

# 人体通信を利用したウェアラブル機器と据え置き型機器との間の通信の検討

## Investigation of Intra-Body Communication Between Wearable and Stationary Devices

○越地福朗(国士舘大) 黒子美咲(国士舘大) 越地耕二(東京理科大)

Fukuro KOSHII, Kokushikan University  
Misaki KUROSU, Kokushikan University  
Kohji KOSHII, Tokyo University of Science

**Abstract:** Intra-body communication draws a lot of attention as a promising wireless technology in order to materialize wireless body area network. Intra-body communication forms are roughly classified into three types, such as “Intra-person”, “Among several people”, and “Between man and stationary device”. In this study, we focused on the communication between a wearable device and a stationary device for intra-body communication, and electromagnetic field distribution and transmission characteristics were investigated. As a result, the transmission characteristics  $S_{21}$  between the stationary device and the wearable device worn on the wrist obtained -34.1 dB and -92.8 dB when the human hand is in and out of contact with the electrode of the stationary device, respectively. It is confirmed that the electrical signal propagates through the human body and the space around the body in the communication between the wearable device and the stationary device for intra-body communication.

**Key Words:** Intra-body communication, Body area network, Wearable, Electromagnetic field analysis, Human body

### 1. はじめに

近年、高周波・高密度実装技術、精密微細加工技術などの進化にともない、電子機器は小型・軽量化が進み、モバイルからウェアラブルへと進化しつつある。また、Personal Area Network (PAN)やBody Area Network (BAN)を構築する有望な通信方式の一つとして人体を伝送媒体として利用する人体通信技術に注目が集まっている<sup>(1)</sup>。

人体通信は、人体が電気信号の伝送経路となるため、従来の空間伝搬を利用する電波通信に比べて、秘匿性に優れ、省電力であることが特長である<sup>(2)</sup>。また、人体自体が通信経路となる特徴から、通信相手に触れるというアクションにより伝送路が確立されるため、ユビキタス社会においては人間の行動を利用する優れたMan-Machine Interfaceとして期待されている。

図1に、人体通信の通信形態を示す。人体通信では、同図(a)人体通信用機器を身につけた一個人内での通信、同図(b)握手などによる人体通信用の機器を身につけた複数人同士の通信、同図(c)人体通信用の機器を身につけた人間と据え置き型機器との通信が想定される。

しかしながら、過去の研究においては、同図(a)に示す、一個人内での通信を想定したものがほとんどであり、同図

(b), (c)に示すような、複数人同士の通信や、人間と据え置き型機器との通信に関する研究は、ほとんどなされていない。

本稿では、人体通信システムの据え置き型機器への適用について、電磁界解析により検討を行う。

### 2. 電磁界解析モデル

図2は、本稿で検討する電磁界解析モデルを示したものである。同図に示すように、据え置き型機器を200 mm × 300 mm × 1200 mmの直方体アルミニウムボックスでモデル化し、機器上面に信号電極を配置する構成としている。また、人体モデルは、日本人成人男性の平均的な体型を考慮し<sup>(3)</sup>、直方体ブロックの組み合わせで表現した簡易人体モデルを用いる。簡易人体モデルは、筋肉の電気特性を有する均一媒質として表現している<sup>(4,5)</sup>。

図3は、据え置き型機器の上面部分に配置される信号電極の詳細構造を示したものである。同図に示すように、信号電極に寸法は、20 mm × 20 mm × 1 mmであり、据え置き型機器の上面から10 mmの高さに配置されている。信号電極と機器上面は、50 Ωの内部インピーダンスを有する励振源を介して接続されている。本稿では、Industry-Science-Medical (ISM) バンドのひとつである

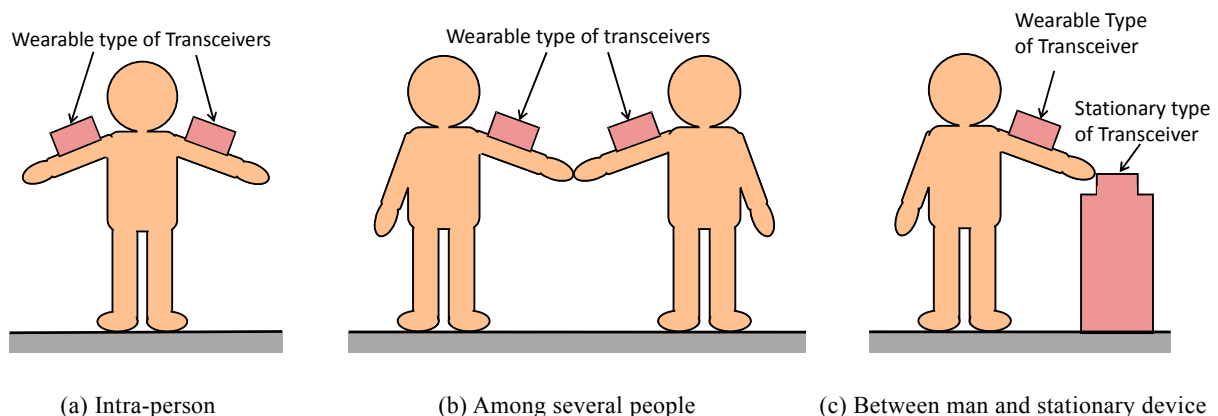


Fig. 1 Communication forms of the intra-body communication

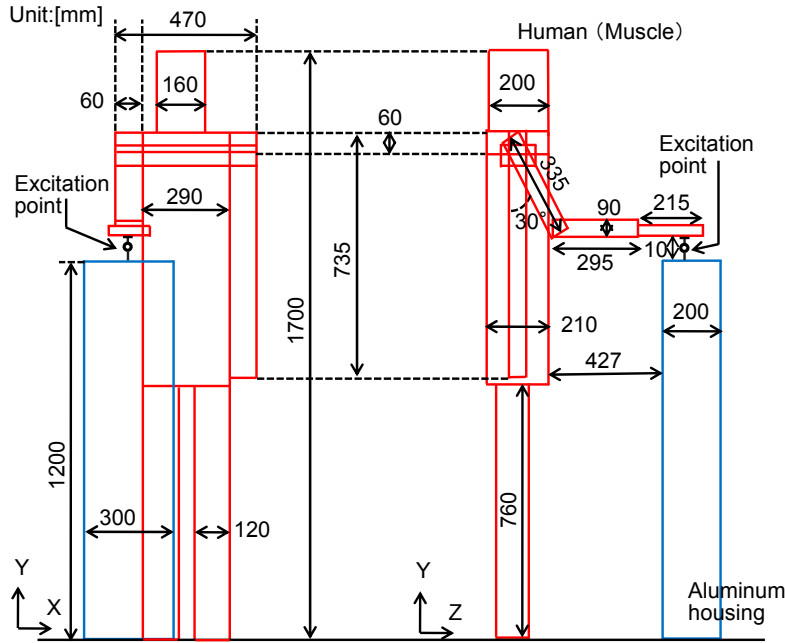


Fig. 2 Configuration of simulation model for electromagnetic field analysis

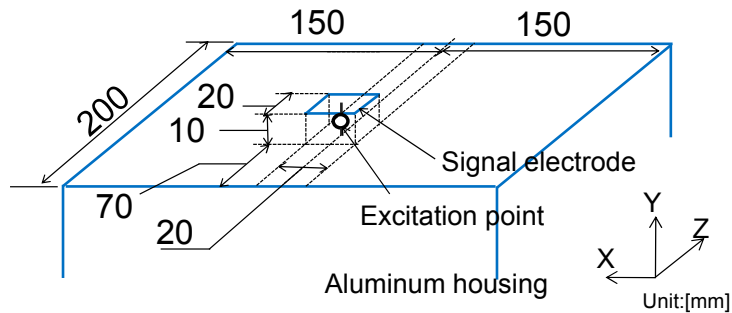


Fig. 3 Arrangement of the signal electrode on the top of the stationary device

13.56 MHz を視野に、10 MHz の励振源を用いて検討を行う。

### 3. 電磁界分布

図4は、図2、および図3に示す電磁界解析モデルを用い、励振源から10 MHzの信号を出力した場合の電界分布を示したものである。

ここで、図4の電界観測面は、据え置き型機器の電極の中央部分および人体手部、腕部の中央をとるYZ面における電界分布である。また、同図(a)は、据え置き型機器の信号電極に人体手部が接触していない場合、同図(b)は、据え置き型機器の信号電極に人体手部が接触している場合の電界分布を示している。

同図(a)からわかるとおり、人体手部が接触していない場合には、信号電極のごく近傍のみに強い電界が分布し、空間への放射および人体側へ結合はほとんどないことがわかる。

一方、同図(b)に示す、人体手部が電極に接触している場合には、人体手部から腕部、胴体周囲に強い電界分布が確

認され、電極に触れることで腕部を介して人体周囲に効果的に信号伝送される様子が確認できる。

以上から、据え置き型機器に人体通信システムを適用した場合においても、電極接触時に人体自体が伝送経路となり電気信号伝送されることが確認された。

また、電極接触時と非接触時の電界強度差は、40 dB以上と、十分な信号強度の差異があることから、通信相手に触れるというアクションにより伝送路が確立され、秘匿性に優れ、省電力という人体通信の特長を損なわずに、据え置き型機器への人体通信システムの適用が可能であるといえる。

### 4. 伝送特性

次に、ウェアラブル人体通信機器と据え置き型人体通信機器と間の通信を想定し、図2において、人体腕部の右手首に腕時計型ウェアラブル人体通信機器を装着した場合の据え置き型機器とウェアラブル機器との間の伝送特性  $S_{21}$  の検討を行う。図5は、右腕手首に装着された腕時計型ウ

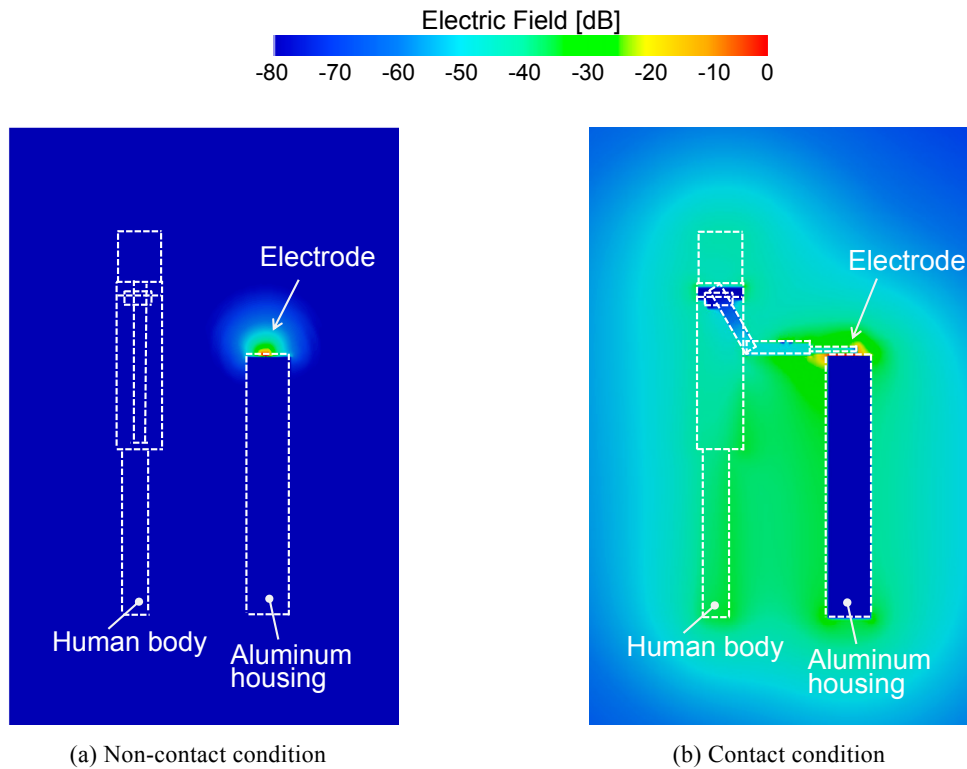


Fig. 4 Electric field distribution

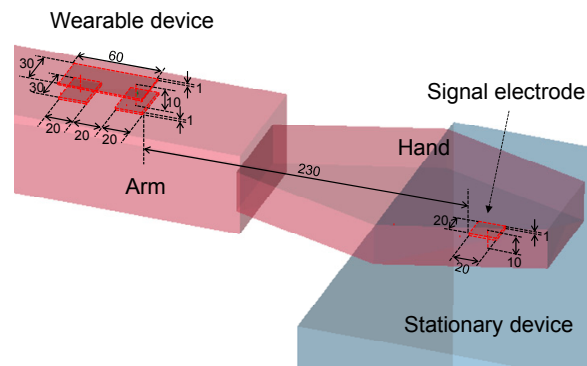


Fig. 5 Configuration of stationary device and wearable device for electromagnetic field analysis

ウェアラブル機器の構造と位置を示している。同図に示すように、ウェアラブル機器と据え置き型機器の電極間隔は230 mmである。

表1は、ウェアラブル人体通信機器と据え置き型人体通信機器間の通信において、人体手部が据え置き型機器の信号電極に触れている場合と触れていない場合の10MHzにおける伝送特性 $S_{21}$ を示したものである。

表1に示すとおり、信号電極接触時の伝送特性 $S_{21} = -34.1$  dB、非接触時の伝送特性 $S_{21} = -92.8$  dBとなっており、図4に示す電界強度の結果と同様に、通信相手に触れるというアクションにより伝送路が確立され、秘匿性に優れ、省電力という人体通信の特長を損なわずに、据え置き型機器への人体通信システムの適用が可能なが確認できる。

Table 1 Transmission characteristics  $S_{21}$  between stationary device and wearable device worn on the wrist

	Transmission characteristics $S_{21}$ [dB]
Contact condition	-34.1
Non-contact condition	-92.8

## 5. まとめ

本稿では、人体通信システムの据え置き型機器への適用について電磁界解析により検討を行った。その結果、据え置き型機器の信号電極に人体手部が接触している場合には、接触していない場合に比べて、40 dB 以上の強い電界強度が人体周囲で得られることが確認された。

また、手首に装着されたウェアラブル人体通信機器と据え置き型人体通信機器と間の通信を想定した伝送においては、 $S_{21} = -34.1$  dB であり、人体手部が電極に触れていない場合 ( $S_{21} = -92.8$  dB) に比べて、58.7 dB 以上良好な伝送特性が確認された。

以上から、据え置き型機器に人体通信システムを適用した場合においても、電極接触時に人体自体が伝送経路となり電気信号伝送され、秘匿性に優れ、省電力という人体通信の特長を損なわずに、人体通信が可能なことを確認した。

## 参考文献

- (1) Ken SASAKI, Fukuro KOSHIJI, Shudo TAKENAKA, "Intrabody Communication Using Contact Electrodes in Low-Frequency Bands", CRC Press, Taylor and Francis, "Healthcare Sensor Networks - Challenges toward Practical Application", ISBN-13: 978-1439821817, Chapter 3, pp.51-73, September 2011.
- (2) 越地福朗, 佐々木健, "人体内通信におけるウェアラブル送信機の電極構造によるインピーダンス整合と電極設計", エレクトロニクス実装学会誌, Vol.12, No.3, pp.221-232, May 2009.
- (3) "設計のための人体寸法データ集", 生命工学工業技術研究所編, 人間生活工学研究センター, 日本出版サービス, ISBN-10: 987-4889220933, September 1996.
- (4) S. Gabriel, et al., "The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz", Phys. Med. Biol. 41, pp.2251-2269, 1996.
- (5) International Federation of Automatic Control (IFAC) website (<http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/>).