

# 静止気象衛星の赤外・可視データを 編集・表示するシステムの開発

—台風中心位置決定業務およびメソスケール解析のための—

## On the Development of Image Data Edition and Display System

—For the Determination of the Cloud System Center of  
a Typhoon and the Analysis of a Meso-scale Phenomenon—

中村 健次\*・杉本 清秋\*\*

Kenji Nakamura\* and Kiyooki Sugimoto\*\*

### Abstract

A system has been developed in order to determine quickly and accurately the location of the cloud system center of a typhoon by displaying it on a TV-display. Reduction of error in positioning the image data is tried by predicting the amount of misalignment data.

The system includes several functions such as superposition of infrared image and visible one or time-sequential images, alternating enhancement conversion table and storing several images. These functions enhance the spiral patterns in typhoon cloud system.

This system gives more accurate location of the cloud system center of typhoon than the current one does.

### 1. はじめに

静止気象衛星「ひまわり」の可視および赤外画像をデータ解析する利用方法を筆者は報告した(中村・杉本, 1980)。これは台風中心位置決定業務をはじめ、降雨降雪および海霧の解析に相当な利用があった。

一方、新しい問題として、衛星の姿勢予測の際の運動モデルが不十分であるために、実際の海岸線と計算で描画した海岸線の“位置ずれ”が無視できない程の量となり、そして過去2年間の台風中心位置決定業務で決定した一連のデータに決定誤差として重畳されていたという事が最近の調査でも明らかにされた。

次に、解析者の立場からは、「従来の等価黒体温度( $T_{BB}$ )分布図に加えて、画像自体をディスプレイ装置

(Image Processing Console ; IPC) に早期に出力して欲しい。それには画像表示の階調を強調できたり、異なった画像の重ね合わせ、緯経線の挿入などの画像処理能力を持たせてほしい。」——という要望があがってきた。

本稿では、さきの位置づれの修正および画像のディスプレイによる台風中心位置決定業務のシステムと機能を述べる。つぎに、その効果を台風 TS8019 の再解析によって明らかにすると共に、 $T_{BB}$  から見た代表的な台風衰弱のパターンを提示し、各ステージにおける中心位置の決定法および問題点を明確にした。また、一般のユーザーのためのシステム利用も簡単に説明する。尚、このシステムの概要と、これを用いて得られた台風画像の例を「ひまわりの画像から」(杉本・中村, 1981) で簡単に紹介したが、ここではさらに詳しく述べる。

### 2. 画像歪と位置誤差

VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) が地球を撮像する時のカメラの視準線の状態は、衛星の軌道、姿勢およびカメラの取付位置による。

\* 気象衛星センター管制課 (現在, 科学技術庁),  
Satellite Meteorological Center (Present affiliation : Science and Technology Agency).

\*\* 気象衛星センター管制課, Satellite Meteorological Center.

衛星の軌道は、電波の三点測距の原理で決定する。衛星の姿勢は、衛星から見た太陽位置および地球位置による方法と、衛星が撮像した地球上の地形（ランドマーク）の位置によって決定する方法がある。通常は精度の高い後者を利用する。画像と地球上の位置（緯経度）の対応をとるのに必要な軌道、姿勢情報は、撮像以前に予測することができる。

精密姿勢予測データの算出は、衛星の運動を

外力 = 太陽放射圧

角運動量 = 一定

として時間積分して求められる。しかし、予測値と実測値には幾らかの差がある。衛星の蝕時、軌道、姿勢の制御時は別として、通常でも数値モデルで表現できない運動が起こり、画像に“位置ずれ”が現われる。ここでは、“位置ずれ”を小さくする方法と実際の運用結果を述べる。

2.1 観測方程式

VISSR の観測方程式は、軌道・姿勢状態、VISSR 取付誤差をパラメータとして、地球上の点(ランドマーク)と衛星を結ぶ単位ベクトルと、VISSR の視準線ベクトルが等しいと置いて求める。

$$\frac{\vec{r}_l - \vec{r}_s}{|\vec{r}_l - \vec{r}_s|} = (s_x, s_y, s_p)L \dots\dots\dots ①$$

ここで

- $\vec{r}_l$ : 地心からランドマーク—地表面上の任意の地点 (緯度, 経度, 高度;  $\varphi_0, \lambda_0, H_0$ ) へのベクトル
- $\vec{r}_s$ : 地心から衛星へのベクトル

左辺の  $\vec{r}_l, \vec{r}_s$  の関係を Fig. 1 に示す。0 は地球中心。

これらは1950.0年の平均赤道面座標表示へ変換されたものである。この時に天体暦のデータを参照する。右辺の

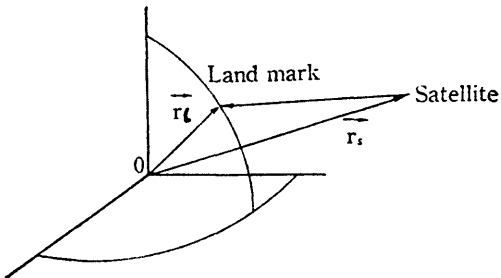


Fig. 1 Landmark vector (after I. Miyazawa and A. Iseki, 1979).

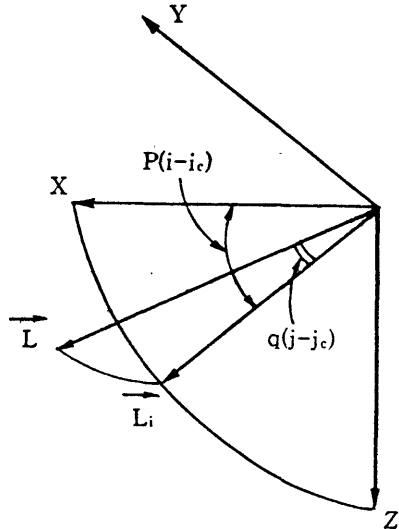


Fig. 2 Vector of line of sight (after I. Miyazawa and A. Iseki, 1979).

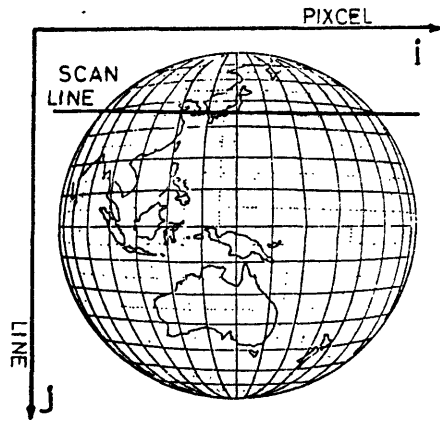


Fig. 3 VISSR coordinates.

$\vec{L}$  はカメラの視準線ベクトルである。 $(\vec{s}_x, \vec{s}_y, \vec{s}_p)$  は衛星のスピン方向と地心方向を示すので、上式の右辺の二項で VISSR のカメラがスピンしつつ、地球方向を撮像する状態を示す。

Fig. 2 に  $L$  の状態を示す。

$$\vec{L} = L_j \cdot L_M \cdot L_i \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

ここで、 $L_i$  は Fig. 2 の  $y$  軸まわりの回転 (ライン方向への運動でステッピング), 同様に  $L_j$  は  $z$  軸まわりの回転 (画素方向への運動でスキャン) を示す。

ライン、画素で与えられる VISSR 座標 (Fig. 3) と

$\gamma$ ,  $z$  軸まわりの回転の関係を示す。

$$L_i = \begin{pmatrix} \cos p_i & 0 & -\sin p_i \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin p_i & 0 & \cos p_i \end{pmatrix}$$

$$L_j = \begin{pmatrix} \cos q_j & -\sin q_j & 0 \\ \sin q_j & \cos q_j & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ここで

$$p_i = p(i - i_c), \quad q_i = q(j - j_c)$$

$p, q$ : VISSR のライン方向および画素方向の瞬時視野角

$i, j$ : 地球上(緯経度, 高度)に対するライン, 画素値。

$i_c, j_c$ : 画像中心のライン, 画素番号。

次に, VISSR の取付誤差つまりミスアライメントを示す。

$$L_M = \begin{pmatrix} \cos \delta_Z & -\sin \delta_Z & 0 \\ \sin \delta_Z & \cos \delta_Z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \delta_Y & 0 & -\sin \delta_Y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \delta_Y & 0 & \cos \delta_Y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \delta_X & \sin \delta_X \\ 0 & -\sin \delta_X & \cos \delta_X \end{pmatrix}$$

ここで,

$\delta_X, \delta_Y, \delta_Z$ : 各々 X, Y, Z 軸まわりのミスアライメント量

つまり, 地上の緯経度値と VISSR 座標の  $i, j$  の対応関係が, 軌道・姿勢状態およびミスアライメントをパラメータとして求まる。

この項の詳細な解説は, 宮沢・井石 (1979) を参考にさせていただきたい。

## 2.2 位置ずれの幾何学的修正方法

撮像した地球画像に, ①式で計算した緯経線・海岸線を重畳して一枚の写真ができる。何らかの原因で, 実際の海岸線と計算上の海岸線が一致しない—“位置ずれ”—が起こることがある。

“位置ずれ”の修正方法は二通り考えられる。すなわち, ①姿勢の数値モデルを改良する。②計算上の海岸線だけを撮像後の地形に合うように移動させる。両者には長所短所はあるが, ②はテストの結果が良好であれば, 開発技術, 開発時間において経済的である。ここでは, ②を“位置ずれ”修正のために使用する。

次の(1), (2)は高橋 (1980) の方法を使用したもので, その概要を述べる。この方法は, 撮像した地球像と計算上の地球像のずれを求めるので, 幾何学的修正法と呼ぶ。

### (1) “位置ずれ”量の算出

映像した地球像について, 各スキャンの東西端 (ア—

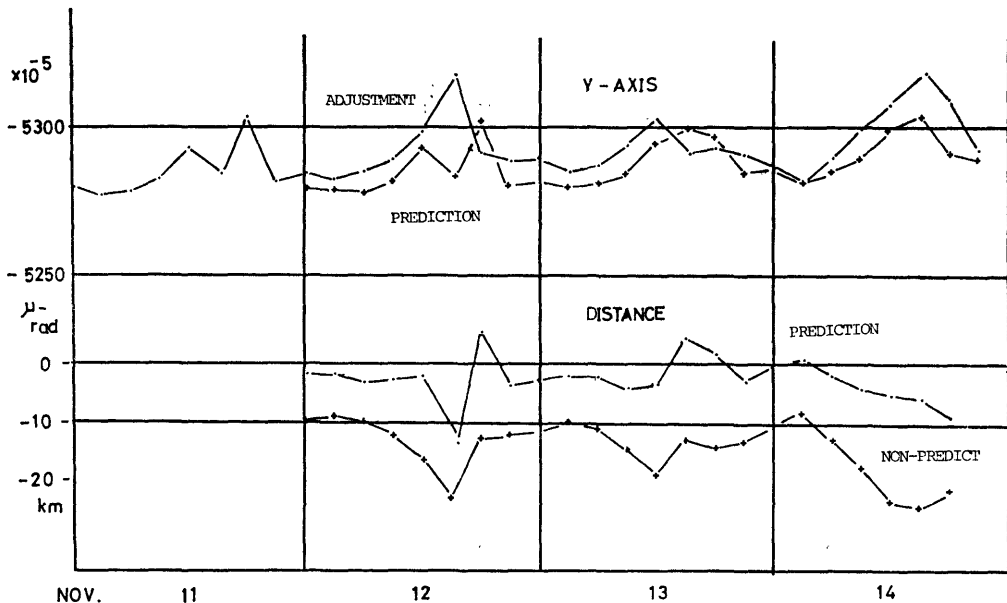


Fig. 4 The relationship between the positioning error on the earth surface and the misalignment (Y-axis).

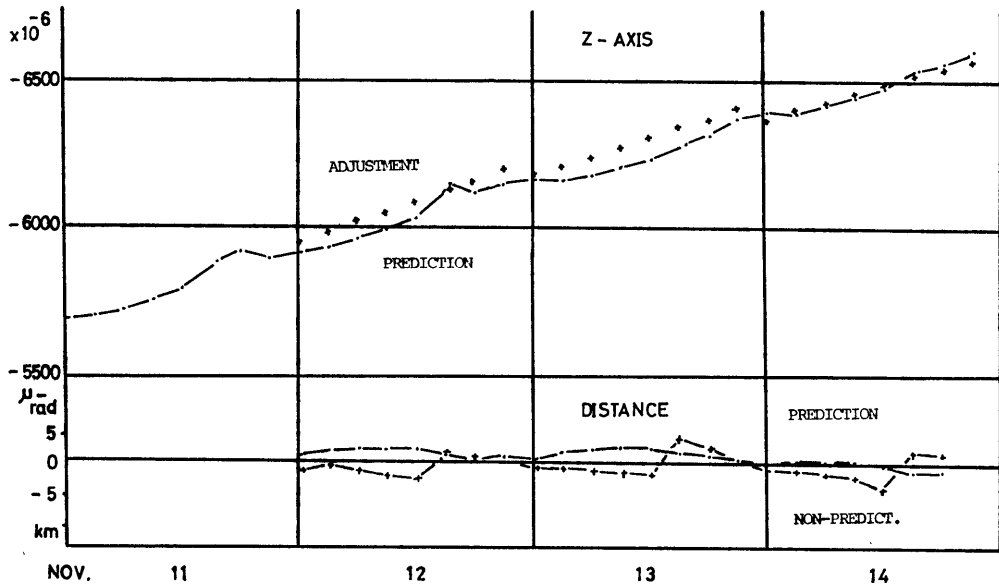


Fig. 5 The same as Fig. 4 but for Z-axis.

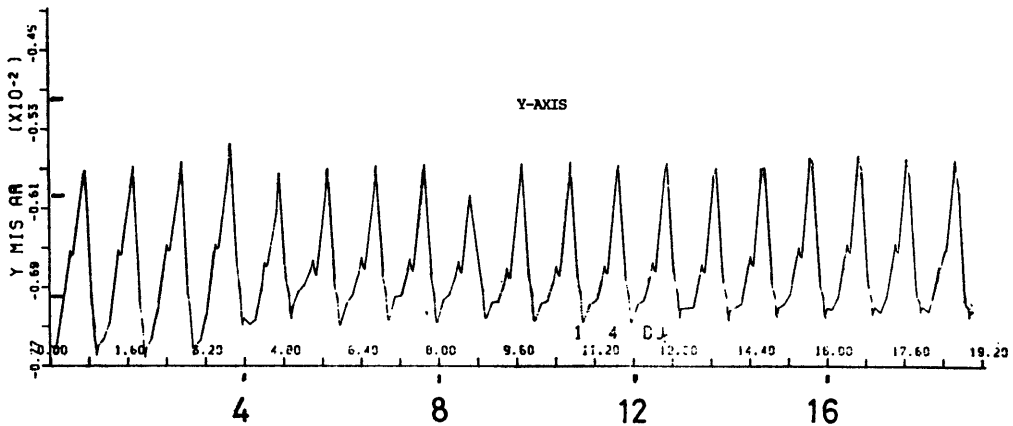


Fig. 6 Misalignment observed during the period from 4 through 20 JAN. 1980.

スエッジ)を検出して、それらの中央を求めると、これが地軸になる。地軸の中央を撮像した画像の中心 ( $I_{OP}$ ,  $J_{OP}$ )とする。また計算上の地球の中心を ( $I_{ON}$ ,  $J_{ON}$ )とする。両者からライン、画素方向のずれ量  $\delta_i$ ,  $\delta_j$  を求める。地軸の勾配  $\theta$  は、各スキャン  $j$  の中心画素  $i_0$  を最小二乗法で求める。

$$\left. \begin{aligned} \delta_i &= I_{ON} - I_{OP} \\ \delta_j &= J_{ON} - J_{OP} \\ -j &= \theta_0 \cdot i_0 + \varepsilon \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots ②$$

(2) “位置ずれ”修正をするミスアライメント量の算

出

①式について、VISSR座標の ( $i$ ,  $j$ ) を固定しても、ミスアライメント (つまり  $L_M$ ) を変化させれば、対応する緯経度値が変動することがわかる。Fig. 2 を参考にすると、 $\delta_z$  ( $z$  軸まわりの回転) の負方向のずれは、東 ( $i$  方向) へ VISSR の視準線を移動させる。同様に、 $\delta_y$  の負方向のずれは北 ( $-j$  方向) へ、一方、 $\delta_x$  の正方向のずれは、撮像した地球像が反時計まわりの回転をすることがわかる。

①式から、適当な間隔で、 $\delta_z$  と  $\delta_i$ ,  $\delta_y$  と  $\delta_j$  および  $\delta_x$  と  $\tan \theta_0$  の関係について、その一次係数  $K_x$ ,  $K_y$ ,  $K_z$  を求めておく。

$$\left. \begin{aligned} \delta_x &= K_x \cdot \tan \theta_0 \\ \delta_y &= K_y \cdot \delta_j \\ \delta_z &= K_z \cdot \delta_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

②式から、“ずれ量”がミスアライメント量に変換される。

**2.3 幾何学的修正の効果**

幾何学的修正による効果は、画像上の地形と計算上の地形の VISSR 座標上の差が、修正なしの場合に比べて小さくなったかによって判定できる。地形の VISSR 座標上の差は毎日ルーチンで算出している。それらは、

- 緯度方向 ≤ 1
- 経度方向 < 0.5

単位：赤外画素

となり、補正のない時の2～3画素に比べて格段の精度向上を果している。

**3. “位置ずれ”の修正とその評価**

従来の「VISSR 輝度分布出力プログラム」内での修正方法は次の方法で行う。まず、③式で示されるミスアライメント量を入力として①式の  $L_M$  を計算後、観測方程式に代入する。入力媒体はカード入力あるいは自動予測によるディスクバック入力も可能とする。

ミスアライメント量は、前述のように、観測後に決定される量である。このことは事後調査の場合は問題とならないが、台風臨時観測のような場合は、次のことを考慮せざるを得ない。つまり、①ミスアライメントの決定には余分な時間と計算機の資源が必要となる。②定時観測外に実施する毎時観測は、地球像の一部分をスライスする観測法である。アースエッジは全球時の1/4しかなく、ミスアライメントを直接決定できないの二点である。このプログラムでは、二つを満足させるために、ミスアライメント量予測が必要となる。

**3.1 ミスアライメント予測による修正効果と誤差**

Y軸とZ軸のミスアライメント量と位置誤差の関係を Fig. 4, Fig. 5 に示す。ミスアライメント量は幾何学的修正法による決定値(●印)と予測値(+印)を示す。位置誤差は、従来法(+印)および予測法(●印)と幾何学的修正法との差を示す。図から、従来法に比べて、北側に約10km、東側に約1km程修正されたことがわかる。予測方法は、Y軸では前2日間の同時刻の平均を用い、Z軸では前2日分のデータを直線外挿する。

Fig. 4 に示した Y 軸のミスアライメントに比べて Fig. 6 の1980年4月15日～5月5日の Y 軸の値では非常にきれいな周期性が見られる。実は、1980年9月24日

に突然、姿勢のチルトが深まり南端付近が欠ける事故が発生しており、その直後の Fig. 3, 4 は一連の影響を受けたものと考えられる。現在は、Fig. 6 に近い状態である。

また、今回の予測法と幾何学的修正法との“位置ずれ”は南へ3.0km、東へ1.4km 偏っているが、これらは赤外の1/2画素以内に入っているので十分な精度と言える。

**4. 画像編集・表示システムの概要**

本システムは、VISSR 画像 MT を入力として IPC へ出力する主系と、画像の“置位ずれ”を抑制する副系からなる (Fig. 7)。副系は第3章で述べたので、ここでは主系について説明する。

**4.1 VISSR 輝度分布出力プログラム**

このプログラムの機能は、既に報告済み(中村・杉本, 1980)であるが、今回このシステムのためにあらたに IPC モードが付け加えられた。以下に IPC モード時の処理方式を述べる。

総処理範囲は、メソスケール現象の空間領域と、計算機の処理時間を考慮して、緯経度方向共に9度とした。Fig. 8 で、9度四方の処理領域を形成している9個の小矩形は、それぞれ3度四方の大きさで、LP (ライン

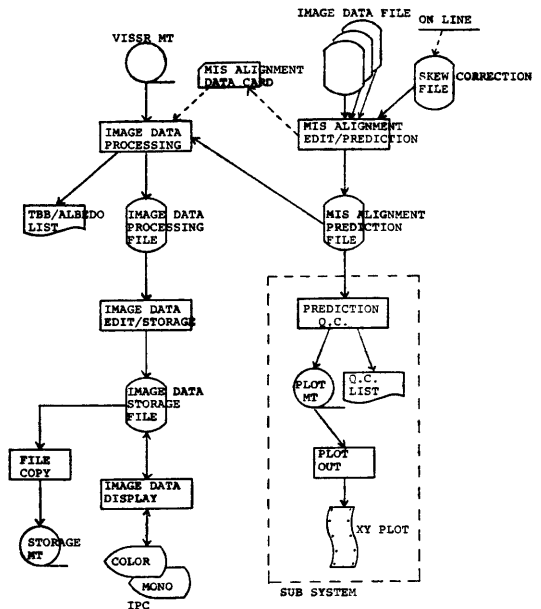


Fig. 7 General flow chart of the image data edition and display system including a subsystem.

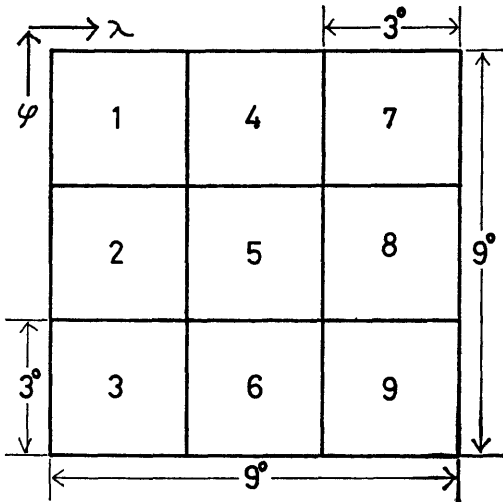


Fig. 8 Relationship between total and unit areas of image data in longitude-Latitude coordinates, numbered in order of processing.

プリンタ出力) 1 ページ分に相当する。処理の単位である小矩形内のアルゴリズムは、原プログラムの改造を最小限にするために、従来の 0.1 度メッシュの出力 1 回かわりに、開始点をⓐ従来点 ( $\phi_s, \lambda_s$ ), ⓑ ( $\phi_s+0.05^\circ, \lambda_s$ ), ⓒ ( $\phi_s, \lambda_s+0.05^\circ$ ), ⓓ ( $\phi_s+0.05^\circ, \lambda_s+0.05^\circ$ ) に定めて各々 0.1 度メッシュの出力を行う。各出力は Table 1 の DATA 1~4 に格納する。これらを編集すると 0.05 度メッシュのデータ配列となり、従来の 4 倍の密度となる。上記の出力を 1 番目の小矩形から 9 番目まで行う。5 番目の小矩形の処理では、DATA 1 の部分が従来通り L.P. にも出力される。

4.2 編集・累積プログラム

このプログラムは Fig. 7 に示す切り出しファイル (Image data processing file) から画像データを読み、編集処理を行い、累積ファイル (Image data storage file) に格納するものである。

Table 2 に示す累積ファイルにおいて、IR IMAGE 1~10 で示す領域が赤外画像格納領域で、VIS IMAGE 1~10 が可視画像格納領域である。コントロールブロックには現在格納してある画像の諸要素が納められている。キャリブレーションブロックには最後に格納された画像データの、赤外・可視変換テーブル (後述) が格納される。入力カードの指定により、赤外単独、可視単独および両者の同時処理が可能であり、累積ファイルの任意の場所に格納することができる。格納する場所の指定がなければ、撮像時刻の最も古いデータが消去され、そ

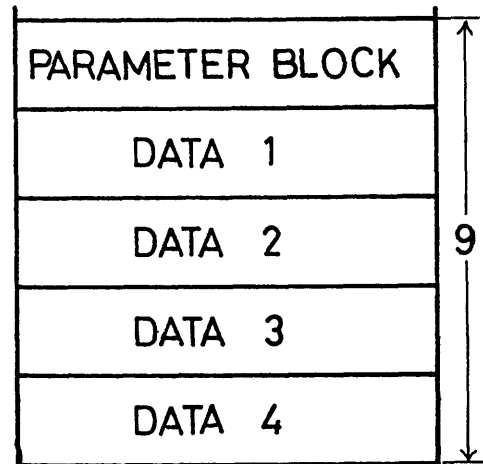
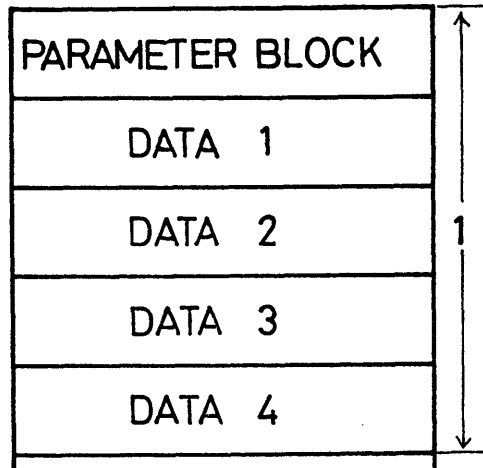


Table 1. File format of image data processing.

の部分に格納される。処理方式を以下に述べる。

まず、「切り出しファイル」の DATA 1 から DATA 4 までを 0.05 度間隔のデータ配列に編集しなおす。Fig. 9 に示す (62x62) の配列がこれに相当する。この操作を Table 1 の 1 から 9 まで行くと、Fig. 9 の (186x186) の配列となる。次にこの配列を、(62x46) の配列を単位として累積ファイルへ転送する。

4.3 画像表示プログラム

このプログラムは IPC とオペレータとの対話処理を行うためのもので、以下の機能を持つ。

1) 対話

オペレータによるプログラムへの指令は IPC の操作卓にあるキーボード、ファンクションキー (16種あり、プログラムに対して、それぞれのキーに対応した固有の

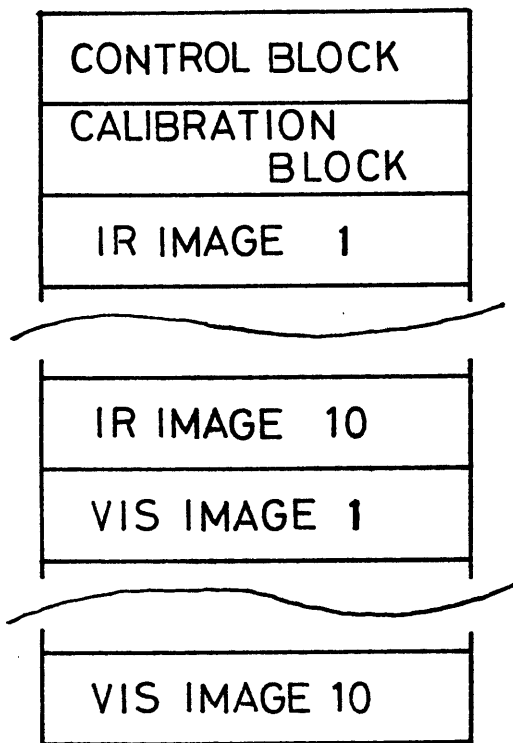


Table. 2 File format of image data storage.

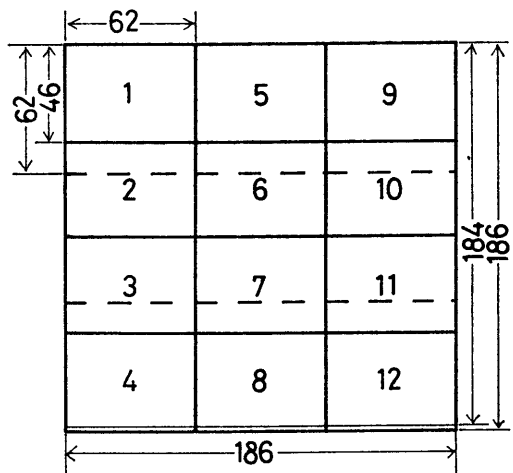


Fig. 9 Image data sections in pixel-line coordinates numbered in order of editing and translating.

動作を行わせる), カーソルダイヤル (IPC 画面上の座標値を入力する装置) を通してプログラムに通知される。

2) 画像情報の表示

「累積ファイル」のコントロールブロックに格納されている, 画像データの撮像年月日, 切り出し 中心緯経度, 赤外・可視の区別, 画像名等の一覧を IPC に表示する。

3) 画像の表示

次の4種類の表示が可能である。

イ. 赤外及び可視画像のモノクロ画面表示

64階調 (Fig. 10 の IPC 輝度レベルで 0~63) で表示する。

ロ. 赤外及び可視画像のカラー画面表示

IPC 輝度レベルに対して 特定の色を割り当てる 擬似カラー表示と, 赤, 緑, 青, シアン, マゼンダ, 黄の単色 8 階調で表示する 2 種類がある。

ハ. 赤外・可視画像の重ね合せ表示

撮像時刻, 中心緯経度が同じ赤外・可視画像に, 各々赤と緑を割り当てて, 重ね合わせて表示する。

ニ. 時系列重ね合せ表示

撮像時刻の違い画像を最大 3 枚まで時刻の古い順に, 各々青, 緑, 赤の色を割り当てて重ね合せ表示する。それぞれの画像の中心緯経度が異なる場合は, 時刻の最も新しい画像に重なり合う部分のみを重ね合せ表示し, 中心が 3 度以上ずれていると処理を行なわない。

4) 付属情報の挿入

Photo. 1~4 に示すように, 画像を表示すると, その画像の番号, 撮像年月日, 赤外・可視の区別が, 画面左上すみに挿入される。以下の情報はすべてオペレータの指令により, 挿入される。

イ. 緯経線

緯経線共に 2 度間隔で挿入され, 表示形態は, 白の破線又は黒の直線である。

ロ. 階調のスケール

画像表示中の画面左端に, その画像を表示するときを使用した, 一定範囲の  $T_{BB}$  あるいはアルベドに対する階調が表示される。次の種類がある。

- (1)  $T_{BB}$  スケール。
- (2) アルベドスケール。
- (3)  $T_{BB}$  擬似カラースケール。
- (4) アルベド擬似カラースケール。
- (5)  $T_{BB}$ , アルベド複合スケール (赤外・可視重ね合せ表示用に用いる)。

ハ. 指定点の緯経度値

表示中の画像の任意の地点をカーソルダイヤルで指定すると, その地点の緯経度値が算出されて画面右下すみに表示される。

ニ. 軌跡

画像 1 枚につき任意の 1 地点の緯経度値を「累積ファ





イル」のキャリブレーションブロックに保存しておき、それらの IPC 画面への表示は、地点間を直線で結んで、軌跡にする。地点は、黒あるいは白の点で、直線は、白の破線又は黒の直線で表示される。右上すみに、は表示中の地点の画像番号と緯経度値を表示する。

台風の中心を決定する場合は、画面に、それまでの台風の中心位置の移動を軌跡として挿入する。軌跡の移動方向、速度等を参考にして、 $T_{BB}$  分布パターンより、台風の中心位置を推定する。又次回の観測での切り出し中心緯経度を求める際にも有効である。

5) 階調変換テーブルの変更

階調変換テーブルは、可視および赤外表示のために6種類ずつプログラムに内蔵している。通常はこれで充分であるが、目的とする現象の温度(アルベド)帯を特別に強調して表示するテーブルの作成も可能である。その方法は、Photo. 5 に示す階調変換テーブルをグラフ化したものに、オペレータが変更すべき座標点(折線となる部分)をカーソルダイアルで次々と入力することにより作成される。

6) 数値入力による階調変換テーブルの作成

キーボードからの、 $T_{BB}$  あるいはアルベドの、上限、下限、きざみ値の入力により、ある種の変換テーブルを作成することができる。上限値を  $X_U$ 、下限値を  $X_L$ 、きざみ値を  $\Delta X$  とする。 $X_U$  と  $X_L$  間を、 $N = |X_U - X_L| / \Delta X$  等分し、白黒画面であれば、白と黒を、カラー画面であれば、特定色と黒を、交互に設定する。上限値以上、下限値以下は表示しない。

7) 画像データの L.P 出力

オペレータからの指令により、任意の画像データを、

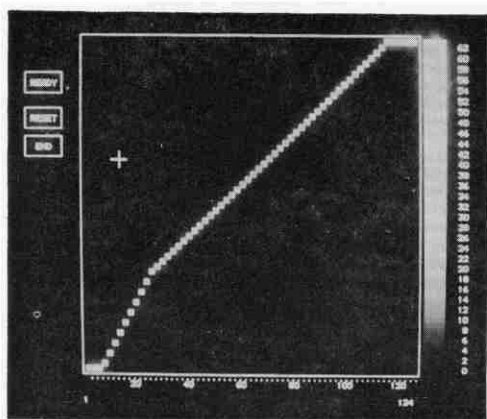


Photo. 5 A Sample of enhancement conversion table display. Image data brightness level (X-axis) are converted to the IPC brightness level (Y-axis).

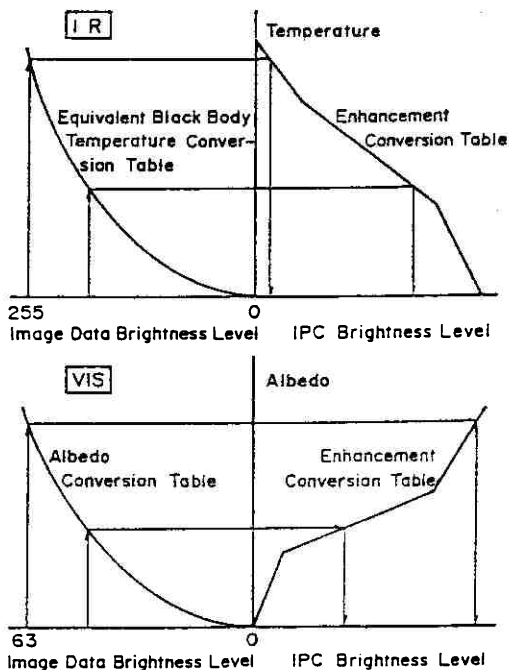


Fig. 11 Schematic diagram of IPC brightness level and image data brightness level conversion.

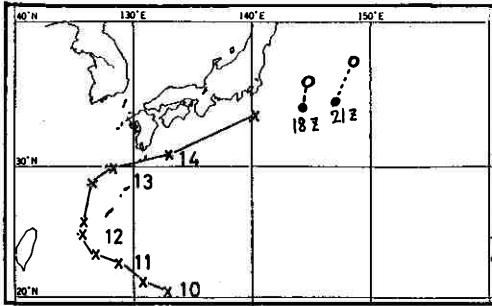
その値に対応するシンボルに変換して LP に出力する。赤外の場合の出力例を Fig. 10 に示す。

4.4 画像表示の処理方式

「累積ファイル」に保存されている画像データは、VISSR で観測された輝度レベルである。そのため、物理量に変換する必要がある。Fig. 11 に示すように、赤外画像データの場合は、等価黒体温度変換テーブル(Equivalent Black Body Temperature Conversion Table)で、 $T_{BB}$  に変換する。可視画像データの場合は、アルベド変換テーブル(Albedo Conversion Table)で、アルベドに変換する。物理量に変換後、階調変換テーブル(Enhancement Conversion Table)で、IPC 輝度レベル(擬似カラー表示の場合は表示カラー)に変換して、IPC に出力する。複数枚の階調変換テーブルを用意することにより、低(高)温域の強調等、様々な効果を、表示画像にもたせることができる。

5. IPC を併用した台風中心位置決定業務の評価

従来の LP に出力した輝度分布を単独に使用したケース(以下、 $T_{BB}$  法という)と、今回の IPC を併用したケース(以下、IPC 法という)の相違を具体的に示すた

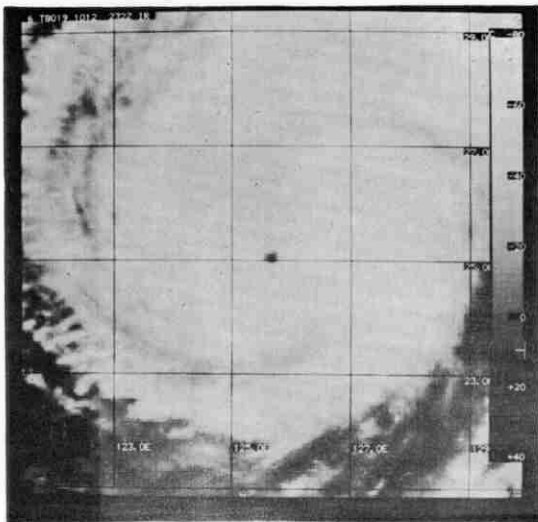


**Fig. 12** Trajectory of TS8019 during the period from 00GMT 10 OCT. 1980 through 12GMT 14 OCT. 1980. Centers of high-and low-level circulation at 18GMT and 21GMT are shown by ○ and ● respectively.

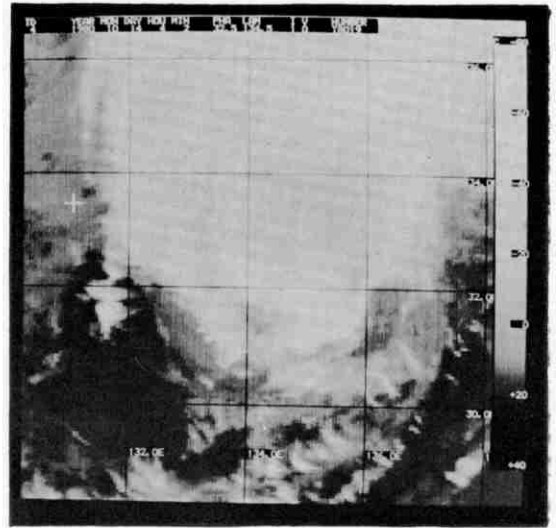
めに、一例として TS 8019 の再解析結果を述べる。台風は日本南岸を北東進する10月14日は、すでに衰弱が始まっている。Fig. 12 は径路の概略である。

台風の中心は海面気圧の最低の場所と定義され、 $T_{BB}$  分布の場合には下層の雲の渦の中心を台風の中心と考えることにする。中心位置決定にあたっては常に、①眼の崩壊の程度と、②上層・下層の雲の渦、あるいは中心の鉛直方向の傾きに注意を払わなければならない。Photo. 1 ~Photo. 4 および Fig. 13~Fig. 16 は、その点に注目した衰弱化のパターンである。順に衰弱番号0~3を与え、次の様に定義してその特徴と解析法を示した。

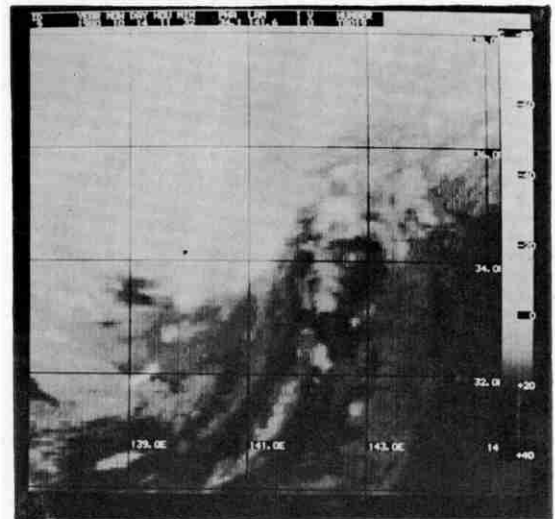
**5.1 衰弱段階 0**



**Photo. 1** Infra-red image data at 00GMT 13 OCT. 1980 displayed on the IPC.



**Photo. 2** The same as Photo 1 but for at 04GMT 14 OCT. 1980.



**Photo. 3** The same as Photo 1 but for at 12GMT 14 OCT. 1980.

この段階は台風の最勢期にあたり、その特徴は中心へ向うスパイラル状の雲バンドと眼が明瞭に確認できることである。Photo. 1 と Fig. 13 は10月12日03 z の観測で、中心の central dense overcast (以下 CDO) は雲頂温度  $-70^{\circ}\text{C} \sim -80^{\circ}\text{C}$  を示し、その中央に明瞭な眼が識別される。ここで言う“眼”とは、 $T_{BB}$  で表現した雲の立体分布を考えた時に存在する“ロート状”の暖域である。中心位置の決定は  $T_{BB}$  分布リストの等値線を描くと、pin-point で求まる。

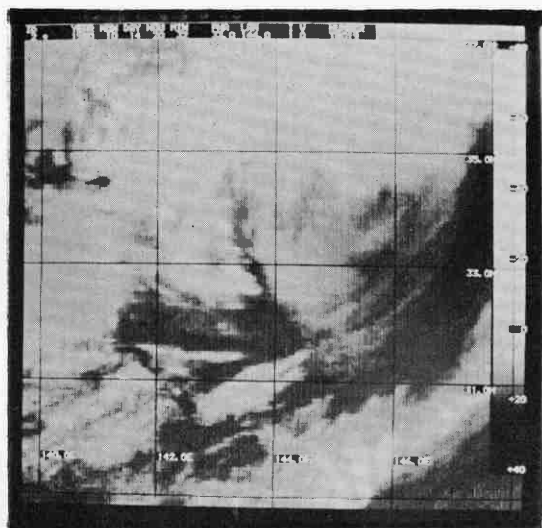


Photo. 4 The same as Photo 1 but for at 21GMT 14 OCT. 1980.

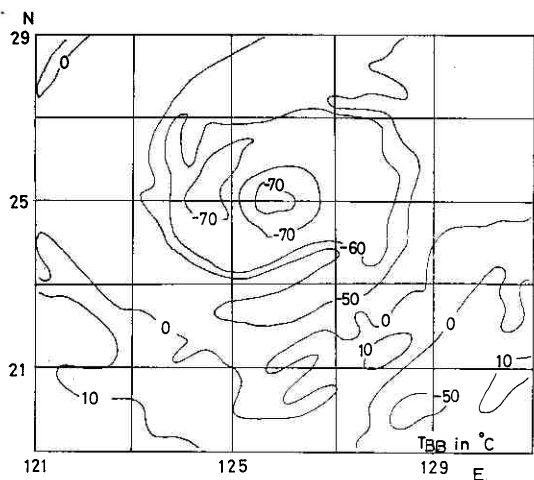


Fig. 13  $T_{BB}$  distribution at 03GMT 12 OCT. 1980.

### 5.2 衰弱段階 1

この段階の特徴は CDO の形状がC字形あるいは、形になり、上層の湾曲した雲の切れ目の存在である。Phot. 2 と Fig. 14 は10月14日04zの観測で、この段階にあたる。C字形の“懐” (33°N, 135°E 付近) の部分は -40°C の深い切込みとなっており、CDO の雲頂温度との差は 20°C 強で、崩れた眼と想定される。これも特徴の一つである。

この段階での台風中心の決定方法は、IPC 法が有効である。即ち、階調の強調機能を利用した IPC 画面で、

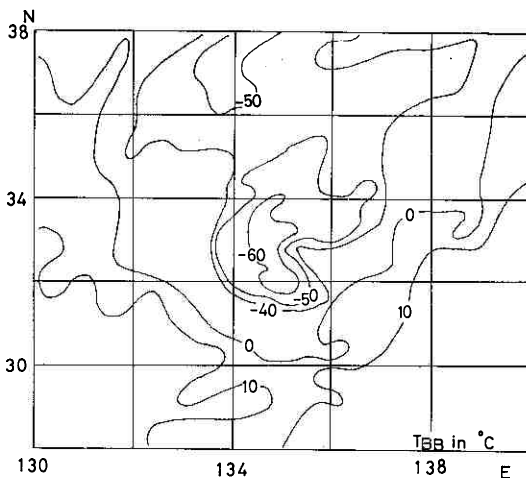


Fig. 14 The same as Fig 13 but for at 04GMT 14 OCT. 1980.

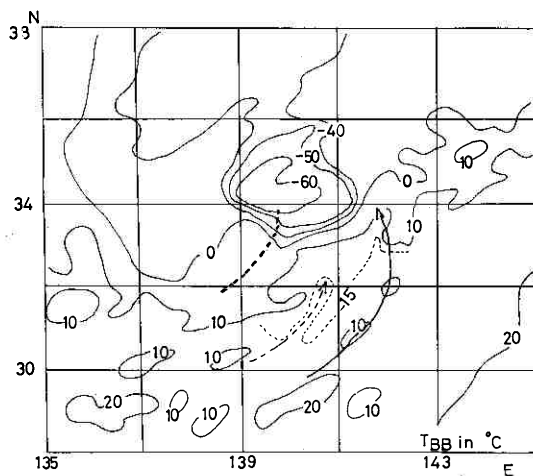


Fig. 15 The same as Fig 13 but for at 12GMT 14 OCT. 1980.

Full arrow : Low level cloud band  
Broken arrow : Warm band

スパイラル状の絹雲の雲域を解析する。同時に、2°C 毎に等値線を引いた  $T_{BB}$  リストに重合させる (これらの空間関係は Fig. 21 にある)。この解析結果が Fig. 17 である。Fig. 18 は  $T_{BB}$  法の結果である。 $T_{BB}$  法では台風中心付近の比較的狭い領域の雲分布であるのに比べて IPC 法では長大なスパイラル状の雲バンドの全体像が把握でき、よりシノプティックな解析であると言える。二つの方法で求めた中心位置の経路を見ると両者の差は明瞭である。

Fig. 19, 20 は、10月14日01z~05z と 09z~14z の予報部決定値と IPC 法、 $T_{BB}$  法の比較である。予報

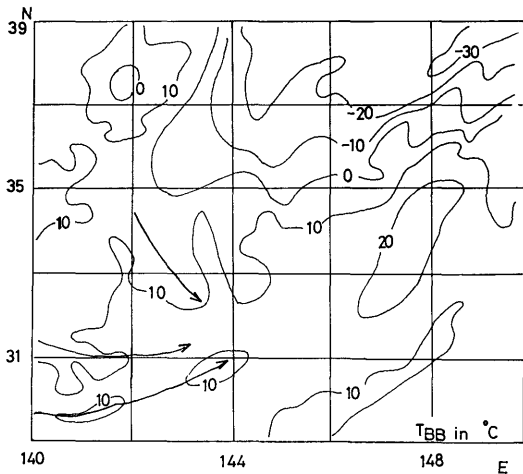


Fig. 16 The same as Fig 13 but for at 20GMT 14 OCT. 1980.

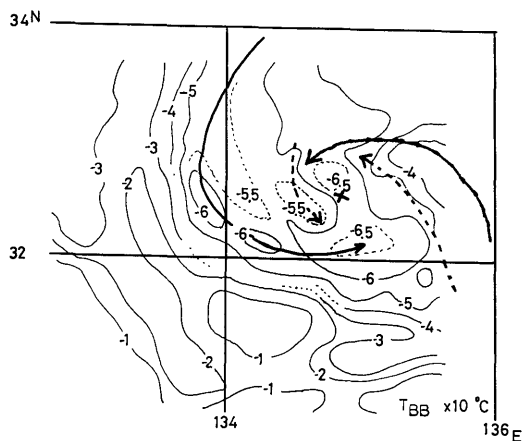


Fig. 17 TBB analysis by means of IPC display at 03GMT 12 OCT. 1980.

Full arrow : Relatively cold band  
 Broken arrow : Relatively warm band  
 X : Cloud system center of TS8019.

部決定を基準として、エラーベクトルをとると、IPC法では、ほぼ一定に北側へ0.5度程度偏る。一方、TBB法ではバラツキが大きい。この原因は、TBB法は、崩れた眼 (Fig. 18 の×印) を始終追跡する方法を採っていたからである。台風の眼をとりまく雲は様々な変化や動きをするので、特に台風を斜め上空から観測するとき眼は不規則な形をし、見掛け上台風の移動とは別の運動をする——これは14日の01z~05zの間でも言える。しかし、IPC法は、これらの運動を広い範囲から見た全体像によって決定するから、ノイズを除去する効果を与える。この効果は経路図に表われる。

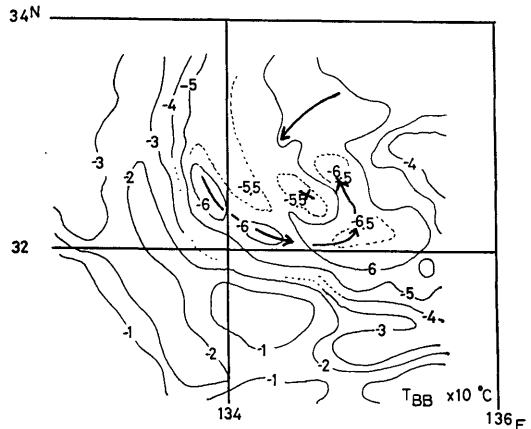


Fig. 18 TBB analysis by means of TBB printout at 03GMT 12 OCT. 1980.

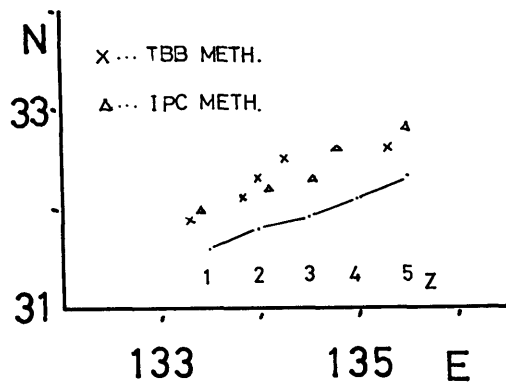


Fig. 19 Determined location of cloud system center of TS8019 by TBB printout method and IPC display method during the period from 01GMT 14 OCT. 1980 through 05GMT 14 OCT. 1980.

Full line : Location of TSE019 center by JMA.

### 5.3 衰弱段階 2

この段階の特徴は、下層の積雲状の雲のスパイラルパターンがCDOの雲域の端付近に見られ、眼はみえないので中心の決定精度は劣る。Phot. 3およびFig. 15は10月14日12zの観測で、この段階を示す。その他の特徴は、C字形のCDOの“懐”への流入は $-50^{\circ}\text{C}$ 位で、CDOとの差は小さい。

解析方法は、Fig. 21 (10日12z)に示す様に、IPC法で下層のスパイラル状の雲列を把握し、 $2^{\circ}\text{C}$ 毎の等値線を引いたTBB分布図に重ね合わせて解析する。TBB上の解析はFig. 22のようになる。台風の中心位置は、この段階では、CDOの南縁あるいは西側に偏ってくる。

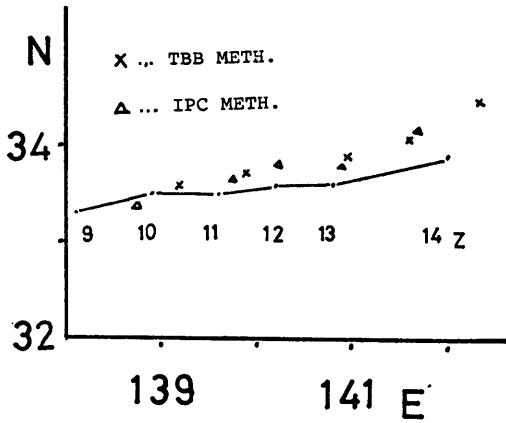


Fig. 20 The same as Fig 19 but for from 10GMT 14 OCT. 1980 through 14GMT 14 OCT. 1980.

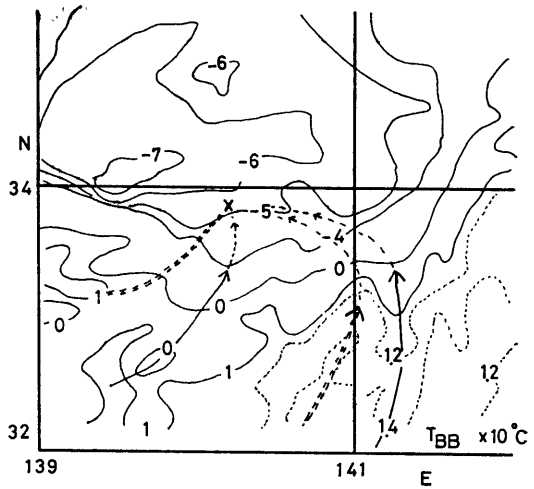


Fig. 22 Example of  $T_{BB}$  printout (The smaller square in Fig 21) analysis.

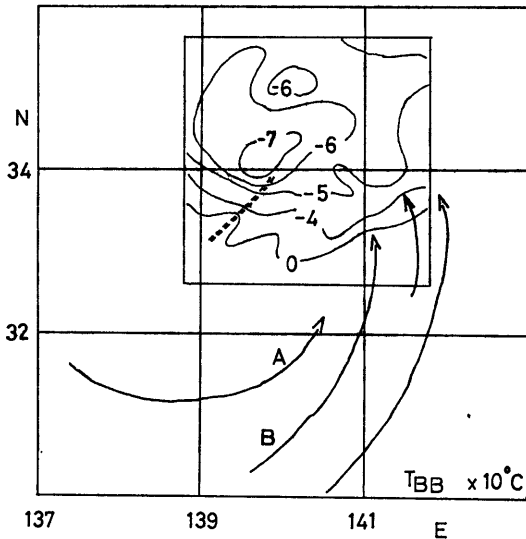


Fig. 21 Relationship between the area of IPC display and that of  $T_{BB}$  printout shown by smaller square at 12GMT 14 OCT. 1980.

Full arrow : Low level cloud band by IPC display

Double line : Warm band by  $T_{BB}$  printout

$T_{BB}$  法と IPC 法により決定した台風中心の経路図(14日10z~14z)を Fig. 20 に示す。4.2章と同様なエラ・ベクトルを作ると、IPC 法は大体、北側に寄っており、 $T_{BB}$  法は時間と共に北東への偏りが強くなることからわかる。IPC 法は、下層の雲の渦が CDO に覆われている割には良い精度と言える。 $T_{BB}$  法に関する北東偏りの増加は、中心位置を決定する時に目安として選ぶ

雲塊として、強い偏西風に流されている CDO を選んだ悪影響が出ているからである。

#### 5.4 衰弱段階3

この段階は、すでに温帯性低気圧であり、その特徴は下層の雲の渦が CDO として追跡してきた雲域の外に観測されることである。Photo. 4 と Fig. 16に、14日20zの例を示す。CDO として追跡してきた雲域はすでに塊状をなし、温度も高い。中心位置の決定法は、4.3章と同じ方法を使用する。中心が CDO に覆われてないので精度は幾分よい。

#### 6. システムの運用形態とシステムの“位置誤差”

##### 6.1 台風中心位置決定業務のシステム

この運用形態は、Fig. 7 に示したように、①画像の切出し及び LP 出力、②切出し画像の編集・累積、③画像の IPC 表示、④ミスアライメント量予測および⑤事後調査のための MT (magnetic tape) 累積——からなる。①、②、③は第4章で、④は第3章で、その機能を述べた。この業務は毎時観測に合わせて行う。④の予測は3時間間隔で、24時間先まで行う。⑤は、可視・赤外画像を1日3回、MT に保存する。逆に、MT を入力とし DP (disk pack) に出力すれば、再度 IPC に表示できる。

所用時間は、①が約5分、②が約2分で終了して、画像が IPC に出力されるのは観測後7~8分以内である。それ以後、MAN と IPC の対話操作に入り、大体10分位で終了する。

##### 6.2 一般の利用形態

Table 3. Error table.

Error factor	Estimated amount of error (unit: Pixel of infra-red)	
	Meridial	Lateral
Attitude determination and Prediction and geometric skew correction system.	≤1.0 (Northword)	<0.5
Prediction of skew.	0.5	0.3
Mapping.	0.25	0.1
Influence by cloud top height.	<2.0 (Northword)	<1.0
Analysis.	—	—

画像を解析する手段として、目的とする現象の強調、および異なる画像の重ね合わせ表示を用いて、現象の識別とその位置および移動情報を得ることができる。また LP の出力から物理量をも求められる。これらから見て、台風中心位置決定業務以外にも利用の効果があると思われるので、利用方法を簡単に述べる。

必要な装置は、入力源となる VISSR 画像 MT, IPC 装置および必要に応じてミスアライメントのデータがある。中間に存在するファイル (Fig. 7) は、一時借用 (temporary) 型を使用する。入力源の MT から順次、データを加工して IPC で必要な作業を行う。作業の終了に先立ち、累積ファイルの画像をユーザーの MT に保存しておけば、次回以後も利用することができる。一般の場合、画像が出力されるまで約10分位かかり、IPC 作業時間は約50分程度、可能である。

6.3 システムの持つ誤差

このシステムが持つ誤差分布を Table 3 に示す。まず、姿勢予測の誤差は幾何学的修正法により、誤差はほぼ吸収されている。簡便法にあたるミスアライメントの予測も、1/2 画素以内に収まり、問題はない。マッピング誤差は、ある地表面上の点を撮影した画素は決ずしもその画素の中央になく、統計的には画素上を一樣に分布しているので、そのばらつき具合で示した。

雲頂が持つ高度の地心位置に対する影響とは、VISSR 視準線が捕えた雲頂を地表面上に投影した位置と、雲頂の垂直下の位置は異なることを言う。原田 (1979) によると、無視できない量である。1981年の業務からは、オペレータ介入で補正することになっている。

解析誤差は、個人に負う要素と第4章で述べた台風自体のパターンによる二つが考えられる。前者は業務指針の改良によって、差は極力おさえられる。後者は、幾つ

かの error circle を用意して、解析時に中心の存在範囲が何度の error circle に入るかをコメントすれば、Table 3 第表はすべて埋まることになる。

7. あとがき

本稿は、前出の「VISSR 輝度分布の出力プログラムとその利用について」の後編をなすものであり、“ひまわり”の可視・赤外データを総合的に解析するシステムの解説である。その利用目的の1つが台風中心位置決定業務であり、その他に、“位置ずれ”の補正、画像の時系列表示などを考えるとメソスケール解析にも利用して戴けることを期待している。

おわりに、本開発は管制課の台風業務の一環をなすものである。御指導下さった鈴木哲夫課長、橋本昇三調査官および島田健司主任技術専門官に、また業務化のために御尽力いただいた由田建勝調査官に感謝の意を表します。

References

原田知幸, 1980: 衛星画像を用いた雲位置の補正, 気象衛星センター技術報告, 第1号, 53~57.  
 宮沢 勇, 井口明宏, 1979: 姿勢データ処理, 気象衛星センター技術報告 (特別号II-1), 46~59.  
 中村健次, 杉本清秋, 1980: VISSR 輝度分布の出力プログラムとその利用について, 測候時報, 47, 7~17.  
 高橋大知, 1980: アースエッジ検出法による VISSR 画像の位置合わせについて, 気象衛星センター技術報告, 第3号, 55~68.  
 I. Miyazawa and A. Iseki, 1979: Attitude determination and prediction system, Meteorological Satellite Center Technical Note (Special Issue II-1).  
 杉本清秋, 中村健次, 1981: 衛星の赤外・可視画像を編集・表示するシステム及びその台風解析への利用, 天気, 28, 495~498.