

スペクトル解析による体重トラッキング動作の分析

6R-6

小堀 聡

久留米工業大学電子情報工学科

1. まえがき

直立姿勢における動的な平衡機能の特性を調べるために、体重心のトラッキング動作の研究がなされている¹⁾。本研究は、健常者と運動器系の疾患の患者の動作特性を調べることを目的としている。マイクロ・コンピュータを用いた実験システムは、独自に開発・製作し、システムや評価方法、臨床での応用の結果については既に発表した²⁾、³⁾。その結果、評価値における健常者と患者の特徴はその分布に表れることが分かった。そこで、次に周波数領域ではどのような特徴が表れるかについて調べてみた。今回はスペクトル解析による動作特性の分析について報告する。

2. 実験システムおよび実験方法

実験システムは、図1のように16ビットマイコンを中心にCRT、プリンタ、プロッタを加えて構成される。計測器にはフォースプレートを用い、被験者の床反力作用点(以下、単に重心点)を測定し、表示する。一方、目標点はステップ状の入力信号が中央から左右交互に示される。入力信号および出力を30msでサンプリングし、1回の実験で2048個のデータを記録している。

被験者には、フォースプレート上に立ってもらい、目標点の変化に重心点をできるだけ素早く、しかも誤差が少なく一致させるように、体重を移動させるという課題を与える。1回の実験は60sで、目標点の変化の時間間隔は6sから9sであり、およそ6回から8回体重を移動させることになる。実験・検査は、健常者と運動器系の疾患の患者を対象に行った。

3. 解析方法

解析方法としては、時系列信号から評価値を求め、さらにFFT法によりスペクトル解析を行った。

評価値は、図2に示すように目標点の90%に達

するまでの立ち上がり時間(RT)と、目標点の90%に達してからの、1.5秒ずつの誤差の平均値(ER1とER2)を目標点動くごとに求めた(健常者によるそれらの評価値の相関係数を考慮し、評価値の分布を示すようにし、直感的に捉えやすくした)。

スペクトル解析⁴⁾においては、パワースペクトル密度とクロススペクトル密度を求め、それらを用いて閉ループ周波数応答とコヒーレンス関数を算出した。

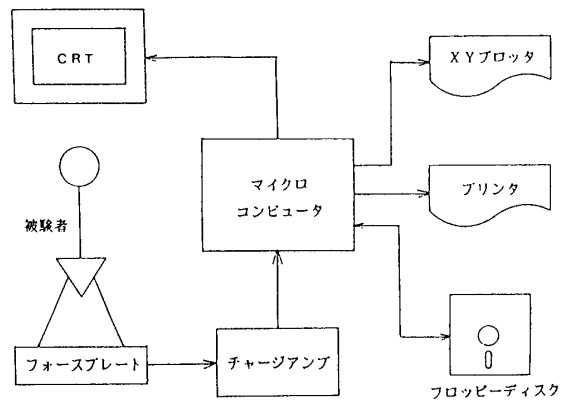


図1 システム構成

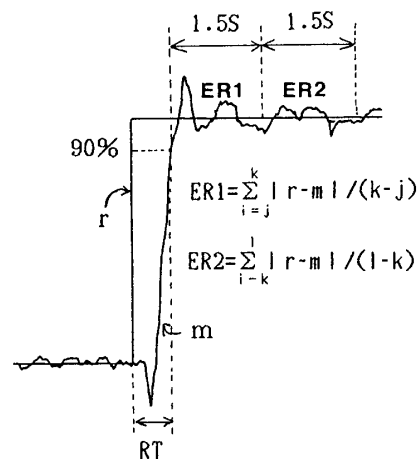


図2 評価値の定義

4. 結果

スペクトル解析による分析結果の例として、健常者20例と頸随障害患者8例のそれぞれの平均したゲイン、位相、コヒーレンスを図3から図5に示した。

閉ループ周波数応答のゲインは図3のようになり、健常者に比べて、頸随障害の患者はゲインが小さいことが分かる。また、位相に関しては、頸随障害の方が位相の遅れが大きいことが図4から認められる。

さらに入力と出力の線形性を示すコヒーレンス関数の場合、健常者と患者の差異はよりいっそうはつきりしており、頸随障害では健常者に比べて線形な制御動作が行われにくいことが図5に示されている。これらのことは頸随障害の持つ臨床的特徴から説明され得る。

これまでの研究から、評価値から健常者と患者の差異、すなわち制御動作の優劣が示されることが分かっている。それと同様に周波数応答やコヒーレンス関数においても、ゲインの低下、位相の遅れ、線形性の低下に動作の特徴が表れることが分かり、評価値とスペクトル解析の関連性も示された。

また、頸随障害以外の疾患でも臨床像と対応付けられる特性を示す例が見られた。

5. あとがき

評価値による評価方法は、臨床において応用できる簡易なものであることは既に発表した²⁾が、今回の報告においても、スペクトル解析の結果と評価値との関連性が明らかになった。しかし、評価値は必ずしも制御特性のすべてを反映しているとはいえず、また、動作特性を周波数領域で議論する必要がある場合もあるのでスペクトル解析が不可欠である。その場合、特性を定量的に示すためのパラメータを決定する必要があるが、それらについては今後の課題となる。また、各疾患による差異についても、スペクトル解析によって検討すべき課題である。

[参考文献]

- 1) 大西他、バイオメカニズム5、168/178、(1980)
- 2) 小堀他、第31回システムと制御研究発表講演会論文集、197/198、(1987)
- 3) 小堀他、第10回バイオメカニズムシンポジウム、317/326、(1987)
- 4) 日野、スペクトル解析、朝倉書店、(1977)

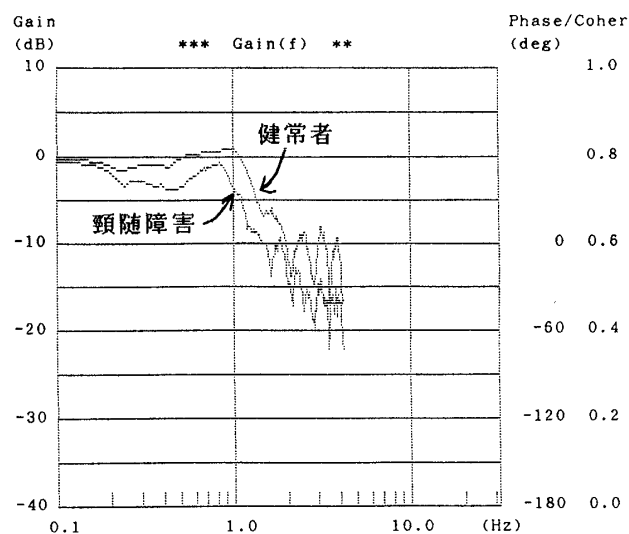


図3 ゲイン特性

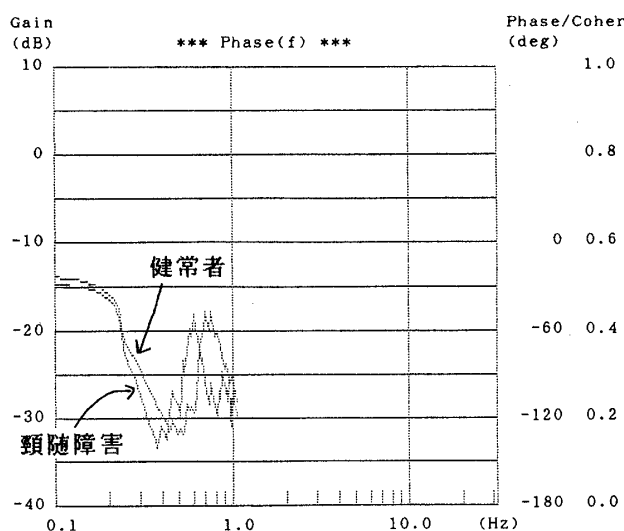


図4 位相特性

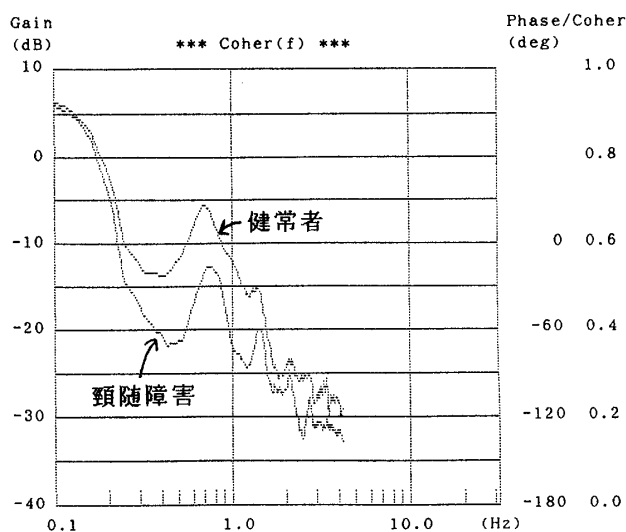


図5 コヒーレンス関数