

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 7 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656247

研究課題名（和文） 移動通信端末用人体中継アンテナシステム

研究課題名（英文） On-body Relay Antenna System for Mobile Communication Handsets

研究代表者

陳 強 (CHEN QIANG)

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30261580

研究成果の概要（和文）：

次世代の高速移動通信では、多数のアンテナが同時に送受信する MIMO (Multi-Input Multi-Output) 通信方式が必須な技術になっているが、小形の携帯端末に数多くのアンテナを実装することが困難である。本研究では、多数のアンテナを、携帯端末ではなくユーザの体に装着することを提案し、これらのマルチアンテナと基地局アンテナとの通信速度を電磁界の数値シミュレーションと実験により求め、人体装着型マルチアンテナの有効性を示している。

研究成果の概要（英文）：

Multi-Input Multi-Output (MIMO) technology is one of the most important technologies to be required in high-speed wireless communications of the next-generation. However, it is difficult to mount so many antennas in a mobile handset of small size. In this research, it is proposed that the multi-antennas are mounted not in the handset, but on the human body. The MIMO transmission capacity using the proposed on-body antennas are evaluated by full-wave numerical simulation and measurement, demonstrating the performance of the proposed antenna system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：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：アンテナ，MIMO，人体，on-body，無線通信，移動通信。

## 1. 研究開始当初の背景

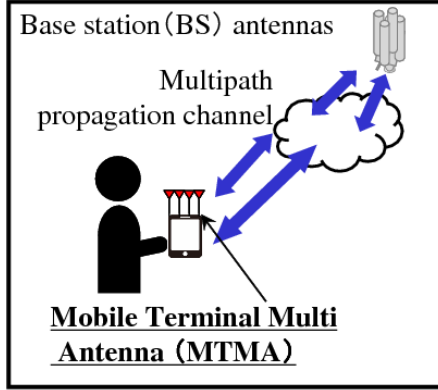
次世代移動通信は、限られた周波数帯域でも高速なデータ通信が可能な MIMO (Multi-Input Multi-Output) 通信方式の採用が確実になっている。その技術を実現するためには、送受信側に数本のアレーアンテナを搭載する必要がある。しかしながら、移動通信端末は、小形化が要求されるため、端末に数多くのアンテナ素子を実装することが非常に困難である。

## 2. 研究の目的

本研究は、移動通信端末のアレーアンテナを端末ではなく、ユーザの体に装着し、アレーアンテナと端末間に無線で結ぶ人体中継アンテナシステムを提案する (図 1)。本研究を通して、人体中継アンテナシステムの理論と実験的な検討を行い、本アンテナシステムの有効性を確認し、実現の可能性を探る。

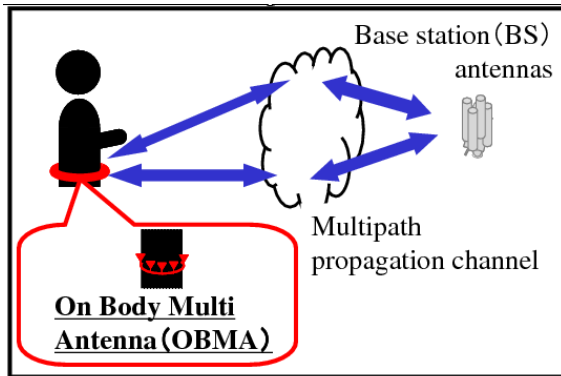
### 3. 研究の方法

従来の移动通信端末に搭載されるマルチアンテナ (MTMA: Mobile Terminal Multi Antenna) の MIMO 伝送容量と人体に装着するマルチアンテナ (OBMA: On Body Multi Antenna) の MIMO 伝送容量を数值的・実験的に求め、人体にマルチアンテナを装着した場合、通信容量の向上を明らかにし、人体中継アンテナシステムの有効性を示す。



BS × MTMA

(a) 従来アンテナシステム



BS × OBMA

(b) 提案アンテナシステム

図1 人体中継アンテナシステム (OBMA)

### 4. 研究成果

#### (1) 電磁界の数値シミュレーション

BS (Base Station) と 8 素子 OBMA の電磁界シミュレーションモデルと BS と 4 素子 MTMA の電磁界シミュレーションモデルをそれぞれ図 2 と図 3 に示し、数値シミュレーションの解析パラメータを表 1 に示す。ここで、アンテナ及び人体モデルの材質を PEC (Perfect Electric Conductor) とする。電磁界の数値解析法はモーメント法であり、無線信号の周波数は 2 GHz である。

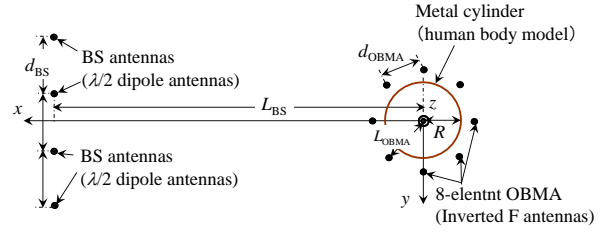


図 2. BS 対 N 素子 OBMA モデル.

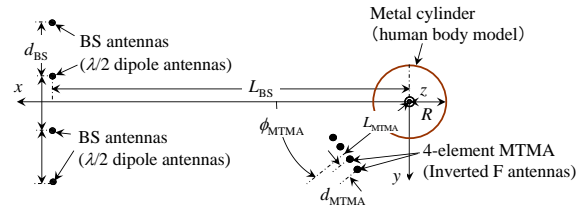


図 3. BS 対 N 素子 MTMA モデル.

表 1: 解析パラメータ.

Number of BS antennas	$M = 4$
Number of on-body antennas & mobile terminal antennas	$N = 2, 4, 6, 8, 12$
Radius of metal cylinder	$R = 100 \text{ mm}$
Height of metal cylinder	$h = 600 \text{ mm}$
Distance between center of cylinder and on-body antenna	$L_{OBMA} = R + 25 \text{ mm}$
Distance between center of cylinder and mobile terminal antenna	$L_{MTMA} = R + 300 \text{ mm}$
Distance between center of cylinder and BS antenna	$L_{BS} = 5 \text{ m}$
Spacing of BS antennas	$d_{BS} = 300 \text{ mm}$
Azimuth angle of mobile terminal antennas	$\phi_{MTMA} = 0, \pi/4, \dots, \pi$

狭帯域で信号伝送の MIMO 伝送容量は以下の式となる。

$$C = \log_2 \left| \mathbf{I}_{M_0} + \frac{P_T}{M\sigma^2} \mathbf{G}\mathbf{G}^\dagger \right|$$

ここで、 $\mathbf{G}$  は  $M \times N$  行列であり、行列の各要素は厳密な電磁界数値解析により計算されている。また、 $M_0$  は送受信アンテナ数の少ない方に相当し、 $\mathbf{I}_{M_0}$  は  $M_0 \times M_0$  の単位行列であり、 $P_T$  は総送信電力、 $\sigma^2$  は受信雑音電力を表している。

図 4 は N 素子 OBMA と N 素子 MTMA の伝送容量を示している。OBMA は十分な素子間隔を確保しつつ素子数を増やすことができるため、MTMA よりも高い伝送容量を得ることができる。

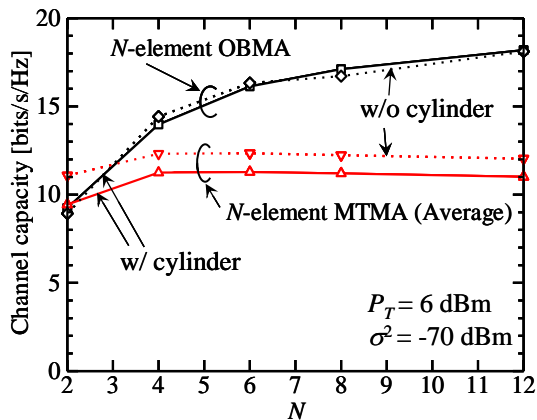


図4. OBMA と MTMA の伝送容量の比較 (数値解析)

(2) 実験的検討結果

OBMA のアンテナ素子として逆 F 形アンテナを設計し、試作した (図 5). アンテナの 2GHz で動作することが実験により確認された.

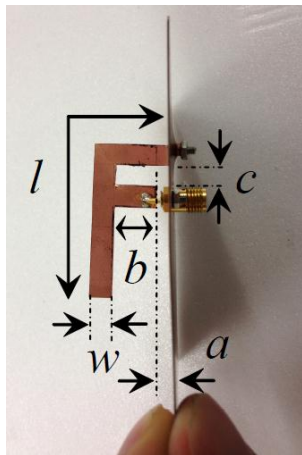


図5. OBMA 用アンテナ素子 ( $a=3, b=10, c=5, w=5, l=45$ , 単位: mm).

測定環境を図6に示す. 測定場所は東北大学の構内にて行った. 測定エリアに人体ファントムを配置して, そのファントムにアンテナ (OBMA もしくは MTMA) を固定し, 測定エリア内をフリーランしている間に  $S_{nm}$  をそれぞれ 5000 点測定した. 測定エリアでのアンテナとファントムの配置を図7に示す. このとき, 人体ファントムは半径  $R = 100$  mm, 高さ  $h = 600$  mm の円筒型容器に 0.5%食塩水を満たし, アンテナに対する人体からの電磁的影響を再現した. BS アンテナは高さ 1.3 m, OBMA もしくは MTMA は高さ 0.95 m としている.

図8は測定結果である. 4素子 MTMA の場合は, アンテナの配置方向によって伝送容量が中央値において最大 5bits/s/Hz 低下した. 一方, 8素子 OBMA は8素子を円周状に等間隔に配置するため, SNR は高くないがアンテナ数が多いことによって空間相関を低くすることができる. その結果, 8素子 OBMA の伝送容量の平均値は4素子 MTMA の伝送容量の平均値よりも 6 bits/s/Hz 大きいことが確認された. 要するに, OBMA は MTMA よりもアンテナ素子数が多いため, アンテナのダイバーシティ効果により高い伝送容量を得られていることがわかる.

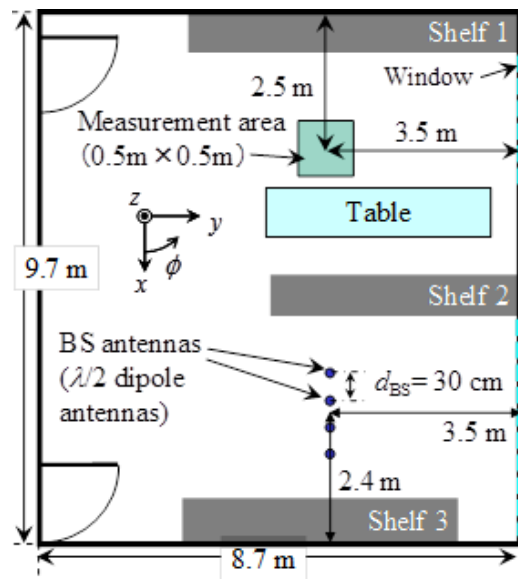


図6. 測定環境

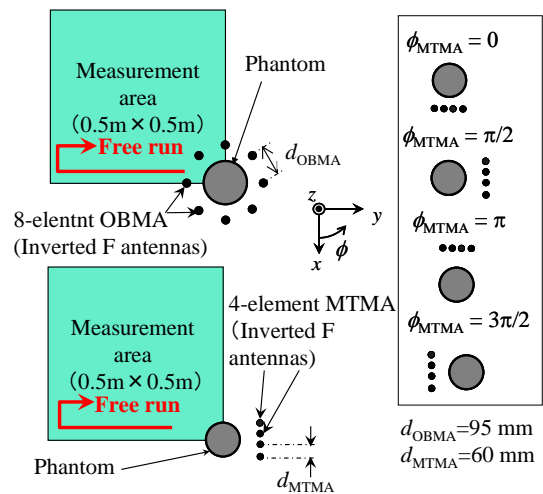
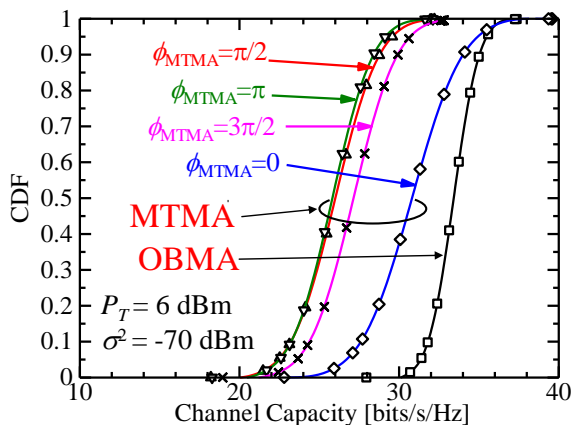


図7. 測定エリアでのアンテナの配置図



(3) 連携研究者  
なし

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4 件)

1. 坪井聖, 陳強, 澤谷邦男  
“人体に装着したマルチアンテナに関する研究,” 第 551 回伝送工学研究会, 東北大学工学研究科中央棟大会議室, 2013 年 1 月 22 日.
2. 坪井聖, 陳強, 澤谷邦男  
“人体に装着したマルチアンテナに関する研究,” 第 549 回伝送工学研究会, 東北大学電気情報系 103 会議室, 2012 年 11 月 18 日.
3. 坪井聖, 陳強, 澤谷邦男  
“高速無線通信用人体装着型マルチアンテナ,” 平成 24 年度電気関係学会東北支部連合, 秋田県立大学本荘キャンパス, 2012 年 8 月 30 日.
4. 坪井聖, 陳強, 澤谷邦男  
“無線通信用人体装着型マルチアンテナの検討,” 第 543 回伝送工学研究会, 東北大学電気情報系 103 会議室, 2012 年 2 月 21 日.

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

陳強 (CHEN QIANG)  
東北大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 30261580

(2) 研究分担者

なし