

気象衛星 NOAA-APT 受信空中線

藤本 勉*・右田 憲識**・田中 護*・高浪 五男***

Meteorological Satellite NOAA-APT Antenna

Tsutomu FUJIMOTO, Kenji MIGITA, Mamoru TANAKA
Itsuo TAKANAMI

Abstract

A circularly arrayed logperiodic antenna system built by authors for receiving meteorological weather satellite NOAA APT(Automatic Picture Transmission) is described in detail.

1. まえがき

著者らは、宇部高専気象情報処理システム(Ube Technical College Meteorological Information Processing System:U-MIPS)と称す総合的な気象情報処理システムの構築を目指している。

本システムの主要なサブシステムである気象衛星 NOAA-APT 画像処理システムへ原画像情報を安定に供給できるようにするため、新受信空中線への代替を行なった。

これまで、NOAA-APT の受信にはアマチュア無線用に市販されている145 [MHz] 帯用の直交配置八木アンテナ(クロス八木アンテナ)を用いていた。NOAA-APT は137 [MHz]帯で送信されており、設計周波数がおおよそ10 [MHz]も異なる。このために、衛星がオーバーヘッドを通過するパスの場合は特に問題ないが、アンテナの最大仰角が30 [deg] 程度である東部日本上空を通過するパスにおいてはC/N が低下し、とくに冬季、架空送電線などからの外来都市雑音の混入が受信画質の低下を引き起こしていた。このため、NOAA-APT 受信用の新ア

ンテナを設計し代替することにした。

2. NOAA-VHF 実時間伝送サービス

NOAA が、VHF 帯の電波により行っている実時間伝送サービスを表2-1 に示している。TIP(TIROS Information Processor)は、SSU(Stratospheric Sounding Unit), BSU(Basic Sounding Unit), MSU(Microwave Sounding Unit)などの低速度サウンダーのデータをPCMでデジタル伝送している。APT(Automatic Picture Transmission, 自動画像伝送サービス)は、AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)の出力を伝送している。

U-MIPS では現在、APT のみを利用している。

APT は、比較的簡易なシステムで利用可能なため、船舶などに搭載されて例えば漁場の探査などに多用されている。

3. NOAA-APT 受信アンテナの設計

まず、新アンテナを設計するにあたり、NOAA-APT 受信アンテナの使用状況を調査した。船舶用移動ステーションにおいては、殆ど無指向性アンテナである反射板付きターンスタイルアンテナが使用されている。

一方、陸上固定ステーションの場合は、海洋上にある

*宇部工業高等専門学校電気工学科

**現在国際電信電話株式会社

***山口大学工学部

表2-1 TIROS-N / NOAA VHF ダウンリンク

送信周波数
a) TIP: 136.77, 137.77 MHz
b) APT: 137.5, 137.62 MHz
送信電力
a) TIP: 1.0 watt
b) APT: 5.5 watt, (衛星寿命の初期) 5.0 watt, (衛星寿命の末期)
送信アンテナ利得 (衛星直下方向)
a) TIP: +5.8 dBi
b) APT: +3.7 dBi
偏波面
a) TIP: 直線偏波
b) APT: 右旋円偏波
アンテナ形式
a) TIP: ダイポール
b) APT: 4 旋ヘリックス
送信機-アンテナ間全損失
a) TIP: 3.5 dB
b) APT: 2.1 dB

船舶に設置する場合と比較すると、

- 1) 都市雑音、混信などの妨害雑音のレベルが無視できないほど高いこと。
- 2) 低利得の無指向性アンテナでは、衛星が AOS(Acquisition of signal)直後や、LOS(Loss of signal)直前など低仰角時には C/N が低下し、結局、画像が取得できる範囲が狭くなること。
- 3) 指向性アンテナを使用すると、アンテナを衛星追尾する装置が必要となるが、陸上ステーションでは、さほどの設備負担の増加とならない。

などを理由として、高利得指向性アンテナが採用されており、その種類はほとんどの場合、クロス八木アンテナである。

しかし、八木アンテナは、使用可能周波数帯域が広く取れない。また、設計にあたって、所要の特性を得るにはかなりのカットアンドトライをする必要がある。また、U-MIPS においては、将来 APT 以外にも TIP データの受信など多目的に使用する可能性があり、このためには、使用可能周波数帯域が広いこと、偏波面の右旋、左旋、水平、垂直への変更が容易であること、などが望ましい。前者の理由から、対数周期形ダイポールアレーアンテナ

(ログペリオディックアンテナ) を、後者の理由から、これの円周上配置による位相合成形アンテナを製作することにした。

3-1 ログペリオディックアンテナ

対数周期アンテナの電気的特性を列記すると、

1) 周波数特性

広帯域であり、最高周波数と最低周波数の比が20:1の周波数範囲でほぼ一様な特性を得られる。

2) 利得

設計の条件によって異なるが、およそ6 ~10 [dB] の利得を得ることができる。これは8~10素子の八木アンテナに相当する。

3) 指向特性

指向特性は、頂点方向に単方向特性を示す。

4) 給電点インピーダンス

給電点における放射インピーダンスは素子配列の頂角、エレメントの長さの比により変わってくる。これらが小さいほどインピーダンスは大きくなり、通常50~100[Ω]である。

ログペリオディックアンテナ自体の設計は、必要な特性を満足させることが難しく、多数のアンテナを組み合わせるため、それぞれのアンテナの特性が均一でなければならないので、市販品を用いることにした。

表3-1 CLP5130-3 仕様

クリエートデザイン社製	CLP5130-3型
周波数	90~220 [MHz]
エレメント(素子)数	12
偏波面	水平
フロントゲイン	12~13 [dBi]
F/B比	15 [dB]
電力半値角	55~70 [°]
インピーダンス	50~75 [Ω]
コネクタ	M型
V SWR	2.0以下
入力耐電力	500 [W]
ブーム長	1.710 [m]
取付マスト直径	38~50 [mm]
重量	3.5 [Kg]
耐風速	40 [m/秒]

使用したアンテナの仕様を表3-1に、137[MHz]付近におけるリターンロス周波数特性を図3-1に示す。

ネットワークアナライザを使って測定したアンテナのインピーダンスは、137.0 [MHz] で $43.9 - j9.9 [\Omega]$ となっており、アンテナインピーダンスは $50 [\Omega]$ とみなして、以後整合回路等の設計を行なっている。

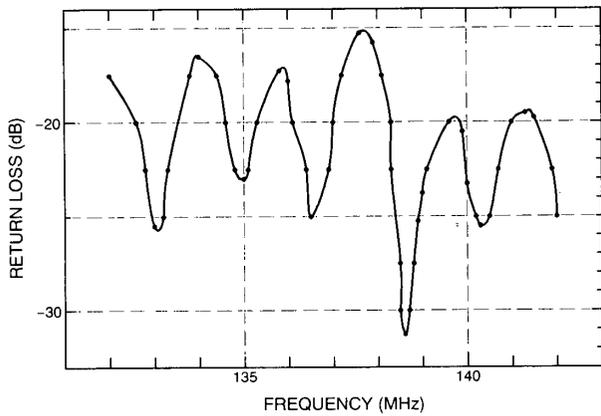


図3-1 CLP5130-3 リターンロス測定結果

直線偏波アンテナを用いて円偏波受信アンテナを構成する場合、直交配置した2基のアンテナ出力を位相合成すればよいが、利得の向上、アンテナ自体の機構的安定性などを考慮して、4基のアンテナを同一円周上に配置するサーキュラーアレー構造とした。

3-2 機械的設計

図3-2に示すH型アンテナ支持具を製作した。使用材料は、JIS-G-3452配管用炭素鋼管で亜鉛メッキされたものである。組み立て、溶接を行なった後に全体をさび止め塗料で塗装を行なった。その後、中心部に腕部を挿入しこの2つを貫通するように、φ8 ボルトを通しロックする。さらにアンテナ、回転用モータを取付け鉄塔上に据え付ける。

実際に取り付けた状態を写真3-1に示している。

3-3 電気的設計

図3-3に総合接続図を示している。位相遅延線路と

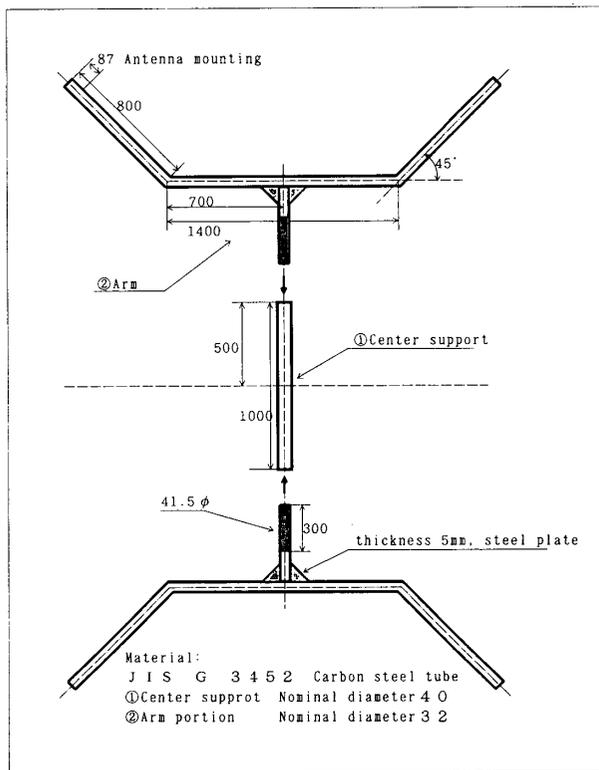


図3-2 H型アンテナ支持具

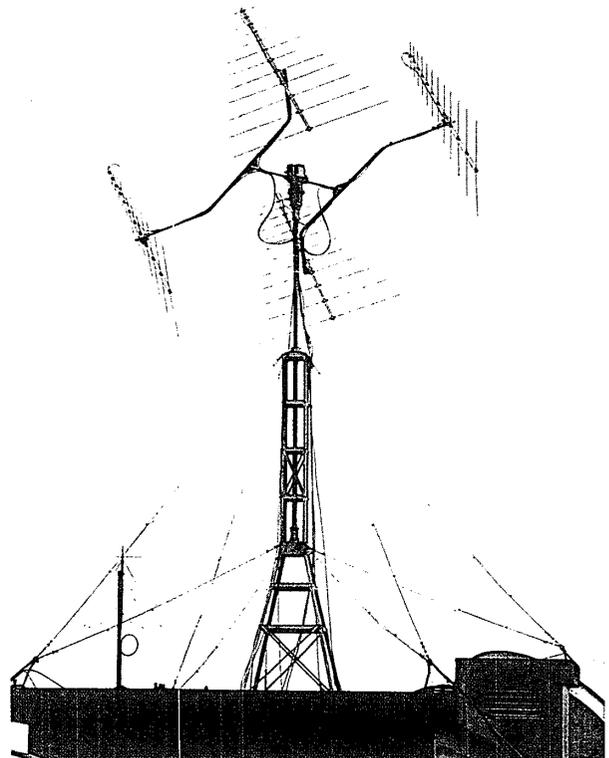


写真3-1 NOAA-APT 受信アンテナ

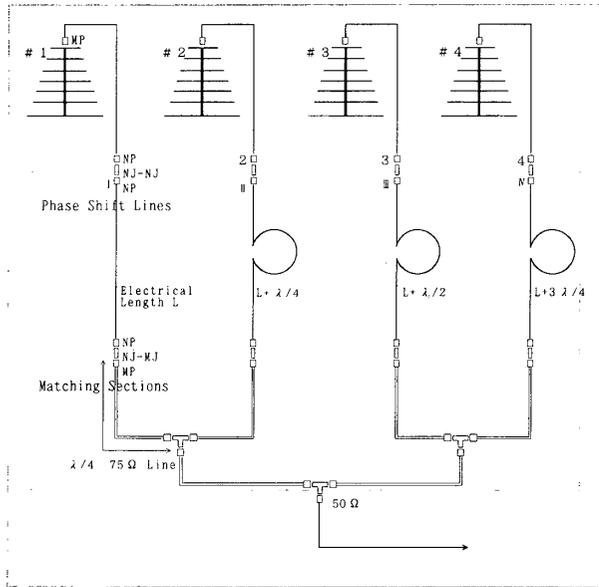


図3-3 電気接続図

4 入力合成器とて構成される。

3-3-1 位相遅延線路

円偏波を円周上に配列した4基の対数周期アンテナで受信した場合、各アンテナ間の出力信号の位相差はそれぞれ $\pi/2$ (1/4波長) となる。従って、それぞれのアンテナからの信号をつぎの4本の位相遅延線路を用いて同一位相とする。

- L : 3619 [mm]
- L + 1/4 λ : 3619 + 362 [mm]
- L + 1/2 λ : 3619 + 362 \times 2 [mm]
- L + 3/4 λ : 3619 + 362 \times 3 [mm]

なお、使用同軸ケーブルは RG-9A/U である。

3-3-2 4 入力合成器の設計

これまでの過程で、線路（同軸ケーブル）上の受信信号の位相はすべて揃えられたわけであるが、夫々のアンテナからの4本の同軸ケーブルを1つに合成しなければならない。

伝送線路が同軸ケーブルであることを考慮して、1/4 波長の線路を用いた整合線路（Q マッチ整合回路）を使用する。2つの線路を1つにする場合、 $\lambda/4$ 線路を使い50[Ω]の負荷インピーダンスを100[Ω]に変換できれば、2つ並列に接続して50[Ω]とすることができる。このとき

のQ マッチ整合回路の特性インピーダンス Z_0 は70.7[Ω]となり、特性インピーダンス 75[Ω] の同軸ケーブルを用いることができる。

4 入力合成器の構成を図3-4に、外観図を写真3-2に示す。まず4本のうち2つずつをまとめて2本にして、さらに1本にまとめることになる。

4 端子を 50[Ω] で無反射終端したときの137[MHz] 付近におけるリターンロス特性を図3-5に示す。リターンロスが-30[dB] 以下となっており十分に4 入力合成器としての特性を示している。

4. 特性測定結果

仰角を90[deg] とした状態でのリターンロス特性を図4-1に示す。リターンロスは、ほぼ-18[dB] 以下である。

4-1 指向性測定用試験電波発射アンテナ

図4-2の直交配置ダイポールアンテナをほぼ同じ高さ設置して微弱電波を発射し、アンテナの指向特性を測定した。同図の接続においては右旋円偏波を発射するが、接続を変更することで、直線偏波も発射可能である。

4-2 平衡度特性

円周上に配置されている4基のアンテナの平衡度を測

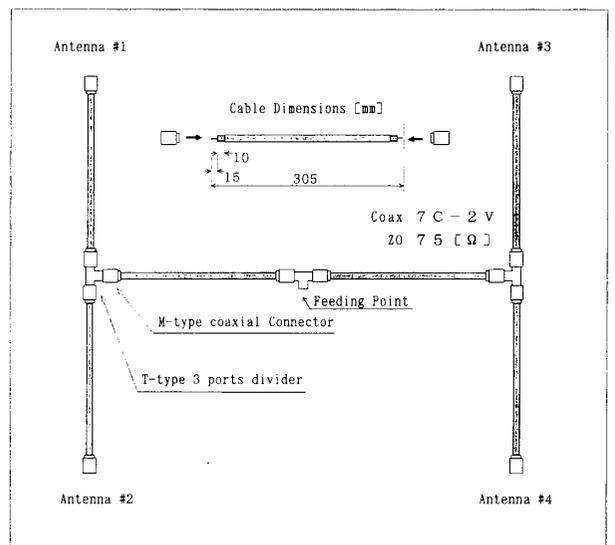


図3-4 4 合成器

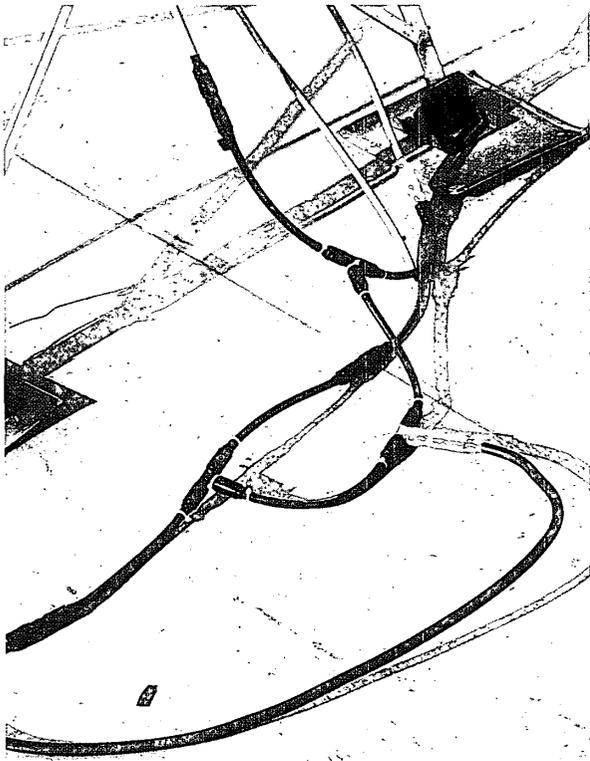


写真3-2 4合成器

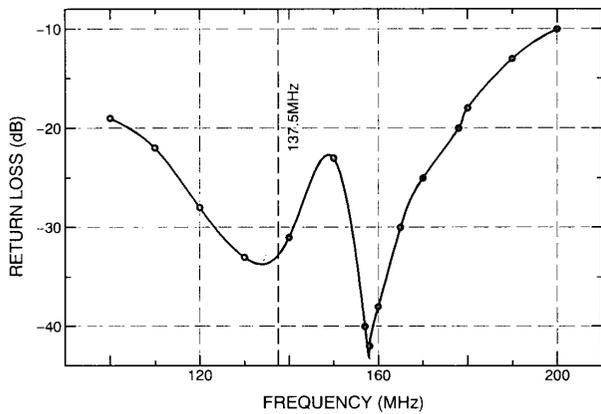


図3-5 4合成器リターンロス特性
(4端子とも無反射終端時)

定した。

図4-3は、偏波面を変えながら直線偏波を放射し、受信側ではアンテナを電波源方向に向け、円偏波を受信

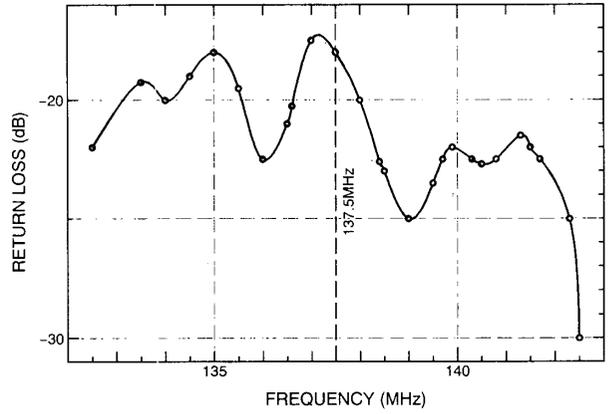


図4-1 総合リターンロス特性 (EL=90°)

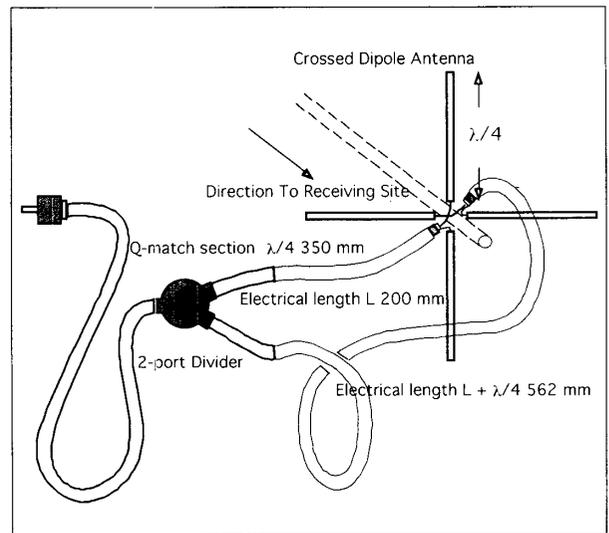


図4-2 試験電波発射アンテナ

するようにして測定した受信信号強度である。送信側の偏波面を回転させたとき、受信側アンテナが完全な円偏波受信アンテナとして機能しているならば、受信される信号強度は変化しない。図からみてわかるように、ほぼ全部の範囲で感度の低下レベルは2 [dB] 以内に納まっている。このことからこのアンテナは円偏波受信のバランスは保持されている。

4-3 水平面指向性

仰角を15 [deg] ずつ変えながら測定した指向特性を図4-4に示す。仰角0度においては、電力半値角28 [deg] である。正面（電波源方向）から約30 [deg] 離れると

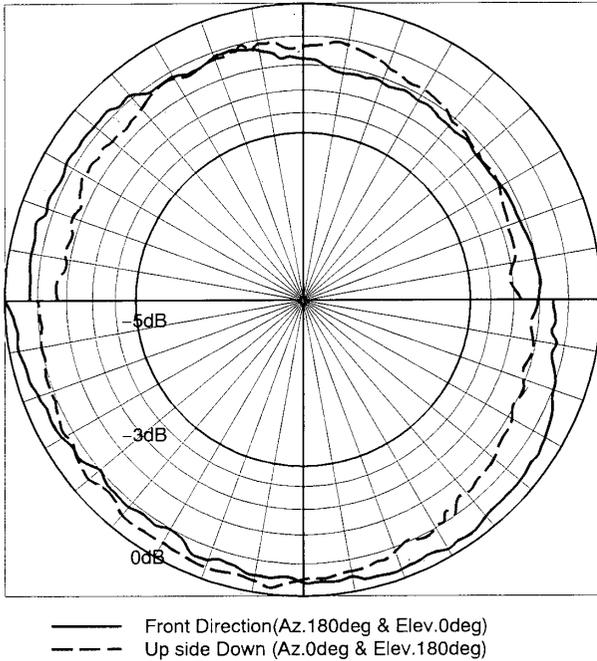


図4-3 平衡度測定結果

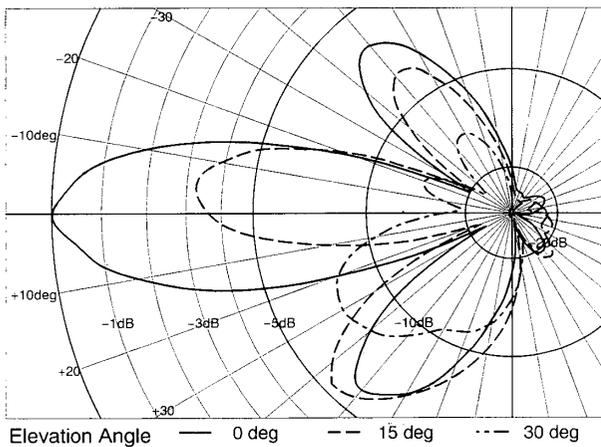


図4-4 水平面指向性

感度が-30 [dB] ほど低下するヌルが存在している。正面から60 [deg] 離れると、メインローブより6 [dB] 低いサイドローブがある。F/B 比は、25 [dB] 以上の良好な値が得られている。

4-4 垂直面指向性

後に示す図4-6から、仰角を変化した場合も方位角

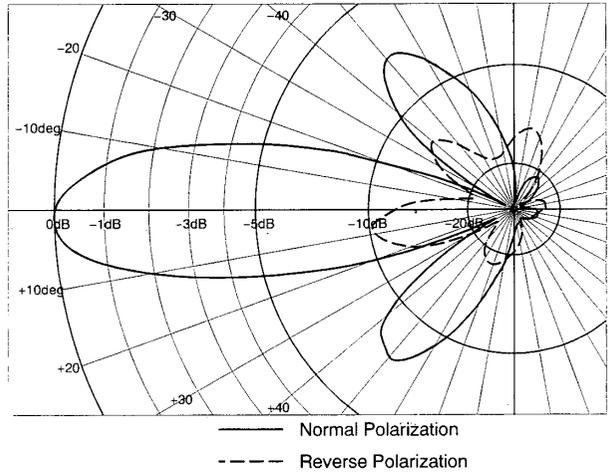


図4-5 偏波識別特性 (水平面)

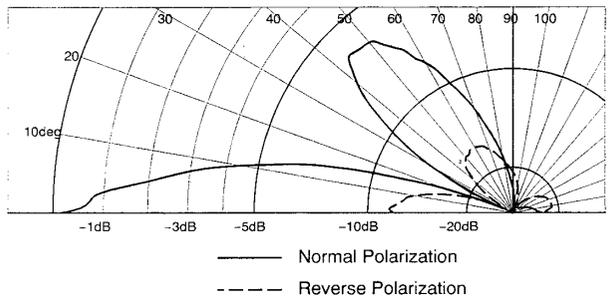


図4-6 偏波識別特性 (垂直面)

と同じように、仰角50 [deg] 付近にサイドローブが出ていることがわかる。

4-5 偏波識別特性

受信アンテナを右旋円偏波とした場合と、逆に左旋円偏波とした場合の、水平面および垂直面指向特性を図4-5、図4-6に示す。図より偏波識別度は約10~11 [dB] である。

5. 受信結果

製作したアンテナを用いて、実際に NOAA-APT を受信した。

図5-1に、この時の衛星軌道を、図5-2には衛星の方位角(Azimuth Angle [deg]), 仰角(Elevation

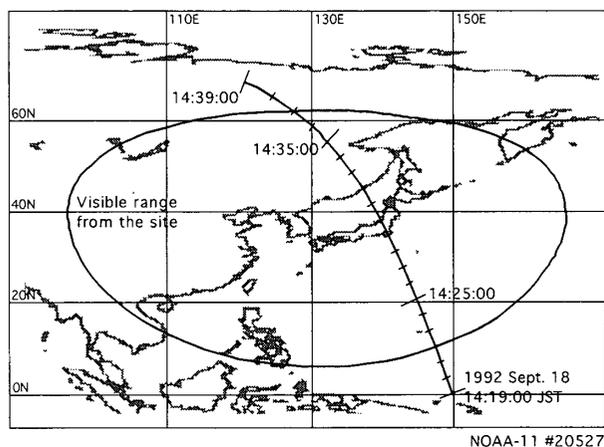


図5-1 通過軌道

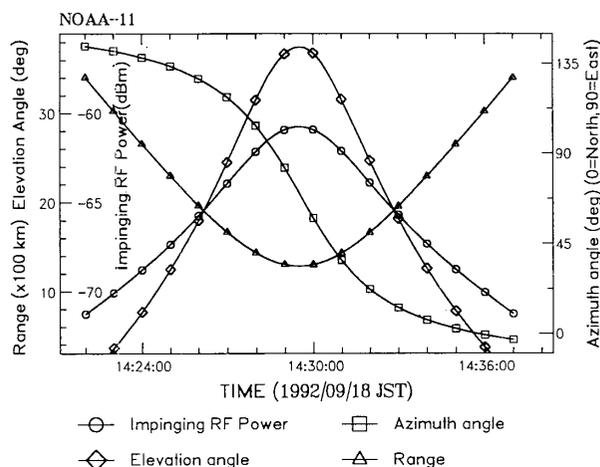


図5-2 方位角，仰角，距離および到来電界強度の変化

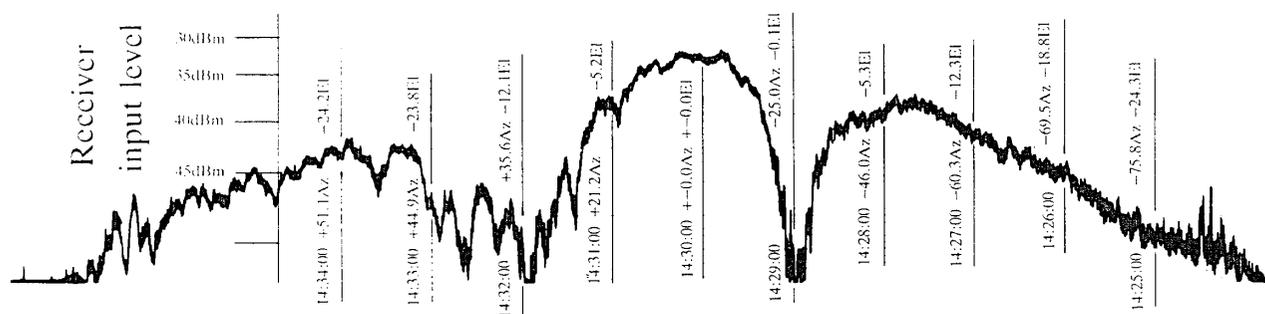


図5-3 受信電界強度の変化 (方位角57°，仰角37°に固定)

Angle[deg]), 直線距離(Range[km]), および受信アンテナに到達する電波の計算上の強度 (Impinging RF Power [dBm]) の変化を示している。

図5-3は衛星追尾機構を停止して、アンテナを軌道上で最大仰角となる方位(57 [deg]) および仰角(37[deg]) に固定して、受信アンテナ出力を記録したものである。衛星は、先ず、アンテナのサイドローブを通過し、14:29 [JST] にアンテナのヌルに入っている。そして、14:30[JST]にPCA(Point of closest approach)点を通じた。PCA前後30秒間の信号強度変化は5[dB]程度である。

6. むすび

以上、NOAA-APT 受信アンテナについて述べた。円偏波受信特性については、ほぼ満足な結果が達成された。

しかし、指向特性についてはサイドローブが非常に大きく、これを更に数10 [dB] 小さくしなければ不要方向からの妨害電波の混入を阻止できない。方法としては、4基のアンテナを配列している円周の直径を変えて、再度実験をする必要がある。

当面、良好な状態で NOAA-APT を受信することが可能となった。

最後に、機構部の製作に御協力頂いた本校加工システム実習室の技官の方々に感謝致します。

7. 参考文献

- 1) J. R. Schneider: Guide for designing RF ground receiving stations for Tiros-N, NOAA Technical Report, NESS-75, NOAA, NESS (1976)
- 2) R. J. Summers et. al: Teachers guide for building and operation weather satellite ground stations for high school science, Educational programs branch office of public affairs, NASA Goddard Space Flight Center (1981)
- 3) R. J. Summers: Educator's guide for building and operating environmental satellite receiving stations, NOAA technical report, NESDIS-44, NOAA, NESDIS (1989)
- 4) C. H. Vermillion: Weather satellite picture receiving stations, A report, NASA-SP-5080, Office of technology utilization, NASA (1969)

(平成4年9月1日受理)