

### E/O-0/Eを用いた人体通信動的信号解析に関する研究

橋本, 守正 / Hashimoto, Morimasa

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

65

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

3

(発行年 / Year)

2024-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030754>

# E/O-O/E を用いた人体通信動的信号解析に関する研究

## DYNAMIC SIGNAL MEASUREMENT IN INTRA-BODY COMMUNICATION USING ELECTRO-OPTIC TECHNIQUE

橋本 守正

Morimasa Hashimoto

指導教員 品川 満

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士課程

This paper reports a dependence of the human motion on the signal strength of the wearable receiver in intra-body communication (IBC). We use an electro-optic technique for measuring a signal strength of a wearable receiver. We measured a transient signal and a motion image while walking. The characteristics of the transient signal agree with WRx attachment position and walking speed. We indicate that the electro-optic technique can be applied to the dynamic measurement system for estimating an IBC wearable device.

**Key Words** : Intra-body communication, Wearable receiver, Dynamic measurement system

### 1. 序論

IoT の普及や感染症対策による非接触サービスの需要増加によって、新たな通信方式である人体通信技術への注目が集まっている[1]。人体通信とは人体を伝送路として通信を行うことができる通信方式である。この通信技術は、人体を介して通信を行うため、「触れる」・「座る」・「歩く」などの人の自然な動作を起点に通信を行うことが可能である。人体通信技術を応用したウォークスルーゲートのイメージを図1に示す。

ート付近に設置された床送受信機に近づくことでゲートが開閉されるシステムであり、公共交通機関やオフィス・イベントなどの入退場ゲートでの応用が可能である。このウォークスルーゲートでは、ユーザーが所持するウェアラブル送受信機とゲート付近に設置された床送受信機が双方向に通信を行う。そのためこのシステムの実現においては、端末間の双方向の通信の解析が重要となる。本研究では、このウォークスルーゲートに着目し、床端末からウェアラブル端末への信号の測定に取り組む。

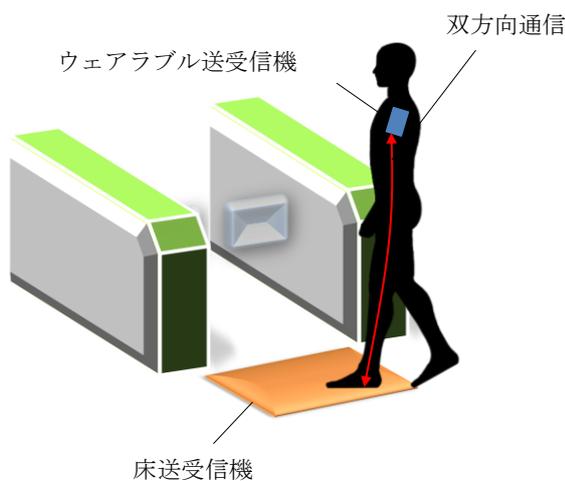


図1 ウォークスルーゲート

ウォークスルーゲートとは、スマートフォンなどのウェアラブル送受信機となる携帯端末を所持した人が、ゲ

### 2. ウェアラブル受信機

従来の受信電極を用いた場合のウェアラブル受信機(WRx)実験系の課題点を図2に示す。

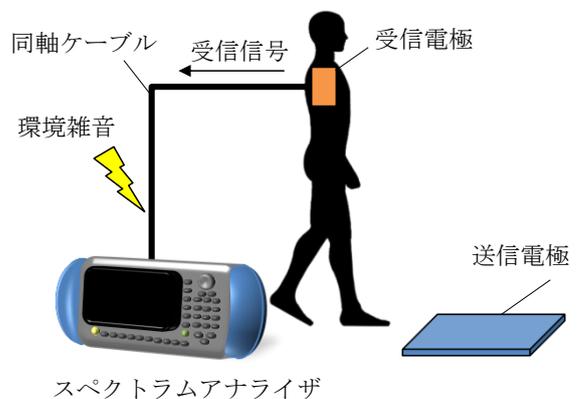


図2 WRx の課題点

図 2 に示したように受信電極を同軸ケーブルによって測定器に直接接続した場合、同軸ケーブルから混入する環境雑音や、SPA などの測定器による信号系への悪影響があり正確な測定が行えないという課題点がある。そのため従来研究では、床送信機から WRx への信号強度変化は測定できていなかった。こうした信号系への悪影響の対策として本研究では、Electro/optic-Opto/electric Conversion(E/O-O/E)を受信電極に適用し、WRx による信号強度変化の測定に取り組む。作製した WRx を図 3 に示す。

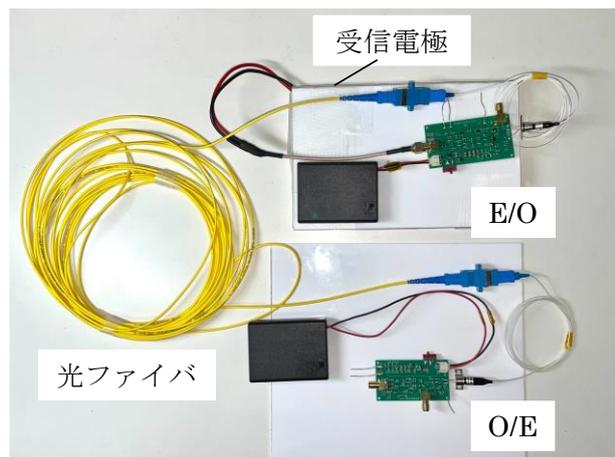


図 3 ウェアラブル受信機

作製した E/O-O/E は電気信号を光信号に変換する E/O、光ファイバ、光信号を電気信号に変換する O/E によって構成されている。そのため、EO 回路と O/E 回路間は電氣的に絶縁されている。作製した E/O-O/E の E/O 部を人体に取り付ける受信電極と接続することによって WRx を構成した。E/O-O/E の最大の特徴は E/O 部と O/E 部が電氣的に絶縁されていることである。人体に取り付けられた受信電極から入力された電気信号は E/O によって光信号に変換される。その光信号は光ファイバを介して O/E に入力され、電気信号に変換された後測定器に入る。その結果、受信電極-測定器間の電氣的な絶縁が実現され、環境雑音や測定器による信号系への悪影響を失くすことができる。本研究では、この WRx を動的信号計測システムに適用し実験を行う。

### 3. 動的信号計測システム

人体通信における信号強度は、人体動作に伴って変化する。そのため解析においては人体動作とそれに伴った過渡信号を同時に取得する必要があるため、本研究では動的信号計測システム[2][3]を使用した。本研究で使用した動的信号計測システムを図 4 に示す。

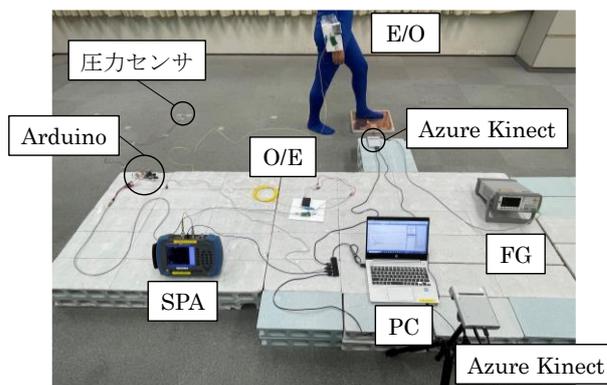


図 4 ウェアラブル受信機

Azure Kinect では人体動作の全体像と床電極と接する足元の映像が記録されている。人が圧力センサを踏むと、圧力センサからのアナログ信号が Arduino に入力される。Arduino は SPA とカメラにトリガーコマンドを送り、信号強度の測定と人体動作の録画を行う。WRx は、O/E、SPA から光ファイバで電氣的に絶縁されている。送信信号は 6.75 MHz の正弦波がファンクションジェネレータにより送信電極から出力される。

### 4. 実験結果

本研究では WRx 取付位置依存実験と人体歩行速度依存実験を行った。図 5 に WRx の取付位置を示す。

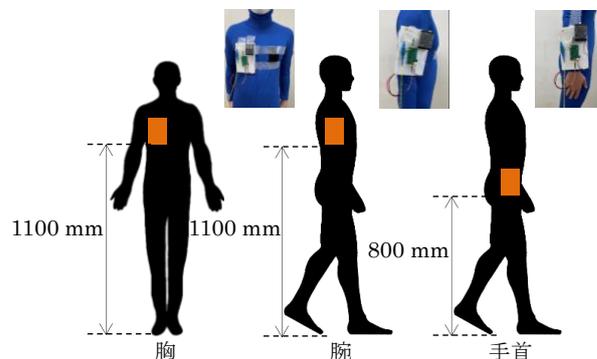


図 5 WRx 取付位置

図 5 に示したように、人体の 3 か所(胸、腕、手首)に WRx の取付位置を設定し歩行時の過渡信号の測定を行った。

#### (1) WRx 取付位置依存実験

WRx 取付位置依存実験の結果を図 6 に示す。

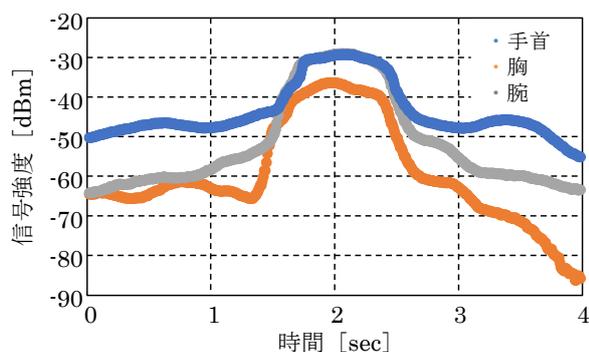


図6 WRx 取付位置依存実験

3つの波形を比較するとそれぞれの過渡信号の強度は胸→腕→手首の順になっていることがわかる。これはそれぞれのWRxと人体の結合の強さや、WRxと床電極の距離などによる結合の強さに依存していると考えられる。WRxを胸に取り付けたときの信号強度がほかの波形と比較して10 dB前後の差が生じた理由としては、GND電極と人体との容量結合が原因だと考えられる。胸にWRxを取り付けたときはGND電極と人体との距離が近くなり、リターンパスによって電位差が低くなるため信号強度が低下したと考えられる。

#### (2) 人体歩行速度依存実験

本研究ではウォークスルーゲートの利用を想定して、過渡信号への人体の歩行速度の影響を解析するために人体歩行速度依存実験を行った。人体の歩行速度はウォークスルーゲート利用時に想定される時速3.2 km, 時速4.0 km, 時速4.8 km, 時速8.0 kmの4つの速度で実験を行った。人体歩行速度依存実験の結果(WRx:腕)を図7に示す。

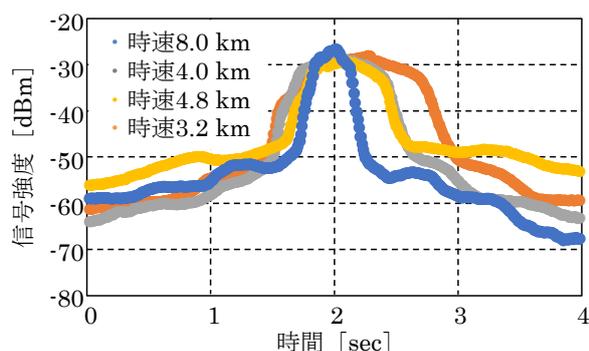


図7 WRx 取付位置依存実験

図7より歩行速度が速くなるほど過渡信号がピークを保つ時間が短くなっていることがわかる。また時速8.0 kmでの歩行はその時間が最も短く、0.2秒ほどになっており床電極を踏んでいる間においても腕振りによる信号強度の変化が起きていることがわかる。

## 5. まとめと今後の展望

本論文では人体通信を用いたウォークスルーゲートの設計にあたり、E/O-O/Eを適用したWRxを用いて、人体動作が過渡信号に与える影響の解析を目的とした。2つの実験で取得した波形は全て、床電極と人体が接している時とそうでない時のマージンが、電圧比が10倍になる20 dB近く存在した。そのため、今回の実験におけるWRxの取付位置や歩行速度においては、ウォークスルーゲートにおける利用者の認証が可能であると考えられる。また歩行速度依存の実験においては、時速8.0 kmの時がピークを保持する時間が0.2秒程度と最も短かったため、ウォークスルーゲートにおける認証の処理時間をこれを考慮した設計にすることが必要であると考えられる。今後の展望としては、電磁界シミュレーションに用いた実験結果の妥当性の検証があげられる。また、本研究で構築したシステムを基に、測定環境の改善(WRxの小型化・床端末の高性能化)や測定に用いる信号の変更(送信信号の変復調)などが考えられる。その他にも測定対象である人体の数を増やし、複数のウェアラブル受信機による信号の干渉性の解析についても取り組む必要がある。これらの依存特性を動的信号計測システムによって解析することで、よりウォークスルーゲートの実利用シーンに近い状況での解析が可能になる。

#### 参考文献

- [1] T. G. Zimmerman, "Personal Area Networks: Near-field intrabody communication," IBM Systems Journal, vol. 35, NOS 3&4, 1996.
- [2] R. Ashizawa, H. Tada, S. Sawa, M. Shinagawa, K. Oohashi, and K. Seo, "Dynamic Signal Analysis of Two Walking Persons in Intra-body Communication," 13th International Conference on Sensing Technology (2019).
- [3] S. Sawa, R. Ashizawa, and M. Shinagawa, "Dynamic Signal Sensing of Intra-body Communication in Three Walking Persons," International Symposium on Imaging, Sensing, and Optical Memory (2020).