

# 車椅子の介助操作の安全化

## On safety of wheelchair assistance operation

大島千広 市川雄大 江草拓海 西川昌宏 石井信明  
Chihiro Ichikawa Yuudai Ichikawa Takumi Egusa Masahiro Nisikawa Nobuaki Ishii

神奈川大学 工学部  
Faculty of Engineering, Kanagawa University.

### 要旨

高齢者人口が増加する現在、車椅子の需要は今後とも増加すると考えられる。一方、車椅子の安心・安全については、これまであまり議論がされていない。本報では、車椅子の介助者に注目し、車椅子搭乗者が安心して車椅子を利用するための情報を介助者に伝え、安心・安全な車椅子の利用を促進するためのシステムについて検討する。

## 1. 研究背景と目的

我が国では65歳以上の高齢者人口が増加の一途を辿っており、要介護高齢者数が急速に増加していくことが予想されている[1]。高齢化は、身体に何らかの障害を持つ人口の増加をもたらす。また、身体障害者の中で肢体不自由を抱える人は車椅子での生活を余儀なくされる。さらに介助者の高齢化も進んでおり、車椅子の安全な利用に情報システムの活用が必要となる。

車椅子を用いた移送においては、歩道の縦断・横断勾配、段差が車椅子利用者の円滑な移動に大きな障害となり、搭乗者への身体的な負荷となっている。さらに、なれない介助者による車椅子利用では、搭乗者に不安や緊張などの精神的ストレスを生じさせる。車椅子の安全な介助操作を実現することは、事故を未然に防ぐと同時に搭乗者、介助者双方の身体的負担の軽減や搭乗者の乗り心地向上につながるため実用面での有用性がある。

これらのことから、本報では下記を目的に研究を行う。

- ① 車椅子介助時の異常な操作を検知するシステムを構築し、安心・安全な車椅子利用の促進を図る。  
そのための手段として、本報では、市販のセンサ、マイコンと一般的なセンシングの技術を活用し、安価にシステムを構築する。
- ② 構築するシステムを用いた走行実験をビデオ分析により行い、実験状況を客観的に考察することでシステムの検証と改善点を明らかにする。

福祉用具産業の分野では、これまで、センサ技術の活用が進んでいない。本システムによる実験を通して、福祉機器におけるセンサ技術実用化への課題を抽出する。

## 2. システム構成

開発するシステムでは、加速度センサを介助用車椅子に搭載して加速度を計測し、搭乗者の心身に負荷とならない快適な車椅子操作の在り方を計測する。

そのためのシステム構成を図1に示す。すなわち、三軸加速度センサが取得したデータを Arduino マイコン[2]で読み込み、加速度の条件に応じてフルカラーLEDをマイコンで点灯させる。フルカラーLEDの点灯の際には、あらかじめ Arduino マイコンに定義した加速度の値に反応する仕組みを設定しておき、その加速度の値を「通常時」、「注意が必要な状況」、「危険な状況」の3段階を3色に別けて光らせる。このフルカラーLEDの点灯により介助者に車椅子の状況を逐一知らせ、危険な状況に至る前に危険を予防する。

フルカラーLEDの点灯方法は、車椅子の様々な利用シナリオにより得た実験データを分析し設定する。なお実験では、加速度センサと心拍センサの値を時系列データとしてSDカードシールドに保存する。

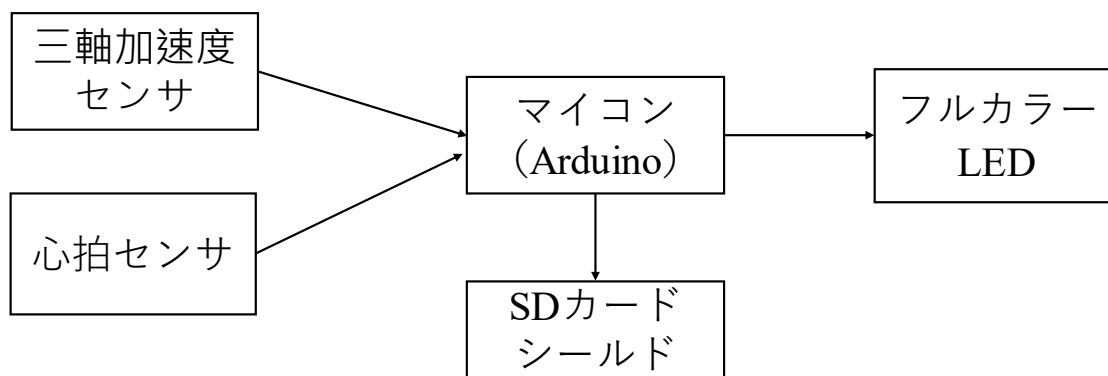


図1 システム構成図

### 3. 実験方法

実験の対象者として、図2のように、介助者と搭乗者に分ける。加速度の変化に応じてフルカラーLEDを点灯させる装置を搭載した介助用車椅子を以下の条件の下で操作し、システムが設定した通り正しく機能することを確認する。また、走行時に介助者が加速度の変化を察知することができるか観察を行う。



図2 実験用車椅子と介助者/搭乗者

実験の際には、介助者の身体的負担、搭乗者の乗り心地に対して相応しくない行為、実験環境をあらかじめ選定する。ここでは相応しくない行為として急ブレーキ、急発進、急ハンドル、急旋回を実験項目とする。実験環境としては平坦な通路を設定し、5mの距離を走行し、一定の速度まで速度を上げた後に、介助者として相応しくない行為としてシナリオに定められた加速度に到達する前に、介助者にフルカラーLEDの点灯により危険な状況を察知させる。走行実験において設定した、ふさわしくない状況下における加速度を表1に示す。

そのために、あらかじめ閾値を下記の三段階と各色に設定し、現在の段階を知らせるようにする。

- ① x軸±0.2G, y軸±0.2G, z軸±1.2G以下の際は「緑」,
- ② x軸±0.2G以上, ±0.4G以下, y軸±0.2G以上, ±0.4G以下, z軸±1.2G以上, 1.4G以下のいずれかが満たされた場合は「青」,
- ③ x軸±0.4G以上, y軸±0.4G以上, z軸±1.4G以上のいずれかが満たされた場合は「赤」.

表1 シナリオ別の閾値[3]

| シナリオ      | 閾値                                  |
|-----------|-------------------------------------|
| 急ブレーキ・急発進 | 減速加速度-0.4G以下                        |
| 急ハンドル     | 横加速度±0.4G以上(2秒以内)<br>逆向き横加速度±0.3G以上 |
| 急旋回       | 方位加速度±25度/秒以上,かつ,横加速度±0.4G          |

## 4. 使用機器

実験用のシステムでは、下記の機器を使用する。作業分析・業務最適化ソフトウェア OTRS は、実験状況をビデオ分析により検討するために用いる。

- ・ 介助用車椅子 (KR5-40N) 1台 (図2参照)
- ・ Arduino マイコン (A000066) 1個
- ・ 重力加速度センサ (KXR94-2050) 1個
- ・ フルカラーLED (BOOF4MGA01) 1個
- ・ SD カードシールド (SEEED-SLD1095P) 1個
- ・ 作業分析・業務最適化ソフトウェア OTRS (Operation Time Research Software, <https://www.otrs.jp/>)

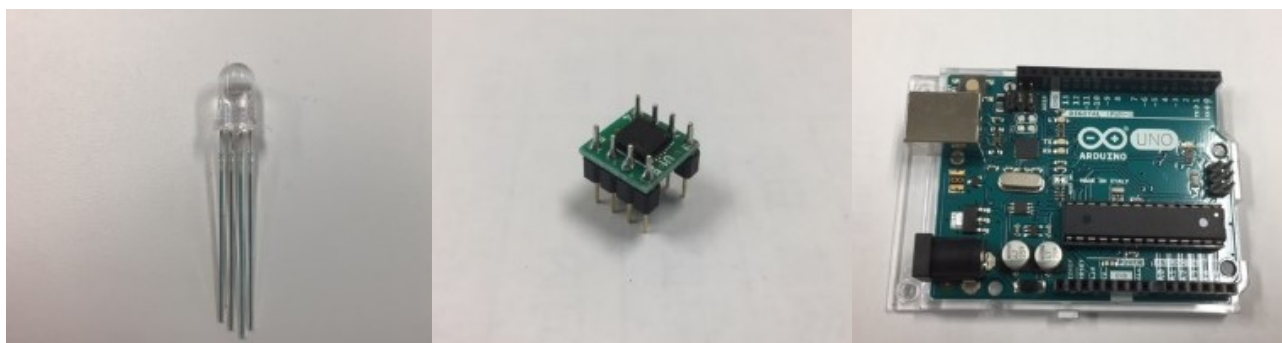


図3 実験用機器・部品 (左から、フルカラーLED, 重力加速度センサ, Arduino マイコン)

## 5. 実験結果

加速度センサを介助用車椅子に搭載し、急ブレーキ時に測定した加速度の変化を 0.1 秒毎に示したデータを図4に、急ハンドル時の加速度変化を示したデータを図5に、急旋回時の加速度変化を示したデータを図6に示す。

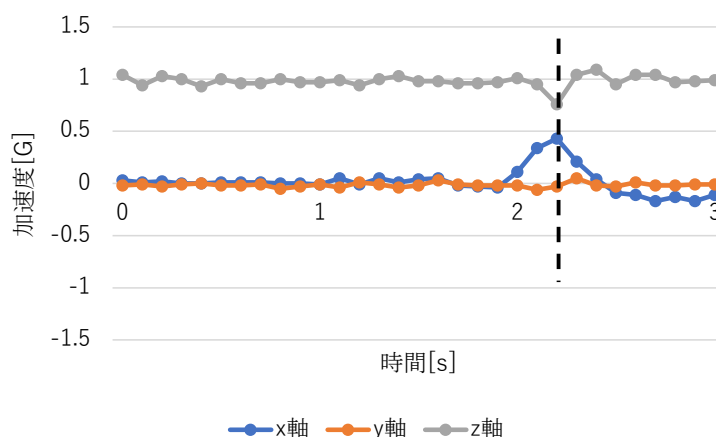


図4 急ブレーキ時の加速度変化

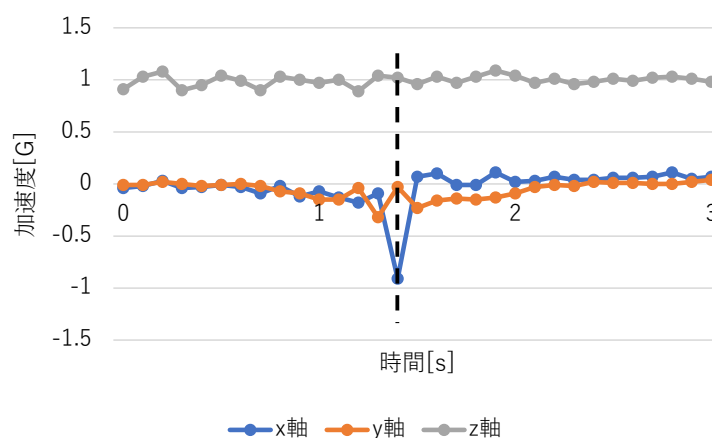


図5 急ハンドル時の加速度変化

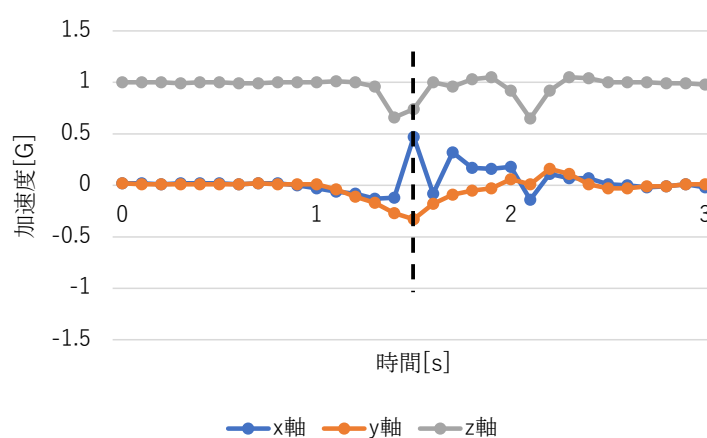


図6 急旋回時の加速度変化

各図において乗り心地として相応しくない行為（急ブレーキ、急ハンドル、急旋回）が行われ、加速度が大きく変化した時点をグラフ内に破線で示した。破線で示した値ではシナリオ別の閾値に応じてフルカラーLEDが赤く点灯することを確認した。

計測した加速度について、x軸とy軸の値は相応しくない行為が行われるまでは概ね0Gで推移し、当該行為時に値が大きく変化していることが3つのグラフから読み取れる。次にz軸の測定値は常に重力加速度を示すおおよそ1.0G=9.80665m/s<sup>2</sup>で推移している。また、相応しくない行為時にz軸の値が変化しているのは急激な加速度変化の影響により装置に上下の衝撃が加わったためであると考えられる。

上記のことから計測した加速度の値は正しいものであり、加速度センサが取得した情報をArduinoマイコンで正確に読み込むことができたといえる。なお観測値の精度については、今後ビデオ分析により検証を行う。

## 6. まとめと今後の課題

加速度センサを介助用車椅子に搭載して加速度を計測し、搭乗者の心身に負担とならない快適な車椅子操作の在り方を計測するシステムを構築した。走行実験により、加速度センサにおいて加速度を計測し、加速度の値に応じて「通常時」、「注意が必要な状況」、「危険な状況」の3段階をフルカラーLEDで3色に別けて光らせることを確認した。

実験から課題として、装置を搭乗者に乗せた状態で走行すると搭乗者の体の動きにつられて加速度センサが動き誤った加速度を検出してしまい、正確な測定ができなかったことが分かった。今後は車椅子に装置を固定するなどの工夫を行い、車椅子にかかる加速度を正確に測定する。

次に、今回の実験ではあらかじめ加速度の閾値をシナリオ別に設定していた。しかし、恐怖や不安を感じる加速度には個人差があるため、加速度の閾値を一意に決めることは不合理といえる。今後は、車椅子走行時における搭乗者の生理的指標である心拍数を測定し、搭乗者の状況に応じた加速度の閾値と心拍数との関係について検討を行う。また、実験状況のビデオ分析を行うことで、搭乗者の身体にかかる負荷を測定し、加速度、心拍数との関係を分析する。これらの実験により、搭乗者の身体的負荷と精神的ストレスを客観的にとらえ、搭乗者個別の介助方法の設定と操作に用いる車椅子運用向け情報システムを開発する。

### 参考文献

- [1] 内閣府, Cabinet Office, Government Of Japan, 平成28年版高齢社会白書, pp23-26, 2016
- [2] 神崎康宏, Arduino で計る, 測る, 量る, CQ 出版, 2012
- [3] 樋口恒一郎, ヒヤリハットデータを用いたアウトカム指標の一考察, 講演集, 2004