

# 衛星通信回線自動測定

## Automatic Measurement of the Satellite Communication Link Characteristics

田中幸人\*  
Yukito Tanaka\*

### Abstract

The satellite communication link test, during the GMS-2 mission check, was automatically performed using the instruments under the control of a personal computer.

This report deals with the functions of the personal computer and the instruments used, and the measuring method of High Resolution (HR) facsimile link characteristics as an example.

### 1. はじめに

GMS-2の打ち上げ後、CDASにおいて衛星のミッションチェックが行われた。その際、衛星回線状態の解析については、パーソナルコンピュータ、及びこれによってコントロールする事ができるスペクトラムアナライザ、プログラムアッテネータ、周波数カウンタ等を使用する事により、自動測定が行われ、大きな威力を発揮した。また測定値をコンピュータが自動的に読み取り、補正その他の演算を行い、統一された形式で出力したり、グラフ化して出力する事により、データを整理する上でも非常に能率的であった。

そこで今回使用されたパーソナルコンピュータ及びスペクトラムアナライザの機能の概要と、衛星回線状態の測定例としてHR-FAX回線の自動測定について概略を説明する。

### 2. 機器の概要

#### I. パーソナルコンピュータ

ヒューレットパッカード社の9825A型パーソナルコンピュータで使用される言語はHPL(Hewlett-Packard Language)という特殊な言語であるが、その内容は

BASIC\*に良く似ている。有効桁数12桁、内部組み込み関数20個、配列は2次元まで使用できる。本体には16文字/行のプリンタと32文字LED(Light Emitting Diode)ディスプレイ、キーボード、テープカートリッジが組み込まれている。

なおこのテープは特殊なものであるが、高密度でレコード及びアクセスが短時間で行え、2トラックのどちらのトラックを選択するかをプログラムで指定する事ができる。外部周辺機器としては、グラフィックプロッタ、250行/分の速度を持つ熱ベン式ラインプリンタがある。

本機はインターフェース・バスを介して、スペクトラムアナライザ、周波数カウンタ等を制御し、またこれらの測定器の測定値を直接読み取る事ができる。なおこれらの動作を行わせるプログラムはHPL言語で書く事ができる。

従って一連のプログラムで

- (1) 測定器の較正及び初期設定
- (2) 測定器による測定
- (3) 測定値の読み取り
- (4) 測定値の補正及び種々の計算
- (5) 結果の出力

が自動的に行える。測定結果をグラフ表示したい時は、グラフィックプロッタを出力機器として使用する事によ

\* 気象衛星センター気象衛星通信所, Meteorological Satellite Center

\* BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code); 技術、事務の諸分野に適用できる汎用的言語で且つコンピュータと会話しながらプログラムを作成、登録できる会話型言語のことで初心者に親しみやすい特徴をもっている。

り容易にできる。

## II. スペクトラムアナライザ

本測定に使用したスペクトラムアナライザはヒューレットパッカード社の 8568A 型で、一般に使われているスペクトラムアナライザに比べると、格段に多くの機能を有するが、その中で代表的なものを次に挙げる。

(i) 前述のパーソナルコンピュータによりコントロールする事ができる。

(ii) 周波数領域に変換させたアナログ波形をいったん A/D 変換してから、内部メモリに格納し、ディスプレイに表示する。従って記憶された波形は何度でも呼び出す事ができ、また現在の波形と過去の波形を同一画面に表示して比較する事ができる。

(iii) 周波数スパンを変えると、分解能帯域幅やスイープタイムは自動的に適当な値に設定される。

(iv) センター周波数、リファレンスレベル、スイープタイム等が

(a) ノブで連続的に変える

(b) ステップキーで段階的に変える

(c) キーボードより指定する数値に設定する

の3つの方法で設定でき、かつ設定した値はディスプレイに表示される。

(v) 種々のマーカー機能を有し、スペクトラム上のマーカーの位置の振幅、周波数がディスプレイに表示され、かつその値はコンピュータで読み取る事ができる。

(vi) マーカーを2個使用する事ができ、マーカー間の周波数差及びレベル差が表示される。

本機をコンピュータコントロールする場合、HPL 言語の write 命令のオペランドが2文字の英数字で構成される種々の命令を使用する。その中で今回の測定に使用された主な命令と、その命令によるスペクトラムアナライザの働きを次に示す

(i) CF 命令

この命令と周波数を指定する事によりディスプレイ上の中心周波数が指定された値に設定される。

(ii) SP 命令

この命令と周波数を指定する事によりディスプレイ上の周波数の掃引範囲が指定された値に設定される。

(iii) FA, FB 命令

各々の命令と周波数を指定する事により、FA は掃引開始周波数、FB は掃引終了周波数を設定する。

(iv) E1 命令

ディスプレイ上のスペクトラムの最大振幅の所にマ-

カーが入る。

(v) E2 命令

マーカーのある位置がディスプレイ上の中心に来るように、掃引範囲が移動する。

(vi) RB 命令

分解能帯域幅を設定する

(vii) ST 命令

スイープタイムを設定する

(viii) MA 命令

マーカーのある位置の振幅の値をバスラインに出力する。

(ix) MF 命令

マーカーのある位置の周波数の値をバスラインに出力する。

MA, MF 命令の後、コンピュータは read 命令を実行する事により、それぞれの値を取り込む事ができる。

## III. その他

コンピュータによりコントロール可能な周波数カウンタ、及び減衰量がプログラムで指定できるプログラムアッテネータ等が使用できる。

## 3. 衛星回線状態の自動測定プログラム

自動測定プログラムは次のように14種類用意されている。

(1) HR-FAX 回線プログラム

(2) LR-FAX 回線プログラム

(3) VISSR 回線プログラム

(4) TLM 回線プログラム

(5) DCPI 回線プログラム

(6) DCPR 回線プログラム

(7) 三点測距回線プログラム

(8) 周波数特性測定プログラム

(9) S1 モードプログラム

(10) S2 モードプログラム

(11) S3 モードプログラム

(12) S4 モードプログラム

(13) S9 モードプログラム

(14) アンテナパターン測定プログラム

(1)~(7) は衛星の EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power: 等価等方放射電力), C/No, ダイナミックレンジ, 周波数を自動測定する。

(8) は衛星の S バンド広帯域チャンネルの周波数特性の自動測定を行う。

(9)~(13) は各モード時の混変調スプリアス電力密度について自動測定を行う。

(14) は衛星のSバンド送受信 アンテナパターンについて自動測定を行う。

各プログラムのはじめには、使用する測定器の校正試験用のプログラムが含まれている。

#### 4. HR-FAX 回線試験

##### I. 試験の概要

本試験は CDAS より HR-FAX の無変調信号をGMS-2 へ送信し、衛星のSバンド中継器において中継された信号を再び CDAS の受信系装置で受信し、周波数変換した IF (中間周波数) 信号から次の事項を測定する。

- (i) 衛星の EIRP 及び C/N。
- (ii) ダウンリンク信号の周波数
- (iii) アップリンク出力レベルの変化に対するダウンリンク信号レベルの振幅変動

##### II. 試験系統図

Fig. 1 に示すように測定器をセットする。

EIRP, 周波数測定においては、衛星からの信号はアンテナ→受信系装置→IFSW (中間周波数切替装置) を経由してスペクトラムアナライザ及び周波数カウンタに入力され測定される。ダイナミックレンジの測定の際はプログラムアッテネータが FAX 変調器と IFSW の間に入り、送信出力をコントロールする。

##### II-1. EIRP 及び C/No の測定

受信 IF 信号からスペクトラムアナライザにより、キャリアレベル及び雑音レベルを測定する。キャリアレベルは、マーカーを E3 命令 (Peak search) により振幅の最大点に持って行き、その値を MA 命令で読み取る。雑音レベルはキャリア周波数から数 MHz 離れた所にマーカーを持って行き、その地点でのレベルを MA 命令で読み取る。キャリアレベル、雑音レベルとも指定する回数繰り返し測定しその平均値をとる。

以上の測定値から、EIRP, C/No はそれぞれ次の式から求める事ができる。

$$\begin{aligned} \text{EIRP} = & \text{受信キャリアレベル} - \text{CDAS アンプゲイン} - \\ & \text{CDAS アンテナゲイン} + \text{トラッキングロス} + 20 \log \\ & 4\pi R/\lambda \text{ (自由空間損失)} \end{aligned}$$

R: GMS-2~CDAS 間の距離

$\lambda$ : ダウンリンク信号の波長

$$\text{C/No} = \text{受信キャリアレベル} - \text{雑音レベル} + \text{補正量} + 10 \log \text{BW}$$

BW: スペアナ帯域幅

なお、CDAS アンプゲイン、アンテナゲイン、トラッキングロスは、本測定以前に測定された校正データを使用する。C/No の補正量は、スペクトラムアナライザの IF フィルタがガウシアン型のフィルタで、理想フィルタでないため、これに起因する雑音電力の帯域幅の補正が必要になる。また対数増幅器の使用による雑音電力

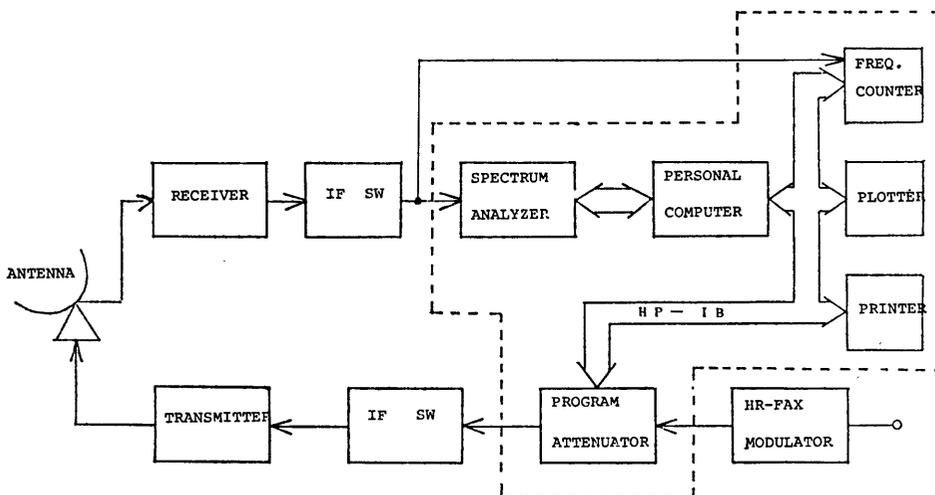


Fig. 1 System Diagram for Testing.

の低下も補正しなければならない。これらの補正量は前者が 0.8 dB 後者が 2.5 dB で計 3.3 dB となる。

## II-2. 周波数の測定

CDAS においては、基準周波数として VLF (Very Low Frequency) 受信機により校正された高安定 ( $\pm 1 \times 10^{-10}$ ) の周波数標準装置の出力を使用しているため、周波数ドリフトは衛星に比べて無視する事ができる。衛星からの信号はダウンコンバータにおいて 1611.6 MHz のローカル信号により周波数逡減され、IF 信号となるので、受信 IF 信号を周波数カウンタで測定した時、衛星の HR-FAX 送信周波数は、測定周波数 + 1611.6 MHz となる。また GMS-2 の環境変化による周波数ドリフトを調べるため、時間間隔をおいて測定する。

## II-3. 信号出力振幅変動測定

図 1 に示すように FAX 変調器より出力された無変調キャリアをプログラムアッテネータにより可変しながら送信し、GMS-2 の S バンド中継器において中継された

信号を CDAS の受信装置で受信し、そのキャリアレベルをスペクトラムアナライザで測定する。そして CDAS の GMS-2 への電力密度と GMS-2 EIRP 特性曲線をグラフィックプロッタに出力する。

ただし GMS-2 への電力密度

$$= \text{CDAS の EIRP} - \log(4\pi R^2)$$

R: GMS-2~CDA 間の距離 (m)

CDAS の EIRP はパワーメーターより読み取りコンピュータに入力する。

プログラムアッテネータの減衰量と CDAS EIRP 特性は直前の校正データを使用する。

## References

上村銃十郎, 1977: スペクトラム・アナライザのすべて  
横河ヒューレット・パッカード株式会社, 328 p.