

Sugar & Salt Corner

No. 40
2010年4月22日
佐藤 敏雄

依佐美送信所の歴史とマイルストーン

(電子情報通信学会誌 Vo. 92, No.12, 2009より)

依佐美送信所に関する記事を見つけました。この送信所のことは昔から先輩方に伺っていましたが、具体的には何も知ることはありませんでした。名古屋に行く途中、列車の窓から鉄塔を眺めたことは何回かあります。その鉄塔も最早ありません。

この送信所が、茨城衛星通信所より一足先にIEEEのマイルストーンに認定されていました。若い方々には無縁の事かも知れませんが、会社の原点を知るのもよいのではと、KDD社史の記述で補足・修正しながら記事を要約してみました。

原著者は、電子情報通信学会の東海支部に属する田中浩太郎、中部産業遺産研究会の石田正治、並びにIEEE日本カウンスル歴史委員会の松本栄寿の3氏です。

1. 発足の背景

1920年代までの日本の海外への通信網は、長崎を経由した上海とウラジオストック間の海底電線があるのみで、その先の海底電線を含めてすべてを外国通信に依存していました。しかし第一次世界大戦後、外国貿易の激増と海外電報の急増が電報の停滞と遅延をもたらしました。1922年のワシントン軍縮会議に出席した全権大使ですら、政府訓令を得るのに48時間もかかったとの事です。

日本政府は改めて国際通信が通商や外交と国防上の重要問題であることを認識し、急成長を遂げ始めた無線通信に着目、海外通信専用の大電力無線電信局を建設することとしました。そのため1925年10月に日本無線電信(株)を創立しました。いわばKDDの原点です。



写真1 依佐美送信所旧本館

課題は以下の3点で、対欧無線送信基地として建設されたのが 依佐美送信所です。

- ① 対米通信の増強
- ② 対欧無線局の建設
- ③ 対南洋・極東無線局の設置

2. 依佐美送信所の建設とアンテナ

対欧無線の送信所(写真1)は愛知県碧海郡依佐美村(現刈谷市)に、受信所は三重県三重郡海蔵村(現四日市市)に建設され、共に名古屋電信局との間に連絡線が設けられました。建設は1927年2月に始まり1929年(昭和4年)3月に完成しました。工事は大林組、送信設備はドイツのテレフンケン製で、同社日本代理店の日本無線電信(株)が請け負いました。

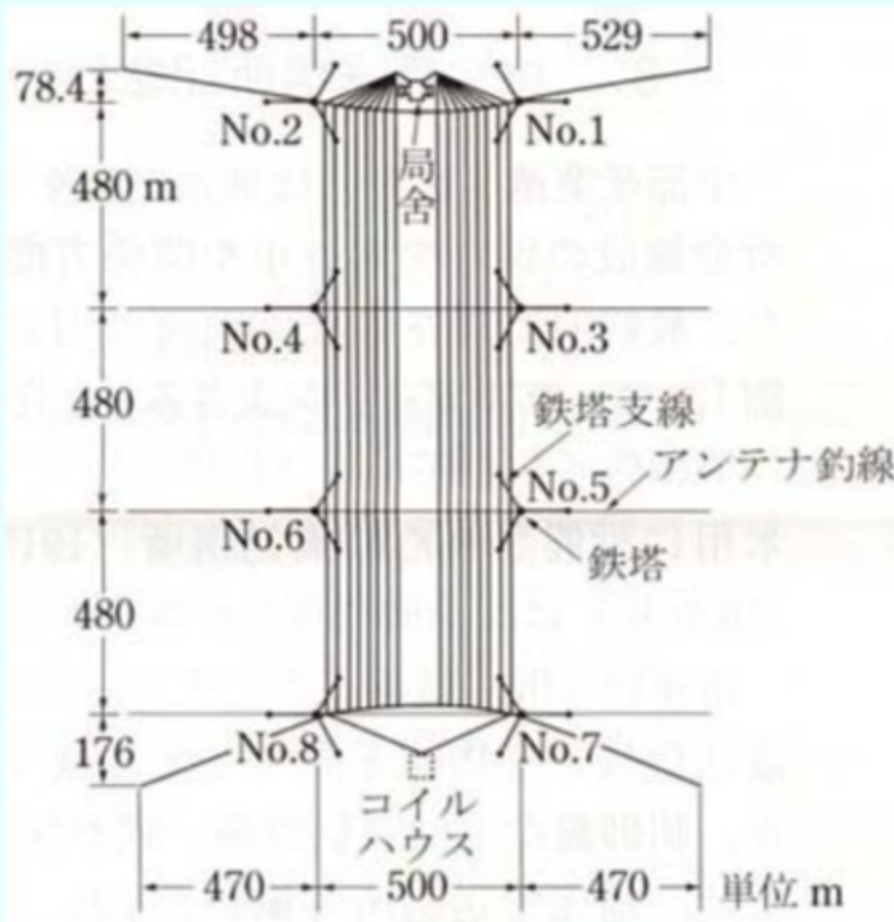


図1 アンテナ平面配置図

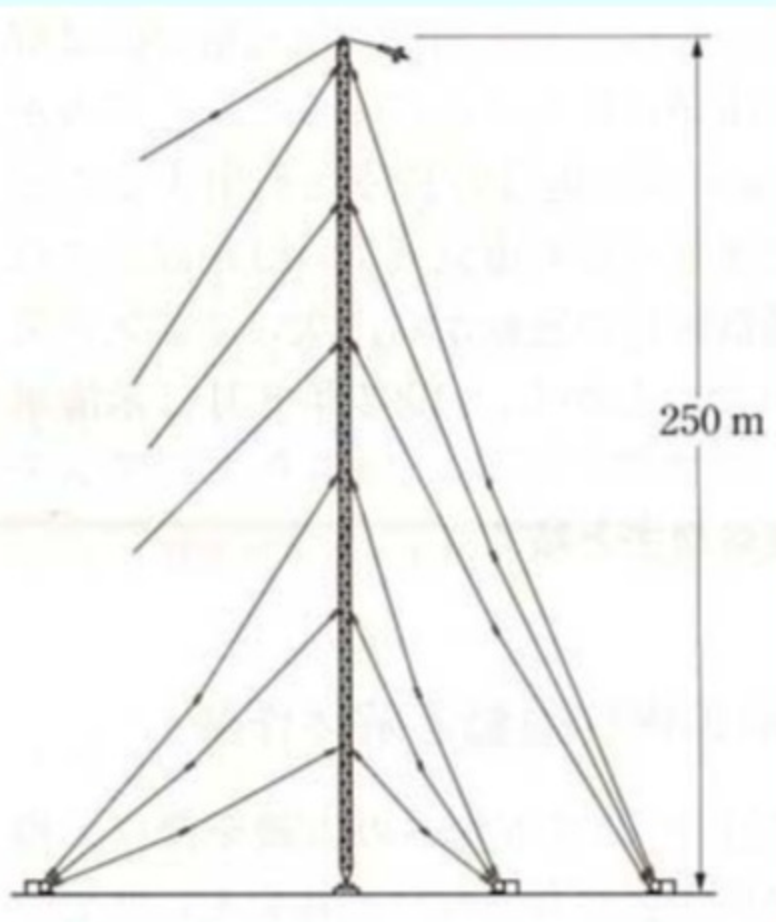


図2 鉄塔

アンテナ・鉄塔は、日本無線電信の技師、楠仙之助の設計になり、製造は石川島造船所(現IHI)、組み立ては大倉土木(現大成建設)でした。アンテナは高さ250mの鉄塔8本により支持されていました(図1、図2)。

3. 送信設備

送信機(写真2)はまるで発電所です。その構成は、三相誘導電動機-直流発電機-直流電動機-高周波発電機の4段構成が採用されています。周波数を安定化するため、発電機を三相電動機で直接運転せず、直流電動機を介して運転するワードレオナード制御方式を用い、回転変動率を1/5000以下に抑えていました。発電機の回転数が毎分1360回転になると周波数が5.8kHzとなり、これを3通倍(周波数を3倍に上げる)して送信周波数17.4kHzを得ています。



写真2 依佐美送信所旧送信機室

4. 運転状況

送信所は1929年3月に運用を開始しました。通信はモールス符号です。4月にはワルシャワ、ベルリン、パリ、ロンドンと順次広がり、1万kmの欧州と双方向通信が可能となりました。しかしこの頃から電離層を利用する短波通信が開発され、世界でも主流になってきたため、依佐美送信所でも1930年にTCA製の短波送信機を設置し、長波設備は補佐役となりました。

1932年12月、世界的な無線電話の発展に即応するため、国際電話(株)が創設されましたが、1937年(昭和12年)11月にはこれと日本無線電信(株)が合併し、国際電気通信(株)が発足したのです。その後、長波が水中に浸透する特性が発見され、潜水艦との通信に役立つことから、1941年(昭和16年)に、日本海軍が長波通信の使用を開始しました。

5. 第二次大戦後の依佐美送信所

終戦と共に、1947年(昭和22年)、連合軍総司令部(GHQ)により、依佐美送信所の母体である国際電気通信(株)が解体され、依佐美送信所も閉鎖されました。しかしやがて駐日米海軍が同施設の長波を利用することとなり、送信施設の運転のため、1950年(昭和25年)6月、電気興業(株)が設立され、保守運転を行いました。

1993年(平成5年)8月に至り米海軍も長波送信を停止して日本側に返還され、1995年にアンテナ線撤去、次いで1997年(平成9年)には鉄塔が撤去されました。

6. 送信所その後とIEEEマイルストーンの認定

その後、地元で保存運動が起こり、1996年、産業考古学会から、「推薦産業遺産」として認定されました。2004年12月には、電気興業より電子情報通信学会東海支部宛に送信所の長波送信設備一式が刈谷市に寄贈されました。また2006年3月には高周波発電機の内部調査が行われ、詳細な報告書が発行されています。2004年4月、刈谷市は隣接地に「フローラルガーデンよさみ」を設置し、公園内に「依佐美送信所記念館」を作り、送信機設備を展示しています。



写真3 依佐美送信所記念館と鉄塔基部

2009年5月、依佐美送信所は、IEEEマイルストーンに認定され、現地で贈呈式が執り行われ、竹中刈谷市長にマイルストーン銘板が手渡されました。茨城衛星通信所の認定に先立つこと6ヶ月のことでした。依佐美は国産品ではありません。しかし、地元が長らくサポートし、地域や社会に貢献した技術成果としてマイルストーンに認定されました。以上

Sugar & Salt Corner

No. 38

2009年7月16日

佐藤 敏雄

この地で世界一の衛星通信用アンテナが誕生した

茨城衛星通信所の衛星通信館は茨城大学に寄贈され、本年8月から宇宙科学教育研究センターとなります。「この地で世界に通用するアンテナが開発されたことを来館者に知らせたいので原稿執筆を」と KDDI 経由、依頼を受けました。本稿はその記事を加筆・修正したものです。

人工衛星の誕生

1957年、ソ連が史上初の人工衛星スプートニクの打ち上げに成功した。これに対抗して米国は1961年にNASA（米国航空宇宙局）が、世界で初めて通信用送受信装置を搭載したリレー衛星を打ち上げ、更にAT&Tベル電話研究所が通信衛星テルスター1号を打ち上げ、一挙に衛星通信（当時は宇宙通信と呼んでいた）実現への期待が高まった。

宇宙通信の胎動

KDD（現在のKDDI）はこの宇宙通信の重要性に着目し、地球局建設の計画を推進した。当時、米国ではベル研究所が、電波天文学の研究用に開発したアンテナの延長でホーンリフレクターを建設。英国では強風にも耐えられるよう、重さ1,000トン強という重厚なパラボラを建設していた。米国の無線学会雑誌に「カセグレン望遠鏡の原理によるマイクロ波アンテナ」という研究論文が掲載されたのもこの頃である。

1962年春、米国の宇宙通信技術の調査が行われた。米国北東部のメイン州、アンドーバーに設置されたホーンリフレクターは、直径60mのドームに収容された巨大なものであった。続いてNASAの深宇宙追跡センターで、初めて実際のカセグレンアンテナを見たが、低い周波数用のため鏡面は網。構造も天体観測用に時間軸だけを低速で回転させるもので、全天を高速で飛翔する衛星に対応することは出来ないと判断された。

初のテレビ宇宙中継実験

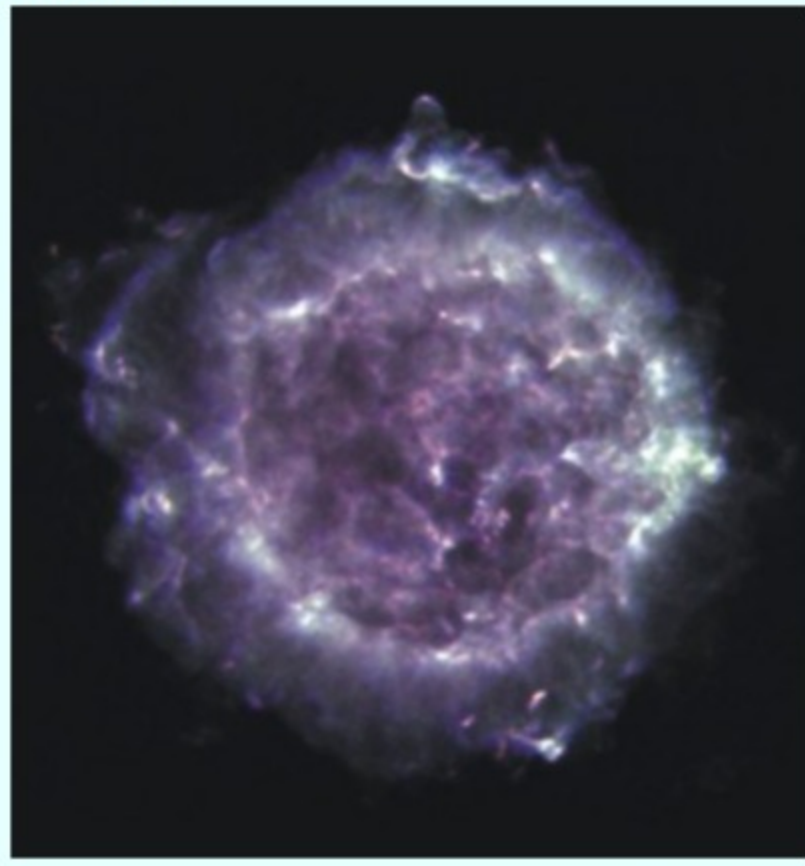


各方式を検討した結果、直径20mのカセグレンアンテナを採用することが決まった。またアンテナを正確に衛星に向けるため、別に直径6mの追尾専用アンテナを置き、この小型アンテナで得た衛星の角度情報を通信アンテナに伝え、追従させることとした。数々の苦勞の末、通信設備が完成し、1963年11月23日、わが国初の太平洋横断テレビ中継実験の日を迎えたが、送られてきたのがケネディ大統領暗殺という衝撃的なニュース。太平洋の彼方で起った大事件が直ちに茶の間に送られるという、最初の記念すべき日となった。その後、送信設備も設置され、数々の通信実験が行われた。このアンテナの駆動には油圧装置が使われていたが、始終故障し、人手でアンテナを動かすこともしばしばであった。また、翌年1月には強風でドームが破れ、ドームを使わなくてすむように補強工事が行われた（写真は、ドーム破損直後の茨城第1アンテナ）。

問題の解明と電波星

実験が終わり、直ちに綿密な実験結果の検証が行われたが、アンテナの性能にかなり問題のあることが判明した。特に問題になったのがアンテナの利得測定方法であった。このような大口径アンテナの利得測定には、そのアンテナが「1点」に見えるくらい遠方からの電波を受信する必要があるが、近くにそのような山は存在しない。やむを得ず、約4km先の石尊山からの試験電波を使い、近距離に基づく誤差を補正していたが、その精度には疑問が付きまとっていた。

一方、当時すでに電波を出している天体「電波星」の存在が知られていた。可視光では見えないが、強い雑音電波を出す天体電波源である。世界中の天文学者が色々な周波数で精密に測定した電波星の電波の強さ（フラックス密度）が公表されていた。4/6GHz帯で最も強い電波を出しているのはカシオペア座にある超新星爆発の残骸、カシオペアA（Cas-A）である。強いと言ってもそれは極めて微弱な雑音である。これを受信するため高感度の雑音測定器が開発された。ラジオメーターと言う。絶対温度77度（零下196度C）の液体窒素で冷却したダミロードから発生する雑音の強さが強度の基準として使用された。Cas-Aの他に白鳥座A（Cyg-A）、かに星雲（Tau-A）なども使い、このアンテナの正確な利得測定が繰り返し行われた結果、利得が理論値より2dB（約30%）ほど低いということが明らかとなった。



電波で観測した カシオペア A（NARO）

円錐ホーンアンテナ

その原因として最も注目されたのは、一次放射器として使われている円錐ホーンであった。このアンテナでは、マイクロ波中継用の小型アンテナのように、一次放射器の開口面に副反射鏡の焦点がくるように設計されていた。しかし、このホーンは直径が1m、長さが2m以上というメガホンの形をしたもので、電波が放射される中心は開口面ではなく、もっと奥の方にあるのではないかという疑いがあったのである。これを確認するため、改めて電波星を使った利得測定を行うことになったが、KDDは1967年1月から衛星通信による国際電話並びにテレビ伝送サービスを開始することとしており、自由に使える時間は極めて限られていた。

（注）円錐ホーン研究の副産物として、「誘電体装荷ホーンアンテナ」が開発された。インテルサットIV-A

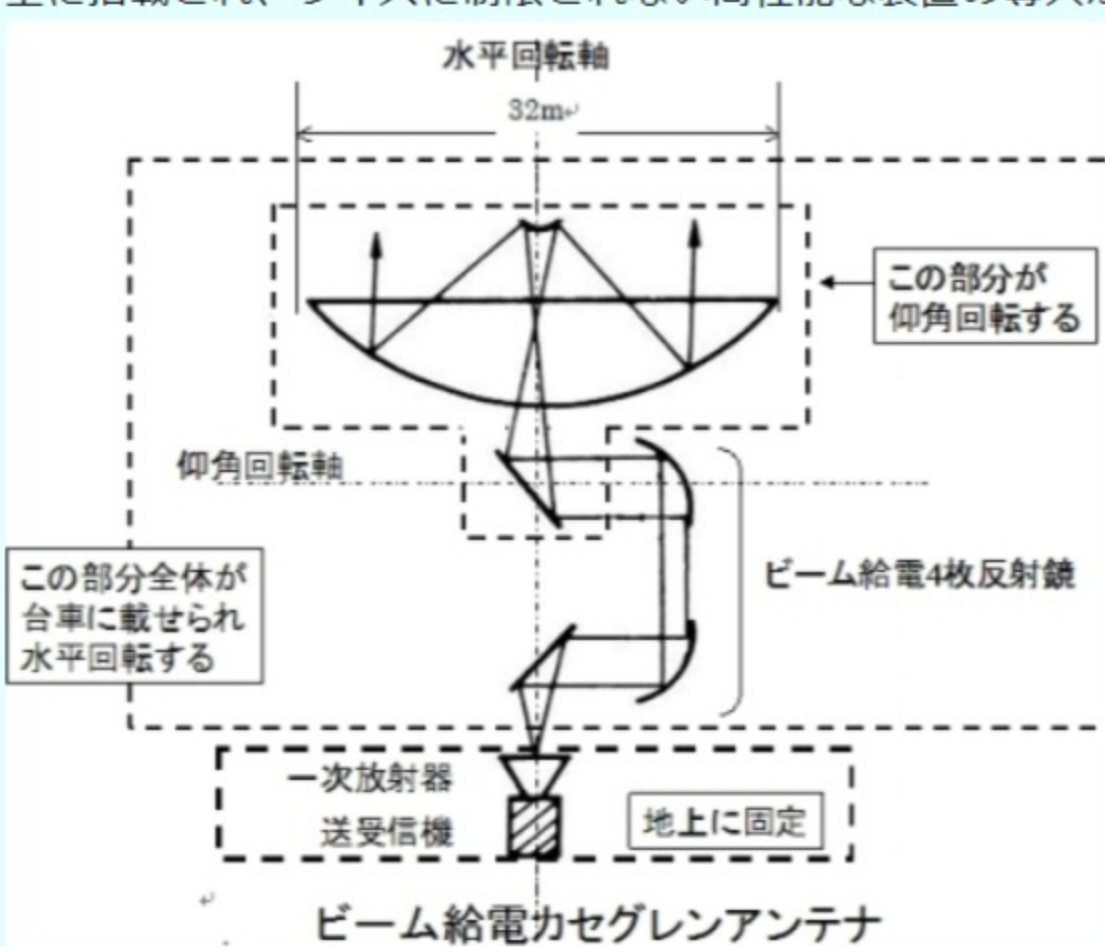
並びにVI号衛星のグローバルビームアンテナとして搭載され、長くテレビ中継等に使われた。

遅かなる星を見つめて

一次放射器であるホーンを副反射鏡に近づけることとしたが、そのためには先ずアンテナを天頂に向けないと作業が出来ない。予め用意した20cmの導波管とそれを支持する鉄管をホーンに接続した後、アンテナをCas-Aに向け直し、数分間測定する。今度は30cm、次は両方足して50cmとする。折しもクリスマスイブであった。寒空に凍えつつ星を見つめながらの作業が続いた。電波星の受信レベルは確実に上がり始めたが、予め用意した導波管がなくなってしまった。しかしこれにより、ホーンの位置の最適値が正確に算定でき、我々の推論の正しかったことが証明されて、この泥臭い実験は大成功。その後のアンテナ設計に大きなインパクトを与えることとなった。

世界一のアンテナへ

以上のような経緯で開発されたカセグレンアンテナは、少しでも利得を上げるため、直径が22mに拡大され、国際電話やテレビ伝送の主役となったが、なお大きな進歩を続けた。それまでのアンテナは、ペDESTALと呼ばれる直径2mほどの塔の中に、水平回転をする巨大な歯車が置かれ、その上に通信機が載せられており、通信設備の大きさと重量が大きく制限されていた。そこで開発された「ホイールトラック」型では、送受信装置と反射鏡は、4個の車輪で水平に回転する直径10mほどの台の上に搭載され、サイズに制限されない高性能な装置の導入が可能となった。



更に高性能化が進められたのが、ビーム伝送給電装置を導入した第4、第5施設の設定備（国立東京天文台に寄贈されて活躍中）である。

図に示すように、一次放射器と送受信装置はすべて地上に設置され、送受信機からの信号は4枚の小型反射鏡によって副反射鏡に向けて照射される。これにより、仰角方向に回転する反射鏡と一次放射器を接続する「回転接続導波管（ロータリージョイント）」が不要となり、その電氣的損失が無くなった。また、アンテナ鏡面の形状に最適な修整を施すことにより、アンテナシステムの効率が飛躍的に向上した。これはKDDとメーカーの技術者の協力による賜物

で、その後この型のアンテナは世界に数十基も輸出され、インテルサット地球局の標準設備になったと言っても過言ではないであろう。

Sugar & Salt Corner

No.33 2008年2月21日

佐藤 敏雄

電波望遠鏡と郵便切手

日本郵便 (JP) から、添付写真のような広告が届きました。日本天文学会の元会員としては気になる代物で、これは申し込まなくてはと考えていますが、民営化の象徴みたいな話ではありません。画像を見ると、多くが宇宙や衛星のイラストで、我がk-unetホームページを飾る天文写真のようなものではありません。

その昔、KDDが「宇宙通信」の実験を開始した頃のこと。研究所が直径20mのカセグレンアンテナを高萩の実験所に設置しました。このアンテナの性能を試験するためには電波星を利用するのがいいと聞き、三鷹にある東京天文台の学者先生にご意見を伺いに行ったのです。赤羽賢司先生という謹厳な大学者と森本雅樹さんという駄洒落好きな大先生に対応して頂き、件の20mアンテナの性能試験は無事終了しました。このアンテナを使った第1回の宇宙通信実験は見事に成功したのですが、その顛末は一昨年、NHKのプロジェクトXでも紹介された通りです。



当時KDDは東京オリンピックを翌年に控え、短波通信に代わる大容量通信回線として、海底ケーブルTPC-1を用意すると同時に、このアンテナで衛星通信による国際電話サービスを実用化しようとしておりました。実はこのアンテナの性能には疑問があり大きな研究テーマだったのですが、本社としては電話サービス開始が至上命令。研究所の実験期間延長の要請など耳を貸すどころか早く実験を止めろと矢の催促です。そこへ先生方から電波星の電波強度測定の依頼があったのです。この頃、電波で宇宙の構造を探る電波天文学が世界的に注目されていました。電波を測定するアンテナは「電波望遠鏡」と呼ばれます。東大の東京天文台でも当然これに力を注いでいたのですが、特定の周波数しかデータがありません。そこで注目されたのが、KDDが使用していた通信用の4GHzと6GHzの電波。是非このアンテナで「さそり座」にある「電波星Sco X-1」の電波強度を測定してほしいと依頼されたのです。

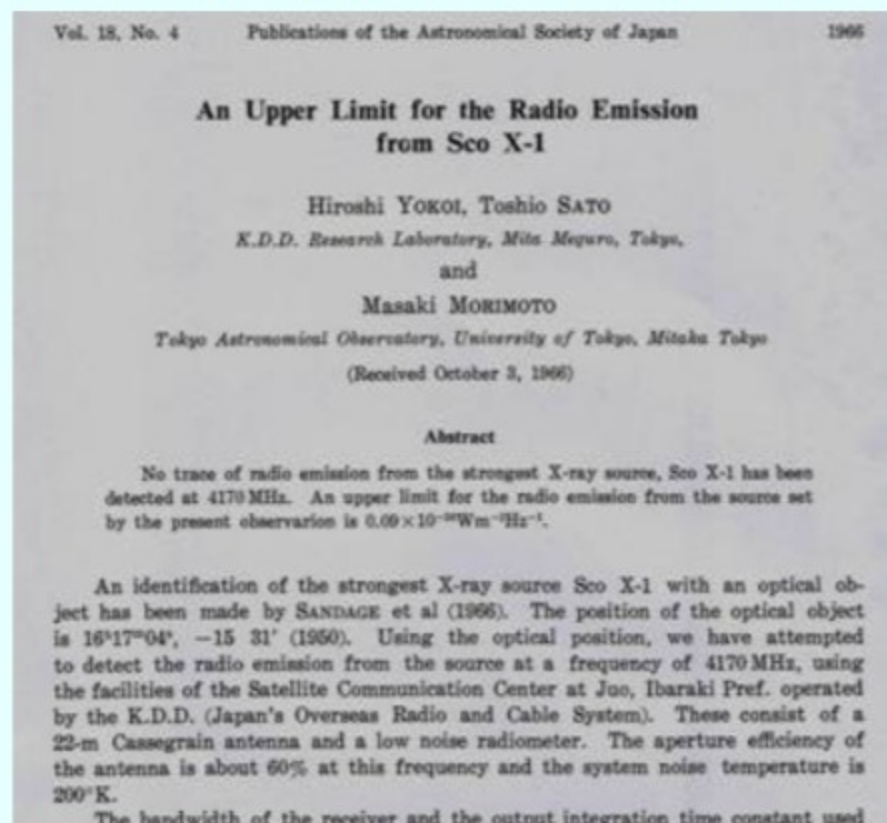
電波を出す「星」ですから昼間でも「見える」はずなのですが、指定された天空の位置では全く電波が受信できません。アンテナも、使用した受信機の感度も問題はありません。がっかりして先生方に報告すると、「それは素晴らしい」とおっしゃいます。全く狐につままれたような話でしたが、先生方のデータからの推測によると、高い周波数での電波の強さは、KDDの受信システムの感度から考えると受信できるかできないか瀬戸際のレベルなので、「受信できなかった」ことは貴重な発見だったのだとか。実験は大成功だったのでした。ヘエー？

このような「事件」から先生方におだてられ、小生と横井寛さん (k-unet会員) がこの測定結果を専門の雑誌に発表 (右図) するハメとなったのですが、そのためには日本天文学会の会員になる必要があるとのこと。しかも論文は英語でと！ 何故英語ですか？ 同学会の雑誌は全部英語の論文集なのであります。

その後、アンテナの性能試験で得られたデータを料理して何本かの論文を発表したのも遠い思い出。切手発売で思い出した、元天文少年のお話でした。



「ふるさと切手」もごさいます。お近くの郵便事業株式会社の支店または配達担当までお問い合わせ下さい。



Sugar & Salt Corner

No.4 2003年7月17日

佐藤 敏雄

KDDが開発したアンテナが学会で歴史登録されました

チョット覗いて見てください。電子情報通信学会では歴史的に価値のあるアンテナについて、学会として登録・保存し、イベントなどの時に随時公開・展示するな広く利用していくこととなり、昨年か
ら登録が始まりました。

小生は元IDO、現KDDIの中野雅之さんからこの事実を知らされ、移動通信基地局用の偏波ダイバシ
ティアンテナと誘電体装荷ホーンアンテナの登録を行いました。最近、KDDI研究所で学会でも大活
躍されている野本真一さんが沢山登録してくれました。

下記のようにKDDが開発した懐かしいアンテナが8件登録されてお
ります。右(268)の茨城第1アンテナを含め、写真もついていますの
で是非覗いてみてください。

1. 214 誘電体装荷ホーンアンテナ
2. 215 携帯・自動車電話無線基地局用3セクタ内蔵偏波ダイバシ
ティアンテナ
3. 239 KDD茨城宇宙通信実験所アンテナ
4. 264 マルチビーム地球局用オフセット球面鏡アンテナ
5. 266 Ku帯1.2m鏡面修整オフセットグレゴリアンアンテナ
6. 267 KDD茨城宇宙通信実験用同時ロービング方式追尾アンテ
ナ
7. 268 KDD茨城第1施設用カセグレンアンテナ
8. 270 21GHz帯LDR基地局用成型ビームアンテナ
9. 270 21GHz帯LDR基地局用成型ビームアンテナ
10. 271 インマルサット小型地球局用ショートバックファイアアンテナ



なお、登録番号**215**はIDO（日本移動通信）時代に開発して日本電業工作で製造され、現在auの基地
局用に多数使われているアンテナ、また**214**はインテルサットVI号衛星に搭載されているグローバ
ルビームアンテナです。

以下は本件の趣旨に関し、学会のホームページに掲載されたものの抜粋です。

八木・宇田アンテナや富士山頂レーダーをはじめ日本が開発したアンテナには、IEEE
Milestoneに指定されるなど国際的にみても評価が高いものが数多くあります。しかし、時
代の変化と共にアンテナ自体の取り壊しや資料の散逸も目立ち始めており、アンテナ研
究者ばかりではなく、この分野に関わる技術者にとって極めて残念な状況にあります。ア
ンテナ伝播研究専門委員会では、次世代を担う技術者の教育・啓蒙を目的に、後世に残す
べき資料の調査を行なってきましたが、「アンテナの歴史委員会」を平成12年5月に組織
し、既に評価が決まっているアンテナだけではなく、将来の可能性も考慮し得る限り
の資料を保存することとしました。

次の手順でインターネットにアクセスしてご覧下さい。

- ① インターネットに接続し、アクセスURL：<http://ap.ei.tuat.ac.jp/> を入力します。
- ② 「アンテナの歴史 はじめに」が表示されます。中ごろに水色の背景の箱が6個表示されます。
左側の真中にある「資料の閲覧・登録」をクリックします。
- ③ ユーザ認証というページが出て、**ユーザ登録**、**パスワード変更** 等が表示されますが無視。
一番下までスクロールすると「閲覧」「検索」「登録」の三つの箱が表れますので、一番左の「閲
覧」をクリックします。
- ④ 「ネットワークパスワードの入力」をプロンプトされますので

ユーザー名として `s-wtnb@ndk-k.co.jp` を、
パスワードとして `BQJsNX` を入力します。

(ご自身で**ユーザ登録**なさってもいいのですが、上記の私が登録したパスワードなどをお使い下さ
って結構です)

- ⑤ 「**閲覧(日本語)**」をクリックすれば、登録されたアンテナのリストが表示されます。

現在29件が登録されていますので、ご覧になりたいものをクリックしてください。

KDDIでも、更なるすばらしい研究成果を上げていただきたいものです。