

車いす自動ブレーキシステムの安全性の評価に関する基礎検討

Basic study of safety and efficiency for automatic braking system of wheelchair

○渡邊早貴（桐蔭横浜大） 山内大亮（東海医療科学専門学校） 高橋未生子（東京工科大）
相星 啄（東京工科大） 武藤友和（東京工科大） 下村美文（東京工科大）
渡邊 剛（東和精機工業所） 辻 毅一（桐蔭横浜大） 川島徳道（IPU・環太平洋大）
石河睦生（桐蔭横浜大）

Saki WATANABE, Toin University of Yokohama, Taisuke YAMAUCHI, Tokai College School of Medical Science,
Mioko TAKAHASHI, Tokyo University of Technology, Taku AIHOSHI Tokyo University of Technology,
Tomokazu MUTOU, Tokyo University of Technology, Mifumi SHIMOMURA, Tokyo University of Technology,
Takeshi WATANABE, Towa Seiki Industrial place, Kiichi TSUJI, Toin University of Yokohama,
Norimichi KAWASHIMA, International Pacific University, Mutsuo ISHIKAWA, Toin University of Yokohama,

Abstract: A wheelchair is a chair with wheels, designed to be a replacement for walking. Wheelchairs are used by people for whom walking is difficult or impossible due to illness (physiological or physical), injury or disability. We have developed an automatic wheelchair braking system for the reduction of falls in patients at high risk of falling while transferring to and from a manual wheelchair. Our prototype braking systems are simple mechanical structures that is not easily damaged. Therefore, safety and efficiency of the wheelchair with the prototype braking system was evaluated in this study.

Key Word: Wheelchair, Automatic braking system

1. はじめに

1-1 背景

車いす事故で最も多いのは、転倒・転落による事故で、それは全体の76%を占めている。その要因として多くあげられるのが、手動ブレーキかけ忘れによる事故である。それは、車いすに元々、備え付けられているハンドブレーキをかけたことにより、車いすから立ち上がろうとした際に、後方に重心が急速にずれ、転倒してしまうという事例である。

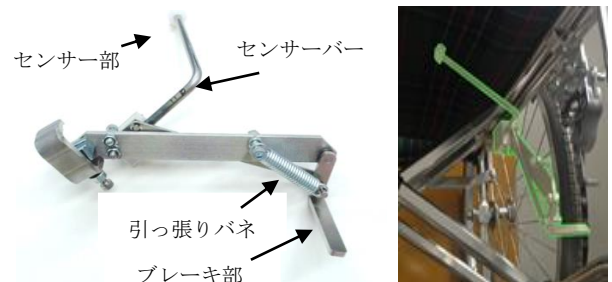
そこで我々の研究グループは、車いすの手動ブレーキのかけ忘れによる転倒防止対策として、車いす用自動ブレーキシステムを提案した^{1),2)}。車いす用自動ブレーキは車いすの大手メーカーや中小企業、大学研究機関が様々な自動ブレーキの研究開発を行っているが、これら自動ブレーキシステムに対しては安全性に関する報告例は少ない。そこで、本研究室で開発した車いす用自動ブレーキを用いた際の着座起立動作時の安全性について基礎検討を行った。

2. 実験方法

2-1 製作した自動ブレーキシステムの原理

車いす自動ブレーキシステムを開発するにあたってはメンテナンスフリー、洗浄可能という二大要求事項がある。これは、高齢者の失禁等により車いすの丸洗いが必要になる事が多く、そのような事例への対策のためである。そこで、本研究で提案する自動ブレーキシステムは着座と起立の検知（センサー部）からブレーキ駆動（ブレーキ部オンオフ）の機能までを、ワイヤーや電気を使用することの無い

シンプルな機械的構造とした。自動ブレーキ1個に対して構成部品は14点であり、重さは約670gである。また、自動ブレーキシステムの着脱も容易であり、既使用の車いすにも後付が可能となっている。自動ブレーキシステムを取り付けた車いすの丸洗い洗浄が可能であり、特に経時的変化は認められていない。Figure 1(a)に自動ブレーキシステム本体の写真を示す。自動ブレーキシステムの取り付け場所はFig. 1(b)のように車いすの座面の下部分に位置を示す。自動ブレーキが作用する部分（以下ブレーキ部）は実際にタイヤに隣接しており、センサー部はシートの真下にある。本体に取り付けられたバネの戻り力を利用してブレーキ部を作動させている。センサー部に体重がかかるとブレーキ部が解除され、逆に立ち上がるとセンサー部にかかる重みが無くなりバネが戻る原理である。



(a) 自動ブレーキシステム本体

(b) 取り付け位置

Fig.1 自動ブレーキシステム

2-2 身体の変位量と重心の測定

車いすの着座起立時における安全性の測定を行う為にモーションキャプチャー（以下キャプチャー）による身体及び車いすの中心位置からの体の変位量と、床フォースゲージを用いた重心位置の変位を測定した。被験者（身長170cm、体重77kg、24歳の男性）にキャプチャー取り付けした。赤外線カメラ（8台）でキャプチャーの部位の変位を測定し、床フォースゲージを用いて、人の重心位置の移動を解析した。被験者のキャプチャー取り付け測定箇所はFig. 2の内A, B点である。これにより、A点の人体の重心（中心からの距離）(m)、B点の肩峰（右側）、の移動距離(m)がこれにより測定可能である。

床フォースゲージは4分割され、車いすのタイヤ及び人体の両足の下に配置されている状態である。これらは、分割ごとに体重及び床反力であり、分解能は距離1cm、床反力1mNをFig. 2のC点で測定できる。また、起立時から着座、そして起立に戻る1連の動作を1周期として、サンプリング周波数100Hzで測定を行った。着座起立時には、車いすのブレーキ無し、備え付きの手動ブレーキ、試作した自動ブレーキの3種類を比較した。

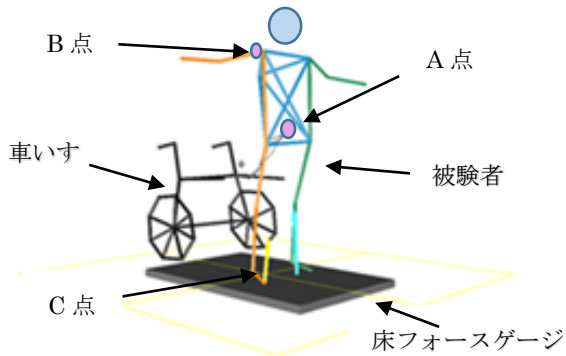


Fig. 2 キャプチャー及びフォースゲージによる測定箇所

3. 実験結果

3-1 ブレーキの違いによる各部位に与える影響

各ブレーキでの肩峰進行方向（右側）、重心位置の進行方向の結果をFigs. 3, 4に示す。横軸は動作開始時からの作業時間[秒]、縦軸は中心位置からの重心のずれ[m]である。尚、進行方向とは、車いすを正面で見た際の前後の動きになり、着座が0の状態を取り常に+の値となる。Figure 5は作業時間と床反力[N]の関係である。

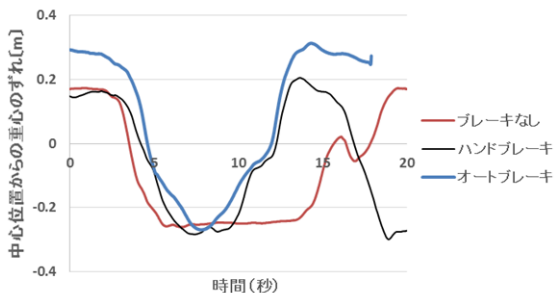


Fig. 3 起立着座時の重心位置の変化

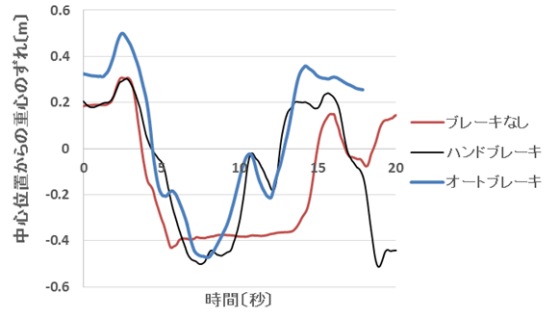


Fig. 4 起立着座時の肩峰位置の変化

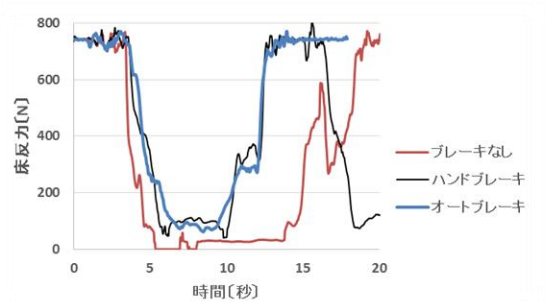


Fig. 5 起立着座時の床反力の変化

Figs. 3-5を比較すると、ブレーキなしの場合は動作は荷重が不安定であり、作業開始から作業終了まで、約17秒と長くかかっている。当然、転倒のリスクは高い。しかし、手動及び自動ブレーキ使用時は、作業時間が10秒と短く、かつ動作中は身体の変位量はブレーキなしの場合に比べて1.4倍と自由度が高く、そのような中でも床反力から見た荷重もスムーズに移行し、安定していることが分かった。

4. まとめ

ブレーキなしは不安定で転倒・転落の危険性があるのに対して、手動ブレーキと自動ブレーキは同じような特性となり、製作した自動ブレーキは安全性とその有効性が確認された。

試作を重ねていく上で安全性評価は重要な指標であるがキャプチャーと赤外線カメラで車いすの動作を測定するにはシステムが大規模となる。そこで、代わりに加速度センサーやジャイロセンサーを用いて安全性評価が可能であるか検討を行う。

5. 参考文献

- 1) 山内 大亮 川島 徳道 辻 毅一 他
「車いす用自動ブレーキシステムの開発と評価」
材料技術研究協会討論会 P.19,20 2012
- 2) 高橋 未生子 山内 大亮 渡邊 早貴 他
「車いすの自動ブレーキシステムの臨床的安全性評価」
生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2013
P. GS2-4-4-1-GS2-4-4-3