

B-1-240

## アンテナ負荷および素子間相互結合を考慮したMIMO特性評価

Performance Evaluation of MIMO Receiver Considering Antenna Load and Mutual Coupling

井浦裕貴<sup>1</sup>  
Hiroki Iura山田寛喜<sup>1</sup>  
Hiroyoshi Yamada小川恭孝<sup>2</sup>  
Yasutaka Ogawa山口芳雄<sup>1</sup>  
Yoshio Yamaguchi

1: 新潟大学 工学部 Faculty of Engineering, Niigata University

2: 北海道大学 大学院情報科学研究科 Graduate School of Information Science &amp; Technology, Hokkaido University

## 1 まえがき

MIMOシステムにおいてアレーの素子間相互結合が与える影響は重要である。素子間相互結合はアンテナの入力インピーダンスを変化させるため、素子間隔に対し適切に受信機の負荷インピーダンスを選択しなければ十分な性能を発揮できない。文献[1]では整合回路を挿入し評価しているが、実際のインピーダンス値を言及していない。本稿では様々な負荷インピーダンスで終端した場合のMIMO特性を評価し、最適なインピーダンスを検討する[2]。

## 2 チャンネル応答行列

素子間相互結合のあるMIMOシステムを考えるには、チャンネル応答行列は伝搬路に起因するチャンネル応答( $H$ )に加え、近接素子からの再放射を示す行列(素子間相互結合行列 $C$ )を考慮する必要がある。よってシステム全体におけるチャンネル応答行列 $H'$ は $H' = CH$ となる。また、インピーダンス値(整合状態)を変化させMIMOの評価を行うにはインピーダンス値による変化分を考慮しなければならない。本稿では送信側は素子間相互結合が無く、信号は互いに独立である理想的なアレーであり、注水定理による電力分配は行わない。シミュレーションにおいて相関行列 $CHH^H C^H Z^{(-1)H}$ を導入し、その固有値の実部を用いて受信信号電力を推定し、容量の計算を行う。ここで $Z = \text{diag}[z_1 \dots z_j]$ であり、 $z_j$ は $j$ 番目のアンテナの負荷インピーダンスである。

## 3 シミュレーション

レイリーフェージング環境における狭帯域 $2 \times 2$ MIMOを考える。素子は素子長 $\lambda/2$ 、素子半径 $\lambda/50$ のダイポールアンテナ( $Z_{11} = 105 + j49$ )、搬送波周波数は2.4GHzである。負荷インピーダンスは自己インピーダンス複素共役整合( $Z_{11}^*$  match), 入力インピーダンス複素共役整合( $Z_{in}^*$  match), 容量最大整合(optimal-match)である。optimal-matchでは負荷インピーダンスを抵抗、リアクタンスともに $1\Omega$ ずつ変化させ最大容量を得るインピーダンスを負荷とした。図1, 図2は各整合方法におけるチャンネル容量と総受信電力であり、それぞれ素子間隔無限大で自己インピーダンスの複素共役を負荷インピーダンスとした時の値で正規化したものである。図3でチャンネル間の相関を示す。optimal-matchにおいて素子間隔が $0.1\lambda$ よりも小さいところではチャンネル間相関が急激に大きくなり、一方総受信電力は減少傾向を回復できている。つまり、素子間隔 $0.1\lambda$ 以下ではチャンネルの独立性を保ち、複数のチャンネルを利用するよりも最大比合成として機能させ、第1固有パスからの信号を効率よく受信するようなインピーダンスを選択した方が効果的に容量を高めることを示している。また $Z_{in}^*$ 整合は常にチャンネル間相関を抑える効果があり、 $0.1\lambda$ 間隔以上では容量

も最大となっていることが分かる。

## 4 むすび

各整合方法におけるレイリーフェージング環境下のMIMO特性を評価した。近接したアレーにおいても $0.1\lambda$ 程度以上の素子間隔では $Z_{in}^*$  matchで最大容量が実現されることを確認した。

## 参考文献

[1]Jon W. Wallace, et. al., Trans. IEEE Wireless Commun., Vol. 3, No. 4, July 2004. [2]井浦 他, 信学技報, AP, Sep. 2005, 発表予定

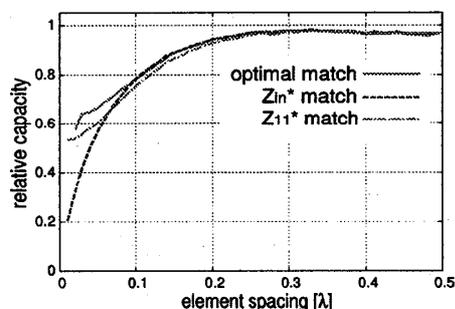


図1 チャンネル容量 (SISOシステムにおいて, SNR=20dBの伝搬環境)

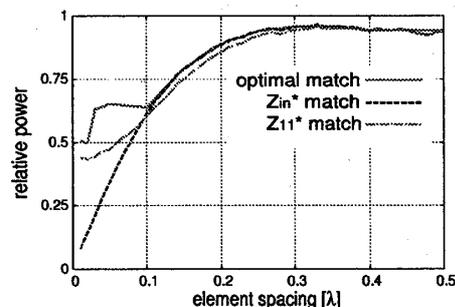


図2 受信電力の変化

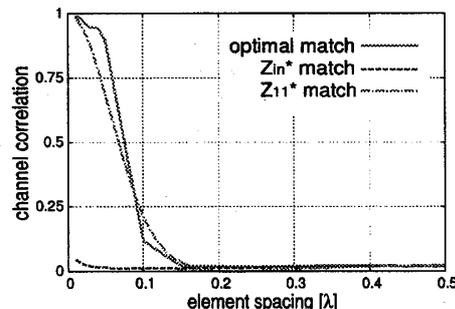


図3 チャンネル間相関