

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21560389

研究課題名（和文） ミニチュアレプリカによるチューナブルアンテナ

研究課題名（英文） Tunable antenna by miniature replica concept

研究代表者

新井 宏之 (ARAI HIROYUKI)

横浜国立大学・工学研究院・教授

研究者番号：00193053

研究成果の概要（和文）：本研究では小形アンテナの入力インピーダンスを制御するために、供試アンテナと相似形状で小さくした素子(ミニチュアレプリカ)を用いて実現することを目的として、その理論検討とモデル実験によりその効果を確認している。また、その応用としてミニチュアレプリカを用いた周波数チューニング機構を実現した。

研究成果の概要（英文）：This research proposes a new trimming method for frequency tunable antennas without changing the antenna pattern. The input characteristic of the antenna varies by arranging a non-resonant electric obstacle in its neighborhood, which does not cause the change in radiation pattern. This obstacle is called as “a miniaturized replica.” This research also proposes a frequency tuning function using this replica for the application.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス、電子機器

キーワード：マイクロ波・ミリ波

1. 研究開始当初の背景

電子機器のワイヤレス化が加速される中、内蔵されるアンテナに対してより一層の小形化・高性能化が求められ、様々な小形化手法が提案されている。小形アンテナの設計では入力インピーダンス整合をどのように取るかが大きな課題で、技術者が試行錯誤的に取り組んでいるのが現在の状況で、一般化された手法の実現が望まれていた。

アンテナを無線機器に接続するために、そ

の入力インピーダンスを無線機側と一致させることが不可欠で、特に小形アンテナにおいては、様々な手法が用いられている。アンテナの形状をパラメータとして入力インピーダンスを調整できるが、無線機器内への設置場所が定まっているときには、限定された範囲でしか調整できない。給電点付近に短絡線を配置するスタブ整合や、給電点にコイルやコンデンサで構成した整合回路を付加する手法が多く用いられている。しかし、前者はアンテナ構造に依存し、後者は対象となる

アンテナの入力インピーダンスを事前に測定した上で、給電点付近に小さな素子や集中定数回路を半田付けする必要があるため、アンテナの形状によって扱い方が大きく異なるという問題があった。

2. 研究の目的

(1) クリアランスの概念の利用

申請者は小形アンテナの電気的な大きさを定義するため、アンテナ近傍の電磁界分布に着目し、アンテナ特性とその電気的体積を比較する研究に取り組み、電磁界分布の強度で定まる等高線で囲まれた体積とアンテナQ値の関係性を明らかにした。そして、アンテナの電気的な大きさを一般化して定義するため、アンテナ近傍に導体棒、または、供試アンテナと同一形状の共振器を配置することで生じる入力インピーダンスの変動率から、アンテナのクリアランスという概念を新たに提唱して評価することを可能とした。

(2) ミニチュアレプリカの提案

クリアランスの定義に用いる同一形状の共振器が、アンテナの入力インピーダンスに最も大きく影響することに注目すると、共振器の位置によって入力インピーダンスの制御可能となる。そこで、供試アンテナの指向性に影響を与えないように、共振器の形状を保ったまま小形化した素子（ミニチュアレプリカ）をアンテナ近傍に配置すると、アンテナの入力インピーダンスを制御できることが明らかになっていた。

上記のクリアランスの概念を利用し、小形アンテナの整合法として従来の手法とは全く異なる観点から、ミニチュアレプリカを用いてアンテナ入力インピーダンスの整合機構を実現することを目的として研究を行った。

3. 研究の方法

(1) ミニチュアレプリカの定義

本研究では、まず、供試アンテナに対するミニチュアレプリカの定義を求めた。ミニチュアレプリカは供試アンテナの縮小版を作成することで実現できるが、構造が複雑なものに対しては形状加工が難しくなる。アンテナの放射に大きく寄与するモードに着目し、給電部近傍の形状に対して電気的に相似形を保てば良いことを明らかにした。これを確認するために、複数の典型的な形状のアンテナにミニチュアレプリカを用いて、その入力インピーダンス特性を制御させるための条件を求めることで、電気的ミニチュアレプリカの定義を明らかにした。

(2) ミニチュアレプリカの物理的な意味

次に、ミニチュアレプリカの物理的な意味を明確にするための検討を行った。例えば折り返し構造を一部に有する逆F形アンテナ等では、その動作が同相モードと逆相モードに分解して説明され、アンテナからの放射に対しては同相モードが支配的であることを考慮すると、対象となるアンテナの励振モードに着目すればよいことになる。このような供試アンテナに対する支配的なモードに対してのミニチュアレプリカの形状を決定することが有効であることを明らかにし、より単純な形状、かつ電気的に等価で入力特性を制御することが可能となることを、図1に示すC形とH形アンテナについてレプリカの形状を単純な棒状と励振モードに寄与するループ形状を考え検討を行った。

(3) ミニチュアレプリカの適用例

この結果は図2に示すように励振モードに寄与するレプリカ構造を配置することで、入力インピーダンスの変化率は単純な棒状構造に比べて倍以上取れることを明らかにした。図中、青線と赤線の差がこの効果を示している。なお、このインピーダンス変動の範囲内ではアンテナの指向性に対して影響を及ぼさないことを確認している。

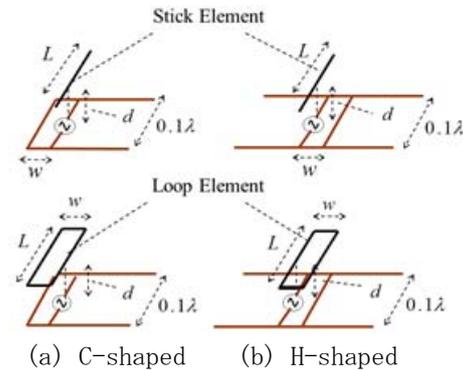


図1 レプリカ形状の決定

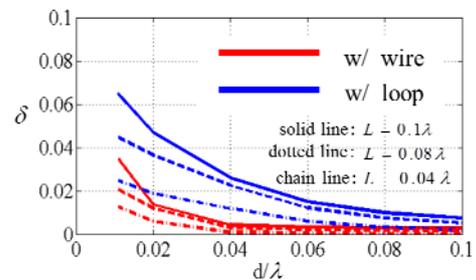


図2 レプリカに対するC形アンテナの入力インピーダンスの変化率

以上の基礎的な検討結果より、本研究で提案したミニチュアレプリカを供試アンテナに近接して配置することでアンテナの指向性を変化させることなく入力インピーダンスを制御できることを明らかにした。この成果をもとに共振周波数を調整可能なアンテナについて試作を行ってその効果を確認する。

4. 研究成果

(1) 周波数チューニングの実証モデル

ミニチュアレプリカによるアンテナの入力インピーダンス制御は周波数チューニングに応用することができる。本研究ではこの効果を確認するために、レプリカの有無を電気的なスイッチのオン・オフで等価となるような図3に示す試作モデルを作成した。このアンテナはH形アンテナのグラウンド板によるイメージを考慮したモデルである。

この構造ではレプリカがグラウンド板に設置しているとき、図1のモデルと等価となるので、レプリカを構成する π 形の素子の一方を短絡し、他方にピンダイオードを用いたスイッチを組み込むことでレプリカのオン・オフを実現する。実際に試作したアンテナモデルを図4に示す。レプリカのオン・オフは3Vのバイアス電圧を加えることによって制御している。なお、ピンダイオードの回路定数を補正して理想的なスイッチ動作が得られる補償回路を用いている。

(2) 周波数チューニングの検証

この構成によって周波数チューニングを行った結果を図5に示す。レプリカのオン・オフによりアンテナの共振周波数が制御できていることが分かる。以上により、ミニチュアレプリカを用いた周波数チューニングアンテナが実現できることを実験的にも確認した。

この周波数チューニングによってアンテナの指向性に変化があるかどうかを確認したものが図6, 7である。これから分かるように、ミニチュアレプリカによる周波数チューニングは指向性に影響を与えず、非常に有効な手法であることが明らかになった。

以上のように本研究では、アンテナのクリアランスの概念を用いたアンテナの入力インピーダンスの制御手法を提案し、その応用例として周波数チューニングを指向性に影響を与えることなく実現できる手法を確立した。

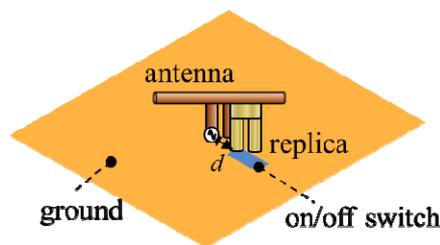


図3 周波数チューニングアンテナの構成

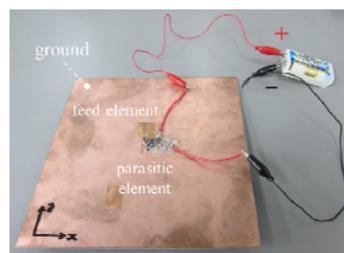


図4 試作アンテナモデル

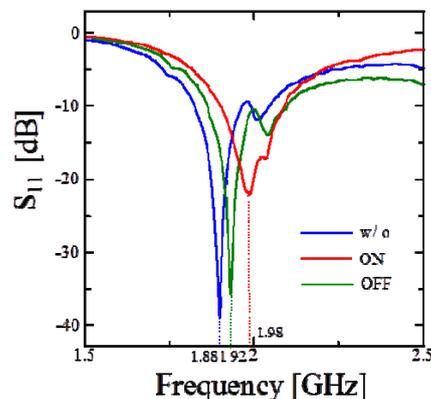
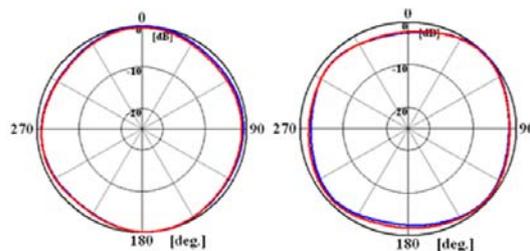
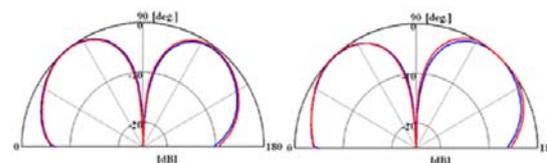


図5 レプリカのオン・オフによる制御



(a) 1.89GHz (b) 2.05GHz

図6 水平面内指向性, 赤がオン, 青がオフ



(a) 1.89GHz (b) 2.05GHz

図7 垂直面内指向性, 赤がオン, 青がオフ

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)

[学会発表] (計5件)

- ① Hiroyuki Arai, A Voltage - Boosting Antenna for RF Energy Harvesting, 2012 IEEE International Workshop on Antenna Technology, 2012年3月5日、Tucson, Arizona.
- ② Hiroyuki Arai, Hiroki Ohta, Frequency Tunable Antenna by non-Resonant Parasitic Element, International Symposium on Antennas and Propagation, 2011年10月25日、Jeju, Korea.
- ③ Akiko Yamada, Hiroyuki Arai, Evaluation for RFID Tag Antennas by Antenna Clearance Based on Power Reflection Coefficient, The 5th European Conference on Antennas & Propagation 2011, 2011年4月12日、Rome, Italy.
- ④ 太田浩樹, 新井宏之, 非共振寄生素子を用いたアンテナ入力特性の制御法の検討、電子情報通信学会 総合大会、2011年3月15日、東京都市大学 世田谷キャンパス.
- ⑤ 山田亜希子, 新井宏之, 電力反射係数による RFID タグアンテナのクリアランス評価、電子情報通信学会 アンテナ・伝播研究会、2011年1月20日、佐賀大学本庄キャンパス.

[その他]

ホームページ等

<http://www.arailab.dnj.ynu.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新井 宏之 (ARAI HIROYUKI)
横浜国立大学・工学研究院・教授
研究者番号：00193053

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：