ATS によるテレビ伝送実験

郵政省電波研究所鹿島支所

横山 光雄

1. ATS について

ATS (Applications Technology Satellite) とは, NA SA (米国航空宇宙局) が将来の通信, 気象, および科学衛星などのシステム決定に必要な多目的実験を行なうために製作した衛星で, 静止衛星 4 個, 中高度衛星 1 個の打上げが, 1966 年 12 月から約半年ごとに予定されている。

その主要な目的は, 衛星の姿勢制御の研究, マルチプルアクセスに適する通信方式の研究などであるが, テレビ伝送の研究も含まれている。

ここでは, 1966 年 12 月 7 日に太平洋上に打上げられたスピン制御による静止衛星 ATS-B (現在 ATS-1 と呼ばれている) を使用して行なわれたテレビ伝送実験の結果を簡単に紹介する。

2. ATS-1 についての回線設計

ATS-1 は SHF トランスポンダを 2 台搭載し, 表 1 に示すような特性をもつ。また状況に応じ, TWT を 2 本接続し衛星出力を約 3 dB あげることも可能である。

鹿島地上局から衛星までの距離は, 40,700 km 前後で衛星にアンテナを向けた場合, その仰角は $8^{\circ}\sim 9^{\circ}$ で, 地上局受信系総合の雑音温度は約 160°K であるが, 天候の影響により $10^{\circ}\text{K}\sim 20^{\circ}\text{K}$ 増加することがある。

基本的な回線設計は, 表 2, 表 3 に示すとおりであるが, NASA のほうで衛星の姿勢制御実験のため, 時々向きを変えるのでアンテナの指向特性が変わり, 表にかかげたとおりにならない場合もあるが, 安定した状態ではほぼ計算値と一致している。

表 1 ATS-1 の送受信系について (テレビ伝送の場合)

送 信 系	送 信 周 波 数	4119.599 MHz (Transponder No. 1) 4178.591 MHz (Transponder No. 2)
	T.W.T. 出 力	36.0 dBm (ただし 1 本の場合)
	アンテナ給電系損失	-0.4 dB
	衛星アンテナ利得	14.0 dB
受 信 系	受 信 周 波 数	6212.094 MHz (Transponder No. 1) 6301.050 MHz (Transponder No. 2)
	受信機雑音指数	6.2 dB
	アンテナ給電系損失	-1.6 dB
	アンテナ利得	7.8 dB

"TV Transmission Experiment via ATS" by Mitsuo Yokoyama (Kashima Branch, Radio Research Laboratories, the Ministry of Posts and Telecommunications, Kashima)

受信機には, 初段増幅に液体窒素で冷却した 80°K のパラメトリック増幅器を用い, 復調には, 普通の周波数弁別器検波方式と負帰還位相検波方式の二者を用い, その比較を行なった。

負帰還位相検波方式は, 白黒テレビジョン信号のように, スペクトラム成分があまり高いほうまで伸びていないときは, スレシホルドレベル改善の効果があるが, カラーテレビ信号のように高い周波数領域までスペクトラム成分がある場合には, 音声がかれたり, カラーの色同期がはずれやすくなったりして, その改善効果がありみられなかった。そのため, カラーテレビ伝送実験の場合は, もっぱらエンファシスをかけ, 弁別器形の復調器が使用された。

ATS-1 で使用されたテレビ伝送規格を表 4 に示す。

表 2 地上局から衛星への回線設計

送 信 電 力	70.0	dBm
アンテナ給電系損失	-1.0	dB
地上局アンテナ利得	55.0	dB
伝ばり損失	-200.6	dB
アンテナビームはずれによる許容値	-1.5	dB
衛星アンテナ利得 (フィード損失を含む)	6.2	dB
衛星受信電力	-71.9	dBm
信号対雑音比	23.1	dB

表 3 衛星から地上局への回線設計

衛星実効輻射電力	49.6	dBm (TWT 2 本の場合 52.2 dBm)
ビームはずれによる許容値	-2.0	dB
伝ばり損失	-197.0	dB
地上局アンテナ利得	56.3	dB
アンテナ給電系損失	-0.4	dB
受信電力	-93.5	dBm (TWT 2 本 -90.9 dBm)
受信機雑音電力	-102.0	dBm
信号対雑音比	8.5	dB (TWT 2 本 11.1 dB)

表 4 TV 伝送規格

TV 伝送標準方式	525本
ビデオ周波数帯域幅	3 MHz (音声副搬送波が 4.5 MHz のとき) 4.2 MHz
ビデオ周波数偏移 (同期信号も含む)	20 MHz _{p-p}
音声副搬送波周波数	4.5 MHz, 6.0 MHz, 7.5 MHz
音声周波数偏移	140 kHz rms
音声帯域幅	15 kHz

3. TV 実験結果

(1) ビデオ信号対雑音比

ビデオ信号対評価雑音比は, エンファシスをかけた場合, 受信電界強度が -93.3 dBm で 49.2 dB (1967 年 2 月 13 日), -90.4 dBm で $50.9\sim 51.9\text{ dB}$ (1967 年 3 月 10 日) で, 測定値についていえば, エンファシスをかけたことにより $0.5\sim 2.5\text{ dB}$ の SN 比改善効果がみられた。

同時に、ベースバンドノイズスペクトラムの測定も行ったが、計算値とはほぼ一致し、FM の特徴である三角スペクトラムを呈していた。

(2) 音声信号対雑音比

6 MHz 副搬送波を使用した場合、副搬送波レベル175 mV_{p-p}、音声中間周波帯域幅 450 kHz、副搬送波周波数偏移 140 kHz rms で、ビデオエンファシスをかけて測定した結果は、受信電界強度が-93.5 dBm のとき、50.3 dB、-90.4 dBm のとき 52.5 dB である。

この場合、ビデオチャンネルをカラーバー信号で変調したところ、音声の SN 比は約 1 dB 劣化した。逆に音声から映像へは、画面を見たところでは、なんら影響がなかった。計算値と実測値には、約 4 dB の差があったが、これは、地上局施設の機器が 4 MHz 以上の高い周波数領域では、補償が充分なされていなかったことによる。

(3) 周波数特性

端局装置を除く、送信機、衛星、受信機総合の 30 Hz から 7 MHz までの周波数特性は、1 MHz を基準として、偏差が±0.2 dB 以内であった。

(4) 内挿利得

地上局、衛星を含めての総合の内挿利得は、-0.2~+0.5 dB で、変動は ±0.1 dB 以下である。内挿利得の発生は、主に地上局 IF ループでのレベル合せの誤りによる。

(5) 過渡応答特性

これは2乗正弦波パルスを、衛星を通してその応答を求め、波形から回線の過渡特性を求めるものである。半値幅 0.25 μsec の 2T パルスを使用しての実験では、受信波形に高域の雑音が重畳して写真がとれないため、位相補正のない 4 MHz シャープカットオフ低域濾波器を挿入して測定された。このため、Lewis の 3/2 乗の法則を用いての簡単な解析によれば、レイテンジファクター K は約 3 % 以下と推定される。

(6) 低周波応答特性

この実験は、フィールド期間における波形伝送の過渡特性を調べるもので、ウィンドウ波形を使用し、波形モニターを垂直応答にすることで観測される。波形ひずみ量と方形波振幅との比(ティルト)は、1.6~1.9% となった。

(7) 白黒テストパターン解析

これはシステム全体を通して、視覚により白黒テレビジョン伝送の画質および画像評価を行なうものである。受信レベルが-93 dBm ぐらいまでは、周波数弁別器検波方式と負帰還位相検波方式とで受信された画にあまり差がないが、それ以下になるとエンファシスをかけないで使用した負帰還位相検波方式のほうがすぐれている。

ATS-1

実験結果では、どちらの方式でも、水平 350 本、垂直 400 本の解像度で、階調は水平垂直とも 10 段階であり、ストリーキング、スミアリング、リングング、オーバーシュート、ゴースト、干渉などは見られなかった。ただし細かなグレイノイズは両者にあらわれ、電界の低いところでは、そのあらわれ方が、負帰還位相検波方式のほうに少なかった。

(8) カラーベクトル解析

衛星へ送り出しの、カラーバー信号を標準信号としてベクトルスコープを調節し、そのまま受信した波形をベクトルスコープ上で見れば、振幅の減少、位相の変化などが一度でわかる。この方法でなされた実験では、エンファシスをかけない場合、ベクトルスコープのベクトル表示面に刻まれている大きな枠(FCC 規格の許容限度: ±10°, ±20%) 外にはみ出すものもあるが、エンファシスをかけることにより、大きな枠内に入れることができた。

(9) カラーテレビの受信

1966 年 1 月 17 日に Rosman 地上局から、ロケット打上げとローズボールパレードのカラーテレビが送られてきたが、非常に美しい絵であった。その時の受信レベルは、-93.5±0.5 dBm で弁別器形の復調器でエンファシスをかけた場合と、かけない場合の比較が行なわれたが、その違いはほとんどみられなかった。

また負帰還位相検波方式を使用した際、エンファシスをかけない状態では画像は安定していたが、かけると同期はずれを起こした。

4. む す び

3 年前に行なわれたシンコム衛星を使つてのオリンピック中継を思いうかべると、格段の技術の進歩がみられる。状況もカラーテレビへと移行しつつあり、さらに高規格の数値が努力目標になる。ATS は、より高度の技術開発への第一歩であり、将来にかけられる夢も大きい。

(昭和 42 年 4 月 24 日受付)