

# ループ素子を用いた3周波偏波共用アンテナ

高野 豊久\*・中上 晋志・山岸 傑  
松野 宏己・中野 雅之

Triple-Band Polarization Diversity Antenna with Loop Elements — by Toyohisa Takano, Shinji Nakae, Suguru Yamagishi, Hiromi Matsuno and Masayuki Nakano — Antennas for mobile communication base stations need to support a wide range of frequency bands including 800 MHz, 1.5 GHz, and 2.0 GHz, respond to polarization diversity, and be reduced in size for easier installation. We have developed a triple-band polarization diversity antenna using loop elements, which successfully reduces the antenna size by about 60% compared with the conventional dipole antenna.

Keywords: loop antenna, polarization diversity antenna, multiband antenna

## 1. 緒言

近年、移動通信用周波数として800MHz帯、1.5GHz帯、2.0GHz帯等の周波数が割り当てられている。鉄塔への風荷重低減、景観を損なわない等の観点から、基地局用アンテナについては、アンテナ設置本数を少なくできる小型化、偏波共用化、多周波共用化が要求されている。これまでに、周波数共用アンテナ<sup>(1)~(3)</sup>や、多周波偏波共用アンテナ<sup>(4)~(8)</sup>の実施例が報告されており、筆者らも多周波偏波共用アンテナの開発を実施してきた<sup>(9)、(10)</sup>。

本稿では小型化、偏波共用化、多周波共用化が可能なアンテナとして、ループ素子とダイポール素子を組合わせたアンテナを開発したので、その結果を報告する。

## 2. アンテナ素子構成

今回、開発対象としたアンテナ素子の設計周波数は800MHz帯、1.5GHz帯、2.0GHz帯の3周波数である。

従来の一般的なアンテナ素子構成を図1及び図2に示す。図1のアンテナ素子構成は、それぞれの周波数毎にダイポール素子を個別に配置し、それぞれの素子に給電端を設けた場合の構成である。アンテナ全体の所要面積は800MHz帯ダイポール素子の寸法により決定される。本構成の場合、アンテナ全体の所要面積は $0.5\lambda_{800} \times 0.5\lambda_{800}$  ( $\lambda_{800}$  : 800MHz帯の中心波長) である。

図2のアンテナ素子構成は、それぞれの周波数で共振するダイポール素子を共用し、1つの給電端から給電した場合の構成である。アンテナ全体の所要面積は、図1に示したアンテナ素子を個別に配置した場合と同様に800MHz帯ダイポール素子の寸法により決定される。本構成の場合、アンテナ全体の所要面積は $0.5\lambda_{800} \times 0.5\lambda_{800}$  である。

今回開発したアンテナ素子は、各周波数のアンテナ素子

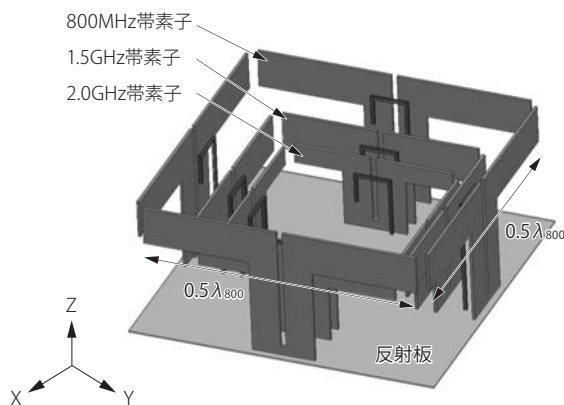


図1 従来のアンテナ素子構成 (ダイポール素子、個別配置)

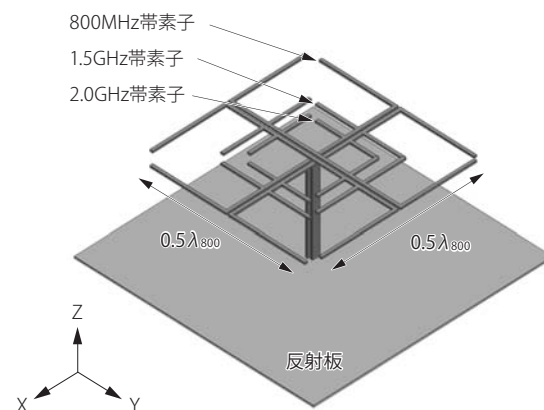


図2 従来のアンテナ素子構成 (ダイポール素子、素子共用)

寸法を小さくするために、ループ素子と折り曲げダイポール素子を用いて構成した。開発した垂直偏波アンテナ素子の構成を図3に示す。垂直偏波アンテナ素子は、素子を内側に折り曲げた800MHz帯ダイポール素子、1.5GHz帯ダイポール素子及び2.0GHz帯ループ素子にて構成した。給電部構造の簡略化のため、800MHz帯ダイポール素子、1.5GHz帯ダイポール素子へ給電する平行2線を2.0GHz帯ループ素子の一部として使用した。1.5GHz帯、2.0GHz帯のリターンロス改善のため、垂直偏波アンテナ素子上側に無給電素子を配置し、1.5GHz帯ダイポール素子との接続部から800MHz帯ダイポール素子との接続部の間で平行2線の間隔を連続的に広げた。

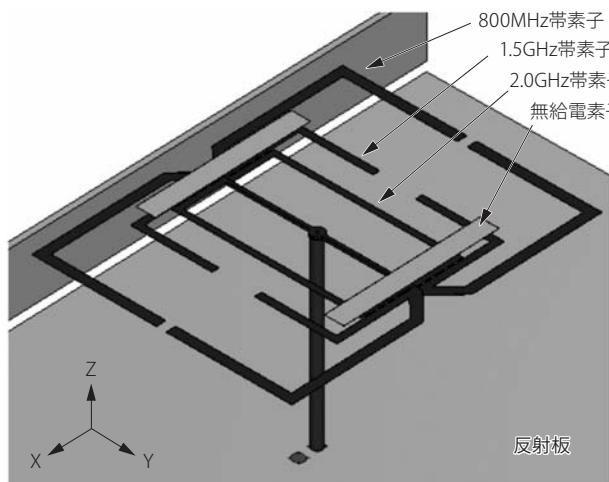


図3 垂直偏波素子構成

水平偏波アンテナ素子は垂直偏波アンテナ素子と同様の構成とした。今回開発したアンテナ素子は、ダイポール素子を内側に曲げている。垂直偏波アンテナ素子と水平偏波アンテナ素子を同一平面上に配置すると物理的に干渉するため、異なる平面上に配置する必要がある。垂直／水平偏波共用アンテナ素子は、垂直偏波アンテナ素子と水平偏波

表1 アンテナ素子寸法

	水平偏波素子	垂直偏波素子
800MHz帯素子	約 $0.35\lambda_{800}$	約 $0.25\lambda_{800}$
1.5GHz帯素子	約 $0.3\lambda_{1.5}$	約 $0.3\lambda_{1.5}$
2.0GHz帯素子	約 $0.35\lambda_{2.0} \times 0.2\lambda_{2.0}$	約 $0.4\lambda_{2.0} \times 0.15\lambda_{2.0}$
無給電素子	約 $0.25\lambda_{1.5}$	約 $0.25\lambda_{1.5}$
反射素子	約 $0.5\lambda_{1.5}$	—
反射板距離	約 $0.25\lambda_{800}$	約 $0.18\lambda_{800}$

( $\lambda_{800}$  : 800MHz帯の中心波長、 $\lambda_{1.5}$  : 1.5GHz帯の中心波長、 $\lambda_{2.0}$  : 2.0GHz帯の中心波長)

アンテナ素子を上下に重ねた構造とし、反射板に近い側へ垂直偏波アンテナ素子、反射板から遠い側へ水平偏波アンテナ素子を配置した。水平偏波アンテナ素子と反射板の距離が遠くなる為、1.5GHz帯及び2.0GHz帯の指向性改善用に、水平偏波アンテナ素子と反射板の間に反射素子を配置した。各素子の概略寸法を表1に示す。

シミュレータによる検討結果を元に垂直／水平偏波共用アンテナ素子の試作機(図4)を製作し、評価を実施した。試作機のリターンロス、偏波間結合量を図5、6に示す。各

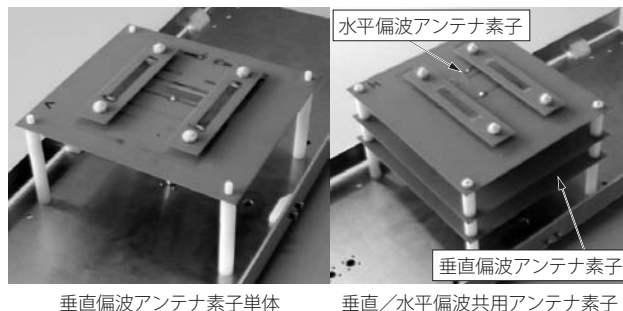


図4 試作機外観(素子単体)

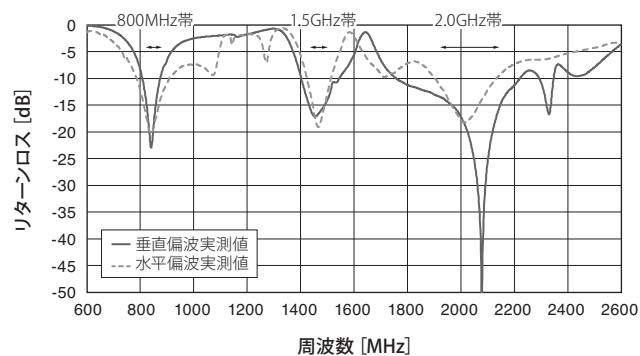


図5 リターンロス(素子単体)

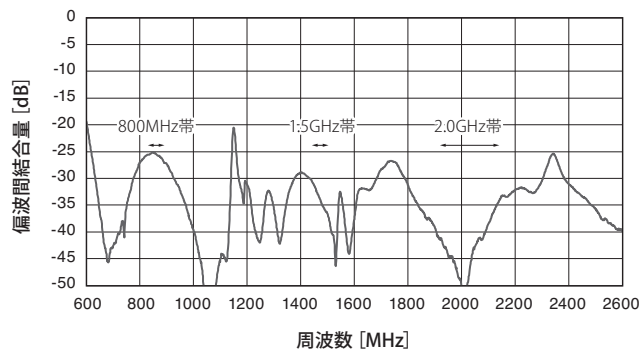


図6 偏波間結合量特性(素子単体)

周波数帯にてリターンロスが-10dB以下、偏波間結合量が-25dB以下の良好な特性が得られることを確認した。垂直偏波アンテナ素子及び水平偏波アンテナ素子の水平面指向性（YZ平面）を図7、8に示す。垂直偏波アンテナ素子

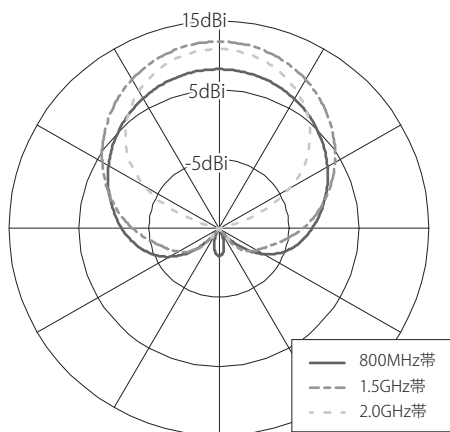


図7 水平面指向性（垂直偏波、素子単体）

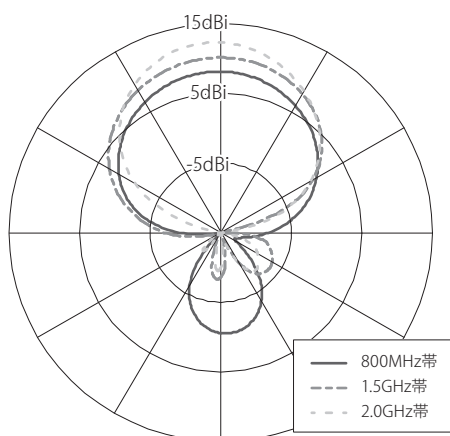


図8 水平面指向性（水平偏波、素子単体）

表2 試作機特性（素子単体）

項目	試作機特性
周波数	800MHz帯、1.5GHz帯、2.0GHz帯
素子	3波共用
利得	垂直偏波：7dBi以上 水平偏波：7dBi以上
リターンロス	-10dB以下
水平面ビーム幅	垂直偏波：60度～90度 水平偏波：60度～80度
偏波間結合量	-25dB以下
素子寸法	0.35λ <sub>800</sub> × 0.25λ <sub>800</sub> （従来比面積約40%）

はビーム幅が約60度～90度、利得が各周波数とも7dBi以上の特性が得られた。水平偏波アンテナ素子はビーム幅が約60度～80度、利得が各周波数とも7dBi以上の良好な特性が得られた。試作機特性を表2にまとめる。

今回開発したアンテナ構成でのアンテナ所要面積は0.35λ<sub>800</sub> × 0.25λ<sub>800</sub>（Y軸方向寸法 × X軸方向寸法）である。従来のダイポール素子のみで構成した場合0.5λ<sub>800</sub> × 0.5λ<sub>800</sub>と比較して、所要面積が約40%の小さい構成にて3周波偏波共用アンテナが実現できた。

### 3. アレイ化

図2に示す従来のアンテナ素子構成では、アンテナ素子寸法が0.5λ<sub>800</sub> × 0.5λ<sub>800</sub>であるため、アレイピッチを0.5λ<sub>800</sub>より小さくすることができなかつた。この場合、2.0GHz帯ではアレイピッチが2.0GHz帯中心波長（λ<sub>2.0</sub>）換算で約1.2λ<sub>2.0</sub>となる。アレイピッチが1波長以上となるため、2.0GHz帯にてグレーティングローブが発生するという問題があった。

今回開発した小型のアンテナ素子は0.35λ<sub>800</sub> × 0.25λ<sub>800</sub>（Y軸方向寸法 × X軸方向寸法）である。そのため、今回開発したアンテナ素子を用いると、アレイピッチを0.4λ<sub>800</sub>に小さくすることができる。この場合、2.0GHz帯中心周波数換算でアレイピッチは0.95λ<sub>2.0</sub>であり、1波長より小さくなり、2.0GHz帯においてもグレーティングローブの発生を抑制することができる。

3素子アレイの試作機を製作し、評価を実施した。3素子アレイの特性を表3に示す。垂直偏波、水平偏波とも設計値通りの良好な特性が得られた。垂直偏波及び水平偏波の垂直面指向性を図9、10に示す。2GHz帯においてもグレーティングローブが発生せず、良好な特性が得られている。

表3 試作機特性（3素子アレイ）

項目	試作機特性
周波数	800MHz帯、1.5GHz帯、2.0GHz帯
素子	3波共用
利得	800MHz帯：8dBi以上 1.5GHz帯：10dBi以上 2.0GHz帯：10dBi以上
リターンロス	-10dB以下
水平面ビーム幅	垂直偏波：60度～90度 水平偏波：60度～80度
垂直面ビーム幅	800MHz帯：45° 1.5GHz帯：30° 2.0GHz帯：20°
偏波間結合量	-25dB以下
外形寸法	φ200 × 500
重量	4kg
入力接栓	N-J

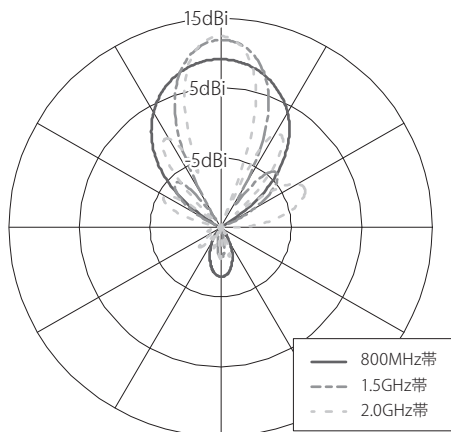


図9 垂直面指向性 (垂直偏波、3素子アレイ)

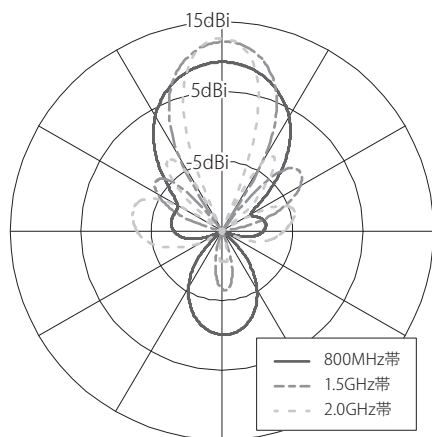


図10 垂直面指向性 (水平偏波、3素子アレイ)

#### 4. 結 言

小型化、偏波共用化、多周波共用化可能なアンテナとしてループ素子と折り曲げダイポール素子を組合わせたアンテナ素子を検討し、3周波数共用(800MHz帯/1.5GHz帯/2.0GHz帯)の垂直/水平偏波共用アンテナ素子を開発した。従来のダイポール素子のみで構成した場合と比較して、所要面積が約40%の小さい構成にて実現した。

今後は、新たに割り当てられた700MHz帯を含む4周波数(700MHz帯/800MHz帯/1.5GHz帯/2.0GHz帯)共用の垂直/水平偏波共用アンテナ素子の開発に取り組む。

#### 参 考 文 献

- (1) 恵比根佳雄、「次世代移動通信(IMT-2000)基地局アンテナの設計」、信学技報、AP2000-4、pp.23-30 (2000)
- (2) 杉本由紀、恵比根佳雄、「移動通信における60度と120度ビーム幅を有する3波共用基地局アンテナ」、信学技報、AP99-47、pp.35-42 (1999)
- (3) 杉本由紀、恵比根佳雄、「移動通信用3波共用基地局アンテナ」、信学総大、B-1-64 (2000)
- (4) 掛札裕範、苅込正敏、恵比根佳雄、「2GHz帯で2つの60度ビームを有する0.8/1.5/2.0GHz帯共用基地局アンテナ」、信学総大、B-1-65 (2000)
- (5) 島田紀彦、森幸一、土澤賢明、「偏波共用60°ビームアンテナ」、信学総大、B-1-69 (2000)
- (6) 島田紀彦、森幸一、星野誠一、羽山英明、土澤賢明、「0.8/2GHz帯偏波共用60°ビームアンテナ」、信学ソ大、B-1-92 (2000)
- (7) 志村剛、苅込正敏、恵比根佳雄、「800/1500MHz帯周波数・偏波共用120°ビーム移動通信基地局アンテナ」、信学総大、B-1-136 (2001)
- (8) 安藤敏之、松原亮滋、伊藤幹浩、田崎修、「1.5GHz/2GHz帯共用偏波ダイバーシチアンテナ」、信学総大、B-1-137 (2001)
- (9) 高野豊久、桑山一郎、小尻英俊、中上晋志、中野雅之、「ループ素子を用いた多周波共用アンテナ」、信学総大、B-1-90 (2011)
- (10) 高野豊久、山岸傑、中上晋志、中野雅之、松野宏己、「ループ素子を用いた3周波偏波共用アンテナ」、信学ソ大、B-1-117 (2012)

#### 執 筆 者

高野 豊久\* : システム事業部 主査



中上 晋志 : システム事業部



山岸 傑 : システム事業部 グループ長



松野 宏己 : (株)KDDI研究所 Ph.D.



中野 雅之 : (株)KDDI研究所 Ph.D.



\*主執筆者