

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）  
分担研究報告書

支援機器利用実態の調査

研究分担者 井上剛伸 国立障害者リハビリテーションセンター 研究所  
福祉機器開発部 福祉機器開発部長  
研究協力者 硯川潤 国立障害者リハビリテーションセンター 研究所  
福祉機器開発部 福祉機器開発室長  
研究協力者 石渡利奈 国立障害者リハビリテーションセンター 研究所  
福祉機器開発部 第一福祉機器試験評価室長

研究要旨

本研究では、エビデンスに基づく補装具費支給制度等の運用や評価の促進を目指し、児童の補装具の利用実態データの収集方法を確立することを目的とする。このため、電動車いすの操作ログ、および下肢装具の利用状況を収集する方法を提案することを目標とした。

電動車いすについては、車体にスマートフォンを固定し、慣性センサのデータを走行中に記録することで、操作や走行の状況を把握することを試みた。旋回操作や、段差踏破などを検知でき、今後の応用可能性が示唆された。

下肢装具については、児童を専門とする義肢装具士へのヒアリングにより、現状の下肢装具の利用と破損の課題の聴取、低負担、非干渉に利用状況を調査するための活動量計等の機種選定を行った。

A. 研究目的

本研究では、エビデンスに基づく補装具費支給制度等の運用や評価の促進を目指し、特に問題とされる、児童の補装具の利用実態データの収集方法を確立することを目的とする。

利用データ収集の対象としては、電動車いすの操作ログ、および下肢装具の利用状況とし、両者の利用状況収集方法を提案することを目標とする。下肢装具では、児童向けの下肢装具の規格作成に向けて、日常生活の中で、低負担、非干渉に利用実況を収集する方法を提案する。

B. 研究方法

B-1. 電動車いすの利用ログ収集

スマートフォンに内蔵された慣性センサを用いることで、電動車いすの走行動態を簡易にモニタリングできる。今年度は、加速度・角速度の計測結果から、電動車いすの旋回と、路面の段差状態を推定で

きることを確認した。普通型電動車いす（C300, Permobil）のアームレストにスマートフォン（SC-02H, Samsung）を固定し、センサーデータ収集ソフトウェア（Physics Toolbox Sensor Suite, Vieyra Software）を用いて加速度、角速度、GPS 位置情報を記録した。記録データは csv 形式で保存し、数値演算ソフトウェア（Matlab, Mathworks）を用いて読み出し・分析した。位置情報に合わせた航空写真データは Google が提供する、Static map API を利用し、該当位置座標周辺のデータを取得した。

B-2. 下肢装具の利用状況収集

下肢装具ユーザーと、下肢装具の利用状況について調べるため、二分脊椎研究会での情報収集、療育センターおよび児童の装具を専門とする義肢装具製作所の義肢装具士を対象としたヒアリングを行った。

ヒアリングでは、児童の下肢装具に関して、装具の種類ごとの破損事例や製作方法、ユーザー、材質と破損の状況等について聴取した。

また、低負担、非干渉な利用状況の収集手段として、活動量計に着目し、サイズ、重量、防水性、分解能、連続計測時間等の仕様を比較し、利用状況収集に適した機種を選定した。

さらに、装具にかかる負荷をひずみゲージと小型ロガーで計測することとし、チャンネル数や重量等を考慮して機種を選定した。

## C. 研究結果

### C-1. 電動車いすの利用ログ収集

図1に、140秒間の試行データを示す。航空写真上に示された各点が位置座標を、色が各点で計測された3軸合成加速度とヨー軸角速度をそれぞれ表す。GPS位置情報の測定間隔は $1.18 \pm 0.52$ 秒（平均±標準偏差）であった。加速度・角速度の測定間隔はこれより短いため、各時間区間における最大値を疑似カラー化して表示した。なお今回の計測では、加速度と角速度の実効サンプリングレートは、それぞれ50、5 Hzであった。この値は、用いるスマートフォンの性能やソフトウェアとの相性などにより変動するため、分析時には注意が必要である。

図示した試行では、時計回り・反時計回りの旋回操作がそれぞれ、4回、3回含まれていた。これは、ヨー軸角速度に $0.4 \text{ rad/s}$ の閾値を用いることで全て検知できることが分かった。また、試行中のヨー軸角速度の絶対値は、 $0.10 \pm 0.14 \text{ rad/s}$ であり、計測時間中の92%で、平均+2 SDを下回る値が記録されていた。合成加速度からは、点字ブロック上の通過や、歩道と車道との段差乗り越え等を視覚的に確認できた。

### C-2. 下肢装具の利用状況収集

ヒアリングでは、以下の内容が聴取された。

#### 【炭素繊維強化プラスチック製AF0】

- 近年、高活動児に対して、炭素繊維強化プラスチックを用いたAF0の処方が増加している
- たわみを許さない炭素繊維強化プラスチック製後方支柱では、部品自体は破損せず、プラスチックモールド側が破損する
- 支柱から、部品が取れることで転倒につながった事例もあった

- 炭素繊維強化プラスチック製の一体型AF0では、足底から支柱につながる側方の立ち上がり部で応力集中が生じ、層が緩んできて1年くらいで破損しそうになるケースがある

#### 【両側支柱付き金属製AF0】

- （聴取した義肢装具製作所では）破損を防ぐという観点よりは、軽量を重視して、ギリギリの強度で製作している（破損したらより丈夫なものに変える）
- 成人では、ハッカーであぶみを90度に曲げて製作するが、子供の場合は、できるだけ足に沿わせるため、半足板を少しずつカーブさせて曲げ、シャンクを溶接している（加工には成人のケースの約10倍の時間がかかる）

#### 【二分脊椎ユーザー】

- 踵足にならないよう、背屈を制限する
- 感覚障害等のあるため、踵の部分に、きちんと履けているかを確認するための穴を開けることもある
- ウレタン製の足継手付きプラスチック製装具など
- 後方のベルトが切れたり、ベルトのカンや留めている箇所が破損する、通気用の穴に亀裂が入って繋がるケースなどがある

#### 【脳性麻痺ユーザー】

- 片麻痺等で、高活動、中等度以上の痙性があるケースなどで破損することがある
- 両側支柱付き金属製下肢装具で年に1回くらい

#### 【材質】

- プラスチックで、染料が入っている材料（黒など）は、経験上、破損しやすい感がある
- 同じ患者さんでも、色つきの装具が破損した際に、色無しのものにすると、耐久性が良くなる

#### 【面ファスナー】

- 海外製のものの方が破損しやすい
- 当初の付き具合は変わらないが、使用している間に付きが悪くなる
- 国産のものも、環境を重視した製品が出てきているが、以前の製品にくらべ、付きが悪くなりやすい

- 染料の関係か、黄色や青の製品は付きが悪くなりやすい印象がある

活動量計については、表1に示す研究用3種、一般用2種の機種について、仕様を比較した。この中から、児童に用いることや、使用状況、装具に取り付ける可能性等を考慮し、高分解能、小型、軽量かつ、本体に操作ボタンや表示部等がなく、被験者が操作できないもの、活動量計自体が本人および周囲の児童の注意を引かず、より目立ちにくいと考えられる機種（キッセイコムテック社製小型活動量計 KSN-200 図2）を用いることとした。

また、装具にかかる負荷を記録するロガーとして、4chのひずみゲージの入力を計測でき、36gと軽量で、電池で作動する機種（Easy Measure 社製小型データログ Condition Catcher S CCS-4S 図3）を用いることとした。

## D. 考察

### D-1. 電動車いすの利用ログ収集

これまでに報告されている電動車いすの利用ログ収集システムでは、センサやロガーの設置に専用の治具が必要であったり、配線等の取り回しに一定の専門知識が必要なものがほとんどであった[1-3]。一方、スマートフォンの性能向上により、内蔵の慣性センサ等のデータを高サンプリング周期で長時間保存することが可能になっており、多様な運動解析への活用が進んでいる。本報告に示した結果は、スマートフォン本体を車体に固定するだけで、走行動態を多様な解釈が可能な形で記録できる可能性を示しており、今後電動車いすの適合などへの活用を進める上で、更なる手法の提案が有用であることが示唆された。

### D-2. 下肢装具の利用状況収集

ヒアリングにより、活動度の高い児童では、近年、炭素繊維強化プラスチック製短下肢装具も処方されるようになり、同装具の破損が課題になっている状況が聴取された。炭素繊維強化プラスチック製短下肢装具の試験方法は、規定されておらず、耐久性の

詳細も明らかでないことから、同装具の利用状況の収集も必要と考えられた。

一方、両側支柱付き金属製短下肢装具では、成人と児童の製作方法の違いが報告された。児童の製作方法の方が製作にコストを要するものの、応力集中は生じにくく、破損しにくい可能性が考えられる。破損リスクが高い、高活動、高体重のユーザーへの対応策を検討するため、異なる製法による耐久性の差異等のデータ収集が望まれる。

また、プラスチックや面ファスナーの耐久性に関して、染料が影響を与える可能性も示唆された。こちらについては、試験片を用いた耐久性試験によるデータ収集が望まれる。

## E. 結論

簡易に取り付けが可能な電動車いす利用ログシステムの開発を目的として、スマートフォンのロガーとしての利用を試み、旋回操作や路面状況を確認できることを示した。今後はより多様な情報を抽出するための手法構築を進める。

また、児童の下肢装具の利用状況については、ヒアリングにより、炭素繊維強化プラスチック製短下肢装具の破損など、装具の破損における現状の課題が聴取された。次年度は、活動量計等を用いて、下肢装具ユーザーによる下肢装具の利用状況を収集し、フィールドでの収集手法を提案するとともに、汎用試験機等を用いた工学的試験を実施する。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

無

### 2. 学会発表

無

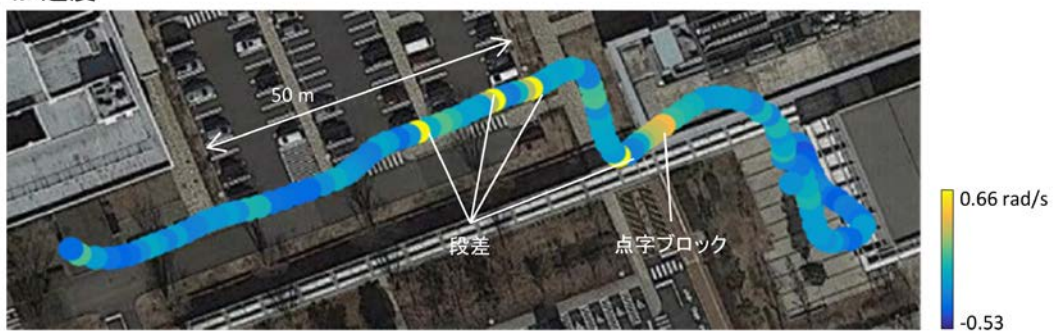
## H. 知的財産権の出願・登録状況

無

## I. 参考文献

- [1] 硯川潤, “車椅子ライフログによる走行・操作評価手法の開発 —ビッグデータ時代の安全性評価を目指して—”, 電子情報通信学会誌, 99(6), pp. 505-510, 2016.
- [2] Komoto K, Suzurikawa J, “Estimation Method of Wheelchair State during Joystick Operation Using WELL-SphERE.”, Proceedings of the 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 2499-2502, 2013.
- [3] J. Pineau, A. K. Moghaddam, Hiu Kim Yuen, P. S. Archambault, F. Routhier, F. Michaud, P. Boissy, Automatic Detection and Classification of Unsafe Events During Power Wheelchair Use, IEEE J. Transl. Eng. Heal. Med. 2 (2014) 1-9.  
doi:10.1109/JTEHM.2014.2365773.

### 加速度



### 角速度

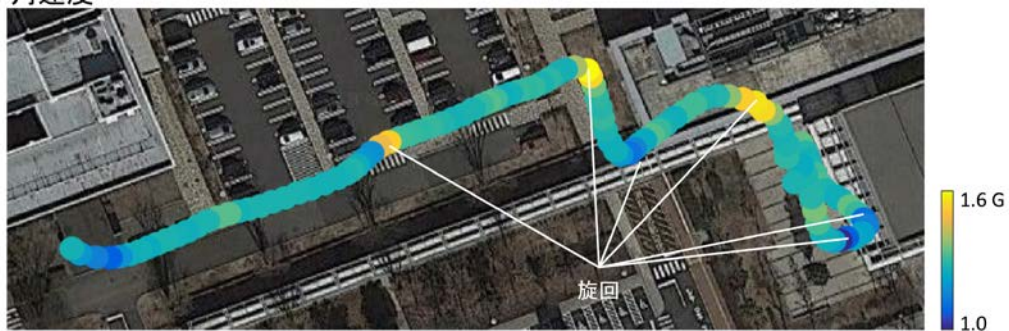


図1 走行時の加速度・角速度データ



図2 活動量計 KSN-200



図3 小型ロガー CCS-4S

表1 活動量計の比較

| メーカー      | 商品名                      | 概要   | 想定装着箇所        | メモリ       | サイズ (mm)                     | 重さ (g) | 防水機能  | 電源                          | 通信方式                      |
|-----------|--------------------------|--|---------------|-----------|------------------------------|--------|-------|-----------------------------|---------------------------|
| オムロン      | Active style ProHJA-750C | <ul style="list-style-type: none"> <li>・クリップ型</li> <li>・高精度の3D加速度センサ搭載</li> <li>・10秒ごとに歩行と生活活動( 座位、通常歩行、ゆっくり歩行、速歩、ジョギング、掃除、洗濯等)を識別し、METsを記録</li> <li>・研究用</li> </ul>   | 腰             | 45日間      | H52×W40×D12                  | 23     | —     | リチウム電池CR2032 ( 寿命2ヶ月)       | NFC-F<br>Bluetooth<br>USB |
| スズケン      | 生活習慣記録機ライフコーダGS 4秒版      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・クリップ型</li> <li>・4秒( 2分) ごとの運動強度を詳細に記録</li> <li>・歩行やジョギングなど</li> <li>・1分ごとの運動量、歩数、平均METs の出力</li> <li>・活動グラフを測定項目と同一画面で表示、運動量・歩数・エクササイズ・総消費量・距離を計測、1週間メモリー表示</li> <li>・研究用</li> </ul> | 腰             | 35日間      | H72×W42×D29.1                | 45     | IPX2  | リチウム電池CR2032 ( 寿命6ヶ月)       | USB                       |
| キッセイコムテック | 小型活動量計KSN-200            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・クリップ型( 平蓋型)</li> <li>・活動量・姿勢・カロリー・歩数を任意の時間間隔で記録可</li> <li>・活動( 姿勢) について、10秒、30秒、1分、2分の記録間隔を選択可</li> <li>・他、歩数・活動カロリー・消費カロリー等を計測可</li> <li>・研究用</li> </ul>                            | 腰他( 姿勢計測機能あり) | 12時間から13日 | φ27×D9.8                     | 9      | —     | リチウム電池CR2032 ( 寿命3ヶ月)       | 近距離無線通信<br>Felica方式       |
| MISFIT    | RAY                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・リストバンド型</li> <li>・活動量・歩数・カロリー等を日、週、月単位で記録</li> <li>・日常活動記録用</li> </ul>   | 腰、手首、足首など     | 最長30日間    | φ12×L38                      | 8~16   | 50m防水 | RENATAボタン電池393×3 ( 寿命4-6ヶ月) | Bluetooth                 |
| fitbit    | flex 2                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・リストバンド型</li> <li>・歩数・距離・消費カロリー・アクティブな時間・時間毎のアクティビティを記録</li> <li>・日常活動記録用</li> </ul>  | 手首            | 7日間       | S : 外周14-17<br>L : 外周14-20.5 | 11     | 50m防水 | 専用充電式電池                     | Bluetooth                 |