Windows 版瞬目・脈波解析システムの開発

○大佐賀敦（東北大学医学部），湯瀬裕昭（静岡県立大学経営情報学部），
田多英興（東北学院大学教養学部）

Development of a Data Analyzing System for Eyeblink and Plethysmograph for Windows Operating System

Atsushi Osaga (Tohoku Univ. Sch. of Med., Undergraduate Course),
Hiroaki Yuze (Sch. of Administration and Informatics, Univ. of Shizuoka), and
Hideoki Tada (Dept. of Psychology, Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin Univ.)

1 はじめに

湯瀬ら(1994)は眼電図（以下 EOG）データをシグナル・プロセッサおよびパーソナルコンピュータを利用して瞬目を自動的に検出・解析することを試みた。これに基づいて、本研究ではアルゴリズムの改良を行い、新たに Windows Operating System を利用した瞬目波形の解析システムを開発し、脈波解析への応用の試みを行ったので報告する。

2 アルゴリズムの検討

湯瀬らのアルゴリズム(1994)ではスライスレベルの設定に微分波形の全データを用いている。したがって、解析を行う際、1つの実験について、一度にそのすべてを解析した場合と、例えば実験の前半のみを解析した場合とでは、同じ波形についての解析基準が異なってしまうことが予想される。そこでまず、湯瀬らの基準が妥当であるかどうかの検討を行った。なお、本研究で解析したデータは本大会における田多ら(1995)の実験にもとづいている。

2-1 平均値：12名の EOG 微分波形の平均を性別に計算した結果、表1に示すとおり特に性差は認められなかった。次に述べる標準偏差が10のオーダーであることを考慮すると、平均値については近似的に0としてよいことが分かる。

表1 微分波形の平均値 (AD Value)

	Total	Male	Female
Mean	-0.0040	-0.0040	-0.0039
SD	0.0040	0.0033	0.0049

2-2 標準偏差：12名の EOG 微分波形について、実験開始から10秒ごとに、その時刻までのデータに

よる標準偏差を計算した。結果は図1に示す。

図1 解析時間とEOG微分波形の標準偏差

図より、①標準偏差は、時間とともに一定の値に収束するが、②被験者によって収束値は異なる、の2点が明らかとなった。

この結果は、垂直 EOG の微分の標準偏差が各人固有のパラメータとして利用できるという知見(湯瀬ら, 1994)について妥当性を与えている。つまり、瞬目の頻度・波形は、個人差が大きく、絶対尺度では検出が困難であった。そこで、湯瀬らは経験的に垂直 EOG の微分値を用いた検出基準を採用した。今回の結果はこれに対する実験的な裏付けになる。

3 本実験で得られた瞬目諸測度の標準値

上で述べた評価実験について瞬目の諸測度を全被験者について計算した結果を表2に示す。これは、瞬目の諸測度について、個人内の平均・標準偏差・変化率を計算し、それぞれについて、個人間の平均・標準偏差・変化率を計算したものである。

表2 本実験における瞬目の諸測度の標準値

		Mean	SD	CV
Blinks		499.0	205.0	41.1
100% Duration (ms)	Mean	294.6	32.4	11.0
	SD	197.7	565.3	285.9
	CV	55.9	135.7	242.9
50% Duration (ms)	Mean	125.0	12.9	10.3
	SD	39.5	15.0	38.1
	CV	31.0	9.5	30.6
Interval (ms)	Mean	3281.1	1489.1	45.4
	SD	4178.2	2667.5	63.8
	CV	120.7	37.1	30.7
Amplitude (μ V)	Mean	513.5	144.3	28.1
	SD	154.3	47.8	31.0
	CV	30.7	7.2	23.3
Left Slope (μ V/s)	Mean	-5170.9	1442.5	27.9
	SD	1900.2	567.1	29.8
	CV	36.8	4.7	12.7
Right Slope (μ V/s)	Mean	2988.6	875.4	29.3
	SD	1265.2	728.4	57.6
	CV	40.9	12.9	31.6
Area (μ V $\cdot$ s)	Mean	63.7	19.9	31.3
	SD	46.1	36.9	80.1
	CV	71.1	49.8	70.0

表から次のようなことがいえる。

①瞬目の100%持続時間については、個人間の変化率は11.0%と小さいが、個人内の変化率は平均55.9%と大きいことが分かる。これは、瞬目の持続時間はほとんどの人で等しいが、精神負荷などの課題により大きく変化することを反映したものであると推定される。

②瞬目波形の面積にも瞬目の100%持続時間と同様の傾向が見られた。これは瞬目の振幅が、個人間(30.7%)・個人内(28.1%)において同程度の変化を示すことを考慮すると妥当な結果であろう。

③しかし、振幅の50%を与える瞬目の持続時間については、個人間の変化率10.3%、個人内の変化率の平均31.0%と共に小さくなっている。

④各人ごとの諸属性の平均値について相関係数を求めたところ、振幅、瞬目の開始の傾き、終了の傾きのそれぞれの間に高い相関が見られた(いずれも $p<.0001$)。しかし、これらの属性と瞬目の持続時間との間には相関が見られなかったことから、振幅と持続時間が、瞬目波形の属性の2つの大きな要素であることが示唆される。

4 脈波解析への応用

本研究の最終目標は諸々の生理指標をオンラインで同時に解析することである。そのためには、脈

波・呼吸・皮膚電気反応についても類似のアルゴリズムで高速に検出できることが望ましい。そこで、以下の応用を試みた。

脈波には大動脈弁が急激に閉鎖することに伴う切痕(重複性陥凹)があるため、単純なピーク検出では2つの脈波と誤検出する恐れがある。中には、切痕が記録されない被験者も多い。また、脈波の振幅は精神負荷の状態によって大きく変化することが知られている。さらに、脈波の波形も個人差が大きく、これらの事情が自動検出を困難にしている。

図2 脈波検出の3つの基準

本研究では、瞬目解析のアルゴリズムのパラメータを変更し、さらに新たな基準を追加することにより、脈波の自動検出に成功した。これらの設定はすべて経験則に基づくものであるが、切痕の誤検出はほぼなくなり、十分実用的な精度を得ている。具体的な変更点は以下の通りである。

①スライスレベルを次式に変更する。

Lower Slice Level = 平均－標準偏差 $\times 0.20$

Upper Slice Level = 平均＋標準偏差 $\times 0.45$

②反転時間 $tp<900ms$ とする。

以上の変更により、典型的な脈波については切痕の誤検出もなく、自動検出が可能となった。しかし、切痕が大きな脈波では、依然として誤検出がある。そこで、第3の基準として、③ピーク間インターバルが150ms以上の場合のみを脈波とする、を採用して、改善された。

5 他の生理指標への応用

脈波の場合と同様にパラメータを変更することにより、呼吸波形の自動検出にも成功している。現在、評価方法の検討も含めて皮膚電気反応の自動解析も試みている。