

船舶における手動車いす走行の評価指標

海上技術安全研究所 宮崎恵子、平田宏一、今里元信

1. はじめに

旅客船では動揺を軽減する方策が採られているものの、動揺を完全に排除には至っていない。船内を歩行する場合でも、動揺によりふらついたり、上下方向の加速度によりふわふわした感覚を持つ。同様に車いすも、前後左右に傾斜したり上下方向に動揺する走行面を移動することとなり、陸上ほど安定して走行することは難しくなる。これらの変化は、車いすの転倒・暴走を引き起こしかねない。さらに旅客船はスペースが限られるため、交通バリアフリー法の技術基準でも最小通路幅が 0.8m となっており、走行には厳しい条件となっている。よって、旅客船内での車いすの走行について検討をする必要がある。

旅客船内（傾斜及び動揺並びに狭い通路という条件）での車いすの安全・快適走行の評価には、結果的にぶつからずに通れたということだけではなく、走行中に車いすを適切に操作できているということが重要である。そこで、車いすの操作状況を示す指標、即ち着目すべきデータを明らかにする必要がある。

著者らは、船舶における車いす走行に関する研究の第一段階として、静的傾斜条件下での想定通路上の手動車いす走行実験をおこなった。本稿では、その走行実験結果を解析し、手動車いす走行の評価指標について検討する。

2. 実験の概要

5.5×5.5m の走行面を持ち、0 から 10 度まで 1 度刻みで傾斜角度を変更できる傾斜装置¹⁾で実験をおこなった。本装置の走行面には旅客船で使用されているビニル樹脂製の床材を張り、斜面に対して横方向と縦方向に 0.8m の間隔の線を引き、これを通路に見立てた（図 1 参照）。

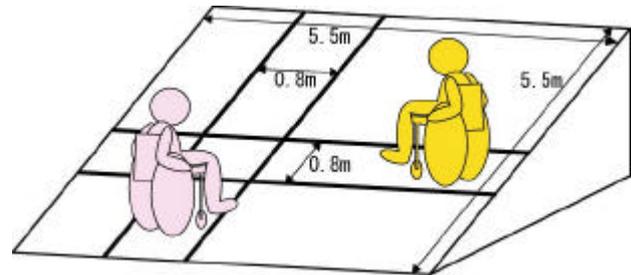


図1 傾斜装置及び実験の概要

被験者は、計測装置を取り付けた手動車いす²⁾に乗り、縦断走行（登坂走行）と横断走行をおこなった。被験者は、通路からはみ出さないように走行するよう指示されているが、走行速度や操作方法については特に指示を与えられていない。走行中、車いすに取り付けられた計測装置により、後輪の左右の駆動トルクと回転角度が計測される。被験者には、それぞれの走行が終了する毎に、車いすの操作や疲労感についてアンケート³⁾に従い尋ねた。被験者は日常的に車いすを利用している 20 代の女性である。

3. 実験結果並びに考察

3.1. 縦断走行

手動車いすの速度やトルクは、1 ストローク中（漕ぎ始めから次の漕ぎ始めまでの間）、大きく変動している。図 2 は、縦断走行における 1 ストローク毎の最高速度、平均速度及び最低速度の測定結果を示している。最高速度の傾斜角度による変化は少ないが、平均速度及び最低速度は傾斜角度が大きくなるに従って低下している。最高速度の変化が少ないということは、操作のリズムがかなり安定していることを表している。傾斜角度が大きくなると、平均速度と最低速度が低下するのは、手をハンドリムから離している間に、重力の影響を受けて急激に減速しているためである。

図 3 は、縦断走行における 1 ストローク毎の

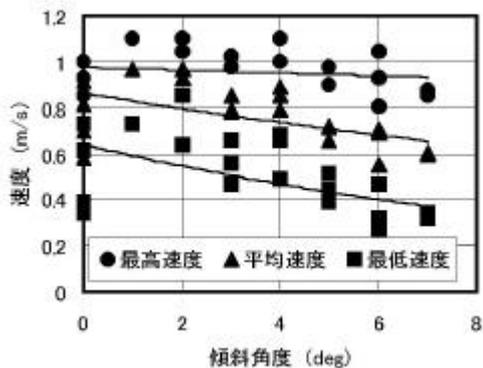


図2 縦断走行時の傾斜角度と速度の関係

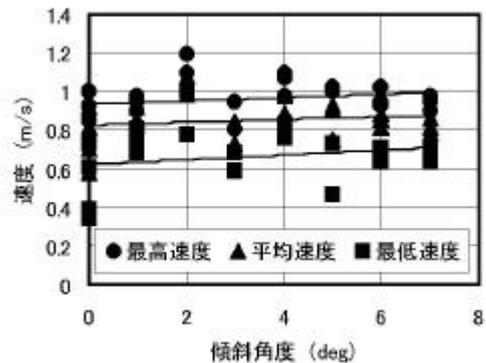


図5 横断走行時の傾斜角度と速度の関係

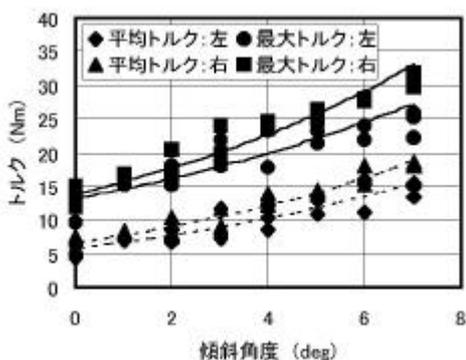


図3 縦断走行時の傾斜角度とトルクの関係

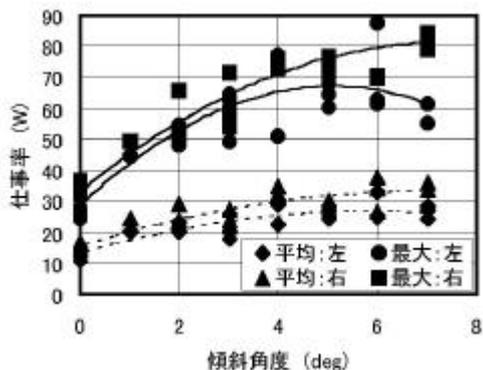


図4 縦断走行時の傾斜角度と仕事率の関係

最大トルクと平均トルクの測定結果を示し、傾斜角度が大きくなるに従って、直線的に増加している。図4には、1ストローク毎の平均仕事率²⁾と最大仕事率²⁾の測定結果を示す。仕事率は、毎秒当たりの仕事(力×移動距離)であり、操作速度の影響を大きく受ける。図3と図4を比較すると、傾斜角度に応じて、トルクが直線的に増加しているのに対し、仕事率は緩やかに増加している。傾斜角度が大きい場合、力(トルク)は大きくなるものの、車いすの速度が低

下し、仕事率は頭打ちになる傾向にある。縦断走行(登坂走行)における走行特性は、速度及び力(トルク)が重要な因子になると考えられる。よって、これらの因子が含まれている仕事率に着目することで、走行特性の評価につながると考えられる。

一方、本被験者は、傾斜角度0度から7度では、縦断走行(登坂走行)において、恐怖感や疲労感を全く感じないと答えている。即ち、心理的な面では、本被験者は7度までの傾斜角度を問題なく走行できていた。

3.2. 横断走行

車いすが傾斜面を横断走行する場合、前輪・後輪の構造と重心位置の関係により、谷側(落下する方向)に回転する力が働く。そこで、狭い通路を走行する場合は、進行方向に向かって車いすを修正しながらの走行となる。図5は、横断走行における最高速度、平均速度及び最低速度の測定結果を示している。これらは、傾斜角度による変化がほとんど見られず、本被験者は常に安定したリズムで車いすの操作をしていることがわかる。

図6は、横断走行(左下がり斜面)における最大トルク、平均トルク及び最小トルクの測定結果を示す。横断走行における谷側車輪のトルクは、縦断走行と同様、直線的に変化している。一方、山側車輪のトルクは、傾斜角度が大きくなるに従って低下している。さらに、平均トルクは傾斜角度が約4度以上になると負の値を示

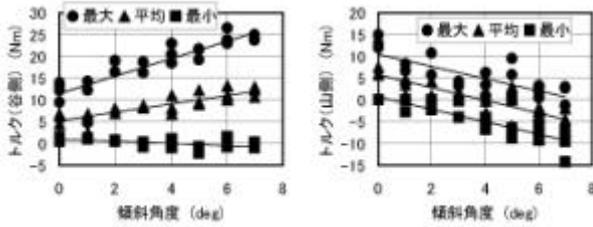


図6 横断走行時の傾斜角度とトルクの関係

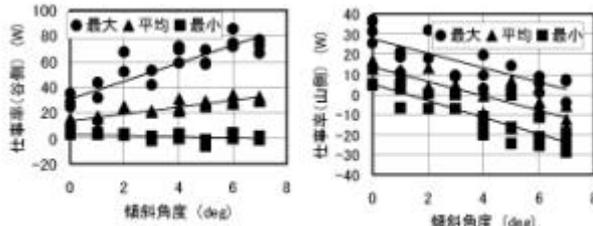


図7 横断走行時の傾斜角度と仕事率の関係

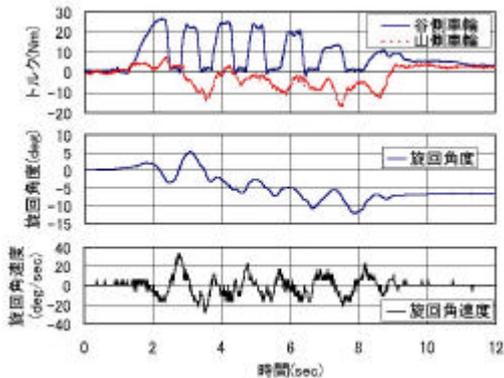


図8 傾斜角度7度横断走行時の測定結果

し、ブレーキをかけていることを表している。アンケートでは、本被験者は傾斜角度4度以上で片手こぎ(谷側車輪にだけ前方向の駆動力を与える操作)をしたという意識が出てきており、山側車輪のブレーキ操作とよく一致している。

図7は、谷側並びに山側車輪の最大仕事率、平均仕事率及び最小仕事率の測定結果を示す。トルクと仕事率では、グラフの傾向はあまり変わらない。これは、傾斜角度が変化しても、車いすの速度の変化が少ないためと考える。

横断走行においても、車いすを前進させることに関しては、縦断走行と同様、仕事率が走行特性の評価指標になると思われる。

一方、狭い通路を走行する船内での横断走行では、進行方向からのぶれが問題になる。図8には、駆動トルクと旋回角度並びに旋回角速度

の時系列データを示す。同図は、傾斜角度7度の横断走行(左下がり斜面)のものである。旋回角度並びに旋回角速度は、谷側(車いすが左を向く)が正、山側(同右向き)が負である。

旋回角度と谷側車輪のトルクに着目すると、駆動を始めてから方向修正をしている。また、谷側車輪のトルクが0から駆動を始めるまでの間に、旋回角度が落下方向に向かっている。

一方、時間の項が含まれている旋回角速度は、谷側車輪のトルクが0になった時から正になり、落下方向に旋回している。最大旋回角速度(旋回角速度の落下方向のピーク)は、トルクが0から正になる時点と概ね一致している。そして、谷側車輪を駆動し、同時に山側車輪にブレーキをかけることで、落下方向になっている旋回角速度を減少させ、山側に方向修正している。

谷側車輪のトルクがかかっている状態では、落下するのを止める力が働かないので車いすの運動は不安定になる。最大旋回角速度は、このトルクのかかっている時間が長いほど大きくなり、車いす走行が操作されていない不安定な状態を表していると考えられる。さらに、最大旋回角速度が大きいということは、落下する速度が大きく、落下が激しいことを示しており、進行方向を保つためには素早く方向修正をする必要がある。最小旋回角度(旋回角速度の登り方向のピーク)は方向修正の速度を示し、この絶対値が大きいと、方向修正の操作が慌ただしいことを示す。

図9~11には、横断走行(左下がり斜面)における旋回に関する測定結果をまとめたグラフを示す。図9に示す旋回角度では、1ストローク中に車いすが最も谷側(落下方向)を向いた際の角度を最大旋回角度、最も山側(登り方向)を向いた際の角度を最小旋回角度としている。なお、測定開始時の車いすの角度を0度としている。測定結果がかなりばらついているのは、測定開始時の車いすの位置(向き)の影響が大きいいことに加え、本被験者が安定した走行をおこなっていて、旋回角度の変化自体が小さいことも原因であると考えられる。図10(a)は、最

大旋回角度と最小旋回角度との差を示し、旋回角度としての蛇行の程度を表している。同図(b)は、横断走行時の横方向のぶれを示し、横移動距離としての蛇行の程度を表している。両図とも、ばらつきは大きいものの、傾斜角度が大きくなるに従って増加している。図 11 は、横断走行時の最大旋回角速度（落下方向）と最小旋回角速度（登り方向）を示している。図 8 で考察したように、最大旋回角速度は落下の激しさ、最小旋回角速度は方向修正の慌たしさを表しており、傾斜角度が大きくなると、落下が激しく、操作が慌たしくなっていることがわかる。

一方、アンケートでは、意志と違う方向にぶれたという意識は 6 度以上で出てきており、方向修正をしていると意識し始めたのは、5 度以上である。被験者の感覚は測定データと必ずしも一致しない。測定データと操作者の意識の関連についてはさらに検討をおこないたい。

4. おわりに

傾斜条件下について車いすの駆動トルク及び車輪の回転角度を計測し、手動車いす走行の特徴を示す指標としての検討をおこなった。その結果、仕事率及び旋回角速度には車いす操作の時間項が含まれているため、これらを、手動車いすの走行特性を示す評価指標として提案したい。特に、船内のような、動揺により左右の傾斜が互い違いかつ不規則になる場合は、左右の操作量が一定せず、方向修正はさらに困難になることが予想される。そのような複雑な条件であっても、仕事率及び旋回角速度に着目することで、車いすの運動と操作の両方を評価できるのではないかと考える。車いすは人間が操作するため、操作方法によって走行特性が大きく変わる。その点に留意しながら、研究を進めていく所存である。

今後は、動揺条件下についても、同様の計測をおこない、車いす走行の安全性・快適性の指標についてさらに詳細な検討をおこなっていくことを予定している。

最後に、実験にご協力くださった被験者の方

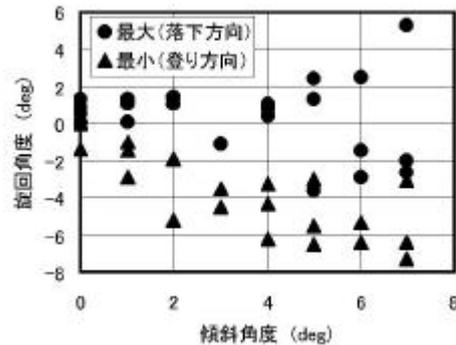
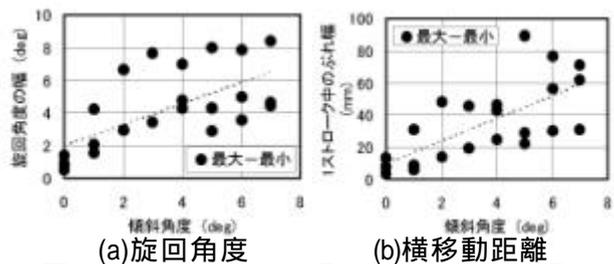


図 9 横断走行時の傾斜角度と旋回角度の関係



(a) 旋回角度 (b) 横移動距離
図 10 横断走行時の傾斜角度と蛇行の程度

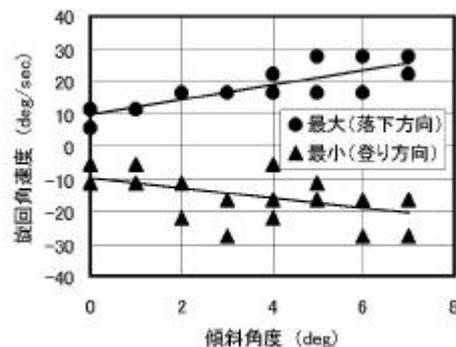


図 11 横断走行時の傾斜角度と旋回角速度の関係

をはじめ、本研究にご協力くださった方々に心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 今里元信他：旅客船内での車いす利用に関する研究，日本設計工学会東北支部平成 12 年度研究発表講演会講演論文集，48-49，2000
- 2) 平田宏一他：船舶バリアフリーのための実験用車いすの開発，日本設計工学会平成 13 年度春季研究発表講演会講演論文集，103-106，2001
- 3) 宮崎恵子他：斜面上における車いすの操作限界と負担感に関する調査，平成 13 年度（第 1 回）海上技術安全研究所研究発表会講演集，247-250，2001