

電磁場変動センサを応用したロボット車椅子の試作

Prototype of the Robotic Wheelchair with Electro-magnetic fluctuation sensor

○非 小玉 亮 (電通大)
非 小林 貴訓 (埼玉大)

非 鈴木 亮太 (埼玉大)
非 梶本 裕之 (電通大)

Ryo KODAMA, The University of Electro-Communications, kodama@kaji-lab.jp
Ryota SUZUKI, Saitama University
Yoshinori KOBAYASHI, Saitama University
Hiroyuki KAJIMOTO, The University of Electro-Communications

To enable coordinated motion of the robotic wheelchair with a caretaker, position detection of the caretaker is indispensable. In this study, we developed a caretaker's position detection system using electro-magnetic fluctuation (EMF) sensor and EM emitter. We installed three sensors behind the wheelchair and an emitter on the caretaker's waist. Experiment showed the ability to detect distance, direction, and touch status of the caretaker by using received signal strength indicator (RSSI).

Key Words: Care support, life support, robotic wheelchair, electro-magnetic field sensor.

1. はじめに

少子高齢化社会を迎え、すべての人がHQOL(High Quality of Life)を享受できるようにするための高齢者支援が重要な課題となっている。特に移動が困難な人は外出が少なくなり、生活の質が大きく低下する恐れがある。このような人の移動支援には、道路や障害物を認識して安全に目的地まで移動できるロボット車椅子が効果的である。さらに、車椅子が同伴者を認識し、車椅子ユーザと同伴者がコミュニケーションを取りながら移動する機能があれば、日常的にも使いやすく社会に受容されやすいと考えられる。

このような協調的な移動を実現するためには、同伴者の位置をロボストに計測し、車椅子と同伴者の位置を調整する技術が必要となる。これまで同伴者の位置計測にはレーザ測域センサ(LRF)を用いていたが[1]、障害物検知に効果的な設置場所を考慮すると、センサに死角が生じ追跡が失敗する場面があった。この問題の解決方法としてLRFや全周囲カメラ[2]の増設が考えられるが、コストの増大が懸念される。

そこで本研究ではLRFの死角を補うように電磁場変動センサ[3]を配置し、同伴者の位置を推定することで、コストの増大を抑えつつ、協調的な移動能力を実現することを提案する(図1)。本センサは比較的低い周波数の電磁場を使用するため指向性が低く、赤外線センサや超音波センサと比べて少ない設置数でLRFの死角をカバーできる。また、Bluetoothや無線LANの技術を応用したセンサに比べてマルチパスに強い安定した同伴者計測が期待できる。本研究では、コンセプトの実現可能性の検討のため、電磁場変動センサを椅子に設置し、ユーザの位置に対するセンサの出力特性を評価する。

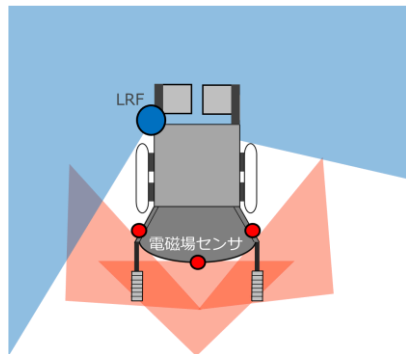


Fig. 1 Installation image of LRF and EMF-sensor

2. 電磁場変動センサ

このセンシング技術[3]では送信機となるデバイスをユーザ(同伴者)に持たせることでユーザ自身を電磁場で包み込む(図2)。車椅子には電磁場の強度を捉える複数のセンサ(受信機)を搭載する(図3)。そして、ユーザの位置の変化に伴って変動する電磁場の変化をロボットに設置した複数のセンサで計測することにより、ユーザの距離や方向を認識する。

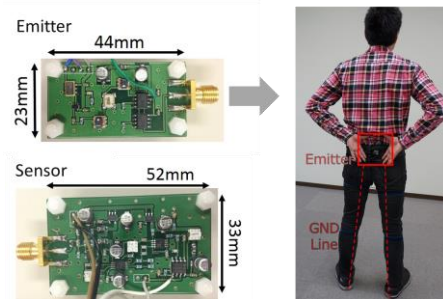


Fig. 2 Installation image of the emitter



Fig. 3 Installation image of the sensor electrode

2.1 デバイスの装着

送信機は図2のようにユーザの腰部に装着した。腰部は歩行中でも大きな運動が生じないため、ユーザから放射される電磁場が安定する。しかし送信機のGNDは浮いた状態になってしまうため、放射電力は低下する。そこでGNDを地面(アース)に接地するため、GND端子から電線を引き出し、足に這わせるように装着することで、放射電力の低下を抑えた。

送信機から出力される信号の周波数は10.7MHzであり、出力電極端面での電力は0dBmとした。出力電極は直接肌に接触させることで、現在の送信機の構成で最高の放射電力を実現している。

2.2 センサの設置

受信機は LRF の位置を考慮して図 3 のように後方と左右の後側方の計 3 箇所を設置した。図 1 のように LRF は前方や側方にある障害物の検知に効果的な位置に設置されているため、車椅子ユーザや背もたれが影となり、後方にセンサの死角が生じる。これを補うように背もたれの後ろにセンサを設置した。電磁場変動センサの受信アンテナとして 4cm×4cm の平行平板電極を用いた。

3. RSSI の計測

3.1 距離に対する RSSI の変化

まず、ユーザの距離に対する RSSI の変化を計測した(図 4)。グラフより、後方センサに対して距離をとった場合、ユーザが近づくにつれて RSSI が単調に増加することが分かる。この特性から、RSSI の強弱によってセンサとユーザ間の距離が推定できると考えられる。距離の推定を比較的精度よく行えるのは 20cm~125cm の範囲であり、この範囲においては式(1)のように距離を計算できる。

$$Y = -106.8 \times V_{RSSI} + 202.1 \quad (1)$$

125cm 以上の距離推定に関しては、熱雑音によるノイズフロアがあるため、現在の送信機の性能では対応できない。送信機の出力電力を強化することで、この距離を延ばすことができる。また、20cm 以下の距離推定に関しては、ユーザの皮膚表面とセンサ電極間の容量性結合が急激に増大するため、式(1)の特性から外れ、推定精度が悪くなる。

グラフによると本センサには距離が 0 (電極への接触) になると急激に RSSI が増加するという特徴がある。これを利用すれば本センサはタッチセンサとしても活用できる。具体的には RSSI が 3V 程度となるとところにヒステリシス特性を持ったコンパレータを設けることで、センサのタッチとリリースを正確に計測できる。

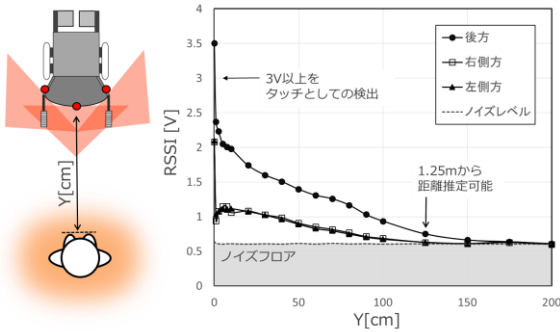


Fig. 4 Characteristics of RSSI vs Y-axis user position

3.2 方位に対する RSSI の変化

次に、ユーザの方位に対する RSSI の変化を計測した(図 5)。この特性はセンサの指向性を表すもので、グラフには後方センサの特性を示した。グラフより、ユーザの位置が中心からずれていくと RSSI が減少していることが分かる。距離 Y が離れていない状態では、1m ずれても RSSI が検出されており、電磁場センサ特有の広い指向性が見られる。この特性は左右の後側方センサにも存在し、これら 3 つのセンサで計測される RSSI の値を統合することでユーザの方位が推定できる。しかしながら、車椅子のように既に販売されている製品に後付けする場合は、電極の設置箇所に制約があるため、正確な角度推定式の導出は難しい。例えば今回は後方センサと後側方センサの設置高さが 20cm ずれている、後方センサが中央より

右側に設置されている、などの制約から角度推定式が求められない。

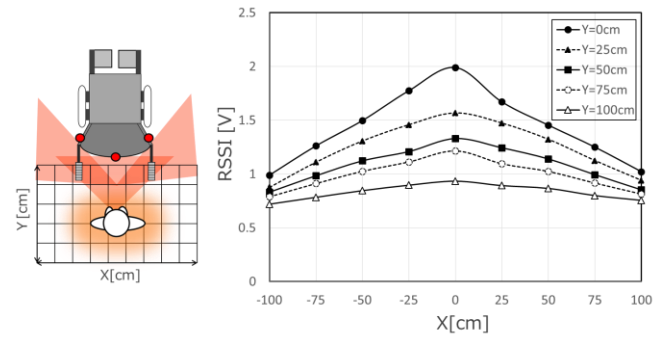


Fig. 5 Characteristics of RSSI vs X-axis user position

4. 協調的な移動能力の検討

このように正確な方位が計算できないケースでは、車椅子とユーザの相対座標から車椅子の行動を決定する制御の適用は難しいと考えられる。しかし、本センシング技術は指向性が広いという特徴があるため、2つのセンサ値が釣り合うようにフィードバック制御で車椅子の位置をロックする手法とは相性がいい。例えば、今回のセンサ設置条件では、以下の 3 方位が 2 つのセンサ値の釣り合いがとれる場所である。

$$\bullet \text{ 後方} : V_{RSSI_LEFT} = V_{RSSI_RIGHT} \quad (2)$$

$$\bullet \text{ 右後方} : V_{RSSI_CENTER} = V_{RSSI_RIGHT} \quad (3)$$

$$\bullet \text{ 左後方} : V_{RSSI_CENTER} = V_{RSSI_LEFT} \quad (4)$$

さらに、後方に関しては式(1)と組み合わせることで、距離も調整可能である。本手法はセンサの数が増えるほど、ロック可能な方位も増加する。現在のセンサのフロントエンドにスイッチを増設、スキャンする改造を施せば、センサの数を増やさず RSSI の計測場所を増やすことも可能である。

事前に車椅子に対してユーザがどこに立って歩けば車椅子の乗員との自然なコミュニケーションが実現できるか調査しておき、その方位に対して中心と左右の 3 箇所センサを設置すれば、本手法により簡単な協調的移動が実現できる可能性がある。

5. 結論

本研究ではロボット車椅子において、同伴者に対する協調的な移動能力を実現するため、電磁場変動センサを用いた同伴者の位置計測技術を検討した。車いすの後方および後側方にセンサを 3 つ配置し、同伴者に位置に対する RSSI の変化を計測した。測定結果より、RSSI の数値から 20cm~125cm の範囲における距離推定と、センサへのタッチ検出が可能であることを明らかとした。センサの設置制約により、方位推定は難しいが、センサペアの中心にロックする制御により、電磁場センサを利用した協調的な移動能力の実現可能性を示した。

参考文献

- [1] 小林貴訓, 高野恵利衣, 金原悠貴, 鈴木亮太, 久野義徳, 小池智哉, 山崎晶子, 山崎敬一, “同伴者の振舞いの観察に基づいて自動併走するロボット車椅子,” 情報処理学会論文誌, vol.53, no.7, pp.1687-1697, 2012.
- [2] Y. Kobayashi and Y. Kuno, "People tracking using integrated sensors for human robot interaction," Proc. IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT2010), pp.1597-1602, 2010.
- [3] 小玉亮, 梶本裕之, “電磁場を利用したパーソナルロボットのユーザ追従システム,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, 2015