

台風へと発達する雲システムの早期判別法について

土屋 昭夫*、三河 哲也*、菊池 明弘*

Discriminating method of cloud systems which develop into tropical cyclone in the early stage

Akio Tsuchiya, Tetsuya Mikawa, Akihiro Kikuchi

Abstract

Although we use the Dvorak's Technique in tropical cyclone intensity analysis in MSC, we do not analyze the Initial Development(step 1A) and the 24-hour intensity forecast(step 10) as shown in the technique. Last year we experimented the analysis of the Initial Development(step 1A) by Dvorak's Technique.

As the result of the experiment we recognize that we can estimate T-number 1.0 very well. And we also find that we can get the information if a tropical cyclone develops to a typhoon by monitoring in its intensity for an early stage of 24 hours.

要 旨

現在解析課では台風および24時間以内に台風に発達すると予想される弱い熱帯低気圧（いずれもT数1.5以上）に伴う雲システムについて、Dvorak法を用いてその強度を解析しているが、その前段階にある熱帯擾乱の雲システムについては解析を行っていない。このような前段階の熱帯擾乱に伴う雲システムの強度解析方法はDvorak法に含まれており、強度がT数1.0に達しているか否かを判定することができる。今回、この判定法を用いて北西太平洋域における熱帯擾乱に伴う雲システムを対象に、約3ヶ月間、6時間毎にT数1.0の判定を行った。

この調査資料を用いて台風に発達する雲システムと発達しない雲システムを判別する方法を調べた。その結果、急激に台風に発達した2例を除けば、「雲システムの中心を決定でき始めてからの時間が24時間以上の雲システムのうち、解析開始から24時間以内に一時的でもT数が1.0を満たした経歴があるか」という条件で絞り込むことによって、台風へと発達する雲システムと「TD未滿」のまま衰弱する雲システムとの判別がほぼ可能であることがわかった。この結果は、逆にDvorak法によるT数1.0判定手法の妥当性も意味している。

1. はじめに

衛星画像を用いた台風やハリケーンなど熱帯低気圧の強度を推定する方法の開発は、1960～70年代に米国などの研究者によって精力的に進められた。中でも

Dvorakが開発した方法（Dvorak法）は非常に優れており、現在ではほとんど全ての熱帯低気圧解析センターで使用されている。Dvorak法による熱帯低気圧の強度はT数と呼ばれる示数で表され、熱帯低気圧の

*気象衛星センター 解析課

(1999年8月25日受領、1999年10月7日受理)

3. T数1.0判定の解析

3.1 Dvorak法におけるT数1.0判定方法

Dvorak法におけるT数1.0判定法を解説するにあたり、熱帯域の雲域についての基本的な知識やDvorak法の概略などの説明が必要であると思われるが、ここではそれらを省略し直接本論に入ることとする。Dvorak法の詳細についてはDvorak (1984) や木場(1984) を参照されたい。

Dvorak (1984) はT数1.0の雲システムの特徴を次の様に述べている。

台風発生初期の兆候はその擾乱がTS (Tropical Storm:T数2.5以上) に達する約1.5日前に観測される。この初期の兆候を示す雲パターン(T数1.0) とは、「活発な対流雲からなる低気圧性に湾曲した雲列や雲バンド」が、次の3つの特徴を持つ場合をいう。

- ①12時間以上持続している。
- ②直径2.5度(緯度)の円内(中心推定精度)にCSCを決定でき、そのCSCは現在まで6時間以上継続して見られる。
- ③CSCから2.0度(緯度)以内の位置に、直径1.5度(緯度)より大きい濃密な雲域(-31°C以下)を持っている。この濃密な雲域はCSCの周辺の湾曲したCbラインでも見ることができる。

また、この時期のCSCは次に示すいずれかの方法により決定できる。

- i) 相対的に暖かい(雲が少ない)所の周囲を、少なくとも1/5周している濃密な雲バンドにより中心を決める。巻雲が見られる時は、CSCを横切って高気圧性の水平シヤー*を示している。
* 原文はCirrus, when visible, will indicate anticyclonic shear across the expected CSC. である。このanticyclonic shearとは高気圧性に湾曲している巻雲を指していると思われる。
- ii) 低気圧性に湾曲している巻雲列(Ciストリーク)により中心を決める。中心は濃密で冷たい雲域付近にある。

iii) 低気圧性に湾曲している下層雲列により中心を決める。中心は濃密で冷たい雲域から2.0度(緯度)以内にある。

なお、T数1.0のTDは、その発達に好都合な環境が保持される場合は、36時間後にT数2.5の台風への発達が期待される。

これらを言い換えると、熱帯域の持続するCbクラスターの中で、ある程度以上の大きさの雲域が回転し始めた場合に、その雲域に伴う熱帯低気圧はT数1.0の強度を持つことになる。今回の調査にあたっては、このDvorakの方法に基づきT数1.0判定の解析作業が行いやすいように判定条件や作業要領・手順を次節のように定めた。

3.2 T数1.0判定の解析作業におけるCSCの決定方法とT数1.0の判定条件

T数1.0判定の解析作業において用いたCSCの決定方法とT数1.0の判定条件について説明する。

(1) CSCの決定方法 (図1)

CSCの決定は、前節のi)~iii)のDvorak法によるものの他に「iv) 動画を用いて雲の動きから決める」を加えた4つの方法による。iv)を加えた理由は、今日では雲渦などの中心を決定する場合に毎時間の衛星画像による動画を用いるのが一般的だからである。CSCはこれらの中のいずれか1つ以上の方法で決定する。i)~iv)の決定方法を理解しやすくするためにモデル化した雲パターンとCSCを図1に示した。

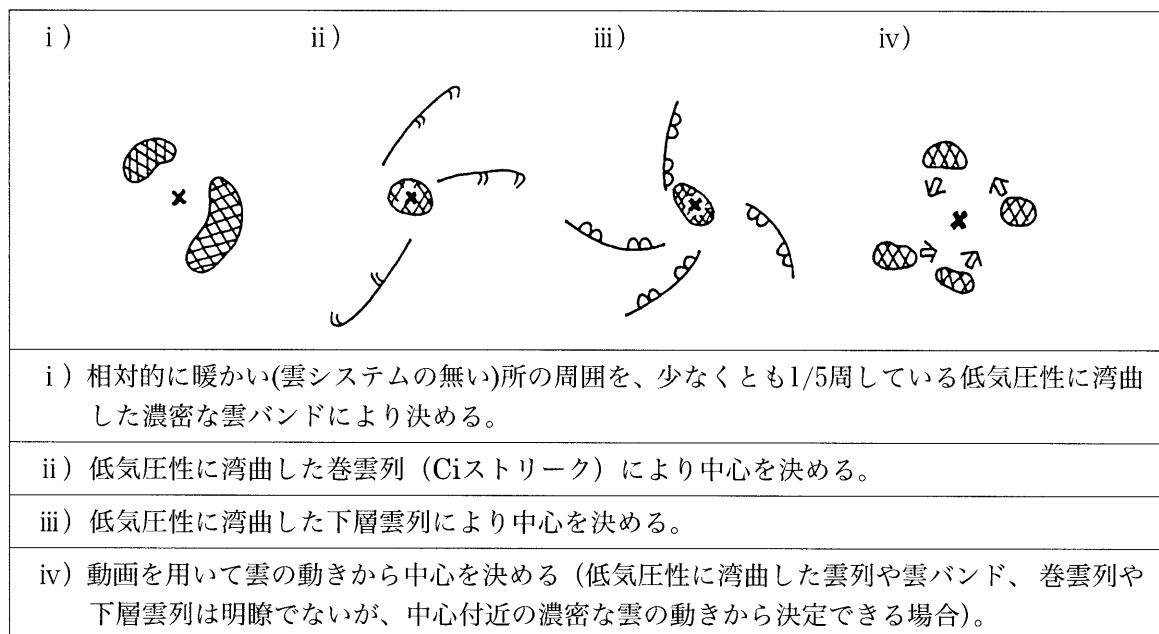


図1 CSCの決定方法

X : CSC、 ⊗ : 濃密な雲域、 ㄣ : 巻雲列、 ㄣ : 下層雲列
 白抜き矢印は雲の移動方向を示す

(2) T数1.0の判定条件 (表2、図2)

上記の方法でCSCが決定できた雲域に対し、T数1.0を満たしているか否かを判定するために表2の右列に示す(1)から(5)の5つの判定条件を雲システムに適用する。内容的には前節に記したDvorak法の①～③(表2の左列に示す)と同じで、作業上その②と③

をそれぞれ2つに分けただけである。この(1)から(5)の5条件をすべて満たしている場合にその雲システムに伴う熱帯低気圧の強度をT数1.0とする。図2にT数1.0の条件を満たす雲域の一例を模式的に示した。

表2 T数1.0の強度を持つ雲域の条件(図2も参照)

Dvorak法によるT数1.0の判定基準	今回の解析作業用のT数1.0の判定基準
対象とする雲システム：活発な対流雲からなる低気圧性に湾曲した雲列や雲バンド	対象とする雲システム：同左
①12時間以上持続している。	(1)同左
②直径2.5度(緯度)の円内(中心推定精度)にCSCを決定でき、そのCSCは現在まで6時間以上継続して見られる。	(2)現在のCSCの中心位置推定精度は直径2.5度(緯度)以下である。
	(3)CSCは現在まで6時間以上継続して見られる。
③CSCから2.0度(緯度)以内の位置に、直径1.5度(緯度)より大きい濃密な雲域(-31℃以下)を持っている。この濃密な雲域はCSCの周辺の湾曲したCbラインでも見ることができる。	(4)-31℃以下の濃密な雲域はCSCから概ね2.0度(緯度)以内
	(5)この-31℃以下の濃密な雲域の大きさは、概ね直径1.5度より大きい。

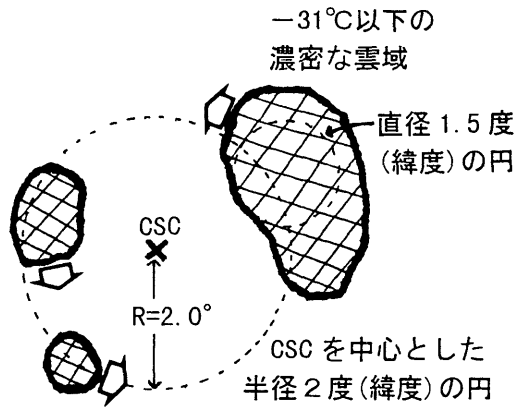


図2 T数1.0の強度を持つ雲システム (図解)
白矢印は個々のCbクラスターの移動方向

3.3 T数1.0判定の解析手順

今回の調査で用いたDvorak法によるT数1.0判定の解析作業手順を表3に示す。解析作業は現業当番が6

時間毎に1日4回行う。解析対象領域は北半球の東経100度から180度までの海上で、CSCが決定できる雲システムについてT数1.0判定法により強度解析を行う。すなわち、解析作業は解析課WS(ワークステーション)上の画像でCSCが初めて決定できた時点で開始し、決定できなくなった時点で終了する。この作業開始から終了までの時間を「解析継続時間」とする。但し、雲システムが発達して特定TD以上になった場合は「通常のDvorak法」による解析作業に移行するのでT数1.0判定法による解析作業は終了する。この場合、解析継続時間は作業開始から、通常のDvorak法に移行するまでとする。具体的な判定作業手順は次の通りである。

- ①解析課のWS上で赤外面像を用いた動画を表示する。
- ②CSCを決定できる雲システム(解析対象擾乱)を検出する。
- ③その雲域について3.2に示した方法により雲システムがT数1.0を満たしているか否かの判定を行う。

表3 Dvorak法によるT数1.0判定の解析手順

解析者	現業担当者
調査期間	1998. 8. 27-1998. 11. 30.
解析頻度	1日4回(00, 06, 12, 18UTC)、6時間毎
対象領域	北半球の東経100度~180度の海上(主に熱帯域)
解析開始	WS上の画像により、雲システムのCSCが決定できる場合に開始
解析終了	WS上の画像により、雲システムのCSCが決定できなくなった場合に解析を終了。特定TD以上に発達した雲域は「通常のDvorak法」に移行するので、T数1.0判定作業は終了。
解析継続時間	解析開始から解析終了までの時間
解析対象画像	毎時の赤外面像を用いた北半球画像の動画、静止画

4. T数1.0判定の解析結果

表4は、解析対象雲システム（CSCが決定できる雲域で、特定TDに満たないもの）の数などを、各雲システムが最も発達した時の熱帯低気圧の階級（「台風」「特定TD」「TD」「TD未満」）で4つに分類してまとめたものである。なお「TD未満」とは解析対象雲システムのうちTD以上に発達しなかったものを指す。

(A)列を見ると解析対象雲システムの数は全部で75個であるが、そのうち60個（80%）は弱い熱帯低気圧にすんなれなかったもの（TD未満）であった。残りの15個（20%）のうち、10個（13%）が「台風」まで、1個が「特定TD」まで、4個が「TD」までそれぞれ発達した。調査期間中、「特定TD」以上に発達した11個は、その雲システムが「特定TD」に発達する以前からすべてが解析対象となっていた。これは3.2の方法によってCSCを決定すれば、台風まで発達するような擾乱を見逃すことはないことを意味している。

なお、Dvorak法によるT数1.0判定法の画像解析において個人的な差は比較的少なく特に問題となることはなかった。

5. 台風への発達の目安と考察

発生初期における熱帯擾乱の雲は盛衰が激しい。その中から台風へと発達する雲域をできるだけ早い段階で見極めることが、熱帯擾乱の監視にとって重要とな

る。しかしT数1.0を満たす雲システムを単純に検出しただけでは、その雲域が台風まで発達するか否かの判断には不十分である。つまり表4 A列の「TD未満」で終わってしまった60例とそれ以外の場合との違いを探し出す必要がある。そこで、以下の様に解析結果の時系列を詳細に検討した。

解析対象となったこれらの雲システムの中には、急速に衰弱してCSCが決定できなくなるものが多く見られた。そこで解析継続時間が24時間以上か否かを調べ、表4の（B）列に示した。24時間以上の解析継続時間を持つ雲システムは75個中21個であった。このうち「TD未満」では60個中9個のみが、「TD」では4個中3個が24時間以上の寿命を持っていた。一方、「特定TD」の1個は「特定TD」になるまでに24時間以上かかった。「台風」では10個中2個が解析開始から24時間までに急発達して台風になったが、残り8個は「特定TD」になるまでに24時間以上かかった。

従って、急激に発達した2個を除いて考えると、解析継続時間24時間以上という条件で絞り込むことにより、「台風」にまで発達した割合は75個中10個から21個中8個まで上昇した。しかし、21個中13個と半数以上が「台風」まで発達していない。「TD未満」と「台風」まで発達するものを判別するためには、さらに何らかの条件が必要となる。

一般に熱帯域の雲システムはその盛衰が激しく、特

表4 T数1.0判定の解析作業結果

熱帯低気圧の最盛期における階級	(A)	(B)	(C)
	解析対象雲システム	解析継続時間が24時間以上の雲システム	(B)のうち、解析開始後24時間以内に一時的でもT数1.0を満たした雲システム
「台風」	10 (13%)	8 (38%)	7 (70%)
「特定TD」	1 (1%)	1 (5%)	0 (0%)
「TD(特定TDを除く)」	4 (5%)	3 (14%)	2 (20%)
「TD未満」	60 (80%)	9 (43%)	1 (10%)
合計	75 (100%)	21 (100%)	10 (100%)

に熱帯擾乱発生初期において顕著である (Zehr et al. 1992)。そこで、それぞれの雲システムがその解析開始から終了までの期間中のどの時点で初めてT数1.0を満たしたかに着目した。具体的には『解析継続時間が24時間以上の擾乱のうちで、解析開始から24時間以内に一時的でもT数が1.0を満たした経歴があるか』を条件とした。表4の(C)列はこの条件を満たした雲システムの数を示す。「台風」では7個が条件を満たすが、「TD未満」では1個のみが条件を満たした。つまり、『「台風」まで発達する雲システムの場合、初めてCSCが決定できてから(解析開始から)24時間以内に少なくとも1度はT数1.0を満たすことが多く、反対に「TD」までも発達しない雲システムは寿命が長い場合でも解析開始から24時間以内にはT数1.0を満たすことが少ない』と考えられる。実際にこの条件で絞り込むことによって、「台風」にまで発達する割合は前段階の38% (21個中8個) から70% (10個中7個) まで上昇した。

なお、解析継続時間が24時間の時点で台風へと発達する雲システムの判別を行ったが、この24時間はDvorakのT数1.0の解説や、Zehrの熱帯低気圧の発生に関する調査などから、発達に適した環境にある雲システムにとり、ほぼ妥当な時間数と考えられる。

6. おわりに

発生初期の熱帯擾乱の強度解析をDvorakの「T数1.0判別法」をもちいて約3ヶ月間行った結果から、急激に「特定TD」以上に発達した2例を除けば、「解析継続時間が24時間以上の擾乱のうち、解析開始から24時間以内に一時的でもT数が1.0を満たした経歴があるか」という条件が、台風へと発達する雲システムと「TD未満」のままの雲システムとの判別に有効であることがわかった。この結果は、逆にDvorak法によるT数1.0判定手法の妥当性をも意味している。また、T数1.0の画像解析技術上の問題点は特に無く、今後現業解析の中で実施することは十分可能である。

今回の例では24時間以内に急発達したものが2例見られたがこれらをどう扱うか、あるいはどう対処(解

析の時間間隔を短くするとか、臨時解析の基準作成など)するか、比較的高緯度で発生する熱帯擾乱も同様の判定条件を適用できるか、対流雲の日変化を考慮する必要があるかなどを検討する必要がある。今後は更に例数を増やし、これらの課題に取り組むつもりである。

参考文献

- Dvorak, V. F. (1984): Tropical Cyclone Intensity Analysis Using Satellite Data, NOAA Technical Report NESDIS 11, 32-33.
- Zehr, R. M. (1992): Tropical Cyclogenesis in the Western North Pacific, NOAA Technical Report NESDIS 61, 19-40.
- 木場博之 (1984) : V.F.DVORAK氏による衛星画像からの熱帯低気圧の強度推定方法の手順と応用例, 気象衛星センター技術報告 NO.9, 39-56.