

鹿島の新しいアンテナ群

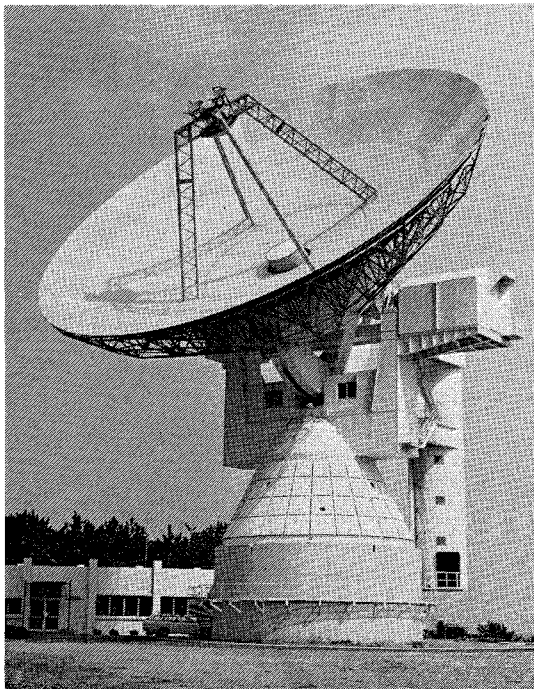
吉野 泰造*

はじめに

日本の衛星に関する技術は飛躍的な進歩をとげ、ETS-II (技術試験衛星II型; きく2号) において遂に衛星を静止軌道に投入することに成功しました。また、今後1年間は特に、打上げられる衛星の数が多く(表1参照)まさに国産衛星の開花を思わせます。これに伴い、日本各地に地球局設備が着々と建設され、これらの衛星に対応すべく準備が進められています。ここ電波研鹿島支所においても、衛星通信の地上局としての役目を果たすため大がかりな送受信設備が作られ、完成も間近となりました。これによって、直径が10mを越すアンテナは、現在6基にも及び一大アンテナ基地の感を呈しています。以下に、これらのアンテナに関連した事柄について紹介し、また鹿島の電波天文グループのその後の動向についても多少触れてみたいと思います。

鹿島の歴史

鹿島は、完成後1年を経た30mアンテナを利用して、1964年に東京オリンピックの模様を海外へ実況中継し、日本における衛星通信のパイオニアの一員として、その第一歩を踏み出しました。その後、30mアンテナの面積



26mφ アンテナ (VLBI に使用)

* 郵政省電波研究所 T. Yoshino: New Antenna Group at Kashima

表1 国産衛星打上計画 (宇宙開発事業団の関与するもの)

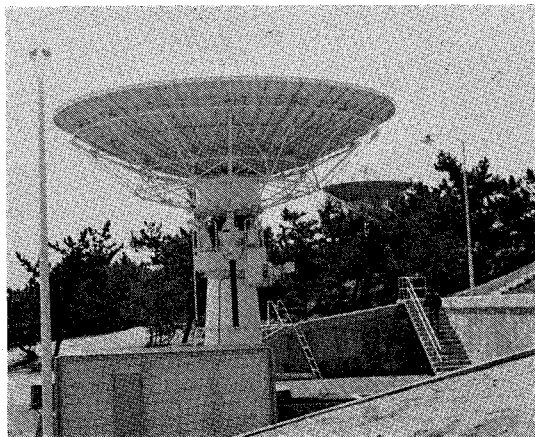
昭和52年 2月	ETS-II	(技術試験衛星-II型)	成功
7月	GMS	(静止気象衛星)	
11月	CS	(実験用中容量静止通信衛星)	
昭和53年 2月	ISS-b	(電離層観測衛星)	
2月	BS	(実験用中型放送衛星)	
昭和54年 2月	ECS	(実験用静止通信衛星)	

度やアンテナ・パターンの広角度特性を改善した26mアンテナ(1968年)や、衛星の追跡・テレメトリー受信用の18mアンテナ(1971年)が完成し、いよいよ衛星基地としての性格を強めていきました。当時、これらのアンテナでアメリカのATS-I(応用技術衛星I型)と呼ばれる実験衛星を用いて各種の通信実験を行いました。この間、電波天文の分野でも、これらの巨大な施設を駆使して、X線源の観測、変動電波源の観測、太陽コロナ磁場構造の観測等を行って、これらの解明につとめてきました。そして、今年の1月末には、26mアンテナと横須賀通研の12.8mアンテナを用いて、国内初のVLBI実験に成功するに至ったのです。

衛星計画と地上局アンテナ

現在、電波研究所が推進しているビッグ・プロジェクトには、CS(実験用中容量静止通信衛星)、BS(実験用中型放送衛星)をはじめ、ETS-II(技術試験衛星)、ECS(実験用静止通信衛星)、ISS(電離層観測衛星)等の衛星計画があります。CS、BS計画は、それぞれ日本電信電話社とNHKの協力のもとに実行される衛星計画です。ETS-II、ECSはミリ波大容量通信時代を目指して、伝搬実験に重点を置いています。また、ISS-bは、昨年4月に軌道投入後1カ月で惜しくも電波のとどえた1号機の改良型で、短波通信のための貴重なデータが得られると期待されています。

CSは通信衛星の意味で、その実験計画には、準ミリ波帯を使った伝送試験や、地上無線回線に対する、あるいは衛星間の、干渉実験、その他様々な衛星運用管制に関する実験項目が準備されています。地上マイクロ波回線と同程度の周波数を用いた現用の商用通信衛星と比べ、CSは一段と高い準ミリ波帯(↑Up Link: 30GHz, ↓Down Link: 20GHz)を使っています。この実験により、地上回線との混信問題や大容量通信に対する展望の開けることが期待されています。このように高い周波数を扱うため、主局のKバンドアンテナは、13mの直径で主反射鏡の設定鏡面精度が0.23mm r.m.s.という高い水準を達成しております。またパネル表面には、太陽熱による歪を

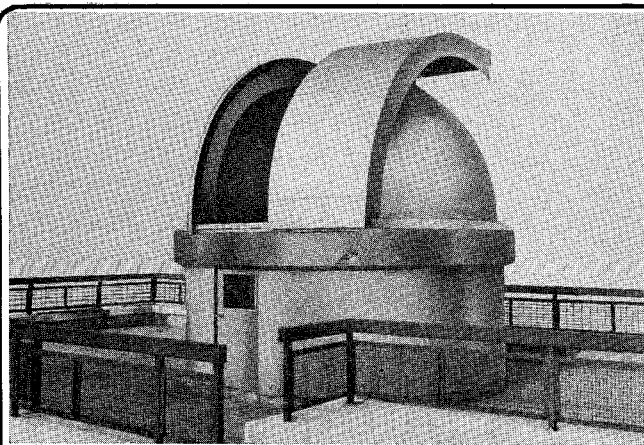


CS C バンドアンテナ (バックに 26m アンテナが見える)

小さくするためポリウレタン樹脂系の白色塗装が施されていて、晴れた日には研究室の窓からアンテナ表面のまばゆいばかりの輝きが見られ、まさに『鏡面』という状況を呈しています。

BS は放送衛星の意味で、地上放送局や中継局を経由しない、衛星から一般家庭へのダイレクトな形での放送を目指しています。このため、大げさに言えば各家庭が地上局設備を持たねばなりません、先ごろ NHK の開

発した直径 0.6m, 1.0m, 1.6m 等の簡易局の登場により、小型、ローコストで高感度の受信の見通しが出来ました。現在、放送衛星の実用化が世界的に遅れています。これは、大電力で多チャンネルの送信を行う衛星技術が研究の途上にあるためです。カナダでは昨年 1 月に打上げた CTS (通信技術衛星) に、世界でも最高水準の 200 W 出力のトランスポンダを搭載し、1 ch. の TV 放送実験を行っていますが、BS でも 1 ch. 当り送信出力は 100 W で、2 ch. のカラー TV 放送が可能です。また、NHK はカナダにおいて先に述べた簡易受信アンテナを用いた CTS の共同実験を行っている模様で、60 cm パラボラで晴天時に「4」の評価 (5 段階評価) を得たと伝えられています。BS では、その実験項目として、受信可能区域に関する実験、伝送方式に関する実験、降雨減衰等による伝搬特性、地上施設等の衛星放送システムの基本技術に関する実験、衛星の三軸姿勢制御等の興味深い衛星管制の実験、衛星放送システムの運用技術に関する実験等が計画されています。これらの多彩な計画を支える主局アンテナは、その性格から、降雨時の上り回線の減衰を補償するための、ハイパワー 送出に対する (総電力約 4.2 kW) 耐電力性や、送受減結合量 (110 dB 以上) の実現に特に注意が払われています。BS 主局のアンテナと、同時に建設された CS の K バンドアンテナとはコスト低



営業品目

- ★天体望遠鏡ならびに双眼鏡
- ★天体写真撮影用品及び部品
- ★望遠鏡各種アクセサリ
- ★観測室ドームの設計・施工



← L N-10 E 型
25cm 反射赤道儀

★総合カタログ
ご希望の方は切
手 300 円同封お
申込みください

ASTRO 光学工業株式会社

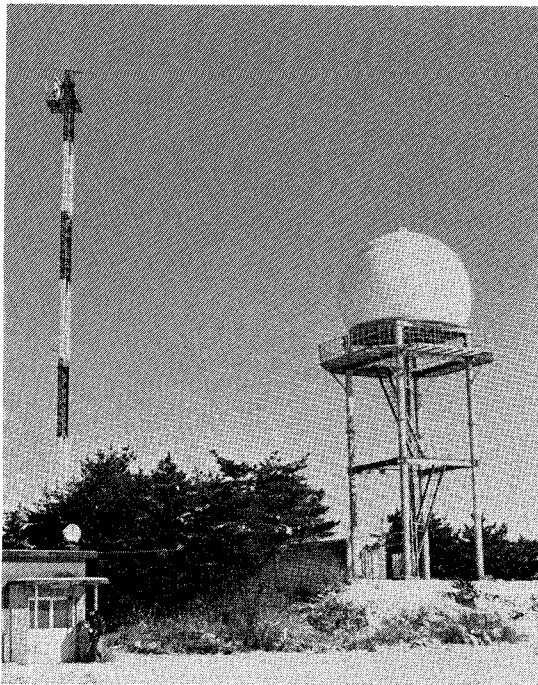


〒170 東京都豊島区池袋本町 2-38-15 ☎03(985)1321

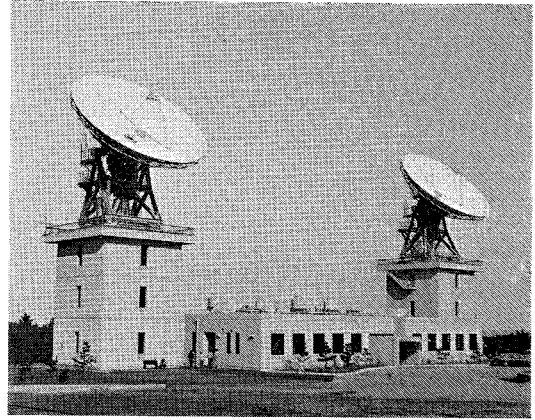
減のため形式がほぼ同じで、いずれも直径が 13m で 4 回反射集束ビーム給電鏡面修整カセグレン形であり、全天指向形の Az-El マウント方式となっています。BS の端局には、レコード・プレーヤーや大型モニタースピーカー等の放送局設備が並べられているため、さながらスタジオを思わせる眺めで、なかなか楽しい雰囲気です。

上記 2 つのアンテナは、CS・BS 庁舎と呼ばれる東西に細長い建物の両側に、仲良く並んで毎日その首を振り回しては、調整を受けています。また、この建物はかつて 30m アンテナのあった台地のその遺跡(?)のそばにあり鹿島支所の歴史を物語っているようで興味深い。

『鹿島の新しいアンテナ群』には、上述の 2 基の 13m アンテナの他に、2 基の 10m アンテナがあります。一方は CS の C バンドアンテナ、他方は現在 ETS-II を指向しているアンテナです。先に述べた K バンドアンテナが主に未知の周波数領域での通信実験に使われるのに比べ、C バンドアンテナはほぼ技術的には完成されている周波数(↑6 GHz, ↓4 GHz)を用いて、主に衛星管制技術の実験を行います。また C バンド周波数は降雨による減衰が比較的軽微なため、K バンドとの周波数ダイバーシティの可能性を探る通信実験も計画されています。C バンドアンテナの特徴は、鏡面修整カセグレン反射鏡を有したコルゲートコンカルホーン給電方式のアンテナだという点です。これによって高能率、低雑音温度特性を有する他、優れた放射指向特性を実現しています。



気象用レーダー、(左側の鉄塔は、東京の本所を結ぶ 7 GHz マイクロ波回線用アンテナ)



CS K バンドアンテナ (右), BS 用アンテナ (左)

今年 2 月に打上げられた ETS-II は、昭和 54 年初頭に打上げ予定の ECS の静止軌道投入技術修得のため宇宙開発事業団 (=NASDA) が打上げたものです。ECS はミリ波による衛星通信の実用化への布石となると期待されているもので、郵政省としてもその下準備として、ETS-II に発振器の搭載を依頼し、今年の 4 月頃より約半年間、ミリ波の高仰角伝搬特性の実験を行います。ETS-II では、その運用管制を NASDA に依頼してあるので鹿島では、専ら受信を行っています。使用周波数 (1.7, 11.5, 34.5 GHz) が気象条件に大きく依存するため、衛星からの電波受信と並行してレーダーによる降雨強度測定、天空雑音温度測定、気温・湿度等の気象観測が行われます。ETS-II 主局アンテナは、ECS の受信に対しても主要部分が共用できるように設計され、ECS 受信に際しての改造は給電分波系など必要最小限になるように考えられています。両衛星ともミリ波を使用するため、大口径アンテナとしては鏡面精度、熱歪、自重による歪、等が大きな問題となりますが、鏡面精度では入念な調整の結果 0.15 mm r.m.s. (天頂方向) という値を得るなど、好結果が得られました。しかし、このアンテナの建設は、打上時期の順が後になる CS, BS のアンテナの建設より、ずっと遅れて着手されたため関係者は多少、危惧の念を抱いていたようですが、そこは日本のお家芸とも言える突貫工事で、あっと言う間に立派なアンテナが出来上り、現在は充分にその機能を果たしています。

これらいずれのアンテナ (表 2 参照) も、レドームを用いていませんが、風速が平均約 13 m/s でも精密追尾が可能で、天頂に向けた格納状態では瞬間最大風速 60 m/s にまで耐えて永久変形を生じない、など地震、落雷、降雨に対しても充分の配慮がなされています。

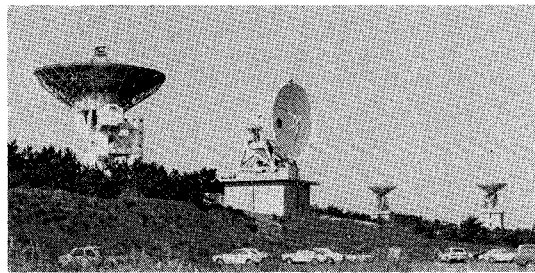
アンテナの製作と測定

CS の K バンドアンテナと BS のアンテナは、反射鏡部を地上で製作し、粗調整を行った後、クレーンで台座となる回転機構部に乗せられました。反射鏡部総重量

が 10 t を越す上、庁舎 3 階の屋上部まで持ち上げねばならないため、クレーンも超大型のものを用い、作業は慎重を極めました。それでも、直径が 13 m もある物体が、そろそろと空に持ち上がっていくのを見るのは、なかなか壮観でした。この主反射鏡部は、据え付け後、その 54 枚のアルミストレッチパネルに対し、反射鏡骨組に取り付けられた約 310 個にも及ぶ鏡面調整機構で更に微調整が行われました。

これらのアンテナの追尾機能の調整に必要なコリメーション・タワーには、付近にある鹿島臨海工業地帯の火力発電所の煙突と千葉県佐原市に建設したコリメーション・タワーを利用しています。火力発電所の煙突は鹿島支所から約 3 km と約 5 km の 2 か所あり、一方は地上高約 150 m、他方は地上高約 180 m に各々の周波数の発振器が備えられています。また、約 15 km 離れた佐原のタワーも、CS の K バンドと BS、それぞれのアンテナの測定及び調整に供されます。

ETS-II 用アンテナでも煙突に取付けた発振器からの電波を受けて自動追尾やその他の実験が行われました。しかし、ミリ波大口径アンテナでは本来コリメーション・タワー迄の距離を極めて長くとる必要があるため、場所と高度の制約から逃れるためヘリコプターをコリメーション・タワーの代りに使ったファー・フィールド・パターンの測定が行われました。また、給電部の 4 枚のリフレクターの鏡軸合わせにレーザー光線を用いるなど、意欲的な試みや新技術の導入が活発に行われています。また、このアンテナは、ETS-II において、1.7、11.5、34.5



左から 26 m アンテナ、ETS-II 用アンテナ、BS 用アンテナ、CS-K バンドアンテナの順

GHz (すべて、受信周波数、また各々が位相コヒーレント)、ECS では 4 (ビーコン)、31.6 (↓)、34.8 (↑) GHz と多くの周波数を扱う。そこで、給電部の径を適当な大きさにするため、11.5 GHz 以上の波はビームガイドを通し、それ以下の周波数では、カセグレンのビームウェストのまわりに配した数個の低周波用ヘリカルアレイアンテナを利用する形をとっています。

こうして、技術的困難を克服しつつ、我々は衛星ミリ波通信の実現に大きな期待をかけて邁進しています。

衛星地上局と VLBI 実験

以上のように鹿島には、高性能の地上局施設が数多く出来上ってきました。これらを、衛星の研究に使うと共に、VLBI や電波天文観測に有効に利用することも我々のつとめでしょう。鹿島の中では、これらのアンテナを一斉に同一の天体電波源に向けて、多くの異った周波数帯域で同時観測を行い、そのスペクトルを解明しようという案も出ています。

表 2 鹿島支所における新しいアンテナの主要性能

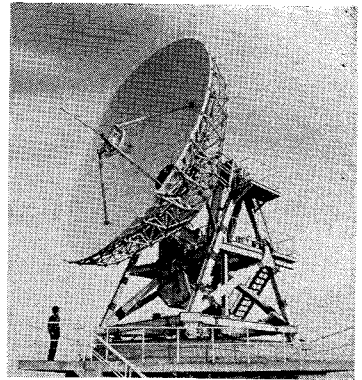
	C S 主 局		B C 主局アンテナ	ETS-II 受 信 局
	Kバンドアンテナ	Cバンドアンテナ		
○機 械 系 直 径 マウント形式 アンテナ形式	13 mφ Az-El 鏡面修整カセグレン	10 mφ Az-El 鏡面修整カセグレン	13 mφ Az-El 鏡面修整カセグレン	10 mφ Az-El 鏡面修整カセグレン
給 電 方 式	4 回反射集束ビーム形 (コルゲートホーン)	ホーン給電 (コルゲート・ホーン)	4 回反射集束ビーム形 (コルゲート・ホーン)	アレイアンテナ給電 (1.7 GHz)、4 回反射集束ビーム給電 (11.5、34.5 GHz、マルチ・フレアホーン)
鏡 面 精 度	0.3 mm r.m.s. 以下	0.6 mm r.m.s. 以下	0.5 mm r.m.s. 以下	0.25 mm r.m.s. 以下
○電 気 系				
周波数帯域	(送信) 27.5~31.0 GHz (受信) 17.7~21.2 GHz	(送) 5.925~6.425 GHz (受) 3.700~4.200 GHz	(送) 14.0 ~14.5 GHz (受) 11.95~12.2 GHz (TV) 11.7125 GHz±0.5 MHz (TT & C)	(受) 1.705 GHz±2 MHz (受) 11.50875 GHz±5 MHz (受) 34.52625 GHz ±10 MHz
偏 波 利 得 (給電部損 失を含む)	円 偏 波 68.5 dB 以上 (29.25 GHz) 65.5 dB 以上 (19.45 GHz)	円 偏 波 53.0 dB 以上 (6 GHz) 50.7 dB 以上 (4 GHz)	直線偏波 (送受平行) 62.0 dB 以上 (14.25 GHz) 61.0 dB 以上 (11.95 GHz) 60.5 dB 以上 (11.7125 GHz)	円 偏 波 40 dB 以上 (1.705 GHz) 57 dB 以上 (11.508 GHz) 66.5 dB 以上 (34.526 GHz)
アンテナ 雑音温度 (給電部損 失を含む)	75 K 以下 (20 GHz, 50°E) (晴 天 時)	32 K 以下 (4 GHz, 50°E) (晴 天 時)	85 K 以下 (11.95 GHz, 40°E) (晴 天 時)	150 K 以下 (3 波共, 45°E) (晴 天 時)

最後に電波天文グループの近況を述べてみたいと思います。今、我々は先に行った国内初の VLBI 実験のデータ処理に主力を注いでいます。この実験は、今年の1月28日より2月4日にかけて、これまでも衛星通信実験や電波天文観測に活躍してきた鹿島の26mアンテナと横須賀通研の12.8mアンテナの間で行われました(ベースライン約120km)。受信周波数は4180~4182MHzを用い、電波源としては静止衛星(ATS-I, INTELSAT-IV)と天体電波源(3C84, 3C273B, 3C454.3)からのランダム信号を用いました。これらの電波源は、今回の実験が基礎技術を確認することを主眼としているため、見かけ上小さく、かつ比較的強力なもの、という条件で選びました。また、衛星は信号強度が電波星に比べ強いのでシステム・チェックがしやすいのと、今後VLBI技術を鹿島で生かしていくため、その軌道決定を試みるため受信しました。実験は、電波天文グループが鹿島側と横須賀側に二手に別れて行いました。筆者を含めた、横須賀グループに、今回の実験成功の第一報が電話連絡されたのは1月30日早朝のことでした。1日前、INTELSATから発射されていた電波が、ランダム・ノイズでなかったことに気付いて行われた2度目の実験ただだけに、その時はホッとしました。そうして、前日、データを記録したビデオ・テープとVTRを積んで、夜、横須賀を出発

した自動車を祈るような気持ちで見送ったことを思い出しました。(御存知のように、VLBIはVTRで記録したデータをオフ・ライン処理します。これは鹿島で行わねばならないので、1回目の記録データをまず鹿島に集め、システムチェックを行ってから再び実験を続ける方式をとりました。)

こうして取得したデータは、合計約30巻のビデオ・テープ(60分記録)に収められました。しかし、これらのデータ処理は多大な時間を必要とし、まだまとまった形をとっておりません。また、受信機、VTR等の改善すべき点も逐次発見されています。しかし今回の成果を踏台として、今後のより高精度でより日本的なVLBIシステムの開発に一層の努力を払いたいと思っています。

この拙文により、鹿島の近況を少しでも感じてもらえただければ幸いです。



ETS-II 用アンテナ

わが国唯一の天体観測雑誌

天文ガイド

定価240円(〒45円) 77-8月号・7月5日発売!

●8月号おもな内容

- ★夏はまとまった時間がとれる季節。グループの観察小屋など作るにはよいチャンスです。石川紳一郎さんのスライディング・ループの作り方を紹介します。
- ★夏の夜空は観測の対象が豊富、二重星の観測ガイドを岡田好之さんに、メシエ探訪は大野裕明さんです。
- ★「私の天体写真術」は佐藤昌三さん、15cmによる拡大撮影法です。佐藤さんの月の写真は、サエています。
- ★主鏡、斜鏡とも赤い光によく感じるようにメッキを変えて、103a-Eフィルムなどで星食などを撮影してみたら?阿部国臣さんの実験の報告です。

星図・星表 めぐり

1974年から75年にかけて、日本天文学会の会誌「天文月報」に連載された「星図・星表めぐり」をまとめたものです。天文月報に連載中から各方面より単行本化が望まれていたものです。一般向きの星図の解説から専門家向けのものまで、24編の原稿はいずれもその道の専門家の手によるものばかりです。

星図や星表はどんなものがあるか、どんなリストがあるかなどを調べるための本です。

●日本天文学会編/B5・104ページ

定価1,200円・好評発売中

誠文堂新光社 東京都千代田区神田錦町1-5
 振替東京7-6294 電話03(292)1211