

## 特徴的な雲域を用いた地上低気圧中心の推定

### Estimation of the central location from the typical cloud pattern associated with extratropical cyclone.

西村 修司\*・大坪 康平\*

Syuji Nishimura, Kouhei Ohtsubo

#### Abstract

A method is proposed and its reliability is examined for analysing location of the center of depression from typical cloud pattern which appeared in the GMS cloud image.

It was shown that, the precision of this method is  $\pm 2^\circ$  for 'Low cloud vortex' pattern and the precision of this method is  $\pm 4^\circ$  for 'Hook' pattern.

#### はじめに

気象衛星「ひまわり」で観測される衛星画像は、広範囲で均一なデータが毎時間得られる事から、大規模場の理解に役立ち、衛星画像を用いた気象現象の事例解析は、気象衛星センター技術報告などで数多くの報告がなされている。

しかし、これまでの事例解析は定性的な調査が多く、雲解析から得られた情報の精度評価はまだ十分ではなく、拡充された量的予報（メソ量的予報）を修正する実況資料として確立されるにはいたっていない。

平成7年6月から「ひまわり5号」の運用が開始され、これまでの赤外（IR）画像、可視（VIS）画像の観測以外に、水蒸気（WV）画像及びスプリット（SP）画像の観測も開始された。

新しく導入された水蒸気（WV）画像では上層トラフの解析も可能となり、また計算機システム及び解析装置の更新に伴い、ワークステーションのディスプレイ上で衛星画像と数値予報のGPVとの重ね合わせや、可視（VIS）画像の観測精度に近い（日本付近での解像度 約1.5km）表示も随時可能となった。

これら新しい画像や解析手法により、雲を発生、発達させる物理的メカニズムや雲の微細構造など、メソスケール現象の把握や理解も可能となりつつある。

ここでは、これらの新しい衛星画像や作業環境と、これまでの解析方法を使い、特徴的な雲域（以下雲パターンとする）を用いた地上低気圧中心の推定方法とその精度を25事例について検討し、結果の評価を行った。

#### 1. 衛星画像から得られる情報

衛星画像から得られる情報については、「衛星画像の解析とその利用」（昭和58年1月 気象衛星センター）や「予報と解析への気象衛星資料の利用」（昭和51年 気象衛星室）をはじめ多くの解説書に述べられており、要約すると以下のとおりである。

- ①雲の発生、発達のパターンから、上昇流や水平収束の強化、暖気移流、寒気移流などが推測できる。
- ②雲の消散、衰弱のパターンから、下降流、乾燥空気の流入などが推測できる。
- ③霧や層雲の発生から、安定層の形成が推測できる。
- ④雲の動きから、その雲の高さの風が測定できる。
- ⑤ WV 画像やシーラスバルジの発生のパターンなどから、ジェット、上層トラフの位置や強さなどが推測できる。

---

\* 気象衛星センター解析課

(1996年12月4日受付、1997年2月3日受理)

これらの知見をもとに、これまでも気象衛星センターでは、地上低気圧の中心位置を、下層雲渦、フック、対流雲列の入り込んだ先端、シーラスバルジの発生点などで推定してきた。

しかし、これまでの推定方法は、例えば「フック前面の厚い雲域内に地上低気圧中心が存在する」など、定性的な内容で、地上低気圧中心の位置やその精度については統計的な調査はあまりなされていなかった。

このため、今後の雲解析の客観化のためには精度調査が必要となり、雲パターンを用いた地上低気圧中心の推定方法とその精度について検討を行った。

## 2. 雲パターンと地上低気圧中心の関係

地上低気圧の中心は、暖気・寒気移流、雲の発生など、物理量の移動やその配置により形成されると考えられ、地上低気圧中心を衛星画像から推定するためには、気圧を降下させる物理量やその移動により発生する特徴的な雲域を手がかりにする方法が一般的である。

この調査では、特徴的な雲パターンとして、①下層雲渦、②フック、③対流雲列、④シーラスバルジを取りあげた。

### (1)調査方法

調査は、日本付近で比較的明瞭な雲パターンが解析された時の数種の雲パターンの位置と地上天気図及び数値予報 (JSM, RSM) の客観解析の地上低気圧の中心位置と両方を比較した。

また数値予報で計算された各種物理量との対比も合せて行った。

調査項目としては、下層雲渦、フック、対流雲列、シーラスバルジを取り上げ、下層雲渦の位置は渦の中心を、フックについては、模式図 (Fig. 18) で示される変曲点をフックの位置とした。

位置の計測についてはワークステーションのディスプレイ上で解析し、また数値予報 (JSM, RSM) の GPV と衛星画像を重ね合わせることで調査を行った。

なお、文中の専門用語については、「付録 (1) 衛星画像解析に用いる用語」に簡単にまとめた。

使用データ

衛星画像 (赤外面像, 水蒸気画像, 可視画像)

数値予報資料 (JSM, RSM 航空用広域 GPV, 数値予報天気図)

(今回の調査期間中に JSM が RSM に更新されたため、JSM と RSM 両方のデータを用いたが、以下文中では RSM と表示する。)

地上天気図

### (2)事例解析例

地上低気圧中心を推定する雲解析の手法について、以下の解析例に沿って説明する。

#### 【発達期の低気圧】

Fig. 1は、1996年6月17日00UTCのIR画像で、雲域のシステムおよび対流雲列 (青色) と、同時刻のRSM初期値の地上等圧線 (緑色) を示す。

Fig. 2は同時刻のVIS画像にFig. 1と同じ要素を書き込んでいる。

Fig. 1の(A)には雲解析でのフックが解析され、シーラスバルジの発生も見られる。またFig. 2の(B)にCbを含む対流雲列があり、雲解析からは(A)のフック付近に地上低気圧中心を推定する。

同時刻のRSMでは、フックの前面の対流雲列の先端付近に地上低気圧を計算している。

また、Fig. 9は同時刻のASAS (地上天気図) であり、RSMの地上低気圧よりやや西側に地上低気圧を解析しており、雲解析のフックの位置と比較すると約2°前面に位置している。

#### 【最盛期の低気圧】

Fig. 3は17日12UTCのIR画像にRSMデータ初期値の地上等圧線 (緑色)、850hPaの風 (赤の矢羽根) を重ね、雲システム (青色) をスケッチしたものである。

Fig. 4は、WV画像に同様の要素を書き込んでいる。図中の(C)に明瞭なフックが解析され、このフックの位置は、RSMの地上低気圧中心とほぼ同位置であり、同時刻の地上天気図 (Fig. 10) の地上低気圧の位置との対応も良い。

また、Fig. 4では、WV 画像で見られる暗域が中心まで入り込んでいることが分る。

#### 【閉塞期の低気圧】

Fig. 5は、18日00UTC の IR 画像に雲システムのスケッチ (青色)、RSM の18日00UTC 初期値の地上等圧線 (緑色) を重ね合わせている。

(D)のフックは不明瞭化したが、衛星画像の動画を見るとフックの付近に下層雲渦が徐々に明瞭化ははじめ、雲解析からは下層雲渦の位置に地上低気圧中心を推定する。RSM の地上低気圧中心もほぼ同じ位置に計算されている。

Fig. 11は同時刻の地上天気図で、雲解析のフックの前面に低気圧中心を解析しており、さらにその前面に閉塞点を発生させている。

Fig. 6は、同時刻の WV 画像に RSM400hPa の渦度を重ね合わせている。東シナ海の2重線 (E) は、WV 画像で解析されるトラフを表しており、この写真から WV 画像のトラフと+渦度域の位置関係が確認できる。(なお400hPa での数値予報資料については一般的になじみが薄いため、Fig. 12を参照されたい。)

またこの WV 画像から、地上低気圧中心前面の新たなフック (F) への暗域の入り込みが明瞭で、この暗域の入り込んだ先端に閉塞点が形成されつつあることが推定できる。

Fig. 12は同時刻の RSM の初期値 (AXFE578) で、フックの位置に上層の低気圧を、閉塞点付近に+渦度の極大域を計算している。

なお地上低気圧は18日00~18UTC にかけて最も発達した。(982hPa)

Fig. 7は18日00UTC の VIS 画像 (日本付近での解像度 約1.5km) に RSM18日00UTC 初期値の地上気圧 (緑色) と850hPa の風 (赤の矢羽根) を重ね合わせたものである。

日本海から山陰地方沿岸にかけてのオープン域 (ドライスロット) が明瞭で、地上低気圧が発達していることが推定できる。このオープン域は、レーダーエコー合成図 (Fig. 13) から確認でき、また Fig. 7で見られる四国沖から九州南海上の対流雲列 (寒冷前線) に対応する強いライン状のエコーも観測されている。

なお朝鮮半島南部には波状雲が解析され、RSM の

下層の強風を雲画像から監視できる。

Fig. 8は、18日00UTC の東経135°線での断面図で、北緯25°~45°付近のRSM初期値の等風速線 (Isotac)、各層の風向風速、雲頂温度 (TBB) および300hPa までの湿度 (Rh) を示している。

(各層の気温、相当温位なども表示可能だが、この断面図では省略している。)

新しいシステムでは、このような断面図解析もワークステーション上で随時可能であり、例えば暗域の進入に対応する乾燥域の流入や相当温位の傾度の増大に対応した風速の強化など、数値予報と関連づけた衛星画像解析が可能となった。

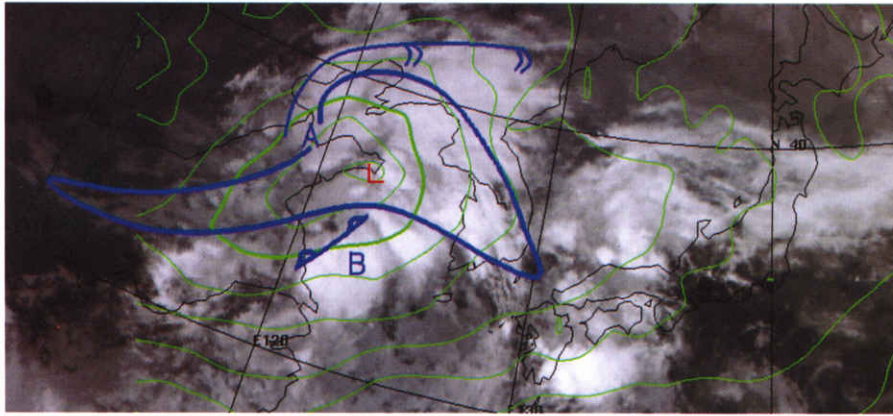


Fig. 1 Infrared imagery 00UTC, 17, JUN, 1996  
Blue line surrounds  
Cloud system  
Green line shows  
Isobaric line of land surface (RSM)

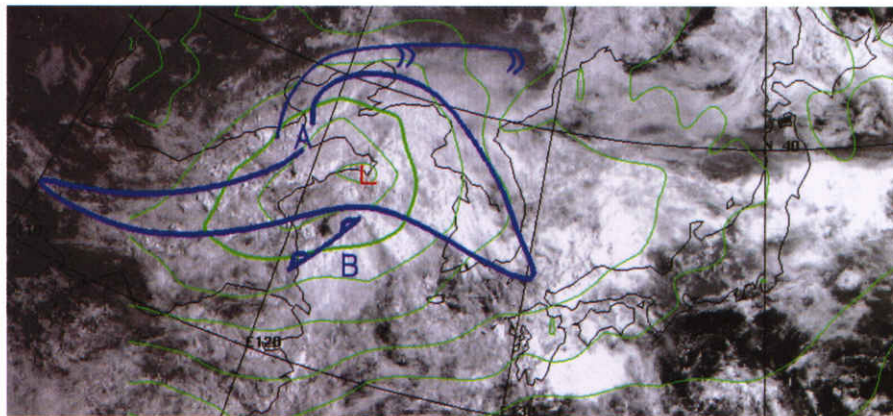


Fig. 2 Visible imagery 00UTC, 17, JUN, 1996  
same as Fig. 1

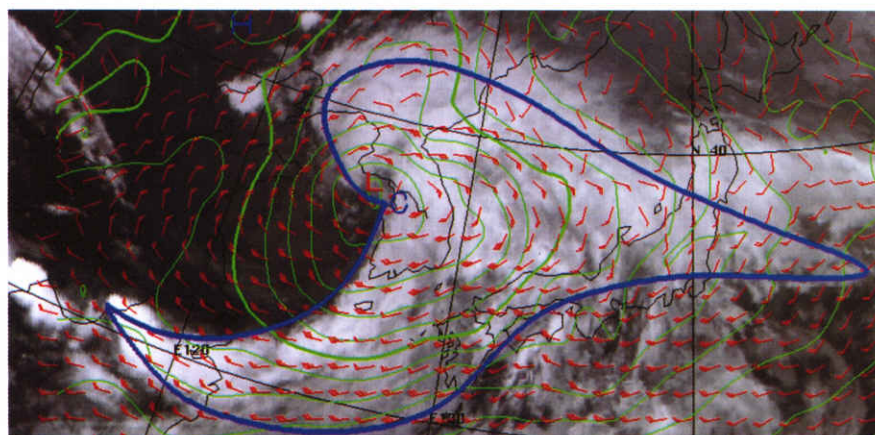


Fig. 3 Infrared imagery 12UTC, 17, JUN, 1996  
same as Fig. 1  
Red arrow indicates  
850hPa Wind vector (RSM)



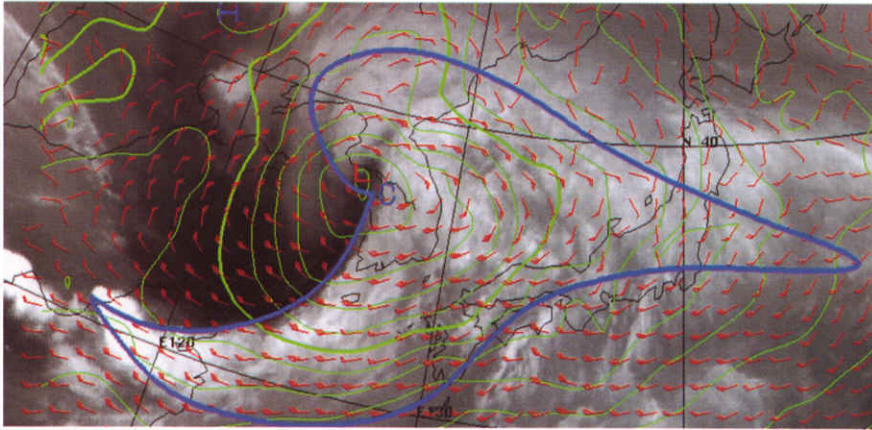


Fig. 4 Water vapor imagery 12UTC, 17, JUN, 1996  
same as Fig. 3

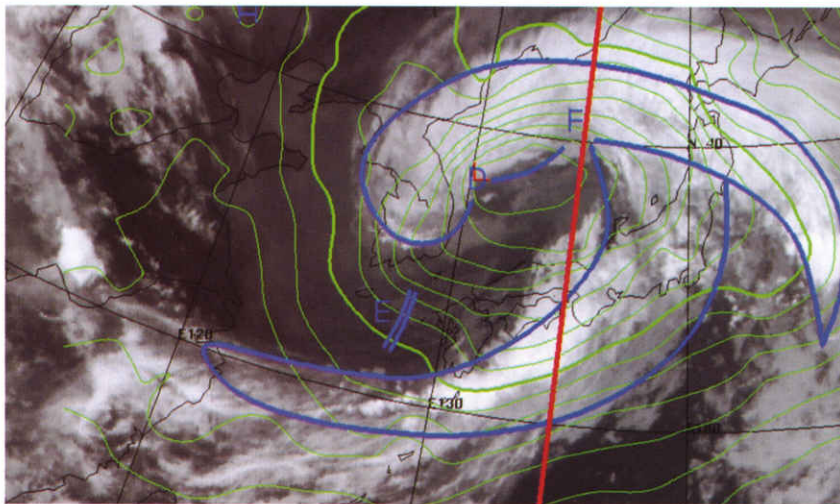


Fig. 5 Infrared imagery 00UTC, 18, JUN, 1996  
Blue line surrounds  
Cloud system  
Green line shows  
Isobaric line of land surface (RSM)

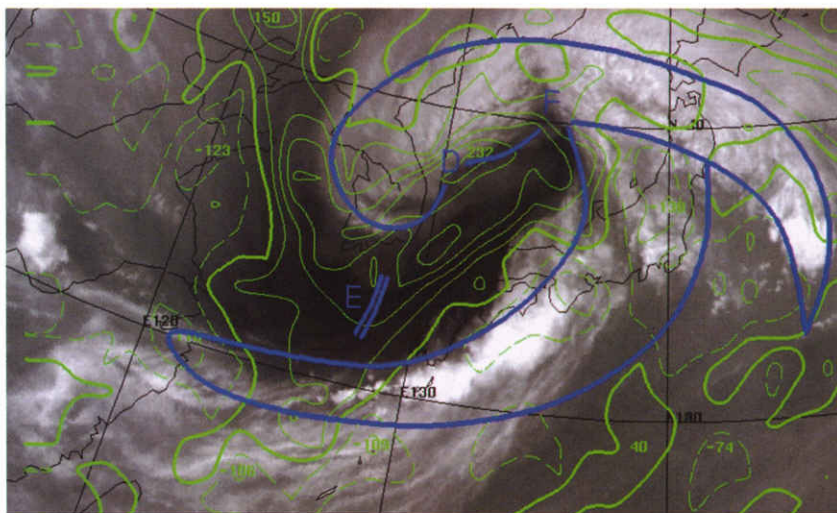


Fig. 6 Water vapor imagery 00UTC, 18, JUN, 1996  
Blue line surrounds  
Cloud system  
Green line shows  
400h vorticity (RSM)  
Red arrow indicates  
850hPa Wind vector (RSM)

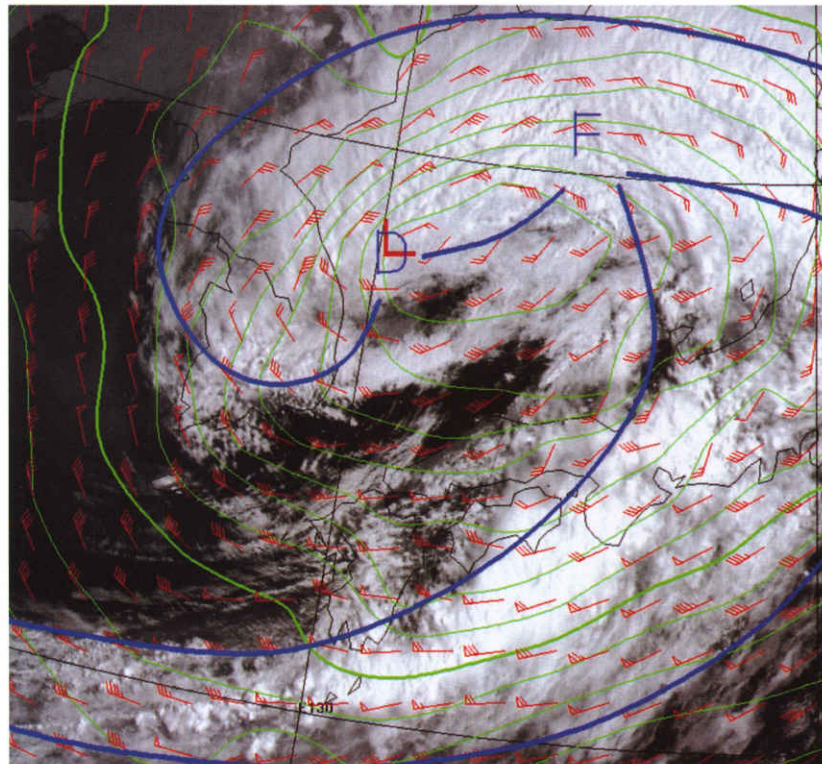


Fig. 7 Visible imagery 00UTC, 18, JUN, 1996  
(Resolution is 1.5 km around Japan)  
same Fig. 3

## 特徴的な雲域を用いた地上低気圧中心の推定

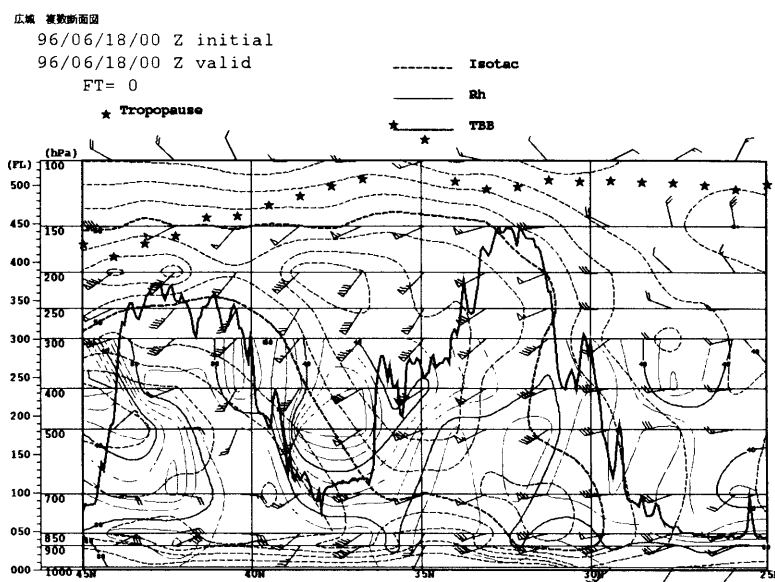


Fig. 8 Meridinal cross section along 135°E  
00UTC, 18, JUN, 1996

### (3)結果

今回の調査の結果、各雲パターンと地上低気圧中心の位置関係は以下のとおりとなった。

#### ①下層雲渦

明瞭な下層雲渦が解析された場合、その位置と地上低気圧中心（地上天気図）との位置は、今回解析した14例中7例が±1°以内、14例全てが±2°以内の範囲内となり、下層雲渦を用いた地上低気圧中心の推定が可能であると考えられる。(Fig. 14)

またRSM (JSM) の地上低気圧中心との比較でも、14例全てが±2°以内となった。(Fig. 15)

(なお図中では、2点が重複しているため13点しかプロットしていない。)

ただし、今回の事例では下層雲渦が地上低気圧中心より南に解析される事例が多かった。

#### ②フック

フックと地上低気圧中心の関係は、地上天気図との位置 (Fig. 16) 及びRSM (JSM) との位置 (Fig. 17) で見られるように、共にバラツキは多いものの、11例全てが、東西方向では±4°、南北方向では±2°以内となり、地上低気圧中心の推定の手がかりと考えられる。

またフックについては、地上低気圧中心より北に解析される事例が多かった。

#### ③対流雲列及びシーラスバルジ

今回、対流雲列及びシーラスバルジについては統計的な考察をまとめるまでにはいたらなかったが、参考までに、対流雲列及びシーラスバルジから得られる知見について、「付録(2)衛星画像を用いた地上低気圧中心の推定手順」にまとめる。

雲パターンとRSM及び地上天気図の低気圧の位置

	下層雲渦 (14例)	フック (11例)
RSM	14例 ±2°	東西±4° 南北±2°
地上 天気図	7例 ±1° 14例 ±2°	東西±4° 南北±2°

Estimation of the central location from the typical cloud pattern associated with extratropical cyclone

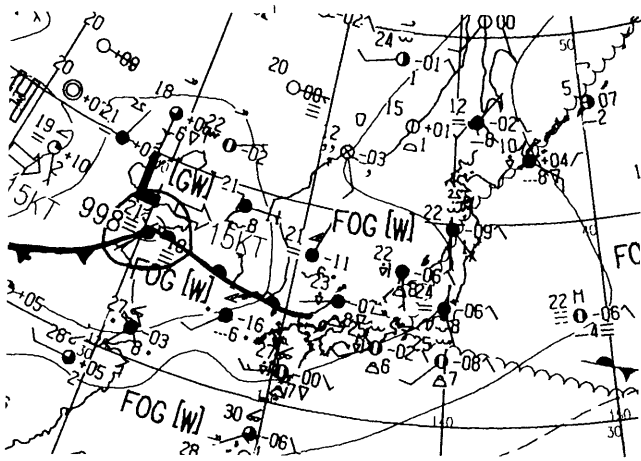


Fig. 9 Surface weather map  
00UTC, 17, JUN, 1996

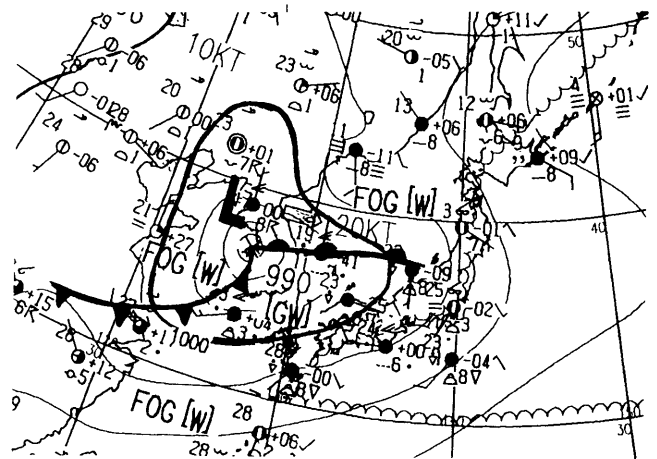


Fig. 10 Surface weather map  
12UTC, 17, JUN, 1996

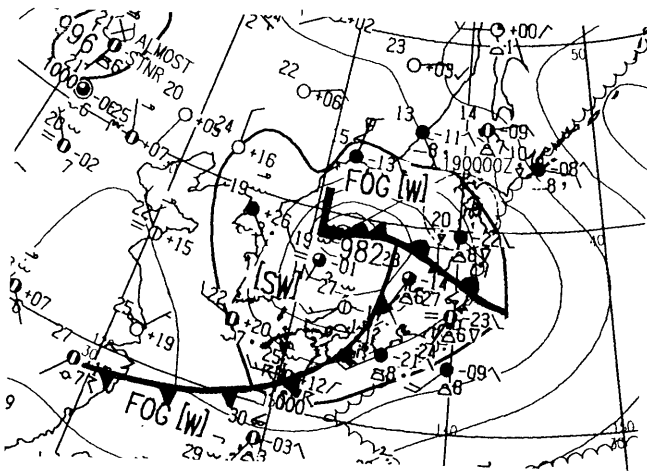


Fig. 11 Surface weather map  
00UTC, 18, JUN, 1996

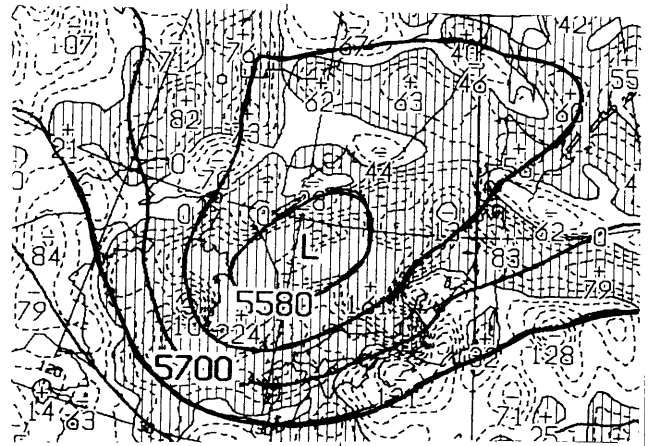


Fig. 12 500hPa surface analyses (RSM)  
00UTC, 18, JUN, 1996

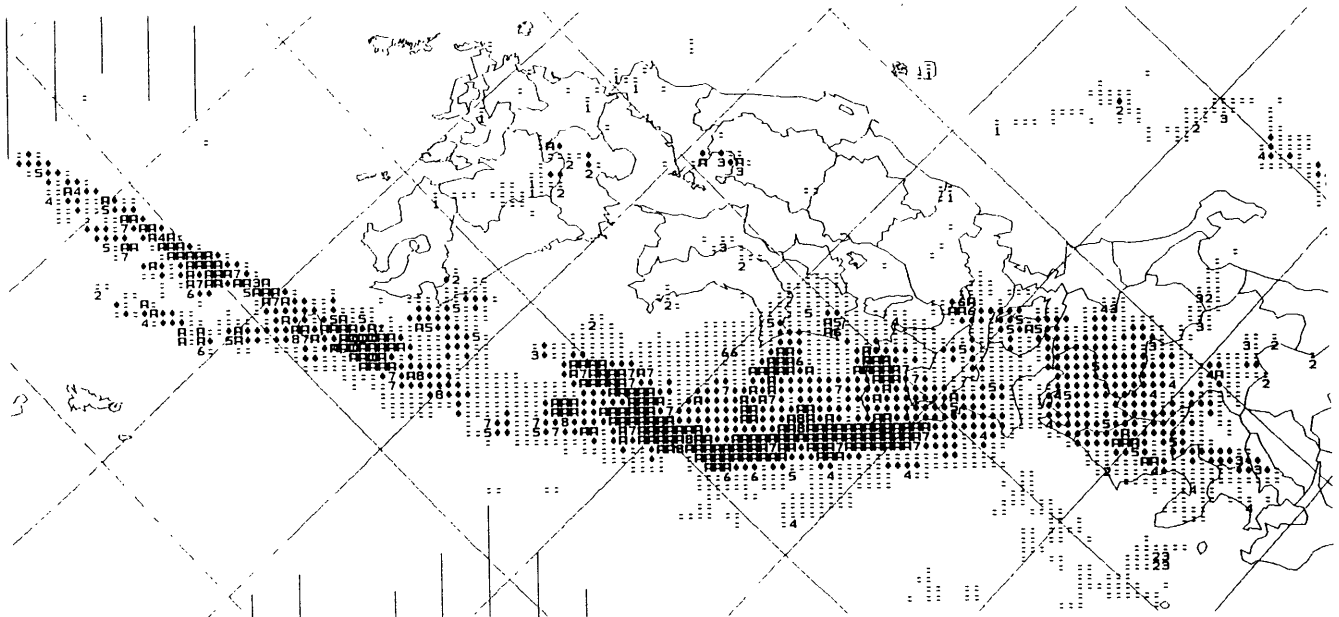


Fig. 13 Rader—echo chart  
00UTC, 18, JUN, 1996



雲パターン（渦：地上天気図のLを原点とする）

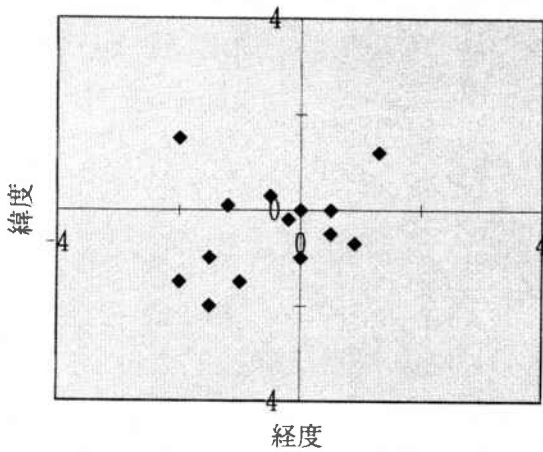


Fig. 14 Distribution of the estimated center (from cloud pattern) around the location indicated in the surface weather chart (which is set at the origin) for 'Low cloud voltex' pattern

雲パターン（フック：地上天気図のLを原点とする）

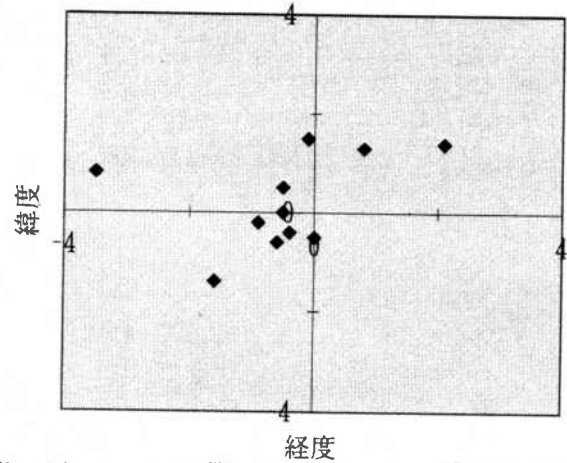


Fig. 16 same as Fig. 14 except for 'Hook' pattern

雲パターン（渦：JSM、RSMのLを原点とする）

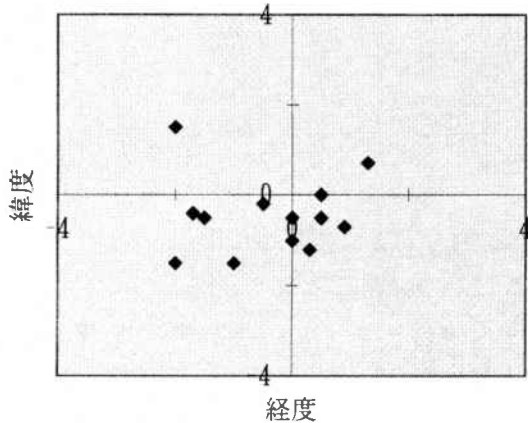


Fig. 15 same as Fig. 14 except around ones indicated by RSM

雲パターン（フック：JSM、RSMのLを原点とする）

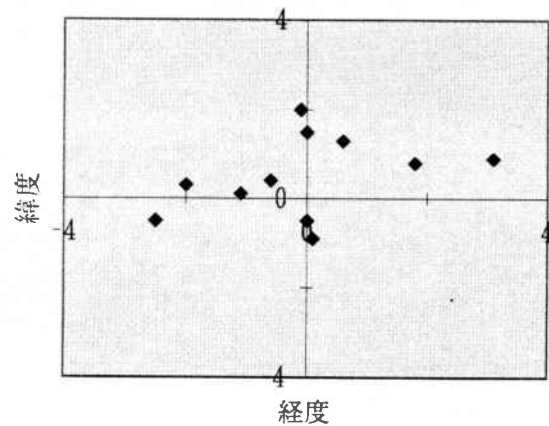


Fig. 17 same as Fig. 15 except for 'Hook' pattern

#### (4) 検討事項

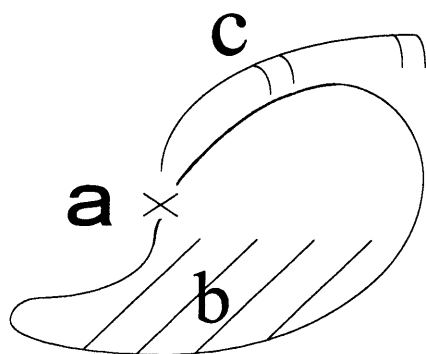
##### ① 下層雲渦

下層雲渦と地上天気図及びRSMとの比較(Fig. 14, Fig. 15)に共通して、下層雲渦の方が地上低気圧の南側に解析されている例が多いが、その理由については今回の検証では明らかとはならなかった。

##### ② フックパターン

フックと地上低気圧の位置関係 (Fig. 16, Fig. 17)では、フックが地上低気圧より北に解析される場合が多かった。

これは、ある程度発達した雲域の場合、南東進する



模式図(フック、シーラスバルジ)

Fig. 18 Schematic diagram of typical cloud pattern observed in a low whose location is estimated by

- 'Hook' type cloud
- a 'Hook' point
- b Low cloud area
- c Cirrus bulge

トラフの前面でフックパターンが明瞭化することが多く、フックパターンの発生で地上低気圧の発生、発達が発達される。

また地上低気圧中心の東側でフックが解析される例が見られることがあるが、これらは(2)事例解析例【閉塞期の低気圧】のように、地上低気圧の東側で閉塞点が発生し始めたが、まだ閉塞点低気圧が解析されていない例であった。

### 3. おわりに

今回の調査は、過去の雲解析に関する定性的な知見をもとに、地上低気圧中心の推定方法とその精度の調査が目的であった。

事例数が25例と少なかったため、統計的に十分な調査とはいえない面もあるが、明瞭な雲パターン(下層雲渦およびフック)が解析された場合については、ある程度の目安となる数値が求められた。今回の調査結果をふまえた地上低気圧中心の推定手順を付録(2)にまとめた。

今回の調査の過程で、衛星画像と数値予報のGPVとの重ね合わせや断面図表示、可視のオリジナル画像を使った解析手法などが、雲の発生や発達と関連づけた低気圧構造を物理的に考察する上で非常に役立ち、

雲解析の客観化や拡充された量的予報の実況による修正の可能性を示したと考えられる。

今後も雲解析技術の客観化の調査が引き続き行われる事を期待したい。

最後に、調査過程で多くの助言をいただいた方々に深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1977年 3月 気象庁気象衛星室 予報と解析への気象衛星資料の利用
- 1983年 1月 気象衛星センター 気象衛星ひまわりによる雲画像の解析とその利用
- 1984年 3月 気象庁予報部 予報作業指針 気象衛星資料の予報への利用
- 1990年 2月 気象衛星センター 衛星画像による低気圧の解析 研修用気象衛星資料
- 1993年 3月 気象衛星センター 水蒸気画像 天気の解析と予報のための解釈と応用
- 1995年 3月 気象衛星センター 「雲解析情報図」利用の手引き
- 1996年 3月 気象衛星センター 気象衛星資料利用テキスト 基礎編・事例編

### 付録(1) 衛星画像解析に用いる用語

#### ・フック (パターン)

擾乱を形成する雲システムの内、「かぎ状の形状」をした雲域。(Fig. 18参照)

偏西風帯短波トラフの前面の雲域で、南西から入り込む下層雲 (b) と北東に吹出す上層雲 (c) の変曲点を持ち、今回の調査ではこの変曲点 (a) をフックの位置とした。

地上低気圧の発達過程の現象として、擾乱の中心付近に現れる事が多い。

#### ・バルジ (シーラスバルジ)

帯状の雲域の北側の高気圧性の曲率をもって極側にふくらむこと。(Fig. 18 (c))

シーラスバルジ (高気圧性曲率を持ったシーラス) の使い方が一般的で、通常は上層の気圧の谷の接近時や擾乱の発生および発達時などに見られる。

・暗域

モノクロ階調の WV (水蒸気) 画像で黒く見える領域。

WV 画像は上・中層の水蒸気量を画面上の濃淡で表したもので、水蒸気量の少ない場所ほど画面上、黒く表されるためそう呼ばれる。

雲解析情報図(TSFE1)では TBB が $-20^{\circ}\text{C}$ 以上( $-20^{\circ}\text{C}$ より高い場所、つまり上・中層に水蒸気が少ない場所)を暗域の領域で表示している。

・暗化域

気塊が下降して乾燥化するのに伴い、モノクロ階調 WV 画像で時間変化と共に暗くなっていく領域。

上・中層の水蒸気量の変化(減少)を示し、多くの場合、上・中層での下降流を示す。

・下層雲渦

VIS (可視) 画像、または IR (赤外) 画像の動画で見える低気圧性回転を持った下層雲の渦。

共通の中心に向かって、数本の対流雲列や雲が巻き込み、この中心を下層雲渦の位置とする。

・厚い雲域

低気圧前面などで発達する多層構造の雲域。

単に多層の雲が重なっているだけでなく、鉛直方向に構造を持っている雲域。

付録(2) 衛星画像を用いた地上低気圧中心の推定手順

今回の調査内容も加え、過去の調査などで地上低気圧中心を推定する方法を以下にまとめる。

①発生初期の地上低気圧

過去の調査で発達初期の地上低気圧では、低気圧に雲域が伴わず、フックや下層雲渦など明瞭な雲パターンが解析される事は少ない。

このため多くの場合、地上低気圧中心を衛星画像から決定する事は困難である。

②発達期、最盛期の地上低気圧

今回の調査の結果フックが明瞭な場合、地上低気圧中心はフック前面の $4^{\circ}$ 以内に解析されることが多い。

またフックの位置に下層雲渦が明瞭化した場合は、下層雲渦の $\pm 2^{\circ}$ 以内に地上低気圧中心が推定される。

なお過去の調査から、明瞭な温暖前線と寒冷前線が解析できる場合は、その交点もしくは延長した交点から地上低気圧中心が推定できることが報告されている。

③閉塞期の地上低気圧

閉塞期の低気圧で、下層雲渦が解析される場合は、地上低気圧の中心は下層雲渦の近傍( $\pm 2^{\circ}$ )に位置する。

しかし、上空の乾燥域が下層雲渦の前面まで入り込む場合、下層雲渦の前面に新たなフックが形成され、この時のフックは閉塞点の発生を示唆するため、地上低気圧中心との対応は必ずしも良くない。

なおこの乾燥域の流入は、WV 画像では暗域が雲域の東側まで入り込むことで、また IR 画像及び VIS 画像でドライスロットが雲域の中心付近まで入り込むことから確認できる。(この段階で地上低気圧は最も発達する。)

④その他

I. 対流雲列は、地上低気圧の暖域内及び気団の境に多く発生し、中心付近もしくは中心の前面に入り込んでいる場合が多いため、対流雲列の入り込んだ先端(北端)に地上低気圧中心が解析される場合が多い。

II. シーラスバルジは、地上低気圧の中心付近から発生している場合は多いが、それだけでは地上低気圧中心を決定する決め手とはならない。

III. しかし数時間以上形状を保存しているシーラスバルジは、シーラスバルジを発生させるシステムが持続していることを示し、上層のトラフの存在など、中・下層雲域を発達させる目安となりそうである。

IV. 梅雨前線や秋雨前線などは、明瞭な雲パターンが解析される事が少なく、前線上に発生する地上低気圧の中心を推定する手がかりは少ない。

ただし過去の調査から、前線帯に対し南からの対流雲列の入り込みは、暖湿気の流入に対応していることが多く、前線上のキックなどの解析に有効である。

このため前線帯では、大陸から深い気圧の谷が接近し明瞭な雲パターンを形成する場合を除くと、地上低気圧中心を雲画像から決定する事は困難である。