

# 円筒モノポールアンテナの広帯域特性

朴木 真奈 堀 俊和 藤元 美俊

福井大学大学院 工学研究科 〒910-8507 福井市文京 3-9-1

E-mail: hounoki@wireless.fuis.fukui-u.ac.jp

**あらまし** 円形板状モノポールアンテナは広帯域な特性を持つこと,および半円形板状モノポールアンテナは円筒状に丸めると小形で広帯域となることが報告されている. 本報告では,円形や半円形を基本とする板状モノポールアンテナを円筒状に丸めた場合の広帯域特性とその構造について検討する. さらに,指向性や利得の変化についても考察し,広帯域なインピーダンス特性と安定した利得特性を兼ね備えるアンテナの実現性について述べる.

**キーワード** 広帯域, 円筒モノポール, 板状モノポール

## Wideband Characteristics of Cylindrically Rounded Monopole Antennas

Mana HOUNOKI Toshikazu HORI and Mitoshi FUJIMOTO

Graduate School of Engineering, University of Fukui 3-9-1 Bunkyo, Fukui, 910-8507 Japan

E-mail: hounoki@wireless.fuis.fukui-u.ac.jp

**Abstract** Semi-circular disc monopole antennas have wideband characteristics and compact size when they are rounded cylindrically. And, circular disc monopole antennas also have wideband characteristics and simple structure. In this paper, the performance of the rounded antennas from the disc monopole or semi-circular disc monopole is investigated and the effect of the curve of the antenna element on the impedance characteristics is described. Moreover, realizability of the antenna which has both performance of wideband impedance characteristics and stable gain is discussed.

**Keyword** Wideband, Rounded monopole antenna, Disc monopole antenna

### 1. まえがき

簡単な構造で広帯域な特性を有するとして,板状モノポールアンテナがよく知られている. 板状モノポールアンテナの素子は,円形や方形,台形などさまざまな形状があげられる[1][2]. なかでも,半円形板状モノポールアンテナは,円筒状に丸めることで更なる広帯域化と小形化が実現されている[3][4]. この効果は円形板状モノポールアンテナなど,他の形状を持つ素子でも十分に考えられる.

本報告では,円形,半円形の板状モノポールアンテナを円筒状に丸めた場合の帯域特性について検討する. 広帯域となる場合のアンテナの形と丸めの程度,最適な特性インピーダンスを明らか

にする. また,円から半円形の間をとる形状についても検討し,帯域特性の変化について考察する. さらに,指向性や利得の変化についても考察し,広帯域なインピーダンス特性と安定した利得特性を兼ね備えるアンテナの実現性について述べる.

### 2. 円形を基本とする円筒モノポールアンテナの形状

図1にアンテナモデルを示す. ここでは無限地板上にある平板上の円形モノポールアンテナを考える. また,円形モノポールアンテナの上半分を切り取った半円形のモノポールアンテナを扱う. それぞれを徐々に円筒状に丸めてその入力イ

インピーダンスおよび放射特性について検討する。丸めの程度を角  $\alpha$  [°] で表す。角  $\alpha$  は、アンテナの両端と円筒の中心を結んだ角である。例えば、 $\alpha=360^\circ$  のとき、アンテナは平板状態であり、 $\alpha=0^\circ$  の場合にアンテナは完全な円筒状となる。

さらに、図2のように、円形から半円形へアンテナの上部を水平に切り欠き、アンテナの高さによる特性変化について考察する。このときアンテナ高は円の直径  $h_0$  を基準とする。

ここでは、アンテナ特性はモーメント法 (EEM-MoM) を用いて解析する。

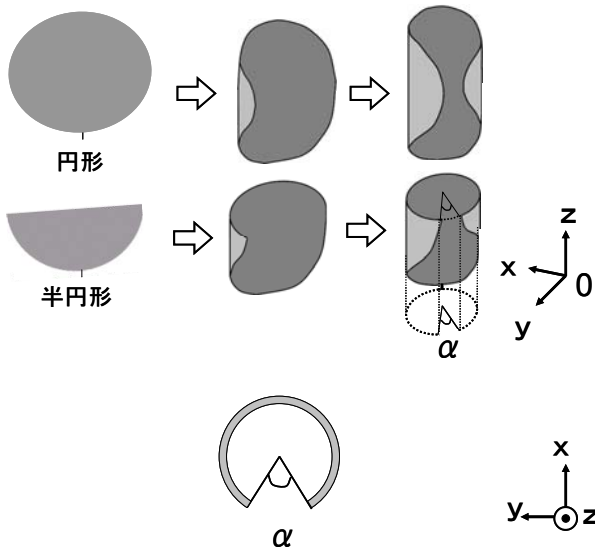


図1 アンテナモデル

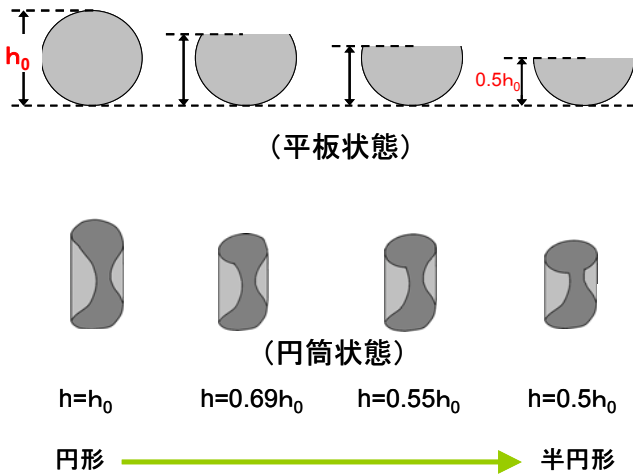


図2 アンテナ形状の変化

### 3. 円筒モノポールアンテナの帯域特性

#### 3.1 帯域特性に及ぼす円筒状効果

図3に特性インピーダンスと帯域特性との関係を示す。図3(a)~(d)は平板状態 ( $\alpha=360^\circ$ )、(e)~(h)は円筒状に丸めた時 ( $\alpha=11^\circ$ ) である。それぞれ円形から半円形へ図2のようにアンテナ形状を変化させたときの帯域特性の変化を表している。アンテナ高は  $h=1.0h_0$  (円形)、 $h=0.69h_0$ 、 $h=0.55h_0$  および  $h=0.5h_0$  (半円形) の場合である。図の横軸は給電線の特性インピーダンス、縦軸は周波数を表し、ハッチング部分は VSWR1.5 以下となる帯域を表す。

図3(a)から、平板時の円形アンテナは特性インピーダンス  $50\Omega$  付近で比帯域幅が 111% であることがわかる。一方、円筒状に丸めた図3(e)の場合、平板時 (図3(a)) では断片的であった高域 (5~10GHz) の帯域がつながり、広い帯域特性を持つ。このとき特性インピーダンス  $50\Omega$  において比帯域幅 132% である。

図3(d)および(h)から、半円形アンテナについても、円筒状に丸めることにより、特性インピーダンス  $40\Omega$  付近で比帯域幅 151% と広帯域化されることがわかる。これらのことから、円形・半円形板状モノポールアンテナを円筒状に丸めることは、広帯域化に効果があるといえる。

#### 3.2 アンテナ形状と帯域特性の変化

次に、円筒状に丸めた場合の帯域特性の変化について考える。図3(e)~(h)をみると、1GHz以上の高域側の帯域はあまり変化していない。一方、低域側の帯域はアンテナ高が徐々に低くなるにつれて、高域側へ徐々に近づいていることがわかる。特に半円形では2つの共振帯域がつながり、広い帯域を得ている。

図4にアンテナ高による帯域特性の変化を比帯域幅で示す。 $\alpha=11^\circ$ 、 $\alpha=38^\circ$ 、 $\alpha=62^\circ$  および  $\alpha=360^\circ$  (平板) である。ここでは、各アンテナ形状に合わせて比帯域幅が最大となる特性インピーダンスで給電するものとしている。

図4より、円形から半円形への帯域特性の変化には谷があり、両端でピークを持つことがわかる。この特性のピーク、すなわち最適なアンテナ高は角  $\alpha$  ごとに異なっている。より小さく丸めるほど最適なアンテナ高は低くなっており、小形化に適しているといえる。

平板時 ( $\alpha=360^\circ$ ) はアンテナ高が  $0.6 < h < 0.8h_0$  の範囲で広い帯域特性を得ている。このとき、アンテナ素子を円筒状に丸めても

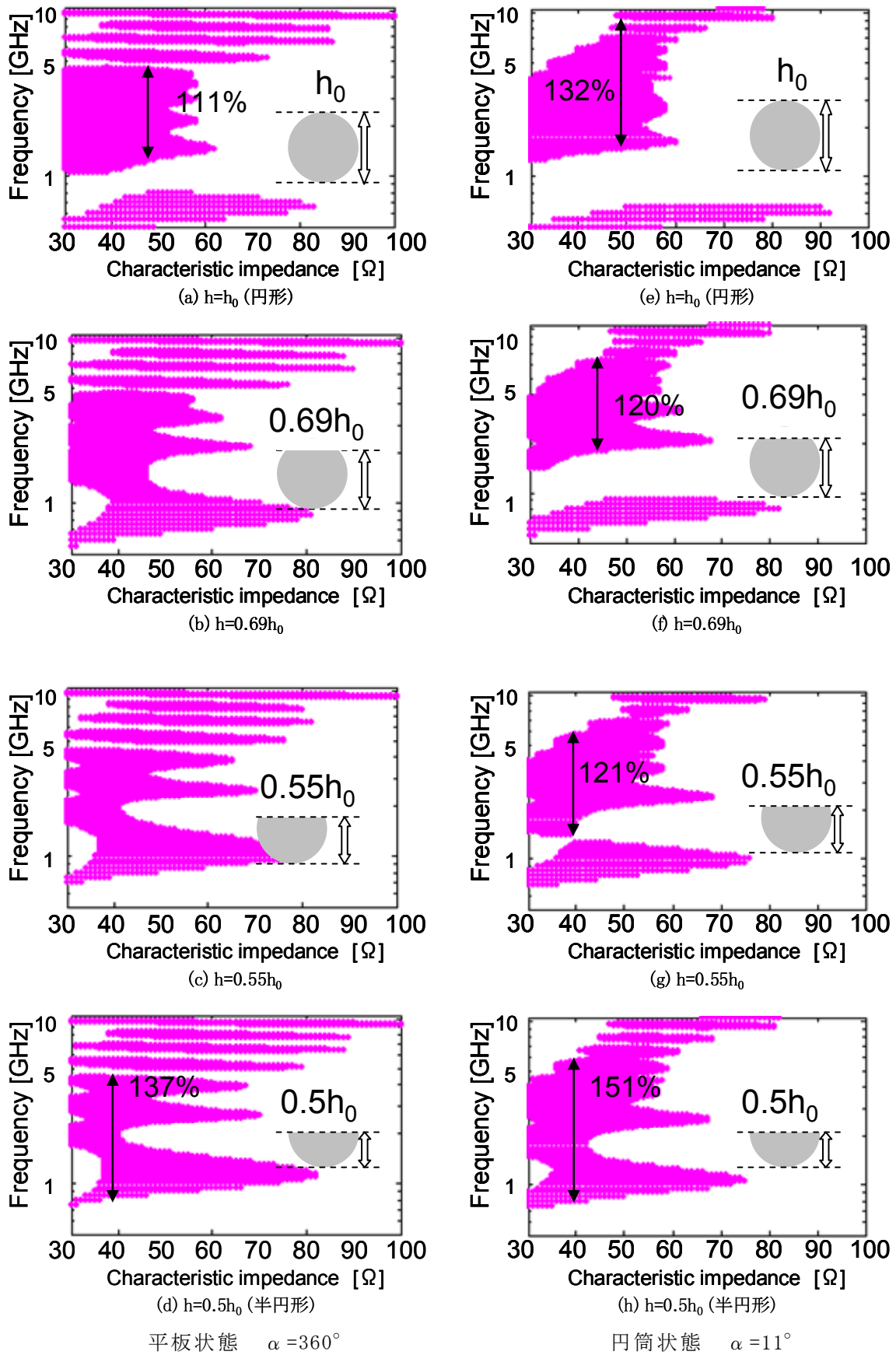


図3 特性インピーダンスと帯域特性の関係

平板時より広い特性を得ることができず、広帯域化を図ることはできない。またアンテナ高が  $h < 0.6h_0$  または  $0.8h_0 > h$  の場合、つまり円形または半円形に近い形状であれば、平板状態より円筒状に丸めたほうが広帯域特性を持つ。ここで最も広帯域となるのは高さ  $h = 0.55h_0$  のアンテナを  $\alpha = 38^\circ$  に丸めたときであり、比帯域幅は 156%である。

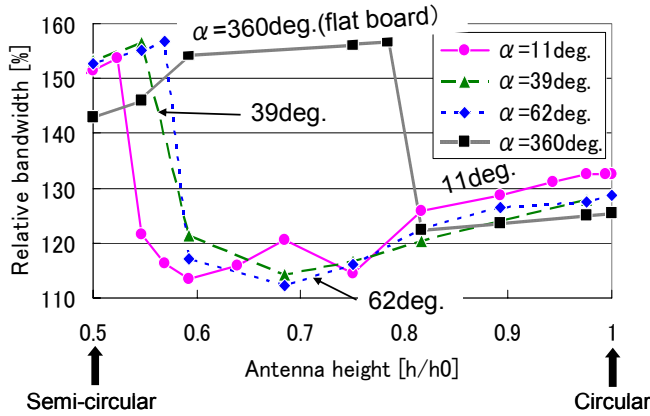


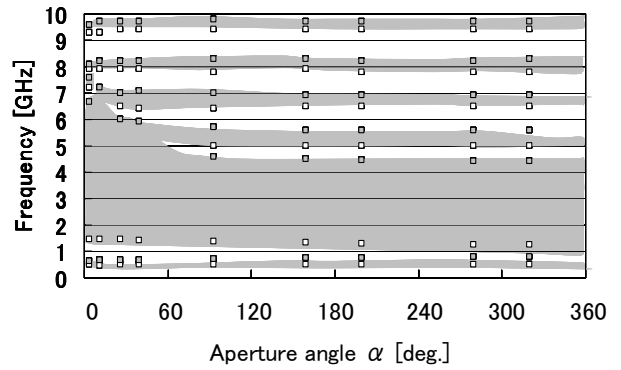
図4 帯域特性に及ぼすアンテナ高の影響

#### 4. 丸め角と比帯域幅の関係

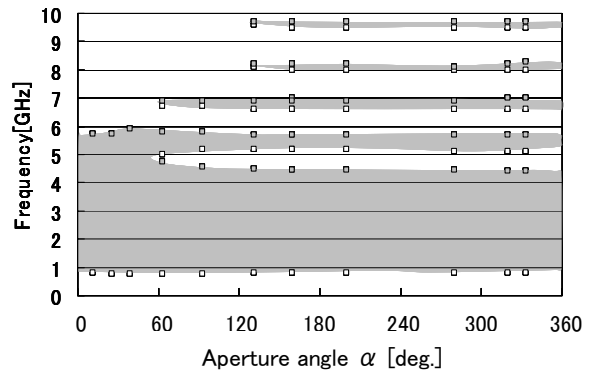
丸めることで広帯域化が可能である半円形、円形について、図5に角  $\alpha$  と帯域特性との関係を示す。図5(a)は円形、図5(b)は半円形の場合であり、横軸は角  $\alpha$ 、縦軸は周波数を表す。図中のハッチング部分は VSWR1.5 以下となる帯域を表す。特性インピーダンスは円形および半円形で  $50\Omega$  および  $40\Omega$  とした。図5から、円形アンテナでは低周波側から2番目の帯域が、また、半円形アンテナでは最も低い周波数の帯域が広く、帯域特性を決定づけている。角  $\alpha$  を変えても各共振帯域において帯域の下端周波数はほとんど変化しない。しかし、平板状態からある程度まで丸めると、上端周波数が徐々に高くなっており、このことにより広帯域となっていることがわかる。

図6に角  $\alpha$  と比帯域幅との関係を示す。特性インピーダンスは  $50\Omega$  および  $40\Omega$  とした。

図6から円形、半円形ともに角  $\alpha = 80^\circ$  以下に丸めた場合に広帯域化が図れることがわかるが、かなり円筒に近い形状でないと、十分な効果が得られないといえる。特に円形では  $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ 、半円形では  $0^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$  の場合が最もよい特性を得ている。最高比帯域幅は円形および半円形でそれぞれ 132, 153%であり、丸め角  $\alpha$  は  $11^\circ$ 、 $39^\circ$  であった。



(a) 円形



(b) 半円形

図5 角  $\alpha$  と帯域幅の関係

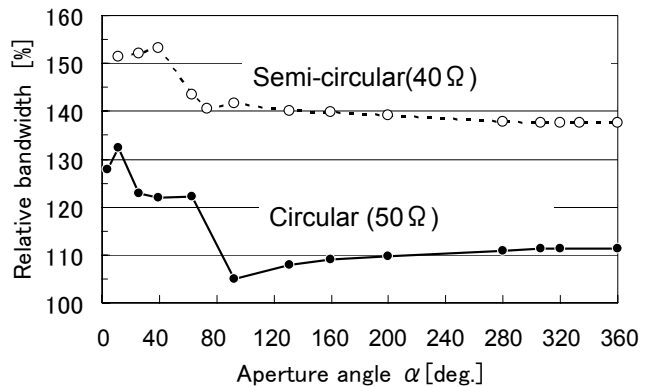
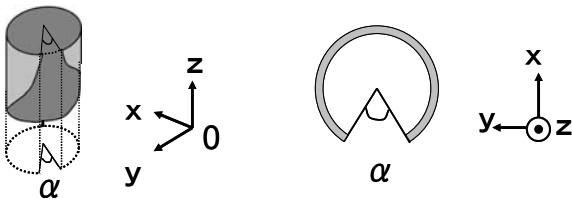


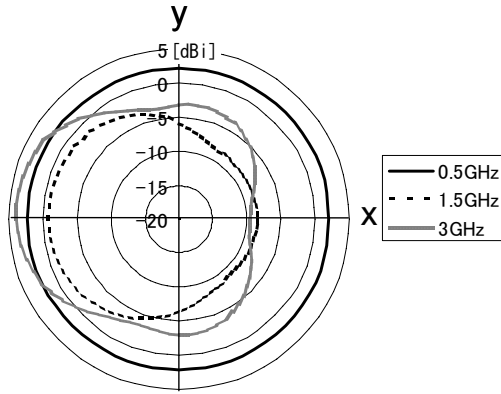
図6 角  $\alpha$  と比帯域幅の関係

#### 5. 放射特性

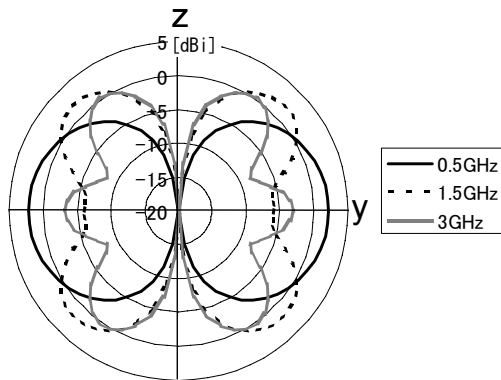
図7に円筒状モノポールアンテナの放射パターンを示す。 $\alpha = 11^\circ$  で円筒状に丸めた場合の水平面および垂直面について、0.5GHz、1.5GHz および 3GHz の放射パターンを示す。このとき、アン



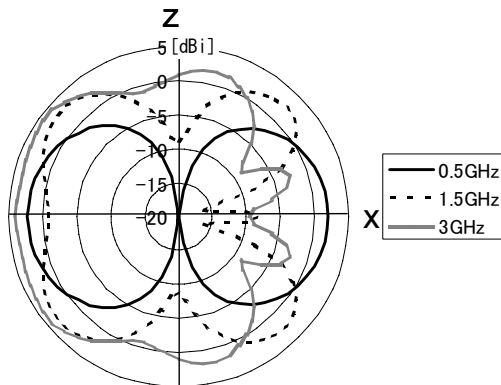
(アンテナ配置)



(a) x-y 面



(b) y-z 面



(c) z-x 面

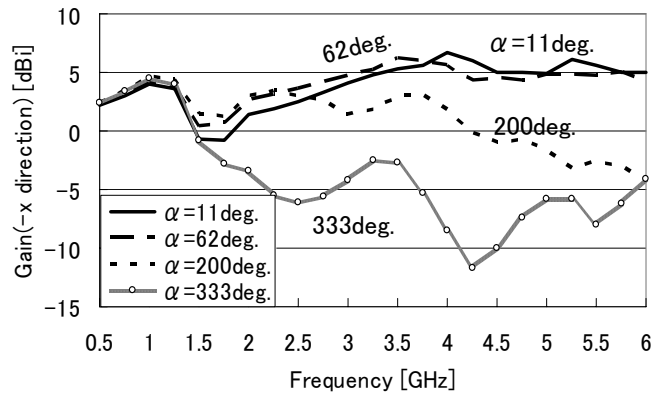
図7 放射パターン

テナ素子の直径は 140mm で、VSWR1.5 以下で広帯域となる帯域は 1.46GHz~7.19GHz(132%)である。

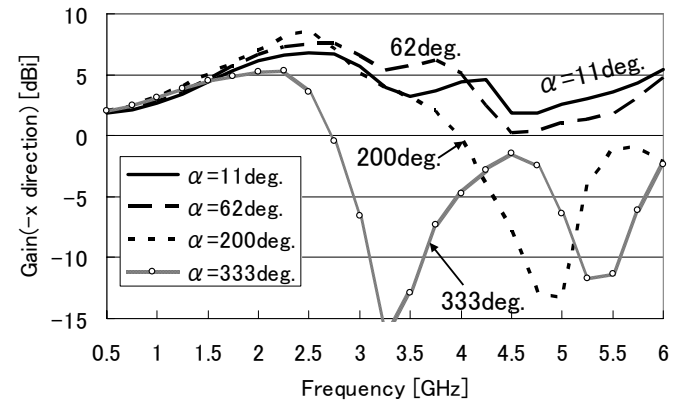
図7から、円筒状に丸めたモノポールアンテナは低域ではモノポールアンテナに近い放射パターンを持つ。一方、周波数が高くなるにつれて、素子を丸めた方向(-x軸方向)に強く放射するようになる。このことから、円筒モノポールアンテナは指向性アンテナとして利用できる。

図8に $\alpha$ ごとの周波数と-x軸方向の利得の関係を示す。図8(a)は円形、図8(b)は半円形の場合である。横軸は周波数、縦軸は-x軸方向の利得であり、パラメータは丸め角である。

図8より、平板に近い状態では高域になるにつれ-x軸方向の利得が小さくなっている。一方、円筒状に丸めた場合( $\alpha$ が小さい場合)は周波数が高くなって高い利得を維持している。また、図8(b)より、特に半円形の場合は広帯域にわたってモノポールアンテナ以上の利得を維持していることがわかる。



(a) 円形

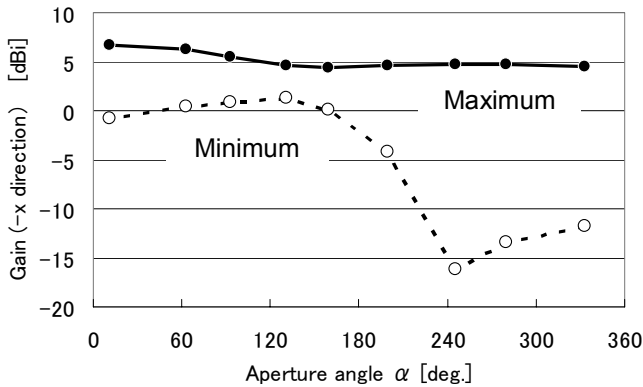


(b) 半円形

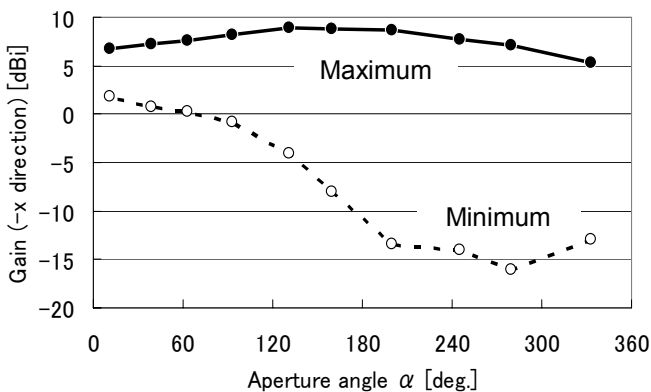
図8 丸め角と比帯域幅の関係

図9に $\alpha$ と $-x$ 軸方向の利得の関係を示す。横軸は角 $\alpha$ 、縦軸は $-x$ 軸方向の利得であり、VSWR $\leq 1.5$ の帯域における利得の最大値と最小値をプロットした。

図9より、円筒状に丸めた場合のほうが、 $-x$ 軸方向について最大利得と最小利得の差が小さく、安定した利得が得られていることがわかる。図9(a)より、放射素子が円形の場合は $\alpha=130^\circ$ で最も利得が安定している。しかし、この場合、図6よりそれほど広帯域とはいえない。一方、図9(b)より、放射素子が半円形の場合は丸めるほど利得が安定している。従って、半円形の素子を $\alpha=10^\circ$ 程度に丸めると、広帯域なインピーダンス特性と安定した利得を持つアンテナを実現できることがわかる。



(a) 円形アンテナ



(b) 半円形アンテナ

図9  $\alpha$ と利得 ( $-x$ 軸方向) の関係

## 6. むすび

円形および半円形板状モノポールアンテナを円筒状に丸めた場合の、帯域特性および利得特性を明らかにした。

円形または半円形に近い形状であれば、円筒状に丸めることで広帯域化を図れることがわかった。このときの特性インピーダンスは円形および半円形で $50\Omega$ および $40\Omega$ であれば、最も広い帯域特性が見込めることがわかった。

また、放射素子は $\alpha \leq 80^\circ$ で丸めると広帯域効果が得られ、特に円形および半円形で $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ および $0^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$ で丸めることが妥当であることを示した。

放射パターンについても検討した。円筒状モノポールアンテナは、水平面において、放射素子を曲げた方向に指向性を持ち、平板時よりも安定した利得が得られることがわかった。特に放射素子が半円形である場合、 $\alpha=10^\circ$ 程度に丸めると、広帯域特性を持ち、利得が安定したアンテナの実現が期待できることがわかった。

## 文 献

- [1] N.P Agrawall, G. Kummur, K.P. Ray: Wide-Band Planar Monopole Antennas, IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 46, no. 2, pp. 294-295 Feb. 1998.
- [2] 嶋田将大, 堀 俊和, 藤元美俊: GAを用いた広帯域板状モノポールアンテナの設計, 信学技報, A・P2004-106, July 2004.
- [3] 井原泰介, 常川光一: 円筒状半円モノポール素子を有する小形広帯域アンテナ, 信学ソ大, B-78, Sep. 1996.
- [4] 井原泰介, 常川光一: 円筒型半円素子を用いた移動通信用屋内設置型アンテナ, 信学技報, A・P97-70, July 1997.