポイント(設定無)の0.404、DOパターンではCiポイント(設定無)の0.357が最高で、全体に相関係数が小さい。更に、普段の熱帯擾乱監視では、台風が発達しそうな擾乱に伴う雲域中のCbクラスターが中心付近へ集中していく状態を、台風発生の目安の一つにしているが、この表では示さなかった領域個別のCbパラメータのポイント(特に、中心の領域1や中間の領域2～5)と最大風速との相関も小さかった。

次に、各パターンでの総合ポイントの値を、前6時間と前24時間の変化量や前4時刻(00, -06, -12, -18h)での平均値として処理し、最大風速と比較した。結果を、同じ表2の下段に示す。

バンドパターンでは、当該時刻の総合ポイント以上に最大風速と相関が良い処理はなかった。しかし、DOパターンでは、総合ポイントの前4時刻平均値が、全データを対象とした場合の相関で0.575、35ノット未満のデータを対象とした場合の相関で0.371であり、共に当該時刻の総合ポイント以上に高くなっている。DOパターンでは、個々のパラメータポイントの和による総合ポイントに時間的な平均値を考慮すると、最大風速との対応が良くなると考えられる。

バンドパターンとDOパターンでは、Cbパラメータポイントや総合ポイントの時間変化量および時間平均値の最大風速との相関が大きく異なっている。この理由は、各パターンでの台風発生に至る雲の特徴が異なることを表していると考えられるため、パラメータポイントの処理法を各パターンで分けて考える必要があると思われる。

3. 2 最大風速との間に時間差を考慮した場合の各パラメータポイントの特徴

Steranka 他(1986)は、大西洋の熱帯低気圧について衛星による雲頂温度と最大風速(ベストトラックによる)の関係を調べ、「深い対流が9時間またはそれ以上持続し、擾乱中心部の面積平均雲頂温度(6時間平均)が238Kまたはそれ以下であった場合に、71%の割合で24時間後の最大風速が5 m/sまたはそれ以上増大した」と報告しており、Cbクラスターの盛衰を最大風速と対応させるには、瞬時のCbの状態ではなく時間平均を検討し、しかも最大風速の増大に至る時間差を考慮する必要があることを示している。

前項に述べた各パラメータポイントおよび総合ポイントを同じ時刻の最大風速と比較した場合の相関が小さい理由として、最大風速との間の時間的なずれが影響しているのではないかと思われた。

そこで次に、バンドおよびDOの状態や上層発散を示すCiストリークの状態も合わせ、各パラメータポイントに時間的な変化や平均の操作を施すと同時に、最大風速との間に時間差を考慮した処理を行って、最大風速との相関を調査した。

まず、ある時刻の最大風速(風速値を最も近い6時間毎の時刻の値とする)と対応させる各領域のCbパラメータポイント(9領域での加重平均を施さず、各領域個々での状態ポイントと6時間変化傾向ポイントの和とする)の比較時刻を風速と同じ時刻から6時間間隔で24時間前までずらし、かつ比較値にそれぞれの時刻の生データ(時間的な変化や平均の操作をしない)や前6時間から前24時間までのポイントの変化量を取って相関を求めた。この結果を、図

1(1)と図1(2)に示す。これらは、全ての最大風速値と領域別Cbパラメータポイントとの相関係数、または35ノット未満の最大風速値とこれに対応する領域別Cbパラメータポイントとの相関係数のいずれかが絶対値で0.4を越えた場合のみについて、比較時刻差/変化量と領域での相関を示すものである。

(1)のバンドパターンでは、領域4における6時間前の前6時間変化量(全データでの相関係数0.477)や領域5における12時間前の生データ(全データでの相関係数0.504)、領域9における18時間前の前18時間変化量(35ノット未満での相関係数0.462)などで相関が高い。全体に、領域5や領域9における時間変化量との相関が1例を除いてプラスで高く、相関係数の絶対値が0.4を越えた15例のうち領域5と9で8例を占めている。その他の領域(1, 4, 6, 8)ではほとんどがマイナス相関になっている。領域5と9は雲システム中心から西側へ250kmから750km程度離れた領域であり、バンドパターンで発達する台風については、ここでのCbクラスター盛衰の時間変化が、最大風速の増減と関係があるらしいことが推測される。

一方、(2)のDOパターンでは、領域1における18時間前の生データ(全データでの相関係数0.428)と領域2における24時間前の前18時間変化量(35ノット未満での相関係数0.542、評価データ数は10個と少ない)の相関がプラスで高く、あとは全てマイナス相関になっている。相関係数の絶対値が0.4を越えた14例のうち領域4で7例を占めているが、18時間前の生データを除く6例が最大風速35ノット未満(すなわち台風発生前)の場合にマイナス相関が大きくなっているのは、DOパターンで発達する台風の場合に、雲システム中心から南側へ250kmから500km程度離れた領域でのCbクラスターの時

間的減少が、最大風速の増大と関係があるらしいこと（南側から中心部へのCbクラスタの集中）を示唆している。

次に、図1(3)と図1(4)に、時間平均値処理による領域別Cbパラメータポイントと最大風速との相関（バンドパターンとDOパターン）を示す。これらは図1(1)、(2)と大略は同じだが、最大風速との比較値にそれぞれの時刻を含む前2時刻から前4時刻までのポイントの平均値を取って相関を求めたものである。

(3)のバンドパターンでは、領域5の時間平均値で相関（全て最大風速のしきい値を設定しない場合）が高く、相関係数の絶対値が0.4を越えた11例のうち領域5で8例を占めている。領域6と7では、マイナス相関になっている。図1(1)で、バンドパターンで発達する台風では同じく領域5の時間変化量が最大風速と相関が良いことが示されているので、この領域でのCbクラスタ盛衰の時間変化や平均に着目したい。

一方、(4)のDOパターンでは、領域1と2の時間平均値はいずれもプラス相関で高く、相関係数の絶対値が0.4を越えた15例のうち領域1で6例を占めている。また、領域4で最大風速35ノット未満の場合にマイナス相関になっているのは、図1(2)で示したようにDOパターンで発達する台風では同じく領域4の時間変化量が最大風速とマイナス相関になっていることと対応している。

このように、最大風速の増減と関連するCbの盛衰を表すパラメータは、特定領域における数時間から24時間程度過去の時間変化量や時間平均値であり、台風の発達パターンによって領域や時間差が異なることが推測される。

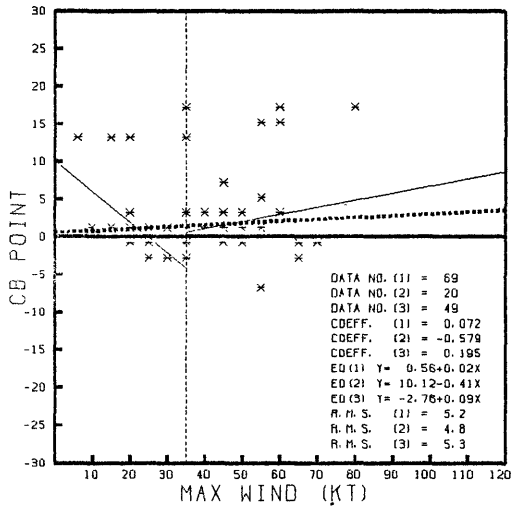
更に、BAND/DOパラメータやCiパラメータのポイントについても、同様の処理を行って最大風速との間の相関を検討した。結果を、図

1(5)から図1(8)に示す。ただし、この図は全てDOパターンのものである。バンドパターンについては、「時間変化量処理による最大風速との相関」で相関係数の絶対値が0.4を越えた場合が、BAND/DOパラメータとCiパラメータのポイントとも1例ずつ（いずれも「24時間前における前24時間変化量」で、最大風速35ノット未満の場合にマイナス相関）あったが、評価データ個数がともに7個と少ないため、信頼性が薄い。また、「時間変化量処理による最大風速との相関」では、相関係数の絶対値が0.4を越えたものはなかった。このため、バンドパターンでの図表は掲載していない。

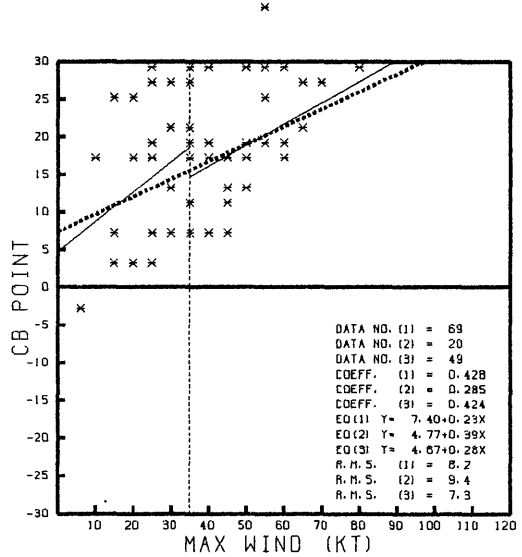
(5)と(6)の時間変化処理では、BAND/DOパラメータポイントは6時間前の生データ（35ノット未満での相関係数0.581）、Ciパラメータポイントは12時間前の生データ（全データでの相関係数0.473）との相関が良い。しかし、BAND/DOパラメータポイントの6時間前の生データは、最大風速のしきい値を設定しない場合と35ノット未満に設定した場合とで回帰的に隔たりがあり、ポイントと最大風速の標準偏差が大きい。また、Ciパラメータポイントの12時間前の生データでは、35ノット未満での相関が0.122と小さい。

一方、(7)と(8)の時間平均処理では、BAND/DOパラメータポイントで相関係数が0.5を越える処理値が多く見い出され、Ciパラメータポイントも相関がプラスで高い。どちらも、全データで評価した場合と35ノット未満の風速で評価した場合とで、回帰的に隔たりが少なく、ポイントと最大風速との標準偏差も小さい。

バンドパターンでは、BAND/DOパラメータとCiパラメータのポイント共に、妥当な相関を持つ処理法が見い出せなかった。BAND/DOパラメータポイントは、バンドパターンと



当該時刻の前12時間変化量 (領域6)

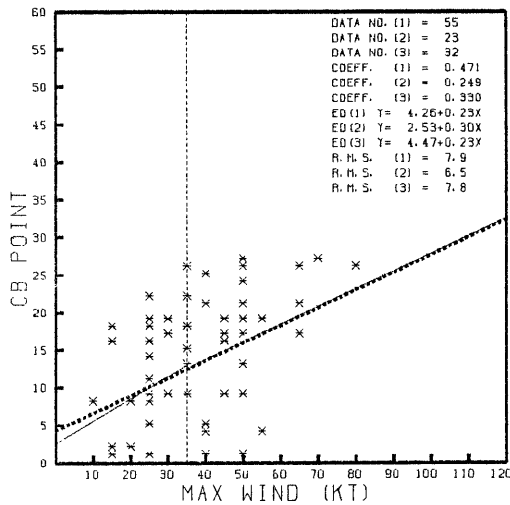


18時間前の生データ (領域1)

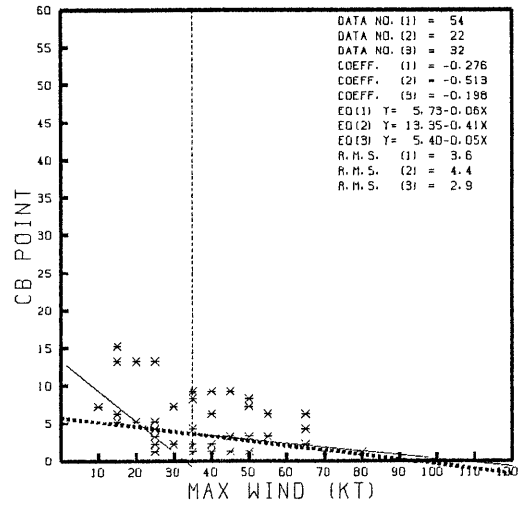
処 理	領 域	最大風速との相関係数		
		全 体(1)	<35Kt(2)	≥35Kt(3)
当該時刻の 生データ	4	-0.088	-0.508	0.175
	6	0.110	-0.436	0.218
当該時刻の 前6時間変化量	6	-0.023	-0.447	-0.117
当該時刻の 前24時間変化量	4	-0.093	-0.478	0.212
	6	-0.160	-0.460	0.002
6時間前の 前24時間変化量	2	-0.417	-0.216	-0.212

処 理	領 域	最大風速との相関係数		
		全 体(1)	<35Kt(2)	≥35Kt(3)
12時間前の 前12時間変化量	4	-0.174	-0.414	0.024
18時間前の 生データ	4	0.024	-0.459	-0.006
	6	0.428	-0.273	0.457
18時間前の 前6時間変化量	4	0.014	-0.444	0.029
18時間前の 前24時間変化量	4	0.097	-0.521	0.108
24時間前の 前18時間変化量	2	0.024	0.542	0.025

図1(2) 時間変化量処理による領域別 Cb パラメータポイントと最大風速の相関 (DOパターン)
〔特記事項〕は図1(1)と同じ



6時間前の前4時刻平均値 (領域5)



12時間前の前4時刻平均値 (領域6)

処 理	領 域	最大風速との相関係数		
		全 体(1)	< 35kt(2)	≥ 35kt(3)
当該時刻の前3時刻平均値	5	0.438	0.154	0.288
当該時刻の前4時刻平均値	5	0.442	0.172	0.284
6時間前の前2時刻平均値	5	0.479	0.082	0.325
6時間前の前3時刻平均値	5	0.484	0.127	0.330
12時間前の前2時刻平均値	5	0.456	-0.003	0.413
12時間前の前3時刻平均値	5	0.460	0.164	0.394

処 理	領 域	最大風速との相関係数		
		全 体(1)	< 35kt(2)	≥ 35kt(3)
12時間前の前4時刻平均値	5	0.487	0.107	0.488
24時間前の前2時刻平均値	6	-0.150	-0.456	-0.034
	7	-0.078	-0.414	0.136

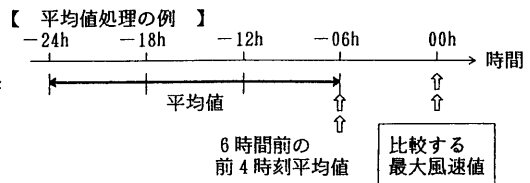
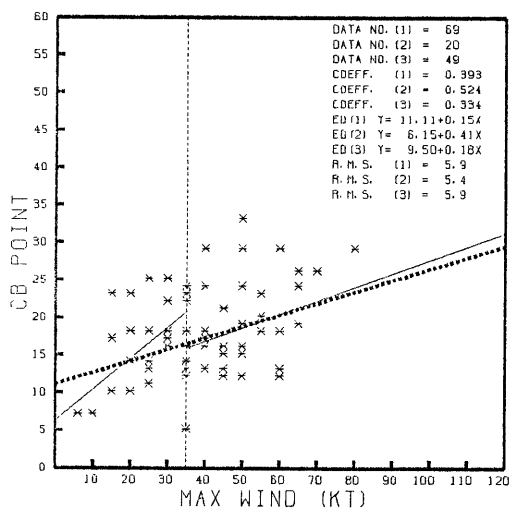
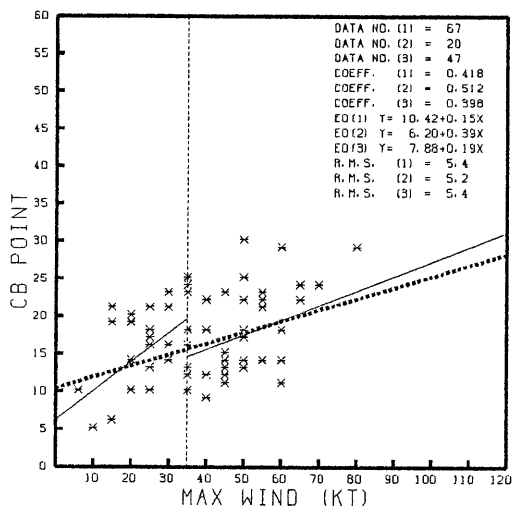


図1(3) 時間平均値処理による領域別Cbパラメータポイントと最大風速の相関 (バンドパターン)
〔特記事項〕は図1(1)と同じ



1 2時間前の前2時刻平均値 (領域1)

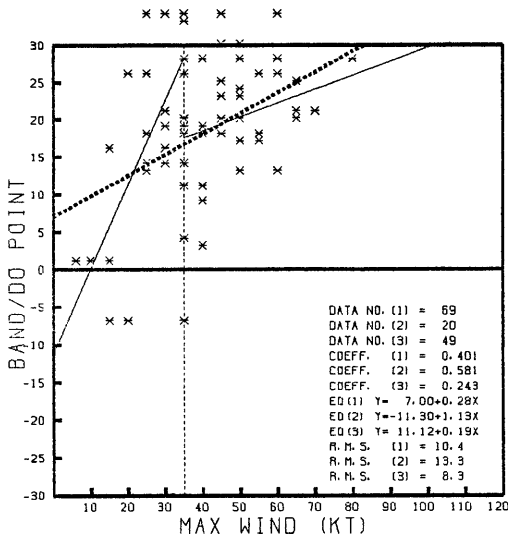


1 2時間前の前3時刻平均値 (領域1)

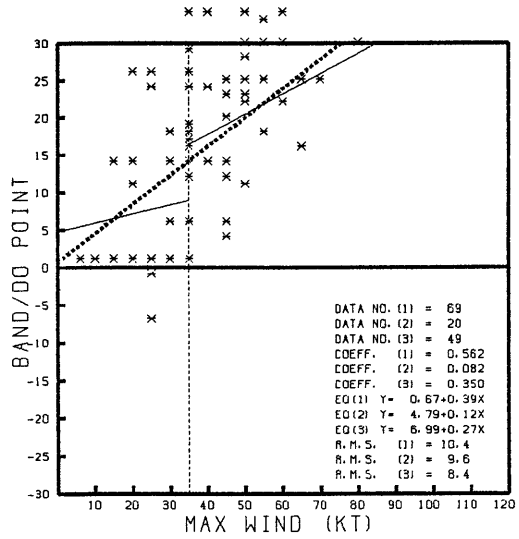
処 理	領 域	最大風速との相関係数		
		全 体(1)	<35Kt(2)	≥35Kt(3)
当該時刻の 前2時刻平均値	4	-0.031	-0.407	0.219
当該時刻の 前3時刻平均値	4	-0.103	-0.432	0.162
当該時刻の 前4時刻平均値	1	0.292	0.423	0.300
	4	-0.083	-0.479	0.133
6時間前の 前3時刻平均値	1	0.297	0.429	0.266
6時間前の 前4時刻平均値	1	0.359	0.515	0.345
12時間前の 前2時刻平均値	4	-0.122	-0.437	-0.005

処 理	領 域	最大風速との相関係数		
		全 体(1)	<35Kt(2)	≥35Kt(3)
12時間前の 前4時刻平均値	2	0.405	0.392	0.395
18時間前の 前2時刻平均値	1	0.440	0.403	0.437
	6	0.466	-0.015	0.422
18時間前の 前3時刻平均値	2	0.404	0.482	0.341
24時間前の 前2時刻平均値	2	0.456	0.506	0.363
24時間前の 前3時刻平均値	2	0.433	0.500	0.357

図1(4) 時間平均値処理による領域別 Cb パラメータポイントと最大風速の相関 (DO パターン)
〔特記事項〕は図1(1)と同じ



6時間前の生データ



18時間前の生データ

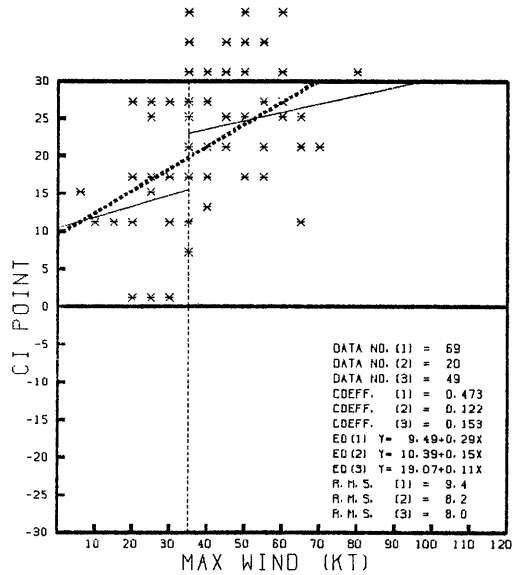
処 理	最大風速との相関係数		
	全 体(1)	< 35kt(2)	≥ 35kt(3)
6時間前の 前6時間変化量	0.080	0.410	0.128
6時間前の 前12時間変化量	-0.139	0.492	-0.087
6時間前の 前18時間変化量	0.033	0.417	-0.010

図 1(5) 時間変化量処理による
 BAND/DO パラメータと
 最大風速の相関 (DO パターン)
 (特記事項) は図 1(1)と同じ

DO パターンでは測定要素が異なるので、バンドパターンの測定法が不適切であったのかも知れない。しかし、Ci パラメータポイントは各パターンとも同様の方法で与えられたので、DO パターンで比較的高い相関が得られながら、バンドパターンではそれが見い出せなかったということは、各パターンでの上層発散の特徴が異なることを示すものとも考えられる。

以上の結果から、バンドパターンと DO パタ

ーンでの総合ポイント算出に組み合わせる Cb パラメータ、BAND/DO パラメータ、Ci パラメータの各ポイントの処理法 (すなわち、発生判定式の項) の候補を選択した。その際に、3つのパラメータのポイント処理法の候補として、台風の発生を判定するという前提から、最大風速が35ノット未満での相関が高く、評価したデータの個数が20個以上あること、全データでの相関も比較的高い処理法を選んだ。ただし、バ

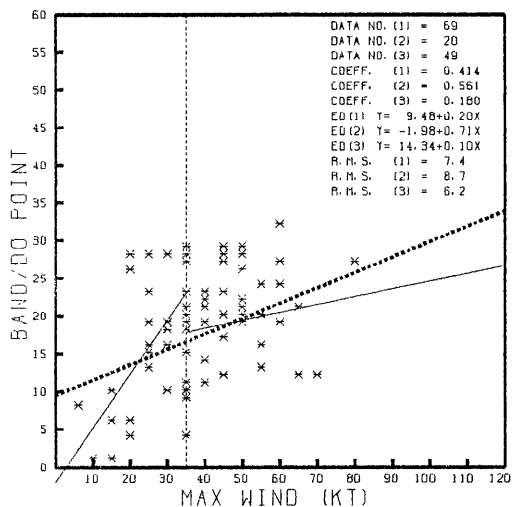


1 2 時間前の生データ

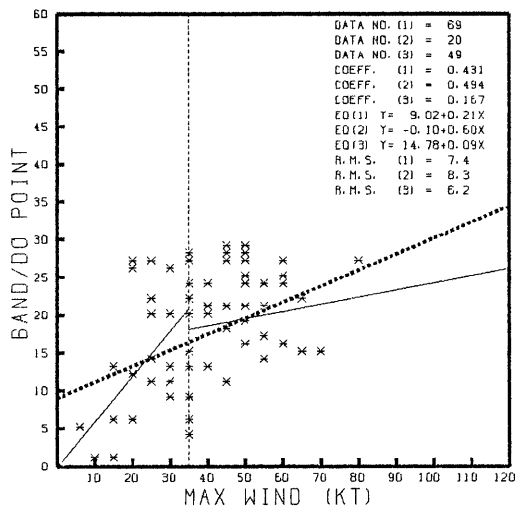
図1(6) 時間変化量処理による
Ci パラメータポイントと最大風
速の相関 (DO パターン)
〔特記事項〕は図1(1)と同じ

ンドパターンでの BAND/DO パラメータと Ci パラメータのポイント処理法は妥当なものが得られなかったため、DO パターンと同じ処理法1つと、相対的に高い相関係数(0.2程度であるが)を持つ処理法1つの、計2つを候補とした。

表3に、採用した各ポイント処理法候補の一覧を示す。



当該時刻の前2時刻平均値

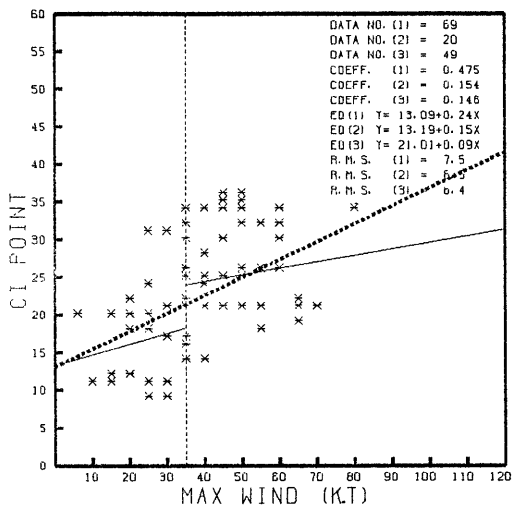


当該時刻の前3時刻平均値

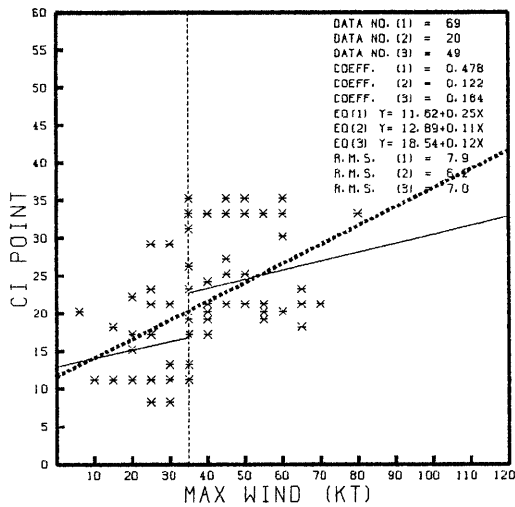
処 理	最大風速との相関係数		
	全 体(1)	<35Kt(2)	≥35Kt(3)
当該時刻の前4時刻平均値	0.522	0.436	0.249
6時間前の前2時刻平均値	0.424	0.498	0.185
6時間前の前3時刻平均値	0.545	0.418	0.302
6時間前の前4時刻平均値	0.581	0.425	0.394

処 理	最大風速との相関係数		
	全 体(1)	<35Kt(2)	≥35Kt(3)
12時間前の前2時刻平均値	0.506	0.206	0.245
12時間前の前3時刻平均値	0.545	0.268	0.342
18時間前の前2時刻平均値	0.560	0.228	0.387

図1(7) 時間平均値処理による BAND/DO パラメータポイントと最大風速の相関 (DOパターン)
〔特記事項〕は図1(1)と同じ



当該時刻の前3時刻平均値



6時間前の前2時刻平均値

処 理	最大風速との相関係数		
	全 体(1)	<35Kt(2)	≥35Kt(3)
当該時刻の前4時刻平均値	0.467	0.188	0.155
6時間前の前3時刻平均値	0.462	0.174	0.184
6時間前の前4時刻平均値	0.442	0.189	0.134

処 理	最大風速との相関係数		
	全 体(1)	<35Kt(2)	≥35Kt(3)
12時間前の前2時刻平均値	0.438	0.182	0.168
12時間前の前3時刻平均値	0.411	0.195	0.109

図1(8) 時間平均値処理による Ci パラメータポイントと最大風速の相関 (DO パターン)
〔特記事項〕は図1(1)と同じ

表3 最大風速との間に時間差を考慮した発生判定式に採用する各ポイント処理法候補の一覧

パターン ポイント	処理法と評価のしきい値 ^{*1}	バンドパターン		DOパターン			
		処理法	相関係数とデータ個数		処理法	相関係数とデータ個数	
			設定無	<35Kt		設定無	<35Kt
Cbパラメータポイント	領域5における6時間前の前4時刻(-06, -12, -18, -24h)のAPPT ^{*2} とTRPT ^{*3} の和の平均	0.471	0.249	領域1における12時間前の前2時刻(-12, -18)のAPPTとTRPTの和の平均	0.418	0.512	
		55個	23個		67個	20個	
BAND/DOパラメータポイント	当該時刻の前3時刻(00, -06, -12h)のAPPTとTRPTの和の平均	0.117	-0.169	当該時刻の前3時刻(00, -06, -12h)のAPPTとTRPTの和の平均	0.431	0.494	
		56個	24個		69個	20個	
Ciパラメータポイント	当該時刻の前2時刻(-24, -30h)のAPPTとTRPTの和の平均	0.238	0.207	当該時刻の前2時刻(00, -06h)のAPPTとTRPTの和の平均	0.414	0.561	
		54個	22個		69個	20個	
Ciパラメータポイント	当該時刻の前3時刻(00, -06, -12h)のAPPTとTRPTの和の平均	0.234	-0.254	当該時刻の前3時刻(00, -06, -12h)のAPPTとTRPTの和の平均	0.475	0.154	
		56個	24個		69個	20個	
Ciパラメータポイント	当該時刻の前2時刻(00, -06h)のAPPTとTRPTの和の平均	0.278	-0.163	6時間前の前2時刻(-06, -12h)のAPPTとTRPTの和の平均	0.478	0.122	
		57個	25個		69個	20個	

*1 評価のしきい値

「設定無」：全最大風速と各ポイント全体との相関，およびその評価データ個数

「<35Kt」：35ノット未満の最大風速と対応する各ポイントとの相関，およびその評価データ個数

*2 APPT：表1に示した状態ポイント，以下同じ

*3 TRPT：表1に示した6時間変化傾向ポイント，以下同じ

3.3 最大風速との間に時間差を考慮した発生判定式の提案

3.2項で候補に挙げた3つのパラメータのポイント処理値を組み合わせて，最大風速との間に時間差を考慮した発生判定式を試作し，各発生判定式によって得られる総合ポイントを最大風速と比較した。

表4に，最大風速との間に時間差を考慮した発生判定式として試作した5例を示す。また，表5に，これらの発生判定式(2)~(6)によって得られた各ポイントと最大風速の相関係数を示す。ただし，DOパターンの発生判定式(6)では，同バ

ターンの発生判定式(5)を基に，35ノット未満の最大風速とこれに対応する各ポイントとの重回帰分析によって，各パラメータ項の係数とバイアス値を決定している。

バンドパターンでは，最大風速との時間差を考慮しない発生判定式(1)の場合は，表2に示したように総合ポイントの全データによる相関係数0.404が最高であったが，最大風速との時間差を考慮した発生判定式ではより高くなり，発生判定式(6)では全データによる相関係数が0.539になった。さらに最大風速35ノット未満の場合でも，表2の6時間前と現在の総合ポイントの変化量による相関係数が0.239が最高で

表4 最大風速との間に時間差を考慮した発生判定式の一覧

発生判定式番号とパターン		Cbパラメータ ポイント		BAND/DOパラメータ ポイント		Ciパラメータ ポイント		その他の パラメータ
判定式(2)	バンドパターン	領域5における 6時間前の前4時刻 (-06, -12, -18, -24h) の APPT *1 と TRPT *2の和の平均	+	当該時刻の前3時刻 (00, -06, -12h) の APPT と TRPT の和の平均	+	当該時刻の前3時刻 (00, -06, -12h) の APPT と TRPT の和の平均		
	DOパターン	領域1における 12時間前の前3時刻 (-12, -18, -24h) の APPT と TRPT の和の平均						
判定式(3)	バンドパターン	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える	×	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える	×	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える		
	DOパターン	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える						
判定式(4)	バンドパターン	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える	×	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える	×	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える	×	雲システム中心の 緯度値によるコリ オリパラメータ
	DOパターン	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える						
判定式(5)	バンドパターン	判定式(2)と同じ	+	24時間前の前2時刻 (-24, -30h) の APPT と TRPT の和の平均	+	当該時刻の前2時刻 (00, -06h) の APPT と TRPT の和の平均		
	DOパターン	領域1における 12時間前の前2時刻 (-12, -18h) の APPT と TRPT の和の平均		当該時刻の前2時刻 (00, -06h) の APPT と TRPT の和の平均		6時間前の前2時刻 (-06, -12h) の APPT と TRPT の和の平均		
判定式(6)	バンドパターン	判定式(2)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える	×	判定式(5)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える	×	判定式(5)と同じ @ただし、マイナス の値にならないよう に10を加える	×	雲システム中心の 緯度値によるコリ オリパラメータ (×20)
	DOパターン*3	判定式(5)と同じ @ただし、重回帰係 数(0.7404)を掛 ける		判定式(5)と同じ @ただし、重回帰係 数(0.3726)を掛 ける		判定式(5)と同じ @ただし、重回帰係 数(0.1883)を掛 ける		

*1 APPT: 表1に示した状態ポイント, 以下同じ

*2 TRPT: 表1に示した6時間変化傾向ポイント, 以下同じ

*3 DOパターンの発生判定式(6)

: 同パターンの発生判定式(5)を基に, 35ノット未満の最大風速とこれに対応する各ポイントとの重回帰分析による各パラメータ項とバイアス値を決定

あったが, 発生判定式(6)では0.418と高くなっている。

発生判定式(6)は, 時間差と時間平均を考慮した3つのパラメータポイント(マイナス値にならないよう各々10を加える)と各時刻における雲システム中心の緯度によるコリオリ因子を全て乗じて総合ポイントを与えている(ただし, 次に述べるDOパターンでの総合ポイントとほぼ同じ程度の値となるよう, さらに20倍して

最終値としている)。この方式はGray(1975)による熱帯低気圧の季節発生因子, すなわち

$$\text{熱帯低気圧の季節発生因子} = DP \times TP$$

$$\text{ただし } DP (\text{力学ポテンシャル}) = \text{コリオリ因子} \times (\text{相対湿度} + 5) \times \left\{ 1 / (\text{対流圏下層と上層における鉛直シア} + 3) \right\}$$

$$TP (\text{熱ポテンシャル}) = \text{海洋の熱エネルギー} \times (5 - \text{湿潤安定})$$

表5 最大風速との間に時間差を考慮した発生判定式による各ポイントと最大風速の相関

(バンドパターン)

ポイント	判定式と評価のしきい値 ^{*1}		判定式 (2)		課定式 (3)		判定式 (4)		判定式 (5)		判定式 (6)	
	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt
Cb パラメータポイント	0.471	0.249										
BAND/DO パラメータポイント	0.117	-0.169	判定式(2)と同じ		判定式(2)と同じ				0.238	0.207	判定式(5)と同じ	
Ci ポイント	0.234	-0.254							0.278	-0.163		
総合ポイント	0.463	-0.070	0.472	0.040	0.522	0.283	0.490	0.101	0.539	0.418		
(評価データ個数)	(55)	(23)	(55)	(23)	(55)	(23)	(54)	(22)	(54)	(22)		

(DO パターン)

ポイント	判定式と評価のしきい値 ^{*1}		判定式 (2)		課定式 (3)		判定式 (4)		判定式 (5)		判定式 (6)	
	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt	設定無	<35Kt
Cb パラメータポイント	0.418	0.512							0.393	0.524		
BAND/DO パラメータポイント	0.431	0.494	判定式(2)と同じ		判定式(2)と同じ				0.414	0.561	判定式(5)と同じ	
Ci ポイント	0.475	0.154							0.478	0.122		
総合ポイント	0.601	0.590	0.557	0.531	0.565	0.542	0.625	0.663	0.607	0.777		
(評価データ個数)	(67)	(20)	(67)	(20)	(67)	(20)	(69)	(20)	(69)	(20)		

*1 評価のしきい値

「設定無」：全最大風速値と、各ポイント全体との相関

「<35Kt」：35ノット未満の最大風速値と、対応する各ポイントとの相関

度) × (相対湿度 - 40) / 30 に準じている。発生判定式(4)は発生判定式(3)にコリオリ因子を乗じたものであるが、バンドパターンではこの操作によって35ノット未満の場合に相関が上がっていることからみても、台風発生期においてコリオリ因子の果たす役割の大きさが確認できる。すなわち、バンドパターンでは雲バンドの低気圧性曲率の増大をポイント化するパラメータを採用しているため、擾乱に伴う雲システム中心の緯度によるコリオリ因子が、有効に働いているものと考えられる。なお、DOパターンでは、発生判定式(3)と発生判定式(4)の間に相関の変化は無く、コリオリ因子を乗じた効果は現れていない。

一方、DOパターンでは、最大風速との時間差を考慮しない発生判定式(1)の場合は、表2に示したように現在を含む前4時刻の総合ポイントの平均が、全データによる相関係数で0.575, 35

ノット未満の場合で0.371が最高であったが、全データによる相関係数は発生判定式(5)で0.625, 発生判定式(6)で0.607, また最大風速35ノット未満の相関係数は発生判定式(6)で0.777と、より高い相関が得られた。

発生判定式(6)によって得られた総合ポイントは、雲の特徴から最大風速の盛衰をある程度表現していると考えられる。図2に、発生判定式(6)による各パターンの総合ポイントと最大風速の散布を示す。双方の散布図とも、回帰直線に沿ってリニアに分布しており、全データを対象にした場合と、最大風速35ノット未満または以上に限った場合でも、回帰直線とデータの散布状況に大きな差異がない。本調査では、台風発生に至る経過を雲パラメータから推定して発生を判定するという趣旨から、発生判定式(6)を採用する。

この判定式を使用して、弱い熱帯低気圧から

台風の発生に至る（最大風速が34ノットに達する）までの総合ポイントの動向を検討するには、最大風速が35ノット未満の場合の回帰直線に着目して、最大風速が34ノットに対応する総合ポイント、すなわち

【バンドパターン】

$$1.57 + 0.55 \times 34 \text{ (Kt)} = 20$$

【DOパターン】

$$9.01 + 0.59 \times 34 \text{ (Kt)} = 29$$

を台風発生の目安としたい。

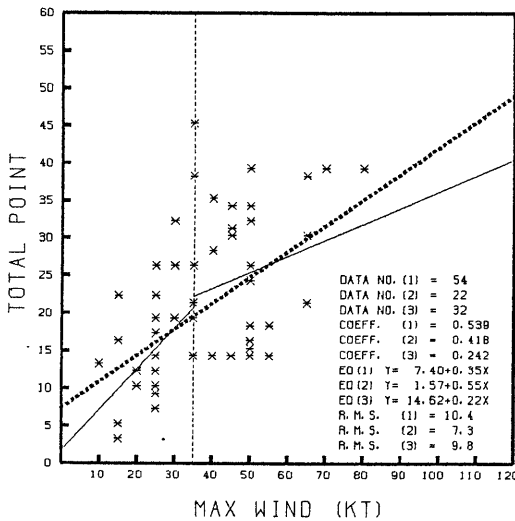
3. 4 発生判定式(6)によるパラメータ時系列の特徴

発生判定式(6)を使用して、23個の台風について発生判定パラメータの総合ポイントを算出し、飛行機観測データで決めた台風発生時刻（最大風速35ノットを越えた時刻）に至るまでの総合

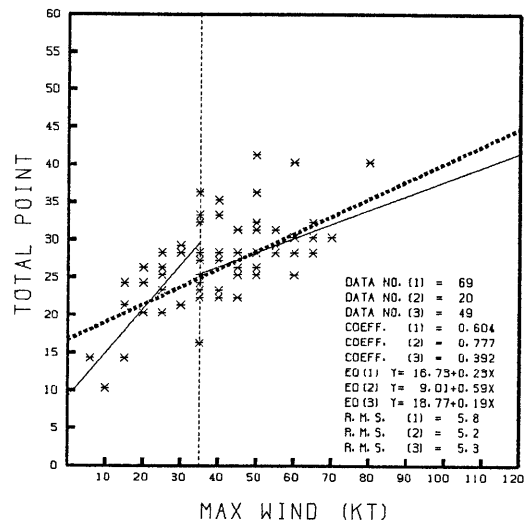
ポイントの動向を検討した。図3(1)から図3(3)に、発生判定式(6)による各ポイントの時系列の例を示す。

(1)は、バンドパターンで発達した T8607の例である。時間差を考慮しない発生判定式(1)で得られたこの台風の総合ポイントは、この台風の発生に至るまで時間とともにほぼ順調に増大していたがその途中経過には小さな上下動があり、台風発生とする時刻の特定がやや困難であった。しかし、発生判定式(6)による総合ポイントでは、その時間経過が非常に滑らかに増加している。飛行機データで決めた台風発生時刻（図中の上段下部に示す上向きの矢印の時刻）の総合ポイント（図中の下段下部に示す数値）は23を示している。3. 3項の末尾で示したバンドパターンでの台風発生の目安として提案した総合ポイントの20と、ほぼ等しい。

(2)は DOパターンで発達した T8221の例で



バンドパターン



DOパターン

図2 発生判定式(6)による総合ポイントと最大風速の相関を表す散布図

〔特記事項〕は図1(1)の2. 項および3. 項と同じ



図3(2) 発生判定式(6)による各ポイントの時系列 (T8221)

ある。時間差を考慮しない発生判定式(1)で得られたこの台風の総合ポイントは、飛行機データで決めた台風発生時刻より12時間前に大きなピークが見られ、台風発生とする時刻の特定がやや困難であった。しかし、発生判定式(6)による総合ポイントでは、その大きなピークは検出されず、バンドパターンで発達した T8607の例と同様に、総合ポイントは時間とともに順調に増加している。台風発生時刻の総合ポイントは34を示しており、DOパターンでの台風発生の目安として提案した総合ポイントの29よりやや大きい程度であるが、6時間前は27であることから、この6時間内で台風として発生したと考えて良い。

また、(3)はバンドパターンで発達した T8208の例である。時間差を考慮しない発生判定式(1)で得られたこの台風の総合ポイントは、飛行機データで決めた台風発生時刻に至る経過に明瞭な特徴が認められず、台風発生とする時刻の特定は全くできなかった。しかし、発生判定式(6)による総合ポイントでは時間経過に多少のメリハリが現れ、飛行機データで決めた台風発生時刻の6時間後にピークが認められる。台風発生とした時刻の総合ポイントは25を示しており、バンドパターンでの台風発生の目安として提案した総合ポイントの20よりやや大きい程度である。しかし、この12時間前にも総合ポイントは26を示しているところに問題が残る。

本調査に使用した23個の台風のうち、バンドパターンでの発生は12例、DOパターンは11例あったが、飛行機データで決めた台風発生時刻での発生判定式(6)による総合ポイントの値を調べると

【バンドパターン】 平均：20
 最大：31 (T8210)
 最小：11 (T8610)

【DOパターン】 平均：27
 最大：37 (T8309)
 最小：21 (T8405)

となった。バンドパターンでは、DOパターンよりもポイントのばらつきが多い。

なお、発生判定式を検討した23個の台風とは異なる独立資料として、バンドパターンとDOパターンで典型的に発達したと思われる台風を各1例(T9025, T9123)と、台風にまで発達しなかったTDを3例選んで、発生判定式(6)によって得られる総合ポイントの発生判定効果を検討した。これらの台風およびTDについては、飛行機による最大風速の観測値はない。

典型的に発達した台風2個は、時間とともに総合ポイントが順調に増大し、ベストトラックによって決められた台風発生の時刻では、総合ポイントは3。3項の末尾で台風発生の目安として提案した値の前後を示していた。一方、台風にまで発達しなかったTDはいずれもDOパターンであり、総合ポイントが提案の総合ポイント29に至らずに時間の経過とともに低下していった。独立資料でも、発生判定式(6)による総合ポイントの動向が台風の発生判定に有効であることが確かめられた。

4. まとめ

この調査では、台風発生に至る各パラメータの特徴として以下の事象が見いだされた。

(1) ある時刻の発生判定パラメータが同時刻の最大風速を表すと仮定した場合

測定した3つのパラメータのポイントおよびこれらの和による総合ポイントが同時刻の最大風速を表すと仮定して、最大風速と比較した。

個々のパラメータポイントと総合ポイントでは、最大風速との相関係数が最大で0.4程度であった。総合ポイントの値を前4時刻での平均

値として最大風速と比較すると、DOパターンでの相関が0.6近くと高くなったが、バンドパターンでは相関の向上は認められなかった。

バンドパターンとDOパターンでは、発生判定パラメータのポイントと最大風速との対応の仕方が異なっており、各パターンで台風発生に至る雲の特徴が異なることが推測された。

(2) 各パラメータのポイントと最大風速との間に時間平均と時間差を考慮した場合

Cbクラスターが表す深い対流の状態を発生判定パラメータとして適用する際には、雲システム中心の位置に対する雲パターン固有の特定領域でのCbクラスターに着目し、時間平均や最大風速の増大に至る時間差を考慮する必要がある。

同様に、Cbクラスターによる雲バンド及びDOやCiストリークが表す上層発散の状態を発生判定パラメータとして適用するにあたって、雲パターンによって異なる時間平均や風速との時間差を考慮する必要が認められた。

各パターン個別に時間平均や風速との時間差を考慮した結果、最大風速の増減に関連すると考えられる各パラメータのポイント処理法を選択することができた。

(3) 最大風速との間に時間差を考慮した発生判定式の提案

(2)で選択した各パラメータのポイント処理法の候補によって、最大風速との間に時間差を考慮した総合ポイントを与える発生判定式として、バンドパターンではコリオリ因子も考慮した各パラメータのポイント処理値の積、DOパターンでは各パラメータのポイント処理値に重回帰係数を掛けた和（重回帰分析のバイアス値も加算）が、それぞれ最大風速との相関が最も高かった。

この発生判定式による総合ポイントの時間変

動に着目した台風発生判定法の、基礎的な考え方が提案できた。

なお、パターンによって発生判定式が異なる（各パラメータの時間平均処理法や最大風速との時間差、コリオリ因子の効果など）原因については、さらに検討する必要がある。

5. 今後の課題

今後は、この調査の方法を数値画像データに適用してより客観性を増すとともに、以前の調査で抽出された雲バンド湾曲度のパラメータ化や時間的に連続した回転性などのパラメータ化も考慮に入れて、実用化を目指す。

特に、回転性に関しては、北西太平洋上に台風が存在する時に撮像された15分間隔の画像データ（台風周辺の下層詳細風ベクトル算出用、04Z）を使用して、発生しつつある別の台風が画像データ内に含まれていた事例について上層と下層の風ベクトルを決定し、これによって下層渦度と上層発散の算出を試行する調査を実施した。その結果、台風の発生に至る時期に、下層低気圧性循環の強化と上層発散の強化、および下層循環中心と上層発散中心の接近を定量的に把握することができた。雲画像による下層循環と上層発散は、発生判定パラメータとして非常に有用であることが確認された。ただし、15分間隔の画像データは定常的に取得されないため、毎日6時間毎に撮像されている30分間隔の風ベクトル算出用画像データを有効利用していきたい。

謝 辞

草稿の校閲と有益なコメントに対し、気象庁予報部予報課の萩原武士予報官、気象衛星センターデータ処理部の周東健三部長、解析課の黒田雄紀課長と藤田由紀夫主任技術専門官に、謝意を表す。

参考文献

Gray, W.M., 1975: Tropical Cyclone Genesis, Pap. No. 234. Dept. Atmos. Sci., Colorado State University, Fort Collins. 1-121.

気象庁予報部, 1990: 予報作業指針 (台風予報)

Steranka, J., R.B.Rodgers and R.C.Gentry, 1986: The Relationship between Satellite Measured Convective Bursts and Tropical Cyclone Intensification, Mon. Wea. Rev., 114, 1539-1546.