

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<br>研究所福祉機器開発部 福祉機器開発部長     |
| 研究分担者 | 小崎慶介  | 心身障害児総合医療療育センター長                              |
| 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<br>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<br>研究所福祉機器開発部 第一福祉機器試験評価室長 |
| 研究協力者 | 久保勉   | 心身障害児総合医療療育センター 義肢装具士                         |
| 研究協力者 | 佐野美沙子 | 心身障害児総合医療療育センター 作業療法士                         |

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、電動車椅子の操作ログ、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。

電動車椅子の操作ログ収集システムとして、設置が簡易なハードウェア構成を提案し、試作システムによる精度評価を行った。その結果約1度の推定誤差を実現できることを確認できた。また、車体傾斜補正の有用性もあわせて確認できた。

下肢装具については、質問紙を用いた半構造化面接、および活動量計を用いた1週間の活動量・歩数の計測により、児童の下肢装具の利用状況を収集するプロトコルを作成し、高活動児、低活動児で計測を行って、低負担、低干渉に利用状況を収集する方法を提案した。

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、電動車椅子の操作ログ、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。

電動車椅子操作ログについては、これまでに分担者が開発したスマートフォンを利用したジョイスティック操作角度収集システムを、より簡易で、長期

の運用に適した構成に改訂し、その精度を評価する。

下肢装具の利用状況の収集では、将来的な児童の下肢装具の規格作成に向けて、日常生活における高活動児、低活動児の歩行量、活動量等を低負担、低干渉に収集することを目標とした。

規格作成では、最終的に、装具にかかる負荷を調べるため、下肢装具にひずみゲージを貼付して計測することが必要になる。成人の場合は、計測用の下肢装具を製作し、典型的な生活場面を想定して、複数名での計測が行われてきた。児童の場合は、成人と生活様式が異なることから、まずは、負荷計測の

対象とする典型的な生活場面を抽出する必要がある。

計測システムの装着は、配線による安全面の課題や重量の負担もあり、日常生活への適用は難しく、より負担の少ない方法で利用状況を収集する必要がある。

また、児童の場合は、体格差も大きく、同一の装具を複数名に装着してもらうことも難しい。負荷計測を少人数で行う際、利用状況は、個人内、個人間で異なることから、計測を行った被験者の休日、平日の利用状況の違いや、他の利用者との歩数や活動量の違いを明らかにすることが望ましい。

以上より、本研究では、装具への負荷の計測の前段階として、小型軽量の活動量計を用いて、より簡易的に下肢装具の利用状況の収集を行った。

## B. 研究方法

### B-1. 電動車椅子の利用ログ収集

開発したシステムは、ジョイスティック操作角度計測、車体角度補正、車体挙動計測を目的とした3基の慣性センサユニットと、データ収集・記録用のマイコンボードから成る。3基のセンサユニットは、それぞれ、ジョイスティック先端、アームレスト下部、車体中心にそれぞれ設置する。センサユニットとマイコンボードとの間の通信には、シリアル通信規格の一つである I2C を用いた。これにより、慣性センサにより加速度・角速度の6軸計測を行う場合でも配線数を削減できる。なお、本報告では原理確認のため3軸加速度のみを分析に用いた。

ジョイスティック操作角度は、ジョイスティック先端のセンサユニットの重力加速度の分力計測値から推定した。この際、車体全体の路面傾斜などによる傾斜を補正するために、ジョイスティック近傍の補正用センサとの差分値を用いた。また、推定値精度を検証するために、ジョイスティック回路内部から前後・左右角度に対応した電圧値を同時計測した。

### B-2. 下肢装具の利用状況収集

下肢装具の利用状況の収集のため、義肢装具士、

作業療法士、医師、リハエンジニアで協同し、①児童とその保護者を対象とした質問紙を用いた半構造化面接、②10m歩行計測、③活動量計と記録紙を用いた1週間の日常生活の計測によるプロトコルを作成した。

①では、金属製下肢装具の規格作成時に実施された装具実態調査<sup>[1]</sup>を参考に、性別等の基本情報、運動麻痺等の障害状況、関節可動域等の身体状況、装具の使用時間等の日常生活と装具に関する状況、使用中の装具、前回の装具等の項目からなる半構造化面接用の質問紙を作成した。

②では、被験者の腰および短下肢装具に活動量計（キッセイコムテック社製小型活動量計 KSN-200 図1）を装着し、10m歩行を2回実施した（図2）。歩行路は、前後2.5mの助走距離を設け、全体で15mとした。歩行中の様子をビデオで撮影し、動画解析により、10mの歩行時間（秒）、歩行速度（m/分）、歩行率（ケイデンス=1分間に何歩歩いたか、歩数/歩行時間（歩/分））を求めた。また、活動量計による歩数と、動画解析による実際の歩数との比較を行った。

③では、被験者の腰および短下肢装具に活動量計を装着し、1週間の日常生活における活動量、歩数を計測した（記録可能時間：8日間、記録間隔：活動（2分）、歩数（10分））。計測期間中は、保護者に協力を依頼し、記録用紙に1時間ごとの活動内



図1 活動量計 KSN-200



図2 活動量計の装着

容を記入してもらった。また、計測期間終了後、計測や活動量計の取り扱いについて、困ったことがなかったか等のアンケートを行った。

作成したプロトコルを用い、高活動児、低活動児各1名について、短下肢装具の利用状況データ収集を行った。計測結果について、歩数、活動量計のグラフを作成し、記録用紙に記録された活動内容と比較した。

(倫理面への配慮)

本研究は、国立障害者リハビリテーションセンター、および心身障害児総合医療療育センターの倫理審査委員会の審査を受け、承認を得て実施した。

### C. 研究結果

#### C-1. 電動車椅子の利用ログ収集

図3に、平坦な路面を走行した際のジョイスティック操作角度推定結果を示す。走行経路は、図3(a)に示した通り4回の右左折を含む。図3(b)の通り、前後 (FB, forward-backward) ・左右 (LR, left-right) とともに角度推定値は真値と概形

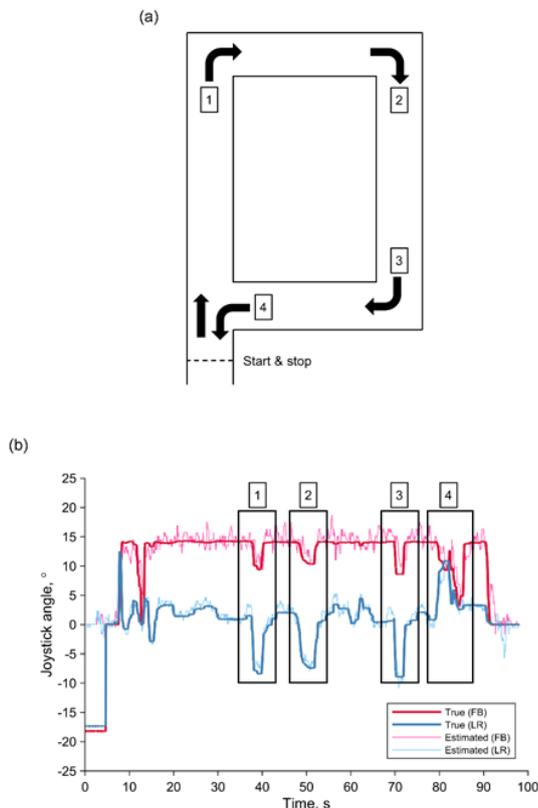


図3 平地走行でのジョイスティック操作角度推定  
(a) 走行経路概要 (b) 推定結果

が一致していた。サンプリング周期は約30msであり、計測誤差のサンプルごとの平均と標準偏差は前後方向で  $1.2 \pm 1.0^\circ$ 、左右方向で  $0.8 \pm 0.6^\circ$  であった。

車体傾斜補正の有用性を示すために、図4に示したように横傾斜路面走行時の角度推定を行った。図4(a)に示したように、進行方向の左側に向かって7度の傾斜がある路面を走行した。図4(b)に傾斜補正がある場合とない場合の推定結果をそれぞれ示す。傾斜補正により、横傾斜走行区間 (区間2) において、左右方向の角度推定精度が向上したことがわかる。これにより、傾斜面による片流れの影響を補正する操作が把握できるようになった。

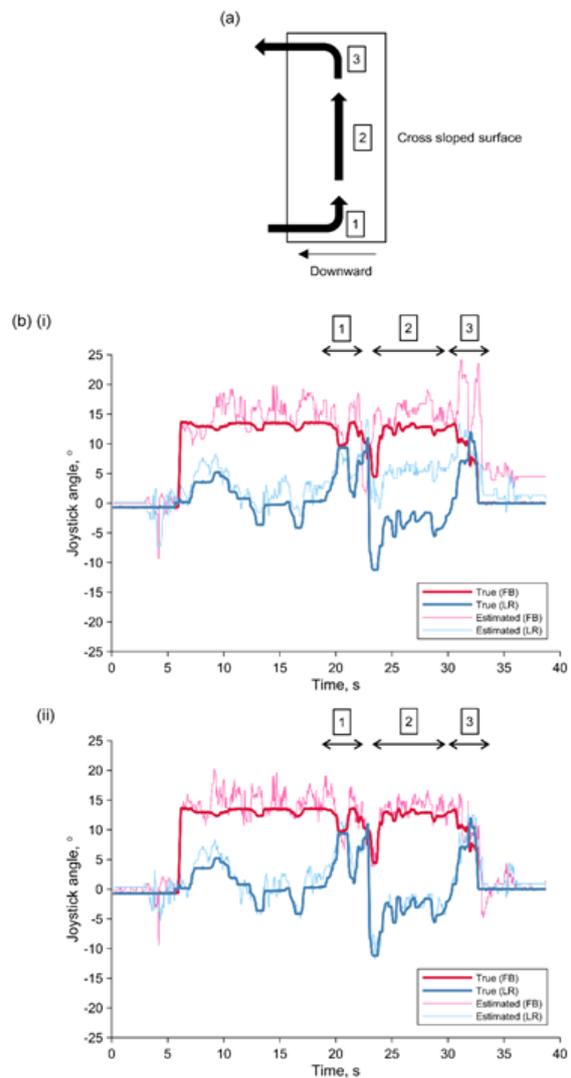


図4 横傾斜路面での  
ジョイスティック操作角度推定  
(a) 走行経路概要  
(b) 推定結果 (i) 傾斜補正無 (ii) 傾斜補正有

## C-2. 下肢装具の利用状況収集

表1に、半構造化面接により聴取した被験者の属性を示す。また、表2に、10m歩行計測の結果を示す。

H1（高活動児）は、健常児に近い歩行が可能であり、変形の予防や矯正のために、主に学校にいる間に装具を装着していた。走行や遊具での遊びが可能であり、体育の際は、装具を外すこともあるが、装着したままでの走行、遊具での遊びも行われていた。

H2（低活動児）は、訓練室歩行レベルであり、日常的には車いすを使用し、日中、装具を装着していた。学校での朝会や、持久走（歩行器を使って歩く）の際には、歩行器を使用し、装具での歩行も行っていた。

表3に、活動量計による歩数と動画解析による実歩数との比較を示す。実歩数との比較の結果、H2のように、歩行器を使いながらの歩行でも、活動量計の歩数計測値と、実歩行の歩数は概ね一致していた。

図5に、H1の1週間の歩数・活動量の計測結果、図6に、H2の1週間の歩数・活動量の計測結果を示す。

H1は、休日、平日共、外遊び等で活発に活動していた様子が記録された。1日の中で、最も歩くのは登下校時で約1000歩/10分、他、教室移動や、休み時間、外出などで、歩数・活動量が多くなる傾向がみられた。H2に比べ、座学や家庭内での歩数・活動量も多いことが確認された。

H2は、体調不良により学校を欠席した日もあり、普段より活動が少なかった旨が保護者より報告されたが、登校日に関しても、最大で約150歩/10分程度と、歩数・活動量が少なかった。H2の場合の最大の活動は、外出（習い事）の際の約350歩/10分であった。在宅時は、歩行がない時間が長く、歩行があっても、約50歩/10分程度であった。

計測期間終了後のアンケートでは、計測や活動量計の取り扱いについて、記入をどこまで詳細にすれば良いか（使用している補装具や、介助の状況等）

表1 半構造化面接結果（一部抜粋）

|                       |  |                             |
|-----------------------|--|-----------------------------|
| 質問項目                  | H1   | H2                          |
| 性別                    | 女  | 男                           |
| 年齢                    | 6  | 8                           |
| 障害名                   | 脳性まひ（痙直性）                                    | 脳性まひ（痙直性）                   |
| 障害部位                  | 片麻痺（左）                                       | 四肢麻痺                        |
| 最大歩行能力<br>（装具を使用して）   | 2Km以上  | 訓練室歩行                       |
| 装具の使用目的               | 変形の予防<br>変形の矯正                               | 体重の支持<br>変形の予防<br>変形の矯正     |
| 使用装具（着用部位）            | 足継手つき<br>プラスチック<br>製短下肢装具<br>（左型）            | 両側支柱付き<br>金属製下肢装具<br>（両足）   |
| 他の補装具の使用状況            | なし   | 歩行器：ときどき使用<br>車いす：常に使う      |
| どのような時につけ/<br>外しているか？ | 学校に行く時のみ<br>帰宅時に外す<br>体育や遊びの際、<br>動きづらいときは外す | 自宅の小上がりで休息するときなどに外す         |
| 走行                    | 可（鬼ごっこなどに使用）                                 | 歩行器を使用して持久走をする（本人は走っている気持ち） |
| 遊具等での能動的な遊び           | 可（ジャングルジムやブランコなど）                            | 不可                          |
| スポーツ                  | 可（なわとびなどに使用することもあり）                          | 持久走をする                      |

表2 10m歩行計測結果

| 被験者 | 計測回 | 10m歩行時間（秒） | 歩行速度（m/分） | 歩行率（歩/分） |
|-----|-----|------------|-----------|----------|
| H1  | 1回目 | 9:25       | 64.9      | 125.8    |
|     | 2回目 | 9:44       | 63.6      | 130.2    |
| H2  | 1回目 | 14:58      | 41.2      | 98.4     |
|     | 2回目 | 13:92      | 43.1      | 94.8     |

表3 活動量計による歩数と動画解析による実歩数との比較

| 被験者 | 計測回 | 活動量計による歩数計測値<br>（歩行開始から、停止するまで） |    | 歩行開始から、歩行終了まで | 歩行開始から、歩行終了後、足をそろえて、停止するまで |
|-----|-----|---------------------------------|----|---------------|----------------------------|
|     |     | 腰                               | 装具 |               |                            |
| H1  | 1回目 | 29                              | 31 | 28            | 31                         |
|     | 2回目 | 28                              | 31 | 28            | 31                         |
| H2  | 1回目 | 35                              | 37 | 35            | 37                         |
|     | 2回目 | 32                              | 36 | 34            | 35                         |

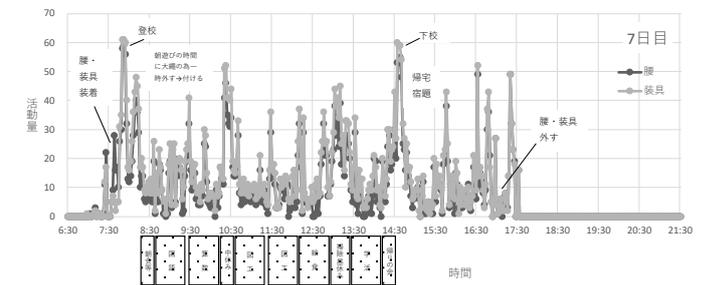
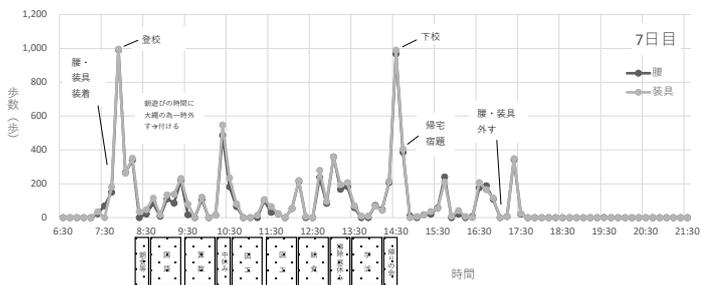
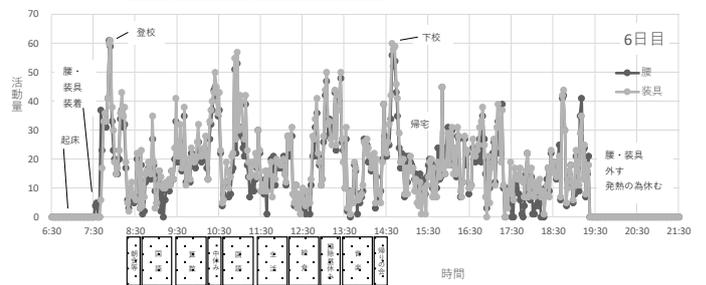
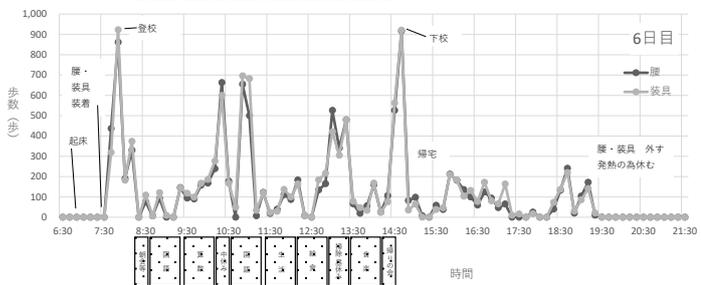
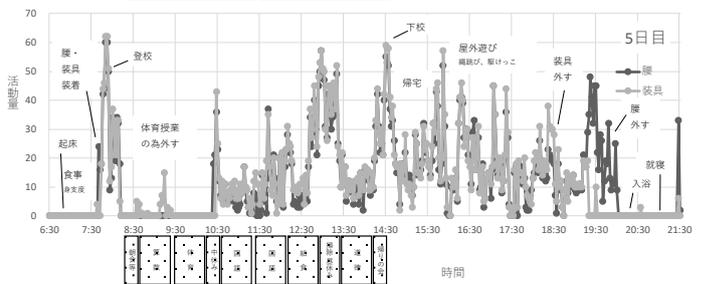
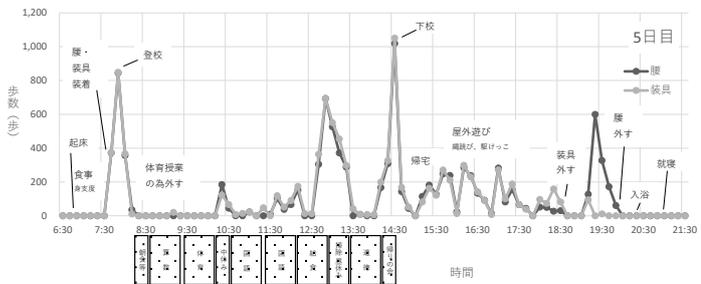
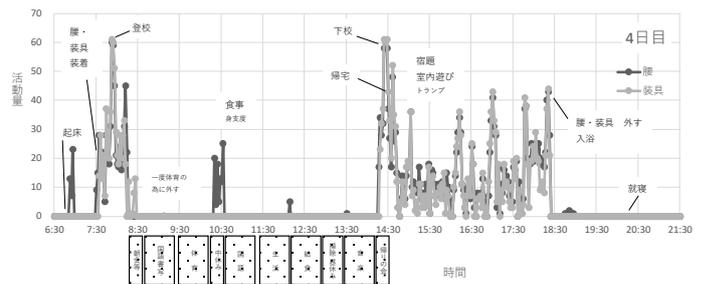
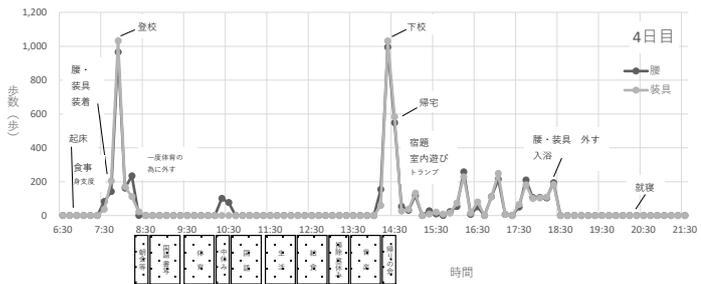
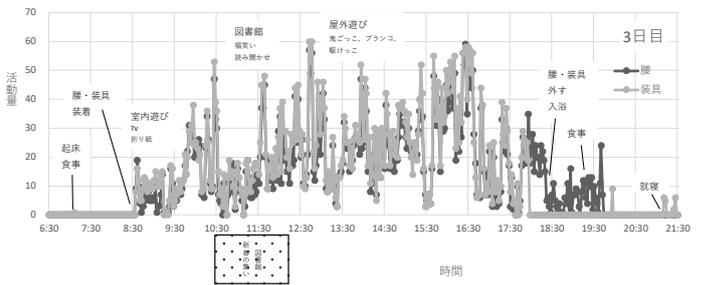
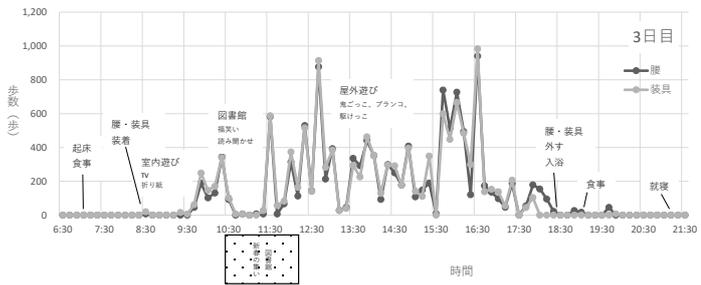
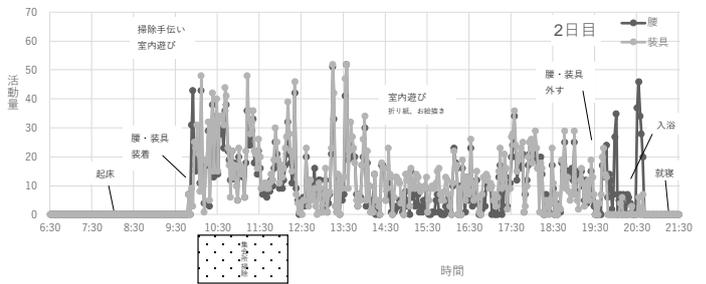
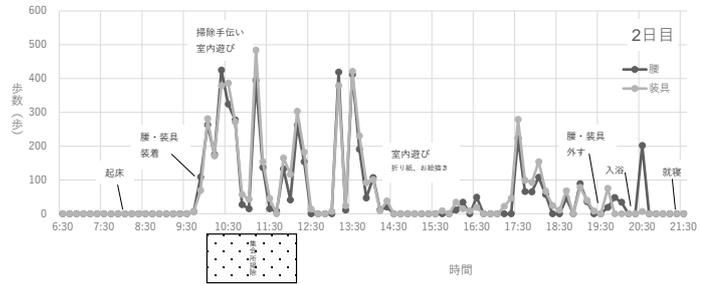
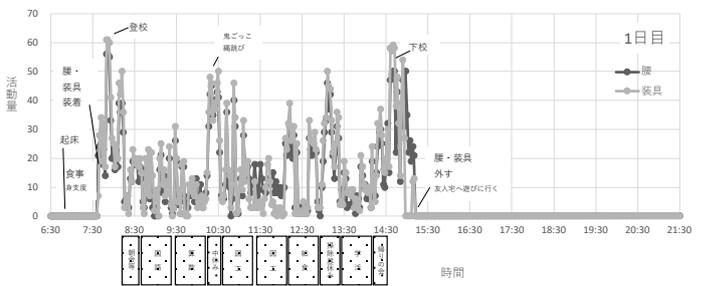
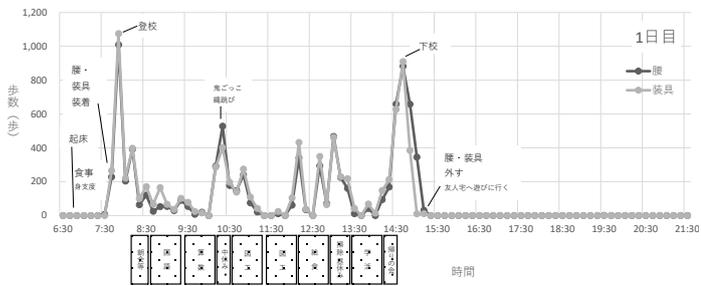


図5 H1 歩数・活動量計測結果

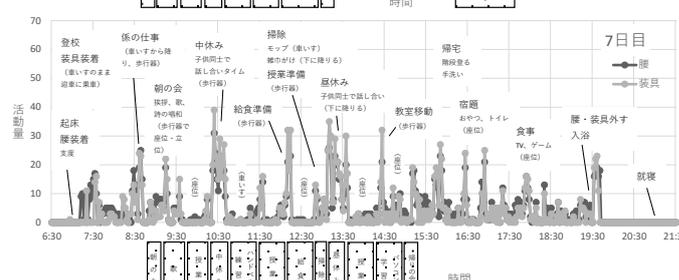
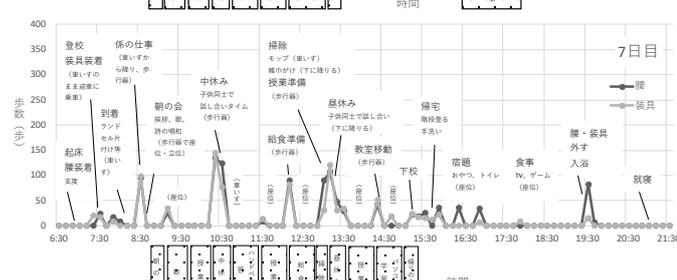
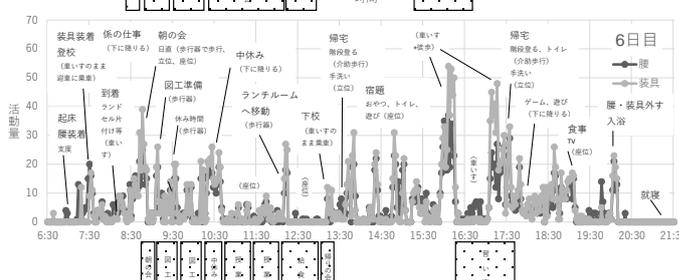
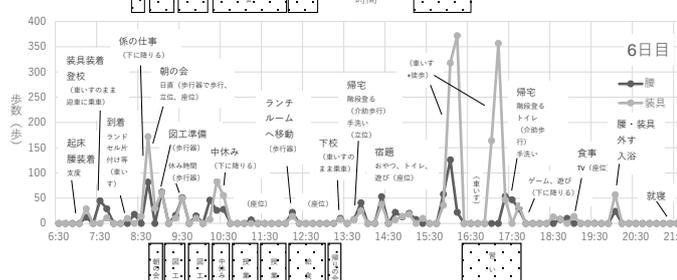
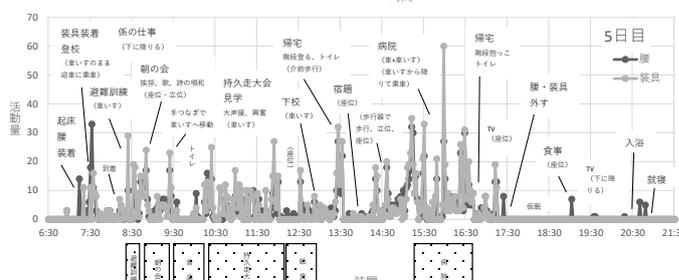
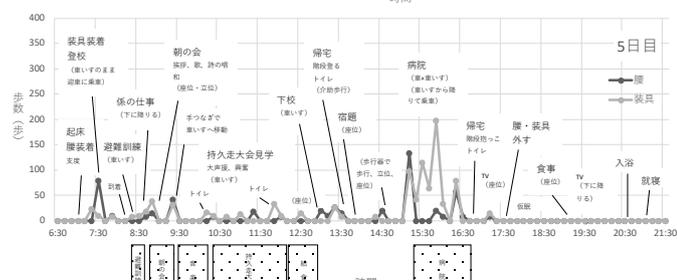
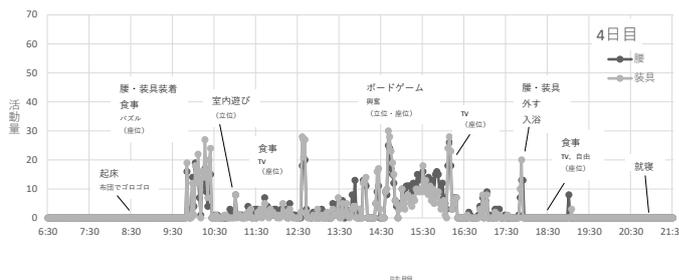
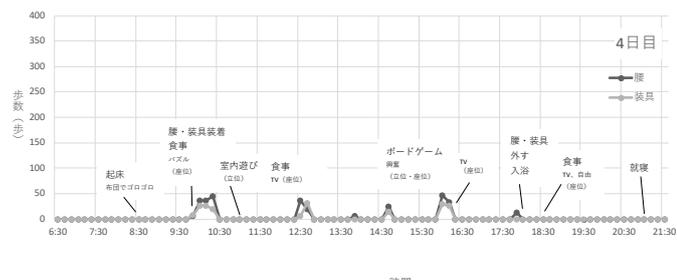
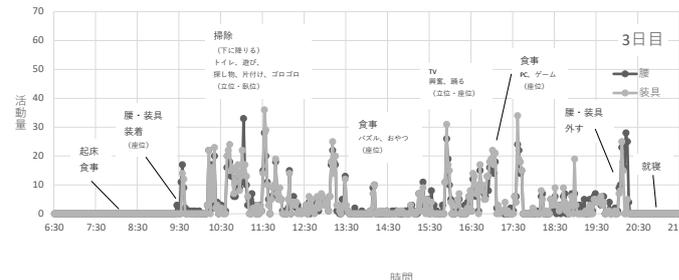
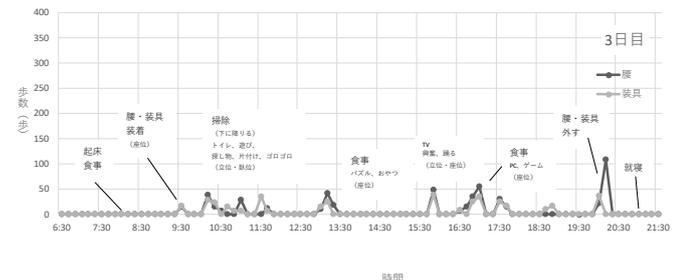
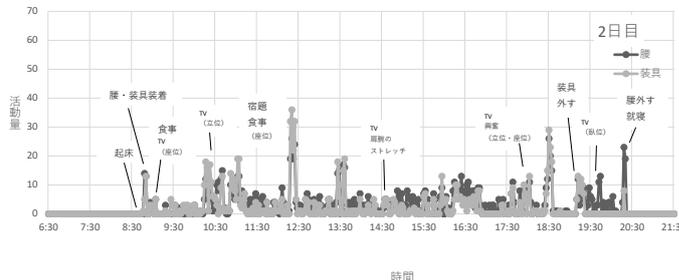
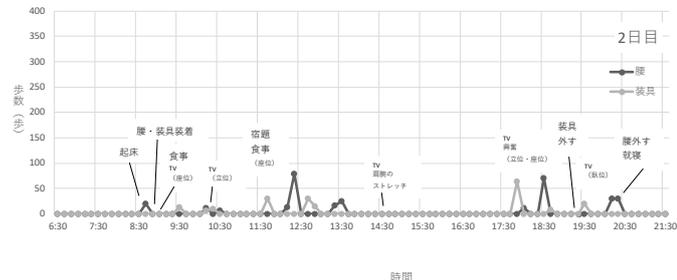
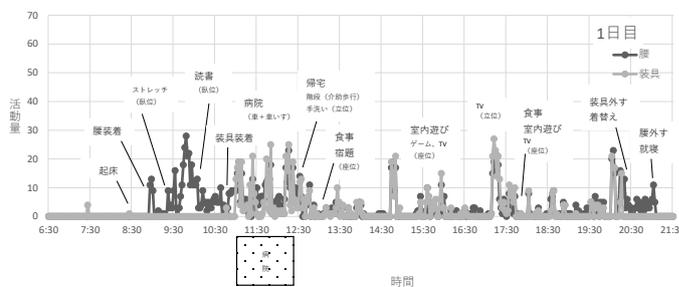
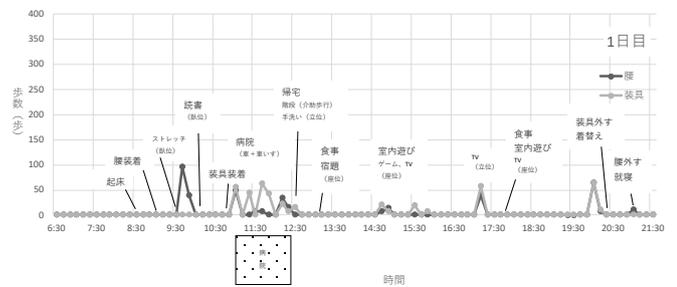


図6 H2歩数・活動量計測結果

の判断が難しかったとの回答があった。また、その他として、季節により、外出の頻度が異なる、運動会前などでは、活動が多くなるなどの指摘があった。このことから、計測の際は、年間の活動状況の変化に関する聞き取りも必要と考えられた。

## D. 考察

### D-1. 電動車椅子の利用ログ収集

近年の汎用マイコンボードやセンサユニットの低価格化により、従来より安価かつ簡易に電動車椅子利用ログの収集が可能になった。しかし、その解釈や利用を検討した事例は数少ない。ジョイスティック操作動態からは、本報告で示した片流れ補正操作のように、操作の技能に関わる情報を抽出できる。今後、利用ログ収集の普及を進めるためには、これらの計測結果を解釈し、安全な利用を促進する手法の提案につなげる必要がある。

### D-2. 下肢装具の利用状況収集

10m歩行計測について、阿久津のデータによれば、5-9歳の一般的な歩行速度は、男児 59.2 (m/分) 女児 64.9 (m/分)、歩行率は、122.1 (歩/分) 132.5 (歩/分) である。今回の計測では、高活動児のH1(女児)は、健常女児と同程度の歩行速度、歩行率を示していると考えられた。

また、活動量計による歩数と動画解析による実歩数との比較では、腰の活動量計に比べ、装具の活動量計の歩数が2-4歩程度多くなっていた。実歩数でも、2-3歩程度、装具の方が多くなっていた。これは、腰・装具での歩数は、通常の歩行による加速度の変化により計測されるが、装具では、腰の上下動が少なくなる歩行終了後、足をそろえる際などにも動きが計測されるためと考えられる。

先のヒアリングにより、児童の下肢装具ユーザーでは、高活動児と低活動児がいることが指摘されていたが、活動量計の装着と記録用紙により、高活動児、低活動児の休日、平日の生活の様子や、歩数、活動量の違いの事例を計測することができた。活動量計は、一般でも健康管理目的で日常的に使用されており、小型軽量であることから、児童でも、低負担に連日の装用、計測が可能と考えられる。

活動量計と記録用紙による方法は、下肢装具の利用状況を簡易的に収集することができるため、本手法により、高活動児、低活動児の利用状況を複数名で調査し、他の児童との利用状況の違いを明らかにした上で、負荷の計測を行う対象児の、より詳細な計測を行うことが可能と考えられる。

本計測による手法は、低負担、低干渉に、日常生活全体における下肢装具の利用状況を収集できることに意義がある。今回の計測例から、装具に負荷がかかる典型的な生活場面として、高活動児では、登校時(定常的な通常歩行)、外遊び(走行を含む活発な活動)、教室移動(階段昇降含む)、屋内活動(断続的な少量ずつの歩行)などが考えられることが示唆された。

今回の計測は、高活動児、低活動児各1例の事例であるため、今後、複数名での計測を行って、より広く利用状況を収集し、典型的な場面を抽出していく必要がある。

## E. 結論

電動車椅子の利用ログ収集システムについては、慣性センサを利用してジョイスティック操作角度推定を行うシステムを開発し、1度程度の計測誤差を実現できたことを確認した。

下肢装具の利用状況収集について、質問紙を用いた半構造化面接、および活動量計を用いた1週間の活動量・歩数の計測により、低負担、低干渉に利用状況を収集する方法を提案した。

## 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] 日本リハビリテーション医学会. 昭和 54 年度福祉関連機器（義肢・装具）の標準化推進のための調査研究報告書. 1980, p 62-197.

[2] 阿久津邦男. 歩行の科学. 1975, p56-57.