

宇宙通信用アンテナ駆動制御装置

竹	田	正*
小	林 淳	人**
高	橋 慶	吉***
山	浦 弘	紀***

1. ま え が き

郵政省電波研究所では、かねてから宇宙通信の開発研究のために、茨城県鹿島町に大型パラボラアンテナを建設し、その後も宇宙通信関係機器を着々と設備しています。ここに紹介するのはこれらの装置の一環として当社が受注した装置のうち、直径 30 m の大型パラボラアンテナを駆動して人工衛星を自動追尾したり、あるいは任

意の方向にアンテナを指向させたりするアンテナの駆動制御装置であります。この装置によって制御されるアンテナの外観は写真 1 のようであります。このアンテナは垂直軸（方位角）および水平軸（仰角）のまわりに回転できるようになっており、この装置によって各軸ごとにその運動が制御されます。

2. 装置の概要

この装置の概略系統図を第 1 図に示します。このうち駆動部および誤差検出部の一部がアンテナ構造部に設置されており、その他のものはアンテナ構造部から約 50 m 離れた管制室内に設置されていて、その間をケーブルにより接続して、信号の伝達を行なっています。次にこの装置の各部についてその概要を述べます。

2.1 操作部

操作部はアンテナの制御方式を選択指令する部分で、その制御方式は第 1 表に示すように 7 種類あります。このうち自動追尾およびプログラム追尾はそれぞれ追尾受信装置およびプログラム追尾装置と組合わせて、はじめて 1 つの制御系を形成するものでありますが、他の方式はこの装置内だけで行なえる制御方式であります。

操作盤にはこの制御方式を選択する選択スイッチのほか、アンテナの状態を表示する表示ランプ、速度を表示する速度計、位置を表示する角度指示器、速度レンジを切換える切換スイッチ、および第 1 表に示した制御方式のうち manual control および aided tracking の入力信号を入れる操作ハンドルがとりつけられています。

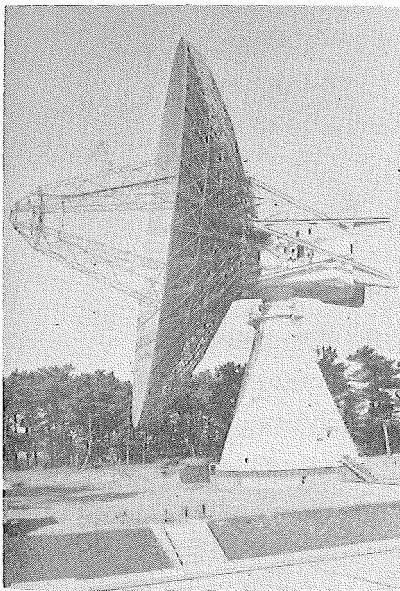
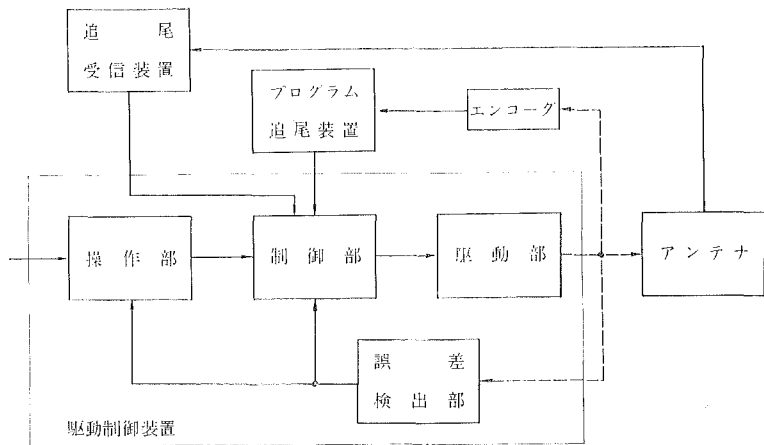


写真 1

*電波機器事業部特定機器工場技術部第三課長代理
** " " " 第四課員



第1図 装置の概略系統図

第1表 アンテナの制御方式

制御方式	動作説明
Lock	アンテナをある位置に向けて止めておく場合に使用される方式で、油圧管路を電磁弁によってシャ断して油圧ブレーキをかけるものである。
Aided Track	アンテナをある一定の速度で動かしたり、または適当な位置へ移動させる場合に使用される方式で、アンテナ駆動部へ速度入力を印加して、速度制御をするものである。
Manual Control	アンテナをある方向へ指向させる場合に使用される方式で、操作部のシンクロ制御変圧機により角度入力を印加してアンテナの位置制御をするものである。
Scan	関数発生器からの信号にしたがって、アンテナの位置制御を行なう方式で、標的などを捕捉する場合に使用される。
Automatic Track	追尾受信機と結合して、標的からの電波源を追尾する場合に使用される方式である。
Slave Track	プログラム追尾装置と結合して、あらかじめプログラムされたある時間間隔の位置の信号にしたがい、アンテナの位置制御を行なう場合に使用される。
Simulation	シンクロ制御変圧機を、ある一定速度で回転させ、これにアンテナを追従させる方式で、アンテナの定常速度に対する追尾性能をテストするのに使用される。

角度指示機構は 1X:45X の 2 速度シンクロ系を採用しており、その指示確度は 0.01° であります。

また速度表示は広角度型の電圧計を採用して、見やすくしており、制御方式の選択には押ボタンスイッチを採用して、直ちに所要の方式の指令ができるように考慮し

ております。

操作部にはこの他両軸駆動系が遠隔操作可能か否かを表示するランプ、駆動用モータが起動しているか否かを表示するランプがついている表示灯盤、アナログの走査を行なうための信号発生器、アンテナの定常追尾性能をチェックする追尾信号発生器が含まれています。

写真 2 には操作部の外観を示します。

2.2 制御部

この部分は操作部で選択された各装置からの入力信号ならびに誤差検出部からのフィードバック信号を受けて駆動部を制御する演算増幅器およびその電源部等から構成されており、増幅器系統は方位角、仰角別にそれぞれ高速および低速の 2 チャンネルを有しています。第 2 図にはこの装置の 1 つのチャンネルのブロックダイヤを示します。この図の直流増幅器および位相弁別器は各チャンネル間で互換性をもたせるためプラグインユニットになっており、したがって万一あるチャンネルのものが故障しても、使用していないチャンネルのものと差し換えて所要のチャンネルを使って装置を動作させることができます。

また自動追尾受信装置およびプログラム追尾装置からの入力信号を受ける増幅器の部分は入力信号が直流である関係上、増幅度が大きいにもかかわらず直流増幅器を使用しました。そこでドリフトを極力少なくする目的でチョップで補償を行っており、これによりドリフトを 5mV/24H に抑えています。さらに自動追尾の場合、追尾受信機からの方位角誤差信号は仰角が高くなるにしたがい、アンテナの駆動軸への所要入力信号に対し、仰角の cos に比例して小さくなります。そのため仰角の高い衛星を追尾する場合は方位角の遅れが天頂付近で急に大きくなる可能性があります。この欠陥を避けるため、こ

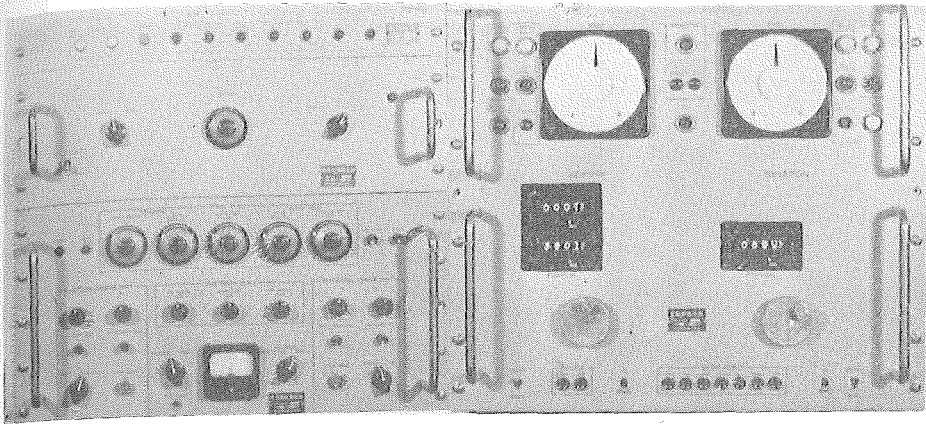
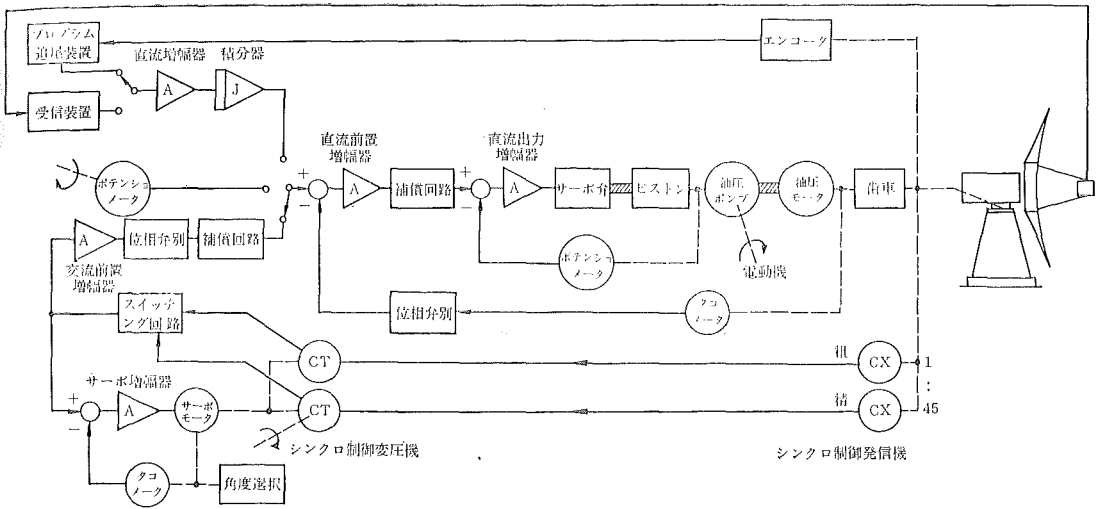


写真 2



第2図 駆動制御系のブロックダイアグラム

の部分の方位角チャンネルには受信機からの方位角誤差信号を仰角の \cos の逆数に比例するようにその値を補正するサーボ式掛算器が初段に入っております。

上記の各増幅器、位相弁別器等の零点調整、ゲイン調整は真空管電圧計を組込んだ調整用計器盤でスイッチを切換えることによって容易に行なえるようになっており、同時に電源部の各種電源電圧および一次側電圧も付属の計器で容易に点検できるようになっています。この装置に使用している電源は制御部は ± 300 VDC, ± 100 VDC, -34 VDC, 12.6 VAC, 115 V 400 c/s AC で一

次側は 200 V 50 c/s である。写真3には制御部の外観を示します。

2.2 駆動部

駆動部は方位角軸駆動部および仰角軸駆動部から構成されており、前者は写真1でみる円錐台形の塔の中に、後者は塔上の部屋に設置されています。駆動方式は両軸とも可変吐出量油圧ポンプと定容積油圧モータを組合わせた油圧駆動方式を採用しています。この駆動方式では油圧ポンプの軸は電動機により一定速度で駆動されており、油圧モータへの油の流量は前記油圧ポンプの斜板の

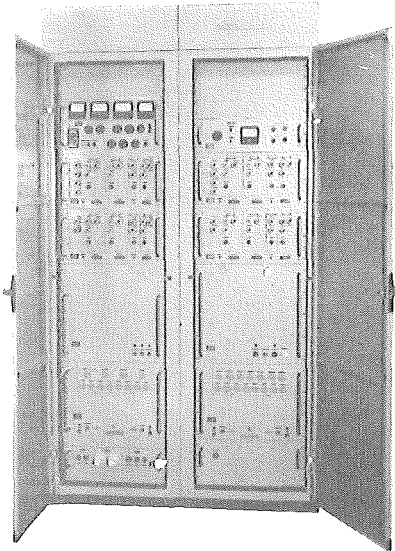


写真 3

角度を変えることにより、制御されます。油圧ポンプの斜板角はサーボ弁により制御される斜板に直結された操作ピストンにより変えられます。これらの油圧系の油圧源としてはサーボ弁用として圧力 35 kg/cm²、最大流量 10 l/min の一定圧油圧源を、そして油圧モータ駆動用としては最大油圧 210 kg/cm²、最大流量 300 l/min のものを使用しており、方位角軸最大 100 kW、仰角軸最大 50 kW の出力が得られます。また駆動部はこの装置に要求されている各軸の角速度の範囲が広い（後出の第 2 表参照）、全範囲を 2 段に分けて、高速用と低速用の 2 つのチャンネルを設け、適用する駆動系を電磁クラッチにより歯車列の途中で着脱して、低速、高速の切り換えを行なっている。写真 4 および 5 には方位角軸駆動部の油圧発生装置および減速装置の一部の外観を示します。

この駆動部にはアンテナ構造部を保護し、また使用時の事故を極力少なくする目的で次のような安全装置が考慮されています。まず風速が 25 m/sec を越える場合や、アンテナを使用しない場合にはアンテナを天頂へ向け、主歯車にかみ合うラックによりアンテナを固定します。この状態では万一間違えて駆動系の電源を投入しても、

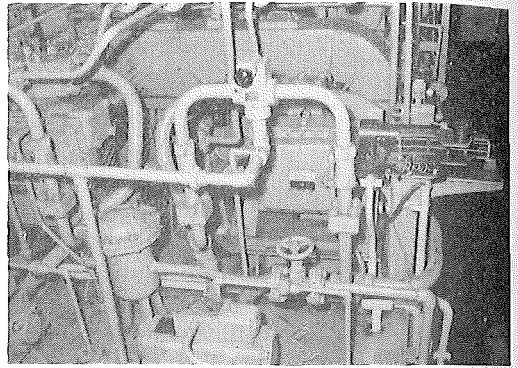


写真 4-1

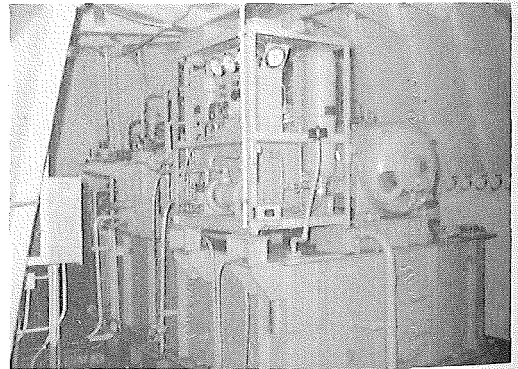


写真 4-2

電動機は起動しません。この他アンテナの逸走を避けるため、油圧ポンプ駆動用電動機は油圧ポンプの斜板が中立位置にあること、サーボ弁用油圧源の圧力が規定値に達していること、などの条件がないと起動しないように考慮されています。またアンテナの動作範囲の両極限には、まずプレリミットスイッチ、その外側にリミットスイッチがついており、アンテナがこの位置に来るとマイクロスイッチに連動した電磁弁により油圧管路をしゃ断し駆動系にブレーキがかかるようになっています。さらにアンテナが作動中に停電になった場合や油圧管路の事故で油圧が上らなくなった場合は自然にブレーキがかかるよう考慮されています。ブレーキはこの他緊急の場合に両軸同時にかけられる緊急ブレーキ、両軸独立にかけられるブレーキの 2 種が考慮されています。

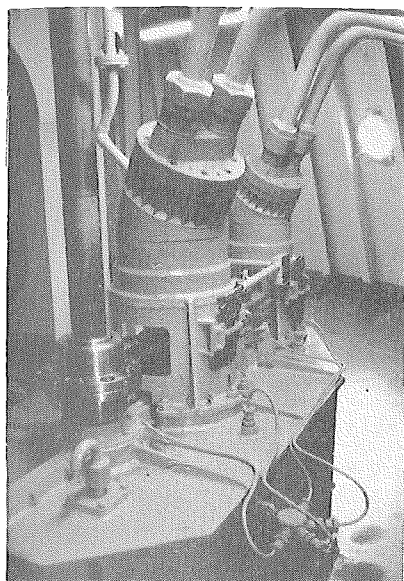


写真 5

第 2 表 駆動制御装置の性能

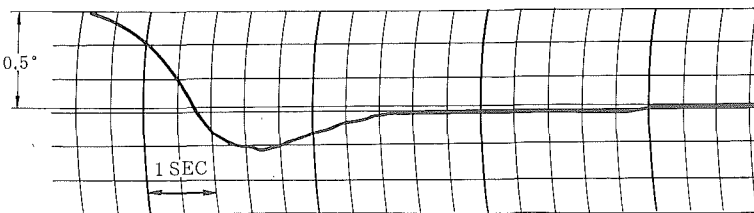
	方位軸角 (Azimuth Axis)	仰角軸 (Elevation Axis)
可動範囲	±380°	-1°~+96°
最大角速度	7°/sec	3°/sec
最小角速度	0.001°/sec	0.001°/sec
最大加速度	2.5°/sec ²	25°/sec ²
精度	0.5°以下	0.02°以下
主要動機出力	75 kW (定格)	37 kW (定格)
駆動用油圧モータ		
高速用出力	100 kW	50 kW
低速用出力	30 kW	30 kW
最大使用圧力	210 kg/cm ²	140 kg/cm ²
慣性モーメント	2.80 × 10 ⁹ kg ms ²	0.95 × 10 ⁹ kg ms ²
外乱に対する性能	1. 平均風速 15 m/sec までの風の場合 上記の精度を満足して追尾する 2. 平均風速 25 m/sec までの風の場合 アンテナを駆動することが可能	

2.4 誤差検出部

誤差検出部には次の 3 種があります。

(1) ポンプ斜板角度検出部

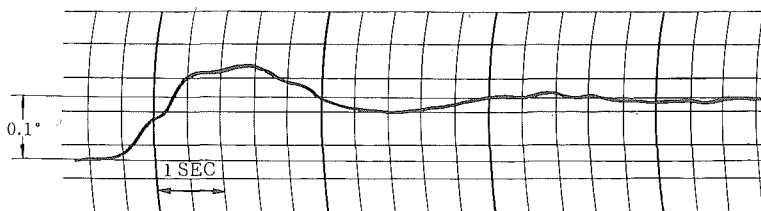
油圧ポンプの斜板に直結された操作ピストンの一端に取付けられたラックとピニオンの機構を介してポテンシオメータにより角度の検出を行います。ポテンシオメータは油入りのものを使用しているのですが、かなりはげしい振動下におかれているが、充分使用に耐えています。歯車系はバックラッシュを除去するため、スプリングロードの歯車を使用しています。



第 3 図 高速チャンネルのステップ応答
(入力=0.5°)

(2) アンテナ速度検出部

検出器は 400 c/s 115 V 励磁の交流レトロジェネレータを使用し、駆動用油圧モータ軸の速度を検出して、アンテナ速度としています。



第 4 図 低速チャンネルのステップ応答
(入力=0.1°)

(3) アンテナ位置検出部

3. 装置の性能

このアンテナの駆動制御系に関する性能を第2表に示します。このアンテナは両軸のまわりに第2表のような可動範囲をもつのではほぼ全天に対して指向できます。しかし飛しょう体を追尾する場合、それが天頂付近を通る軌道の場合には、方位角軸駆動部と飛しょう体の速度とから決まるある立体角だけは死角となります。したがってこのような場合は仰角がその死角にかかる手前で追尾を一時中断して、アンテナを旋回させて反対側で待ち受け、再び捕捉して追尾を行なうようにしなければなりません。しかしふつう宇宙通信用に使われる人工衛星は高度がかなり高く、みかけの角速度もかなり小さいので、前述の死角も非常に小さくなり、現在使われている通信衛星の Relay や Telstar の場合はこのアンテナの死角は天頂付近約 5° 以下の立体角だけあります。

またこのアンテナは単に宇宙通信のみを目的としたものではないので、対象とする人工衛星も高高度のものからかなり低高度のものまであり、したがって駆動制御部も広い速度の範囲で追尾できるように考慮されていま

す。現在この装置は現地調整中であるが、Relay 衛星の自動追尾の場合の追尾誤差は $\pm 0.01^\circ$ 以下であり、低高度の気象衛星の Tiros の場合でもその追尾誤差は $\pm 0.05^\circ$ 以下という結果が得られています。なお第3、4図にはそれぞれ manual control 系の場合の高速および低速チャンネルのステップ応答を示します。

4. あとがき

現在わが国で最大のアンテナを駆動し、制御するこの装置は制御の面でも、これだけ広い速度範囲の制御を目的としており、その点でいろいろとむずかしい点もありました。またこの装置に使用されている電子部品はもろろんのこと、各種油圧機器に至るまですべて国産によってまかなわれていることは、特筆すべきことであります。

最後にこの装置の設計、製作に当り、種々の面でご指導下さった郵政省電波研究所宇宙通信研究室尾上室長以下各技官の方々、装置の製作に協力下さった浦賀重工業ならびに安藤電気の関係者の方々および当社特定機器工場関係各位に対し、深く感謝します。

