体重の増加に伴う重心移動限界の測定

○川野常夫（摂南大学）、福井裕（大阪府立大学）、
図子貴也（摂南大学）、吉田卓司（摂南大学）

Measurements of limits of Center of Pressure with increasing weight
Tsuneo Kawano (Setsunan University), Yutaka Fukui (Osaka Prefecture University),
Takaya Zushi (Setsunan University), Takushi Yoshida (Setsunan University)

1. はじめに

身体の重心は姿勢の安定性に関連が深い。特に多関節構造である我々の身体の場合、重心の位置と足の位置との相対関係で姿勢の安定の程度が決まる。図1に人間が直立したときの床面の足の位置と支持基底面の概略図を示す。図(a)に示すように、両足の接地面を包絡する面を通常、支持基底面と呼び、重心を鉛直に下ろした重心線と床面の交点、すなわち重心着力点が支持基底面内になければ人は転倒する。しかし、これは理論上の話であって、実際は図(b)(c)に示すように、人が立ってられる実支持基底面は(a)に比べて狭くなっている¹⁾。この実支持基底面は立位姿勢において体を傾斜させても倒れない場合の、重心着力点の移動可能領域を示している。重心着力点を移動させるには、腹筋や上半身の筋群ではなく、脚の筋群が作用する²⁾。したがって脚力の弱い人は実支持基底面がより狭くなり、それだけ不安定となることが予想される。

本研究では、脚力の変化に伴って実支持基底面がどのように変化するかを実験によって調べることを目的とする。ここで体が倒れないようにするために働く筋群を特定することは困難であるため、腰回りにウエイトを巻き付けることにより、同一被験者の体重を故意に増加させ、相対的に脚力の寄与を変化させることとする。

図1. ヒトの支持基底面と実支持基底面

2. 人体モデルによる検討

図2に頭、胴、脚、足からなる極めて単純化した矢状面人体モデルを示す。これは立位姿勢において体を前方に傾斜させていて、倒れる寸前の状態を示している。このとき、踝まわりには反時計まわりにモーメントが生じており、それを支えるのが脚の筋群である。体重を W (N)、踝から限界の重心着力点までの距離を l (m)、脚の筋群が発生するモーメントを M (Nm)とすると、

$$M = lW \quad (1)$$

となる。ここで同一被験者の W が W' に増加すると、 M はその人の最大値で変わらないため、

$$M = l'W' \quad (2)$$

となり、 $l' < l$ となる。すなわち重心移動距離は減少する。つまり脚力が変わらずに体重が増加すると、実支持基底面は狭くなる。また、体重が一定で脚力が減少すると同様のことが言える。

3. 実験方法

体重の増加に伴う重心移動限界の変化を実験によって測定する。被験者は健康な男女10名 (21

歳, 22歳の男性6名, 22歳の女性2名, 53歳および67歳の男性2名) とした。体重を故意に増加させるため、身体重心の位置に近い腰回りにウエイトを巻き付ける。ウエイトの重さは5kgと10kgの2とおりとし、ウエイトを付けない場合を合わせ

図2. 矢状面人体モデル

(a)前方 (b)10kg 付加 (c)右方 (d)10kg 付加
図3. 重心移動限界の測定例

て、3とおりのそれぞれについて重心移動限界を測定する。重心の測定には、重心動揺測定器（アニメ製、GS-7 T101-072）を用いた。被験者には素足で測定器の上に立ち、両足を肩幅に広げ、直立位の姿勢から前方、後方、左右の4方向へ限界まで体を傾斜するよう指示した。図3に前方および右方向に傾斜して測定している様子を示す。これらのほか、体を倒れないように支える脚力とほぼ同値であると考えられる垂直跳びの跳躍量も別途測定した。

4. 実験結果

図4に体重増加前後における踝まわりのモーメント値の比較を示す。被験者10名について先の人体モデルの式(1)で求めたモーメント値を横軸に、式(2)で求めたモーメント値を縦軸に示す。各被験者の ℓ の値は、前後左右に傾斜した際の重心移動距離の平均値とした。図から各被験者のモーメント値はほぼ $y=x$ の直線付近に分布しており、体重が増加してもモーメント値、すなわち脚力は変化していないことがわかる。このことは実験で得られた値がモデルと合致することを意味している。また、これらのモーメントと跳躍量との間に強い相関が得られることも確認した。

図5に体重の増加に伴う重心移動距離 ℓ の平均減少値を示す。この図から体重が増加するにつれて重心移動距離が減少することがわかる。これは増加した体重を同一の筋力では支えきれなくなった現われであると考えられる。

5. まとめ

図4. 体重増加前後における踝まわりのモーメントの比較

図5. 体重増加による重心移動距離の平均減少値

体重が増加することは相対的に脚力が低下することに等しく、それに伴って実支持基底面が狭くなることがわかった。このことは同時に不安定となり、転倒しやすくなることにつながる。

参考文献

- 1) T. Kawano, M. Onosato, K. Iwata: Visualizing the Postural Stability of a Digital Human in Working, SAE International Conference of Digital Human Modeling for Design and Engineering, 2003-01-2222, p.1-6, 2003
- 2) 川野常夫, 西田修三, 植田友明, 福井 裕, 杉村延広: 重心着力点と脚部筋負担の計測に基づいた作業姿勢不安定度の定量化, 精密工学会2006年度関西支部地方定期学術講演会講演論文集, p.45-46, 2006