

衛星写真の処理とその光学的特性について

The Photo-processing and the Optical Characteristics of Satellite Pictures

木場博之

Hiroyuki Koba

Abstract

Satellite pictures for neph-analysis are produced in the photographic processing system with output data of the computer in the Meteorological Satellite Center. Paper prints are used for visual analysis of overall cloud pattern and its detailed structure. Film images are used for quantitative analysis of clouds with enhancement technique using false-color analysis system.

In this paper, the outline of photographic processing is briefly described. This study reveals that density bias is introduced accumulatively in the HR-FAX image through the whole photo-processing and it has systematic characteristic features. The characteristics of the bias and its effect on the quantitative analysis are presented here.

1. はじめに

雲解析に用いられる雲写真は、GMSのVISSR(Visible and Infrared Spin Scan Radiometer)で得られた地球画像の輝度データ(以下VISSR画像データとい

う)をアナログ変換して作製された高分解能ファックス(High Resolution Facsimile; HR-FAX)画像を原画として、印画紙およびフィルムへ写真処理されたものである。

印画紙写真は雲分布でみる大気のパターンおよび雲の

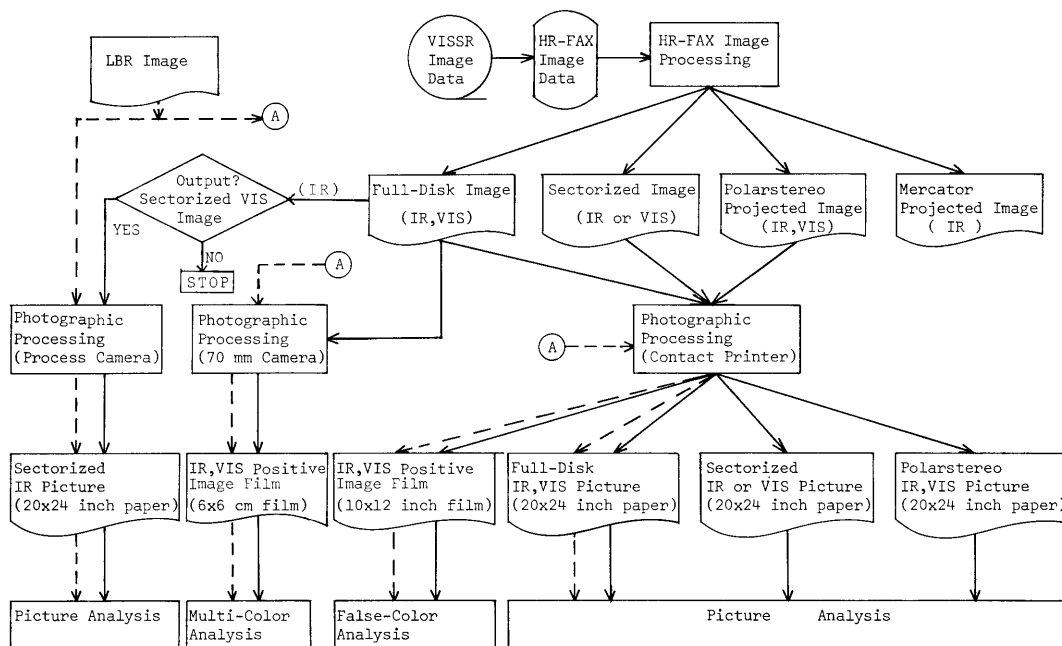


Fig. 1 Flow chart of photographic processing. Solid arrow and broken arrow correspond to routine operation and back up operation respectively

微細構造の解析として、またフィルム写真は偽似カラー表示による雲の定量的解析として利用され、雲解析上重要な資料となっている。(技術報告第Ⅱ-2部7章、雲解析参照)

一方雲写真は、その作製までの過程において種々の誤差が混入することが考えられるが、ここでは VISSR 画像データのアナログ処理の概略および HR-FAX 画像作製と写真処理における濃度特性から、現在衛星センターで雲解析に用いられている雲写真の一般的な濃度特性および計測データとしての階調再現性について述べる。

2. 雲解析用写真の種類

雲解析用写真(以下雲写真という)のアナログ処理の流れ図(概略)を Fig. 1 に示す。写真処理によって出力される雲写真には次の種類がある。

(a) 円形印画紙写真 (Fig. 2-a)

HR-FAX 出力の赤外、可視の円形画像を密着焼付処理したもの。

(b) 部分円形印画紙写真 (Fig. 2-b)

HR-FAX 出力の赤外または可視の部分円形画像を密

着焼付処理したもの。

(c) 拡大部分円形印画紙写真 (Fig. 2-c)

HR-FAX 出力の赤外円形画像を部分円形画像サイズに拡大撮影処理したもの。(HR-FAX による部分円形画像は、昼間は可視画像で、夜間は赤外画像で出力されるため、昼間の赤外部分円形写真は同時刻の赤外円形画像から拡大撮影処理される)。

(d) ポーラーステレオ印画紙写真 (Fig. 2-d)

HR-FAX 出力の赤外、可視のポーラーステレオ画像を密着焼付処理したもの。

(e) フォールスカラー解析用フィルム写真 (Fig. 2-e)

HR-FAX 出力の赤外、可視の円形画像を 10・12 インチフィルムへ密着焼付処理したもの。

(f) マルチカラー解析用フィルム写真 (Fig. 2-f)

HR-FAX 出力の赤外、可視の円形画像を 6×6 cm フィルムへ縮小撮影処理したもの。

(g) HR-FAX 画像処理系の障害により HR-FAX 画像が出力されない場合は、LBR (Laser Beam Recorder) 画像(円形画像のみ)を用いて(d)上記を除く各種雲写真が作製される。

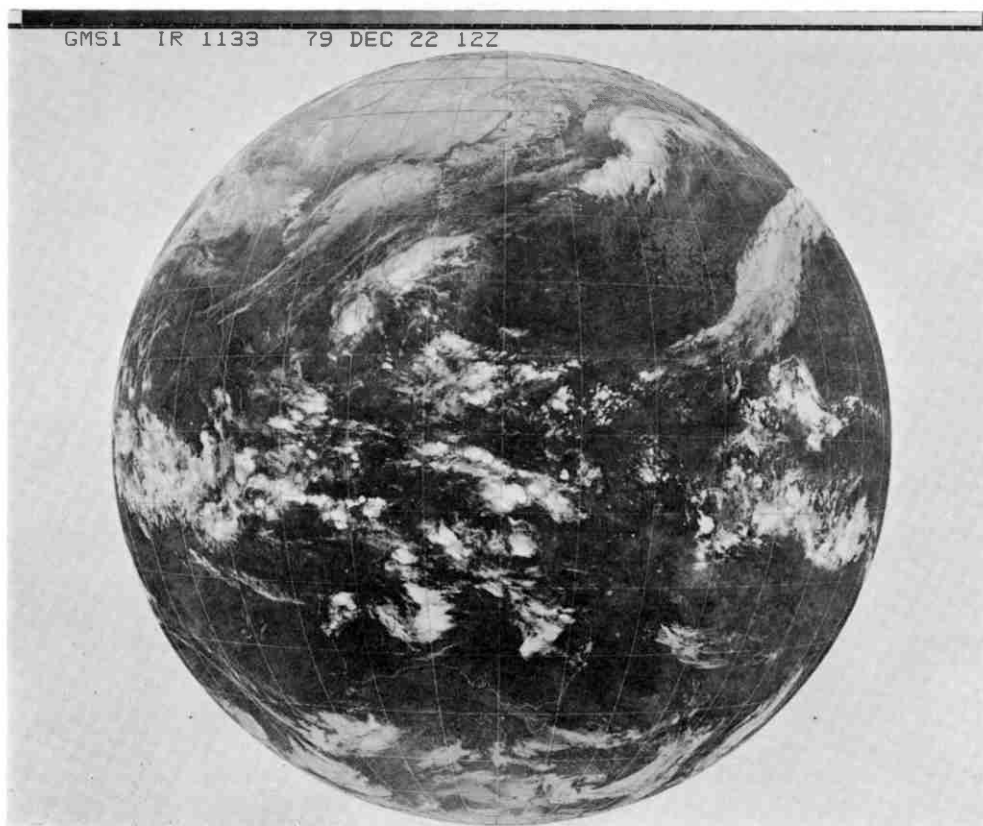


Fig. 2-a Full disk picture (IR image)

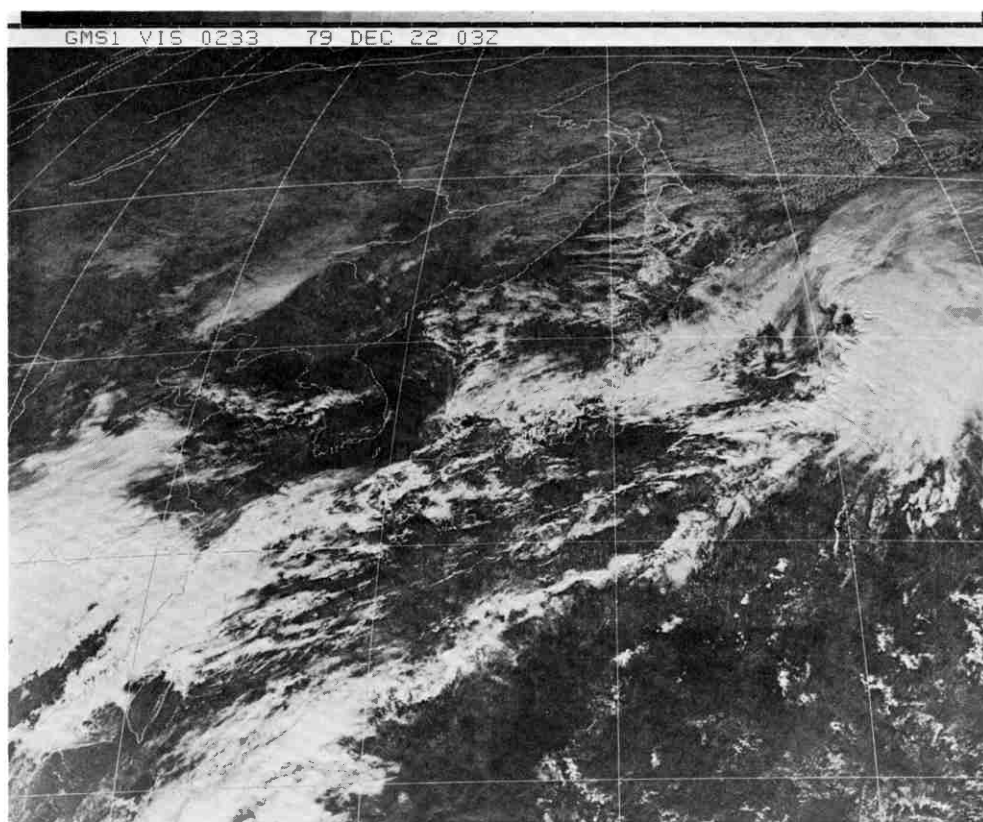


Fig. 2-b Sectorized picture. (Visible image)

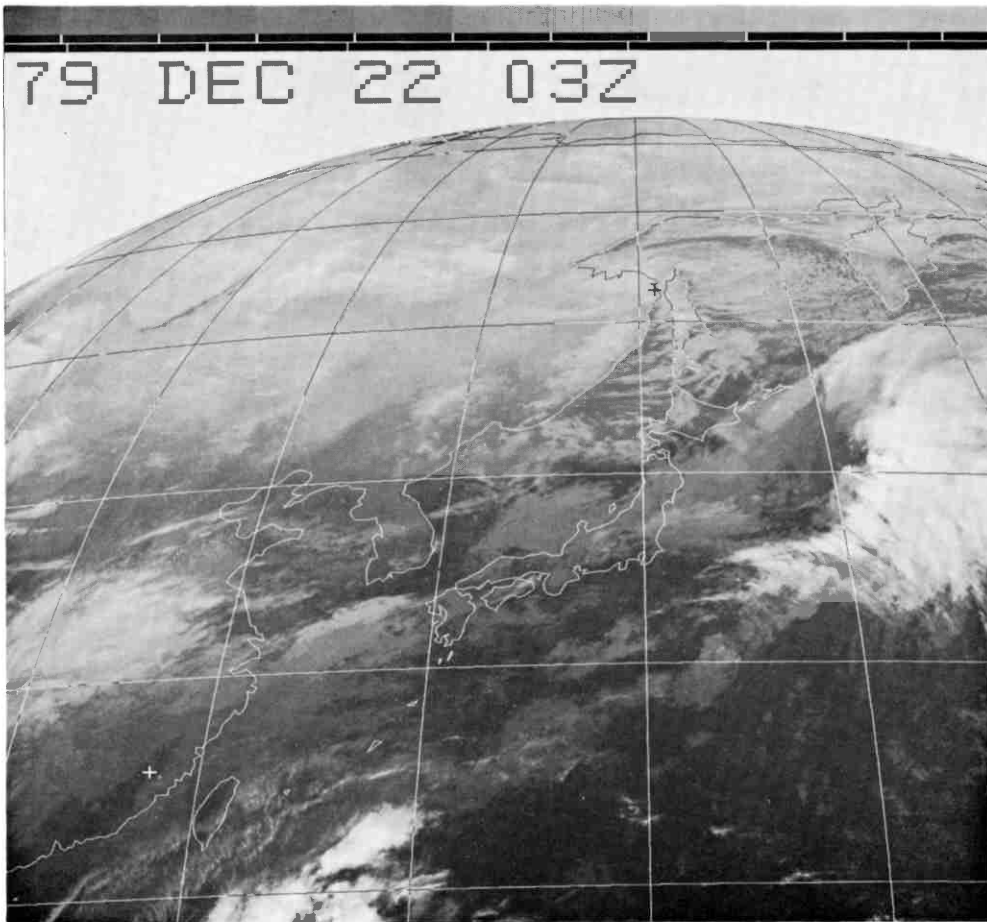


Fig. 2-c Photographically enlarged and sectorized IR picture

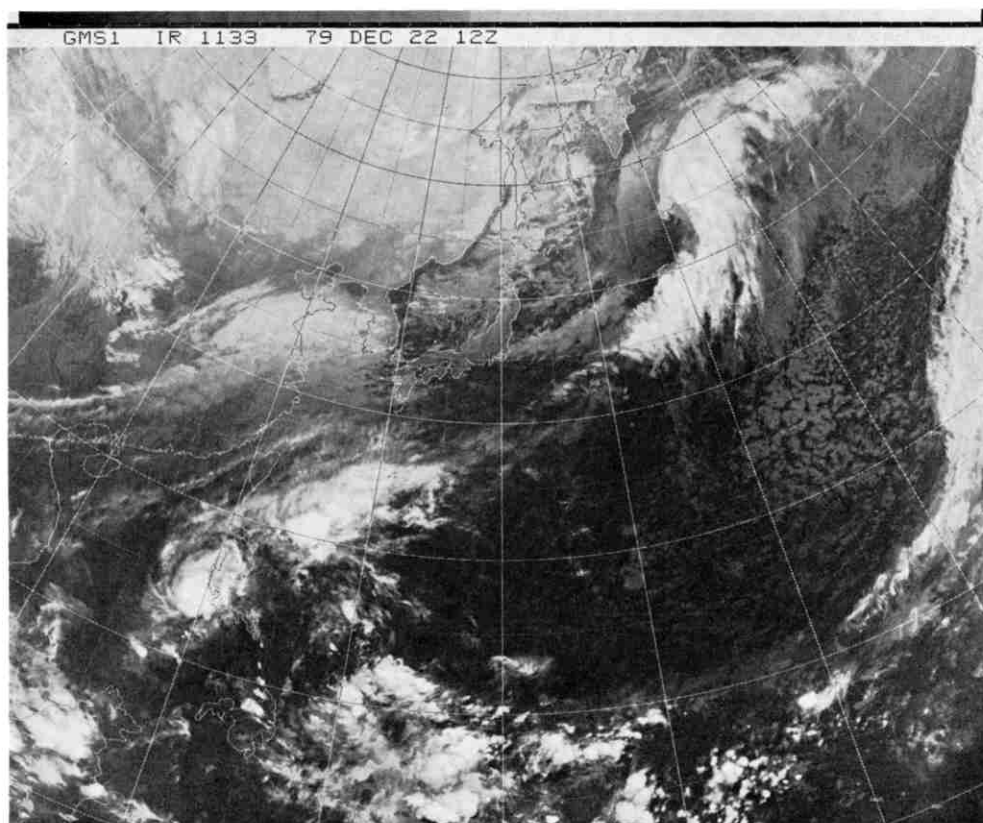


Fig. 2-d Polar-stereo picture. (IR image)

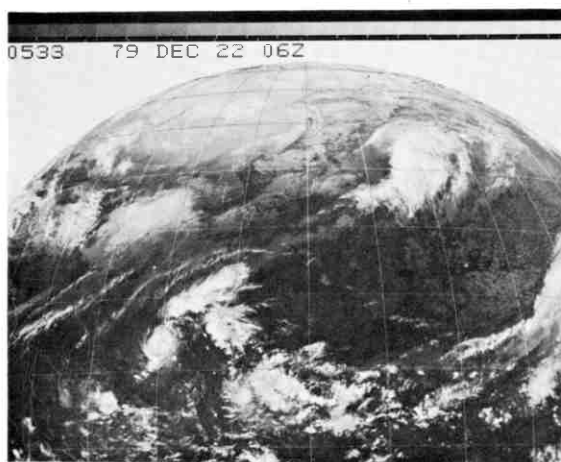


Fig. 2-e Positive film image for false-color analysis. (IR image)

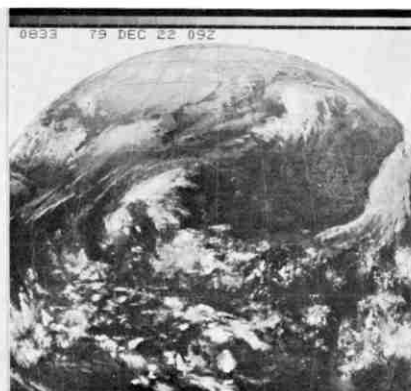


Fig. 2-f Positive film image for multi-color analysis. (IR image)

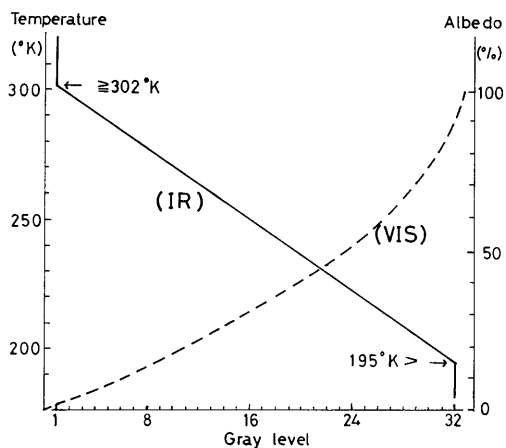


Fig. 3 Schematic diagram of VISSR digital data level to HR-FAX image gray level conversion. The IR data (302°K~195°K) are lineally converted to gray level, and the visible data (0~100% Albedo) is more enhanced in the lower albedo than the higher albedo.

3. 雲写真のもつ画像情報

3.1 画像階調

GMS で得られる VISSR 画像データの輝度レベル

は、赤外画像で256レベル、可視画像で64レベルである。これらの画像データは、それぞれ等価黒体温度(T_{BB})とアルベートに変換されるとともに、HR-FAX 画像データとしてそれぞれ64階調に階調変換される。一方 HR-FAX 画像には32階調のグレースケールが挿入されているので、雲写真からは32階調の画像情報が得られることになる。赤外写真においては1階調が約3.5°Cに相当する。

階調変換の方法をグレースケール上でみると、Fig. 3に示すように赤外画像では約302°K~195°K間の温度が線形変換されるが、可視画像ではアルベートの小さい雲に多くの階調が割り当てられた非線形変換となっている。現在用いられている変換方法は、数種類の変換方法で作製した円形印画紙写真を雲解析の面から評価し採用されたものである。

3.2 雲写真における分解能の大きさ

VISSR 画像データの距離分解能は、衛星直下点(Sub-Satellite Point;SSP)において赤外画像で5.0 km、可視画像では1.25 km であるが、GMS との相対的な位置関係によって異なり、日本付近では SSP に比べ約4割低下する。

一方 HR-FAX 画像上においては、可視円形画像のみはサンプリング処理して作製されるため距離分解能は2.5 km になるが、その他の画像ではオリジナル分解能

Table 1 The resolution of the VISSR image data melded in HR-FAX image of the full disk image and the sectorized image. In the IR full-disk image, the one pixel of VISSR image data is equivalent to the two pixel and 0.19 mm length on the HR-FAX image.

	Direction	Infrared Image			Visible Image		
		The number of VISSR image data pixel	The number of HR-FAX image pixel	Length(mm) on the HR-FAX	The number of VISSR image data pixel	The number of HR-FAX image pixel	Length(mm) on the HR-FAX
Full-disk image	N — S (Line)	1	2.00	0.19	1	0.50	0.05
		5.25	10.42	1	20.92	10.42	1
	W — E (Pixel)	1	1.23	0.07	1	0.61	0.03
		15.23	18.70	1	30.45	18.70	1
Sectorized image	N — S (Line)	1	7.01	0.07	1	1.75	0.17
		1.49	10.42	1	5.94	10.45	1
	W — E (Pixel)	1	4.30	0.23	1	2.15	0.12
		4.35	18.70	1	8.69	18.70	1

(Rounded to two decimals)

が保たれている。

円形および部分円形画像について、VISSR 画像データと HR-FAX 画像との対応および HR-FAX 画像上におけるオリジナル分解能の大きさについて示したのが Table 1 である。赤外円形画像における VISSR 1 画素は、HR-FAX 画像では、N-S 方向の場合 2 画素で表わされその大きさは約 0.2 mm となり (上段), 逆に FAX 画像上の 1 mm は VISSR 画像データの約 5 画素に相当することを示している (下段)。なお, FAX 画像上での VISSR 画像データ 1 画素の大きさが南北 (line) 方向と東西 (Pixel) 方向で異なるのは, VISSR による撮像データ (アナログ信号) を量子化する方法の違いによるもので, 分解能としては line 方向を考えれば良い。表からわかるように, 雲写真の種類によって FAX 画

像上のオリジナル分解能の大きさが異なるので, 雲写真を定量的に利用する場合は写真計測に用いる測定器の分解能と利用する雲写真の種類を考慮する必要がある。

4. VISSR 画像データのアナログ変換

VISSR 画像データは雲写真へアナログ処理されるが, 濃度としてはデジタル量で変換される。赤外画像における変換例を Fig. 4 に示す。例えば, 271 °K の温度情報は 10 階調目に変換され (Fig. 4-A), HR-FAX 画像濃度は 0.66 D*, 写真処理を経て雲写真濃度として 0.88 D となることを示す。しかし変換途中の HR-FAX 画像の

* Density の略で写真濃度を表わす記号

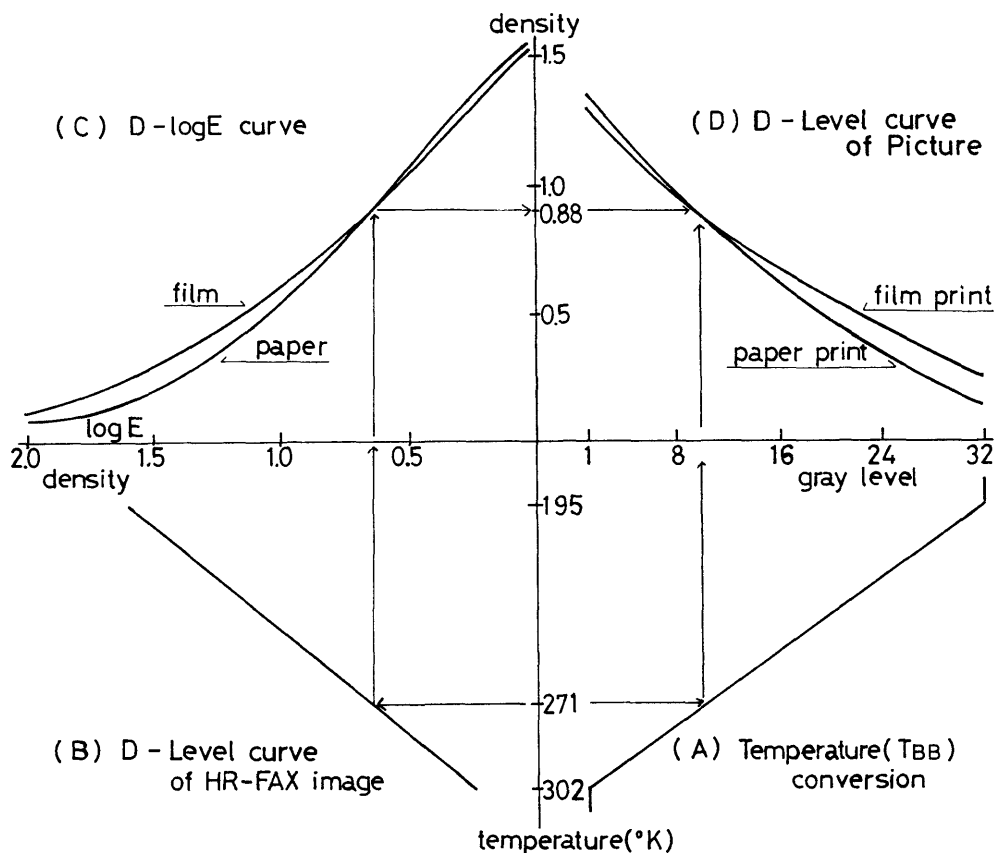


Fig. 4 Illustration of IR digital data level (T_{BB}) conversion to gray level of picture. For example, the value of 271 °K (T_{BB}) is converted to the 10th level of the gray scale of picture and also converted, through the HR-FAX image processing, to the picture density, 0.88.

If the characteristic of the gray scale of HR-FAX image (B) and the D-log E curve of photographic processing (C) are changed, the gray scale of picture (D) is changed.

濃度・階調特性 (Fig. 4-B) や写真処理での特性曲線 (Fig. 4-C) が変化すると、雲写真の濃度・階調特性も当然変化することになる。

4.1 HR-FAX 画像への濃度変換

階調変換された VISSR 画像データは、HR-FAX 受画機へ送られレーザー光線によって走査方式でフィルム上へ露光される。フィルムの特性曲線は、通常 S 字型の曲線を示すので (Fig. 5 参照)、HR-FAX 画像データに対する光出力をフィルムの特性曲線にそって逆補正し、現像後の HR-FAX 画像の濃度と階調との関係が直線となるように露光される (以下、このことを濃度・階調の直線性と言う)。

HR-FAX 画像の濃度は、最低値で 0.25 D、最高値で 1.60 D、階調間濃度差は 0.04~0.05 D となるように設定されている。しかし、これらの設定値は、HR-FAX 受画機の安定性、使用するフィルムの特性曲線およびフィルム現像の際の現像機の処理条件の変動等によって変化する。

HR-FAX 画像の濃度・階調特性の変化は画像の強調処理 (エンハンスメント) と同様の結果となり、異なった階調変換をもつ FAX 画像が出力されることになる。また、最高・最低濃度の変化は、写真処理における原画の調子 (コントラスト) の違いとなる。これらはいずれも雲写真の調子再現に影響することになる。このため HR-FAX 画像は、最高・最低濃度および中間域の濃度について許容基準を設定し品質の管理がなされている。

4.2 雲写真への濃度変換

(a) 写真処理における印画紙、フィルムの特性曲線

写真の調子再現には使用する感光材料 (印画紙、フィルム) の特性曲線が重要な要素となる。特性曲線は、感光材料を露光した露光量 (E) の常用対数と現像して得られた写真濃度 (D) との関係を表わしたもので、D-log E 曲線とも呼ばれている (Fig. 5)。現在市販されている印画紙はこの特性曲線の相違により 2 号、3 号とグレードナンバーが表示されているのは周知のとおりである。特性曲線を求めることはセンチメートルと称され曲線の傾斜度 (γ 値) や感度などが求められるが、その手法は規定化されている。しかし雲解析用写真処理では、HR-FAX 画像に挿入されているグレースケールを用いることで、実際的なセンチメートルを行うことができる。すなわち、HR-FAX 画像のグレースケールの透過率を T_i とすると、実際に感光材料へ与えられる露光量 (E_i) は、光源によってグレースケールへ与えられる

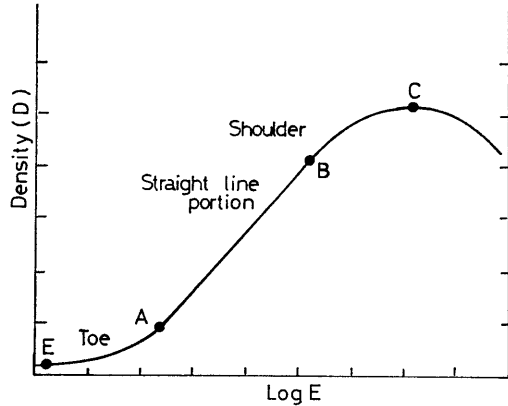


Fig. 5 An example of the characteristic curve (D-log E curve) of the photographic material.

露光量 (E_0) とグレースケールの透過率の積 ($E_0 \times T_i$) となるので、露光量 (E_i) の対数は

$$\begin{aligned} \log E_i &= \log (E_0 \times T_i) = \log E_0 + \log T_i \\ &= \log E_0 - \log (1/T_i) \end{aligned} \tag{1}$$

となる。ここで透過写真像における透過率と濃度との関係は $D = \log (1/T)$ であるので、グレースケールの濃度を D_i とすると(1)式は

$$\log E_i = \log E_0 - D_i \tag{2}$$

となる。グレースケールの各ステップにおける E_0 の値が一定とすると、1 回の露光において種々の露光量に対する写真濃度が得られることになる。すなわち、グレースケールにおいて、HR-FAX 画像と雲写真との濃度関係が印画紙およびフィルムの特性曲線を示すことになる。現業ルーチン処理におけるこれらのデータは、次の処理への露光補正量として利用できる。

写真処理に用いられる感光材料は 0 号、1 号と称する軟調な半光沢の R・C ペーパー (Resin Coated paper) およびグラビアフィルムである。Fig. 6-a~e は、これらの感光材料の雲写真処理における特性曲線を雲写真の種類ごとに示したものである。図において実線は特性曲線、破線は露光量ごとの特性曲線の傾斜度 ($\Delta D / \Delta \log E$) である。なお、露光量目盛は便宜上濃度値で示してある。現時点における VISSR 画像データのアナログ処理法においては、写真感光材料のもつ濃度的なラチチュードに対し、見やすさの点からやや低濃度に偏った利用がなされている。

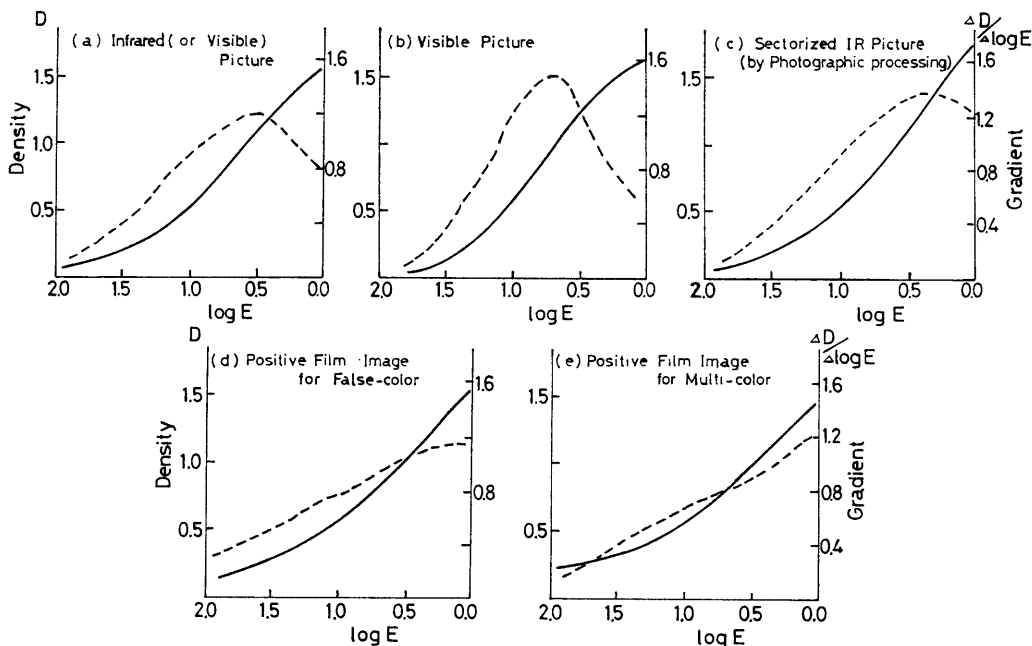


Fig. 6 The D-log E curve of the each picture in photographic processing. In this chart, the solid line shows the D-log E curve and the dashed line shows the gradient ($\Delta D / \Delta \log E$) of the D-log E curve. And the exposure scales are shown by density scale.

(b) 写真処理

雲写真は雲解析を目的としているので、雲に相当する部分の調子再現が重視される。

可視画像における雲は反射率としての輝度情報であり、これは VISSR 観測時刻の太陽高度に大きく左右される。一方赤外画像における雲は赤外放射量としての温度情報であるため、可視画像と違って太陽高度の影響を受けることはないが、写真濃度の変化は雲の発達や衰弱について誤った情報を与える可能性がある。また、同一時刻の画像でも雲写真の種類によってその画像領域が異なるため、雲写真ごとの輝度分布の状態が異なり見やすさが大きく左右される。

このため、印画紙写真は雲写真ごとに雲解析に適した写真であることが要求されるが、赤外印画紙写真ではとくに写真濃度（反射濃度）の連続性が保持されていることが重視される。

一方マルチカラー・フォールスカラー解析に用いられるフィルム写真は、写真濃度（透過濃度）の濃淡が偽似カラーで表示されるため、カラー表示の基本となるグレースケールの階調間濃度差が忠実に再現されていることが要求される。しかし、写真濃度が高くなると同解析システムの濃度分解能が低下する。

これらのことを考慮して雲写真処理が行われるが、4-1項でも述べたように雲写真の品質は HR-FAX 画像の濃度・階調特性にも左右される。現在、写真処理システムにおいては現業ルーチンとしての処理作業の迅速性、安定性の面から現像処理条件が一律に設定されている。このため、HR-FAX 画像の濃度・階調特性の変化および写真処理上での濃度特性を考慮した写真処理法として、グレースケールの中間階調の写真濃度が一定値となるように処理されている。ただし、可視印画写真では、季節や観測時刻および円形、部分円形など雲写真の種類によってそれぞれ濃度値が設定されている。

5. 雲写真の濃度特性

雲写真の適否は、階調変換された VISSR 画像データが忠実に再現されているか否かであるが、アナログ処理過程における濃度特性の影響で必ずしも忠実には再現されがたい。その第一は濃度・階調特性の変動であり、次に写真濃度のムラである。これらは相互に関連し視覚的にも計測的にも雲写真の再現性に影響することになる。

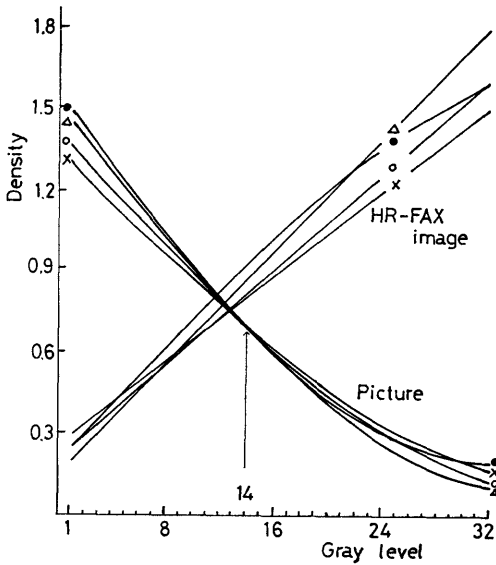


Fig. 7 Density versus gray level curve of processed image corresponding to each HR-FAX image.

5.1 雲写真の濃度・階調特性

雲写真の濃度・階調特性はグレースケールで代表できる。現在の写真処理法では、雲写真上のグレースケールの高濃度側から14階調目の写真濃度が一定となるように処理され、この濃度を「品質管理濃度」として雲写真の品質が管理されている。

グレースケールにおいて、HR-FAX 画像と雲写真との対応関係を赤外印画紙写真の例で示したのが Fig. 7 である。図において右上がりには HR-FAX 画像、左上がりには雲写真の濃度・階調特性で、それぞれの印 (x, O, △, ●) ごとに対応している。アナログ変換として設定された濃度・階調特性は○印の例である。雲写真上では最高濃度 1.35 D, 最低濃度 0.14 D, 階調間濃度差は 0.05~0.02 D となり明部 (輝度レベルの高い雲に相当) となるにつれその値が小さくなっている。

しかし、これらの値は HR-FAX 画像の濃度・階調特性の変化や写真処理における特性曲線の変化によって変り、とくに、HR-FAX 画像の濃度・階調特性の直線性の変化 (Fig. 7 での●印の例) による影響は大きくなる。他の雲写真の濃度・階調特性もそれぞれの品質管理

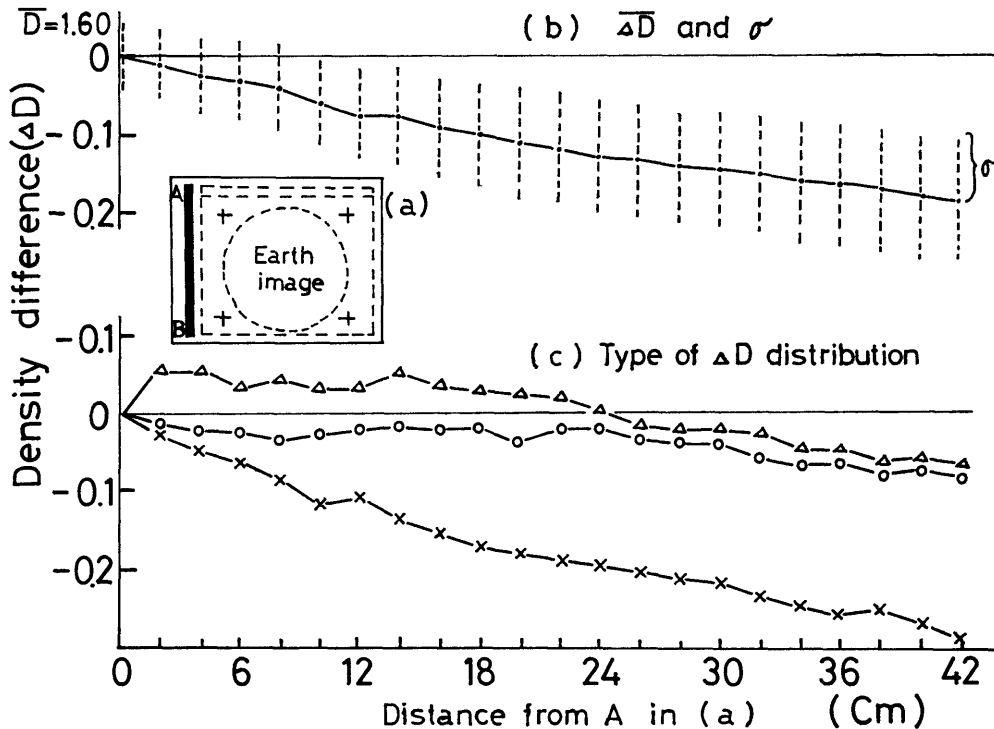


Fig. 8 (a), Processed HR-FAX image. (b), The distribution of density difference and its standard deviation between top portion and each point in the vertical taken from processed HR-FAX film, which should be in uniform density. (c), Several example of ΔD distribution.

The density in the lower portion is likely to be lower than the upper portion.

濃度を基準として、それぞれの特性曲線 (Fig. 6-a~e) によって同様に表わすことができる。

赤外雲写真における品質管理濃度を1979年5月上旬の70~80例でみると、印画紙写真で $0.70 D \pm 0.06 D$ 、フォールスカラー用フィルム写真で $0.75 D \pm 0.06 D$ 、マルチカラー用フィルム写真で $0.75 D \pm 0.08 D$ となっている。また、時系列的にみた品質管理濃度のバラツキはいずれも $\pm 0.08 D$ となっている。(いずれも95%信頼区間)

これらの濃度変動幅は約 ± 2 階調に相当するが、写真処理システムにおける諸処理条件を考慮すると現業ルーチンとしての処理の限界と言える。

一方、グレースケール最高濃度の変動は海面濃度の変動に等しく、海面濃度の変動は雲写真のコントラストへ大きく影響することになる。HR-FAX 画像の濃度・階調特性の直線性の変化に対処する写真処理として、HR-FAX 画像のグレースケール14階調目の濃度の実測値と線形直 (グレースケールの最高・最低値を直線化して求めた14階調目の濃度値) から露光量の補正を行う処理法が実施されているが十分とは言えない。このため、現像処理条件と感光材料の組合せによりあらかじめ種々の特性曲線を求めておき、HR-FAX 画像の濃度・階調特性の変化に対処する写真処理法が検討されている。

5.2 雲写真の濃度ムラ

雲写真の濃度ムラも HR-FAX 画像の作製と写真処理における濃度ムラによって左右される。まず、HR-FAX 画像に見られる濃度ムラを Fig. 8 に示す。赤外円形画像の宇宙空間 (Fig. 8-a の+印付近) の濃度分布で見ると、東西方面の濃度差は小さいが南北方向の濃度差が大きくなる傾向が見られる。南北方向の濃度分布を、同一濃度となるべき部分 (Fig. 8-a の左端の線) について、グレースケール付近の濃度との濃度差で表わすと (Fig. 8-b)、南側部分となるに従って濃度が低くなりやすいが、バラツキ (σ の値を破線で示す) は大きい。また FAX画像ごとの濃度差分布は Fig. 8-c に示すような分布型に分類できる。HR-FAX 画像はネガであるため、雲写真上では相対的に南側部分となるにつれ写真濃度が高くなることになる。

一方、写真処理における濃度ムラを Fig. 5 に示す。印画濃度 $0.70 D$ 付近における濃度分布を領域内の最高濃度に対する比で表わすと (Fig. 9-a)、いずれの雲写真も円形状のムラとなり、フォールスカラー用フィルム写真では南端部分の濃度が、他の雲写真では中央部分の濃度が高くなる。また、印画濃度ごとのムラの大きさを見積ると (Fig. 9-b)、ムラの大きさは特性曲線の傾斜度に比例し、印画濃度に対する割合は濃度が低くなる程大きくなっていく。

このように現在の雲写真濃度は、中央部分から南側部

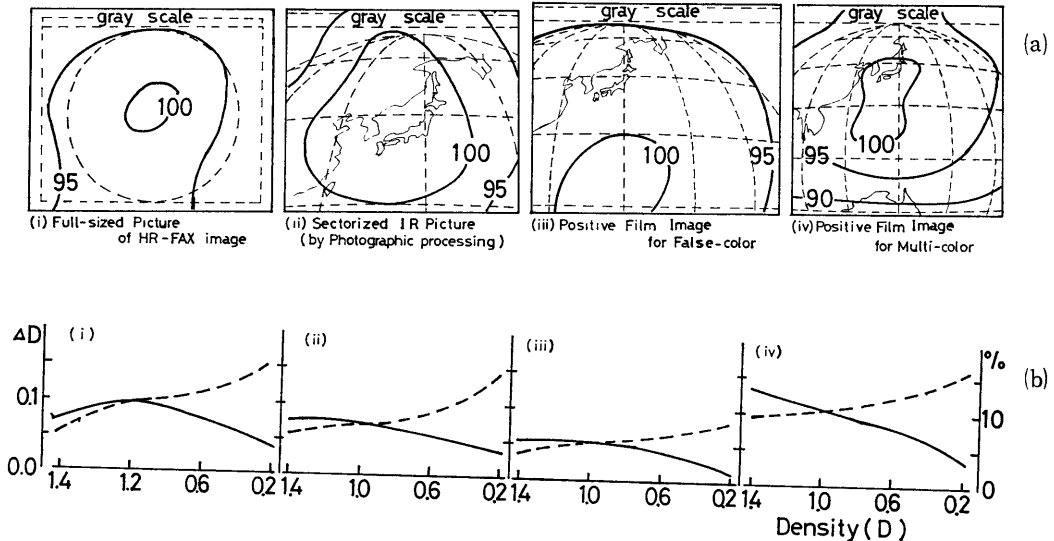


Fig. 9-a The distribution of the deviation of the density in % produced due to photographic processing.

Fig. 9-b The difference (ΔD) of maximum to minimum density corresponding to any given maximum density which appears in the area of 100% in Fig. 10-a.

分にかけて高くなりやすくなっているが、HR-FAX 画像の濃度ムラは出力される画像ごとに変化し、写真処理での濃度ムラは比較的定常性があるが機器のメンテナンス等で変化することが考えられる。このため雲写真上における濃度ムラの状態は一概には言えない。

しかし、濃度ムラの大きさは、HR-FAX 画像では最高濃度で±0.10 D 以内、写真処理では雲写真の領域内の印画濃度に対し10%以内となるように管理される。これらのムラの大きさは、雲写真上の明部の大きさとしてはいずれも0.03D程度となり、視覚上での影響は小さいと言えるが、雲写真の計測的な「階調」再現には少なからず影響することが考えられる。

6. 階調再現性

Fig. 4 に示したように、雲写真は濃度レベルにおいてはデジタル量であり画像濃度とグレースケールは対応関係にあるので、画像濃度を計測することによりデータ（階調）としての再現が可能となる。しかし、雲写真に濃度のムラが生ずるとこの関係が崩れ再現誤差となって現われる。誤差の大きさは、雲写真上の濃度ムラの大きさとグレースケールの階調間濃度差の程度、および計測しようとする雲とグレースケールとの相対的な位置関係によって変化する。

雲写真の階調間濃度差は写真濃度が低い程小さくなりやすく、濃度ムラの割合は写真濃度が低い程大きくなる。このことにより、輝度レベルの高い雲となる程再現性が悪くなることが考えられる。現段階における雲写真は、グレースケールに比べ画像濃度が相対的に高くなる傾向にあるため、実際の輝度レベルよりも低く再現される。すなわち、赤外雲写真では温度が高目に再現されることになる。

利用度の高い密着焼付処理された赤外雲写真において、輝度レベルの最も高い部分の再現性を検討すると、HR-FAX 画像の濃度ムラが Fig. 8-c の×印型の場合、標準の濃度・階調をもつ雲写真では6~7階調の誤差となることも予想される。しかし、それぞれの雲写真における個々の雲についての誤差の大きさを見積ることは、雲写真の濃度特性に定常性、定量性がないために困難である。

現在ルーチン処理されている赤外印画紙写真における階調再現例を Fig. 10~11 に示す。Fig. 10-a は、電子計算機で求められた雲頂温度と円形印画紙写真上での同測定雲に対応する写真濃度をそれぞれ階調変換して比較したもので、温度階級ごとの測定差（階調差）を測定雲の T_{BB} 標準偏差ごとに表わしたものである。プラスの

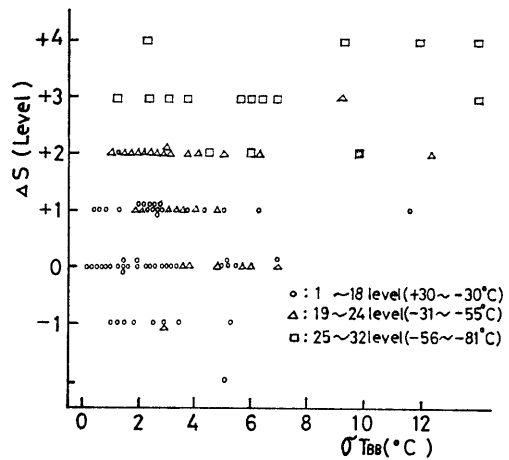


Fig. 10-a The comparison of temperature obtained from the VISSR calibrated data (T_{BB}) and the temperature read from IR picture. Sample points for which difference in brightness level with respect to standard deviation of T_{BB} are shown. The reproduction of target of higher temperature is more difficult than the target of lower temperature.

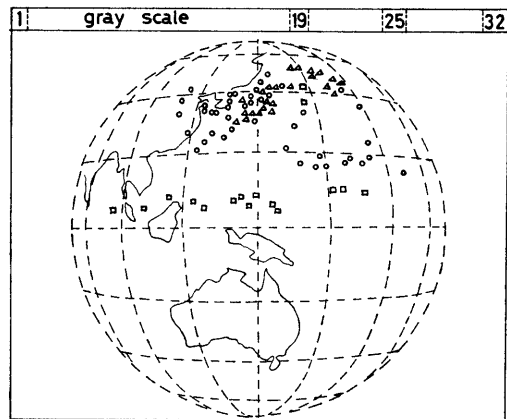


Fig. 10-b The location of each point used in Fig. 11-a.

測定差は、雲写真から求めた温度が高温となることを意味する。

電子計算機で求められる雲頂温度は、約 $100 \times 100 \text{ km}^2$ 内の T_{BB} 分布のモード値であり、雲写真から求めた温度は口径 2 mm の測定器による測定濃度（平均濃度）の最低値である。測定方法は異なるが、温度算出領域は写真濃度測定による方が十分に小さく、また T_{BB} 標準偏差の小さい測定雲すなわち写真濃度が比較的均一な測定

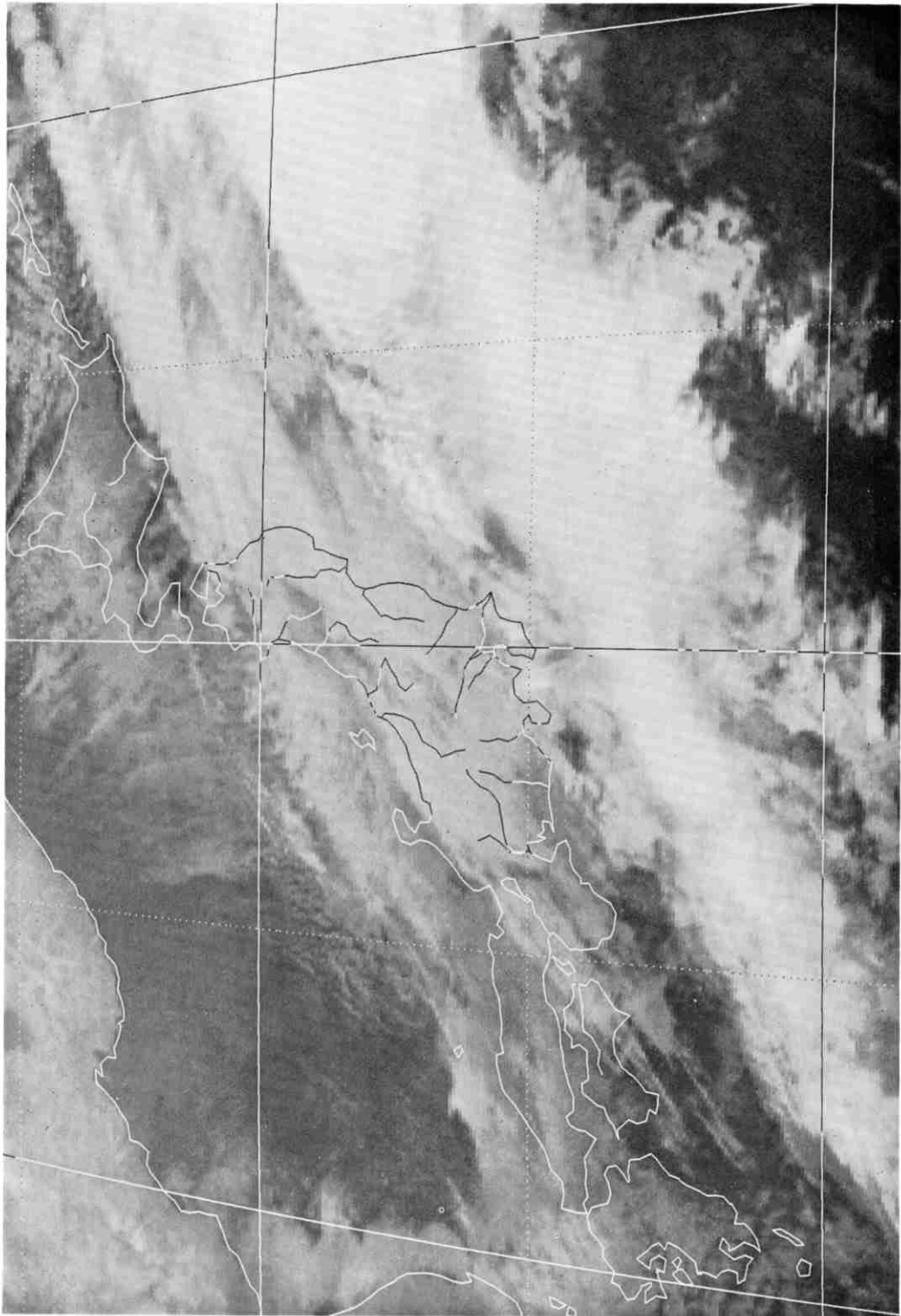


Fig. 11-a A sectorized IR picture used for the test, 1800 GMT 10. DEC. 1978.

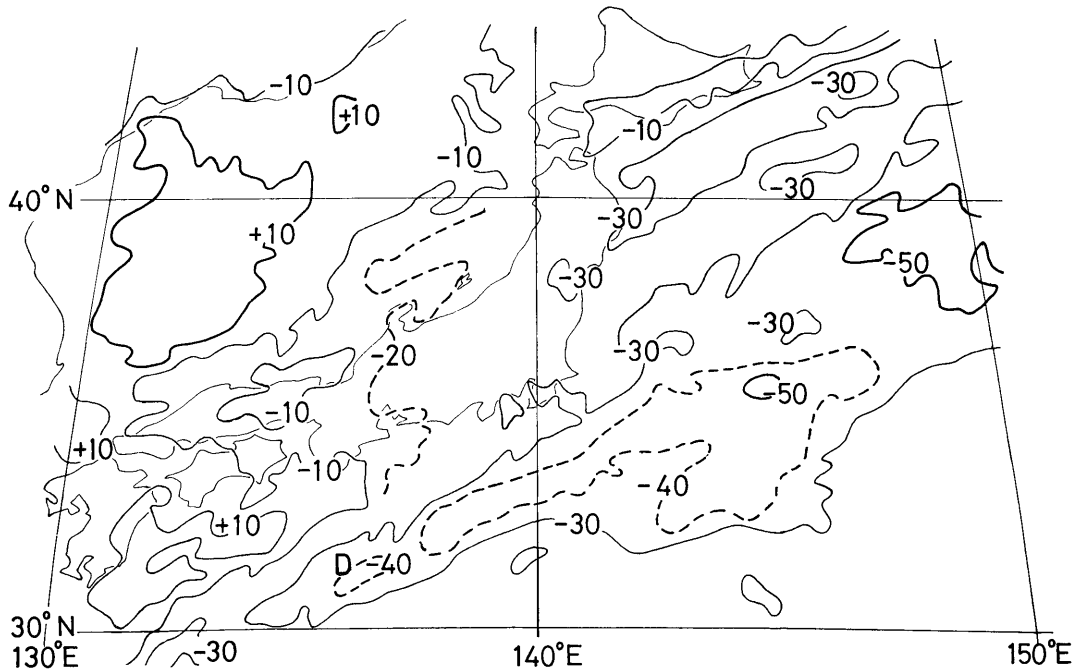


Fig. 11-b Temperature distribution obtained from photo-print. The data is read for each 3 mm mesh area.

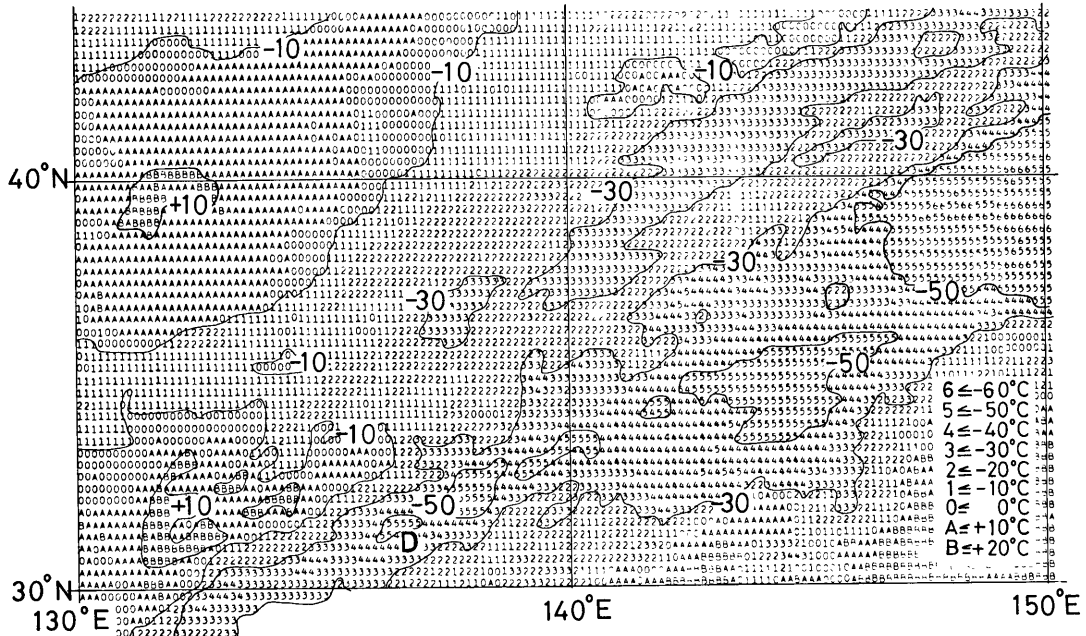


Fig. 11-c Same as (b) except for averaging T_{JB} obtained from VISSR calibrated data.

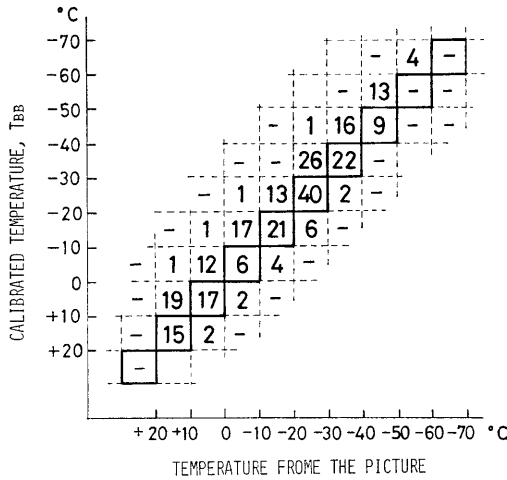


Fig. 11-d Scatter diagram obtained from the comparison of (b) with (c).

雲について見ても、温度の低い雲（輝度レベルの高い雲）程測定差が大きくなっていることがわかる。

これらの測定雲の雲写真上の位置（Fig. 10-b では、□印の雲は濃度ムラの影響の大きいと考えられる位置にあり（Fig. 9-a 参照）、3～4階調の測定差となっている。とくに、標準偏差の小さい測定雲について、フィルム写真を用いたフォールスカラー解析でも同様の測定差を得た。

一方 Fig. 11-a～d は赤外部分円形写真における再現例である。Fig. 11-a は比較に用いた部分円形写真、Fig. 11-b は Fig. 11-a を 3 mm 格子で濃度測定して求めた温度分布、Fig. 11-c は Fig. 11-b に準ずる格子内の T_{BB} 分布の平均値を計算機処理しライプリンターで出力して求めた温度分布である。図形が異なるため正確な比較はできないが、相対的にみて日本海西部の暖域（10°Cの等値線）は Fig. 11-b の方が大きく、南東海上の冷域（-50°Cの等値線）は Fig. 11-b の方が小さい。このことは、雲写真濃度を測定して求めた温度が相対的に高目となっていることを意味する。とくに、南海上に示したD域は、両図においてほぼ同じ大きさの領域を示し、等値線（ T_{BB} において -50°C）から約10°Cの測定差（約3階調に相当）が考えられる。

Fig. 11-b, c の温度分布について、0.1緯・経度の格子点ごとの温度を散布図で示したのが Fig. 11-d である。図において縦軸は T_{BB} による温度階級、横軸は雲写真による温度階級を示し、太枠内の数字は同じ温度階

級を示した格子点数である。 T_{BB} による温度階級を基準とすると、どの階級においても雲写真の階級分布のモードは高温側へずれており、雲写真より求めた温度が相対的に高目に再現され、その度合は温度が低い程大きくなっていることがわかる。

今回比較に用いた雲写真は、濃度・階調特性および濃度ムラとも濃度管理された通常の雲写真であった。このように現段階における赤外雲写真は、雲写真の作製過程における濃度特性の影響で「相対的に高目に再現されやすく、その度合は低温となる程大きい」と言える。また、誤差の大きさは、通常の雲写真でも最高輝度レベルを有する雲で最大4階調程度が考えられる。

7. あとがき

雲解析用写真はアナログ処理過程における濃度特性にまだ不安定な要素が多いため、定量的に利用する場合は十分注意する必要がある。しかし、視覚的な利用としては、「雲写真のもつ解像性の面から雲解析に十分対処し得る品質で再現されている」と言える。

雲写真の視覚的な評価は、まず VISSR 画像データの階調変換方法によって決定されるが、雲写真の濃度・階調特性、画像中の輝度分布および利用する場所の照明などによっても変化する。なかでも、HR-FAX 画像の濃度・階調特性の変化による影響は、写真処理システムでの処理に限界があるために大きくなる。とくに、各画像が同時に写真処理される雲解析用動画（Film Loop）や保存用マイクロフィルムの作製においては、その安定性が重要となる。

このように、雲写真の再現性は、アナログ処理過程とくに光学的、化学的処理過程における諸設定値の維持と管理の状況に大きく左右されるが、データが累積されるにつれより安定した品質の雲写真が作製されるであろう。

おわりに、本稿をまとめるにあたり山下洋前解析課長、山口乙彦前任主任技術専門官はじめ有益な助言を載いた解析課の皆さんに感謝いたします。

Reference

- 気象庁気象衛星課（1975）：静止気象衛星計画
- 笹井明（1977）：特性曲線のやさしい読み方、写真工業 Vol. '77-5. p. 74～80, Vol. '77-6. p. 31～33.