

## 斜路・横断時における介助者～車いす系の基礎特性評価

### Estimation of basic performances of the human-attendant wheelchair system on crossfall gradient

○学 加田英臣 (関大院) Holloway Catherine (UCL) 石田享子 (関大工)  
正 内山寛信 (関大工) 正 鈴木立人 (舞鶴高専)

Hideomi KADA, Kyoko ISHIDA and Hironobu UCHIYAMA, Kansai University  
Catherine Holloway, University College of London  
Tatsuto SUZUKI, Maizuru National College of Technology

**Key Words:** Attendant type wheelchair, Load of support, Operating on crossfall, analysis of operating motion, Simulate testing machine in the style of treadmill

#### 1. はじめに

山手の住宅街地区の生活道路は、繁華な市街地に比べて相対的に斜路が多く、傾斜角を緩和する適切な改善策も乏しい。介助式や自走式の車いすで斜路を昇降・横断する操作では、平坦路に比べて介助者の操作負担が増すと共に危険性も増す。特に、斜路横断時の介助式車いすの操作では、路面の凹凸等の外乱的な因子に対する誤操作や操作遅れにより、身体と車いすの運動方向が大きく急変し、車いすは加速し斜路を急降下する危険性が高い。しかし、斜路の昇降操作に比べて横断に係る研究は少ない。

本研究では斜路を横断する際の介助操作の挙動と身体的負担の基礎特性を、実機・実路面での走行試験とトレッドミル式操作試験機を用いた模擬試験により検証・解析する。これにより、操作の安全性と操作負担の評価について<sup>1)</sup>の知見を述べると共に、リスクを低減する支援機構を具備する提言の一助とする。

#### 2. 実機による実路面上での走行試験

##### 2.1 介助式車いすと斜路面性状

図1に示す標準型の介助式車いすを用いて、傾斜角  $\theta=0, 3.5, 7.5$  [deg.], (0, 6, 13%)の斜路での走行操作試験を行う。左右腕部が発揮する操作力  $f_L, f_R$  [N]は、420[mm]離れた車いすのハンドル部に設置した最大定格 $\pm 200$  [N]のロードセルで計測する。左右の後輪回転速度  $w_L, w_R$  [m/s]は回転式エンコーダによって検知され、両輪の速度とその平均値  $w_A=(w_L+w_R)/2$  [m/s]は、ハンドル部パネルのデジタル式メータに表示される。前後輪の間隔は380[mm]で、後輪車軸上には傾斜センサが設置され、進行方向とそれに直行する軸系の傾斜角を計測する。また、介助者は側面にマイクロスイッチを取付けた専用靴を履き、歩調  $n$  [steps/min]、歩幅  $\lambda$  [mm]等を計測し、諸量は同時記録される。

また、実斜路での試験は構内の一般路で行い、 $\theta=0, 7.5$  [deg.]の路面は滑り止め加工をした  $0.6 \times 0.6$  [m/m]の御影石材板で、 $\theta=3.5$  [deg.]は  $0.1 \times 0.2$  [m/m]の埋め込み式のコンクリート・ブロックである。共に、有効走行路長は17[m]であり、車いすの進行方向に対して右側に傾斜している。そして、石材の目地上に予め設定された軌道に沿って、車いすの走行操作をする指示をしてある。介助者となる被験者は、健康な成人4名の男女であり、代表者についての特性を述べる。また、試験時に用いる車いすの総重量は、被介助者・車いす・計装系と蓄電池電源をいれて107[kgf]であり、通常使用の車いすと比較して30~40[kgf]重い。

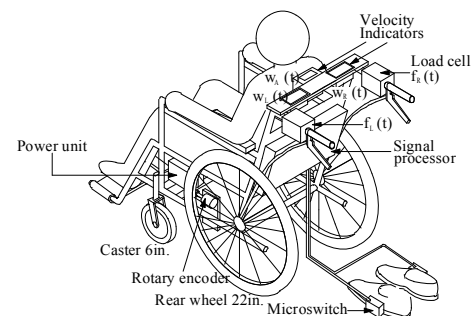


Fig. 1 Schematic diagram of attendant type wheelchair

##### 2.2 斜路での操作特性

図2に  $\theta=7.5$  [deg.]、目標走行速度  $0.97$  [m/s], (3.5 [km/h])での条件下で、代表被験者 A, B (Aは体重68[kgf], 身長182[cm], Bは58[kgf], 171[cm])が操作した場合について、左右の操作力  $f_L, f_R$  [N], 車輪速度  $w_L, w_R$  [m/s], 左右脚の運び状態, 傾斜角  $\theta$  [deg.]の挙動を示す。なお、脚の運び状態を示すオン・オフ信号は、1が遊脚期、0が立脚期で、右脚がR, 左脚がLである。

図2に示す実測の平均速度  $w_A=0.93$  [m/s], (3.3 [km/h])時の操作特性では、諸量とも早期に定常的な走行状態に達する。直線行路からのずれを補正する操作力成分は、 $f_R, f_L$ と後輪速度  $w_R, w_L$ の変動成分がほぼ同相であるため殆ど無く、直進走行操作がなされている。本試験では、 $f_R, f_L$ は主として定速度( $w_A$ )走行を行うために調整されている。その際に、右傾斜面に伴う旋回力成分に対する操作力は、右腕( $f_R$ )で押付け、左腕( $f_L$ )で引張り動作をして発揮している。これより、身体を捻りを加える体勢下で、旋回トルクと前進する推進力を発揮する事を余儀なくされ、身体的な運動強度は大きいと推測する。

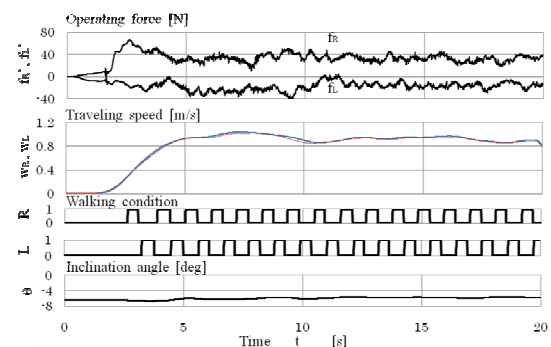
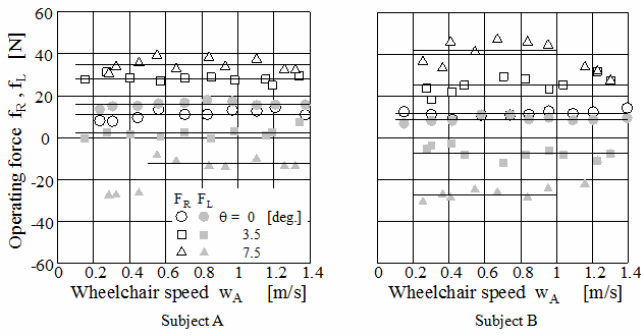
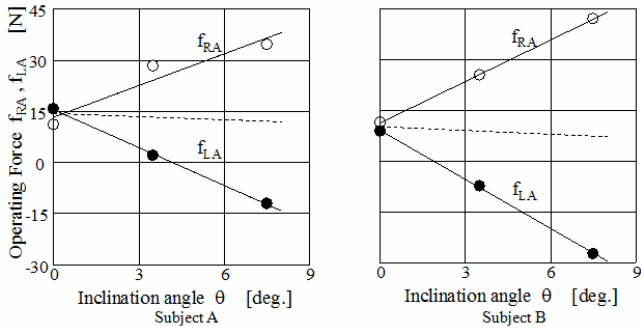


Fig.2 Typical result from 7.5 [deg.] slope of crossfall condition



(a)



(b)

Fig.3 Influence of inclination angle on steady-state operating force

- (a) Relation between  $w_A$  and  $f_L, f_R$   
 (b) Relation between  $\theta$  and  $f_{LA}, f_{RA}$

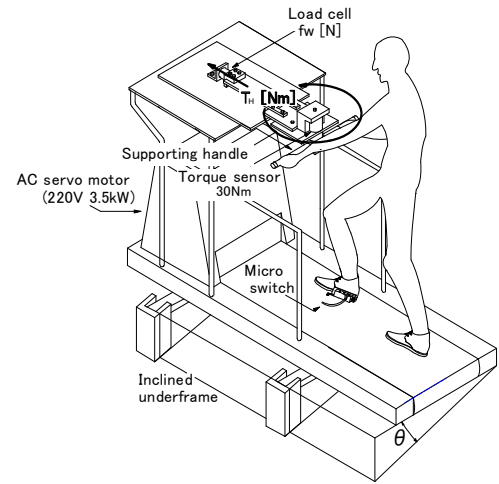
## 2.2 平均操作力特性について

図 3(a)に  $\theta=0, 3.5, 7.5$ [deg.]に対する  $w_A$ [m/s]~ $f_L, f_R$ [N]特性を、確認のため 2 名の被験者 A,B について示す。左右の上肢による操作力  $f_L, f_R$  は、車いすの平均実走行速度  $w_A$  に無関係に広範な領域でほぼ一定値を保つ。厳密には、路面の静・動摩擦抵抗力  $f_{R0}, f_{L0}$ [N]成分に対する  $f_L, f_R$  の増分が発生するが、図 3 の特性では明確でない。図 (b)には、 $f_L, f_R$  の平均値  $f_{LA}, f_{RA}$  と路面の傾斜角  $\theta$  の関係を示す  $\theta=3.5$ [deg.]の場合は路面性状が多少異なるが、 $\theta$  が増すと比例して  $f_R$  は増し  $f_L$  は減少する。 $\theta=7.5$ [deg.]では  $f_R, f_L$  間の格差が  $48\sim 70$ [Nm] に達し、平坦路で片腕での平均操作力  $10\sim 13$ [N] に比べて、 $1.8\sim 3.5$  倍増減した力を発揮する必要があるため、斜路での操作は身体的な運動強度が増す。また、 $\theta=0$ [deg.]を除き、被験者 A,B の操作力に 50%程度の格差が生じるのは、車いすハンドルに対する操作体勢の違いによるものである。

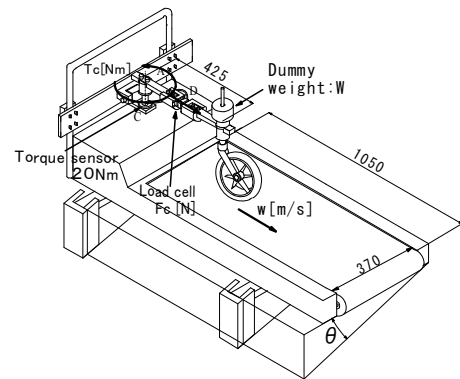
## 3. 模擬試験装置による斜路での操作特性解析

### 3.1 電動歩行機式の斜路操作試験機

図 2-3 に実機・実路での斜面の操作特性を示した。しかし、実路では検証試験に適す斜路の傾斜角  $\theta$  や確定的な路面抵抗の道路を得難い。そこで、図 4(a),(b)に示す模擬斜路による試作した電動歩行機式試験機を用いて、操作特性等の基礎特性を解析する。



(a)



(b)

Fig.4 Schematic diagram of treadmill in crossfall conditions

- (a) Walking test  
 (b) Estimation of wheelchair caster

図 4(a)の試験機は下部の台枠の調整により、斜路面であるベルト面を  $\theta=0\sim 9$ [deg.]間をほぼ  $1.5$ [deg.]刻みで傾斜でき、ベルト路は  $w_A(t)=0\sim 1.5$ [m/s], ( $0\sim 6$ [km/h])の速度で走行する。介助者である被験者はベルト路上で、前方の棒状のハンドルを握り、通常的車いす操作を行う。ハンドル部には両腕が発揮する回転トルク  $T_H$ [Nm]と前進・押付け力  $f_w$ [N]を計測するセンサが設置されている。そして、検知した  $f_w$ 信号により、車いすを一次遅れ特性で近似した要素を介して、ベルトを駆動するモータ AC200[V],3[kw]の回転速度(周速度  $w_A$ )を調節する。これにより、模擬的に斜路での介助者・車いす系の運動挙動を模擬し、斜路での歩容や発揮力特性を推定する試験を行う。

図 4(b)は図(a)と同様な機構で、AC100[V],0.75[KW]のモータにより、ベルト路は定速度で走行する。前柱部は車いすの後輪軸部に相当し、その後部に車いすの自在輪部機構が取り付けられている。これにより、斜路で車いすが発する旋回トルク量に対する自在輪部荷重や路面抵抗の影響等の機械的な性能を検証する。

### 3.2 介助者の操作特性と運動強度

図 4 に示す試験機を用いて実施した代表的な基礎特性の試験結果として、図 5 に介助者の発揮力特性を被験者 A について示す。図 5(a)が平坦な  $\theta=0$ [deg.]、(b)が  $\theta=7.5$ [deg.]の斜路での  $w_A$ [m/s]~ $f_w$ [N],  $T_H$ [Nm]特性であり、介助者はほぼ

20[min]程度の間、継続して定常走行ができる状態で擬似的な車いす操作している。

両特性図より、前進操作(推進)力  $f_W$ 、旋回トルク  $T_H$  共に車いす速度  $w_A$  が増すと低減し、車いす操作をしない自然体での歩行速度近辺で両操作力は発揮できなくなっている。 $f_W, T_H$  に対する  $\theta$  の影響は顕著で無いが、 $\theta$  が増すと僅かに  $w_A$  に対して減少する勾配が増している。そして、相対心拍数に基づく相対運動強度は、平均的に  $\theta=7.5[\text{deg.}]$  では 5[%] 程度上昇している。

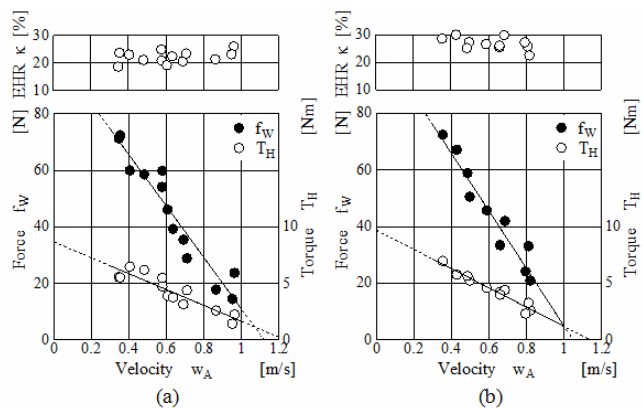


Fig.5 Autonomous characteristic of operating motion  
 (a)Inclination angle of 0 degree  
 (b)Inclination angle of 7.5 degree

#### 4. まとめ

介助式車いすで斜路を横断する際の基礎的操作特性を評価するため、実機・実路での特性を取得し解析すると共に、電動歩行機式の斜路での操作を模擬する実験装置を試作した。また、試験機を用いて、斜路での車いす操作の運動強度を評価するために、基準特性となる押付けと旋回操作特性を明確にした。

#### 謝辞

本研究が、文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業の助成を一部得て実施できたことに謝意を表す。

#### 参考文献

- (1) 中山仁司, 社団法人日本理学療法士協会機関紙, 9(4), pp.175-180, 1983
- (2) 長崎浩, 自由歩行の安定性限界, バイオメカニズム学会誌, Vol.3, No.3, pp.115-117, 2006
- (3) 大鍋寿一ら, キャスタを考慮した解析モデルによる手動車いすの斜面横切り特性, 日本機械学会 第3回福祉工学シンポジウム講演論文集, No.03-28, pp.43-46, 2003