

平成 22 年 5 月 17 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19560365

研究課題名（和文） UWB 無線システムのための RF 系基本技術に関する研究

研究課題名（英文） Study on Fundamental RF Techniques for UWB Radio Systems

研究代表者

山本 学 (YAMAMOTO MANABU)

北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：20301939

研究成果の概要（和文）：高速データ伝送を無線で行うための一手段として、近年、UWB（超広帯域）無線システムが注目を集めている。本研究課題では、UWB 無線システムに適した基本素子（アンテナ、フィルタおよびマイクロ波増幅器）実現のための要素技術について検討を行い、超広帯域平面アンテナの構成法、超高性能小型フィルタの実現法およびマイクロ波増幅器の超高効率化技術を開発した。これらの成果は、UWB 無線システムの実用化に資するものである。

研究成果の概要（英文）：Ultra-wideband (UWB) radio systems have recently attracted considerable attention for wireless high-speed communication. The purpose of this study is to present fundamental techniques for the realization of basic components (antenna, filter and microwave amplifier) that are useful for UWB radio systems. The achievements obtained in this study are the development of effective way for constructing ultra-wideband planar-type antennas, the proposal of techniques for obtaining ultra-high efficiency in microwave amplifiers and the realization of microwave filter having ultra-high performance with small shape. These achievements may contribute to the realization of UWB radio systems.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：UWB 無線，アンテナ，高効率増幅器，フィルタ

## 1. 研究開始当初の背景

高速データ伝送を無線で行うための一手段として、UWB 無線システムが有望視されている。本方式の導入により、従来の無線システムに比べ少ない消費電力で 100Mbps 規模の

高速無線伝送の実現が期待される。また、UWB 無線はリモートセンシング分野への応用も見込まれている。UWB 無線システムでは、インパルス信号を用いて通信が行われる。インパルス信号による無線通信は、従来の無線シ

システムに比べて非常に広い、数 GHz 幅の周波数資源を必要とする。電波の窓口となるアンテナは無線システムにおいて必要不可欠なコンポーネントであり、インパルス信号の送受信が可能な超広帯域アンテナの開発が UWB 無線システム実用化の鍵となっている。また、同システムを様々な機器に搭載するためには、システム全体のコンパクト化が必須であり、小型・薄型の超広帯域アンテナが要求される。アンテナに加えて、UWB 無線システムが有する低消費電力の利点を活かすための増幅回路の高効率化技術を開拓することと、UWB 通信と既存の無線通信との干渉を回避するための小形・高性能フィルタの開発も、UWB 無線システムの実現を促進するための重要技術課題である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、UWB 無線システムに適した RF コンポーネント実現のための基本技術を開発・提供することにより、UWB 無線システムの実用化・飛躍的發展に資するところにある。具体的には、以下の3項目について研究を進める。

(1) 超広帯域平面型アンテナ構成法の確立：インパルス信号の送受信に対応可能な超広帯域平面型アンテナの汎用的構成法の確立を最終目標として、次のテーマにつき研究を行う。

① UWB 通信用周波数 (3.1~10.6GHz) をカバーする超広帯域平面型アンテナの汎用的構成法の開発。

② 準ミリ波 (22~29GHz) UWB レーダーをターゲットとした平面型アンテナのための放射素子・給電回路の開発と、それらを用いた平面型アンテナ構成法の提案。

(2) UWB 用マイクロ波増幅器の高効率化技術の開発：UWB システムの更なる低消費電力化に寄与するマイクロ波増幅器の高効率化基本技術を開発する。

(3) UWB 用小形・高性能フィルタ構成法の開発：UWB 通信と既存の無線通信との干渉を回避するための小型・高性能フィルタ構成法を開発する。

## 3. 研究の方法

(1) マイクロ波超広帯域平面アンテナ構成法の開発：放射素子として、自己補対形のストリップ導体などを採用し、UWB 通信用周波数 (3.1~10.6GHz) において一様となるように、放射素子の形状・配置を工夫する。また、放射素子の小型化実現を目的として、高誘電率の誘電体基板上に放射素子を作成した場合について、上記と同様の観点から、放射素子の最適化を行う。さらに、放射素子と給電線路の

結合法の最適化を行う。

(2) 超高効率マイクロ波増幅器の高効率化基本技術の開発：ハーモニックリアクション電力増幅器を基本に、増幅デバイスから出力回路を見込んだ高調波インピーダンスの最適化、入力信号波形処理の適用などの新技術導入を基本方針として、90%以上の高効率が可能で新しい増幅器の基本構成を開発する。

(3) 超高性能小型フィルタの基本技術開発：マイクロストリップ線路やコプレーナ線路を基本素子としたリアクション型フィルタの研究開発を行う。UWB 通信用スペクトル分布に適合するフィルタ特性を実現するための共振器の形状・配置について、フィルタ形状の小型化の観点から最適化を行う。モーメント法による数値シミュレーションおよび実験による特性評価を行い、その結果を踏まえながら最適なフィルタ構成を見いだす。

(4) 準ミリ波超広帯域平面アンテナ構成法の開発：準ミリ波帯 (22~29GHz) をターゲットとした超広帯域平面アンテナの構成法を開発する。リモートセンシングに適した指向性を得るために、平面アレー構造を導入する。放射素子として自己補対形のストリップ導体を、給電線路としてマイクロストリップ線路やコプレーナ線路を採用する。

## 4. 研究成果

(1) マイクロ波超広帯域平面アンテナのための放射素子として、図1に示す葉状ボウタイ素子を開発した。理想的な励振状態を仮定した上で、FCC 認可の UWB 通信用周波数 (3.1~10.6GHz) において一様な放射指向性および利得の周波数特性を実現するための設計指針を明らかにした。また、放射素子の小型化を目的として、高誘電率の誘電体基板上に上記アンテナ素子を作成した場合の設計指針についても明らかにした。さらに、本アンテナ素子を励振するための広帯域給電回路を開発した。

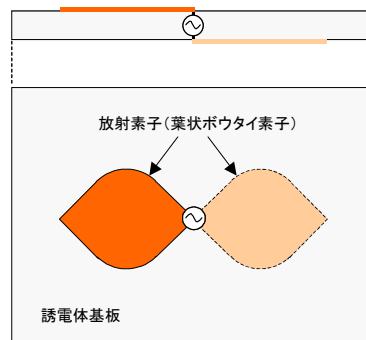


図1 葉状ボウタイ素子

- (2) UWB 無線と無線 LAN との相互干渉が懸念される 5GHz 帯を阻止帯域とすることが可能な UWB 無線用葉状ボウタイアンテナ (図 2) を開発した. X字型に配置されたストリップ素子を, 葉状ボウタイ素子の給電点に並列接続した構造について FDTD 解析を行い, 特性評価を行った. その結果, ストリップ導体の長さ, 配置角を調整することにより, 阻止帯域の中心周波数と帯域幅を任意の値に設定できることが明らかになった. 次に, 上記構造にテーパ状マイクロストリップ線路からなる給電回路を接続した場合につき, FDTD 解析および試作測定を行い, 解析結果の妥当性を確認するとともに, 提案構造が UWB 無線用アンテナとして有効であることを明らかにした.

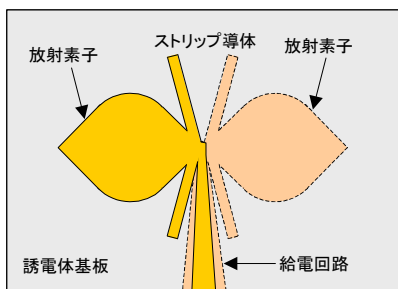


図 2 阻止帯域を有する葉状ボウタイアンテナ

- (3) 準ミリ波帯 (22~29GHz) UWB 無線をターゲットとした超広帯域平面アンテナの構成法を開発した. 準ミリ波帯におけるリモートセンシングに適した指向性を得るために, 平面アレー構造を導入した. 準ミリ波帯ではアンテナ素材 (導体, 誘電体基板等) の損失によるアンテナの諸特性劣化が問題となる. そこで, 各種損失によるアンテナ特性の劣化を極力小さくするための一構成法として, 誘電体支持反射板と葉状ボウタイ素子からなる超広帯域平面アレー構造 (図 3) を提案し, その有効性を FDTD 解析および測定の結果から明らかにした.

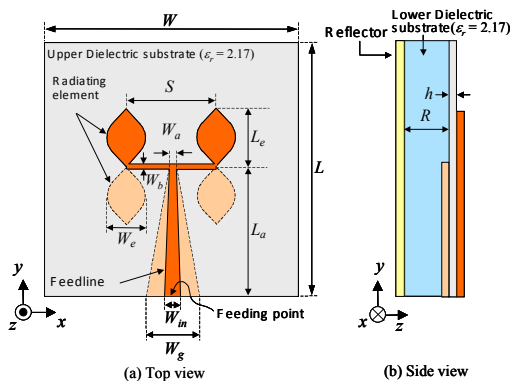


図 3 準ミリ波帯 UWB 平面アレーアンテナ

- (4) 分割オープンリング共振器を用いたリアクション型フィルタ (図 4) を開発した. 本構造は, マイクロストリップ線路を基本素子とした平面型のフィルタであり, 急峻なバンドリジエクション特性を有していることから, UWB 無線システムへの応用が期待される. オープンリング共振器の設計法を明らかにするとともに, 5GHz 帯における試作測定により, 提案構造の有効性を示した.

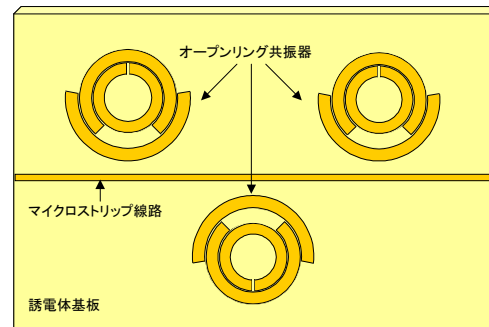


図 4 リアクション型フィルタ

- (5) 分割オープンリング共振器を用いたリアクション型フィルタを用いた, マイクロ波電力増幅器の隣接帯域ひずみ抑圧法を開発した. リアクション型フィルタおよびマイクロ波電力増幅器の特性を広帯域拡散無線通信信号に適用した際の数値解析および測定を行うことにより, リアクション型フィルタが広帯域拡散無線通信信号の隣接帯域ひずみ抑圧に有効であることを明らかにした. さらに, リアクション型フィルタがマイクロ波電力増幅器の高効率化に有効であることを明らかにした.
- (6) 高効率マイクロ波増幅器において, 2 次高調波注入を用いて 3 次および 5 次相互変調歪みを補償することが可能なプリディストーション方式を開発した. 本方式を高効率マイクロ波に導入し, 増幅器の出力バックオフを少なくとったときや低バイアス電流で増幅器を動作させるとき, 従来の 3 次歪み補償方式に比べより大きな歪み補償量を達成できることを明らかにした.
- (7) UWB 無線において用いられる OFDM などの, 平均電力対ピーク電力比の大きい変調信号の超高効率増幅を実現するために, エンベロープ・トラッキングによりドレイン電圧制御する方法を導入したハーモニックリアクション電力増幅器を提案し, 実験的検討によりその有効性を明らかにした.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① Toshikazu Matsushima, Manabu Yamamoto and Toshio Nojima, Ultra-Wideband Leaf-Shaped Bowtie Antenna with Band-Rejected Characteristics, Proc. of 2009 International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, pp. 959-962, 2009.
- ② 伊藤 禎宣, 飴谷 充隆, 山本 学, 野島 俊雄, UWB 用反射板付き葉状ボウタイアンテナの 2 次元アレー化に関する検討, 電子情報通信学会論文誌 B, 査読有, Vol. J91-B, No. 9, pp. 1029-1036, 2008.
- ③ Yoshinori Ito, Michitaka Ameya, Manabu Yamamoto and Toshio Nojima, Unidirectional UWB Array Antenna using Leaf-Shaped Bowtie Elements and a Flat Reflector, IET Electronics Letters, 査読有, Vol. 44, No. 1, pp. 9-11, 2008.
- ④ Michitaka Ameya, Manabu Yamamoto, Toshio Nojima and Kiyohiko Itoh, Leaf-shaped Element Bowtie Antenna with Flat Reflector for UWB Applications, IEICE Transactions on Communications, 査読有, vol. E90-B, no. 9, pp. 2230-2238, 2007.

[学会発表] (計 33 件)

- ① 徳山 大介, 準ミリ波帯 UWB 葉状ボウタイアレーアンテナの特性評価, 電子情報通信学会 2010 年総合大会, 2010 年 3 月 16 日, 東北大学.
- ② 西川 直哉, 700-MHz 帯 HMRA の出力波形観測, 電子情報通信学会 2009 年ソサエティ大会, 2009 年 9 月 16 日, 新潟大学.
- ③ 松嶋 俊和, 阻止帯域を有する UWB 用葉状ボウタイアンテナに関する基礎検討, 電子情報通信学会 2009 年総合大会, 2009 年 3 月 20 日, 愛媛大学.
- ④ ニッ森 俊一, 5 GHz 帯高温超伝導リアクション送信フィルタを用いた電力増幅器の隣接帯域ひずみ抑圧および電力効率改善, 電子情報通信学会マイクロ波研究会, 2008 年 12 月 12 日, 富山大学.
- ⑤ 山本 学, A Study on Unidirectional UWB Array Antenna Composed of Leaf-Shaped Bowtie Elements, The 10th International Joint Symposium between Hokkaido University and Chungnam National University, 2008 年 10 月 23 日, 北海道大学.
- ⑥ 松嶋 俊和, 高誘電率基板を用いた UWB 葉状ボウタイアンテナの小型化, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2008 年 7 月 23 日, 北海道大学.

- ⑦ 山本 学, UWB 用葉状ボウタイアンテナの小形化に関する検討, 2008 年電子情報通信学会総合大会, 2008 年 3 月 18 日, 北九州市立大学.
- ⑧ 飴谷 充隆, 葉形ボウタイ素子を用いた UWB 用 2 素子アレーアンテナの波形ひずみ評価, 電子情報通信学会 2007 年ソサエティ大会, 2007 年 9 月 11 日, 鳥取大学.
- ⑨ 飴谷 充隆, 反射板付き葉形ボウタイアンテナによるインパルス伝送時の波形歪みの評価, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2007 年 7 月 19 日, 登別市.
- ⑩ 伊藤 禎宣, UWB 用単一指向性葉形ボウタイアンテナの 2 次元アレー化に関する基礎検討, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2007 年 7 月 19 日, 登別市.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山本 学 (YAMAMOTO MANABU)

北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授  
研究者番号: 20301939

### (2) 研究分担者

野島 俊雄 (NOJIMA TOSHIO)

北海道大学・大学院情報科学研究科・教授  
研究者番号: 40344478

(H20→H21: 連携研究者)

日景 隆 (HIKAGE TAKASHI)

北海道大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号: 30312391

(H20→H21: 連携研究者)

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: