

臼田深宇宙探査地上局と大型アンテナ

林 友直*・広沢春任*・市川 満*

1. はじめに

宇宙科学研究所では、この度長野県臼田町に直径 64m のパラボラアンテナを備える深宇宙探査地上局を建設した。これは深宇宙探査機との間で超長距離の通信を行うことを主目的とするもので、昭和 60 年に宇宙科学研究所が打上げる深宇宙探査機 MS-T5 および PLANET-A の追跡・データ受信がその初仕事となる。ここでは、臼田深宇宙探査地上局（正式には臼田宇宙空間観測所）について、主に大型アンテナを中心に、その概要を紹介させていただく。

2. 臼田局の建設

臼田局は長野県臼田町内の国有林、標高 1490 m の地点にある。蓼科山の東山麓にあたる。アンテナの位置は北緯 $36^{\circ}07'45''$ 、東経 $138^{\circ}21'57''$ である。

臼田局は、設置されるに当って、次の条件のもとに選ばれた。(1) 都市雑音が少ないこと、(2) 公衆マイクロ波回線との相互干渉がないこと、(3) 近くに送電用高圧線がないこと、(4) 航空路から外れていること、(5) 国有地であること、(6) 地元の協力が得られること、(7) 建設に必要な道路事情がよいこと等。建設は昭和 57 年に始まり、昭和 59 年 10 月末に完成した。PLANET-A 計画はハレー彗星の観測を目的とするものであり、それに歩調を合せての猶予なしの建設経過であった。

深宇宙地上局では、深宇宙探査機との間で、およそ次のような通信が行われる。(1) テレメトリ信号の受信、(2) 探査機に指令を送るコマンド信号の送出、(3) ある定まったコードの信号を往復させることによる直距離の測定、(4) 距離変化率（ドップラー周波数シフト）の測定等。

探査機までの距離の一つの基準として例えば 1 天文単位をとると、通常の地球周回衛星までの距離の 10~30 万倍である。探査機から送出され、地球に到達する電波は極めて微弱なものとなる（逆も同様）。このような超長距離にわたって上述のような通信を行うために、深宇宙用の地上局では、大面積のアンテナが必要となり、また同時に低雑音の受信システムが必要となり、加えて大電力の送信装置が必要となる。臼田局の地上設備は、PLANET-A 計画で必要とする通信回線を成り立たせることを当面の目標とするとともに、将来予想される計画にも幅広く対応できるように構成されている。

3. 大型アンテナ

臼田局に建設された大型アンテナはカセグレン型のアンテナで、主反射鏡の直径は 64 m である。給電は副反射鏡の焦点では行わず、ビーム伝送系と呼ぶ導波システムを用いて 1 次放射器であるコルゲートホーンに導びいている。

大口径の反射鏡は、一般に重力によって自重変形を起す。そこでアンテナの設計に当っては、ホモロジーと呼ぶ概念による設計手法を導入した。これは、アンテナの自重変形を許し、アンテナの仰角を変えるときに起る変形に対して、副反射鏡の位置と傾きを仰角に応じて制御して、常に光路長一定が成り立つようにするものである。

主反射鏡の鏡面は、幅 1.3 m、長さ 2.8 m のアルミニウムパネル 1152 枚から成っている。主反射鏡の焦点距離は 23 m である。

給電系にビーム伝送系を用いる方法は、近年大型アンテナで広く採用されているもので、複数個の反射板を用いてビームを逐次伝送し、1 次放射器や低雑音増幅器などをエレベーション回転を受けない位置に置くことができるようにするものである。この大型アンテナでは、4 枚反射板構成という標準的な方式に更に反射板を 1 枚追加した形をとっている。5 枚目の反射板から、ビームは送信受信共用のコルゲートホーンに導かれる（4 枚反射板構成で給電できる位置は、将来受信専用のホーンを置き、より低雑音の受信を行うための位置として空けてある）。

アンテナは、仰角回転軸周りには反射鏡部分が回転するが、方位角方向に関しては、構造物全体が回転する。アンテナ構造物全体は直径 36 m のリング状のレールの上に乗っている。アンテナの角度は、アンテナの中心軸に沿って、アンテナ構造物に対して独立に建てた塔の上に角度検出器を置き、光学的に測定している。

主反射鏡の鏡面精度は 1.5 mm rms (実測値) である。設計に当っては、目標を 2 mm rms に置き、Xバンドまで使用可能なこと、としていたが、目標は十分に達成された。

PLANET-A 計画では通信に Sバンド (2.1~2.3 GHz) を採用している。そのため現在の臼田局のシステムは Sバンドにおいて動作するように構成されているが、将来 Xバンドまで拡張することを全般に考慮しており、例えば前述のビーム給電系も Sバンド・Xバンド共用可能な広帯域の系として設計してある。

アンテナ利得は、電波星を用いた測定の結果、2290

* 宇宙研 Tomonao Hayashi, Haruto Hirose and Mitsuru Ichikawa: Usuda Deep Space Ground Station and Its Large Antenna

MHz帯において、62.6 dB という値を得ている。これは開口能率 77% に相当し、極めて高能率のアンテナが実現している。

アンテナのビーム幅はSバンド(2.1 GHz)において約 0.13 度、Xバンド(8.5 GHz)では約 0.034 度という狭い角度である。そのためアンテナの駆動はプログラム制御によって行うのを基本としている。なお、比較的受信レベルが大きいときに使えるものとして、自動追尾の機能も持っている。

4. 低雑音受信と大電力の送信

深宇宙地上局では、先にも述べたように、微弱な電波を検出するための低雑音の受信機が必要であり、それとともに、コマンドの送信、測距などのために大出力の送信機が必要となる。Sバンドを使用する場合、深宇宙ミッション用の周波数は、ダウンリンクが2290~2300 MHzに、アップリンクが2110~2120 MHzに割当てられている。

白田局用の低雑音増幅器としては、Sバンドのパラメトリック増幅器が開発・設置された。ヘリウムガス冷却のシステムで、7~8Kという極めて低い雑音温度が得られている。一方、大電力送信のためには、同じくSバンドのクライストロン増幅器が新たに開発された。出力 25 kW のクライストロン 2 台から成り、2 つを合成すると

き、最大 40 kW を連続送信できる。

アンテナの給電回路に関しては、このような大電力の送信波と超低レベルの受信波とを分波・隔離する部分の設計ならびに製作に大きな注意が払われた。

5. むすび

宇宙科学研究所が長野県白田町に設置した深宇宙探査地上局について、大型アンテナを中心に、概要を紹介した。

白田地上局は、今後わが国の深宇宙探査計画において重要な役割を担うものとなるが、特に大型アンテナの利用面は、それにはとどまらず、より広範囲のものになると思われる。直径 64 m 級の大型アンテナは世界的にみてもそう多数あるわけではなく、深宇宙探査機追跡の国際協力、電波天文・電波科学上の観測・研究への活用等、今後幅広く利用されていくものと考えている。

訂正

2月号に掲載致しました国際天文学連合 (IAU) 第19回総会記事に関しまして誤りがありましたのでお詫びして下記の通り訂正致します。

目次部分 第14回を第19回に
p.37 の本文中 第14回を第19回に

天体観測雑誌

天文ガイド

4月号 定価420円+税 3月5日発売

月に邪魔されない

こと座群の観測ガイド

世界の三大観測メッカの一つ

チリ セロ・トロロ天文台

テレスコープ・エンジニアリング最終回

富田弘一郎さんの解説で『歯車』

『散在流星は天からのメッセージ』

竹内雄幸さんのお話

- 情報ボックス ●天文英語
- ぱとろーる……など重要データ満載

いよいよ春、今年から来年、再来年と続く天文現象繁忙期の始まりです。ハレー彗星、日食、月食とこれから目のまわるシーズンに入ります。

ハレー彗星観測計画進行中

ハレー彗星あと1年
対ハレー彗星撮影機材の考察
どんな彗星写真が必要とされるのか
ハレー旬報より
その後のハレー彗星情報

STAR WATCHING

天文ガイド2月号編増★定価580円



- テキサス・スターパーティー
- 1985年の天文現象
- ニューカレドニア星紀行
- スキー & スター
- ウオッチング
- 16cmシュミットカメラの世界
- 私のI.L.撮影テクニック

第2回天体写真コンテスト発表

特別企画 天体望遠鏡広告20年史

誠文堂新光社

東京都千代田区神田錦町1-5
電03(292)1221 振替東京7-128