摩耗した靴を履いて歩行した際の床反力と足関節モーメントの分析

○小出 彩友美(岡山県立大学大学院情報系工学研究科システム工学専攻)

倉本 尚幸(岡山県立大学大学院情報系工学研究科システム工学専攻)

齋藤 誠二(岡山県立大学情報工学部人間情報工学科)

Analysis of floor reaction force and the ankle joint moment during walking with the worn shoes.

Ayumi KOIDE (Graduate School of Systems Engineering ,Okayama Prefectural University)

Naoyuki KURAMOTO (Graduate School of Systems Engineering ,Okayama Prefectural University)

Seiji SAITO (Faculty of Computer Science and System Engineering ,Okayama Prefectural University)

1. はじめに

靴には歩行・走行の動作を補助し、外力から足部を保護する働きがある。しかし、その働きは靴の損傷とともに低下する。損傷部分は靴の使用状況により様々であるが、多くの場合靴底面にあらわれ、特に踵部分の摩耗は著しい。靴の摩耗が身体に与える影響について様々な研究^{1,2)}がされているが、歩容に即した靴を用いた研究は行われていない。また、靴の摩耗により靴底の傾斜は変化し、足関節にかかる外力も変化すると考えられるが、その影響についての報告は見当たらない。

本研究では、摩耗形状のデータから歩容に即した実験靴を作成し、靴底面摩耗形状の異なる靴を履いて歩行した場合の、床反力、前額面における足関節モーメントおよび足圧中心軌跡の変化を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2-1. 実験靴の作製

実験に先立ち、若年男性25名(年齢：17.5±1.4歳)が日常使用している靴の摩耗形状①底面摩耗角、②外側摩耗、③内側摩耗、④最大摩耗、⑤最大摩耗厚、⑥外側・内側摩耗差を先行研究¹⁾に従って計測した。計測結果より外側・内側摩耗差から2群(外側・内側摩耗差16%以上 以下：A群、同0～12% 以下：B群)に分類した。また、各群使用期間を考慮し摩耗の厚さを3条件(最大値(max)：16.4mm、平均値(ave)：6.6mm、最小値(min)：2.2mm)設定した(表1, 図1)。なお、コントロール条件として新品の靴(new)を用いた。

2-2. 被験者

実験靴摩耗形状に適合する若年男性18名(各群9名、年齢：21.6±1.1歳)。

表1 実験靴の仕様

	底面 摩耗 角	外側 摩耗	内側 摩耗	最大 摩耗	外側・ 内側 摩耗差
	[°]	[%]	[%]	[mm]	[%]
A	57.0	30.1	10.5	21.4	19.6
B	76.0	25.6	18.3	17.2	7.3

図1 靴加工箇所

2-3. プロトコール

9mの水平な歩行路を歩行速度87.6m/minで各条件3回ずつ歩行させた。歩行路中央には床反力計(Force Plate：9287c, キスラー社製)を設置し、被験者には右足が接地するように指示した。

2-4. 計測項目

歩容は8台の光学式高速度カメラを有する3次元動作分析装置(MAC3D System, Motion Analysis社)を用いて被験者の右下肢および靴に貼り付けた12個の赤外線反射マーカーを記録した。さらに、床反力計により床反力(鉛直方向:z成分, 左右方向:y成分, 前後方向:x成分)を計測し、これと歩容のデータを用いて足圧中心(以下：COP)の軌跡と前額面における足関節モーメントを算出した。全ての分析区間は踵接地(以下：

IC(0%GP)から荷重応答期(以下:LR(0~12%GP))とした。

3. 結果および考察

両群ともにmax条件の床反力z成分は2~6%GPにおいて他の条件に比べ大きい値を示した。さらに、床反力y成分は4~8%GPにおいて他の

図2 IC~LRにおける足関節モーメント

図3 IC~LRにおけるCOPの変化

条件より大きな値を示した。また、両群ともにLR期において、足関節モーメントのmax条件は回外方向に大きな値を示し、4~7%GPにおいて他の条件に比べ有意な差が認められた(図1)。回外方向へのモーメントの増加は床反力の増加によるものであると考えられる。A群は外側摩耗傾向が強いため床反力y成分の増加が、B群は外側・内側摩耗差が小さい踵部のソールの厚さが薄くなるため、床反力z成分の増加が足関節モーメントの値の増加に大きく影響していると推察される。また、両群ともにmax条件の靴は外側方向に大きく傾斜し、この面で接地することでモーメントアームが増大し、足関節モーメントが増加したと考えられる。

また、両群ともにLR期において、max条件のCOPは外側に大きく移行し、前方への早期移行が認められた(図2)。通常歩行では距骨下関節は接地直前に回外し、踵接地後に回内する³⁾。つまり、COPの外側への変位と前方への早期移行は、距骨下関節の回外モーメントの増加に伴う、踵骨の内反の増加と距骨下関節の回内抑制を示唆している。

さらに、靴には下肢を安定させる働きがあるが、摩耗の増大によりソールが薄くなることでその機能は低下する。また、距骨下関節の過度な回外の増加は支持を足底の外側縁に集中させるとされている。よって、靴の摩耗の増大より靴の安定性は低下するとともに、距骨下関節の回外を増加させると考えられる。

以上のことから、外側摩耗傾向の強い者、弱い者に関わらず、靴底の摩耗の増大により床反力が増加し、足関節の回外方向へのモーメントは増加することが明らかとなった。さらに、COPは外側へ変位し、距骨下関節の回内が抑制されることが示唆された。

参考文献

- 1) 齋藤 誠二他:“靴底の摩耗が歩行中の下肢に与える影響”, 人間工学, Vol. 42, No. 4, pp. 11-18, 2006.
- 2) 齋藤 誠二他:“靴底の摩耗が高齢者の歩行中の下肢に与える影響”, 人間工学, Vol. 43, No. 5, pp. 245-251, 2007
- 3) 山岸 茂則:“臨床実践 動きのとらえかた”, 文光堂, 2012