

GMS 風計算システムにおける客観的雲指定法と 算出ベクトルの精度

A New Procedure of Objective Target Cloud Selection for the GMS Cloud Wind Estimation System and the Accuracy of the Resultant Wind Vectors

浜田 忠昭*・加藤 一靖**

Tadaaki Hamada* and Kazuyasu Kato**

Abstract

A procedure of objective target cloud selection (AS procedure) was developed at the Meteorological Satellite Center (MSC) in 1980-81 as one of the procedures of the Japanese Cloud Wind Estimation System (CWES). The aims in developing it were:

- 1) to eliminate the variation of the quality and quantity of resultant winds caused by the degree of skillfulness of the operator;
- 2) to minimize computer processing time used during the processing of target cloud selection; and
- 3) to increase the horizontal density of satellite winds.

In the AS procedure, suitable clouds to be tracked were selected automatically on the basis of a histogram analysis of infrared brightness temperature. The test operation of CWES system using the AS procedure was carried out for about two months from December 1981. The resultant winds from the test operation were compared with those from the man-machine interactive procedure (MM procedure) and with conventional radiosonde winds during the same period. As a result, it was demonstrated that:

- 1) Winds from both AS and MM procedures are similar in quality.
- 2) The AS winds deviated from radiosonde winds at 850 mb as much as the MM winds.
- 3) The horizontal distribution of the winds from the AS procedure was more even than that from the MM procedure.
- 4) The processing time of the AS procedure was one tenth of that of the MM procedure.

On the basis of these results, the Meteorological Satellite Center adopted the AS procedure in place of the MM procedure from April 1, 1982.

* 気象衛星センターシステム管理課, Meteorological Satellite Center.

** 気象庁予報部電子計算室, Japan Meteorological Agency.

1. はじめに

第1次地球大気開発計画全球実験 (FGGE*) を契機として地球をとりまく5個の静止気象衛星の雲移動ベクトル算出 (風計算) 処理が順次現業化された。現在、日本のGMS-2, ESAのMeteosat 2および米国のGOES-E, GOES-Wの4個の静止気象衛星の画像から、1日2~3回の風計算処理が、それぞれ気象衛星センター (MSC/JMA), ヨーロッパ衛星運用センター (ESOC/ESA) およびアメリカの国立環境衛星資料情報局 (NESDIS/NOAA) により行なわれ、GTSを通じて放送されている。

これらの各風計算システムにおいて行なわれている雲の指定 (選定)・追跡の方法は、大別して次の2つがある。ひとつはオペレータが雲画像あるいはムービーを見ながら指定する対話型方法、他のひとつは画像情報から追跡雲の指定を自動的に (計算機処理のみ) 行なう方法である。前者は主に自動化が困難な網雲の追跡のため使われてきたもので、現在現業用としてMSC, NESDISで採用されている。これらのいずれの機関でも下層雲の追跡は基本的には自動的な方法で行なっている。このような自動的な方法は、木目の細かい指定に限界がある一方、オペレータの負担が少ないので限られた時間内に大量にベクトルを算出するのに最適であることが、各機関で積極的に現業に採用している最大の理由であろう。

自動雲指定法では、ある領域が追跡雲に適した領域であるかどうかを判別することが基本となる。判別する方法はヒストグラム法、クラスタリング法、雲形判別法 (判別解析法) などが知られている。ヒストグラム法は衛星が観測する波長域 (可視, 赤外) の観測輝度レベルのヒストグラムから得られる情報にもとづくものであり、これらの情報は一般的にはスペクトラル特徴 (spectral feature) とよばれ、観測輝度温度に関しては最小輝度温度 (最低温度), 標準偏差, モード値, 平均値, 歪度などが典型的なものである。この方法は人間の直観的な判断に近い情報 (例えば, 最小輝度温度が高ければ, 下層雲と判別) を使用することから, 後述するように最も多用されている。クラスタリング法は追跡雲が含まれるある領域を類似性のあるグループに分類し, グループの移動を追跡するものである。この方法はパターンマッチングの手法 (例えば, CWESでも使用している相互相関法) が利用できない上層雲の追跡にも利用できること

から, アメリカのSRI (Stanford Research Institute) で試行され, その成果は Endlich and Wolf (1981) などに示されている。この方法では, 個々の追跡雲を追跡するのではなく, 追跡雲を含むグループの輝度中心 (そのグループの輝度レベルの重心に相当するもので, brightness center とよばれる) の移動に着目するため, 視覚的に追跡雲の移動が確かめられる他の方法とは異なる。そのため, 追跡結果の良否の判断が困難であることから, ルーチン的な風計算システムとして稼動しているものはないのが現状である。

雲形判別法は判別解析 (discriminant analysis) の手法をもちいて, 追跡雲を他の雲域から抽出するものである。判別解析の対象になる因子は雲特徴 (cloud feature) パラメータとよばれ, 輝度ヒストグラムから得られるスペクトラム特徴 (spectral feature) と雲域の表面状態に関する情報であるテクスチュアル情報 (textual feature) に大別される。これらの因子をパラメータとする判別式を雲形ごとに決定しておくことによって雲形を判別するもので, Parikh (1978), Booth (1973) などに具体的な方法が示されている。最近のこの分野の総合報告は加藤 (1981) に示されている。雲形判別法はMSCの総観雲頂高度算出処理で雲形を判別する方法にも使用されている。Green et al. (1975) によれば, NESDISでBoothの方法による自動雲指定を試行した結果, 処理時間が風計算処理に必要な処理時間の約70%にも達し, また, その精度は可視画像データから得られる雲特徴パラメータの太陽天頂角による正規化の方法に依存することを示した。正規化のためにさらに計算時間を要することから, この方法は採用されなかった。

ESOC/ESAにおいては, すべての気象情報抽出のための画像処理は, 32画素×32ラインの「セグメント」と呼ばれている画像を単位にして行なわれている (Bridge, 1980)。風計算処理においても, ある時刻の各セグメントと30分前および後の画像の3×3個のセグメントをサーチエリアとして相互相関法による追跡を行なう。この処理は自動的に行なわれる。このあと気象情報抽出センター (MIEC) にある対話型画像処理システムにより不良ベクトルのチェックが行なわれるほか, 補助的手段としてムービーを見ながらマニュアルで雲の追跡を行なうことができる。高度については, 別に行なわれるセグメント処理による結果が採用されるようになっている。上, 中, 下層の3層の風が算出される。

NESDIS/NOAAにおいては, 下層の風は緯経度2.5°メッシュでIR画像の温度スライスにより下層の追跡雲を選定し, 相互相関法により追跡を行なう (Green et

* 略語表参照。本稿に出てくる省略形は, まとめて末尾に略語表として掲載したので参考にして下さい。

al., 1975; Hubert, 1979)。この処理は自動的に行なわれる。このあとベクトルプロット図が出力され不良ベクトルのチェックを行なう。上層の風は以前には写真処理をした 16 mm ループフィルムを使用していたが、1982年7月以後は McIDAS に類似した対話型システムを採用している。

気象衛星センターでは、1978年4月6日から、雲の移動量から風を推定する風計算システム (CWES) により風ベクトルの算出を行なってきた。このシステムは、①風の算出と高度の推定、②算出ベクトルの品質のチェックと削除、③ GTS 回線による算出ベクトルの配信、および④保存のための磁気テープへの出力などの処理により構成されている。(詳細な処理方法は Kodaira et al. (1981) を、算出ベクトルに対する高度の推定方法については Hamada (1982A および 1982B) を参照されたい。)

最初の処理のうち「風ベクトルの算出」では、上層風の算出にはループフィルム法 (LF 法) が使用され、下層風の算出には対話型処理法 (MM 法) が使用されている。LF 法では 30 分間隔の 4 枚の画像から 35 mm フィルムによる動画を作成し両端をつなぎ合わせたループフィルムを、ディジタイザボード上に投影し、カーソルダイヤルで雲の移動を追跡する方法で上層の雲 (絹雲) の追跡を行なう。MM 法では、TV スクリーン上に表示された雲画像からマンが適当な追跡対象雲を選び出し、30 分後あるいは 30 分前に取得された画像上から相互相関法により移動位置を求めて雲の移動を算出する方法で、下層の雲 (積雲) の追跡を行なう。

現業運用の開始以来オペレータの雲指定技術の向上、いくつかのプログラムの改造 (市沢, 1983; 浜田, 1984) によって、CWES で算出される風ベクトルの質の向上と量の増加が図られてきた。しかしながらその中で、次の様な問題点も明らかになってきた。

- a) 算出ベクトルの質・量ともオペレータの技術水準の違いによる差が大きいこと、
- b) マニュアルの雲指定であるため、その作業に多くの時間がかかること、および
- c) 算出されるベクトルの個数が利用者にとって不十分であること。

気象衛星センターではこれらの問題点を解決するための第 1 ステップとして、今までの対話型雲指定法 (MM 法) の代わりに、追跡雲のヒストグラム解析による客観的雲指定法 (AS 法) を開発した。

本稿では、はじめに AS 法による処理の方法を紹介し、つづいて算出された風ベクトルの精度について、主

に現業化に先立って行なわれた処理試験の結果に基づいて報告する。

2. 客観的雲指定法

客観的雲指定法 (AS 法) は、今までのオペレータによる雲指定法 (MM 法) に代って、人手を介さないで (即ち自動的に) 追跡雲の選定を行なうことを目的に開発されたものである。この AS 法による雲指定にひき続く処理は、MM 法にひき続いて行なわれる各処理と同じである。

(1) AS 法の対象となる格子点の設定

AS 法における雲指定の対象となる点は、第 1 図 (a) に示す様な等間隔の緯経度線の交点で与えられる格子点であり、左上 (北西) の角の緯度 (φ_0)・経度値 (λ_0)、南北方向・東西方向の格子点の数 (N_φ , N_λ) および格子点間隔 ($\Delta\varphi$, $\Delta\lambda$) を初期パラメータとして与えることにより決められる。第 1 図 (b) は一例として $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 2^\circ$ 間隔で通常の風計算領域を区切ったものである。

(2) 陸地占有率による雲指定候補点の選定

上記の格子点 ($N_\varphi \times N_\lambda$ 個) のうち、陸地占有率により、雲指定候補点が選定される。陸地占有率は、北緯 50° から南緯 49° 、東経 90° から西経 171° の領域で 1° 毎の 100×100 の小領域 (大きき緯経度 1° 四方) 内の陸の占める割合 (陸地占有率) が与えられている。前項で述べた格子点を含む小領域の陸地占有率が初期値として与えられた値より小さい格子点が選定されそれらの点が雲指定候補点となる。この選定は、陸地においては地形のパターンが大きな影響を与えるため追跡が困難な場合のあることを考慮して、海上のみで雲指定候補点を選定できるように設けられたものである。

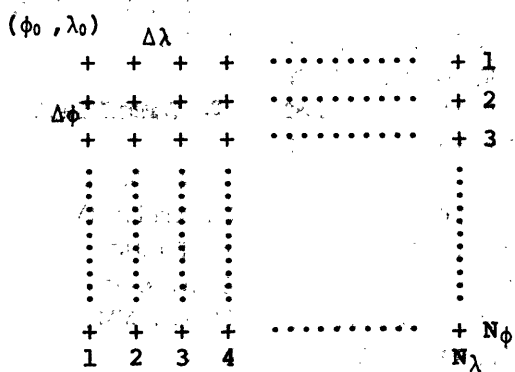
(1)(2)は現業運用の開始前に一度決定すればパラメータの変更の必要が生じるまでは行なう必要はない。

(3) 衛星天頂角および太陽天頂角による選定

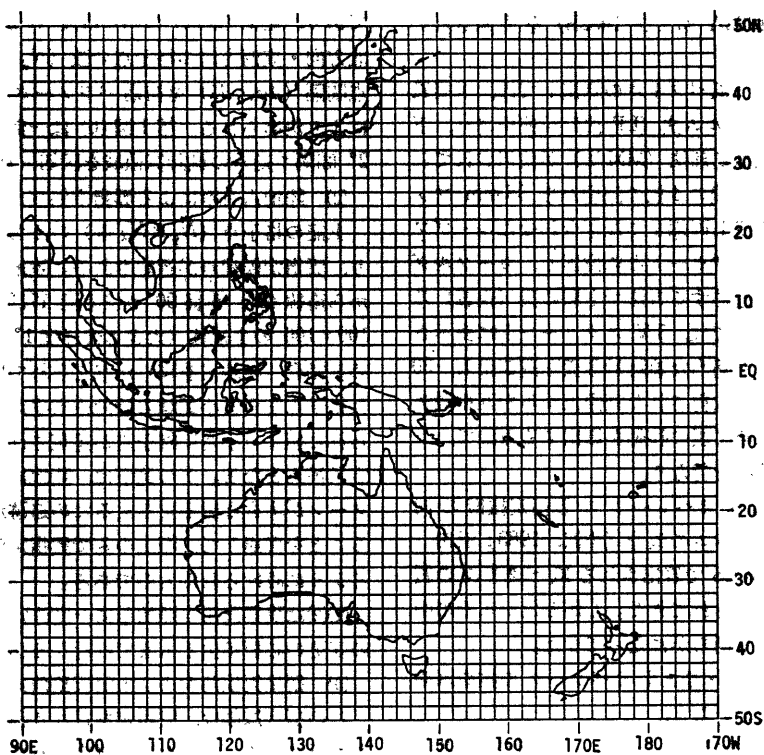
この項目以後は、雲指定を行なう画像が取得されてから実行される。あらかじめ選定されている雲指定候補点について、そこから見た衛星天頂角 (α)、太陽の天頂角 (ω) がそれぞれあらかじめ与えられた初期値 (α_0 , ω_0) よりそれぞれ小さいとき、即ち

$$\alpha \leq \alpha_0, \quad \omega \leq \omega_0 \quad (1)$$

というふたつの条件を満たしていないとき (ただし太陽天頂角に対する条件は可視画像により雲指定を行なうときのみ適用される) は雲指定候補点から除外される。前者の条件は、衛星天頂角が大きくなると (即ち、取得



(a)



(b)

Fig. 1 (a) Grid points for objective target selection (AS procedure).
 (b) A sample of grid point map over GMS observation area.

画像の周辺部ほど), 画像の歪が大きくなり追跡の精度が下がることを考慮して設定されたものである。太陽天頂角の条件は、可視画像で雲を追跡する場合に昼間の部分で行なうようにすることを目的として設定されたものである。

(4) ヒストグラム解析

以上のようにして選定された雲指定候補点に対して、以下で述べるように、赤外画像から作成したヒストグラムを解析することによって最終的な雲指定点 (AS 指定点) を選定する。

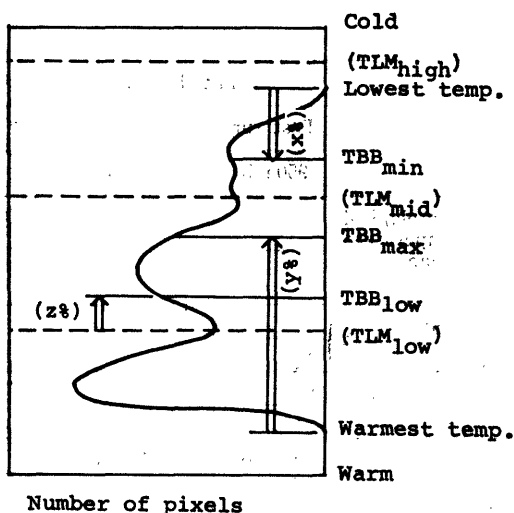


Fig. 2 Histogram of IR brightness temperature over the target cloud area for AS procedure.

①ヒストグラムの作成とパラメータ化

初期パラメータとして与えられる大きさ (ライン数 N_L とピクセル数 N_P) の赤外画像を雲指定候補点を中心として切出し、 $N_L \times N_P$ 画素の輝度温度ヒストグラムを作成する (第2図)。このヒストグラムから以下に述べるような各種のパラメータを計算し、あらかじめ与えておいた閾値と比較し、その条件をすべて満たしたとき、その雲指定候補点は最終的に客観的雲指定法による雲指定点 (AS 雲指定点) となる。

ここであらかじめ与えられる値は、第2図の中に括弧付で示してある TLM_{high} , TLM_{mid} , TLM_{low} , x , y および z 、さらに他に雲の厚さの限界を与える θ_1 , θ_2 である。それらの意味は第1表に示すとおりである。これらのうち TLM_{high} , TLM_{mid} と TLM_{low} については気圧値 PLM_{high} , PLM_{mid} と PLM_{low} によって与えられ、鉛直温度分布の気候値 (GMSSA) を用いて温度

値に変換される。この他に TLM_{low} については海面水温値 (気象衛星センターで別のプロシダドとして算出されている10日間平均値) を基準として一定温度値を差引いた温度を与えることも可能である。この場合気圧値 PLM_{low} は設定されない。

あらかじめ与えられるこれらの値のうち x , y および z (いずれもヒストグラム全度数のうちの割合で%で与えられる) は第1表のうちの (a) に示す3つの値 TBB_{min} , TBB_{max} および TBB_{low} を、ヒストグラムから計算するために使われる。また TLM_{low} , TLM_{high} , θ_1 および θ_2 は先に述べた AS 雲指定点選定用の閾値として使われる。また TLM_{mid} は、最終的な雲指定点を便宜上下層と中層に振りわけのために用いられるが実質的な意味はない。

これらの与えられた値、算出された値から次の条件によって最終的に AS 雲指定点を選定する。

条件 1: 追跡の対象となる雲が上層限界温度と下層限界温度の間にあること、即ち、

$$TBB_{min} < TLM_{low} \quad (2)$$

$$TBB_{max} > TLM_{high} \quad (3)$$

条件 2: 追跡の対象となる雲の厚さが与えられた温度範囲内にあること、即ち

$$\theta_1 < TBB_{low} - TBB_{min} < \theta_2 \quad (4)$$

さらに、これらの条件を満たした追跡雲について、雲域のヒストグラムの重心 (1次のモーメント) が TLM_{mid} と比較して温度が高いか低いかにによって下層雲 (便宜的に Cu と呼ばれる) あるいは中層雲 (同じく As と呼ばれる) に振分けられる。即ち、

$$\sum_{TBB_{min}}^{TBB_{low}} if_i \geq TLM_{mid} \text{ のとき 下層雲 (Cu) \quad (5)}$$

$$\sum_{TBB_{min}}^{TBB_{low}} if_i < TLM_{mid} \text{ のとき 中層雲 (As) \quad (6)}$$

Table 1 Parameters for objective target cloud selection in CWES system.

(a) Parameters determined from feature of histogram of infrared brightness

Parameter	Definition	Comment
TBB_{min}	Temperature at $x\%$ of total frequencies from the lowest temperature	x , y and z are given as preset values, i.e. initial parameters
TBB_{max}	Temperature at $y\%$ of total frequencies from the highest temperature	
TBB_{low}	Temperature at $z\%$ of total frequencies from TLM_{low} toward lower temperature	

Table 1 (continued)

(b) Parameters given as initial values.

Parameter	Meaning	Initial values	
		Test run	Routine operation*
PLM _{low}	Pressure at lower limit	950 mb	950 mb
FLM _{low}	Temperature converted from PLM _{low} by climatological vertical temperature profile (VTP) or temperature which is subtracted by 5° from 10-day-mean sea-surface temperature	—	—
PLM _{mid}	Boundary pressure level between mid-level and low-level	—	—
TLM _{mid}	Temperature converted from PLM _{mid} by climatological VTP	—	—
PLM _{high}	Pressure at upper limit	600 mb	650-600 mb
TLM _{high}	Temperature converted from PLM _{high} by climatological VTP	—	—
x	Percentage of total number of pixels for determination of TBB _{min} , TBB _{max} and TBB _{low} each (x+y ≤ 100%)	0.1%	0.1%
y		99.9	99.9
z		1.0	1.0
θ ₁	Limitation of thickness of target cloud (0.0°C < θ ₁ < θ ₂)	2.0°C	2.0°C
θ ₂		35.0	35.0

* Initial values for routine operation as of April 1, 1982.

ただし f_i は温度 i でクラス分けされた度数

このヒストグラム解析により得られる雲指定点数は、ファイル容量による制限個数 (1500 個), または初期値として与えられる個数 (現在現業では 600 個として与えている) に制限されている。同じ格子点間隔と観測領域であっても、その時の雲画像の状態により得られる指定点数は一定ではない。一定の指定順 (例えば北から南へ) による自動雲指定を行なうとある領域 (南の方) の雲指定点が全く無いという不都合の生じる可能性がある。これを避けるために、ヒストグラム解析による雲の指定は、指定の対象となる領域内で間隔をおいたとびとびの格子点について順次行なうようになっている。この方法を採用することによって、全格子点のヒストグラム解析が終了する前にベクトル数の制限個数に達しても、観測領域の全面からまんべんなく雲指定点が得られるようになっている。このままの順序では不便なので最終的には緯度線に沿って西から東へさらに北から南へ並べ変えられる。

このような過程を経て、風計算処理の観測領域 (50°N ~ 50°S, 90°E ~ 170°W) の範囲内で初期値として与え

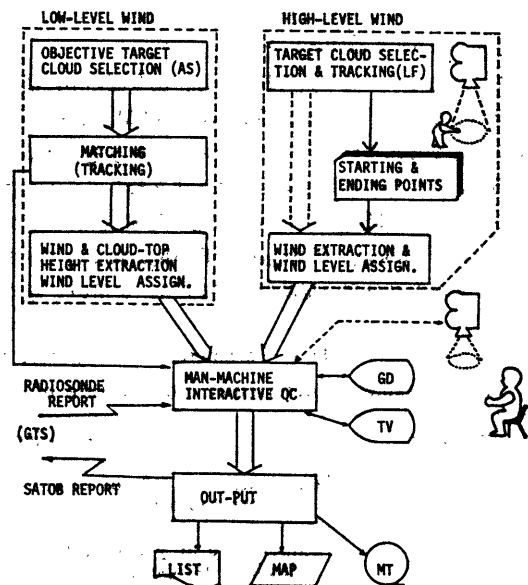


Fig. 3 Schematic flow of Cloud Wind Estimation System (CWES). (After Ichizawa, 1983).

られた領域において最終的な雲指定点 (AS 雲指定点) が選定される。これらの雲指定点は、対話型による MM-1 雲指定点と全く同等に扱われる。即ち雲指定画像の何分か (通常30分) 前と後の画像との間で相互相関法によりパターンマッチングの処理を行ない、画像座標系での雲移動量が算出される。さらに地球上の緯経度値に変換され、雲頂高度が算出され、衛星風の推定高度が付加される。オペレータによる品質管理の処理を経て、別に LF 法により算出された上層の風と共に、気象回線により国内外の利用者に配信される。この風計算処理システムの概略の流れを第3図に示す。

3. 客観的雲指定法の処理試験と算出風ベクトルの精度

客観的雲指定法 (AS 法) の処理所要時間、精度、性質などを知るために、既存の MM 法と比較する形でいくつかの調査を行なった。ここで述べるのは主に現業化前に数カ月間にわたって行なわれた予備調査、処理試験および現業化後の若干の調査の結果である。

3.1. 予備調査

処理試験が行なわれるまでの間の、1981年4月から10月ころまで AS 法を用いた風計算処理を種々のパラメータを与えて実行し、これらのパラメータがどのような性質を持っており、またどの程度の値が妥当であるか検討した。その結果次の様なことがわかった。

a) ヒストグラム解析において、下層限界温度 TLM_{low} については、海面水温を基準にするより、鉛直温度分布 (GMSSA) から内挿した 950 mb の温度を用いた方が安定した雲指定点の選定ができる。

b) TBB_{min} と TBB_{max} は別のパラメータ値として、 x と y から計算されるが、両者とも雲頂の温度となるように与えれば良好な AS 指定点を選定できる。このため

に $x=0.1\%$, $y=99.9\%$ を与え、式(2)および(3)で示した条件は実質的に

$$TLM_{high} < TBB_{max} < TLM_{low} \quad (7)$$

ただし $TBB_{max} = TBB_{min} = \text{雲頂温度}$

となる。このことは、雲頂高度が上層限界高度 PLM_{high} と下層限界高度 PLM_{low} の間にあるという単純な条件による雲の選定法でよいことを示している。

c) 雲の厚さに関する条件である式(4)で使用される閾値 θ_1 および θ_2 について。

前項で述べたように TBB_{min} が雲頂温度に等しい時には(4)式の中の項は雲の厚さを表現している。厚い方の限界値 θ_2 については、(7)式の条件で既におさえられているので、考慮しなくて良さそうなので 35°C という大きな値を与えた。 θ_1 については、余り小さな値をとるとマッチングの成功率が悪くなるという傾向が見られた。いくつかの試行の結果 2°C を与えることとした。

d) 上層限界 TLM_{high} については、後続の雲頂高度を算出する処理の部分で、600~650 mb より高い高度の追跡結果が無条件で削除されるようになっているため、処理試験では 600 mb を与えることとした。この d) と先に述べた b) の条件は後続の処理との整合性を図ったもので効率良く処理される結果となった。

3.2. 処理試験

この処理試験は、客観的雲指定法 (AS 法) により算出された下層風と、現業処理においてマンシン1点指定法 (MM-1法) により算出された下層風と比較することにより、両者間の相違を明らかにし、また AS 法による下層風の精度を明らかにすることを目的として行なわれた。

3.2.1. 処理試験の方法

試験期間と観測時刻 1981年12月22日から1982年2月13日までの54日間。00Z (09JST) と12Z (21JST) の時

Table 2 Number of observations during the test operation period from December 22, 1981 to February 13, 1982.

Observation time	Whole area observations	N. H. Observations	Missing Observations	Total
00Z	33	17	4	54
12Z	38	11	5	54

Whole area observation; 90E-170W & 50N-50S

N. H. observation; 90E-170W & 50N-EQ.

Missing observation; No test operation during the period

Total; Total days during the test-operation period

間帯。

使用画像 30分間隔3枚の画像。00Z時間帯は可視画像、12Z時間帯は赤外画像を追跡に使用した。

処理領域 北緯50°から南緯47.5°、東経90°から西経172°の範囲、またはそのうち北半球の部分。それぞれ全球観測、北半球観測と称する。それらの回数については、第2表に示す。

格子点間隔 南北方向 $\Delta\phi=2.5^\circ$ 、東西方向 $\Delta\lambda=2^\circ$ 。
格子点数 $N_\phi=40$ (全球観測) または $N_\phi=20$ (北半球観測)、 $N_\lambda=50$ 。

陸地占有率 0%の格子点すなわち海上のみを処理対象とした。

衛星天頂角と太陽天頂角 それぞれ55°、85°以内。ただし後者は可視画像で追跡する00Z時間帯風計算のみに有効。

ヒストグラム解析のパラメータ 前節の予備調査の結果から第2表の Test run の項に示すパラメータ値を使用した。

ヒストグラム作成のため赤外画像から切出す領域の大きさは、9ライン×17ピクセル(00Z)および17ライン×17ピクセル(12Z)。これらは雲の追跡のときの切出し画像(テンプレート)の大きさとほぼ同じである。

処理試験に使用したプログラム

MM法による雲指定プログラムの代わりにAS雲指定

プログラムを使用した。後続のジョブステップとして「マッチング」、「風ベクトル変換と高度推定」、「アデス出力」および「保存出力」を実行するようにし全体としてひとつのジョブとして処理した。この他に現業では、TVディスプレイとグラフィックディスプレイによる対話型品質管理処理により不良ベクトルの削除を行なうが、時間とマンパワーの関係から本試験では省略した。

3.2.2. 処理試験の結果

(1) 算出されたベクトルの領域と個数

AS風計算の処理試験のうち全球観測が行なわれた時の算出ベクトル数を第3表に示す。同じ表の中のMM風計算(現業)での個数は、AS風計算の全球観測と同一日時の結果を示してある。1982年4月1日から20日までのAS風計算の結果は現業化後のものである。これらの処理試験によるAS風計算結果のベクトル数は、00Zの観測(可視画像による追跡)では現業で算出したMM風ベクトル数より19%多く算出されており、12Zの観測(赤外画像による追跡)ではMM風ベクトル数とほとんど同じであった。

またAS風ベクトルプロット図と同一日時の現業MM風ベクトルプロット図(一例を第4図、第5図に示す)を比較してみると定性的ではあるが次の様なことがわかった。

① 両者は同じ様な流れのパターンを示しており、ほ

Table 3 Average number of wind vectors produced by GMS Cloud Wind Estimation System (CWES)

Obs. time	Period Target cloud selection	Dec. 22, 1981—Feb. 13, 1982		April 1-20, 1982
		AS procedure (Test Run)	MM procedure (Operational)	AS procedure (Operational)
00Z	Observations	33		17
	Selected grid points	397(100%)	234(100%)	399(100%)
	Winds passed through automatic assessment	175(44%)	—	168(42%)
	Manually edited winds	—	—	9(2%)
	Reported winds	175(44%)	150(64%)	159(40%)
12Z	Observations	38		19
	Selected grid points	399(100%)	222(100%)	399(100%)
	Winds passed through automatic assessment	127(32%)	—	131(33%)
	Manually edited winds	—	—	10(3%)
	Reported winds	127(32%)	125(56%)	121(30%)

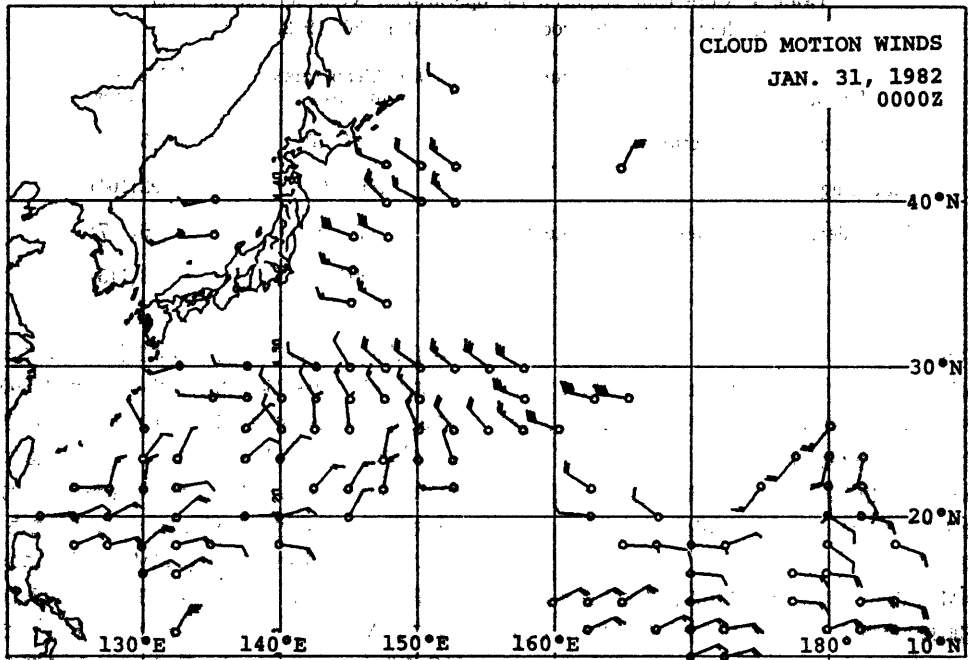


Fig. 4 Satellite winds derived by CWES system using AS procedure (Test operation). 00Z January 31, 1982.

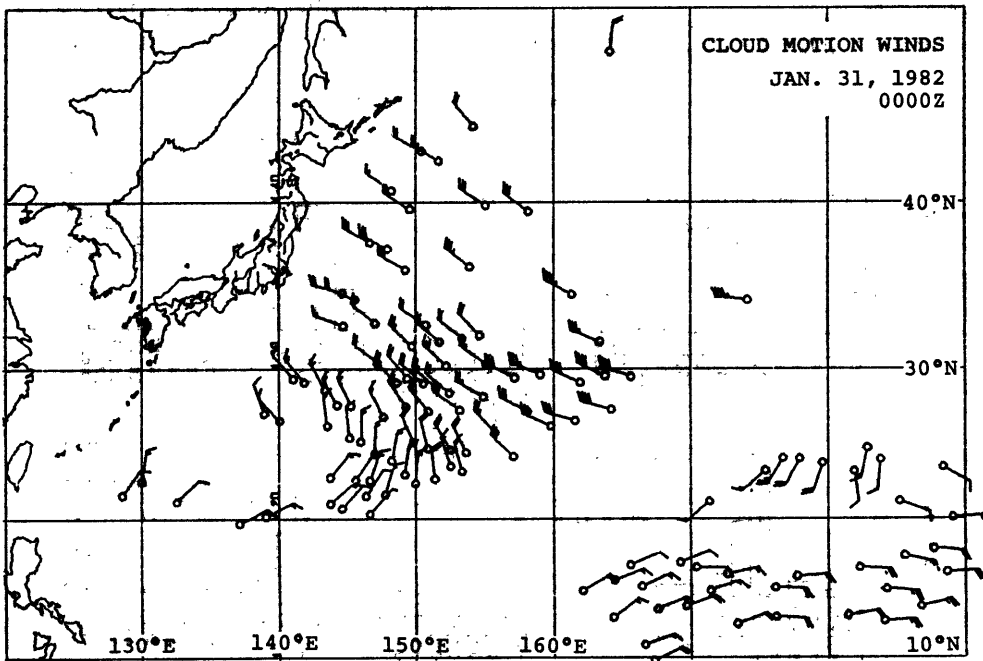


Fig. 5 Satellite winds derived by CWES system using MM procedure (Routine operation). 00Z January 31, 1982.

Table 4 Core time required for operational wind derivation after introduction of AS procedure. April 1-20, 1982.

Job step	Obs. time	00Z Mean (max) minutes	12Z Mean (max) minutes
AS target cloud selection		4(5)	5(7)
Matching		106(121)	92(104)
Wind derivation & height assignment		7(8)	6(7)
Total		118(133)	103(115)

ば同一の場を表現している。

② AS 法の場合等間隔で算出されている。MM 法の場合オペレータの熟練度に依存するところが大きく、雲指定点の位置の偏りが避けられない。

③ AS 法で算出されていない領域は発達した積乱雲あるいは網雲におおわれていてMM法でも空白域となっている場合が多い。

④ MM法では、追跡に適する雲があるにもかかわらず、処理時間の制限から雲指定を断念したと思われる領域が時々ある。

⑤ 全般的に見てAS法による風計算では、熟練したオペレータによるMM法によるそれに匹敵するベクトルの算出を行なうことが可能である。

(2) 処理所要時間

AS 雲指定に要する 計算所要時間は、399 雲指定点数

の場合約5分である。これは、MM 雲指定法による雲指定所要時間が、200~250雲指定点数の場合で最低60分、通常70~80分かかるので、10分の1以下に短縮されている。雲指定点数は異なっているが、途中計算機による自動評価で削除されるベクトル数の相違から最終的に出力される数は、先に述べた様におおむね同じである。また、この処理 (AS 雲指定又はMM 雲指定) にひきつづく処理も含めると、全処理所要時間は両者おおむね同じである。AS 風計算のベクトルが算出されるまでの処理 (AS 雲指定、マッチング、風ベクトルへの変換と推定高度付加) の全所要時間の平均と最大時間を第4表に示す。

(3) AS 算出風とラジオゾンデ風との比較

処理試験期間中の AS 算出風と近傍のラジオゾンデ風との比較を行なった。比較の方法は、CGMSのとりきめ

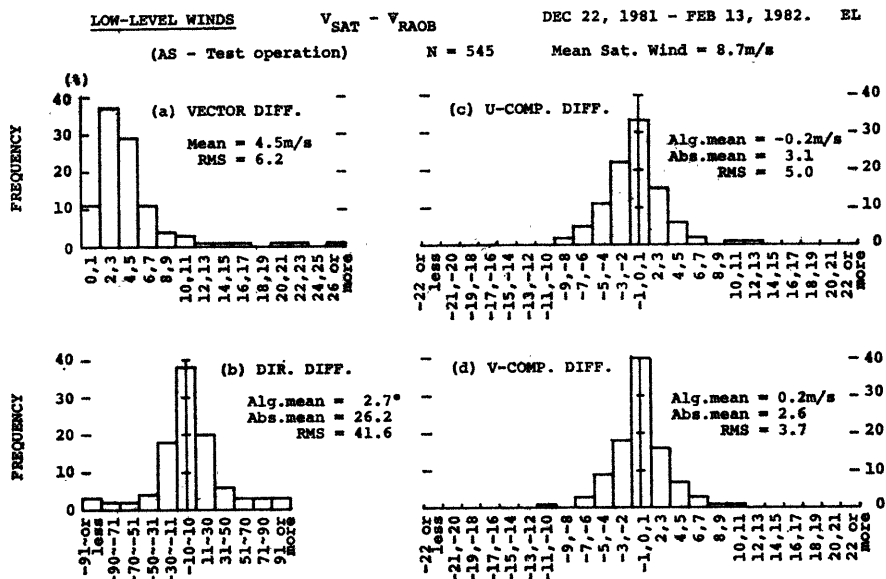


Fig. 6 Frequency distributions of the deviations of AS winds from nearby radiosonde winds.

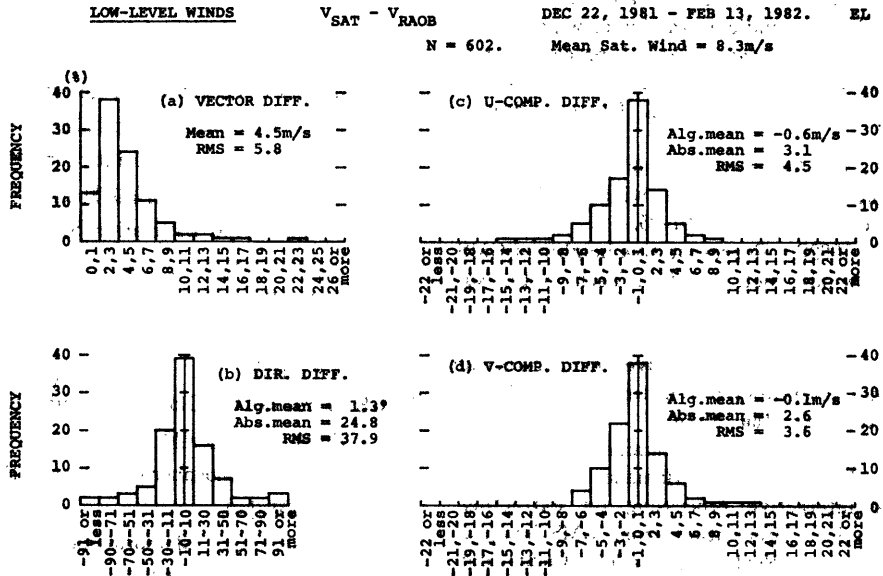


Fig. 7 Same as Fig. 6, but for operational MM winds.

による風計算国際比較の方法(浜田, 1981 参照)による。これによると AS 風とラジオゾンデ風とのベクトル差の大きさの平均と RMS* はそれぞれ 4.5 m/s, 6.2 m/s となっている。これは同じ期間に現業的に算出された MM 風とラジオゾンデ風とのベクトル差の大きさの平均と RMS (それぞれ 4.5 m/s, 5.8 m/s) とほぼ同じである。これらの結果は、差のヒストグラムと共に第 6 図, 第 7 図に示した。風向, u-成分, v-成分については差の絶対平均, 算術平均, RMS の値が示されている。これらのヒストグラムの形状, 統計的数値からみて AS 算出風の近傍のゾンデ風からの偏差は, 現業の MM 算出風のそれと同程度の大きさである。

3.3. 結論

これらの結果から AS 法による風計算結果は, MM 法による風計算結果とほぼ同じ品質であると結論づけることができる。気象衛星センターでは, この結論に基づいて, 1982年4月1日から現業風計算処理の雲指定方式を MM 法から AS 法に切替えた。

* RMS; Root-Mean-Square. 原点(即ちゼロ)からの二乗のモーメントの平均の平方根。Δx の RMS は次式で現わされる。

$$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta x_i)^2}$$

なお Δx の分布が正規分布であると仮定すれば, Δx の平均値に原点移動すると RMS は標準偏差値と同じである。

しかしながら当時のシステムでは, 雲指定点数を 399 点に制限しており大幅なベクトル数の増加は不可能であった。この点については, 気象衛星センターでは雲指定点数の制限数の大幅増加とマッチング(雲の追跡)の処理時間の短縮などを含むシステムの改良を行ない, 1983年10月4日より現業運用されている。この結果それまで1観測あたり180~220点算出されていた下層風ベクトル数が, 300点前後まで大幅に増加している。

謝辞

本稿をまとめるにあたり, AS 現業化後の種々のデータ収集のため気象衛星センターシステム管理課市沢成介調査官の協力を頂いた。また処理試験を行なうにあたっては, データ処理課の現業の皆様にも多大の協力をして頂きました。ここに記して各位に深く感謝致します。

References

- Booth, A. L., 1973: Objective cloud type classification using visual and infrared satellite data, The third Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences, 163-110.
- Bridge, G. C. (Editor), 1980: Meteorological products, METEOSAT System Guide, Vol. 5, Meteosat Data Management Department.
- Endlich, R. M. and D. E. Wolf, 1981: Automatic cloud tracking applied to GOES and METEOSAT observation, J. Appl. Meteor., 20, 309-319.

Green, R., G. Hughes, C. Novak and R. Schreritz, 1975: The automatic extraction of wind estimation from VISSR data, Central processing and analysis of geostationary satellite data, NOAA Tech. Memo. NESS 64 (C.L. Bristor, Editor), 94-111.

Hamada, T., 1982A: New procedure of height assignment to GMS satellite winds. Met. Sat. Ctr. Tech. Note, No. 5, 91-95.

Hamada, T., 1982B: Representative heights of GMS satellite winds. Met. Sat. Ctr. Tech. Note, No. 6, 35-47.

Hubert, L. F., 1979: Wind derivation from geostationary satellite, Quantitative meteorological data from satellite (J. S. Winston, Editor), WMO Tech. Note, No. 166, 33-59.

Ichizawa, J., 1983: Personal communication.

Kodaira, N., K. Kato and T. Hamada, 1981: Man-machine interactive processing for extracting meteorological information from GMS images. A chapter of Real-time/Parallel Computing, —Image Analysis, edited by Morio Onoe, K. Preston, Jr. and A. Rosenfeld, Plenum Press, New York and London, 297-323.

NCAR, 1971: Climate of the upper air: Southern hemisphere, Vo. 1. NCAR Technical Notes/STR-58, May 1971.

Paric, J., 1978: A comparative study of cloud classification techniques, Remote Sensing of Environment, 9, 225-245.

Smith, E. A., 1975: The McIDAS System. IEEE Trans. on Geoelectronics, GE-13, 123-136.

Suomi, V. E., R. Fox, S. S. Limaye and W. L. Smith, 1983: McIDAS III: A modern interactive data access and analysis system. J. Climate and Appl. Meteor., 22, 766-778.

U. S. NAVY, 1970: Selected level heights, temperature and dew points for the northern hemisphere. NAVIR 50-1C-52, Jan. 1970.

市沢成介, 1983: 風計算業務の経緯と最近の衛星風の精度。気象衛星センター技術報告, 第8号, 85-100.

加藤一靖, 1981: 気象衛星の画像データによる客観的雲形判別方法について, 気象衛星センター技術報告, 第3号, 37-54.

浜田忠昭, 1981A: 風計算国際比較の概要。気象衛星センター技術報告, 第4号, 117-132.

浜田忠昭, 1981B: ウィスコンシン大学に滞在して一研修報告(その1) — 気象衛星センター技術報告, 第3号, 101-125.

浜田忠昭, 1981C: ウィスコンシン大学に滞在して一研修報告(その2) — 気象衛星センター技術報告, 第4号, 171-198.

浜田忠昭, 1984: 仮題「風計算処理におけるパラメータ等の変更の経緯」, 気象衛星センター技術報告投稿予定。

略語表

AS Automatic Target Cloud Selection. 日本の風計算システム CWES の自動雲指定法

CGMS Coordination of Geostationary Meteorological Satellites. 静止気象衛星調整会議

CWES Cloud Wind Estimation System. 日本の風計算システムの名前。

ESOC/ESA European Space Operations Centre/ European Space Agency. 欧州衛星運用センター/ 欧州宇宙機関

FGGE First GARP Global Experiment. 第1次地球大気開発計画全球実験

GARP Global Atmospheric Research Program. 地球大気開発計画。

GMS Geostationary Meteorological Satellite. 日本の静止気象衛星「ひまわり」。

GMSSA GMS Standard Atmosphere. GMS 標準大気。気象衛星センターの各業務で用いられる鉛直温度分布の月平均気候値。緯経度値 5° 毎に 1000 mb から 100 mb までの7層の気温, 露点温度およびジオポテンシャル高度から成っている。元になったデータは, 北半球については U. S. NAVY (1970), 南半球については NCAR (1971) である。

GOES Geostationary Operational Environmental Satellite. 米国の静止気象衛星。

GTS Global Telecommunication System.

McIDAS Man-computer Interactive Data Access System. ウィスコンシン大学の SSEC にある対話型画像処理システム。このシステムについては Suomi et al. (1983), 浜田 (1981B, 1981C), Smith (1975) 参照。

METEOSAT ESA の静止気象衛星。

MIEC Meteorological Information Extraction Centre/ ESOC

MM-1 マンマシン1点指定法。日本の風計算システム CWES の雲指定法のひとつ。

MSC/JMA Meteorological Satellite Center/Japan Meteorological Agency. 気象衛星センター。

NESDIS/NOAA National Environmental Satellite, Data and Information Service/National Oceanic and Atmospheric Administration.

SSEC/UW Space Science and Engineering Center/ University of Wisconsin.