

衛星による台風中心位置決定精度の検討

Investigation into position accuracy of typhoon center determined on GMS imagery

市成 隆*
Takashi Ichinari

Abstract

MSC reports the information on the typhoon obtained from GMS imagery in the code of SAREP (WMO international code FM-85VI) since 1st June 1984. In SAREP, position of typhoon center (hereafter GMS-center) and its accuracy which is determined from 10 cloud patterns of typhoon are included.

The diameters of the area where typhoon centers possibly exist were newly obtained for a term of a year (1987, T8702-T8723). The diameters were verified by the difference between GMS-centers and best tracks (determined by JMA) and were in approximate agreement with the position accuracy reported in SAREP. Besides the diameter can represent position accuracy more properly than the current determination.

はじめに

気象衛星センター (MSC) で行う台風解析業務の1つに、台風中心位置推定作業がある。この作業は、画像表示装置 (Image Display:以下IDPとする) に画像を表示させ、計算機との対話処理によって台風の中心位置、移動、サイズおよび中心位置推定の精度を決めるものである。求めた値は、国際通報式の SAREP 報によって、国内・国外の気象官署に配信される。

本稿では、衛星画像から推定される台風中心位置と気象庁 (JMA) で決定した値を比較し、位置推定の精度を検討する。また、SAREP 報で通報している中心判定精度についても考察する。

1. 調査対象データと用語

今回の調査には、1987年の1年間に得られた3時間毎または1時間毎のMSCにおける中心情報データ1301例と6時間毎に得られたJMAのデータ543例を用いた。

1.1 用語の定義

本文に用いる用語は、次のように定義する。

MSC 推定値: MSCが衛星画像から推定した台風中心位置。

JMA 決定値: JMAが最終的に決定した台風中心位置 (best track)。

中心決定誤差: MSC 推定値と JMA 決定値の差

中心判定精度: SAREP 報で規定されている中心位置の判定精度。

中心存在領域: MSCにおける中心推定作業の際、台風中心が存在可能と推定される範囲を円で近似した時の最大直径。実際の作業では、IDP上で最大直径と考えられる2点を指定して求める。ここでは「中心判定精度」に合わせ、半径に直して用いる。

1.2 SAREP 報で報じる中心判定精度

SAREP 報では、中心位置の判定精度を Table-1 のように定めている。現在、MSCでは萩原 (1984) の調査に基づき、10種の雲パターンと SAREP 報の判定精

* 気象衛星センター解析課
Meteorological Satellite Center

度のコード（以下コードと言う）とを対応させた表（Table-2）を作成し、これを介して雲パターンから中心判定精度（At）を決め、SAREP 報で報じている。

注）SAREP 報では、記号 At で表わす。

Table-1 Determination accuracy of tropical cyclone center in SAREP

At - 熱帯低気圧の中心位置の判定精度	
Code	
0	中心は通報位置の 10 km以内
1	中心は通報位置の 20 km以内
2	中心は通報位置の 50 km以内
3	中心は通報位置の 100 km以内
4	中心は通報位置の 200 km以内
5	中心は通報位置の 300 km以内
/	決定できない

以下に、今回得られた中心決定誤差の分布を中心判定精度の各コード（1～4）別に示す。図中の★印は、各コードに対応する中心決定誤差の大きさ（距離）を示す。

各コードの中心決定誤差は、

コード 1（Fig. 1-1）では、中心決定誤差20km以内に、52例中50例（96%）が分布している。

コード 2（Fig. 1-2）では、中心決定誤差50km以内に、238例中234例（98%）が分布している。

Table-2 Correspondence between SAREP code and cloud pattern

At - 熱帯低気圧の中心位置の判定精度	
Cloud Pattern	Code
1. Distinct small eye	1
2. Distinct large eye	2
3. Ragged eye	2
4. Banding eye	2
5. Distinct spiral band	2
6. Distinct CDO	2
7. Indistinct CDO	3
8. Shear	3
9. Organized cb-cluster	3
10. Unorganized cb-cluster	4

コード 3（Fig. 1-3）では、中心決定誤差100km以内に、237例中228例（96%）が分布している。

コード 4（Fig. 1-4）では、中心決定誤差200km以内に、16例中15例（94%）が分布している。

これより、各コードにおける中心決定誤差が、それぞれのコードで示される中心判定精度内に収まっていることが分かる。更に中心決定誤差は、中心判定精度の各コードに対応する距離よりはるかに小さい領域により多く分布していることも分かる。従って、雲パターンによって中心判定精度を評価する現在の方法には、改善の余地があると考えられる。

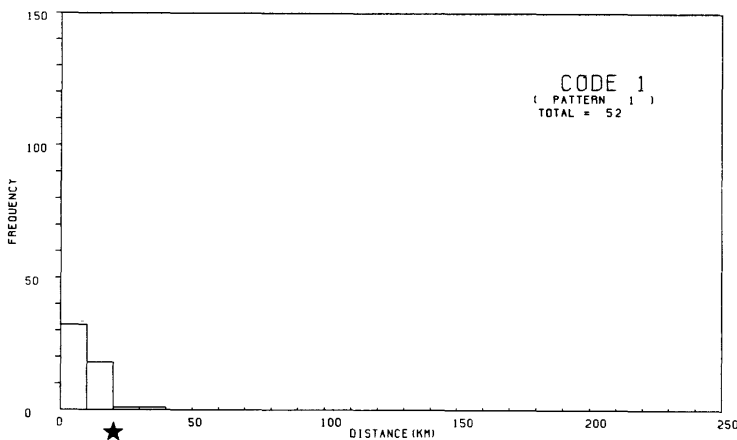


Fig.1-1 Distribution of the difference between JMA's and MSC's center location for SAREP 'code 1'

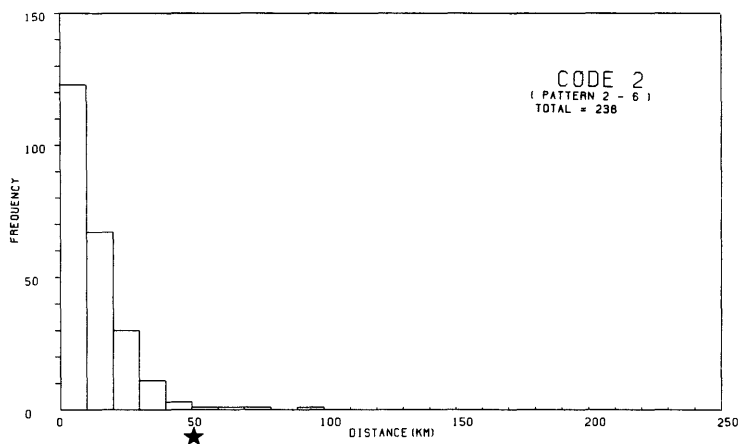


Fig.1-2 Same as in Fig.1-1 except for SAREP 'code2'

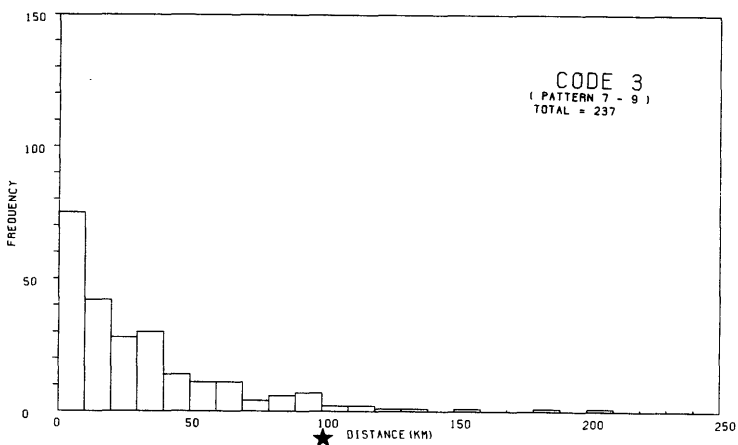


Fig.1-3 Same as in Fig.1-1 except for SAREP 'code3'

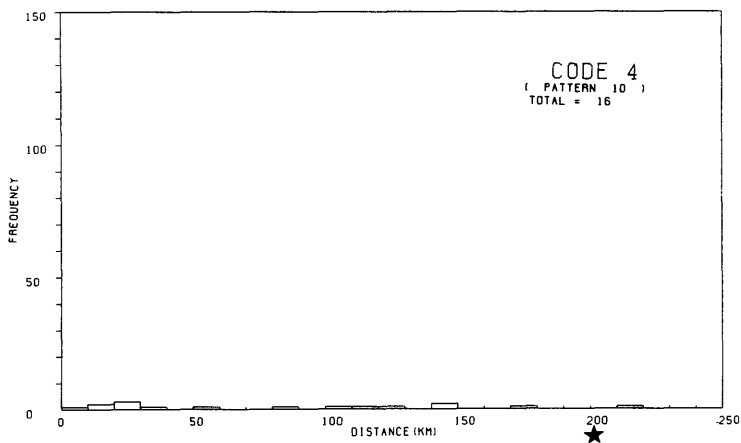


Fig.1-4 Same as in Fig.1-1 except for SAREP 'code4'

2. 中心決定誤差の検討

MSCでは、台風中心位置推定作業時に対象とする台風の雲パターンが、Table-2に示す10種のどのパターンに該当するかを決めている。この節では、中心決定誤差のパターンによる分布を調べる。まず、全てのパターンを一括して検討し、次に精度の高いパターンの例と低いパターンの例として、それぞれ Distinct eye pattern と Shear pattern の例を示す。

2.1 All pattern

全てのパターンを合計すると、543例である。Fig. 2-1に中心決定誤差の頻度分布を示した。これを見ると、全体として差の小さい方に分布が集中し、50km以内(コード2に対応)に482例(89%)、20km以内(コード1に対応)に360例(66%)が分布し、更に両者が一致した例(差0)も132例(24%)あった。

2.2 Distinct eye pattern

このパターンは、distinct small eye と distinct large eye を合計したもので64例あった。Fig. 2-2を見ると、明瞭な眼をもつため差が非常に小さく、59例(97%)が20km以内に分布する。

2.3 Shear pattern

このパターンは、濃密雲域と中心を示唆する下層雲渦が離れた状態にあるもので73例あった。Fig. 2-3を見ると、差は0~210kmと広範囲に分布する。これは台風中心とされる下層雲渦が、明瞭に現れているかどうかが大きく影響している。50km以内に57例(78%)が分布し、20km以内にも40例(56%)が分布する。

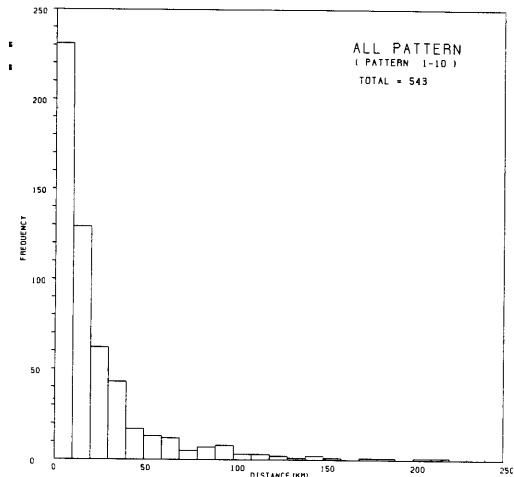


Fig.2-1 Distribution of the difference between JMA's and MSC's center location for All pattern

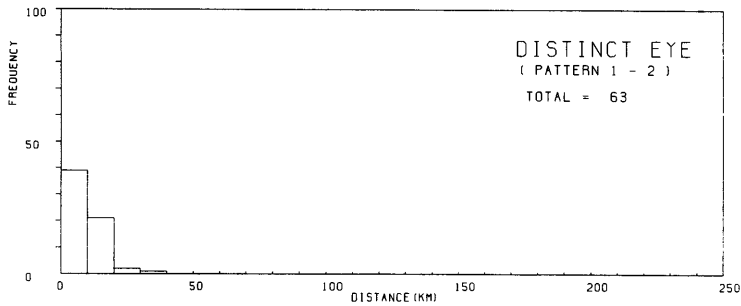


Fig.2-2 Same as in Fig.2-1 except for Distinct eye pattern

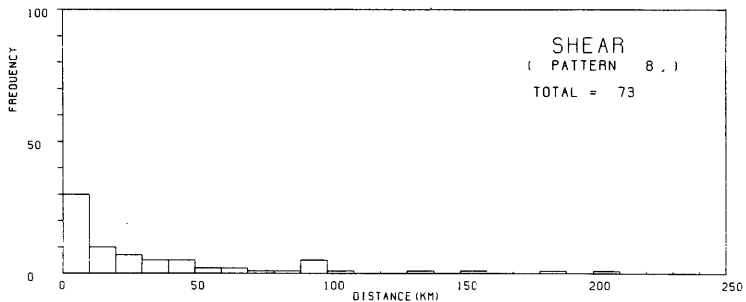


Fig.2-3 Same as in Fig.2-1 except for Shear pattern

3. 中心存在領域と中心決定誤差との比較

前節で検討した中心決定誤差と、解析者が判断した中心存在領域を比較する。図は横軸に中心決定誤差を、縦軸に中心存在領域をとってある。図中の縦横の線は、対応する中心判定精度を示し、太線で囲まれる正方形の領域は、中心存在領域と中心決定誤差が同一の中心判定精度（コード）の範囲内に分布することを示す。また、原点を通る直線は、中心存在領域と中心決定誤差の値が等しくなる点を結んだものである。

3.1 All Pattern

Fig. 3-1 に示した中心存在領域と中心決定誤差の分布状況を見ると、原点を通る直線に比べ分布の傾きが小さく、中心決定誤差が大きくなっても解析者は中心存在領域を小さく見積っていることを示す。中心決定誤差50km以上でこの傾向が明瞭になる。200km以内（コード4に対応）の太線で囲まれる領域に543例中541例（99%以上）が分布する。

3.2 Distinct eye pattern

このパターンは、コード1と2にあたる。Fig. 3-2 をみると、63例全てがコード2に対応する50kmの太線で囲まれる領域内に分布し、内52例（81%）が20kmの太線の領域内に分布する。

3.3 Shear pattern

このパターンは、コード3にあたる。Fig. 3-3 の分布状況を見ると、中心決定誤差50km以上では、中心存在領域がほぼ一定になっているのが分かる。コード3に対応する100kmの太線の領域内に73例中67例（92%）が分布し、更に47例（64%）が50kmの太線の領域内に分布する。

以上、全体に共通することは、中心存在領域と中心決定誤差は、図中の太線で示すように、各パターンに対応する同一のコードの領域内に90%以上が分布し、しかも、上記より更に1ランク小さいコードの領域内にも高い割合で分布していることである。

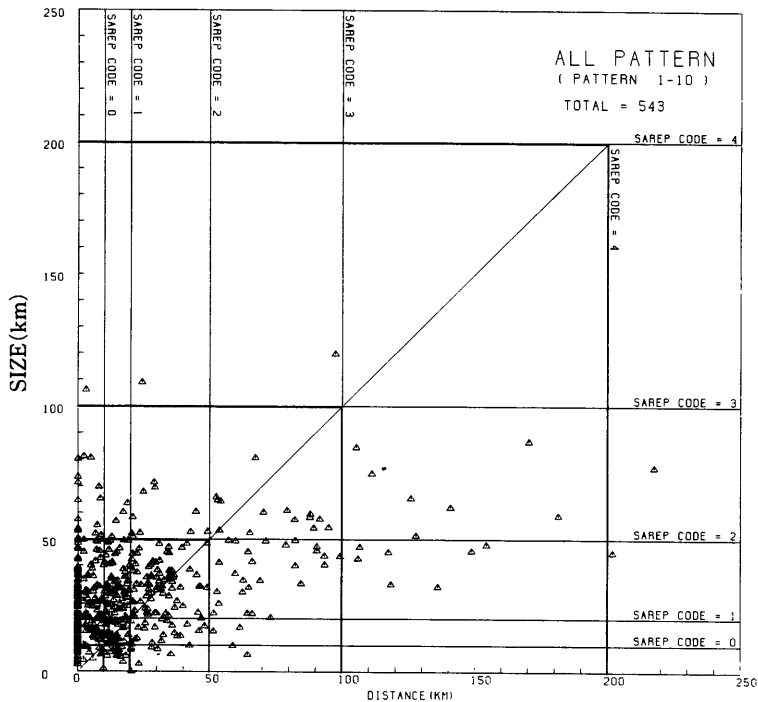


Fig.3-1 Comparison between area size of possible geographical position and the difference distance between JMA's and MSC's center location for All pattern

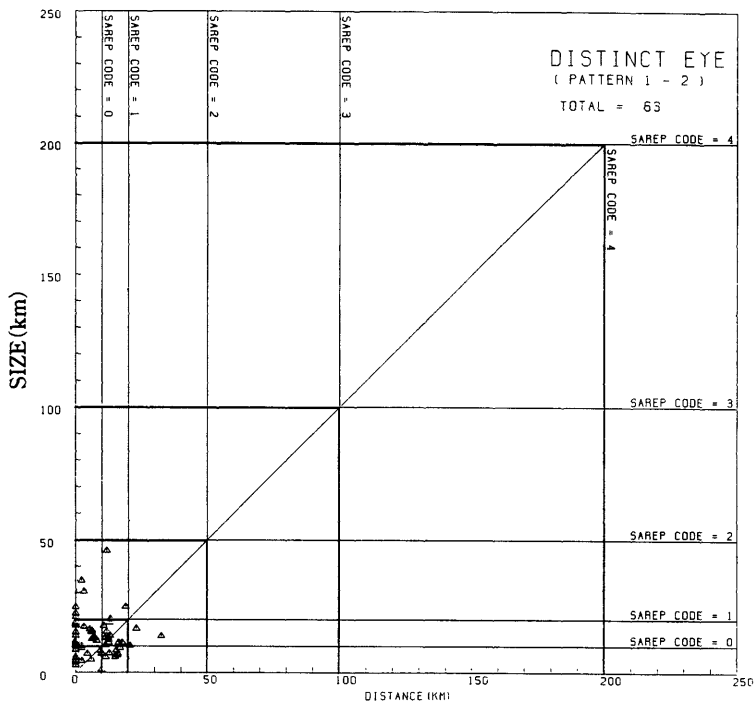


Fig. 3-2 Same as in Fig. 3-1 except for Distinct eye pattern

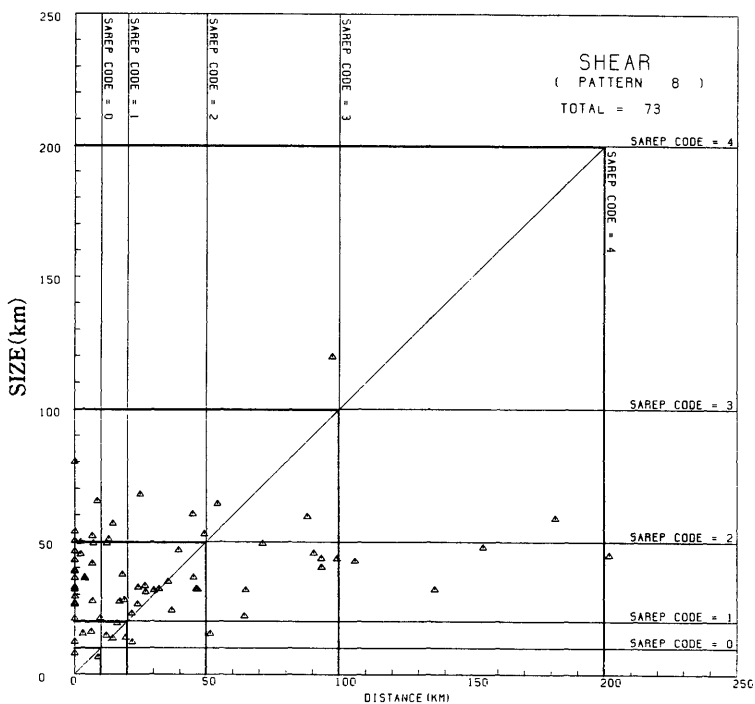


Fig. 3-3 Same as in Fig. 3-1 except for Shear pattern

4. 雲パターン別の中心存在領域の分布

以下に、MSC解析者による中心存在領域の分布を雲パターン別に概略説明する。

4.1 Distinct small eye

このパターンは、眼が明瞭（ほぼ真円）で小さいものをいう。Fig. 4-1によれば、中心存在領域20km以内に115例中113例（98%）が分布する。中心存在領域の平均（以下同様）は10.3kmである。

4.2 Distinct large eye

このパターンは、眼の直径が大きいため、Distinct small eyeに比べ中心存在領域が大きくなっている。Fig. 4-2によれば、24例全てが中心存在領域50km以内に分布する。平均は22.1kmである。

4.3 Ragged eye

このパターンは、眼の形が不規則でギザギザしたものをいい、242例あった。Fig. 4-3によれば、中心存在領域50km以内に241例（99%以上）が分布し、20km以内にも171例（71%）が分布する。平均は17.5kmである。

4.4 Banding eye

バンド状の雲が中心深く巻き込んで眼が形成されたパターンである。Fig. 4-4によれば、72例全てが中心存在領域50km以内に分布し、39例（54%）が20km以内に分布する。平均は19.6kmである。

4.5 Distinct spiral band

このパターンは、眼はなく明瞭なスパイラル状のバンドが中心付近に巻き込んだもので219例ある。Fig. 4-5によれば、Banding eyeに比べ雲バンドの巻き込みが緩やかなため、中心存在領域の値が大きい方へシフトしている。中心存在領域50km以内に213例（97%）が分布し、20km以内にも64例（30%）が分布する。平均は27.5kmである。

4.6 Distinct CDO

このパターンは、中心付近を明瞭な縁をもつ厚い円形の雲域（Central Dense Overcast）で覆われたもので眼はない。Fig. 4-6によれば、27例全てが中心存

在領域40km以内に分布する。平均は19.9kmである。

4.7 Indistinct CDO

CDOの形が円形でないか、もしくは円形であっても縁が不明瞭なパターンをいい、216例ある。Fig. 4-7によれば、Distinct CDOに比べ広範囲に分布する。中心存在領域50km以内に188例（86%）が分布する。平均は34.0kmである。

4.8 Shear

194例がこのパターンに入る。Fig. 4-8によれば、中心存在領域が広範囲にわたって分布するが、その多くは50km以内で158例（81%）が分布する。更に、20km以内にも37例（19%）が分布し、このほとんどが下層雲の雲渦によって中心が明確に決まった例である。平均は37.1kmである。

4.9 Organized cb-cluster

中心付近に形の不規則なcb-clusterのみがあり、組織化したパターンをいう。156例ある。ある程度雲域の組織化が進むと、中心を示唆する特徴が現れてくるため、中心存在領域は極端に大きくならない。Fig. 4-9によると、128例（82%）が50km以内に分布する。平均は40.1kmである。

4.10 Unorganized cb-cluster

中心付近に形の不規則なcb-clusterのみがあり、組織化の乏しいパターンをいう。Fig. 4-10によると、36例と少数ながら中心存在領域は比較的広範囲に分布し、平均も56.2kmと大きい。雲域の組織化が乏しく、中心を示唆する特徴が捕えにくいと考えられる。中心存在領域50km以内には14例（39%）の分布となっている。

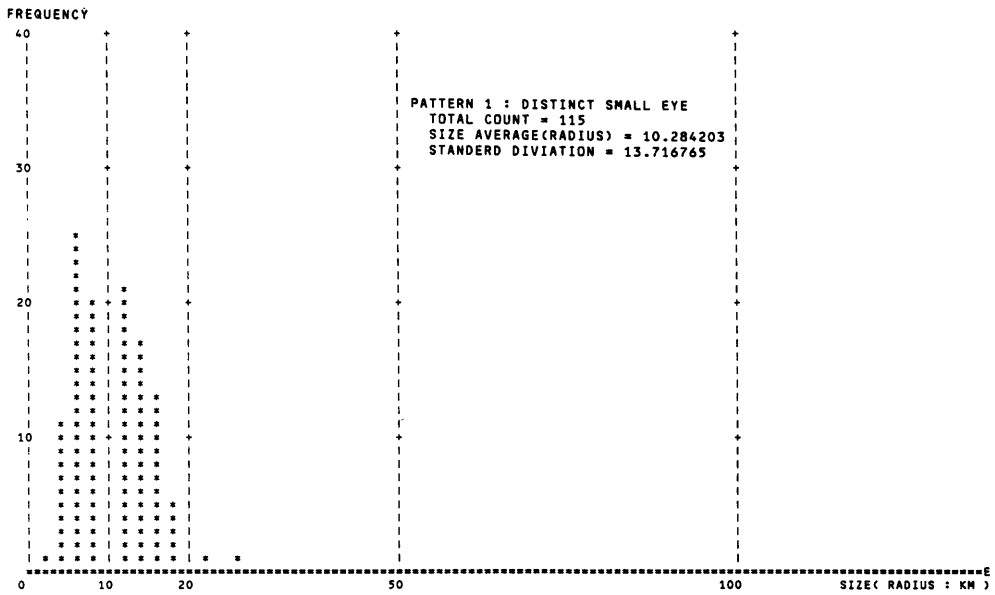


Fig.4-1 Distribution of area size of possible geographical position for 'DISTINCT SMALL EYE'

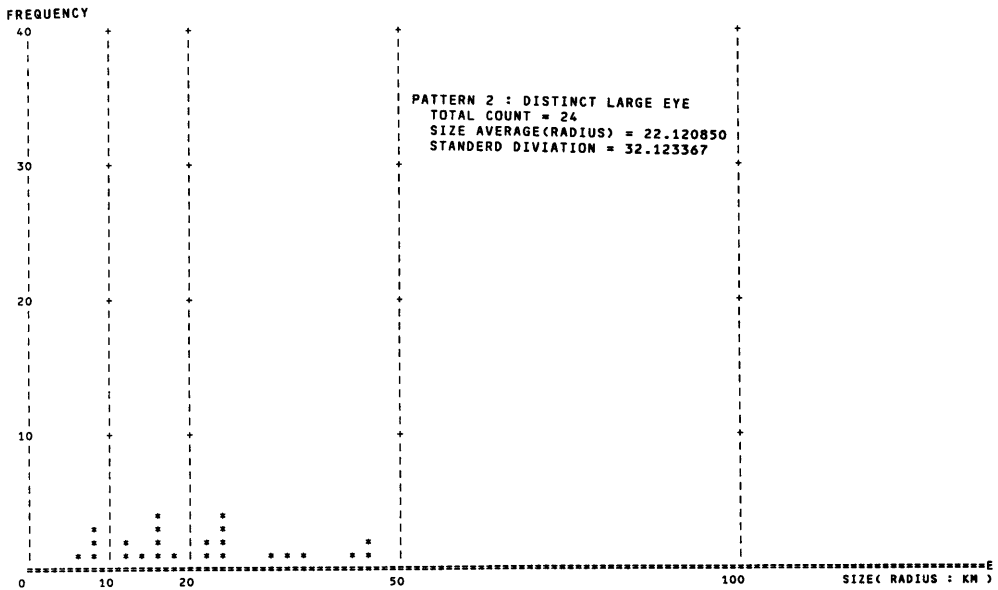


Fig.4-2 Same as in Fig.4-1 except for 'DISTINCT LARGE EYE'

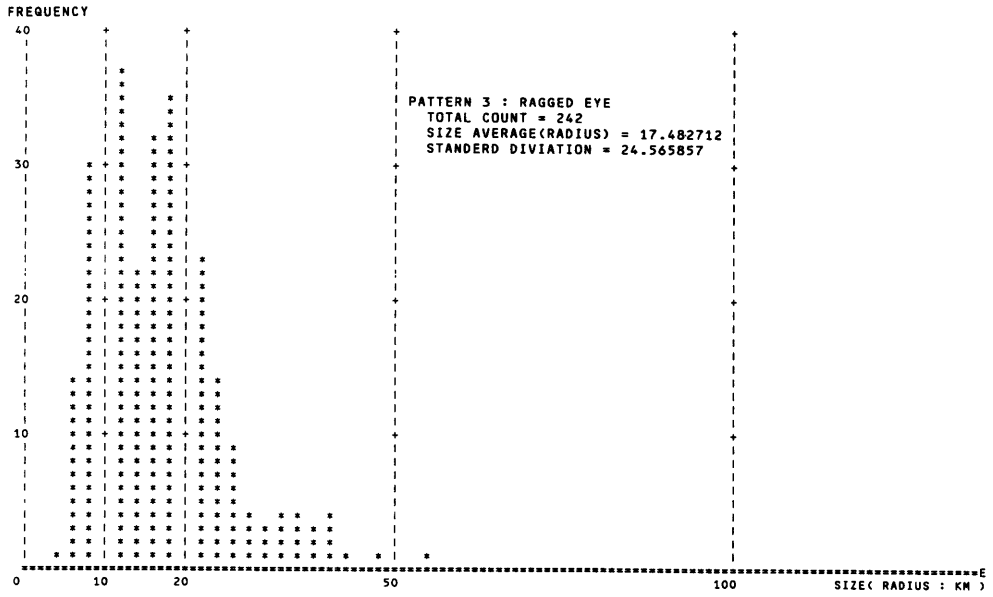


Fig.4-3 Same as in Fig.4-1 except for 'RAGGED EYE'

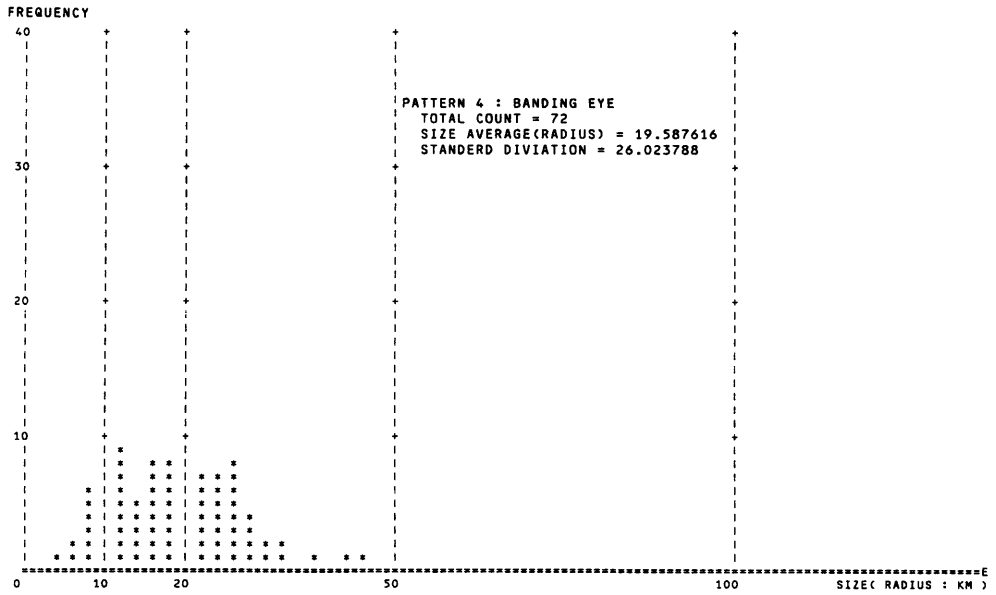


Fig.4-4 Same as in Fig.4-1 except for 'BANDING EYE'

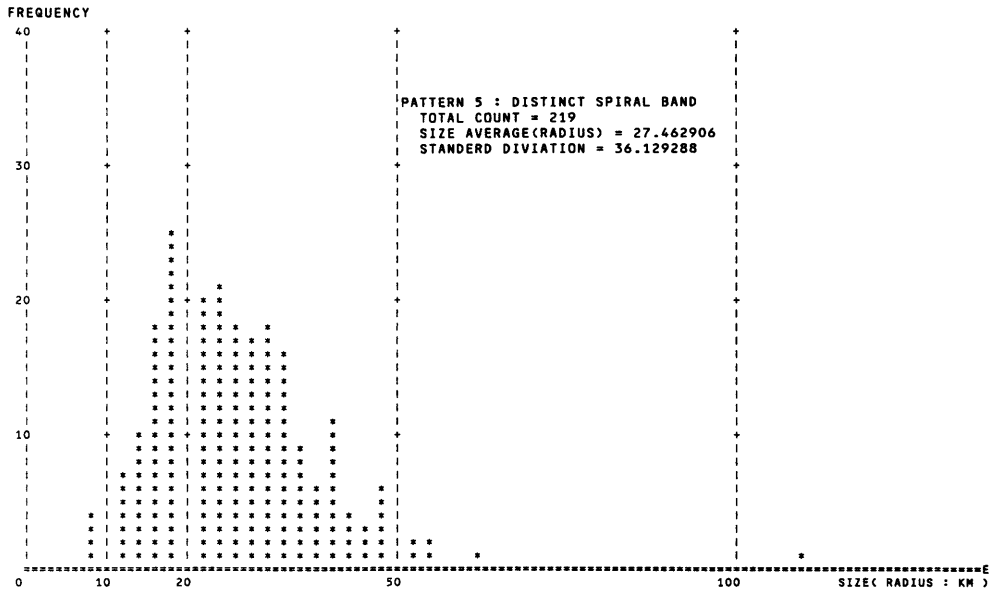


Fig.4-5 Same as in Fig.4-1 except for 'DISTINCT SPIRAL BAND'

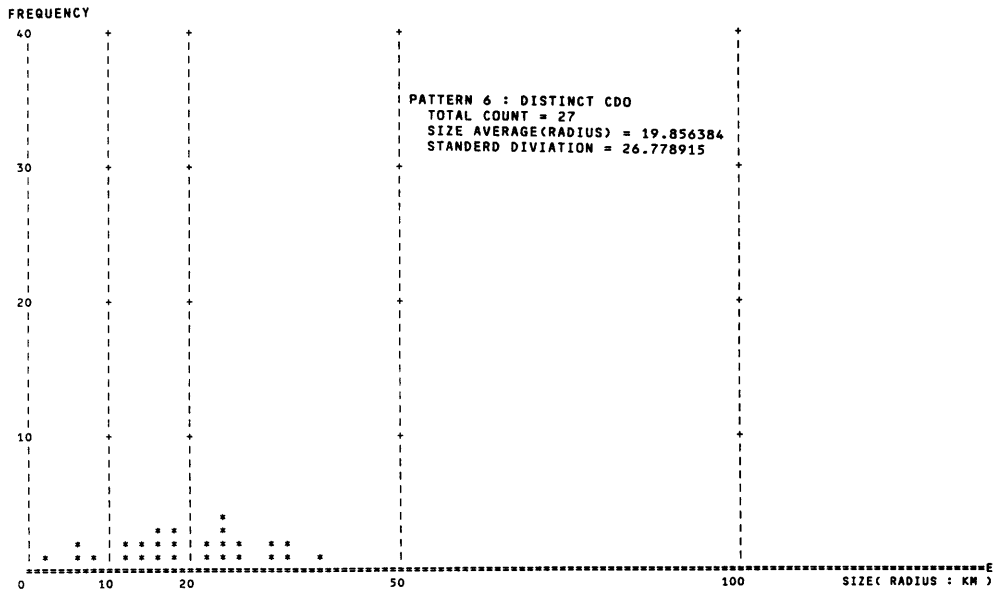


Fig.4-6 Same as in Fig.4-1 except for 'DISTINCT CDO'

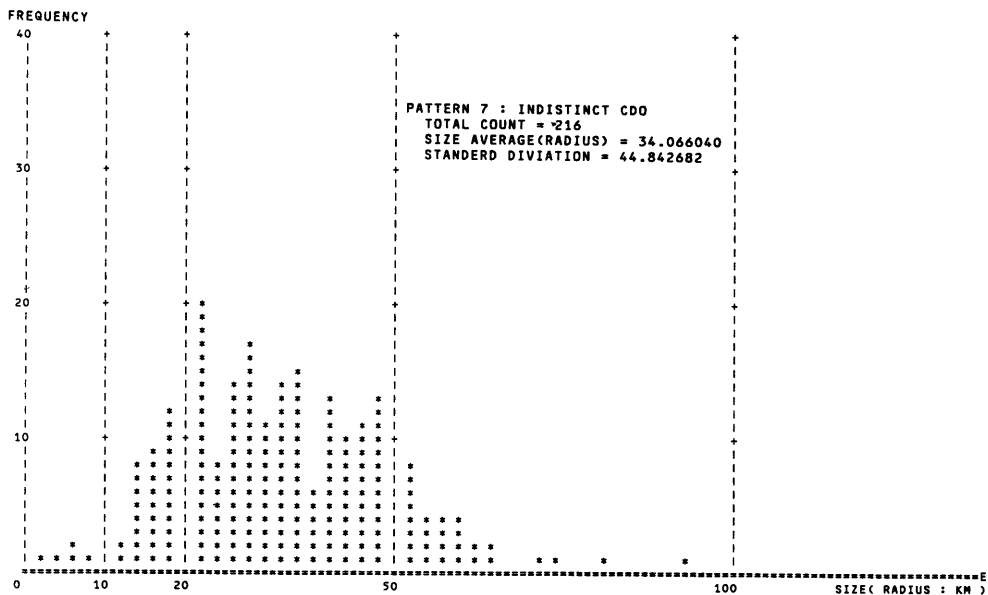


Fig.4-7 Same as in Fig.4-1 except for INDISTINCT CDO'

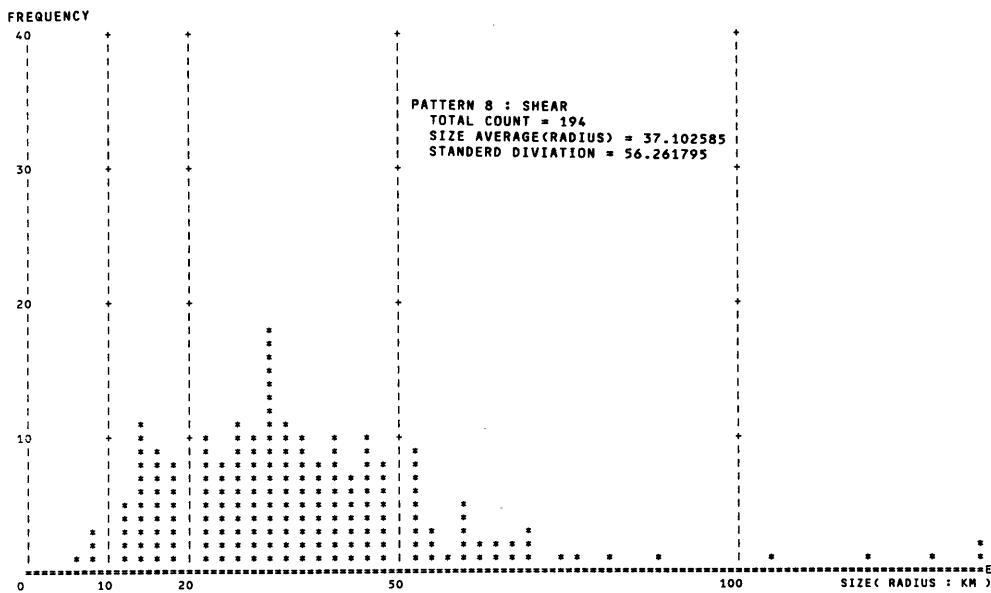


Fig.4-8 Same as in Fig.4-1 except for SHEAR'

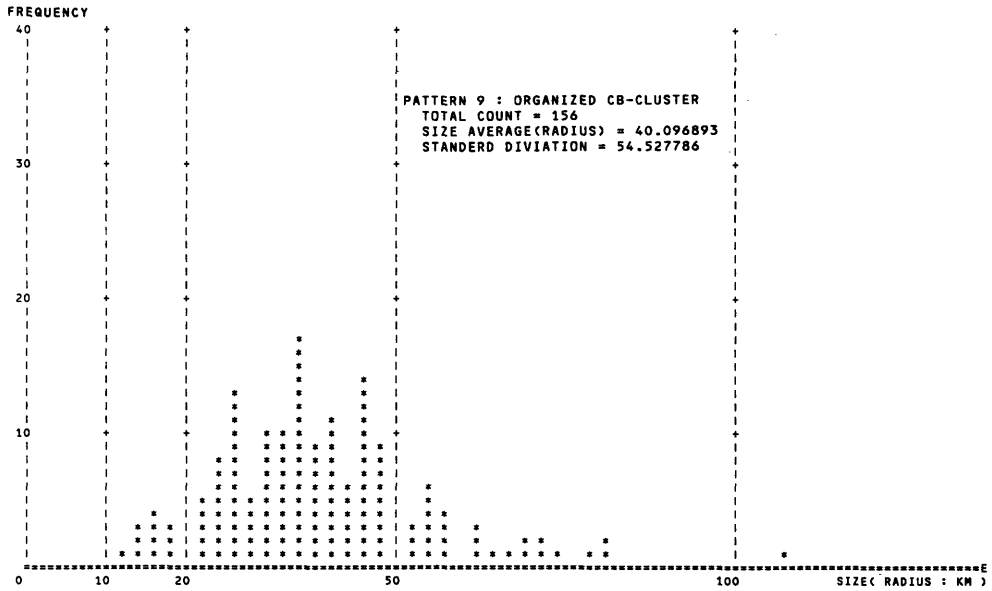


Fig.4-9 Same as in Fig.4-1 except for ORGANIZED CB-CLUSTER'

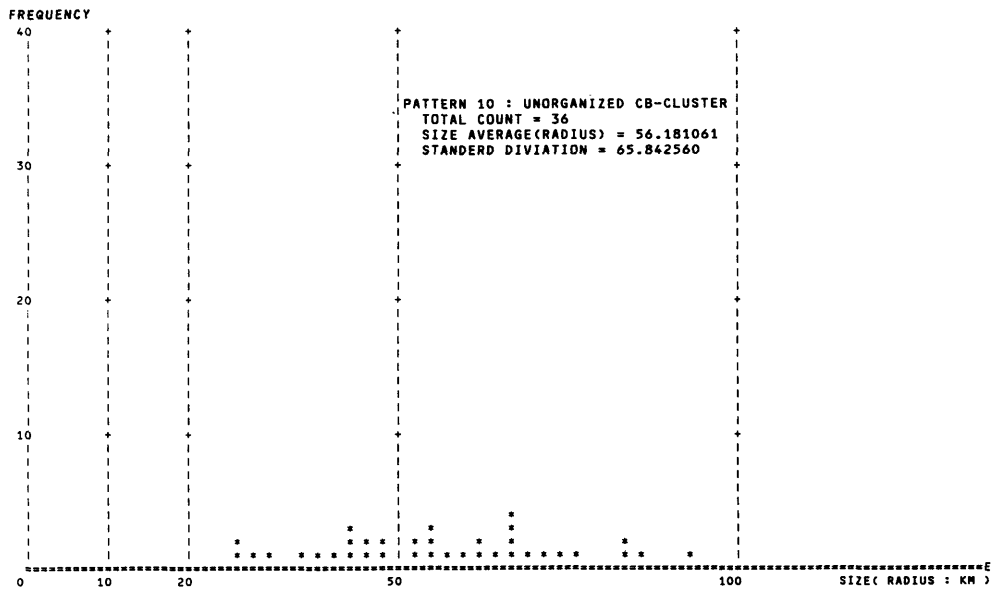


Fig.4-10 Same as in Fig.4-1 except for UNORGANIZED CB-CLUSTER'

4.11 中心的存在領域の検討結果

前に述べた結果を中心存在領域によって分類し、Table-3にまとめた。各パターンには比較のため、中心判定精度も付してある。

これによれば、

1. 各パターンとも、中心存在領域の分布に顕著な偏りは認められず、ほぼ正規分布を示している。

2. 現在用いている雲パターンによる中心判定精度と比較した場合、各パターンとも中心存在領域の97~100%が、対応する中心判定精度(太枠で示す)以内に分布するが、全体に中心存在領域が小さく決定される傾向がある。(特にコード3以上で顕著)

Table-3 Frequency distribution of area size of possible geographical position for the cloud patterns

CLLOUD PATTERN	中心存在領域 (km)					AVERAGE (km)	TOTAL
	0-10	10-20	20-50	50-100	100-200		
1. DISTINCT SMALL EYE 中心判定精度 CODE 1	5.7 50%	5.6 48%	2 2%			10.3	115
2. DISTINCT LARGE EYE 中心判定精度 CODE 2	4 17%	8 33%	12 50%			22.1	24
3. RAGGED EYE 中心判定精度 CODE 2	4.5 19%	12.6 52%	7.0 29%	1 0%		17.5	242
4. BANDING EYE 中心判定精度 CODE 2	9 12%	3.0 42%	3.3 46%			19.6	72
5. SPIRAL BAND 中心判定精度 CODE 2	4 3%	6.0 27%	14.9 68%	5 2%	-1 0%	27.5	219
6. DISTINCT CDO 中心判定精度 CODE 2	4 15%	1.0 37%	1.3 48%			20.0	27
7. INDISTINCT CDO 中心判定精度 CODE 3	5 2%	3.1 14%	15.2 70%	2.8 13%		34.0	216
8. SHEAR 中心判定精度 CODE 3	4 2%	3.3 17%	12.1 62%	3.1 16%	5 3%	37.1	194
9. ORGANIZED CB-CLUSTER 中心判定精度 CODE 3		1.1 7%	11.7 75%	2.6 17%	1 1%	40.1	156 (未推定1例含)
10. UNORGANIZED CB-CLUSTER 中心判定精度 CODE 4			1.4 39%	2.2 61%		56.2	36
TOTAL	132	365	683	113	7	28.4	1301

5. 考察

現在、SAREP 報で報じている中心判定精度は、先に述べたように雲パターンを決めることにより、一義的に決定されている。そのため、中心が明確に決定できるにもかかわらず、低い精度で通報されることがある。このような例として、最もよく見られるのは Shear パターンである。

Shear パターンの場合、雲パターンによる中心判定精度はコード3で、これはSAREP報の規定では「中心は通報位置の100km以内」を意味する。しかし、実際には台風中心とされる下層雲渦によって中心が明確に決定され、決定精度が高いと思われる例が少なくない。Fig. 5に下層雲による明瞭な雲渦をもつ台風 (Shear pattern)の例を示す。これを見ると、下層雲による雲渦中心は↑印付近に明確に決定でき、これより大きく離れて決定されることはないと考えられる。すなわち、中心決定の精度は高いということになる。このことは、

前述の中心決定誤差やパターン別の中心存在領域の分布 (Fig. 2-3、Fig. 4-8)にも現れている。

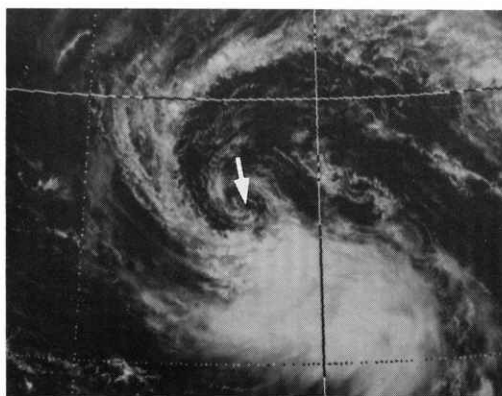


Fig. 5 An example of SHEAR pattern with distinct low cloud vortex (GMS visible image at 03 UTC on 30 SEP 1987)

そこで、改めて Shear パターン73例全てについて、下層雲による雲渦が明瞭（この雲渦によって中心が明確に決定できる）か、否かを調べた。その結果、雲渦が明瞭、もしくはやや明瞭に現れているものが、73例中18例（24%）あり、これら全てが中心決定誤差25km以内（コード0-1、一部2に対応）にあることが分かった。従って、明瞭な下層雲渦をもつ Shear パターンに対しては、中心判定精度を現在よりも高く設定することができる。

この例のように、雲パターンによって中心判定精度を決めることには問題点があり、これに代わる精度判定手段を検討することが望ましい。その一つとして、「中心存在領域」が挙げられる。中心存在領域は、各パターンにおいて、中心決定誤差と同一のコードの領域内に90%以上という高い割合で分布し、しかも、中心付近の雲の特徴による精度の違いも表現することができる。このことから中心存在領域を、現行の雲パターンによる中心判定精度に代えて用いることの可能性は高いと考える。

6. まとめ

雲パターンによって中心判定精度が一義的に決まる現在の方法には、台風の雲の特徴によって判定精度が異なる場合を表現できないという問題点がある。

これまでの調査から、中心存在領域について以下のことが言える。

1. 中心存在領域と中心推定誤差は、各パターンにおいて、同一の中心判定精度（コード）の領域内に90%以上が分布し、更に1ランク小さいコードの領域内にも高い割合で分布している。
2. 中心存在領域のパターン別の分布は、全てのパターンにおいて、ほぼ正規分布を示し、顕著な偏りは見られない。

以上のことから中心存在領域を、現行の雲パターンによる中心判定精度に代えて用いることは、ある程度可能と思われる。

今後、中心存在領域の測定方法の規準をより客観性のあるものに改善し、同様の比較、調査を行った上で、上記の可能性を更に検討したい。

謝 辞

この報告をまとめるにあたり、解析課の萩原武士課

長、鈴木和史・麻生正両調査官、中村和信前任技術専門官には内容に関する貴重な意見を頂きました。また、解析課の原田知幸技術専門官には作図に際し、計算機プログラムについての指導を頂きました。深く感謝いたします。

参考文献

- 萩原武士、1984：GMSによる台風の位置通報とその精度について、気象衛星センター技術報告、No.10、15-18。