重心動揺の定量的評価法に関する研究 第1報

— 重心の移動速度と運動方向についてのパイロットスタディー —

○高橋雄三、戸上英憲、神代雅晴（産業医科大学）

A Pilot Study for Velocity and Direction of Movement on Equilibrium

○Yuzo TAKAHASHI, Hidenori TOGAMI, and Masaharu KUMASHIRO
(University of Occupational and Environmental Health, JAPAN)

1. はじめに

人間の重心動揺を定量的に評価する方法としては、重心（以下 COG）の運動範囲を楕円に近似させた面積で表現するもの、COG の移動距離を計測し、その総移動距離を求める方法などがある。また人間の平衡機能を定量的に評価する指標として、上記2つの指標を用いて開眼時と閉眼時との比を求める Romberg 率や COG の運動に含まれる各種の周波数成分を算出する方法もある。

しかし、重心動揺図を概観すると COG の軌跡は周期的な運動成分だけでなく、運動の方向や移動速度にもある法則性が推測される。本研究は重心の移動方向と移動方向の転換点間の移動速度を計測し、その特徴について検討することを目的とする。

2. 方法

2.1.被験者：健康成人男子学生 5 人（22～27 歳）を対象とした。重心動揺検査は 1 日 1 回、三日間おこなった。いずれの被験者においても重心動揺検査前に実施した自発・誘発眼振検査において異常な眼振は認められなかった。また、めまいや乗り物酔いに関する重度の訴えはなかった。

2.2.測定方法：重心動揺検査に際し、測定時の注意事項を説明した後、立位位置と姿勢が安定するまで数回の練習をおこなった。練習終了 10～15 分後に重心動揺検査をおこなった。手順は開眼→閉眼の

順番でおこない、順序相殺はおこなわなかった。開眼検査中は被験者の Eye Point 2m 前にターゲットを設置し凝視するよう求めた。また閉眼検査中も同位置を想定して凝視してもらうよう求めた。測定時間は開眼/閉眼ともに 60 秒間とした。

2.3.装置：重心動揺は平衡機能計 1G06（日本電気三栄）を用いて計測した。測定時に得られたデータを A/D 変換ボード AZI-3133（InterFace）を経由して、パーソナルコンピュータ PC-9801RS（日本電気）に接続し、平衡機能計測 98 II（NEC メディカルシステムズ）を用いて精度 1/100cm の位置データを得た。当該システムのサンプリング間隔は 20ms（50Hz）、分解能は 12bit とした。

2.4.解析方法：検査による重心位置の計測後、平衡機能計測 98 II を用いて動揺軌跡に関する基本的特徴量である次の項目を算出した。1) 重心動揺軌跡長：前後方向、左右方向、合成、2) 重心の移動速度：前

図1 運動方向の転換点の計測

後、左右と合成速度（但し、ここで述べる速度は単位時間あたりの移動距離を指す）、3)動揺大きさ：重心動揺面積、4)パワースペクトラム：Total Power、平均周波数、帯域別含有率（0.02～0.2Hz、0.2～2.0Hz、2.0～10.0Hz）。更に A/D 変換された重心の位置データを用いて、重心の移動速度を前後方向と左右方向とに分解して算出した。算出方法は位置データから DC 成分を除去するためにサンプリングクロック 20ms において 5 ポイントの移動平均処理をおこなった（Hi-Cut 周波数：4.43Hz）。DC 成分除去後の位置データから目視でピークを抽出し、重心の移動方向が転換する点を同定した。ピーク長(s)の基準は 1mm 以上とした。ピークの同定方法を図 1 に示す。

3. 結果

3.1.動揺軌跡の基本的特徴量：表 1 に動揺軌跡の基本的特徴量の結果を示す。各基本的特徴量を観察するといずれの被験者においても開眼時に比較して閉眼時で値が大きくなる傾向が観察された。計 3 回の検査結果を比較した所、いずれの測定項目においても被験者内で一貫した傾向は認められなかった。特に 5 人の被験者とも Romberg 率に有意の変化が認められなかった。また動揺が強く現れる方向に一貫した個人差は観察されなかった。

3.2.重心動揺の方向転換点間の移動速度の比較：いずれの運動方向（前後・左右）についても転換点間の移動速度は開眼時に比較して閉眼時に速くなる傾向が観察された（図 2）。また移動速度は軌跡長 Romberg 率に近い値を示し、開眼時に比較して閉眼時の移動速度は高くなる傾向が観察された（n.s.）。しかし運動方向ごとに特徴的な移動速度の分布は観察されなかった。

4. まとめ

今回の検討では運動方向ごとにみた移動速度の特徴的な分布は観察されなかった。この結果は個人差を示す指標として方向（左右あるいは前後）がもつ役割よりも、健康な被験者においては最初に姿勢が崩れた方向の影響が強いことが伺える。しかし個人の平衡機能を示す指標の一つとして、運動方向の転換点間の速度は重心の移動を知覚し、位置を修正する機能を示す指標となりうる可能性が考えられる。つまり運動方向の転換点を基準として算出した移動速度は個人の特性を大きく反映し、個々人への対応を考える上で有用なデータとなり得ると考えられる。今後、例数を増やして検討していくと共に、初期の姿勢の崩れの問題や、前後、左右方向に分解しない場合の解析方法についても検討していく。

表 1 動揺軌跡の基本的特徴量

	開眼	閉眼
総軌跡長(cm)	59.60±12.22	82.18±15.44
速度(cm/sec)	0.90±0.21	1.27±0.25
左右方向		
軌跡長(cm)	39.21±9.19	51.24±10.81
Total Power	0.18±0.10	0.30±0.11
平均周波数(Hz)	0.37±0.09	0.36±0.08
0.02～0.2Hz(%)	29.27±17.70	25.66±11.43
0.2～2.0Hz(%)	52.46±12.39	55.35±10.90
2.0～10.0Hz(%)	12.63±5.58	12.69±5.43
前後方向		
軌跡長(cm)	34.99±8.21	51.87±11.53
Total Power	0.31±0.26	0.53±0.62
平均周波数(Hz)	0.29±0.10	0.33±0.07
0.02～0.2Hz(%)	33.87±13.13	28.19±12.50
0.2～2.0Hz(%)	44.72±6.50	49.62±11.96
2.0～10.0Hz(%)	13.73±6.39	14.12±6.64

表記：平均値±標準偏差

図 2 方向ごとにみた運動方向の転換点間の重心移動速度（開眼／閉眼で比較）