

「ひまわり」の観測システムとそのデータ処理について

渡辺和夫 (気象衛星センター)

1. はしがき

静止気象衛星(GMS・ひまわり)の利用は、本年4月から本格的な運用に入り、各国の気象機関に公示したスケジュールに基づく雲観測とその成果のFAX配布を行っている。

「ひまわり」のミッションは—

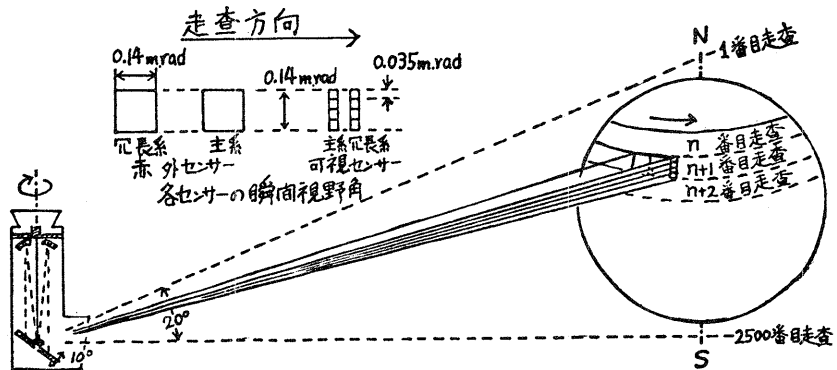
- 1) 可視と赤外領域での雲観測
- 2) 取得画像のFAX配布
- 3) 通報局で観測したデータの収集
- 4) 宇宙環境のモニタ

であるが、ここでは可視と赤外領域での雲観測ならびに取得画像のFAX配布を中心としたデータ処理についてのべる。

2. 可視・赤外走査放射計による地球観測のメカニズム

可視・赤外走査放射計(VISSR—Visible and Infrared Spin Scan Radiometer)は赤道上空約35,780kmの彼方から地球上にある数kmの大きさの雲を識別するために、口径約41cm、焦点距離約291cmのRichey-Chretien式反射望遠鏡を採用しており、像を結ばせることなく、焦点面での可視エネルギーを光電子増倍管で電気信号に変え、赤外放射エネルギーを半導体(HgCdTe)で電気信号に変えている。従って、撮像のためには衛星のスピンを利用して水平走査(東西走査)を行い、望遠鏡の光軸に約45度の傾きで取付けた走査鏡の傾きを±5度の範囲で変化させることにより、20度の宇宙空間を走査することができる。

衛星の軌道傾斜角は±1.0度以内に制御され、スピン軸は軌道面垂直から0.5度以内に姿勢制御されているので、衛星位置からの視角が17.4度である



第1図 可視・赤外走査放射計(VISSR)による地球走査の様子を示す。

地球は20度の宇宙空間走査により観測することが可能である。赤外観測の要求解像度 $140 \mu\text{rad}$ (行星直下の地球上で 5km) を得るために、走査鏡を土5度傾けるのに2500ステップを与え、その走査線番号は画信号に付けて地上に送られてくる。可視観測の要求解像度 $35 \mu\text{rad}$ (行星直下の地球上で 1.25km) を得るためには、可視焦点面に置いたプリズムに取付けた光ファイバで4等分し、4個の光電子増倍管に導いている。衛星ではその信頼性を増すために可視、赤外センサに夫々同数の冗長系を備えている。

光電子増倍管からの出力は前置増中、利得調整され、バッファをへてVLSRマルチプレクサ・モジュレータ(VMM)に入れられる。VMM内で可視信号は6ビットに量子化することによって64階調を与えられる。

赤外放射エネルギーは 93.5°K に保たれた赤外検出器 HgCdTe で電気信号に変えられ、前置増中、直流再生の後、バッファをへてVMMに入力される。VMM内では対照となる温度範囲 $+50^\circ \sim -70^\circ\text{C}$ を 0.5° の分解能で測る要望に応じて8ビットに量子化することによって256レベルを与えている。

次には量子化されたデータのフォーマット化がなされる。1赤外画素と4可視画素分の可視各チャンネルのデータで1マイナーフレームを構成し、一走査線データは前置ビットパターン、フレーム同期、走査線番号のあとに数多くのマイナーフレームを連結させた形になっている。

この毎秒14メガビットの情報量をGMSのVLSR送信に割り当てられた20MHz帯域を使って地上局に送るため、84MHzの中間周波を4相差動位相変調し、Sバンドで送出している。

3. 気象衛星通信所における画信号の前処理

衛星からのVLSR送信電波は、埼玉県鳩山村にある気象衛星通信所の直径18mのパラボラアンテナで受信され、70MHzの中間周波で4相多重復調装置に入力される。復調と多重変換の終った信号はシンクロナイザー・データバッファ(S/DB)に入力され、可視データはデータバッファに、赤外データはミニコンメモリに一時的に入る。S/DBから出力される段階で、衛星スピンの20度の間に観測されたIR、Vis1、Vis2、Vis3、Vis4データを夫々72度にストレッチさせることにより連続した直列データとし、同期コード、グレースケール、ドキュメンテーションが付加される。

ストレッチVLSRデータは気象衛星通信所からマイクロ回線で清瀬の気象衛星センターに伝送される。

4. 気象衛星センターにおける準備作業

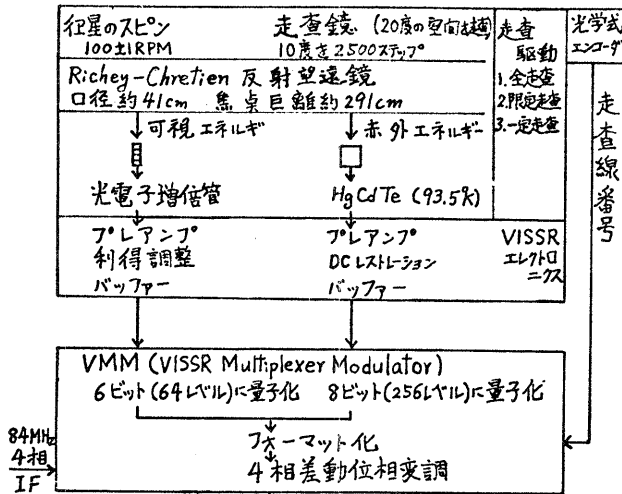
S/DBによる画信号の前処理及び衛星センターでの画像処理に、衛星軌道の予測値と姿勢予測値は不可欠な要素であり、そのための作業が別途行われる。

軌道の算出と予測——気象衛星通信所(主測巨局)、石垣島とオーストラリア)の両従測巨局の3点と衛星を結ぶ直距離を電波で測る3点測巨作業を1日4回行うことによって衛星軌道の6要素を当日夕刻に計算する。また、これを初期値とし、摂動を考慮した衛星の運動方程式を用いて軌道予測を行う。その精度は1日後に衛星直下位置 1.25km (可視データ1画素)以下である。

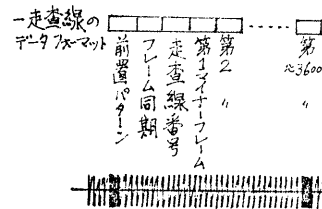
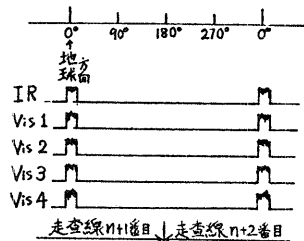
姿勢の算出と予測——軌道の算出と予測に引続いて姿勢の算出と予測を行う。当日の日中に観測された可視画像5枚を用い、その各々の画面で鮮明に認められるランドマークを選択指示し、衛星の基準姿勢から見た場合のランドマーク情報との対応関係を、軌道予測データを基にして計算し、統計的手法をも用いて、衛星直下点で5km（赤外データ1画素）以下の精度で姿勢を算出

第2図 VISSR信号の流れ

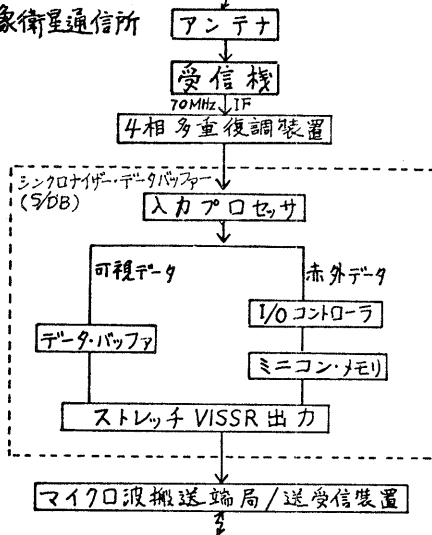
静止気象衛星



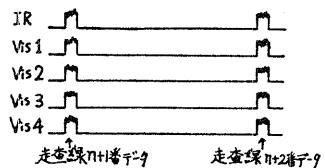
衛星のスピンの関係



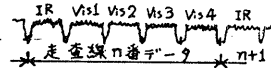
気象衛星通信所



- ・復調
- ・多重変換

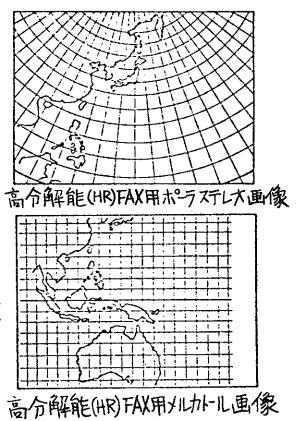
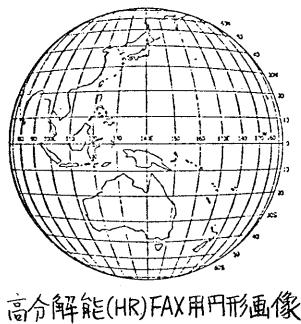
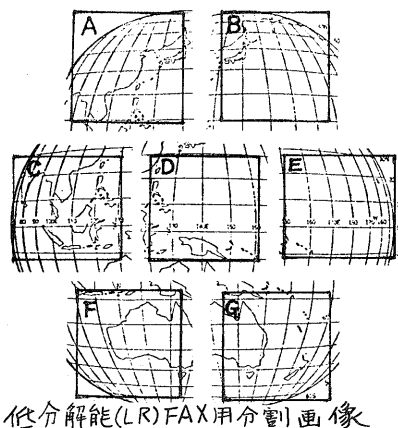
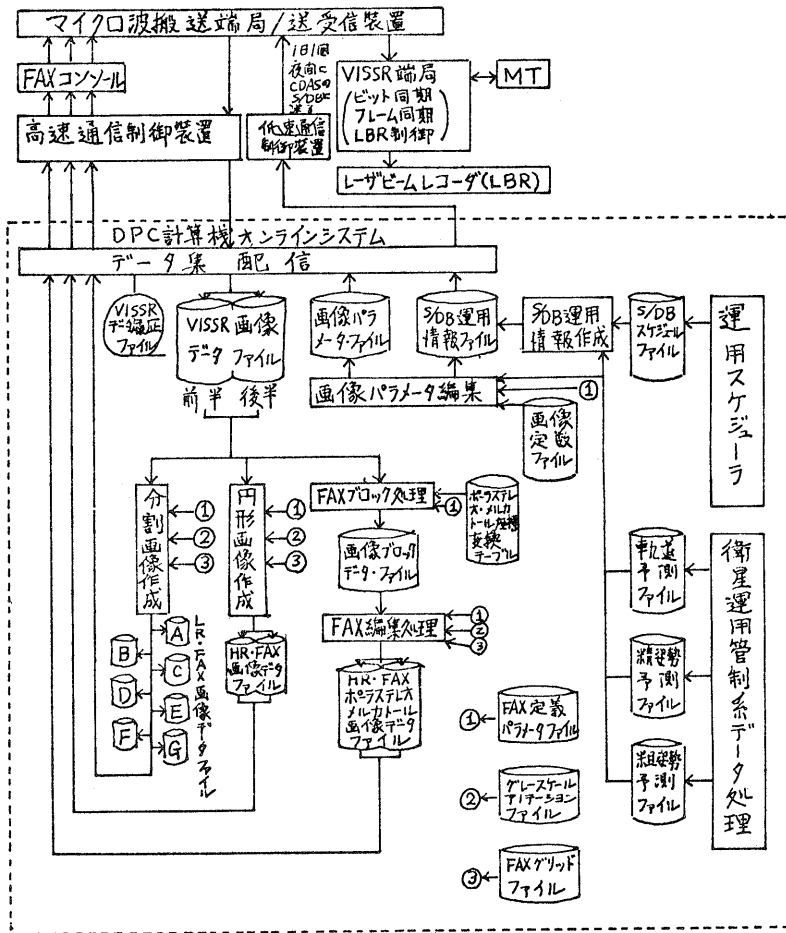


- ・同期コード
- ・出力のフォーマット化
- ・ゲインスケール
- ・ドキュメンテーション



第3図

衛星センターにおける画信号の入力から画像処理とFAX出力までの流れ



し、3日先までの姿勢変化を予測する。

軌道ならびに姿勢の予測情報は画像取得スケジュール、画像定数情報と共に夫々のファイルから集められてS/DB運用情報ファイルを作る。この情報は1日/回、主に夜間に行われるが、低速通信制御装置を経てマイクロ回線により気象衛星通信所へ送られ、S/DB磁気テープの内容を更新させる。この情報に可視・赤外データの補正表や経緯度線を加えるグリッドテーブルを加えることによりS/DBでこれ等を使った処理を行うことも可能であるが、現在は行わず、気象衛星センター内のオンライン系画像処理の段階で行っている。

オンライン系画像処理にもほぼ同じ内容の情報を必要とするので、画像パラメータ・ファイルとして準備しておき、その情報は必要に応じてデータ集配信業務に渡される。

5. 気象衛星センターにおける画像処理 (その1. オンライン処理)

マイクロ回線により送られて来た画信号は高速通信制御装置を介してオンライン系計算機に入力されると共に、マイクロ波搬送端局から信号を分岐して磁気テープに記録し、画像処理のバックアップシステムとして必要に応じてレザビームレコーダ(LBR)でドライシルバフィルムに記録させる。

計算機に入力されたデータは画像パラメータ情報と共にディスクに入ってオンライン処理用のVISSR画像データファイル(処理時間を縮小するために北半球と南半球に命じた2つのファイルになっている)を作ると共に、バッチ処理用のVISSRデータ履歴ファイルを磁気テープに作る。

計算機内では運用スケジュールの管理のもとにデータ集配信業務として、まず、VISSR画像データファイルのデータをもとに、FAX定義パラメータ情報、グレースケール情報、注釈情報、FAXグリッド情報を用いて、グレースケールと注釈(観測日時等)の付加、階調補正、ライン抜けの補間、縮小拡大、ベンチマーク付加、経緯度線と海岸線の付加して高分解能(HR)FAX画像データファイルを作り、放送スケジュールに従って、高速通信制御装置、FAXコンソールを経てマイクロ回線により気象衛星通信所に送られる。

次には低分解能(LR)FAXの画像作成に移る。低分解像度の受画方式でしかも細かい局地情報を提供するために、全円形を7分割して夫々7個の画像データファイルを作り、ABC順に送出している。

最後に作られるのがポーラステレオ図法とメルカトール図法に画像を投影変換したFAX画像である。一つ一つの画素について座標変換の計算を行うのは時間の浪費なので、実際には画像のブロック処理という方法をとっている。これは、FAX画面を多くの四辺形で分割し、その4頂点に対応するVISSR画面上の位置を変換式で計算して求め、四辺形内の各画素の対応位置は補間により与える方法である。メルカトール図法は低緯度地方の国々の天気図に使われており、ポーラステレオ図法は中高緯度地方の国々の天気図に使われている。投影変換には時間がかかるので、観測から2時間後に放送することになる。メルカトール画像は高分解能(HR)FAXで1日4回伝送しているがポーラステレオ画像は国内用にしか使っていない。

6. 気象衛星センターにおける画像処理 (その2. バッチ処理)

オンライン画像処理で作られたVISSRデータ履歴ファイル(磁気テープ)

をバッチ系計算機に移して次に挙げる諸処理作業を行う。

雲頂高度の決定処理——画像データファイルを準備し、マンマシンインタラクションにより作業は行われる。画像処理コンソールに処理を行う範囲の部分画像を表示し、カーソルダイアルを使って雲(領域)の位置を指定する。画像には勿論赤外データを用いる。雲領域を代表する観測等価黒体温度の決め方には3つの方法があり、(1)広い領域(約 $100 \times 100 \text{ km}$)内の平均温度、(2)同じ広い領域内で最多出現度数をもつ温度(モード法)、(3)狭い領域(約 $50 \times 50 \text{ km}$)内の最低温度(最低温度法)のいずれかを指定する。層状雲の雲頂高度決定には(1)がよく、切れ向のある雲には(2)が適し、積雲や積乱雲には(3)を用いる。また雲頂温度を求めるには雲頂部での赤外放射の射出率を指定する必要がある。積乱雲のように雲粒の密度大で粒子も大きい場合には雲頂面を黒体とみなし、射出率を100%とすることもよりが、上層雲の場合には、雲が霞かたり隙間があるために下方からの放射エネルギーが混入して、雲頂面からの射出率が60%~40%と少なくなってしまう。現業的には雲型と雲厚を組合せて一応の射出率を指定している。雲頂温度から雲頂高度を求めるには、経緯度5度の格子桌ごとに地表から100mbまでの鉛直気温分布の月間統計値3か月分を用意し、気団指定により1づれかの月の統計値が使われる。処理結果はX-Yプロッター、ラインプリンターに出力される。

風ベクトルの算出処理——略(浜田忠昭: 静止気象衛星(ひまわり)画像からの雲移動量算出処理方式と品質管理について……を参照)

海面温度分布と雲量分布の算出処理——5日または10日の期間に得られた赤外温度データのヒストグラム分析により処理されるもので、一応ルーチンの前に成果を出してはいるが、未だに研究開発の要素が多い。

7. 気象衛星センターにおける画像処理(その3. 写真処理とパターン表示)

FAX画像データをもとに次の写真処理が行われる。

- 1) 動画の作成——36時間と72時間の2種類を作り、時間内における雲や擾乱の動きと発達等を理解する。
- 2) マルチカラー表示——可視画像と赤外画像を異なった色(赤と緑)で重ねることにより雲の性質と特徴を理解する。
- 3) 偽似カラー表示——雲頂高度の分布や海流の状況を色パターンとして理解し記録できる。

以上1)~3)の情報を理解し総合した上でFAX画像の雲システムを記号表示し、パターン化した雲解析図を作成する。

参考文献

宇宙開発事業団; 静止気象衛星仕様書
小平信彦、村山信彦、山下洋、河野毅; 静止気象衛星GMS(ひまわり)、天気
25, 4