

赤外・可視データを併用した雲画像情報図の調査

An experiment to make a new design of the Satellite Cloud Information Chart with the combination of visible and infrared data observed by the GMS

元木敏博*

Toshihiro Motoki

Abstract

The Satellite Cloud Information Chart (SCIC) developed by Motoki (1987) has been routinely produced in the Meteorological Satellite Center from March in 1987, and disseminated to the users to watch and/or analysis the meteorological disturbances. Since the SCIC is made by the infrared data of 0.25×0.25 latitude/longitude box data processing, it is not enough to display the cloud areas, for example fog/stratus cloud area.

To improve the expression of the cloud area in the SCIC, the digital data analysis with the combination of infrared data and visible data is surveyed. Among the physical parameters routinely derived from the visible data processing of 0.25×0.25 latitude/longitude box data, mean reflectivity, minimum reflectivity and standard deviation are used together with mean TBB and partial cloud amount data derived from an infrared data processing. The results from the case study are summarized as follows,

- (1) there is a capability to detect the semitransparent cirriform cloud area,
- (2) there is a capability to detect the fog/stratus cloud area which is sometimes judged as a open area by using an infrared data only,
- (3) there is a capability to identify the spot of the semitransparent cloud area which is judged as a fog/stratus cloud area in the result of (2).

1. はじめに

雲画像情報図は、気象衛星センター（1987）によると、GMS 観測の VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) データの中で、赤外データ処理の結果を利用した図面に、マンマシン処理から求めた解析情報を付加したもので、予報業務の支援資料として作成されている。昭和62年3月からは、雲画像情報図と広域雲画像情報図の二種類の図面が一般予報用と航空予報用に作成されているが、広域雲画像情報図はマンマシン処理による解析情報は含まない。

雲解析についての長谷川（1979）の報告によると、昼夜の区別が無く利用できる赤外画像は各種の気象擾乱やシビアウエザーに伴う組織的な雲域の監視および解析に有効である。ところで、霧/層雲域は、雲域表面の Tbb が発生海域の海面温度とほぼ同一の場合、赤外画像での判別は困難である。また、半透明な巻雲や散逸した巻雲の場合には、地球表面からの放射量も合わせて観測されるので、雲域の表面 Tbb が暖かく観測されるために、これらの雲域は赤外画像では下層または中層雲に誤判別される。従って赤外画像だけを利用するよりも精度の良い結果が得られる。

* 気象庁予報課
Japan Meteorological Agency (JMA)

画像解析から得られた結果に基づいて、予報作業に有効なプロダクトを作成する試みが続けられてきており、赤外データ処理の系統は元木など(1983)による輝度温度分布図および今回の雲画像情報図がある。プロダクトの改良を計るときにいくつかの方法があるがそのなかに、可視と赤外の数値データを併用することが考えられる。画像解析ではその利点が明らかとされているので、その内容を具体的に確かめるために赤外・可視データを併用した試験を行ったので報告する。試験は、雲画像情報図の図面を対象とした。

2. 入力データ

入力データは、0.25°のヒストグラム解析から得られた結果を格納した格子点データ(以下、基本雲格子点と称する)である。昭和62年3月以降、気象衛星センターでは、基本雲格子点を二種類それぞれ雲画像情報図用と統計処理用に作成している。両者の作成上の違いは、作成範囲および部分雲量(Appendix に示した16-27番目のパラメータ)を算出するときに利用する鉛直プロファイルのしきい値の設定レベルと処理データの種類である。統計処理用の作成範囲は60N~60S、80E~160Wを0.25度の空間分解能で480x480個に分割する。しきい値は700、600、500、400mbであり、また晴天判別処理は赤外・可視データを利用して実行される。晴天判別は、気象衛星センター(1988)によると、赤外・可視データの0.25°ヒストグラムの形状試験、各種しきい値試験などを実施したあと、晴天・雲・霧/層雲を判別する。雲画像情報図用の作成範囲は北半球に限られており、しきい値は700、400、300、250、200mbで赤外データを利用する。

ここでは、調査の目的が赤外と可視の数値データを併用したときの雲域判別にあるので、赤外・可視データの2種類の統計値を格納した統計処理用の基本雲格子点を利用した。採用した雲パラメータは以下のとおりである。

- ①0.25°矩形内の赤外ヒストグラムの平均値
- ②0.25°矩形内の赤外ヒストグラムから得られる部分雲量
- ③0.25°矩形内の可視ヒストグラムの平均値、最小値、標準偏差
- ④晴天、雲、霧・層雲の判定フラグ

3. 事例解析

3.1 事例の特徴

試験は1987年6月12日03UTを対象に行った。赤外画像(図1)および可視画像(図2)から得られる雲パターンの概要は次の通りである。日本付近は広範囲に雲域で覆われている。輝度が高く巻雲と思われる雲域は朝鮮半島南部から日本海中部にかけてと、四国沖から紀伊半島にかけて位置した。関東から東北地方にかけてはこれら二つの上層雲域から伸びる消散しつつある雲域で覆われており下層雲は伴わない。関東の東海上と東シナ海(30N、125E付近)に薄いまは半透明な巻雲(以下、半透明な巻雲と称する)がある。一方、中国東北区に寒冷渦に伴う渦状雲域があり、この南側に水平スケールの小さい点状の半透明な巻雲が散在している。

オホーツク海から千島付近、および北海道東海上および150Eよりも東側の三陸沖に海上の霧域が見られる。

3.2 可視パラメータの特徴

図3に可視平均値の分布を示す。これは平均値を10%毎にハッチパターンで表したもので、60%以上は同一のハッチパターンである。図2の可視画像と比較して雲パターン毎に分布の特性を記述する。

①晴天域

海上の晴天域の平均値分布は、東海沖から沖縄付近やサハリンの東海上を見ると10%以下である。一方、陸上の晴天域は、中国大陸の揚子江の南で17N、118E付近は10%以下である。45N、120E付近の渦状雲域の南側は10~20%である。このように、陸上の反射率の分布は均一ではない。

②半透明な巻雲域

東北から関東にかけての陸上では10~20%である。関東の東海上と東シナ海でも10~20%である。

③霧/層雲

オホーツク海から千島付近および北海道東方海上、150Eよりも東側の三陸沖は大部分が20~40%である。

図4に可視の標準偏差分布をしめす。これは標準偏差を6.0毎にハッチパターンで表したもので、36以上は同一のハッチパターンである。図2の可視画像と比較して雲パターン毎に射率の特性を記述する。

①晴天域

海上の晴天域の標準偏差分布は、東海沖から沖縄付近やサハリンの東海上および陸上の晴天域では6.0以下である。

②半透明な巻雲域

東北から関東にかけての陸上および関東の東海上で

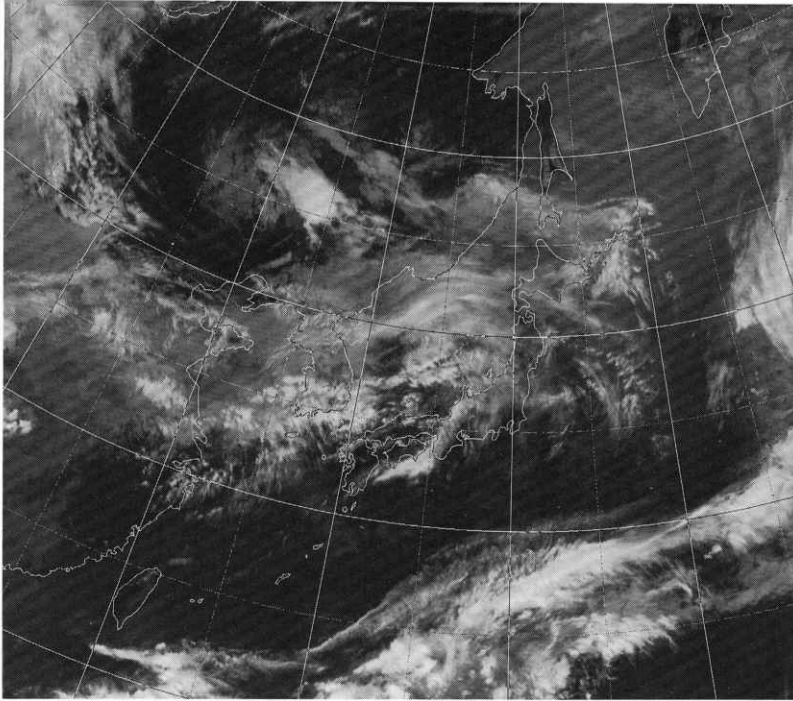


図1 1987年6月12日03UT (赤外画像)

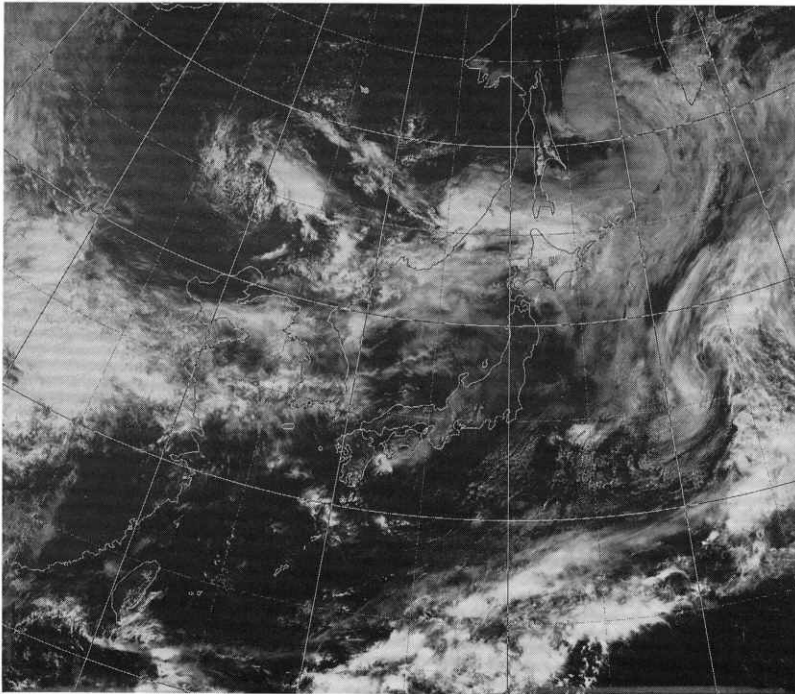


図2 1987年6月12日03UT (可視画像)

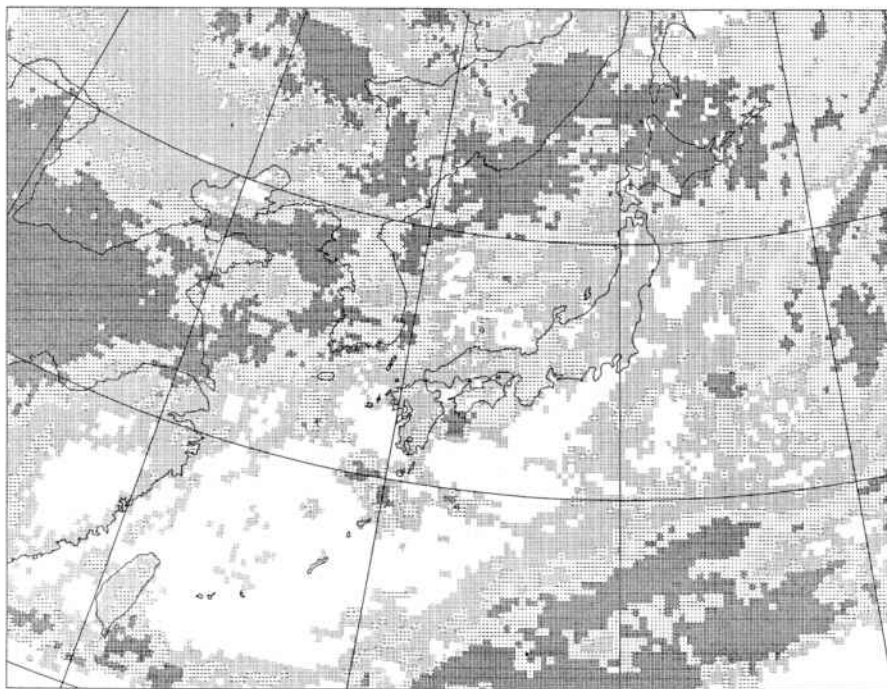


図3 可視の平均値分布図(1987年6月12日03UT)

ハッチパターンの定義は以下のとおり。

- 0 ≤ □ < 10%
- 10 ≤ □ < 20
- 20 ≤ □ < 30
- 30 ≤ □ < 40
- 40 ≤ □ < 50
- 50 ≤ □

表1 半透明な巻雲の識別手順

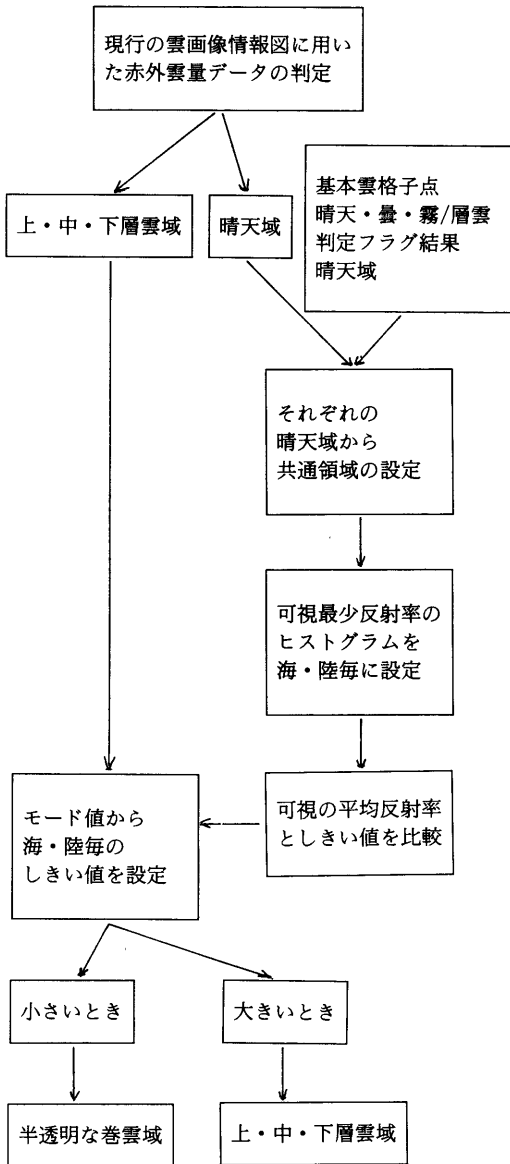
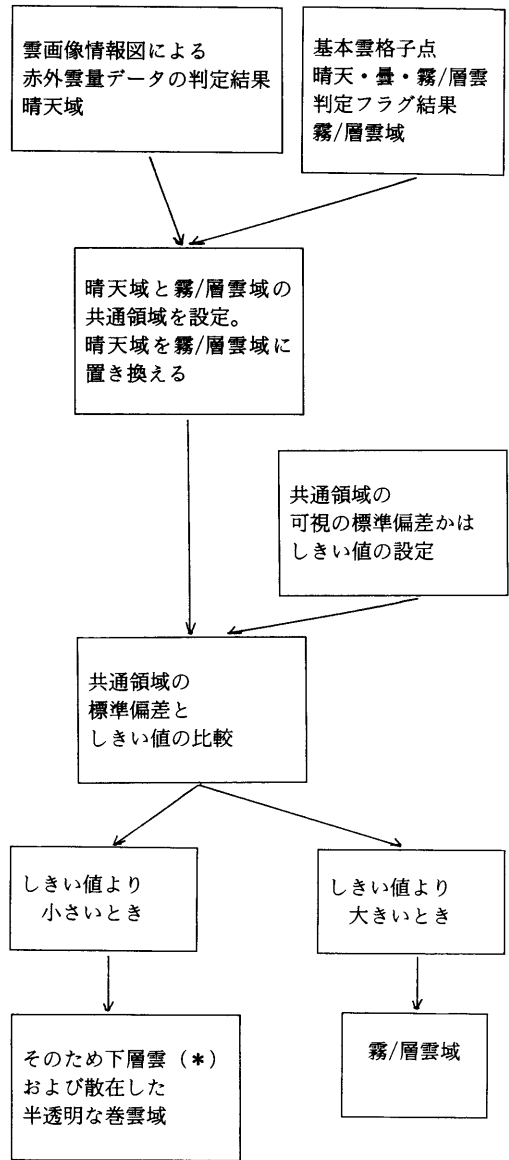


表2 霧/層雲域の識別手順



(*) ここでは、晴天域に置き換える。

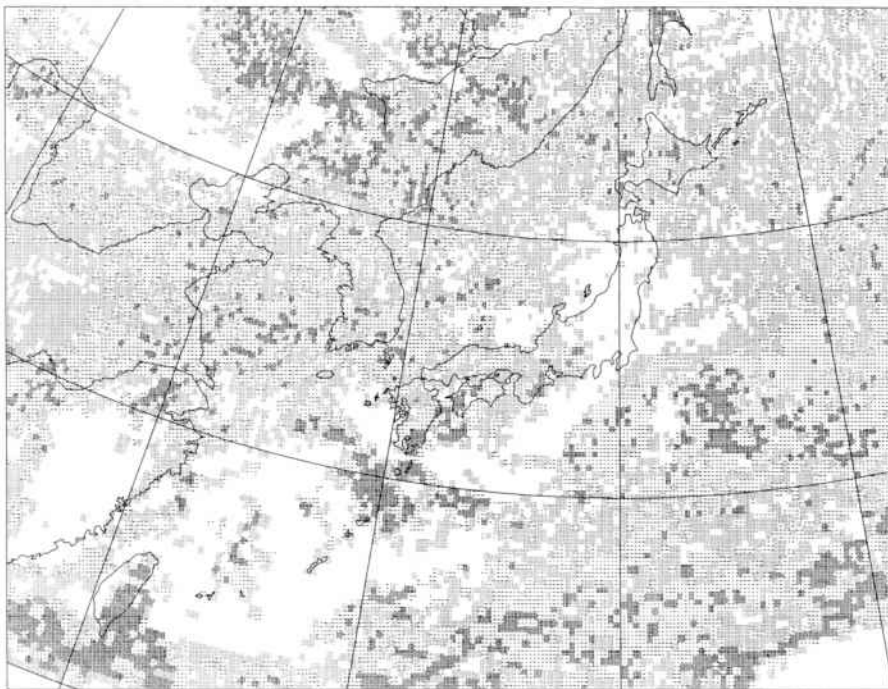


図4 可視の標準偏差分布図 (1987年6月12日03UT)

ハッチパターンの定義は以下のとおり。

- 0 ≤ □ < 6
- 6 ≤ ■ < 12
- 12 ≤ ▨ < 18
- 18 ≤ ▩ < 24
- 24 ≤ ▪ < 30
- 30 ≤ ▫ < 36

は大部分が0~6.0である。東シナ海では下層雲がみられる領域では6.0以上である。

③霧/層雲

オホーツク海から千島付近および北海道東方海上、150Eよりも東側の三陸沖は6.0以下と6.0以上が混在している。

基本雲格子点には、晴天、曇、霧・層雲の判定フラグ情報が作成されているのでその結果を図5に示す。図の中で、中間色のハッチ域は曇を示す領域で、概ね図1の赤外画像上の雲域に対応する。黒い表示域は霧・層雲と判定された領域である。霧・層雲の判定フラグ情報は赤外・可視データのヒストグラム形状試験がしきい値法などで作成されており、雲形判別の結果ではない。赤外画像だけの利用では識別の困難な温かい雲頂温度を持つ雲域には、北海道東方海上などの霧域および中国東北区の散在した小巻雲域が霧・層雲域として判別されている。

3.3 可視・赤外パラメータ併用のアルゴリズムの作成

雲画像情報図で採用している赤外データ処理は、「しきい値」によってわけた部分雲量のうち卓越したものを基本として、晴天域・下層雲・中層雲・上層雲・冷たい雲頂温度を持つ上層雲の5種類の雲域を識別する。3.1に示したように、試験例は赤外画像だけでは、判別の困難な半透明な巻雲域、霧/層雲などの雲域が出現していた。これらの雲域の判別処理は表1、2に示す手順でしきい値を決定することで行った。それぞれの雲域の判定としきい値の設定方法を以下に示す。

3.3.1 半透明な巻雲域の判定

半透明な巻雲域の識別に用いた方法は、表1にあるように赤外・可視パラメータを併用したしきい値法である。3・1により海上と陸上で可視の平均値分布に差のあることがわかったので、2種類のしきい値を設定した。海上のしきい値をVS、陸上をVLとして、一定のVSとVLをそれぞれ海上と陸上に適用した。しきい値は、可視の最小値から求めた。しきい値を作成するために必要な値は海上と陸上の晴天域の代表値である。雲画像情報図では、全雲量が80%以下、下層雲の場合には50%以下を晴天として定義している。この赤外データ処理で得られた晴天域と基本雲格子点に格納された晴天・曇・霧層雲判定フラグのなかの晴天域と共通する領域から、最少値のヒストグラムを海上と陸上とについてそれぞれ作成した。結果を表3に示す。このヒストグラムデータのモード値を海上と陸上の晴天域を示す代表値とみなして試験を行った。雲域と半

透明な巻雲域を分離するためにはさらにバイアス値を使い、海上と陸上での晴天域を与えるためのしきい値VS、VLを(1)、(2)式で与えた。

$$VS = V1 + C1 \quad (1)$$

$$VL = V2 + C2 \quad (2)$$

V1とV2はそれぞれ海上と陸上のモード値、C1とC2はバイアス値である。V1、V2は表3から4および7、C1とC2は可視画像と結果を比較しながらそれぞれ決定した。

しきい値のVS、VLは雲画像情報図で下層雲・中層雲・上層雲のいずれかと判定された領域の平均値とVS、VLを比較して、平均値がそれぞれVS、VLより小さいときに雲画像情報図の判定結果のなかで上・中・下層雲域と判別された領域を半透明な巻雲域とみなして晴天域に変更した。

3.3.2 霧/層雲域の識別

基本雲格子点の晴天・曇・霧/層雲判定のフラグのなかで、霧/層雲の抽出結果は図5に示すように利用でき

表3 可視の最少反射率とヒストグラム

雲画像情報図の晴天域と、基本雲格子点の晴天・曇・霧/層雲判定フラグ内の晴天域に共通する領域を対称として算出。

反射率 (%)	個数 (海)	個数 (陸)
0~1	0	0
1~2	0	0
2~3	321	6
3~4	1948	93
4~5	475	62
5~6	337	114
6~7	75	239
7~8	33	217
8~9	13	255
9~10	7	203
10~11	1	179
11~12	0	170
12~13	1	124
13~14	0	180
14~15	0	54
15~16	0	0
16~17	0	14
17~18	0	1
18~19	0	0
19~20	0	0
20~100	0	0
計	3211	1911

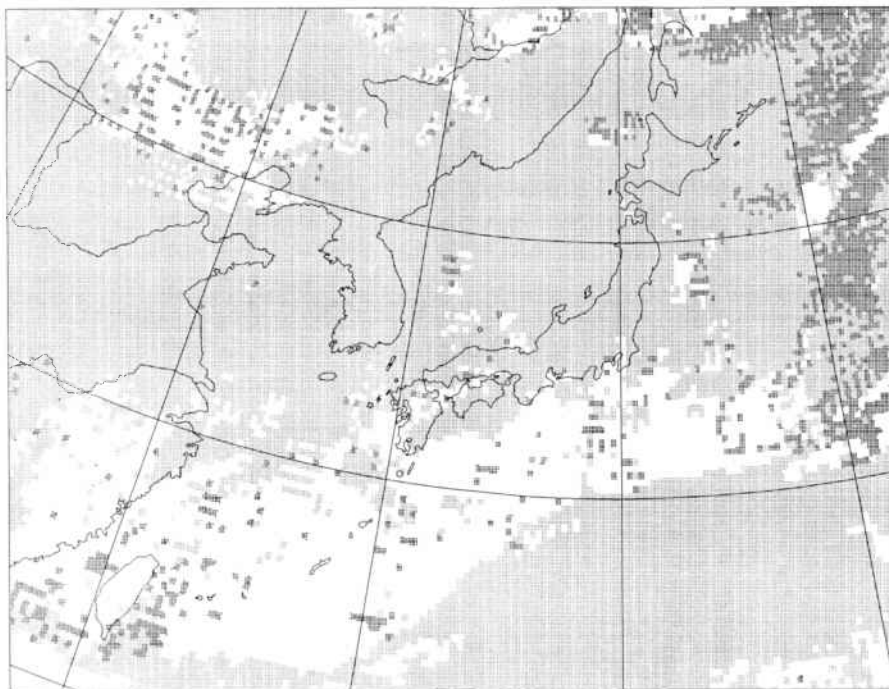








図5 基本雲格子点の晴天判定フラグの結果 (1987年6月12日03UT)

ハッチパターンの定義は以下のとおり。

-  OPEN AREA
-  FOG/STRATUS CLOUD AREA
-  CLOUD AMOUNT \geq 50% HEIGHT $<$ 700MB
-  CLOUD AMOUNT \geq 80% 700MB \sim HEIGHT $<$ 400MB
-  CLOUD AMOUNT \geq 80% HEIGHT \geq 400MB
-  CLOUD AMOUNT \geq 80% MOST HIGH LEVEL CLOUD

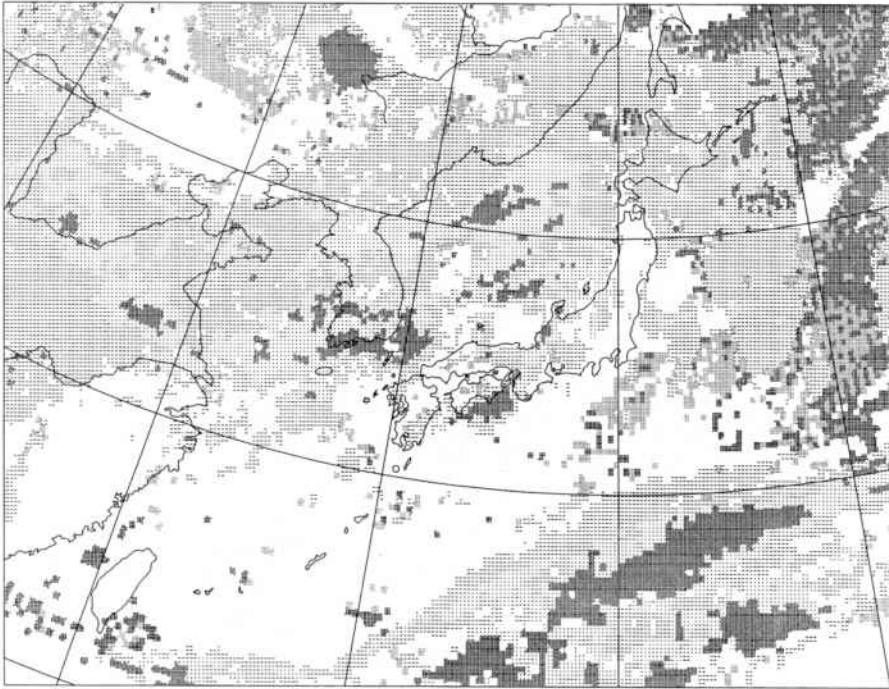


図6 可視・赤外データを併用した結果 (1987年6月12日03UT)

ハッチパターンの定義は以下のとおり。

- OPEN AREA
- ▨ FOG/STRATUS CLOUD AREA
- ▩ CLOUD AMOUNT ≥ 50%
HEIGHT < 700MB
- ▧ CLOUD AMOUNT ≥ 80%
700MB < HEIGHT < 400MB
- ▦ CLOUD AMOUNT ≥ 80%
HEIGHT ≥ 400MB
- CLOUD AMOUNT ≥ 80%
MOST HIGH LEVEL CLOUD

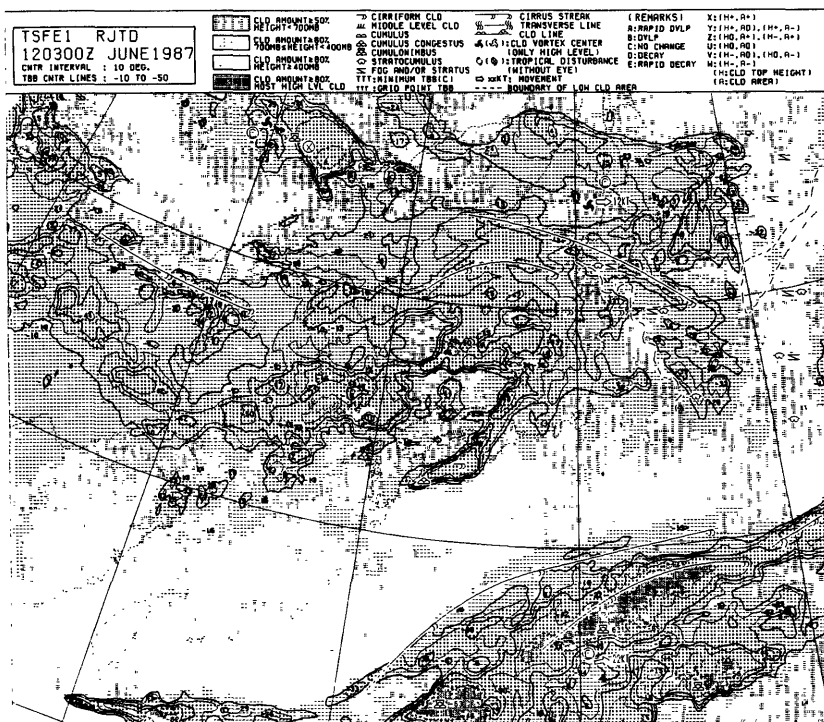


図7 雲画像情報図 (1987年6月12日03UT)

ることがわかったので、雲画像情報図なかで、晴天域が判定フラグで霧・層雲と判定されたときは霧/層雲とした。ところが、3・1に示した通り霧/層雲と判定された雲域は霧域以外に散逸した点状の半透明な巻雲域を含んでいる。これは、散在した点状の半透明な巻雲域が雲/層雲と誤識別される雲域であることを示す。そこで、霧/層雲域から霧/層雲に誤識別される雲域の分離を試みた。今回の散在した点状の半透明な巻雲域は、図4から可視データの標準偏差が霧/層雲域の標準偏差よりも小さいことがわかったので、これら2種類の雲域の標準偏差に差のあることを仮定した。表2に示す手順で、海陸に共通の標準偏差のしきい値は図4を参照しながら、結果と画像を比較することで決定した。霧/層雲域と判定された領域の標準偏差値がしきい値よりも小さいときは、霧域以外の雲域を晴天域に変更した。

4. 赤外・可視データを併用した図面と雲画像情報図との比較

図6に3・2・1、3・2・2の手法により得られた結果を示す。ここで与えた各種のしきい値VS、VL、標準偏差はそれぞれ10、16、6である。図7に示す雲画像情報図と図6と比較すると、異なる点は以下のとおりである。

①半透明な巻雲域

関東～東北地方では半透明な巻雲域として識別されたので晴天域に変更した。

②霧/層雲域

霧域は可視画像に見られる実況に近い。

③散逸した半透明な巻雲域

霧/層雲域に誤識別されやすい中国東北区の小巻雲域は、かなりの部分が晴天域に変更した。

このように、赤外・可視データを併用した図では、雲画像情報図と比較すると半透明な巻雲域と霧/層雲域が確認されている。

5. まとめ

現在の雲画像情報図を改良する目的で、半透明な巻雲域と霧/層雲域を抽出するための試験を行った。基本雲格子点から得られる可視のパラメータを組み合わせ、各種のしきい値を設定しながら赤外・可視データを併用した図面を作成した。現行の雲画像情報図と比較して判別された雲域は以下のとおりである。

①半透明な巻雲域

②霧/層雲に相当する雲域

③霧/層雲と誤判別される雲域で、この例では散在した半透明な小巻雲域が、晴天域として分離される可能性のあること

さらに、基本雲格子点に格納されたパラメータのなかで、霧/層雲域の情報に判定フラグの結果が利用できることは重要な結果である。ただし、その精度や特徴に関してさらに検討が必要である。

また、今回の試験で採用した3種類のしきい値には、以下の示すいくつかの調査が必要である。

①半透明な巻雲の判別するためのしきい値（海上、陸上）に関する統計的な調査

②可視データを利用して下層雲を判別するための標準偏差に関する統計的な調査

③4シーズンおよび00UT、06UTを対象とした調査

本報告を作成に際して気象庁・予報課小佐野慎悟予報官（前気象衛星センター解析課）には、原稿を読んでもいただきました。謝意を表します。

参考文献

- 長谷川隆司(1979)：雲解析、気象衛星センター技術報告(特別号11-2)、93-129
 気象衛星センター(1987)：雲画像情報図について
 気象衛星センター(1988)：気象衛星資料利用の手引
 元木敏博・鴨志田章・清水喜允・時田正康(1983)：輝度温度分布図のルーチン構成とプログラム特性、測候時報、50、461-469
 T.MOTOKI(1987)：Satellite Cloud Information Chart-Advanced Tbb Contour Chart-、気象衛星センター技術報告、15、21-26

Appendix 1 基本雲格子点データの内容

ward位置	前半 2バイト	後半 2バイト
1	IR 格子点有効情報	IR 有効ピクセル
2	TBB 平均 *	σT 標準偏差 *
3	TBB-MAX *	TBB-MIN *
4	TBB-MOD *	St 全雲量
5	雲域の TBB 平均 *	雲域の σT 標準偏差 *
6	VIS 格子点有効情報	VIS 有効ピクセル
7	アルベード平均 *	アルベード標準偏差 *
8	アルベード-MAX *	アルベード-MIN *
9	アルベード-MOD *	アルベード全雲量
10	雲域のアルベード平均 *	雲域のアルベード標準偏差 *
11	衛星天頂角 $\cos \theta$ *	太陽天頂角 $\cos \xi$ *
12	太陽方位角 ϕ *	雲頂高度 Hcloud *
13	晴天・海陸フラグ	判定結果
14	抽出 TBB	抽出アルベード
15	空き	空き
16	第1層ピクセル数	第1層 TBB 平均 *
17	第1層 TBB の自乗和 *	
18	第2層ピクセル数	第2層 TBB 平均 *
19	第2層 TBB の自乗和 *	
20	第3層ピクセル数	第3層 TBB 平均 *
21	第3層 TBB の自乗和 *	
22	第4層ピクセル数	第4層 TBB 平均 *
23	第4層 TBB の自乗和 *	
24	第5層ピクセル数	第5層 TBB 平均 *
25	第5層 TBB 自乗和 *	
26	第6層ピクセル数	第6層 TBB 平均 *
27	第6層 TBB の自乗和 *	
28 ~34	空き	空き

(a) データは2バイト INTEGER 形式

(b) * は以「」の操作をしている。

- ・アルベードは1000倍して整数化 晴天・海陸フラグのダイアグラム
- ・TBB は10倍して整数化
- ・標準偏差は100倍して整数化 晴 曇 霧・層 不明
- ・雲量は0~100の整数 海 0 0 2 9
- ・ $\cos \theta$ 、 $\cos \xi$ は10000倍して整数化 陸 10 11 12 19
- ・ ϕ は整数 サン 20 21 22 29
- Hcloud は100m単位で整数 グリント
- ・第N層 TBB の自乗和は実数 (4バイトデータ)