

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

システム技術部 * 宮崎恵子
機関動力部 平田宏一
装備部 今里元信、太田進

1. まえがき

旅客船において、車いす利用者が安全・快適に過ごすことのできるよう、動揺条件下での車いすの走行特性について研究をおこなっている。本研究の最初の段階として、斜面上における手動車いすの走行実験を実施し、傾斜角度に応じた操作の様子を詳細に調べた。さらに、実験の際におこなったアンケート結果に基づき、斜面上において、手動車いすを搭乗者が操作する場合の、操作限界や負担感について検討した。本稿では、これらについて報告する。

2. 実験概要

実験装置として、5.5×5.5mの走行面を持った傾斜装置を製作した。本装置の傾斜角度は0から10度まで1度刻みで変更できる。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、交通バリアフリー法¹⁾の技術基準で最小通路幅と規定している800mmの間隔の線を、斜面に対して横方向と縦方向に引き、これを通路に見立てた。

本実験における被験者は、殆どが車いす初心者であり、男性32人、女性11人である。被験者は、計測装置を取り付けた手動車いすに乗り、縦断走行（登坂走行）と、横断走行（右手が山側の場合と谷側の場合の2方向）をおこなった。本実験において、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指示を与えず、各自のペースで走行した。実験は、表-1に示す2種類の傾斜角度の組み合わせと順番で実施した。ケース1は、傾斜角度を0, 3, 5, 7度の順番で上げており、全ての被験者が実施した。ケース2は、ケース1を実施した後、傾斜角度を4, 2, 6, 1度の順番で変化させており、34人の被験者が実施した。

表 - 1 実験の順番

	傾斜角度の変化の順番
ケース1	0, 3, 5, 7度
ケース2	4, 2, 6, 1度

表 - 2 アンケート質問項目

縦断走行			
勾配に対抗するために体重を移動したか			
1. 全く移動していない	2. 殆ど移動していない	3. 少し移動した	4. かなり移動した
上るとき、恐怖感があったか			
1. 全くなかった	2. 殆どなかった	3. 少しあった	4. かなりあった
腕に疲労を感じたか			
1. 全く感じなかった	2. 殆ど感じなかった	3. 少し感じた	4. かなり感じた
横断走行			
片手こぎをしたか			
1. 全くやらなかった	2. 殆どやらなかった	3. 少しやった	4. かなりやった
意志と違う方向へどれくらい進んだ（ぶれた）か			
1. 全く進まなかった	2. 殆ど進まなかった	3. 少し進んだ	4. かなり進んだ
方向修正をどのくらいしたか			
1. 全く修正しなかった	2. 殆ど修正しなかった	3. 少し修正した	4. かなり修正した

本実験における被験者の殆どが車いす初心者であることから、ケース1とケース2を比較することにより、車いすの操作に対する慣れの影響を調べることができると考えた。なお、ケース2の実施の前には、30分程度の休憩をおこなっているため、疲労感に与える影響は小さいと考えられる。

被験者は、縦断走行と横断走行それぞれが終了する毎に、車いすの操作や疲労感について尋ねたアンケートに回答する。アンケートは、全被験者のうち、男性30人、女性10人がおこなった。表-2は、本稿で結果を示したアンケートの質問項目である。回答についている数字を評価値とし、この値を用いて後で示すグラフを作成している。

評価値が高いほど、疲労感、負担感等が強いことを表せるように設定している。これらアンケートの回答を検討して、斜面を走行する場合の、車いす搭乗者の操作の特徴や負担感について検討した。なお、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を計測している²⁾。

3．搭乗者による手動車いすの操作方法の特徴

斜面における縦断走行では、斜面に対して垂直に上るので、基本的には左右の後輪に等しい力を与えて駆動する。個々の被験者の特徴としては、殆どの被験者が後輪を左右一緒に駆動させているが、若干名は左右交互に駆動していた。また、駆動間隔にも大きな相違が見られた。特に、数名の被験者は、縦断走行時、左右別々に短い間隔で駆動する特徴的な操作が見られた。さらに、被験者ほぼ全員が、斜面の傾斜角度が大きくなると、勾配に対抗するために、上半身を前に傾け、後ろに倒れないようにして駆動していた。

手動車いすでは、後輪は殆ど横滑りしないのに対して、前輪には旋回部の作動が滑らかなキャスト（自在輪）が使用されている。搭乗者を含む車いすの重心は後輪の接地点より前にあり、斜面上横断走行の場合、後輪の推力が等しい状態では車いすは谷側に向くことになり、直進するにはこれに抗する操作が必要になる。この操作としては、山側の後輪にブレーキをかけ（駆動力0もしくは後進する方向に駆動力を与え）、谷側の後輪を強く駆動するという方法になる。このように横断走行では、左右の駆動力がアンバランスになるので、車いすを操作する技術が重要である。横断走行を良好におこなう上での着目点は、通路からぶれたとき、あるいはぶれそうになったときに、搭乗者が上手に方向修正できるかどうかであると言える。

本実験においては、通路からはみ出さないように走行するよう指示されたため、駆動の度に方向修正をする被験者がいた。特に、傾斜角度が大きくなったときに顕著であった。また、方向修正が上手にできて通路内を走行できる被験者と、車いすの操作に不慣れであるため通路をはみ出す被験者がいた。

4．実験結果と考察

4．1．縦断走行

縦断走行実験のアンケート結果を、図 - 1 から図 - 3 に示す。グラフ縦軸の平均評価値は、表 - 2 のアンケート回答項目の数値を男女別に平均した値であり、平均評価値が高いほど、それぞれ、移動量、恐怖感、疲労感を強く感じた回答が多いことを示す。縦断走行における負担感は、腕力等によっても異なることが推察されたため、被験者の回答を男女別に整理した。

図 - 1 が示すように、傾斜角度が大きくなるほど、勾配に対抗して体重移動をしたという回答が多くなっている。これは、観察された通り、傾斜角度が大きくなると後方に倒れないように、身体を前に傾けていて、被験者自身もそれを強く認識していることが現れている。体重移動に関しては、ケース1と2で違いが見られない。

図 - 2 及び図 - 3 が示している縦断走行時に感じる恐怖感及び疲労感も、傾斜角度が大きくなるほど、それらを感じたという回答が多くなっている。ここで恐怖感、後方に下がるとか後方に倒れるといった怖さを指している。女性は、一般的に男性よりも力が弱いので、疲労感を強く感じていると思われる。また、力が弱いと、駆動しているのに登れない・後方に下がってしまうという怖さを感じるために、恐怖感についても女性の方が強く現れていると考えられる。また、図 - 2 に示した通り、ケース2における回答ではケース1におけるそれと比較して「恐怖を感じた」という回答が少なくなっていることから、慣れの影響が伺える。慣れによる恐怖感緩和の原因としては、経験を重ねると自らの操作できる限界がわかり、不安が少なくなることが考えられる。よって、一度大きい傾斜角度を経験すると、それ以下の傾斜角度では、恐怖感が緩和されていると思われる。

疲労感を尋ねたアンケートにおいて、4割の女性被験者が5度の傾斜角度で評価値4（かなり疲労を感じた）と回答している。傾斜角度6度、7度では登坂できなかった女性の被験者がいた。特に女性については、実験の様子から、本実験で実施した最大傾斜角度7度が限界のように感じられた。一方、ケース1とケース2ではあまり差がな

く、疲労感は操作の経験に影響を受けず、純粋に仕事に対しての評価となっていると思われる。

計測データの一例として、図 - 4 に、代表的な被験者 4 人の縦断走行時の傾斜角度と平均仕事率の関係を示した。車いすの後輪に作用する、駆動開始から次の駆動開始までの仕事 w (J) は、後輪

への駆動トルク(Nm)を後輪の回転角度(rad)で積分することにより算出される。平均仕事率($\bar{w}$)は、仕事 w (J)を駆動間隔(s)で除することで求められる。図 - 4 より、被験者による個人差は大きいものの、傾斜角度がある程度大きくなると、グラフの傾きがなだらかになる傾向があることがわかる。これは被験者が発生する仕事率に上限があるためと考えられる。

4.2. 横断走行

次に横断走行について、図 - 5 から図 - 7 に、アンケート結果をまとめたものを示す。横断走行では、被験者全員の平均値を用い、縦断走行と同じくケース 1, 2 に分けて、グラフ化した。

図 - 5 には、片手こぎをしたかどうか(谷側の後輪にだけ駆動力を与える操作をしたかどうか)を示し、片手こぎをしたという意識が強い回答が多いほど平均評価値が高い。傾斜角度が 4 度以上では、平均評価値が 3 以上になり、片手こぎになったという回答が多くなっている。この項目に関しては、ケース 1 と 2 で違いが見られず、傾斜角度の大きさに応じて、片手こぎという操作が必要不可欠になることを示している。

図 - 6 は意志と違う方向にぶれたかどうか、図 - 7 は方向修正をしたかどうかを示し、ぶれた・修正した意識が強い回答が多いほど平均評価値が高い。この 2 項目は密接に関連しており同じ傾向を示し、ケース 1 と 2 で差が現れており、これらの項目については慣れの影響があると考えられる。横断走行は、3 章で述べたように、方向修正が上手にできている被験者とそうでない被験者がおり、これにより結果的に、通路からはみ出さないとか、車いすの操作自体がスムーズであるといった、車いすの走行特性が特徴づけられると考えられる。

横断走行における計測データの一例として、図 - 8 に、代表的な被験者 3 人について、傾斜角度と最大旋回角速度の関係を表した。最大旋回角速度は車いすの旋回運動の激しさを示し、この値が大きいほど暴走の危険が高いものと考えられる³⁾。傾斜角度が大きくなるほど、最大旋回角速度が大きくなって暴走の危険が高くなることは容易に推測できる。図 - 8 における被験者 3 人についても

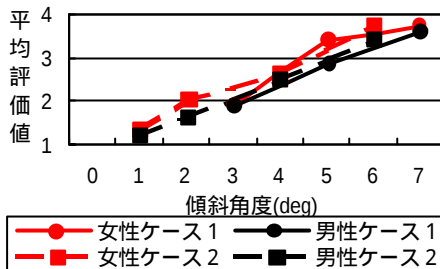


図 - 1 縦断走行アンケート結果
体重移動をしたか

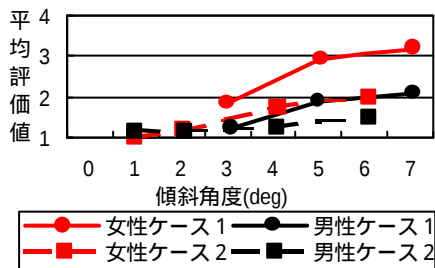


図 - 2 縦断走行アンケート結果
恐怖を感じたか

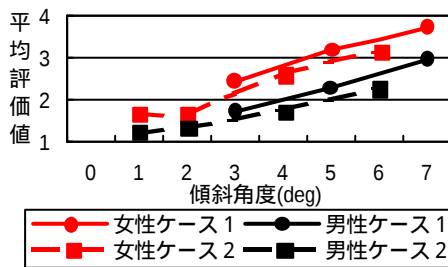


図 - 3 縦断走行アンケート結果
疲労を感じたか

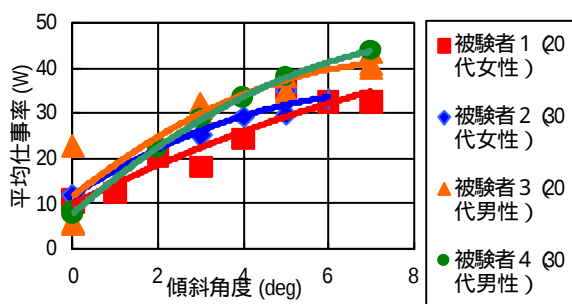


図 - 4 縦断走行計測データ例 平均仕事率

その傾向が見られる。また、被験者 6 は、傾斜角度が 3 度以上で、すでに 7 度とほぼ同等の暴走の危険性があることを示している。

以上の実験結果をまとめると、斜面上の縦断走行及び横断走行において、2 度までが特段の問題なく走行できる傾斜角度、3 度は負担や操作の困

難さが出てくる傾斜角度、5 度までが負担や操作の困難さはあるが走行可能な傾斜角度、6 度以上では、走行が難しい傾斜角度であると考えられる。

但し、本実験の被験者の殆どが車いすの操作に不慣れであったことや傾斜装置上の走行距離が短かったこと等を考えると、4 章の結果が必ずしも車いす利用者による評価と一致するとは言えない。しかし、車いすを利用する人全員が車いすの操作に熟練しているわけではないのも事実である。被験者や実験条件を適切に設定することにより、本稿で示したアンケート項目等を検討して、斜面上における車いすの走行限界を明らかにしていくことができると考える。

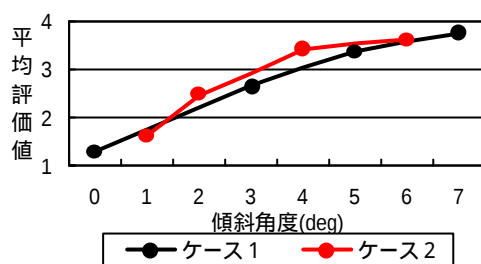


図 - 5 横断走行アンケート結果
片手こぎをしたか

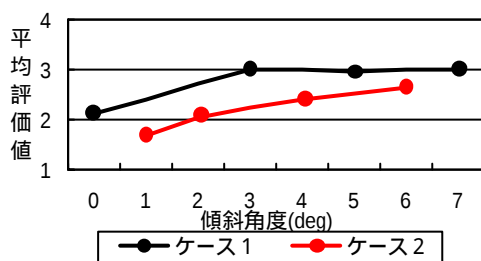


図 - 6 横断走行アンケート結果
意志と違う方向にぶれたか

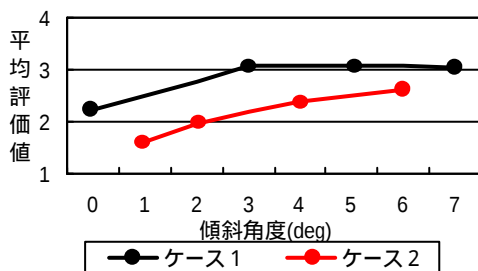


図 - 7 横断走行アンケート結果
方向修正をしたか

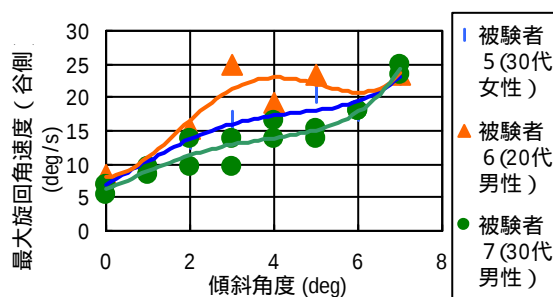


図 - 8 横断走行計測データ例 最大旋回角速度

5. あとがき

本稿では、静的な傾斜条件下において、搭乗者による手動車いすの走行実験の結果を基に、斜面上での走行限界や負担感について検討した。今後は、本実験で得られたアンケート結果及び計測データを参考にしながら、船体運動を想定した動揺条件下における検討をおこない、車いす走行の安全及び快適さを示す指標を策定できるよう研究を進めたいと考えている。

また、本実験において、斜面を横断走行するような左右の駆動にアンバランスさがある場合は、手動車いすを搭乗者が自分で操作するのに困難さを伴うことがわかった。動揺条件下においても、同じ困難さがあることが推察される。よって、このような場合に対処するための走行補助装置についても検討していきたいと考えている。

最後に、実験に参加並びに協力くださった多くの方々へ深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 大橋将太：旅客船のバリアフリー化について，TECHNO MARINE，日本造船学会，第 856 号，pp.51-53，2000.10
- 2) 橋詰努他：手動車いすの走行性能の研究，第 11 回リハ工学カンファレンス講演論文集，日本リハビリテーション工学協会，pp.481-482，1996.7
- 3) 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 2001 年度春季研究発表講演会講演論文集，2001.5