

## 街路における人の歩行特性に関する研究

*The human research on the walking characteristics  
in the sidewalk.\**

須賀 正志\*\* 大枝 良直\*\*\* 田中 正和\*\*\*\* 角 知憲\*\*\*\*\*  
Masashi SUGA \*\* Yoshinao OOEDA\*\*\* Masakazu TANAKA \*\*\*\* Tomonori SUMI\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

人が街路を歩行する際、急な坂道、段差の大きい階段などは人体にとって負担となり得る。特に高齢者の方にとって、それは大きなものと予想できよう。本研究では、人の歩行特性、特に高齢者について分析をし、それ以外の者との比較を行う。

まず歩行特性を調べる指標として、歩行時のぶれに着目した。街路環境が悪ければ、ぶれは大きくなるものと予想され、靴底における重心位置の移動を個人について明らかにし、歩行時のぶれを算出することとした。人間工学的な見地から親指付け根、小指付け根、かかとに荷重計を取り付けた靴を作成し、各街路状況各被験者において街路が与える歩行への影響を分析していく。また本研究では、かかとが着き始めてからつま先が離れるまでを便宜的に一步とした。

我が国においては、近年の高齢化の進展と共に、交通弱者のモビリティの向上は社会的要請となっており、より快適な街路環境が求められており、本研究がその一助となれば幸いである。

### 2. 実験概要

まずサンダル（フリーサイズ）の靴底にアルミ板を張り、その上に荷重計の部分をくり抜いたコルク板を

重ね、荷重計を裏返すことにより3点で支持可能な靴を作製した。

それを用いて図1のように接続し、被験者一人あたり、勾配のない場合、5%と10%勾配でそれぞれ上りと下り、5%と10%勾配の横傾斜において測定を行った。また本研究で定義した1歩について、各場合、各被験者でそれぞれ10回ずつ右足についてのみ測定した。被験者は50才以上の方を3名と20代前半の方5名である。

なお勾配の設定については、スマートレベルを用い、ベニヤ板を所要の勾配に設置し、一回の試行につき一步分のデータを取得した。

また、3点支持では測定時に拾いきれない部分の荷重が生じるため、各個人において、静止時に片足を体重計に乗せ、体重計の指す目盛りと測定荷重の合計の比を算出し、実験で測定された荷重にこれをかけることで、荷重のかかり具合を補正することとした。

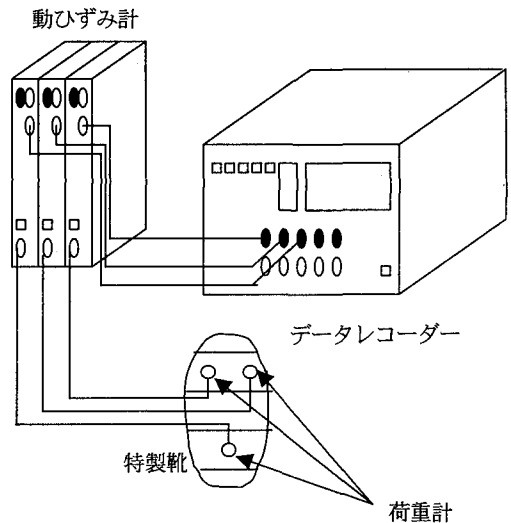


図1. 実験概要図

\* キーワード 交通弱者対策

\*\* 学生会員 九州大学大学院 工学研究科 修士課程

(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

TEL:092-642-3275 FAX:092-642-3306

\*\*\* 正会員 九州大学大学院講師

\*\*\*\* 学生会員 九州大学大学院 工学研究科 修士課程

\*\*\*\*\* 正会員 九州大学大学院教授

### 3. データ処理概要

本研究では、かかとが接地してからつま先が離れるまでを便宜的に1歩と定義し、測定によって得られたデータについて、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の間を取得した。ただし、100g未満は無視した。1歩あたりについてみれば、各試行によってデータ数（1歩の時間）が違うため、各被験者、各場合において、最高データ数に合わせて、直線近似で分割した。これにより、各個人の平均的な一歩の重心変化の軌跡の算出が可能となる。秒単位ではなく、歩という単位で時間軸を考えていく。

次に重心位置については、3つの荷重計の位置を平面座標に決め、測定された各荷重から求まるものである。被験者1人あたり10個の歩行データを取得するが、ある時刻においてそれらの座標値を平均して、平均的な靴底重心位置が求められる。

ここにおいて各試行との距離が生じるわけだが、各被験者の足のサイズで無次元化を行い、その10個の無次元距離データを平均化すれば、確率統計における分散の意味合いをもつ指標となる。これを支持力重心のぶれとし、またこれが最大となる歩数時刻は、最もぶれている時刻と言うことができる。

### 4. 歩行分析

#### (1) 重心変化について

図2、図3は前述のようにデータ処理を行うことにより、被験者Aについて、平地、10%勾配の坂の上り、下りの各場合における1歩の平均的な重心移動を示したものである。なお、靴底における重心移動では姿勢や歩き方による個人差が大きいため、1人の被験者について考察する。

靴底平面上のy軸（かかとから足先）について、上りでは0.5歩程度で3点の重心を通るのに対し、下りでは0.2歩で通過している。y軸方向の速度で考えれば、下りでは初期速度が極めて高く、上りでは0.8歩程度まで定速に近い。上りでは、つま先方向へ重心が移動しにくく、下りはその逆で、つま先部分で支持している時間が長い。

x軸（親指、小指方向）では平地時に比べ、上り、

下りともに蹴り上げ時に親指方向に振れている。なお被験者Aについて、蹴り上げ時で平地よりx軸方向の速度が大となるか検定を行ったところ、10%勾配の上りで危険率1%で有意差があり、同下りでは、10%で有意差があった。個人差があるが、傾斜がきつくなるにつれ親指で蹴り上げる傾向がある。

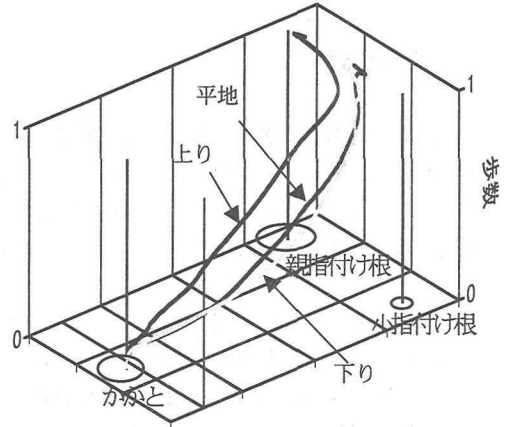


図2. 各勾配における重心移動

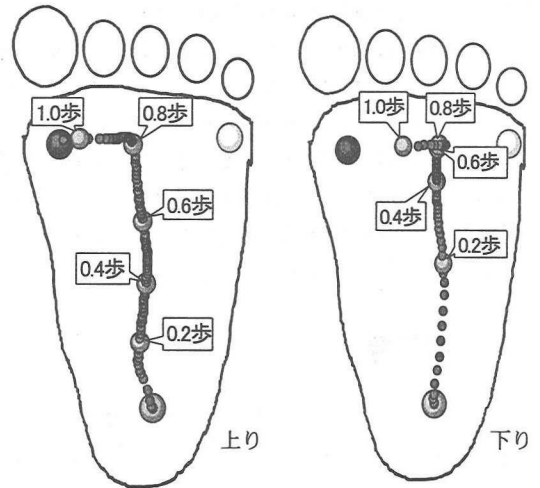


図3. 靴底平面でみた重心変化

#### (2) 荷重合計について

荷重の変化では、上り時ではピークが0.8歩付近にくるのに対して、下りは0.4歩になっている。下りではつま先へ重心が移動する際の衝撃的荷重が支配的であり、逆に上りでは、歩行に必要な出力がピークにあたると思われる。ただ図4では、平地時では体重を

こえる荷重が出ていないし、また5%でもかかり具合が悪い。製作した靴の合成ゴムといった荷重計以外の部分が支持している可能性があり、補正の仕方、靴の自由度等改善の余地がある。

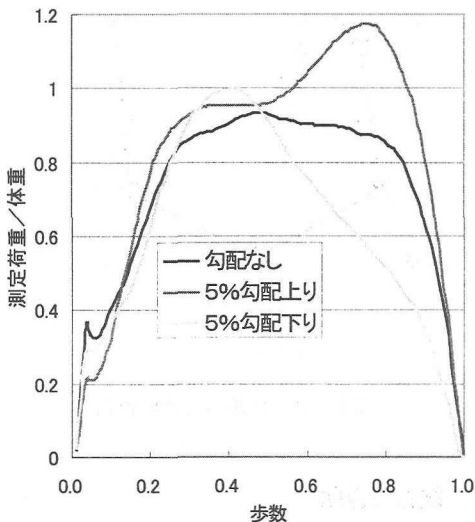


図4. 1歩の荷重変化

## 5. 年齢差・場合差の検討

### (1) 重心のぶれによる検討

各場合、各被験者で、重心ぶれが最大となる歩数時刻があり、その点でのぶれ値をそれぞれプロットしたものが、図5-1である。なお横傾斜は斜面に対して足が上側と下側のデータで、危険率5%で有意差がないことを確認の上、取り扱った。

20代前半と50才以上の両者について比較すれば、後者はすべての場合で前者よりぶれており、平地を除き5%で有意差が認められた。

次に場合差について、50代前半では平地と10%勾配上りで5%程度で有意差があった。また両者についてすべてで5%勾配より10%勾配の方がぶれが大きい。また、図5-2のように両者のぶれの差をみた場合、50才以上が20代と比べて街路環境の変化に対して大きく反応していることが分かる。

両者ともにいえるが、平地におけるぶれがかなり高く出たが、習熟度の関係で最初に実験をした平地が大きくでた可能性と製作した靴の自由度の問題が考え

られる。また横傾斜の場合、X軸の影響度が小さく正当に評価されていない恐れがある。これらを防ぐには、X軸方向のぶれのみで分析するか、X方向、Y方向を同じ座標間隔にするなどの方法が考えられる。また、何度か歩いてもらって習熟度を高める必要があり、靴の自由度を高め、靴サイズの多様化が不可欠であろう。

なお、支持力重心の歩数軸対するぶれ合計では、下りなどではY軸の重心移動が早い段階で終わるため、歩数軸に対する合計では値が小さくでるという問題点があり、ここではふれていない。

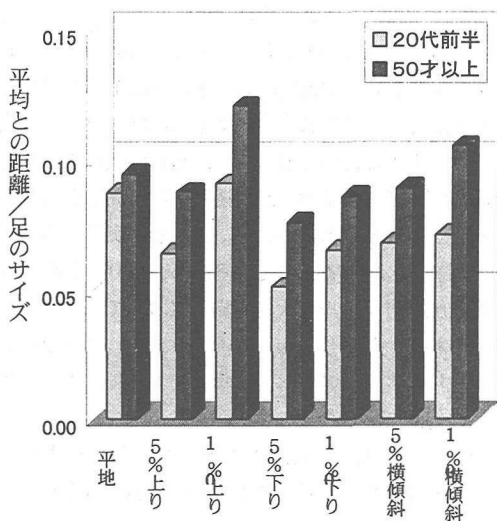


図5-1. 支持力重心のぶれ最大値の比較

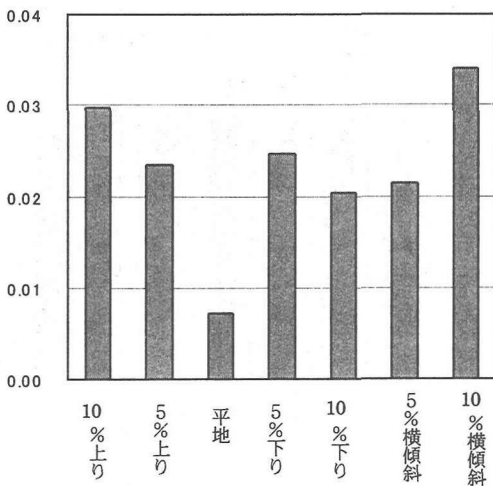


図5-2. 両者のぶれ最大値の差

## (2) 荷重合計による検討

次に身体からの直接入力である荷重合計で分析する。静止時で単純に片足に体重の半分がかかるとすれば、歩行することによりそれ以上の入力が生じる。例えば足を蹴り上げる時、片足で立つため体重より大きい荷重が発生する。図6-1では測定荷重を無次元化し、歩数時間軸に対して0.5を越える部分の面積を歩行によって発生する負担と考え、それぞれプロットした。図6-2は、他の場合と平地の比である。

当然のことだが、歩幅、踏み込む速度、足の上げる高さは20代前半の方が大きいことが予測され、50才以上に比べて大きな値となっている。たが平地と比べれば、20代前半は5%、10%勾配の上りで危険率5%で有意差があり、50才以上は10%勾配の上りを除き、5%で有意差が認められた。ただ20代前半で、平地に比べて他の場合が負担が低い場合が見られたが、これは歩幅、踏み込む速度、高さを無意識に調整していると考えられる。また歩行実験への習熟度等が影響しているものとみられる。10%勾配より5%勾配の方が負担が大きい場合についても同理由と考えられる。しかしながら特筆すべきは、50才以上は平地に比べて他のすべての場合で大きく、下りでは5%の勾配でもかなりの負担がある点だ。

身体負担に関しては、まだ修正しなくてはならない点が多く、現状では支持力重心のぶれのほうが年齢差、場合差をよく表している。

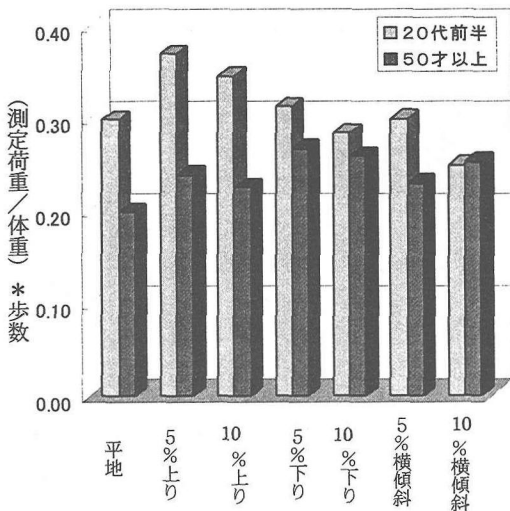


図6-1. 歩行によって発生する身体負担

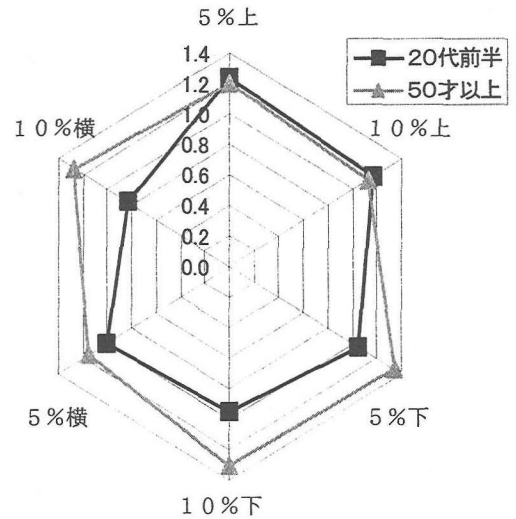


図6-2. 各場合と平地の比

## 6. 結論と課題

20代前半と50才以上という分け方ではあるが、本研究により後者のほうが歩行時にふらつきやすいといえる。また街路設定がきつくなるにつれ、両者のぶれ最大値の差は大きくなる。X軸、Y軸の適切な評価、重みづけは欠かせないが、支持力重心のぶれという指標自体は歩行への影響を考えるうえで、有効だと考えられる。

また、ぶれの合計による評価も課題であり、重心移動の大きいところに重みづけを行うといった手法を用いて検討する必要がある。

次いで身体的な負担においては、若者のほうが値としては大きくては、平地との比では、場合差が顕著に見られる。歩行によって生じる身体的負担についてはもう少し工夫の余地がある。

本研究で協力頂いた方は、比較的活発であったがそれでも顕著に差がみられた。50才以上を細かく区切り被験者を増やし、より自由度の高い、サイズの多様な靴を用いれば、街路が与える歩行への影響を詳細に拾い上げることが可能となろう。また実験的な裏付けとともに人的評価を加味することで、街路の正当な評価が実現できると考えられる。