

# 人体通信における人経由雑音低減に関する研究

HAYASHIDA, Yuki / 林田, 祐樹

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・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 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

57

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

3

(発行年 / Year)

2016-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00013285>

# 人体通信における人経由雑音低減に関する研究

## RADIATED NOISE ANALYSIS VIA HUMAN BODY FOR INTRA-BODY COMMUNICATION

林田 祐樹  
Yuki HAYASHIDA  
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 radiated noise analysis via the human body for intra-body communication based on experiments. This communication is greatly affected by external noise. In particular, radiated noise has been a serious problem as is transmitted along the same path as the signal. To reduce noise, an additional electrode was connected, and the NRR was 5.11 dB. However, actually, noise reduction is difficult. Therefore, reducing the noise source in intra-body communication is necessary.

**Key Words** : Intra-body communication, Internet of things, Common-mode noise

### 1. 序論

近年、我々の身の回りのモノがインターネットに繋がるという IoT(Internet of Things)時代が到来している[1]. インターネットに繋がるモノである IoT デバイスの年度別の指標をまとめたグラフを図1に示す. これによると, IoT デバイスは2020年までに約530億個まで増大するとされている. デバイスには時計や眼鏡といった体周囲に身に付けるウェアラブル型, ペースメーカーやコンタクトレンズという体に埋込むインプラント型, さらに, 認証識別システムやセキュリティといった場面で床やドアノブ等の環境に埋め込む環境埋込み型の3種類が存在している. それぞれ, On-body 型, In-body 型, Off-body 型通信に分けることができ, 通信形態は様々である.

上述で述べた3種類のデバイスを利用して, 人の体を通信路として用いる人体近傍電界通信技術[2](以下, 人体通信)が注目を浴びている. 人体近傍に存在する電界の変化を利用することで通信を実現しており, 特に医療やオフィスといった場面での活用が期待されている. 人体含むノード間の電気的な静電容量が結合するという考えの基で通信路が形成されているため, 人の姿勢や動作, 周囲環境に通信品質が依存しやすく, 雑音に弱い通信である.

本研究では, 人体通信での低雑音下を実現するために使用する場面を想定した通信路モデルを形成し, 実験に基づいた雑音評価を行う.

### 2. 人体通信における雑音問題

人体通信下において雑音源は2種類存在する. On-body 型通信での例を図2に示す. 一つは, 通信端末の設置条件によって顕著に表れてくるグラウンド経由で混入してくる伝導雑音[3]. もう一つは, 蛍光灯や電子機器等が発する電磁的な雑音が人体経由で混入してくる放射雑音[4]である. グラウンド経由の伝導雑音はフィルタ技術やコモンモード・チョークコイル等のコモンモード対策が存在するが, 問題となってくるのが静電容量結合により放射雑音が信号成分と同様にコモンモードで人体を経由して通信系に混入してくる可能性が高いことである. 互いに帯域外であれば対策法が講じられるが, 同帯域となると対策が困難である. 以降は人体経由で混入してくる放射雑音に焦点を置き, 実験に基づいて特性や対策法について議論していく.

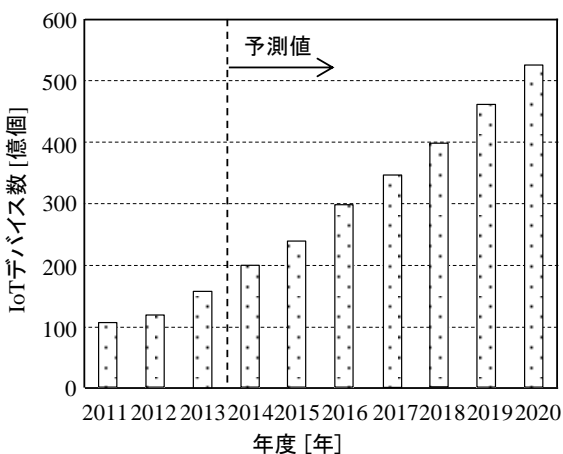


図1 年度別インターネットに繋がるモノの数

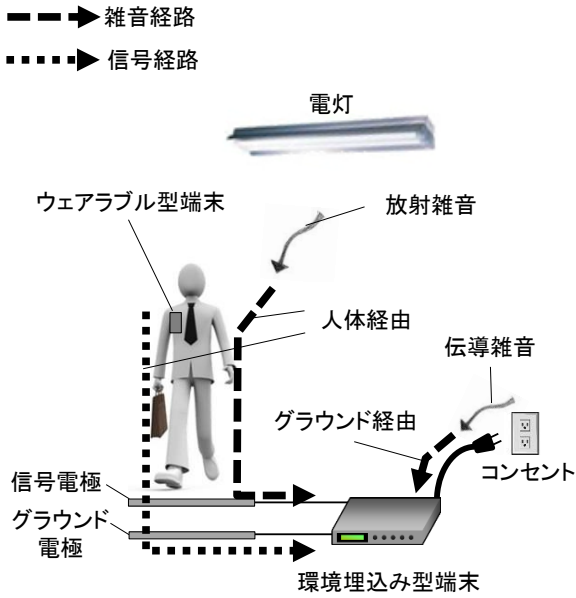


図2 人体通信における信号と雑音経路

### 3. 雑音源の確立

人体経由で混入してくる放射雑音源を確立させる必要がある。本研究では、実験室の天井に設置してある電灯を雑音源とみなすために次のような実験を行う。人が埋込み型電極に立ち天井に設置している電灯に人体を近づけ、そのときのスペクトル波形をスペクトラムアナライザ(N9340B)により確認するのを人体通信の系、アンテナと見立てた同軸ケーブルを用いて同じような方法でスペクトル波形を確認するのを同軸アンテナの系とし、互いに電灯を点灯、消灯させ比較したのを図3に示す。

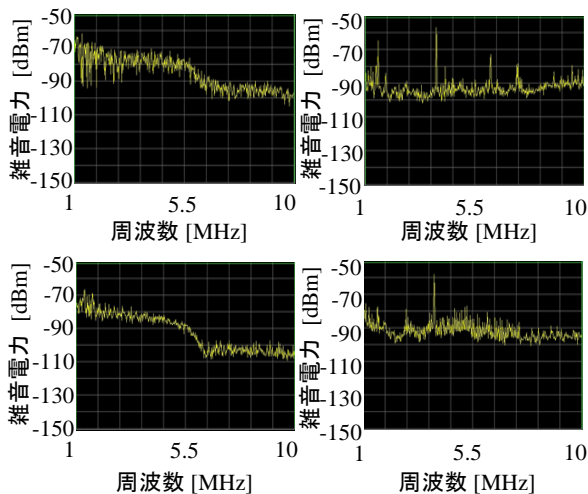


図3 電灯の状態によるスペクトル波形  
(a) 人体通信, 点灯 (b) 人体通信, 消灯  
(c) 同軸アンテナ, 点灯 (d) 同軸アンテナ, 消灯

人体通信の系で電灯を点灯としたときを(a), 消灯したときを(b). 同軸アンテナの系で電灯を点灯したときを(c), 消灯したときを(d)とすると, 互いの系で電灯の状態

によりスペクトル波形が異なり, 顕著に強く表れている周波数成分が等しいことから電灯を放射雑音源とする。

### 4. 雑音評価

#### (1) 雑音の特性

ノードを4つ(人体, 信号電極, グラウンド電極, 床)とすると図4のように通信路モデルは6つの静電容量要素[5]で説明することができる。

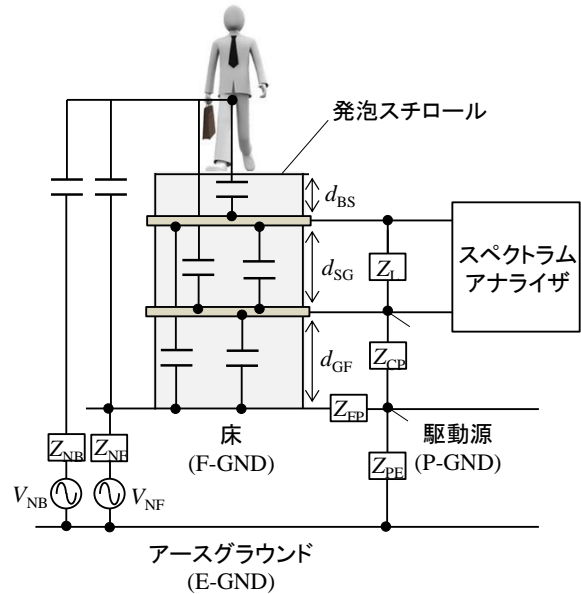


図4 人体通信の通信路モデル

ノード間に発泡スチロールを挟み距離をそれぞれ  $d_{BS}$ ,  $d_{SG}$ ,  $d_{GF}$ . 放射雑音  $V_{NB}$ , 伝導雑音  $V_{NF}$  とし, 床 (F-GND), 駆動源 (P-GND), アースグラウンド (E-GND) 間のインピーダンスを  $Z_{FP}$ ,  $Z_{CP}$ ,  $Z_{PE}$ , 負荷抵抗  $Z_L$  とそれぞれ定義する.  $d_{BS}$ ,  $d_{SG}$  をそれぞれ 0.01 m, 0.3 m,  $d_{GF}$  を 0.01 m から 0.48 m まで変化させることで平衡度を悪くさせる. 3章の実験結果に表れている 1.9 MHz から 2.8 MHz までの特異な周波数帯に注目する. 実験結果を図5に示す。

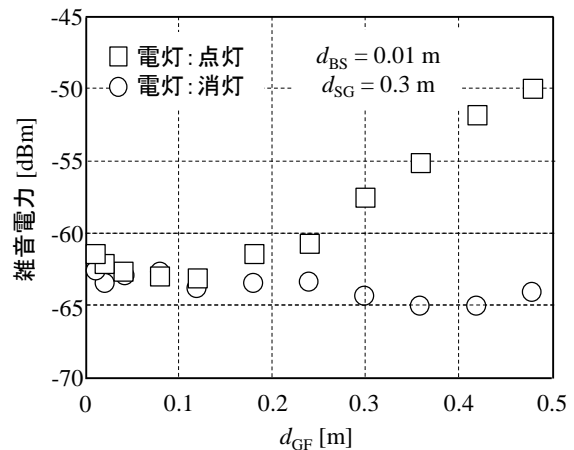


図5 雑音の  $d_{GF}$  依存性

電灯の状態により雑音の特性が明らかに異なっており  $d_{GF}$  が大きくなるにつれて点灯しているときは雑音が増加、消灯しているときは減少している。初めは通信路の平衡度が改善されて雑音が増加するが、放射雑音源に近づくにつれ増加していることが考察できる。本研究の実験系では  $d_{GF}$  が 0.08 m までは床経由の伝導雑音が、0.12 m 以降では人体経由の放射雑音による影響が強い。

## (2) 人体経由雑音対策

人体経由で混入してくる放射雑音に対する対策法は未だ報告例が少なく、以降はそれについて議論をする。人体経由雑音対策の実験系を図6に示す。

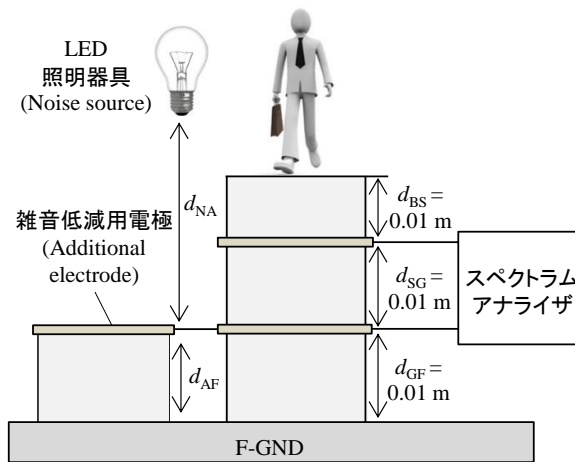


図6 人体経由の放射雑音対策実験

放射雑音源をスペクトル波形確認実験より LED 照明器具とする。信号側、グラウンド側に対して同じ強さで雑音をコモンモードで伝えれば雑音は減少することができることより静電容量結合が弱いグラウンド側に電極を一枚追加する。LED 照明器具と雑音低減用電極間を  $d_{NA}$ 、それと F-GND 間を  $d_{AF}$  と定義する。実用型に近付けるために  $d_{BS}$ 、 $d_{SG}$ 、 $d_{GF}$  を 0.01 m とし、 $d_{NA}$  を変化させ雑音を測定する。図7に実験結果を示す。

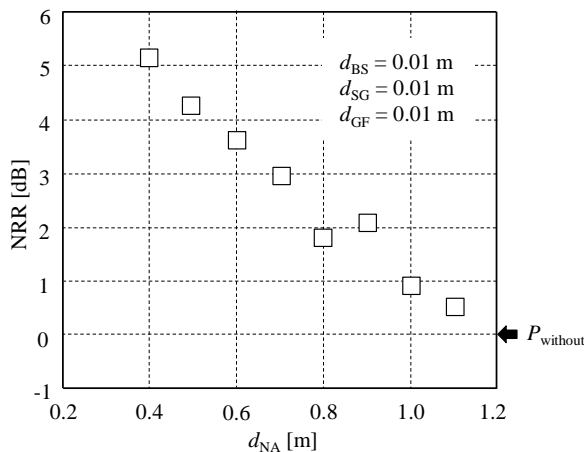


図7 NRRに関する  $d_{NA}$  依存性

雑音電力を  $P_{without}$ 、雑音低減用電極があるときを  $P_{with}$  と定義し、雑音が増加したかを表すのにその指標である Noise Reduction Rating (NRR) を以下の式(1)で表す。

$$NRR [dB] = 10 \log \frac{P_{without}}{P_{with}} \quad (1)$$

$d_{NA}$  が小さくなる (LED 照明器具と雑音低減用電極間の結合が強まる) につれ NRR が増加しており、元の雑音が増加していることがわかる。最大で 5.11 dB 雑音が増加している結果が得られた。つまり、人体経由で混入してくる放射雑音はより強くコモンモードで系に入力することにより除去が可能である。しかし、実際に雑音を除去するためには系が複雑で実用型ではないために、放射雑音源となるものを低雑音にする、もしくは雑音源となるものに人体を近づけないという現実的な対策が必要である。

## 5. 結論

本研究は IoT 時代の到来に伴う IoT デバイスの普及により体周囲で通信を行う人体通信に注目した。しかし、周囲環境等に影響され雑音に弱い高感度な通信であり、特に蛍光灯等が発する電磁的な放射雑音が人体経由で混入し、信号成分同様にコモンモードで伝わることが問題であった。実験に基づいて評価を行い、人体経由雑音の特性、対策の原理が判明した。しかし、実用的な対策が困難なことから、今後様々な通信形態に応じた通信路モデルを形成すると共に、モデルに基づいた定量的な雑音評価を行うことが必要である。

## 参考文献

- 1) L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, Internet of Things: A survey, Elsevier Computer Networks, Vol. 54, No. 15, 2787-2805, 2010.
- 2) T. G. Zimmerman, Personal Area Networks: Near-field intrabody communication, IBM Syst. J. Vol. 35, No. 3.4, 609-617, 1996.
- 3) M. Shinagawa, J. Katsuyama, K. Matsumoto, S. Hasegawa, R. Sugiyama, Y. Kado, Noise analysis for intra-body communication based on parasitic capacitance measurement, Elsevier Measurement, Vol. 51, 206-213, 2014.
- 4) N. Haga, K. Motojima, M. Shinagawa, Y. Kado, Received noise voltage of wearable transceiver in the presence of fluorescent lamps using high-frequency electronic ballasts, IEICE, Electron., Express, Vol. 11, No. 21, 1-6, 2014.
- 5) Y. Hayashida, R. Sugiyama, Y. Ido, A. Suzuki, Y. Takizawa, M. Shinagawa, Y. Kado, N. Haga, Capacitance Model of Embedded Transceiver for Intra-body Communication, Proc., BodyNets'14, 222-228, 2014.