

姿勢推定を用いた人体動作に伴う人体通信に関する研究

神原, ヒロ / Kambara, Hiro

(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)

4

(発行年 / Year)

2024-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030739>

姿勢推定を用いた人体動作に伴う 人体通信に関する研究

ANALYZING INTRA-BODY COMMUNICATION ASSOCIATED WITH HUMAN MOTION USING POSE ESTIMATION

神原 ヒロ

Hiro Kambara

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

We study intra-body communication technology. This technology is electronic field communication technology based on human motion. If intra-body communication technology is used in our daily life, our life become more convenient. In order to actualize This technology, it is necessary to investigate the relation between human motions and electronic field communication signals. This paper reports on the analysis intra-body communication associated with human motion using pose estimation.

Key Words : *intra-body communication, pose estimation, electric field communication.*

1. 序論

私たちの生活は、インターネットを活用したサービスが多く開発されている。こうしたサービスは Internet of Things(IoT)と呼ばれる仕組みを基に開発が行われている。私たちユーザーが様々なデバイスを操作することにより、インターネットを介して遠方にある機器の制御が可能となった。このシステムを様々な場面に適用することで、私たちの生活における利便性の向上を図ることができる。これらのサービスを実現する通信技術にはいくつかの方法がある。今回は電界通信[1]と呼ばれる通信方式に着目した。電界通信とは人や導体などの表面で形成される電界を誘起し、強弱を利用して信号を伝送する通信方法である。送信機、受信機、伝送路によって通信は構成されるものである。電界通信の特徴として、人体や車のボディなどの生活の中で存在するものを伝送路として用いることが可能である。電界通信の中でも、人体を伝送路とする通信を人体通信と呼ぶ。人体通信が実現できた歳の適用例として、ウォークスルーゲートと呼ばれるアプリケーションが存在する。ウォークスルーゲートとは、主に改札などへの適用をイメージしたアプリケーションである。このアプリケーションが実現、普及することで、人々の生活に関わるシステムの利便性向上を狙うことができると考える。ウォークスルーゲートのシステムに着目し、人体動作と信号強度を同時に測定するシステムの作成を目標としている。従来研究では、動的信号計測システム[2]

と呼ばれる人の動きに伴って変化する信号強度の測定を行ってきた。従来研究の測定システムを以下の図 1 に示す。

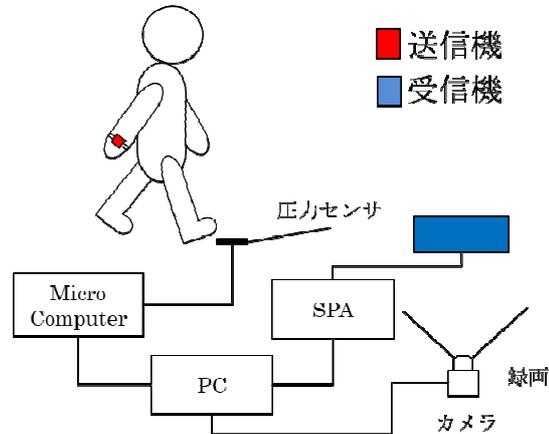


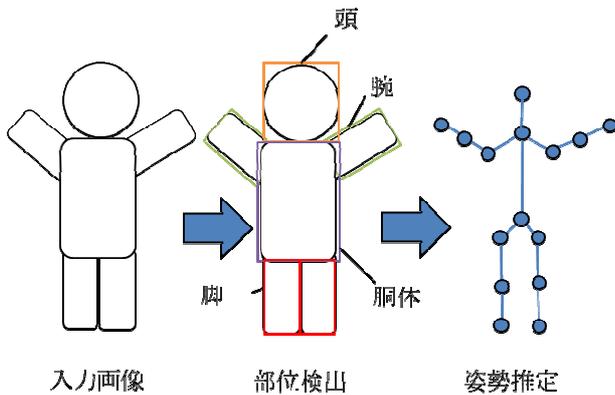
図 1 従来研究の測定システム

上記の測定システムでは、人体動作について通常のカメラを利用した撮影を行い、人の動きに伴う信号動作を測定してきた。しかし、本システムではカメラで撮影した映像の目視での測定であった。人の動きと信号強度の関係性について、より詳細な測定を行う必要があると考えた。今回の研究では、姿勢推定技術と人体通信の動的信号計測システムを組み合わせた測定システムの実装と測定可否を確認することを目的として、従来の動的信号計測システムに対し、Microsoft 社が提供する Azure Kinect の姿勢推定技術[3]を活用し、人体動作を空間座標によっ

て詳細に分析し、人の動きに伴う信号強度変化を詳細に確認するシステムを提案した。同時測定の実現に向け、システムの作成と評価を行っていく。

2. 評価システム改善案と姿勢推定

人体通信における動的信号計測システムとは、人体が行う特定の動作中における信号強度の推移を測定するシステムである。このシステムでは、送信機を身に着けた人体の動作を録画媒体によって記録し、同時に人体動作に伴う信号強度変化を信号測定機器であるスペクトラムアナライザ(SPA)を利用して測定を行う。これにより、人体動作に伴う信号強度変化を動的に測定する。これまでの動的信号計測システムにおいて、カメラによる映像の撮影のみを行ってきた。今回は人体動作を詳細に取得するために、マーカーレスモーションキャプチャ[4]による姿勢推定を適用することを提案した。マーカーレスモーションキャプチャについて、次の図2に示す。

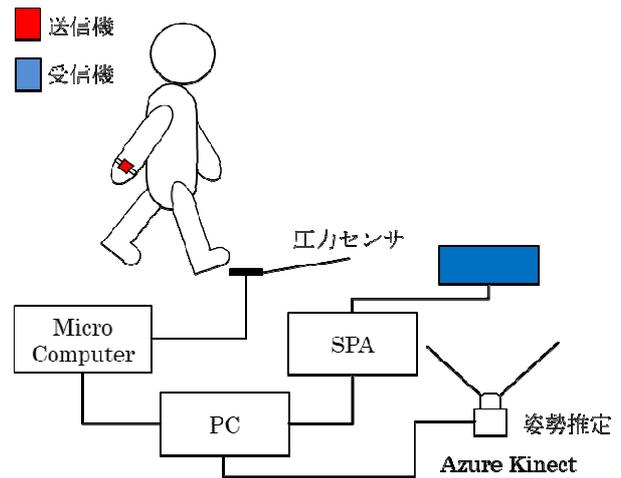


姿勢推定に利用できるモーションキャプチャには様々な方式が存在するが、マーカーレスモーションキャプチャの特徴として、マーカーと呼ばれる姿勢推定に必要な機器が付与されたスーツなどを着用せずに、姿勢推定を行うことができる点が挙げられる。この方式は、カメラによって撮影された被写体までの距離を赤外線やレーザー光などの光源を照射することで計測し、その深度画像から座標情報を取得するシステムと、取得した深度画像から特徴点を機械学習によって骨格情報を抽出するシステムを併用することで構成されている。座標情報を取得する際には、Time of Flight(ToF)法により計測を行っている。ToF法によって取得された深度画像データを基に、機械学習を用いて3次元の関節位置情報の推定によって、人体動作を空間座標値として出力するものである。この方式は他の姿勢推定の方式と比較すると推定精度が低下する欠点が存在するが、実験環境などへの導入が比較的容易である。今回の研究では、従来の動的信号計測システムに Azure Kinect によるマーカーレスモーション

トラッキングを適用し、姿勢推定技術による動的信号計測システムを実際に作成、システムの評価を行う。

3. 動的信号計測システム

Microsoft 社から提供されている Azure Kinect によるマーカーレスのボディトラッキングによる姿勢推定を適用した動的信号計測システムを作成した。作成した動的信号計測システムについて、次の図3に示す。



従来研究で撮影用途であるカメラに Azure Kinect を利用し、Microsoft 社から提供されるソフトウェアを適用した姿勢推定を用いて空間座標値での算出を可能とした。本システムでは、送信機を装着した人体が床に設置された受信機に向かい歩行する。その途中に圧力センサを配置し、歩行の最中に該当する圧力センサを踏むことによって、測定開始命令を PC へ送信、SPA と Azure Kinect の両方を同時に制御するシステムを作成した。測定システムの実現性を評価するために、本システムを利用した測定を行い、システムの評価を行った。

4. 実験による評価

前章で述べた姿勢推定技術を利用した人体通信の動的信号計測の測定系について、実験による評価を行った。圧力センサを踏んだ時点で測定を開始し、Azure Kinect が取得する人の座標情報と SPA が取得する信号情報を Excel にてまとめ、それぞれのデータをまとめる。測定開始から受信機を踏み、通過するまでの過程は全体で 5 秒間行うものとし、2 秒から 3 秒の間は受信機の上で一度停止するものとした。また、今回の測定では姿勢推定の同時取得において、全ての骨格点を取得する場合、PC に負荷がかかるため、その一部を抜粋した情報を取得するものとした。

実験系について、次の図4に示す。

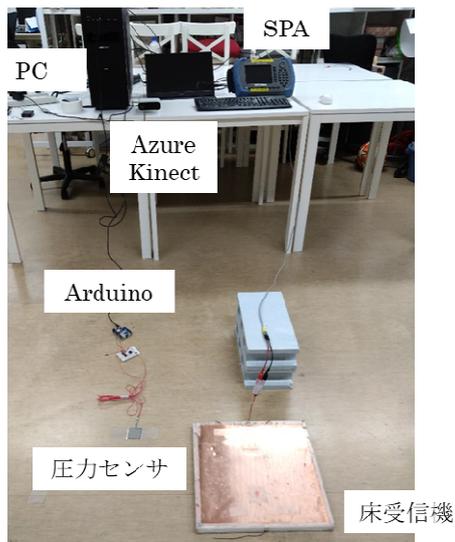


図4 測定系

今回の測定では Azure Kinect が取得した人体モデルの中で、腰の骨格点についての座標情報のみを抽出し、その座標点をグラフにてまとめるものとした。

測定時の座標値について、Azure Kinect による撮影を行う場所を基準としてカメラ位置から左側に進むと負の値に、右側へ進むと正の値として算出されるものである。今回の計測では、測定準備として、受信機の位置を設定する際、人が受信機の上に立ち、カメラが取得する X 軸の値と Z 軸の値を利用することで設定した。設定時の様子を次の図 5 に示す。



図5 受信機位置設定時の様子

今回の実験ではこの時に取得した値である X 軸は -0.2 m 、Z 軸は 1.4 m を、受信機の位置として設定した。この座標値周辺での信号値変化を、時間変化を基に確認を行った。

今回使用した送信機の設定について、 6.75 MHz の周波数を生じるように設定した。信号測定の際には、測定時に SPA にて最大の信号値を取得し続けるように設定し、信号の取得を行った。また、今回の測定環境において信号を取得していない時の信号強度は約 $-61\text{ dBm} \sim -67\text{ dBm}$ までの値を取得していた。この値を基に、送信機を踏む、及び通過するまでの過程において、変化する過程はどのようなものになっているかの確認を行った。

今回の測定にて取得した座標値及び信号値について、次の図 6 及び図 7 にて示す。

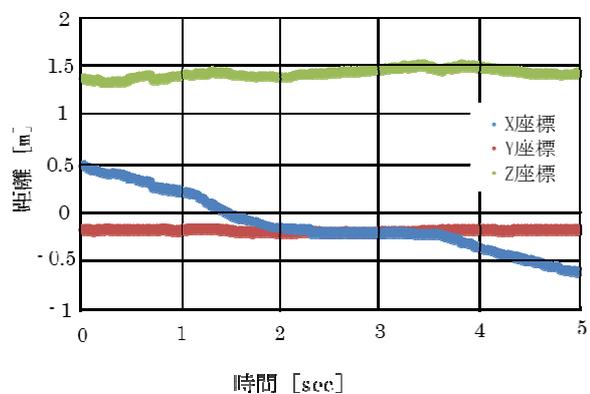


図6 Azure Kinect による座標値測定

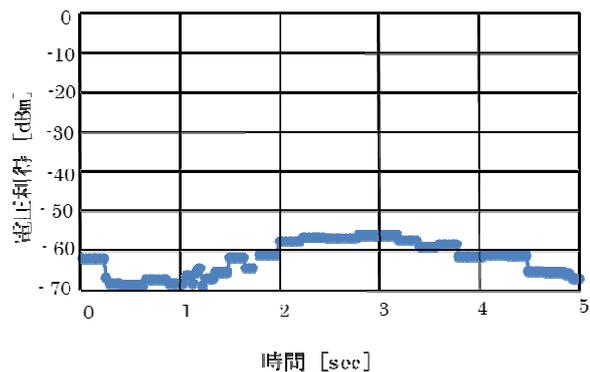


図7 SPA が取得する信号情報

今回の測定において、2 秒から 3 秒までの間に受信機に一度立ち、通過するように測定を行っていた。そのため、Azure Kinect が取得した各座標情報の内、X 軸上の値では、約 -0.2 m の値を取り続けており、SPA で取得した信号強度もおおよそ $-57\text{ dBm} \sim -55\text{ dBm}$ の値を取り続けていた。そのため、本システムでの値の取得を行うことができた。

今回の測定システムにおいて、骨格点を活用した人体の座標値取得と信号情報の同時取得を行うことが可能であると考えられる。Azure Kinect を活用した測定を行う場合、特定の座標情報のみの取得でなく、人体すべての骨格点を取得し、3次元グラフなどで各人体箇所動きを細かく見ること、更に詳細な信号変化を確認できると考える。一方、今回利用したシステムの課題点として、撮影フレームの上限による深部画像取得頻度の限界が挙げられる。使用した機種である Azure Kinect は、機種の都合上、撮影時のフレーム設定上限が 30 fps にて固定されてしまう。そのため、人の動きがより早くなった場合に動作を人体の動作を撮影できず、座標情報が取得できないという場合が存在する。そのため、撮影機種を変更し、より高い撮影フレームによる座標情報の値を取得することが重要になると考える。また、それに伴い、機械学習による人体動作の学習データを追加で学習を行い、他のカメラでも動作するソフトウェアを作成することも必要であると考えた。

5. 結論と今後の展望

本研究では IoT サービスをより便利にする方法の一つとして、人体通信と呼ばれる通信方式を利用したシステムの実現のために、姿勢推定を適用した動的信号計測システムの提案と測定を目的として研究を行った。今回提案した動的信号計測システムの説明、及び利用した機器についての説明を行った。今回の測定に用いた技術である姿勢推定には、低コストでの導入が比較的容易である Azure Kinect を用いたマーカーレスのモーションキャプチャによる姿勢推定を選択した。Azure Kinect を利用した骨格検出からマーカーレスのモーションキャプチャを可能とすることで、姿勢推定が可能となると考えた。また、今回の測定に利用した測定系の作成と評価を行った。今回の測定から、姿勢推定技術を利用した人体通信の動的信号計測システムは可能であると考えられる。一方、課題点として利用する撮影機種に伴う人体動作の撮影限界や、機械学習を利用した姿勢推定に利用するソフトウェアの改善などを考えられた。

今後の展望として、人体通信を利用したサービスの実現に向け、より大きなシステムでの信号測定を行う必要があると考える。今回の測定システムでは、試作を行い、人体情報も少ないまま、その評価を行うのみとなってしまった。そのため、撮影時の情報を増やすために、複数人での利用を想定した測定を行い、その際の人体距離の把握や、信号情報の取得を行い、計測する必要がある。また、撮影時のカメラ台数を増やし、骨格検出時の映像を骨格点による映像を撮影することで、より詳細な動きの把握を行う必要があると考える。

人体通信と姿勢推定を組み合わせたアプリケーションの作成を行うことが可能であるとも考えられ、今後実験

やアプリケーションが実現することにより、私たちの生活の利便性向上に貢献するだけでなく、より豊かな生活に繋がると考える。

参考文献

- 1) T. G. Zimmerman, "Personal area networks: Near-field intrabody communication," *IBM Syst. J.*, vol. 35, no. 3-4, pp. 609-617, 1996.
- 2) Y. Wada, K. Furuya, R. Kato, and M. Shinagawa, "Dynamic interference estimation in secure gate system using intra-body communication," 2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON), 2016.
- 3) Azure Kinect DK のドキュメント
- 4) 春名弘一, 昆恵介, 新垣潤, 佐藤洋一郎, "マーカーレスモーションキャプチャによる三次元動作解析の応用例", *J-STAGE*, 日本義肢装具学会誌, 35 巻, 1 号, p. 17-23, 2019.