

片麻痺患者用車いすの座席シート改良

電気・化学専攻 医用工学領域 2181248 龍野 優

(主査：和多田 雅哉 教授 副査：桐生 昭吾 教授, 桃沢 愛 准教授)

1. はじめに

近年の身体障がい者数は徐々に増加している^[1]。2016年の肢体不自由者数は約190万人に及び、原因疾患の一つである脳血管障害は後遺症として片麻痺を発症する可能性がある。軽度の片麻痺患者はリハビリにより自立歩行が可能になる場合もあるが、重度の患者は介助者による介護を受けて生活するか患者自身で車いすを走らせる（自走）ことになる。片麻痺は右あるいは左半身の感覚障害と運動能力の低下、痙縮といった症状がある。本来は全身の筋肉は適度な緊張状態を保つ機能が存在するが、片麻痺患者は過度に収縮する（痙縮）姿勢になる。

本研究では、片麻痺患者に最適な座席シートを作成し、片麻痺患者が自走しやすく改良することを目的とする。本稿は片麻痺患者の特徴や片麻痺患者の車いす走行方法、座席シートの改良の必要性を示し、座席シートを用いた走行速度比較実験、日常生活動作の評価実験について述べる。また、車いす使用時の下半身可動域について調査し、座席シートを用いた可動域の評価実験の検討を行う。

2. 片麻痺の概要と車いすの操作方法

2.1 左麻痺の片麻痺患者

本研究では左麻痺患者を対象とし、左側の障害がある側を患側、障害がない側を健側とする。左麻痺の片麻痺患者は運動障害が生じるだけでなく認知症も発症する可能性がある。重度の患者は指導員の指示に従うことができない場合があるため、車いすの自走を行うにあたり危険を伴うことがある。本研究ではHDS-R（改定長谷川式簡易知能評価スケール）を用い軽度の認知症と判断される19点以上の患者を対象とする^[2]。

2.2 片麻痺患者の車いす操作方法

片麻痺患者が自走する際に使用する車いすは電動式と非動力式がある。電動式車いすはコントローラの操作により直進や旋回を行う。指先のみでの操作で走行可能である反面、片麻痺患者が動作可能な健側の手足を用いないため、筋力低下の恐れがある。従って、本研究では非動力式車いすに着目した。

片麻痺患者が非動力式車いすで自走する場合、健側のフットサポートを畳み、手足を用いて操作を行う。直進する際は手でハンドリムを操作し、進行方向から外れた場合、足で修正しながら走行する。これを片手片足走行と呼称する。

片手片足走行は本来車いすで想定されていない動きであるため、足の可動域が小さく主要な走行方法とはなり得ない。一方で、手で物を掴みながら走行したいという状況は多々あるため、足駆動の走行性能を向上させることが課題である。また、左麻痺の片麻痺患者は左側下半身の動作が困難であり、走行中の下半身の保持が困難である。加えて、非片麻痺の車いす利用者は両手でハンドリムを操作することで比較的簡単に

左右の向きの調整が可能である。しかし、片麻痺患者の場合は片側のハンドリムしか使えないため、転回や旋回は困難であると考えられる。したがって、車いすの足駆動の走行性能を向上させることが必要である。

2.3 研究目的

片麻痺患者の片手片足駆動は、標準型車いすでは想定されていない走行方法である。したがって本研究では、標準型車いすを対象とし、片麻痺患者の足の可動域向上のため片麻痺患者の特徴に合わせて作成することを目指す。足と車いすが接触している座面に着目し座席シート改良案のコンセプトを示し、プロトタイプを用いた走行速度の比較実験を行う。また、可動域の評価を行うために日常生活動作における車いすの走行評価実験を行う。

3. 座席シートを用いた走行速度比較実験

3.1 実験目的

片足走行時における座席シートの形状の違いによる速度比較を行う。後述する座席シートを用いてコースを走行し、走行時間を測定する。

3.2 実験系の作成

座席シートの改良案を提案し評価実験を行う。その上で新たに実験系を作成した。今回の実験では直進動作に加え旋回動作の評価を行うためのコースを作成する。

3.2.1 座席シートの改良案

以上から、片麻痺患者の車いす走行には課題が多く存在し、本研究では左麻痺の片麻痺患者をモデルとした。これらを解決するために主に 2 点の改良案を示す。まず、健側に切り抜き部を設けることで走行性能の向上、可動域が拡大すると考えられる。また、傾斜部を患側に設けることで下半身の保持が可能となる。図 3 に座席シートの改良案、図 4 に座席シートの取り付け例を示す^[3]。

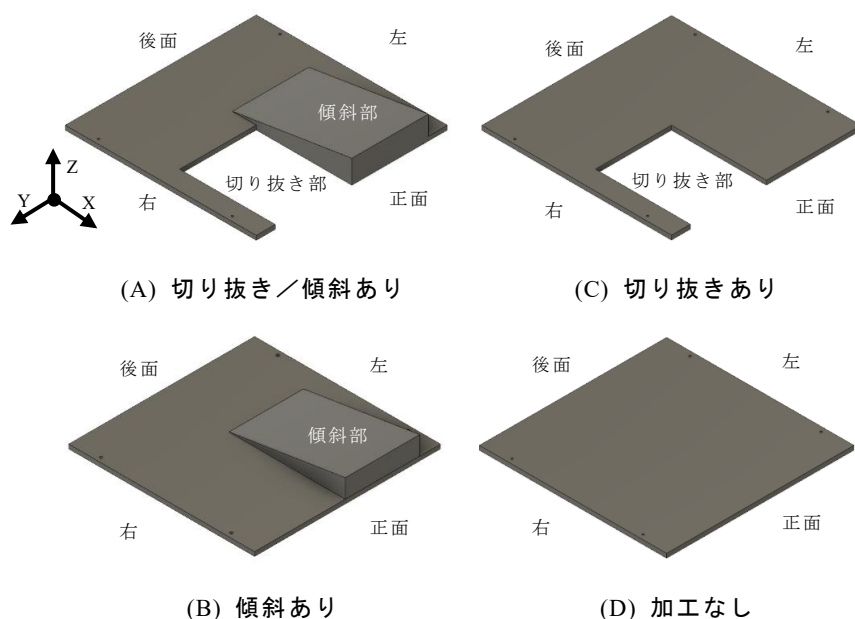


図 3 座席シート改良案



図 4 座席シートの取り付け例

図3に示すように、(B)案は麻痺側の手足(患側)の足に傾斜を取り付けた形状である。(C)案は健側のシートを短く切り込む形状である。(A)案は(B)と(C)案両方の形状を合わせた座席シートである。(D)案は従来の車いすの座席シートを模した形状である。健側の切り抜き部は片麻痺患者が自走する際に主に用いる健側の足の可動域を広げることが目的であり、200 [mm]と設定した。傾斜部は、自身が車いすに座った際に空いた隙間が埋まるよう 40 [mm]の高さを設け、傾斜角度は 9.09°である。各座席シートはシナ合板とバルサ材から作成し、走行中のズレを防ぐためにねじ穴を開けることで従来の固定方法と同様に車いすへの固定が可能となった。

3.2.2 使用機器

以下に実験に使用する機器を示す。

- ・標準型車いす：NA-426A
- ・座席シート 4 種類
- ・ストップウォッチ
- ・撮影用カメラ：iPhoneX (1080p/60fps)

3.2.3 実験環境

実験を行うにあたり、陸上トラックのようなコースを作成した。直線部の幅は 90 [cm]、旋回部の直径を 200 [cm]とする。各寸法は、エレベータや駅の改札などに用いられている車いすが通行可能な幅を参考に設定した。旋回部はカーブする際に余裕をもって進めるようにした。床はなめらかな材質で、ゴム製の靴を用いて検証を行う。被験者は標準的な体格の健康な 20 代男性である。基本姿勢として被験者の臀部は車いすの背シートに付け、両手は肘掛の先端を持ち、反動で測定結果に影響が出ないように上肢は極力動かさない。左足はフットサポートに置くようにした。

3.2.3 実験手順

本実験では座席シートの違いを比較するため、ハンドリムを回さず足駆動のみで走行実験を行う。足を地面に付け、離床する動作を 1 漕ぎとした。コース上で時計回り、反時計回りの走行にて 5 分ずつ練習時間を設けた。その後、実際に全力(最大努力)走行の測定を行った。各測定後に被験者に全力走行が行えたか問い、問題がなかったデータを採用した。

座席シート 4 種類の走行を時計回り、反時計回りにそれぞれ行うが、走行慣れを防ぐために順序は無作為とし、休息時間は 10 分間とする。移動時間、コースに設けた幅から外れた回数を計測し、走行後にヒアリングを行った。

コース走行後に走行についてのヒアリングを行った内容を以下に示す。

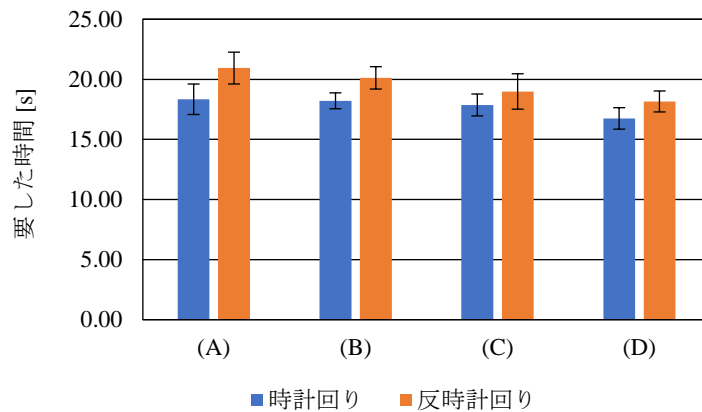
ヒアリング項目

- (1) 座り心地はどうだったか
- (2) 自由記述

以上の項目を計測し考察を行った。

3.3 実験結果

図5に各座席シートの走行時間(周回方向別)を示す。



(A) 加工なし (C) 切り抜きあり・傾斜なし
 (B) 切り抜きなし・傾斜あり (D) 切り抜きあり・傾斜あり

図 5 各座席シートの走行で要した時間（周回方向別）

3.4 考察

図 5 に示すように、(A)、(C)の切り抜きがある座席シートは(B)、(D)の切り抜きがない座席シートと比較し早まる結果となった。切り抜きがある場合は足の可動域が広がり、腓腹筋などの小腿に加えて大腿四頭筋やハムストリングにあたる大腿を使用したためであると推察される。これより、以降の実験では各座席シートを使用した際の可動域を測定する必要があると考えられる。また、(C)、(D)の傾斜がないシートの場合反時計、時計回りでの大きな違いは見られなかった。

各シートで反時計回りした場合は時計回りより遅い結果となった。加えて、表 1 のヒアリングにて「旋回時に傾斜部分が右足に当たった」という意見があったことから、反時計回りの走行では、シート of 患側部分が足に当たり邪魔になったことで速度が遅くなったと考えられる。

4. 日常生活動作の評価実験

4.1 実験目的

3.4 節で挙げられた課題より、個別な動作での走行性能やケイデンスを計測するために、日常生活動作における車いすの片手片足走行を(A)切り抜き／傾斜ありと(B)傾斜ありの 2 種類の座席シートで評価を行う。

4.2 Wheelchair Skills Test

今回の実験ではカナダの DALHOUSE 大学が提案しているテストである WST（車いす評価テスト：Wheelchair Skills Test）を用いて主に 3 種類の計測を行う^[4]。WST は通常左右のハンドリムを用いた実験であるため、片手片足用の評価を作成し実験を行う。

4.2.1 前後進

短い距離での前進は屋内移動や 2 車線道路の横断を想定する。あらかじめ決められた場所に意図的に停止する必要があるため、その動作が可能かどうか検証を行う。また、後進動作の際は進行方向を正しく向くことができるか判断するために、肩を回せているかどうか確認する。実験コースの全長は 11.5[m]であり、スタート地点からゴール地点まで 10[m]とし、車いすはゴール地点までを目標に走行する。ゴール地点を過ぎ

た場合、ゴール地点から 1.5[m]先の最終停止地点までに停止する。幅は 1.5[m]とし、脱
落しないように走行する。以下に評価基準を示す。

- ① ゴール地点まで前進できる
- ② すべての車輪が 1.5[m]の幅の範囲に収まることができる
- ③ ゴール地点まで転落、転倒なしで走行できる
- ④ 車いすキャスタがゴール地点に 0~0.1[m]まで近づき停止できる

以上の評価基準において、4/4 合格で「合格」、2/4 以上合格で「部分的合格」、2/4 未
満合格で「不合格」とした。

4.2.2 その場で左右 180° 回転（転回）

その場で左右のハンドリムを別方向に回し左右 180° 回転することを転回と呼ぶ。本
実験では片手片足走行での転回の正確性を評価する。

上下左右に 0.5[m]ごとに目盛りを設け、中心に車いすを配置する。最大 2.0[m]のコ
ース上を走行した様子を撮影用カメラから各動作で要した距離を測定する。測定箇所
は、車いす後輪軸を基準線とした走行後の車いす位置、健側の足、キャスタの 3 箇所
とする。

4.2.3 前後進中に左右 180° 回転（旋回）

走行中に歩行者などとの衝突回避や方向転換時に左右旋回を行う。本実験では左右
旋回に必要な長さを計測するとともに、座席シートによる違いを評価する。

走行コースは転回走行と同様であり、中心にパイロンを設置する。車いす左車輪を
1.0[m]地点に配置し、走行した様子を撮影用カメラから各動作で要した距離を測定する。
測定箇所は、転回動作と同様に 3 箇所とする。

4.3 使用機器

使用機器を以下に示す。

- ・手動車いす（片手片足走行）
- ・座席シート（切り抜きあり／なし）
- ・撮影用カメラ：iPhone13（1080p/60fps）

3 章の実験より、傾斜部の有無による切り抜き部の走行速度の変化はなかったため、
今回は(A)切り抜きあり・傾斜あり、(B)切り抜きなし・傾斜ありの 2 種類を用いる。

撮影用カメラの動画からフレーム単位で走行に要した時間を計測する。また、足を
地面に接触してから離床までを 1 回として足漕ぎ回数を計測する。これらから一秒間
あたりの足漕ぎ回数（ケイデンス、回/s）を算出し、考察を行う。

4.4 実験環境

被験者は片麻痺体験キットを左側に着用し、右側で片手片足走行を行う。底がゴム
製の運動靴を着用し、計測前に各 5 分の練習時間を設けた。

4.5 実験結果

実験結果を以下に示す。図 6 に前後進、図 7 に転回、図 8 に旋回における経過時間
とケイデンスを示す。

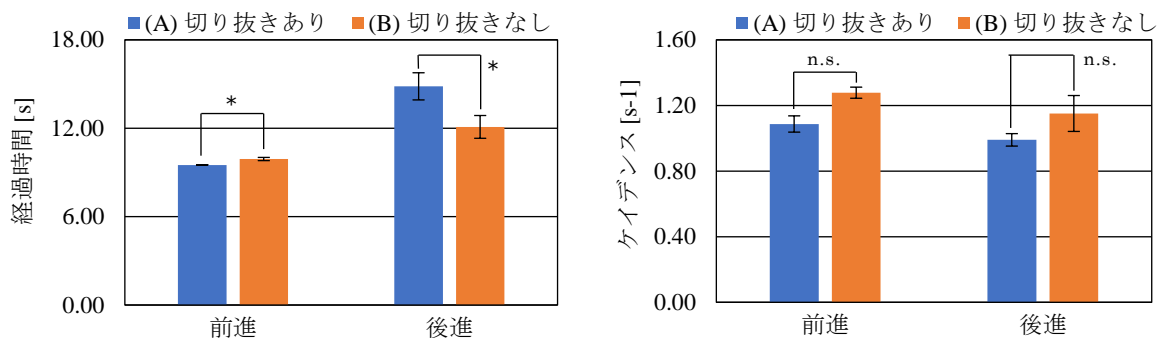


図 6 被験者 1 : 前後進に要した時間/ケイデンス
(n=8, S.D. * : p < 0.05)

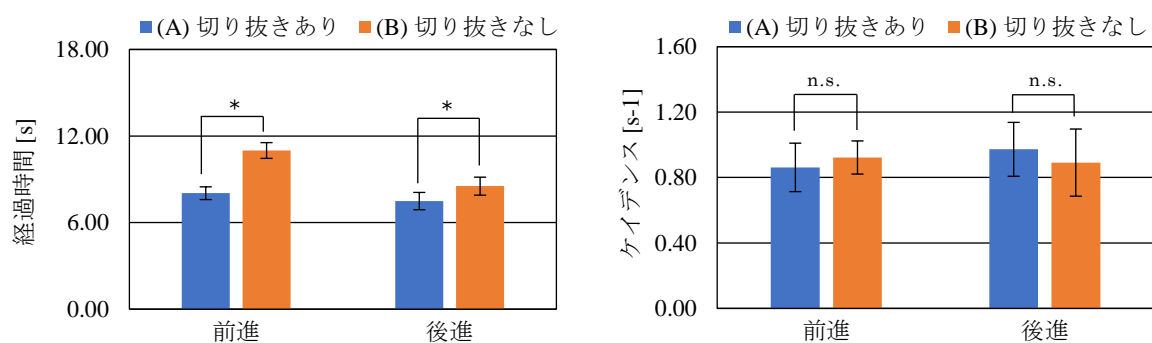


図 7 被験者 2 : 前後進の経過時間/ケイデンス
(n=8, S.D. * : p < 0.05)

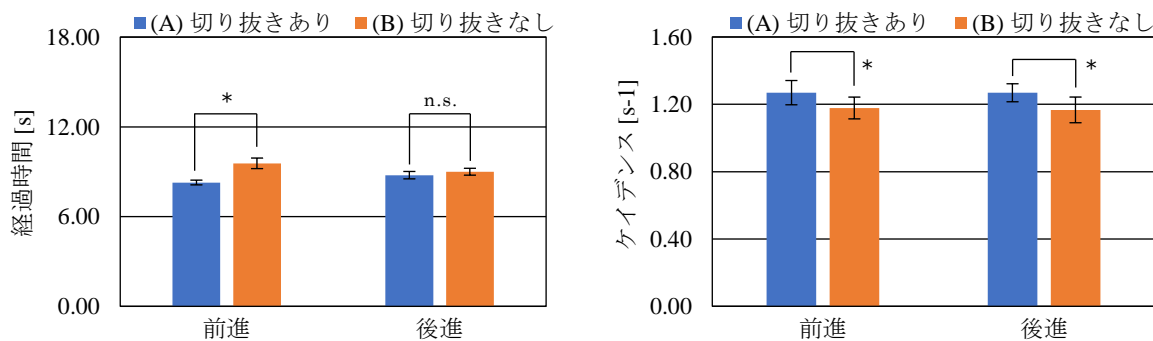


図 8 被験者 3 : 前後進の経過時間/ケイデンス
(n=8, S.D. * : p < 0.05)

4.6 考察

4.6.1 前後進

図 6 より、前進動作において(A)切り抜きがあるシートは(B)切り抜きがないシートと比較して、有意差は確認できなかったが経過時間が早くケイデンスは高い傾向にあった。これより、切り抜きがある方が前進動作に限定しても可動域拡大の効果が得られた。一方で、後進動作では(B)がより早い結果となった。被験者からは「後進動作は大腿部背面に支えがあると走行しやすい」という意見があったため、(A)のシートは不安定な走行になることが確認できた。また、後進動作は 10 回中 7 回の計測において評

価基準②が失敗という結果だったが、これは後ろを向きながらの走行が要因として挙げられると推察される。

図 16, 図 17 より、いずれも前進動作においては有意な差がみられた。被験者三人それぞれの体格とシートを変えた際の効果を示す。図 9 に各被験者の膝高と減少率の関係を示す。減少率は (B) 切り抜きなしから (A) 切り抜きありの商であり、本来のシートからどれだけ走行に影響を及ぼしたかの指標とする。

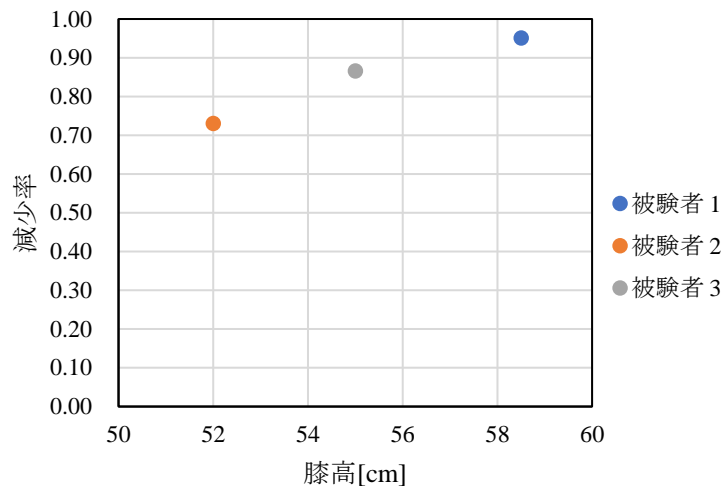


図 9 各被験者の膝高と減少率の関係

図 9 に示すように、いずれの被験者も減少傾向にあり、特に被験者 2 は最も減少率が高かった。したがって、前進動作においては被験者 2 が本研究で用いたシートに対して最も適していた被験者であることが示唆された。

4.6.2 転回

転回動作においては有意な差がなく、経過時間においてシートによる違いはほとんど見られなかった。(B)の計測において分散が大きかったが、右転回については分散が特に大きいという結果となった。左右転回においての違いは考えにくいいため、(B)のシートでの転回動作は不安定な走行であると推察された。

左右での転回、座席シートの違いでケイデンスの差はほとんどない結果となった。これより、転回動作では足の影響は少なく、腕による操作の変化が多いのではないかと考えられる。そのため、今後はハンドリムによる動作解析を検証し再度考察を行う。

4.6.3 旋回

後進左右旋回においてほぼすべての計測で 1.0[m]帯を離脱し、部分的合格となった。旋回動作では経過時間の違いは少なく、前進左旋回は予想と反し(A)が遅い結果となった。また、転回動作と同様に腕の操作依存が大きいと考えられた。

5 6 軸センサを用いた角度推定による足漕ぎ動作時の可動域評価

3, 4 章の実験では各評価から切り抜き部を設けることで可動域の拡大が推察された。今後は、6 軸センサの測定、解析を行い、可動域の変化を検証する。図 9 に 6 軸センサ、図 10 に 6 軸センサの取り付け位置を示す。なお、センサの軸設定を赤字で示す。

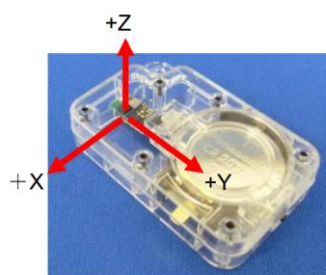


図9 6軸センサ



図10 6軸センサの取り付け位置

6軸センサは方位、加速度を3軸ずつ搭載したセンサであり、取り付け位置は被験者の右脚大腿部の前面中央に、ゴムバンドを用いて固定する。加速度センサからX軸中心のRoll軸、Y軸中心のPitch軸を算出し、方位センサからZ軸中心のYaw軸を算出する。測定結果からの算出を行った結果、Roll軸とPitch軸における誤差は±0.5 [deg]であった。一方で、Yaw軸に関しては10 [deg]以上の誤差があった。センサとセンサを含んだ筐体が平行でない場合、絶対値として考察を行うことができないため、今回はx軸を基準としたRoll軸のみの角度を相対値として検証する。

各被験者で比較すると、いずれも(A)切り抜きありのシートでは(B)切り抜きなしより変位が大きく振幅回数が少ないと考えられる。一方で、各地に飛び値が存在している。動画でも確認を行ったところ、走行中にかかとを地面へ振り下ろすような動作が見られた。そのため、衝撃が加わるとこのような値が検出されることが判明した。今後は走行を行うことで体格による走行特性の違いから適切なシート長を提案が可能になるように解析を行いたい。

6 結言

本稿にて片麻痺患者についての概要を示し、片麻痺患者用座席シート改良案の提示、座席シートを用いた走行速度比較実験、日常生活動作の評価実験について述べた。走行速度比較実験の結果より、傾斜部の有無による切り抜き部の走行速度の影響は認められなかった。3名の被験者で同様の実験を行った結果、前進動作においては被験者2が本研究で用いたシートに対して最も適していた被験者であることが示唆された。日常生活動作の評価実験から可動域の拡大が推察されたが、直接的な評価に至っていない。今後は6軸センサを用いた動作解析を行い可動域の拡大の有無について検証する。

参考文献

- [1] 障害者の状況 令和元年度版障害者白書—内閣府, p.235, 2019
- [2] 加藤伸司ほか, "改訂長谷川式簡易知能評価スケール(HDS-R)の作成", 老年精神医学雑誌, 第2巻第11号, pp1339-1347, 1991
- [3] 植松光俊, "片麻痺者の車いす処方", 日本義肢装具学会誌, Vol. 9, 1993
- [4] WHEELCHAIR SKILLS PROGRAM, DALHOUSE UNIVERSITY, <https://wheelchairskillsprogram.ca/en/>, 2022/07/29