

研究種目： 基盤研究（C）
研究期間： 2006～2009
課題番号： 18560393
研究課題名（和文） ユビキタス・スペースネットワークのためのアンテナシステムに関する研究
研究課題名（英文） Study on antenna systems for ubiquitous space network

研究代表者

出口 博之（DEGUCHI HIROYUKI）
同志社大学・理工学部・教授
研究者番号： 80329953

研究分野：アンテナ工学，電磁界理論，マイクロ波工学
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：移動体通信，衛星通信・放送，アンテナ，電波，最適化，ビーム成形，開口面分布，広帯域化

1. 研究計画の概要

ユビキタス・スペースネットワーク構築のためのアンテナシステムの要素技術として、放射系ではリフレクタレーアンテナならびに平面レンズアンテナの開発、給電系では成形ビームホーンアンテナの開発、その他、近傍界測定ならびにコンパクトレンジに関連する電磁波計測技術の検討を行う。

2. 研究の進捗状況

(1) 単層リフレクタレーアンテナの広帯域化を目指し、複数共振素子の反射位相特性に着目し、同一面上に異なる共振周波数のアレー素子を巧みに配列する単位セル法を開発した結果、良好な反射位相特性が達成できた。設計したリフレクタレーアンテナの放射特性、周波数特性の数値的・実験的評価を詳細に行ったところ、ほぼ1オクターブまで周波数帯域幅を拡大できることがわかった。これを成形ビームに応用したところ、所定の特性が得られることも確認している。

(2) 平面レンズアンテナの基礎的検討では、両面のパッチ素子の結合共振を利用したレンズ構成を提案し、良好な透過特性ならびに偏波特性が得られることを数値計算ならびに実験によって確認している。

(3) 給電系については、だ円状のペンシルビームのための多段ステップ構造からなる方形多モードホーン、円形カバレッジのための同軸キャビティ装荷多モードホーンを各々提案し、モード整合法を基にした高精度で実用的な最適化設計法を開発している。試作、実験の結果、低交差偏波特性、ビーム成形、

周波数特性の広帯域化などに有効であることがわかった。

(4) ミリ波アンテナの実用化に向けて、フェーズリトリバル法を基にした開口面アンテナのビーム成形法、リフレクタレーアンテナのコンパクトレンジアンテナ装置への応用についても新たな提案を行っている。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)

リフレクタレーアンテナについては、約1オクターブにわたって良好な特性が得られ、飛躍的に広帯域化が達成できた。

②おおむね順調に進展している。

(理由)

ホーンアンテナにおけるステップ状不連続や同軸キャビティを用いて高次モードを適切に制御でき、所定の放射特性が得られた。また、平面レンズアンテナとして、平面パッチアレーアンテナとリフレクタレーアンテナの特徴を併せ持つ新しいアンテナ構成を見出し、狭帯域ながら良好な放射特性が得られた。

③やや遅れている。

(理由)

マッシュルーム構造のリフレクタレー素子は、ビア位置によって共振現象を制御できることがわかり、今後詳細に検討する必要がある。

④遅れている。

(理由)

ミリ波コンパクトレンジアンテナの新しい

構造としてホログラム形式を取り上げ、周波数特性、偏波特性について現在検討中である。

4. 今後の研究の推進方策

(1) リフレクトアレーアンテナのサイドローブ特性劣化は、共振素子形状が大きく変化する周辺で反射電界分布の乱れが生じることに起因し、これに対する実験・理論の両面からの検討が必要である。そこで、まず、開口面振幅および位相分布を近傍界測定によって実験的に評価していく。一方、理論面においては、これまでの周期境界条件を基にした解析では不十分であるため、新たにリフレクトアレー全体を解析するモーメント法の開発を行う。これについては、大規模問題の高速電磁界解析アルゴリズムの導入を検討していく。

(2) 平面レンズアンテナの周波数特性改善に対しては、単層ならびに2層構造での多共振特性の設計について検討していく。リフレクトアレーでは周波数に依らず原理的に全電力が反射されるが、平面レンズでは通過域特性の広帯域化が課題となる。その反面、透過・反射量の周波数特性をうまく利用すれば、アンテナとフィルタの特性を併せ持つ新しい放射系の開発が期待できる。

(3) 成形ビームホーンアンテナの広帯域化については、これまで同軸キャビティ構造の導入を提案してきたが、これは同軸導波管と円形導波管の接続とみなせる構造に限定したもので、今後は、さらなる特性向上を図るため、多段同軸構造など様々な接続形態に対する電磁界解析・設計を行う。一つの予想されるホーン形状としては、開口フランジ部分に特殊な形状の溝を多数有するものが考えられ、モード整合法とモーメント法のハイブリッド解析法の開発が不可欠である。

(4) アンテナ性能の計測法であるコンパクトレンジについてエッチング技術で容易に製作できる平面構造のホログラム形式を検討し、設計、試作、実験評価を行う。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計7件)

- ① H. Deguchi, H. Watanabe, M. Tsuji, "Compact spline-profile horn with coaxial cavities for wideband use," European Microwave Conference Proceedings, pp. 634-637, 2006, 査読有
- ② H. Urata, M. Ohira, H. Deguchi, M. Tsuji, "Multiple-step rectangular horn with two orthogonal sectoral tapers for elliptical beam," IEICE Trans. on Communications, E-90-C-2, pp. 217-223, 2006, 査読有
- ③ 渡辺浩章, 出口博之, 辻 幹男, "同軸キャビティ装荷による低交差偏波多モード

ホーンの小型化," 電子情報通信学会論文誌(B), J-90-B-6, pp. 585-591, 2007, 査読有

- ④ H. Deguchi, M. Tsuji, H. Watanabe, "Low-sidelobe multimode horn design for circular coverage based on quadratic programming approach," IEICE Trans. on Communications, E-91-C-1, pp. 3-8, 2008, 査読有
- ⑤ H. Deguchi, K. Omori, M. Tsuji, "Multimode horn with two types of coaxial cavities for circular coverage," IEEE AP-S International Symposium Proceedings, pp. 1-4, 2008, 査読有

〔学会発表〕(計5件)

- ① 真弓貴一, 出口博之, 辻 幹男, "広帯域化した2共振素子リフレクトアレーとその実験的検討," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2007年9月11日, 鳥取市.
- ② 松井祐介, 出口博之, 辻 幹男, "直交偏波だ円ビーム多段ステップホーンの小型化," 電子情報通信学会総合大会, 2008年3月20日, 北九州市.
- ③ 真弓貴一, 出口博之, 辻 幹男, "3共振素子によるリフレクトアレーの広帯域化," 電子情報通信学会総合大会, 2008年3月21日, 北九州市.
- ④ 小林貴志, 出口博之, 辻 幹男, "円形カバレッジのための同軸グループ装荷多モードホーンの高性能化," 電子情報通信学会総合大会, 2009年3月17日, 松山市.
- ⑤ 真弓貴一, 出口博之, 辻 幹男, "複数共振素子をもつオフセット単層マイクロストリップリフレクトアレーの周波数特性," 電子情報通信学会総合大会, 2009年3月17日, 松山市.

〔図書〕(計2件)

- ① 出口博之(分担執筆), オーム社, アンテナ無線ハンドブック, IV編, 第1章, 1.2, pp. 278-286, 2006.
- ② 出口博之(分担執筆), オーム社, アンテナ工学ハンドブック, 6章, 6.2, 6.4, 6.11.7, pp. 293-299, 307-310, 371-373. 2008.

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

特になし.