

マルチセグメントデータによる 準総観規模低気圧の下層風

An Analysis of Sub-synoptic Scale Cyclone Using Low Level Satellite Winds Derived from Short Interval GMS Observation Data.

斉藤和雄*・高野 功*
Kazuo Saito and Isao Takano

Abstract

High spatial resolution satellite wind vectors were calculated automatically for a cyclone at the Korea Strait by using short time interval images of GMS-3 observed on 16 Oct. 1985. Tracking of the target clouds and transformation of cloud movement to wind were performed on routine procedure of MSC. Wind vectors were extracted for a limited area using segmented image data files.

Winds of three sequential cases of 10min. interval images were examined and were compared with those of two other cases; one is of 30min. interval images and the other is of multi-segmented image and routine observation image.

About 550 wind vectors were obtained by 10min. interval image pairs, which offered characteristic information about the center of the cyclone and location of the cold front near 850mb level. Characteristic NW-ward movement of the low level clouds on the cloud band located off the south coast of Japan were also found.

Number of satellite wind vectors obtained by 30min. interval images was about 1/3 of that by 10min. interval images, and its quality was also worse.

1. はじめに

静止気象衛星の雲画像を用いた衛星風ベクトルの算出は、日本（気象衛星センター）、欧州（ヨーロッパ衛星運用センター）、米国（国立環境衛星資料情報局）において現業化され、1日2～3回の風計算処理が行われている。これらの各風計算システムはFGGE（第一次地球大気開発計画全球実験）を契機としたもので、地上・高層観測を含めた全球の風観測網における主に海上でのデータ稀薄域を補うものとして位置付けられており、経緯度各10°程度の広範囲を風算出対象領域としている。

一方中小規模現象を含めた気象擾乱の観測手段として衛星風ベクトルを利用する試みも行われており、斉藤他（1986）は本州南岸沖の停滞性雲システムを対象に、2枚の連続したGMS-2画像をもとに、自動雲指定法（AS法）を用いて稠密に衛星風ベクトルを求めて解析を行っている。この調査では筆者らはルーチン観測（即ち30分間隔の）画像を用いたが、マルチセグメント観測データのより短時間間隔画像を用いれば、更に精度の良いベクトルが得られる可能性がある事を示唆した。

GMSによるマルチセグメント観測は、様々な目的でこれまでも何度か行われており、昭和59年度まで

* 気象庁数値予報課
Numerical Prediction Division,
Japan Meteorological Agency

Table 1. Multi-segment observation performed before the 1984 fiscal year.

fiscal year	Number of times	Purpose
1978	8	preparation of operating process provision of management system analyses of meso/synoptic scale phenomena etc.
1979	12	analyses of winter monsoon, meso-cyclone off the south coast of Japan and stream around sub-tropical high pressure etc.
1980	5	analysis of Cu cloud with winter monsoon
1981	0	—
1982	2	research of mechanism of heavy snow falls
1983	2	observation of the solar eclips
1984	4	research of mechanism of heavy snow falls

の実施状況は第1表に示すとおりである。マルチセグメントデータをもとにした風ベクトルの算出は、季節風吹き出し雲の解析(元木(1983))等で行われているが、ループフィルム法(LF法)やIPC(画像処理装置)を用いた対話型処理法(MM法)によるものが主であった。AS法を用いた算出ではTakano and Saito(1986)が、冬期日本海の季節風吹き出し雲を対象にして、算出ベクトルの統計的性質についての調査を行った。

GMS以外の衛星を使った調査では、Pelsen(1980)がSMS-2による10分間隔画像から算出した衛星風を用いて、北米大平原地帯の顕著前線面の解析を行っている。また、Lee and Houghton(1980)は米国南東部に現れた発達した低気圧の暖域内の下層雲を対象に、6分間隔の画像4枚をもとに18分平均の下層風を算出し、これを35km格子の局地モデルへの初期値として入力する事を試みている。この他にも、Johnson and Suchman(1980)(3~30分間隔、米国南部における停滞前線近傍、切離低気圧による南風場、および好天時の弱風場の3例)、Rodgers et al.(1979)(3~30分間隔、北部大西洋のサイクロン)等の調査がある。これらの風算出には、全てMM法による二点又は一点指定法が用いられている。

現在現業用としての下層風の算出は、冒頭に述べた各機関とも、基本的にはAS法を用いており、マルチセグメントデータをもとにした気象擾乱を対象とする風ベクトル算出においても、短時間で大量のベクトル

を客観的に算出できるAS法が有効かどうかの調査をすすめる必要がある。本調査では、このような目的で、マルチセグメントデータをもとにAS法を用いて下層風を10分間隔で算出し、30分間隔画像による算出ベクトルとの比較を行った。使用したデータは、1985年10月16日に朝鮮海峡を通過した低気圧を対象に行われたマルチセグメント観測によるものである。

2. マルチセグメントデータ

今回の調査に使用したマルチセグメントデータは1985年10月16日に特別観測されたもので、03Zと06Zの定時観測の合間に、32°Nを中心として約250ラインのリミットスキャンを8回繰り返す事によって取得された。各スキャン観測時刻の間隔は5分20秒前後で、250ラインのスキャンに要する時間は約2.5分である。

マルチセグメント第2回目の観測(スキャン開始時刻は0438Z)による可視画像を写真1に示す。

3. 風ベクトル算出パラメータ

今回の調査では、マルチセグメント観測により得られたVISSRデータの可視画像をもとに、自動雲指定・自動マッチングの計算機処理により下層風ベクトルを算出した。使用したAS法における風算出パラメータについて説明し、第2表に気象衛星センターでの現業処理との変更点を示す。

Table 2. Parameters for Automatic Cloud Selection.

1. WIND ESTIMATION PARAMETER	ROUTINE	STUDY
(1) INPUT VISSR IMAGE		
VIS ; Z,A,B,C	1,1,1,1,	0,0,1,1
IR ; Z,A,B,C	1,1,1,1,	0,0,1,1
(2) MM-1 COMPUTATION MODEL		
MACHING STEP		
(A-B), (B-C), (A-C)	2,2,0	0,2,0
MACHING TEMPLATE SIZE		
(COARSE), (FINE)	32, 32	24, 24
SAMPLING LATE		
COARSE ; (pixel,line)	(4, 3)	(3, 2)
FINE : (pixel,line)	(1, 1)	(1, 1)
(3) CLOUD HEIGHT COMPUTATION MODEL		
IR SIZE ; (pixel,line)	(17, 9)	(13, 7)
2. AUTOMATIC CLOUD SELECTION PARAMETER		
(1) CLOUD SELECTION POINTS SPECIFICATION		
START LATITUDE	50.00	37.00
START LONGITUDE	90.00	120.00
LATITUDE INTERVAL	-1.00	-0.40
LONGITUDE INTERVAL	1.00	0.25
LATITUDE POINTS	100	26
LONGITUDE POINTS	100	81
LAND SHARE THRESHOLD	0 %	100%

(1)雲指定候補点

10月16日のマルチセグメント観測は、32° Nを中心として約250ライン（日本付近では40° N～25° Nの約1600km）の幅で行われた。AS法での雲指定の候補点としては、第1図に示すような等間隔の緯経線（0.4° × 0.25°）の交点で与えられる格子点を用いた。ここで緯度方向の間隔を経度方向のものより大きくしたのは、日本付近でのGMSの可視分解能（南北約2km、東西約1km）に合わせて、隣接する指定候補点のテンプレート同士の重なり合いが余り生じないようにするためである。

(2)陸地占有率

ルーチン業務では、陸上では下層雲の形成・変化に地形のパターンが影響を与えマッチングがとりにくいため、海上域のみを雲指定候補点としている。今回は観測対象となった低気圧の雲域が朝鮮半島にかかっていたため、取得風ベクトルが海上のみに片寄らないように、陸地占有率の制限をはずして陸上域でも風ベクトルを算出した。ただし、その精度については十分注意する必要がある。

(3)マッチング用テンプレートサイズ

可視画像を用いた下層風の算出では、ルーチン業務

でのテンプレートサイズは32×32（ライン×ピクセル）が使用されている。大きなテンプレートを用いる事は、有意相関を得やすくする利点がある（市沢（1983））が、半面小スケール現象の表現を劣化させ、今回の調査のように指定点の間隔が狭い場合には、隣接するベクトル同士のテンプレート域が重なり合い、ベクトル相互の独立性を危うくする。マルチセグメントデータによる短時間間隔の画像を用いれば、テンプレートを小さくした場合でも十分ベクトル数を確保出来る（Takano and Saito（1986））ので、テンプレートサイズとして24×24を採用した。この場合の日本付近でのテンプレートの大きさは東西25km、南北50km程による。またこれに応じて、雲頂高度算出のための赤外画像サイズも可視のテンプレート域とほぼ同じになるよう7×13（ライン×ピクセル）と変更した。

(4)上・下層限界決定気圧面

第1図に示した雲指定候補点は、前述した赤外画像域のヒストグラムをもとに雲頂高度が計算され、衛星風ベクトルのマッチングを行うに適した雲が存在するかどうかの判定を受ける。上層雲と区別するしきい値（上層限界決定気圧面）として600mb、海面との区別のしきい値（下層限界決定気圧面）として950mbの値

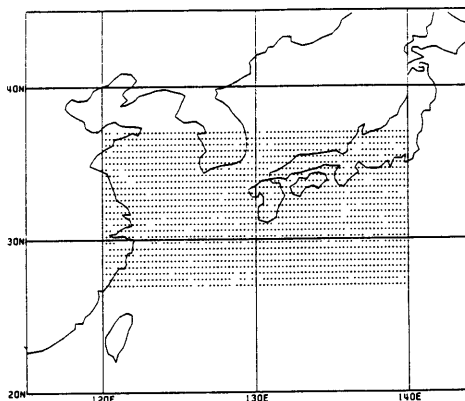


Fig. 1 Grid points for Automatic Cloud Selection. ($\Delta \rho, \Delta \lambda$) = (0.4°, 0.25°)

を用いた。雲頂高度がこの2つの値の間に入らなければ、その点は雲指定点から除外される。

(5) マッチング段数

現業化では品質管理のため、同一指定雲に対し前後30分の移動から連続する2つの風を算出し、速度差・高度差等のチェックを行なっている。今回の調査では、ルーチン同様に粗マッチングと補正マッチングの2段のマッチングにより風ベクトルを算出したが、連続する風によるチェックは行わなかった。これは計算時間の短縮と、算出ベクトルの性質を判り易くするためである。従って出力されたベクトルの中には、実際の雲の動きとは無関係な誤マッチングによるものがいくらか混じる事がある。

(6) サンプルングレート

粗マッチングにおけるサンプルングレートは現ルーチンでは、可視画像の場合、ピクセル・ライン各々について(4, 3)としている。短時間間隔の画像によるマッチングでは、時間内の雲の移動量も小さくなるのでサンプルングレートも小さく出来る。今回の調査では(3, 2)に変更した。

4. 対象事例

今回の調査の対象となったのは1985年10月16日の午後、朝鮮海峡を通過した低気圧とこれに伴う下層雲域である。第2図に10月16日06Zの地上天気図を示す。低気圧は00Zに朝鮮半島南西部の34°N, 127°E、06Zには35°N, 130°E付近に解析されており、03Zの地上観測データ等を参考にすると、マルチセグメン

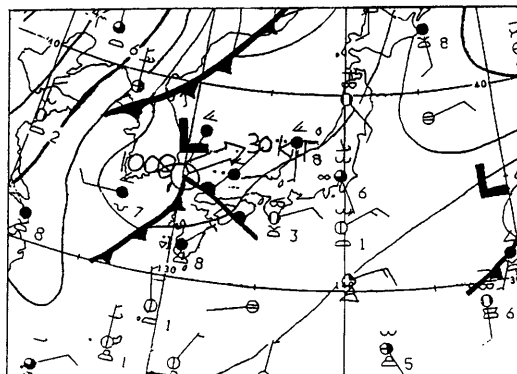


Fig. 2 A map of surface analysis (06z, 16 Oct 1985).

ト観測の行われた0430Z頃の地上低気圧の位置は、対馬の北端付近と考えられる。また0720Zには敵原で寒冷前線の通過を報じている。

写真1では低気圧の存在を示唆する雲域のフック状パターンが対馬の西(34°N, 129°E付近)にあり、これとは別に済州島の北西(34.5°N, 125.3°E)には小規模だが下層雲の雲渦がみられる。

四国沖から南東に下層雲バンドが伸びており、鹿児島から南西方向にも別の下層雲列がみられる。低気圧後面の黄海はほぼ全域が層積雲で覆われている。上海沖、30°N以南の東シナ海の雲域は雲頂高度が低く、赤外画像(省略)では、海面の輝度温度とほとんど差がみられない。

通常、低気圧が日本付近を発達しながら通過する場合は、上層トラフの前面に発生する濃い上層雲を伴っており、AS法による下層風ベクトルの算出は困難な事が多い。今回調査の対象として低気圧では、深い気圧の谷は沿海州付近にあり、低気圧付近の雲域は上層雲をほとんど伴っていなかった。ただし、130°E以东の日本付近は中層雲程度の赤外輝度で、他にも所々、絹雲片のかかっている所があった。

5. 衛星風ベクトルと考察

マルチセグメント観測により得られた画像データのうち、第3表に示した画像間の組み合わせについて、AS法による衛星風ベクトルの算出を行った。各ケースで算出されたベクトルの分布図を第3~7図に示す。前章でも記したように、写真1にみられる雲域のうち、東シナ海の30°N以南の下層雲域では雲頂高度が低く

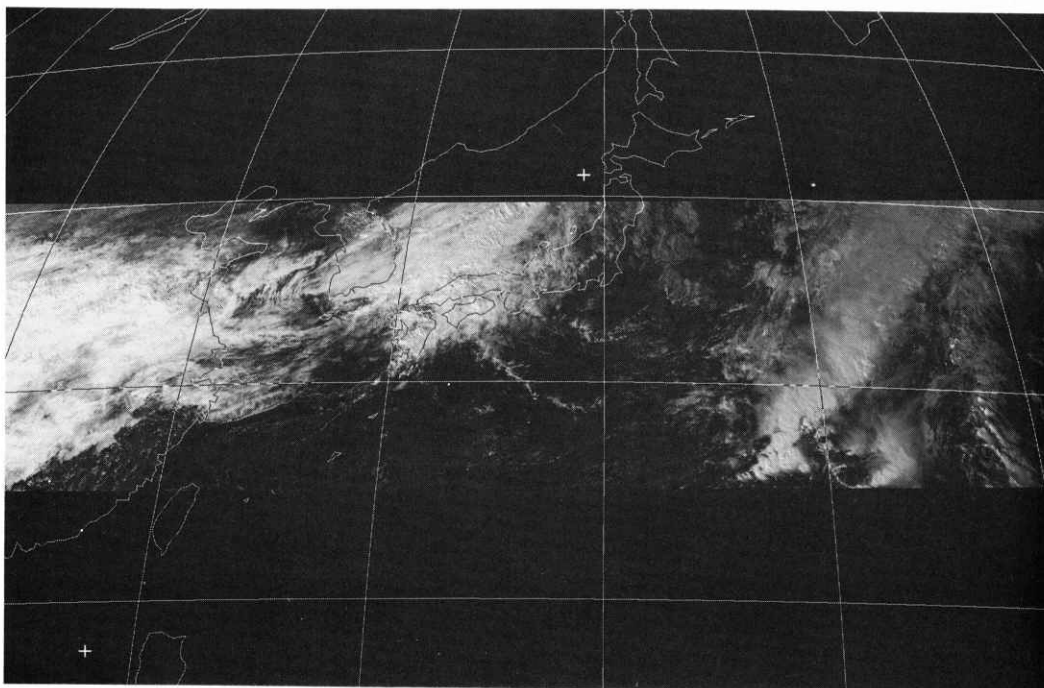


Photo 1 Visible picture.(0438Z, 16 Oct 1985)

Table 3. Statistical summary of satellite derived cloud vectors.

Case	Scan time (start line)	Time interval	Number of vectors	Mean velocity	Mean direction	cloud top height
A	0438Z - 0449Z	10.6(m)	555	9.66m/s	250.1°	812.2mb
B	0449Z - 0459Z	10.5(m)	551	9.80m/s	246.5°	807.4mb
C	0459Z - 0510Z	10.5(m)	569	9.90m/s	248.1°	807.7mb
D	0438Z - 0510Z	31.7(m)	192	8.66m/s	240.3°	816.0mb
E	0510Z - 0536Z	26.2(m)	236	12.57m/s	249.3°	812.3mb

(下層限界決定面以下)、また130° E以東の日本付近および日本海では雲頂高度が高く(上層限界決定面以上)、雲指定が行われなかった。

第3図(Case A)をみると、

(I)黄海・東シナ海北部の層積雲域では、概ね方向・大きさの揃ったベクトルが指定点に対応して得られている。

(II)朝鮮半島陸上のベクトルは方向・大きさが不揃いで品質が良くない。

(III)130° E以東の日本南岸沖の下層雲域では、各雲域

に対応してベクトルが得られている。

(M)朝鮮半島東岸、中国江蘇省東岸(34° N、120° E付近)、九州一部などには、付近のベクトルと方向・大きさの異なる強い西風ベクトルがみられる。

等がわかる。このうち(II)朝鮮半島上のベクトルは原画像から判断して地形を追跡したものではなく、地形に変形された下層雲を誤マッチングしたものと考えられる。また(M)に述べた強い西風は薄い上層雲を追跡したものと考えられる。

黄海・東シナ海の下層風ベクトルを詳細にみると、

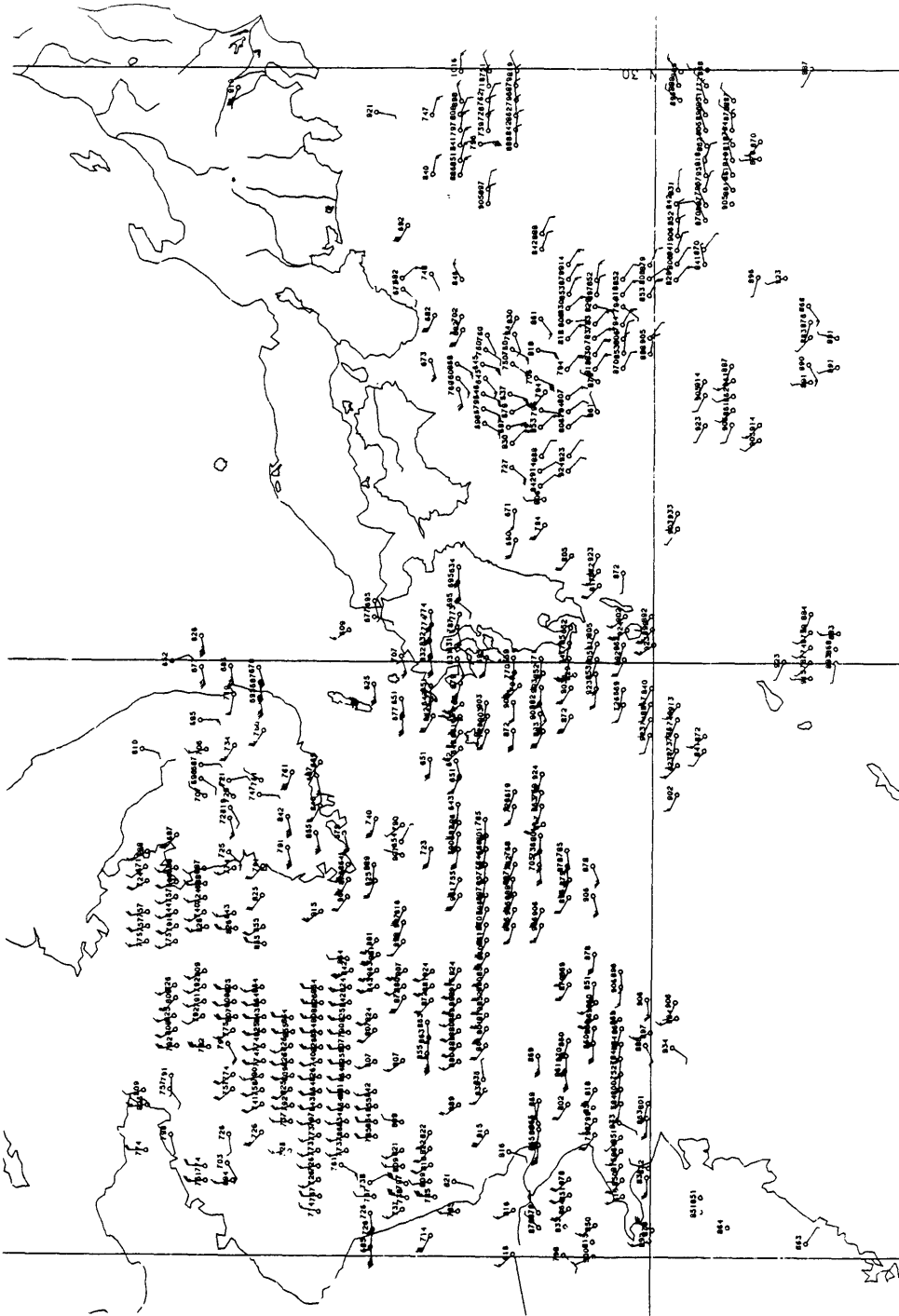


Fig. 3 Low level satellite winds derived by Auto Colud Selection method. Figures mean cloud-top heights. 16 Oct 1985, Case A (0438z-0449z).

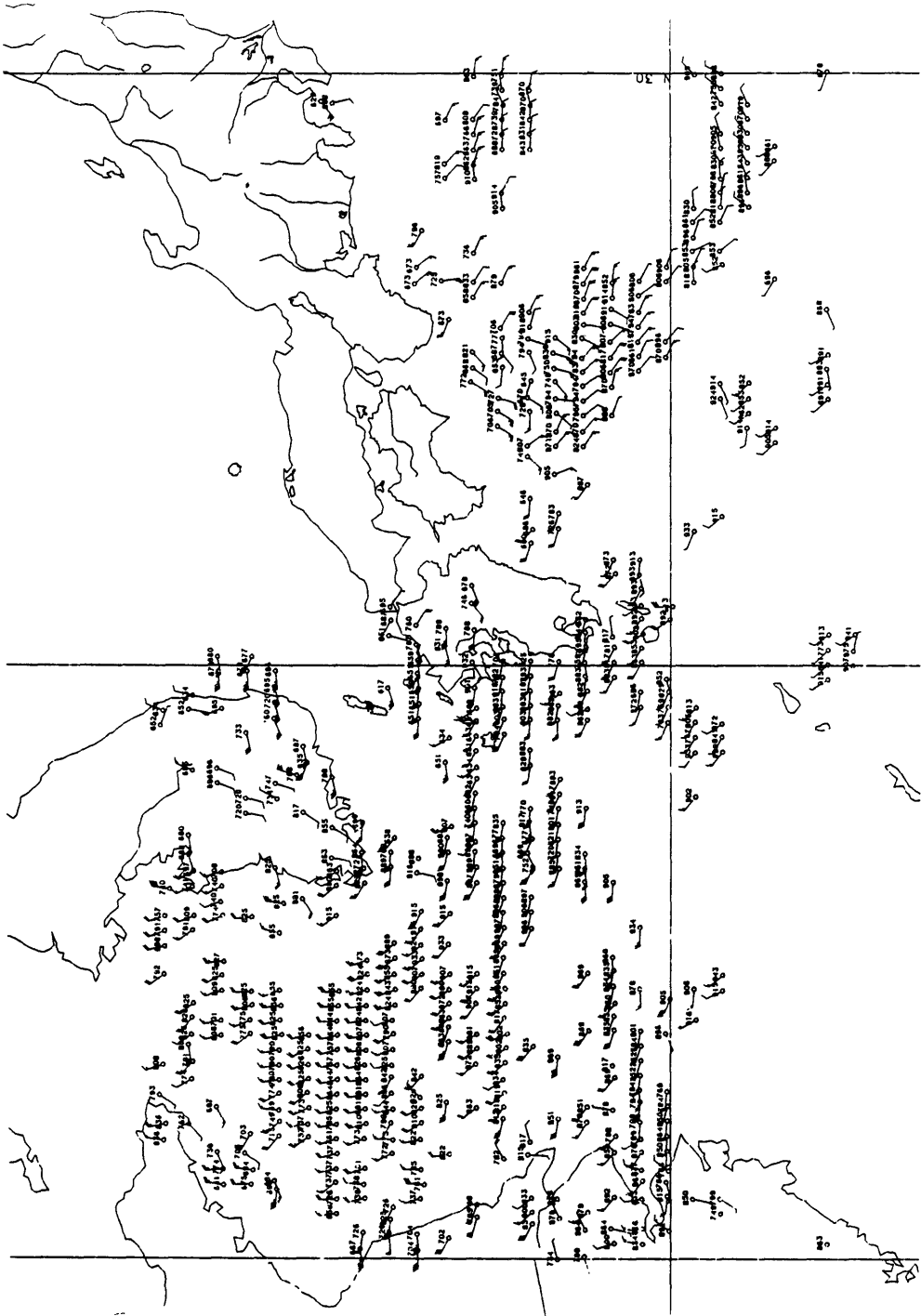


Fig. 4 Same as Fig.3, Case B (0449z-0459z).

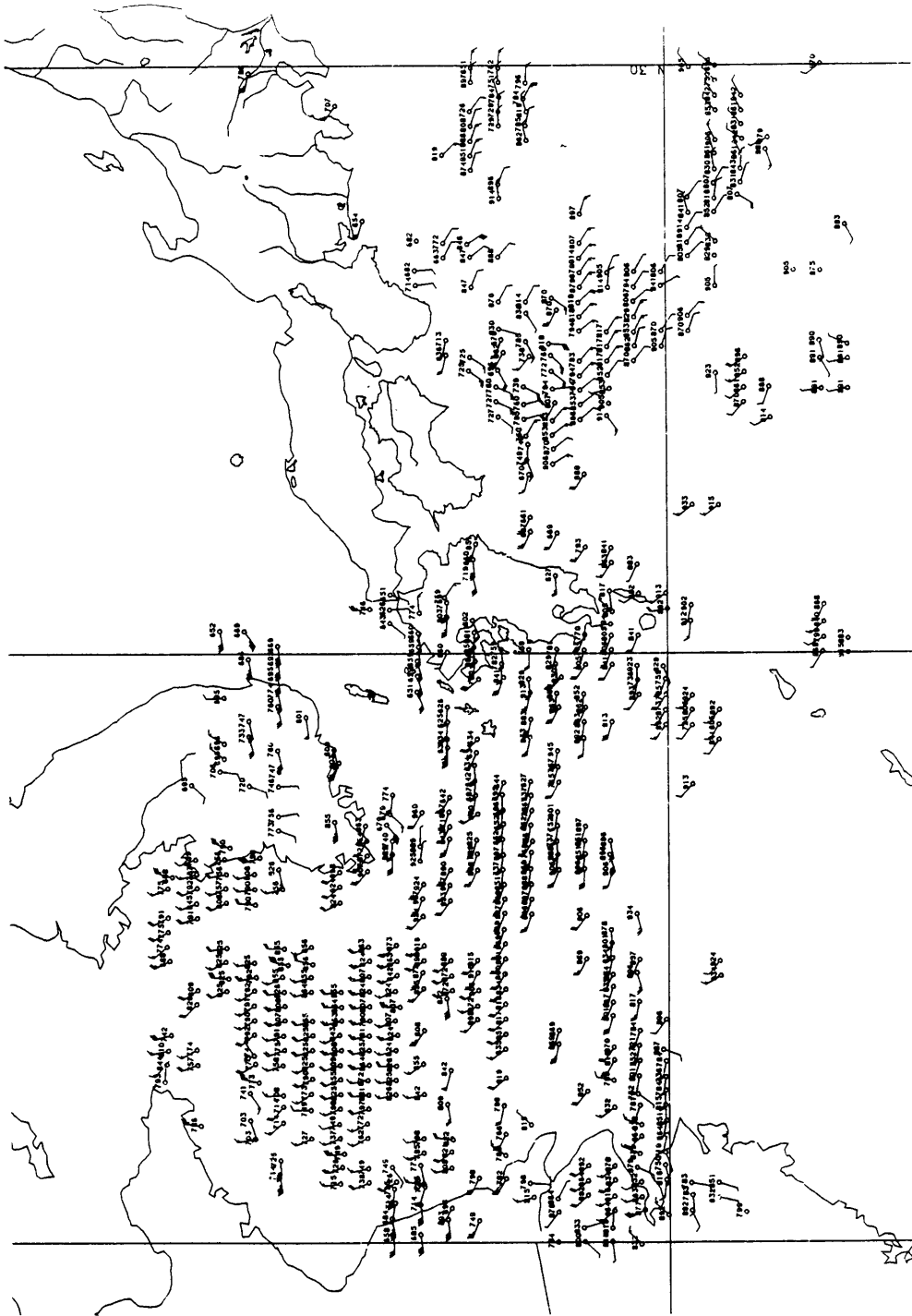


Fig. 5 Same as Fig.3, Case C (0459z—0510z).

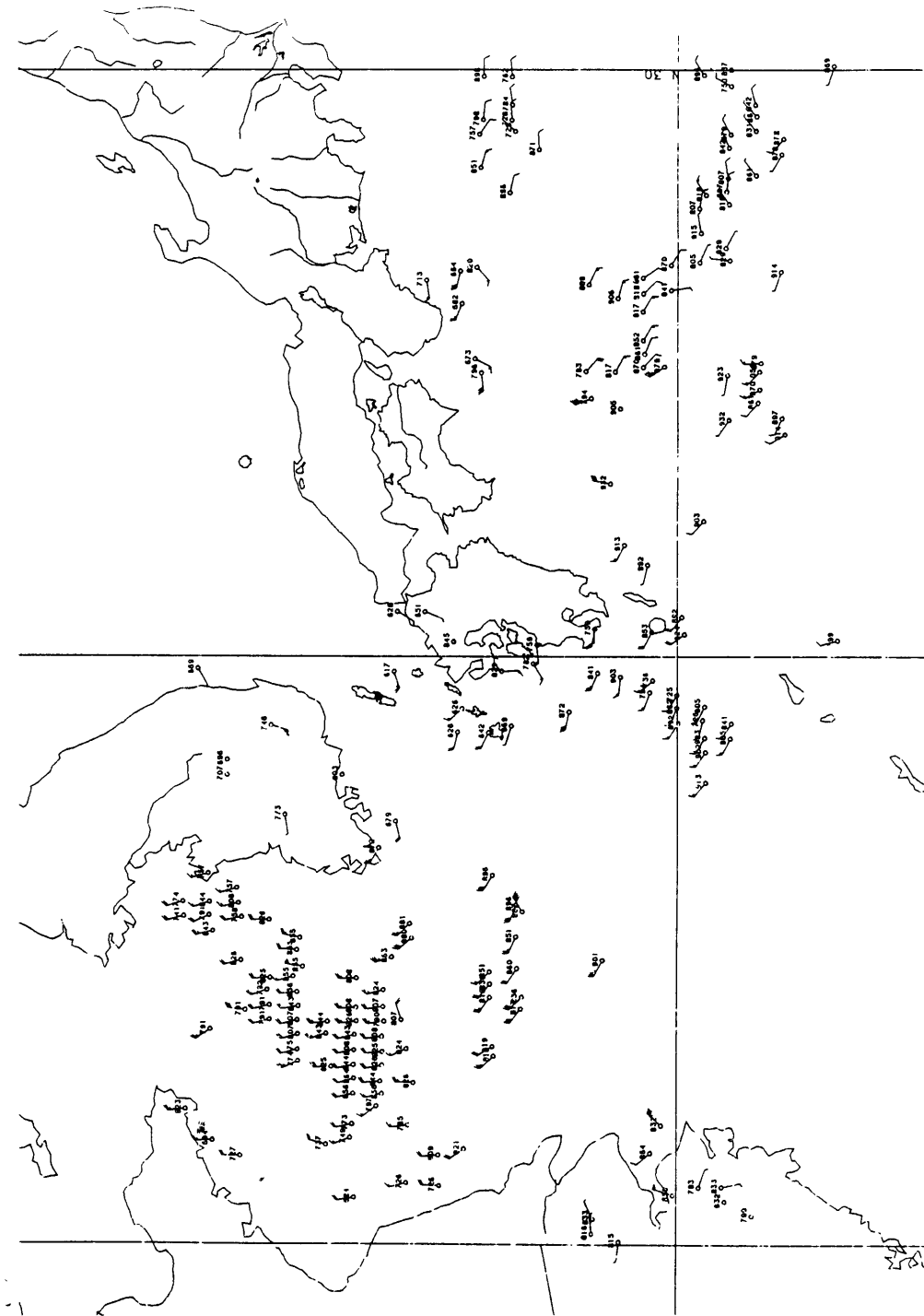


Fig. 6 Same as Fig.3, Case D (0438z-0410z).

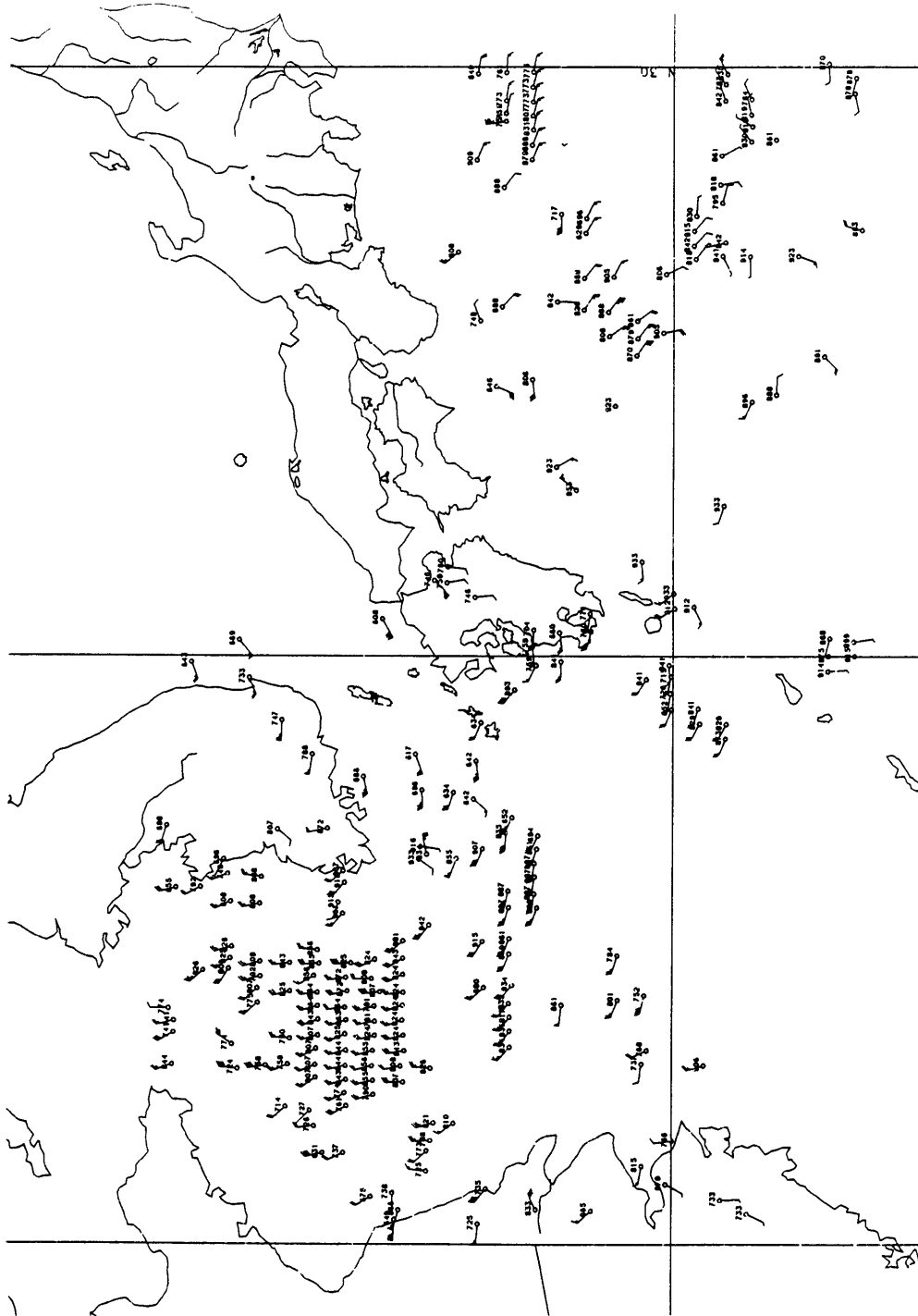


Fig. 7 Same as Fig.3, Case E (0510z - 0536z).

朝鮮半島南部から上海付近を結ぶ線の両側ではベクトルの方向に違いがあり、寒冷前線対応のシアアを示している。分布ベクトルの大きさや方向等から推定される低気圧中心は朝鮮半島中部の 35°N 、 128°E 付近である。これらは03Z、06Zの地上天気図から推定されるこの時刻の寒冷前線や地上気圧の位置よりも150km程西北西にずれているが、衛星風ベクトルが850mb面付近の風を代表していると考えれば、このずれは概ね妥当である。

写真1で済州島の西にみられた雲渦に対応するベクトルは不明瞭だが、雲渦位置のすぐ西側では風速の大きなベクトル(35KT位)が観測され、渦の東側の風(20~25KT)と大きさに違いがみられる。また雲渦の移動方向、速度(SSE25KT=03Z~06Zの平均)と黄海東部の衛星風ベクトルは大体良い一致を示している。

日本南岸のベクトルでは、四国沖から南東に伸びる下層雲バンドの弧の湾曲に沿って、 140°E 付近の東風から西になる程南風成分が強まり、四国沖~紀伊水道の南風に至る下層雲の動きがよくわかる。この雲バンドの南、 29°N 、 135°E 付近には別の下層雲域があり、北西風を示している。即ち雲バンドの南縁に沿って明瞭な低気圧性シアアが存在する。このシアアは、地上天気図には解析されておらず、雲画像の形状からもほとんど推定できない。

第4、5図はマルチセグメント4回目以降の観測データによる10分間隔(Case B、C)での算出ベクトルだが、Case Aと比較して大きな差異はみられなかった。これは各々の始点画像の取得時刻が、約10分ずつしか違わず、また対象とした現象も短時間で急変するような顕著現象ではなかったためと考えられる。

第6図は、ルーチンでの風計算とほぼ同じ約32分間隔(Case D)での算出ベクトルである。算出されたベクトルの個数は約 $\frac{1}{2}$ に減少し、朝鮮半島から南西に伸びるシアアラインや四国沖の低気圧性シアアは不明瞭になった。第3表をみると、Case A~Cに比べて平均速度は 8.66 m/s と一割方小さくなり、平均雲頂高度は816.0mbと低くなっている。これは第3図などで混じっていた朝鮮半島東岸などの強い西風の追跡が出来なくなり、算出ベクトル中に遅いベクトルの占める割合が増したためと考えられる。四国沖の強い北風など、明らかに誤マッチングによると思われるベクトルもみられ、個数の減少だけでなく、全体に品質も低下している。

第3~6図(Case A~D)はマルチセグメント観測

によるリミットスキャン VISSR データ同士での算出ベクトルであったが、今回の調査では、マルチセグメント観測データと定時(06Z)の全球観測データとの組み合わせによる衛星風の算出も行ってみた(Case E)。算出ベクトルを第7図に示すが、ほぼ同じ時間間隔のCase Dと比べて、算出ベクトルの平均値が大きくなっている。これは運用スケジュールの違いに起因するみかけの誤差で、風速計算に使用される撮像時刻を正しく設定し直せば補正できる。ただし、リミットスキャンと全球スキャンでは、衛星の状態などに差がある場合もあり、それらのデータ間のマッチング計算には十分注意する必要がある。

6. まとめ

前章までの結果をまとめると以下ようになる。

- (1)マルチセグメント観測データをもとにしたAS法を用いて、準総観規模低気圧の下層風ベクトルを算出した。
- (2)10分間の画像による下層風算出で、30分間隔画像からは得られない品質のよいベクトルが密に得られた。
- (3)これにより原画像のみからは推定が困難な現象(本例の場合では、四国沖のシアアなど)が解析できる場合がある。
- (4)陸上でのベクトルは短時間間隔画像を用いても品質が良くない。
- (5)通常の時間間隔ではマッチングがとれない、移動や変形の大きな上層風が追跡される場合がある。
- (6)マルチセグメント間隔と通常の定時観測の画像間でもベクトルが得られる。ただしその扱いには注意を要する。

7. おわりに

衛星風ベクトルの算出に短時間間隔取得画像を用いる事の有効性は、浜田(1983)により論じられ、現業処理の取得時間間隔として15分が提唱されている。GMS-3のマルチセグメント観測を用いたAS法による風算出は、Talano and Saito(1986)で行われているが、この時は日本海の寒気吹き出し雲を対象とした算出ベクトルについての統計的解析であった。

本調査では、朝鮮海峡を通過した準総観規模低気圧の雲域を対象にベクトルの算出を行った。約10分間隔の画像からは、品質・個数ともに優れたベクトルが得

られ、原画像のみからは推定が困難な下層風シアアがみつげられた。

GMSを用いたマルチセグメント観測は、現在の観測網では把え難い海上の中小規模現象に対す強力な観測手段となり得る可能性を持っている。

8. 謝 辞

本稿をまとめるにあたって、原稿の通読をお願いし、貴重な御意見を頂いた、システム管理課の浜田忠昭氏と大島隆氏、ならびに解析課の小佐野慎悟氏、鈴木和史氏、明石秀平氏の各氏に感謝いたします。

Reference

- Johnson, G. L. and D. Suchman, 1980: Intercomparisons of SMS Wind Sets: A Study Using Rapid-Scan Imagery, *Monthly Weather Review*, Vol. 108, 1672-1688
- Lee, D. K. and D. D. Houghton, 1984: Impact of Mesoscale Satellite Wind Data on Numerical Model Simulations: A Case Study, *Monthly Weather Review*, Vol. 112 1005-1015
- Pelsen, C. A., 1980: Short-Interval SMS Wind Vector Determinations for a Severe Local Storms Area, *Monthly Weather Review*, Vol. 108, 1407-1418
- Rodgers, E., R. C. Gentry, W. Shenk and V. Oliver, 1979: The Benefits of Using Short-Interval Satellite Images to Derive Winds for Tropical Cyclones, *Monthly Weather Review*, Vol. 107, 575-584
- Takano, I. and K. Saito, 1986: Statistical Analyses of Wind Field obtained from short interval VISSR observations, *Meteorological Satellite Center Technical Note*, No.14
- 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
- 浜田忠昭, 1983: 静止気象衛星画像からの風計算処理における最適画像取得時間間隔について, 気象衛星センター技術報告, 第7号, 79-87
- 元木敏博, 1983: 短時間連続観測による日本海の雲, 気象衛星ひまわりによる雲画像の解析とその利用, 72-81
- 齊藤和雄, 高野功, 櫃間道夫, 1986: 本州南岸沖の停滞性雲システムの衛星風ベクトル, 天気, Vol. 33, No.3, 103-111