

307 階段昇降時における歩行動作解析 Analysis of Up/Downstairs Motions

○学 植木一範 (新潟大)
学 山本 仁 (新潟大院)

正 高野 剛 (新潟大院)
正 原 利昭 (新潟大)

Kazunori UEKI, Faculty of Engineering, Niigata University, Ikarashi 2-8050, Niigata
Tsuyoshi TAKANO, Graduate School of Science and Technology, Niigata University
Hitoshi YAMAMOTO, Graduate School of Engineering, Niigata University
Toshiaki HARA, Faculty of Engineering, Niigata University

Key Words: Biomechanics, Human Engineering, Up/Downstairs, Conductive Rubber, Pressure Sensor, EMG

1. 緒言

近年、公共施設において高齢者や障害者のためにエレベータやエスカレータを設置したり、階段を緩いスロープに変更しているが、多くの施設では階段を利用しなければならない。また、家庭内においても傾斜角度が急で滑りやすい階段が未だ数多く存在することから高齢者や障害者にとっては階段昇降時の恐怖感は日常生活において切実な問題となっている。このような問題に関連して、階段昇降動作時の歩行をバイオメカニクスの観点から検討し、事故防止策等を提案することは重要であるが、従来の運動学的な階段歩行特性に関する研究^{(1) - (3)}は数少なく、詳細な報告は見当たらないようである。

そこで本研究では、健常者による傾斜角度の異なる階段昇降動作時の足底圧力、関節角度、筋電位を測定し、階段昇降動作に伴う恐怖感を力学的および生理学的観点から解析する手法を検討した。

2. 実験方法

実験では、セグメント型感圧導電ゴムセンサを用いて足底圧力を、生体アンプにより表面筋電位を、2~3方向同時ビデオ撮影法により関節角度をそれぞれ測定した。これらの結果を用いて各階段昇降動作の特性を検討した。

図1に示すように、感圧導電性ゴムセンサを両足底に各8個づつ医療用テープで貼り付けて足底圧力を測定した。また、表面筋電位の測定では、歩行動作に使われる代表的な大腿直筋、大腿二頭筋、ヒラメ筋の3つを選択し、生体アンプの表面電極を配置した。また、昇降動作の測定では、図1に示すように被験者に球体マーカーを貼り付け、各部位の運動を8mmビデオカメラを用いて撮影した。これらの測定結果にDLT法(Direct Linear Transformation technique)を適用して各関節運動を三次元座標に変換表示した。

実験対象として、傾斜角度27度、奥行き幅40cm、ステップ高さ20cmの緩やかな階段A(Step Aで表示)、公共の施設で多く使用されている傾斜角度35度、奥行き幅26cm、ステップ高さ18cmの階段B(Step Bで表示)、また、急な階段の例として傾斜角度45度、奥行き幅20cm、ステップ高さ20cmの階段C(Step Cで表示)をそれぞれ考慮した。

解析では、DLT法によって得られた三次元座標およびスティックピクチャーに基づき、足底圧力、筋電位、関節角度の関係を明らかにした。

3. 実験結果および考察

一般に、人間は階段を昇る場合よりも降りる場合に恐怖感を強く感じる。従って、ここでは階段下降時の結果のみを図2~4に示す。結果の一例として健常な成人男性の被験者による階段A(図2)、階段B(図3)、階段C(図4)それぞれの下降1歩行周期の(a)スティックピクチャー、(b)足底圧力変化、(c)左足関節角度、(d)右足関節角度の時間的変化を示した。また、図5において、得られた筋電位を高速フーリエ変換(FFT)し、横軸に周波数、縦軸に頻度を示す筋の出力周波数帯を示した。

図2~4(b)の足底圧力変化について、平坦路歩行と異なり、TC(Toe Contact)からHC(Heel Contact)、HO(Heel Off)、TO(Toe Off)の順に圧力上昇がみられる。また階段の傾斜角度が急になるほど、爪先に対する踵の接地時間が短くなり、母指球付近でTC、TOの圧力値が高くなる傾向が確認される。上昇時には階段Aで平坦路歩行と同様の傾向が見られるが、階段B、CではHC、TCの圧力がほぼ同時もしくはTCの方で早く上昇している。また、TCの圧力は階段の傾斜角度が急になるにつれ上昇する傾向が確認される。

図2~4(c)(d)の関節角度変化では、それぞれの部位が階段の傾斜角度が急になるにつれて角度変化範囲が大きくなることが確認できる。これに対し、上昇時において足首角度が階段の傾斜角度差によって最大30度まで変化する他は、大腿および膝角度とも殆ど変化しないことが確認できる。筋電位では、下降時および上昇時ともに階段の傾斜角度に比例して筋の出力周波数帯域の拡大がみられる。

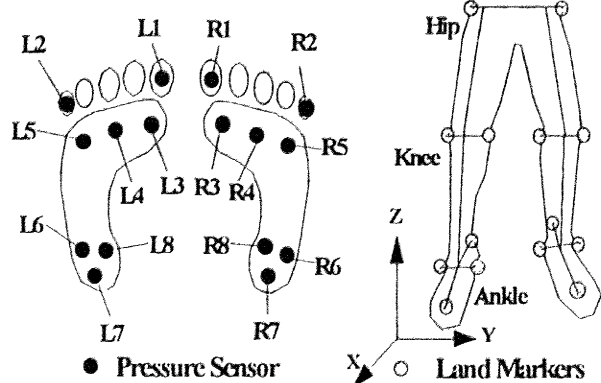


Fig.1 Locations of Pressure Sensors and Land Markers

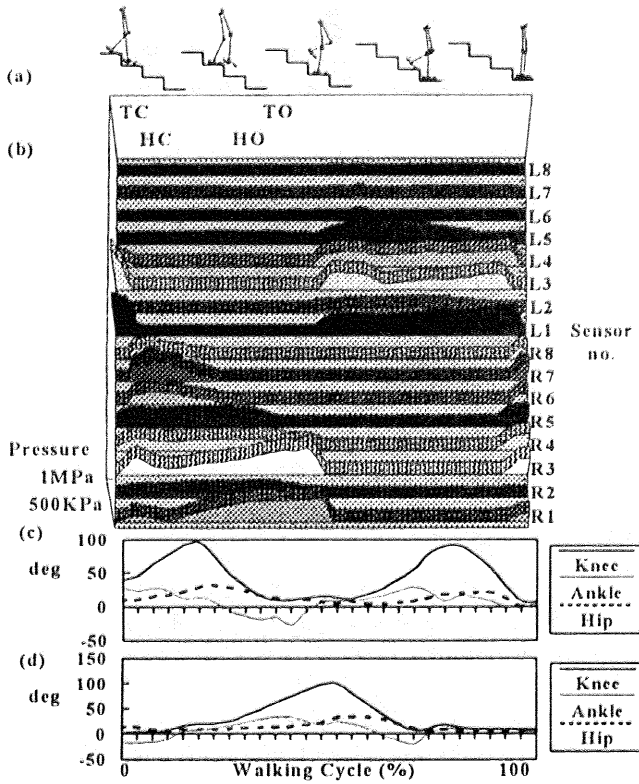


Fig.2 Downstairs of Step A

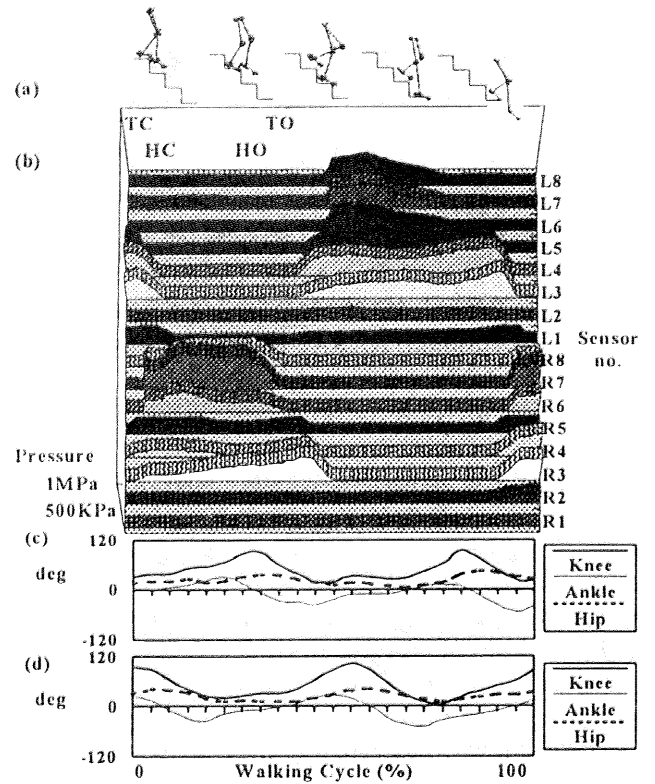


Fig.4 Downstairs of Step C

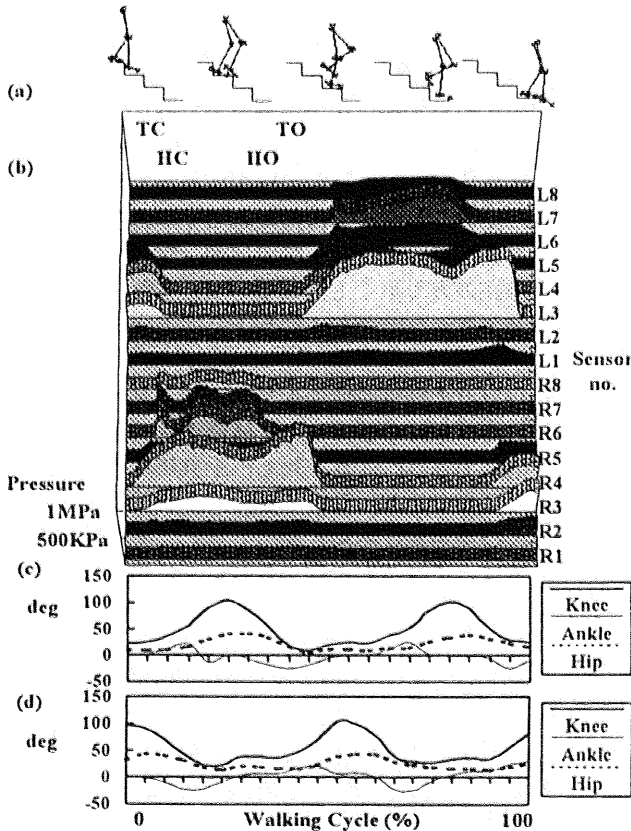


Fig.3 Downstairs of Step B

(a):Stick Picture,(b):Foot Pressure
(c):Left segment Angle,(d):Right segment Angle

以上より、階段の傾斜角度に比例して昇降時の歩行では、足底圧力の最大値、関節角度の変化範囲、筋の緊張度とも大きくなることが確認された。これらは、階段昇降動作時に抱く恐怖感を解明する上で重要な要素と考えられる。

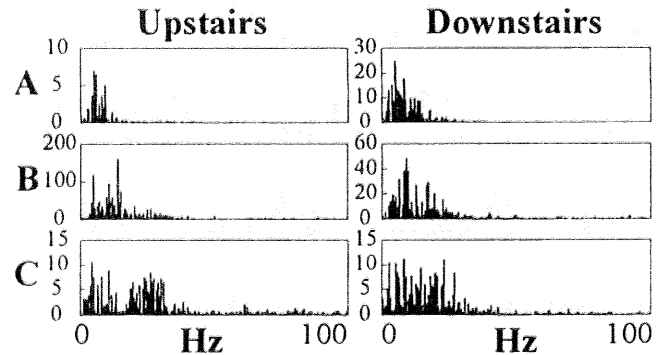


Fig.5 FFT of Right Rectus EMG

4. 結言

階段昇降動作における恐怖感の力学的解析手法の検討のために、傾斜角度の異なる階段昇降運動時の足底圧力、関節角度、筋電図の関連を解析し、以下の結論を得た。

- ① 階段の傾斜角度が急になるほど上昇時には、HCの後にTCが直ぐに起こり、下降時には、踵の接地時間が短くなった。
- ② 階段の傾斜角度が急になるほど関節角度の変化範囲が拡大する傾向が見られる。
- ③ 階段の傾斜角度が急になるほど筋の緊張度が増加する傾向が見られる。

本研究は平成6年度文部省科学研究費補助〔一般研究(B)【04452120】〕により遂行されたことを付記し、謝意を表す。

参考文献

- (1)池内秀隆ほか、機講論、No.940-59、H(1994)、10-15。
- (2)佐藤正視ほか、バイオメカニクス、No.12、(1994)、231-241。
- (3)菊池俊彦、日整会誌、No.62、(1988)、485-494。