

# Lバンド送受一体化マイクロストリップアンテナ

山下不二雄\*・村上 卓志\*・市川 哲也\*\*・伊藤 謙\*\*

L-band double layer micro-strip patch antenna  
for mobile communication

Fujio YAMASHITA, Takashi MURAKAMI, Tetsuya ITIKAWA  
and Ken ITOH

## Abstract

The antenna for mobile communication requires a wide angle radiation pattern and circular polarization. In addition it should be a flat shape and small size because it is located on a limited space on the vehicle.

We have designed and fabricated a new double-layer micro-strip patch antenna with rectangular patch, in which the transmitting element is placed on the receiving element.

Experimental results shows that the antenna have sufficient characteristics on isolation, radiation pattern and others required for practical use in mobile condition.

## 1. は じ め に

移動体の通信用アンテナは、移動体へのアンテナ設置条件から、極力平面状で、小型・軽量・製作が容易であること、および広角度指向性を持ち、かつ円偏波特性であることが望まれている。この条件を満たすためには、マイクロストリップパッチアンテナ(Micro-strip patch antenna, MSA)のような平面アンテナが有効である。しかしMSAは周波数帯域が狭いので、送・受信アンテナを別々に構成する必要がある。

ここに提案したアンテナは方形の送・受信パッチを重ねて一体化構造にして小型化したにも拘らず、送・受信間の結合度(isolation)を実用上要求されている-30 dB以下にすることができ、さらに放射特性、インピーダンス特性の調整が従来のものに比べて、容易であることが判った。

## 2. MSA の 構 造

### (1) 移動通信用アンテナの要求条件

Lバンド帯の陸上移動通信に使用されている周波数は送信が1.6 GHz、受信が1.5 GHzと100 MHz離れていること、それぞれの通信帯域が約1 MHzと狭いため、アンテナ素子としては狭帯域特性をもつMSAを用い、送・受信を分離した2周波アンテナ方式が提案されている<sup>2)</sup>。

しかし、自動車用などではアンテナ設置上の場所的な制約があり、アンテナが複数になることは望ましくない。

さらに、放射特性として広角度指向性で、円偏波特性が要求されるので、アンテナの設置位置によっては、送信放射電力が受信アンテナへ回り込み、受信機が飽和し、誤動作する恐れがあるので、送・受信アンテナの結合度を-30 dB以下に抑える必要がある。

### (2) 一体化方形パッチアンテナの構造

われわれは、送・受信アンテナとも方形パッチとし、これを重ねた一体構造のものを試作した。従来提案されていたこの種のアンテナは、円形パッチを用い、円

1993年9月27日受理

\* 電気工学科

\*\* 電気工学科卒業研究生

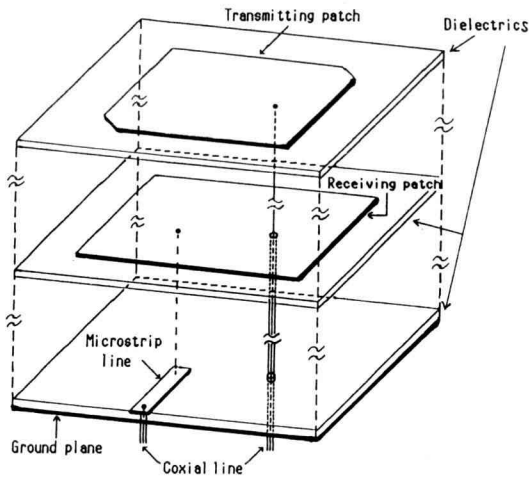


Fig. 1. Configuration of double layer type antenna for transmitting and receiving

偏波特性を得るために、直径上の対応する2箇所を切り欠き、縮退モードを発生させる構造が普通であるが、この形状では製作上の寸法精度を上げること、および円偏波放射特性を満足するものを得ることが困難であった。しかし、方形パッチはパッチの形状、および円偏波特性を発生させるための縮退モード用切り欠きの形状も容易に構成でき、円偏波放射特性を満足するものが得られた。

すなわち、このアンテナは、Fig. 1のように上層に送信用MSAのパッチ、下層に受信用MSAのパッチと地板（Ground Plane）で構成する二層構造となってい

る。この場合、下層の受信用MSAのアンテナパッチは上層の送信用MSAの地板として動作する。

下方から一点給電されているMSAを円偏波アンテナとして動作させる方法として、パッチの表面電流の基本モード $I_f$ および縮退モード $I_d$ を生じさせるため、送信用MSAはFig. 2(a)のように正方形の一方の対角線上の2角を切り欠き（縮退分離素子 $\Delta S_1, \Delta S_2$ ）、受信用MSAはFig. 2(b)のように長方形（縮退分離素子 $\Delta S$ 付加）にした。

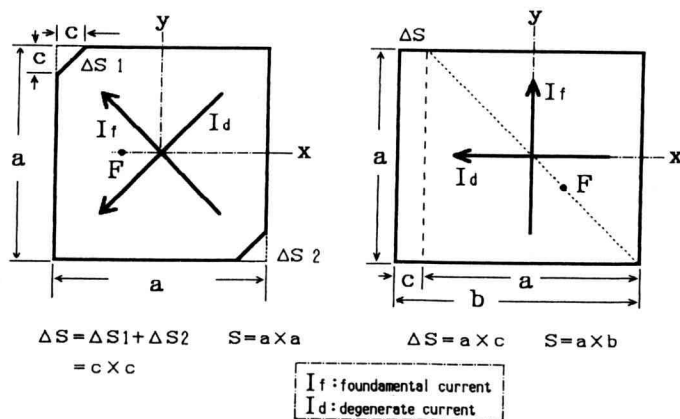
給電方法は、送信用MSAはFig. 3(a)のように、50 $\Omega$ 同軸ケーブルに整合させるためパッチの中心より約13mmずらし、円偏波特性をもたせるため両対角線のほぼ中間点（約49°） $F_1$ に、受信用MSAにあけた穴を通して、下方から同軸ケーブルにより一点給電している。同軸ケーブルの外部導体は地板となる受信用MSAパッチに接続している。

受信用MSAはFig. 3(b)のようにマイクロストリップ線路による間接的な電磁結合とし、ストリップ線路とアンテナを整合させ、かつ円偏波特性をもたせるため、給電用ストリップ線路の先端はパッチの中心からややずらし、ほぼ対角線上の点 $F_2$ にある。

### 3. 設 計 式

#### (1) 送信用MSA

方形MSAの辺長 $a_1$ は単体の方形MSAの設計式<sup>4)</sup>を基にして、当研究室の研究結果より得られた二層構造の場合の辺長の補正係数 $\eta_1$ を用い、下記の式により



(a) Transmitting patch

(b) Receiving patch

Fig. 2. Current distribution of circular polarisation patch antenna

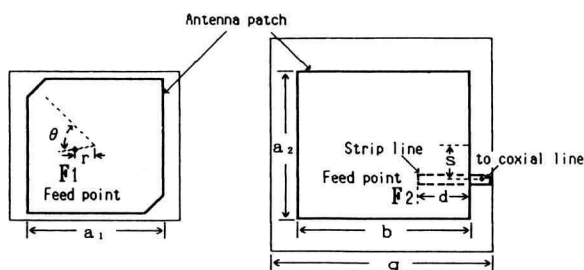


Fig. 3. Feeding method of MSA

算出した。すなわち、

$$a = \frac{C}{2\pi f \sqrt{\epsilon_r}} - \frac{4h}{\pi} \ln 2 \quad (1)$$

$$a_1 = a(1 + \eta_1) \quad (2)$$

$a_1$ : 方形 MSA の辺長 ; 0.30 波長

$a$ : 単体方形 MSA の辺長

$\eta_1$ : 辺長補正係数 ; +0.024

$f$ : 設計周波数 ; 1.65 GHz

$C$ : 光速 ;  $3 \times 10^8$  m/s

$\epsilon_r$ : 基板の比誘電率 ; 2.6

$h$ : 基板の厚さ ; 1.6 mm

$t$ : 導体の厚さ ; 0.035 mm

縮退分離素子としては、正方形パッチの一対角線上の角を切り欠き、縮退分離素子面積比  $\Delta s/s = 0.022$  とした。

$\Delta s = \Delta s_1 + \Delta s_2 = c^2$ ; 切り欠き部面積  
 $s = a_1^2$  ; パッチ面積（切り欠き部を含む）

## (2) 受信用 MSA

長方形 MSA の短辺長  $a_2$  および長辺長  $b$  は(1)式を基にして、当研究室の研究結果より得られた、辺長の補正係数  $\eta_2$  を用い、この場合縮退分離素子面積比  $\Delta s/s = 0.036$  を用いた。すなわち、

$$a_2 = a(1 + \eta_2) \quad (3)$$

$$b = 1.037 a_2 \quad (4)$$

$a_2$ : 長方形 MSA の短辺長 ; 0.29 波長

$b$ : 長方形 MSA の長辺長

$\eta_2$ : 辺長補正係数 ; -0.015

$f$ : 設計周波数 ; 1.55 GHz

表-1. MSA の諸元

	受信用	送信用
設計周波数 $f$	1.55 [GHz]	1.65 [GHz]
パッチ辺長 $a$	56.5 [mm]	55.0 [mm]
$b$	58.6 [mm]	—
地板 辺長 $g$	120.0 [mm]	—
給電点の位置 $F$	$s = 15.6$ [mm] $d = 21.9$ [mm]	$\theta = 49^\circ$ $r = 13$ [mm]

$$\Delta s/s = a_2(b - a_2)/(a_2b) = 0.036$$

$$\Delta s = a_2(b - a_2) \quad ; \text{付加部面積}$$

$$s = a_2b \quad ; \text{パッチ面積}$$

MSA 用プリント基板は誘電体としてテフロンガラスファイバーのものを使用し、エッチングによりパッチを形成させた。

## (3) 寸法諸元

送信用 MSA および受信用 MSA の寸法諸元を表-1

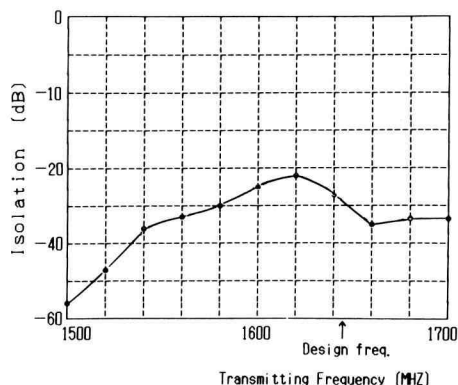


Fig. 4. Isolation diagram

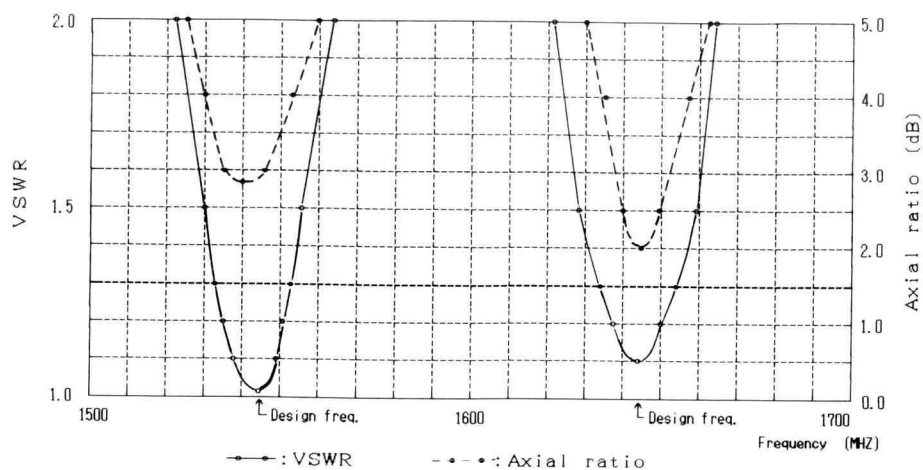
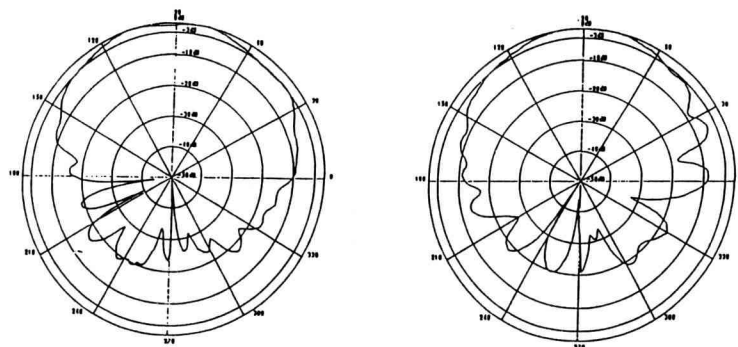


Fig. 5. VSWR and Axial ratio diagram



(a) Transmitting MSA

(b) Receiving MSA

Fig. 6. Radiation pattern (H-plane)

に示す。

#### 4. 結 果

##### (1) アイソレーション特性

アイソレーション量は送信 MSA からの送信電力が受信 MSA にどれだけ回り込むかという電力比率で表す。目標値は設計周波数の点で  $-30$  dB 以下とした。

すなわち、送信 MSA へ一定電力で、周波数を変化した送信電力を給電し、受信 MSA の給電点における受信電力を測定した。アイソレーション特性は Fig. 4 のようになり、設計周波数で目標とする  $-30$  dB 以下が得られた。

##### (2) 軸比および入力電圧定在波比

軸比 (Axial ratio) は楕円偏波の最大電界強度と最小電界強度との比で表す。目標値は設計周波数の点で  $3$  dB 以下とした。

給電点の電圧定在波比 (VSWR) の目標値は設計周波数の点で  $1.2$  以下とした。

それぞれの結果は Fig. 5 のようになり、軸比および定在波比ともに設計周波数で十分目標値が達成されている。

##### (3) 放射特性

送信および受信 MSA の放射指向性を Fig. 6(a),

表-2. MSA の特性

		受信用	送信用
設計周波数 $f$		1.55 [GHz]	1.65 [GHz]
定在波比 (VSWR)	帯域 (1.5以下)	25 [MHz]	25 [MHz]
軸比	帯域 (3dB 以下)	13 [MHz]	10 [MHz]
アイソレーション		30 dB	
放射指向性 (半値角)		90°	110°

(b) に示す。これらはいずれも普通の反射板付ダイボールの約2倍程度の広角度の指向性が得られた。

#### (4) 特性の要約

送信用 MSA および受信用 MSA の特性の要約を表-2 示す。この結果から、送・受信アンテナの放射特性として、30 dB のアイソレーションが可能となり、指向性半値角は広角度で、円偏波特性の良好な周波数帯域は実用上必要な帯域の約10倍という結果が得られた。また、入力 VSWR は実用要求値の20倍の帯域で使用可能である。

### ま と め

(1) 本アンテナの特長としては、構造的には送受一体化、二層構造とし、全体として厚さ5mm以下の小型平板状アンテナとすることができた。

(2) 円形パッチに比べ、送・受ともパッチが方形で

あるため、形状の修正を精度よく行なうことができる。

(3) 受信アンテナの入力インピーダンスはストリップ線路とアンテナとの相対的位置を変化し、結合量を変えることにより調整可能である。

また軸比の最適周波数の設定もストリップ線路をパッチの中心からの距離を変化させることによって微調整できる。

以上の利点があり、自動車などの小型車両に設置する移動通信アンテナとして実用上十分な特性が得られた。

### 参 考 文 献

- 1) JR James & PS Hall 「Handbook of MICRO-STRIP ANTENNAS」 IEE ELECTRO-MAGNETIC WAVES SERIES 28 [Peter Peregrinus Ltd.].
- 2) 中條, 藤瀬, 中野, 新井, 後藤「2点給電セルフダイプレクシングアンテナの特性」AP 91-123.
- 3) 岩崎, 沢田, 川端「オフセット近接結合円偏波マイクロストリップアンテナ」1991年電子情報通信学会秋季大会.
- 4) 羽石, 吉田「1点給電による方形マイクロストリップ円偏波アンテナの一設計法」電子通信学会論文誌 '81/4 Vol. 64-B No. 4.