

M-3C 型ロケット用搭載アンテナ系について

齋藤 成文・浜崎 襄二・市川 満
須田 幸暉・谷岡 憲隆

The Rocketborne Antenna System for M-3C

By

Shigebumi SAITO, Joji HAMASAKI, Mituru ICHIKAWA
Yoshiaki SUDA and Noritaka TANIOKA

Abstract The M-3C type of rocket is scheduled to carry radio instruments, which occupy five different frequency bands, each for different mission. There is mentioned in this paper how the rocket-borne antenna system (the radiation pattern, switching and scanning system etc.) is designed to satisfy the total purpose.

1. ま え が き

ロケットやその他の高速飛しょう体に搭載されるアンテナは、厳しい環境条件のもとで通信回線に対する要求を十分に満足させ得るものでなければならない。これらは、飛しょう体の飛しょう中における Time Sequence にのった各動作に対する各エレクトロニクスの役割を確実に把握し、地上系の特性なども考慮して設計されなければならない。

ここで扱う M-3C 型ロケットは、次の 5 周波帯の無線機器が異なった目的と用途で 2 段目部に搭載されている。

300 MHz 帯テレメータ送信機 (TM)×2 台, 400 MHz 帯コマンド受信機 (CM), 900 MHz 帯テレメータ送信機, 1.6 GHz レーダトランスポンダ, 5.6 GHz レーダトランスポンダ(RT), 同コマンドデコーダ, これらの各アンテナについて上記のことがらを考慮に入れて搭載アンテナ系全体の設計を行ない, 併せて通信回線に対する考察を行なった。

ここにそれらの概要と, 設計に対する考え方について報告する。

2. 搭載アンテナに対する考え方

搭載アンテナ系はロケットの性能(搭載容量)に十分な余裕があれば, すべての搭載アンテナに全方向性を用いられるのが理想的である。しかし, アンテナに限らず搭載機器には容積や重量などに対して厳しい条件があるので無駄のない設計が望まれる。ここで述べる M-3C 型ロケットには, おのおの異なった用途や目的を持って 5 周波帯を占有する 6 種類の無線機器が搭載されている。これらのアンテナ系について設計を行なう場合, 最初に考慮されなければならないことはロケットの異常飛しょうに対する飛しょう実験の安全性の確保であ

る。これら異常飛しょうによる飛しょう軌道やロケットの姿勢いかなる想定に対しても、これらに対応しているアンテナ系は十分な安全性を保障でき得るものでなければならない。したがってこれらに対しては改めて記述するまでもなく全方向性アンテナ系が望まれる。

M-3C型ロケットにおいてこれらに直接対応する搭載機器は410 MHz帯コマンド受信機系である。このコマンド受信機はロケットの1,2段目のSafety Operation (S.O.) および3段目点火系の司令電波受信の役目を受け持っている。したがって、1,2段目の燃焼中はロケットの姿勢いかににかかわらず地上コマンド系送信電波の受信を確実になされなければならない。X+0~150秒間における異常飛しょう想定に対する各搭載無線機器についての考え方を第1表に示す。

第1表

	410 MHz CM	300 MHz 帯 TM 915 MHz TM	RT 系
a 1段目異常	S.O CM 受信	通信回線確保	追尾
b 2段目エンジン異常	〃	〃	〃
c 2段目 TVC 異常	〃	〃	〃
d 2段目 CN 異常	3段目点火ストップ CM	〃	〃

異常飛しょう想定に対する300 MHz帯TM, 915 MHz帯TMの各系は異常飛しょうの原因究明のために通信回線が確実に保たれていることが望まれるが、Safety Operation用コマンドを実際に動作させた後は必ずしも通信が保たれてなくてもよいと考える。

これらの異常飛しょう想定に対する条件を満足して、しかも正常飛しょう時に各通信回線に要求される諸条件を十分に満足されなければならない。

搭載アンテナ系全体の設計を無駄なく行なうためには、これらの搭載機器の各役割とか出力および性能、それに対する地上系の特性および性能、さらに搭載機器の時間や距離に対する守備範囲(最小限要求される動作範囲)、飛しょう中のロケット機軸対地上アンテナ光軸のなす角度などを考慮しておのおののアンテナ放射パターンの守備範囲角度を決定する。

3. 搭載アンテナ設計に対する諸条件

ロケットの搭載アンテナを設計するためにあたって最初に次の4点を良く調べて理解しておく必要がある。

1. アンテナ系設計上のロケットの特長
2. ロケットの予想標準軌道と機軸角
3. 搭載されているエレクトロニクスの役割
4. 地上系の性能と搭載側出力

以上の4点を考慮して、重量や形状に無駄のないもので電氣的には信頼性の高いものを設計することが望ましい。

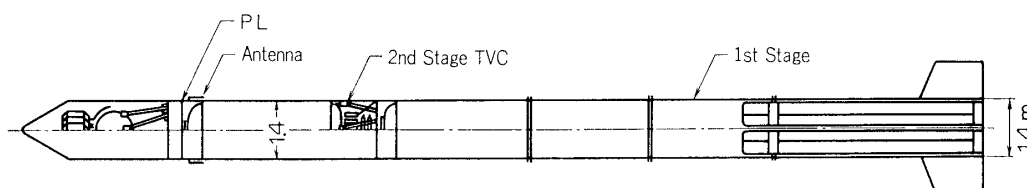
3.1 アンテナ設計上のM-3C型ロケットの特長

M-3C型ロケットは、従来の固体燃料ロケットに2次噴射方式のThrust Vector Control

装置 (TVC) を持った科学衛星打上げ用の大型ロケットである。おもなロケットの特長は次のとおりである。

- 1) ロケット胴体の最大径は 1~2 段目ともに 1.4 m, 3 段式ロケットで 3 段目は衛星, 図 1 にロケット概型を示す。
- 2) 1 段目ロケットの燃焼は従来の M-4S 型と同じであるが, 2 段目はロケットのスピン運動をとめ燃焼中に TVC を働かせ飛しょう中の軌道修正を行なう。
- 3) 3 段目衛星打出し用の姿勢制御は従来どおり 2 段目エンジン燃焼終了後に行なわれるが, 2 段目エンジン部と姿勢制御 (CN) 部の切離しは行なわれない。
- 4) 姿勢制御 (CN) 用の基準角度および 3 段目の点火の制御を 5.6 GHz RT コマンドデコーダを用いて行なう。
- 5) 従来どおり 1~2 段目のロケットには Range Safety 用に 400 MHz 帯 CM 受信機が搭載されている。

以上がおもな特長であるが特に従来の M 型ロケットと異なる点はロケットの Spin 運動をとめ TVC を行なうことである。

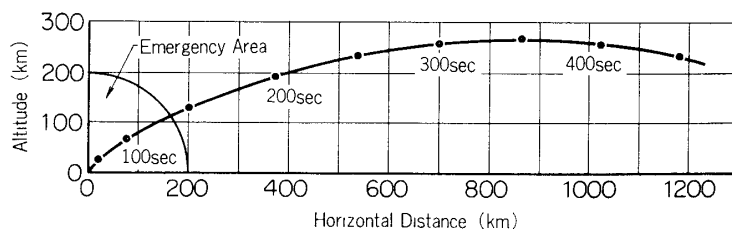


第 1 図 M-3C Type Rocket

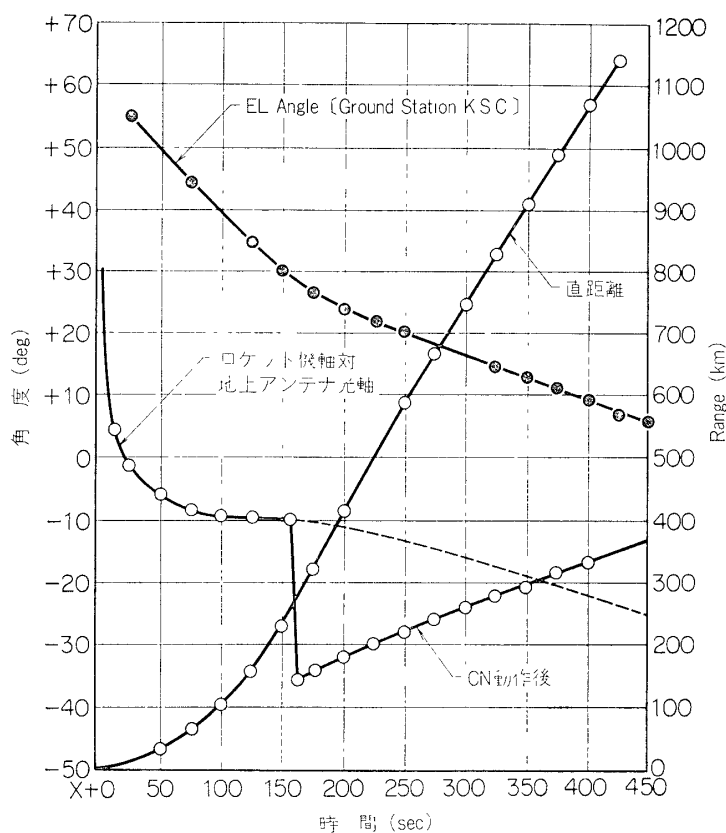
3.2 ロケットの予想標準軌道と地上系アンテナ光軸に対するロケットの機軸角

ロケットの予想標準軌道とロケットの機軸角はアンテナの放射特性を決める上で特に重要である。これらは図 2, 図 3 に示すが, 地上系アンテナ光軸とロケット機軸のなす角度はロケットの軌道によって多少異なるが, M-3C 型ロケットの場合衛星軌道投入時点の高度があまり高くないので大幅に変わることはない。

アンテナの放射角度を決定する場合は, 最大偏角を $+10^\circ$ 程度とれば十分な利得余裕といえよう。(計算データは宇宙研軌道工学研究室の計算データによる。)



第 2 図 M-3C Trajectory (2nd. Stage)



第 3 図 M-3C 型ロケットの標準軌道における諸特性

3.3 搭載されているエレクトロニクスの役割

M-3C 型ロケットに搭載されているおもなエレクトロニクスは前に記述したとおり 6 種類であり、それらの飛しょう中における役割は次のとおりである。

- 1) 400 MHz 帯 CM 受信機
 - 1 段目, 2 段目の Safety Operation (S. O.) 用司令電波受信
 - 3 段目の点火司令電波受信
- 2) 296.2 MHz TM 送信機 (FM-PM 方式)
 - 機体計測信号の通信
- 3) 915 MHz 送信機 (FM-SS 方式)
 - 機体計測信号の通信
- 4) 298.1 MHz TM 送信機 (PCM)
 - CN 装置および TVC 装置の動作情報の通信
- 5) 5.6 GHz RT, 同 CM デコーダ
 - オンラインによるロケットの追尾および軌道予測と計測
 - CN の基準角度の制御司令
 - 3 段目点火制御司令
- 6) 1.6 GHz RT

。ロケットの追尾と軌道計測

詳細に書くことを省略するが、これらエレクトロニクスの役目はいずれもロケットの飛しよう中の Time Sequence にのった各動作に対応しているので、時間的にも距離的にもおのおののエレクトロニクスの役割や守備範囲は異なっていると解釈できる。

3.4 地上系の性能と搭載側の出力および性能

搭載用エレクトロニクスやそのアンテナ系は既成の地上施設を使う以上その特性や性能に合わせて設計を行なう必要がある。M-3C の搭載されたエレクトロニクスの出力および性能、それらに対応する地上系のエレクトロニクスのおもな特性を下記のとおりとする。

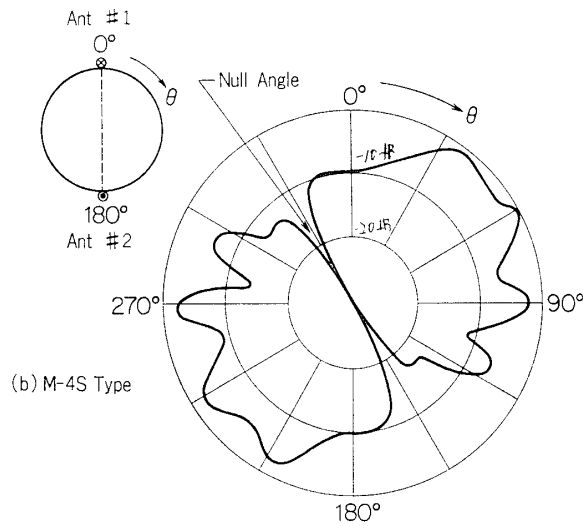
搭載側	地上側
1) 410 MHz CM 受信機 スレシオールドレベル -97 dBm	送信出力 200 W アンテナ利得 20 dB ケーブルロス -4 dB
2) 296.2 MHz TM 送信機 (FM-PM) 送信出力 2 W	受信機スレシオールドレベル -107 dBm アンテナ利得 24.3 dB アンテナビーム幅 9.9° ケーブルロス -2 dB
3) 915 MHz TM 送信機 (FM-SS) 送信出力 3 W	受信機スレシオールドレベル -97 dBm アンテナ利得 25 dB ケーブルロス -0.5 dB アンテナ放射特性 円偏波
4) 298.1 MHz TM 送信機 (PCM) 送信出力 2 W	受信機スレシオールドレベル -103 dBm アンテナ利得 24.3 dB アンテナビーム幅 9.9° ケーブルロス -2 dB アンテナ放射特性 円偏波
5) 5.6 GHz RT 送信出力 700 W 同期感度 -70 dBm CM デコーダスレシオールド -68 dBm	送信出力 1 MW 受信機ミニマム追尾レベル -97 dBm アンテナ利得送受共 43 dB フィーダロス -2 dB 偏波特性 円および直線
6) 1.6 GHz RT 送信出力 100 W 同期感度 -80 dBm	送信出力 500 kW ミニマム追尾レベル -93 dBm アンテナ利得送受共 33 dB フィーダロス 1.5 dB 偏波特性 円および直線

4. 各搭載アンテナの設計

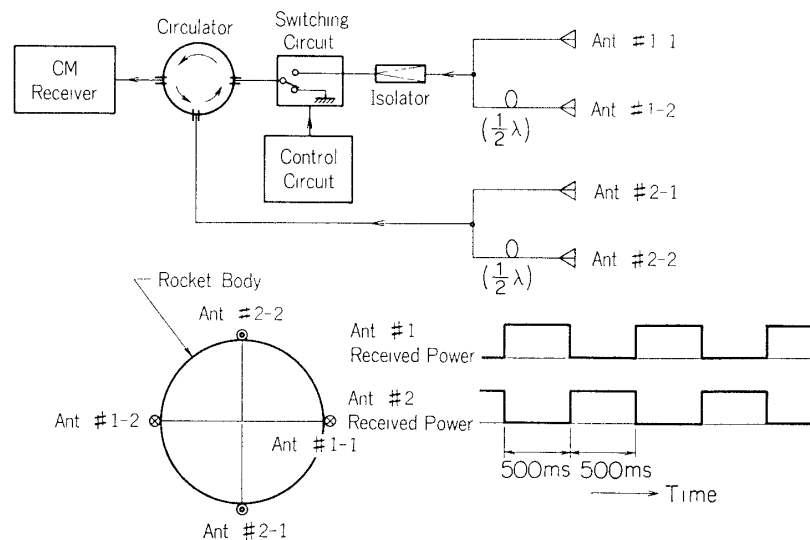
4.1 410 MHz 受信機用アンテナ

アンテナ設計に対する考え方より CM 受信機系アンテナは図 2 の Safety Operation 用コマンドの Emergency Area X+0~150 sec, 距離 (0~200 km) においてロケットのいかなる姿勢角度に対しても地上系との通信確保が要求される. 図 4 に M-4S 型ロケットの 410 MHz CM 受信機用として用いられたアンテナの放射パターンを示す.

これらのアンテナ放射特性より明らかに $\theta=150^\circ$, $\theta=330^\circ$ に Null 特性を有しているが, M-4S 型においては 1 段目燃焼中ロケットは Natural Spin を行ない, しかも地上系の性能



第 4 図 コマンド受信機アンテナパターン



第 5 図 410 MHz コマンド受信機回路構成

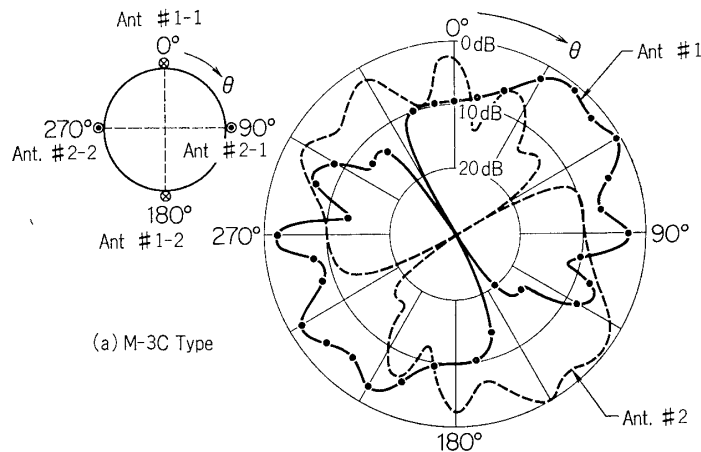
に対して十分に距離が小さいためこの Null Angle は無視できる。

2 段目以後は強制的に Spin をかけられるので、Null Angle は等価的に無くなると考えられる。

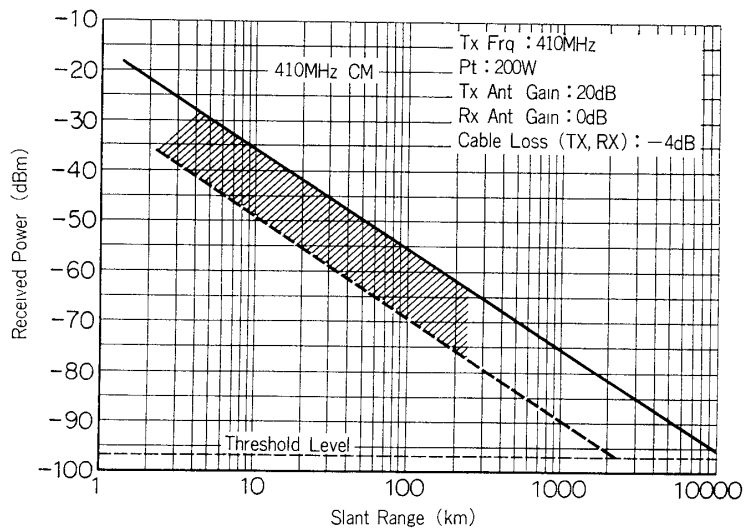
しかし Null Angle が大きく、しかもロケットの Spin が少ない場合問題になる。

M-3C 型ロケットでは 2 段目燃焼中にロケットの Spin を完全に停止させ TVC が行なわれるので、M-4S 型と同じ考え方では完全なコマンドシステムの保障ができない。

この際、より安全で M-3C 以後の大型ロケットにも使用できるようなシステムとして図 5 に示すようなアンテナの切換方式を採用した。この回路の特長は、アンテナ切換え用の高周波スイッチや制御回路などの一部が破損しても Circulator とアンテナ素子が生きていれば従来の M-4S 型の放射特性は保障できること。1 個の高周波スイッチの on, off だけで 2 系列のアンテナの切換が行なえることである。



第 6 図 切換えによるコマンド受信機アンテナパターン



第 7 図

切換周波数は (0.5~1) Hz 程度を見込んでいる。

放射パターンの切込み角度における最低レベルは円偏波対直線偏波で約 -10 dB である。

アンテナ素子は従来より用いられているフック型を用いる。

切換えた時の放射パターンは図6に示す。

なお、ここに用いられるアンテナ回路用の Circulator などの損失は実際の回路で 1.5 dB 以下にできる。CM 通信回線における距離対受信レベルを図7に示す。ロケットの姿勢いかにかわらず斜線で示された受信レベルが確保できる。

4.2 296.2 MHz TM および 298.1 MHz TM 用アンテナ

これら2周波の TM 送信機は周波数が近接しているため、おのおのにアンテナ系を持たせるとアンテナ間の結合を生じ、送信波のキャリアやスプリアスなどによるリングングなどが心配されるので、2周波共用アンテナシステムが望まれる。TM 系アンテナ放射パターンの守備範囲角度は図3より最大円錐角 $\phi=45^\circ$ までの範囲とする。(Margin 10°)

M-3C の胴体径 1.4 m は 300 MHz の波長の 1.4 倍に相当し非常に大きいので、従来用いられてきた2素子逆相給電法では放射パターンの守備範囲角度 ($\phi=45^\circ$) に対して良い放射パターンを得ることはできない。

一般に大型ロケットに搭載されるアンテナ系の方法としては大別して二つの方法が考えられる。

1. 多素子アンテナ系による放射パターンの改善
2. Adaptive Antenna による方法

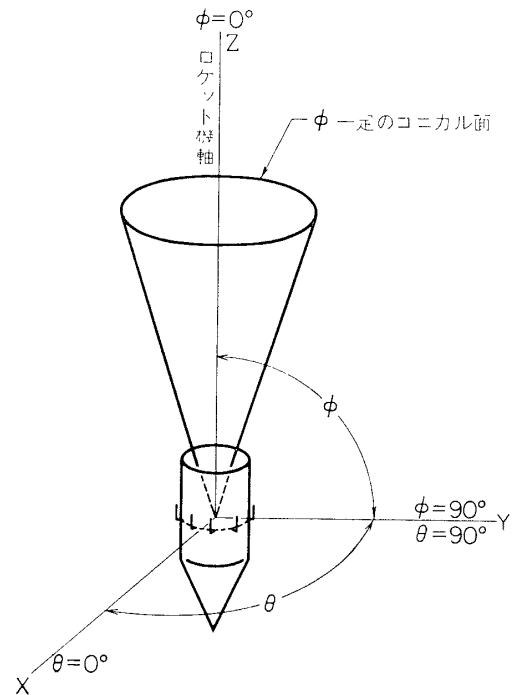
以上二とおりであるが、これらの特長を簡単に検討してみる。

多素子化によるアンテナ放射パターンの改善
(利点)

1. 安定な回路 (HYB 回路) を用いるので系全体が安定にまとまり、でき上がり後の調整が簡単に済む。
2. ロケット後方に指向性を持たせることができる。
3. VHF 帯では給電回路を小さくできる。
4. Static な信頼性が大きい。

(欠点)

1. ロケットの機軸に垂直な方向の利得が低下する。
2. ロケットの胴体径に比例して素子数が増加する。
3. 使用波長に対する胴体径に制限がある。
4. アンテナの放射電力に無駄がある。



第8図 放射パターンの座標系

Adaptive Antenna による方法

(利点)

1. ロケットの胴体径にあまり左右されない.
2. 望む角度に指向性を持たせる事が可能.
3. アンテナの放射電力を無駄なく使用できる.

(欠点)

1. アンテナ系のスイッチングを行なうための制御回路（角度検出回路を含む）が必要である.
2. アンテナ系が複雑化し信頼性が低下する.

以上の方法に対する優劣は簡単につけ難いが、ロケットがより大型化された場合は Adaptive Antenna 系の方が適している。

M-3C 型ロケットの場合、図 3 に示したロケットの飛しょう中におけるロケット機軸対地上アンテナ光軸のなす角度変化曲線より考察して、両システムのどちらを採用しても良いような胴体径であるため、当初はこれら両システムについて検討を加えたが、次の理由で多素子化アンテナにした。

Adaptive Antenna 系

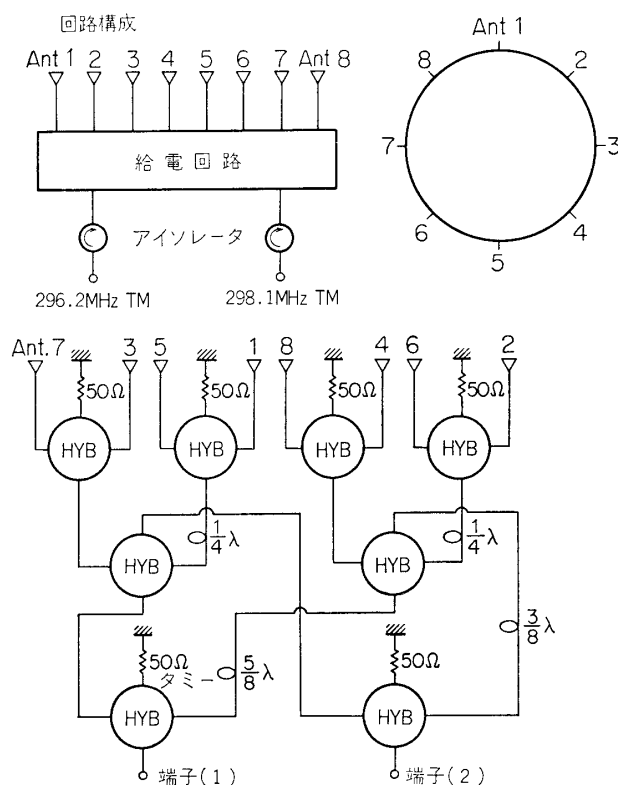
1. 角度検出回路が時期的に無理
2. アンテナの制御回路がかなり大きくなる.

多素子アンテナ

1. 給電回路はある程度小型にできる.
2. 基礎実験データがある.
3. アンテナ系の信頼性が高い.
4. 機軸後方より $\theta = \pm 50^\circ$ 範囲の円錐角に対しては、切込みの小さいブロードな放射パターンを得ることは難くない.

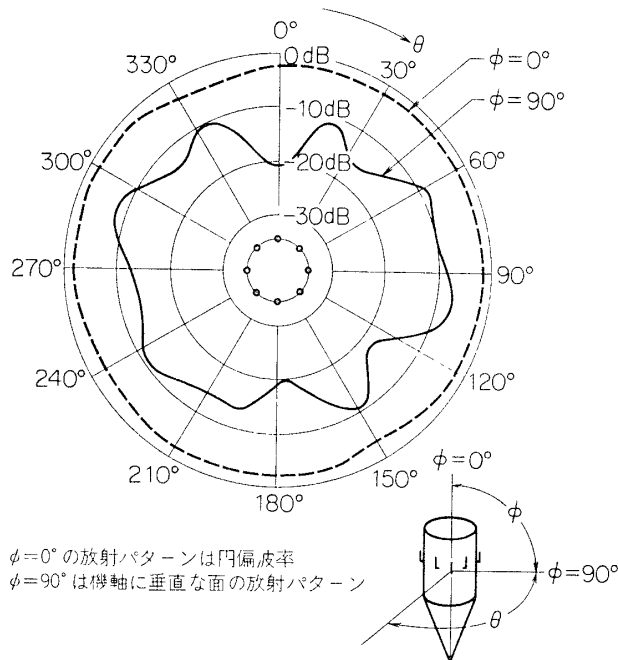
これらの理由で、M-3C 型に搭載する 300 MHz 帯の 2 周波の TM 送信機には、8 素子による円偏波給電方式を採用した。図 9 に給電回路を、図 10、図 11 にそれらの放射パターンを示す。

これらの多素子回路に用いた移相

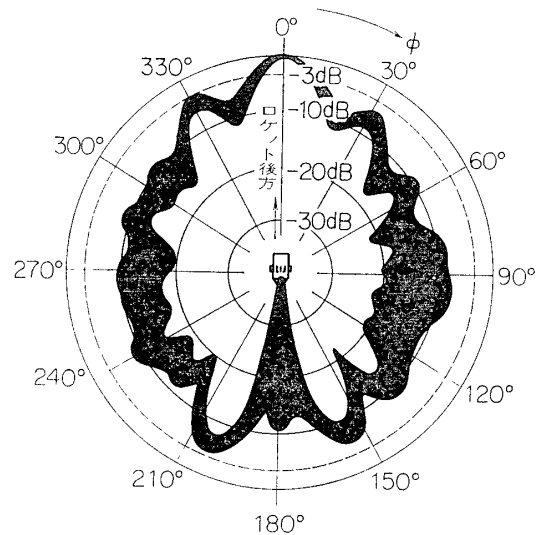


	Ant 1	2	3	4	5	6	7	8
端子 1	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
端子 2	135°	90°	45°	0°	315°	270°	225°	180°

第 9 図 300 MHz 帯テレメータ用波共用回路



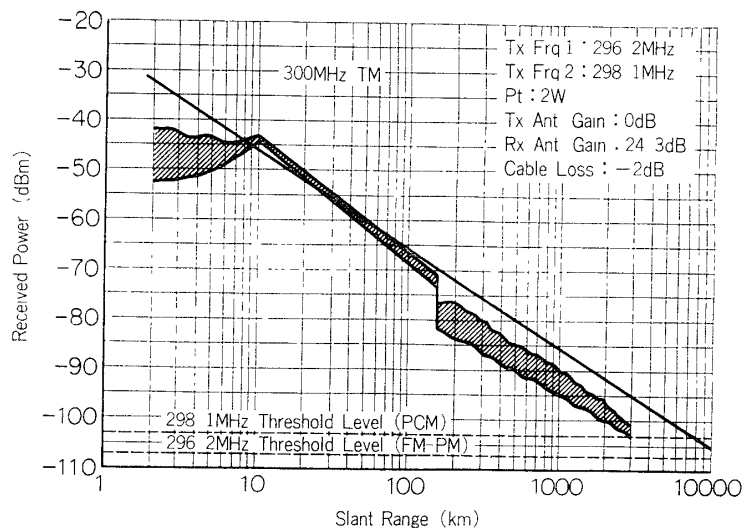
第 10 図 300 MHz TM 8 素子アンテナ放射パターン



第 11 図 300 MHz TM 2 周波共用 8 素子アンテナ左旋円偏波特性

器の特性は $\pm 7^\circ$ の誤差を持ったものを使用したか、円偏波率 ± 1.5 dB 程度のものが簡単にできた。しかし $\phi=90^\circ$ の機軸に垂直な面に対する放射パターンの乱れはこの移相誤差にものと思われる。なお移相器の精度は 300 MHz 帯では $\pm 5^\circ$ 以下のものが簡単に製作できる。

図 12 に 8 素子円偏波給電方式を用いた場合の予想受信レベル曲線を示す。図 11 に示されているアンテナパターンより得られる予想受信レベルを斜線で示す。



第 12 図 8 素子円偏波給電法による予想受信レベル

4.3 915 MHz TM アンテナ系について

915 MHz TM 用アンテナ系に対しても、300 MHz TM アンテナ系同様多素子アンテナ方式と Adaptive Antenna 方式とについて検討を加えた。多素子型は使用波長に対して胴体径が大きすぎて使用できない。また、Adaptive Antenna 系についてはそれらの信頼性と時期的な問題が残るため、今回の M-3C 型に対しては従来の M-4S 型に用いられた 4 素子円偏波給電型にノズルアンテナへの切換え方式を採用した。

それらに対する検討経過について簡単に記述する。915 MHz アンテナ系に多素子アンテナ方式を用いると次のような問題が考えられる。

1. ロケットのスピンの軸回りおよびそれらを含む円錐面に対するレベル変動値をある程度以下に抑えようとする、素子数が増してアンテナ系の重量増になる。
2. 座標系を図 7 に示すとおりに定めるとき、 $\phi=7^\circ$ 付近の円錐面の放射パターンの落込みが生じる。

$\phi=7^\circ$ の値は M-3C 型ロケットの飛しょう特性から要求される放射パターンの守備角度範囲 ($\phi=\pm 45^\circ$) であるため非常に望ましくない。

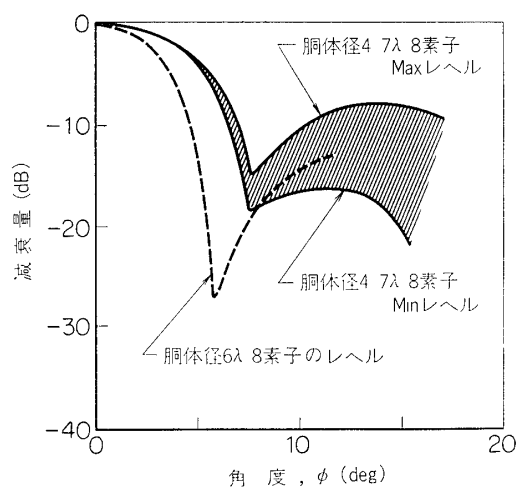
この放射パターンの落込み角度およびレベルは、ロケットの胴体径と用いられる素子数に関係している。素子数を増せば機軸後方の利得は増加されるが $\phi=7^\circ$ の円錐面に対するレベルの落込みも増加する (図 13 参照)。また使用波長を一定とし胴体径を大きくすればレベルの落込む角度は $\phi=7^\circ$ よりだんだん小さくなる。

915 MHz アンテナ系に対する Adaptive Antenna 方式についてはアンテナ系の active control を行なうための手段として地上基地からの使用電波および地球磁場が考えられる。

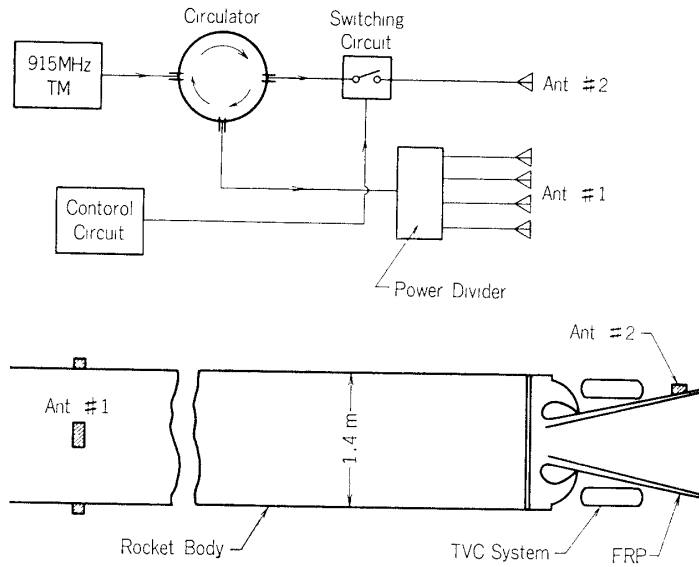
ロケットの発射後 X+20 秒 (ロケット機軸対地上アンテナ光軸のなす角度の極性の変わる時点 (図 3) までの間、直距離で約 20 km の間を無視すればアンテナのコントロールを行なう手段として地磁気を用いるのが簡単で最良の方法と思われる。しかし地磁気系を利用する場合他の搭載系との障害などを考慮する必要があるので今回の採用を見合わせた。

M-3C 型に用いられる 915 MHz TM アンテナ系は、従来 M-4S 型に用いられてきた 4 素子アンテナ系と 8 素子アンテナ系についても検討を加えたが大きな優劣をつけ難いので従来どおり 4 素子円偏波給電方式とし、新たに図 14 に示すようなノズルアンテナへの切換え方式を採用した。アンテナの切換え信号は捨載タイマーを用いる。

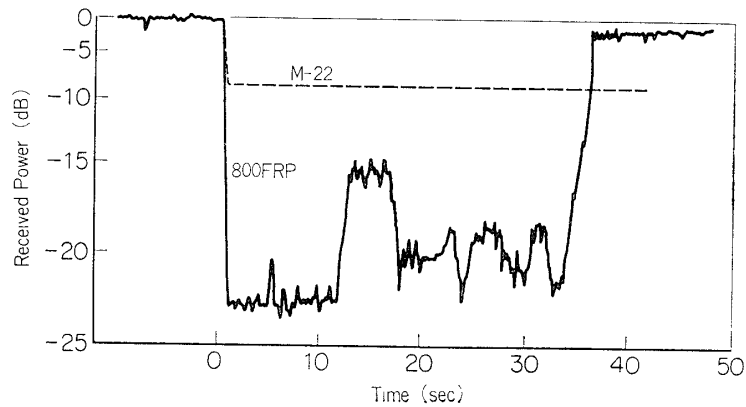
当初ノズルアンテナへの切換えはロケット 1 段目切断後 +1 秒に行なう予定であったが、ロケット燃焼中における火災による電波減衰が大きかったので 2 段目燃焼後に行なうことにした。(図 15 は火災中における電波減衰の実験例を示す)。



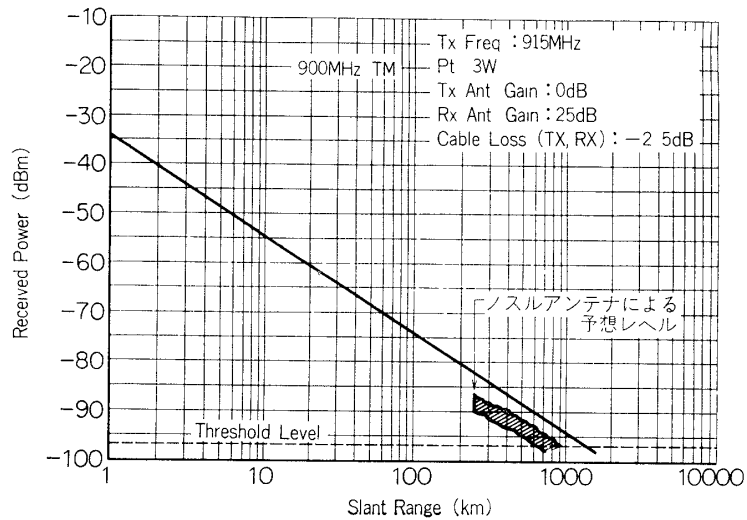
第 13 図



第 14 図 915 MHz テレメータアンテナ回路



第 15 図 ロケット燃焼時の火炎による電波減衰



第 16 図 900 MHz テレメータ予想受信電力

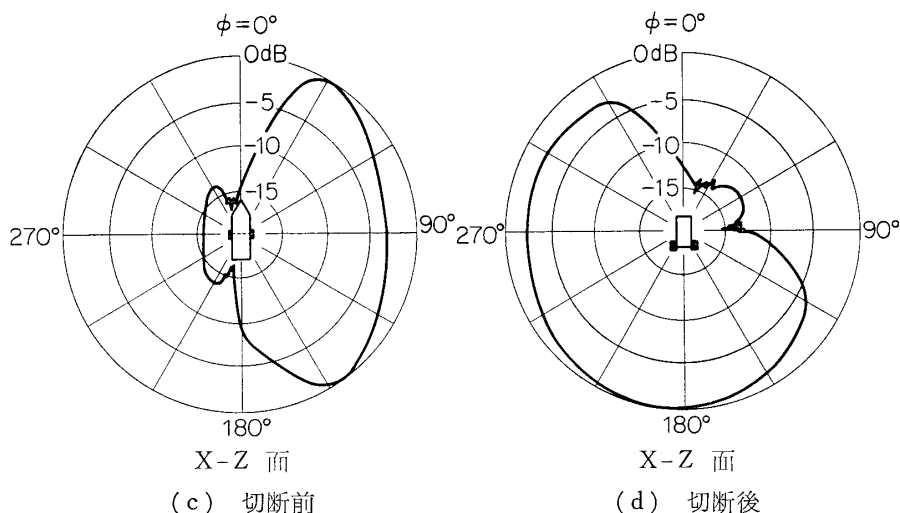
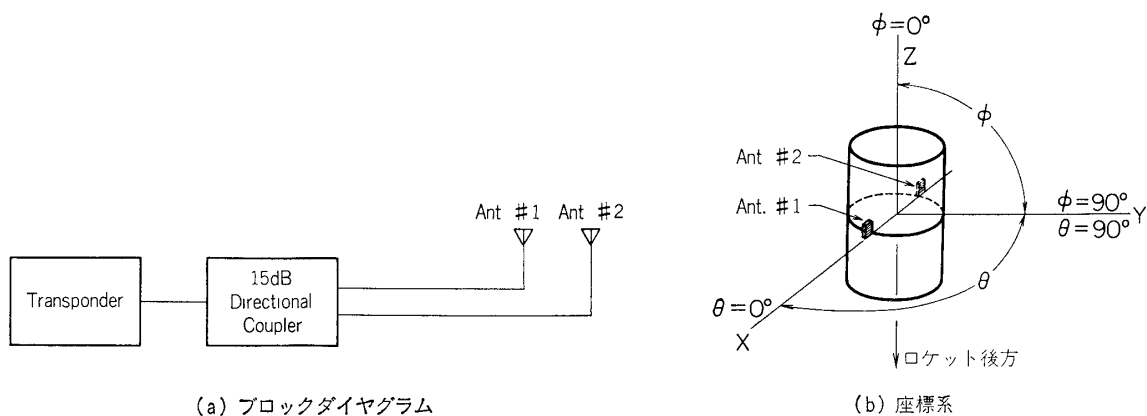
ノズルのカーボン化による減衰は 1.7 GHz において約 4 dB の値であった。したがって FRP 材の減衰と合わせて 7 dB 程度の減衰を見込めばよい。予想受信電力の曲線を図 16 に示す。以上の検討結果より地上系のアンテナ利得の向上が望まれる。

4.4 5.6 GHz, 1.6 GHz レーダトランスポンダ用アンテナ

従来 M-4S 型ロケットでは 5.6 GHz レーダはロケットの 3 段目に搭載されていた。ロケットの 3 段目は燃焼終了後に搭載計器部（姿勢制御部（CN 部）+計器部（PL 部））とロケットエンジン部が切断されその後に CN による姿勢制御が行なわれていた。5.6 GHz レーダトランスポンダのアンテナ系は CN 部の後端部に取り付けられ、ロケットエンジン部切断後に最良の放射パターンが得られるよう設計されていた。図 17 に M-4S 型のアンテナ系と放射パターンを示す。

なお、1.6 GHz レーダトランスポンダのアンテナは PL 部に取り付けられ、5.6 GHz レーダの補助的な役割として用いられている。

M-3C 型ロケットでは、2 段目のエンジン部と搭載機器部の切断がなされないため、従



第 17 図 M-4S 型 5.6 GHz RT アンテナ系

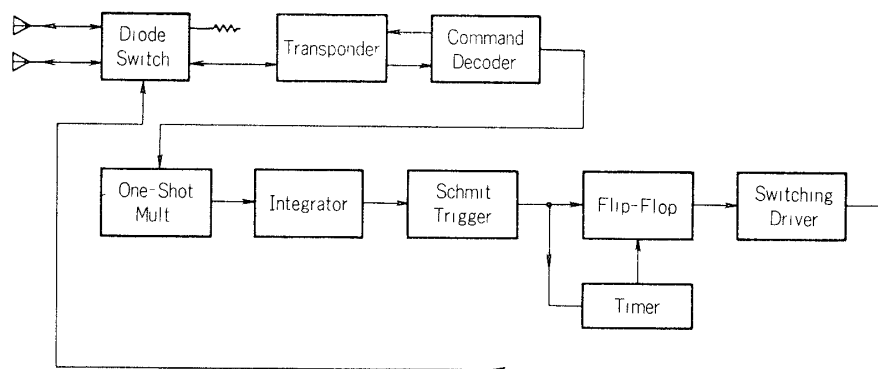
来の方式を用いることができない。

5.6 GHz レーダの搭載アンテナ系については、精測レーダの計画当初よりアダプティブアンテナ系についての検討がなされてきた。アダプティブアンテナ系のかなめは角度検出回路であるが、これらの角度検出回路方式については種々の方法を検討してきたが、いずれも高額の予算を必要とし実験はできなかった。

M-3C 型における 5.6 GHz レーダの役割は従来行なってきたロケットの追尾および軌道予測のほか CN 系の基準角度の司令制御を行なうため、より高信頼性の通信回線が望まれる。

これらに対する通信回線の信頼性確保のための対策として、アンテナ切換方式が考えられる。

M-3C 型においては、5.6 GHz レーダトランスポンダ用アンテナには次のような切換方式を採用した。図 18 にその切換装置のブロック図を示す。



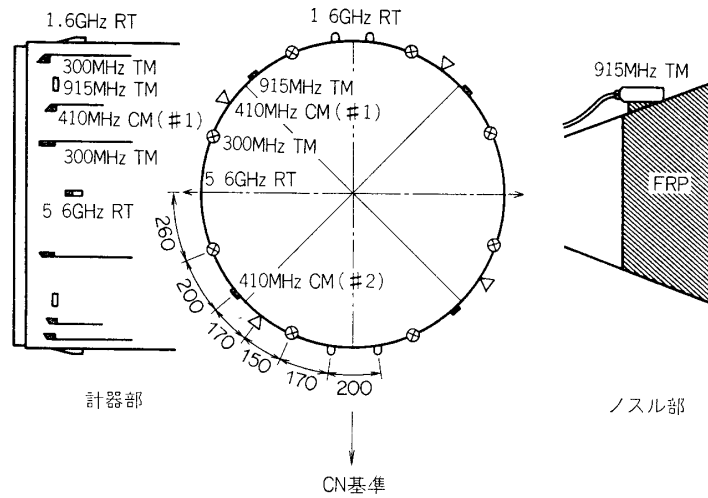
第 18 図 5.6 GHz 用アンテナ切換え装置

この方式はあらかじめ任意の 1 個のアンテナに接続されたレーダトランスポンダが地上系の送信電波を受け、その受信信号が切換レベル以下になったら切換装置を動作させ別の搭載アンテナに切換えられる。

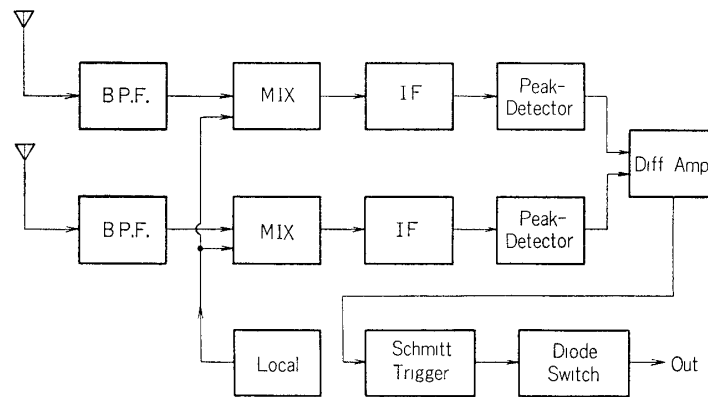
具体的には、この方法はレーダトランスポンダの IF 出力を切換信号とし、レーダコマンドデコーダのスレシオールド付近に切換レベルを設定する。IF の出力がこの切換レベルより低くなった場合には Timer でアンテナのスイッチ回路の走査を繰り返す。もう一つのアンテナ系に切換えたとき、受信感度があればそのままそのアンテナ系にホールドされる。再び、切換レベル以下になれば Timer による走査が続けられる。

この方式だと切換用の受信機として新たに搭載する必要がないという利点があるが、M-3C 型のようにスピンをとめるようなロケットに対しては切換レベルに近い信号レベルで接続されている搭載アンテナが考えられ、もう一つの捨載アンテナは地上局に対して非常に望ましい状態であっても、信号レベルが切換信号レベル以下にならない限り望ましい搭載アンテナには切換えが行なわれないという欠点がある。

これらのことを考慮して、ロケットに取り付けられるアンテナ素子はロケットが正常飛し



第 19 図 M-3C アンテナ系取付図



第 20 図 1.6 GHz 用アンテナ切換え装置

ようをしている場合は地上局からは両方の搭載アンテナが見えるような位置に取り付けられている。(図 19)

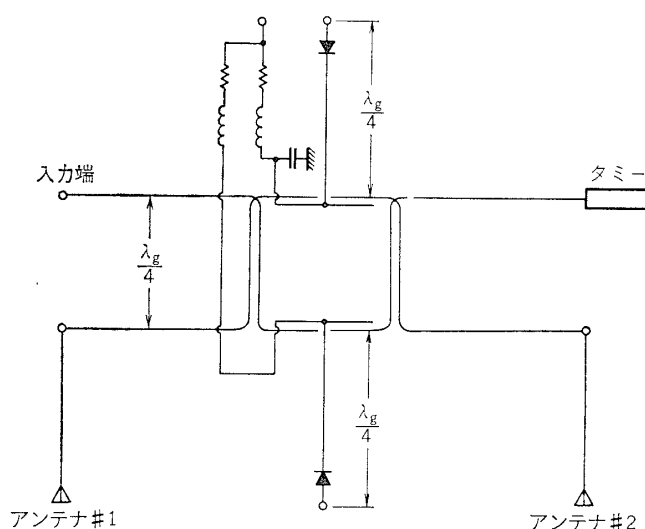
なお、1.6 GHz レーダトランスポンダ用アンテナでは図 20 に示したようなアンテナ切換え装置を試作し実験を行なっている。

この方式は、2 個の搭載アンテナそれぞれで地上からの信号を受けこの信号のレベル比較を行ない、レベルの強い搭載アンテナに切換える。これだと 5.6 GHz で生じたような欠点は除くことができるが、信号レベルの比較を行なうため比較するための受信機を新たにロケットに搭載しなければならず、ロケット側の重量の負担をかけることになり、M-3C 型においてはこの方式は見合わせた。

1.6 GHz レーダ系は従来のもので送受用に 1 対づつの逆相給電型を用いることにした。

次に、5.6 GHz レーダトランスポンダ用アンテナ切換えに使用しているマイクロ波ストリップラインによるスイッチ回路について簡単に説明する。

ストリップラインにより構成されているスイッチ回路の回路構成を図 21 に示す。



第 21 図 スイッチの回路構成

図 21 でわかるように、スイッチ素子としてダイオードを伝送線路にじかに並列に挿入するより並列分岐線路の先端に挿入した方がダイオード挿入に伴う不整合の調整が行ないやすい。

また、ロケット搭載アンテナの切換えに用いるスイッチ回路は、常に 2 組のアンテナのうちどちらか一方のアンテナとレーダトランスポンダが接続されていなければならないので、少なくとも 3 開口スイッチ回路でなくてはならない。

図 21 では 4 開口であるが、そのうちの一つにはダミーを接続しておく。

挿入してある 2 個のダイオードを同時に開放した場合は #1 のアンテナへ、同時に短絡した場合は #2 のアンテナへ接続される。

5. アンテナ取付上の位置関係

M-3C 型に搭載されているアンテナ系の取り付け位置関係は搭載機器の目的を考慮して、図 19 に示す位置関係が望まれる。

図 19 に示すごとく、300 MHz 帯の TM アンテナ系はロケット計器部の同一円周上に 8 等分された位置に取り付ける。

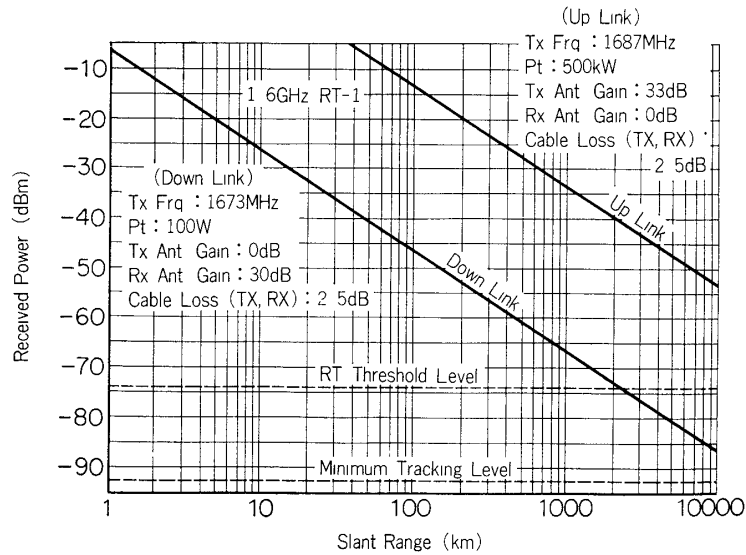
410 MHz CM 受信用および 910 MHz TM アンテナについても、それぞれ 4 等分された位置関係が必要である。

5.6 GHz レーダアンテナは、切換方式の関係から CN 基準に直交する面に対称に 2 個のアンテナを取り付ける。

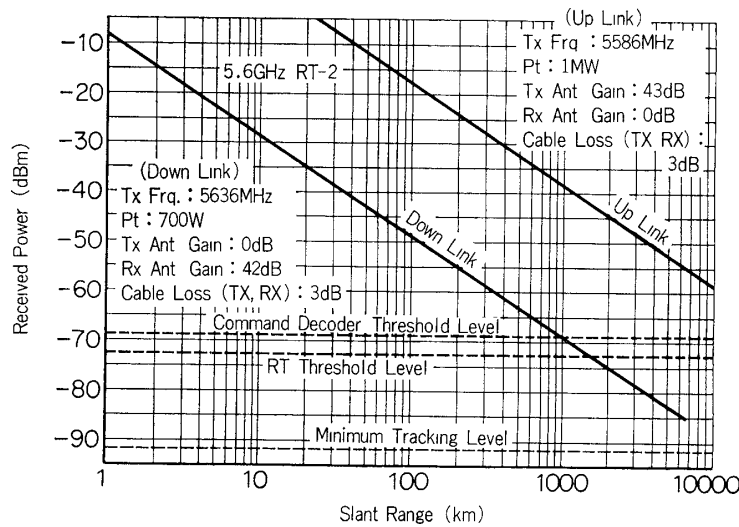
1.6 GHz レーダは 2 対のアンテナを CN 基準面に対称に取り付けることが望まれる。

6. む す び

M-3C 型ロケットの特長を考慮して、410 MHz 系アンテナにはスイッチングによるアンテナの走査方式、300 MHz TM アンテナ系には 8 素子による円偏波アンテナの 2 周波共用



第 22 図 搭載アンテナ利得を 0 dB とした時の距離対信号レベル



第 23 図 搭載アンテナ利得を 0 dB とした時の距離対信号レベル

方式, 915 MHz TM アンテナ系は従来の 4 素子円偏波アンテナとノズル部に取り付けたノズルアンテナへの切換方式, 5.6 GHz レーダトランスポンダ用にはトランスポンダの受信電力レベルを用いたアンテナのスキャン——ホールド方式のアンテナ切換方式, 1.6 GHz レーダは従来の 2 素子アンテナ系を図 19 に示すように搭載したが, これらの方式で一応の結果は得られるものと思われる。

今回の M-3C 型ロケットにおいては種々の理由でアダプティブアンテナ方式を採用しなかったが, 将来の問題としては大型ロケットにはアクティブアンテナ系を考えなければならない。

搭載アンテナ系をアクティブアンテナ系とすれば角度検出回路の共用ができ, アンテナ系

の信頼性が高まるばかりかアンテナ系全体の重量軽減ができる利得がある。搭載能力の向上のためにもロケット搭載用のアクティブアンテナの開発が必要である。

1972年11月20日 新設部(工学)

参 考 文 献

- [1] 山下不二雄：テレメータ用ロケットアンテナ 東大生産研究 Vol. 15 No. 7, 1963
- [2] 高木 昇他：レーダ用機 アンテナと飛しょう運動によるレベル変動について 東大生産研究 Vol. 15 No. 7, 1963
- [3] 糸川英夫他：L-4Sの発射安全システム 東大宇宙研報告 Vol. 4 No. 4(B), Decembor 1968
- [4] 高木 昇他：東京大学におけるスペースエレクトロニクスの開発研究 電子通信学会誌 Vol. 50 No. 6, 昭42年6月
- [5] 浜崎囊二他：半導体ダイオードと 3 dB 結合器を用いたマイクロ波スイッチ回路 東大生研電気談話会報告 Vol. 20 No. 21, June 11, 1970
- [6] W. G. Scott K. M. Soo Hoo: "Atheorem on the polarization of null-free antennas" IEEE Trans. AP-14, Sep. 1966
- [7] 小淵知己他：ロケット搭載アンテナ (VHF 帯) の多素子化による放射特性の改善 全国大会昭和47年
- [8] Elisabeth. M. Rutz-Philipp: "Spherical Retrodirective Array" IEEE Trans. AP March 1964
- [9] M. I. Skolnik: "Self-Phasing Array Antennas" IEEE Trans. on AP. March 1964
- [10] Ronold King: "Transmission-Line Missile Antennas" IRE Trans. on AP Vol. 8 Tanuary 1960