横断勾配における車椅子の操作性に関する研究

九州大学工学部　地球環境工学科　学生会員　○岡村洋一郎
九州大学大学院　工学研究院　正会員　大枝　良直
九州大学大学院　工学研究院　正会員　角　知憲

１．はじめに

車椅子で走行する人にとって障壁となるものとして，歩道の傾斜，段差，電柱や放置自転車の支障物件，擦り付け勾配など多数挙げることができる．現状の道路環境について，歩道の構造に関しては，道路構造令などで規定されており，道路環境の改善が進められているところである．しかしながら，車椅子使用者を含む高齢者や障害者にとって，一部の既設歩道においては十分な設計，整備がなされているとは言い難い状況である．こうした状況から，本研究では，車いすの走行に着目して，道路の横断勾配について研究することとした．そこで，車いすの走行不安定性を測定するとともに，最も走行しやすい横断勾配が求められる評価関数を提案する．走行不安定性という言葉は後で定義する．

２．走行実験

横断勾配路面における走行不安定性の量を調べるために，実験走行路を作成し，車椅子による走行実験を行った．ここでいう走行不安定性とは，走行のしにくさを表す指標で，傾きによってずれる量のことを指す．実験走行路は，木製平板を用いて路面長さ３．６m，路面幅０．９mの実験走行路を作り，木製角材を地面と板との間に挟むことにより各勾配を作った．測定した勾配は１%，３%，５%，７%である．勾配をこの値にした理由は，歩道における段差及び勾配等に関する基準[1)]に横断勾配の標準は２%と記載してあり，また勾配が５%程度になると，手動車椅子の走行操作負担がかなり大きくなる[2)]ことから，これらの値を考慮した勾配にして実験を行った．本研究がこの研究と異なる点は評価関数を提案する点である．

測定の仕方は，始めに車椅子が静止している状態の前輪の位置を基準の０として，そこから前輪が左右に動いた垂直距離を走行不安定性の値として１０ｃmおきに測定した．その際，速度の測定を行うために，磁力により抵抗値が変化する器具を用いる．車椅子の走行速度の測定は，後輪フレームの部分に磁石を２１．６ｃmごとに取り付け，磁力の変化による電圧変化をデータレコーダに記録し，速度を測定する．

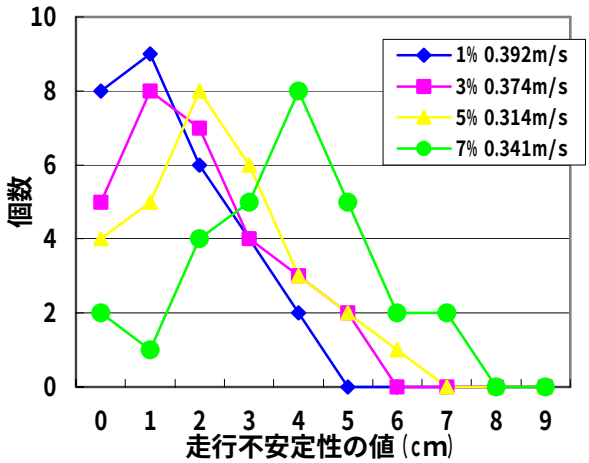
山側，谷側の定義については，まず車椅子を実験走行路上に，最大傾斜線に対して直角に，下り斜面を右側に見るように配置する．この配置の仕方を谷側とし，山側は下り斜面を左側に見るような配置とする．被験者は，実験走行路上を，駆動輪を操作して，車いすの直進が維持されるように走行する．被験者の利き手が右手で，谷側の配置の時を「利き手が谷側」とし，山側の配置の時を「利き手が山側」と呼ぶこととする．各勾配において，「利き手が谷側」の場合と「利き手が山側」の場合を２回ずつ，走行しやすい速度で走行する．

被験者はＡ～Ｃの健常者３名である．

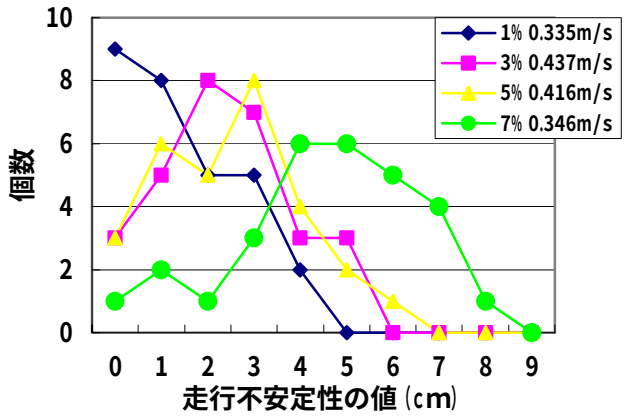
被験者Ａ：男性２３歳，被験者Ｂ：男性２１歳

被験者Ｃ：男性２２歳

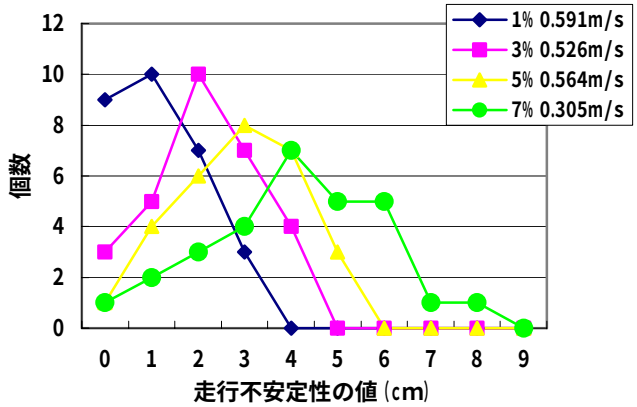
実験結果については，利き手が山側の時の走行不安定性の値の頻度分布を図１～３で示す．利き手が谷側の図は省略した．



図－１　被験者Ａ



図－２　被験者 B



図－３　被験者 C

勾配が１％→３％，３％→５％に変化する時に比べて５％→７％に変化する時の方が，よたつきの総量の変化量が大きい．よって勾配が７％になると，よたつきの総量がかなり大きくなることから，被験者にとって相当な負担になっていると考えられる．

３．走行時の不愉快さの評価関数

実際の走行に際しては様々な要因（勾配，幅，路面性状，速度等）があり走行時の走りにくさの評価は難しいと考えられる．また，各ケースについて一連の評価をするような場合があるが，評価の幅などは個人の感覚に大きく左右される．そのため，本研究では，ある要因で構成されるケースを異なった内容で２つ考え，これを走行し，走り易さ（にくさ）を答えてもらう方法を取ることにした．ただし，各ケースには複数の要因が含まれるため，比較時には評価関数を用いて各要因の効果をも求められるようにした．車椅子使用者が勾配１％，３％を走行する時の評価関数を式（１），（２）のように仮定する．

$$U_{1\%} = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 \quad (1)$$

$$U_{3\%} = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 \quad (2)$$

ここで，$U_{1\%}$：勾配 1%の時の効用

$U_{3\%}$：勾配 3%の時の効用

α_1，α_2：パラメータ

X_1：勾配（%）

X_2：向き（利き手が谷側を１，山側を０）

効用は走行のし易さを表し，勾配１％の時の効用が３％の時より大きい時，１％を選ぶ確率（$P_{1\%}$）を（３）に示す．

$$P_r\{U_{1\%} > U_{3\%}\} = P_{1\%} = \frac{1}{1+\exp\{U_{3\%} - U_{1\%}\}} \quad (3)$$

被験者に各走行ケースにおいて，直前の場合と比べてどちらが走行しやすかったかを聞き，そこから得られたデータから最適なパラメータを求めると，$\alpha_1 = -0.151$，$\alpha_2 = -0.605$となる．これらの値を（１），（２）に代入して、勾配が１％，３％で、利き手が共に谷側のケースの効用差を求めると，$U_{3\%} - U_{1\%} = -0.302$となる．ほかの勾配の場合も同様にしてパラメータ，効用差が求まる．

４．考察と今後の課題

α_1，α_2共にマイナスの符号がついているので，勾配が増すほど効用は小さくなり，利き手が谷側の時に効用は小さくなる．すなわち，車いすの直進が維持しにくいことが分かる．よって，利き手が山側の方が被験者にとって走行しやすいと考えられる．

今回の評価関数には勾配と向きのみを用いており，路面の性状，路面の長さ，車椅子の構造などの要因が含まれていない．したがって，これらの要因を考慮した評価関数を構築することが今後の課題である．また，今回健常者を被験者としているが，今後は車椅子常用者を対象にして実験を実施することによって，より有用なデータを集める必要がある．

参考文献

１）歩道における段差及び勾配等に関する基準，建設省，1999

２）I. Yoneda,, S. Kasuya, et al.：Quantitative Evaluation of Influences of Road Condition on Maneuvering Manual Wheelchair *Proceedings of TRANSED2004*, pp.653-661, 2004