

眼振波形の自動分析

渡辺行雄 (新潟大学耳鼻科)

近時、耳鼻咽喉科領域においても聴力、平衡機能検査、音声などの分野を中心に、各種アナログ情報の自動解析に関する研究が盛んに行なわれるようになってきた。

私共は、ENG 検査の自動処理を目的としてその前段階である、ENG における眼振波形の自動識別を試みてきたが、今回は、眼振の自動識別法を紹介しながらアナログ波形処理の実際的手法について述べたい。

1. ENG の記録条件

1) 高域遮断フィルタ

ENG 記録には多量の雑音成分が含まれており、ENG にはこれを除去する高域遮断フィルタが内蔵されている。ENG の原波形(時定数 1~3 秒)をペン記録する場合、遮断周波数 25Hz で雑音に影響されない記録が可能であるが ENG の電気出力をみると雑音が除去しきれずに残存している。これは ENG のペン機構がフィルタの役目を果たしているためである。遮断周波数を 5Hz にすると雑音は除去されるが、波形の歪みが大きくなり眼運動速度、特に急速相速度が実数よりも低値に算出される。このため、急速相速度の絶対値を分析の対照とする場合は、一旦、高い遮断周波数のフィルタにより眼運動を記録した後分析の過程で緩徐相部分の平滑化を行うような特別な配慮が必要になってくる。

2) 時定数

緩徐相速度が低速で眼振頻度が少ない場合、時定数の影響を受け、緩徐相の直線性がくづれて緩徐相速度が実際より低値に算出される。又、視標追跡検査(ETT)の分析では記録した波形の位相のずれなどの問題も起ってくる。

DC-ENG 記録では、これらの問題は一応解決するが、電極、皮膚低抗の変化による基線動揺の問題が起ってくる。このように、ENG などアナログデータの自動処理を計る場合、記録機器の特性を充分検討し、分析の目的に対してもっとも適当な記録条件を設定しなければならない。私共は通常の温度眼振、視運動眼振の分析には時定数 3 又は 1.5 秒、5Hz の高域遮断フィルタを使用している。

2. A/D 変換と較正

ENG の出力をデジタルコンピュータを用いて分析するにはアナログ信号をデジタル量に変換しなければならない。A/D 変換にあたって、もっとも問題となる点はサンプリング間隔の設定である。眼振は比較的ゆるやかな生体現象で、最大発現頻度は $5 \text{打}/\text{sec}$ 以下であるが、これは緩徐相と急速相が合わされた波形の場合で、急速相に注目すると最短間隔が 50msec 程度の速い現象で、サンプリング間隔はもっとも長い場合で 50msec 以下でなければならず、波形として観察するにはより短いサンプリング間隔が必要となる。サンプリング間隔が短くなる程もとの波形に忠実なサンプリングが行なわれるわけであるが、電算機の記憶容量の限界や、処理時間、サンプリング間隔の短縮が速度の遅い緩徐相部分のデータに不必要な雑音を増加させることなどを考慮すると、むやみにサンプリング間隔を短縮するのは得策とは言えない。私共は、通常的眼振の分析には 10msec ~ 5msec、

saccadic eye movement, 眼振急速相など高速な眼運動の分析には 5~2msec のサンプリング間隔を使用している。

ENGで記録した眼運動 1° が一定のデジタル量になるよう較正を行わなければならない。10msecのサンプリング間隔は電算機にとってかなり長い間隔であるから、私共はこの間にサンプリングされたデータをディスプレイ装置で監視しながらデータの較正を行っている。ENGで記録した眼運動は、一旦データレコーダに記録してからA-D変換機に接続し、雑音消去のため12ビット変換でサンプリングした眼運動記録の下位2ビットを切捨て、眼運動 1° がデジタル値で20となるよう較正した後メモリーに格納し、データ50秒分毎に補助記憶装置(磁気ディスク)に転送した。この較正值については、各処理系の特性によって決定すればよいが、極端にデータを縮小又は拡大することは好ましくなく、特にデータを拡大する場合は元のデータの精度に注意を払う必要がある。

3. 眼振波形の認識

眼振波形の認識は1)眼振急速相成分の検出, 2)眼振区分点の認識, 3)異常波形の除去, と云う手順により行っている。今回はこのうち, 1), 2) について重点的に解説する。

1) 眼振急速相成分の検出

眼運動記録の速度成分を検定することにより眼振急速相を検出する。眼運動の速度成分はサンプリングされた眼運動記録(以下データと云う)5点間(40msec)の近似直線勾配をデータの各点毎に計算して求めた。図1にサンプリングしたデータと近似直線勾配から求めた速度波形を示す。速度波形から急速相成分を検出するには速度波形の符号の変化点を求め、その変化点が次の三条件を満足するときその点を眼振急速相の頂点として検出した。条件1.変化点の絶対値が大きい。2.変化点を中心とした上向脚と下向脚が略々対称である。3.変化点を中心とした波形が尖鋭である。

2) 眼振の区分点の認識

波形を認識するとき、認識の特徴となる点を区分点と呼んでいる。眼振の場合は急速相と緩徐相の変化点がこれにあたる。アナログ波形の自動処理を行う場合、正確に区分点を認識できるか否かが自動処理の結果を左右する場合が多い。

2)-1 急速相と緩徐相の変化点の認識

先に述べた手順により検出した急速相上の1点より、データの時間軸正、負の両方向にデータの符号の変化する点を求める。変化点の付近はデータの値が若干不整になっているので、変化点から更に図2-1に示す手続を行なって急速相と緩徐相の変化点を決定した。

2)-2 緩徐相開始点の認識

理論的には緩徐相の始点は急速相の終点に一致するので2)-1で述べた処理だけで区分点の認識は可能であるが、実際のENG記録では眼振波形の間に眼振以外の異常な波形が混入している場合も少なくない。このため、緩徐相の始点は急速相の終点とは別に検出している。この手続きを図2-2に示した。図のSP1~3は波形の不整による誤った区分点で、図のK(経験的に決定する)を適当に定めることにより真の緩徐相開始点Pkを認識することができる。

3) 異常波形の除去

これまで述べた方法により検出された眼振波形の区分点を図3-1に示した。この図では眼振の他に眼振とは認め難い波形が眼振として検出されている。これ

らの異常波形を自動的に除去した図を図 3 - 2 に示した。異常波形を除去する方法の詳細は今回は省略するが、眼振波形を特徴づける数ヶの因子を設定し、その因子についての線形判別関数の値により眼振波形と異常波形を識別している。

以上、眼振波形の自動識別の実際的方法を中心にアナログ情報処理の基礎的問題点などについて述べたがこの眼振判別法を利用した ENG 検査の自動診断システムを現在開発中で機会を改めて紹介したい。

図 1 サンプルされた眼振波形と速度波形（近似直線勾配により計算）

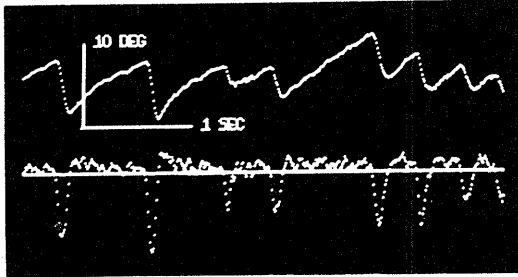


図 2 区分点の認識

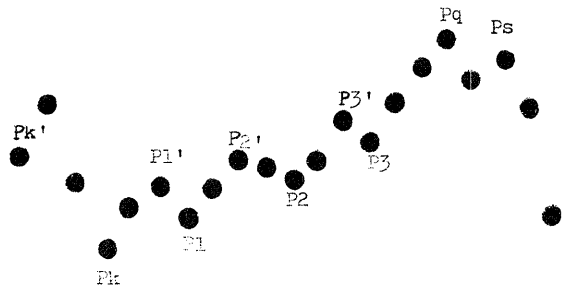
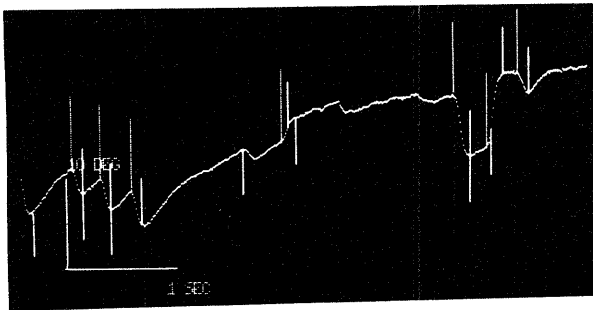


図 3

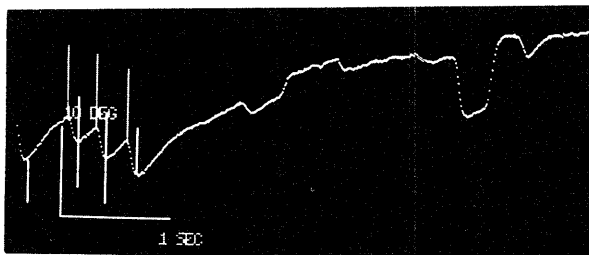
1) 眼振区分点の認識

眼振以外の波形も眼振と誤判定されている。



2) 異常波形除去後

眼振以外の波形の区分点表示が消え、眼振波形が正しく認識されている。



- 1) 符号の変化点 (Ps) から急速相始点 (Pq) の認識
 1. Ps から Ps-n までの間に Ps より大きい値を持った点があるか否か検定。
(n : 経験的に決定)
あれば → その点を新たな Ps として 1. の検定を繰り返す。
なければ → Ps を Pq とする。
- 2) 緩徐相始点の認識
 1. Pq より符号の変化点 P3 を求める。
 2. 次の変化点 P3' を求める。
 3. $P3 - P3' \geq K$ か検定する。
(K : 経験的に決定)
 $P3 - P3' \geq K \rightarrow P3$ を区分点とする
 $P3 - P3' < K \rightarrow$ 次の符号の変化点 P2 を求め 3. の検定を繰り返す。

以上で Pk が求められる
Pk 付近の波形が不整である場合、
1) に述べたような手法を Pk 付近
で用いることがある。