

衛星通信用アンテナ特性測定装置

Antenna Characteristics Measuring Equipment for Satellite Communication

横井 寛*
Hiroshi Yokoi

石井 宗典**
Sôsuke Ishii

久保田 喜郎***
Yoshirô Kubota

要 旨

衛星通信用大口径アンテナの特性測定装置として、Dicke方式の受信機に特殊な自動利得制御を付加して測定精度の向上をはかり、理論値に一致する測定精度を得た。またサーボモータ駆動によるリアクタンス減衰器を適用して受信機雑音レベル以下まで70 dBの範囲にわたり理想的な対数圧縮による連続自動記録測定が可能となった。この装置を使用して20 mφカセグレンアンテナの特性を測定した例を示した。

1. 緒 言

衛星通信用地上局アンテナは、特に利得が高く雑音温度の低い特性であることが要求され、一般に直径が20 mを越すような大きなアンテナが用いられている。このような大口径アンテナの特性を測定するに当たっては、従来のアンテナ測定では考えられなかった種々のむずかしい問題がある。すなわち、アンテナ雑音温度の測定においては数10°Kの低い雑音レベルを測定することが必要であり⁽¹⁾、また利得あるいは指向誤差の測定においてもこれを正確に求めるためには、天空にある電波星などからの雑音を受信して測定することが必要となる⁽²⁾。これらのためには微弱な雑音電波を精度高く測定する技術が要求される。大口径アンテナの指向特性は、そのパターンが非常に尖鋭であるため測定に当たってはこれを連続的に自動記録することがのぞましく、したがって主ビームとそれ以外の方向との非常に大きな振幅比を受信できる測定器であることが必要となる。

本測定器は以上のような要求に基づき、衛星通信用アンテナ特性測定器として特に試作されたものであって、Dicke Radiometerの原理⁽³⁾を骨子とし、これにいくつかの改良を加えて安定かつ高精度の雑音測定を可能ならしめるとともに、信号強度の測定においては、精度よく対数圧縮がなされ比較的強い信号から受信機雑音以下のきわめて微弱な信号に至るまで約70 dBにわたって連続的に自動記録できるようになっている。

2. アンテナ特性測定器の問題点

2.1 雑音温度の測定

衛星通信用アンテナの雑音温度は数10°K程度であるから、一般に使用されている電界強度測定器ではこれを精度よく測定することは不可能である。このような雑音温度を測定するにはDicke Radiometerが適しており、この測定において起こり得る最大誤差(最小

検出感度) ΔT は次式で示される⁽¹⁾。

$$\Delta T = (\Delta T)_N + |(\Delta T)_G| \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $(\Delta T)_N$: 雑音による測定値のゆらぎの実効値

$(\Delta T)_G$: 利得変動による誤差

中間周波増幅器の出力検波器の特性が2乗検波か直線検波かによってこの値が異なってくる。雑音によるゆらぎは両者同程度であるが、利得変動の影響は後者が少ない。したがってこの場合直線検波を適用するとともに中間周波増幅器には十分な自動利得制御(AGC)をほどこすことが必要である。

また測定器の入力換算雑音温度(T_e)が、アンテナ系雑音温度(T_a)および基準雑音源の雑音温度(T_r)に比べてかなり大きい場合には次式で表わされる⁽¹⁾。

$$(\Delta T)_N = 2 \frac{T_e}{\epsilon} \sqrt{\frac{1}{B\tau}} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $\epsilon=1$ (イメージが受信されない場合)

$\epsilon=2$ (イメージが受信される場合)

B : 受信機等価雑音帯域幅

τ : 出力時定数

したがって種々の条件を考慮したうえでできるだけ大きな τ を選び、かつ雑音指数とのかね合いにおいてできるだけ大きな B をとることが必要となる。

2.2 信号強度の測定

一般に使用されている電界強度測定器においては、広範囲に変化する入力信号強度を対数圧縮して自動記録する場合には、中間周波増幅部に対数圧縮増幅器を付加するなどの方法をとっているが、信号強度の広範囲の変化に対して直線的な対数圧縮特性をもたせるに

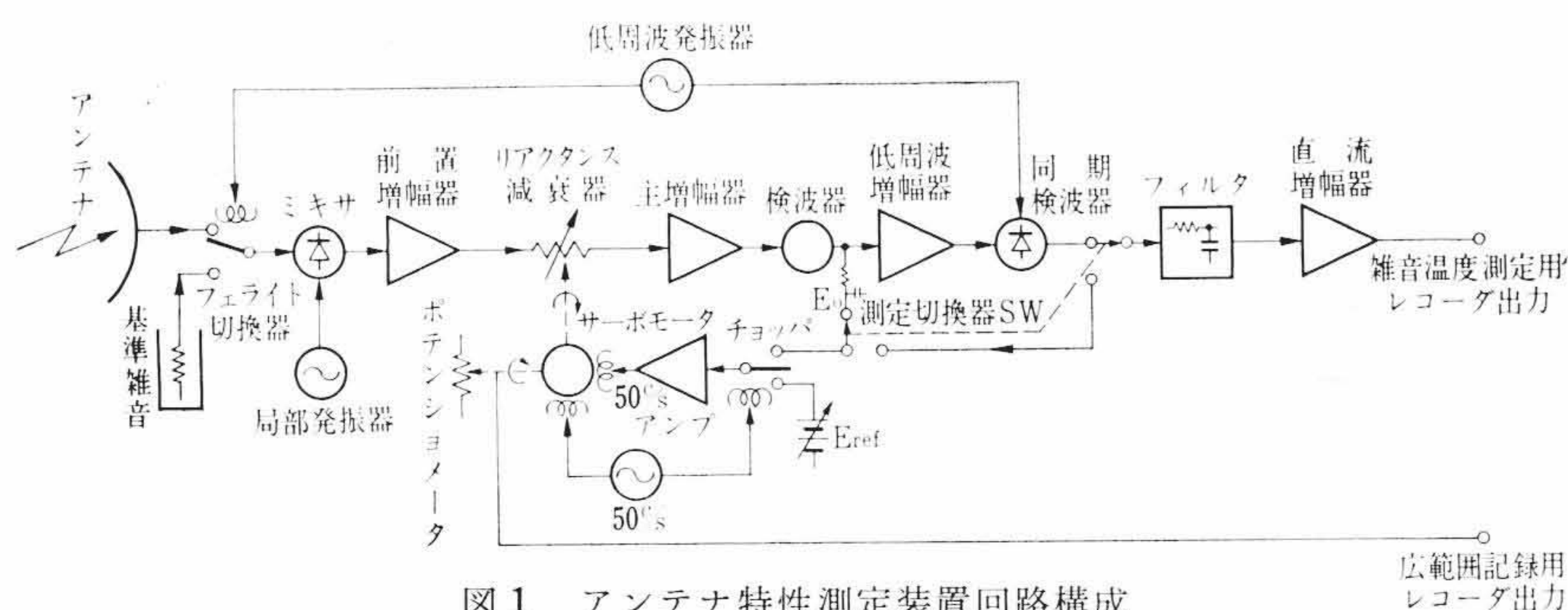


図1 アンテナ特性測定装置回路構成

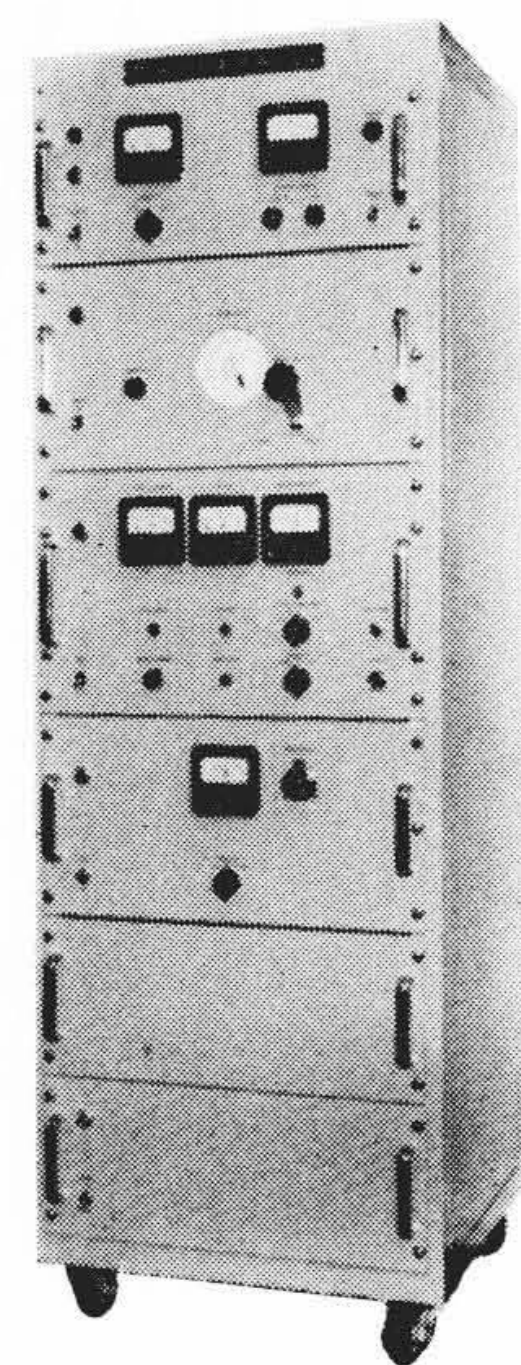


図2 アンテナ特性測定装置

* 国際電信電話株式会社研究所

** 日立電子株式会社 工博

*** 日立電子株式会社

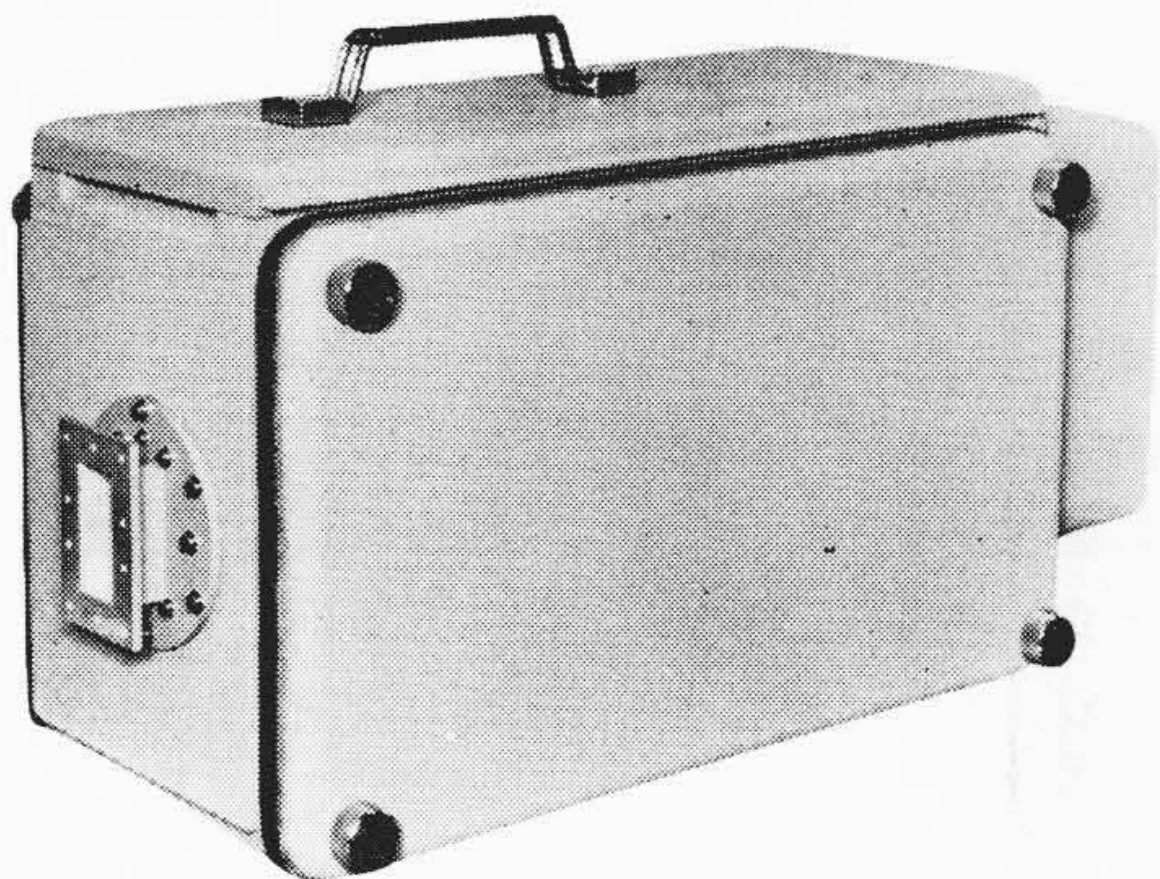


図3 高周波ヘッド部

表1 高感度電測器主要性能

受信周波数	4 Gc 帯	4,170 Mc
	6 Gc 帯	6,390 Mc
受信機雑音指数		12.5 dB
中間周波帯域幅 (-3 dB)		70 ± 2.5 Mc
最小雑音検出感度		1°K
リアクタンス減衰器を用いた場合	測定範囲	-25 ~ -107 dBm
	連続記録範囲	70 dB
	測定精度	0.2 dB
	時定数	1 s

はその調整がきわめてむずかしい。また Dicke 方式の受信機の場合入力信号強度が受信機雑音より強いときと弱いときとで受信機の入力対出力電圧の関係が変わってくるので、受信機雑音以下から以上にわたる信号レベルを連続的に測定しようとする場合、従来のような方式では対数圧縮特性を得ることはできない。

これらの欠点をなくし強い信号からきわめて微弱な入力信号に至るまで非常に広範囲にわたって対数圧縮特性をもたせ連続的に測定する新しい試みとして、ここでは Dicke 方式受信機の検波出力が常に一定になるように中間周波部に入力信号の強度に応じて自動的にそう入されるリアクタンス減衰器を付加し、この減衰器の変化量に比例する直流電圧を作って連続記録する方式⁽⁴⁾とした。

3. 測定装置の構成と性能

本装置は前述の大口徑アンテナ特性測定における問題点を検討し、Dicke Radiometer の原理を骨子として、これにいくつかの改良を加えたものである。図1は回路構成を示すものであり、測定切換用 SW を切り換えることによって、雑音測定器あるいは信号強度測定器となる。図2は装置本体の外観である。高周波部は特に可搬形(図3)に設計されており、これを交換することによって4または6 Gc 帯に使用することができる。測定周波数は一般測定用としてそれぞれ約10%の範囲を考慮してあるが、特に雑音測定の精度をあげるために4,170および6,390 Mc に調整した。本装置の性能の概略を表1に示す。以下本装置の特長とする点について述べる。

3.1 雑音測定系

雑音温度測定においては中間周波増幅器の利得変動に伴う誤差をさけるため特殊な AGC を設けた。本装置は信号強度測定器としての機能をも備えるためにサーボモータ駆動のリアクタンス減衰器を付加しているが、雑音温度測定の場合にもこれを使用して図1に示すような AGC のループを構成した⁽¹⁾。すなわち中間周波増幅器の検波出力を低周波濾波器を通して得られた直流電圧 E_0 と基準電圧 E_{ref} とをチョップで切り換え、その差によって利得を制御する。この AGC の採用によって利得変動を0.1 dB 以下におさえることができた。

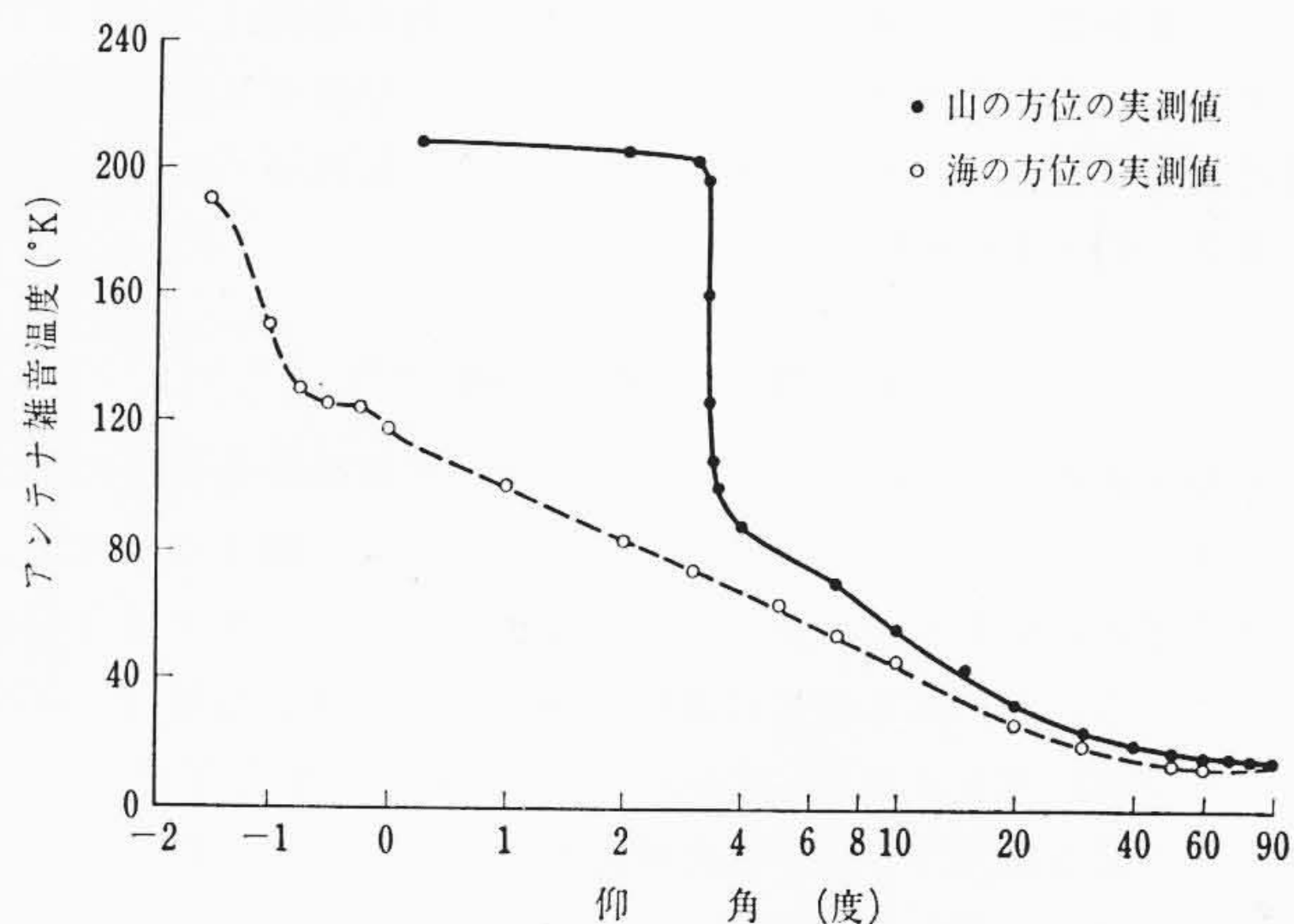


図4 アンテナ雑音温度の測定例

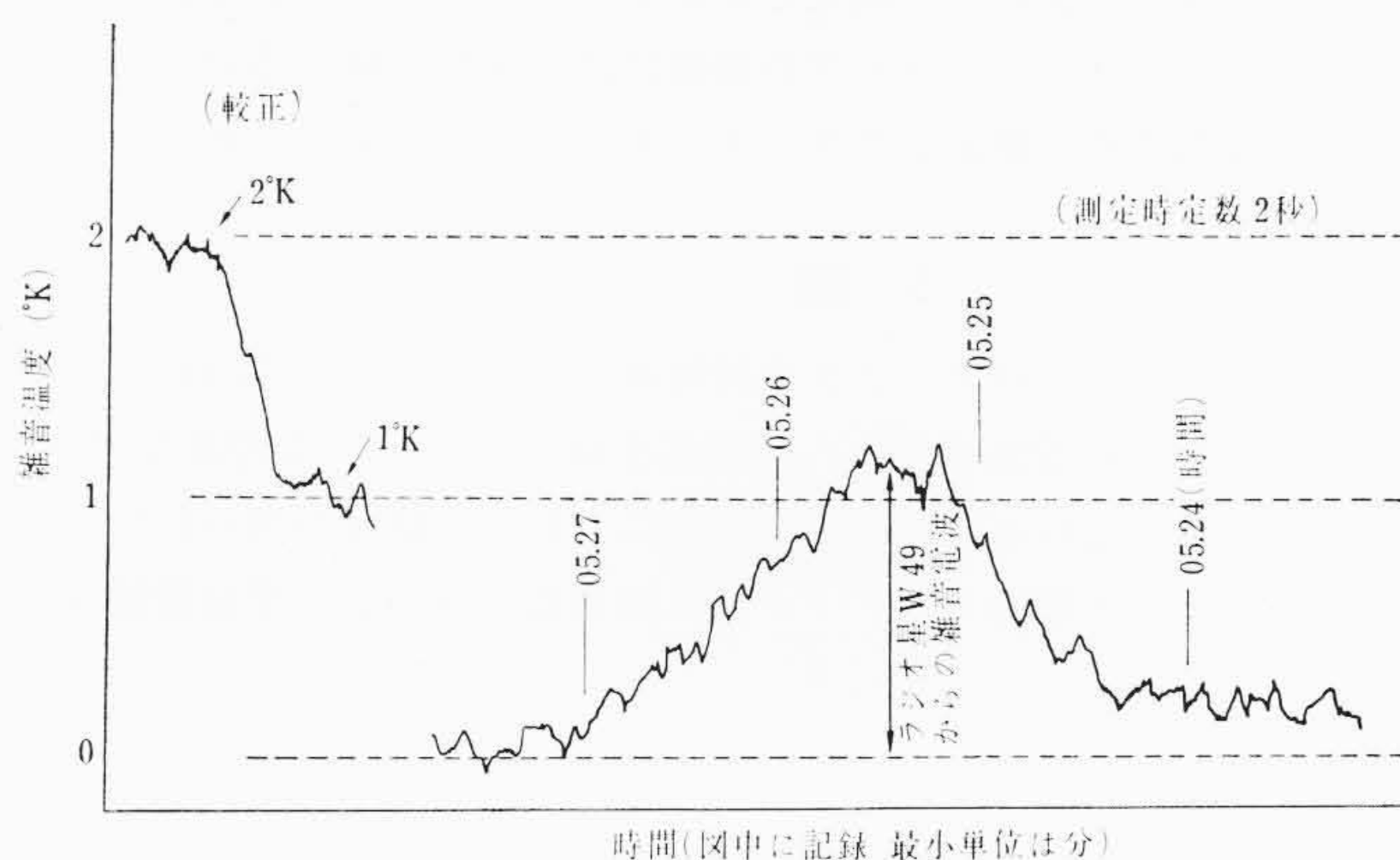


図5 ラジオ星 W49 の測定

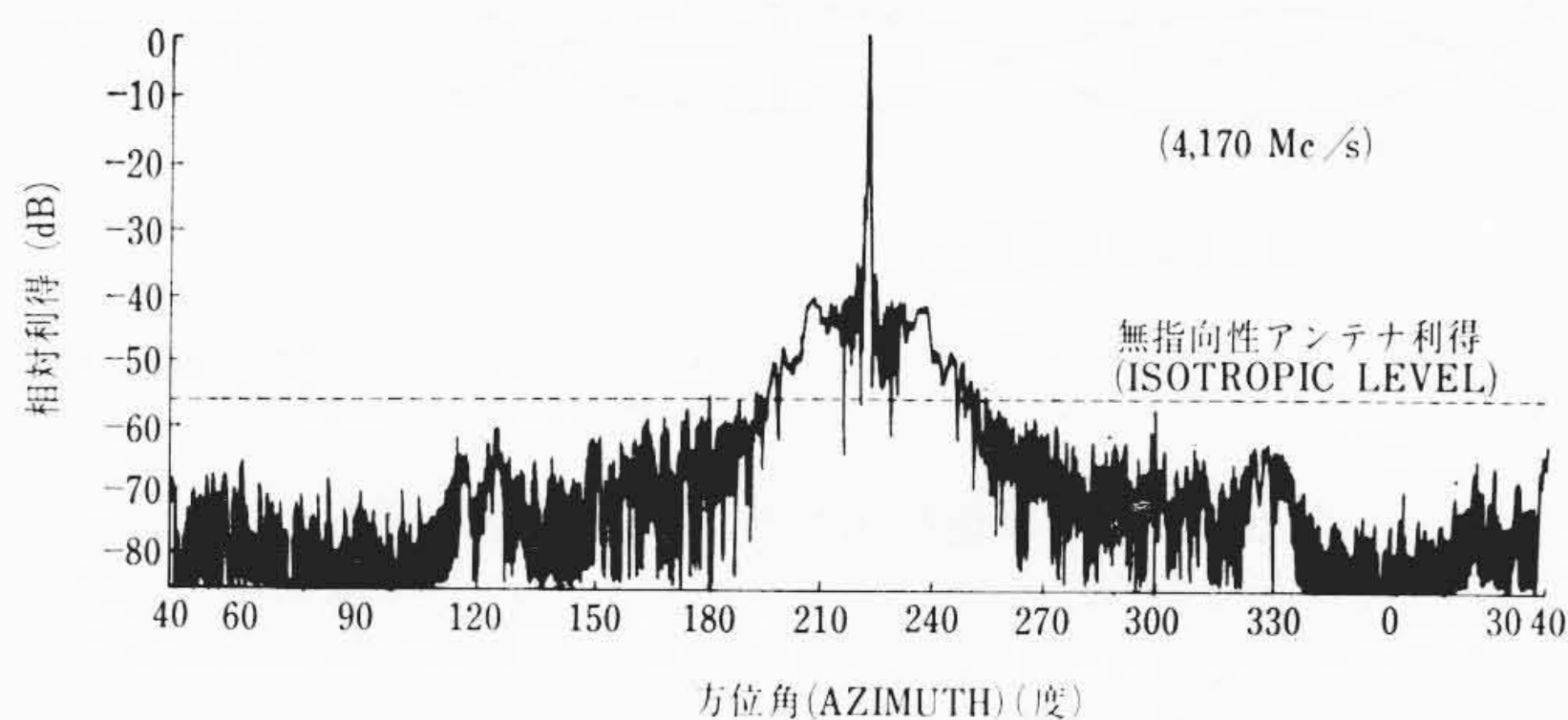


図6 国際電々衛星通信用 20 mφ アンテナの指向特性

基準雑音との比較に使用するフェライト切換器としてはファラデー回転形を採用し、回転角度は ± 45 度になるように励磁した。これは0、90度の励磁に比較してそう入損失および反射特性の変化が少ないためである。ここで注意を要することは静的に求めた最高の励磁条件とS/N maxの条件とが異なることであって、具体的にはS/N maxになるように励磁電流を調整する必要がある。

受信機雑音温度は約3,900°Kであり $B=5$ Mc, $\tau=10$ sとして(2)式から $(\Delta T)_N$ を求めると $\epsilon=2$ の場合、0.5°Kとなる。実測の結果は約1°Kでありほぼ理論値どおりの値が得られている。

3.2 信号強度測定系

リアクタンス減衰器は理想的な対数圧縮器であって、dBであらわした減衰量が入出力端の距離に比例して直線的に変化する。しかしこれを図1に示すような帰還回路にそう入しサーボモータで駆動する場合、バックラッシュがあると測定誤差になるのでこれを除くように考慮しなければならない。減衰量を読み取る方法としてモータの軸にポテンショメータを結合しモータの回転角に比例した直流電圧を作り、入力信号強度の対数に比例する直流電圧を得るように

した。減衰器の応答速度は20 dB/s以上、動作範囲は70 dBが得られている。動作範囲はリアクタンス減衰器を励振する増幅器の出力管によって支配される。直線的に測定する最低レベルは $\tau=0.2$ sの場合、約-107 dBmであった。

4. 測定例⁽¹⁾⁽⁵⁾

本器を使用し、国際電信電話株式会社、茨城衛星通信所の20mφカセグレンアンテナの雑音温度を測定した結果を図4に示す。ここでは給電系の損失を別の測定で求めて除去し、アンテナ雑音のみを示している。さらに本測定の前置増幅器として雑音温度、約10°Kのメーザを用いラジオ星W 49からの4,170 Mcの雑音電波を受信した結果を図5に示す。この場合理論値は $(\Delta T)_N=0.07^\circ\text{K}$ であって測定結果とほぼ一致している。

図6は同じ20mφカセグレンアンテナの指向特性を、照準塔からの発射電波を受信して測定した結果を示したものである。この場合、主ビームとバックローブの振幅比は70 dBを越えるので、主ビームの頭部は別に測定してデータを重ねて書いたものである。

5. 結 言

衛星通信用大口径アンテナの特性測定装置として、Dicke方式の受信機に種々の改良を加え、雑音温度測定においては特殊なAGCを付加することによってほぼ理論値に一致する精度が得られた。またサーボモータ駆動のリアクタンス減衰器を適用して受信機雑音以

下のレベルまで理想的な対数圧縮による連続自動記録測定を可能ならしめた。この結果本測定器はアンテナの特性を解明するきわめて有効な測定器として利用することができるであろう。

本装置は単にアンテナ測定用としてのみならず、電波天文の分野における測定、マイクロ波の超精度(0.01 dB)測定、低雑音増幅器の雑音指数測定、プラズマ測定および広範囲の電界強度測定などに広く応用することができる。今後に残された問題は帯域を実用的な範囲まで拡大し、低雑音化をはかることである。またフェライト切換器、アイソレータなどマイクロ波回路の低損失化をはかることも必要である。

終わりに本装置を製作するに当たり、種々ご指導賜わった国際電信電話株式会社佐々木哲夫博士、西田昌弘博士および実験遂行に多大の尽力をいただいた山田松一氏に深く感謝する。また製作に当たって協力していただいた日立製作所の関係各位に厚くお礼申し上げます。

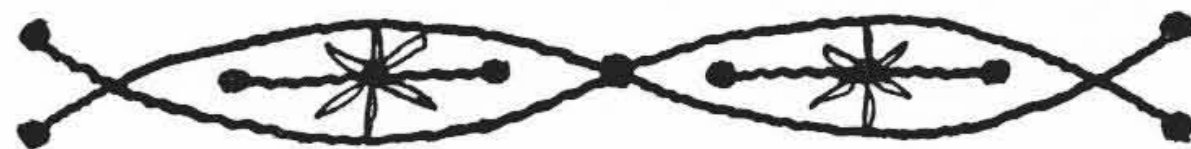
参 考 文 献

- (1) 佐々木ほか：信学会アンテナ研究会資料 (Jan. 1966) ANT 65. 1-26
- (2) 横井ほか：信学会アンテナ研究会資料 (March. 1966) ANT 65. 3-31
- (3) R. H. Dicke: Rev. Sci. Instr. July, 1946. p. 268
- (4) 佐々木ほか：特願 39-44617
- (5) 佐々木ほか：信学会、アンテナ研究会資料 (Sept. 1964)



特許第410869号

特 許 の 紹 介



布施谷正義

ニ ッ ケ ル の 化 学 的 鍍 金 法

この発明は、ニッケル塩類水溶液に尿素を還元剤として加え、さらに適量の有機酸塩、無機酸およびアルカリなどを緩衝剤として加えて作った鍍金液を用いて被鍍金物表面上に適温で化学反応を起こさせてニッケル鍍金を行なうものである。

この発明によれば従来の電気鍍金法のように電気的性質に関する複雑な条件が不要であり、また電極も必要とせず、さらには従来の電気鍍金に比して一般に堅牢度、光沢ともに遜色なく、均一鍍金性や被覆力などにおいて勝るといふ利点がある。

特許第416161号

小田原弘造

金 属 と ア ル ミ ナ セ ラ ミ ッ ク の 接 着 方 法

この発明は、モリブデン粉末と酸化マグネシウム粉末を混合し、バインダーならびに溶剤によってインク状にし、これを高アルミナセラミック表面に塗布し、約1,500°Cの還元雰囲気中で加熱焼結させることによって金属とアルミナセラミックを接着するもので

ある。

この発明によれば酸化マグネシウムとアルミナの表面層が一部スピネル化して強い接着力が得られるという利点がある。