

勾配や路材の異なる街路における高齢者の歩行特性に関する研究

Study on The Walking Characteristics of The Old People on Street with Varied Slope or Quality.*

大枝 良直 ** 須賀 正志 *** 田中 正和**** 角 知憲*****

Yosh inao OOEDA ** Masashi SU GA *** Ma sakazu TANAKA **** T omonori SU MI*****

1. はじめに

人が街路を歩行する際、勾配の急な坂道、段差、路面の凹凸などは人体にとって負担となり得る。特に高齢者として、それは大きなものと予想できる。本研究では街路を利用する人の負担を表す指標として靴底にかかる荷重と足のあがる高さ及び心拍数を考慮して勾配の異なるケースとコンクリートや土といった道路の材質の異なるケースについて若者と高齢者の測定を行いその歩行特性を考察するものである。

2. 測定概要

(1)測定装置及び測定ケースの概要

歩行特性を調べる指標として靴底にかかる荷重(支持力重心の移動)と足の上がる高さを考慮したのはこれらの値が力学的なもので、街路状況に応じて顕著に差がでてくると推測したからである。また生理学的な観点から心拍数も今回の歩行特性の指標とした。

今回の測定では、路面の材質及び勾配の変化が与える影響を分析することとした。路面の材質に関する実験ではアスファルト、土、コンクリート、弾性路面で実験を行った。ここで弾性路面とは後述するランニングマシンに使用されている硬質ゴム製ベルトのことで他の3つの路面の材質に比べて弾力性がある。

勾配変化に関する測定ではランニングマシンを使用し、勾配0%~12%を2%きざみで測定した。

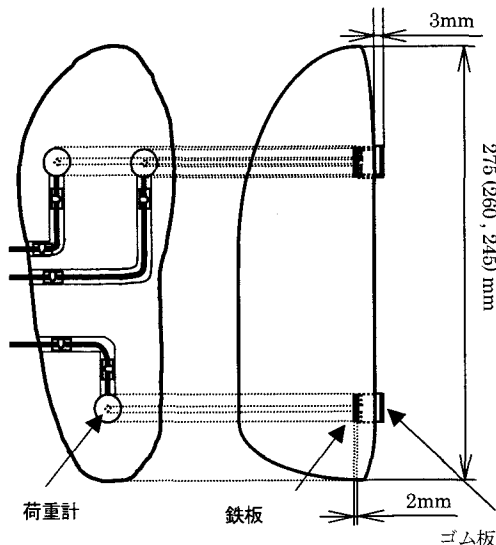


図-1 荷重測定に用いた靴

表-1 路面の衝撃及び勾配のきつさの評価表

評価	路面の衝撃	勾配のきつさ
5.0	強い	非常にきつい
4.0	やや強い	きつい
3.0	普通 (アスファルトの衝撃レベル)	ややきつい
2.0	やや弱い	あまりきつくない
1.0	弱い	全くきつくない

その際、普段の速度で歩いてもらうため、各被験者に速度の確認を行い、各設定で同距離を連続測定した。被験者は20台前半の若者5名と高齢者10名(65歳~82歳)の計15名である。

荷重測定では、図-1のように親指付け根、小指付け根、かかとに荷重計を取り付けた靴を被験者の足のサイズに合わせて3足製作し(荷重計は同位置に設置)、測定した。

足の上がる高さについては、靴の先端と後部に発光ダイオードを付けてビデオカメラで撮影し、後日データを読みとった。

また以上に加えて、路面実験では靴底への衝撃についてアスファルト路面を基準に評価を、勾配変化に関

* キーワード 交通弱者対策

** 正会員 九州大学大学院助教授

(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

TEL:092-642-3274 FAX:092-642-3274

*** 非会員 国土交通省

**** 非会員 福岡県庁

***** 正会員 九州大学大学院教授

する実験ではきつさに関する評価をそれぞれ行った。そのときに用いた評価値を表-1に示す。

荷重及び足の上がる高さ測定では右足のみを対象とした。心拍数測定では路面の変化に対しては有意な変化は予想されないことから、勾配の変化に関する実験においてのみ測定を行った。

(2) データ整理概要

まず、本研究ではかかとの荷重計が反応し始めてから、親指付け根の荷重計、もしくは小指付け根の荷重計が反応しなくなるまでを便宜的に1踏とする。ただし、200g未満は無視し、荷重補正試験より求めた荷重補正係数をかけておく。また1踏あたりのデータは、各試行によってデータ数(1踏の時間)が違うため、すべての被験者、測定ケースにおいて、1踏を200個に直線近似で分割した。

製作した靴において、3つの荷重計の中心位置の平面座標と荷重の係り具合で支持力重心位置が求まり、その1踏時間での軌跡が支持力重心移動となる。そして各被験者、各測定ケースにつき10踏分の歩行データを取得するが、1踏における各時刻における各々の座標値を平均することで、それぞれの時刻における平均的な支持力重心位置が求められる。各試行にはばらつきが生じるが、各被験者の使用靴のサイズで無次元化を行い、支持力重心の平均位置を用いて式(1)で表す任意時刻の σ_i を求める。これを支持力重心のぶれ

とし、これを式(2)に表すように1踏の全時間分合計すれば支持力重心のぶれ合計値Sが求められる。

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{X_i - \mu_x}{L} \right)^2 + \left(\frac{Y_i - \mu_y}{L} \right)^2 \right]}{N}} \quad (1)$$

$$S = \sum_i \sigma_i \quad (2)$$

足の上がる高さについて、足を前に出すときの足先の最高位置とかかとの最高位置のデータを取得した。ビデオカメラで撮影した映像をコマ送りしながらスタッフ台の目盛りから路面に対して1mm単位でまで読みとり、静止時のつま先位置とかかと位置の値を引いて、正味の足を上げた高さをとっている。また、体格の違いで足の上がる高さに差がでるため、足の長さ(腰

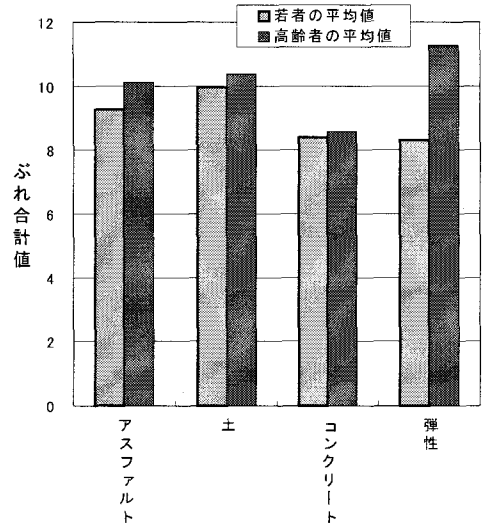


図-2 平滑度が与える歩行への影響

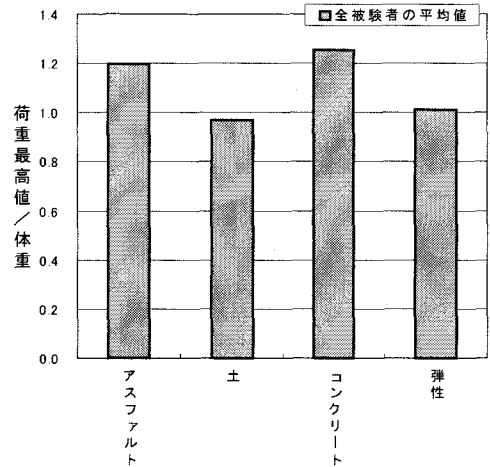


図-3 路面の弾性変化が与える衝撃

骨位置までの長さ)で無次元化した。なお、すべてのデータはビデオカメラ据え付け位置と実際の歩行経路との距離、同じくスタッフ台との距離から補正を行った。

心拍数では平常時と0%~12%(2%きざみ)までについて、心拍数の変化が一定になってから測定終了までのデータを取得し、その平均値を扱った。

3. 路面の材質が及ぼす影響

各被験者において、歩行の速度、歩幅やべたべたさといった歩き方によって支持力重心の移動に個人差が大きいため、前に述べたぶれ合計値という指標を用いて測定をした。

図-2はアスファルト、土、コンクリート、弾性路面についてそれぞれ高齢者、若者のぶれ合計値の平均値を示したものである。今回の実験では、アスファルト及び土路面には若干の凹凸がある地点で測定を行った。コンクリート及び弾性路面はほぼフラットである。

図-2では、アスファルト、土においては若者と高齢者ともに大きくなっており、コンクリートではともに低く出ている。以上の場合では、高齢者の方がふらついているものの、その差は小さい。弾性路面では若者はコンクリート同様にぶれは小さいが、高齢者は大きく出ている。これは弾性路面の場合、ランニングマシンを使用しているが、通常の歩行運動とは異なり、路面が動くという条件での測定であり、高齢者にとって慣れにくいということが考えられる。もう少し詳細に調査する必要はあるが、平滑度という観点から少しの凸凹でもぶれ合計値に与える影響は大きいと考えられる。

図-3は各材質を横軸に、縦軸に足にかかる全荷重の内、1踏間での最大値を被験者の体重で無次元化した値の全被験者の平均値を示したものである。土と弾性路面の値は小さくこれらの弾力性のある路材の衝撃緩和効果は大きい。

図-4は横軸に図-3で用いた荷重の無次元値についてアスファルトでの値を基準に修正した値を、縦軸には表-1に示した衝撃の感じ方の評価を個人差をなくするため1～5であらためて標準化したものを示したものである。回帰分析を行い、その相関係数を求めたところ0.69であった。

足先の上がる高さに関して、路面に関する実験とランニングマシンでの実験において歩幅の変化が大きいため、振り子運動をすとして補正した値、かかとの高さの値ともに路面間及び年齢差に有意な差はみられなかった。

4. 勾配変化が与える歩行への影響

勾配変化が与える影響として、まずぶれ合計値について測定を行った。図-5は勾配変化に対して若者と高齢者のデータをプロットし、それぞれの平均値を図中に線（若者）と破線（高齢者）で示している。前述したように両者のランニングマシンにおける歩行の習熟度の差はあるにしても、高齢者の方がかなり大き

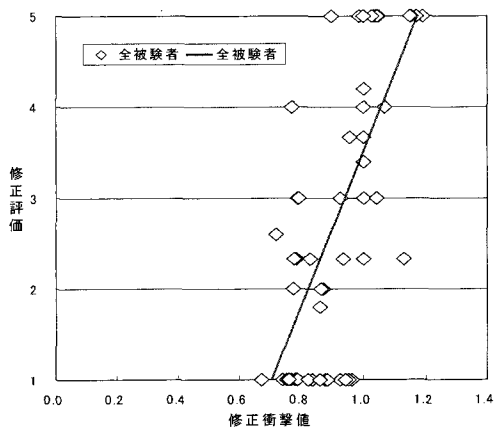


図-4 衝撃 評価関数

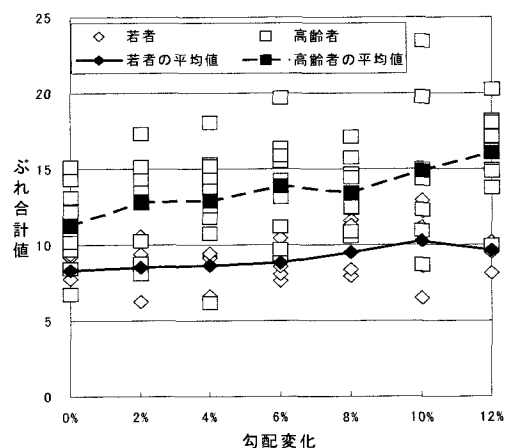


図-5 勾配 変化が与える影響（ぶれ）

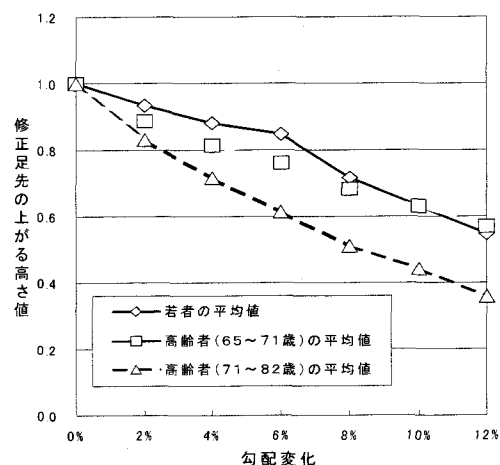


図-6 勾配 変化が与える影響（足の高さ）

く若者の方がふらつきが少ない。さらに勾配が上がる

につれて両者の差が拡大している。また高齢者には、ばらつきが大きいことも見てとれるため、高齢者を年齢の上下で分類することを試みたが有意な差がみられなかった。

また、表-1に示すきつさの評価について個人差をなくすように修正し、その修正値とぶれ合計値の平均値との回帰分析を行った。若者、高齢者の回帰式の相関係数はそれぞれ0.88、0.93となった。

次に足の上がる高さで、特に足を蹴り上げた時の最高高さでの勾配変化の影響を分析する。

図-6は、個人差を取り除くために勾配が0%のときの足先の高さで割り、年齢別に平均したものを縦軸にとったものである。勾配の上昇に対してどの年齢層も減少を示しており、勾配の場合差をよく表している。特に高齢者中の71～82歳区分の減少率が大きく、年齢差も適度に見られる。また、各被験者の修正された足先の上がる高さ値と、衝撃評価と同様に拡張したきつさの評価を図-7のように分けてプロットした。回帰分析によりそれぞれの評価関数を求めたところ、若者と高齢者(65歳～71歳)、高齢者(65歳～71歳)の回帰式の相関係数はそれぞれ-0.83、-0.90となった。

心拍数については各勾配における被験者の平均値をプロットしたものを図-8に示す。個人差はあるものの勾配が大きくなると心拍数の上昇がみられ、高齢者と若者とでは高齢者の方が心拍数が低い傾向がでており年齢による差異もみられる。個人差を取り除くため、勾配が0%の値で割ったものと修正評価による評価関数でもまずまずの結果がみられた。

5. 結論

本研究では、歩行特性を表す指標として、足の裏にかかる荷重、その重心のぶれ、足の高さ、そして心拍数を取り、路面の異なる材質や勾配が変化したときの高齢者や若者の歩行を測定してその評価を試みた。

その結果、路面の材質が持つ凸凹(平滑度)や弾力性の影響については、本研究で用いたぶれ合計値という指標によって表すことが可能である。さらに路面の弾力性の影響については靴底の荷重で評価することが可能であり衝撃の大きさをみることができる。また、その衝撃と人の評価はある程度適応している。勾配の

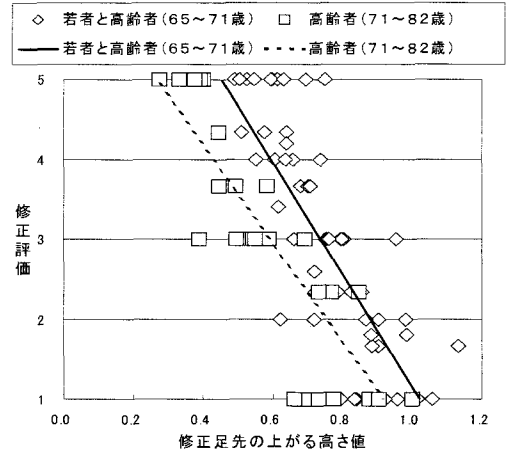


図-7 きつさの評価関数(足の高さ)

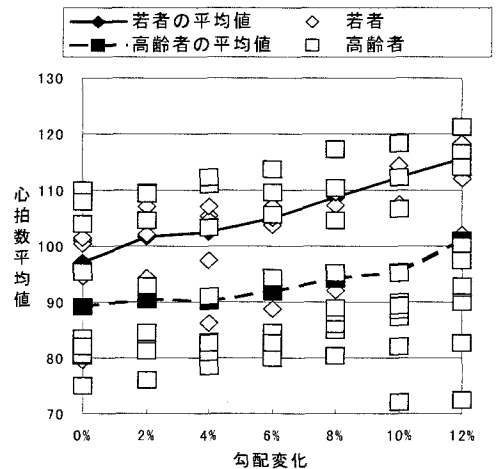


図-8 心拍数の勾配に対する変化

影響については、ぶれ合計値、足の高さ、心拍数とも勾配の変化に応じてよく応答しており、どの指標も勾配の大きさときつさの評価に相関がみられた。特に足先の上がる高さが良く、ぶれ合計値は年齢差及び場合差を適切に応答していると考えられる。

今後の課題として、各指標にはばらつきがあり、若者と同様にふらつかない高齢者もあり、年齢の上下以外にも分類の仕方の工夫が求められる。さらには路面の段差、下り勾配、横傾斜といった街路状況についてもこれらの指標を適用していく必要がある。

参考文献

- 1) 須賀正志, 大枝良直, 田中正和, 角知憲: 街路における高齢者の行特性に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No. 23(1), pp. 599-602, 2000