

屋外の歩行空間における小段差通過時の歩行挙動について

九州工業大学大学院 学生会員 原田潤

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や追加工事により凹凸が生じ、踏く可能性が出てくる。このような小段差のある歩道は、歩行者にとって安全で快適な歩行空間であるとは言い難い。そこで本研究では、屋外の歩行空間における小段差通過時の歩行挙動を分析し、被験者の段差に対する反応を明確にする。



図1 歩行軌跡図

2.歩行挙動測定

測定は、屋外の実際に存在する段差に関し行なった。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見て左側面からビデオカメラで撮影した。段差については、マンホール(段差約6mm)、アスファルトの追加工事(段差約15mm)、ハンプ(段差約30mm)を対象とし、段差が無い状態と合わせて屋外で歩行挙動を撮影した。(図1参照)歩行回数については、段差が無い状態と、3種類の各段差を7回ずつの計1人当たり28回とした。被験者については、20歳代の男女計25名を対象とした。撮影したマーカーの軌跡から足の挙動を明確にする為、画像分析ソフトを用いてマーカーの中心の動きを1/100秒毎に追跡し、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2参照)

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 として原点中心に回転し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3参照)

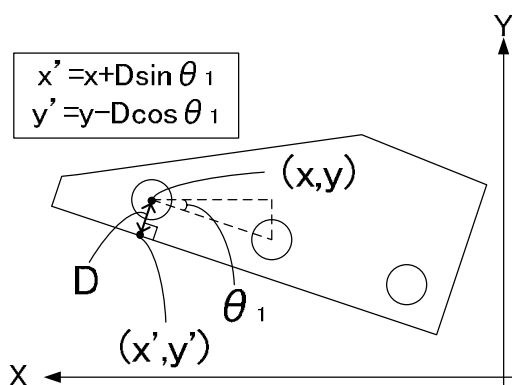


図2 マーカー補正図

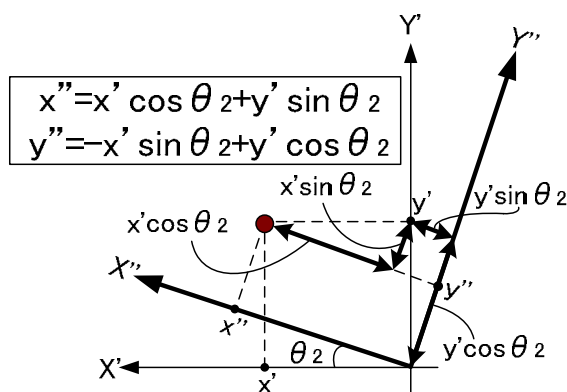


図3 回転補正図

4.分析

1) 歩行挙動に関する分析

被験者毎の特徴をより明確にする為、以下の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。

(1) 最低足高さ：一步の歩行挙動において、図4に示す歩行軌跡の下に凸の部分と路面の距離(図4は被験者の歩行

軌跡(つま先)を示した一例である.)

(2) 最高足高さ：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：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 (1) ~ (3) 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5に示す。その結果、タイプ1, 6の被験者が多く見られた。

2) 段差とつま先の距離による分析

段差に対する躓きやすさを説明する為、段差を越える瞬間の段差とつま先の距離 d に関して、各段差毎の平均値を求めた。(図6参照)そして、そのばらつきを表す変動係数も用いて、被験者のグループ分けを行った。次に、被験者が段差に躓く確率を、 d が 0cm 未満となる確率と考え、これが正規分布の確率密度関数 $f(x)$ に従うと仮定した。その結果、変動係数が最も大きなグループの躓く確率は 2.515% で、距離 d が最も小さいグループの躓く確率は 4.213% であった。(表1参照)

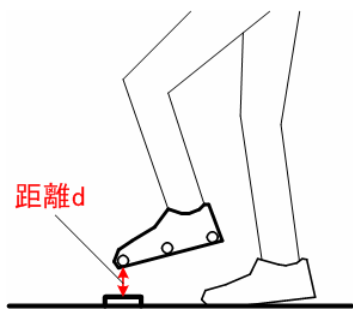


図6 段差とつま先の距離

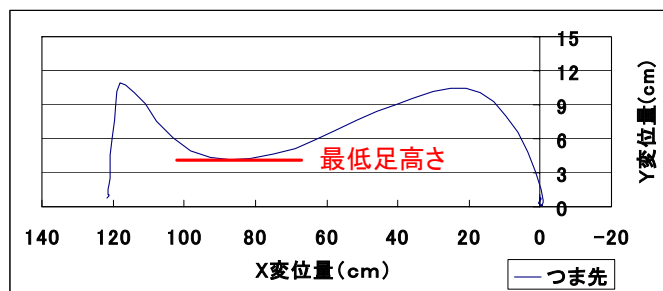


図4 最低足高さ(つま先)

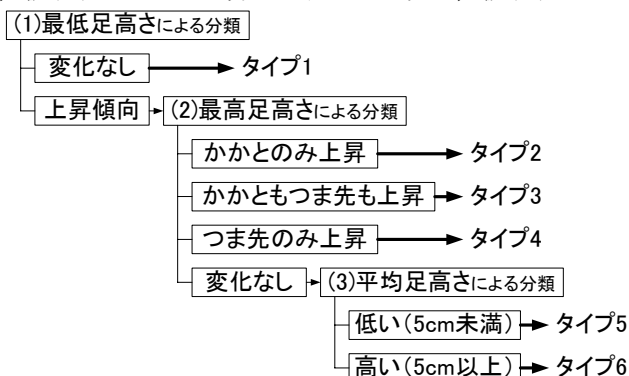


図5 評価指標 (1) ~ (3) による被験者の分類過程

表1 各グループの躓く確率

	変動係数	距離 d の平均	平均値(cm)	標準偏差(cm)	躓く確率(%)
グループ1	25%未満	3.5cm以上	4.709	1.500	0.192
グループ2	25~40%		4.416	1.965	1.625
グループ3	40%以上		4.498	2.285	2.515
グループ4		3.5cm未満	3.066	1.636	4.213

3) 回避行動の意識を考慮した分析

段差通過時における被験者の回避行動の意識と実測値(2)で求めた段差に躓く確率を比較し、段差上昇に伴う精神的負担と実際の行動との関係を調べた。回避行動の意識に関しては、被験者に5段階評価のアンケート調査を実施した。

3つの段差において、2段差間それぞれの段差上昇に伴い、回避行動の意識と躓く確立両者の変動を求めたところ、明確に歩行時の障害と認識しやすいハンプを通過する時の方が、回避行動が働いて、他の段差通過時より安全な歩行を行っていることが分かった。なお、表2に各段差間の変化によって回避行動の意識による影響を受ける人数を示した。

表2 回避行動の意識による影響を受ける人数

段差の変化	影響を受ける人数
マンホール(6mm) → アスファルト(15mm)	25人中8人
マンホール(6mm) → ハンプ(30mm)	25人中14人
アスファルト(15mm) → ハンプ(30mm)	25人中15人

5.まとめ

- 歩行挙動に関して被験者の分類を行ったところ、屋外・屋内での測定を問わず、同様の傾向が生じた。
- 被験者の段差に躓く確率に関して、距離 d の変動係数が最大のグループは 2.515%、距離 d の値が最小のグループは 4.213% であった。従って、距離 d のばらつきが大きいほど、躓く確率は高くなるが、距離 d そのものが小さい方がより躓きやすいと言える。しかし、今回、屋内時と比較して、距離 d は平均・ばらつき共に大きい為、躓く確率は、屋内時と比べ、ばらつきにも影響を受けやすいことが分かった。
- 回避行動の意識を考慮した結果、明確に障害と認識できる段差を通過する方が、さほど障害と感じない様な低い段差を通過する場合より、回避行動の意識が働いて、より安全である。