

平成 21 年 5 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19560331

研究課題名（和文） 変調プローブアレーを用いた電磁界の位相測定の研究

研究課題名（英文） Research on Phase Measurement of EM Wave Using Modulated Probe Array

研究代表者

陳 強 (CHEN QIANG)

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30261580

研究成果の概要：

変調プローブアレーを用いた電磁界の位相の測定法として、IF 信号取り込み法を提案し、実験により、その有効性を検討した。

提案法は、変調散乱の信号を周波数領域で受信し、その IF 周波数成分の位相情報から、被測定信号の位相情報を取り出す手法である。本手法を変調プローブアレーを用いた電磁界測定システムに適用し、位相測定の実験システムを構築し、実験を行った結果、本手法による位相測定が可能であることが確認できた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
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・電子デバイス・電子機器

キーワード：波動利用工学

## 1. 研究開始当初の背景

近年、無線通信の普及と発展に伴って、携帯電話端末、無線 LAN 端末、RFID リード機などの無線通信端末機の研究開発が盛んに行われており、無線通信端末機に搭載されるアンテナシステムの性能を高速でかつ高精度で測定できる有効な測定システムの研究開発が急務となっている。

無線通信端末機のアンテナの性能を評価するに当たって、アンテナの放射指向性、放射効率が重要な評価指標である。しかしながら、これらのパラメータを測定するために、

アンテナを囲む全立体角においてアンテナの放射電力を測定する必要があり、従来の機械式走査法では、3次元スキャン装置を用いた測定法では数分から数十分ほどの測定時間が必要となる。また、次世代高速無線通信を実現するために、無線通信端末機に数本のアンテナを搭載し、通信時の環境に応じてアンテナの指向性を制御するアダプティブアンテナの研究開発が行われているなかで、アダプティブアンテナを実験的に評価するためには、各アンテナ素子から放射する電磁波の振幅だけでなく、位相の測定も必要である。本研究者は過去の研究で変調散乱を用い

た電磁界の同時測定法を提案している。本測定法では、変調散乱の技術を利用し、複数の測定地点に異なる周波数のローカル信号が印加された変調散乱素子を配置し、各変調素子に到達した電磁波の変調波を受信することにより、それぞれの地点における電磁波の強度と位相を同時に測定するものである。本提案手法は、各変調散乱素子に周波数の異なるローカル信号を印加することにより、変調波の周波数から各変調散乱素子を特定するという点で、従来法と違っており、より低コストで多数の地点で同時に電磁波を測定することができる。

しかしながら、本提案法では各プローブに異なる周波数のローカル信号を印加する方式を取っているため、受信した変調波から各プローブの受信信号の位相を分離することができない。

## 2. 研究の目的

本研究は、変調技術を用いた電磁界の同時測定法における位相測定法を確立し、その有効性を確認することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、変調プローブアレーを用いた電磁界の位相の測定法として、IF信号取り込み法を提案し、その有効性を検討した。

提案法のシステム構成を図1に示す。送信信号はアンテナから放射され、2つの受信用変調プローブに受信される。受信されたIF信号は、フィルタを通して、リアルタイムスペクトラムアナライザ（RSA）に受信され、信号処理される。

本提案法は、受信されたIF信号の周波数成分の位相情報から、被測定信号の位相情報を取り出す手法である。図2に位相測定の原理を示す。受信した変調散乱信号の周波数スペクトラムでは、変調されたIF信号が被測定アンテナの放射されたRF信号のスペクトラムの両サイドに現れる。両サイドのIF信号のスペクトラムには、RF信号の位相成分の和と差が含まれているため、両サイドのIFスペクトラムの位相を計測することにより、RF信号のスペクトラムの位相を算出することができる。本手法を変調プローブアレーを用いた電磁界測定システムに適用するために、位相測定の実験システムを構築し、実験を行った。

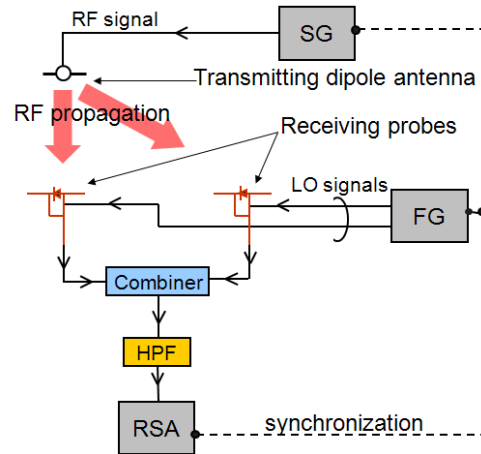


図1 提案された位相測定システムの構成図

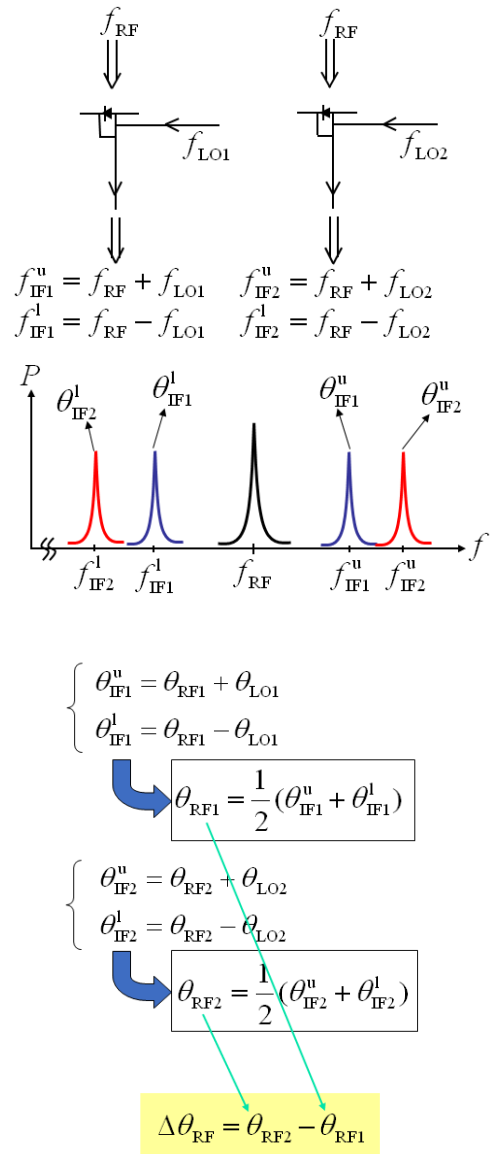


図2 位相測定の原理

#### 4. 研究成果

本提案手法により、変調プローブアレーを用いた電磁界の位相測定が可能であることが実験により確認した。

まず、実験システムを構築した。図3にシステムの構造図を示す。電波無響室の中で、被測定RF信号は左側にある送信アンテナから放射される。放射されたRF信号は、右にある2つの変調プローブ(MP)に受信され、図1に示すような信号処理システムに送られる。2つの変調プローブの間の距離を可変にしている。実験システムの実験の様子を図4に示す。また、実験で使用した電波の周波数などの実験システムのパラメータを表1にまとめています。

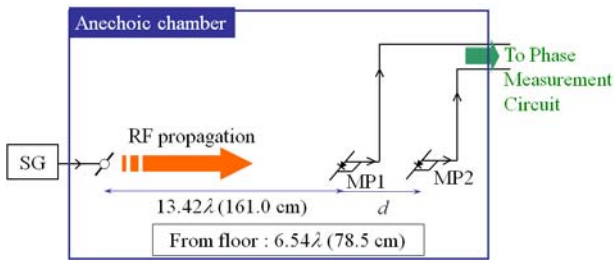


図3 実験システムの構造図

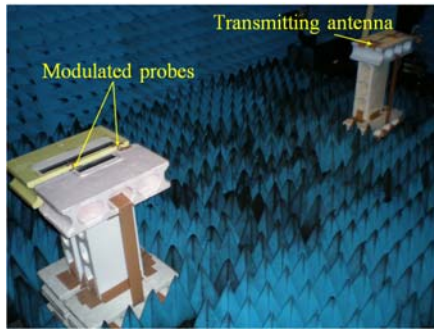


図4 実験システムの様子

Item	Performance
Frequency of RF signal	2.5 GHz
Amplitude of RF signal	0 dBm
Frequency of LO signal	6.875 kHz, 12.5 kHz
Input voltage of LO signal	$V_{p-p} = 4\text{ V}$
Center frequency of receiving span	2.5 GHz
Receiving span	100 kHz
Number of sampling points	1024
Acquisition time	6.4 msec.

表1 実験システムのパラメータ

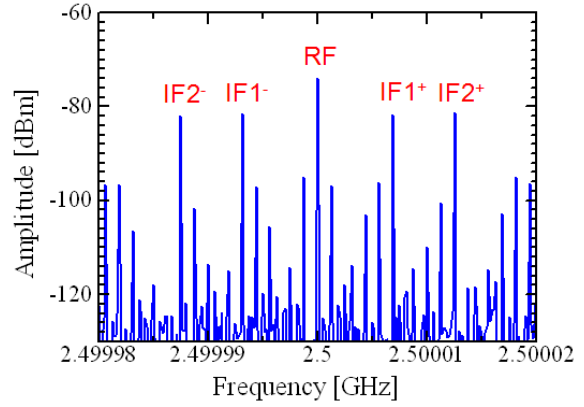


図5 受信スペクトラムの実験値

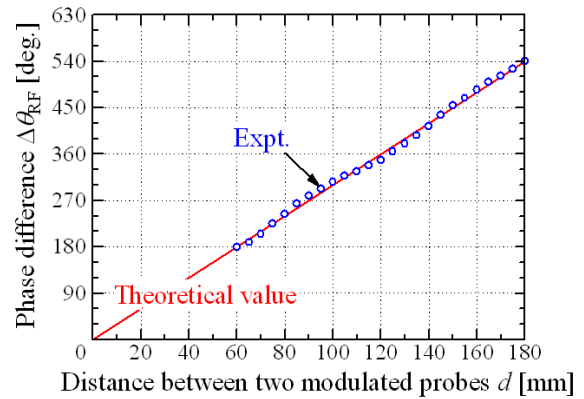


図6 受信プローブ間の相対位相

図5には、測定された受信信号のスペクトラムの一例である。RF信号の周波数を中心に、LO信号と変調したIF周波数のスペクトルが両サイドに広がっていることが確認できる。これらのIFスペクトルと図2に示す位相導出の式を用いて、2つの受信プローブによる受信信号の相対位相を求めた。

以上のように、受信プローブ間の距離 $d$ を変化し、測定した受信プローブ間の相対位相(位相差)を測定した結果を図6に示す。距離が増大すると共に、位相差が距離とほぼ比例するように大きくなっていることが分かった。また、自由空間中の波数を用いて、距離差による位相差の理論値を計算し、実験値と理論値の比較を行った。両者がよく一致しており、本提案法の有効性が確認できた。

上述のように、本研究では、変調技術を用いた電磁界の同時測定法における位相測定法を確立し、その有効性を確認することができた。これらの研究成果により、従来提案した変調プローブアレーを用いた電磁界の振幅のみの同時測定システムは、電磁波の振幅と位相を同時に測定することが可能となり、変調プローブアレーを用いた測定システムの実用化に向かって大きく前進した。

## 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 4 件)

- ① S. Kato, Q. Chen, and K. Sawaya, "Current Estimation on Multi-Layer Printed Circuit Board with Lumped Circuits by Near-Field Measurement," IEICE Transactions on Communications, vol. E91B, 3788-3791, (2008), 査読有.
- ② Q. Chen, S. Kato, and K. Sawaya, "Estimation of Current Distribution on Multilayer Printed Circuit Board by Near-Field Measurement," IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 50, 399-405, (2008), 査読有.
- ③ Q. Chen, L. Wang, T. Iwaki, Y. Kakinuma, Q. Yuan, and K. SAWAYA, "Modulated scattering array antenna for MIMO applications," IEICE Electron. Express, vol. 4, 745-749, (2007), 査読有.
- ④ Q. Chen, K. Sawaya, T. Habu, and R. Hasumi, "Simultaneous Electromagnetic Measurement Using a Parallel Modulated Probe Array," IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 49, 263-269, (2007), 査読有.

[学会発表] (計 3 件)

- ① T. Mizukami, Q. Chen and K. Sawaya, "A Measurement Method Using a Modulated Probe Array for Phase of Electromagnetic Field," 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2009年3月10日, マカオ大学, マカオ.
- ② 水上 透, 陳 強, 澤谷邦男, "変調プローブアレーを用いた電磁界の位相の測定法," 次世代無線設備試験認証技術研究会, 2008年9月12日, 防衛大学校, 横須賀市.
- ③ 水上 透, 陳 強, 澤谷邦男, "変調プローブアレーを用いた電磁界の位相の測定法," 東北大学伝送工学研究会, 2008年1月29日, 東北大学.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

陳 強 (CHEN QIANG)

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 30261580

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし