

画像解析法による瞬目の意思伝達装置における入力動作への基礎的検討

- 随意性瞬目と片眼による瞬目の瞬目波形の形状特徴変化 -

A Fundamental Study on an Input Operation of the Communication Aids

by Eyeblink Using Image Analysis Methods

- Change of the Feature of an Eyeblink Waveform by Voluntary Eyeblink and Wink -

○ 大西祐哉 大矢哲也 川澄正史 (東京電機大学)

Yuya ONISHI, Tetsuya OHYA and Masashi KAWASUMI, Tokyo Denki University

Abstract: The input devices for the operation of communication aids and the switches that enable multiple value input are required for disabled at the terminal stage of Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS). We considered the utilization of eyeblink that is relatively less associated with ALS at the terminal stage for the switches. The purpose of this study is to investigate the possibility of categorizing eyeblink data into multiple spaces. We focused on the variations in the shape of eyeblink waveforms attributed to conscious actions accompanying voluntary eyeblink. There were significant differences in shape feature parameters obtained from eyeblink waveforms between normal voluntary eyeblink and wink. The results suggest that eyeblink data could be differentiating into five values.

Key Words: Voluntary Eyeblink, Eyeblink Waveform, Input Operation, Communication Aid, Image Analysis Method

1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症末期患者などの、神経筋難病疾患者の意思伝達補助装置の入力手段とし、多値入力が可能となるスイッチが求められている。そのスイッチとして、筋萎縮性側索硬化症末期患者において比較的機能低下が少ない瞬目の利用を考えた。

瞬目は、随意性瞬目と不随意性瞬目の瞬目波形が異なることは知られている。瞬目波形とは、瞬目時の眼瞼裂幅を一定の時間間隔でサンプリングし、時間軸上に並べた1次元波形である。

本研究は、瞬目をどの程度多値化可能であるのか検討することを目的とする。随意性瞬目時の意識的な動作に起因する瞬目波形の形状特徴パラメータの変化に着目した。

患者にとって負担が少ない非接触計測が可能である画像解析法を用い、瞬目時の眼瞼裂幅を記録した。計測には、眼電図法と同等の時間分解能を有する高速度ビデオカメラを用いた。得られた瞬目波形より6点の特徴点を抽出し、これらの特徴点に基づき18個の形状特徴パラメータを定めた。

本稿では、通常の随意性瞬目(通常時瞬目)と、意識的な動作とし、片眼のみ閉眼し他眼を開眼する随意性瞬目、すなわちウィンクとの瞬目波形の形状特徴パラメータの比較検討を行った。

2. 瞬目波形の取得

瞬目波形を取得するため、高速度ビデオカメラを利用した画像解析システムを構築した。

高速度ビデオカメラにより取得した右眼部領域映像より、輝度値を基に上眼瞼と眼球表面または下眼瞼との境界点を抽出し、上眼瞼の下端位置座標を記録した。開眼時における上眼瞼の下端位置座標と、瞬目に伴う閉眼過程における上眼瞼の下端位置座標との差の画素数を眼瞼裂幅とし算出した。眼瞼裂幅を一定の時間間隔でサンプリングし、時間軸上に並べた1次元波形を瞬目波形とした。

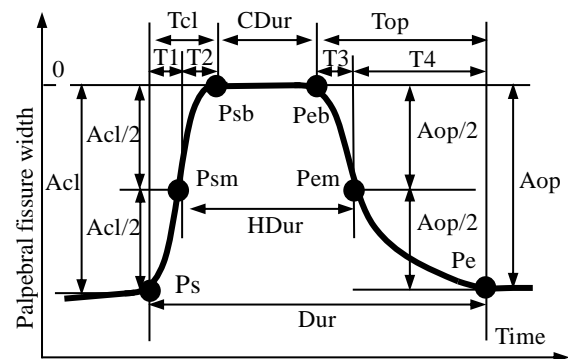


Fig.1 Shape feature parameters of eyeblink waveform.

Table 1 Definition of shape feature parameters.

Parameters	Definition
Eyelid closure amplitude	Acl
Eyelid opener amplitude	Aop
Amplitude ratio	Aop/Acl
Eyelid closure time	Tcl
First half eyelid closure time	T1
Second half eyelid closure time	T2
Eyelid opener time	Top
First half eyelid opener time	T3
Second half eyelid opener time	T4
Eyelid closure speed	Acl/Tcl
First half eyelid closure speed	(Acl/2)/T1
Second half eyelid closure speed	(Acl/2)/T2
Eyelid opener speed	Aop/Top
First half eyelid opener speed	(Aop/2)/T3
Second half eyelid opener speed	(Aop/2)/T4
Duration	Dur
Half duration	HDur
Eyelid closure duration	CDur

3. 形状特徴パラメータの定義

田邊ら(2010)や田多ら(1991), 湯瀬ら(1994)の方法に従い, 得られた瞬目波形より Fig.1 に示す 6 個の特徴点を抽出した。

特徴点はそれぞれ, 閉瞼過程開始時点 P_s , 閉瞼過程終了時点 P_{sb} , 開瞼過程開始時点 P_{eb} , 開瞼過程終了時点 P_e , 閉瞼過程中間時点 P_{sm} , 開瞼過程中間時点 P_{em} とした⁽¹⁾。これらの特徴点に基づく代表的な形状特徴パラメータ^{(1),(2),(3)}のうち, 本研究で用いる 18 個の形状特徴パラメータを Table 1 に示す。

4. 実験

眼電図法と同等の時間分解能を有する高速度ビデオカメラ(300fps, 512×384pixel)を用い, 被験者の頭部が動かないよう顎台で固定をした上で, 正面視時における随意性瞬目の過程を撮影した。

裸眼の 20 代 3 名を被験者とし, 予め指定した方向の注視点を見つ, 通常時瞬目およびウィンクを一定の間隔(毎分 20 回)で約 1 分間行った。

なお倫理的配慮とし, 事前に実験内容と注意事項を説明し, 被験者の同意を得た。

5. 結果および考察

片眼のみ閉瞼し他眼を開瞼する随意性瞬目, ウィンクに起因する, 瞬目波形の形状特徴パラメータの変化について, Mann-Whitney U 検定を用い通常時瞬目との比較を行った。その結果を Table 2 に示す。

開瞼時振幅について, 通常時瞬目に対しウィンク時では有意に($p<0.05$)振幅が小さくなることが確認された。閉瞼時振幅について, 有意な差は見られなかったものの, ウィンク時において小さくなる傾向が見られた。また, 振幅比率は 1 であった。ウィンク時においては, その前後においても眼周辺の筋肉を意識し, 目をすぼめる動作を行った可能性が考えられる。

閉瞼時間, 前半閉瞼時間および後半閉瞼時間について, 通常時瞬目に対しウィンク時では有意な差は見られなかったものの, 時間が長くなる傾向が見られた。開瞼時間および前半開瞼時間について, 通常時瞬目に対しウィンク時では有意に($p<0.05$, $p<0.01$)時間が長くなることが確認された。後半開瞼時間について, 有意な差は見られなかったものの, ウィンク時において時間が長くなる傾向が見られた。

平均閉瞼速度, 前半閉瞼速度および後半閉瞼速度について, 通常時瞬目に対しウィンク時では有意に($p<0.05$)速度が遅くなることが確認された。また, 平均開瞼速度および前半開瞼速度についても, 通常時瞬目に対しウィンク時では有意に($p<0.01$)速度が遅くなることが確認され, 特に前半開瞼速度においては顕著に遅くなった。

これは, 通常時瞬目と比較しウィンク時においては, 雑眉筋等の顔面表情を構成する筋動作を伴うなど, 複雑な動作を随意的に行う必要があることが影響したと考えられる。

持続時間および 50% 持続時間について, 通常時瞬目に対しウィンク時では有意に($p<0.01$)時間が長くなることが確認された。

これら速度が遅い特性から, ウィンクは一般的な撮影速度(30fps)のビデオカメラにおいて, 通常時瞬目と比較し取得し易いのではないかと考える。

6. おわりに

神経筋難病疾患者の意思伝達補助装置の入力手段とし,

多値入力が可能となるスイッチが求められている。

本研究は, 比較的機能低下が少ない瞬目の利用を想定し, どの程度多値化可能であるのか検討した。

本稿では, 随意性瞬目時の意識的な動作に起因する瞬目波形の形状特徴パラメータの変化に着目した。結果, 通常時の随意性瞬目とウィンク時の瞬目波形から得た形状特徴パラメータに有意な差異がみられ, 随意性瞬目を 2 値化可能であることが示唆された。

参考文献

- (1) 田邊喜一, 安井淳美, 加算作業による瞬目波形の変化について: 高速度ビデオカメラを用いた波形データの取得とその予備的分析, 人間工学, vol. 46, no. 2, pp. 180-183, 2010.
- (2) 田多英興, 山田富美雄, 福田恭介, まばたきの心理学: 瞬目行動の研究を総括する, 北大路書房, 1991.
- (3) 湯瀬裕昭, 田多英興, 瞬目の自動検出と瞬目波形解析, 人間工学, vol. 30, no. 5, pp. 331-337, 1994.

Table 2 Comparison of shape feature parameters.

Parameters	Normal voluntary eyeblink	Wink	Mann-Whitney U test
Acl [pixel]	42.4 (±2.4)	33.0 (±8.7)	n.s.
Aop [pixel]	42.7 (±2.7)	31.6 (±7.4)	*
Aop/Acl	1.0 (±0.1)	1.0 (±0.0)	n.s.
Tcl [frame]	20.0 (±3.2)	27.8 (±7.7)	n.s.
T1 [frame]	10.2 (±1.1)	10.8 (±2.4)	n.s.
T2 [frame]	9.8 (±2.8)	17.0 (±7.6)	n.s.
Top [frame]	54.6 (±19.1)	106.2 (±31.5)	*
T3 [frame]	20.0 (±6.0)	69.8 (±25.9)	**
T4 [frame]	34.6 (±14.6)	36.4 (±10.0)	n.s.
Acl/Tcl [pixel/frame]	2.2 (±0.4)	1.2 (±0.3)	*
(Acl/2)/T1 [pixel/frame]	2.1 (±0.2)	1.6 (±0.4)	*
(Acl/2)/T2 [pixel/frame]	2.3 (±0.6)	1.1 (±0.4)	*
Aop/Top [pixel/frame]	0.9 (±0.3)	0.3 (±0.1)	**
(Aop/2)/T3 [pixel/frame]	1.2 (±0.4)	0.2 (±0.1)	**
(Aop/2)/T4 [pixel/frame]	0.7 (±0.3)	0.5 (±0.1)	n.s.
Dur [frame]	123.8 (±16.7)	185.8 (±15.7)	**
HDur [frame]	79.0 (±7.8)	138.6 (±13.2)	**
CDur [frame]	49.2 (±8.8)	51.8 (±27.3)	n.s.

n.s. : not significant, * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$