

自動車内における人体通信の検討—左右前腕部とハンドル間の伝送特性—

Human Body Communication in Motor Vehicle

-Transmission Characteristics between Left/Right Forearms and Steering Wheel

○越地福朗（東京理科大） 越地耕二（東京理科大） 松本尊志（国士舘大）

村松大陸（東京大） 佐々木健（東京大）

Fukuro KOSHIJI, Tokyo University of Science
 Kohji KOSHIJI, Tokyo University of Science
 Takashi MATSUMOTO, Kokushikan University
 Dairoku MURAMATSU, The University of Tokyo
 Ken SASAKI, The University of Tokyo

Abstract: This paper proposed an in-vehicle application of human body communication as a form of communication technology that allows stable and low-energy communication within the vehicle. We investigated the transmission characteristics and electric field distribution between a wearable device attached to the driver's left or right forearm and a transmitter mounted on the steering wheel. It was found that good transmission characteristics between the wearable transmitter attached to the driver's left or right forearms and the receiving electrode installed on the surface of the steering wheel, $S_{21} = -31.3$ dB to -62.5 , were observed. With regard to the electric field distribution, the results indicated that even within the motor vehicle, electric field distribution from near the wearable transmitter to the area around the human body is strong, yielding good transmission characteristics.

Key Words: human body communication, motor vehicle, transmission characteristics, electromagnetic field analysis

1. はじめに

近年、安全・安心・快適な交通支援を目的として、交通状況を考慮した運転経路提示や衝突防止、車間維持などを実現する高度道路交通システム(ITS)が実用化されつつある[1]。さらに、運転者の心拍、体温、血圧などの生体情報をウェアラブルセンサでモニタリングすることで、運転者の状態・状況を把握し、運転者に提示する運転支援技術にも注目が集まっている[2, 3]。これらのことを考えると、自動車内において、ウェアラブルセンサと自動車システムとを接続する通信ネットワークが必要不可欠である。ここで、人体周辺通信技術に着目すると、ボディエリア通信の有力な通信手段のひとつに、人体を伝送路として利用する人体通信があげられる[4]。

本稿では、自動車内における安定通信と低消費電力を実現する通信技術として、人体通信を自動車内に適用することを提案し、運転者の左右前腕に装着されたウェアラブル機器と、ハンドルに搭載した受信機との伝送特性および電界分布の検討を行う。

2. 電磁界解析モデル

図1は、本稿で検討する電磁界解析モデルを示したものであり、(a)電磁界解析モデル全体図、(b)人体モデル、(c)ウェアラブル送信機モデル、(d)受信電極機モデルを示している。同図(a)に示すとおり、オープンカータイプの自動車モデルを利用する。また、同図(b)に示す人体モデルは、U.S. National Library of Medicine (NLM)より提供された西洋人男性の平均的な体形を有する全身モデル[5]を、姿勢変形ソフトウェア(VariPose, Remcom, Inc.)により、運転席に座りハンドルを握る自動車運転時の一般的な姿勢へと姿勢変形したものである。人体の各生体組織の電気特性は、文献[6, 7]に基づいている。

また、同図(c)に示すとおり、ウェアラブル送信機は、信号電極、グラウンド電極、回路基板で構成され、信号電極とグラウンド電極の両電極は、人体表面に接触している。信号電極と回路基板の間に 50Ω の内部インピーダンスを有する励振源が挿入されている。

同図(d)に、ハンドル表面に配置する受信電極を示す。受

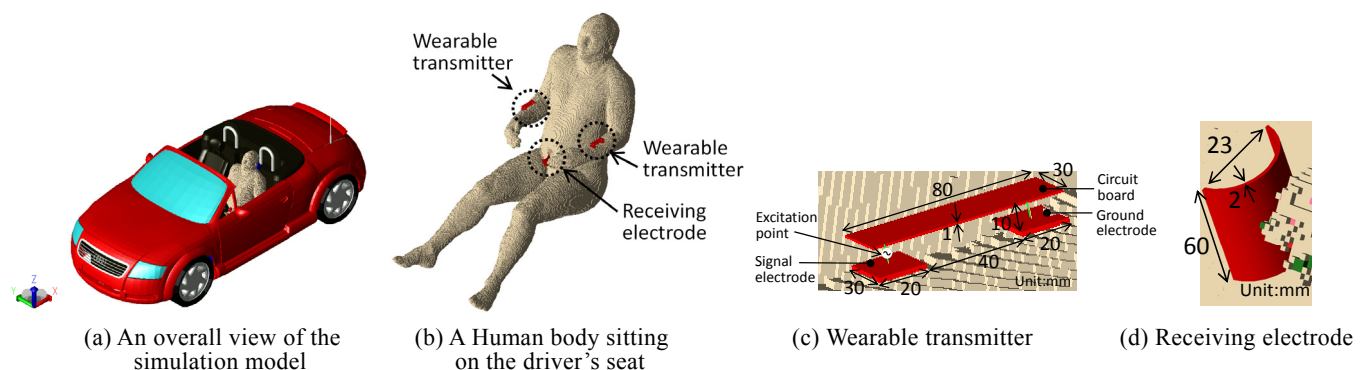


Fig. 1 Models for Electromagnetic field analysis

信電極は人体モデルの左手が接触するハンドル部分に配置されており、受信電極と金属のハンドルの間には、50 Ωの受信抵抗が挿入されている。

なお、電磁界解析には、Finite Difference Time Domain (FDTD) 法を用いる。また、本稿では、Industry-Science-Medical (ISM) バンドのひとつである 13.56 MHz の利用を想定しており、周波数 10 MHz にて検討を行う。

3. 伝送特性

表 1 は、左右前腕にそれぞれ装着されたウェアラブル送信機と左手が接触するハンドル表面に配置された受信電極間の 10 MHz における伝送特性 S_{21} を示したものである。

表 1 からわかるとおり、左前腕に装着されたウェアラブル送信機とハンドル受信電極間の伝送特性は $S_{21} = -31.3$ dB であり、右前腕に装着されたウェアラブル送信機とハンドル受信電極間の伝送特性は $S_{21} = -62.5$ dB である。受信電極は、左手が接触するハンドル部分に配置されているため、伝送経路が短い左前腕-左手ハンドル間の方が良好な伝送特性を示す。一方、右前腕-左手ハンドル間のように伝送経路が長距離であっても、-70 dB 以上の良好な伝送特性が得られることがわかった。この結果は、過去に検討した据え置き型機器とウェアラブル機器間の伝送特性[8]と類似した結果である。これは、自動車の車体も、据え置き型機器の筐体も、ウェアラブル機器や携帯機器と比較して大きいため、同様の傾向となると考えられる。

4. 電界分布

図 2 は、図 1 に示す電磁界解析モデルにおける電界分布を示したものであり、ウェアラブル送信機を装着した腕部をとおり xy 面における電界分布を示している。同図(a)は、左前腕に装着したウェアラブル送信機を励振した場合、同図(b)は、右前腕装着時に装着したウェアラブル送信機を励振した場合の電界分布である。

同図からわかるとおり、自動車内であっても、ウェアラブル送信機近傍から人体周囲に強い電界分布が得られ、良好な伝送特性を実現できることが確認できる。

5. まとめ

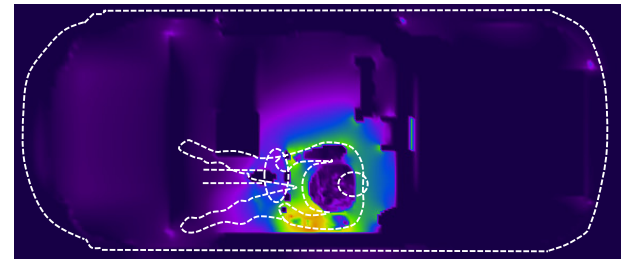
本稿では、自動車内における安定通信と低消費電力を実現する通信技術として、人体通信を自動車内に適用することを提案し、運転者の左右前腕に装着されたウェアラブル機器と、ハンドルに搭載した受信機との間の伝送特性および電界分布の検討を行った。その結果、左右前腕に装着したウェアラブル送信機と、左手が接触するハンドルの表面に内蔵された受信電極の間の伝送特性は、左前腕-左手ハンドル間で $S_{21} = -31.3$ dB、右前腕-左手ハンドル間で $S_{21} = -62.5$ dB であり、伝送経路が右前腕-左手ハンドル間のように伝送距離が離れていても、-70 dB 以上の良好な伝送特性が得られることを確認した。また、電界分布については、自動車内であっても、ウェアラブル送信機近傍から人体周囲に強い電界分布が得られ、良好な伝送特性を実現できることが確認された。

参考文献

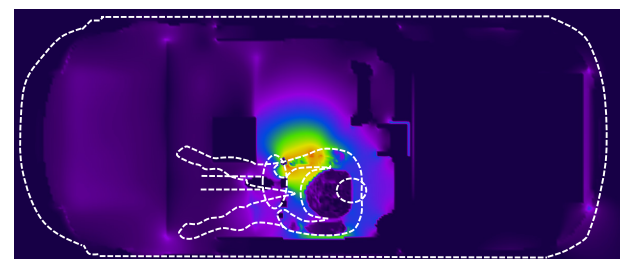
(1) P. Papadimitratos, A. La Fortelle, K. Evenssen, R. Brignolo, S. Cosenza, "Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation", IEEE Communications Magazine, Vol.47, Issue 11, pp.84-95, November 2009.

Table 1 Transmission characteristics between wearable transmitter and receiving electrode

Transmission path	Transmission characteristics S_{21} [dB]
Left forearm - Left hand	-31.3
Right forearm - Left hand	-62.5



(a) Wearable transmitter on the left forearm



(b) Wearable transmitter on the right forearm

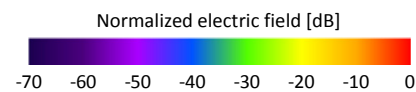


Fig. 2 Electric field distribution

- (2) 三角育生, 長谷川将之, 佐々木健, 保坂寛, 板生清, 橋本芳信, 有光知理, 中川剛, 河内泰司, "自動車運転者の疲労センシングのための携帯型評価システムの構築手法に関する研究", マイクロメカトロニクス, Vol.47, No.2, pp1-10, June 2003.
- (3) 中野泰彦, 宮川あゆ, 佐野聡, "ドライバの覚醒度検知技術", FUJITSU, Vol.54, No.4, pp.416-420, July 2008.
- (4) K. Sasaki, F. Koshiji, S. 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.
- (5) M. J. Ackerman, "The Visible Human Project", Proceedings of the IEEE, Vol.86 No.3, pp.504-511, Mar 1998.
- (6) 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.
- (7) International Federation of Automatic Control (IFAC) website (<http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/>).
- (8) 越地福朗, 黒子美咲, 越地耕二, "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", 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2013 (LIFE2013)論文集, September 2013.