

Characteristic Mode 解析に基づく小形 MIMO アンテナ給電位置の最適化 Optimizing Feeding Locations Based on Characteristic Mode Analysis of Compact MIMO Antenna

佐々木 穂[†] 石井 知貴[†] 本間 尚樹[†] 今野 佳祐^{††} 陳 強^{††} 恒川 佳隆[†]
Minoru SASAKI[†] Kazuki ISHII[†] Naoki HONMA[†] Keisuke KONNO^{††} Qiang CHEN^{††} Yoshitaka TSUNEKAWA[†]

[†]岩手大学 工学部

^{††}Faculty of Engineering, Iwate University

^{††}東北大学大学院 工学研究科

^{††}Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 小型端末ではチャネル容量に大きく影響するアンテナ位置の最適化が重要である。本報告では、Characteristic Mode 解析に基づいて小形 MIMO アンテナ給電位置の最適化を行った結果について述べる。以下では、アンテナの電流分布と Characteristic Mode 解析により求めたモード電流の相関特性から、給電点位置がチャネル容量に与える影響を考察する。解析結果から、2つのアンテナにより生じるモード電流成分が互いに直交する場合に、高いチャネル容量が得られることを示す。

2. Characteristic Mode を用いた板状アンテナ解析

板状アンテナに対して Characteristic Mode 解析を行うため、解析モデルをワイヤグリッドモデルに近似し、インピーダンス行列 \mathbf{Z} を算出する。 \mathbf{Z} は実部と虚部からなる対称行列であり、モード電流は

$$\mathbf{X}\mathbf{J}_n = \lambda_n \mathbf{R}\mathbf{J}_n \quad (1)$$

を満たす固有ベクトルである[1]。ここで \mathbf{R} と \mathbf{X} はそれぞれインピーダンス行列の実部と虚部である。 \mathbf{J}_n は第 n モードの電流ベクトル、 λ_n は第 n 固有値の虚部であり、アンテナの蓄積電力(放射に寄与しない電力)に対応する量である。

本検討では同一グランド板上に配置された MIMO アンテナのグランド板に対し、Characteristic Mode 解析を行う。グランド板上の電流とモード電流の相関は

$$\rho_n = \frac{\mathbf{J}_n^H \cdot \mathbf{J}_P}{\sqrt{|\mathbf{J}_n|^2} \sqrt{|\mathbf{J}_P|^2}} \quad (2)$$

より求められる。ここで \mathbf{J}_P はアンテナにより生じるグランド板上の電流である。全てのアンテナに対して電流相関を求め、 \mathbf{J}_P を構成するモード電流成分の強度を求める。

次に、アンテナの電流相関どうしの直交性がチャネル容量に与える影響を評価する。2素子 MIMO アンテナを考えると、第 n モード電流とアンテナ#1 および#2 の電流との相関係数をそれぞれ ρ_{n1} 、 ρ_{n2} と定義すると、相関係数どうしの直交性は

$$\rho = |\sum_{n=1}^N \rho_{n1} \rho_{n2}| \quad (3)$$

より求められる。(3)より求められた評価値とチャネル容量を比較することで、最適給電点位置について考察する。

3. 数値解析

図1に本検討で取り扱う解析モデルを示す。グランド板上に2つの逆Fアンテナが対称に配置されている。使用周波数は2.2 GHzとする。アンテナ#1は図の位置に固定し、アンテナ#2をy軸方向に移動させる。ここで、グランド板端部とアンテナ#2の距離を d とする。図2にチャネル容量が最大となるときのグランド板に流れる電流とモード電流の相関を示す。この場合の d は24 mmであった。各アンテナには自己インピーダンスを基に設計した整合回路を接続し、整合後のアンテナ S パラメータ行列からチャネル容量式[2]を用いてアンテナ性能を評価した。(a)はアンテナ#1の電流相関、(b)はアンテナ#2の電流相関である。どちらも下位のモードで電流相関が高くなることが確認でき、蓄積電力が小さいモードが支配的になることが分かる。図3に2つの電流相関の直交性とチャネル容量の距離特性を示す。解析結果より、直交性の向上により ρ が低下したときにチャネル容量が高くなることを確認できる。これは、2アンテナのモード電流成分が異なることを示す。以上より、Characteristic Mode を用いた電流相関から、最適な給電位置の探索が可能であることを明らかにした。

4. まとめ

本報告では、板状グランド上に構成された2素子 MIMO アンテナの給電位置を Characteristic Mode 解析により最適化した結果について述べた。モード電流成分の直交性とチャネル容量の関係について解析した結果、各アンテナのモード電流成分が直交するとき、高いチャネル容量が得られることが明らかになった。

参考文献

- [1] R. F. Harrington, et al., IEEE Trans. Antenna & Propagat., vol.19, no. 5, pp. 622-628, Sept. 1971
- [2] 本間他, 信学技報 AP2012-167, 2013年3月

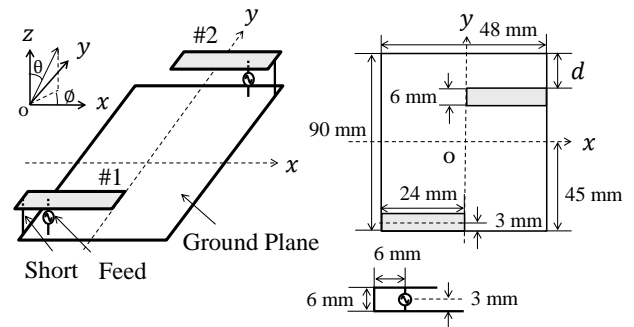


図1 解析モデル

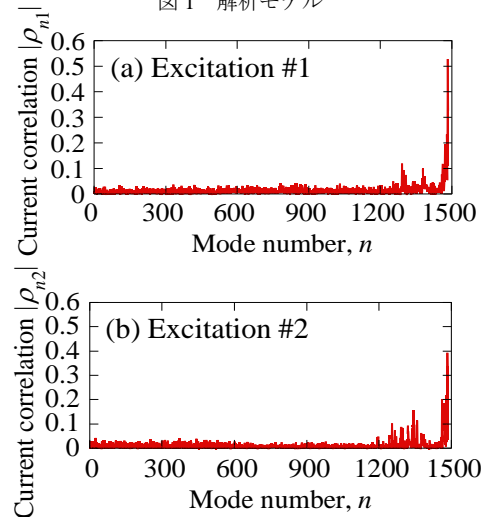


図2 電流相関

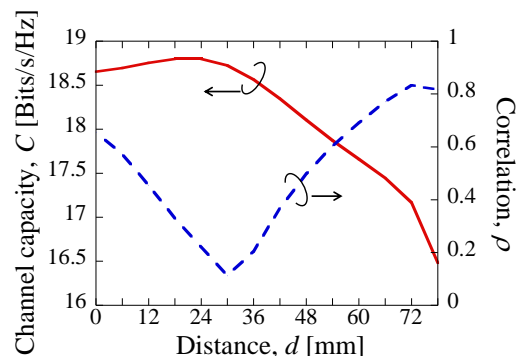


図3 アンテナ位置 d に対する電流相関とチャネル容量