

リアルタイム信号伝送が可能な磁界方式人体通信機の試作

伊藤 建一*

(令和 3 年 11 月 30 日受理)

Magnetically Coupled Intra-Body Communication Transceiver
Capable of Real-Time Signal Transmission

Kenichi ITO*

In this study, a magnetically coupled intra-body communication transceiver capable of real-time signal transmission was developed. The experimental results indicate that communication can be achieved when the distance between the transmitting and receiving coils does not exceed 20 cm. Furthermore, it is believed that the developed transceiver can be employed for validating research results obtained thus far.

Key words: Intra-Body Communication Transceiver, Magnetic Coupling

1. はじめに

人体通信(Intra-body Communication)は、電気信号の伝送媒体として人体を用いる新しい信号伝送方式である。一般的に、人体通信は電界方式と電流方式の 2 種類が用いられているが[1], 外部環境の影響が少ない手法として磁界方式が提案された[2], [3]。図 1 に磁界方式の模式図を示す。磁界方式では、送受信機の電極としてコイルが用いられる。このコイルは人体の装着部を取り囲むように配置される。送信機は交流電流信号を送信コイルに出力し磁界信号を発生させる。この磁界信号を受信コイルで電流信号として検出する。

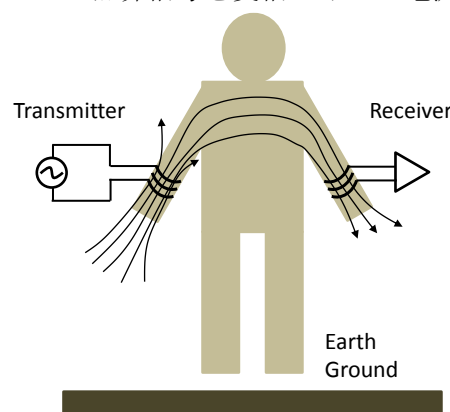


図 1 磁界方式の模式図

* 工学科(電子情報学系)教授
Professor, Field of Electronic and Information Engineering, Department of Engineering

著者は、通信機の最適設計を目的として、無線電力伝送で提案・検討されている各種磁界結合方式の信号伝送損失特性・生体安全性・通信特性を解析してきた[4], [5], [6], [7]。検討した結合方式は一般的な誘導結合方式(非共鳴結合方式)と2種類の共鳴結合方式である[8]。本研究では、これまでの研究成果を実際に検証するための通信機を試作したので報告する。

2. 磁界方式人体通信機の概要

図2に送受信機のブロック図を示す。送信機はQPSK変調器、送信フィルタ回路、送信コイルからなる。受信機は受信コイル、受信フィルタ増幅回路、QPSK復調器、PCからなる。送受信機は文献[9]をベースに開発しており、送信フィルタ回路、受信フィルタ増幅回路、送受信コイルが追加・変更点になる。送信データはA/D変換でデジタル信号に変換後、変調器で変調され送信フィルタ回路で帯域制限された後、送信コイルを用いて送信される。送信信号は受信コイルを用いて受信され、受信フィルタ増幅回路で不要信号の除去後、増幅され復調器に入力され復調される。復調データはPCで表示される。表1に各種諸元を示す。図3に送信フィルタの回路図と周波数特性を示す。この送信フィルタは、カットオフ周波数は3.3 MHzであり、送信周波数2 MHzの高調波成分を取り除き、送信波形が正弦波形に近くなるように動作する。図4に受信フィルタ増幅回路の回路図と周波数特性を示す。フィルタ回路の通過中心周波数は2 MHz、増幅回路の増幅度は約29.8 dBである。ただし、並列にコンデンサを接続し、高い周波数では増幅度が低下するようにしてある。なお、受信フィルタ増幅回路全体の増幅度は周波数2 MHzで約26.8 dBであった。

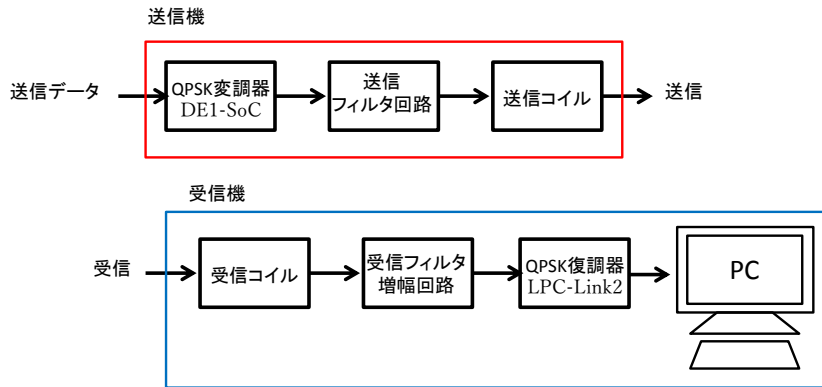
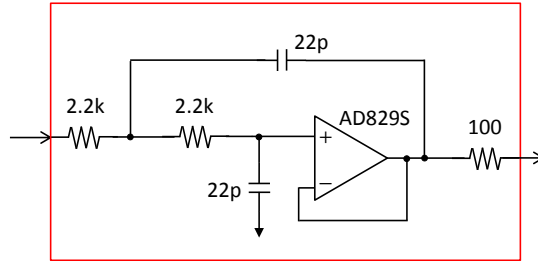


図2 送受信機の回路ブロック図

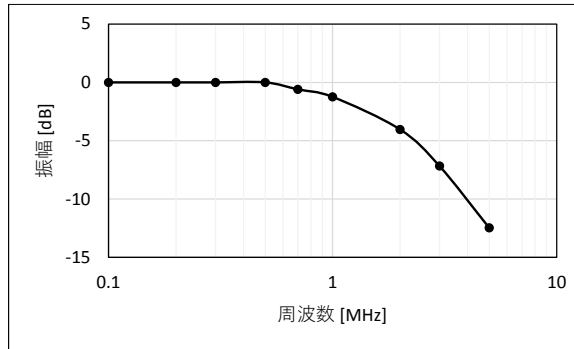
表1 各種諸元

人体通信搬送波周波数	2 MHz
人体通信速度	500 kbps
人体通信変調方式	QPSK変調方式
信号サンプリング周波数	250 Hz
信号量子化ビット数	12 bits

送信フィルタ回路



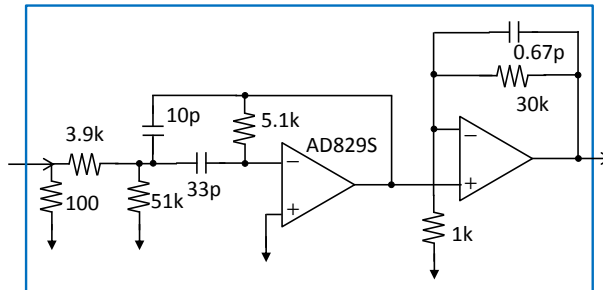
(a) 回路図



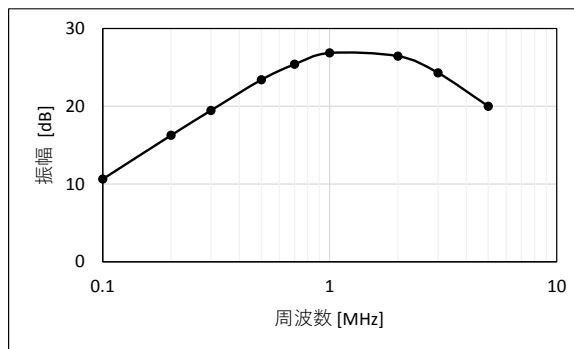
(b) 周波数特性

図3 送信フィルタの回路図と周波数特性

受信フィルタ増幅回路



(a) 回路図



(b) 周波数特性

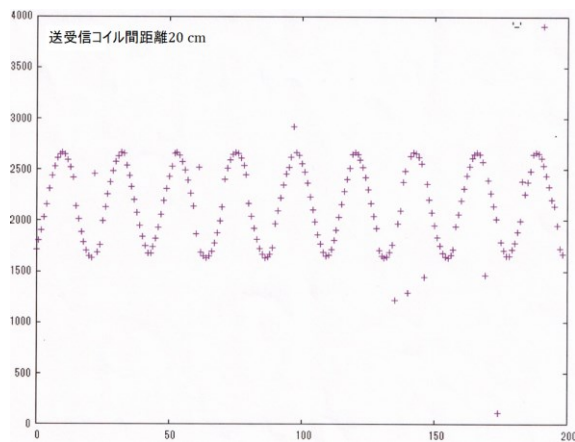
図4 受信フィルタ増幅回路の回路図と周波数特性

3. 信号のリアルタイム伝送実験

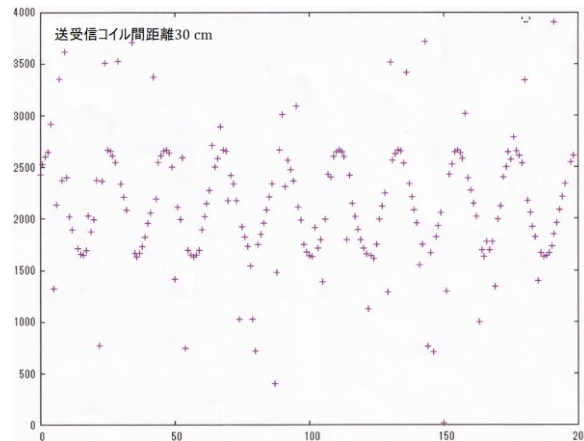
図5に送受信実験レイアウト写真を示す。今回は人体に設置せずに実験を行った。結合方式は非共鳴結合方式である。送受信コイルは自作の3巻きコイル ($L_1 = 2.412 \mu\text{H}$, $L_4 = 2.442 \mu\text{H}$)を使用し、直線状に平行に向かい合うように配置した(図5)。送受信コイル間距離は、5 cmから35 cmの範囲で5 cm刻みで設定した。送信信号は周波数10 Hz, オフセット +2 V, 振幅 $1 V_{p-p}$ の正弦波とした。図6に送受信コイル間距離が20 cmと30 cmにおける復調受信波形を示す。シンボルエラーは生じているものの、送受信コイル間距離が20 cmの場合は概ね正弦波として受信できていることが確認できる。送受信コイル間距離が10 cm増加すると、正弦波として視認できるもののシンボルエラーが非常に多く発生した。なお、受信波形は掲載していないが、さらに5 cm増加すると正弦波の視認も難しくなり送受信はほぼ不可能になる。



図5 送受信実験レイアウト写真



(a) 送受信コイル間距離20 cm



(b) 送受信コイル間距離30 cm

図6 送受信コイル間距離20 cmと30 cmにおける復調受信波形

4. まとめ

本研究では、信号のリアルタイム伝送が可能な磁界方式人体通信機を試作した。実験の結果、送受信コイル間距離20 cmまで送受信可能であることを確認した。今後は、これまで検討してきた共鳴結合方式で通信距離を伸ばすことが可能かどうか実際に送受信実験を行い確認する予定である。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 18K12152 の助成を受けたものです。記して感謝いたします。

文献

- [1] D. Naranjo-Hernández, A. Callejón-Leblic, Ž. L. Vasić, M. Seyedi and Y.-M. Gao: Past results, Present trends, and future challenges in intrabody communication, *Wireless Communications and Mobile Computing*, Volume 2018, Article ID 9026847, 39 pages, 2018.
- [2] 越地福朗, 越地耕二, 村松大陸, 佐々木健: ウェアラブルコイルの磁界結合を利用した人体周辺通信における腕部折り曲げ時の伝送特性および周辺電磁界分布の検討, *日本AEM学会誌*, 23(2), 46-53, 2015, 8.
- [3] J. park, P. Mercier: Magnetic human body communication, *EMBC2015*, 1841-1843, 2015.
- [4] 伊藤建一: 磁界方式人体通信信号損失シミュレーション –各種磁界結合方式の検討–, *日本シミュレーション学会論文誌*, 9(4), 85-93, 2017.
- [5] 伊藤建一: 磁界方式人体通信における共鳴結合方式の最適設計に関する検討, *日本シミュレーション学会論文誌*, 9(4), 85-93, 2019.

- [6] 伊藤建一：数値電磁界解析を用いた磁界方式人体通信の信号伝送特性と生体安全性評価，日本シミュレーション学会論文誌，13(1)，1-10，2021.
- [7] 伊藤建一：磁界方式人体通信の通信特性評価－各種結合方式の比較－，日本シミュレーション学会令和3年度第1回多次元移動通信網研究会，1-12，2021.
- [8] B. L. Cannon, J. F. Hoburg, D. D. Stancil and S. C. Goldstein : Magnetic resonant coupling as a potential means for wireless power transfer to multiple small receivers, IEEE Trans. Power Electron., 24(7), 1819-1825, 2009.
- [9] 村山瑠花, 伊藤建一：人体通信を用いたウェアラブル生体電気信号測定・通信システム；JSST2019 Conference Proceedings (Student Session), 75 - 78, 2019, 11.