

寒気移流場内における衛星による下層雲移動ベクトルと海上風との比較 〔冬期北西太平洋の一般海上風としての利用の可否〕

A comparison of GMS low-level cloud motion winds sea surface winds observed by ships over western part of the North Pacific Ocean

田口 晴夫*
Haruo Taguchi

Abstract

In order to use the low-level Cloud Motion Winds (CMWs) derived from GMS imageries as a reference data for wind warnings over the sea area where conventionally acquired data were sparse, the relation between low-level CMWs and Ship Observed Winds (SOWs) located over the western part of the North Pacific Ocean in winter 1991 was examined.

The SOWs under the condition of cold air advection were carefully selected and checked considering the consistency of consecutive observations within 6 hours. The low-level CMWs were calculated through automatic procedure.

The root mean square of speed difference and the mean speed bias between CMW using visible (infrared) imageries and SOW were 1.9 (2.1) and 0.2 (0.7) m/s, respectively. The root mean square of direction difference was 14° (15°). These results show that the low-level CMWs provide useful information to forecaster who is in charge of issuing wind warnings over above-mentioned area.

1. はじめに

海上風や波浪は、船舶の運航や漁船の操業に多大な影響を及ぼす気象要素のひとつで、時には海難に密接に結びついている。このため、気象庁では、全般海上警報の発表や外洋波浪図の放送等により船舶の安全の確保に努力している。これらの情報の作成には、広範囲な海上風の実況値が必要である。しかし、海洋気象観測船・パイロボット

からの報告もあるもののほとんどが一般船舶からの通報によるため、データの空間的・時間的分布には偏りが大きく、観測精度の面でも信頼性の低いデータの混在が認められる。

気象衛星センターでは、30分間隔で撮影した3枚の画像を用いて、上層雲・下層雲の移動から、上層と下層の雲移動ベクトル算出（風計算）処理を一日4回行っている。衛星画像から算出される雲移動ベクトル（以下、単に衛星風と呼ぶ）は、

*気象衛星センター解析課
(1992年8月25日受領, 1992年9月16日受理)

海洋上などの通常の観測データの乏しい場所でも広範囲にわたって数多く求めることができ、数値予報モデルの客観解析において重要な資料となっている。この下層衛星風を海上風推定に使う事ができるならば、下層衛星風を海上全般警報に有効に活用する事が可能になる。一般に下層雲は雲底の高度と同じ風速で移動していることから、下層衛星風の高度はラジオゾンデとの比較による分析調査により求めた850mbが与えられている。海上風は、850mb面の風と比べて海面の摩擦により風速が遅くなり、風向が時計回りに変化することが知られている。

実際に低緯度帯の西太平洋上では、衛星風と海上風の比較調査が行われており(Hamada (1985)) 両者の対応は良いことが報告されている。しかし、その比較データは風速が遅いものが大部分で、海上全般警報に利用できるほど速い風速のデータをほとんど含んでいない。また、直接下層雲を追跡したものでは無いが、レーダーエコーの移動から海上風を推定する研究として、「Vレーダーによるエコーの移動から海上風を求める手法の開発」(地方共同研究、舞鶴海洋気象台予報課・海上気象課地方共同研究グループ(1990, 91))が行われており、寒気移流場においてはエコーの移動による風と海上風とは対応が良いことが報告されている。レーダーエコーの移動量は雲の移動量を表していると考えられるので、寒気移流場では下層雲の移動が海上風を表していることが推測される。

今回は、手始めとして、先の理由から下層衛星風がそのまま海上風を表していると推測される寒気移流場について、海上風の実況値と自動算出した下層衛星風を統計的に比較し、下層衛星風を海上風として有効に活用できるか調査した。本稿では、はじめに下層衛星風の特徴を紹介し、次いで海上風実況値との比較結果について報告する。

2. 下層衛星風の算出に適した雲

実際にどのような場所(雲の状態)で下層衛星風が算出できるのかを調べるため、1991年1月19~23日の連続した5日間について、OOUTC帯の風計算処理と同じ時間の画像を用いて、北西太平洋上の北緯30~50°、東経140~180°の範囲で下層衛星風の自動算出を行った。この範囲内の緯経度1°毎に追跡に適した雲を選択する雲指定候補点を設定し、追跡に適したものを自動的に選択する自動雲指定を行い、下層衛星風を自動算出した。算出した衛星風はマニュアルによる品質管理を一切行っていない。下層衛星風の算出には赤外画像に比べて解像度の高い(衛星直下点における分解能では赤外5.0×5.0kmに対して可視は1.25×1.25kmになっている)可視画像が適していると思われるが、夜間は可視画像がないことを考慮し、両者を比較する意味で同一時刻の可視・赤外画像それぞれについて行った。雲指定点は、赤外画像上に設定したターゲットの追跡に可視画像または赤外画像を使用した。Fig.1.1, 1.2に可視画像を使用した20日のOOUTCにおける衛星風プロット図と地上天気図を、Fig.2.1, 2.2には可視・赤外比較の一例として、23日のOOUTCにおける可視画像・赤外画像を使用した算出例を示す。

通常の風計算(気象衛星センター(1988))と同様に、地形の影響を排除するために陸上部分や画像の端の部分では下層衛星風の算出は行っていない。また、可視画像での下層衛星風は、太陽光が届く範囲でしか算出されない。Fig.1.1~2.2の日本・樺太の周辺や(50N, 160E)と(40N, 180E)を結ぶ線より北の領域がこれにあたる。

これらの衛星風プロット図およびこれに対応する可視と赤外画像(Photo 1.1~2.2)との比較により、下層衛星風の特徴として次のことが言える。

- ① 低気圧の雲システム等の上・中層雲を含む雲域（下層雲の見えない領域）及び発達した積乱雲の部分では算出されない。(Fig.2.1, 2.2のAの領域)
- ② 算出数は解像度の高い可視画像使用の方が多く、動きの遅いものも良く算出されている。(Fig.2.1, 2.2のBの領域)
- ③ 赤外画像使用の場合は、薄い巻雲を下層雲と判断し算出してしまう事がある。ただし、周囲の他の下層風ベクトルとは違うことが、風向や風速から図上で識別できる。(Fig.2.2のCの領域)
- ④ 寒気場内では、可視・赤外ともに非常に高密度で風向・風速の良く合った下層衛星風が算出されている。(Fig.2.1, 2.2のDの領域)

風の数はいくつ、赤外299個であった。

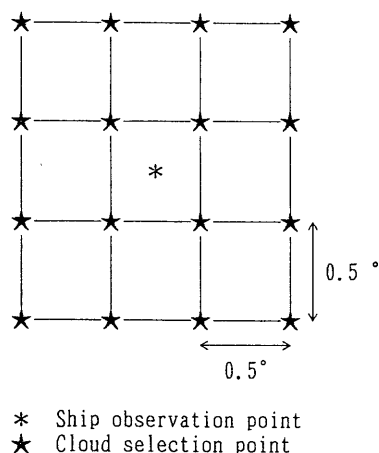


Fig.3 schematic drawing of cloud selection point

以上から、寒気場内の積雲は下層雲ベクトルの算出に適していることが推測される。

3. 下層衛星風と海上風の比較

(1)比較方法

1991年の1・2月から比較的寒気移流雲の多い10日間を選び、OOUTCのみの10例について、可視・赤外画像をそれぞれ使用して算出した下層衛星風と、同じ時刻の船舶データとを比較した。船舶データには精度の悪いものが含まれているので、品質管理を行った。船舶データを地上天気図上にプロットし、周辺の観測値と比較して風向・風速差が大きいものや、前後6時間以内の観測値を使い連続性がないものを削除した。下層衛星風の算出方法としては船舶の位置が中心になるように0.5°格子の16ヶ所の雲指定点を設定し (Fig.3参照)、衛星風を自動算出した。衛星風が算出できなかった場所の船舶データを除外した結果、比較に使用した船舶データは45個で風向が270~360°の船舶データのみとなった。また、算出された衛星

(2)比較結果

Table 1に下層衛星風と海上風の風速差及び風向差のRMS (Root Mean Square) を示す。可視・赤外共にRMSは風速差で約2 m/s、風向差で約15度程度となっており対応は良い。

Table 1 Comparison results between CMW and SOW.

GMS IMAGE	VIS IMAGE	IR IMAGE
number of CS points	7 2 0	7 2 0
number of cloud motion winds	3 7 2	2 9 9
mean of speed	1 5 . 3 m/s	1 5 . 3 m/s
mean of speed diff.	0 . 2 m/s	0 . 7 m/s
RMS of speed diff.	1 . 9 m/s	2 . 1 m/s
mean of direction diff.	0 DEG	- 1 DEG
RMS of direction diff.	1 4 DEG	1 5 DEG
ABS mean of vector diff.	3 . 6 m/s	3 . 9 m/s
RMS of vector diff.	4 . 2 m/s	4 . 4 m/s

(note) speed diff. (CMW-SOW)
direction diff. (CMW-SOW)
CS : cloud selection

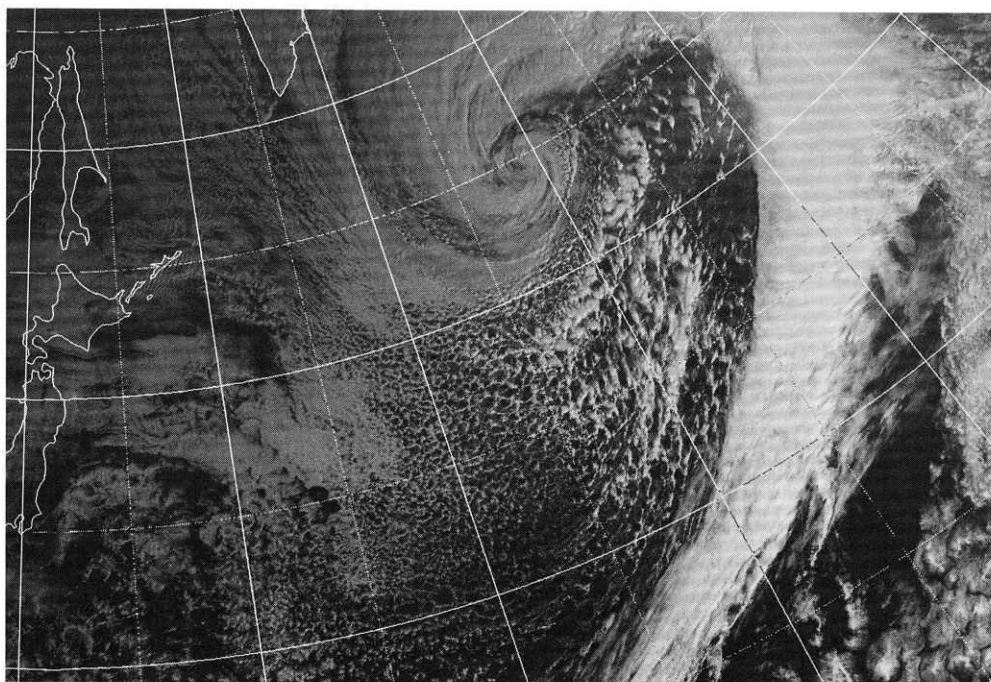


Photo 1.1 VIS image at 00UTC January 29, 1991.

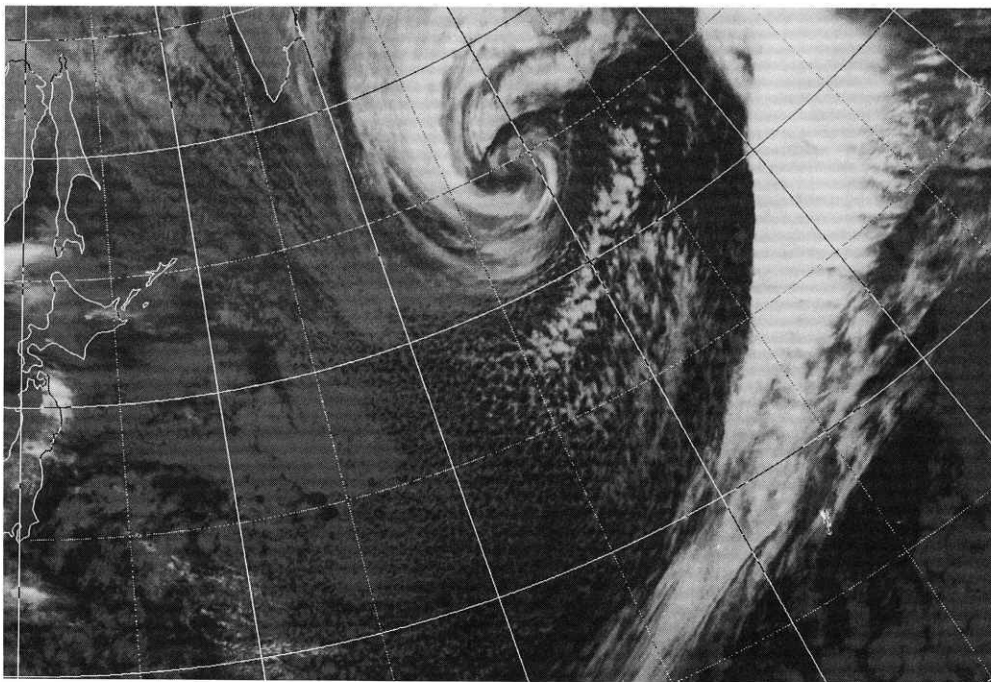


Photo 1.2 IR image at 00UTC January 20, 1991.

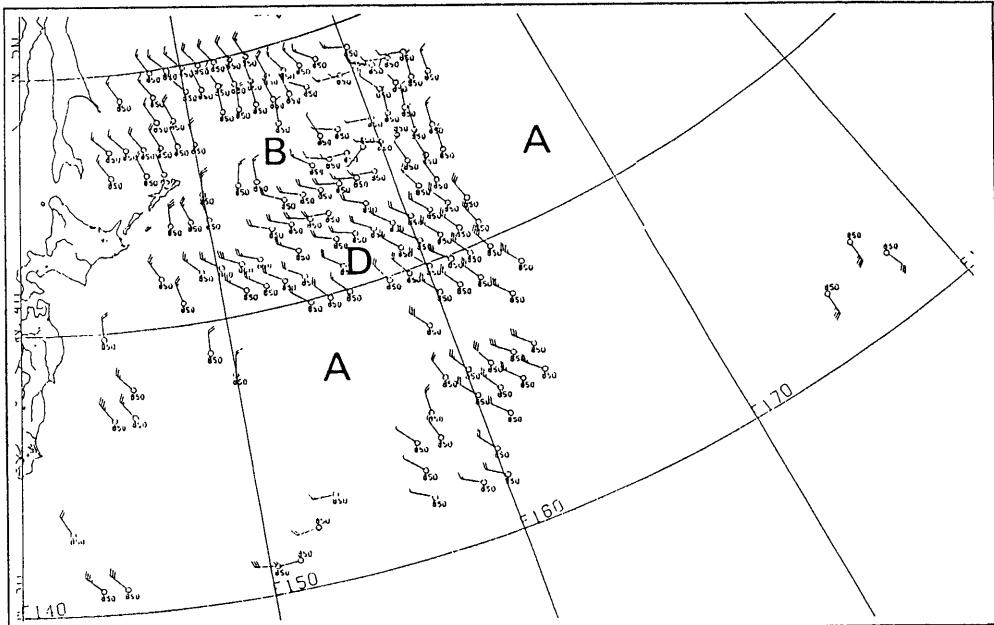


Fig. 2.1 Same as Fig. 1.1 but for January 23, 1991.

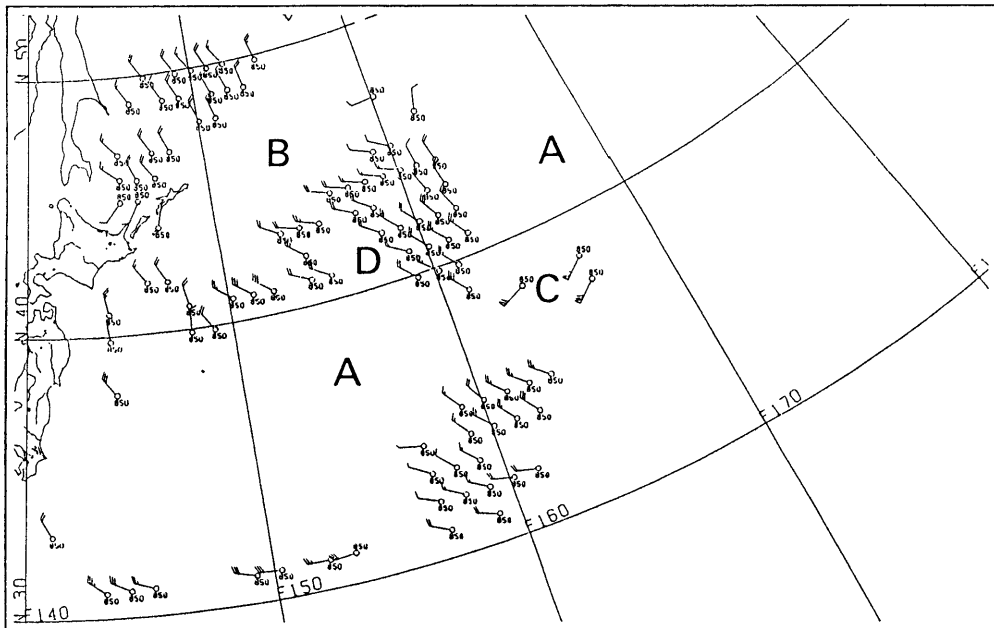


Fig. 2.2 Low-level cloud motion winds using infrared data at 00UTC January 23, 1991.
Wind height is shown in pressure level.

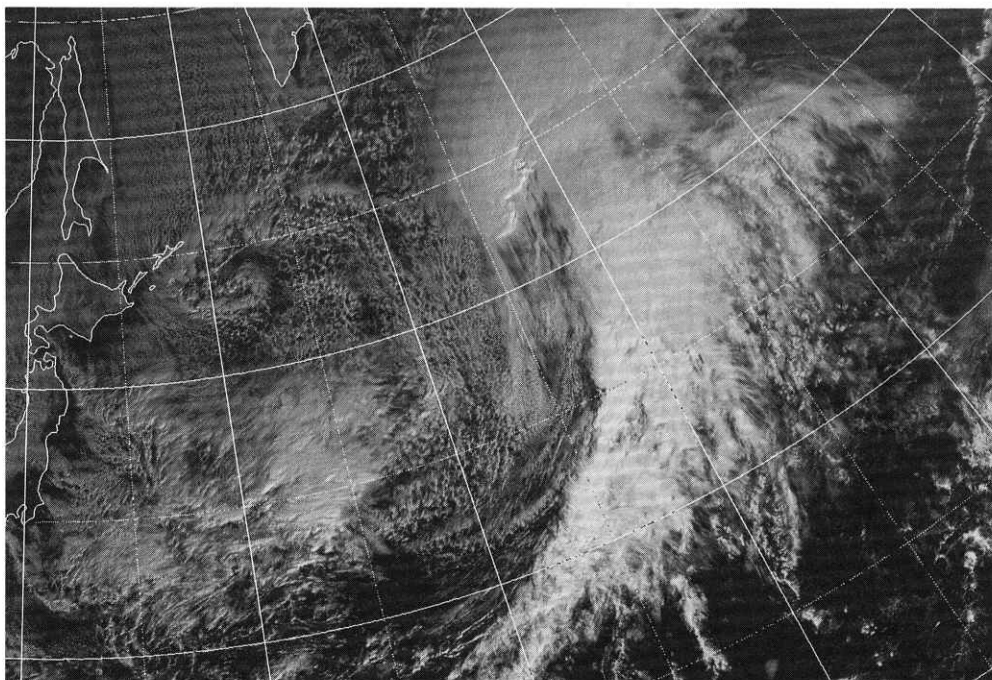


Photo 2.1 VIS image at 00UTC January 23, 1991.

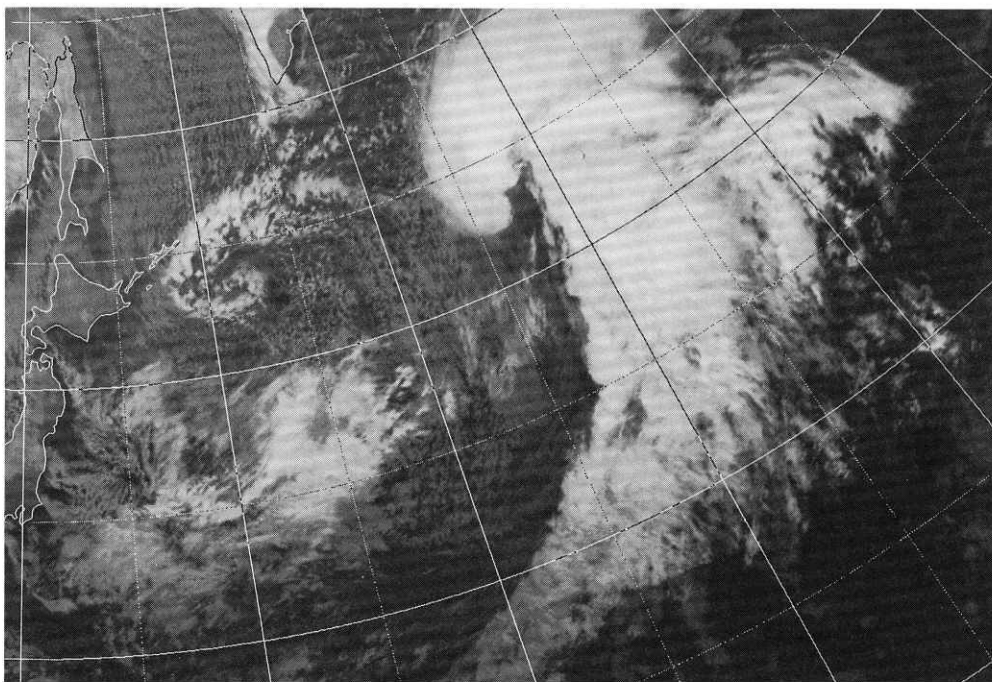


Photo 2.2 IR image at 00UTC January 23, 1991.

次に Fig. 4, 5に衛星風の風速別の風速差および雲頂高度別の風速差を示す。雲頂高度は、OOUTCの赤外画像から衛星風近傍の最低温度を気圧高度に換算した。風速は、12m/sまでは海上風の方が速く、20m/s頃から衛星風の方が速くなっている。その間の10~20m/sの風速差のRMSは、可視画像によるもので1~2 m/s、赤外画像によるもので1~2.5m/sの間で推移しており対応が良い。低風速及び高風速部分での風速差が大きいが、この部分のデータ数の平均は赤外画像による衛星風で約4個、可視画像による衛星風で約6個と少ないことも原因と思われる。雲頂高度別では、700mbより高い高度でRMSがやや大きくなっている。個別に見るとこの部分には衛星風の方が10m/s以上も遅いものが2例含まれており、周辺の衛星風や海上風と比較するとトレース雲が不適当だったものと推定される。

Fig. 6, 7に風向別の風速差及び風向差を示す。風速差については、算術平均では1 m/s以内、RMSでは1~2 m/s強となっている。特に、可視画像を使った下層衛星風は風向にかかわらず海上風との対応が良い。赤外画像による下層衛星風は、北風に対して海上風速よりも小さくな

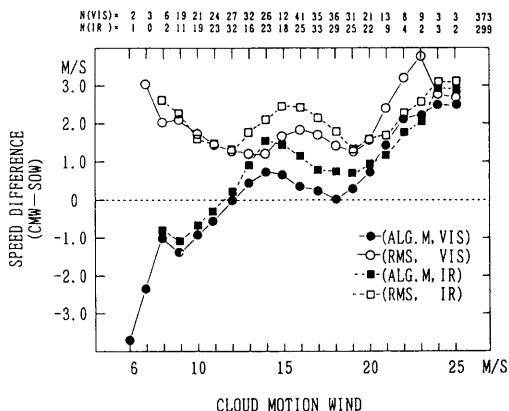


Fig. 4 Relationship between Low-level CMW speed and speed difference.

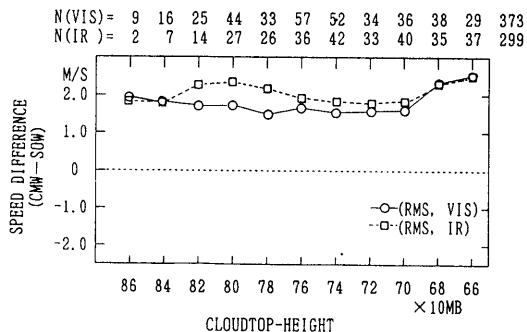


Fig. 5 Relationship between target cloud top height and speed difference.

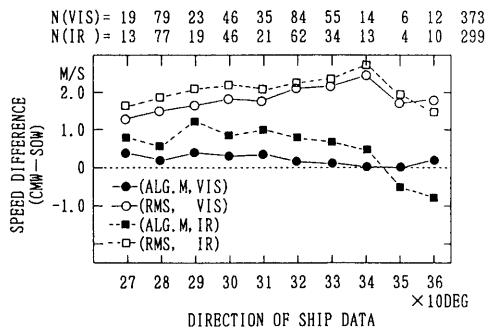


Fig. 6 Relationship between SOW direction and speed difference.

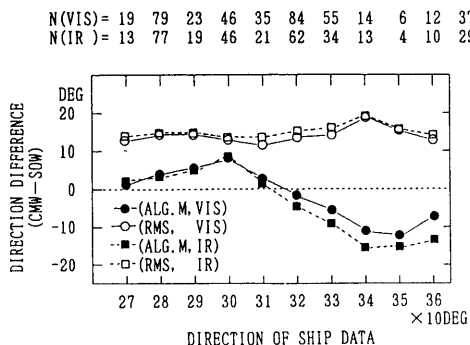


Fig. 7 Relationship between SOW direction and direction difference.

る傾向があるが、この範囲はデータ数が少ないことと赤外画像の解像度が悪いことが原因と思われる。ただし風速差のRMSではこの範囲でも特に悪くはなく、ほとんど影響は無いものと思われる。風向差については、可視・赤外の画像種別にかかわらず算術平均では $\pm 10^\circ$ 以内であり、北西～北の風に対しては下層風は海上風よりもやや西向きに、西～北西の風についてはやや北向きに算出される傾向がある。RMSでは 15° 前後の差である。

4. まとめ

海上風と下層衛星風の比較を行ったが、寒気移流場における下層衛星風は、海上風を代表していると考えてよい。特に衛星風が $10\sim 20\text{m/s}$ の範囲では風速差のRMSは可視画像で $1\sim 2\text{m/s}$ 、赤外画像で $1\sim 2.5\text{m/s}$ となっており、風速差も可視画像で $\pm 1\text{m/s}$ 赤外画像で $\pm 1.5\text{m/s}$ の範囲にあり、船舶による海上観測値との対応は非常に良い。また衛星風が 21m/s 以上の範囲では比較データ数が少なく風速差も大きい。風速差のRMSは衛星風速の一割程度であり船舶による海上観測値と

良く対応している。赤外画像で算出した下層衛星風は海上観測のほとんど無い夜間の観測値として有効に活用でき、可視画像で算出した下層衛星風はさらに精度がよく算出可能な範囲も広がっている。寒気移流場内で下層衛星風を高密度に算出すれば、海上観測のほとんど得られないところで有効に海上風を得ることができると思われる。

参考文献

Hamada, T., 1985: The Relationship between Cloud Motion Winds from and Ocean Surface Winds from Ship Report over Western Pacific Ocean., Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 63, No.5, October 28, 1985

気象衛星センター、1988: 風ベクトル、気象衛星資料利用の手引き。

舞鶴海洋気象台予報課・海上気象課地方共同研究グループ(地方共同研究)、1990、91: Vレーダーによるエコーの移動から海上風を求める手法の開発、研究時報42、43巻別冊。