重心動揺軌跡のフラクタルによる解析

○石川 輝（慶應義塾大学理工学研究科管理工学専攻竹内研究室所属）

Classification of Body Sway in Posture Control Using Fractal Theory

Teru Ishikawa(Faculty of Science and Engineering, Keio University)

1.はじめに

1-1.研究の背景

我々の体は常に重力に抗する作用による前後・左右への偏奇と、それに対する立ち直りを繰り返しながら姿勢を保っている。その体の揺らぎ（重心動揺）を2次元平面上の動きとして記録し、人間の平衡機能・姿勢制御機構について調べるのが重心動揺検査である。

これまで様々な分析方法が提案され、重心動揺記録を特徴づける試みがなされてきた。これらが、めまい・平衡機能障害の程度の把握に有用であることは一般に認められ、この目的での利用は既に広く普及している。一方、病巣診断において利用できる分析手法は未だ有用なものが確立されていないのが現状である。

1-2.重心動揺検査

直立時の身体動揺は身体の平衡機能のうちの立ち直り反射（表1）が深く関わっている。立ち直り反射は表在知覚、前庭器、視器からの情報が直立指示筋に伝えられて生じ、脊髄、脳幹、小脳、大脳とも密接に関わっている。そのためこれらのどの部位の異常でも立ち直り障害は起こる。

表1 平衡機能反射系の構成

1. 立ち直り反射	頭部・軀幹を重力に対して正しい位置に復元、維持する不随意運動
2. 姿勢反射 （構え反射）	身体の骨格筋を総合的に調節し合理的な姿勢をとるようにする反射
3. 運動反射	運動の円滑な遂行をさせる反射
4. 自律神経反射	自律神経による反射

直立は絶えず僅かな動揺を繰り返しながら動的平衡を保っているが、不随意的に働いている制御機構に障害が起こると直立が不安定となり、動揺が増大する。直立姿勢における体平衡機能は従来肉眼的観察による直立検査である両脚直立検査、MANN、片足直立検査によって調べられてきた。重心動揺検査は直立姿勢における重心動揺を客観的に捉えることができるために平衡障害の有無、程度の把握、治療効果の判定などに有用である。重心動揺検査の解析方法の基準には次のようなものがある。

表2 重心動揺検査の解析方法

重心動揺の軌跡長	軌跡面積
振幅確立密度分布	速度ベクトル
相関図	パワースペクトル
最長動揺径	座標中心
平均速度	周波数分析
揺らぎの頻度分布	百分率累積頻度分

その他多くの解析方法が考えられている。しかし様々に行われてきた重心動揺検査法であるが、病巣部位や障害の程度を判断するための有効な結果をもたらすには至らなかった。そこで、ディスプレイ上に重心位置を表示し、画面上を動くターゲットを追従させるトラッキングテストが導入された。日常における平衡の維持は、視覚によるフィードバックが関わっている。よって視覚フィードバックによるトラッキング制御はより日常における身体制御に近いものである。

1-3.本研究の目的

本研究では正常者から重心動揺のデータを取り、その人の運動経験の有無、さらに運動経験があるならばその運動の種類によって分類し、スポーツが平衡機能にどのように影響を与えるかを考察する。

2.方法

2-1.実験装置

被験者が重心動揺計に乗り、重心を移動させたときの足圧の変化を台の4隅に設けられたセンサーが電氣的信号として取り出し、その電圧をアンプ内でX方向とY方向の2方向の電圧に変換、増幅した値をA/D変換を行い、重心動揺計上の被験者の重心の位置をコンピュータ画面上に表示する。なおディスプレイは被験者の視線の前方1mの位置に置かれている。

2-2.実験方法

実験は重心動揺検査を行った。これは人が重心動揺計の上に一定時間立ち、その間の重心の動揺を記録するものである。実験時間(取り込み時間)は60秒、サンプリング周波数は20Hzで次の3つの実験を行った。

開眼動揺検査

正面の画面上の注視マークを見て静止状態を保つ。

閉眼動揺検査

眼を閉じて静止状態を保つ。

視覚フィードバック動揺検査

画面上に映る自分の重心位置を見ながら、常に中心の位置を保つ。

2-3.データ

今回の解析では次に上げるようなデータを扱った。

疑似データ

各指標の特性を調べるため、またパターン認識のモデルを作るために、実際に動揺台の上に立ち、画面上に目標の型を描く等して様々

な典型的な型のデータを取った。

ランダムデータ

さらに確認のためのモデルデータとして、乱数を使って数種類の型のデータを作った。

正常者データ

- ・当研究室で取った学生のデータ
- ・東邦大学付属佐倉病院で取られた正常者のデータ

2-4.実験機材

重心動揺計：竹井機器工業(株)

多方向フォースプレート

アンプ：竹井機器工業(株)

DC&STRAIN AMP 4CH

A/D変換器：カノーブス電子(株)

ANALOG-PRO 2

2-5.重心動揺の解析法

- ・大きさの指標
- ・方向性の指標
- ・型の指標
- ・その他

3.結果

サッカーは足を使うスポーツだけあって、一番重心をうまく移動してバランスをとることができるが一点に集中するのは苦手のようである。野球、テニスをやっている人は横への重心をとるのが上手である。アメフト・ラグビー系は前後の重心を使ってバランスを取っているようだった。水泳をやっている人は水中の重心はいいかもしれないが今回の実験では傾向が見られなかった。

4.おわりに

現時点ではややデータの数少なく、確信するまではいかないが、これからデータを増やしていくにつれより顕著にスポーツによる重心動揺の傾向が得られるであろうという希望にあふれる結果となった。