

### 人体通信タッチ端末における信号キャンセル 問題に関する研究

加藤, 亮太 / KATO, Ryota

---

(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・工学研究科編

(巻 / Volume)

60

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

6

(発行年 / Year)

2019-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00022044>

# 人体通信タッチ端末における 信号キャンセル問題に関する研究

SIGNAL CANCELLATION PROBLEM FOR TOUCH DEVICE  
USING INTRA-BODY COMMUNICATION

加藤亮太

Ryota KATO

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 describes signal cancellation for a touch device using intra-body communication by experiment and electromagnetic field simulation. The transmitter position dependence of signal strength is measured in a step application and a touch application. The signal strength of the touch application is up to 15 dB smaller than that of the step application. The signal strength depends on the distance between the wearable transmitter and the arm of the human body. The normal path signal is canceled by the return path signal when the normal path signal couple with the return path signal. It is necessary the signal strength in the touch application is increase by changing structure of the transmitter.

**Key Words** : *Intra-body communication, step application, touch application, normal path, return path, electromagnetic field simulation.*

## 1. 序論

近年コンピュータの普及とともに、身近な様々なものにコンピュータが搭載されている。モノをインターネットに接続することを **Internet of Things(IoT)**という[1]。IoTデバイスが年々増えている中で様々な通信技術の研究が盛んに行われている。IoT デバイスの通信には無線通信や有線通信によって情報通信が行われているが、本論文では人体近傍の有効な通信技術として人体通信[2][3]を挙げる。人体通信とは人体周辺の電界を用いて、人体を通信路とする通信技術のことである。人体通信を用いることで、自動改札では利用者がウェアラブル端末を所持した状態で改札のゲートに設置された床端末を踏むことで ID 認証を行うことができる。また、ドアや壁に端末を設置された端末を手で触れることで端末を取り出す必要なしに、ドアの解錠や、入退出管理を行うことができる。

## 2. 研究目的

人体通信の実利用上の形式をステップアプリケーション、タッチアプリケーション、ウェアラブルアプリケーションの3つに分類する。ステップアプリケーションは送信機を所持した利用者が床に設置された受信機を踏むことで通信が行われる。タッチアプリケーションは利用

者が壁に設置された受信機を手で触ることによって通信が行われる。ウェアラブルアプリケーションは人体通信端末を所持した人同士が握手をすることによって、通信が行われる。それぞれ支配的となる通信経路がそれぞれ異なる。

従来、法政大学ではステップアプリケーションやウェアラブルアプリケーションにおいては人体通信の信号経路に関する研究は行われてきた[4]-[6]。また、複数の研究機関がステップアプリケーションの信号経路について研究が報告されている[7][8]。しかし、タッチアプリケーションの信号経路の特性については報告されていない。

本研究では人体通信タッチアプリケーション特有の通信経路による受信強度への影響を実験と電磁界シミュレーションによって明らかにする事を目的とする。

## 3. 信号の打消し

図1と図2にステップアプリケーションとタッチアプリケーションの信号経路を示す。送信機はホット電極、コールド電極、送信回路から構成される。人体に近い方の電極をホット電極、遠い方の電極をコールド電極と呼ぶ。受信機はシグナル電極、グラウンド電極、受信回路から構成される。

ホット電極から放射される信号の経路をノーマルパス

と呼ぶ。コールド電極から放射される信号の経路をリターンパス[9]と呼ぶ。ノーマルパス信号とリターンパス信号は位相が反転しているならば、以下のような現象が発生する。人体通信ではノーマルパス信号が人体を経由して受信機のシグナル電極に伝播し、リターンパス信号が受信機のグランド電極に伝播する。これにより、受信電圧が強化される。しかし、空間に放射されるリターンパスがシグナル電極に伝播するとノーマルパス信号とリターンパス信号が打ち消し合う。

ステップアプリケーションではリターンパスは床を経由してグランド伝教に伝播する経路が支配的である。タッチアプリケーションでは送信機と受信機の距離が比較的近い為、リターンパスはシグナル電極に伝播する経路が支配的である。よって、タッチアプリケーションは信号の打消しによって受信電圧が低下することが考えられる。

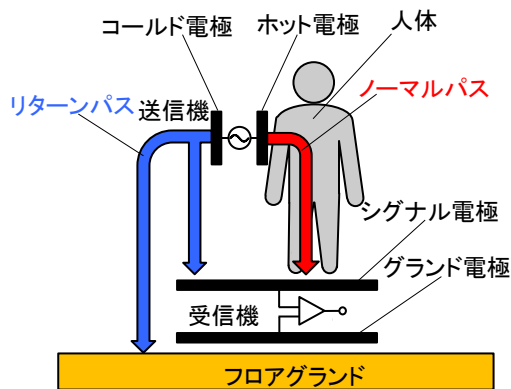


図1 ステップアプリケーションの通信経路

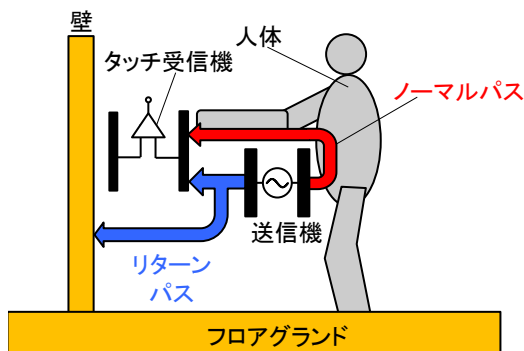


図2 タッチアプリケーションの通信経路

#### 4. 実験内容とシミュレーションモデル

タッチアプリケーションにおける信号打消しを確認する為ステップアプリケーションとタッチアプリケーションで送信機所持位置と信号強度の関係を実験と電磁界シミュレーションによって計測した。

実験系について説明する。図3にステップアプリケーションの実験系、図4にタッチアプリケーションの実験系を示す。

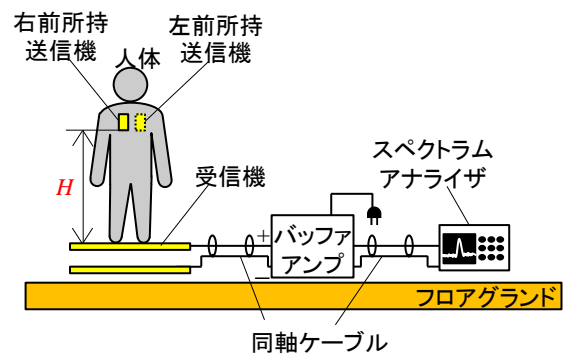


図3 ステップアプリケーションの実験系

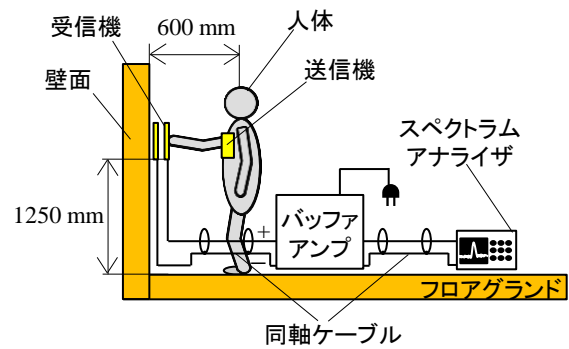


図4 タッチアプリケーションの実験系

送信機は人体上半身の前面にマジックテープで固定する。ステップアプリケーションの実験では人体は床受信機の上に立つ。送信機は人体前面に所持する。受信機から同軸ケーブルでバッファアンプに接続して、バッファアンプからスペクトラムアナライザに接続する。バッファアンプはAC駆動で、実験室の電源に接続されている。人体が所持している送信機から信号を放射して、受信機の電極に受信される信号強度を測定する。

タッチアプリケーションではタッチ受信機を地面から高さ1250mmの位置に設置する。人体は壁に設置されたタッチ受信機の中心を手のひら全体で触る。人体の中心から壁の表面までの長さは600mmである。受信機から測定機までの接続は床受信機と同様である。

次に図5、図6に送信機の寸法と受信機の寸法を示す。

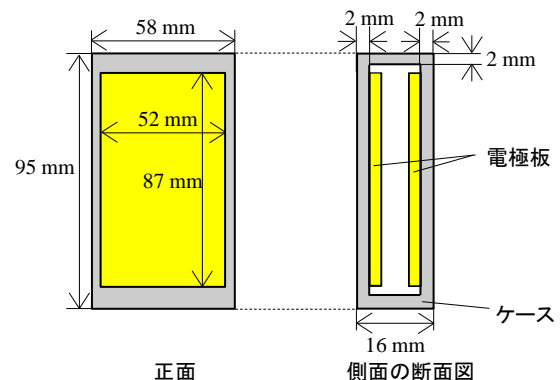


図5 送信機の寸法

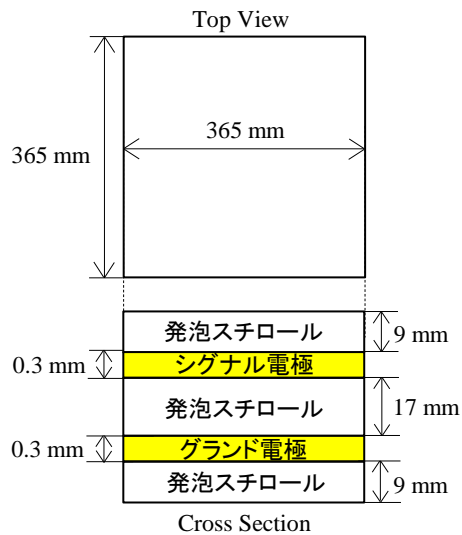


図6 受信機の寸法

送信機ホット電極とコールド電極の間に、周波数 6.75 MHz 振幅 1.9 V<sub>pp</sub>の交流電圧を印加した。

受信機のサイズはステップアプリケーションとタッチアプリケーションで統一した。

電磁界シミュレーションで実験の確からしさを確認した。作成した人体モデルを図7に示す。フロアグラウンドと壁モデルを図8に示す。

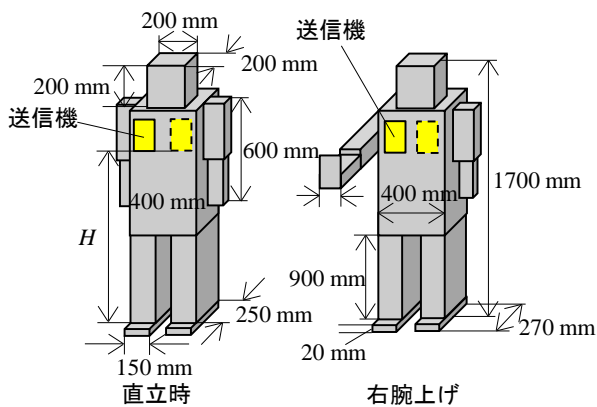


図7 人体モデル

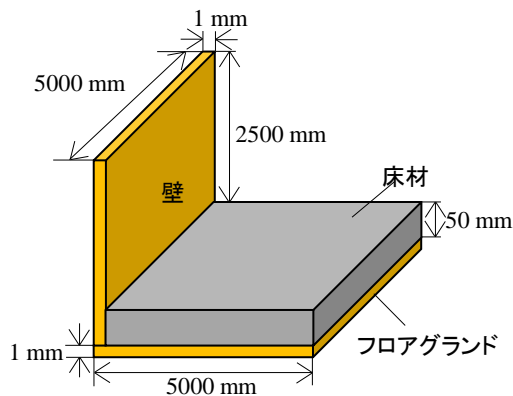


図8 フロアグラウンドと壁モデル

次に測定項目について述べる。リターンパスがシグナル電極に伝播する信号の強さには送信機の所持位置が影響すると考えた。そこで送信機所持位置を変更し、信号強度がどう変化するかを確認した。図9に送信機所持位置を表す図を示す。



図9 送信機所持位置

送信機は人体の前面に所持する。人体の胸の中心から送信機端まで 100 mm 右に所持した時を右前面持ち、100 mm 左に所持したときを左前面持ちと呼ぶこととする。地面から送信機の下端までの長さを  $H$  とする。 $H$  を 800 mm から 1200 mm まで 100 mm 刻みで変化させ、信号強度を計測する。

ステップアプリケーションとタッチアプリケーションの信号強度に影響する可能性がある要素は、受信機の設置位置と受信機に足で接触するか手で接触するかという人体の姿勢の違いである。よって今回は「床受信機上で直立する」、「床受信機上で右腕を水平に上げる」、「タッチ受信機の前で直立する」、「タッチ受信機に右腕で触る」という4つのパターンで送信機所持位置と受信強度の関係を測定する。

## 5. 実験結果

実験結果について述べる。図10に床受信機直立の実験結果、図11に床受信機直立のシミュレーション結果を示す。

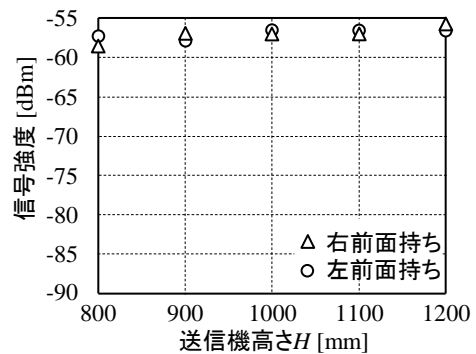


図10 床受信機直立時の実験結果

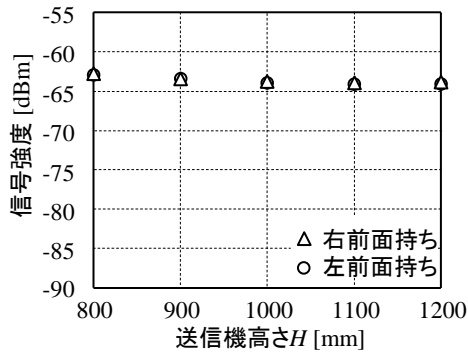


図 11 床受信機直立時のシミュレーション結果

上図を見ると実験結果とシミュレーションの結果の傾向が一致したためこの結果は確からしいと言える。床受信機直立時、信号強度は送信機所持位置に依存しないことがわかる。

図 12 に床受信機右腕上げ時の実験結果を示す。図 13 に床受信機右腕上げ時のシミュレーション結果を示す。

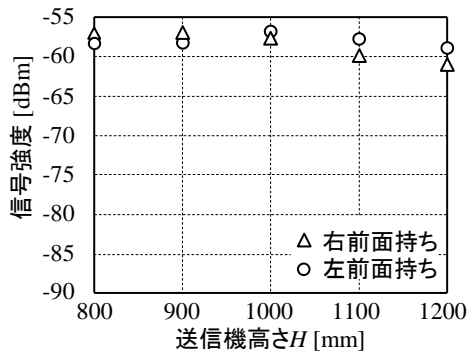


図 12 床受信機右腕上げ時の実験結果

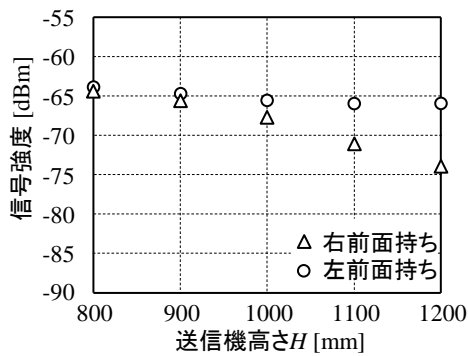


図 13 床受信機右腕上げ時のシミュレーション結果

上図を見ると実験結果とシミュレーションの結果の傾向が一致したためこの結果は確からしいと言える。送信機所持位置は、上げた右腕に最も近い位置の右前面持ち 1200 mm の時に信号強度が最も低下する。

図 14 にタッチ受信機直立時の実験結果、図 15 にタッチ受信機直立時のシミュレーション結果を示す。

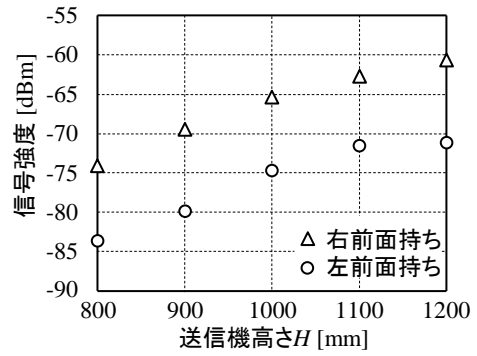


図 14 タッチ受信機直立時の実験結果

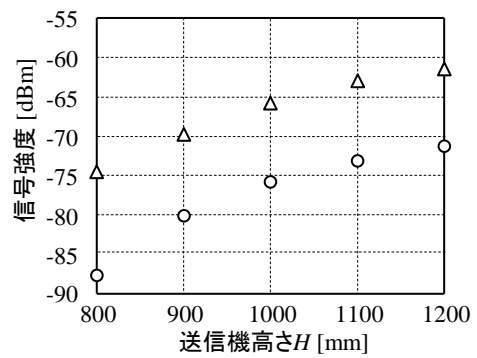


図 15 タッチ受信機直立時のシミュレーション結果

上図を見ると実験結果とシミュレーションの結果の傾向が一致したためこの結果は確からしいと言える。タッチ受信機に近づくにつれて信号強度が上昇することがわかる。これは、送信機が受信機に近づくにつれて、リターンパスが受信機シグナル電極に伝播する信号の量が増加したためであると考えられる。この結果より、送信機の所持位置によってリターンパスが受信機に伝播する信号量が変化することがわかった。

図 16 にタッチ受信機右腕上げ時の実験結果、図 17 にタッチ受信機右腕上げ時のシミュレーション結果を示す。

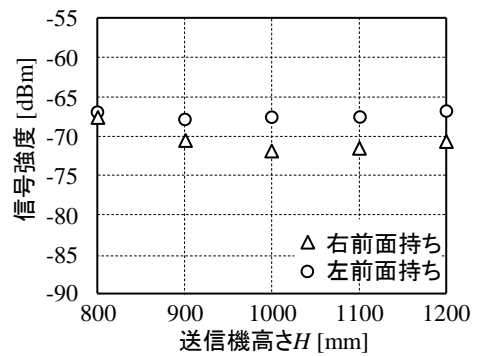


図 16 タッチ受信機右腕上げ時の実験結果

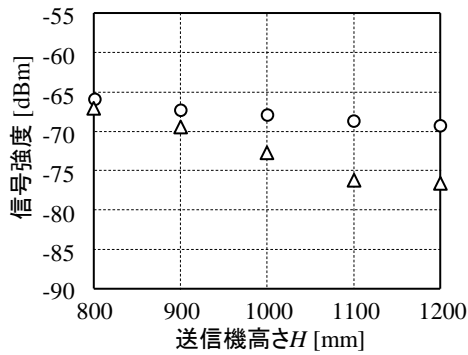


図 17 タッチ受信機右腕上げ時のシミュレーション結果

上図を見ると実験結果とシミュレーションの結果の傾向が一致したためこの結果は確からしいと言える。タッチ受信機右腕上げの時は右前面持ちの高さ  $H$  が 1200 mm の時に最も信号強度が低下した。

右腕を上げた 2 つのパターンで送信機所持位置が右腕に近づくると信号強度が低下した理由は腕でリターンパス信号とノーマルパス信号が結合しているからであると考えられる。図 18 に腕における信号キャンセルを表す図を示す。また、電磁界シミュレーションによってリターンパス信号が腕に結合する様子を確認した、図 19 にリターンパス信号が腕に伝播するときの電界分布図を示す。

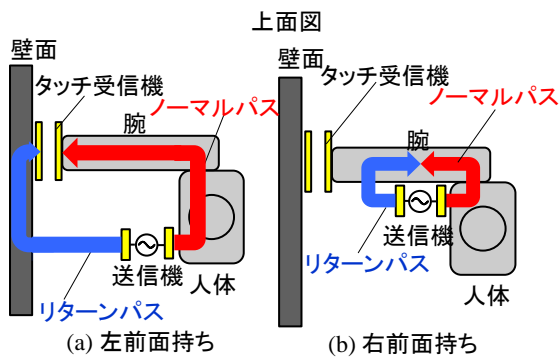


図 18 腕における信号打消し

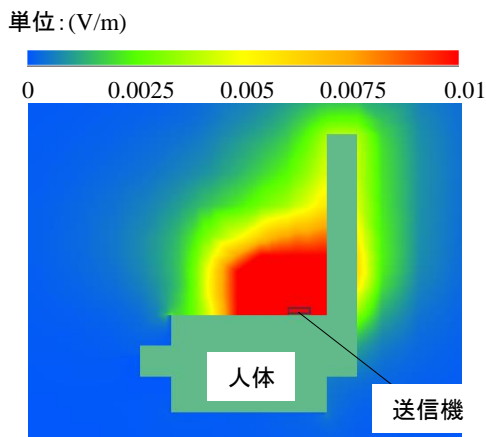


図 19 リターンパス信号が腕に伝播する様子

床受信機で右腕を上げの結果で信号強度が低下した原因は腕による信号打消しであると考えられる。タッチ受信機で右腕上げの結果で信号強度が低下した原因は腕による信号打消しと受信機シグナル電極における信号打消しの 2 つが複合的に影響していると考えられる。そこで、この 2 つの信号打消しの原因のどちらがタッチ受信機の信号強度低下に影響しているのかを考える。

床受信機直立、床受信機右腕上げ、タッチ受信機右腕上げのパターンの中で、送信機所持位置が右前面持ちの時の結果をまとめたものを図 20 に示す。この結果より、上図の床受信機直立の結果と床受信機右腕上げの結果を比較すると、腕の信号打消しによる受信強度への影響がわかる。また、床受信機右腕上げとタッチ受信機右腕上げの結果を比較すると受信機シグナル電極における信号打消しによる受信強度への影響がわかる。送信機高さ  $H$  が 1200 mm の時を比較すると、床受信機直立と床受信機右腕上げの受信強度の差は約 6 dB である。床受信機右腕上げとタッチ受信機右腕上げの受信強度の差は約 9 dB である。よって、タッチアプリケーションにおいて、右腕による受信強度の影響よりも受信機シグナル電極における信号打消しによる受信強度への影響の方が大きいことがわかった。

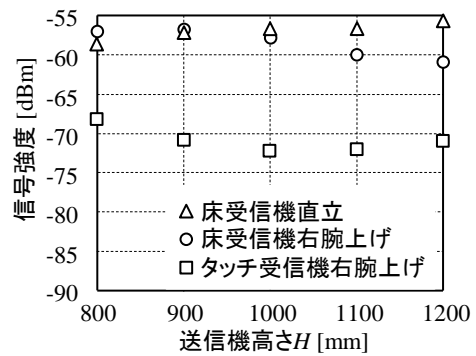


図 20 右前面持ちの実験結果まとめ

次に、電磁界シミュレーションでリターンパス信号とノーマルパス信号が受信機に伝播するときの受信電圧波形を比較して、位相差を確認する。図 21 にノーマルパスとリターンパスの位相を確認するシミュレーション内容を表す図を示す。まず送信機を人体背面の床から高さ 1200 mm に所持して、人体は右腕で受信機をタッチする。これにより、コールド電極から空間に放射された信号が受信機のシグナル電極に直接伝播する量が小さくなり、ノーマルパスが受信機に伝播する信号が支配的になる。この時に受信機の電極にかかる電圧を  $V_N$  とする。次に、人体の正面に送信機を所持して、人体は受信機に触らずに直立する。これにより、腕を介して受信機に伝播するリターンパスの信号が無くなり、リターンパスが受信機に伝播する信号が支配的になる。この時に受信機にかか

る受信電圧を  $V_R$  とする. この2つのパターンでの受信電圧の位相を見ることでノーマルパスとリターンパス信号の位相が反転しているかを確認できると考えた. 図 22 にノーマルパス信号から受ける受信電圧  $V_N$  とリターンパス信号から受ける受信電圧  $V_R$  の受信波形を示す.

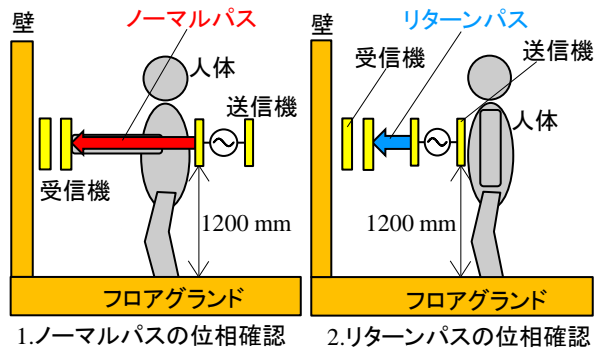


図 21  $V_N$  と  $V_R$  の位相確認

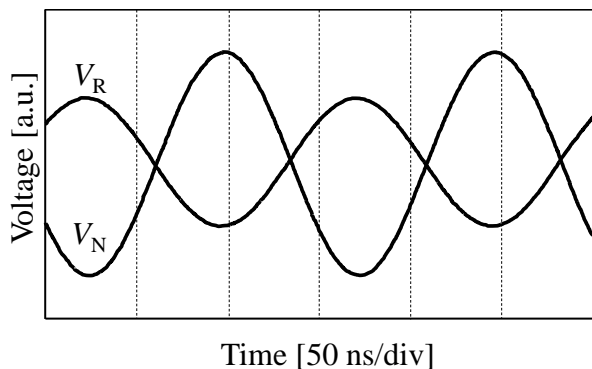


図 22 ノーマルパス信号とリターンパス信号の位相

上図  $V_R$  と  $V_N$  の波形を見ると位相が反転していることがわかる. よってノーマルパスとリターンパスが同じ電極に伝播するとお互いに打ち消し合い, 信号強度が低下することがわかった.

## 6. 結論

本研究で人体通信の信号打消しについて実験と電磁界シミュレーションによって明らかにした. 送信機と水平に上げた腕との距離が近づくとき信号強度が低下した. また, タッチアプリケーションはステップアプリケーションの信号強度より最大 15 dB の信号強度の差が生じることがわかった. ノーマルパス信号とリターンパス信号が結合すると2つの信号は打ち消し合い, 信号強度が低下することを明らかにした.

今後は送信機の構造を変更し, 空間に放射するリターンパス信号を低減することで信号強度を改善する必要がある.

## 参考文献

- 1) K. Ashton, : That ‘internet of things’ thing, RFIJ, vol. 22, no. 7, pp. 97-114, 2009.
- 2) T. G. Zimmerman : Personal area networks: Near-field intrabody communication, IBM Systems J., vol. 35, issue. 3, 4, pp. 609-617, 1996.
- 3) Y. Kado, and M. Shinagawa : AC electric field communication for human-area networking, IEICE Transactions on Electronics, vol. e93-c, issue. 3, pp. 234-243, 2010.
- 4) R. Sugiyama, Y. Hayashida, J. Katsuyama, K. Matsumoto, Y. Ido, M. Shinagawa, and Y. Kado : Signal Analysis of Wearable Transmitter for Intra-body Communication, BodyNets. ICST., pp. 449-452, 2013.
- 5) Y. Hayashida; M. Hasegawa; A. Suzuki; M. Shinagawa; Y. Kado, and N. Haga : Radiated noise analysis via human body for intra-body communication, Measurement, vol. 89, pp 159-165, July 2016.
- 6) D. Ayuzawa, N. Sekine, M. Shinagawa, D. Saito, T. Yamada, and K. Oohashi : Wearable-to-Wearable Device Measurement for Intra-Body Communication Using Electro-Optic Technique, International Symposium on Optical Memory 2016, The Japan Society of Applied Physics, July 31, 2016.
- 7) Y. Kado, T. Yanagawa, K. Nagata, T. Kobase, T. Kusunoki, R. Nagai, H. Ozaki, H. Shimasaki, and M. Shinagawa : Human-area networking technology based on near-field coupling transceiver, 2012 IEEE Radio and Wireless Symposium, pp. 119-122, 2012.
- 8) Y. Liu, J. Kuang, Z. He, X. Xu, and L. Jiang : Measurement for Channel Characteristics of Intra-body Communication, Proceedings of 2011 Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference, vol. 2, pp. 1138-1140, 2011.
- 9) N. Cho, J. Yoo, S. Song, J. Lee, S. Jeon, and H. Yoo : The human body characteristics as a signal transmission medium for intrabody communication, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, pp. 1080-1086, 2007.