

写真原画フィルムから作成したデジタル化写真原画

Digital image data acquired from the original photographic film

黛 美紀男、木村 裕之、中西 達郎、神代 秀一

MAYUZUMI Mikio, KIMURA Hiroyuki, NAKANISHI Tatsuro, KUMASHIRO Shuichi

Abstract

The Meteorological Satellite Center (MSC) of the Japan Meteorological Agency (JMA) had been saving early satellite observation data (IR and VIS images) from the Geostationary Meteorological Satellite as analog data in the form of the original photographic films and microfilms. However, as some 30 years have passed since this analog data was first created, it has already begun to deteriorate. Therefore, the original film used to take high-resolution photographs has been captured by high-performance business scanner to provide digitized images of these photographs in BITMAP format. High-resolution full-disk Earth image data was created together with these digitized images, including a table to convert luminance levels into brightness temperatures and reflectivity.

However, because of the effect of aging of the film and density variations present in the original photographic film when it was made, if the luminance levels read by the scanner are converted into brightness temperatures and reflectivity without adjustment, substantial errors will be produced in the digitized high-resolution full-disk Earth image data. Consequently, for infrared images, the luminance levels of the grayscale information in the digitized image of the original photograph were converted into brightness temperatures. Furthermore, a regression formula was created between the GMS data (which was only stored for certain periods at Wisconsin University) and the brightness temperatures that were converted from the original high-resolution film using a conversion table, and the conversion table was then corrected based on this regression formula. As a result, the standard variation for the brightness temperature was set to 4.4 K.

要 旨

気象衛星センターでは、静止気象衛星が観測を開始した当初の衛星観測データ（赤外・可視画像）を、写真原画フィルムやマイクロフィルムのアナログデータとして保存していたが、このアナログデータは作成から既に 30 年経過して劣化が始まっている。このため、高画質である写真原画フィルムを大型スキャナで読み取ることにより、BITMAP 形式^{※1}のデジタル化写真原画を作成した。また、デジタル化写真原画をもとにして、輝度レベルを輝度温度・反射率に変換するためのテーブルを含む高分解能円形画像データも合わせて作成した。

しかし、写真原画フィルムは、作成時の濃度のばらつきや経年劣化等の影響により、大型スキャナで読み取った輝度レベルをそのまま輝度温度や反射率に変換したのではデジタルデータである高分解能円形画像データに大きな誤差を生じる。このため、赤外画像の場合には、デジタル化写真原画に記録されているグレイスケールの輝度レベルから輝度温度に変換し、さらに Wisconsin 大学に一部の期間分のみ保存されていた GMS デジタルデータとの回帰式による補正を変換テーブルに適用した結果、輝度温度の標準誤差は 4.4K となった。

気象衛星センターデータ処理部解析課

(2008 年 7 月 25 日受領、2009 年 3 月 12 日受理)

※1 Microsoft Windows が標準でサポートしている画像保存形式である。

1. はじめに

静止気象衛星「ひまわり」(以下「GMS: Geostationary Meteorological Satellite」という) 1号は 1977 年(昭和 52 年)7 月 14 日午後 7 時 39 分(日本時間)、米デルタ 2914 型ロケットにより米国ケネディ宇宙センターから打ち上げられ、翌年の 4 月 6 日から正式運用となった。

GMS は、表 1 で示す期間において GMS-1~GMS-5 まで運用された。気象衛星センターでは、GMS が観測を開始した当初の衛星観測データ(赤外・可視画像)を写真原画フィルムやマイクロフィルムのアナログデータとして保存していたが、このデータは作成から既に 30 年経過して劣化が始まっている。

このため、高画質である写真原画フィルムを大型スキャナで読み取ることによりデジタル化写真原画を作成し、さらに輝度レベルを輝度温度・反射率に変換するためのテーブルを含む高分解能円形画像データも合わせて作成した。

この報告では、デジタル化写真原画と高分解能円形画像データの作成方法を述べる。

また、それらがどの程度の品質か、赤外画像の輝度温度をどの程度再現出来るかについて、デジタル化写真原画に表示されている 32 階調のグレイスケールの輝度レベルや、Wisconsin 大学に一部の期間分(1978 年 12 月 1 日~1979 年 12 月 1 日)のみ保存されていた GMS のデジタルデータ(以下「Wisconsin 形式データ^{※2}」という)を用いて調査した結果を示す。

表 1 GMS-1~GMS-5 の各衛星の運用期間

衛星名	運用期間
GMS-1	1978 年 4 月 6 日~1981 年 12 月 21 日
	1984 年 1 月 21 日~1984 年 6 月 29 日
GMS-2	1981 年 12 月 21 日~1984 年 1 月 21 日
	1984 年 6 月 29 日~1984 年 9 月 27 日
GMS-3	1984 年 9 月 27 日~1989 年 12 月 14 日
GMS-4	1989 年 12 月 14 日~1995 年 6 月 13 日
GMS-5	1995 年 6 月 13 日~2003 年 5 月 22 日

2. 写真原画フィルム

衛星観測データ(赤外・可視画像)は GMS に搭載された可視赤外走査放射計(VISSR: Visible and Infrared Spin Scan Radiometer)で得られた輝度データ(以下「VISSR 画像データ」という)を等価黒体温度(以下「輝度温度」という)や反射率に変換して画像化したものである。また、この VISSR 画像データを D/A 変換して作成したものが高分解能ファックス(以下「HR-FAX: High Resolution Facsimile」という)画像である。

写真原画フィルム(以下「原画フィルム」という)は、HR-FAX 画像を原画として作成したフィルムであり、大型電子計算機により、画像修正・緯経度線及び海岸線の重畳・図法変換などの適切な処理が施され、HR-FAX 受画装置で D/A 変換して現像機により縦 479mm×横 603mm のフィルム上にネガ画像(図 1)として記録したものである。HR-FAX 画像を原画としている原画フィルムの濃度・階調特性は、HR-FAX 受画装置の安定性、使用するフィルムの特性曲線及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。そのため、HR-FAX 画像の輝度レベルが同じ場合でも、原画フィルムに記録したときの濃度は画像 1 枚毎に異なる。しかし、原画フィルムにはグレイスケールが挿入されており、これを使うことにより原画フィルムの濃度を HR-FAX 画像の 64 階調輝度レベルに変換できる。

VISSR 画像データの輝度レベルは、赤外画像で 256 階調輝度レベル、可視画像では 64 階調輝度レベルである。HR-FAX 画像を作成する時には、まず、VISSR 画像データの輝度温度変換テーブル(図 2)を用いて赤外画像の 256 階調輝度レベルを輝度温度に、また VISSR 画像データの輝度反射率変換テーブル(表 2)を用いて可視画像の 64 階調輝度レベルを反射率にそれぞれ変換する。次に、HR-FAX 赤外画像用

※2 米国の Wisconsin 大学に保管されていた VISSR 画像データ(1978 年 12 月 1 日~1979 年 12 月 1 日)を気象衛星センターが入手した画像データである。

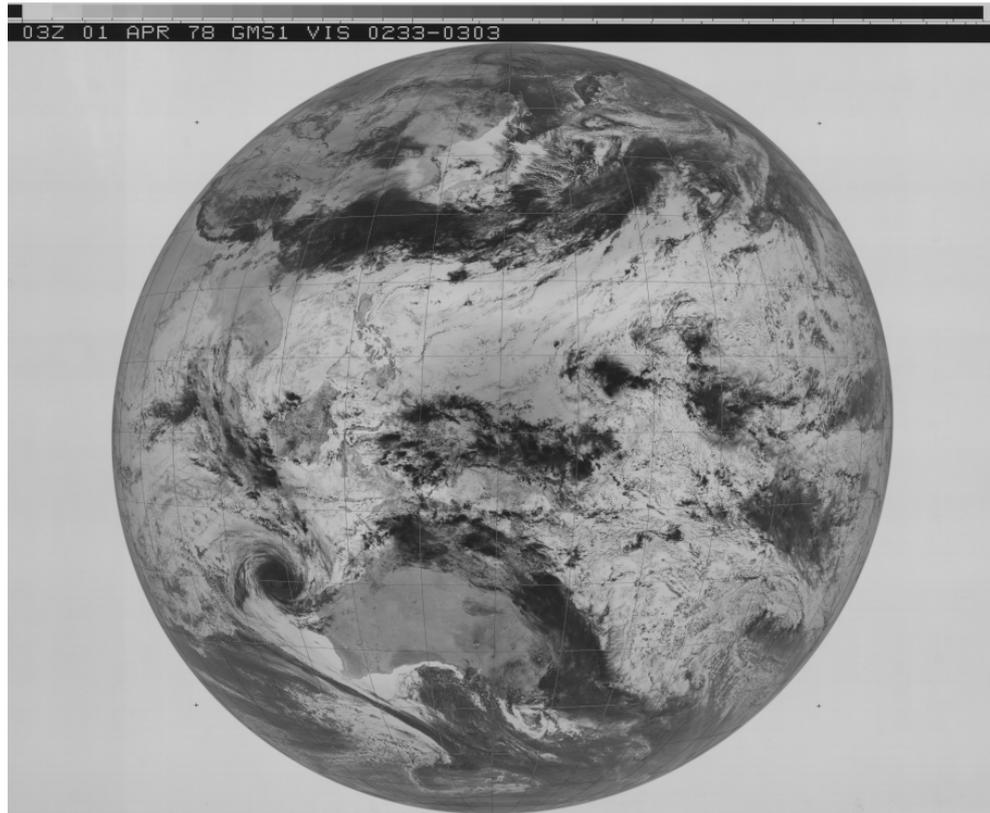


図1 HR-FAX 画像を原画として作成した写真原画フィルム(可視画像)
 写真上の「03Z 01 APR 78 GMS1 VIS 0233-0303」はアノテーションと呼ばれ、GMS-1 で観測した
 1978 年 4 月 1 日 12JST(日本時間)の可視画像であることを示す。
 このアノテーション上部にある 32 階調(白～黒)の矩形のマスは、グレイスケールを示す。

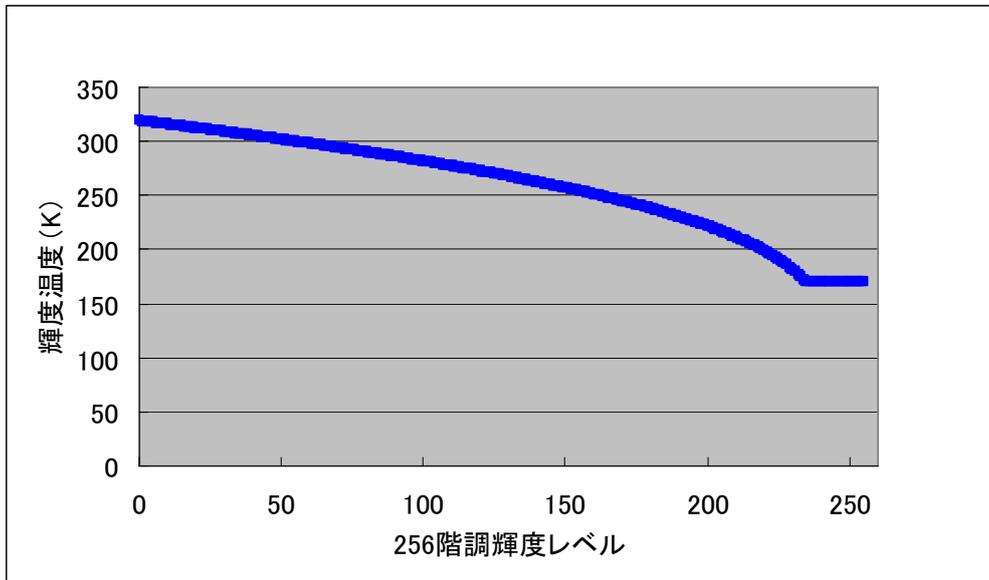


図2 VISSR 画像データの輝度温度変換テーブル(赤外画像)
 縦軸：輝度温度(絶対温度)、横軸：256 階調輝度レベル
 1979 年 7 月 1 日、GMS-1 で使用していた輝度温度変換テーブル
 (米国：Wisconsin 大学から入手した GMS デジタルデータから算出)。

／温度変換テーブル(図 3)及び HR-FAX 可視画像用／反射率変換テーブル(図 4)により、64 階調輝度レベルの赤外・可視画像を作成する。この HR-FAX 画像の 64 階調輝度レベルは、HR-FAX 赤外画像用／温度変換テーブルや HR-FAX 可視画像用／反射率変換テーブルで輝度温度や反射率に変換できる。

つまり、HR-FAX 画像の 64 階調輝度レベルは輝度温度や反射率と同等のものと考えられる。また、HR-FAX 画像には 32 階調の矩形のマスで作成されたグレイスケール(以下「グレイスケール」という)が

挿入されている。このグレイスケールは 32 階調表示で、地球画像データ 64 階調(0~63 レベル)のうち、0,2,4,6,...,56,58,60,62 の各輝度レベルを表している。そして、HR-FAX 画像のグレイスケールと輝度温度・反射率との関係は図 5 のとおりである。

なお、原画フィルムの距離分解能は、衛星直下点(SSP: Sub-Satellite Point)において赤外画像で 5km、可視画像では VISSR 画像データ(距離分解能 1.25km)をサンプリング処理して作成されるため 2.5km となる。

表 2 VISSR 画像データの輝度反射率変換テーブル
LEVEL:64 階調輝度レベル、ALBEDO:太陽光の反射率
1978年 5 月 1 日の輝度反射率変換テーブル

LEVEL	ALBEDO	LEVEL	ALBEDO	LEVEL	ALBEDO	LEVEL	ALBEDO
000	0.013	010	0.154	020	0.325	030	0.552
001	0.030	011	0.163	021	0.338	031	0.569
002	0.038	012	0.173	022	0.351	032	0.585
003	0.045	013	0.183	023	0.364	033	0.602
004	0.052	014	0.193	024	0.377	034	0.621
005	0.059	015	0.203	025	0.390	035	0.640
006	0.068	016	0.203	026	0.403	036	0.660
007	0.076	017	0.224	027	0.417	037	0.680
008	0.084	018	0.235	028	0.431	038	0.701
009	0.092	019	0.245	029	0.445	039	0.724
00A	0.100	01A	0.256	02A	0.459	03A	0.750
00B	0.108	01B	0.267	02B	0.473	03B	0.778
00C	0.117	01C	0.278	02C	0.488	03C	0.810
00D	0.126	01D	0.289	02D	0.504	03D	0.847
00E	0.135	01E	0.301	02E	0.520	03E	0.887
00F	0.144	01F	0.313	02F	0.536	03F	0.954

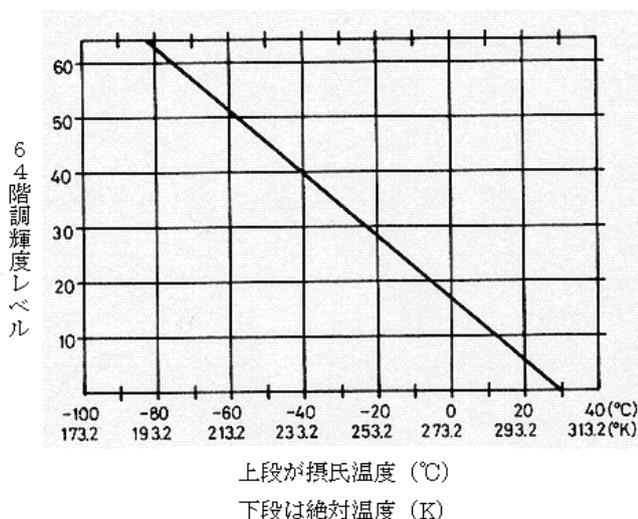


図 3 HR-FAX 赤外画像用／温度変換テーブル
縦軸: 64 階調輝度レベル 横軸: 輝度温度
(静止気象衛星資料利用の手引き、1983)

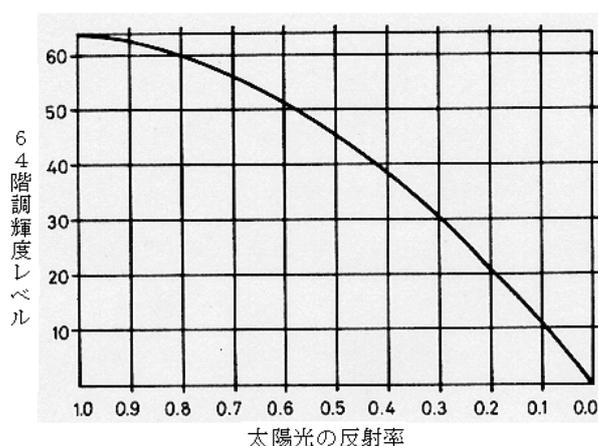


図 4 HR-FAX 可視画像用／反射率変換テーブル
縦軸: 64 階調輝度レベル、横軸: 太陽光の反射率
(静止気象衛星資料利用の手引き、1983)

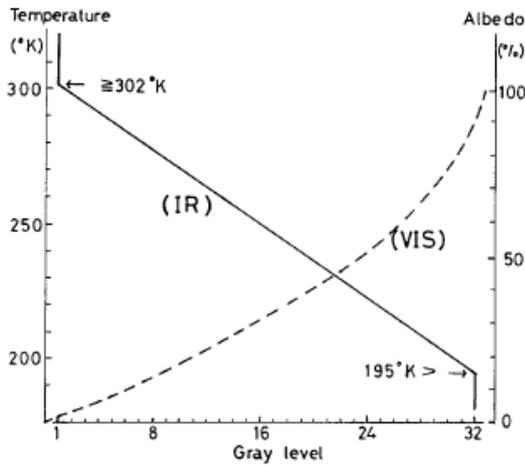


図5 HR-FAX 画像のグレイスケールと輝度温度・反射率との関係(木場、1980)
 縦軸：絶対温度(K)と反射率(%)、
 横軸：32階調グレイスケール、
 実線：赤外画像の絶対温度、破線：可視画像の反射率



図6 写真原画フィルムを読み込む大型スキャナ「Scamera-1」(ニユーリー株式会社製)

3. 大型スキャナ

原画フィルムを読み取りデジタルデータを作成する大型スキャナ(以下「スキャナ」という)は、気象衛星センター第1庁舎2階の運用室解析課現業に設置し、デジタルデータを作成する作業を行った。

運用室は電子計算機室の隣に位置し、年間を通じて定温な環境である。スキャナは、基本仕様として出力解像度が400dpi、透過方式を用いた。デジタル化作業で使用したスキャナ本体の写真と装置の基本仕様を図6と表3に示す。

表3 大型スキャナ(Scamera-1)の基本仕様

項目	仕様
1 品名	SCAMERA-1/TopFace Premium
2 型式	SCAMERA-UA180-TH
3 読取り有効サイズ	600mm×843mm 引出し原稿台+原稿15mmまでの上下調整機構付き/10kgまで
4 光学解像度	800dpi
5 出力解像度	200~1,800dpi(1dpi単位で可変)※サイズにより制限あり
6 出力	2値(単純2値・最適2値) 擬似中間調(誤差拡散・ディザ3種) 階調: 8bitグレイスケール カラー: R・G・B各8bit(24bitフルカラー)
7 光源	反射用: 専用白色蛍光灯×2灯(左・右・両灯制御可) 透過用: A1サイズ透過光源ユニット実装 A1サイズオリジナル白色LEDアレイ内蔵 スキャナヘッドとLEDアレイを同期駆動
8 インターフェース	USB2.0
9 スキャン速度	5.8mm/sec(400dpiモノクロ/カラー画質優先モード時) 2.9mm/sec(800dpiモノクロ/カラー画質優先モード時)
10 ドライバ	専用アプリケーション

4. デジタル化写真原画

表4に示す種類・時刻・期間の原画フィルムをスキャナで読み取って、デジタル化写真原画(図7)を作成した。デジタル化写真原画を作成する時には、原画フィルムがネガフィルムなのでスキャナで読み取る時に反転処理を行った。また、原画フィルムの輝度レベルは64階調輝度レベル(6ビット)で作成されていたが、原画フィルムのオリジナル輝度レベル(温度解像度)をデジタルデータとして可能な限り再現するため、スキャナでの読み取りは256階調輝度レベル(8ビット)で読み取り、デジタル化写真原画として記録した。なお、デジタル化写真原画の大きさは概ね縦500mm×横600mmとした。

表4 デジタル化写真原画を作成する画像の種類と時刻及び期間(JST:日本時間)

画像の種類	画像の時刻	デジタル化写真原画作成期間
赤外画像	03,06,09,12,15,18,21,24JST	1978年4月1日09JST~1981年3月1日06JST
可視画像	06,09,12,15,18JST	1978年4月1日09JST~1987年3月1日06JST

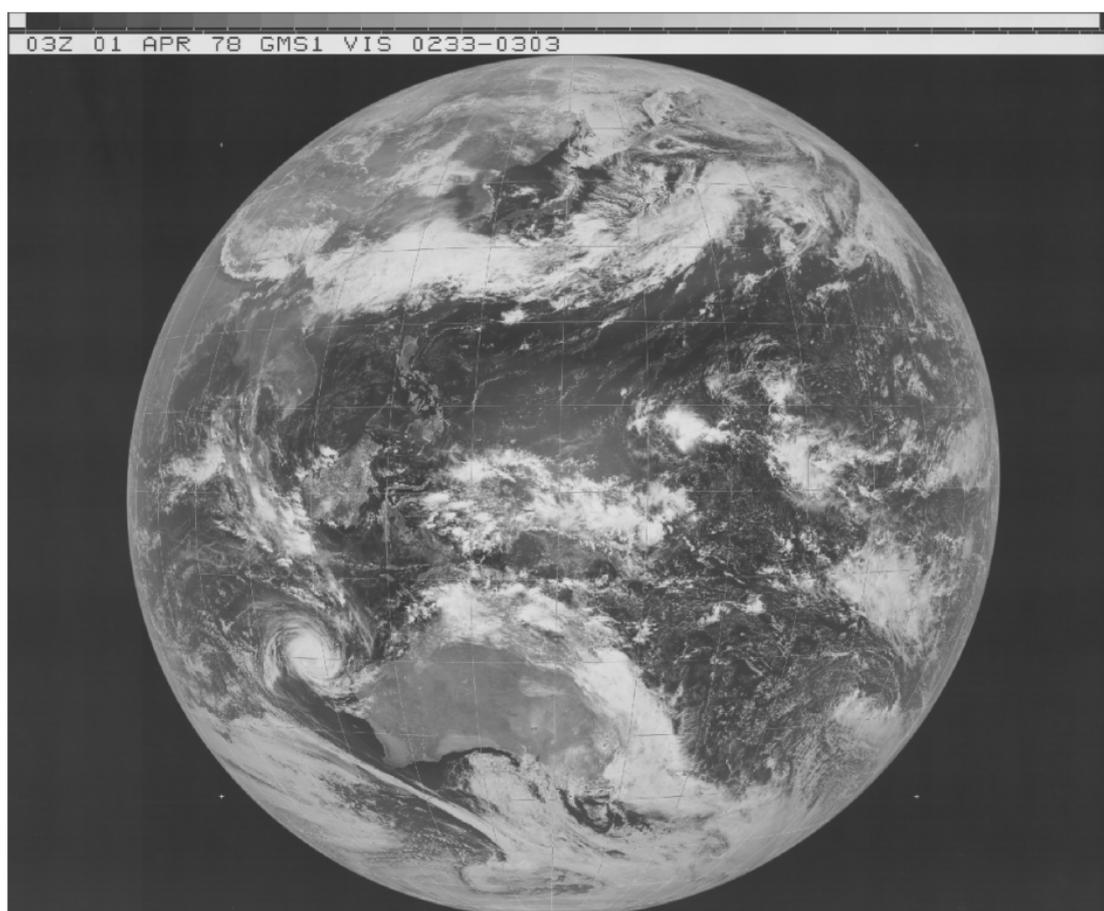


図7 デジタル化写真原画(可視画像)

写真上の「03Z 01 APR 78 GMS1 VIS 0233-0303」はアノテーションと呼ばれ、GMS-1で観測した1978年4月1日12JST(日本時間)の可視画像であることを示す。
このアノテーション上部にある32階調(白~黒)の矩形のマスは、グレイスケールを示す。

4.1 デジタル化写真原画の調査・考察

デジタル化写真原画(赤外・可視画像)の輝度レベルの特徴を調べるため、観測時刻や観測対象(台風の有無など)に影響を受けないグレイスケール(図8)

に含まれる概ね 24,000 画素の輝度レベルについて、輝度レベルの変化、標準偏差、ヒストグラムを調査し、考察を行った。なお、赤外画像の調査結果のみを示したが、可視画像についても同様な結果が得られている。

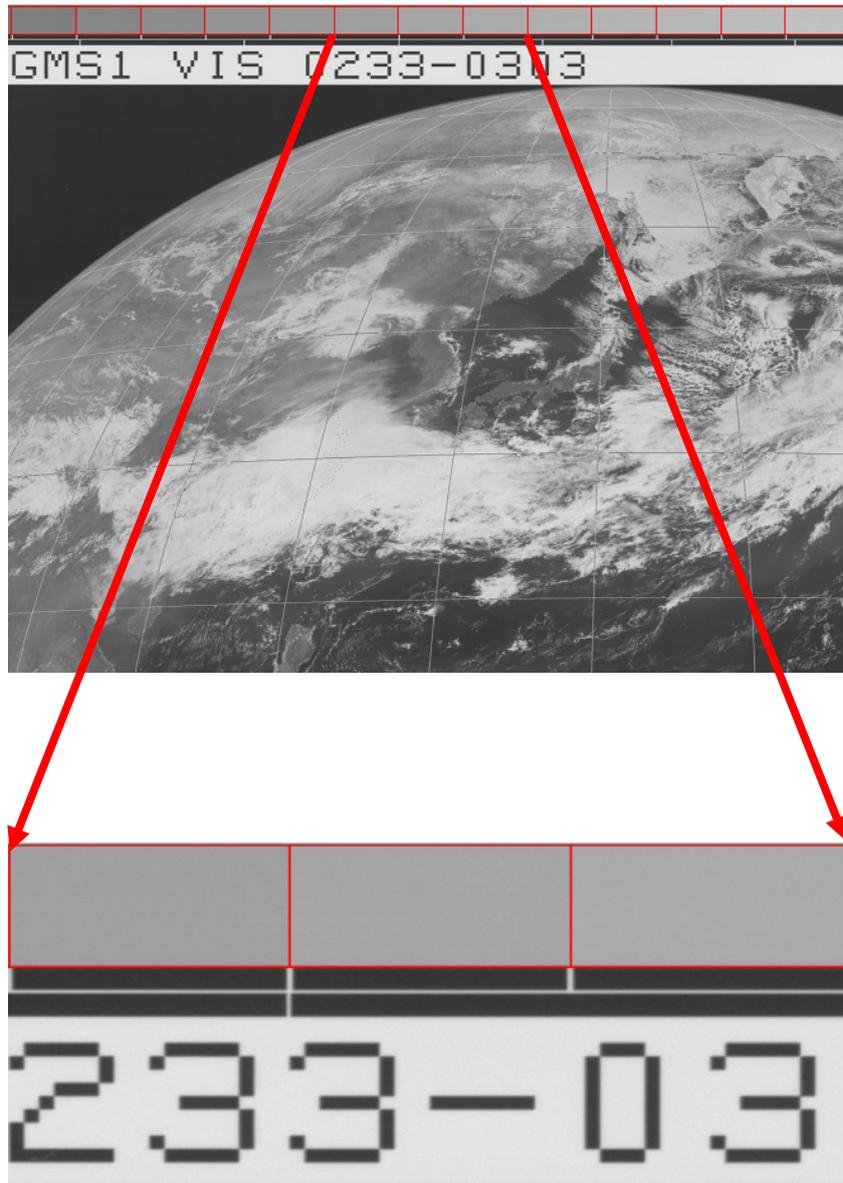


図8 デジタル化写真原画のグレイスケールの個々のマス(赤枠で示す。) マスに含まれる概ね 24,000 個の画素の輝度レベルについて、ヒストグラム、最頻値、標準偏差を求める。下図は、上図のグレイスケールのうち第13~15階調のマスの付近を拡大したものである。

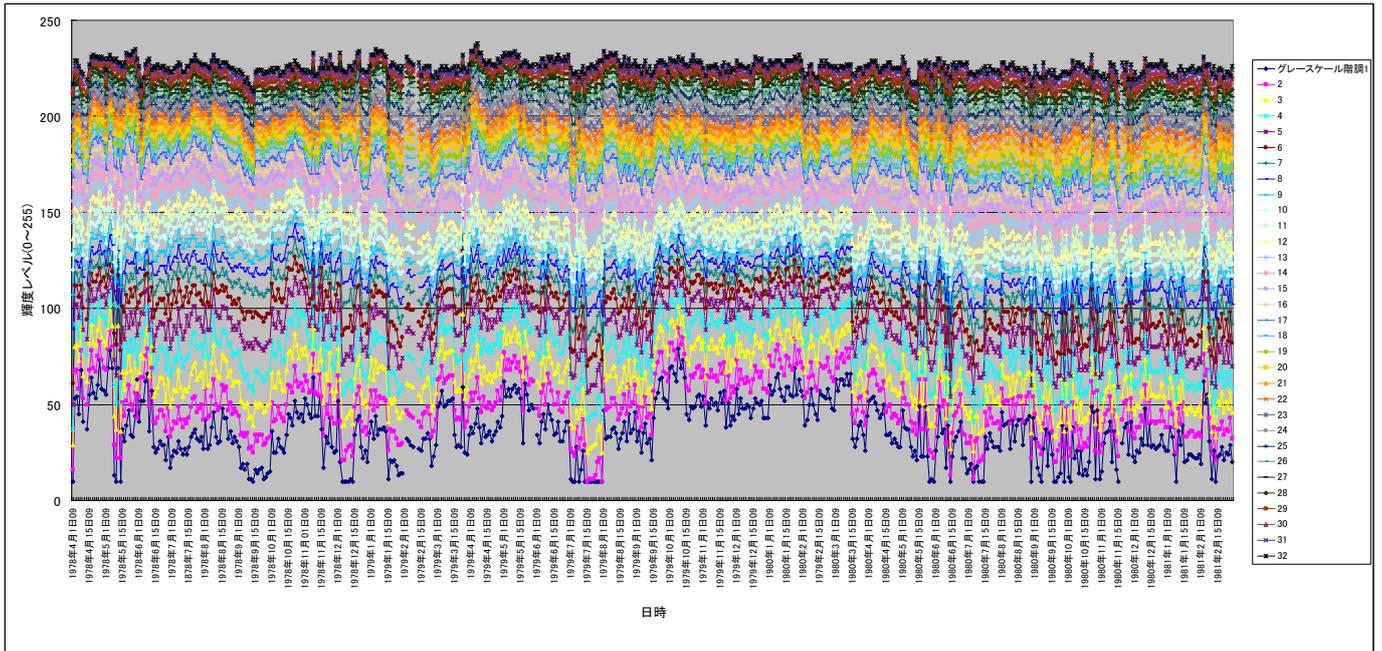


図9 赤外画像のグレイスケールの各階調の輝度レベル
調査期間:35ヶ月間(1978年4月~1981年2月)の各月2日間(1日09JSTと15日09JST)画像データ数:560画像

4.1.1 輝度レベルの日・年変化

調査期間は1978年4月から1981年2月までの35ヶ月間である。この期間から半月スパンで70日分のデジタル化写真原画(赤外画像)を選び出す。

1日分は8画像なので、全部で560枚の画像を用いることになる。グレイスケールから求めた輝度レベルを図9に示す。

図9から判明したことは次のとおりである。

グレイスケールの輝度レベルは画像1枚毎に変動しており、日及び年変化などの周期変動は見られない。そして、グレイスケールの各輝度レベル間のレベル差は、階調が低い(輝度温度が暖かい)領域では大きく、階調が高い(輝度温度の冷たい)領域では小さくなっており、その変化は一様ではない。

たとえば、輝度レベルの変動の範囲は、グレイスケールの第32階調では217~235と狭いが、第1階調では10~80弱と広い。また、グレイスケールの階調間の輝度レベル差は階調が低くなるにつれ大きく、階調が高くなるにつれ小さくなる傾向がある。

4.1.2 輝度レベルの標準偏差

調査に用いたデータは、デジタル化写真原画(赤外画像)の1978年5月1日09JST~6月1日06JSTまでの1ヶ月間における3時間毎の248画像である。

グレイスケールから求めた輝度レベルの標準偏差の日平均値・月平均値を図10に示す。

輝度レベルの標準偏差は、同一マス内では本来一様であるべきグレイスケールの輝度レベルが空間的に細かくばらついている度合いを示す。このようなばらつきがあれば、地球画像の部分でも同様に輝度レベルが空間的に細かくばらついていると考えられる。

図10から、赤外画像における輝度レベルの標準偏差の月平均値は1.5~3程度であり、大きな値を取るのはグレイスケールの階調が高い場合(輝度温度の低い高度の高い雲や積乱雲)と低い場合(地面や海面)である。また、輝度レベルの標準偏差は日によっても変動しており、日平均値の変動の幅はグレイスケールの第1~7階調で第8階調以降と比較して大きい。

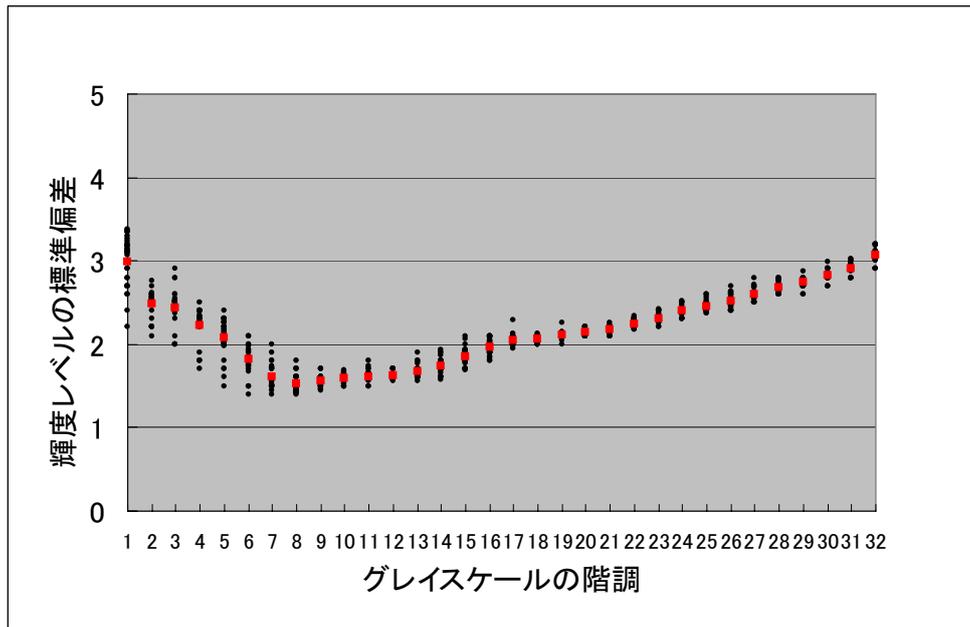


図10 赤外画像のデジタル化写真原画におけるグレイスケールの各階調の輝度レベルの標準偏差
 日平均値:黒点、月平均値:赤点
 調査期間:1978年5月1日09JST～6月1日06JST

4.1.3 輝度レベルのヒストグラム

デジタル化写真原画(赤外画像)の軟調^{※3}な画像(1978年5月7日09JST)と硬調^{※4}な画像(1978年5月12日01JST)の例を図11に、これらの画像の高い階調(第29～32階調)と低い階調(第1～4階調)のヒストグラムをそれぞれ図12と図13に示す。

上述したとおり赤外画像においては、グレイスケールの階調の高い(輝度温度の冷たい)領域では輝度レベルの標準偏差が大きく、かつ階調間の輝度レベル差が小さいため、隣り合う階調同士で輝度レベルのヒストグラムが重なる度合いも大きい。

このことは、輝度温度の冷たい上層雲や発達した対流雲域でその境界が不明瞭・不連続になりやすいことを意味する。この傾向は、硬調な画像より軟調な画像の方が顕著である。

一方、グレイスケールの階調が低い場合には、輝度レベルの標準偏差は大きい、階調間の輝度レベ

ル差も大きいため、隣り合う階調同士で輝度レベルのヒストグラムが重なる度合いは小さい。

4.2 デジタル化写真原画の保存

デジタル化写真原画は、BITMAP(圧縮)形式で衛星データ処理システムの大容量保存装置に、またBITMAP(非圧縮)形式でハードディスクやブルーレイディスクに保存する。1画像データの容量は概ね、BITMAP(圧縮)形式で50MB、BITMAP(非圧縮)形式で72MBである。

※3 写真画像の明部と暗部の明るさの差が小さい(コントラストが弱い)状態。

※4 写真画像の明部と暗部の明るさの差が大きい(コントラストが強い)状態。

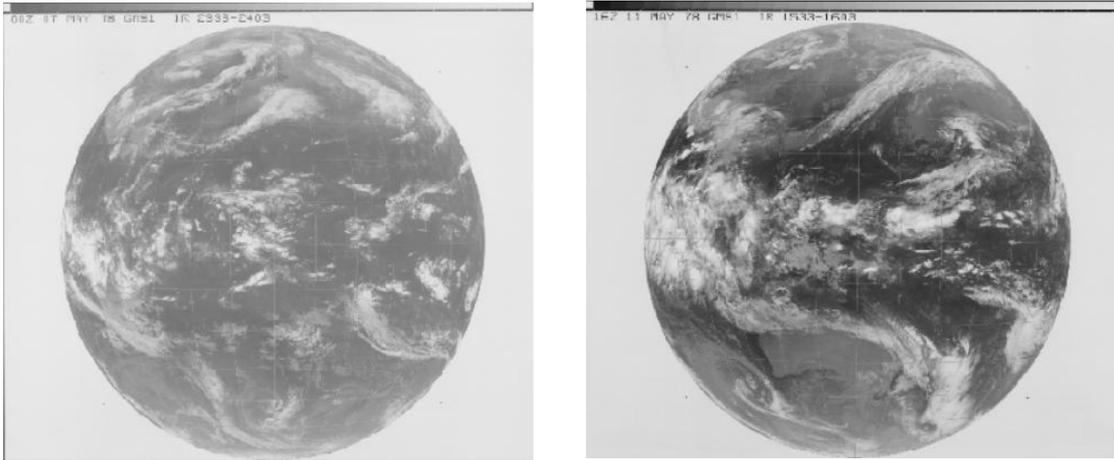
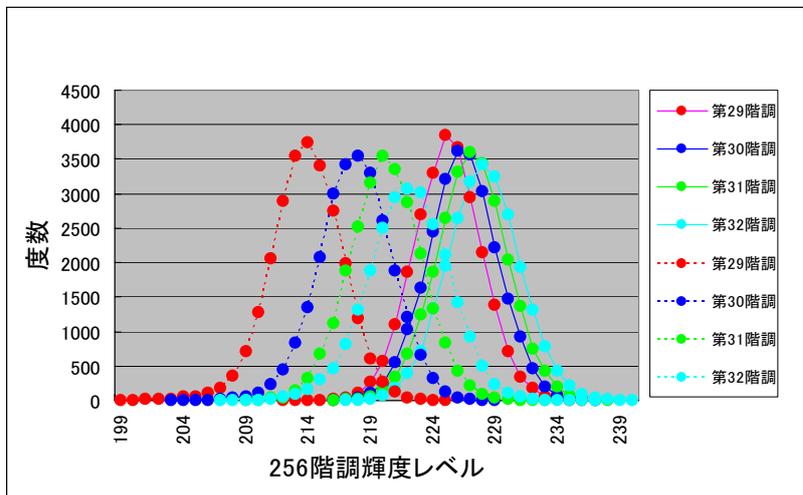
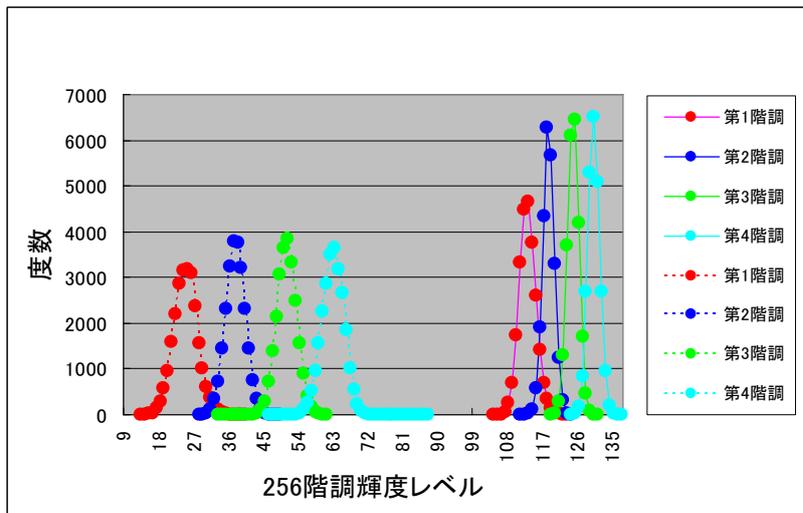


図 11 デジタル化写真原画(赤外画像)の軟調な画像(左)と硬調な画像(右)の比較
 左:軟調な画像(1978年5月7日09JST) 右:硬調な画像(1978年5月12日01JST)



実線:軟調な画像
 (1978年5月7日09JST)
 破線:硬調な画像
 (1978年5月12日01JST)

図 12 2枚の赤外画像のデジタル化写真原画におけるグレースケールの第29~32階調の輝度レベルのヒストグラム



実線:軟調な画像
 (1978年5月7日09JST)
 破線:硬調な画像
 (1978年5月12日01JST)

図 13 2枚の赤外画像のデジタル化写真原画におけるグレースケールの第1~4階調の輝度レベルのヒストグラム

5. 高分解能円形画像データ

デジタル化写真原画をもとにして高分解能円形画像データ(赤外・可視画像)を作成した。この画像データはコントロール部とデータ部及びキャリブレーション部で構成されている。コントロール部は画像名、撮像開始日時、衛星名、画像サイズ等、データ部には、64 階調輝度レベルを記録し、キャリブレーション部にはデータ部の 64 階調輝度レベルを物理量(反射率や輝度温度)に変換するためのテーブルを記録する。

なお、画像サイズは上(下)端が北(南)緯 80 度、左(右)端が東経 60 度(西経 140 度)の円形で、ピクセル数は 4,096、ライン数が 4,096 である。

5.1 可視画像のデータ部及びキャリブレーション部

可視画像の場合には、原画フィルムの 32 階調分のグレイスケールを基準として、64 階調の輝度レベルを再現し、輝度反射率を再現することにした。データ部には、デジタル化写真原画の 256 階調輝度レベルを 64 階調輝度レベルに変換して記録する。その方法は、まず初めに、デジタル化写真原画の 32 個の各グレイスケールの矩形内から約 24,000 個の輝度レベルのサンプリングを行い、その最頻値を算出し、この最頻値を各矩形のグレイスケール代表値(G_0, \dots, G_{31})とした。次に、それらの 32 個の代表値から $G'_0 = G_0$, $G'_1 = (G_0 + G_1)/2$, $G'_2 = G_1, \dots, G'_{61} = (G_{30} + G_{31})/2$, $G'_{62} = G_{31}$, $G'_{63} = G'_{62} + (G'_{62} - G'_{61})/2$ とし、デジタル化写真原画の 256 階調輝度レベルが $G'_0 \dots G'_{63}$ のうち、 G'_n が一番近ければ n の階調にしたものをデータ部に記録した。そして、キャリブレーション部には、HR-FAX 可視画像用/反射率変換テーブルを記録し、可視画像の輝度反射率変換テーブルとした。

5.2 赤外画像のデータ部及びキャリブレーション部

赤外画像の場合も、可視画像と同様に原画フィルムの 32 階調分のグレイスケールを基準として、デジタル化写真原画の 256 階調輝度レベルから 64 階調輝度レベルに変換したものをデータ部に記録し、その輝度レベルを HR-FAX 赤外画像用/温度変換テーブルに代入し、輝度レベルから輝度温度を算出できるようにした。

ただし、赤外画像の場合は、4.1.1 項で示したようにグレイスケールの輝度レベルは画像 1 枚毎に変動し、その変化は一様ではなく、また、原画フィルム作成時や経年劣化で生じた濃度のばらつき、そして原画フィルムをスキャナで読み取るときに生じた輝度レベルのばらつきにより、HR-FAX 赤外画像用/温度変換テーブルをそのまま利用し、輝度レベルから輝度温度に変換した場合にはバイアスが生じるため、輝度温度の補正式を作成して輝度温度を補正することにした。そのため、キャリブレーション部には、HR-FAX 赤外画像用/温度変換テーブル及び「5.2.1」で説明する補正式を記録し、これらを赤外画像の輝度温度変換テーブルとした。

5.2.1 補正式の作成

HR-FAX 赤外画像用/温度変換テーブルから求めた輝度温度と Wisconsin 形式データから求めた輝度温度を比較して、前者のバイアスを調べる。比較方法としては、まず 1978 年 12 月から 1979 年 11 月までの各月 1 枚ずつ、計 12 枚の画像について、HR-FAX 赤外画像用/温度変換テーブルから求めた輝度温度と Wisconsin 形式データから求めた輝度温度を用いてそれぞれ SATAID 画像データ^{※5}を作成する。そして、2 種類の SATAID 画像データから同じ雲(孤立した積乱雲や積雲)の雲頂を 20 ポイント(画像 12 枚で 240 ポイント)選び、輝度温度を比較した(図 14)。

※5 (Satellite Animation and Interactive Diagnosis)

気象衛星センターで開発された、衛星画像解析を行うための汎用ソフトウェア。

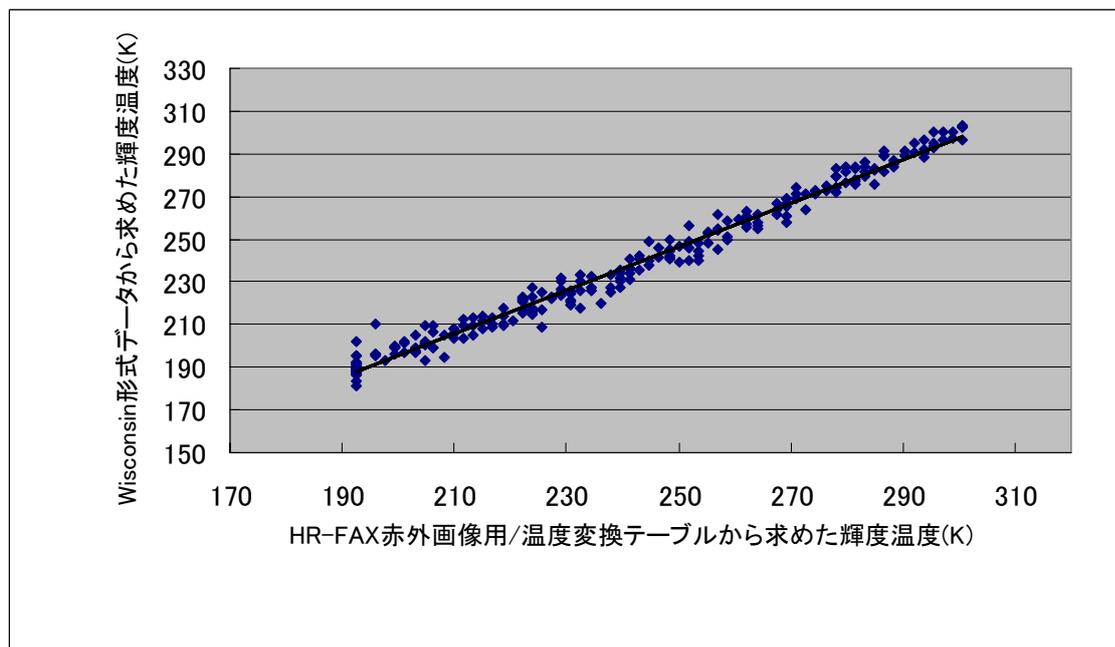


図 14 HR-FAX 赤外面像用/温度変換テーブル求めた輝度温度と Wisconsin 形式データから求めた輝度温度の関係

図 14 より、HR-FAX 赤外面像用/温度変換テーブルから求めた輝度温度 $T_{g-h}(K)$ と Wisconsin 形式データから求めた輝度温度 $T_w(K)$ は、高い相関(相関係数 $R=0.9913$)を持つことが判る。両者の関係を一次関数の回帰式で表すと、

$$T_w = 1.0159 \times T_{g-h} - 7.2171 \quad \dots \text{式 1}$$

となる。つまり、 T_{g-h} は T_w に比べて 7K ほどの正のバイアスを持っていると言える。このためより正確な輝度温度へ変換するためには、HR-FAX 赤外面像用/温度変換テーブルから求めた輝度温度を、式 1(以下「補正式」という)で補正する必要がある。

なお、式 1 による上記 240 ポイントの輝度温度の標準誤差は 4.4K であった。

5.2.2 補正式の効果

図 15 に、台風付近における HR-FAX 赤外面像用/温度変換テーブルから求めた輝度温度(左下)とそれを補正式で補正して求めた輝度温度(右下)、及び Wisconsin 形式データから求めた輝度温度(左上)の各分布図を示す。HR-FAX 赤外面像用/温度変換テーブルから求めた輝度温度は Wisconsin 形式データから求めた輝度温度に比べて正のバイアスを持っているが、補正式による補正でバイアスはかなり解消していることが判る。ただし、HR-FAX 赤外面像用/温度変換テーブル及び補正式から求めた輝度温度には、補正の前後とも、ピクセル・ライン毎のばらつき(ノイズ)や、低温部においてある階調の雲域と隣の階調の雲域との境界が不明瞭になる傾向が見られる。

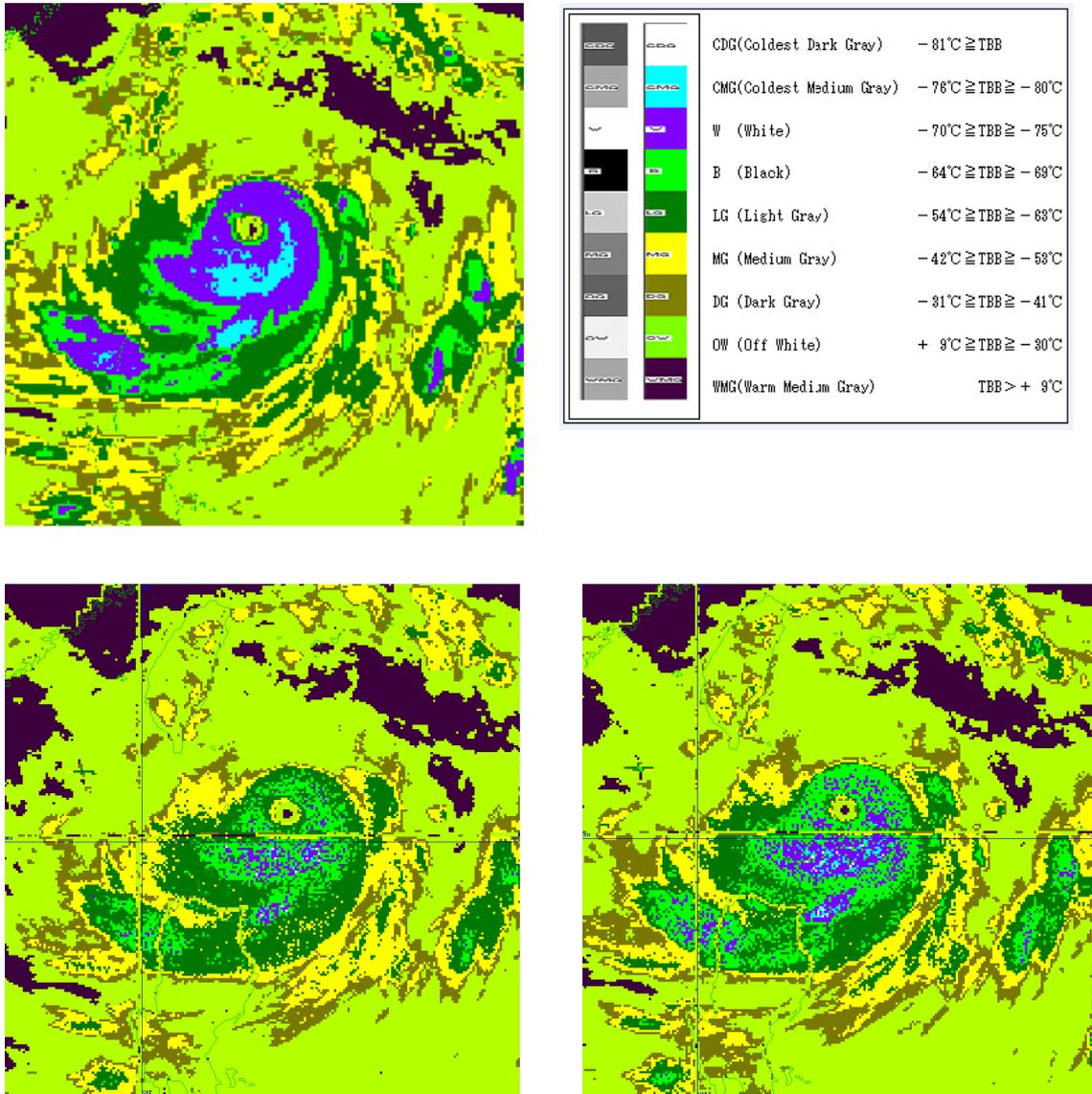


図15 1979年8月1日09JSTの台風第9号付近における輝度温度分布図

左上:Wisconsin形式データから求めた輝度温度
 左下:HR-FAX赤外面像用/温度変換テーブルから求めた輝度温度
 右上:赤外強調画像の階調
 右下:左下を補正式で補正して求めた輝度温度

眼の中心の緯度経度は20.6N、123.2E、画像サイズは縦横約1000km四方である。
 左上の画像上の縦横の線は緯経度線、
 左下及び右下の画像上の縦横の線は図15作成時に記入した緯経度線、
 その付近の不連続線は原画フィルム作成時に重畳された緯経度線を表している。

5.3 高分解能円形画像データと既存の VISSR 画像データ利用上の注意点

高分解能円形画像データと既存の VISSR 画像データの違いや両者を利用するときに注意すべき点は次のとおりである。

- ① 可視画像の場合には、反射率が同じでも高分解能円形画像データと VISSR 画像データの 64 階調輝度レベルは異なる。そこで、高分解能円形画像データと VISSR 画像データを組み合わせて利用する場合には、64 階調輝度レベルではなく反射率を使うことが望ましい。
- ② 原画フィルムをスキャナで読み取るときの出力解像度は原画フィルムの距離分解能より細かく、HR-FAX 画像と高分解能円形画像データのライン数はほぼ同じである。したがって、高分解能円形画像データの距離分解能は、衛星直下点において赤外画像で約 5km、可視画像で約 2.5km である。一方、VISSR 画像データの距離分解能は赤外画像が 5km、可視画像は 1.25km である。つまり、赤外画像の場合は衛星直下点において高分解能円形画像データの距離分解能は VISSR 画像データとほぼ同じであり、可視画像の場合には高分解能円形画像データは VISSR 画像データほど細かい空間変動は表現できない。
- ③ 赤外画像の高分解能円形画像データには、その作成段階で複数の原因の誤差を含むため、特に低温部を中心にピクセル毎に輝度温度が大きくばらつく場合がある。

6. デジタル化写真原画や Wisconsin 形式データ及び高分解能円形画像データの利用について

デジタル化写真原画や Wisconsin 形式データは一般ユーザーへ提供する。また、高分解能円形画像データは部内で調査、研究等に利用することを目的とするが、一般ユーザーから要望があれば提供する。

デジタル化写真原画は、1978 年 4 月 1 日 09 時 (JST) の原画フィルムの画像から読み取る作業を開始した。デジタル化写真原画や高分解能円形画像データは、2008 年 10 月現在まだ作業中であり、全期間の作成が完了する時期は未定である。

7. まとめ

GMS のアナログデータしか保存されていない期間の原画フィルムをスキャナで読み取り、デジタル化写真原画を作成した。作成期間は、表 3 に示す。また、デジタル化写真原画をもとにして、輝度レベルを輝度温度・反射率に変換するためのテーブルを含む高分解能円形画像データも合わせて作成した。

高分解能円形画像データ(赤外画像)は、原画フィルム作成時の濃度のばらつきや経年劣化等の影響により、デジタル化写真原画の輝度レベルをそのまま輝度温度に変換したのではデジタルデータである高分解能円形画像データに大きな誤差を生じる。このため、HR-FAX 赤外画像用/温度変換テーブルから求めた輝度温度と Wisconsin 形式データから求めた輝度温度の関係を調べ、前者の輝度温度は後者の輝度温度に比べ 7K 程の正のバイアスを持つため、補正式により補正した輝度温度を利用する必要がある。補正式により補正した輝度温度の標準誤差は 4.4K であるが、補正式による補正でバイアスは解消していることが判る。しかし、作成段階で複数の原因の誤差を含むため、特に低温部を中心にピクセル毎に輝度温度が大きくばらつく場合があるので、利用の際には注意が必要である。特に、低温部における隣り合う階調間の雲域では境界が不明瞭になる傾向が見られる。

謝辞

高分解能円形画像データへ変換するプログラムを作成していただいた気象庁予報部予報課佐々木予報官、本報告の内容について、的確なご指摘及びご教示を賜りました査読者に感謝申し上げます。

参考文献

- 神子 敏朗、1980:写真処理システム、
気象衛星センター技術報告(特別号 I-1)、
GMS システム総合報告、89-100
- 木場 博之、1980:衛星写真の処理とその光学的特性
について、
気象衛星センター技術報告第2号、27-41
- 気象衛星センター、1983:静止気象衛星資料利用の
手引き、33-38