

## 車いす自走時における移動量計測用センサの基礎的研究

## Fundamental study of the sensor to measure the moving distance of wheelchair users

○中村勇太(北海道工業大学) ○敦賀健志(北海道工業大学) ○青木大輔(松本義肢制作所)  
○安田義幸(北海道工業大学) ○早川康之(北海道工業大学) ○野坂利也(北海道工業大学)

Yuuta Nakamura, Hokkaido Institute of Technology  
Takeshi Tsuruga, Hokkaido Institute of Technology  
Daisuke Aoki, Matsumoto Artificial limb Factory  
Yoshiyuki Yasuda, Hokkaido Institute of Technology  
Yasuyuki Hayakawa, Hokkaido Institute of Technology  
Toshiya Nosaka, Hokkaido Institute of Technology

**Abstract:** The study focused on the moving distance of wheelchair users as part of health care exercise. The aim of this study was to develop a simple system to measure the distance of wheeling and analyse it. The sensor to measure the moving distance was devised. We considered that the sensor should be inexpensive, small and easy to be installed. Therefore, we adopted the High-sensitivity Hall element detects magnetism. The effectiveness of the trial sensor was tested through the experiment using the wheelchair equipped with it. As a result, it was confirmed that the sensor was able to precisely measure the average speed and total distance.

**Key Words:** Wheelchair, Moving distance, Hall element, Health care exercise

## 1. はじめに

近年,我が国では,65歳以上の要介護者数は,2011年度では371万人であり,この内,介護施設利用している人が84.3万人と約22.7%の人が特別養護老人ホームをはじめとした高齢者福祉施設サービスを利用していることになる<sup>1)2)</sup>.これらの施設利用者の多くは,日常的に車いすで移動を行う人や,一日の大半を車いす上で過ごしている.この理由として,一般的に高齢になるにつれ,筋力,体力,運動能力などの低下がみられ,下肢筋力などの低下によって移動に不自由が発生するためである.また,これらの低下は,身体活動量の低下につながり,身体の不活動性や委縮,機能低下といった廃用症候群となる.

車いす利用者にとって運動を日常的に続けることは,廃用性の機能低下を軽減し,生活の質の維持に繋がる可能性がある.<sup>3)</sup>運動継続による自己管理の方法のひとつに歩数計による日常の移動距離,時間の把握がある.歩数計の仕組みは,歩数の総数のみを計測するシンプルな構造であるが,活動度を計る上で有力な指標である.車いす利用者にとっても,このような簡易的に日常の移動状況を把握することは,健康管理の指標として有用と考えられる.そこで本研究では,介護施設において,施設スタッフが健康管理業務の一環として,車いすによる移動量を容易に計測できる機器の開発を目標とした.また,移動方法の分離が可能であること,安価かつ簡便であること,装着が容易であることを目指した.

## 2. システムの概要

本研究では,車いす利用者の健康管理の一環として利用者本人が運動を行っている自走時の移動量計測に着目した.そして,車いす用の移動距離計測および管理を行う簡易型システムの開発を目的としている.

過年度までは,スマートフォンに内蔵されている3軸加速度センサから得られるデータを周波数解析などを行うことで,スマートフォン単体で自走と介助走行の判別や移動距離計測・管理を完結するシステム開発を行ってきた<sup>4)</sup>.し

かし自走と介助走行の判別は可能であったが,スマートフォンに内蔵のセンサでは,サンプリング周波数が十分ではないことやスマートフォン自体のバッテリー容量の問題,加速度を積分することで得られる移動距離の誤差などの問題があった.そこで本研究ではスマートフォンはデータの管理のみを行い,車いすの移動距離などの情報を取得システムは別途構築する方法を採用した.

システムの全体像としては,車いすにセンサを取り付けて車輪の回転数を直接計測することで,車いすの移動速度や移動距離を計測する.自走と介助走行の判別は,握り手部分にセンサを取り付け,握り手の把持の有無により行う.各種データを車いすに設置してある小型データロガーに記録し,必要な時にスマートフォンにデータを転送し管理を行う.この際の通信方法としては,複雑な作業を避けるためBluetoothを検討している.このようにデータロガーを使用することにより,スマートフォン一台で複数の車いす利用者のデータ管理が容易に行えると考える.スマートフォンに取り入れたデータは専用アプリケーションにより解析を行い,運動管理システムのデータとして蓄積していく.

今回の研究では,システム開発の初期段階として,移動速度や移動距離算出に用いる車輪回転数の計測するセンサを試作した.そして,実際の車いすに設置し,走行実験を行い,センサの有用性について検証を行った.

## 3. 回転数計測センサについて

本研究における,車輪の回転数を計測するセンサには,小型で安価,取り付けが容易であるなどの要素が必要となる.アクチュエータの回転数計測などでは,フォトセンサを利用する場合が少なくないが,今回は屋外での使用や取り付けやすさなどの点から,磁気センサを採用した.具体的には,ホール効果により磁界を検出するホール素子(HW-300B:旭化成)を選択した(Fig.1).

ホール素子は小型かつ安価であり,素子近傍を磁石のような磁界を発生させる物体が通過する際に出力信号が変化するため,細かい位置調整を必要とせず取り付けも容易で

あると考えた。また、磁界の変化を捉えるので、センサ自体への汚れ等に対しても耐性が高い。

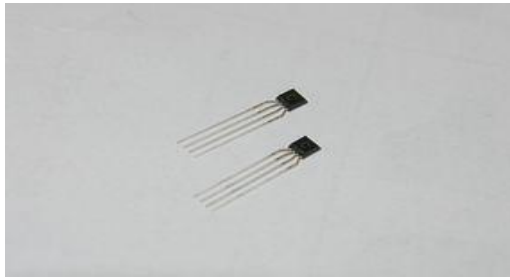


Figure 1 Hall element:HW-300B

実際の設置については、車いすの側面にホール素子を取り付け、車輪のスポークに磁石を取り付ける。車輪が回転し、磁石がホール素子近傍を通過するたびに、センサからの出力信号が変化する。そして一定時間毎に信号をサンプリングし、車輪の外周長を利用して演算することで、車いすの移動速度や移動距離の計測を求めることが可能となる。

#### 4. センサの評価試験（移動速度）

##### 4-1. 実験目的

試作したセンサにより、車輪の回転が正確に計測でき、移動速度が算出可能であるかを確認することを目的として実験を行った。

##### 4-2. 実験機器

ホール素子と磁石の取り付け位置を Fig.2 に示す。ホール素子は車体側面に固定した。車輪のスポークに自転車の反射板を取り付け、そこに直径 13mm、厚さ 1mm の円形の磁石（2000 ガウス）を 2 個取り付けた。

今回は、試作した回転数計測センサの性能を確認することが主目的のため、専用のデータロガーではなく、データロガーとしてノート PC を利用した。

PC カードタイプの A/D 変換器（AD-12 (PM) : CONTEC 製）を用いて、センサからの出力電圧をサンプリング周波数 100Hz で取得した。ホール素子には、最大 2V までの電源が必要となるが、今回は A/D 変換器のアナログ出力を利用して、乾電池を想定した 1.5V を印加した。

自走式車いすは過年度までの実験で使用していたカワムラサイクル社製の KA800 を用いた (Fig. 3) 。

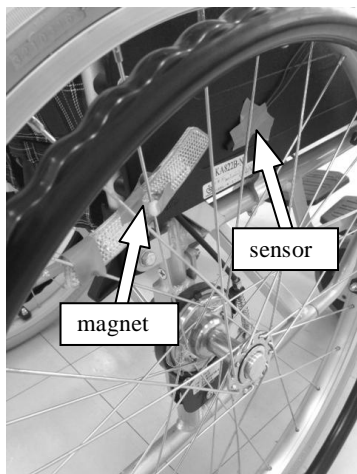


Figure 2 Positions of the sensor and magnet



Figure 3 Wheelchair and PC for data acquisition

##### 4-3. 実験方法

走行路は 10m の直線路であり、床材は P タイルである。スタート位置 (0m) に車いすを配置し、データ取得開始と同時に車いすを走行させ、ゴール (10m) に達すると同時に計測を終了させた。

車いすの移動速度は個人差があるので、移動速度の違いが結果に及ぼす影響を確認するため、車いすの漕ぎ方を以下の 5 段階に設定し、被験者の主観に任せた。

- ①とても遅い
- ②遅い
- ③通常
- ④速い
- ⑤とても速い

被験者は 20 代の健常男性 1 名で行った。被験者には一回の試行中においては、漕ぐペースをなるべく一定とし、直進走行することを教示した。計測は各速度設定に対して 5 試行ずつ計測を行った。

##### 4-4. 解析方法

センサからの出力信号の代表的な原波形を Fig.4 に示す。センサ近傍に磁石が接近するに従い出力信号の電圧が増加し、離れるに従い、電圧が減少している。

計測に要した時間と走行距離の 10m を用いて、移動速度を算出し基準値とした。これに対し、出力信号のあるピーク値から隣り合うピークまでの時間と車輪の外周長 (1.7m) を用いて移動速度を算出し、全てのピーク間移動速度を加算し平均化した値を計測値とした。この 2 つの値の相関係数を求め、評価を行う。

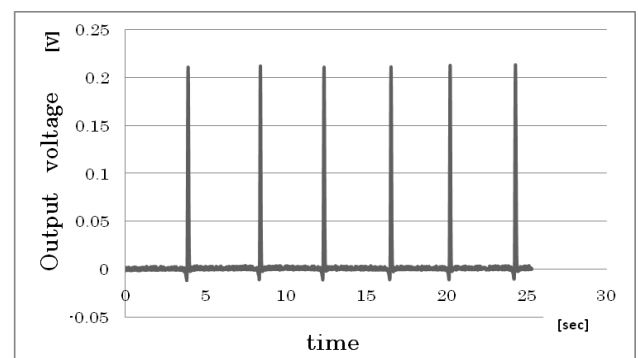


Figure 4 Output voltage from the sensor (10m : Usual speed)

#### 4-5. 結果・考察

Fig.5は、センサからのデータを元に算出した移動速度と、設定距離(10m)と移動時間から算出した移動距離(基準値)を比較したグラフである。

このように、センサから算出した値は基準値に対し、とても遅いで平均誤差が4.6%、遅いで平均3.5%、通常で平均6.8%、速いで平均10.8%、とても速いで平均13.1%となった。特に、今回の研究では高齢者を想定している①とても遅い②遅いの走行速度での誤差が小さい値となった。また、それぞれの段階において、基準値とセンサの値が相関係数の値は、5段階とも0.98以上とほぼ1に近かったことから強い正の相関があると言える。このことから今回磁気センサを用いた試作したセンサは移動速度の面では、有用性があると考えられる。

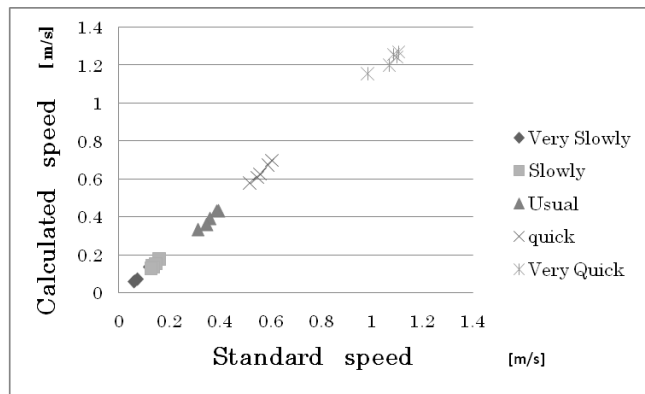


Figure 5 Comparison between standard speed with calculated speed

#### 5. センサの評価試験(移動距離)

##### 5-1. 実験目的

試作したセンサにより、移動距離が取得可能であるかを確認することを目的として実験を行った。

##### 5-2. 実験機器

実験機器は、第4章の実験で使用した機材と同じである。

##### 5-3. 実験方法

10mの直線路と100mの直線路を往復10週する1000mの2パターンでの実験を行った。

走行速度は通常とし、漕ぐペースを一定にするために十分な練習を行った後、実験を行った。試行回数は、それぞれの距離において1試行ずつ行った。1000mの場合、往復の折り返しの際、センサを取り付けた車輪が回転しないように注意し折り返した。被験者は、20代健常男性1名で行った。

##### 5-4. 評価

センサからの出力信号において、波形のピークの数をカウントして回転数を求め、車輪の外周長(1.7m)を用いて移動距離を算出した。設定距離に対するセンサから得られた移動距離の誤差について検討を行った。

##### 5-5. 結果・考察

Table1.に実験結果を示す。設定距離10mでは約5%の誤差、1kmでは約1%の誤差であった。

佐川らの加速度積分による3次元歩行移動量の無拘束計測では、2種類の誤差修正法を用いているが、移動距離26mの距離計測で少なくとも10%以上誤差が生じている<sup>5)</sup>。従って、加速度センサを利用した結果に比べて、今回の磁気センサを用いた結果は、移動距離の面において有用性があると考えられる。

しかし、今回は計測施行が少ないので、今後はより多くのデータを計測し信頼性を向上させる必要があると考える。

Table 1. Experimental results of the moving distance

Setting distance	Calculated moving distance	Errors
10m	10.4m	5%
1000m	1009m	1%

#### 7. まとめ・今後の予定

車いすの移動速度および移動距離を計測するためのセンサを試作し、その性能の評価を行った。移動速度の評価実験では、さまざまな速度における速度評価をおこなった。結果は、実際の値とセンサの値がほぼ一致し有用性があると判断した。移動距離の評価実験では、10mと1000mの2パターンでの計測距離の精度について実験を行った。結果は、誤差が小さい上に、距離が伸びても誤差が大きくなることもなく距離計測の有用性があると判断した。

しかし、今回の実験では、データ数が少ないので今後より多くのデータを採取し、試作センサの精度について検証を行う必要があると考える。

今後は、自走と介助走行を識別するためのセンサの開発・評価、データを蓄積するための小型データロガーの開発、データ管理のためのスマートフォン用アプリケーションの制作を行う予定である。

#### 参考文献

- (1) 内閣府, 介護保険事業状況報告, 2011.
- (2) 内閣府, 平成23年版 高齢社会白書, 2011.
- (3) 矢部京之介, 草野勝彦, 中田英雄, アダプテッド・スポーツの科学: 障害者・高齢者のスポーツ実践のための倫理, p.53, 2004.
- (4) 青木大輔ら, 加速度周波数解析による車いす自走判別プログラム開発のための基礎研究, 北海道工業大学修士学位論文, 2012.
- (5) 佐川貢一, 煤孫光俊, 猪岡光, 加速度積分による3次元歩行移動量の無拘束計測, 計測自動制御学会誌, Vol.40, No6, 2004.