

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420381

研究課題名(和文) 周波数選択性反射板を用いた移動通信基地局用周波数共用アンテナの研究

研究課題名(英文) Study of multi-band base station antenna using frequency selective reflector for mobile communication systems

研究代表者

長 敬三(Cho, Keizo)

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号：00633356

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、移動通信システムに用いられる基地局アンテナにおいて、複数の周波数で同時に動作可能なアンテナの実現を目的とし、特定の周波数だけで反射板として動作可能な周波数選択性反射板を適用し、既存の基地局アンテナに新たな周波数帯用のアンテナを一体化可能なアンテナ構成法の検討を行っている。基地局アンテナ実現に適した周波数選択性反射板の具体的な構造を明確にするとともに、一体化したときの既存周波数帯および新規周波数帯用アンテナの相互影響を低減可能なアンテナ構成を考案している。

研究成果の概要(英文)：This study investigates a new multi-band base station antenna configuration using frequency selective reflector (FSR) for mobile communication systems. The FSR works as a reflector at a specific frequency band and becomes transparent in other frequency bands. The objective of this study is to integrate a new frequency band base station antenna into the current base station antennas by applying the FSR. This study clarifies the appropriate FSR configuration to achieve sector radiation pattern, which is required for base station antennas. A configuration reducing the mutual influence on both the current and the new frequency band antenna performances is proposed when the antenna using FSR is integrated to the current base station antennas.

研究分野：アンテナ

キーワード：移動通信 基地局アンテナ 周波数共用 周波数選択性反射板

## 1. 研究開始当初の背景

近年の移動通信トラフィックの急激な増加に対応するため、移動通信システムは更なる高速・大容量伝送が求められている。高速・大容量伝送実現に向け、新たな周波数の割り当ておよびその利用の検討が活発化しており、基地局アンテナには、より一層の周波数共用化が求められている。

一般に基地局アンテナには、広い周波数帯域で安定に動作する特性を持ち、かつダイバーシチ送受信を行うための直交偏波共用構成の実現性の観点から、反射板付ダイポールアンテナ構成が広く用いられている。反射板付ダイポールアンテナで周波数を共用する場合、共用する高周波数帯の素子の前面に低周波数帯の素子を配置する必要がある。そのため低周波数帯の素子上に高周波数帯の電流が誘起され、その電流からの再放射により、高周波数帯の指向性が歪むという課題がある。

従来の基地局アンテナでは、この歪みを無給電素子の配置などにより調整してきた。しかしこれらの手法では、配置した無給電素子が、全ての周波数帯のアンテナ性能に影響するため、調整作業が非常に困難となっている。また低周波数帯素子にチョークを配置し、不要な誘起電流を低減する手法も提案されているが、共用する周波数帯が増えると、チョークの広帯域化やチョークを入れることによる低周波数帯アンテナ特性の劣化などが問題となる。

## 2. 研究の目的

本研究では、高い周波数帯では反射板として動作し、低い周波数帯では電氣的に透過する特性を有する、周波数選択性反射板 (Frequency Selective Reflector: FSR) を用いた反射板付ダイポールアンテナの実現法について検討を行う。FSR を配置することにより、性能調整やアンテナ素子配置の自由度をあげることができ、特に離れた複数の周波

数帯を共用するアンテナで、各周波数帯でのアンテナ性能を所望の性能にできることを特徴とする。

FSR は、従来主に反射鏡アンテナなど数 GHz 以上の周波数における大型アンテナの周波数共用化や、偏波共用化を行う技術として広く検討され導入されてきた。これらの場合、FSR への入射波は平面波として考察されてきた。しかし本研究のように FSR を反射板付ダイポールアンテナの反射板として用いる場合、アンテナと反射板の電氣的な距離が 0.2 波長程度と非常に近接する。そのため近傍電磁界が、FSR の透過・反射特性やアンテナの指向性および入力特性に大きく影響する。また本アンテナ構成では、FSR はアンテナの放射を司る構成物として、その形状等も設計に考慮する必要がある。よって複数周波数を共用する反射板付ダイポールアンテナに適した FSR の素子構成、形状などの設計法を明確にすることが必要となる。

本研究では、今後導入が予定されている 3.5GHz 帯と、現在使用されている周波数帯を共用可能なアンテナの実現を目的とする。本研究では特に現用の低い周波数帯として 800MHz 帯の共用化に着目するとともに、3.5GHz 帯に最も近い周波数帯として 2GHz 帯の共用化に着目して研究を行う。本アンテナの構成イメージを図 1 に示す。本助成の期間では、3.5GHz 帯用基地局アンテナに要求され

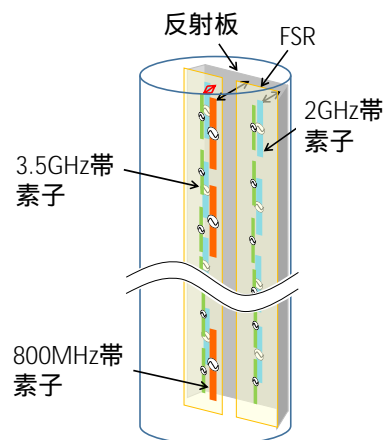


図 1 FSR を用いた周波数共用アンテナ

る扇形（セクタ）指向性を実現に適した FSR の素子構成および形状の明確化を行う。また 2GHz 帯以下の周波数帯では電氣的に透過する性能を有する FSR 付ダイポールアンテナの FSR 構成，FSR 付きダイポールアンテナ構成を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1) セクタ指向性実現に適した FSR 素子構成の明確化：3.5GHz 帯用アンテナとして用いる反射板付きダイポールアンテナの反射板を FSR で構成したときに，基地局アンテナに必要となるセクタ指向性の実現に適した FSR 素子構成を明らかにする。本検討では，まず垂直偏波構成から着手する。FSR 素子構成の決定にあたっては，偏波共用構成への拡張も鑑みて素子構成候補の絞り込みを行い，電磁界シミュレーション解析により，アンテナ性能（放射指向性，インピーダンス特性）への影響を評価する。またシミュレーション結果の妥当性をアンテナ試作により評価する。

(2) 一体化可能なアンテナ構成の明確化：3.5GHz 帯 FSR 付ダイポールアンテナを既存周波数帯(800MHz 帯および 2GHz 帯)用反射板付きダイポールアンテナと一体化した際の，既存周波数帯および新規周波数帯(3.5GHz 帯)両者のアンテナ性能への影響を，電磁界シミュレーション解析により評価する。特に 3.5GHz 帯に近い周波数である 2GHz 帯用アンテナとの相互影響を評価するとともに，影響要因の分析，相互影響を低減可能なアンテナ構成の検討を行う。

(3) 直交偏波構成の実現：水平偏波構成について，垂直偏波構成の検討結果をもとに，FSR 配置時のセクタ指向性の実現性，および 2GHz 帯用アンテナとの共用時の相互影響を，電磁界シミュレーション解析により確認するとともに，相互影響を低減可能な構成の検討を行う。

### 4. 研究成果

(1) 偏波共用化を鑑み，直交する 2 偏波に有効な FSR 素子構成として，帯状ループ素子，構成自由度の大きいガングバスタ(GB)素子，クロスダイポール素子を小型化したエルサレムクロス(JC)素子を小型化したエルサレムクロス(JC)素子に着目し，セクタアンテナ実現に適した素子構成について，垂直偏波構成において比較検討を行った。図 2 に各素子の構成を，図 3 に FSR 付ダイポールアンテナ構成を示す。放射特性の比較検討の結果，半値角が 50～70 度程度のセクタ指向性アンテナを実現する場合，どの構成を用いても，ほぼ同様のセクタ指向性を実現できることを確認した。また GB 素子はその配置自由度が一番大きく，調整がしやすいことがわかった。一方半値角が 70 度以上のアンテナの場合，図 4 に示すように，特に帯状ループ素子を用いると，半値角が周波数に対して大きく変動することを確認した。一方 GB 素子は配置自由度が大きく，周波数変動を最も下げられることがわかった。解析結果の妥当性を確認するため，正方形帯状ループで構成した FSR 付ダイポールアンテナを試作し，測定評価を行った。その結果，指向性の測定結果と解析結果はよく一致し，解析結果の妥当性を

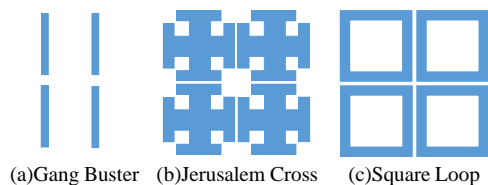


図 2 比較検討に用いた FSR 素子構成

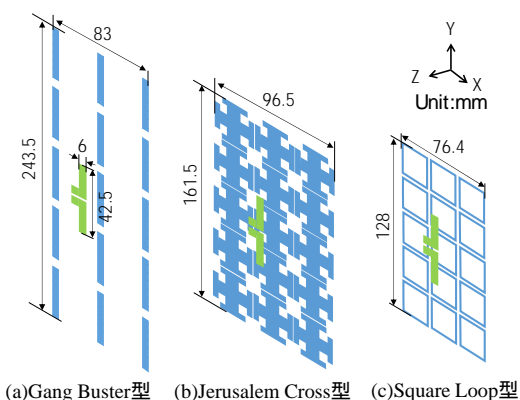


図 3 FSR 付ダイポールアンテナ

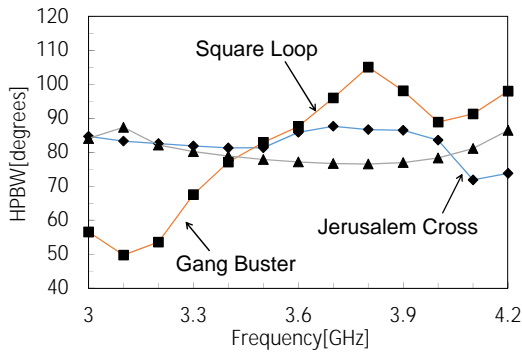


図4 FSR付ダイポールアンテナ

確認した。

(2) FSR付ダイポールアンテナのFSRの配置素子数を増やして半値角を制御する場合，中心から遠いFSR素子への電波の入射角が浅くなり，放射特性が乱れるという問題がある．そこで，幅方向に3素子配置したFSRにおいて，中心に対して両端のFSR素子の大きさを変化させ，反射位相を制御する構成について検討した．その結果，両端のFSRの大きさを変化させることにより，半値角を約70度から100度まで連続的に設定できることを示した．また両端のFSR素子の大きさに対して半値角の極小値が存在し，その値より大きくしても小さくしても半値角は上昇するが，両側のFSR素子の大きさを中心に対して，大きくした方が，FB比を小さくできることを示した．

(3) 1.5GHz ~ 2.3GHz程度で動作する反射板付ダイポールアンテナの前面に3.5GHz帯FSR付ダイポールアンテナを配置したときの，反射板付ダイポールアンテナの指向性への影響について検討した．その結果，周波数が2GHz以下ではFSRによる指向性の影響は見られないが，2GHzより大きくなると，反射板付ダイポールアンテナの指向性が歪むことを確認した．また指向性への影響は，GB素子を用い，素子配置間隔を狭くすると，3.5GHz帯用アンテナの指向性の歪みを低減できることを確認した．

(4) 2GHz帯と3.5GHz帯を共用する構成において，両周波数帯の放射特性への相互影響を軽減可能なFSR形状として，図5に示すよう

なFSRの両端の素子のみ前方に配置する構成を提案した．3.5GHz帯用アンテナでは，FSRで反射せず通過して2GHz帯用アンテナの反射板で反射した反射波と，3.5GHz帯用アンテナからの放射波が合成される．よって間隔dの変化に伴い2GHz帯反射板からの反射波と3.5GHz帯アンテナの放射波との位相差が変化し，放射指向性が変動する．2GHz帯においては，ダイポール素子にFSRが接近するとFSRの影響を受け，指向性が大きく変動する．提案の構成(FSRc)により，3.5GHz帯の後方への漏れを抑えるとともに，2GHz帯ダイポール素子からの放射の遮蔽も軽減することができることから図6に示すように，間隔dを50mmとすることで，2GHz帯(2.0~2.3GHz)および3.5GHz帯(3.4~3.6GHz)における半値角変動を5度以内にできることを明らかにした．

(5)半値角を調整可能な構成として，FSRをコーナリフレクタ構造としたアンテナ構成を提案した．本アンテナのコーナ角に対する半値角の特性は，通常金属材料を用いたコーナリフレクタ構造としたアンテナとほぼ同等であり，コーナ角により半値角を35度~120

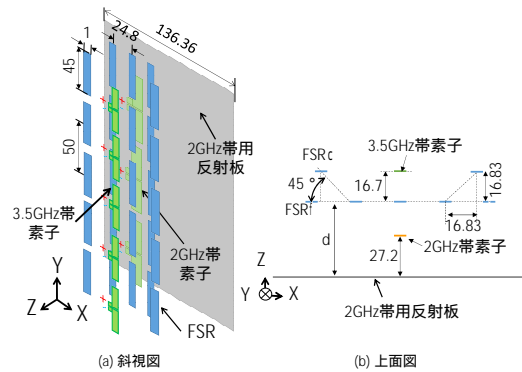


図5 両端折り曲げ FSR 構成

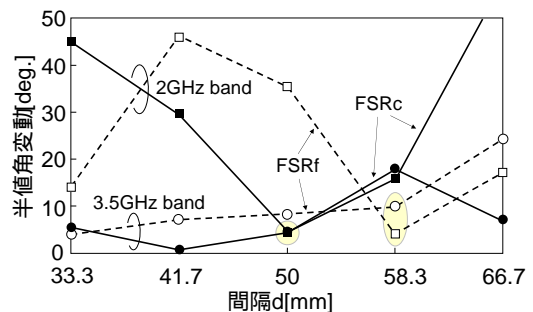


図6 間隔dに対する半値角依存性



度まで変化できることを明らかにした。一方 FB 比は従来のコーナリフレクタアンテナより劣化し、FSR 素子の配置および間隔に依存することを示した。

(6) 水平偏波の FSR 付ダイポールアンテナ構成として、横向き Gang Buster 素子を水平方向に 1 列配置した構成を検討し、半値角 70 度程度のセクタ放射指向性を実現できることを確認した。しかし 2 GHz 帯アンテナと一体化すると半値角の周波数変動が大きくなることが確認された。FSR 素子を 2 列に配置する構成では、後方放射特性が 1 列配置構成より劣化し、FSR 素子を図 7 に示すように、互い違いに配列する構成により、後方反射板による影響を 1 列配列構成よりも改善できることを明らかにした。

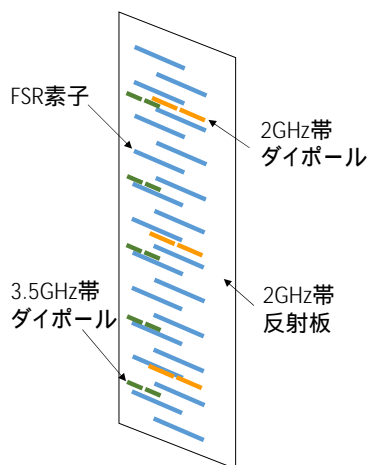


図 7 水平偏波 FSR 互い違い配置構成

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

K. Cho, H. So, A. Ando, "HPBW Control of Dipole Antenna with Frequency Selective Reflector Using Different Size Elements," IEICE Communications Express, Vol.5, No.3, pp.90-94, <http://doi.org/10.1587/comex.2015XBL0184>, Mar. 2016. (査読あり)

[学会発表](計 15 件)

谷澤佑亮, 長敬三, 宗秀哉, 安藤篤也, "周波数選択性反射板で構成したコーナリフレクタアンテナにおけるアンテナ構造と放射特性の関係," 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, vol. 115, no. 506, AP2015-208, pp. 25-30, かんぼの宿 石和 (山梨県笛吹市), 2016 年 3 月 10, 11 日.

Y. Tanizawa, K. Cho, H. So, and A. Ando, "Element shape of FSR backed dipole antenna suitable for obtaining sector radiation pattern," Proc. of 2015 International Workshop on Electromagnetics: Application and Student Innovation Competition (iWEM), Hsinchu, Taiwan, 2015 年 11 月 16 ~ 18 日.

谷澤佑亮, 長敬三, 宗秀哉, 安藤篤也, "周波数選択性反射板付ダイポールアンテナの反射板素子形状による放射特性への依存性," 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, vol. 115, no. 164, AP2015-52, pp. 71-76, 稚内総合文化センター(北海道稚内市), 2015 年 7 月 30 ~ 31 日.

K. Cho, H. So, A. Ando, and T. Sugiyama, "Influence of FSR Element Shape on FSR Backed Dipole Antenna Applied to Mobile Base Station Antenna," Proc. of 2015 USNC-URSI Radio Science Meeting (Joint with AP-S Symposium), p.171, 10.1109/USNC-URSI.2015.7303455, Vancouver, Canada, 2015 年 7 月 19 ~ 24 日.

H. So, A. Ando, T. Sugiyama, and K. Cho, "Design for suppressing undesired reflections from frequency-selective surfaces employed in multiband sector antenna," Proc. of 2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, pp.824-825, Vancouver, Canada, 2015 年 7 月 19 ~ 24 日.

K. Cho, H. So, A. Ando, and T. Sugiyama, "Consideration of FSR Element Shape for Use in FSR Backed Dipole Antenna," Proc. of 2014 IEEE Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics, pp.4-7, Johor Bahru, Malaysia, 2014 年 12 月 8 ~ 10 日.

K. Cho, "Bandwidth Enlargement of Dipole Antenna with FSR by Using Metal Strip Loop Elements," Proc. of 2nd Asia and Pacific Conference on Antennas and Propagation, pp.39-40, Chiang Mai, Thailand, 2013 年 8 月 5 ~ 7 日.

[その他]

ホームページ等

[http://www.awsl.it-chiba.ac.jp/research\\_output.html](http://www.awsl.it-chiba.ac.jp/research_output.html)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

長 敬三 (CHO, Keizo)

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号: 00633356