

小段差に対する歩行挙動について

九州工業大学 学生会員 伊藤浩介

九州工業大学 正会員 寺町賢一

九州工業大学 正会員 渡辺義則

1. はじめに

日常の歩行空間において、歩道は必ずしも平坦であるとは限らない。歩道整備直後は良い状態であっても時間の経過もしくは追加工事により凹凸が生じる。このような段差のある歩道が、歩行者にとって安全で快適な歩行空間であるとは言えない。そこで、本研究では通常の歩行高さで通過可能な小段差に注目して、その歩行挙動を測定し、各年代における被験者の段差に対する反応を明らかにする。

2. 歩行挙動測定

今回、測定は複数の高さの小段差について着目した為、屋内で実施した。被験者の靴（つま先、中央、かかとの各部分）に半球型のマーカーを貼り付け、歩行している様子を被験者からみて左側側面からビデオカメラで撮影した。段差については、段差 6mm、段差 12mm、段差 18mm を設け、段差が無い状態とあわせて歩行挙動を撮影した。

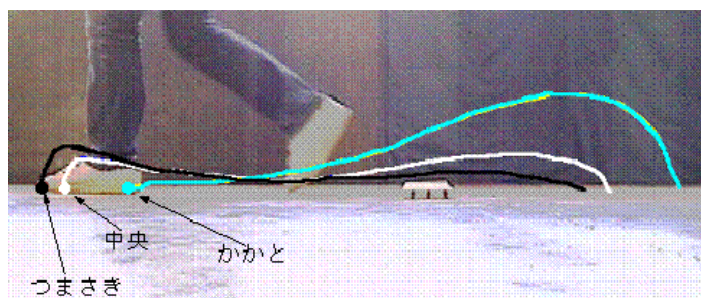


図1 歩行軌跡

(図 1,2 参照) 歩行回数については、段差が無い状態と、各段差を 7 回ずつの計 1 人当たり 28 回とした。被験者については、各年代（青年期：15 歳～39 歳、壮年期：40 歳～64 歳、高年期：65 歳～）の計 36 名に協力して頂いた。撮影したマーカーの軌跡から足の挙動を明らかにする為、画像分析ソフトを用いてマーカーの中心の動きをシーン毎に追跡し、数値座標化した。なお、段差を通過する一連の動作を一步と定義し、歩行挙動を把握する際の対象とした。

3. 補正

数値座標化した時点ではマーカーの中心座標 (x,y) を追跡しており、実際の足の挙動を把握する為には靴底面座標 (x',y') が必要である。そこで、両者の距離を D 、各マーカーの中心を結んだ直線と路面の交角を θ_1 とし、靴底面座標 (x',y') を求めた。以上の操作をマーカー補正とする。(図 3 参照)

また、被験者の進行方向と撮影方向は必ずしも垂直であるとは限らない為、これらの交角を θ_2 とし、原点を中心に回転させた座標系での靴底面座標 (x'',y'') を求めた。以上の変換を回転補正とする。(図 4 参照)

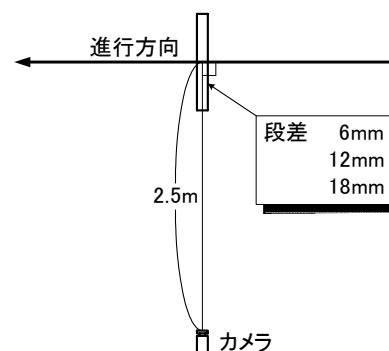


図2 段差とカメラの配置

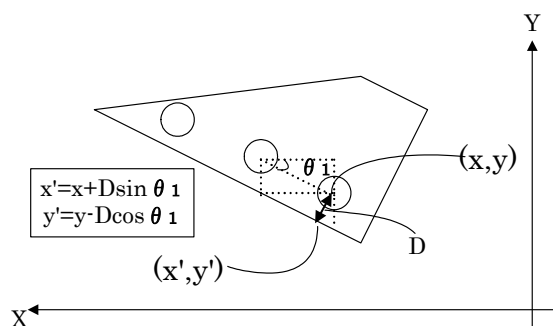


図3 マーカー補正図

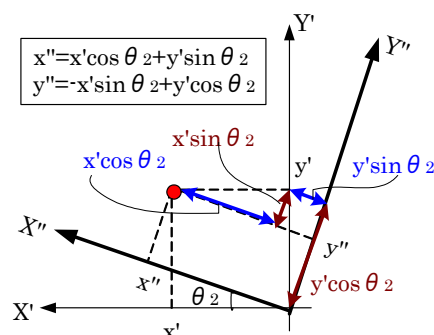


図4 回転補正図

4. 分析

被験者毎の特徴を把握する為に、3つの評価指標を用いて、足の上げ方について比較検討を行った。

・評価指標

(1)最低足高さ(MIN): 一步の歩行挙動において、歩行軌跡の下に凸の部分と路面の距離。(図5は被験者のつま先の最低足高さを示した一例である。)

(2)最高足高さ(MAX): 一步の歩行挙動において路面から計測点までの高さの最大値

(3)平均足高さ(AVE): 一步の歩行挙動である始点から終点について、路面から計測点までの高さの平均値

上記の各指標の結果と段差の間に相関関係があるかどうかの検討を行い、これに基づいて被験者の歩行挙動を分類した過程を図6に示す。また、図7~9はこの各指標の段差上昇に伴う変化を各Typeの被験者について示した一例である。以下に6つのTypeの特徴について述べる。

- ・ **Type1**: 段差の上昇に対応して足高さが変化しないが、段差に対して十分な足高さがある為、普段の歩行動作で段差を意識せずに通過できる。
- ・ **Type2**: 最初に蹴り出したかかとの足高さが段差に対して余裕がある為、段差の直前でつま先が上昇せずに段差を通過している。
- ・ **Type3**: 段差が予想より高いと認知し、段差の直前でつま先も上昇して段差を通過している。
- ・ **Type4**: 最初に蹴り出したかかとの足高さが段差に応じて無反応である為、段差の直前でつま先が上昇して段差を通過している。
- ・ **Type5**: 段差の直前でも段差に応じてつま先が上昇せずに段差を通過している。
- ・ **Type6**: TypeVと同様の傾向が見られるが、Type5と比較して一連の歩行挙動の平均足高さが高い。

5. 結論

今回、各年代の被験者を対象とした結果、小段差を意識しないと考えられる被験者はType1であり、全体の約4分の1程度であった。また、小段差を意識し、躓く可能性が低いと考えられるType2、6に青年期の被験者が多くみられた。これに対し、小段差を意識しながらも、比較的躓く可能性が高いのではないかと考えられるType4、5に高年期の被験者が多くみられた。また、壮年期の被験者に関してはほぼ偏りが無く、各Typeに分類された。従って、段差に対する歩行挙動は個人の特性による違いだけでなく、年齢による違いも考えられる。今後の課題として、段差を越える瞬間における段差と足高さの距離についての検討や、屋外の実際の歩道を対象とした歩行挙動の分析が挙げられる。

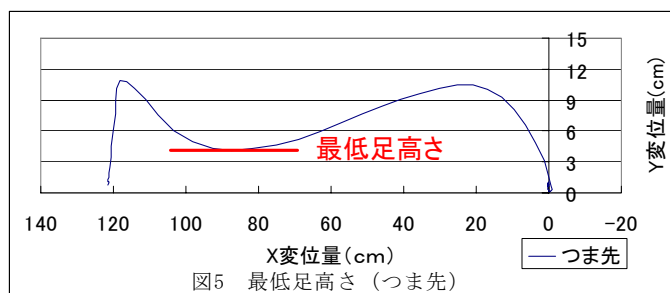


図5 最低足高さ (つま先)

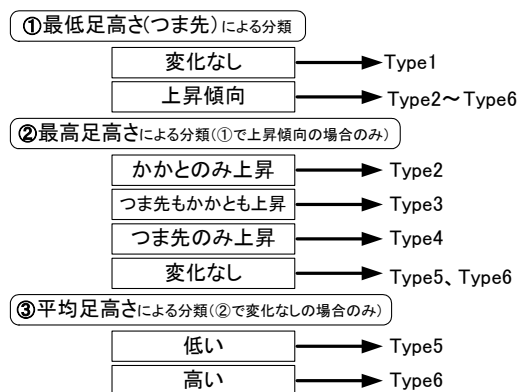


図6 評価指標(1)~(3)によるType分け

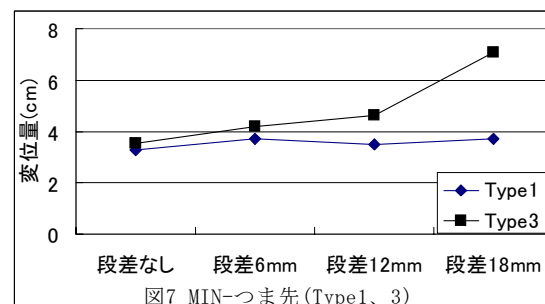


図7 MIN-つま先 (Type1, 3)

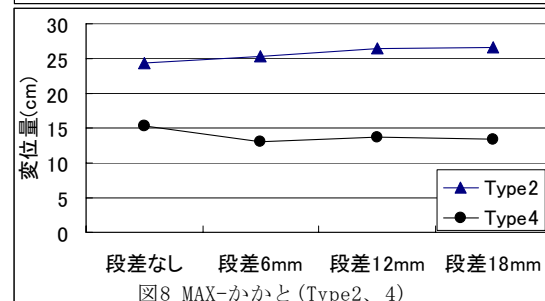


図8 MAX-かかと (Type2, 4)

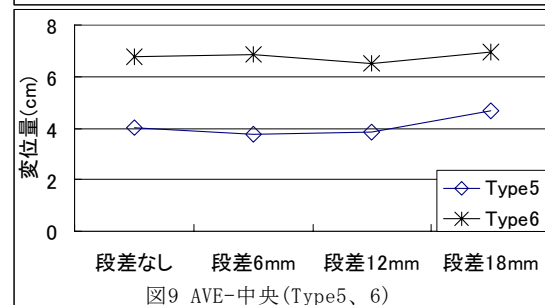


図9 AVE-中央 (Type5, 6)