

UWB用不平衡ダイポールアンテナの小型化に関する検討

越地 福朗*¹, 板谷 俊輔*²

Miniaturization of Unbalanced Dipole Antenna for Ultra Wideband Radio

Fukuro Koshiji*¹, Shunsuke Itaya*²

Abstract: Ultra wideband (UWB) technology is very powerful and noticed to realize ubiquitous radio communication. Antenna that performs well over a frequency band of 3.1 GHz-10.6 GHz is desired in UWB radio communication. However, it is difficult to obtain the antenna which both small size and excellent performance are satisfied. In this paper, a half-sized unbalanced dipole antenna with fan-shaped and trapezoidal radiators is proposed and investigated. As a result, the antenna with VSWR less than 2.0 and relative bandwidth of 120% over the frequency band of 3.0 GHz-12 GHz was obtained.

Key words: Ultra wideband, Broadband antenna, Planar antenna, Electromagnetic field analysis, Miniaturization

1. はじめに

近年、ユビキタスネットワーク社会を実現するための有力な通信技術として、Ultra Wideband (UWB) 通信技術が注目されている¹⁾。UWB通信は、3.1~10.6GHzの周波数帯域を使用するため、従来の狭帯域通信に比べて広い周波数帯で動作可能なアンテナが望まれる。

著者はこれまでに、放射素子を半円形と台形の平板状導体のペアで構成することにより、UWB帯域を含む2.8~11.2GHzにおいてVSWR \geq 2.0の特性を有する平面型UWBアンテナ「半円台形不平衡ダイポールアンテナ」を実現している²⁾。また、いくつかの研究機関においても、同様にUWB通信を目的とした広帯域アンテナに関する研究がなされている³⁾⁻⁷⁾。

しかしながら、UWB無線通信システムがモバイル機器やウェアラブル機器などの小型機器に搭載されることを考えると、アンテナ自体も、より小型なものが求められる。過去に報告された小型UWBアンテナは、帯域特性を犠牲にして小型化を優先したものがほとんどであり、

小型でありながら、広帯域な定インピーダンス特性および良好なVSWR特性を有するものは見当たらない^{8), 9)}。

本論文では、過去に提案・検討した半円台形不平衡ダイポールアンテナ²⁾をもとに、放射素子形状の小型化手法を提案・検討し、アンテナサイズをほぼ半分としながら、同等のVSWR特性を有するアンテナを得ようとするものである。

2. 提案するアンテナの構成

図1(a)に半円台形不平衡ダイポールアンテナ、および同図(b)に半円台形不平衡ダイポールアンテナを小型化した扇形台形不平衡ダイポールアンテナの放射素子形状を示す。

図1に示すように、半円台形不平衡ダイポールアンテナ、および扇形台形不平衡ダイポールアンテナは、放射素子となる平板状導体2枚をZX平面上に間隔を設けて配置する構成である。

図1(b)の扇形台形不平衡ダイポールアンテナを提案するに至る背景としては、文献[10]において、図1(a)の半円台形不平衡ダイポールアンテナの放射素子表面の電流分布が、半円放射素子および台形放射素子のエッジ部分に沿って、Z軸を中心軸とした左右対称に分布することがわかっており、放射素子の左右半分の片方が存在せずとも類似の広帯域なVSWR特性が得られる可能性があると考えたためである。

図1(b)に示すように、扇形台形不平衡ダイポールア

*¹ 国士舘大学 理工学部 理工学科 電子情報学系
専任講師 博士 (環境学)

Lecturer, Ph.D., Department of Electronics and Informatics,
School of Science and Engineering, Kokushikan University

*² 国士舘大学 理工学部 理工学科 電子情報学系

Department of Electronics and Informatics, School of Science
and Engineering, Kokushikan University

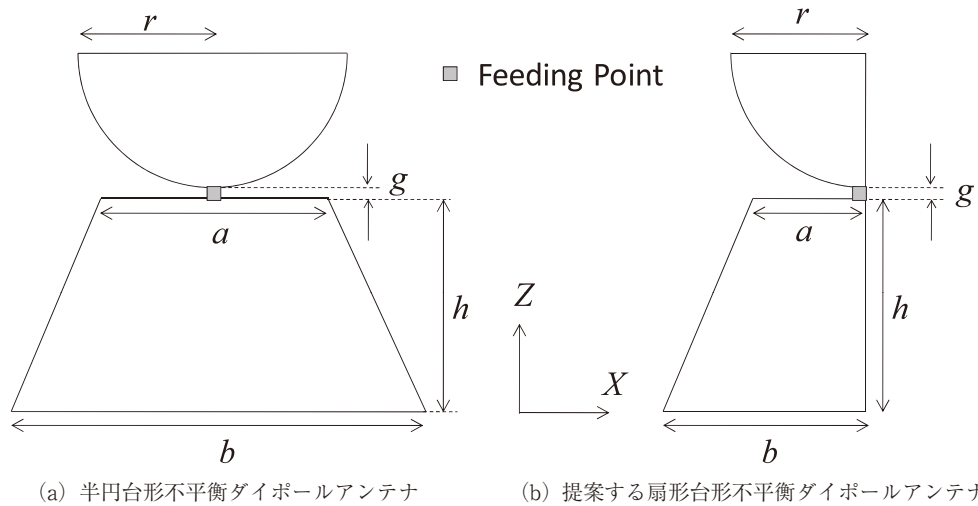


図1 UWB用不平衡ダイポールアンテナの小型化

表1 不平衡ダイポールアンテナの寸法

	r	a	b	h	g	t
<i>Unbalanced dipole antenna with semicircular and trapezoidal radiators</i>	10	10	38	20	0.2	0.1
<i>Unbalanced dipole antenna with fan-shaped and trapezoidal radiators</i>	10	5	19	20	0.2	0.1

Unit: mm

ンテナは、同図 (a) の半円台形不平衡ダイポールアンテナにおいて、Z軸を中心軸として左半分を切り出したものであり、中心角が90°の扇形（円の1/4）放射素子と台形放射素子で構成されている。給電は、もとの半円台形不平衡ダイポールアンテナと同じ場所に位置し、扇形放射素子の円弧と半径の交わる点と台形の上底の最も近接した部分で行うものとする。

表1に半円台形不平衡ダイポールアンテナ、および扇形台形不平衡ダイポールアンテナの寸法を示す。同表中のパラメータは、半円または扇形放射素子の半径 r 、台形放射素子の上底 a 、下底を b 、高さ h 、半円または扇形放射素子と台形放射素子の間隔 g 、放射素子として利用する導体板の厚さ t を意味している。

図2および図3に提案する扇形台形不平衡ダイポールアンテナのVSWR特性および入力インピーダンス特性の電磁界解析結果を示す。同図には比較のために、もとの半円台形不平衡ダイポールアンテナの特性もあわせて示す。電磁界解析には、Finite Difference Time Domain (FDTD) 法およびTransmission Line Matrix (TLM) による電磁界解析手法を用いた。

図2からわかるとおり、扇形台形不平衡ダイポールアンテナのVSWR特性は半円台形不平衡ダイポールアンテナと比べて劣化しているものの、両者ともに、3.5GHz、7GHz、10~12GHz付近で共振するなど、同様

の共振特性となっていることが確認できる。

また、図3から、扇形台形不平衡ダイポールアンテナの入力インピーダンス特性は、4GHz以上の周波数で、半円台形不平衡ダイポールアンテナに比べ、抵抗成分が2倍程度に増加しており、リアクタンス成分はわずかに負側にシフトしていることが確認できる。

以上のことから、入力インピーダンス特性の抵抗成分を50Ωに低減し、リアクタンス成分を0Ωに近づけるように、放射素子形状を最適化することで、半円台形不平衡ダイポールアンテナとほぼ同様のVSWR特性が得られるものと考えられる。

3. VSWR特性の検討

アンテナのVSWR特性の改善のために、アンテナの基本寸法として、扇形放射素子の半径 $r = 12\text{mm}$ 、台形放射素子の上底 $a = 10\text{mm}$ 、下底 $b = 20\text{mm}$ 、高さ $h = 22\text{mm}$ 、扇形放射素子と台形放射素子の間隔 $g = 0.6\text{mm}$ 、放射素子として利用する導体板の厚さ $t = 1.2\text{mm}$ とし、放射素子の各寸法に対するVSWR特性を検討する。

扇形台形不平衡ダイポールアンテナ、および半円台形不平衡ダイポールアンテナは、図2に示すように3つの共振周波数が得られる。ここでは、これらの3つの共振周波数を低域側から、第1、第2、第3共振周波数と呼ぶことにする。

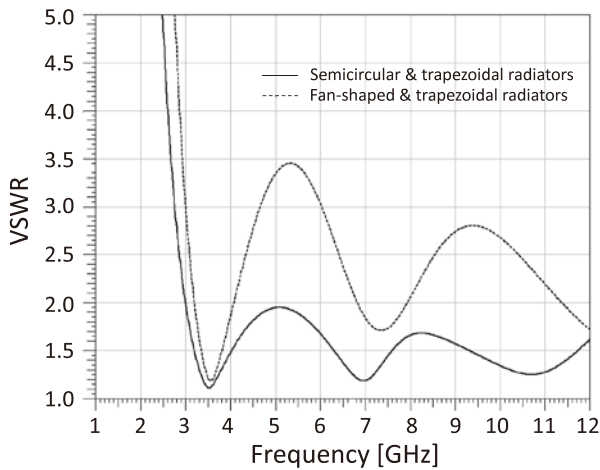


図2 UWB用不平衡ダイポールアンテナのVSWR特性

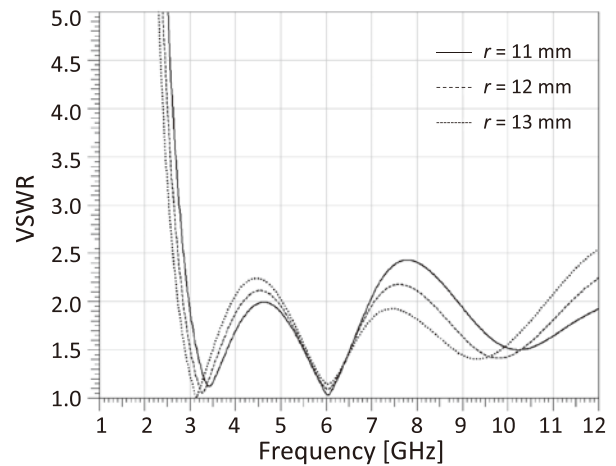


図4 扇形放射素子の半径rに対するVSWR特性

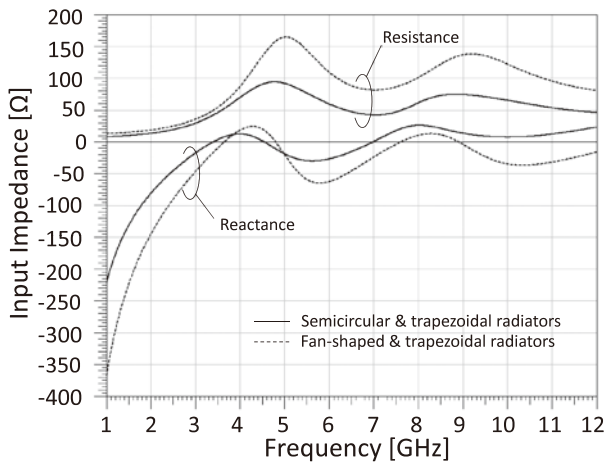


図3 UWB用不平衡ダイポールアンテナの入力インピーダンス特性

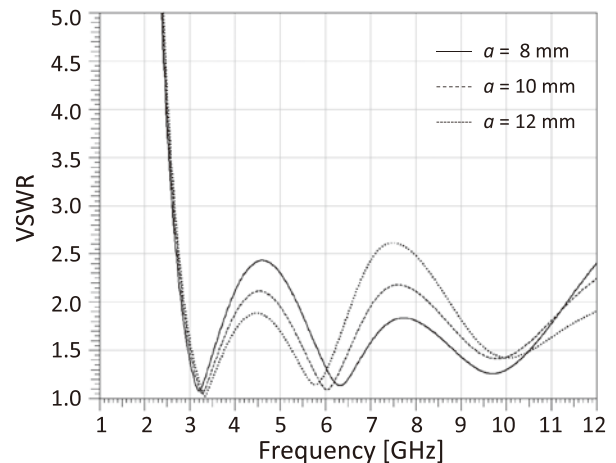


図5 台形放射素子の上底aに対するVSWR特性

3.1 扇形放射素子の半径

図4に扇形放射素子の半径 r に対するVSWR特性の解析結果を示す。

同図から、扇形放射素子の半径 r の変化に対して、第3共振周波数のみが大きな変化を示す。

3.2 台形放射素子の上底

図5に台形放射素子のの上底 a に対するVSWR特性の解析結果を示す。

同図から台形放射素子の台形の上底 a の変化に対して、第2共振周波数のみが大きな変化を示す。

3.3 台形放射素子の下底

図6に台形放射素子のの下底 b に対するVSWR特性の解析結果を示す。

台形放射素子の台形の下底 b の小さな変化に対しては、各共振周波数に大きな変化はみられない。

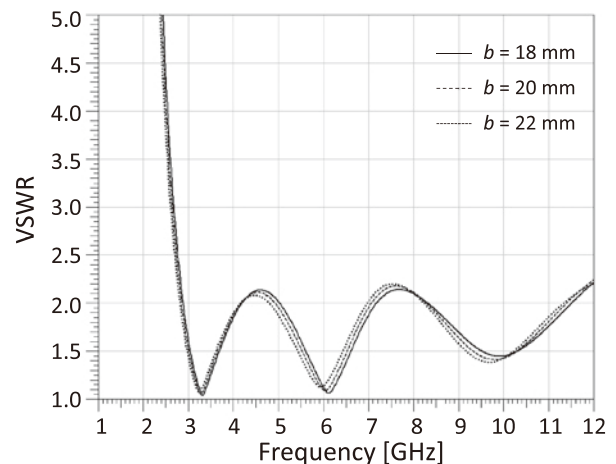


図6 台形放射素子の下底bに対するVSWR特性

3.4 台形放射素子の高さ

図7に台形放射素子の高さ h に対するVSWR特性の解析結果を示す。

台形放射素子の高さ h の変化に対して、第1、第2、第3のすべての共振周波数が変化する。

3.5 放射素子の間隔

図8に扇形放射素子と台形放射素子の放射素子間隔 g に対するVSWR特性の解析結果を示す。

同図から、放射素子間隔 g が増加するにつれて、各共振周波数は低域側へシフトし、6GHz以上の高域側で特性が劣化する。一方、放射素子間隔 g が減少すると、各共振周波数は高域側へシフトし、6GHz以下で特性が劣化する。

3.6 導体板の厚さ

図9に扇形放射素子と台形放射素子に利用する導体板の厚さ t に対するVSWR特性の解析結果を示す。

同図から、放射素子の厚さ t の変化に対して共振周波数はほとんど変化しないことがわかる。また、 t が増加するにつれてVSWR特性は改善することがわかる。

4. 最大帯域幅を有する放射素子寸法

図4～9において、放射素子の各寸法に対するVSWR特性を検討した。以上のようにパラメータを種々に変えて検討した結果、扇形放射素子の半径 $r = 12\text{mm}$ 、台形放射素子の上底 $a = 12\text{mm}$ 、下底 $b = 20\text{mm}$ 、高さ $h = 22\text{mm}$ 、扇形放射素子と台形放射素子の間隔 $g = 0.4\text{mm}$ 、放射素子として利用する導体板の厚さ $t = 1.6\text{mm}$ とすることにより最大帯域幅が得られる。

図10は、上記寸法における扇形台形不平衡ダイポールアンテナのVSWR特性および入力インピーダンス特性の解析結果である。図10からわかるとおり、3.0～12GHzで $\text{VSWR} \leq 2.0$ 、比帯域幅120%以上の特性が得られていることがわかる。また、UWBの全帯域で入力インピーダンスの抵抗成分は、 50Ω 近傍の値となつて

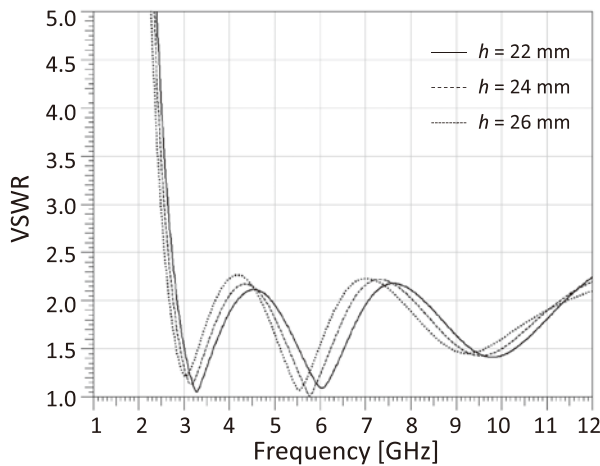


図7 台形放射素子の高さ h に対するVSWR特性

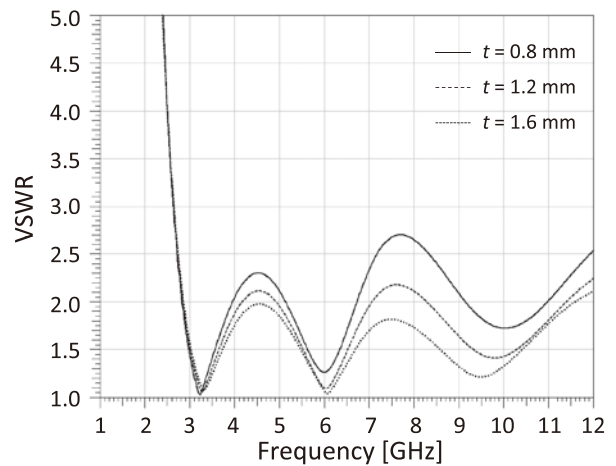


図9 放射素子の厚さ t に対するVSWR特性

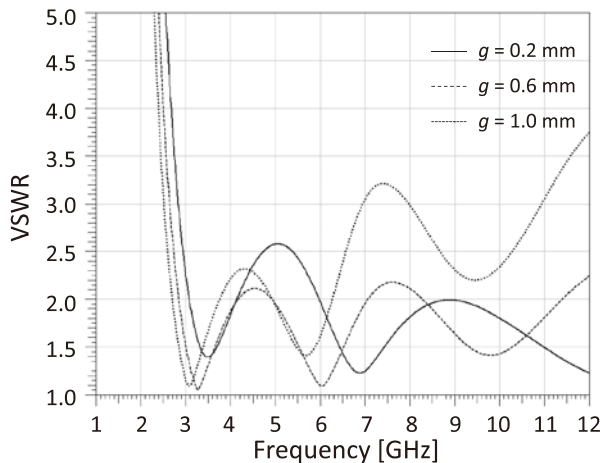


図8 扇形放射素子と台形放射素子の間隔 g に対するVSWR特性

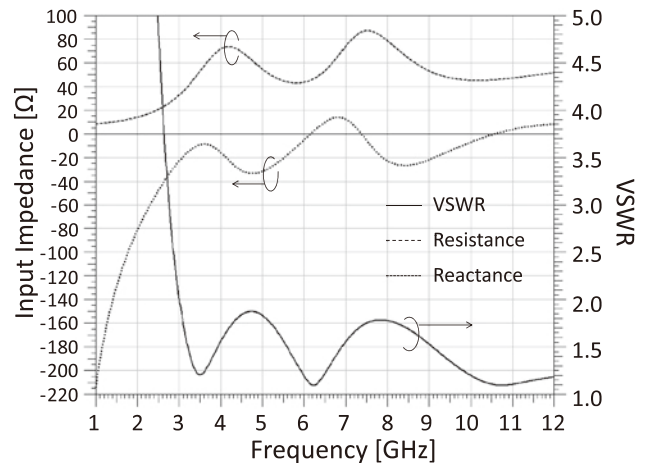


図10 最大帯域幅が得られたアンテナ寸法におけるVSWR特性および入力インピーダンス特性

おり、一般的な50Ω系線路により容易に給電可能であることがわかる。

このとき、扇形台形不平衡ダイポールアンテナのサイズは、過去に提案した半円台形不平衡ダイポールアンテナに比べて、面積比で60%となっており40%の小型化を実現している。

5. ま と め

本稿では、過去に提案したUWB用半円台形不平衡ダイポールアンテナの小型化を目的に、扇形と台形のペアの放射素子を有する不平衡ダイポールアンテナを提案し、FDTD法およびTLM法による電磁界解析によって放射素子形状の検討を行った。その結果、アンテナ各部の寸法を、扇形放射素子の半径 $r = 12\text{mm}$ 、台形放射素子の上底 $a = 12\text{mm}$ 、下底 $b = 20\text{mm}$ 、高さ $h = 22\text{mm}$ 、扇形放射素子と台形放射素子の間隔 $g = 0.4\text{mm}$ 、放射素子として利用する導体板の厚さ $t = 1.6\text{mm}$ としたときに、3.0~12GHzで $\text{VSWR} \leq 2.0$ 、比帯域幅120%の特性を実現し、過去に提案した半円台形不平衡ダイポールアンテナと比べて面積比で60%でありながら、同等のVSWR特性を有する良好なアンテナが得られた。

参 考 文 献

- 1) 河野隆二, “超広帯域 (UWB) 無線通信と今後の高度無線アクセス技術”, 電子情報通信学会誌, Vol.87, No.5, pp.396-pp.401, May 2004.
- 2) 越地福朗, 江口俊哉, 佐藤幸一, 越地耕二, “UWB用半円台形不平衡ダイポールアンテナの提案と検討”, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.10, No.3, pp.200-pp.210, May 2007.
- 3) N. P. Agrawal, G. Kumar, K. P. Ray, “Wideband Planar Monopole Antennas”, IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol. 46, no.2, pp.294-295, Feb 1998.
- 4) L. Paulsen, J. B. West, W. F. Perger, J. Kraus, “Recent Investigations on the Volcano Smoke Antenna”, IEEE APS Int. Symp. Vol.3, pp. 845-848, Jun 2003.
- 5) 河村尚志, 山本綾, 梅田等, 手代木扶, “UWB用自己補対スパイラルアンテナの伝送特性,” 2004年電子情報通信学会総合大会, B-1-109, March 2004.
- 6) Kin-Lu Wong, Chih-Hsien Wu, Saou-Wen (Stephen) Su, “Ultrawide-Band Square Planar Metal-Plate Monopole Antenna With a Trident-Shaped Feeding Strip”, IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol. 53, no.4, pp.1262-1269, April 2005.
- 7) 館谷充隆, 山本学, 野島俊雄, 伊藤精彦, “自己補対放射素子を用いたマイクロストリップ給電広帯域プリントダイポールアンテナ”, 電子情報通信学会論文誌B, Vol.88-B, No.9, pp.1662-pp.1673, September 2005.
- 8) 倉本晶夫, “2組の三角形の放射素子を組み合わせた小形広帯域アンテナ”, 電子情報通信学会論文誌B, Vol.90-B, No. 9, pp.821-829, September 2007.
- 9) 島崎寛, 手嶋正雄, 天野隆, “変形平面ダイポールアンテナの低背化検討”, 2007年電子情報通信学ソサイエティ大会, B-1-47, September 2007.
- 10) 越地福朗, 江口俊哉, 佐藤幸一, 越地耕二, “広帯域小型平面アンテナにおける放射板形状の検討”, エレクトロニクス実装学会超高速高周波エレクトロニクス実装研究会, Vol. 5, No.3, November 2005.