

## 論文の内容の要旨

### 1 申請者

防衛大学校 グェン タイン ビン

### 2 論文題目

電磁クロッキングによるアンテナの相互結合抑制に関する研究

### 3 論文の内容の要旨 (博士:2,000 字程度)

現在, 5G や IoT (Internet of Thing) 機器の増加によって, 無線機器内外の干渉が問題となっている. 一方, 近年の無線機器の内部では無線モジュールなどが高密度に実装されており, 非常に狭い空間において, 数多くのアンテナが近接に配置されている. また, 電波を有効に利用するためには, それぞれのシステムの隣接する周波数帯域が他のシステムで使用されている. このような設置環境でも効率よく情報を伝送する必要があることから, システム間の干渉, つまりアンテナ間の相互結合を抑制する必要がある.

アンテナの相互結合抑制法としては, アンテナ間隔の確保, 直交偏波の利用, 減結合回路の挿入, メタマテリアル技術の利用などが検討されてきた. メタマテリアル技術の利用では, 電磁バンドギャップ (Electromagnetic Band Gap: EBG) 構造による結合抑制法が良く知られている. しかし, EBG 構造は単位セルサイズが大きいことから, アンテナ間隔が狭い場合は配置できない. 一方, 右手/左手複合伝送線路を用いた無給電素子を使用することで, 近接周波数帯において結合を抑制する手法も提案されている. この無給電素子は使用周波数が非常に近接したアンテナに適用できるが, アンテナ特性が変化してしまう問題がある. したがって, 従来の相互結合抑制法には以下に挙げる 2 つの研究課題がある.

課題 1: アンテナの相互結合を抑制するメタマテリアル構造の小型化

課題 2: アンテナの相互結合抑制とアンテナ特性維持の同時達成

本論文では, これらの課題を同時に解決するために, 電磁波を抑制できる電磁クロッキング技術を利用することを提案する.

電磁クロッキングは制御対象により電波吸収体, クロッキングおよびマントルクロークの 3 つに分類することができる. アンテナの相互結合を抑制できるメタマテリアル構造としては電波吸収体とクロッキングが候補となる. また, メタマテリアルを構成する負透磁率媒質として積層セラミックコンデンサ (Multi-Layer Ceramic Capacitor: MLCC) の利用が検討されている. MLCC は小型であるため, MLCC を用いた電波吸収体や円筒クロッキングにより課題 1 を解決できる可能性がある.

次に, 表面リアクタンスを制御したマントルクロークが提案されている. マントル

クロークは極薄な表面であり、アンテナ特性の維持が期待できる。一方、表面リアクタンスを制御できる構造としては周波数選択板(Frequency Selective Surface: FSS)が挙げられる。したがって、FSS を用いたマントルクロークにより課題 2 を解決できる可能性がある。

本論文では、電磁クローキングによるアンテナの相互結合抑制を目的とし、次の流れで課題 1, 2 の解決を図る。まず、MLCC を用いた小型・薄型電波吸収体と円筒クローキングを検討する。MLCC を誘電体基板上に配置した単位セル構造で構成される電波吸収体と円筒クローキングを配置したアンテナの相互結合の抑制効果を確認し、課題 1 の解決を図る。次に、FSS を用いたマントルクロークを検討する。はじめに、表面リアクタンスを制御した理想的なマントルクロークアンテナを設計し、マントルクロークによるアンテナの相互結合の抑制効果を確認する。次に、FSS を用いたマントルクロークアンテナを設計し、アンテナの相互結合の抑制効果の確認とアンテナ特性を確認し、課題 2 の解決を図る。さらに、マントルクロークアンテナの動作原理について検討する。最後に、本論文の内容をまとめて、結論とする。

#### 4 キーワード (5 個程度)

「メタマテリアル」「電磁クローキング」「アンテナの相互結合抑制」「積層セラミックコンデンサ」「周波数選択板」「電波吸収体」「円筒クローキング」「マントルクローク」