

# マイクロ波・ミリ波アンテナおよびアンテナシステムの新しい展開



岡村 康行\*

Recent Development in micro-and millimeter-wave antennas and their system

Key Words : micro wave antenna, antenna system

## はじめに

現代社会は、テレビやラジオを始めとして携帯電話、無線LAN、RFタグなど様々な電波が飛び交う環境に置かれており、さらに複雑化の傾向にある。このような電波状況下に対応したマイクロ波・ミリ波アンテナおよびアンテナシステム(環境適応アンテナ、複雑電波環境アンテナシステム、アクティブ集積アンテナ、次世代RFタグ用アンテナなど)の研究をおこなっており、本文ではその一端を紹介する。

### 環境適応アンテナ<sup>[1]</sup>

アンテナを利用した通信システムでは通常ひとつの周波数を用いられるが、通信システムの高度化に伴い、異なった周波数を用いられ、通信周波数が混在する。このような電波状況においてもひとつのアンテナを用いて電波を受信することが望まれ、マルチバンドアンテナが必要となる。図1に示すようなマイクロストリップライン(誘電体基板の一面全面に金属箔が付けられ、片面には幅の狭い金属ラインが形成されている構造の伝送線路)で構成した2周波動作のパッチアンテナを考案し、その有用性を確認している。その特徴は、電波を放射するパッチ(長方形の金属部)の端部の誘電体厚を他の部分より

薄くし、一点給電による2周波動作が可能になる点にあり、一種類の誘電体とひとつのパッチによって2周波の電波を送受信できる。図2は、アンテナの

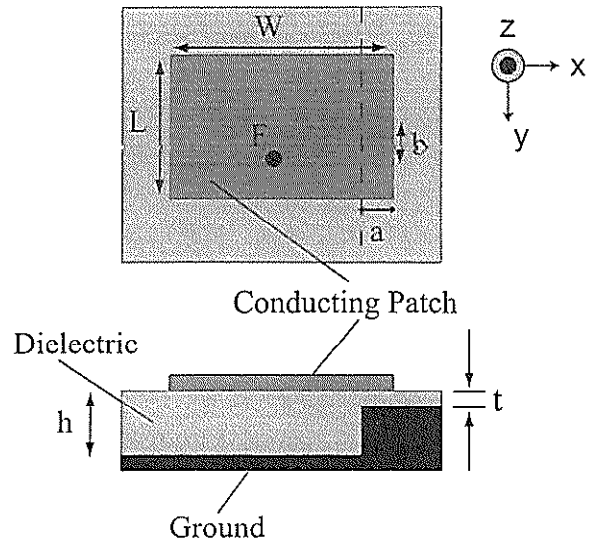


図1 2周波動作のマイクロストリップアンテナ

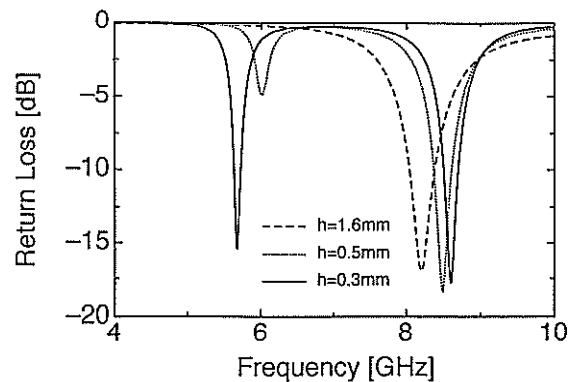
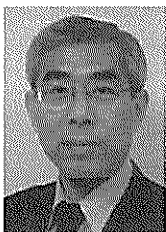


図2 2周波動作マイクロストリップアンテナの反射損失特性



\* Yasuyuki OKAMURA  
 1950年9月生  
 大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了  
 現在、大阪大学・大学院基礎工学研究科、教授、工学博士、光エレクトロニクス、電磁波工学  
 TEL 06-6850-6305  
 FAX 06-6850-6341  
 E-Mail okamura@ee.es.osaka-u.ac.jp

動作を示す，周波数に対するアンテナへの供給電力を表わしたものであり，反射損失特性と呼ばれる．反射損失が小さいほどアンテナに電力が供給される．この図は，パッチの寸法を $L=10\text{mm}$ ， $W=12\text{mm}$ ，給電点 $F$ の位置 $b$ を $2.5\text{mm}$ ，誘電体基板の厚さを $1.6\text{mm}$ とした場合，パッチ端部の基板厚を3種類選び，反射損失特性を描いたものである．誘電体厚が一様な場合，一点の周波数のみで反射損失が小さくなっているが，薄くすることにより2点の周波数で反射損失が小さくなり，2周波動作のアンテナになっていることが分かる．

### 複雑電波環境アンテナシステム<sup>[2]</sup>

携帯電話やRFタグのように多数の送受信局が配置された通信システムでは通信プロトコルによる局間の衝突回避が行われているが，局数の増加に伴い，多数回の読み取りや認識速度の低減などの問題点が生じてくる．これを回避するひとつの手段として，多重音声認識の分野で用いられている独立成分分析をアンテナシステムへ適応することを行っている．独立成分分析を用いた手法は，従来の手法で必要とされてきた遠方近似や自由伝搬環境仮定あるいはアンテナの校正が不要となる特徴を有し，さらに適応制御が困難とされてきた環境においても機能する．例えば複雑な電波環境を経て到来した信号と干渉波との分離，受信アンテナ局が時間的に変動する場合の信号分離などが可能となる．

図3は，多重送受信局で構成されたアンテナシステムへ独立成分分析を適応した場合の概念を示したものであり，未知の環境を伝搬してきた複数の送信

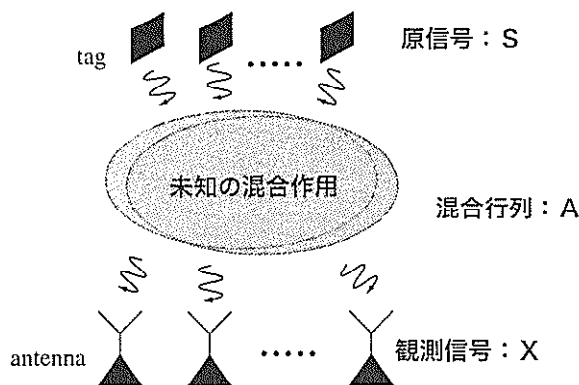


図3 多重送受信局で構成されたアンテナシステム

局からの信号を複数のアンテナで受信し，原信号を分離しようとするものである．原信号を $S$ ，混合行列を $A$ とすると，既知の観測信号 $X$ は， $X=AS$ とあらわせる．ここで，復元行列を $W$ とし，復元信号を $Y$ としたとき， $Y=WX=S$ となる $W$ を求める．もし $A$ が既知であれば $W=A^{-1}$ と簡単に求まるが，一般には $A$ は未知である．そのため $W$ を推定する必要がある，複数波源の相互情報量が最小になるように $W$ を $W_n=(I-E[\phi(Y)Y^T])W_{n-1}$ の反復計算から求めた．ここで， $\phi(\chi)$ は源信号の確率分布により決まる関数であり，経験的に $\phi(\chi)=\chi^3$ や $\phi(\chi)=\tanh(\chi)$ が用いられる．

方向が異なる2つの点波源から信号が到来し，2点で信号を観測した場合のシミュレーション実験をおこなった．波源と観測点が十分に離れ，各々の波源が独立し， $2.45\text{GHz}$ の搬送波をパルス幅が $10\mu\text{s}$ のパルス信号で振幅変調したマイクロ波を，1波長離れた複数の観測点において直交検波する．ここではパルス長を64bit，サンプリング周期を $0.5\mu\text{s}$ とした．なお，信号処理の簡単化のため，直交検波した信号のうち余弦成分だけを利用した．処理結果を図4に示す．上2本が波源の振幅変調波形，中2本が観測信号波形，下2本が復元信号波形である．混合された2信号が良好に分離されていることがわかる．

搬送波:2.45GHz  
 信号到来方向 ( $\chi=30^\circ, 30^\circ$ )  
 位相差: $60^\circ$   
 ビットレート:0.1Mbps  
 サンプリング時間:0.5 s

復元行列初期値: $W_0=I$   
 更新ステップ: =0.5  
 更新回数:1000

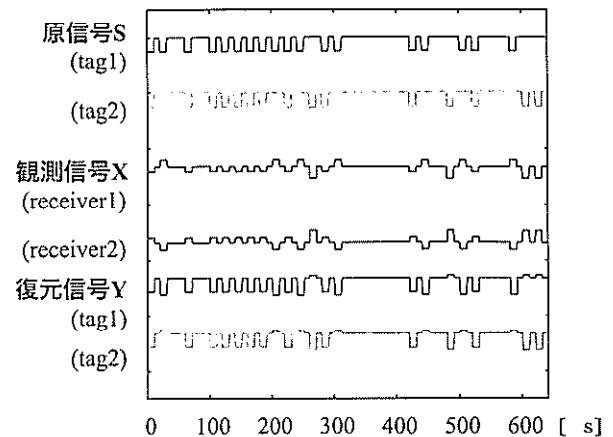


図4 独立成分分析によるシミュレーション実験結果

### アクティブ集積アンテナ<sup>[3]</sup>

無線による電力の供給は、宇宙発電の地上への送電や飛行船への送電あるいはバッテリーレス駆動、コードレス充電などへの応用が期待されている。その実現の鍵をにぎるアンテナとして、マイクロストリップパッチアンテナに負性抵抗素子を装荷した発振器一体型のアクティブアンテナの集積化によるマイクロ波平面発振源の実現に取り組んでいる。このような構造をとることにより給電構造の簡素化が可能となり、高効率化が期待できる。さらに大面積化

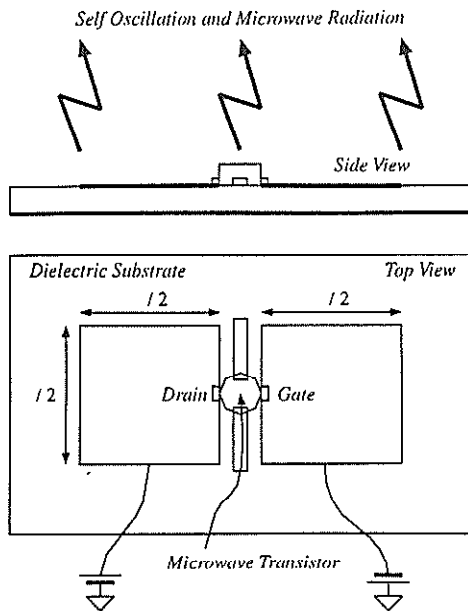


図5 マイクロストリップアクティブアンテナ

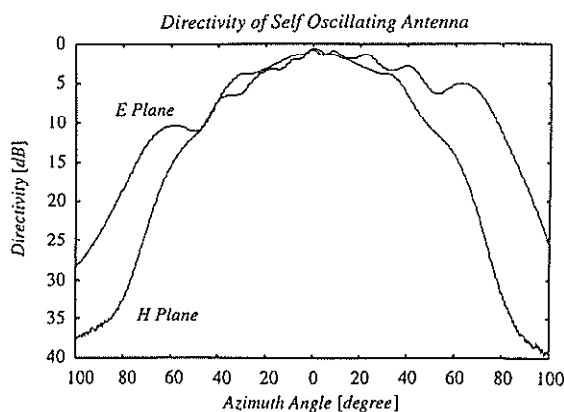


図6 マイクロストリップアクティブアンテナの放射指向特性

による大出力化や高指向性化も容易になる。また、装荷した発振器の同期制御によってアンテナ指向性を任意に変えることも可能となる。

図5は、一素子分のアクティブアンテナの構造を示したものである。誘電体基板に半波長の幅をもつパッチアンテナを二つ配列し、その間に負性抵抗素子として動作するFETを装荷した構造になっている。図6は一素子のアクティブアンテナの放射指向性を示したものである。アンテナ外部には発振器を接続していないが、アンテナ内部に装荷した負性抵抗によるマイクロ波の発生によって電波が放射され、通常のパッチアンテナと同等の放射指向性を有していることがわかる。

### 次世代RFタグ用アンテナ<sup>[4]</sup>

電子方式認識(RFID)の自動認識システムが積極的に導入され、様々な分野で利用されている。これにはRFタグと呼ばれる、情報を保持する機構と外部との情報をやりとりするためのアンテナから構成された集積回路が用いられる。その規格は通信距離ではなく、周波数帯で決められており、135 KHz帯は非接触ICカードなどに、また13.56 MHz帯はバーコードに替わる商品管理用タグにもちいられている。通信距離は前者で10 cm、後者で1 m程度である。しかし、900 MHz帯や2.45 GHz帯を用いると通信距離の拡大化が期待でき、応用が広がる。2.45 GHz帯RFタグ用のアンテナの開発にも取り組んでおり、具体的には図書館の管理システムへの応用を考えている。

図7は、受信電波から電力を取り出すための整流回路を内蔵したタグ用アンテナの構造を示している。比誘電率3.5、厚さ0.25 mmの誘電体基板上に設けたプリントダイポールアンテナ(長さ0.5波長、幅0.005波長)の中央にダイオード検波回路を装荷している。ここではさらに、ダイポールアンテナに並行して距離0.05波長の位置に幅0.2波長の反射板を装荷し、特性の向上を目指した。通常のパッチアンテナからタグ用アンテナへ2.45 GHzのマイクロ波を照射し、アンテナ部で検波した電圧を観測した。反射板の長さを変化させると検波電圧は大きく変化し、0.42波長で最大1.7 mVの検波電圧が観測され、整流回路を考慮に入れたアンテナからも電力を取り出すことが可能であることがわかった。それぞれの場合の指

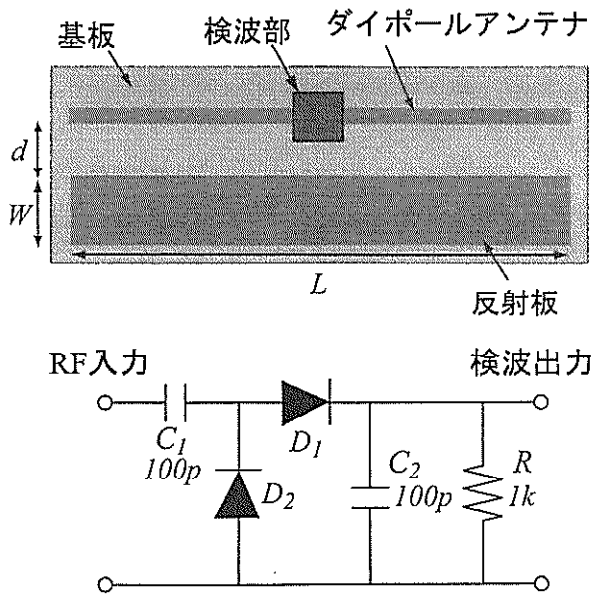


図7 2.45GHz帯RFタグ用アンテナ

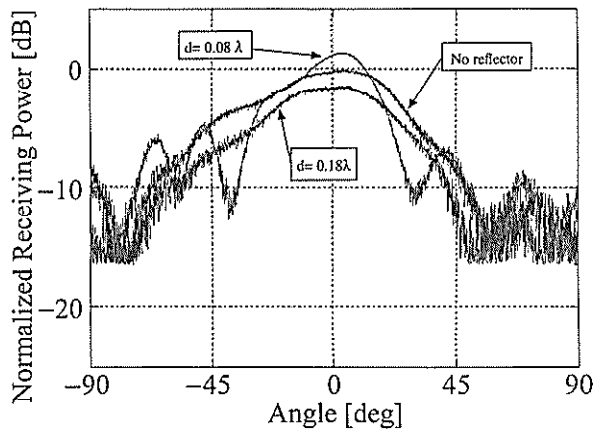


図8 RFタグ用アンテナの放射指向特性

向性を図8に示す。反射板を設けることにより指向性が先鋭化されていることがわかる。

まとめ

我々の研究室において現在進めているマイクロ波・ミリ波アンテナ研究についての現状を述べた。端緒についたばかりの研究もあるがユビキタス情報社会において有用なアンテナおよびアンテナシステムの確立を目指していきたい。

謝辞

本稿で述べた研究内容は、研究室のスタッフ、学生によって行われているものであり、また本稿を準備するに当たり、研究室のスタッフにお世話になった。

参考文献

- [1] 北谷, 沖田, 岡村: 部分的に異なる厚みをもつ誘電体基板を用いた二周波共用パッチアンテナの検討, B-1-180 2005年電子情報通信学会総合大会
- [2] 高橋, 塩見, 岡村: 独立成分分析による複数無線タグの同時読取に関する検討, B-1-132 2005年電子情報通信学会総合大会
- [3] 小林, 塩見, 岡村: 誘電体板で覆われたアクティブパッチアンテナの指向性, B-1-193 2005年電子情報通信学会総合大会
- [4] 加藤, 塩見, 岡村: 蔵書管理用無線タグ平面アンテナの諸特性, B-1-130 2005年電子情報通信学会総合大会

