

LF 法による上層風算出における
オペレイショナル・エラー

**Individual Differences in Upper Level Wind Derivation by GMS
Loop-Film Method**

井石宏明*, 河野一正**

Hiroaki Izeki* and Kazumasa Kawano**

Abstract

The upper level satellite wind sets are operationally derived from GMS images twice (00Z, 12Z) a day at the MSC.

Wind sets are obtained by tracking cirrus clouds manually using film loops produced from four consecutive IR images with intervals of 30 minutes.

Concerning the accuracy of the wind sets, it is said that some errors in wind sets considerably depend on operator's skillfulness.

The purpose of this study is to evaluate the correspondence of the wind sets in consideration of the facts mentioned above.

First the sample wind vectors were produced independently by thirteen meteorologists tracking cirrus clouds in the search areas, shown in Table 1, from the film loop under the same way of the routine.

Secondly for the wind vectors coexisted in each square region (1 degree lat. 1 degree long.) some kind of statistics are computed for evaluation.

Finally the wind vectors with anomalous value in the statistics are reexamined using the same film loop together with VIS images in order to comprehend the circumstances of the target clouds to be selected and tracked.

The findings are as follows.

1. The correspondence of the wind sets in quantitative aspect is seen a little
 - (1) The mean of the number of wind vectors by thirteen persons is 62.7 while their standard deviation is 20.9.
2. The correspondence in qualitative aspect is seen considerably as follows
 - (1) In about 86% of the total coexisted regions, the standard deviation is less than 10 m/s for wind speed and at the same time for wind direction that is less than 10 degrees.
 - (2) The relative ratio, defined as the ratio of standard deviation for wind speed to averaged wind speed of coexisted wind in each region, is within 20% in more than 90% of total coexisted regions.
3. Most of unqualified wind vectors are resulted from mistaking Cb for Ci, cloud deformation and cloud divergence etc.

* 気象庁海上気象課 Maritime Meteorological Division, Japan Meteorological Agency

** 気象衛星センター解析課 Meteorological Satellite Center

1. はじめに

気象衛星センターでは、気象衛星「ひまわり」の撮影した30分間隔の連続4枚の赤外画像フィルム（ループフィルム）を用いて、00Zと12Zの2回、上層風の観測を行なっている。

観測は上層雲を追跡し、その移動距離を計算する。追跡作業は、オペレータが目視で行なうため、熟練度や追跡雲の適、不適が観測精度に影響する。

オペレータの熟練度を具体的に把握する方法はない。しかし、追跡の対象とする雲の選択や位置指定の正確度には多分に熟練度が影響し、それらはパーソナルエラーとして表われるものと思われる。

この調査の主目的はパーソナルエラーの実態の調査であるが、調査結果を現業作業での追跡雲の選定などに反映させ、上層風観測の精度向上に役立たせたい考えである。

2. 用いたデータ

1983年11月13日00Zのループフィルムを用いて、解析課のオペレータ13人が個々に現業と同じ作業要領で取得したデータを使用した。ただし、ルーチンでの追跡作業領域は、50°N～50°S、90°E～170°Wの範囲であるが、調査の効率を上げるため、第1表のように対象領域を設定した。第1図～第4図の画像はそれぞれの領域を示すもので追跡の始点（11月12日2230Z）の状態である。同様に第5図～第8図に終点（13日00Z）の画像を示す。

Table 1 Search areas.

領域	領域の緯経度	
1	50N 130E 30N 130E	50N 170W 30N 170W
2	30N 110E 20N 110E	30N 130E 20N 130E
3	20N 140E 00N 140E	20N 160E 00N 160E
4	10N 100E 10S 100E	10N 120E 10S 120E

各領域の選定理由は次のとおりである。

- ・領域1：ジェット気流に対応した雲域で追跡雲の動きが速く、雲形の変化が激しい。風速のパーソナルエラーが出やすいと考えられる。

- ・領域2：地形の影響が予想され、雲形が不明瞭、ターゲットの選択に個人差が表われ易い。
- ・領域3：Cu, Cg, Cb およびその直近のCi域で、弱風域である。Cb から派生するCiがどの位の時間経過後、あるいは派生地点からどの位の距離移動すれば一般流を代表し得るようになるのか、判断が難しい。
- ・領域4：Cu, Cg, Cb をシールド状のCiがおおっている。弱風域。形状が不明瞭なCiの場合、安定した輝度中心を指定することになっている（風計算作業手引書）が、本例ではCiの輝度中心かCu, Cg, Cbの雲頂なのか見極めが難しい。

以上のとおり、各領域とも、雲指定作業の難しいところである。

3. 個人差を測る尺度

個人差としては、(1) 取得ベクトル数、(2) その空間分布の均一性あるいは偏り、(3) ベクトルの精度、等が考えられる。

(1)、(2)については評価が容易であるが、(4)についての判断には指標が必要である。この調査では緯経度1°ごとの領域（単位領域とよぶ）内の雲は同じ動きをする、と仮定し、各単位領域内の平均ベクトルを指標とした。結果的にこの仮定に支障がある場合には、個々の事例について、ループフィルムにより再検討した。

以上のことから個人差を測る尺度として次のものを用いた。

1. 量的、空間的尺度
 - (a) 個人別ベクトル取得数とその標準偏差
 - (b) 単位領域内に存在する複数個のベクトル（共存ベクトルとよぶ）数
2. 質的尺度
 - (a) 共存ベクトルについての風向、風速の標準偏差
 - (b) 共存ベクトル（風速）の相対誤差（標準偏差の平均風速に対する割合）
 - (c) 高層観測データとの比較

4. 結果

4.1 全体的検討

4.1.1 量的、空間分布的検討

第2表は個人別のベクトル取得数、平均、標準偏差である。平均ベクトル数62.7に対し標準偏差は20.9と大

Table 2 The number of total wind vectors and the standard deviation.

個人別ベクトル総数													合計	平均	標準偏差
50	65	74	38	43	57	93	62	34	58	60	68	113	815	62.7	20.9

Table 3 The number of wind vectors in each search area.

() 内は分布率% (領域ごとの個人別総ベクトル数に対する個人別ベクトル数の割合)

個人別領域	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 低気圧 周辺	1(2)	7(11)	5(7)	0(0)	2(5)	1(2)	10(11)	4(7)	0(0)	0(0)	1(2)	0(0)	13(12)
1 その他	12(24)	23(35)	23(31)	11(29)	17(40)	19(33)	36(39)	20(35)	14(41)	14(24)	24(40)	22(32)	23(20)
2	7(14)	5(8)	12(16)	5(13)	7(16)	8(14)	15(16)	9(16)	5(15)	10(17)	15(25)	13(19)	7(6)
3	12(24)	22(34)	24(32)	14(37)	13(30)	15(26)	15(16)	19(33)	12(35)	21(36)	14(23)	24(35)	40(35)
4	18(36)	8(12)	10(14)	8(21)	4(9)	14(25)	17(18)	5(9)	3(9)	13(22)	6(10)	9(13)	30(27)
合計	50(100)	65(100)	74(100)	38(100)	43(100)	57(100)	93(100)	57(100)	34(100)	58(99)	60(100)	68(99)	113(100)

Table 4 The number of unit search areas (1 degree lat. by 1 degree long.) and coexisted vectors in the areas.

	第1領域	第2領域	第3領域	第4領域	合計	
	領域数(ベクトル数)	領域数(ベクトル数)	領域数(ベクトル数)	領域数(ベクトル数)	領域数(ベクトル数)	
単独ベクトル数	102 (102)	25 (25)	43 (43)	56 (56)	226 (226)	
単位領域内の共存ベクトル数	2	41 (82)	17 (34)	16 (32)	16 (32)	90 (180)
	3	15 (45)	11 (33)	13 (39)	7 (21)	46 (138)
	4	7 (28)	1 (4)	6 (24)	4 (16)	18 (72)
	5	5 (25)	1 (5)	6 (30)	0 (0)	12 (60)
	6	2 (12)	1 (6)	4 (24)	2 (12)	9 (54)
	7	0 (0)	1 (7)	3 (21)	0 (0)	4 (28)
	8	1 (8)	0 (0)	1 (8)	1 (8)	3 (24)
	9	0 (0)	0 (0)	1 (9)	0 (0)	1 (9)
	10	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	11	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	12	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	13	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	14	0 (0)	0 (0)	1 (14)	0 (0)	1 (14)
	15	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	計	173 (302)	57 (114)	94 (244)	86 (145)	410 (805)

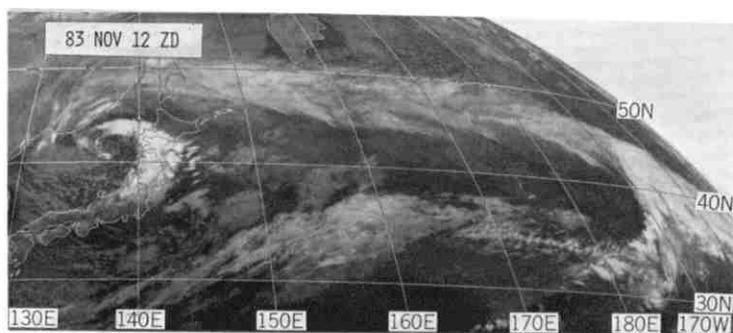
きい。個人別取得ベクトル数の最大値 (113) は最小値 (34) の3倍強で、量的に個人差があるといえる。13人のオペレータ中、上記の最大、最小の例を除くと、残りは38~93の間に収まるが、これでも2倍強の差がある。

第3表は領域ごとの個人別取得ベクトル数である。各領域について特に注目されるのは、領域1と領域4で取

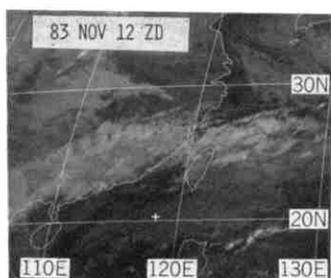
得ベクトル数の変動が大きいことである。

領域1についてみると、低気圧周辺の雲域について、指定する適切な雲がないと判断したオペレータが4人いる点が注目される。

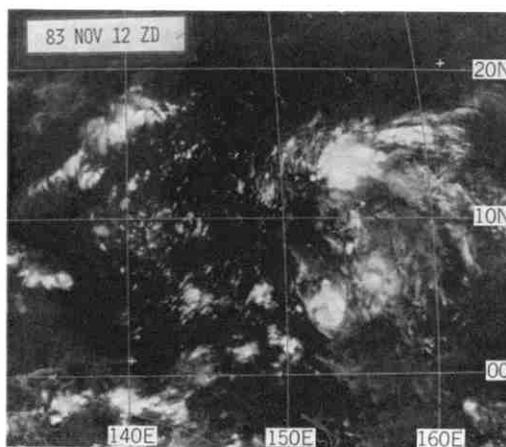
領域4はシールド状の Ci の輝度中心を追跡するケースが多い領域であるが、あるオペレータが輝度中心と判



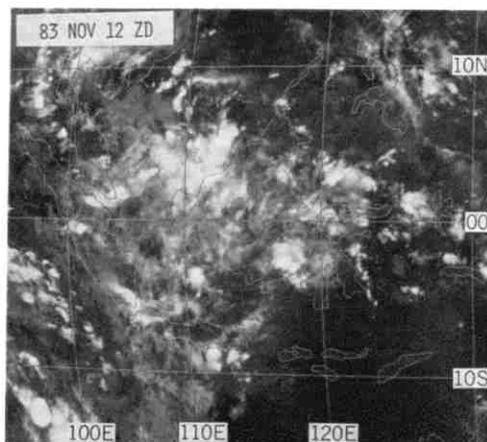
The first area.



The second area.

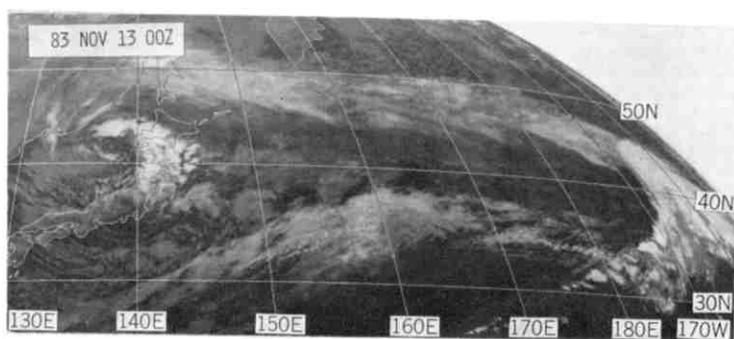


The third area.



The fourth area.

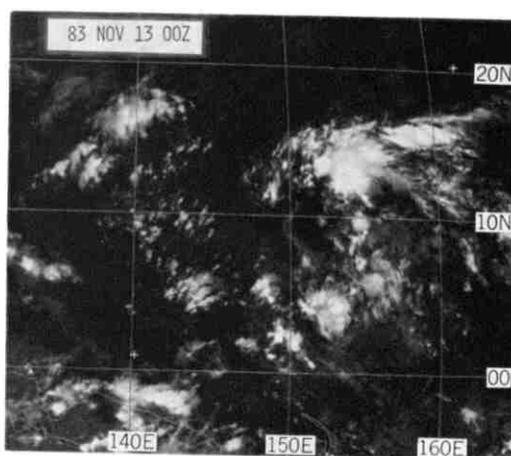
Fig. 1-4 Images for starting points of wind vectors in first to fourth search areas.



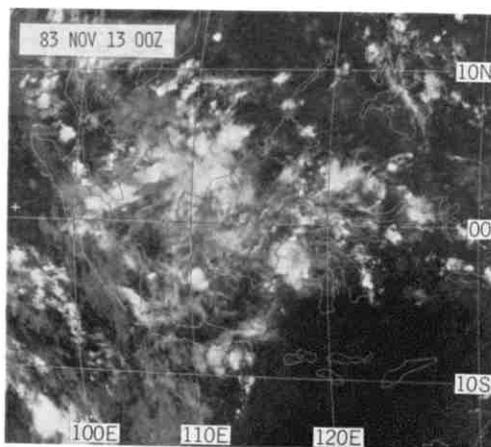
The first area.



The second area.



The third area.



The fourth area.

Fig. 5-8 Images for ending points of wind vectors in first to fourth search areas.

断して採用した雲を他のオペレータは Cu, Cg あるいは Cb として捨てており、この差が取得ベクトル数の差に表われている。

ちなみに「風計算手引書」では「鉛直方向に発達した雲 (Cg, Cb), およびこれらから発生した Ci のうち、発生域直近のもの」を指定に不適当な雲としているが、この種の雲を選別するとき個人差が生ずることがわかる。

第4表に1個以上のベクトルを指定した単位領域の数と単位領域ごとの共存ベクトル数を示す。共存数はオペレータがどの程度同一の雲あるいは同一単位領域の雲を

指定しているかを知る指標であり、「風計算作業手引書」が「指定に適当な雲」とする形状、形態が明瞭な雲といえることができる。第4表のとおり単位領域内のベクトル共存数は全領域とも2と3に集中している。設定領域の面積が異なるため領域間の比較は妥当ではないが、領域2と領域3では共存ベクトル数の大きい単位領域が多くなっている。これは第1図(第5図)に比べ領域の面積が狭いことと第2図(第6図)では選択できる明瞭な雲が北側の一部分に偏っていること、第3図(第7図)では Cg, Cb が主体の領域であり、ターゲットとなる Ci が限られているための影響で、これらの数値からただち

Table 5 Comparison with sonde data (on international comparison type-2 format).

* 衛星データは 25°N 以北は 300 mb に、以南は 200 mb に高度設定

領域	比較観測点	位置		観測値*		領域	比較観測点	位置		観測値*	
		緯度	経度	風向	風速			緯度	経度	風向	風速
1	47412 (札幌)	43.05	141.3	200	18 m/s	2	LF (1)	25.8	118.8	253	37 m/s
	LF (1)	43.9	141.7	165	17 "		LF (2)	26.5	119.1	261	40 "
	LF (2)	43.2	142.7	166	19 "		47936 (那覇)	26.2	127.7	265	45 "
	47582 (秋田)	39.7	140.1	230	27 "		LF (1)	26.5	127.1	265	47 "
	LF (1)	39.9	140.5	192	16 "		LF (2)	26.2	127.7	269	57 "
	LF (2)	39.8	140.4	188	22 "		59265 (梧州)	23.5	111.3	260	23 "
	47590 (仙台)	38.3	140.9	235	42 "	LF	23.6	111.3	262	26 "	
	LF	38.5	140.7	215	15 "	59287 (広州)	23.1	113.3	265	24 "	
	58606 (南昌)	28.6	115.9	265	52 "	LF	23.2	113.1	248	30 "	
	LF (1)	28.1	117.3	263	42 "	3	91334 (TRUK)	7.5	151.9	160	5 "
	LF (2)	28.4	117.2	262	39 "		LF (1)	7.3	151.2	167	8 "
	58633 (衡県)	29.0	118.9	265	54 "		LF (2)	7.9	152.2	151	8 "
LF	28.7	120.6	262	38 "	LF (3)		7.8	150.9	164	11 "	
58633 (邵武)	27.3	117.4	265	46 "	91348 (PONAPE)		6.95	158.2	10	5 "	
LF	27.1	116.9	263	39 "	LF (1)		6.1	157.6	20	8 "	
57957 (桂林)	25.3	110.3	270	38 "	LF (2)		6.4	157.2	35	9 "	
LF (1)	25.8	111.6	262	27 "	LF (3)		6.9	157.5	64	9 "	
LF (2)	25.9	111.4	260	33 "	4		48615 (KOTA BHARU)	6.1	102.3	95	12 "
57972 (郴州)	25.8	113.03	270	38 "			LF	6.9	102.7	96	13 "
LF (1)	26.1	113.4	259	36 "			48601 (PENANG)	5.3	100.3	90	9 "
LF (2)	26.2	113.3	253	34 "			LF	6.0	100.3	77	9 "
LF (3)	25.8	113.3	268	34 "		48647 (KUALA LUMPUR)	3.1	101.6	90	19 "	
LF (4)	25.6	113.6	262	30 "		LF	2.2	102.6	92	20 "	
57993 (郴州)	25.9	115.0	270	43 "	46471 (KOTA KINABALU)	5.95	116.1	185	4 "		
LF	25.7	119.3	263	30 "	LF	5.5	116.1	213	14 "		
58847 (福州)	26.1	119.3	270	43 "							

に、領域2および領域3の雲域を選択に適当な雲域と判断することはできない。

4・1・2 質的な検討

第5表にゾンデ・データとの比較を示す。衛星風とゾンデ・データとの検証は、異った観測法による比較であること、またトレーサーの大きさが異なるなどの理由から適当でない点もある（小花，1979）が、衛星風の誤差判断のひとつの手がかりとして試みた。ゾンデ・データの観測点は、CGMS（静止気象衛星調整会議）で取り決められた衛星風国際比較 Type-2 に基づいて選出した。ゾンデ観測点が19ヶ所、ベクトル数が32個と少なく、普遍性に問題はあがるが、領域1の低気圧周辺と領域3の一部に大きな差がでているほかは概ね良好な結果といえる。

領域1の低気圧周辺について分析すると、衛星風の場合、追跡する雲の判断が難しく（11人中4人が指定していない）、指定した場合でもゾンデの風向と約35度の差を生じている。

領域3の場合、Cbが主体の雲域で、Cbから派生するCiを指定することになるが、先に述べたとおり、追跡に不適当な雲を指定した結果が反映されていると思われる。

小花（1979）が指摘しているように、ターゲットの選択にオペレータの主観が大きくかわるものの、明瞭な雲から得られたベクトルは風向、風速ともに誤差が少ない。今回の調査では、追跡雲としての特徴のとばしい低気圧周辺域、低緯度帯のCb周辺のCi域、同じくCiシールド域等で個人差が大きくなっており、これらの雲域での指定作業を慎重に行なうことで衛星風の精度を向

上させることができるといえる。

第6表に共存ベクトルの風向、風速の標準偏差と、これらのベクトルを含む単位領域数を設定領域別に示す。同表のとおり、風向の標準偏差が5度以内、風速の標準偏差が5 m/s以内にある単位領域数は、ベクトルが共存している単位領域総数の約61%、さらに、風向の標準偏差を10度以内に、風速のそれを10 m/s以内とすると、約86%がその中に含まれる。設定領域別に見ると、領域1、2においては風向の偏差値は小さい値に集中しているが、風速の偏差値には大きな値のものがある。この領域では雲の動きが速く、ターゲットを誤って指定した場合、風向より風速の差として表われるためと思われる。一方、領域3、4では風向の偏差値に大きな値のものがあるが風速の偏差値は小さい。これ等の領域のように一般流の弱い場では指定点の誤差が風速より風向により大きく影響を与えるためと思われ、また、一般流を代表し得ない、例えば雲域の膨張による雲の動きを追跡した場合、風速の値としては近似していても、風向が大きく異なる場合も考えられる。

第7表に設定領域ごとの風速の相対誤差率をベクトルを含む単位領域数で示す。相対誤差率が15%以内の単位領域数は全体の約78%、20%以内とすると約92%となる。パーソナルエラーについてみると、前項でも指摘したように設定領域3、4に相対誤差率の大きな値があり、前項と同じ理由で注目する必要がある。

ところで、設定領域3、4の相対誤差率の高い単位領域を第6表で見ると、風速の標準偏差は小さい。これは風速の絶対値が小さいため、相対誤差が大きくなるもので、このことはまた、風速の弱い場での雲指定におけるパーソナルエラーを示唆している。

Table 6 Distribution of the standard deviation for wind direction and speed.

風 向 (DEG)	風 速 (M/S)	単位領域数 (ベクトル数)				合 計
		第1領域	第2領域	第3領域	第4領域	
0 ≤ DD ≤ 5	0 ≤ FF ≤ 5	54 (150)	18 (53)	28 (109)	13 (40)	113 (352)
5 < DD ≤ 10	0 ≤ FF ≤ 5	4 (8)	7 (17)	15 (57)	7 (21)	33 (103)
10 < DD ≤ 15	0 ≤ FF ≤ 5	2 (5)	0 (0)	5 (25)	6 (16)	13 (46)
15 < DD ≤ 20	0 ≤ FF ≤ 5	1 (2)	0 (0)	1 (3)	1 (2)	3 (7)
20 < DD ≤ 25	0 ≤ FF ≤ 5	0 (0)	0 (0)	1 (5)	1 (3)	2 (8)
25 < DD ≤ 30	0 ≤ FF ≤ 5	0 (0)	0 (0)	1 (2)	1 (4)	2 (6)
0 ≤ DD ≤ 5	5 < FF ≤ 10	8 (27)	4 (10)	0 (0)	0 (0)	12 (37)
5 < DD ≤ 10	5 < FF ≤ 10	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (3)	1 (3)
0 ≤ DD ≤ 5	10 < FF ≤ 15	2 (8)	1 (3)	0 (0)	0 (0)	3 (11)
5 < DD ≤ 10	10 < FF ≤ 15	0 (0)	2 (6)	0 (0)	0 (0)	2 (6)

Table 7 The number of unit search areas for each standard deviation of wind speed.

標準偏差 (%)	領域				合計
	第1領域	第2領域	第3領域	第4領域	
0~5	37	12	8	5	62 (34)
6~10	19	8	13	4	44 (24)
11~15	9	8	14	6	37 (20)
16~20	4	1	10	10	25 (14)
21~25	2	1	2	2	7 (4)
26~30	0	2	3	1	6 (3)
31以上	0	0	1	2	3 (1)
合計	71	32	51	30	184 (100)

4・2 個々のベクトルの検討

風向の標準偏差が10度以上、または、風速の標準偏差が10 m/s以上の単位領域、および、風速の相対誤差が10%以上の単位領域を選び出し、これらのベクトル(371個)を検討対象とした。00Zの可視画像を参照しながら、ループフィルムでそのひとつひとつの指定雲を再追跡した。その結果、以下の状況で誤指定、誤追跡があることがわかった。

- (1) 設定領域1について
 - a. 移動方向の先端部で別の Ci が明瞭となり、それを終点として指定した(低気圧周辺域)
 - b. 変形した雲を終点とした。
 - c. 追跡中に雲が衰弱し終点が不明瞭になった。
 - d. 同じような形状の雲の中で、始点で指定したものを見失い、別の雲を終点とした。
- (2) 設定領域2について
 - a. 直線的にならぶドット状の雲のひとつを指定、錯覚で別の雲を終点とした。
 - b. 輪郭が不明瞭な雲を指定した。
 - c. 指定雲が途中で消散、終点で別の雲を指定した。
 - d. 雲が変形した。
- (3) 設定領域3, 4について
 - a. Cb を指定した。
 - b. Cb 直近の Ci を指定した。
 - c. 始点が Cb を指定、Cb が衰弱し後に残った Ci を終点とした。
 - d. 発散のため終点が不明瞭になった。

これら誤追跡、誤指定のベクトルは約100個あり、標準偏差や相対誤差に影響をおよぼしている。原因のほとんどが終点に起因するものであり、始点が問題になるのは、Cb の誤指定、Ci の輝度中心と Cb、Cg の誤判断、Cb 直近の Ci の指定などがあげられる。低緯度ではほ

とんどがこの種の雲なので、上層衛星風の数を多くしようとすると選択の規準を甘くすることになりかねず、質と量の極端となる。オペレータは常にこのハザマにあって衛星風を観測しているのである。

5. おわりに

今回の調査にあたり衛星センター解析班の方々にご多大なご協力をいただき、また、写真班の方々にはループフィルムの作成、設定領域の画像の作成をしていただきました。この報告書の準備段階からご指導、ご助言をいただいた権間解析課長、同加藤調査官*、システム管理課市沢調査官**、以上の方々へ厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 小花隆司, 1979; LF 法風計算に伴う誤差について, 研究時報31巻11-12号, 313-326
 浜田忠昭, 1981; 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
 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
 気象衛星センター解析課, 風計算作業手引書

* 現在, 気象庁予報部長期予報課調査官

** 現在, 気象庁予報部予報課予報官