

## 副反射板付きパッチアンテナの放射指向性

### Characteristics of Radiation Pattern of Patch Antenna with Sub Ground Planes

○野村浩志\*, 久保田賢二\*, 栗田宏明\*, 清水保定\*\*, 佐藤利三郎\*\*\*

○Hiroshi Nomura\*, Kenji Kubota\*, Hiroaki Kurita\*, Yasusada Shimizu\*\*, Risaburo Sato\*\*\*

\*岩手大学, \*\*古河電気工業(株), \*\*\*東北学院大学

\*Iwate University, \*\*Furukawa Electric Co.Ltd., \*\*\*Tohoku Gakuin University

キーワード: テレビジョン放送 (TV Broadcasting), 送信アンテナ (Transmitting Antenna), パッチアンテナ (Patch Antenna), 副反射板 (Sub Ground Plane), 単体指向性 (Radiation Pattern)

連絡先: 〒020 盛岡市上田4-3-5 岩手大学 工学部電気電子工学科

久保田賢二, Tel. (0196)21-6385, Fax. (0196)21-6393, E-mail: kubota@dragon.elc.iwate-u.ac.jp

## 1. はじめに

今日の社会において、テレビジョン放送は欠くことのできない情報媒体としてその地位を確立している。そして現在、地域格差を是正するために多局化が進められている<sup>1)</sup>。テレビジョン放送用送信アンテナは、サービスエリア内に均一な電界強度の電波を供給するのが理想であり、鉄塔にアンテナ素子を多面配列して所望の指向性を得るという方法が一般的に用いられている<sup>2)</sup>。また、敷地、景観保全、そして鉄塔の有効利用という観点から、同一の鉄塔に複数局のアンテナを設置する鉄塔共用形式が近年注目されている。

鉄塔の側面に多面配列する場合、その合成指向性は各面アンテナの放射指向性の影響を大きく受けることが知られてお

り、鉄塔幅が大きくなるほど、合成指向性の落ち込みは増大する。また、各面に配置されるアンテナ素子としては、従来反射板付きダイポールアンテナや、双ループアンテナ等が用いられている<sup>3)</sup>。

現在進められている多局化において、割り当てられる周波数はチャンネル容量の大きいUHF帯が中心であり、必然的に波長に対して鉄塔幅が大きくなる。多面配列では、構成面数を増やすことにより無指向性が得やすくなるが、経済性及び保守性の観点から、できるだけ少ない面数で構成することが望まれる。

本報告では、各面アンテナとしてアンテナ素子と地板の間隔を波長に対して極めて小さくできるパッチアンテナを用いることを想定し、副反射板を付加した場合の放射指向性について検討を行う。

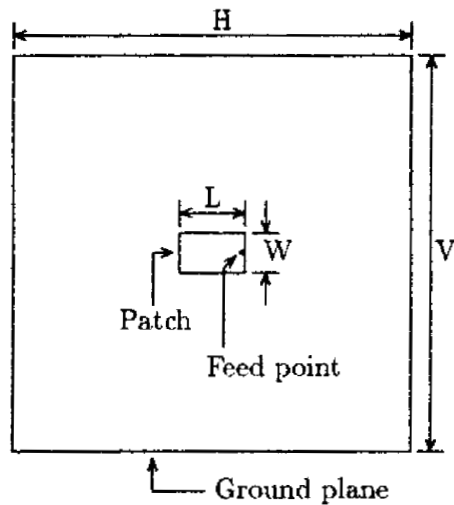
## 2. パッチアンテナ

### 2.1 パッチアンテナの構造

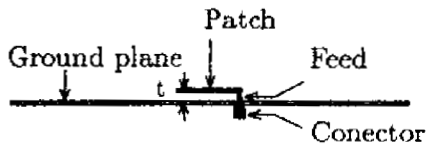
パッチアンテナの構造を図1に示す。パッチアンテナは、パッチ、誘電体及び地板からなる3層構造の板上アンテナである。構造が非常に単純であり、またパッチと地板の間隔  $t$  は非常に小さいために、従来の反射板付きアンテナに比較して極めて薄型であるという特徴を有している。

給電はパッチの一端から行う。この際パッチの長さ  $L$  を約  $0.5\lambda$  とすると、パッチの両端に生ずる電界は大きさが等しく向きが逆の分布となり、これは、図2に示すような電圧定在波分布が形成されたことに相当する。

また、このような電界が生じるので、パッチの両端には電界と直交する方向に、長



(a) Top view.



(b) Side view.

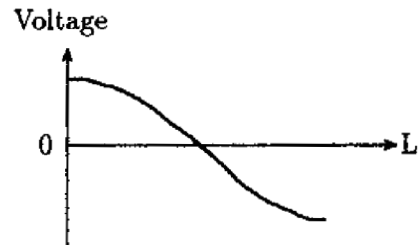
さ  $W$  の磁流スロットが形成されるのと等価であると考えることができる。

### 2.2 パッチアンテナの放射指向性

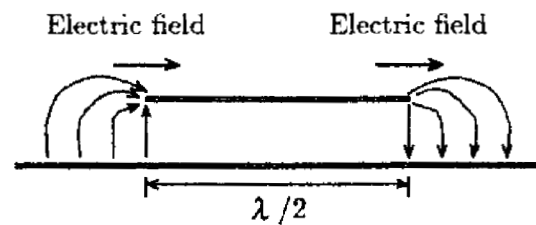
パッチアンテナの放射指向性は、パッチの寸法、地板の寸法、あるいはパッチと地板の間隔を変えることにより変化させることができる。本節では、これらのパラメータを変化させた場合の、指向性の変化について述べる。

図3～図6にパッチの縦幅、地板の横幅、地板の縦幅、及びパッチと地板の間隔を変えた場合の、周波数に対する半値角の変化をそれぞれ示す。

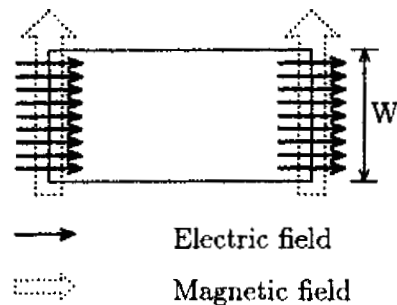
これより、地板の縦幅  $V$  を変えた場合



(a) Voltage distribution on a patch.



(b) Side view of patch electric fields.



(c) Electric and magnetic fields on the patch.

図1 パッチアンテナの構造  
Fig.1 Configuration of a patch antenna.

図2 パッチアンテナの電界分布  
Fig.2 Electric field distribution of a patch antenna.

のみ半値角の変動が少ないが、他のパラメータを変えた場合には、比較的大きな変動が生じることが判る。

4面合成を行う際に、各面に配置される指向性が、合成指向性に大きな影響を及ぼすことは前述したが、この際問題となるのは、主として単体アンテナの指向性の半値角、メインローブ及びサイドローブの形

状等である。これらを配列半径に応じて、適宜調整する必要がある。

図3～図6は種々のパラメータを変化させた場合の半値角の変化を示したものであるが、指向性図の形状が非対称になる場合も実際には生じている。そこで、ほぼ対称な形状を保ちつつ半値角を変化させられるように、パラメータを選択する必要がある。

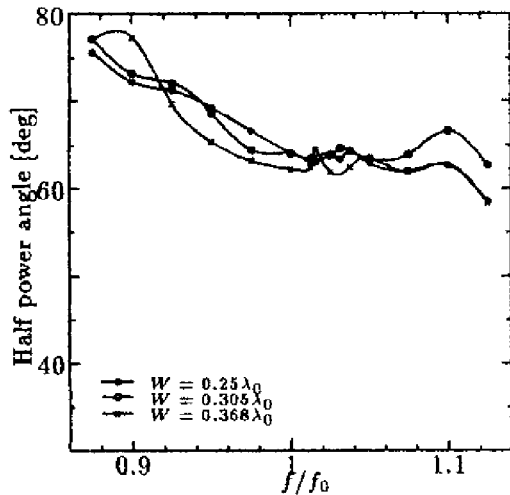


図3 パッチの縦幅  $W$  を変えた場合の周波数に対する半値角の変化  
Fig.3 Variation of half power angle with frequency parameter as a longitudinal width  $W$  of a patch ( $H = V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

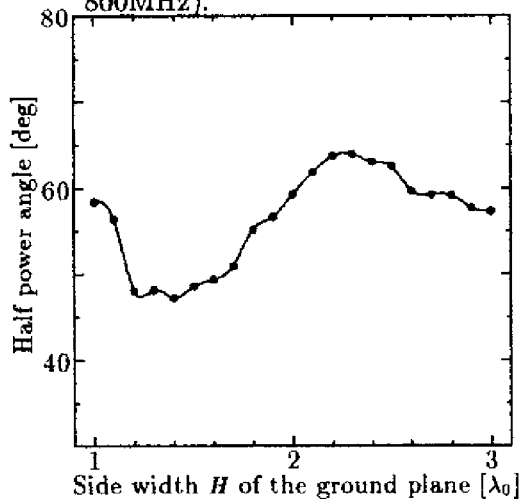


図4 地板の横幅  $H$  に対する半値角の変化  
Fig.4 Variation of half power angle with side width  $H$  of the ground plane ( $V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}, f = 800\text{MHz}$ ).

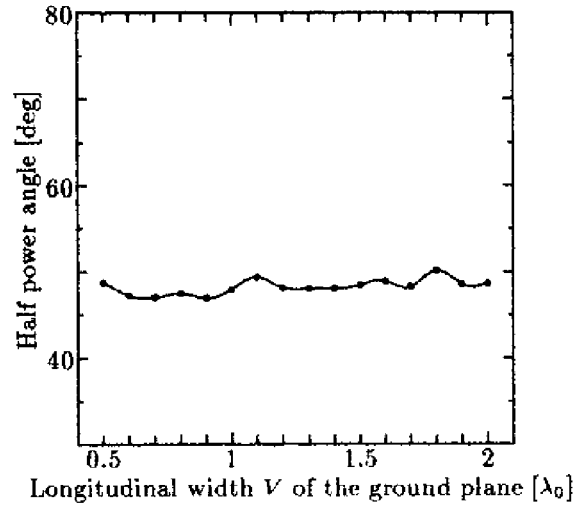


図5 地板の縦幅  $V$  に対する半値角の変化  
Fig.5 Variation of half power angle with longitudinal width  $V$  of the ground plane ( $H = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}, f = 800\text{MHz}$ ).

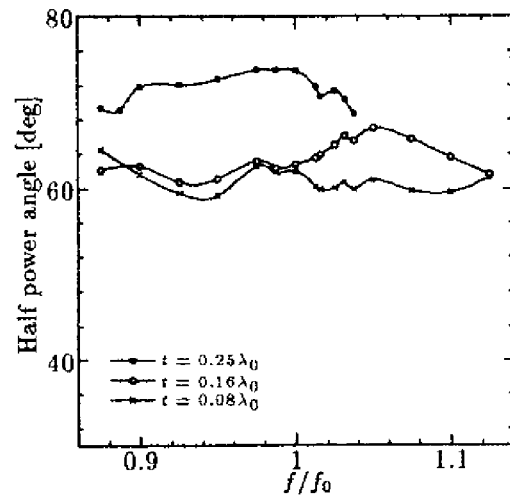


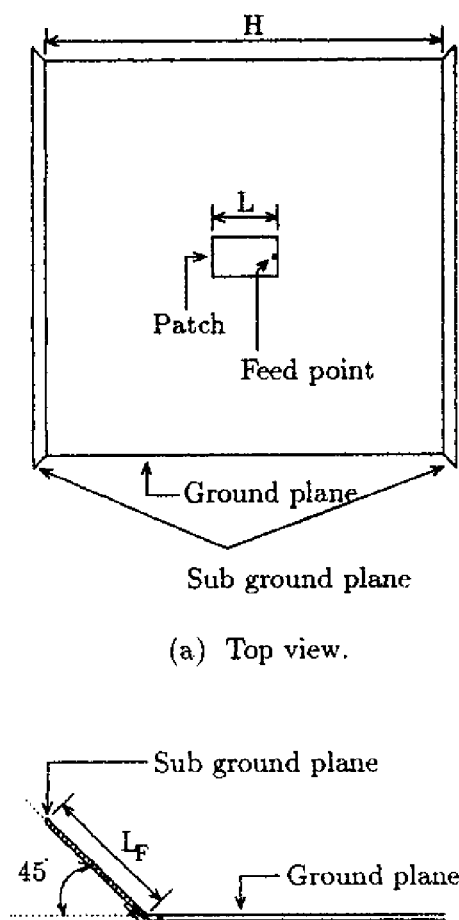
図6 パッチと地板の間隔  $t$  を変えた場合の周波数に対する半値角の変化  
Fig.6 Variation of half power angle with frequency parameter as a distance  $t$  between a patch and the ground plane ( $H = V = 2.08\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

### 3. 副反射板付きパッチアンテナ

#### 3.1 副反射板付きパッチアンテナの放射指向性

副反射板付きパッチアンテナ<sup>5)</sup>の構造を図7に示す。これは前節で述べたパッチアンテナの地板の両端に、長さ  $L_F$  の副反射板を地板と任意の角度で設置したものである。

一般に反射板付きアンテナに副反射板を設けると、地板の端での回折状態に変化が生じるので指向性が変化する<sup>4)</sup>。本節では、副反射板の地板に対する取り付け角度を図7に示す様に  $45^\circ$  に固定し、その長さ  $L_F$  及び地板の横幅  $H$  を変化させた場合の指向性について、検討を行う。



(b) Configuration of sub ground plane.

図7 副反射板付きパッチアンテナの構造  
Fig.7 Configuration of a patch antenna with a sub ground plane.

図8.1~8.6に地板の横幅  $H$  を  $1.5\lambda_0$  から  $2.08\lambda_0$  まで変えた場合の半値角の変化を、副反射板の長さ  $L_F$  をパラメータとして示す。副反射板を設けることにより、半値角が大きくなっていることが判る。

図9に副反射板がない場合、及び副反射板を設けた場合それぞれの振幅指向性を示す。副反射板を設けることにより、指向性のピーク付近が抑圧された形に変化しているのが判る。

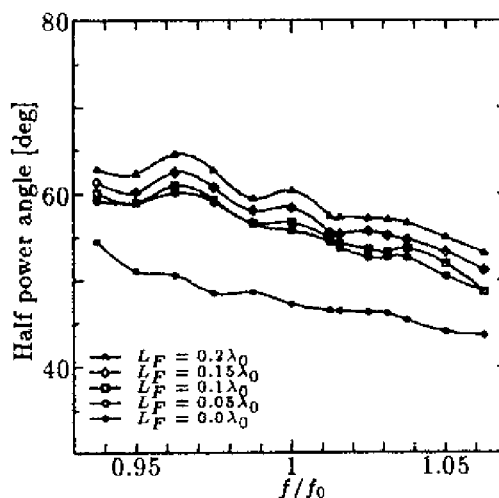


図8.1 周波数に対する半値角の変化  
Fig.8.1 Half power angle vs. frequency ( $H = 1.5\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

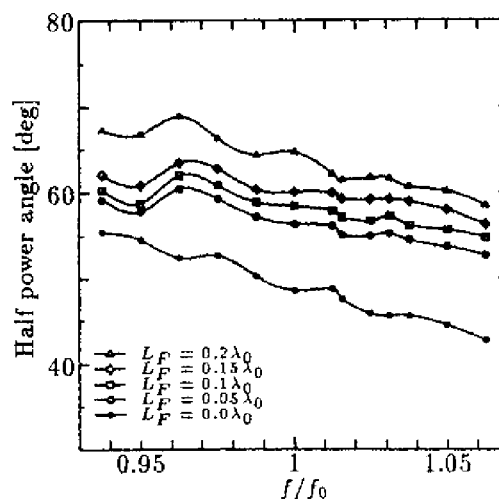


図8.2 周波数に対する半値角の変化  
Fig.8.2 Half power angle vs. frequency ( $H = 1.6\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

次に、周波数に対する半値角の変化を副反射板の長さ別に、図10.1~10.5に示す。これより、副反射板を設けることにより半値角が増大しているのに加えて、地板の横幅Hがある程度大きければ、 $L_F$ を大きくすることにより、広い周波数範囲にわたって半値角の変化を小さくできることが判る。

半値角が大きくなる要因としては、図4に示す様に、 $H = 1.5\lambda_0$  付近から  $H = 2.2\lambda_0$  までは  $H$  の増加に伴って半値角が増

大してゆく傾向にあるので、 $H$  がこの範囲内の場合に副反射板を設けることにより、見掛け上地板の横幅が増加したと考えることが出来るためであると思われる。そこで、半値角が減少してゆく  $H = 1.0\lambda_0 \sim 1.4\lambda_0$  付近では副反射板を設けることにより、逆に半値角は小さくなる。この点については、実験により確認している。

以上のように、副反射板を設けることにより、指向性の対称性をほとんど崩すことなく半値角を変化させることができる。

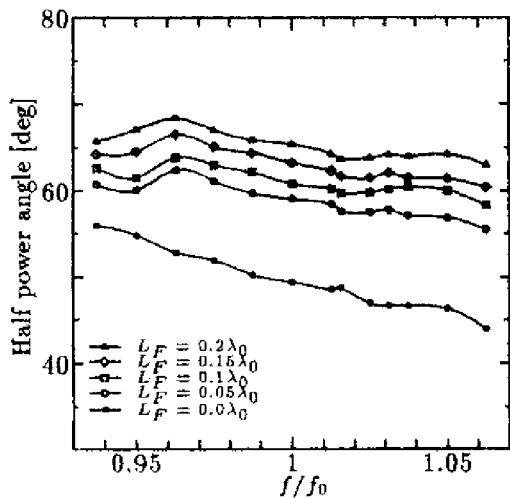


図8.3 周波数に対する半値角の変化  
Fig.8.3 Half power angle vs. frequency ( $H = 1.7\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

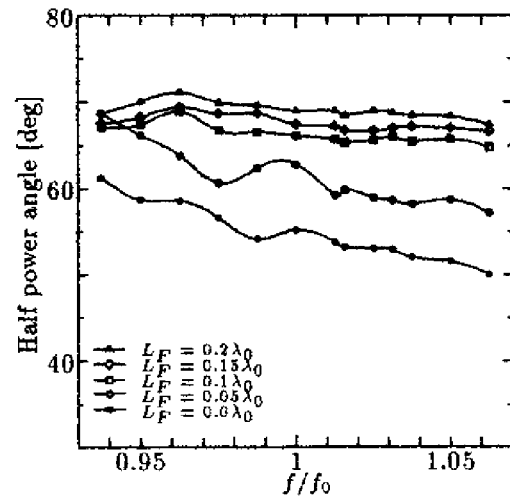


図8.5 周波数に対する半値角の変化  
Fig.8.5 Half power angle vs. frequency ( $H = 1.9\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

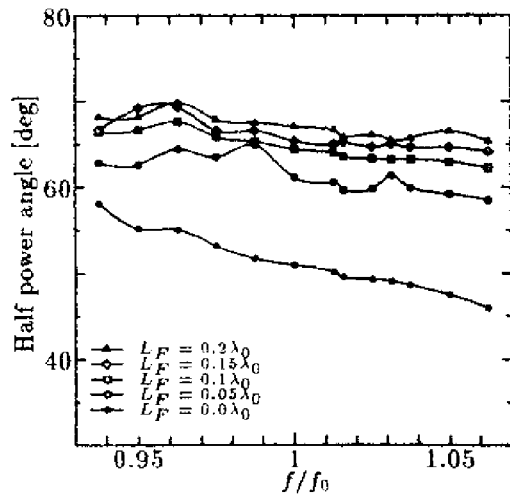


図8.4 周波数に対する半値角の変化  
Fig.8.4 Half power angle vs. frequency ( $H = 1.8\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

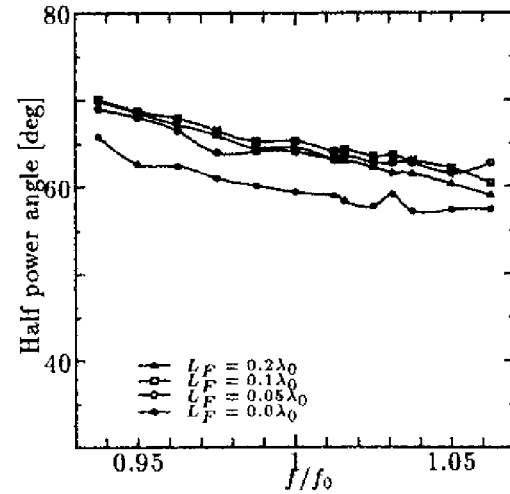
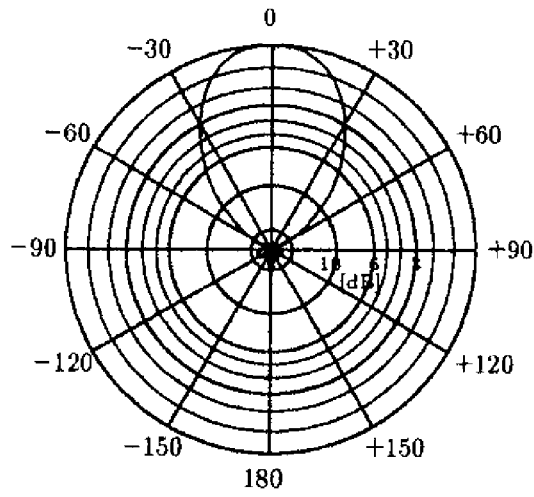
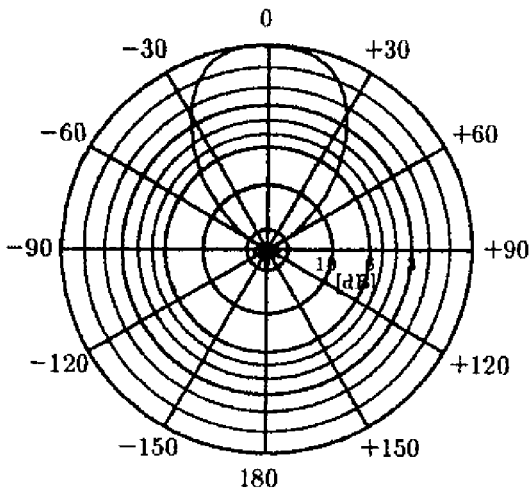


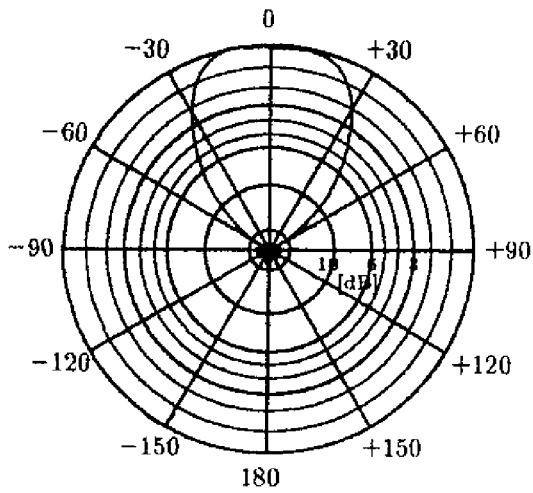
図8.6 周波数に対する半値角の変化  
Fig.8.6 Half power angle vs. frequency ( $H = 2.08\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).



(a)  $L_F = 0.0\lambda_0$



(b)  $L_F = 0.05\lambda_0$



(c)  $L_F = 0.1\lambda_0$

図9  
Fig.9  
パッチアンテナの放射指向性  
Radiation pattern of the patch antenna  
( $H = V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}, f = 800\text{MHz}$ ).

また、地板の横幅  $H$  と副反射板の長さ  $L_F$  の調整によって、半値角を増大させるだけでなく広帯域特性を持たせることもできる。更に、4面合成の各面アンテナとして用いる場合には、図9に示した様な指向性の形状の変化は、合成指向性の最大落ち込み量を軽減するのに有効であると思われる。

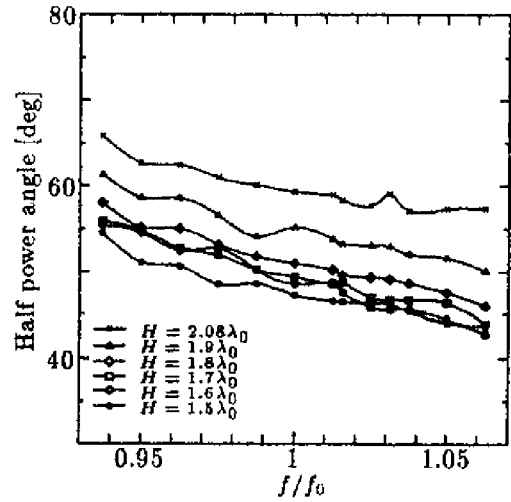


図10.1  
Fig.10.1  
周波数に対する半値角の変化  
Half power angle vs. frequency ( $L_F = 0.0\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

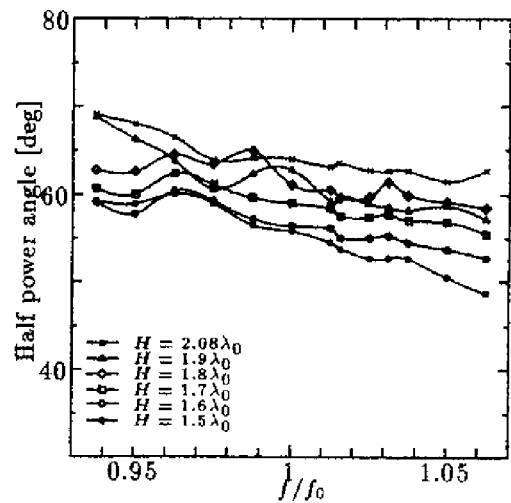


図10.2  
Fig.10.2  
周波数に対する半値角の変化  
Half power angle vs. frequency ( $L_F = 0.05\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

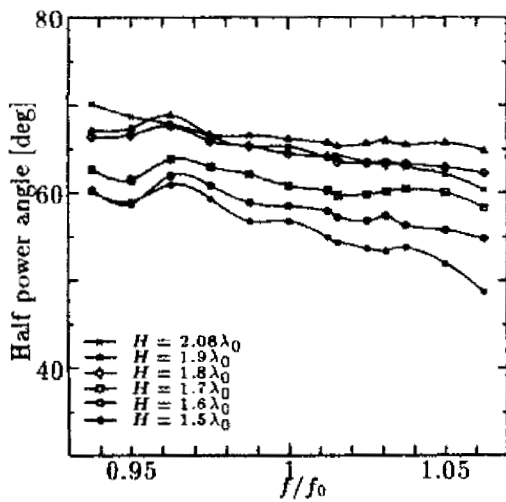


図10.3 周波数に対する半値角の変化

Fig.10.3 Half power angle vs. frequency ( $L_F = 0.1\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

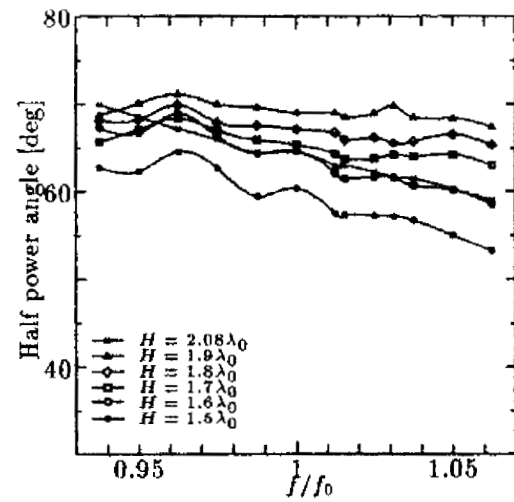


図10.5 周波数に対する半値角の変化

Fig.10.5 Half power angle vs. frequency ( $L_F = 0.2\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

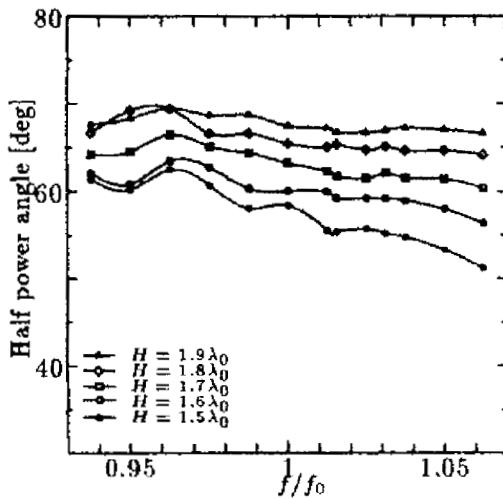


図10.4 周波数に対する半値角の変化

Fig.10.4 Half power angle vs. frequency ( $L_F = 0.15\lambda_0, V = 2.08\lambda_0, t = 0.04\lambda_0, L = 0.44\lambda_0, W = 0.25\lambda_0, f_0 = 800\text{MHz}$ ).

#### 4. 結び

放送用多面配列アンテナの各面に配置されるアンテナ素子として、従来の反射板付きアンテナと比較して構造が単純で、且つ極めて薄型にできるパッチアンテナの使用を想定し、パッチアンテナの指向性の変化について検討を行った。

パッチの寸法、地板の寸法、あるいはパッチと地板との間隔を変えた時の指向性の変化を実験により求め、半値角の変化として図示した。

指向性を変化させるもう一つの方法として、副反射板の設置が挙げられる。それにより、指向性の半値角を大きくすることができ、また、地板の横幅  $H$  をある程度確保できれば、副反射板の長さ  $L_F$  を大きくすることで、広い帯域を維持できることが実験によりわかった。

有限地板のアンテナの厳密な解析は困難であるために、今回は実験によりパッチアンテナの指向性の変化を求めて、本報告にまとめた。今後有限地板、そして副反射板付きパッチアンテナの理論解析を試みて検討を加えたい。

また、副反射板を設けることにより指向性のピーク付近が抑圧された形に変形する。これを4面合成アンテナの単体アンテナとして用いると、合成指向性の最大落ち込み量を軽減出来る可能性が考えられる。これについて今後理論と実験の両面から検討を行ってゆく予定である。

## 参考文献

- 1) 田中秀一：放送と電気通信行政，テレビジョン学会誌，46-7，799/802(1992)
- 2) 高橋，小谷，天野：多面合成無指向性アンテナの広帯域化，テレビジョン学会誌，24-12(1970)
- 3) 遠藤，佐藤，永井：アンテナ工学，総合電子出版社(1988)
- 4) John Huang：The Finite Ground Plane Effect on the Microstrip Antenna Radiation Patterns，IEEE Trans.Antennas Propagat, 31-4, 649/652(1983)
- 5) 久保田，野村，栗田，清水，佐藤：副反射板付きパッチアンテナの放射指向性，電気関係学会東北支部連合大会，1G2,251/251(1995)