U.D.C. 621.396.674 : 621.397

UHF-TV 放送用双ループアンテナ

Stacked Loop Antenna for UHF TV Broadcasting

石川一徳* 秋元耕作*
Kazunori Ishikawa Kôsaku Akimoto
近藤勲* 内藤達郎*
Isao Kondô Taturô Naitô

内　容　梗　概

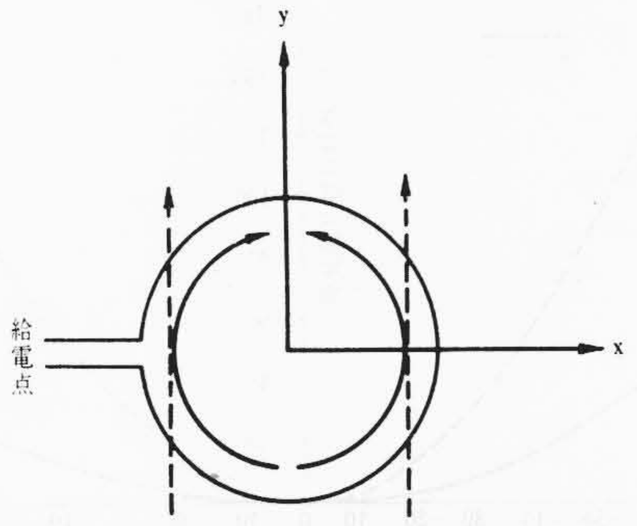
UHF-TV 放送の開始とともに送信アンテナの共用問題がとりあげられてきた。そのため，UHF-TV 用送信アンテナとしては従来よりもさらに広帯域特性のものが必要になってきた。また一方，アンテナ共用問題のほかに，UHF-TV においてはその特殊性から，相当大きなビームチルトを要求される場合が多く，ビームチルトの指向性に及ぼす影響についても検討の必要が生じてきた。われわれは名古屋民放3社豊橋 UHF-TV サテライト局送信アンテナの建設に当たり双ループアンテナにより，これらの UHF-TV サテライト局における諸問題に関して検討し，実用上なんら問題のない結果を得，このほど無事同局のアンテナを納入することができた。

1. 緒　　言

UHF-TV はわが国においては主として現在の VHF-TV における難視地区をカバーするために使用されている。したがって現在のところサテライト局のようなサービスエリヤの狭い中継局に使用するため，建設費の大きな部分を占めるアンテナ系に経済性が要求され，数局による送信アンテナ共用方式がとられる例が多くなっている。それに伴ってアンテナ系においても次の点が重要な問題となってきた。アンテナ共用を行なうためには第1にアンテナ自身が広帯域特性をもつと同時に，給電系に使用される分配器などの付属品も広帯域特性をもつことが必要である。特に双ループアンテナの場合はヘリカルアンテナに比べて分配数が多くなるので，普通の場合のアンテナ自身の特性よりもこれら付属部品の特性が重要になる。

アンテナ自身については比帯域幅からいってもUHF帯ではVHF帯アンテナよりも帯域幅が広いわけであるが，アンテナ共用を行なう場合には，共用数によりさらに大きな広帯域性が要求される場合がある。UHF 帯 TV 送信用広帯域アンテナとしては，ヘリカルアンテナ，4ダイポールアンテナ，双ループアンテナなどが使用されているが，特に双ループアンテナは，日本放送協会技術研究所において UHF-TV 放送用として開発されたもので，次に述べるビームチルト角が相当大きい場合にも使用でき，高利得で任意の指向性を実現できる点でサテライト局用として注目されている。すなわちヘリカルアンテナは無指向性広帯域アンテナとしてすぐれているが，機構上チルトを施す場合は電気的に各段の給電位相を変えるため，チルト角が大きい場合には，ビームの乱れを生じ利得が低下する可能性がある。また1段の場合にはチルトをかけることができない。双ループアンテナの場合はある程度水平面内電界偏差を許せば，各ユニットを傾けることにより，かなり大きなビームチルトを施すことができ，サテライト局のように限定されたサービスを行なう場合には便利である。ビームチルトについてはアンテナ共用の問題とは直接には無関係であるが，サテライト局のようにサービスエリヤが限定され，ビームチルト角が大きくなる場合には，指向性パターンに対する影響について十分考えておく必要がある。

われわれは民放豊橋 UHF-TV サテライト局において双ループアンテナによる，3波共用空中線系の設計製作，および建設を担当し多数局によるアンテナ共用の問題，およびビームチルトのためにアンテナを傾けた場合の指向性について実際的に検討した。本アンテナは6素子双ループアンテナで2チャンネルとびの3波共用が行なわれ，ビームチルトが大きく(最大4度)，方向により大きさが異なる UHF-TV サテライト局用送信アンテナの代表的な例である。アンテナ共用の場合にはアンテナ自身の特性と同時に共用装置の諸特性が問題になるが，これについては別稿で報告の予定なので本報ではふれないことにする。



第1図　定在波励振された1波長ループの電流分布

2. 双ループアンテナの構造と放射特性

2.1 構　　造

定在波励振された周囲長約1波長のループは，第1図実線の矢印で示した電流分布を持つ。これを x 方向成分と y 方向成分にわけて考えると，x 方向成分は互いに打ち消され，矢印の点線で示した y 方向成分のみが残り，原理的にはダイポールを並べたものと等価になる。双ループアンテナはこの1波長ループを2～6個直列に並べて，各ループの電流の位相を考えて長さ $\lambda/2$ の平行線で接続し，いわゆるダイポールアレイを形成して高利得を得るようにしたもので，水平偏波アンテナとして使用される。また受端短絡構造としてインピーダンス調整が容易にできるようにしたものである。

第2図に6素子形について概略図を示す。

2.2 水平指向性と位相特性

反射板付き双ループアンテナの水平指向性は，正弦波電流分布を仮定すれば，周知のように次式で表わせる(1)。

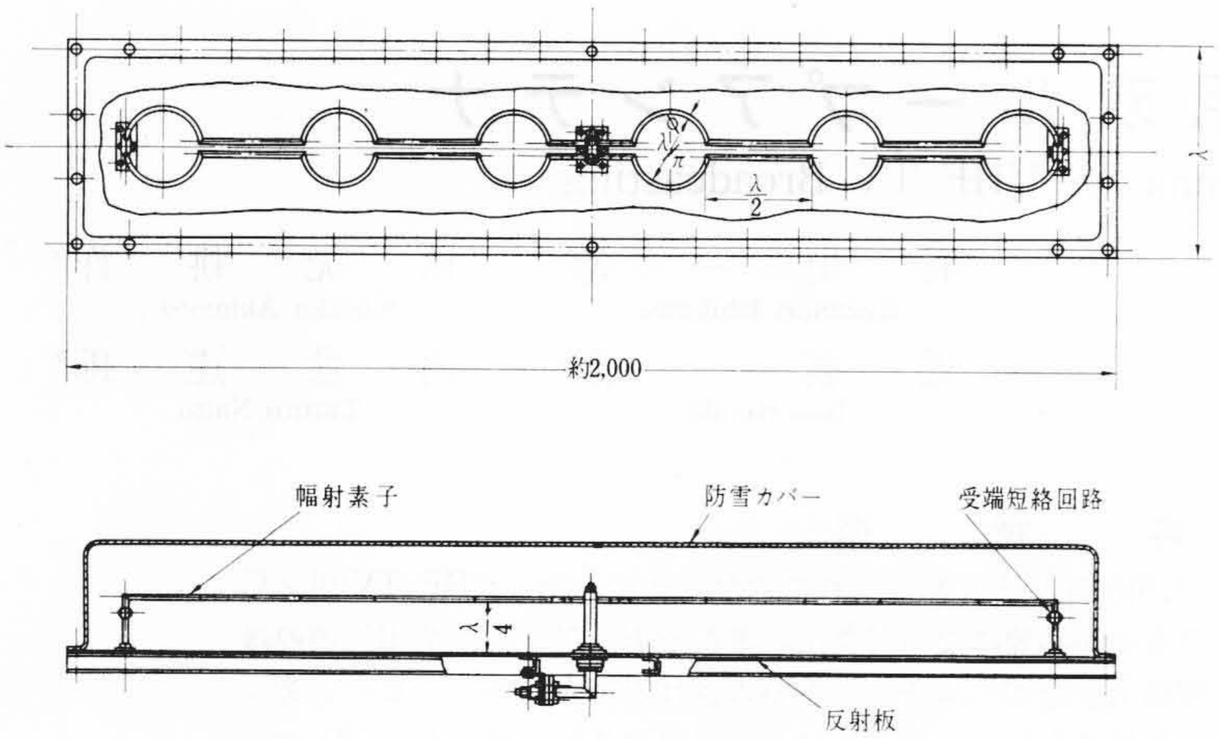
$$D_1(\theta)=D_0(\theta)\cdot\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}H\cos\theta\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ここで，

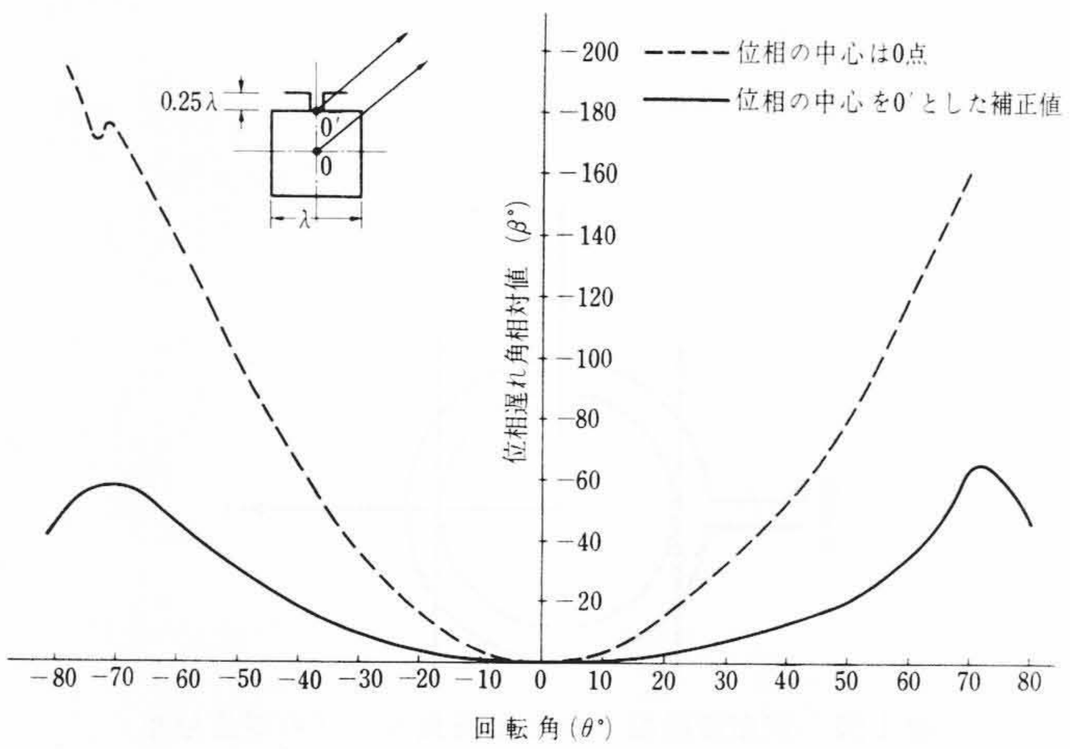
$$D_0(\theta)=\left[J_0(\sin\theta)+J_2(\sin\theta)\right]\cdot\cos\theta$$

H：　素子と反射板の間隔

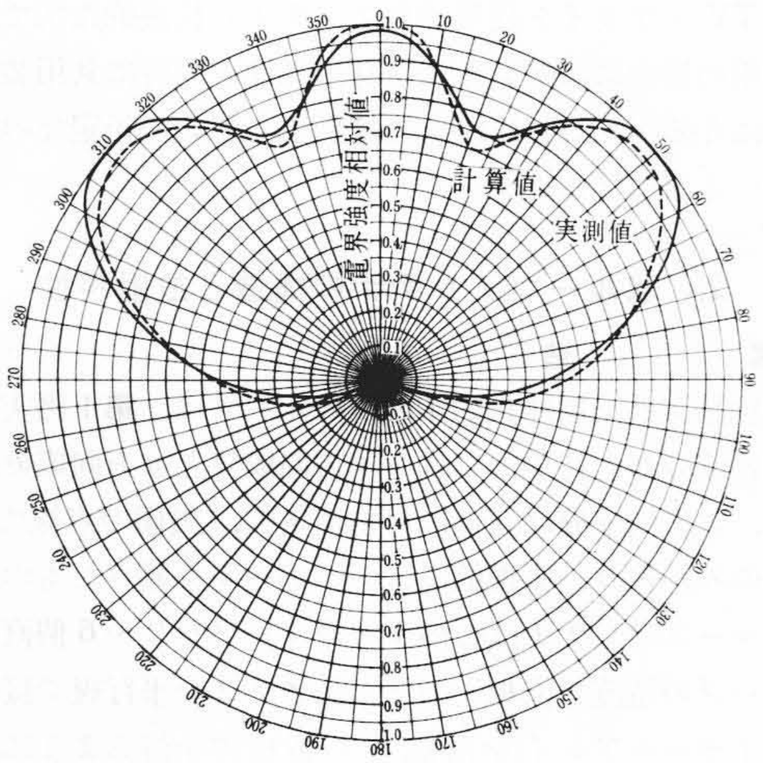
*　日立電線株式会社日高工場



第2図　6素子形双ループアンテナ構造図

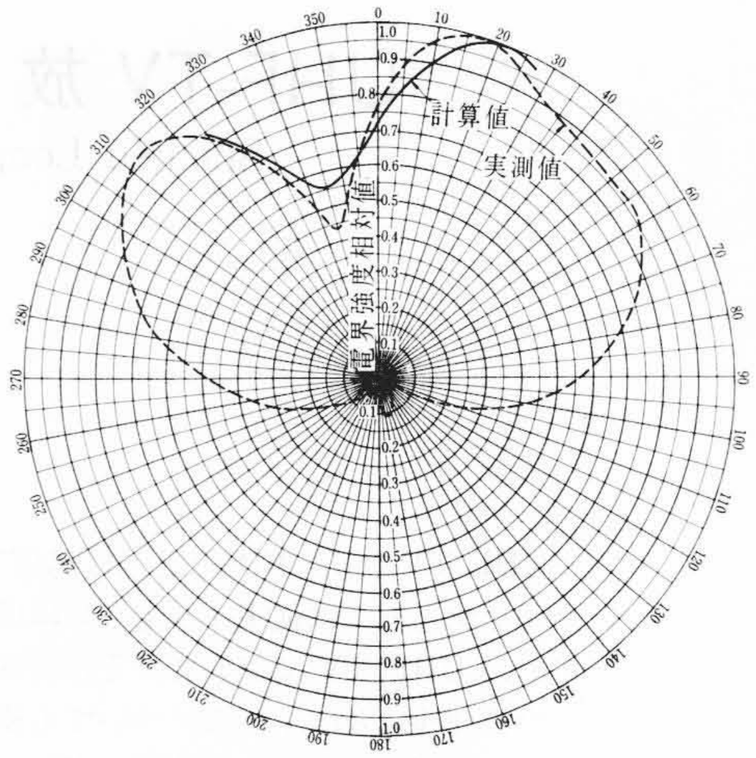


第3図　双ループアンテナの水平面内位相特性(測定値)

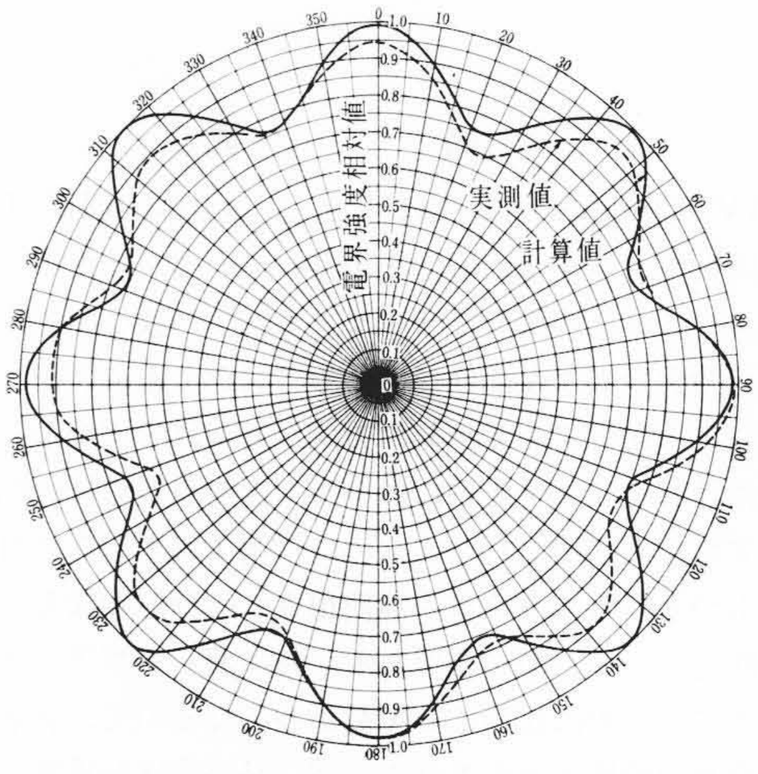


第4図　同相給電した場合の90度2面配置水平指向性
($H=0.25\lambda$, 反射板幅 λ)

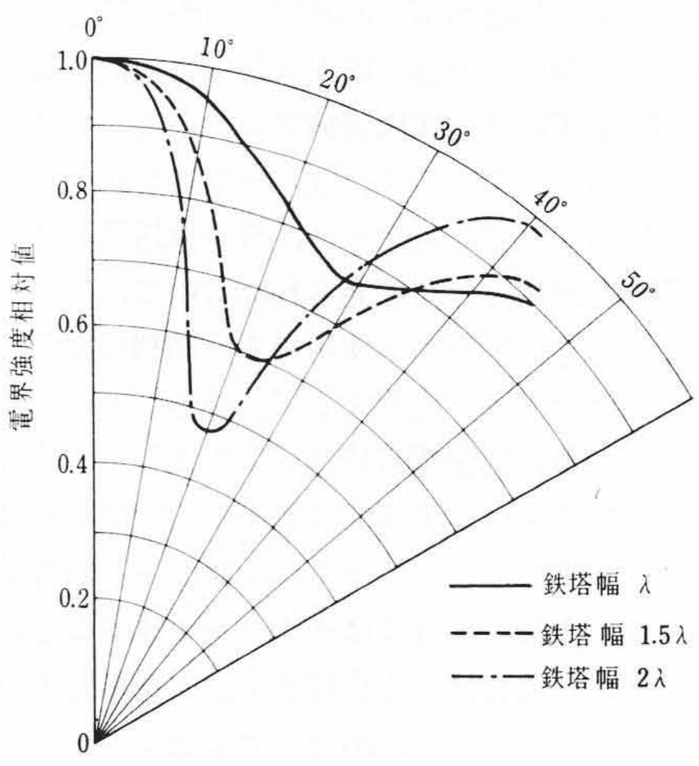
(1)式において $H=0.25\lambda$ の場合について計算を行なえば，反射板付き半波長ダイポールの水平指向性とほぼ一致する。これは双ループアンテナの構造からも推察できるところであり，合成指向性について考える場合にも，従来のスーパーゲインアンテナのデータがそのまま活用できる。次に**第3図**は反射板幅が λ の場合の位相特性の測定結果を示している。この結果を考慮して計算した2面直角，および4面直角配置の場合の合成指向性とその実測値は**第4～6図**に示すとおりである。これらはいずれも反射板幅が λ で $H=0.25\lambda$ の



第5図　90度位相差給電した場合の90度2面配置水平指向性($H=0.25\lambda$, 反射板幅 λ)



第6図　4面配置水平指向性($H=0.25\lambda$, 反射板幅 λ)



第7図　同相給電の場合の鉄塔幅と
電界偏差の関係(計算値)

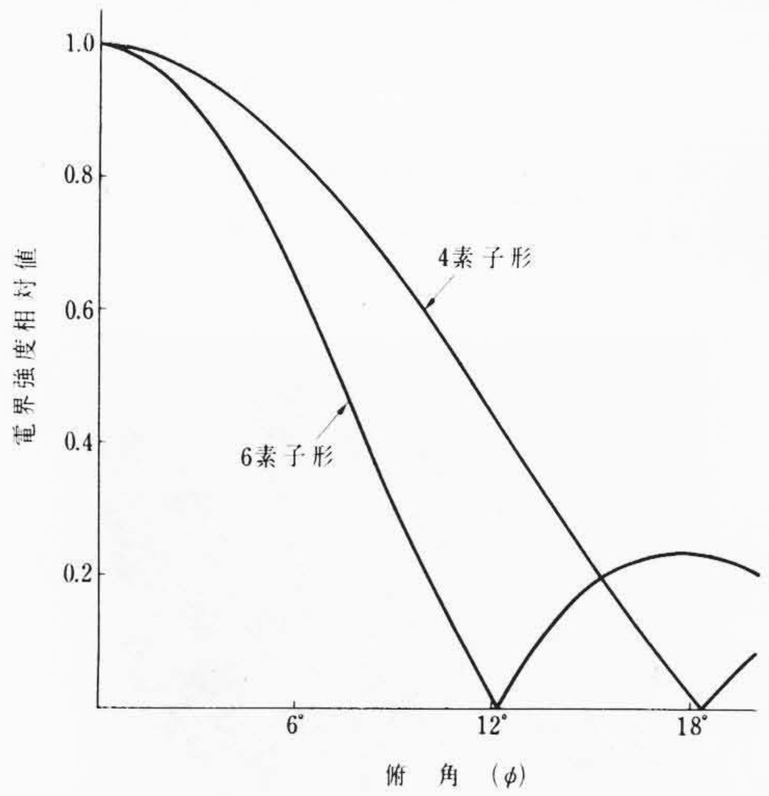
場合についての実験結果で，電界偏差は同相給電の場合は約2.5 dB，90度位相差給電の場合は6～7 dBで，同相給電の場合は良好な水平指向性が得られるが，位相差給電の場合は6～7 dBの電界偏差を認める必要がある。**第7図**は同相給電した場合の鉄塔幅と電界偏差の関係を示したものである。

2.3　垂直指向性と電力利得

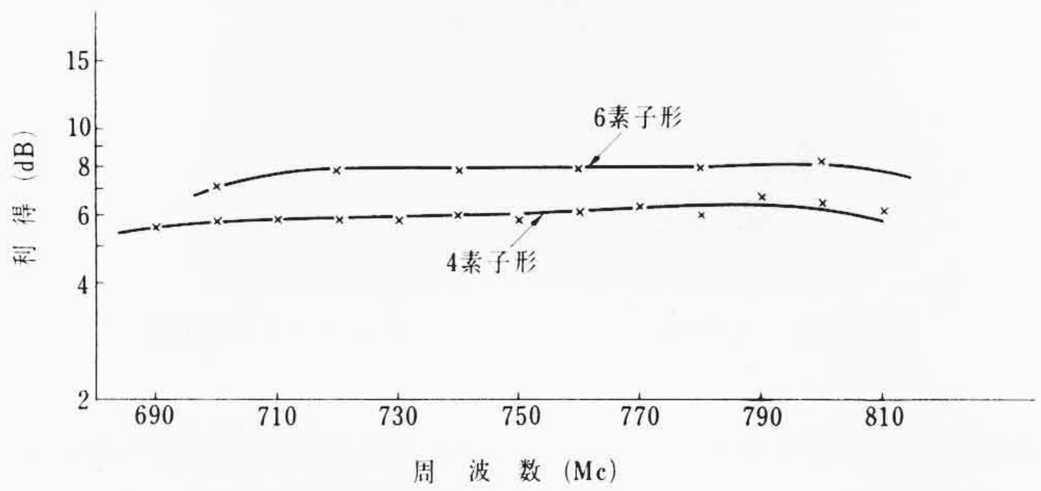
ループ列を点波源列と考えれば，m 個のループを積み重ねたとき

第1表 双ループアンテナの利得（4面配置の場合の利得で給電線損失は含まない）

形＼段数	1	2	3	4
6素子形	7.8 dB	10.8 dB	12.5 dB	13.8 dB
4素子形	5.5 dB	8.5 dB	10.3 dB	11.5 dB



第8図 双ループアンテナの垂直指向性(計算値)



第9図 利得の周波数特性
(垂直指向性の実測値より面積積分で求む)

の垂直指向性は大略次式で表わせる[1][2]。

$$D_2(\phi)=D_0(\phi)\cdot\frac{\sin\left(\frac{m\pi}{\lambda}d\sin\phi\right)}{m\sin\left(\frac{\pi}{\lambda}d\sin\phi\right)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ただし

$$D_0(\phi)=\{J_0(\sin\phi)-J_2(\sin\phi)\}\cdot\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}H\cdot\cos\phi\right)$$

d： ループ間隔

H： 反射板と素子の間隔

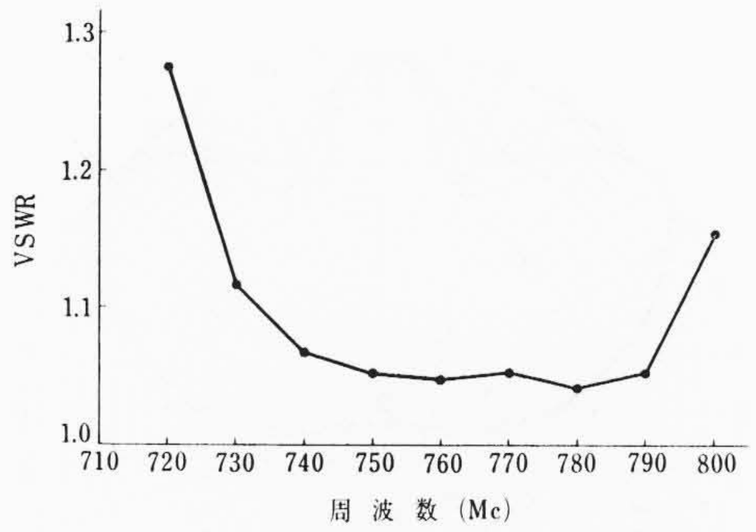
ここで(2)式において $H=0.25\lambda$ として4素子，6素子の場合について計算すれば**第8図**のようになる。この結果は大略実験値と一致する。

これより双ループアンテナの電力利得を求めることができる。すなわち，4面無指向性配置にしたときのアンテナ利得をGとすれば，

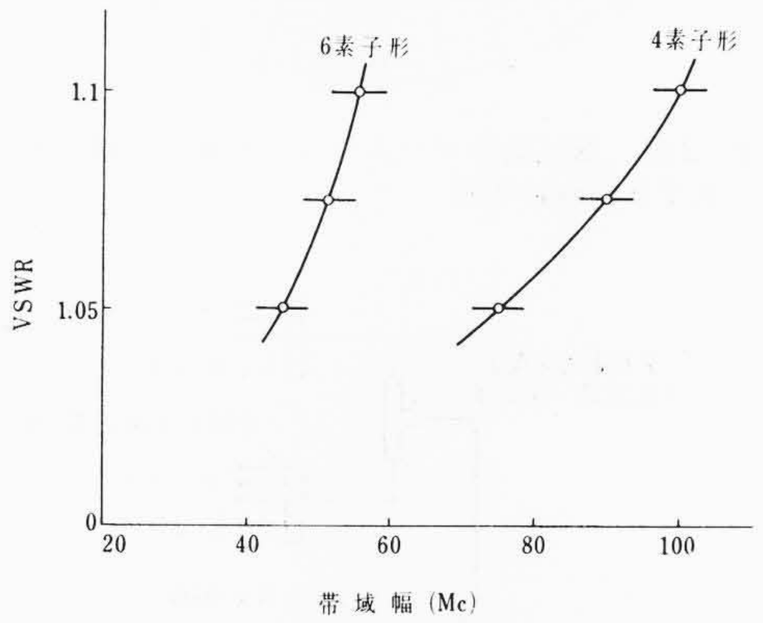
$$G\fallingdotseq 10\log_{10}\left(\frac{61}{\phi}\right)\ \text{(dB)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

ただし，　ϕ： 垂直指向性の半値角

で表わせる。これより求めた6素子形，4素子形の利得を**第1表**に示す。また，**第9図**に利得の周波数特性を示す。周波数特性はアンテナ共用の場合には，特に問題になるが双ループアンテナの場合は相当広帯域にわたって利得が安定していることがわかる。



第10図 6素子形双ループアンテナの給電点インピーダンスの周波数特性(測定値)



第11図 700 Mc 帯における双ループアンテナの帯域特性

2.4 インピーダンス特性

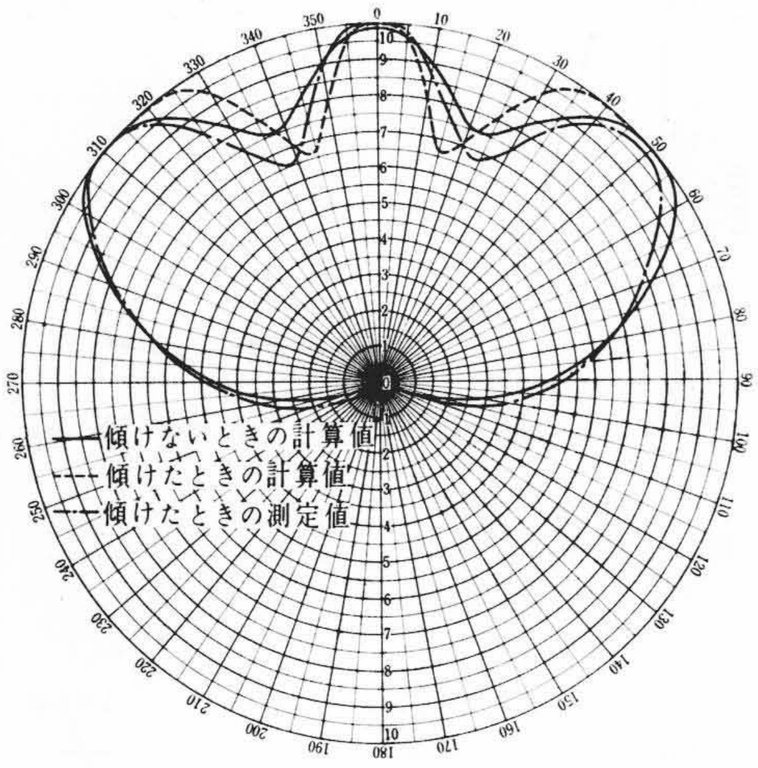
双ループアンテナの指向性は 700 Mc 帯で約 100 Mc にわたって安定な特性を示すので，その総合的な帯域は主としてインピーダンスの周波数特性によって限定される。双ループアンテナの給電点インピーダンスは純抵抗成分で 60Ω 前後になっているが，通常は給電点にインピーダンス変成器を使用して 50Ω，または 72Ω に整合をとっている。

このアンテナの場合受端短絡回路がインピーダンス特性に大きく影響するが，UHF 帯のためその調整はかなり微妙である。双ループアンテナの広帯域性はイメージとの相互インピーダンスがきいているためと思われ，VSWR≦1.1 に限定すれば，4素子形の場合約 100 Mc の帯域を持つことができる。**第10図**に給電点インピーダンスの周波数特性の一例を示し，**第11図**に6素子形，4素子形についてその帯域特性を比較して示した。**第11図**から明らかなようにループ数が増すほど帯域幅は狭くなってゆき，VSWR 1.1 以下とすれば6素子形で 55 Mc，4素子形では約 100 Mc であり2素子形ではさらに広帯域になる傾向がある。したがって，使用帯域がそれほど広くなく，高利得が要求される場合には6素子形を使用するのがよく，使用帯域が50 Mc以上では4素子形を使用するのがよい。

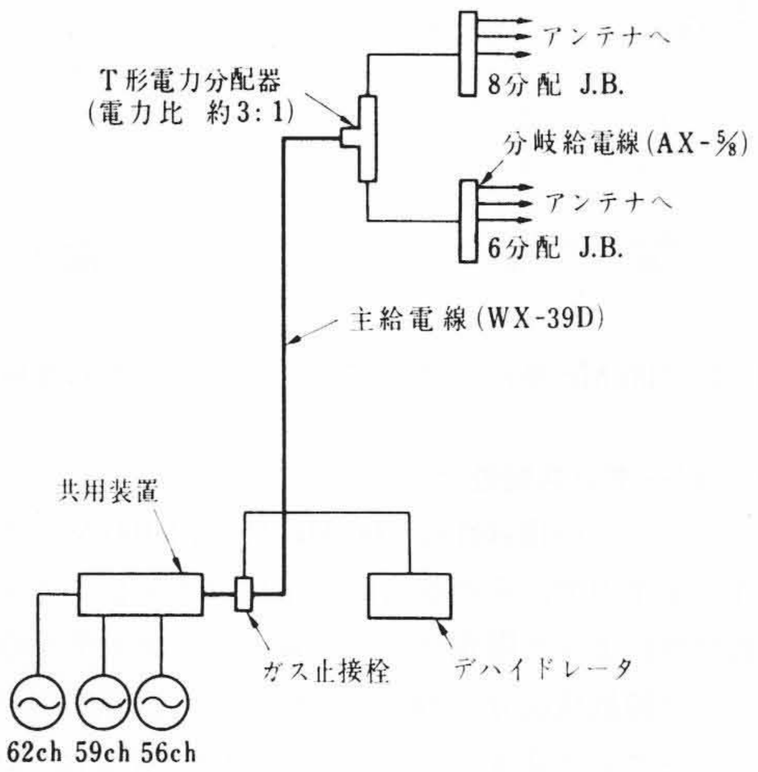
3. 機械的にビームチルトをかけた場合の指向性

2. において双ループアンテナの一般的特性について示したが，次に機械的にチルトを施した場合の特性変化について検討する。ビームチルト角が垂直指向性の半値角以上になると，利得の低下が大きくなり，電気的にチルトをかけることが困難になる。そこで民放豊橋送信用アンテナにおいては，アンテナユニットを機械的に傾け，その場合の指向性の劣化について理論計算により検討を行ない，次に実験的に確かめるという方法をとった。

今直交座標 $x=r\sin\theta\cos\phi$, $y=r\sin\theta\sin\phi$, $z=r\cos\theta$ を考え，これより軸に関してアンテナの傾き角 ϕ だけ回転した座標 x', y', z' を考えると



第12図　機械的にビームチルトを施した場合の水平指向性の劣化



第13図　民放豊橋局給電系

$$\left.\begin{aligned} x' &= r' \sin\theta' \cdot \cos\phi' = x\cos\phi - z\sin\phi \\ y' &= r' \sin\theta' \cdot \sin\phi' = y \\ z' &= r' \cos\theta' = x\sin\phi + z\cos\phi \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

で表わせる。これより直ちに

$$\left.\begin{aligned} &\sin\theta' \cos\phi' = \sin\theta \cos\phi \cos\phi - \cos\theta \sin\phi \\ &\cos\theta' = \sin\theta \cos\phi \cdot \sin\phi + \cos\theta \cdot \cos\phi \\ &\sin\theta \cdot \sin\phi = \sin\theta' \cdot \sin\phi' \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (5)$$

ただし，　$r = r'$

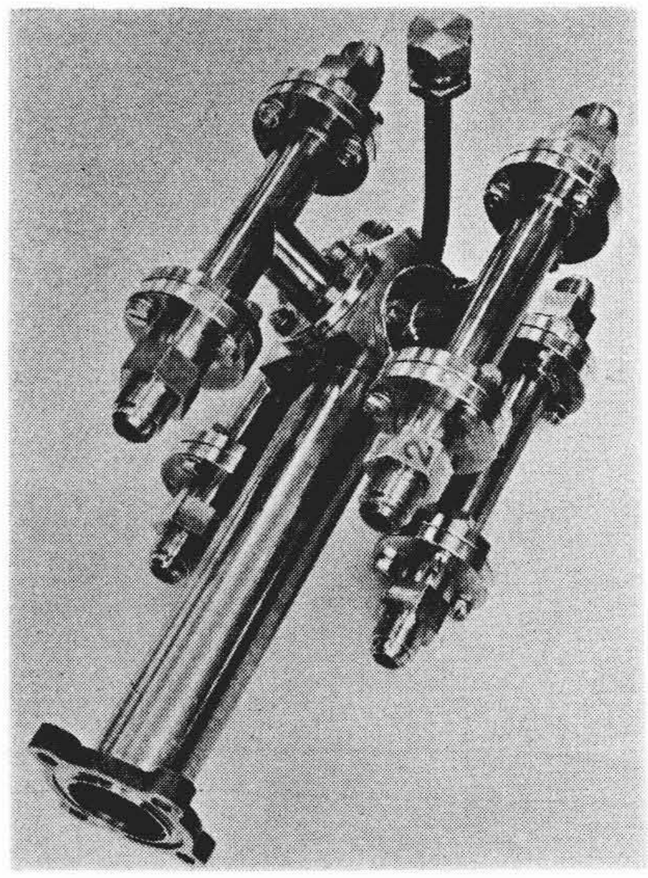
が得られる。上式より考えられた θ, ϕ, ϕ に対して θ', ϕ', ϕ' が得られる。ここでユニットアンテナの反射板を $y'z'$ 平面と考えれば，ϕ の値は普通たかだか5度くらいであるから θ' と θ の差はそれほど大きくなく，またメインローブ内では θ，θ' ともに $\pi/2$ に近いから，

$$\left.\begin{aligned} \theta' &= \theta - \phi\cos\phi \\ \phi' &\simeq \phi \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (6)$$

と近似できる。したがってユニットアンテナの直立した場合の指向性係数を $f(\theta, \phi)$ とすれば，アンテナを傾けた場合の指向性係数が求められる。また，隣り合った面の段数が異なったり，位相中心の間に高低差が現われるような場合にはそれぞれの放射界の間に位相差が現われ3次元的な考察が必要となるが，実際には普通の場合高低差による位相差はかなり小さいので，それほど大きな問題とはならない。

第2表　民放豊橋局アンテナの電気特性に関する仕様

項　目	内　容
アンテナ形式	6素子形双ループ（3面4段1面2段）
利　得	最大方向 12dB 以上
VSWR	ガス止より 1.1 以下
ヌルフィルイン	第1ヌルに対し 0.15 程度
ビームチルト	北面 2° 東面 4° 南面 3° 西面 3°
主給電線	WX-39D　(50Ω)
分岐給電線	AX-5/8　(50Ω)

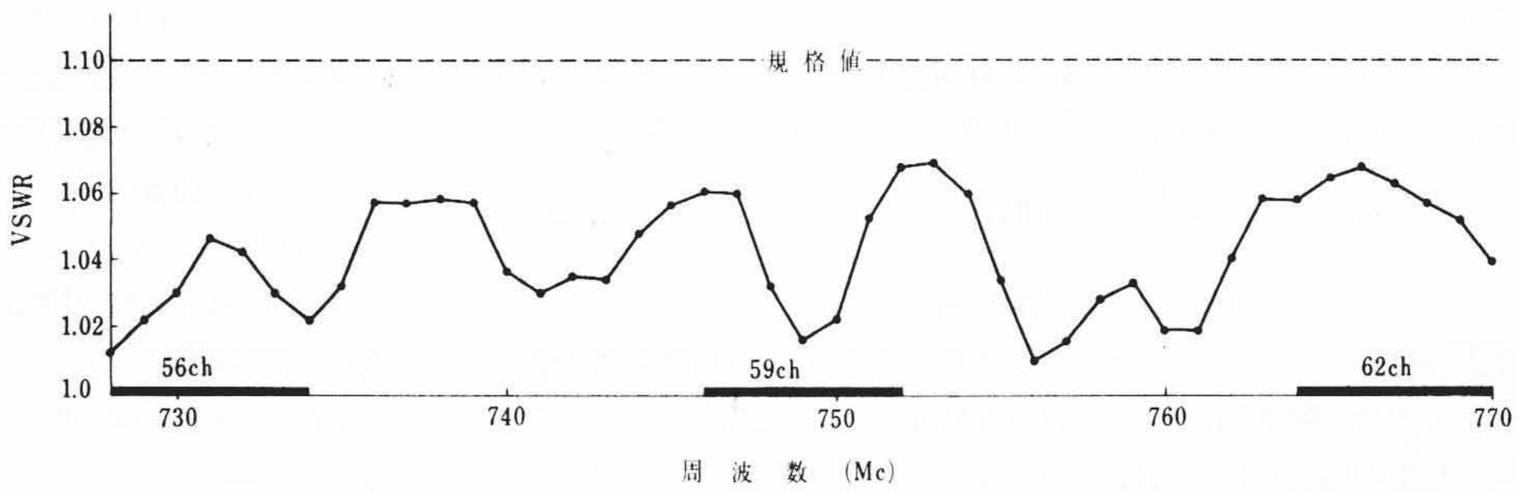


第14図　広帯域ジャンクションボックス（8分配）

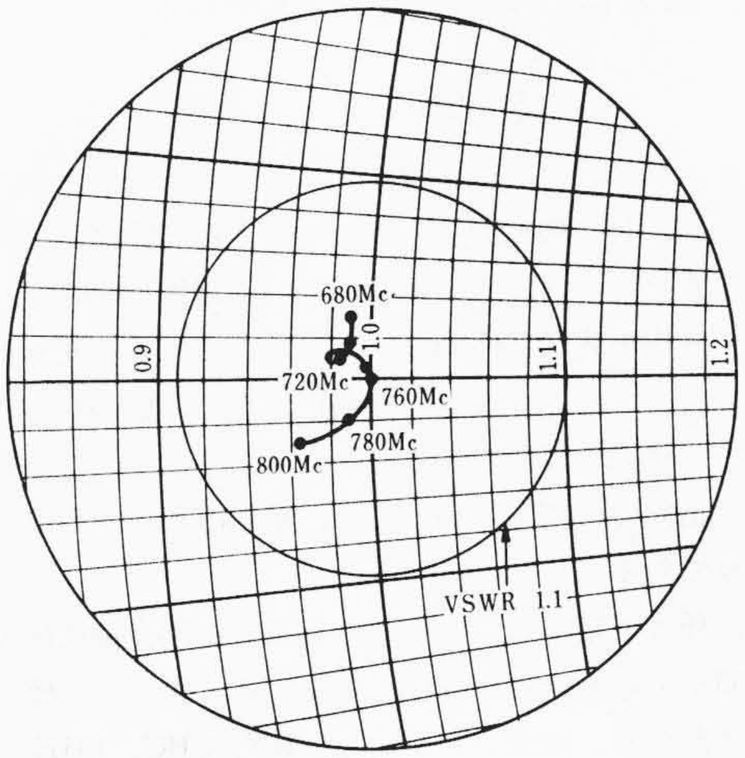
機械的にビームチルトをかけた場合特に心配されるのは水平指向性の劣化であるので，チルト角4度の場合について計算，および実験を行なった。第12図は計算結果と実験結果を比較して示したものである。この結果から計算値，実験値ともに指向性の劣化は，アンテナを傾けない場合に比較して 1～1.5 dB 程度で，実用上問題のない値であることがわかる。なおビームチルトのためにアンテナを機械的に傾けた場合の指向性の劣化の問題については，稿を改めてさらに詳しく報告する予定である。

4.　民放豊橋局における実施例

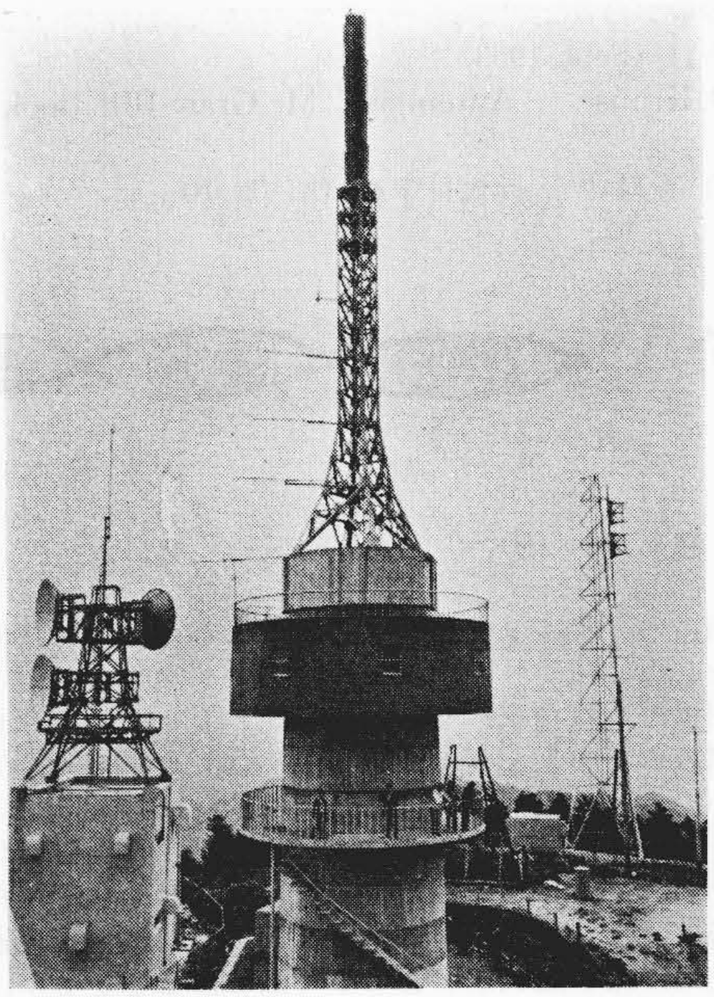
2., 3. において双ループアンテナの特性，および機械的にアンテナを傾けた場合のビームチルトについて検討を行なったが，これはサテライト局のアンテナ系にとっては重要な問題であり，これらについてさらに民放豊橋局送信アンテナにおいて実用し，問題のないこ



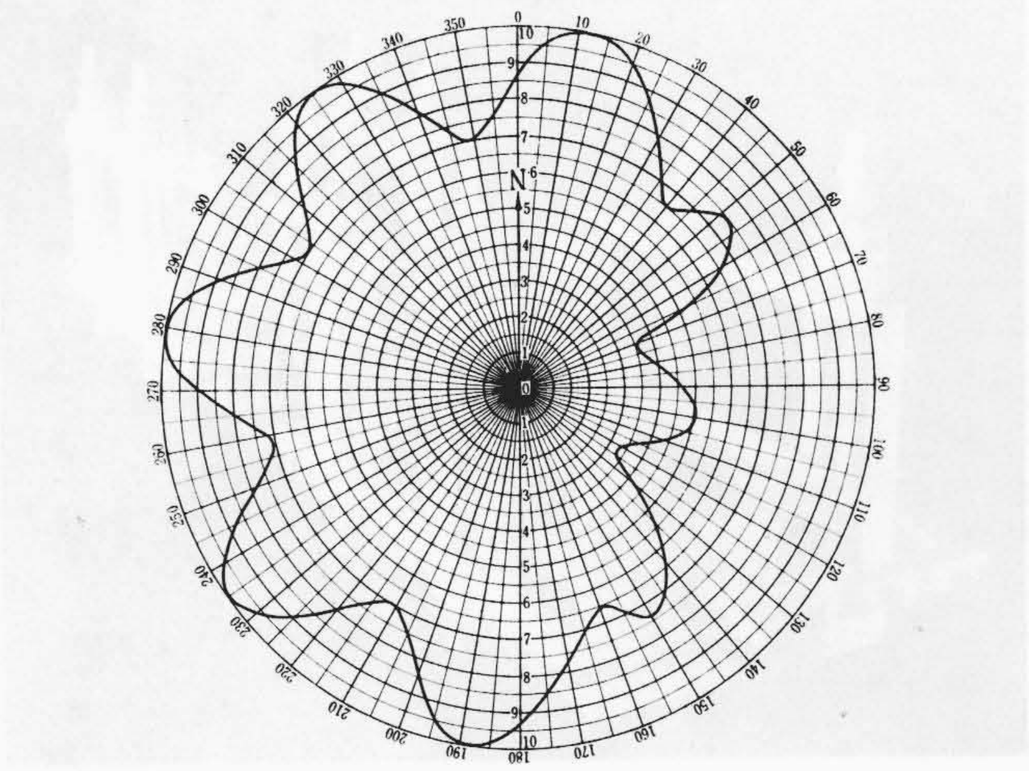
第15図　民放豊橋局双ループアンテナのVSWR特性（ガス止より測定）



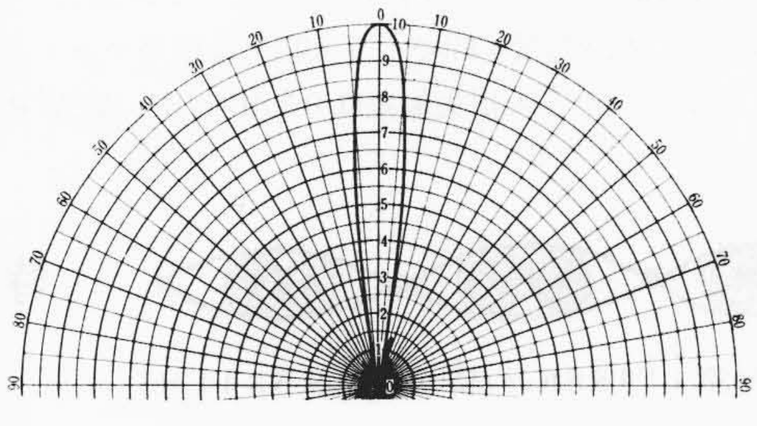
第16図　8分配ジャンクションボックスVSWR特性



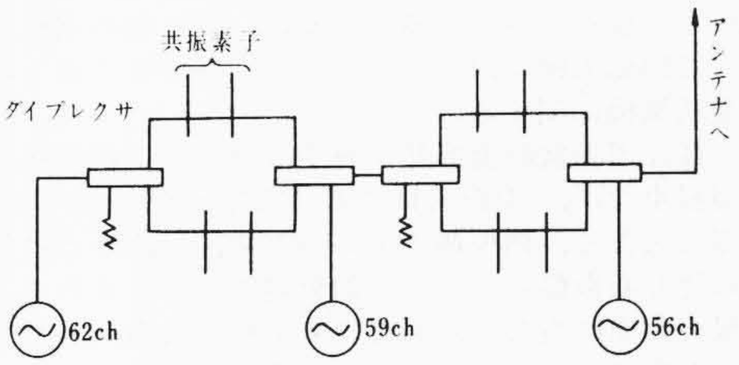
第17図　民放豊橋局双ループアンテナ



第18図　民放豊橋局双ループアンテナの水平指向性(計算値)



第19図　民放豊橋局双ループアンテナ1段の垂直指向性(測定値)



第20図　3波共用装置接続図

とを確かめた。

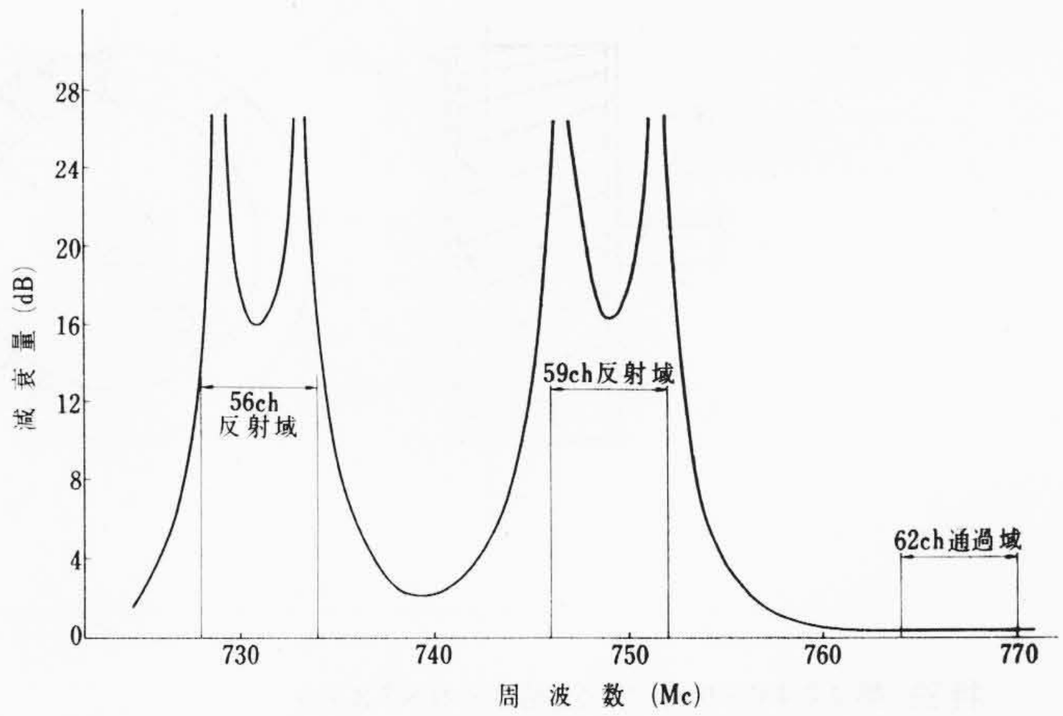
4.1 給 電 系 統

第13図は本アンテナの給電系統図である。ここで問題となるのは**第2表**の仕様にも示したように，広帯域特性を必要とすること，およびチルト角が大きく，各方向ともその大きさが異なる点である。広帯域特性に関してはアンテナ本体は6素子形双ループで十分であるので，特に付属品の特性改善に力を入れ，その結果**第14図**に示した広帯域分配器を完成し，これを使用することにより，系全体の VSWR 特性は**第15図**のように広帯域特性が得られた。**第16図**は使用した広帯域分配器の特性を示したものである。

次にビームチルトは，角度が垂直指向性の半値角に比べて相当大きいため，さきに検討した結果に基づき，各ユニットを機械的に傾け，それによって生じた各段の位相差を分岐ケーブル長によって補正した。**第17図**は本アンテナの完成図，**第18，19図**はその水平，垂直指向特性である。また UHF 帯においては雪，雨などによりアンテナの特性が相当大きく影響されるので，完成写真でわかるように全面プラスチック製カバーで保護されている。

4.2 3波共用装置

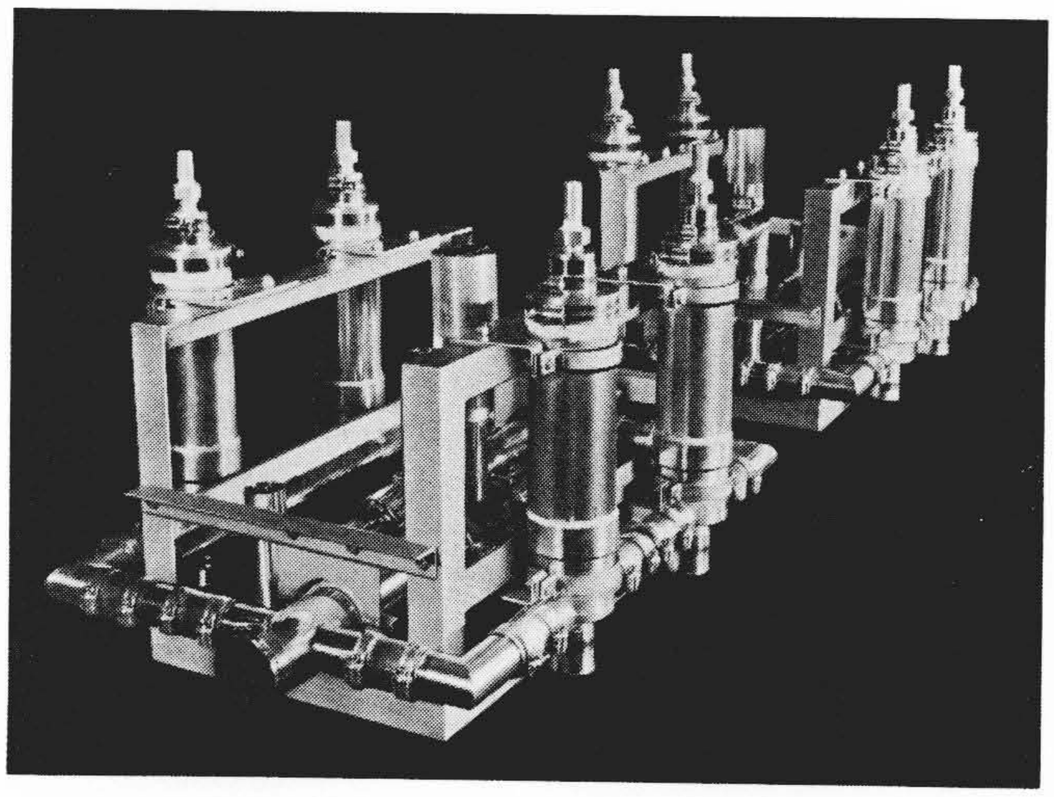
参考のため，今回使用した3波共用装置の特性のみを次に示しておく。豊橋局の場合，2チャンネルとびの3波共用のため，構成は



第21図　共用装置の伝送特性(測定値)

第3表　3波共用装置仕様

項　　目	内　　容
形　　式	3素子CIN縦続接続形
漏えい結合量	−30 dB 以下
そう入損失	0.7 dB 以下（各社間偏差 0.4 dB 以下）
V S W R	1.1 以下



第22図　CIN縦続接続形3波共用装置

第20図に示した2素子CIN縦続接続形とした。第3表は本装置の仕様で，第21図はその伝送特性である。なお漏えい結合量は−30 dB以下，入出力端子間のそう入損失は使用チャンネルにおいて0.6 dB以下で，そう入損失偏差は0.3 dB以下，VSWRは1.1以下である。第22図は本装置の完成写真である。

5. 結　　言

以上双ループアンテナの諸特性と，サテライト局におけるアンテナ系の諸問題，特に機械的ビームチルトと指向性の関係について検討し，民放豊橋局における実施例について報告した。

アンテナ共用方式は特性的にはこれまでの方式と変わらず経済性の点ですぐれており，今後さらに利用されると思われる。本稿がそれらの設計，建設の際の参考になれば幸いである。なお機械的ビームチルトと指向性の問題については，稿を改めてさらに詳細に報告するつもりである。

最後に，種々ご指導をいただいた日本放送協会技術研究所遠藤敬二部長，同空中線研究室の各位に深謝する。また，豊橋局のアンテナ系建設にあたりご指導いただいたNBN，CBC，THKの関係者のかたがたに感謝する。

参　考　文　献

(1) 遠藤敬二ほか：「双ループアンテナ」，信学会アンテナ研究会資料 (Sept. 1963)
(2) J. D. Kraus：“Antennas” Mc Graw-Hill Book Co. (1950版)
(訳) 谷村功：近代科学社 (昭32-10)

特　許　の　紹　介

特許 第410886号(特公昭38-6334号)

堀　栄　一・永島敏雄

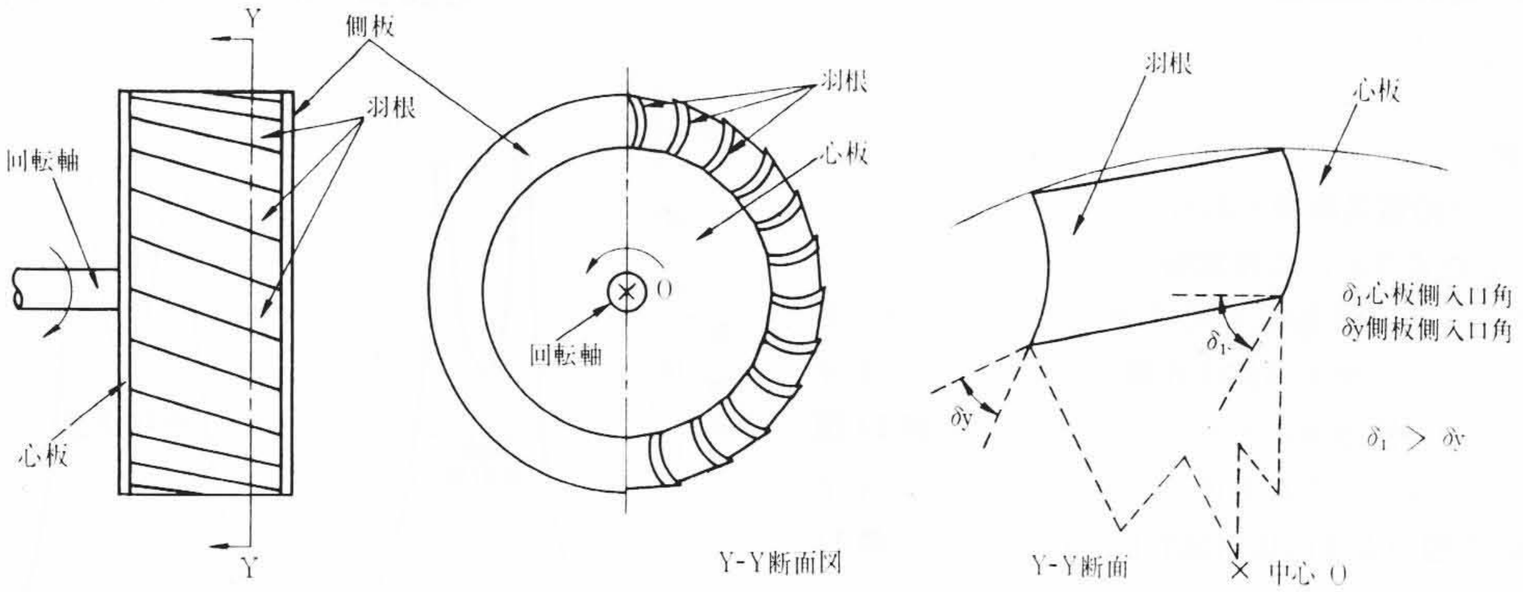
多　翼　型　送　風　機

この発明は，心板および側板の周辺部間に適当な円周方向間隔を保って複数の羽根を取り付けるとともに，側板側の羽根の位置を心板側に対して回転方向に向かって適宜角度進ませて成る羽根車を備えた多翼型送風機に関する。

従来の一様な円弧状断面形状を有する樋型の羽根を回転軸に平行に設けた羽根車では，羽根入口における気流速度の半径方向成分が，心板側で大きく，側板側で小さいため，気流の入口角は，羽根の入口角に比し心板側で大きく，側板側で小となるので，気流は心板側で羽根の背面に当たり，側板側で羽根の前面に当たりながら流入することとなり，送風能率を著しく低下せしめる。

この発明においては，さきに述べ図にも示すように，側板側の羽根の位置を心板側に対して回転方向に向って進ませることにより，結果的に羽根の入口角を，気流の入口角の変化に対応させて，心板側に比し側板側で小となるように構成したことにより，気流は羽根の全域にわたって羽根面に沿って無衝突的に流過しうる。

このように，本発明によれば，従来同様の一様な円弧状断面を有する羽根を用いて，単にその取付位置を心板側に比し側板側を回転方向に適当に進ませてやるのみで，無衝突的に気流を流過せしめ得るので，従来に比し送風能率を著しく高め得るとともに，その構造上製作も簡単容易である。　(松島)



特許 第404080号(特公昭37-9873号)

北川　公・黒川　進
増村義康

高初導磁率低損失酸化物磁性材料

在来用いられていた銅，亜鉛系亜鉄酸塩磁性材料は他の磁性材料に比較して一般に初導磁率，磁気飽和値が小さく，抗磁力が大きいことが欠点とされており，またこの磁性材料は電圧拡大率を改善することは比較的容易であるが，電圧拡大率を大きくすると，初導磁率の低下を生じ，この両者を同時に両立させることは困難であった。本発明はこれらの欠点に改良を加えたものでモル比で酸化銅19～22%，酸化亜鉛28～32%，および酸化鉄48～51%からなる銅，亜鉛系亜鉄酸塩を母体とし，これに酸化マンガンまたは焼成した場合に酸化マンガンとなりうるマンガンの塩類を重量比で0.01～9%添加したものを圧縮成形し，950～1,050℃で数時間焼成するもので，きわめてすぐれた電圧拡大率を有すると同時に高い初導磁率を有する磁性材料を提供するものである。　(涌井)