(17)

まばたき動作を用いた重度肢体不自由者のための 汎用操作スイッチ VSN/1 の開発

矢島大輔¹, Nguyen Xuan Son², 林豊彦^{1,2}, 織田孝³, 乾浩明⁴

¹新潟大学大学院自然科学研究科,

²新潟大学工学部福祉人間工学科,

³日本 ALS 協会新潟県支部,

⁴信原病院・バイオメカニクス研究所

要旨 重度肢体不自由者は支援機器の操作に操作スイッチを用いる。しかし、障害が進行性の場合、スイッチもしばしば更新する必要があるため、一般に使用上の制約が大きかった。そこで著者らは、反射型フォトセンサ列を用いて、手指の動作からまばたき動作まで非接触で検出できる汎用操作スイッチ VSN/1 を開発してきた。しかし、まばたき検出時には、不随意的な周期的まばたきが誤入力となりやすい。それを防ぐために、本研究では、まばたきによる信号波形の振幅的・時間的特徴を用いたリアルタイム信号判別処理を開発した。健常者 10 名と筋萎縮性側索硬化症患者 1 名を用いて、まばたき検出の総合性能を定量評価した。その結果、正入力率、無動作（反応）率、誤動作率がそれぞれ平均で 97.0 % 未満、7.4 % 未満、0.1 % 未満であったことから、VSN/1 は実用レベルの性能に達していることが示唆された。

キーワード：操作スイッチ、反射型フォトセンサ、重度肢体不自由者、支援技術

1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症（Amyotrophic Lateral Sclerosis, ALS）、筋ジストロフィー、脳性まひなどの疾病をもつ患者は、運動機能に障害をもつため、日常生活動作やコミュニケーションに支障をきたすことが多い。それを補うために、支援機器を用いて種々な支援が行われている。その操作には、わずかな随意運動で操作できる「操作スイッチ」が用いられている。これを用いれば、パソコン、意思伝達装置、環境制御装置などの支援機器を自分で操作できるため、運動機能障害者はより自立して生活できる¹⁾。

現在、操作スイッチには、指先や手足で押して操作するプッシュスイッチや、呼吸を用いた呼吸スイッチなど、様々なタイプが市販されており^{*1}、使用者の身体運動能力によって使い分けられている。ALS のような進行性の疾病の場合、まばたきや眼球運動が最後まで残ることが多い²⁾。そのような場合、光ファイバー¹⁾、ピエゾ素子¹⁾、眼電図^{3,4)}、ビデオカメラ⁵⁻⁷⁾などを用いたスイッチが用いられている。最終的に随意運動が完全に失われたときは、脳波や脳血流を用いたスイッチ^{*1}が用いられてい

^{*1} 東京大学・学際バリアフリー研究プロジェクト, <http://at2ed.jp/pro/categoryList2.php/categoryid/357> (2016 年 1 月 31 日確認)。

る。研究レベルでは、近年、脳波を用いたブレイン・コンピュータ・インタフェース (BCI) も注目されている⁸⁾。

進行性疾患患者の操作スイッチでは、スイッチの更新および固定・位置調整のふたつが特に重要と考える。前者は購入コストがかかるだけでなく、新しいスイッチへの慣れも必要となる。後者は、それが困難な場合、介助・介護者への負担が重くなる。これら諸問題を解決するためには、できるだけ多様な身体運動で操作でき、かつ介助者も利用者も使いやすい操作スイッチを開発する必要がある。そこで著者らは、反射型フォトセンサを用いた非接触型の汎用操作スイッチ VSN/1 を開発してきた^{9~11)}。このスイッチは、5 mm 程度の随意運動を検出する「近接スイッチ」としても、まばたきの開閉動作を検出する「まばたきスイッチ」としても利用できる。そのため、操作する身体運動の範囲が広いという特長がある。先行研究では、まず指の屈曲運動を検出できるスイッチを開発し¹⁰⁾、次に、随意的まばたきも検出できるように検出法を拡張した¹¹⁾。センサ列は眼鏡上部に固定したため、一度固定位置を個人に合わせて調整しておけば、利用時の着脱は容易である。しかし、視野を狭めるという欠点があった。また、性能評価実験では健常者のみを対象としていたため、運動機能障害者に対する有効性については未検証であった。

本研究では、まばたき検出時にセンサ位置を微調整できる機構を開発し、検出性能の向上のためにデータ処理法を改良した。その性能評価のために、健常者と ALS 患者を被験者として実験を行った。

2. 汎用操作スイッチ VSN/1

2.1 システム構成

本システムは、随意的な身体運動を検出し、意思伝達装置などの支援機器への入力信号を出力する装置である。この出力を以後「スイッチ入力信号」と呼ぶ。システム構成は、センサ部、コントロール部、データ処理部の3部からなる(図1)。センサ部は、3 mm×4 mm×2 mm の反射型フォトセンサ

図1 VSN/1のシステム構成

センサ部、コントロール部、データ処理部の3部からなる。

図2 メガネフレームにアタッチメントで固定したフォトセンサ列

(NJL5197K-F25, 新日本無線) からなる。コントロール部は、LED を駆動するパルス発生器、フォトトランジスタの出力電圧を検出する電圧検出回路のふたつからなる。フォトトランジスタの出力電圧は外部光成分も含むため、発光直前の無発光時の電圧値を減じて外部光成分を除去した。データ処理部はA/D変換器(CSI-360116, Interface)とパーソナルコンピュータ(LATITUDE E5510, DELL)からなる。データ処理部のプログラムはVisual C++[®](Microsoft)で作成した。

センサの配列は縦に3個とした(図2)。それを下からチャンネル1~3と呼び、それぞれCH1~3と略記する。3個用いた理由は、検出域を拡大し、センサ装着時における位置合わせの負担を軽減するためである。まばたき検出時には、図2に示すよう

に、センサをアタッチメント（アルミニウム合金製）で眼鏡のレンズの端に取り付ける。この方法を用いれば、視界を遮ることなくセンサの位置を3自由度で微調整できる（左右どちらのレンズにも取り付け可）。センサ・アタッチメントの総重量は12gである。

2.2 随意運動の識別法

本節では、随意運動を識別するためのデータ処理法について述べる。処理法には、汎用動作モードとまばたき検出モードのふたつがある。前者は、指の屈曲運動を検出する処理法¹⁰⁾を随意的なまばたきも検出できるように拡張したものである。一方、後者は随意的まばたきをより高精度に検出するモードである。

(1) 汎用動作モード

図3に、健常者における随意的なまばたき検出時の、3つのチャンネルの信号波形の一例を示す。図中の a は目を開いている区間、 b と d は周期的まばたき区間、 c と e は随意的まばたき区間である。ここで随意的まばたきとは、「周期的まばたきよりも意識的にわずかに長く目を閉じるまばたき」のことである。特に強く目を閉じる必要はない。はじめに、信号波形の低周波成分を除去するために、センサ出力電圧データを5点平滑化微分する（図4）¹¹⁾。出力電圧を $V(i)$ とすれば、平滑化微分後のデータ $V'(i)$ は、

$$V'(i) = (10h)^{-1} \{-2V(i-2) - V(i-1) + V(i+1) + 2V(i+2)\} \quad (1)$$

で表される¹²⁾。ここで i はサンプル番号、 h はサンプリング周期[s]を表す。

図3 3チャンネルの出力信号データの一例

図4 出力信号（図3のCH2）の微分波形
振幅閾値 $\pm V_t$ で決まる時間パラメータ t_b および随意運動検出用の時間閾値 $t_{\min}$ 、 $t_{\max}$ 。

次に、随意運動による信号波形だけを検出する方法について述べる。まず、波形の動作成分を抽出する振幅閾値 $\pm V_t$ の算出法を示す。スイッチの電源投入時に $V(i)$ を2秒間分取得し、その二乗平均平方根 V_{RMS}

$$V_{\text{RMS}} = \{N^{-1} \sum_{i=1}^N V(i)^2\}^{1/2} \quad (2)$$

を求める。ここで N は取得データ数を表す。振幅閾値 V_t は、便宜的に $V_t = 3 \times V_{\text{RMS}}$ とした。次に、信号電圧の振幅が V_t を越えた時刻 t_1 から、 $-V_t$ を下回る時刻 t_2 までの時間を $t_b = t_2 - t_1$ とする（図4）。 t_b 値は運動速度に依存するから、スイッチ入力のための随意運動の速度を、それ以外の運動（不随意運動、外乱など）から意識的に変えられれば、随意運動だけを識別できる可能性がある。そこで t_b 値の区間 $t_{\min} < t_b \leq t_{\max}$ を設定し、 t_b 値がこの区間に入る信号を検出することにした。 $t_{\min}$ と $t_{\max}$ は、身体運動や外部機器に合わせて適宜設定する。ある波形の t_b 値が上記条件を満たすとき、時刻 t_2 でスイッチ入力信号を発生する（図4）。

(2) まばたき検出モード

まばたきスイッチとして利用するとき、まぶたの動揺、眼球運動、連続的な周期的まばたきなどによって、微分波形の振幅 V' および時間パラメータ t_b が条件を満たし、スイッチ入力信号が発生することがあった。このような誤動作を生じる波形は、随意的まばたきによる波形に比べて振幅が小さい傾向が見られたことから、次に述べるふたつ目の振幅閾値 V_b を導入する。

スイッチの利用開始時、まずまばたきしないで2秒間静止し、次に随意的まばたきを1回だけしてもらい、データを取得する(準備モード)。静止時の平滑化微分波形 $V'(i)$ から2.2(1)で述べた方法で V_t を決定する。次に随意的まばたきによる平滑化微分波形の正のピーク値を各チャンネルで測定する。まず、3チャンネルのピーク値の中で最大値を与えるチャンネルを選択する。そのチャンネルが最も随意的まばたきを検出しやすいと考え、以後、そのデータだけを用いることにする。そのチャンネルのピーク値を V_{p1} とする。振幅閾値 V_b は、その値の1/2、すなわち $V_b = V_{p1}/2$ に設定する。一般の入力モードでは、平滑化微分波形の時間パラメータ t_b が条件を満たし、かつその波形のピーク値 V_p が $V_p \geq V_b$ を満たすとき、時刻 t_2 でスイッチ入力信号を発生する。随意的まばたきの検出アルゴリズムを以下に示す。

[準備モード]

- 1) 静止時におけるセンサ出力信号を2秒間取得し、2.2(1)で述べた方法で振幅閾値 V_t を決定する。
- 2) 随意的まばたき時のセンサ出力信号の平滑化微分波形 $V'(i)$ から振幅閾値 V_b を決定する。

[入力モード]

- Step0. $i \leftarrow 0, k \leftarrow 0, t_1 \leftarrow 0, t_2 \leftarrow 0$,
- Step1. $k=1$ (波形判別モード) のとき、Step2に進む。
 $k=0$ のとき、
- 1) $t_1=0$ のとき、
 $V'(i) \geq V_t$ を満たすとき、 $t_1 \leftarrow i, k \leftarrow 1$ とし、Step 2に進む。それ以外はStep 7に進む。
 - 2) $t_1 > 0$ のとき、
 $V'(i) \geq V_t$ を満たすとき、 $k \leftarrow 1$ とし、Step 2に進む。それ以外はStep 7に進む。
- Step2. $V'(i) < V_t$ ならば、 $k \leftarrow 0$ とする。
- Step3. $V'(i) < -V_t$ を満たすとき、 $t_2 \leftarrow i$ とし、
 $t_b = t_2 - t_1$ を算出し、Step 4に進む。それ以外はStep 7に進む。
- Step4. 区間 $[t_1, t_2]$ 内で $V'(i)$ の最大値 V_p
 $V_p \geq V_b$ for $\forall i \in [t_1, t_2]$
を求める。

Step5. $t_b \in (t_{\min}, t_{\max}]$ かつ $V_p \geq V_b$ を満たすとき、
スイッチ入力信号を時刻 t_2 で出力する。

Step6. $k \leftarrow 0, t_1 \leftarrow 0, t_2 \leftarrow 0$ とする。

Step7. $i \leftarrow i+1$ として、Step1に戻る。

3. スイッチ性能評価実験

本章では、意思伝達装置を用いたスイッチの性能評価実験について述べる。実験の目的は、開発したアタッチメントを用いて、まばたき検出時における汎用動作モードの操作性を評価することである。実験内容は先行研究の性能評価実験に準じて設定した¹¹⁾。3.1項と3.2項でそれぞれ健常者とALS患者を被験者とした実験について述べる。本実験の内容は信原病院臨床研究等審査委員会の承認(管理番号J149)を得た。

3.1 健常者による意思伝達装置の操作実験

(1) 実験条件

被験者は健常成人男性10名(平均 22.3 ± 1.27 歳)とした。実験前に被験者に実験内容について書面および口頭で詳しく説明し、承諾を得た。

図5に実験風景を示す。入力動作は随意的まばたきとした。測定姿勢は、重度の運動機能障害者を想定して、仰臥位とした。眼鏡は、被験者が眼鏡使用者の場合、本人の眼鏡を用いた。そうでない場合、レンズ機能のない眼鏡を用いた。アタッチメントの設置位置は、右側眼球の右前方とし、かつCH2のセンサが両眼の中心を結ぶ軸上になるようにした。被験者が前方を注視したとき、センサは右眼視野の外側境界に位置していた。意思伝達装置には、オペレートナビ EX[®] (NEC) を用いた(図6)。このソフトウェアは、パソコンのモニター上に表示された文字盤上をカーソルが自動スキャンする入力インタフェースである。スキャン速度は1.0sとした。センサ検出信号のサンプリング周波数は15Hzとした。汎用動作モードにおける閾値 $t_{\min}$ を決めるために、予備実験として健常者10名の周期的まばたきを3分間計測した。その結果、その t_b 値は全被験者で0.4s未満であった。そこで $t_{\min} = 0.4$ sとした。

表 1 入力種別とコミュニケーション支援機器出力の種別の組み合わせの全事象および出現回数

入力種別	出現回数		
	正動作	誤動作	無動作
随意的まばたき	n_1	n_2	n_3
無入力	n_4	n_5	-

図 7 ALS 患者での実験風景

3.2 ALS 患者によるスイッチ性能評価実験

(1) 実験条件

被験者は ALS と診断された 65 歳の男性 1 名とした。実験前に被験者に実験内容について書面および口頭で詳しく説明し、承諾を得た。実験時、被験者は発病後 6 年目であった。障害等級は「上下肢不自由 1 級、体幹不自由 1 級、呼吸器機能障害 1 級」であった。まばたきや眼球運動は正常で、特に異常は認められなかった。コミュニケーション支援機器として「伝の心[®]」（日立製作所）を日常的に使用していた。その操作スイッチにはタッチスイッチ (00141A00, 徳器技研) を用いていた。

実験場所は、被験者が入院中の病院とした (図 7)。眼鏡は、被験者が日頃使用しているものとした。アタッチメントの設置位置は 3.1 項の健常者による実験と同様とした。センサ検出信号のサンプリング周波数は 15 Hz とした。時間閾値は、便宜的に $t_{\min} = 0.5 \text{ s}$, $t_{\max} = 3.0 \text{ s}$ に設定した。

(2) 実験方法

実験の目的は、まばたき検出モードを用いて ALS 患者の随意的まばたきを判別できるかどうか

を検証することである。患者への負担を軽減するために、意思伝達装置は用いないで、意図的な操作スイッチ入力およびスイッチ入力信号の出力だけを調べた。そこで本実験では、スイッチ入力のトリガとして被験者に視覚刺激を与えることにした。図 8 に視覚刺激のための表示画面を示す。画面上には、黒の背景の中央に円領域が描画されており、円領域の色が赤→緑→赤→…と一定の周期で交互に切り替わる。スタート時の色は赤とし、表示時間は赤色が 5 秒、緑色が 10 秒とした。被験者には、「円領域が赤色から緑色に切り替わった直後に随意的まばたきを 1 回行う」ように教示した。これを 1 試行と呼ぶ。これを連続して 12 試行を行い、これを 1 セクションとした (約 3 分間)。1 日で 3 セクション行い (セクション間の休憩約 5 分)、さらに日を変えて 3 回行った (合計 9 セクション)。随意的まばたき以外、被験者に対して次の 4 つの教示を与えた: 1) 1 セクション中は周期的まばたきを自由に行ってよい、2) 1 セクション中は円領域を注視し続ける、3) まばたきを行う際は目を強く閉じない、4) 1 セクションを開始してから 2 秒間はまばたきをせずに円領域を注視し続ける。スイッチ入力信号の発生を被験者に知らせるために、発生時にパソコンからブザー音を出力した。操作練習は、図 8 の視覚刺激画面を用いて次のように行った。被験者には 1 セクション 12 試行を連続して行ってもらい、セクション中の全ての随意的まばたきが正しく検出されるまで練習を繰り返した。センサ位置の調整は、実験開始から 3 セクション終了時まで行わなかった。実験中、測

図 8 随意的まばたきのトリガとなる視覚刺激画面中央の円領域の色が赤から緑に切り替わった直後に、随意的まばたきを 1 回するように被験者に教示した。

定と同時に被験者の右目をビデオカメラで撮影した。

(3) 評価法

被験者が実験中に行った全ての随意的まばたきをビデオ映像で確認し、それを評価対象とした。被験者の随意的まばたきを「入力」とし、スイッチ出力である「意思伝達装置への入力信号」を「出力」とする。起こりうる全事象の組み合わせは次の3通りである：

- 1) 正入力：入力があり、かつ出力もある、
- 2) 無反応：入力があるのに、出力がない、
- 3) 誤動作：入力がないのに、出力がある。

それらの出現回数をそれぞれ m_1 , m_2 , m_3 で表し、

- 1) 正入力率[%] = $\{m_1 / (m_1 + m_2 + m_3)\} \times 100$
- 2) 無反応率[%] = $\{m_2 / (m_1 + m_2 + m_3)\} \times 100$
- 3) 誤動作率[%] = $\{m_3 / (m_1 + m_2 + m_3)\} \times 100$

の3つを評価パラメータとして定義した。

4. 実験結果

4.1 健常者を用いた実験の結果

各セクションで評価パラメータの1)～3)の平均値を求め、その値をセクションの代表値とした。次に、全セクションにおける代表値の平均値を求め、それを各被験者の評価値とした。表2に被験者A～Jの評価値および全被験者の平均±標準偏差を示す。後者の値は、正動作率が96.96±0.98%，誤動作率が0.06±0.12%，無動作率が2.98±1.02%であった。

表2 健常者を用いた実験の結果

被験者	正動作率[%]	無動作率[%]	誤動作率[%]
A	98.4	1.6	0.0
B	95.2	4.8	0.0
C	97.7	2.3	0.0
D	97.7	2.4	0.0
E	97.6	2.0	0.4
F	96.2	3.8	0.0
G	97.0	2.8	0.2
H	95.8	4.2	0.0
I	96.2	3.8	0.0
J	97.8	2.2	0.0
平均	96.96±0.98	2.98±1.02	0.06±0.12

4.2 ALS患者を用いた実験の結果

1日中の3セクションで各評価パラメータの平均値を求め、それをその日の代表値とした。次に3日間の代表値の平均値と標準偏差を求めた。正入力率と無反応率はそれぞれ92.6±1.31%，7.4±1.31%，誤動作率は0であった（表3）。

5. 考察

5.1 VSN/1の基本性能について

本節では、健常者を用いた4.1項の実験結果について、健常者を用いた先行研究¹¹⁾と比較して論じる。先行研究での正動作率、誤動作率、無動作率は、それぞれ89.2±2.11%，2.6±1.85%，8.2±0.85%であった。この値と今回の実験結果（表2）を比較すると、全ての評価で改善がみられた。本研究と先行研究との差は、アタッチメントの改良、装着部位の変更、およびまばたき検出モードの改良であるため、それらの変更は検出性能の改善に有効であった。

誤動作の原因を調べると、ほとんどが周期的まばたきを検出してスイッチ入力信号を出力する場合であった。そのため、周期的まばたきの頻度が高い被験者ほど誤動作しやすくなる。表1の被験者E, F, G, H, I, Jの6名は周期的まばたきが比較的高頻度であった（1分間30～70回）。その中の被験者E, Gの2名ではわずかに誤動作がみられたが、他の被験者ではみられなかった。誤動作は意図しない入力となるため、スイッチ操作では最も問題となる。それが先行研究¹¹⁾よりも低減できた理由は、振幅閾値 V_b の導入にあった。その反面、低速の随意的まばたきが検出できなくなり、無動作の原因のひとつとなった。しかし、それによる無動作は実際には少なく、多くの原因は速すぎる随意的まばたきによる信号波形が時間閾値で除外されたためであった。

ALS患者のような進行性の運動機能障をもつ患

表3 ALS患者を用いた実験の結果

評価パラメータ	正入力率	無反応率	誤動作率
平均±標準偏差[%]	92.6±1.31	7.4±1.31	0.0

者の場合、長期間使える操作スイッチは、経済面と精神面の両面において価値が高い。最終段階では、まばたきスイッチ、ピエゾスイッチないし視線入力装置が用いられることが多い¹⁾。この中で比較的長期間使われているのはピエゾスイッチ¹⁾である。しかし、このスイッチは運動部に粘着テープで貼付しなければいけないため、現場での取り扱いに制約を与える。それに対して、VSN/1には、無負荷かつ高感度のタッチスイッチないし近接スイッチとして長期間使用でき、かつ最終的には非接触のまばたきスイッチとしても利用できるという特長がある。非接触のまばたきスイッチとしては、光ファイバースイッチ¹⁾が一般的であるが、高感度にしたときには位置調整が難しいという問題がある。この問題をVSN/1では、センサ列と3自由度アタッチメントの使用によって解決することができた。操作スイッチとしての性能については、正動作率、誤動作率、無動作率で定量評価した先行研究がみあたらないため、他のスイッチと単純には比較できないが、これら3つの評価の点からは実用レベルにあると考える。

5.2 ALS 患者への適用について

本節では、3.2(4)の実験結果を用いて、改良した識別法の有効性およびVSN/1のALS患者への適用について論じる。本研究ではALS患者1名に性能評価実験を行った結果、正入力率、無反応率はそれぞれ $92.6 \pm 1.31\%$ 、 $7.4 \pm 1.31\%$ で、誤動作率はゼロであった。無反応の原因は、全て短いまばたき時間の信号波形が時間閾値で除外されたためであった。

今回の被験者は重度の肢体不自由者であったが、眼の開閉動作が正常であったため、本スイッチを高い正入力率で使用することができた。誤動作も起きなかったことから、随意意的なまばたき運動が正常ならば、本スイッチを使用できると考えられる。しかし、本被験者が随意的まばたきを長時間連続的に行うことは、疲労の点で問題があった。一般的な意思伝達装置で文字入力すると、1文字の入力に最低でも4回随意的まばたきをする必要がある。そのような作業では、視線入力装置、ないしそれと本スイ

ッチの併用が有効と考えられる。

最後に今後の拡張について述べる。ALS患者で最終的に残る随意運動は「左右方向への眼球動作」ないし「上眼まぶたの挙上」が多いと報告されている^{2,13)}。もしこれらの動作も入力動作として追加できれば、より汎用性を高められると考えられる。その開発が今後の課題である。

6. おわりに

著者らは、近接スイッチとしてもまばたきスイッチとしても使用できる汎用操作スイッチVSN/1を開発した。本研究では、まばたきスイッチとして性能を向上するために、センサ位置を微調整する機構および周期的まばたきによる誤動作を低減する判別処理を追加した。その結果、VSN/1の随意的まばたきの検出性能を実用レベルに改善することができた。当面の課題はALS患者の被験者数の増加である。

参考文献

- 1) e-AT 利用促進協会編集：福祉情報技術コーディネーター認定試験テキスト，104-160，全日本情報学習振興協会，(2013)。
- 2) 日本ALS協会編：新ALS(筋萎縮性側索硬化症) ケアブック，1-100，川島書店，(2005)。
- 3) 大矢哲也，小山裕徳，川澄正史，斎藤正男：重度肢体不自由者における眼電位を用いた意思伝達支援装置の開発，豊田研究報告，63，231-233，(2010)。
- 4) Deng, L. Y., Hsu, C.-L., Lin, T.-C., Tuan, J.-S. and Chang, S.-M.: EOG-based human-computer interface system development, *Expert Syst Appl*, 37(4), 3337-3343, (2010)。
- 5) 竹原一行：メガネに取り付けた超小型ビデオカメラで検出したまばたきで制御する重度肢体不自由者向け代替キーボード，FIT2009 講演論文集第3分冊，533-539，(2009)。
- 6) 宮坂智哉，東海林正敬，田中敏明：Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) 者を対象とした継続的な意思伝達を支援する眼球運動入力デバイス，ヒューマンインタフェース学会論文誌，11(4)，339-348，(2009)。
- 7) Chau, M. and Betke, M.: Real Time Eye Tracking and Blink Detection with USB Cameras, *Boston University Computer Science Tech Report*, No. 2005-12, 1-10, (2005)。
- 8) Bai, O., Lin, P., Huang, D., Fei, D.-Y. and Floeter, M. K.: Towards a user-friendly brain-computer interface: Initial tests in ALS and PLS patients, *Clin Neurophysiol*, 121(8), 1293-1303, (2010)。

- 9) 中村拓郎, 林豊彦, 中村康雄, 若林佑子, 渡辺諭: 反射型フォトセンサを用いた ALS 患者向け汎用シングルスイッチのまばたき検出特性, 信学技報, WIT 106(612), (2007).
- 10) 呉東麗, 林豊彦, 中村康雄, 若林佑子, 渡辺諭, 反射型フォトセンサ列を用いた汎用シングル・スイッチの操作性評価, 信学技報, MBE 107(541), (2008).
- 11) 矢島大輔, 林豊彦, 渡辺哲也, 前田義信, 若林佑子, 渡辺諭, 阿部晃, 山口俊光, 反射型フォトセンサ列を用いた汎用シングルスイッチ VSN/1 による意識的なまばたきの検出法, 信学技報, WIT 109(152), (2009).
- 12) 南茂夫: 科学計測のための波形データ処理計測システムにおけるマイコン/パソコン活用技術, 84-110, CQ 出版社, (1986).
- 13) 南雲浩隆, 本間武蔵, 鳴海俊明, 日野創, 前田眞治: ALS 患者のためのスイッチの適合と導入, 作業療法ジャーナル, 43(12), 1298-1305, (2009).

Development of a versatile control-interface Switch (VSN/1) using eye-blink for users with severe physical disabilities

Daisuke YAJIMA¹, Nguyen Xuan SON², Toyohiko HAYASHI^{1,2},
Takashi ODA³, Hiroaki INUI⁴

¹Graduate School of Science and Technology, Niigata University,

²Department of Biocybernetics, Faculty of Engineering, Niigata University,

³Japan ALS Association Prefecture branch in Niigata,

⁴Nobuhara Hospital and Institute of Biomechanics

Abstract Persons with motor dysfunctions generally use control-interface switches to operate assistive devices. In cases where their condition is progressive, however, they are usually restricted to the use of an on/off switch, due to the need for frequent updates. We have been developing a versatile control-interface switch (VSN/1) that incorporates a photo-reflective sensor array, which is applicable to a wide range of body motions from slight finger movements to voluntary blinking. In its application to blinking detection, however, involuntary periodic blinking leads to much erroneous input. To prevent this, we developed a method of real-time signal discrimination processing, using temporal and amplitude features of signal waveforms originated from blinking. We evaluated overall performance of VSN/1 quantitatively, using 10 healthy volunteers and an amyotrophic lateral sclerosis (ALS) patient. Consequently, functioning-, malfunctioning- and no-response rates in both groups were less than 97.0 %, 7.4 % and 0.1 % on average, respectively, suggesting that VSN/1 has reached a practical level.

Key Words : Control-interface switch, Photo reflector, People with severe motor disabilities, Assistive technology