重心動揺計測による

姿勢保持機能の解析

○星合清隆、長島圭子、山崎清之、岡本克郎

東海大学開発工学部医用生体工学科

Quantitative analysis of body sway dynamics

Kiyotaka HOSHIAI, Keiko NAGASHIMA, Kiyoyuki YAMAZAKI
and Katsuro OKAMOTO

Dept. of Bio-Medical Engineering, Tokai University

1.はじめに

重心動揺時系列データには、緩徐な変動成分と微小な不規則振動成分とが混在している。このことから、ヒトにおける立位姿勢保持には、体幹の傾きを意識的に引き戻す過程の他に、不随意的な微変動を励起して微調整を行う過程が存在するものと推察できる。これらは、前庭器官からの情報を小脳レベルで処理した結果、引き起こされたものと考えられる。本研究では、重心動揺成分の中から、ランダムウォークとみなせる成分に着目し、その性質について定量的検討を行った。

2.実験方法

20代から60代までの健常者を測定対象とし、重心動揺計（1G06：日本電気三栄（株）製）を用いて閉眼、両足直立姿勢を保持させた場合の、2分間の重心動揺状況をモニタした。重心動揺計からの出力は、データレコーダでX成分（左右方向成分）と、Y成分（前後方向成分）に分割したものを移動距離時系列データとして記録した。また同時に、A/Dコンバータを介し重心動揺計からの出力をデジタル信号として、フロッピーディスクに記録した（Fig.1）。

Fig.1 Experimental set-up

3.解析方法

データ系列がランダムウォークとしての性質を持つ場合には、変位の2乗が時間に比例して単調増加することが知られている。このことを利用して、以下の手続きでデータのランダム性についての評価を行った。前処理として、時間窓（13点：0.13sec）の移動平均演算により、移動距離時系列データの高周波成分を除去した。次に、各時間におけるデータの変位を求め、変位の2乗と時間の相互関係をグラフに描いた。このグラフの曲線から、初期単調増加区間の持続時間及び傾きを求め、ランダム変動の持続とその程度を推定するためのパラメータとした。

4.実験結果

Fig.2は34歳、健常被検者の変位 2 乗時系列を各セグメントで平均したものである。測定データの初期部には単調増加する部分が観察され、その後、不規則な変動を伴って引き戻される部分がみられる。この例では、初期単調増加の持続時間が 0.64秒、傾きが $\tan \theta = 0.532$ であった。

同様にして、全測定データに関して持続時間と傾きを測定した (Fig.3)。この図からデータ値は一様に分布し、年齢による差はあまり見られなかった。

また、移動距離時系列データから分布の歪度(skewness)を計算した結果、年齢の増加に伴い歪度が減少する傾向がみられた (Fig.4)。

Fig.2 Time course of displacement of body sway variation.

Fig.3 Relationship between age and slope. (right and left direction)

Fig.4 Age dependant variation of skewness. (front and rear direction)

5.考察

変位 2 乗時系列における初期単調増加区間から見て、多くの被検者で約 1 秒にわたりランダムな微調整が行われていることがわかった。この持続時間と傾きのデータの分散に着目すると、個人差が非常に大きく、加齢による影響は明瞭には現われなかった。

このことは、全般的変動レベルが、必ずしも高齢者で大きいとは限らず、若年者でも大きな重心変動を生じている場合があることを示している。また、重心動揺が単なる立位姿勢保持運動の誤差により生じるという側面の他に、立位姿勢保持のための積極的方策として、重心動揺が利用されている側面があるためと見受けられる。

以上のことから、重心動揺の諸特性が持つ年齢依存性は単純ではなく、運動機能や生活様式など、複雑な要因の存在が考えられる。

また、重心変動時系列データの歪度は高齢者で小さい傾向がみられたが、その原因は運動学的及び神経学的要因の他に、身体の機械的自由度や物理的特性等の検討を必要とする。これらの諸側面と本研究で用いた指標の関係をさらに検討していく予定である。