306　下肢における姿勢制御特性パターンの解析

Analysis of Posture Control Characteristics on the Lower Limbs

○学　安念良訓（新潟大）　　正　高野　剛（新潟大院）
学　山本　仁（新潟大院）　　正　原　利昭（新潟大）

Yoshikuni ANNEN, 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: Human Engineering, Biomechanics, Fatigue, Contact Pressure Sensor, DLT Technique

1．緒言

近年，人間を取り巻く様々な環境を再検討することが盛んに行われている．特に，作業従事者の作業負担量やスポーツ選手の運動量の適切化は，ヒューマンエラーやスポーツ障害などを防止する上で極めて重要である．人は過度の肉体的負荷によって疲労している場合は，立位姿勢を取ったり歩行運動を行うことによって肉体的，精神的疲労感を更に増長して感ずる．このような肉体疲労をバイオメカニクス的に検討することは総合的な姿勢制御を知るうえで重要である．

そこで本研究では，下肢筋群の疲労による立位静止状態における姿勢制御特性を，感圧導電ゴムセンサを用いて足底圧力および２方向同時ビデオ撮影法による身体各部位（頭部・体幹・下肢）の動きをそれぞれ測定することにより，評価し，検討した．

2．実験方法

足底圧力の測定に用いたセグメント型感圧導電ゴムセンサの構造は，図１に示すように感圧導電ゴムシートを２枚の銅箔電極で挟み込んだサンドイッチ構造である．厚さは0.9mmと比較的薄く，柔軟性に富むことから足底への貼り付けや配置が容易であるなど足底圧力を測定する上で最良のセンサと思われる．この圧力センサ16個を両足底に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，図２に示すように被験者の額と顎（頭部），左右肩関節外側部（肩部），左右腸骨外側部（腰部），左右膝関節外側部（膝部），左右踝外側部（足首部）に直径10mmの発泡スチロール製の球体マーカーを貼り付けて各部位の運動を８mmビデオカメラで撮影した．得られた二次元画像データをDLT法（Direct Linear Transformation technique）を用いて頭部，肩部，腰部，膝部の中点位置（A，B，C，D）の三次元運動に変換した．

実験では，被験者の視線を水平に維持し，左右両足のつま先から踵までを床に密着したロンベルク肢位（Romberg position）での平静時および１分間に20回の膝関節等速屈伸運動（スクワット）による疲労時における足底圧力および身体各部位の動きを，それぞれ90秒間測定した．疲労の程度は，設定した運動速度が保持できなくなった時点で運動の終了とした．

3．実験結果および考察

図３に，結果の一例として22歳の健常男子被験者による平静時および疲労時の頭部，肩部，腰部，膝部の動揺移動量の変化割合を示す．この図より各部位とも疲労時には，平静時に比較して動揺移動量が増加する傾向がみられる．また，動揺移動量は，平静時および疲労時とも前後方向が大きいことが確認される．

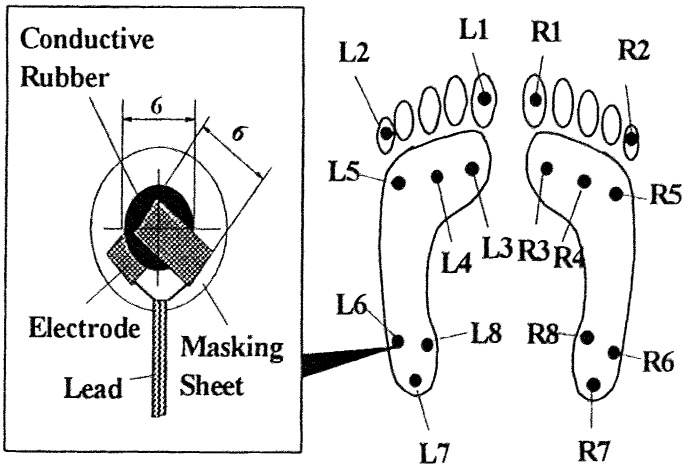

Fig.1 Pressure Sensor

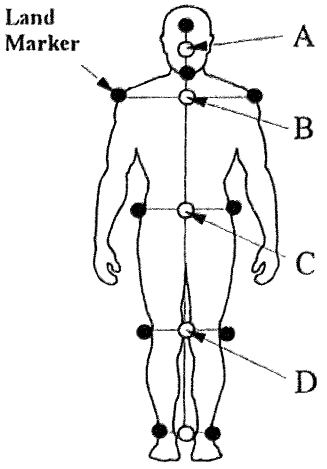

Fig.2 Land Marker

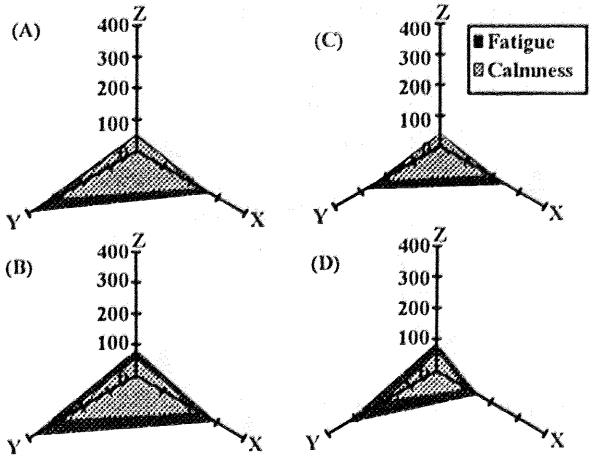

Fig.3 The Movement of Constitution in Triaxes (mm)
(A) Head (B) Shoulder (C) Pelvis (D) Knee

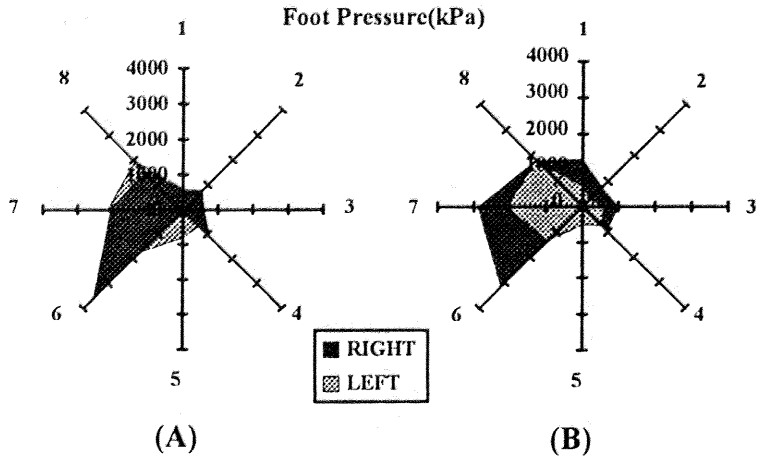

Fig.5 The Total Transitional Quantity of Foot Pressure
（A）Calmness （B）Fatigue

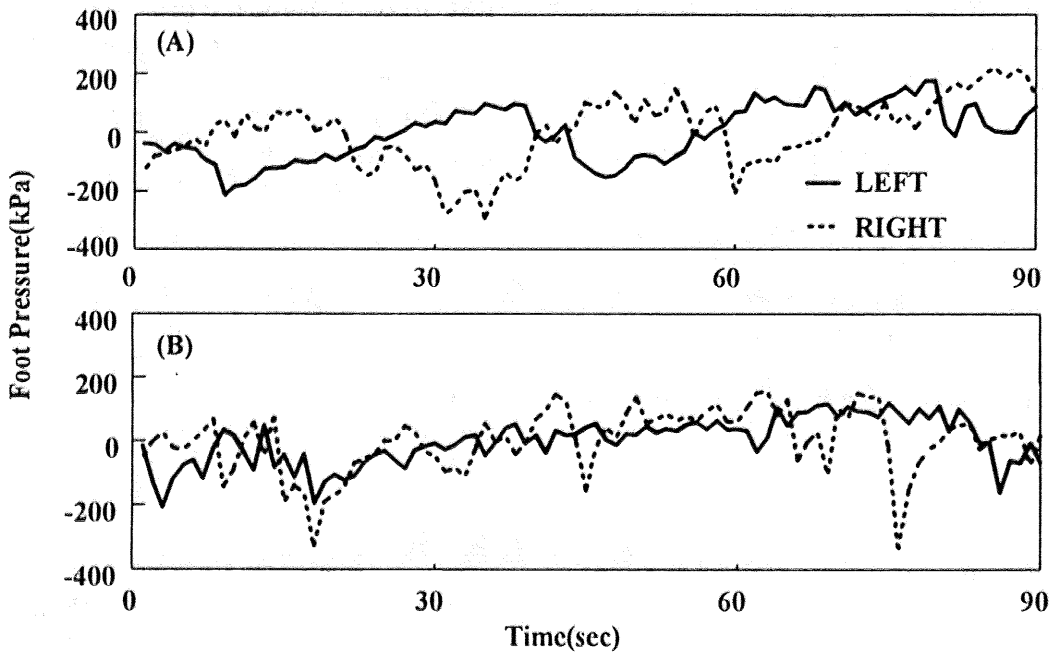

Fig.4 The Transition of Total Foot Pressure
（A）Calmness （B）Fatigue

図４に，同一被験者の平静時および疲労時における１秒間隔での左右各８測定点の総和足底圧力の時間的変化を示す．この被験者の場合には，平静時において約20秒間隔の周期で左右交互に高い圧力の変動が現れることが確認されるが，疲労時には，この周期性が消滅し，左右両足とも同レベルの圧力値を示す平衡状態が出現することが確認できる．このことは，筋疲労による姿勢制御機能の低下によると思われる。

図５は測定における各圧力センサの総和足底圧力累積変化率を示す．変化量割合は平静時に右足55%，左足45%であるのに対し，疲労時では右足60%，左足40%となった．

以上のことから疲労時には，立位静止状態の身体各部位の動揺移動量が増加する傾向および姿勢制御の乱れに起因する足底圧力の変化が認められる．この足底圧力の変化を利用することにより筋疲労の評価をすることは可能であると思われる．

４．結言

筋疲労時の立位静止状態における姿勢制御特性の力学的解析手法の検討のために，膝関節屈伸運動（スクワット）による疲労負荷を与え，疲労時の足底圧力および身体各部位の動きを測定，解析した結果，以下の結論を得た．

・運動による筋疲労は立位静止状態の姿勢制御機能低下の一因である．

・足底圧力で筋疲労評価は可能である．

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) 種田行男, 体力研究, No.74,(1990),1-9
(2) 鷲見勝博, 日本老年医学会雑誌, 25巻, 3号, (1988),296-300