

# 公益的研究助成進捗状況概要報告

平成21年度（研究期間 平成21年4月～平成21年12月）

財団法人 テレコムエンジニアリングセンター

## はじめに

財団法人 テレコムエンジニアリングセンターは、公益事業の一環として、平成18年度から公益的調査研究助成事業を実施しております。助成の対象は、無線機器の試験、電波の測定等一般に関する調査研究であり、これらの調査研究に携わる研究者の皆様を対象に、調査研究に対する助成および研究集会に対する助成を実施しております。

平成18年度分、19年度分として選考いたしました調査研究テーマにつきましては、それぞれ平成19年4月、平成20年4月より助成を開始しております。これらの調査研究テーマは各々2～3年計画として実行されるものですが、研究者の方々から平成20年の12月までの研究進捗状況の概要をご提供いただきましたので、報告いたします。

また、平成20年度分として新たに選考いたしました5件の調査研究テーマにつきましては、平成20年4月より助成を開始しております。これらの調査研究テーマは各々2～3年計画として実行されるものですが、研究者の方々から平成20年の12月までの研究進捗状況の概要をご提供いただきましたので、報告いたします。

さらに、平成19年度から開始しております、研究集会助成につきましても、前年度の活動経過報告をご提供いただきましたので、報告します。

# 平成21年度公益的研究助成進捗状況概要報告 目次 1

(平成18年度選考の3年目)

1. 基準アンテナを利用したSARプローブ較正における不確かさに関する調査研究 --- 5  
新潟大学工学部 准教授 石井 望
2. アレー補間に基づいた適応信号処理技術とその電波伝搬環境推定への応用 ----- 6  
横浜国立大学大学院 准教授 市毛 弘一
3. ウェアラブル機器による近距離無線通信技術に関する調査研究 ----- 7  
千葉大学フロンティアメディカル工学研究開発センター 准教授 高橋 応明
4. 変調プローブアレーを用いた電波測定法の研究 ----- 8  
東北大学大学院 准教授 陳 強
5. ミリ波電波計測のための開口面アンテナ装置および測定法に関する調査研究 ----- 9  
同志社大学工学部 教授 出口 博之
6. 無線通信システムの信頼性評価シミュレーションに関する調査研究 ----- 10  
中央大学工学部 教授 牧野 光則

## 平成 21 年度公益的研究助成進捗状況概要報告 目次 2

(平成 19 年度選考の2年目)

11. モノポールアンテナの置換測定法の研究開発 -----	11
産業技術総合研究所 研究員 石居 正典	
12. 移動通信携帯端末に適するマルチアンテナ技術に関する研究 -----	12
仙台高等専門学校 准教授 袁 巧微	
13. アンテナで発生する相互変調ひずみの測定環境に関する調査研究 -----	13
横浜国立大学大学院 准教授 久我 宣裕	
14. 帯電人体からの気中放電における放電電流の特性測定 -----	15
名古屋工業大学大学院 助教 高 義礼	
15. マイクロ波リモートセンシングによる湿地帯水域観測のための 偏波散乱測定に関する調査研究 -----	16
新潟大学教育学部 准教授 佐藤 亮一	
16. アンテナ近傍波源に対する一般化インパルス応答の構成法 および測定法に関する調査研究 -----	17
東京工業大学教育工学開発センター 准教授 西方 敦博	
17. 衛星通信・放送システム及び衛星搭載レーダの広域地表電力束密度(PFD) 計測技術の研究 -----	18
首都大学東京システムデザイン研究科 教授 福地 一	
18. 広帯域干渉電波の発生源位置検出に関する調査研究 -----	19
福井大学大学院 准教授 藤元 美俊	

## 平成 21 年度公益的研究助成進捗状況概要報告 目次 3

(平成 20 年度選考の 1 年目)

21. 全身に吸収される SAR の測定法に関する研究 -----	20
東京農工大学大学院 講師 有馬 卓司	
22. SAR の簡易測定法の調査研究 -----	21
防衛大学校電気情報学群 助教 道下 尚文	
23. 差動伝送系機器からの電磁妨害波の抑制法の開発 ---- -- -----	22
秋田大学 理事・副学長 井上 浩	
24. 人体通信における埋め込み型医療機器の EMC 評価法に関する研究 -----	23
名古屋工業大学大学院 教授 王 建青	
25. アレーアンテナの精密キャリブレーション手法とその高機能化に関する研究 -----	24
新潟大学自然科学系 教授 山田 寛善	

## 公益的研究集会助成進捗状況概要報告 目次 4

(平成19年度選考の2年目)	
31. 次世代無線設備試験認証技術研究会・ワークショップ -----	27
同志社大学工学部 教授 笹岡 秀一	
(平成20年度選考の1年目)	
32. 医用生体電磁気学研究会 -----	28
首都大学東京大学院 教授 多氣 昌生	
(平成20年度選考の1年目)	
33. 人体周辺の電波利用技術時限研究専門委員会 -----	29
東京農工大学工学部 教授 宇野 亨	

## 1. 基準アンテナを利用したSARプローブ較正における不確かさに関する調査研究

新潟大学工学部 准教授 石井 望

無線端末機器の標準的な SAR 測定においては、頭部等価評価液剤中で動作する電界プローブを較正する必要がある。本調査研究では、導波管を利用しないプローブ較正システムで利用する基準アンテナ利得の測定に関する不確かさを検討している。平成 21 年度は以下の知見を得た。

- 1) 5.2GHz における SAR プローブに対して、頭部等価液剤中における近傍界領域における電磁界の振る舞いを考慮に入れた SAR プローブ較正法に関する不確かさの評価を行った。具体的には、液剤中において動作するサンドウィッチダイポールアンテナ（以下、SWDA）の近傍界利得の較正法において、これまでの距離依存項を拡張し、アンテナ間の距離  $r$  の逆数のべきに比例する項  $1/r^n$  を追加して、近傍界の振る舞いに追従できるように利得較正の原理式を改良した。推定すべき項数が増えると、不確かさが大きくなる傾向にあること、追加した項  $1/r^n$  の係数を推定する際に正規方程式を解く必要があり、その係数が数値計算上の桁落ちを起こすことを明らかにした [1]。
- 2) 5.2GHz において液剤中で動作するアンテナとして、平成 20 年度にオフセット給電型 SWDA を開発したが、実験的にその近傍放射分布が対称でないことが判明した。較正用アンテナとして放射対称性が求められることから、オフセット給電を行わずにバランスを取り付けて中央給電するものとして、2.45GHz において SWDA の改良を行っているところである。
- 3) 5.2GHz 帯でのプローブ較正方法として、本プローブ較正システムのリファレンスアンテナとして導波管開口を利用する方法について解析的に検討を行った。その結果、開口近傍において従来の導波管を用いた方法と極めて類似した電磁界分布が得られることが判明したので、本システムに導波管開口を組み込み、プローブ較正を実施し、その有効性を確認している。

- [1] N. Ishii, T. Watanabe, Y. Miyota, K. Sato, L. Hamada and S. Watanabe, "Approximate Expression of Near Field Gain in Tissue Equivalent Liquid for SAR Evaluation", Proc. 4rd International Conference on Electromagnetic Near-Field Characterization and Imaging (ICONIC2009), pp.37-42, Taipei, Taiwan, June 2009.
- [2] T. Watanabe, N. Ikarashi, N. Ishii, K. Sato, L. Hamada and S. Watanabe, "Far-Field Gain Estimation of Sandwiched Dipole Antenna in Tissue Equivalent Liquid at 5.2GHz", Proc. EMC'09/Kyoto, 22S1-4, pp.313-316, Kyoto, Japan, July 2009.

## 2. アレー補間に基づいた適応信号処理技術とその電波伝搬環境推定への応用

横浜国立大学大学院 准教授 市毛 弘一

本研究では、アレーアンテナによる適応信号処理技術、特に「アレー補間」と呼ばれる高精度化技術に焦点を絞り、フレキシブルでかつ包括的な電波伝搬環境推定技術の確立を目指すとともに、実際にシステムを構築してその性能を検証することを目的としている。

平成21年度は、アレー補間法および拡張Root-MUSIC法について、相関抑圧のための空間平均処理と同様の前処理をアレーステアリングベクトルに適用することで、到来波推定精度が改善されることをシミュレーションと実験の双方から確認した[1]。ステアリングベクトルのマッピングにおける誤差を低減できており、結果として到来波推定の精度を改善しているものと考察される。また、アレー補間法や拡張Root-MUSIC法が仮想アレーの素子数に制限があったことに対し、提案法ではそうした制限がなく、より広範な拡張が今後期待できる手法であると言える。

また、キャリブレーションを包含する形でアレー補間の理論を展開していくことを目的として、アレー補間から発展したブラインドキャリブレーションについての検討を行った。従来、リニアアレーでは適用が難しいと考えられていた手法を、ダミー素子を用いて結合の影響度を均一化することにより適用可能とした[2]。さらに、複雑な行列演算を排除して特異値によるスペクトルで代替が可能であること、その推定精度および演算量がともに従来法よりも優れていることを実証した。このように、本調査研究では、当初予定していたアレー補間に関する検討で目覚ましい成果を挙げるとともに、関連技術としてブラインドキャリブレーションや位相情報を利用した到来波推定手法についても多くの成果を挙げる事ができた。本調査研究は今年度で終了となるが、今後もさらなる発展が期待できる研究課題であると考えられる。

[1] P. Chumchong, K. Ichige, H. Arai, "Spatial-Smoothing-like Processing of Array Steering Vectors for High Resolution DOA Estimation," Proc. European Radar Conference, pp.421-424, Rome, Italy, Oct. 2009.

[2] 有田竜也, 市毛弘一, 新井宏之, 「ダミー素子を用いたアレーアンテナのブラインドキャリブレーション」, 第24回信号処理シンポジウム, no. B9-4, 鹿児島, 2009年11月。



### 3. ウェアラブル機器による近距離無線通信技術に関する調査研究

千葉大学フロンティアメディカル工学研究開発センター 准教授 高橋 応明

身に付けた情報端末同士や Body Area Network などの近距離無線通信技術について調査研究を行っている。本研究では、人体を信号伝送路として利用した通信システムの物理層における電磁波伝送メカニズムを明らかにし、これを基に伝送に適した信号周波数や、伝送レートなどを決定することを目標としている。これまで人体を伝送路として用いる通信の検討は、数 MHz から数 10MHz、申請者らは 10.7MHz の周波数において検討が行われていた。しかし、今後の大容量データ伝送の需要に応えるため、より高い周波数での検討が必要となり、英国など諸外国で研究が盛んに行われている、2.45GHz 帯や UWB 帯での検討が必要である。

過去 2 年間では、2.45GHz の検討および UWB 帯での研究を行い、それぞれに適したアンテナの提案および測定による確認を行ってきた。しかしながら、昨年度の研究において、UWB 帯において、人体通信の様に人体近傍にアンテナが存在する場合は、人体の組織構造によるアンテナ特性への影響が大きいことが解析により明らかになったため、本年度は、2~10GHz 帯における腕等の人体の組織構造がアンテナ特性に与える影響について、電界型のダイポールアンテナと磁界型のループアンテナを用いて、入力インピーダンス、アンテナ利得、放射効率などの検討を行った。組織構造は、腕を模して、皮膚、脂肪、筋肉の同心円柱として、解析および実験による評価を行った結果、アンテナと人体間の距離が  $\lambda/4$  以下では、入力インピーダンスや放射効率が、人体を均質媒質として検討した結果と大きく異なることが分かった。

これらの結果については、以下の学会にて発表を行った。

1. 夏イ, 齊藤一幸, 高橋応明, 伊藤公一, 遠隔患者モニタリングシステム用インプラントアンテナ, 2009 年電子情報通信学会総合大会論文集, BS-1-12, p.S-23, Mar 2009
2. 羽賀望, 菅良太郎, 齊藤一幸, 高橋応明, 伊藤公一, 人体近接時におけるパッチアンテナの諸特性, 2009 年電子情報通信学会総合大会論文集, BS-1-15, p.S-26, Mar 2009
3. 宇野由美子, 齊藤一幸, 高橋応明, 伊藤公一, 異なる腕モデルに近接したアンテナの入力特性評価, 2009 年電子情報通信学会総合大会論文集, BS-1-16, p.S-27, Mar 2009
4. N.Haga, K.Saito, M.Takahashi and K.Ito, Characteristics of cavity slot antenna for body area networks, IEEE Trans. on Antennas & Propagation, vol.57, no.4, pp.837-843, Apr 2009
5. W.Xia, K.Saito, M.Takahashi and K.Ito, Performances of an implanted cavity slot antenna embedded in the human arm, IEEE Trans. on Antennas & Propagation, vol.57, no.4, pp.894-899, Apr 2009
6. Y.Uno, K.Saito, M.Takahashi and K.Ito, Characteristics of antennas closely-placed to different arm models, 電子情報通信学会 信学技報, AP2008-224, pp.63-66, Mar 2009
7. N.Haga, K.Ito, M.Takahashi and K.Saito, Numerical simulation of on-body channel in the frequency range of 2.5 MHz to 2.5 GHz, Proceedings of the 2009 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2009), TD1.1, pp.508-511, Oct 2009
8. 菅良太郎, 伊藤公一, 羽賀望, 齊藤一幸, 高橋応明, MHz 帯における人体近傍通信の基本特性, 電子情報通信学会 信学技報, AP2009-149, pp.41-45, Dec 2009
9. 宇野由美子, 齊藤一幸, 高橋応明, 伊藤公一, 2-10 GHz における人体の組織構造がアンテナ特性に与える影響評価, 信学論, vol.J93-B, no.2, Feb 2010

#### 4. 変調プローブアレーを用いた電波測定法の研究

東北大学大学院 准教授 陳 強

本年度では, 前年度で提案した IF 信号位相校正法を用いた電磁界測定システムを構築し, 測定の精度を評価し, 電磁界測定法としての有効性を検証した. また, 変調散乱プローブを用いた近傍界測定法についても検討した.

IF 信号位相校正法は, 非測定の RF 信号と印加された LO 信号の変調で得られた IF 信号を受信し, 周波数スペクトラム上で, RF 信号の両サイドにある IF 信号の位相情報から RF 信号の位相を求める手法である. 本測定を用いて, 8 本の変調散乱素子によりプローブアレーを試作し, 電磁界測定システムを構築した. モノポールアンテナや, パッチアンテナなどの放射電磁界の振幅と位相を測定した結果, 本手法は位相測定が可能であり, 電磁界と位相の測定精度が高いことが分かった[1].

また, 近傍電磁界の測定の際に問題となったプローブによる近傍界の干渉を低減するために, 変調散乱技術を利用した変調散乱プローブによる近傍電磁界の測定法を試みた. 本手法を用いて, マイクロストリップ線路上の電界の振幅と位相分布を測定し, 線路上の電流分布を推定した. 変調散乱プローブは, プローブのケーブルがないことから, プローブの影響が小さく, 高精度の電磁界測定が期待できることが分かった[2],[3].

##### 【発表資料】

- [1] 水上 透, 陳 強, 澤谷 邦男, "A Measurement Method Using a Modulated Probe Array for Phase of Electromagnetic Field," 信学技報, vol. 108, no. 475, AP2008-230, pp. 95-98, 2009 年 3 月.
- [2] 井上真豪, 陳 強 澤谷 邦男, "変調散乱素子を用いた近傍電磁界測定," 東北大学伝送工学研究会, 2009 年 11 月.
- [3] チャカロタイ ジェドヴィスノフ, 井上智博, 甄 源, 陳 強, 澤谷邦男, "改良 SPM 法による複数コヒーレント波源上の電流分布推定", 次世代無線設備試験認証技術研究会第 7 回研究会, 2009 年 11 月.

## 5. ミリ波電波計測のための開口面アンテナ装置および測定法に関する調査研究

同志社大学工学部 教授 出口 博之

空間給電される平面開口面として導体ストリップ・パターンからなるホログラム膜を考え、入射波を透過させて波面変換するコンパクトレンジアンテナについて基礎的検討を行った。従来、単一反射鏡形式のコンパクトレンジアンテナでは、高いエッジレベルで生じる回折波がテストゾーンの振幅分布に及ぼす影響を小さく抑えるため、開口エッジ形状をのこぎり状にする等の工夫がなされているが、これに対してここでは、導体パターンによる近傍界が所定の分布となるよう開口面全体にわたって透過係数を制御する修整ホログラム膜を提案し、平面波展開を基にした最適化を行った。そして、導体パターンの試作および実験により透過波の近傍界を評価した結果、従来のホログラム膜に比べて本法は振幅・位相分布の制御に有効であることを確認している。周波数特性については、近傍界位相分布に一次傾斜を生じることが近傍界測定により確認されており今後の課題である。

一方、低損失で透過位相を制御する周期構造透過板および平面レンズについては、パッチ素子とスロット素子の結合共振現象を利用した構成を提案しており、周期境界条件を用いた無限アレー解析を基にして設計している。素子形状を90度回転対称とすることで、直交する2つの直線偏波で同様に動作させることができ、低交差偏波特性が得られることを数値解析ならびに実験により確認している。

さらに、円偏波発生器の機能を併せ持つ特性を得るため、通常のスロット素子に加えて新たに十字スロット素子を導入し、直交2偏波の透過移相を90度シフトさせたものについて検討を行った。まず、周期構造透過板の設計・試作を行い、低損失でかつ90度の移相差が得られることを測定により確認している。そして、所定の開口面位相分布ならびに移相差を得るため、平面レンズを構成する各セルの素子形状を周期構造解析により評価し、直交する方向の2つの倍率のみを変化させた簡易設計法を提案している。計算には有限要素法(HFSS)を用いており、簡単のため、入射角度の変化による影響が小さいものとして垂直入射を考えている。これより、直線偏波で動作するものと、円偏波変換機能をもつもの各々について平面レンズアンテナを構成し、放射パターンについて測定評価したところ、サイドローブレベルの上昇が見られたものの、良好な放射特性が得られている。提案するレンズ構成によれば、通常誘電体レンズで必須の整合層が不要となり、薄型化に適しているが、動作周波数範囲が限られてしまう。

このように修整ホログラム膜、周期構造透過板ならびに平面レンズいずれにおいても、広帯域化を目指した研究が今後の課題であり、多層化あるいは2枚の組み合わせ等について検討する必要がある。

## 6. 無線通信システムの信頼性評価シミュレーションに関する調査研究

中央大学工学部 教授 牧野 光則

平成 19、20 年度の研究成果を踏まえて、以下の 3 項目について研究を推進した。

1. ビームトレーシングを用いた高周波電磁波伝搬の追跡手法の調査研究
2. 立体視ディスプレイシステム利用をも想定した対話的可視化システムの調査研究
3. 電磁界理論・シミュレーションの立場からの厳密解析に関する調査研究

項目 1 については、昨年度まで手法である「電波源から幾何光学的に追跡する」方法に加えて、「対象点(表面がある形状を想定)に届く電波を幾何光学的に逆追跡する」方法を研究した。前者はある領域中の全てのボクセル(volume cell)について電磁波の伝搬・非伝搬を計算するために、必要計算量は多くなるが全体状況の把握ならびにウォークスルー・フライスルー可視化が可能となる。一方、後者は特定地点について電磁波の伝搬・非伝搬を計算するために、必要計算量は少なくなるが全体状況を把握するための計算量は前者の方法より多大となることが予想される。今後さらなる比較ならびに適した利用状況について検討を進めた上で成果を学会発表する予定である。なお、この方法はセキュリティカメラの視認性の計算方法にも応用可能であり、この点を含めた本研究の成果の一部を[主要業績 1]として国際会議で発表した。

項目 2 については、立体視ディスプレイ CAVE を駆動するグラフィック PC クラスタ上で、電子地図データを利用する本研究のプログラムが駆動することを確認し、計算速度ならびに実用性を向上した。2010 年中に学会発表することを目標に結果を検証中である。関連して、電子地図データの高機能化ならびに入力インタフェースの改良をそれぞれ[関連業績 1、2]にて発表した。項目 3 については、厳密解析と対話操作の両立に課題が残されており、引き続き検討を続けている。

また、本研究を含む内容を[主要業績 2]として招待講演を行った。当該学会が企画する特集解説論文の執筆依頼を受けており、2010 年中の発行を予定している。

### [主要業績]

1. Definition of Visibility in Three Dimensional Space by CG Technology for Security Cameras/Guards, Proceedings of 2009 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2009), Jeju, Korea, July 2009.
2. 体験する技術—バーチャルリアリティからの発想, 日本デザイン学会平成 21 年度秋季企画大会招待講演, 2009 年 11 月 (原稿なし).

### [関連業績]

1. A Fast CG Representation of Night Scene on 3D Digital Map Systems, Proceedings of 2009 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2009), Jeju, Korea, July 2009.
2. A Non-haptic Input Interface for Immersive Systems, Proceedings of 2009 NICOGRAPH International, Kanazawa, Japan, June 2009.

## 11. モノポールアンテナの置換測定法の研究開発

産業技術総合研究所 研究員 石居 正典

本研究の目標である低周波帯域における電界強度測定用モノポールアンテナの置換測定法の研究開発では、まず基準モノポールアンテナに対して低周波数帯域でも有効な 3 アンテナ測定法(絶対測定法)の開発が必要となる。まず昨年度は、その 3 アンテナ法の定式化を行った。しかしながら、特に 9kHz~1MHz の帯域では波長に対するアンテナエレメント長が極端に短いためにアンテナ間の電磁波の伝搬量(S21)の感度不足が生じる。そこで、この問題点を証するまでの実施をした。

当該研究助成対象者(本報告者)は上記のこれまでの結果を踏まえ、平成 21 年度においては下記の①と②の検討を行った。

①まず昨年度中に提案及び定式化した 3 アンテナ法に対して、実験による検証を行った。これまで提案した方法は、シミュレーションによりその有効性の確認ができていたが、今回は電界強度測定用モノポールアンテナに対して実際に測定を実施し、提案した測定法の実験による有効性も確認した。

②次に、本研究の最終目標である、超長波領域において有効なモノポールアンテナ用近傍界置換測定法の定式化を行い完成させた。

この新たに提案及び定式化された置換測定法は、ダイポールアンテナ等に良く見られる通常の置換測定法の定式とは異なり、30MHz 以下で波長が 10m 以上もある超近傍界測定においても遠方界の値であるモノポールアンテナのアンテナ係数を得られるように改良されたものである。この有効性の検証は、今年度はモーメント法を用いた計算機シミュレーションにより行った。なお、本年度は本助成金によって新たに、モノポールアンテナ、マイクロ波測定ケーブル、マイクロ波部品などを取得して上記の実験や検証を実施することができた。

また、本年度は調査研究の 2 年目であったため、これまで得られた研究成果を、本助成金によって国際会議にて発表する機会も得ることができた。さらに、研究体対象者の 1 人体制で実施した。なお以下は、本年度の研究成果リストである。

1. M. Ishii and Y. Shimada, "A Near field 3-Antenna Method for Short Monopole Antennas" 2009 IEEE International Symposium on EMC, vol. 2 (Wednesday), pp324-327, Aug. 2009.
2. 石居正典, 島田洋蔵, 小見山耕司, "30 MHz 以下における微小モノポールアンテナの近傍界 3 ア業技術総合研究所 計量標準総合センター 2009 年度成果発表会, 2010.1. <投稿済・年度内発表>
3. 石居正典, 島田洋蔵, "低周波領域における微小モノポールアンテナの近傍界置換法," 電子情報通信学会, 信学総大 2010.3.

## 1 2. 移動通信携帯端末に適するマルチアンテナ技術に関する研究

仙台高等専門学校 准教授 袁 巧微

本研究は、携帯移動端末搭載用マルチアンテナ技術に関する研究を進めている。MIMOシステム及びアダプティブアレーアンテナシステムには回路の省略、低コストで実現できるとの利点で変調散乱素子アレーアンテナ (Modulated Scattering Array Antenna: MSAA) が非常に注目されている。MSAA は通常一つアンテナ素子と他のダイオードを装荷した多数のアンテナ散乱素子 (Modulated Scattering Element: MSE) で構成されているため、受信回路は一つで済むという特徴を有する。MSAA には MSE で得られる IF 信号のレベルが非常に重要であるため、今年度は MSE の IF 受信レベルの改善を中心とする研究を進め、以下の研究結果が得られた。

1. 非線形素子とアレーアンテナ素子の結合を同時に考慮できるボルテラ級数とモーメント法とのハイブリッド手法を提案し、図1に示すようなMSAAの特性を解析した[1][2]。提案した手法の中で、非線形変調散乱素子MSEは図2に示すような等価回路で表現され、アドミタンス  $Y_{in}$  がアレーアンテナ素子の結合を考慮し、モーメント法で求められた。また、電圧  $v(t)$  がボルテラ級数で近似される。従って、MSEに関するRF信号のレベルとIF信号のレベルが図1に示す等価回路による容易に求められる。本手法の有効性が実験で確認され、最大IFレベルに対応する最適な直流バイバス電圧とロカル電圧の値が本手法により解明された。

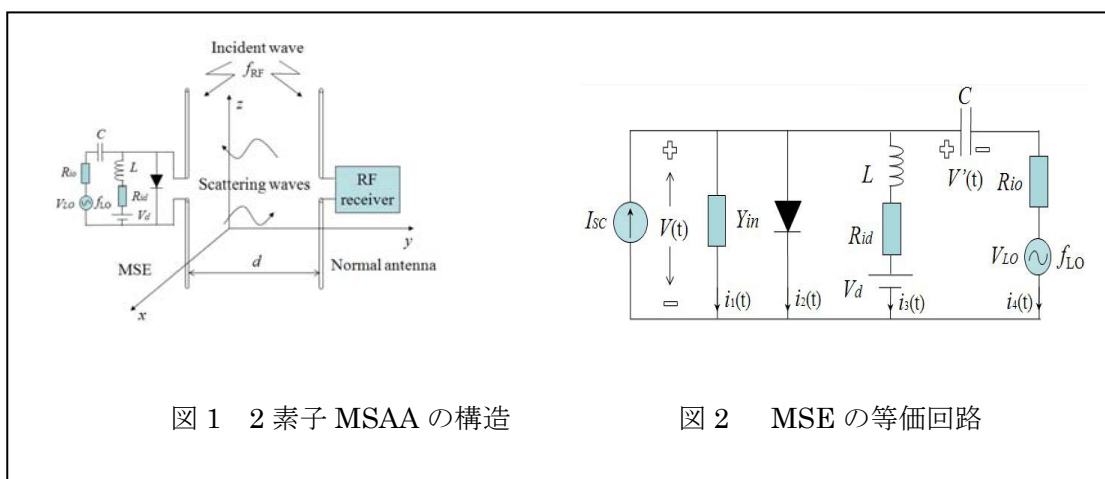


図1 2素子MSAAの構造

図2 MSEの等価回路

2. MSEのIFレベル改善方法を提案した。項目1で提案された解析手法により、直流バイバス電圧とロカル電圧の調整で、散乱素子のIFレベルがある程度改善できることを明らかにした。しかしながら、直流バイバス電圧とロカル電圧の調整で大幅な散乱素子のIFレベルアップには期待ができない。ここで、図3のような反射板の挿入を提案し、アレーアンテナの方向性を作ることにより、散乱素子のIFレベルが約2dBに改善されたことを確認できた[3]。

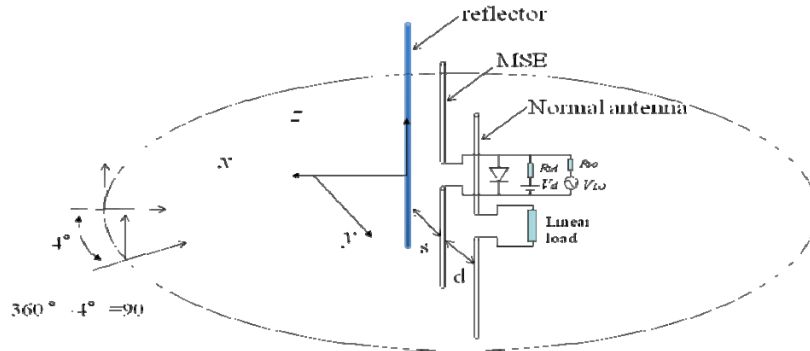


図3 反射板の挿入

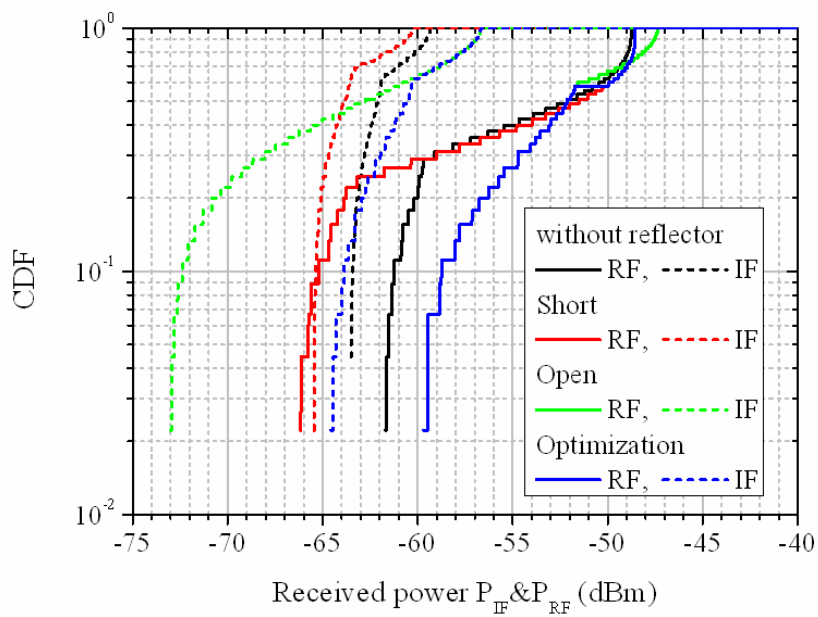


図3 反射板による MSE のレベルアップ

【発表資料】

1. 王琳, 何芒, 陳強, 袁巧微, 澤谷 邦男, “Theoretical and Experimental Study on Modulated Scattering Antenna Array for Mobile Handset,”  
伝送工学研究会, Tohoku University, Sendai, Japan, 平成21年7月21日 .
2. Lin WANG, Qiang CHEN, Qiaowei YUAN, Kunio SAWAYA, “EXPERIMENTAL STUDY ON MIMO PERFORMANCE OF MODULATED SCATTERING ANTENNA ARRAY IN INDOOR ENVIRONMENT,”  
The 12th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC 2009).
3. Lin Wang, Mang He, Qiang Chen, Qiaowei Yuan and Kunio Sawaya, “Diversity Performance of Modulated Scattering Antenna Array with Switched Reflector,”  
電子情報通信学会 2010 年総合大会講演予定.

### 13. アンテナで発生する相互変調ひずみの測定環境に関する調査研究

横浜国立大学大学院 准教授 久我 宣裕

アンテナの相互変調ひずみ測定環境評価技術に必要となる標準アンテナ，すなわち制御可能な PIM 源を内蔵する標準 PIM アンテナの開発を実施した．これはダイオードをパッチアンテナの無給電素子に PIM 源として装荷したものであり，PIM 発生量が無給電素子の設置角で調整可能であり，実験でも 50dB 以上の可変範囲が確認された．本年度はこの特性の数値解析に注力し，この現象を電磁界解析による電流計算とダイオード方程式からシミュレーションできることを示した．また発生する PIM が励振電力に対して飽和するという問題点があったが，E 面電流に対しダイオードを 80° 以上の角度で設置することが飽和回避に効果的であることを明らかにした．

またシールドボックス内での PIM 測定について，基礎検討を実施した．本年度はアンテナ自体の特性評価ではなく，上記アンテナを利用して電波吸収体等の PIM 特性をシールドボックス測定することを目標に検討を進めた．本検討では，薄型電波吸収体が内張された卓上小型シールドボックスをもちいて実験を行った．前述のアンテナを上記シールドボックス内に設置し，無給電素子の角度によりアンテナ自身の PIM 発生量を変化させると，その PIM 観測値の変化より被測定シールドボックスの PIM 特性評価可能範囲を特定できることを確認した．現在はアンテナ周囲に設置された一般的電波吸収体が PIM 測定結果に与える影響を，このシールドボックスおよび PIM 源内蔵アンテナを利用して評価するための検討を進めている．

現状の問題は，所有測定系の制限から，上記 PIM 源内蔵アンテナの周波数特性を実験的に評価することが困難であることである．またシールドボックス自体の低 PIM 化が非常にむずかしく，コストを要することである．今後これらについて対応していきたいと考えている．

#### 【発表文献】

1. 入江，久我「ダイオードを相互変調ひずみ源として内蔵したパッチアンテナ」．  
電子情報通信学会和文論文誌（査読中）
2. K.Irie, N.Kuga. “A patch antenna with level-controllable PTM source, ” Proc. Of International Symposium on Antennas and Propagation, FD4, no1372, pp. 1059–1062, 2009
3. 入江，久我「PIM 源付き無給電素子を装荷したパッチアンテナの特性」  
信学通ソ大，B-1-118, 2009 年 9 月
4. 入江，久我，「PIM ソースを内蔵したパッチアンテナの構成法，」  
信学技法 AP2009–132, pp.79–84 2009 年 11 月
5. 入江，久我，“パッチアンテナに装荷されたダイオードから発生する相互変調ひずみの電力飽和特性，”  
信学総大 2010 年 3 月（発表予定）



## 14. 帯電人体からの気中放電における放電電流の特性測定

名古屋工業大学大学院 助教 高 義礼

平成 21 年度の研究計画は下記に示すとおりである。

- 1) 昨年度からの引き続きの課題として、金属を手にした場合の放電電流の等価回路を応用し、人体指先からの放電における放電電流の等価回路の作成およびその妥当性の検討をおこなう。(平成 21 年 4 月から平成 21 年 9 月)
- 2) 1) と並行して帯電人体の指先からの放電における放電電流を測定し、放電特性(放電電流ピーク、電流立ち上がり時間、放電ギャップ長、絶縁破壊電界)について帯電電圧との関係において調べる。(平成 21 年 4 月から平成 22 年 3 月)

研究計画 1) の進捗状況について報告する。測定した放電電流波形から申請者らの提案する放電電流の等価回路を用いて本来測定が困難な放電ギャップ間の電圧波形を求め、これをもとに放電ギャップ長の推定をおこなった。その結果、申請者の推定結果は他の文献等にある測定結果などとほぼ一致することがわかった。したがって、申請者らの提案する放電電流の等価回路モデルの妥当性がほぼ確認されたものとする。本成果については、現在、電気学会の論文誌(A部門誌)に投稿中である。

次に、研究計画 2) の進捗状況について報告する。指先からの放電の場合は、金属電極先端からの放電の場合に比べて電流のピーク値が 2 桁程度小さくなること、また、1000V 以下の帯電電圧では放電が一度で終了せず、 $\mu$ s オーダーの時間幅におよぶ多重放電が発生することが確認された。

これらの結果は、論文「Yoshihisa Kagawa, Yoshinori Taka, Osamu Fujiwara, “Characteristic Measurement of Spark Transients due to Finger Touch”, Journal of Electrostatics (IN PRESS)」[1]に掲載予定である。

また、研究計画 1) で用いる等価回路モデルから、指先からの放電における放電電圧波形を求めた結果、帯電電圧に対して非常にわずかな電圧の降下分で放電が起こっていることが明らかとなった。

これらの成果については国際会議「Yoshinori Taka, Yoshihisa Kagawa, Osamu Fujiwara, “Derivation of Spark Transients from Finger Touch”, Proceedings of 2009 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, July 20-24, 2009, pp. 773-776, Kyoto International Conference Center, Kyoto, Japan」[2]において口頭発表をおこなっている。

## 15. マイクロ波リモートセンシングによる湿地帯水域観測のための 偏波散乱測定に関する調査研究

新潟大学教育学部 准教授 佐藤 亮一

昨年度に引き続き、屋内での基礎偏波散乱測定を行った。測定システム構築においては、モバイル PC 上の制御用ソフトウェアにより遠隔操作機能を追加した。実験結果をふまえた POLSAR 画像解析においては、昨年提出の研究計画とは異なる方向に進めた。本年度は湿地帯水域の分類精度を従来から大幅に向上させることを目的に、新たに「人工物モデル」からの偏波散乱現象についても詳細に調査した。抽水植物モデルと人工物モデルのデータを解析した結果、取得される偏波行列をユニタリ回転させた後に散乱電力分解処理を実行することで、湿地帯水域の識別精度の向上が見込めることがわかった。

今後は、コンピュータシミュレーションにより基本散乱メカニズムを調べ、最適な（偏波行列の）回転角の導出を目指す予定である。また、実際の湿地帯での測定による検証も行っていきたい。

現在までの研究成果は、〔1〕 - 〔4〕の国内外の学会にて発表を行った。さらに、偏波行列の“回転を用いた散乱電力分解法の改良に関する成果については、国際会議〔5〕〔6〕にすでに投稿している（なお、〔4〕〔6〕は湿地帯水域識別と同じアルゴリズムが地震被災地観測の一部にも適用できることも示している）。

- [1] 佐藤亮一、山口芳雄、山田寛喜、“ALOS/PALSARデータを活用した植生の画像分類に関する一考察”電気学会研究会資料、EMT-09-53. p p 39-43、May2009.
- [2] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Analysis and observation of polarimetric scattering behavior in wetland area,” Electric proc. of IGARSS 2009, South Africa, July 2009.
- [3] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Polarimetric scattering feature estimation for accurate vegetation area classification,” Electric proc. of IGARSS 2009, South Africa, July 2009
- [4] 佐藤亮一、山口芳雄、山田寛喜、“PALSAR画像データを活用した地震被災地観測に関する一考察”電気学会研究会資料、EMT-09-150、p p。23-27、NOV.2009.
- [5] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Manmade Target Detection using Modified Scattering Power Decomposition with a Polarimetric Rotation,” to be presented in EUSAR 2009, June 2009.
- [6] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Polarimetric scattering analysis for accurate observation of stricken man-made targets using a rotated coherency matrix” submitted to IGARSS 2009, Hawaii, South Africa, July 2009 (投稿中)

## 16. アンテナ近傍波源に対する一般化インパルス応答の構成法 および測定法に関する調査研究

東京工業大学教育工学開発センター 准 准教授 西方 敦博

第2年度である本年度は、アンテナ近傍点波源に対するアンテナ受信電圧の定式化をさらに進めるとともに、アンテナ近傍電界の測定系を構築してアンテナの多重極展開を求め、その応用としてアンテナ近傍の電気ダイポール波源の定位実験を行った。

時間的・空間的インパルス電流波源に対する多重極展開の時間領域表現すなわちインパルス応答関数が、調べた範囲では報告されていなかったため、これを理論的に定式化した。

アンテナの直近の電界分布を球面走査測定するための測定系を構築した。電界プローブのポジショニングの精度を確保しながら多くの測定点数を実現することが目的である。電界プローブをいくつかの仰角に設定しつつ、アンテナの水平角の駆動系と測定器を計算機制御し、半自動化測定を行った。測定電界の成分は水平角成分と仰角成分である。

非対称に曲がった線状アンテナを作成し、球面走査測定を行い、同電界を多重極展開で表した。測定周波数範囲は、被測定アンテナの大きさが40cm程度であることと、バランとして用いたハイブリッド・カップラの特性を考慮して、100MHz-600MHzとした。アンテナを包含する球面上で線形最小2乗問題として展開係数を決定したところ、仰角方向の量子数の上限を7程度までとれば、残差2乗和が収束することを確認した。これは測定周波数ごとに得た結果である。

アンテナの多重極展開により、受信感度の高いアンテナ近傍領域を使うことが可能となる。上で得た多重極展開の妥当性を間接的に検証するため、またその応用例を検討するため、2つのアンテナを用いて点波源の定位実験を行った。点波源には微小電気ダイポールを用いた。非対称に曲がった線状アンテナによって定位の曖昧さが回避できるという、前年度に数値解析で得ていた結果を実験的に確認した。

波源定位の精度の改善のため、時間ゲート処理を行いその効果を調べた。球面走査測定はアンテナ直近で行うため、本来、不要反射波に対する直接波の相対強度を大きくできるが、不要反射波をさらに低減させるために、測定データに時間ゲートを施した。その結果、ゲート時間幅を小さくするほど高周波数領域で残差ノルムが小さくなるという結果を得た。

以上の研究結果を、2009年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会(B-4-37 多重極展開を用いたアンテナ近傍での波源定位法の実験的検討) および2010年電子情報通信学会総合大会(B-4 時間ゲート処理による多重極展開精度向上の一検討、発表申し込み済)において、それぞれ口頭発表した。

## 17. 衛星通信・放送システム及び衛星搭載レーダの広域地表電力束密度(PFD)計測技術の研究

首都大学東京 システムデザイン研究科教授 福地 一

本調査研究は、衛星通信・放送システムや衛星搭載レーダによる地表面での電波の電力密度 (PFD: Power Flux Density) を、安価・小型でありながら正確に測定する手法の確立を目的としている。これら衛星通信・放送システムや衛星搭載レーダは将来、多様な周波数・電力で運用されることが予想され、PFD を正確に広範囲に測定する方法を確立することは、効率的な電波利用と電波秩序の維持に大きく貢献すると期待される。平成21年度は、提案時に述べた以下の2つのサブテーマに関する実験・解析を昨年度整備した計測システムをもとに進展させた。その成果の一部を、それぞれのサブテーマについて IEEE Transaction 論文及び電子情報通信学会ソサエティ大会の口頭発表として成果発表した。

### (1) 通信・放送衛星電波の PFD 測定

既存のアンテナに小型スペアナおよび較正用信号発生器を組み合わせて、安価な Ku バンド衛星信号受信装置を構成させた。また、NICT との共同研究に基づき、高速インターネット衛星 (WINDS) の TDMA 波受信装置を整備し、Ka バンド信号の受信も可能とした。同時に、科研費等で整備した天空雑音温度測定装置 (放射計) を用いた降雨に伴う雑音温度上昇を測定することを可能にし、雑音温度上昇と昨年度の成果である降雨減衰の客観抽出結果を比較することにより、雑音温度測定から降雨減衰を推定する手法を検討した。この結果、降雨減衰の仰角依存性など、天空の任意の方向の降雨減衰を推定する手がかりを得ることができた。

\*学会発表: 阿部、中村、福地「Ku 及び Ka 帯における降雨減衰の周波数及び方向依存性」  
2009年電子情報通信学会通信ソサエティ大会 (2009/9/15-18 新潟大学)

### (2) 衛星搭載レーダの PFD 測定

日本の陸域観測衛星 (ALOS) 搭載 L-band 合成開口レーダ (PALSAR) による武蔵村山地域の観測データを用いてレーダの偏波較正 (ポラリメトリック較正) 及び受信レベル較正 (ラジオメトリック較正) を試みた。これらは 2006 年度に実施した武蔵村山日産工場跡地での実験データをもとに解析を進めた。加えて、今年度は、パスコ (株) からの研究委託に基づき、ドイツの TerraSAR-X 搭載 X-band 合成開口レーダによる首都大学東京日野キャンパスの観測実験を実施した。その結果、昨年度の成果も含め、L-band 観測における偏波較正には電離層によるファラデー回転の補償が必要なこと、受信レベル較正には作成した基準反射器の工作精度や設置角度 (仰角、方位角) 精度が大きく影響することが判明した。前者についてはそのファラデー回転角の補償も含めた偏波校正の手法を IEEE の論文として発表した。後者については、前述の TerraSAR-X 実験のために作成したコーナーリフレクタの工作精度を高めて実験した。TerraSAR-X 実験については 12 月末に実験したため、現在解析途中である。ALOS/PALSAR については、平板反射器の反射特性から地上放射電力密度が設計通りであることが推測された。

\*論文発表: A.Takeshiro, T.Furuya and H.Fukuchi, "Verification of polarimetric calibration method including Faraday rotation compensation using PALSAR data", IEEE Trans. Geo. and Remote Sensing, vol.47, no.12, Dec. 2009, pp.3960-3968.

## 18. 広帯域干渉電波の発生源位置検出に関する調査研究

福井大学大学院工学研究科 准教授 藤元 美俊

本研究では、広帯域な干渉電波の発生源の方向 (DOA) および位置を検出することを目的としている。広帯域な信号を取り扱う際の問題点として、周波数ごとにアンテナ素子指向性が異なるため推定精度が劣化する。その対策として、(A)サブアレーに分割する手法と、(B)サブバンドに分割する手法の2つを提案し、解析およびシミュレーションを通して以下の知見を得た。

(A)アレーをサブアレーに分割して処理する手法：

1つのアレーアンテナを複数のサブアレーに分割し、各サブアレーでのDOA推定結果の平均値を最終DOAとする。分割方法として、(A<sub>1</sub>)アレー全体を均等に分割する方法と、(A<sub>2</sub>)一部のアンテナ素子を繰り返し使用する方法を比較した結果、(A<sub>2</sub>)であれば少ない素子数でも高精度に推定できることを明らかにした(下記文献[1][2]にて発表)。

(B)広帯域信号をサブバンドに分割して処理する手法：

広帯域信号を複数のサブバンドに分割し、各サブバンドでの結果を平均処理する。処理の方法として以下の3つの手法を検討した。(B<sub>1</sub>)各サブバンドで推定したDOAの平均値を最終DOAとする、(B<sub>2</sub>)サブバンド毎のMUSICスペクトルを平均処理しDOAを推定する、(B<sub>3</sub>)ビームフォーマ法のビームを平均処理したのちDOAを求める。検討の結果、(B<sub>2</sub>)の手法がもっとも高精度であること、および指向性の位相誤差のみであれば、(B<sub>3</sub>)の手法は演算量が少なく有効であることなどが分かった(下記文献[3][4]にて発表)。さらに、これらの手法は、相関の高い複数の信号が到来する場合にも有効であることが分かった(下記文献[5]にて発表予定)。

以上のように、本調査研究は順調に進んでおり、今後の更なる発展が期待できる。

[1]M.Fujimoto, S.Ohaka, and T.Hori, "Improvement of DOA Estimation Accuracy by Using Sub-arrays," 2009 Korea-Japan Joint Conference on AP/EMC/EMT, May, 2009, Incheon, Korea.

[2]大波加, 藤元, 堀, "サブアレーを用いたDOA推定の高精度化", 平成21年度電気関係学会北陸支部連合大会, C-26, Sept. 2009.

[3]大波加, 藤元, 堀, "帯域分割による超広帯域信号のDOA推定精度向上", 2009信学ソ大, B-1-184, Sept. 2009.

[4]大波加, 藤元, 堀, "サブバンド処理による超広帯域信号の高精度DOA推定", 信学技報, A・P2009-136, Nov. 2009.

[5]大波加, 藤元, 堀, "相関の高い超広帯域信号のサブバンド処理による高精度DOA推定", 2010信学総大, 投稿済み.

## 21. 全身に吸収される SAR の測定法に関する研究

東京農工大学大学院 講師 有馬 卓司

本研究では、SARの簡易測定法の調査研究を行った。特に本研究では、厳密な測定が困難な全身に吸収されるSAR(全身SAR)の簡易測定法について検討を行ったものである。まず既存の全身SAR測定法について調査を行いその特徴を抽出した。調査を行った方法は

- ・カロリメトリー法
- ・携帯電話近傍の磁界分布より補外して簡易的に全身SARを測定する手法
- ・散乱電磁界を積分する手法

である。それぞれの結果の要旨は

- ・カロリメトリー法：大電力の曝露でないと正確に全身SARが求まらない。さらに水槽の大きさに制限があり大規模モデルは難しい。
- ・携帯電話近傍の磁界分布より補外して簡易的に全身SARを測定する手法：市販のi-SARについて調査を行ったが、非常に高速でSARを見積もれることが分かった。この手法を元に全身SARの測定を行えば非常に高速になると考えられる。
- ・散乱電磁界を積分する手法：高精度で制約条件も少ないが、大掛かりな装置が必要であり、測定時間も既存のシステムでは24時間と簡易測定とは程遠い。

であり調査した手法の中では、総合的に「携帯電話近傍の磁界分布より補外して簡易的に全身SARを測定する手法」は簡易な測定に向いていることが分かった。

次に、簡易全身SARの測定法として、足首誘導電流と全身平均SARの関係を調べた。その結果アンテナ分野でよく知られている等価アンテナ高の考え方を使う手法を提案した。しかしこの手法も大型のクランプ型電流計が必要であり開発が必要という事が分かった。今後は、本調査研究で取り上げられなかった手法の調査を継続して行い簡易な測定法の策定をする必要があると考える。

## 2.2. SARの簡易測定法の調査研究

防衛大学校電気情報学群 助教 道下 尚文

携帯端末等の局所 SAR 許容値の法制化に伴い、簡易な SAR 測定法が必要とされている。標準的な SAR 測定方法である液体ファントムを用いたプローブ走査型 SAR 測定法は、SAR 分布測定の精度、再現性に優れる反面、装置構成や測定条件が煩雑であり、また、測定にも多くの時間を要す。そこで本調査研究では、簡易で高速な測定を実現するため、電波吸収体を用いた軽量人体ファントム内に電界プローブアレーを埋め込み、得られた電界分布から表面電界分布および局所 SAR を予測する方法を検討する。

成果を以下にまとめる。

(1) 軽量人体ファントムと液体ファントムはその反射係数が等しければ、表面電界分布がほぼ等しくなることを、電磁界シミュレーションにより明らかにした。

(2) 直方体ファントムの場合、少ないプローブ本数で電界分布を予測するために、電界プローブアレーを等間隔で直線配置し、被測定アンテナを電界プローブアレーと垂直方向に機械的に走査する測定法について検討した。1次元電界分布は等間隔に間引きし、その間を3次スプラインで補完した場合、間引きをしない場合の結果とほぼ等しい結果が得られた。

(3) 局所 SAR の推定には表面電界分布の他にファントム内部の電界分布が必要である。ファントム内部の電界分布推定は等価定理を用いた方法や過去の測定から得られた経験則及び損失媒質中の平面波減衰の式を変形した式より理論的または近似的に推定できることがわかった。

進捗度については、当初の調査研究計画に従って、現在の簡易測定法の優劣をまとめるとともに、上記の成果を得た。また、軽量人体ファントムの開発に着手した。具体的には、伝送線路理論より液体ファントムと反射係数が等しくなる各周波数帯(300~3000MHz)での理想的な電波吸収体の電気定数及び厚さを求めた。さらに、電磁界シミュレーションにより軽量人体ファントムの電界分布を求め、SAR 値を推定し、液体ファントムの結果と比較した。

## 2.3. 差動伝送系機器からの電磁妨害波の抑制法の開発

秋田大学 理事・副学長 井上 浩

本研究はユビキタスネットワーク社会でのクリーンな電磁環境を達成するために、GHz 帯差動伝送系からの電磁妨害を解決するために、その発生メカニズムを明らかにしながら抑制法を開発することを目的としている。すなわち、差動伝送系機器からの電磁妨害の問題を解決し、電磁妨害の発生メカニズムを明らかにしながらその抑制法を開発することが必要である。

研究初年度は、1) 電磁妨害の発生メカニズムの解明を通じた放射予測モデル、並びに 2) 伝送信号波形の整形用デバイスの開発に主眼を置いた。複雑なメカニズム及び有効な抑制法を検討するには適切な検討モデルが必要不可欠であるので、機器を構成する基本要素である信号線路と負荷、アナログ/デジタル回路分離用のスロットをグランド面に有するストリップライン構造を対象として検討を行った。本構造では、電磁界モードとして 1) ストリップラインモード、2) パラレルプレーンモード、3) スロットラインモード、の 3 つが想定されるが、モードの直交性を確認した結果、3 つのモードは直交せずに互いに励振し合うため、複雑なカップリング現象を考慮した新しい等価回路モデルが必要となった。そこで、構造全体を直接解析するのではなく、各モードが直交する領域と直交しない領域とに分割して等価回路モデルを考え、構造全体の振る舞いは各領域をセグメンテーション法で互いに結合する手法を考案した。ベンチマークとして、FEM, FDTD 法によるフルウェーブ解析との比較を行った結果、第 1 共振周波数以下では 1dB 以内で一致し、より高周波でも各モードに起因する共振特性を精度良く解析・予測でき、提案する手法及び等価回路モデルの妥当性と有効性を実証することができた。また、FDTD ではスーパーコンピュータを利用しても 35 時間必要な解析を、等価回路モデルは各モードを効率良く解析できるため市販のラップトップコンピュータでも 10 分程度で解析可能となった。また、差動伝送線路の不平衡が遠方界放射に与える影響についても定量化し、波形整形用の負の群遅延特性をもつ伝送線路構造を PCB レベル並びに IC チップレベルで試作した。今後は、それらを用いたシグナルインテグリティの改善及び遠方放射の抑制への検討を進める予定である。

現在までの研究成果は信学会研究会[1], [2]にて発表し、さらに[3], [4]の国際会議に投稿している。

- [1] Y. Kayano, G. Feng, J. Fan and H. Inoue, "Physics-Based Equivalent Circuit Model for Predicting EM Radiation from Stripline Structure with One Gapped Reference Plane (Part 2)", 信学技報, vol.109, no.241, EMCJ2009-74, pp.177-182, Oct. 2009.
- [2] 柳澤 良介, 萱野 良樹, 井上 浩, "IC チップ内 F-SIR 周期構造線路の試作(その 2)", 信学技報, vol.109, no.241, EMCJ2009-76, pp.187-192, Oct. 2009.
- [3] Y. Kayano, R. Yanagisawa and H. Inoue, "Negative Group Delay Circuit fabricated in an Integrated Circuit Chip", 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility, Beijing, Apr. 2010 (投稿中)
- [4] Y. Kayano, R. Hashiya and H. Inoue, "The Correlation between Imbalance Current and EM Radiation from a Printed Circuit Board Driven by Differential-Signaling", 2010 International Symposium on Electronics Packaging, Hokkaido, May 2010 (投稿中)



## 24. 人体通信における埋め込み型医療機器の EMC 評価法に関する研究

名古屋工業大学大学院 王 建青

ウェアラブル情報機器とネットワークの統合を進めることにより、個人認証、自動決済、健康管理など人体上でボディアリアネットワーク (BAN) を構成する構想が現実のものになるようとしている。また、ユビキタス医療では、人体周辺での無線通信に加え、体内センサのテレメタリングなど人体内外間の無線通信も想定されている。これらの人体周辺での電波利用技術の新たな展開に従い、心臓ペースメーカーに代表される体内埋め込み型医療機器への電磁干渉 (EMI) や、体内無線デバイスによる人体比吸収率 (SAR) などの電磁両立性 (EMC) 的問題もクローズアップされている。これらの EMC 問題を適切に対処・評価することは、人体に安全・安心なワイヤレス BAN の実現に不可欠である。

本年度では、研究代表者らは、人体表面のウェアラブル無線機による心臓ペースメーカーへの電磁干渉モデルの確立を目指した。外部電波は心臓ペースメーカーの電極コネクタ部より内部回路に侵入する。この干渉信号はペースメーカーのセンシング回路を通過し、ある閾値を超えればペースメーカーの誤作動を引き起こす。そこで、この過程を電磁界と電子回路の二つのアプローチの組合せによりモデリングを行った。即ち、(1) ペースメーカー自身を受信アンテナ、電極コネクタ部を負荷とみなし、ウェアラブル無線機によるコネクタ部での誘起電圧を電磁界シミュレータから計算した。(2) この電圧はペースメーカー内部センシング回路への入力とみなし、回路の増幅部、フィルタ部の非線形性を考慮した形で、回路出力に現れる干渉電圧を電子回路的アプローチから求めた。このように求めたペースメーカーセンシング回路に誘起される干渉電圧を文献での測定値と比較した結果、両者はほぼ一致し、本評価手法の妥当性が確認できた。

なお、この研究成果は 11 月の電子情報通信学会人体周辺の電波利用技術研究会で発表され、また、来年 4 月のアジア・パシフィック EMC 国際シンポジウムに採録された。よって、本研究は現時点で計画通り進められている。

## 2.5. アレーアンテナの精密キャリブレーション手法とその高機能化に関する研究

新潟大学自然科学系 教授 山田 寛善

本研究では、アレーアンテナによる高分解能到来方向推定や正確なビーム形成の際に不可欠となるアレー校正手法に関する検討を行っている。本校正手法の特徴は実際のアレーの給電点（位相中心）のみ着目したアレー校正行列ではなく、仮想点を付加した仮想アレーとみなすことにより、実アレーのみの校正行列では除去できない校正角度依存性を取り除いた（定数行列の）アレー校正行列を導くことを目的としている。これは特にマルチモード素子からなるアレーに有効となる校正手法と考えている。

今年度は、多素子のアレーの受信データを高速に測定可能な測定系を構築し、ダイポールからなる1次元リニアアレーの校正行列の仰角依存性の校正に対する有効性を検証した[1]-[3]。半波長ダイポールであっても、厳密には、電流分布に仰角依存性が存在し、仰角の異なる波が到来した場合、その波の方位角推定精度が劣化する。ここでは、モーメント法でのセグメント分割のように、素子上にいくつかの仮想点を設け仮想的な平面アレーとし、その拡張校正行列を用いることで、方位角精度が向上し、かつある程度の仰角推定が可能となることを実験により実証した。すなわち、電流分布（モード）の仰角依存性を用いた到来波の分離実験である。2次元的な分離により方位角推定精度も向上する。これはマルチモード動作素子をアレーとして用いることで、より顕著となることが予想される。その効果の検証は来年度以降の課題である。なお、本年度の研究において、提案手法が既存手法のMS(Manifold Separation)-MUSICと関連していることを確認した。但し、既存手法では最適仮想アレー素子数の決定が困難であるのに対し、提案手法では推定の行列のランクから適切な素子数の判定が可能である。さらに、これらの考察を通して、次年度以降の検討課題であるマルチパス環境下での校正手法に関する知見も得られた。その成果の一部は電子情報通信学会総合大会で発表予定である[4]。

- [1] H. Yamada, H. Sakai, Y. Yamaguchi, "Elevation-Angle-Dependency Calibration in DOA Estimation with Uniform Linear Array," Proc. KJJC on AP/EMC/EMT, Incheon, Korea, May 2009.
- [2] H. Sakai, H. Yamada, Y. Yamaguchi, "Experimental Evaluation of Linear Array Calibration by using 2-D Virtual Array," Proc. ISAP 2009, Bangkok, Thailand, Oct. 2009.
- [3] 酒井, 山田, 山口, "矩形仮想アレーを用いたアレーアンテナの校正精度について", H21 電子情報通信学会信越支部大会, 長野, 2009年9月.
- [4] 山田, 山口, "マルチパス環境下でのアレー校正に関する一考察", 2010年電子情報通信学会総合大会, 仙台, 2010年3月(発表予定)

### 3 1. 次世代無線設備試験認証技術研究会・ワークショップ

同志社大学工学部 教授 笹岡 秀一

近年の無線システムや無線機器の多様化・複雑化による、無線機器関連技術のめまぐるしい変化に対し、電波利用環境を良好に保ち、多様な無線設備の市場への導入を促進するため、新しい無線機器の測定技術、試験認証技術に関する研究活動の活性化と情報交換促進を目的として、電子情報通信学会の時限研究会である次世代無線設備試験認証技術研究会を発足させた。本研究会では、これまでに下記のように2回のワークショップ、6回の研究会を開催した他、電子情報通信学会総合大会でのシンポジウム講演、ソサエティ大会でのチュートリアルセッションなどの企画を実施した。それぞれの研究会では、関連無線技術の動向などを考慮してタイムリーなテーマを設定した。また、本研究会と関連する分野を扱うアンテナ・伝搬研究会や環境電磁工学研究会と一部併催を行った。

- 第1回 平成20年7月16日 機械振興会館（東京都港区）  
（設立記念ワークショップ）参加者54名 発表件数：5件（すべて招待講演）
- 第2回 平成20年9月12日 防衛大学校（神奈川県横須賀市）  
（アンテナ・伝播研究会と併催）参加者24名 発表件数：6件
- 第3回 平成20年12月1日 同志社大学今出川キャンパス（京都市京都市）  
参加者21名 発表件数：6件
- 第4回 平成21年3月27日 機械振興会館（東京都港区）  
（無線機器のSAR評価の現状と最新動向に関するワークショップ）  
参加者29名（うち2名、中国より参加） 発表件数：4件（すべて招待講演）
- 第5回 平成21年6月4日（財）テレコムエンジニアリングセンター本部（東京都品川区）  
参加者23名 発表件数：5件
- 第6回 平成21年9月4日（社）関西電子工業振興センター生駒試験所（京都府相楽郡）  
（環境電磁工学研究会と併催）参加者25名 発表件数：4件
- 第7回 平成21年11月10日（独）産業総合技術研究所秋葉原事業所  
（一部講演は産総研主催研究会と合同）参加者58名 発表件数：5件

以下開催予定

- 第8回 平成22年2月24日（独）情報通信研究機構（東京都小金井市）

### 3 2. 医用生体電磁気学研究会

首都大学東京大学院 教授 多氣 昌生

電磁波の生体安全性の評価や電磁波の医療への応用等、電磁波と生体の関連を中心に幅広い研究が行われている医用生体電磁気学は、電波の安全性や人体周辺無線通信技術等のユビキタスネットワーク社会の基盤となる研究課題と密接に関わっていることから、本分野における研究者の交流・連携を図ることを目的として医用生体電磁気学研究会を発足させた。

本研究会では、URSI-K 国内小委員会と連携し、URSI-K 国内小委員会委員に加えて、広く関係する研究分野の若手研究者も参加して議論できる環境を提供し、これまでに下記の通り 2 回の研究会を実施した他、今年度中に第一回シンポジウムを企画している。

第一回研究会を 5 月 12 日に首都大学東京秋葉原キャンパスにて開催した。参加者は、23 名であった。研究会での議論は、東京大学新領域 赤木貴則先生の特別講演「細胞分析のためのナノバイオデバイス」では、細胞の電気特性、細胞の電荷量などを基に、一細胞レベルでのマニピュレーション、分析などに冠する発表がなされ、細胞の電荷量変化のメカニズムや医療への応用の可能性と今後の見通しなどに関して活発な討論がなされた。

第二回研究会を 9 月 9 日に首都大学東京秋葉原キャンパスにて開催した。参加者は、24 名であった。研究会では、東北大学大学院教授 松木英敏先生の特別講演「ワイヤレス電力伝送の最近の動向」では、非接触電力伝送の技術開発の現状と、「無意識に充電」するインフラなど、社会導入のコンセプトに関する発表がなされ、実用化に向けた今後の課題など具体的な技術面での活発な討論がなされた。

第三回研究会は、シンポジウム形式とし 1 月 23 日に沖縄県青年会館にて開催予定ある。内容として、特別講演 1 件、一般演題 8~12 件を予定し、現在プログラムを調整中である。

### 3.3. 人体周辺の電波利用技術時限研究専門委員会

東京農工大学工学部 教授 宇野 亨

本研究集会の設立目的である「人体の身の回りにおける電波利用技術に関する議論の活発化」の遂行に関して、進捗状況を報告する。本年度本研究集会では

1. 人体周辺の電波利用技術の啓発
2. 人体周辺の電波利用技術活発化のために議論の場の提供

をおこなった。

上記1.を達成するために、ワークショップを平成21年8月28日13時より東京国際フォーラムG502室において開催した。ワークショップでは、首都大学東京 多氣昌生教授、千葉大学 伊藤公一教授、NTT マイクロシステムインテグレーション研究所 品川満主幹研究員に「ボディアエリア通信の現状と最新技術動向」と題して講演いただいた。講演では、人体周辺の電波利用技術として注目されている、ボディアエリア通信について基礎から応用まで技術的側面の解説をしていただいた。発表リスト、発表資料等詳細は添付資料に示す。参加者は、53名（うち学生8名）であり、熱心に聴講され講演後活発な議論がなされた。これにより、人体の身の回りにおける電波利用技術に関する啓発活動は成功したといえる。

つぎに、人体周辺の電波利用技術に関して成果発表および議論の場を設けることを目的に、第1回目の研究会を平成21年11月20日15時より青山大学青山キャンパスにおいて開催した。一般から募った発表は4件であった。発表内容はペースメーカーへの無線電力伝送技術、ペースメーカーと電波の相互作用に関する研究、新しい人体ファントムの開発、大地上の人体と電磁波の関係に関する研究であった。発表リスト、発表資料等詳細は添付資料に示す。聴講者は23名であり活発な議論がなされた。これにより議論の場を提供することができ本件研究会の目的がある程度達成されたといえる。

今後は、平成22年1月22日に山口大学において本研究集会協賛の研究会、平成22年3月9日に東北大学で行われる電子情報通信学会全国大会において人体周辺の電波利用技術に関するパネルセッションを開催する予定であり、活発な議論が期待される。

以上の活動を通し、本研究集会の目的は十分達成されると見込まれる。

## 【公益的調査研究助成とは】

財団法人 テレコムエンジニアリングセンター（TELEC）が実施する公益的調査研究助成事業の概要は以下のとおりです。

### 1 公益的調査研究助成の狙い

ユビキタスネット社会構築の鍵となる「ワイヤレスブロードバンドサービス」の発展のためには、新たな電波有効利用技術の研究開発と合わせて、秩序ある電波利用の推進が大切であり、その利用秩序を維持するには、無線機器の試験、電波の測定技術等の研究開発が不可欠になります。

このような社会的背景に鑑み、TELECでは公益的な立場から無線機器の試験、電波の測定等一般に関する調査研究（開発を含む。以下同じ。）を円滑に推進するため、これらの調査研究に携わる研究者の皆様を対象に、調査研究に対する助成及び研究集会に対する助成を行い、電波界の発展に寄与することとしました。

### 2 研究助成の対象とする研究分野

無線機器の試験、電波の測定等一般に関する分野の独創的な調査研究、ならびに日本の団体が運営主体となって開催する同分野の研究集会（会議、シンポジウム、研究発表会等）を対象としています。

### 3 応募資格

国内の研究・教育機関等に所属する研究者または共同研究グループ、ならびに応募対象の研究集会の運営主体の責任者としています。

### 4 研究助成額及び採用予定件数

調査研究助成額は1件当たり年間150万円以内とし毎年10件程度、ならびに研究集会助成額は1件当たり最大50万円とし、数件の採用を予定しています。

### 5 研究助成期間

一つの調査研究テーマに対して研究助成期間は3年以内としています。

### 6 募集期間

平成21年度計画分（平成22年4月より助成開始）は、平成21年10月15日から12月15日までの2ヵ月間募集しました。

次年度計画分以降も、同様な時期と期間を予定しています。詳細は、その時期にホームページ等でご案内いたします。

### 7 審査

調査研究助成対象者及び研究助成額、ならびに研究集会助成対象の研究集会及び助成額は、当センターが設置した公益的調査研究選考委員会において提出された書類を審査し、この選考委員会の結果に基づいて当センターの理事長が決定します。

**財団法人 テレコムエンジニアリングセンター**

〒140-0003 東京都品川区八潮 5-7-2

テレック総合研究所

URL <http://www.telec.or.jp/>