

# 1.5GHzデジタル移動通信システム

## 4 1.5GHz/800MHz共用基地局アンテナ

基地局において、1.5GHzと800MHzの周波数共用可能な各種放射素子について特徴およびその特性を述べるとともに、水平面内ビーム幅60° および120° の2周波共用基地局アンテナの小型化について検討したものである。

えびね よしお いたう まさき  
恵比根 佳雄・伊藤 雅規

### まえがき

自動車・携帯電話方式では1.5GHz帯と800MHz帯の2つの帯域にそれぞれ周波数が割り当てられている<sup>1)</sup>。2つの周波数帯域を用いてサービスを行う場合、基地局アンテナの2周波共用化はアンテナ搭載空間の削減、経済化を図るために重要な技術となる。また、アンテナ搭載空間の削減は一般ビルなどにアンテナを搭載することを条件とすれば、できるだけ小型化（細径化）を図る必要がある。

基地局アンテナ設計に際して、放射素子の2周波共用技術について述べるとともに、最も細くするためのアンテナ構成を明かにする。このときの水平面内指向性のビーム幅は1サイト3セクタまたは6セクタ無線ゾーンに適用するため120°および60°とする。

### 放射素子の2周波共用技術

放射素子の2周波共用化技術は図1(a), (d), (e)の無給電素子を放射素子近傍に取付ける方法、図1(b), (c)の放射素子を周波数ごとに分離して配置し、一对の給電線で給電する方法、図1(f)の位相反転コイルを放射素子に装着する方法、図1(g)の平面パッチアンテナを周波数ご

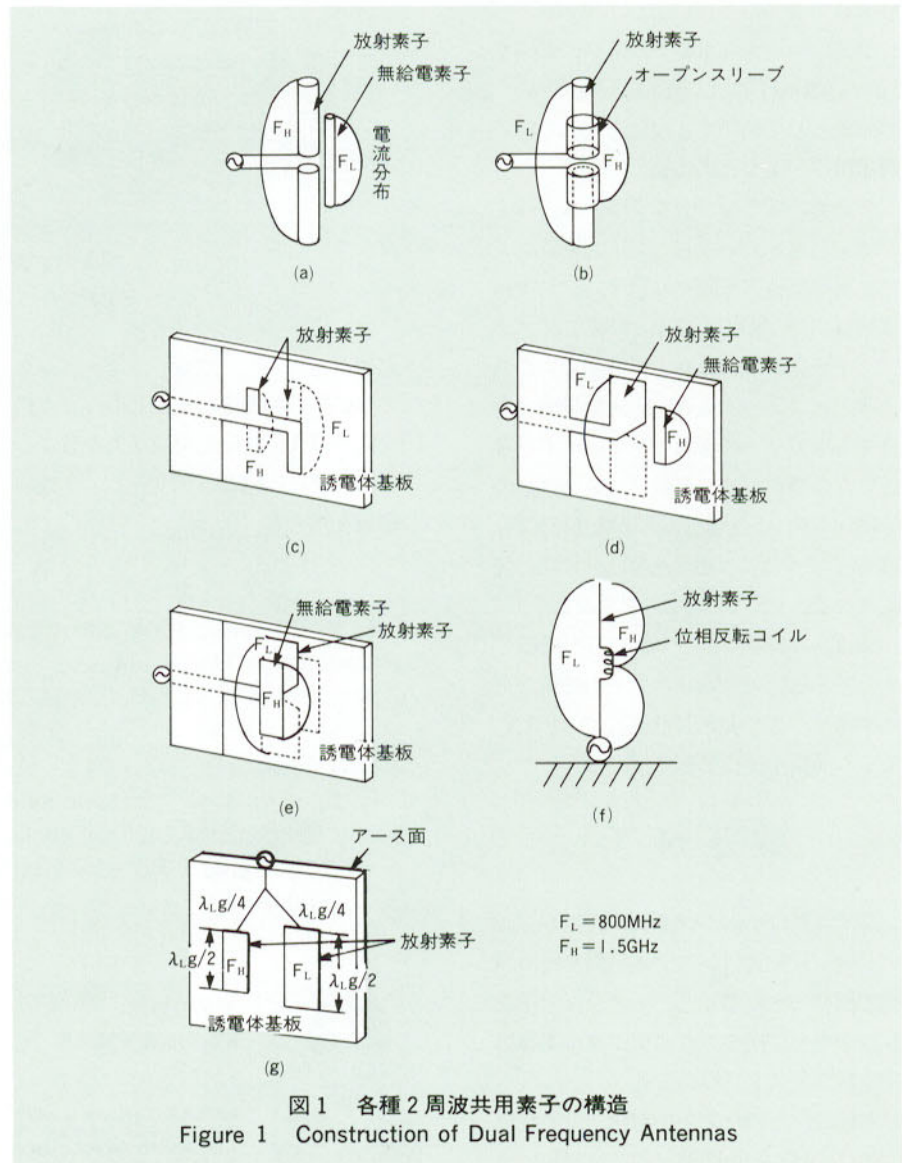


図1 各種2周波共用素子の構造  
Figure 1 Construction of Dual Frequency Antennas



とに設計して、4分の1波長の分岐線路で合成する方法がある。以下にそれぞれの2周波共用アンテナの特徴とその特性について述べる。

図1(a)は円筒状ダイポールアンテナに近接させて無給電素子が取付けられている構造で、当初は3倍の周波数を共振させるための位相反転素子として用いられていた<sup>2)</sup>。その後、無給電素子を複数取付けた場合の共振特性が実験的に求められ、無給電素子長に依存して共振周波数が決定することが明かにされた<sup>3)</sup>。このとき、無給電素子(高い周波数が共振)とダイポールアンテナ(低い周波数が共振)の間隔は0.1波長以下であり、この間隔が約0.25波長となると八木アレーアンテナ構造となる。このアンテナの動作メカニズムは解明されており、たとえば $\lambda/2$ ダイポールアンテナに2倍の周波数が共振されると、給電点付近では電流が零となる二つの正弦波状電流分布が生じる。しかし、無給電素子を近接させると給電点付近が最大の正弦波電流分布に変化し、共振状態が変わることが明かにされている<sup>4)</sup>。

図1(b)はオープンスリーブタイプの2周波共用アンテナで給電部の端面でそれぞれの円筒状放射素子が接続されている<sup>5),6)</sup>。このとき、内側の放射素子より外側のスリーブが短い必要がある。なお、円筒状2周波共用アンテナは構造的には無給電素子、スリーブ部の支持等の問題もあり、やや複雑になる欠点がある。

以上のアンテナ構造を生産性を考慮し、簡易化したものが図1(c)~(e)で、誘電体基板上にホトリソグラフィック技術により放射素子、給電線を構成するものである。

図1(c)は放射素子が2つ形成され物理的な給電位置が異なる<sup>7)</sup>。したがって、反射板に取付けた場合、頂角距離を波長換算で同一にすることができるため、水平面内ビーム幅を2つの周波数帯域で一致することになる<sup>8)</sup>。

図1(d)は(a)の構成と同じで、放射素子の前面に無給電素子を配置しているが、1枚のプリント基板に構成できるため量産性に優れることになる。無給電素子の

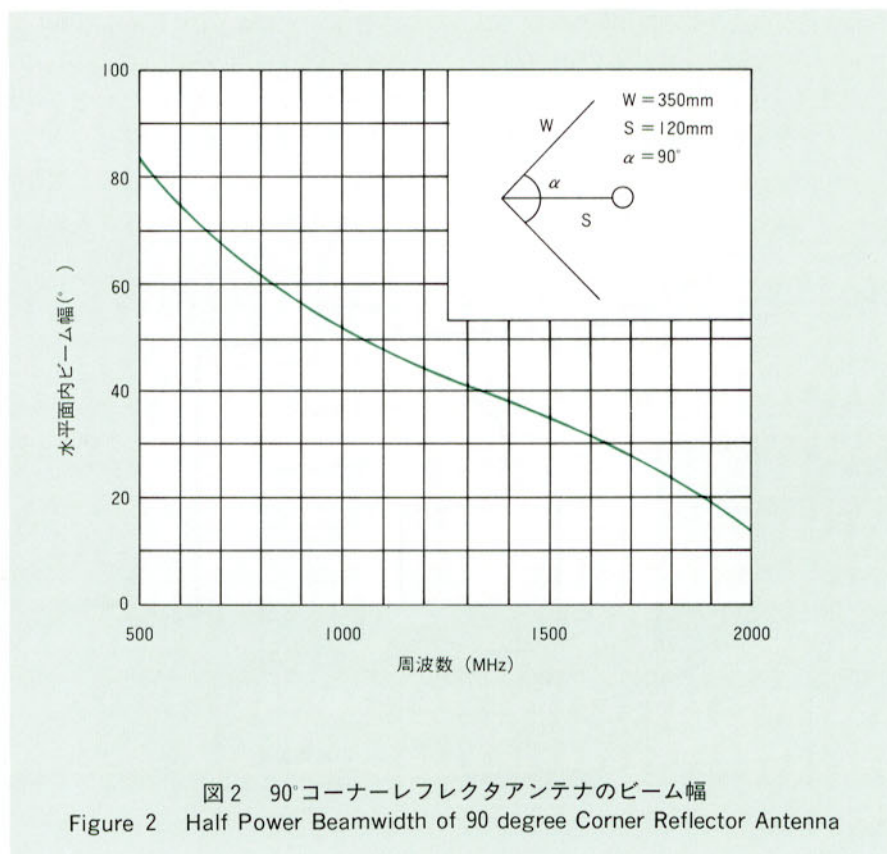


図2 90°コーナーレフレクタアンテナのビーム幅  
Figure 2 Half Power Beamwidth of 90 degree Corner Reflector Antenna

長さおよび幅が共振周波数および帯域幅に与える影響と動作メカニズムについては解析されており<sup>9)</sup>、無給電素子と放射素子のギャップは1~2mm程度と極めて狭く、物理的給電位置は(c)の構成と異なり、周波数に依存しないで一定である。本アンテナは無給電素子長およびその幅を最適化することによって、2周波共用化または広帯域化を選定できる特徴がある。

図1(e)は放射素子を2つの無給電素子で挟んだ構成で、(d)の無給電素子によって共振する周波数の帯域化を図る目的で提案されたもので、それぞれの無給電素子長を若干違えることにより高い周波数での広帯域化が図れるとともに、無給電素子が放射素子上を多少ずれても共振する特徴を有している<sup>10)</sup>。しかし、アンテナ構成上、3枚の誘電体基板が必要となる難点がある。

図1(f)はアマチュア無線の車載用アンテナにみられるように高い周波数で共振させる場合、誘起電流の位相を合わせるため位相反転コイルが放射素子の中間に挿入されている。低い周波数での共振は

位相反転コイルが影響しない状態で動作する。本アンテナは水平面内無指向性である。

図1(g)は同一誘電体基板に2つの周波数の異なる平面パッチアンテナを $\lambda/4$ の線路で合成し、等価的に2周波共用アンテナとして動作させるものである。しかし、共振周波数帯域が狭いため、広帯域化の検討が必要となる。

## 2周波共用60°ビームアンテナ

2周波共用アンテナはコーナーレフレクタに2周波共用素子を取付けたアンテナ形式と図1(g)を2面合成したアンテナ形式が考えられる。初めに、1.5GHz/800MHzが共振する放射素子を反射板に取付けた場合の特性について検討する。図2は90°コーナーレフレクタアンテナ(頂角距離0.12m, 反射板の幅0.35m)の周波数に対する水平面内ビーム幅を理論的(モーメント法により解析)に求めたもので<sup>11)</sup>、800MHzでは60°ビーム幅となるが、1.5GHzではビーム幅が32°で水平面



内指向性が一致しないことがわかる。このため、頂角距離が一定の図1 (d), (e)の放射素子を用いると、800MHzと1.5GHzのサービスエリアの異なるシステムとなる。ビーム幅を一致させるためには、1.5GHzでの頂角距離を波長換算で800MHz

と同じにすればよく、図1 (c)に示した2周波共用素子を用いることによって実現できることになる。なお、このときの実効的な開口幅は0.497mとなる。

アンテナを一般ビル屋上などに取付けるためには風圧荷重を小さくする必要が

あり、アンテナ開口幅はできる限り小さいことが望ましい。

次に、60°ビームアンテナの小型化を図るため図3に示すようなアンテナ構造とする。放射素子の水平面内ビーム幅が120°なるようにし、アンテナ間隔をそれぞれの周波数ごとに約0.5波長とする。800MHzの放射素子の内側に1.5GHzの放射素子が接触しないように配置する。2つの放射素子を同相合成することによってアレーファクタ効果から60°ビーム幅のアンテナとして動作する。このとき、開口幅は0.25m程度で実現でき、コーナーレフレクタアンテナの約半分に小型化される。

## 2周波共用120°ビームアンテナの細径化

水平面内120°ビーム幅を得るためにはコーナーレフレクタアンテナまたは前述の平面パッチアンテナを用いれば実現できる。しかし、平面パッチアンテナでは開口幅は800MHz帯で0.15m程度が小型化の限界であること、2周波共用化が困難なことから、コーナーレフレクタアンテナの小型化について検討する。図4は図中に示すようなアンテナ構造について理論的に求めた水平面内指向性から、頂角距離に対する水平面内ビーム幅の周波数特性を示したもので、頂角距離が0.065mでは800MHz～2,000MHzの広い範囲にわたりビーム幅が127°～113°にある。水平面内ビーム幅が周波数にほとんど依存しない特異な傾向を示す。反射板幅を大きくしてしまうと、周波数が高くなるにつれてビーム幅が狭くなる図2に示した傾向と同様になる。このとき、2周波共用素子としては給電位置が一定である図1 (d), (e)を用いることにより、アンテナ直径が100mmφの2周波共用120°ビームアンテナが実現できることになる。

なお、本アンテナを実用化するためにはアンテナの頂角距離が近いために生じるインピーダンス特性劣化を改善する必要がある<sup>12)</sup>。

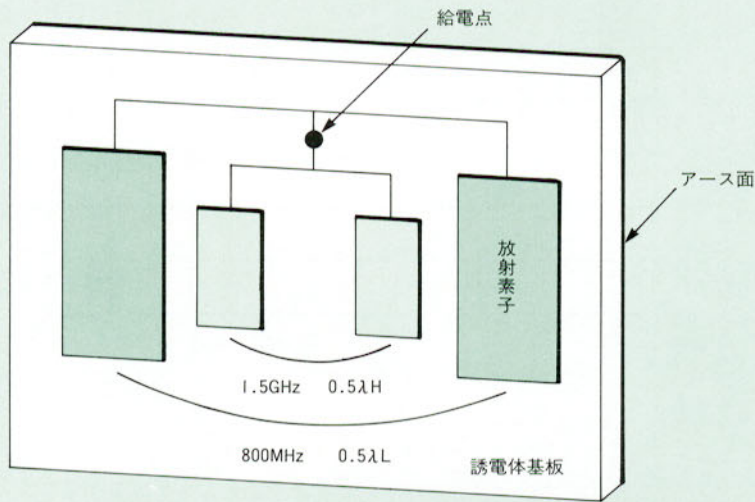


図3 2周波共用アンテナの構造  
Figure 3 Construction of Dual Frequency Antenna

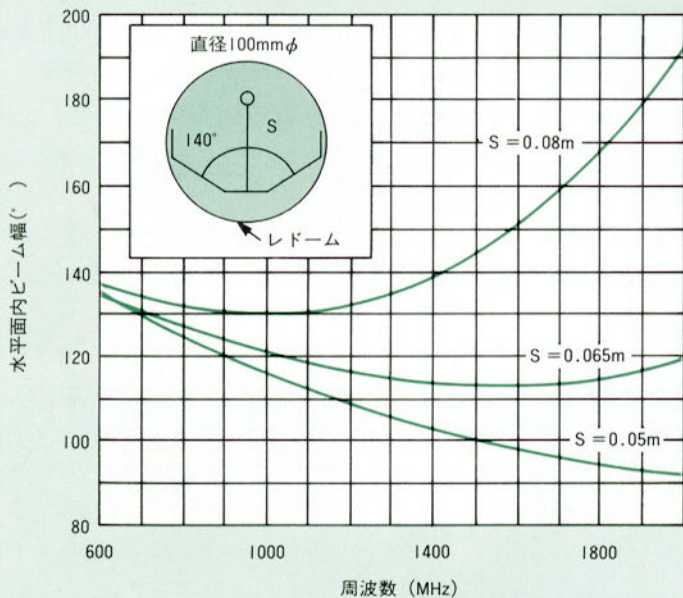


図4 細径化コーナーレフレクタアンテナのビーム幅  
Figure 4 Half Power Beamwidth of Slender Type Corner Reflector Antenna

## ま と め

基地局アンテナの搭載空間の削減，経済化を図る上で重要である2周波共用化について，各種放射素子の特徴および特性を明かにするとともに，小型化を図るためのアンテナ構成について明かにした。

### 文 献

- 1) RCR：“デジタル自動車電話システム” RCR STD-27A
- 2) 内田，佐藤，永井：“平行線によって構成される空中線(補遺)”，信学誌，Vol.42，No.12，pp.1170~1174，1959
- 3) H.E.King, J.L. Wong：“An Experimental Study of a Balun-Fed Open-Sleeve Dipole in Front of a Metallic Reflector”，IEEE Trans.，Vol.AP-20，No.2，pp.201~204，1972
- 4) 恵比根，鹿子嶋：“無給電素子を有する多周波数共用ダイポールアンテナ”，信学論(B)，J71-B，No.11，pp.1252~1258，1988
- 5) 特集：“外誌でみるHFアンテナ”，HAM Journal，No.45，p.57，1986
- 6) 佐藤，川上，篠瀬：“2周波共用アンテナの諸特性”，テレビジョン学会全国大会，7-9，1978
- 7) 佐藤，森，島田：“2周波共用コーナリフレクタアンテナ”，1989年信学会，B-39，1989
- 8) 丸山，鹿子嶋：“ビーム2周波共用リフレクタアンテナ”，NTT R&D，Vol.42，No.9，pp.1135~1146，1993
- 9) 刈込，恵比根：“無給電素子のあるプリントダイポールアンテナの特性”，信学技報 AP89-2，1989
- 10) 恵比根：“2周波共用プリントダイポールアンテナ—無給電素子側面配置—”，信学会春季全大 B-72，1989
- 11) R.F.Hanington：“Field Computation by Moment methods”，Macmillan，New York，1968
- 12) 伊藤，恵比根：“自動車電話基地局2周波共用120°ビームアンテナの細径化に関する実験的検討”，信学会秋季大会 B-44，1992