

# 平面構造多機能型 ダイバーシチアンテナの研究

新井 宏之

横浜国立大学 工学部

電子情報工学科 助教授

## 1. はじめに

移動体通信用アンテナとして、小型平面型構造のアンテナが求められている。

一方、干渉波対策としてのダイバーシチ方式には空間ダイバーシチの他に電力密度受信、指向性、偏波を利用するダイバーシチ方式がある。地形や時間とともに変化する電波環境に対してこれらのダイバーシチ方式を任意に選択できれば安定した通信を実現できる。しかし複数のダイバーシチ方式は、複数のアンテナと複雑な給電回路が必要であり、移動体通信のめざす小型化、軽量化には相反するものであった。

本研究では平面構造のリングパッチアンテナを改良し、動作原理の異なるノッチアンテナを同一円盤上に構成することによって、4種類のダイバーシチ方式が実現可能な平面構造多機能型ダイバーシチアンテナを提案し、それらが簡単な給電回路で実現できることを示し、実験的に検証した。

## 2. 平面構造多機能型ダイバーシチアンテナの構成法

### 2.1 リングパッチアンテナとノッチアンテナの一体化

平面構造多機能型ダイバーシチアンテナを実現するために、1つの平面型アンテナに動作原理の異なる2つのアンテナを一体化して組み込む必要がある。本研究では、モノポールアンテナモードで動作するリングパッチアンテナと磁流アンテナであるノッチアンテナを一体化する手法を検討した。

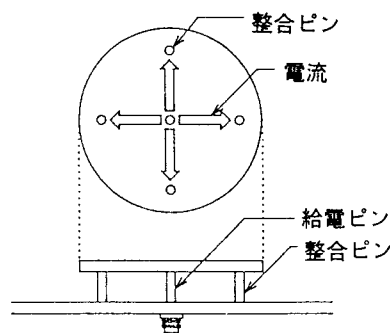


図1 リングパッチアンテナ

リングパッチアンテナは容量装荷型モノポールアンテナの一種で、図1に示すように中央の給電ピンで励振し、軸対称性を保つため4本または複数のピンを外側に設ける構造で、広い周波数帯域を有するアンテナである。リングパッチアンテナは軸対称モードの $TM_{01}$ モードで励振されるので、図1の円盤を流れる電流は軸方向成分のみである。円盤上を流れる電流は軸方向成分のみなので、図2の実線のようにスリットを切ってもリングパッチアンテナの動作には影響を与え

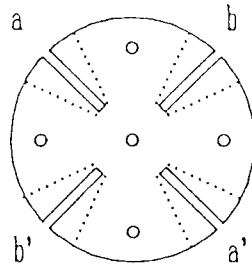


図2 ノッチアンテナの構成法

ない。また、リングパッチアンテナは容量装荷型モノポールアンテナであるのに対して、スリットは磁流アンテナなので、1つの平面アンテナ内に2つの異なるアンテナを組み込むことが可能となる。しかし、ノッチを切る円盤が地板から近いので図2のスリット形のノッチアンテナの帯域は非常に狭くなる。そこで、円盤の高さが低いときでも十分な帯域をとれるように、破線で示すノッチの幅を広くして帯域を増加させた。

次にノッチアンテナを励振するために、ここではマイクロストリップ線路による励振を考える。多機能型アンテナとして動作させるために、ノッチアンテナをそれぞれ独立に給電する必要がある。一方、リングパッチアンテナには4本の整合ピンがあり、これを同軸線路とすれば、ノッチアンテナ用の給電ピンとしても機能させられる。すなわち、整合ピンの外側をリングパッチアンテナの励振に用い、その内部に設けた同軸線路により4つのノッチアンテナを独立に励振する。

## 2.2 ノッチアンテナの給電法

向かい合うノッチアンテナは約半波長の距離があるので、ノッチアンテナの励振とリングパッチアンテナの励振を組み合わせることによって、電力密度受信、空間、指向性、偏波の4種類のダイバーシチ方式が1つのアンテナで実現できる。

一般的に複数のアンテナを用いてダイバーシチ方式を実現するアンテナには複雑な給電回路が必要となり、アンテナの小型化の障害となる。ここで、本研究で取り組む平面型アンテナにおいては、対向するノッチアンテナ間の距離が約半波長であることを利用して、複雑な電氣的回路を必要とせずに単に位相の加減算のみで4つのダイバーシチ方式を実現する。

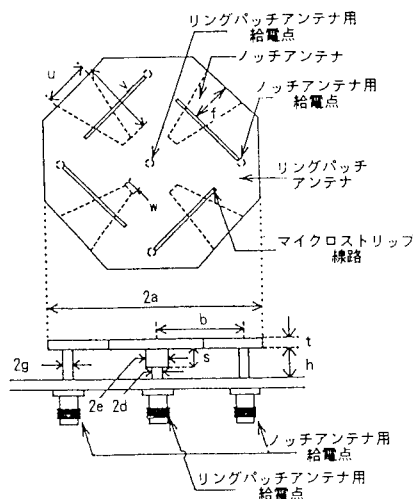


図3 平面構造多機能型ダイバーシチアンテナの構成  
 $a=60$ ,  $b=50$ ,  $d=0.65$ ,  $e=3$ ,  $f=23$ ,  $g=2$ ,  $h=8$ ,  
 $s=7$ ,  $t=0.8$ ,  $u=32.5$ ,  $v=40$ ,  $w=17$ (mm) (1.5GHz帯)

平面構造多機能型ダイバーシチアンテナの構造を図3に示す。4つのノッチアンテナを独立に励振するために、4本の整合ピン全部を加工し、それぞれがリングパッチアンテナに対しては整合ピンとして、ノッチアンテナに対しては給電ピンとして機能するようにした。基板は両面の誘電体基板を用い、アンテナの上面には、4つのノッチアンテナを励振するためのマイクロストリップ線路を、また、基板の裏面はリングパッチアンテナと4つのノッチアンテナを配置する。

### 3. 各ダイバーシチ方式の動作原理

空間ダイバーシチ方式は、複数の等価なアンテナを1/4波長以上の間隔を隔てて配置する方式である。本アンテナでは、4本のノッチアンテナは独立に励振でき、しかも隣接するノッチアンテナ間の距離は約 $\lambda/4$ であるので、任意のノッチアンテナ対で空間ダイバーシチ方式を実現できる。また、現在用いられている空間ダイバーシチアンテナのほとんどは、垂直または水平方向の1次元配列であるが、本アンテナでは4つのノッチアンテナが水平面に配置されているので、2次元構造の空間ダイバーシチアンテナとなる。

指向性ダイバーシチ方式は、特定方向からの到来波を選択的に受信、または除去するための方式である。同一周波数において複数方向からの到来波や妨害電波が到達した場合、妨害波の影響を除去、または、軽減するために受信波を選択する必要がある。このような指向性ダイバーシチ方式を実現するためには、現在ではアレイアンテナのような多素子アンテナが用いられているが、その給電は複雑で移動体通信には不相当であった。

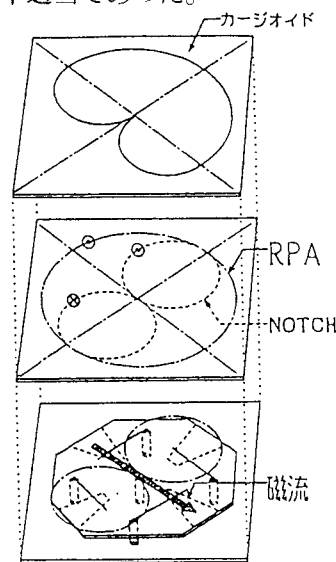


図4 指向性ダイバーシチアンテナの構成法

本アンテナにおいて、図4に示すように向かい合うノッチアンテナ一組を逆相で励振すると、ノッチアンテナ間に矢印のような磁流を仮定できる。この場合、水平面内における垂直偏波成分は“8の字”型の指向性となる。この放射電界は磁流に対して、片方では鉛直方向上向き、他方で下向きとなる。一方、リングパッチアンテナの水平面内の放射電界成分は同相で、その向きは鉛直方向上向きである。したがって、この2つのアンテナの放射電界の加算を行うことによってカージオイド特性が得られる。この結果、カージオイドのナル点方向からの妨害電波を除去することができる。同様に、電界成分の減算を行うと、カージオイド特性のナル点が反転する。した

がって、このようなノッチアンテナは2組あるので、該当するノッチアンテナ対の選択と加減算によって水平面内の4方向に対して指向性ダイバーシチ方式を実現できる。

電力密度受信方式では、リングパッチアンテナと4つのノッチアンテナを用いる。向かい合うノッチアンテナ一組を逆相で励振したときは、図4に示す磁流からの放射として考えられる。ここで、リングパッチアンテナはアンテナの中心で最大となる電界に感応するのに対して、向かい合う一組のノッチアンテナはその中心でナルの電界に感応する。従ってリングパッチアンテナとノッチアンテナを組み合わせることによって電力密度受信として動作する。ノッチアンテナの水平面内指向性を一様にするため、2組のノッチアンテナ対をそれぞれハイブリット結合器などにより $90^\circ$ の位相差をつけて励振すれば、ターンスタイル型のノッチアンテナが得られる。

偏波ダイバーシチ方式とは、複数の到来波に対して垂直偏波あるいは水平偏波など、ある特定の偏波をもつ信号のみを選択的に受信する方式である。向かい合うノッチアンテナ間の距離は約半波長であるので、このノッチアンテナ対を同相で励振すると、それぞれのノッチアンテナから

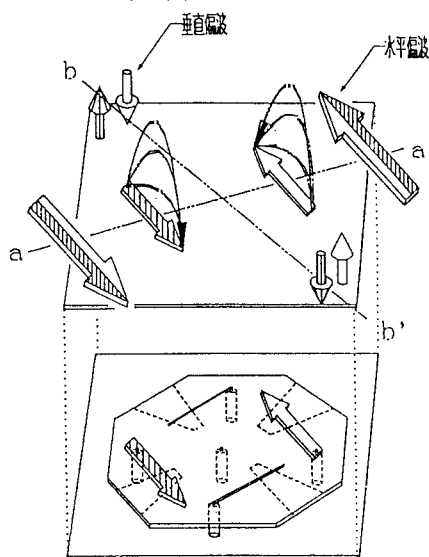


図5 偏波ダイバーシチアンテナの構成法

放射された垂直偏波は合成される際に位相が反転し、図5に示すように図中 $b-b'$ において相殺し弱めあう。一方、水平偏波は図中 $a-a'$ に示すように、合成される際において同相となり放射される。したがって、電力密度受信と同様にターンスタイル型とすることにより、水平偏波を放射し、リングパッチアンテナが垂直偏波を放射するので、この2つの組み合わせにより偏波ダイバーシチアンテナが実現できる。

#### 4. 各種ダイバーシチ方式の実験的確認

##### 4.1 周波数特性と指向性特性

一枚の円盤上にリングパッチアンテナとノッチアンテナの2種類のアンテナを配置するために、ここでは両面の誘電体基板（テフロン、誘電率=2.5）を用いた。基板裏面には銅箔部分によるリングパッチアンテナと、銅箔を剥離して作成した4つのノッチアンテナを作成し、基板上面には、図3に示すように基板裏面のノッチアンテナ励振用にマイクロストリップ線路を配置する。試作したアンテナのリターンロス-10dB以下の周波数帯域は、リングパッチアンテナが22%、ノ

ッチアンテナが46%である。また、各アンテナ間のアイソレーションは-10dBであり、実用上十分な特性である。

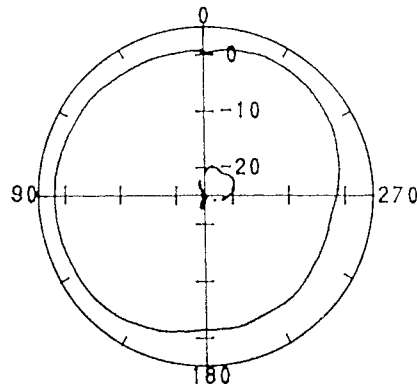


図6 リングパッチアンテナの水平面内指向性  
実線は垂直偏波、破線は水平偏波

リングパッチアンテナの水平面内指向性は、図6のようにほぼ一様な垂直偏波の指向性が得られ、水平偏波成分は無視できるレベルである。一方、単体のノッチアンテナの水平面内の指向性（図7）は、垂直偏波成分に対して90°と270°に最大となる“まゆ”型の指向性が得られ、水

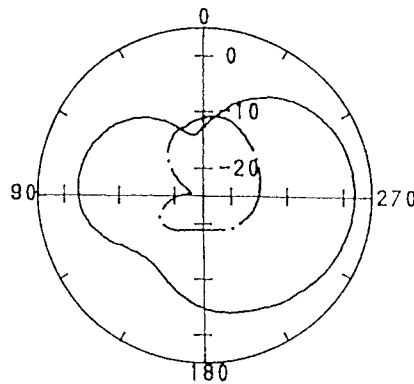


図7 ノッチアンテナの水平面内指向性  
実線は垂直偏波、破線は水平偏波

平偏波成分は0°方向が主方向となった。この非対称性は、ストリップ線路の配置の非対称が原因と考えられる。

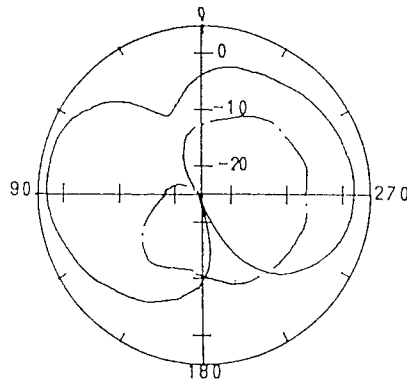


図8 逆相励振したノッチアンテナ対の水平面内指向性  
実線は垂直偏波、破線は水平偏波

電力密度受信方式の有効性を、向かい合う一組のノッチアンテナ対を逆相で励振した場合の水

平面内の指向性として図8に示す。垂直偏波の最大放射方向が約 $90^\circ$ と $270^\circ$ 方向を示す“8の字”型指向性が得られている。また、測定された位相分布より、 $90^\circ$ と $270^\circ$ 方向における垂直偏波の位相差が約 $\pi$ であり、理論とよく一致する。この位相差が $\pi$ あることから、リングパッチアンテナと逆相励振されたノッチアンテナ一組によって指向性ダイバーシチアンテナが実現できる。

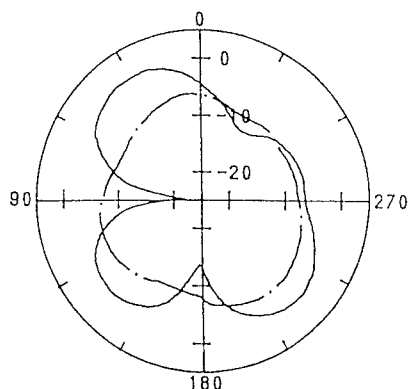


図9 同相励振したノッチアンテナ対の水平面内指向性  
実線は垂直偏波、破線は水平偏波

偏波ダイバーシチ方式では、向かい合うノッチアンテナを同相で励振することによって機能させる。図9は向かい合うノッチアンテナ一組を同相で励振した場合の水平面内の指向性である。水平偏波成分はノッチアンテナ単体の場合よりも強くなるが、ほぼ一様な指向性となっており、理論と一致していない。また、垂直偏波成分が十分抑制されていない。これは、アンテナの位相中心が正確に求められていないためと考えられ、偏波ダイバーシチ方式の実現に対してはさらに検討が必要である。

## 5. 結論

移動体通信用アンテナとして、平面構造多機能型ダイバーシチアンテナを提案した。本アンテナは一枚の円盤上に2種類のアンテナを総計5つ配置することによって、アンテナの小型化、平板化を実現した。平面構造多機能型ダイバーシチアンテナとして、4つのノッチアンテナの励振を独立に行うことによって、電力密度受信、空間、指向性、偏波の4種類のダイバーシチ方式を可能にするアンテナを提案し、実験によってその有効性を確認した。今後の課題として給電系も含めた一体化することである。

## 謝辞

本研究をすすめるにあたり、多大な御支援をいただいた(財)高柳記念電子科学技術振興財団および財団の関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- (1) 新井、後藤、信学技法、AP89-12, 1989
- (2) K. Ito, R. Watanabe, T. Matsumoto, IEEE Trans. AP-27, no. 4, Jul. 1979.
- (3) 伊藤、佐々木、信学論、J-71-B, 11, 1988
- (4) 新井、金田、後藤、信学技法、AP88-80, 1988