

気象衛星通信所における GMS-3 ミッション チェック及び関連作業について

GMS-3 mission check and relative works carried out at Command and Data Acquisition Station

気象衛星通信所*

Command and Data Acquisition Station, MSC*

1. はじめに

GMS-3のミッションチェックは、衛星が東経140°の赤道上空に静止した翌日の、8月17日から宇宙開始事業団の施設で始められた。ここで、Sバンド・アンテナの指向調整と通信系の簡単な動作確認が行なわれた後、場所を気象衛星通信所に移し、8月20日からちょうど一ヶ月をかけ詳細な機能及び性能の確認試験が行なわれた。

ミッションチェックは、衛星が宇宙開発事業団から気象庁に引渡される前に、衛星が業務に支障なく使用できるかどうかを確認し、且つ、より精度の高い気象データを引出すために、性能を確認することが目的である。従って試験は多項目に、且つ、詳細に行なわれ、疑わしい結果については再試験や原因の究明を行ないながら、慎重に進められた。また、精度良く、能率的に試験作業を進めるためには、地上通信系の基礎データ（レベルダイヤグラム等）取得や、測定用計算機のソフト改造等、事前の準備作業も種々あった。

以下に、気象衛星通信所で行なわれたこれら一連の作業について報告する。

2. GMS-3 ミッションチェック事前準備

気象衛星通信所では GMS-3 のミッションチェック・スケジュールに添って、この期間に使用する各機器の動作確認を行うと共に、基礎データの取得やリハーサルをミッションチェックの事前実施して本番に備えた。

2-1. 通信機器の保守

ミッションチェックは GMS-3 の機能や性能を確認するのが目的であるが、この測定試験は地上通信機器や測

定器を用いて行なわれる。即ち、通信機器自体も測定系の一部として使用するため、これらの通信機器は、所定の性能と安定動作が強く要求される。

ミッションチェックには、この期間運用から外した系である既設系通信機器を使用して実施した。この系の定期保守スケジュールを例年より早くし、保守内容についても、ミッションチェック実施上の重要な要素となるレベルダイヤグラム（受信アンテナから各復調装置まで、および各変調装置から送信アンテナ迄の各ポイントに於ける信号レベル）の測定等々、例年の保守より項目を増やし、慎重に実施した。

また、この保守で不安定動作が発見された機器等の整備と修理を行いミッションチェックに備えた。

2-2. 改造

(1) コリメーション・衛星シミュレータ装置

コリメーションには疑似衛星機能を有する衛星シミュレータ装置があり、この装置を使用することにより衛星を中継せずに、テレメトリ・コマンド系のシステム試験を行なうことができる。この度、ミッションチェックを前にして GMS-3 に対応できるよう、この装置を改造し、事前に地上システムの動作確認を行なった。

(2) 衛星回線状態解析プログラム

気象衛星通信所には、衛星から送られて来る信号を自動測定する装置が有る。

この装置は計算機、スペクトラムアナライザ、プリンタおよびプロッタ等で構成され、信号や周波数を自動的に測定し、プリンタやプロッタに出力するもので、日常の衛星回線の監視を効率的に行なうために不可欠のものである。

今回、GMS-3 のミッションチェックのためにプログラムの改造を行なった。

* 桃井保清・阿部伝家が担当した。

なお、気象衛星通信所の通信機器はテレメトリ系とコマンド系を中心に、GMS-3に対応できるように改造が行なわれているが、詳細については別の機会にゆずる。

2-3. 基礎データの取得

GMS-3の送受信機能および性能の測定試験を行う場合、気象衛星通信所の送信系、受信系、および単体機器の特性が基礎となっているため、送受信系レベルダイヤグラムの確認や送信機の入出力特性、並びに単体機器の機能・性能を確認し、このデータをミッションチェックデータの評価を行う際の基礎データとした。

2-4. ミッションチェック・リハーサル

GMS-3のミッションチェックの本番に先がけて、8月14日には通信系(HR-FAX)、8月15日にはVISSR系について、試験手順を確認しながらリハーサルを実施した。

なお、ミッションチェックでは、コマンド系、S/DB装置、コンソール、データレコーダおよび回線測定等の各ブロックに分れて作業が進められたが、総指揮者と各作業班間の連絡を密にし、作業をスムーズに進めるため、拡声装置とマイクロホン(5本)を設けた。これは後々まで有効に使用された。

3. ミッションチェック実施内容

ミッションチェックは、GMS、および、GMS-2で行なわれた過去の実績と経験を生かし、宇宙開発事業団と気象庁の協力作業として行なわれた。結果はすべて評価基準を満足していたので細部については省略する。

ここでは、試験項目毎に、測定の目的と測定原理、および、測定方法等について、CDAS通信機器との関係を含め、簡単に紹介する。

3-1. 通信系試験

通信系の試験は、図1の測定系統図に示すように、Sバンド送信系、受信系とUHF送信系、受信系をスペクトラムアナライザとデスクトップコンピュータから成る測定系に接続して行なわれた。

3-1-1. 測定の目的・原理及び測定方法

(1) アンテナパターンの測定試験

この測定試験は、GMS-3のSバンド送信・受信アンテナの東西方向パターンを確認することにあるが、このアンテナは、送受信兼用となっているため、中継モード

では送受信パターンは合成されたものとなる。この分離を行うには、まず、送信アンテナパターンを測定し、次いで合成アンテナパターンを測定、その差より受信アンテナパターンを算出する。

送信アンテナパターンの測定は2通りあり、その1つはテレメトリ信号の搬送波を受信しながら、アンテナ方位を 2.55° づつ東西方向に 10.21° まで移行させて行う。この方法は角度が大幅にずれた場合、テレメトリ信号は、もともと送信電力が少ないため、地上での受信レベルが更に小さくなって、測定精度が悪化する。

これを補うため、衛星を中継モードにし、地上からノミナルレベル(1kw)のHR-FAX信号を発射し、そのダウンリンク信号レベルを測定した。

この場合は、衛星のアンテナがCDASに対して10数度ずれた状態にあっても衛星のトランスポンダが常に飽和することになり、衛星の送信電力は一定に保たれる。

受信パターンは合成パターンと送信パターンの差によって作図するため、まず、合成パターンを測定する。

合成パターンの測定は、アップリンクするHR-FAX無変調信号電力を衛星のトランスポンダが飽和しないレベル(1W: -30 dbm)にしぼって発射し、そのダウンリンク信号を受信しながら行った。

(2) EIRPの測定試験

EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power: 実効ふく射電力)は等方性アンテナを基準にしたアンテナの利得とアンテナに供給される電力(送信機出力より給電損失を引いた分)の積で表わされ、この測定は衛星から設計通りの電波がふく射されているかどうかを確認するために重要な試験である。

測定原理としてはCDASで測定したダウンリンクレベルに諸損失電力(伝搬損失、CDAS受信アンテナのビームずれによる損失および衛星の送信アンテナ・ビームずれによる損失)を加算することで算出できる。

ダウンリンクレベルの算出はIF(中間周波数)帯の測定レベルから局内総合利得(アンテナ利得も含む)を差し引いて求める。

伝搬損失 L_0 (db)はCDASと衛星との距離を D (km)、周波数を f (MHz)とすると次式で求めることができる。

$$L_0 = 32.44 + 20 \log f + 20 \log D$$

衛星の送信アンテナは赤道に指向しており、CDASとは約 6.5° のずれがあり、このため約1.4 dbの損失がある。

また、CDASのアンテナの追尾誤差は約 0.14° 見込ま

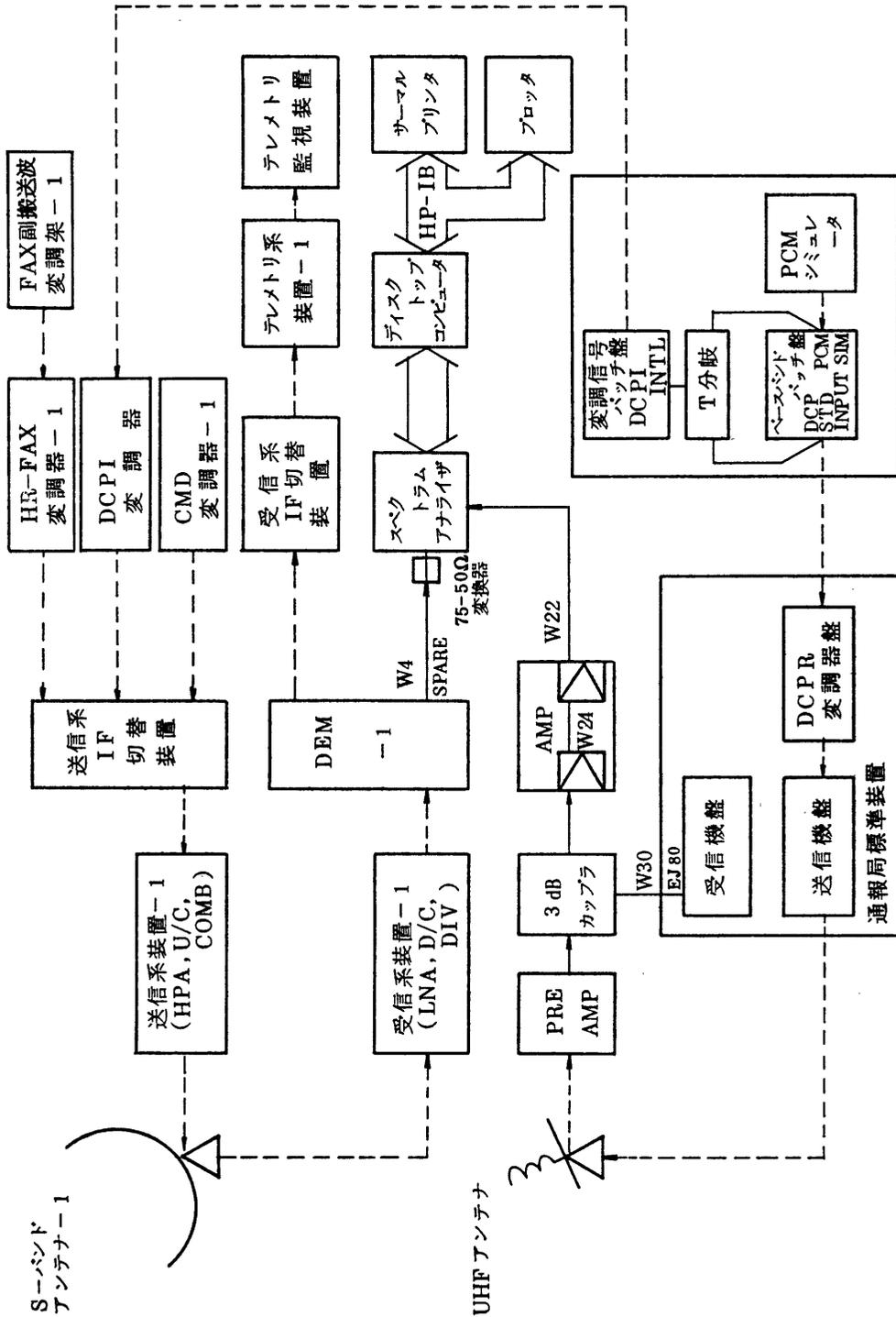


図1 通信系試験系統図 (S₃モード試験の例)

れ、これによる損失は約 0.6 db である。(UHF 回線では、衛星から地上向けは 0.7 db の損失、地上アンテナは固定だが、ビーム幅が広いため損失は無視できる)

測定方法は衛星回線自動測定装置により、IF 帯レベルを計測し、自動的に補正を行ってプリントアウトさせる。

(3) C/No の測定試験

C/No は復調器に入力する高周波信号電力 C と雑音電力 N の比 (C/N) をヘルツ (Hz) に正規化したもので、1 Hz 内に含まれる信号電力と雑音電力の比を表わしている。

一般に無線通信回線は、変調方式や変調信号周波数(ビットレート)によって占有周波数帯域幅 (BW) が異なるので、回線の質は通常 C/No で評価される。C/N と C/No との関係は次式で示される。

$$C/No = C/N \cdot 1/BW$$

C/No は衛星の EIRP と諸損失が一定だと仮定すれば、受信アンテナの利得と受信機の高周波増幅器の性能、すなわち、雑音指数(出力の C/N/入力の C/N)で決まるため、システムの基本設計段階でマージンを含めて設計しておかなければならない。

このように、C/No の測定試験は各回線の品質を確認するために重要な意味を有している。

測定では、衛星回線自動試験器により IF 帯信号レベルおよび雑音レベルを測定し、自動的に Hz 単位に変換を行なって C/No をプリントアウトさせた。

(4) 送信周波数の測定試験

この試験では周波数偏差と周波数安定度について行ない、周波数偏差(ノミナル値と測定値との差)にはついては電波法で定められた周波数許容偏差 ($\pm 300 \times 10^{-6}$ 以内) に入っているかどうかを、また、周波数安定度については、長期安定度が $\pm 1 \times 10^{-6}$ /年以内、短期安定度が、 $\pm 1 \times 10^{-9}/0.5$ 秒以内に入っているかどうかで評価されるが、ミッションチェックでは、長期安定度を対象とした。評価は、地上に於ける初期システム試験時の測定値とミッションチェック時の測定値との比較で行なわれた。

測定方法は、CDAS 局内受信 IF 信号を衛星回線自動測定装置および周波数カウンターに入力し、測定値をプリンタにて出力するが、これを各回線について行った。

(5) ダイナミックレンジの測定試験

一般に、ダイナミックレンジとは、入出力変換装置において、出力を所定の性能に維持させるための入力範囲をいう。

GMS-3 の S バンドトランスポンダ、および UHF トランスポンダは、一定以上の入力に対する出力を一定に保つ、リミッタ特性を持たせてある。その効果を確認することがこの測定の目的である。

DCPR トランスポンダについては、リニア特性範囲で行なう。

この測定は、地上のアップリンク信号レベルを変化させたときのダウンリンク信号レベルを、衛星回線自動測定装置に入力させて自動計測を行ない、同時に結果をプロッターに出力させた。

(6) S バンド広帯域トランスポンダの周波数特性測定試験

この試験では、S バンドトランスポンダの周波数対振幅特性を測定する。

測定原理は、S バンドトランスポンダに一定レベルの信号を加え、この信号の周波数を変化させたときの出力レベルを計測する。

この手順は、マイクロリンクアナライザを用いることにより、自動的に行なわせることができる。

マイクロリンクアナライザは、70 MHz 帯の送信部と受信部で構成されていて、送信部には、振幅成分信号(オシロスコープの縦軸成分用信号で、83 KHz、250 KHz、500 KHz 等。周波数の低い方が分解能が良好)と、スイープ信号(オシロの横軸成分用信号で、60 Hz)の 2 つの変調信号を使用する。

また、受信部には、送信部の 2 信号を復調する機能を備えている。

この試験に於ては、図 2 に示すように、測定信号は、測定送信部→CDAS 送信部→S バンドトランスポンダ→CDAS 受信部のルートを通ずるため、各部の特性が合成されてしまう。したがって、測定データから地上系の特性を差し引いて、S バンドトランスポンダの特性を分離する必要がある。

測定方法は、マイクロリンクアナライザの送信部を、送信 IF 合成器に接続し、レベルを適性化すると共に、中心周波数およびスイープ幅を規定値に設定する。

また、受信部は IF 切替架に接続し、2 信号を復調し、各部を調整してブラウン管上に周波数対振幅特性を描かせた。

(7) S バンド広帯域トランスポンダの相対群遅延時間変動測定試験

この試験は衛星で受信された電波の電気信号が、トランスポンダ内の増幅器やフィルタを通過する際に遅れる時間の変動分を測定するもので、一般に、帯域内でフラットな中央附近(ミッションチェックでは MRS 信号の

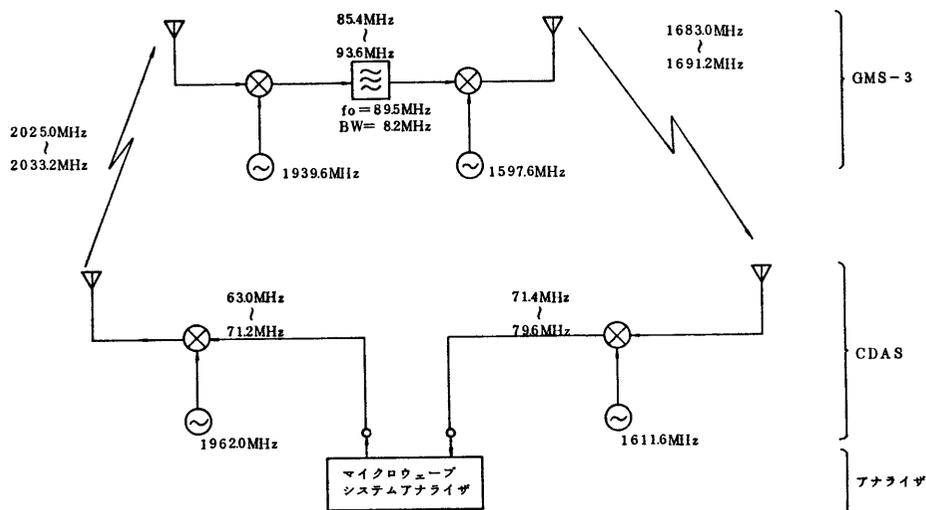


図2 Sバンド広帯域トランスポンダの特性試験系統図

附近)を基準として、帯域全体にわたって相対的な遅延量を測定する。

三点測距では絶対遅延時間を測定して距離を算出しているが、相対群遅延時間の変動は測定距離の変動分として影響するので、できる限り変動分の少ないシステムが望ましい。

測定方法は周波数特性試験と同様、リンクアナライザを使用し、ブラウン管上に両方の特性を同時に描かせて測定を行った。

(8) S₁~S₄モード帯域内スプリアス(相互変調積を含む)の測定試験

これらのモード時には、衛星のトランスポンダは、2以上の信号を同時に中継するが、中継の特性上スプリアスが発生する。

スプリアス(Spurious)とは送信機より発射される電波の周波数帯に接近して発射される不用波のことで、一般に情報の伝送に影響を与えないでレベルを低減できるものを云い、高調波、低調波、寄生発射および相互変調積(Intermodulation)を含み、変調による側波帯は含まない。

GMS-3のトランスポンダでは高調波、低調波は帯域外であり、フィルタにより低減されるから問題は生じないが、送信機の動作が正常でない場合には寄生発射が生じる可能性がある。実際に大きなレベルとして生じるスプリアスは相互変調積であり、周波数の選定いかんによっては混信となる。

相互変調積の発生原因は送受信機の非直線性に起因し

て発生する。ところが、衛星のトランスポンダ(SバンドおよびUHF共同様)にはハードリミッタが実装されており、これがリニア特性ではないために相互変調積が発生する。

いま、希望波とその他の2波(例えばMRS, TARS-1, TARS-2)を想定し、それぞれ、 f_0, f_1, f_2 とすると、相互変調積成分 F は次式の関係となる。

$$F = p(f_0 \pm f_1) \pm q(f_0 \pm f_2) \quad p, q = 1, 2, 3, \dots$$

(GMS ミッションチェック時には各モード毎にこれらを算出して測定の参考とした)

これらを受信する場合、希望波 f_0 、その他の波 f_1, f_2 、中間周波 f_{if} および映像周波 f_{im} とすると、次の関係式を満すとき相互変調妨害が発生する。

$$f_0 = mf_1 \pm nf_2, \quad f_{if} = mf_1 \pm nf_1 \pm nf_2,$$

$$f_{im} = mf_1 \pm nf_2$$

但し、 $m, n = 1, 2, 3, \dots$

測定は、S₁~S₄の各モードに於いて考えられる組合せの各信号を、地上から同時に発射し、そのダウンリンク信号のスペクトラム(レベルおよび周波数成分)を、衛星回線自動測定装置にて自動的に計測させてプリントアウトさせた。

(9) 電力束密度の測定試験

電力束密度(Power Flux Density)の定義は、電波伝搬に於て、伝搬方向に直角な単位面積(1m²)を通過する電波のエネルギーのことを意味している。

仮りに、宇宙局に地上局と同一周波数が割り当てられているとすると、お互いに混信の生じる可能性があるが、アンテナ・ビーム方向が互いに向き合う極地方ほど混信度合いが多くなる。

このため、国際電気通信条約 附属無線通信規則、追加無線通信規則および電波法では地域ごとに、次のように地表面積電力束密度の上限を定めている。

仰角 $0^\circ \sim 5^\circ$: $-154 \text{ dbw/m}^2/4 \text{ KHz}$, $5^\circ \sim 25^\circ$: $-154 + \frac{\delta-5}{2} \text{ dbw/m}^2/4 \text{ KHz}$, $25^\circ \sim 90^\circ$: $-144 \text{ dbw/m}^2/4 \text{ KHz}$, 但し、 δ は度で示す仰角であり、 $5^\circ \sim 25^\circ$ の範囲は傾斜をもたせて細分化している。

単位面積当りの電力束密度 PFD は、次式で表わされる。PFD = $P_u/4\pi d^2$, 但し、 P_u : 衛星の実効ふく射電力 (EIRP), d : GMS-3 と地表面との距離。

測定は EIRP の場合と同様で、衛星回線自動測定装置により、CDAS 局受信 IF レベルを測定する。

いま、計測レベル S (測定分解能帯域帯を 4 KHz に換算、例えば 1 KHz で測定した場合は 6 db 加算、また、VISSR 信号については雑音と同じようにみなして、雑音応答特性の補正として更に 1.7 db 加算する)、局内総合利得 G (アンテナ利得を含む)、伝搬損失 L、およびアンテナビームずれ角による損失 D とすると P_u (EIRP) $\text{db} = S - G + L + D$, これより、地表の電力束密度 PFD (db) = $P_u - 10 \log 4\pi d^2$ として求めることができる。

(10) VISSR 信号のスペクトラム測定試験信号

VISSR のスペクトラム電力束密度 W_f は次式で表わされ、広帯域に拡散される。

$$W_f = \frac{2Pt}{f_b} \left(\frac{\sin x}{x} \right)^2 \text{ [W/Hz]}$$

但し、 $x = 2\pi \left(\frac{f-f_c}{f_b} \right)$ f : 周波数 [Hz]

f_c : 搬送波周波数 1681.6×10^6 [Hz]

f_b : ビットレート 14×10^6 [bps] Pt : EIRP

VISSR 信号 (PCG 信号も同様)、下側の第 2 側帯波が電波天文帯域内 (1660 MHz ~ 1670 MHz) に入っていることから、衛星の送信機ではフィルタを挿入して低減を計っている。

ミッションチェックでは、衛星回線自動測定装置により、この帯域内のレベルを測定し、フィルタ効果を確認した。

(11) S₉ モード測定試験

月食と日食時には、太陽光が衛星の太陽電池に入射しなくなることがあり、バッテリーの充電量が不足する。また、この時、衛星内の熱バランスがくずれ、衛星に搭載

している各発振器は、恒温槽を使わない周波数補償回路を使用しているため、補償しきれず、発振周波数は変動する。この期間は、バッテリーによる小負荷運用に切り換えるため、電力消費の大きい画像取得や FAX 放送は行なえない。

ミッションチェックでは、テレメトリ信号と DCPR 信号の周波数変動を測定した。

測定は、受信 IF 信号を衛星回線自動測定装置および周波数カウンタに入力し、食期間中、ペンレコーダにて連続的に記録した。

(12) 三点測距離試験

距離測定は、電波伝搬に要した時間を測定し、距離に換算することで行なわれる。

ミッションチェックでは、距離と距離変化率および、これ等のバラツキ等について測定する。

測定条件としては、Sバンドトランスポンダを通過する信号の組み合わせ (MRS, TARS-1 および TARS-2 の各送信レベルもそれぞれ変化させる) が、測定距離にどの程度影響を与えるかについて試験する。

なお、三点測距における誤差が発生する要因は、基本的には次の事項が考えられる。

ア 追尾誤差

受信機の PLL 位相ドリフトによる誤差、衛星の運動による動的誤差、および熱雑音による誤差。

イ 測定誤差

各局の局発をも含めた基準周波数の変動による誤差、位相計の誤差、校正誤差、およびデータ処理上の誤差。

ウ 各局の絶対延時間変動による誤差

測定の方法は、S₂ モード設定後、CDAS 局内の測距装置により、自動的に距離の計測を行い、その結果をプリントアウトさせた。

(13) 測距局オーダワイヤ試験

この試験は、測距局に設備されているオーダワイヤ回線の信号対雑音比を測定するため、送信局側から規定変調を行なった電波を発射し、そのダウンリンク信号を復調して測定する。

測定方法は、送信局側で低周波信号発生器から 0.3 KHz, 1 KHz, 3 KHz および 5 KHz の各変調信号を規定レベルに調整して変調器に入力する。

受信側では、その都度、信号対雑音比を測定してグラフに表わした。

3-1-2. 測定結果

各試験項目別に得られた生データは、所定の補正あるいは換算が行なわれ、打ち上げ前に工場等で得られたデ

ータ、あるいは、気象庁と宇宙開発事業団との間で、あらかじめ取り決められている評価基準値と比較が行なわれた。その結果、各機能・性能、および、特性等は、すべて基準の範囲内に入っていることが確認された。

3-2. VISSR 系試験

3-2-1. 測定の目的および原理

衛星は、ミラーやプリズムを含む機械的な走査を行い、地球や宇宙から到来する可視、および赤外光を各センサに集め、電気信号に変換して、VISSR データとして地上に送ってくる。

このため、VISSR 系の機能、性能を評価するには、その物理的、電気的、且つ機械的な面での試験を行ない、その取得データを解析する必要がある。

この解析は、気象衛星通信所で取得した信号の特性で行うものや、気象衛星センターのレーザービームレコーダにより画像化して行うもの、また、計算機処理により詳細に解析しないと判明できないものなどがある。

以下、前者に属する試験を中心に述べる。

なお、図3に VISSR 系試験システム図を示す。

(1) 標準走査モード試験

この試験は、地球の全球画像が所定の特性で取得できるかどうかを調べるのが目的で、走査方向、撮像範囲、走査線数、信号数、撮像所要時間、ミラー自動リバース機能、およびビット誤り率等が対象になる。

(2) 部分走査モード試験

このモードは、台風等の異常気象が発生した際、その範囲の地球画像を取得するためにある機能で、スキャンミラーのラピッド走査やリバース機構により、所定の部分画像が正常に取得できることを確認することがこの試験の目的である。

(3) VISSR 拡張フレームモード試験

通常の標準走査モードでは、スキャンミラーは、南北に2500ライン分移動するが、同じ範囲の運用を長く続けると、スキャン動作に異常をきたす恐れがある。このため、通常の2500ラインから更に南北方向に128ラインずつ、余分にスキャンさせる機能を設けており、この動作を確認するのが試験の目的である。

(4) S/DB 捕捉のための精密サンパルスのマージン測定

S/DB にて VISSR データを捕捉する際、衛星から送られて来る精密サンパルスを用いるが、この精密サンパルスのレベルが、どの程度のマージンを持っているかを調べ、衛星および地上系を含むシステムの総合的な性能を確認するのが目的である。

(5) 精密サンパルスと VISSR スキャン同期の試験

S/DB にて地球画像を取得する場合、通常、太陽の位置情報から地球の方向を計算してデータ取得のタイミングを作り出している。

この太陽位置情報には、精密サンパルスと VISSR デ

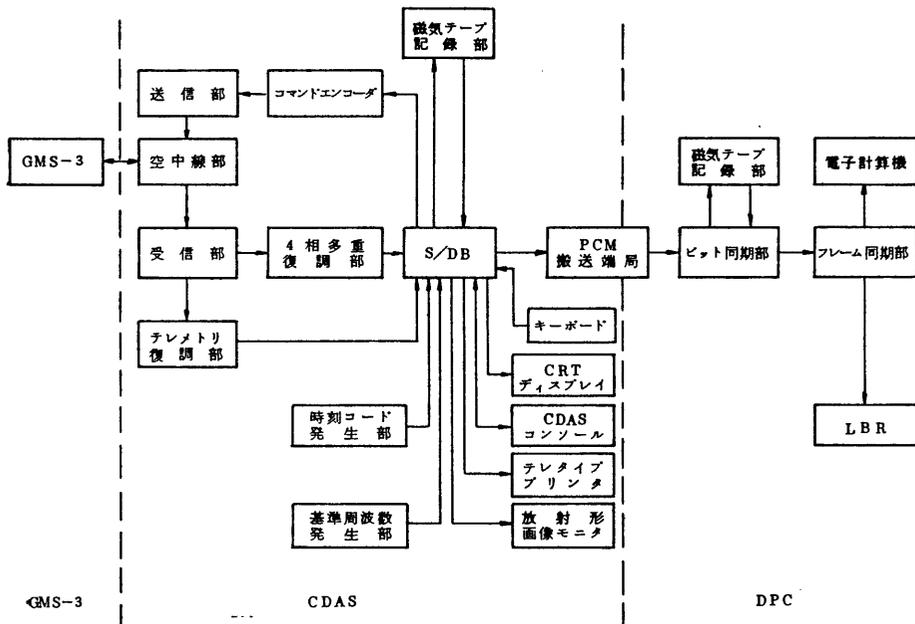


図3 VISSR 系試験システム図

ータの中に入っているデジタルサンカウント信号があるが、それぞれを使用した場合の捕捉時間と、スキャン同期タイミングの精度を調べるのがこの試験の目的で、特に、タイミングの精度は、取得地球画像の東西方向の精度に影響する。

この試験も、前述の(4)項同様、システムの総合的な性能を確認するのが目的である。

(6) VISSR 焦点調節試験

VISSRの赤外センサーの焦点は、地上からのコマンド操作によって調節することができる。焦点が正しく合った場合、静止軌道から見た地表の距離分解能は5 kmとなる。

以上、気象衛星通信所で行なわれた VISSR 試験について述べたが、その他に、以下の試験作業が行なわれた。

- (7) VISSR センサのレベル変動試験
- (8) VISSR 軌道上校正試験
- (9) サンおよびアースモード VISSR 画像取得試験
- (10) VISSR 星走査モード試験
- (11) 放射冷却形クーラー機能試験

VISSR 検出器を公称温度 95°K に冷却するための放射冷却形クーラーの機能確認試験で、宇宙開発事業団の施設で行なわれた。

3-2-2. 測定方法

(1), (2), (3) の試験は、S/DB をそれぞれのモードに設定し、衛星に所定のコマンドを発射して画像を取得する。

(4)は、地上のパラボラアンテナをオフセットし、精密サンパルスを入力レベルをノミナル値から、-3 db、-6 db、-9 db と減少させた時、S/DB が30秒以内に捕捉できる確率を測定する。

(5)は、スキャンミラーを、1ライン(宇宙空間)と1250ライン(赤道付近)に止め、S/DB をアナログモード、およびデジタルモードに設定し、ストップウォッチで捕捉時間を測定し、周波数カウンタでタイミングの精度(同期ジッタ)を測定する。

(6)は、スキャンミラーを赤道付近に止め、S/DB のビデオモータ出力から赤外チャンネルを選択し、帯域フィルタ (20 KHz~26 KHz) を通して、実効値型レベル計に接続し、そのレベルをペンレコーダにて連続的に記録する。次に、衛星にコマンドを発射して焦点を変化させ、出力レベルが最大になった所で止める。このことは、焦点が合えば最高画周波数成分のレベルが高くなることを意味する。

なお、焦点が正しく調節されたかどうかは計算機処理

で出力された画像データのヒストグラムでも確認されている。

(7)項~(10)項については、取得データを計算機で処理することにより評価が行なわれたが、(10)項の VISSR 星走査モード試験で、所定の星を観測する際、放射計の指向を短い間隔で変えていかねばならない。すなわち、衛星は1日で地球を1周するが、放射計は常に地球の方向を向くように設計されており、これを、宇宙座標系で見ると、1日で約 360° 回転することになる。

このため、観測する時刻に対象の星がどの方向にあるかを計算し、観測開始後は頻りにコマンドを発射し、放射計を星の方向に向けておかなければならない。

3-2-3. 測定結果

気象衛星通信所で確認できる試験については、すべて、その機能・性能が正常な範囲に入っていることが確認された。

特に、スキャン同期タイミングの精度は非常に良く、東西方向のランダムなズレ量(ジッタ)は、可視1画素の1/20~1/50程度であり、赤道上の距離に換算すると25メートル~60メートルと、画像利用上、十分な精度であることが確認された。

4. ミッションチェック中に経験した現象について

GMS-3 のミッションチェックは、GMS や GMS-2 時の経験を生かすと共に、過去のデータと比較検討しながら進めることが出来たが、以下に述べるような現象のため、ミッションチェックの進行に手間取るという一面もあった。

4-1. ドップラー効果による周波数の偏移

衛星中継信号の周波数測定を行い、衛星中継局発振周波数の長期安定度を計算した際、測定する時刻によってノミナル値からの偏移量に不可解な傾向が見られたが、地上系を調べても異常はなかった。

そこで、測定時刻における衛星の速度を計算し、ドップラー効果による偏移分を除いたところ、納得のいく結果が得られた。

ちなみに、ミッションチェック当時、GMS-3 は、地上高約3万6千キロメートルの上空を、平均時速220キロメートルのスピードで南北に“8”の字を描いて周廻しており、GMS-3 と気象衛星通信所の距離は、速い時に10メートル/秒以上のスピードで変化していた。

なお、ドップラー効果による観測周波数は次式で示さ

れる。

$$f=f_0\left(1\pm\frac{v}{c}\right)$$

ただし、 c は光速、 v は衛星と地上の相対速度、 f_0 はダウンリンク信号の送信周波数である。

4-2. GMS-2 中継によるノイズの混入

通報局呼出し回線 (460 MHz 帯, DCPI) の C/No を測定したところ、衛星の EIRP からの計算値、および GMS-2 ミッションチェック時の値より、約 3 db 低い結果が出た。地上系の再チェックを行なったが問題はなかった。その内に、GMS-2 中継のノイズが混入しているのではないかと云うことになり、GMS-2 の UHF 帯送信機を OFF にして再測定したところ約 2 db の改善が得られた。

これは、UHF ヘリカルアンテナ (7ターンのビーム幅が広い上に、GMS-2 が 145°E と GMS-3 とは 5° しか離れていない位置にあったためである。

4-3. 測距局 (TARS-2) の送信レベル設定

三点測距試験では、MRS, TARS-1, TARS-2 の3局からの信号を衛星中継で受信し、そのレベルを測定するが、TARS-2 のレベルが 3 db 以上低く、測定の時間帯

によっては 7~8 db も低い値を示した。

当時、GMS-3 の軌道傾斜角は、約 1.8 度で、この分、衛星は赤道から南北に移動するため、TARS-2 局固定アンテナの方向次第では、このようなレベルの低下は起きる。そして、TARS-2 局アンテナの方向および偏波面の調整と通信機の調整を行なうことになり、連日の奮闘の結果、レベルは正常になった。

5. あとがき

気象衛星通信所でのミッションチェックはちょうど1ヶ月で終えたが、準備期間を含めると相当長い期間、これに拘わる作業を行なったことになる。この間、ミッションチェックを円滑に進め、且つ、十分なチェックが行なえるよう、それなりの検討や工夫が行なわれた。この報告では、詳細な点までは述べなかったが、気象衛星通信所で行なわれたミッションチェックの概要は報告できたと思う。同じようなミッションチェックは、衛星打上げの度に、今後も行なわれるが、この報告が少しでも参考になれば幸いである。

最後に、今回のミッションチェックで御尽力された方々、それに、連日夜遅くまで奮闘された作業関係者の方々に深く感謝し、報告を終える。