

平衡機能検査への電算機の導入

時田 喬

岐阜大学医学部耳鼻咽喉科学教室

平衡機能検査においてデータが連続したゆらぎ(アナログデータ)として得られるものが少ない(例、身体動揺記録図、眼振記録図)。しかし、この記録を眺めて主観的に評価するのみでは判定に客観性が乏しい。また、定量的評価もできない。各種パラメータを手動的に計測・計算するのは手間がかかり誤差も大きい。また、手動的にはほとんど不可能な解析もある。データ処理に電算機を導入すればこれらの問題が解決される。平衡機能検査への電算機導入の利点を要約すれば次の如くである。

- (1)記録計で把えた生体現象を各種パラメータにおいて客観的、正確に計ることができる(身体動揺、眼振など)。
 - (2)内眼的観察、手動的計測では行い難いデータ処理ができる(身体動揺の相関分析、パワースペクトル分析)。
 - (3)これらの点を利用して新しい検査を開発することができる(前庭眼反射の伝達関数検査)。
- 以下、私どもが電算機を導入している検査について述べる。

使用した電算機はDEC社製PDP-12である。使用したプログラムはいずれも理経コンピューターセンター、岩通ソフトの協力を得て開発したものである。プログラムはすべてアセンブリ言語(PDP-8 mode および line mode)で書かれている。

1 起立姿勢に現れる身体動揺の解析

1 起立検査への電算機導入の必要性

起立検査は平衡機能検査の基本である。身体動揺には各種の情報が含まれているので、これより平衡障害の程度を把握するばかりでなく、動揺の特徴を把握病巣診断の一助ともすべきである。更に起立姿勢維持の機構に対する理解も深めるべきである。しかし従来の動揺の内眼的観察、動揺記録のみではこの目的を達成することは難しい。起立検査に電算機を導入し、動揺の定量的、定性的解析を行い各種の情報を客観的に適確に把握し、上記の目的を達成する必要がある。

2 検査システム

被験者を両足尖にそろえて重心動揺計に起立せしめ、頭部を天井に固定した頭部動揺計に接続し、頭部・重心動揺をX-Yレコーダ、ポリグラフに記録するとともにデータレコーダに記録する。記録は開眼、閉眼にて各1分ずつ行う。データレコーダの記録を電算機のA-D変換器の入力とし、波形計測プログラム、相関分析プログラムを用いて分析する。結果はテレタイプおよび陰極線管に数値あるいは図形として表示する。

3 プログラム

a) 波形計測プログラム。前後、左右への頭部・重心動揺の4現象を同時にサンプリングし、(i)動揺の波数、面積、軌跡長、速度 (ii) 0.1秒間隔振幅ヒストグラムおよび百分率累積頻度分布 (iii) peakヒストグラム、valleyヒストグラム (iv)周波数-波数ヒストグラム、周波数振幅ヒストグラムを計算し、結果を陰極線管、テレタイプに表示するものである。

b) 相関分析プログラム。前後、左右への頭部・重心動揺を同時にサンプリングし(サンプリング点512)、これより自己・相互相関、パワースペクトルを計画するものである。相関計算における遅延数は128である。

4 データ処理

a) 波形処理。頭部・重心動揺（前後・左右）4現象のデータレコーダ記録を電算機のA-D変換器の入力とする。実時間クロックを10msecに設定（サンプリング率10Hz）。プログラムをスタートさせ、陰極線管に現れている4現象の動揺を観察しながら、60秒間サンプリングする。サンプリングされたデータは磁気テープに格納される。プログラムはこのデータより上述の項目を計測し、テレタイプに数値とし、陰極線管に図形および数値として表示する。

b) 相関分析。入力条件は上記と同じである。プログラムをスタートさせると、51.2秒のデータをサンプリングして磁気テープに格納する。これより自己相関、相互相関、パワースペクトルを計算し、陰極線管に相関図、パワースペクトルとして図形表示する。サンプリング間隔を100msecとした場合、相関図の時間軸は±12.8秒となり、0.05 Hz～5 Hzの波が検出できる。相関図はゆらぎの平均的時間経過を把えるのに適している。

5 成績

正常例、迷路障害例、中枢性障害例の検査において、各々特徴的な身体動揺が把握された。

II 視運動性眼振の定性的・定量的解析

1 視運動性眼振検査への電算機導入の必要性

視運動性眼振は眼前を相次いで移動する視性対象物を網膜の一点にとどめ明視するための眼の平衡反射である。従ってこの眼振検査では視性対象物を把え、追従する眼の働きを観察する必要がある。すなわち、定性的には①眼振の方向、②視標の捉え方、③視標追跡の適確さ、④追跡運動の円滑さ、定量的には①打数、②緩徐相速度、③急速相速度、④振幅を観察する必要がある。この計測は用手的にも行い得るが手間を要し、誤差が大きい。電算機の導入が求められる検査である。

2 検査システム

被験者をOhm型回転円筒の中央に頭部を固定し座らせる。円筒を $2\%_{\text{sec}^2}$ の等加速度で90秒間回転し、被験者に円筒内面の線条を注視させる。円筒は等加速度回転なので次第に速度を増し停止前には $180\%_{\text{sec}}$ となる。検査は右回転と左回転で行う。刺激開始、停止シグナル、線条が正面を横切る時のシグナル（線条シグナル）、眼振を眼振電計で記録するとともにデータレコーダに記録する。データレコーダの記録を電算機の入力とし、定性的解析プログラム、定量的解析プログラムを用いて処理する。結果はテレタイプならびに陰極線管に表示される。

3 プログラム

a) 視運動性眼振定性解析プログラム。電算機PDP-12のA-D変換器より刺激開始・停止シグナル、線条シグナル、眼振をサンプリングし、線条シグナルより自乗補間により線条の運動を求め、線条運動と眼運動を重ねて陰極線管に表示するとともに、両者の関係より線条の把え能力（fit, overshoot, undershoot）、線条追跡能力（一致、遅延、先行、：直線、非直線、saccadic）を判定し、結果をテレタイプに表示するものである。

b) 視運動性眼振定量解析プログラム。刺激開始・停止シグナル、90秒間の眼振をA-D変換器よりサンプリングし、①90秒間の総眼振数と10秒毎の打数、②10秒毎の平均緩徐相速度と個々の眼振の緩徐相速度、③10秒毎の平均急速相速度と個々の眼振の急速相速度、④10秒毎の平均振幅と振幅ヒストグラムをテレタイプに表示するものである。

4 データ処理

a) 定性解析。円筒回転開始終了シグナル、線条シグナル、眼振を電算機のA-D変換器の入力とする。サンプリング率は100 Hzに設定。プログラムをスタートさせ90秒間のデータをサンプリングする。プログラムはこの格納されたデータより線条運動を計算し、線条運動と眼振とを重ねて陰極線管に表示する。更に解析を進めると両者の関係を判定しテレタイプに打出す。

b) 定量解析。サンプリング方法は同じ。プログラムはサンプリング・データより山と谷を決定、打数、緩徐相速度、急速相速度、振幅を計算し、テライプに表示する。検査の実際においては各パラメータの正常域（信頼限界、棄却限界）を算出し、それを図に印刷して検査用紙とし、症例の検査値をそれに記入して判定する。

5 成績

視運動性眼振とめまいの解析、スポーツマンの視運動機能の検査、めまい・平衡障害例の視運動眼振検査において眼振記録のみでは捉え難い所見を把握し得た。

Ⅲ 迷路性眼運動系の伝達関数

1 迷路性眼運動系の検査に電算機を導入する必要性

迷路性眼反射の平衡反射としての働きは、歩行・駆け足などの運動中、頭部に加わる周期的な加速度を受容し、眼運動をおこし、運動中の固視を維持することである。この観点よりみれば前庭眼反射系の働きは頭部運動を入力とし、眼運動を出力とした伝達関係(transfer function, TF)を検査することが合理的である。振子様回転、平行振子様運動、昇降運動より刺激と反応(眼運動)を捉え半規管系、耳石系の伝達関数を計算するには電算機が必要である。

2 検査システム

昇降検査を用いた耳石系伝達関数検査システムは次の如くである。

迷路性眼反射系の働きは視性眼運動系の働きとの関係で検討する必要がある。このため3つの検査を行っている。(1)垂直視標追跡検査(視性眼運動系の検査)、(2)暗所での昇降検査(耳石性眼運動系の検査)、(3)明所での昇降検査(視性、耳石性眼運動系の検査)を行った。検査時間は各々2分間である。視標追跡検査においては視標運動と眼運動、昇降検査においては頭部の上下偏位と眼運動をポリグラフに記録するとともにデータレコーダに記録する。データレコーダの記録を電算機の入力とし伝達関数プログラムを用いて各系の伝達関数を計算した。結果は周波数応答(ゲイン図、位相図)として陰極線管上に表示した。

3 プログラム

伝達関数プログラム。電算機PDP-12のA-D変換器より刺激(頭部運動)と反応(眼運動)をサンプリングして、伝達関数を計算し、入力のパワー・スペクトルおよびゲイン線図、位相線図をボード線図として陰極線管上に表示する機能をもつもの。

4 データ処理

データレコーダに記録した視標運動または頭部運動と眼運動をA-D変換器の入力とする。実時間クロックを40msecに設定し、サンプリング率は25Hzとする。プログラムをスタートさせ100~120秒間のデータをサンプリングし、磁気テープに格納する。格納されたデータより伝達関数の計算が行われる。結果は陰極線管にゲイン図、位相図として表示される。上記の条件では0.1~1.25Hzの間の周波数に対する値が0.1Hz毎に表示される。

5 結果

正常者ならびに両側迷路反応喪失例の検査を行い、迷路性眼運動系は頭部運動に対する眼運動の誘発において微分制御動作を行い、1Hzより早い頭部の周期運動における固視の維持に働くこと、また頭部運動で生ずる眼の強制振動による働きを制御し視性眼運動系の働きを助けることを認めた。