

障害(児)者を対象とした生体信号入力デバイスの 適応の可能性について

宮坂 智哉^[1] 植草学園大学保健医療学部

桑名 俊一^[2] 植草学園大学保健医療学部

渡邊 章^[3] 植草学園大学発達教育学部

田中 勇治^[4] 植草学園大学保健医療学部

村上 仁之^[5] 植草学園大学保健医療学部

Feasibility of using a Biological Signals-based Input Device with Disabled People, Especially Children

Tomoya MIYASAKA Faculty of Health Sciences, Uekusa Gakuen University

Syunichi KUWANA Faculty of Health Sciences, Uekusa Gakuen University

Akira WATANABE Faculty of Child Development and Education, Uekusa Gakuen University

Yuuji TANAKA Faculty of Health Sciences, Uekusa Gakuen University

Yoshiyuki MURAKAMI Faculty of Health Sciences, Uekusa Gakuen University

近年、筋電、眼電、脳波などの生体信号を利用した入力デバイスが市販されている。それらが福祉機器の入力デバイスとして利用できれば、障害(児)者が入力デバイスを選定する選択肢が広がり、また社会福祉予算の効率的、効果的な活用が期待できる。本研究は、市販の生体信号入力デバイスを対象とし、障害(児)者を対象とした入力デバイスとしての適応の可能性を評価した。評価の実施には入力手段として咬合動作による筋電、眼球の外転、内転による眼電、脳波の3種類を対象とし、健常成人4名を被験者とした。結果として、3種類の入力手段のうち咬合動作による筋電については有効であった。一方眼電、脳波についての適応は困難だった。

[1] 著者連絡先：宮坂智哉

[2] 桑名俊一

[3] 渡邊章

[4] 田中勇治

[5] 村上仁之

キーワード：入力デバイス, 筋電, 眼電, 脳波

In recent years, some input devices using biological signals - Electro Myogram (EMG), Electro Oculogram (EOG) and Electro Encephalogram (EEG) have become commercially available. There are indications that commercial use of these devices has great potential to increase the options of persons with disabilities as well as efficiently and effectively make use of the social welfare budget. We evaluated the feasible adaptability of one particular device as an assistive device for these individuals. Operation of the 3 biological input methods of the device – EMG, EOG and EEG was evaluated by 4 people with non-disabilities. The results of the evaluation indicated that the input device using EMG had potential use as an assistive input device, while, those using EOG and EEG did not.

Keywords: Input device, Electro Myogram, Electro Oculogram, Electro Encephalogram

1. 背景

発声や書字が困難で、他者への意思伝達に支障がある障害(児)者を対象として、意思伝達を支援する機器やソフトウェアがある^{1,2)}。それらの機器やソフトウェアを操作するには、対象者の特性に合った入力デバイスを導入することが重要である³⁾

入力デバイスに求められる特性は、意思伝達を支援する機器やソフトウェアが1チャンネル入力の対応をしているものが多いことから、1チャンネルのon/off操作する機能があれば対応が可能となる。しかし、その機能は単純ではあるが、障害(児)者が実用的に使用するには、多くの特性を要求する(表1)⁴⁾。

現状では、四肢の随意性運動機能を利用し、安価で単純な操作が可能な押しボタンスイッチを導入することが多い⁵⁾。四肢の随意性運動機能が低下し、押しボタンスイッチでは入力が困難な場合、静電容量センサを利用したタッチスイッチや圧センサを利用した圧センサースイッチが導入されることがある⁶⁾。四肢の運動機能がさらに低下し、あるいは消失した

場合、呼気、表情筋の収縮、眼球運動などを利用した入力スイッチが導入されることがある⁷⁾。

それらの随意性機能が低下し、消失した場合は、Total Locked In (トータルロックドイン) 状態⁸⁾ となり、従来では意思伝達の手段がなかった。そこで、近年脳波や脳血流を利用した入力デバイス^{9,10)} が市販され、従来では困難だった意思伝達の可能性を広げるきっかけになった。しかし、脳波を入力源とするものは、個人差が大きく誰もが操作できないこと、脳血流を入力源とするものは、応答に30秒以上かかり、実用的な応答速度での意思伝達が困難なことがある。

近年Brain Computer Interface¹¹⁾ などと言われる、脳波などの生体信号を利用した入力デバイスの研究が積極的に実施されている。それらの研究の目的は、パーソナルコンピュータや車いす、義手などの操作を、脳波などの生体信号を介在して実施するものであるが、機能が複雑で、使用者に操作習得のために長期の学習を必要とするものが多い。

一方、近年ホビー用途として、筋電、眼電、脳波などの生体信号を入力源とした、安価な入力デバイスが市販されている。これらは、四肢の運動機能を用いずにマウスやキーボードの入力が可能であるとしており、1チャンネルの入力用として転用が容易である。また安価で入手しやすいというメリットがある。市販の安価な生体信号入力デバイスが福祉機器の入力デバイスとして利用できれば、特に四肢運動機能が消失するなど重度の障害を持つ方たちの入力デバイスの選択肢が広がり、また社会福祉資源の効果的な活用が期待できる。

表1 入力デバイスの機能・求められる特性

入力デバイスの機能 1チャンネルのon/off操作
入力デバイスに求められる特性 身体部位に侵襲や障害を与えない (安全性) 誤入力、誤作動の起きない (正確性) 短時間で操作方法を習得できる (操作性) 意思伝達に必要な応答速度がある (応答性) 操作や設置に精密さを要求しない (ロバスト性) 長時間操作しても疲労や負担が少ない (低負担) 使用者以外の他者 (介護者) による設置が容易 安価で入手が容易 (低コスト, 易入手) 修理や交換が容易 (易メンテナンス)

2. 目的

本研究は、市販の生体信号入力デバイスを対象とし、健常者を被験者として基本的な特性を評価し、障害（児）者を対象とした入力デバイスとしての利用可能性を検討した。

3. 方法

3.1 対象

生体信号入力デバイスには、nia (Neural Impulse Actuator (ocz製))を用いた。

3.1.1 niaの概要

niaは筋電、眼電、脳波の生体信号を入力してパーソナルコンピュータを操作する入力デバイスである（図1）。価格は約\$150（約1万3千円）で、国内では約2万円で入手可能である。



図1 nia (ocz社製)

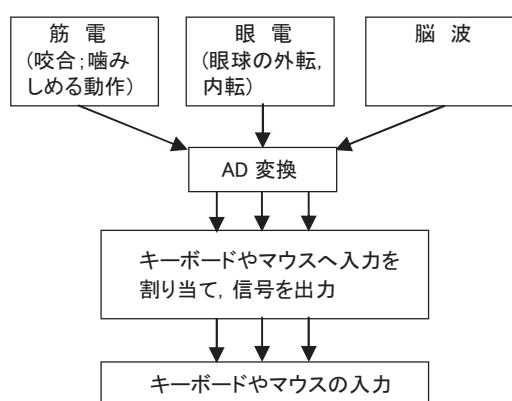


図2 niaの機能

3.1.2 niaの機能

niaの機能は、使用者の筋電、眼電、脳波（ α 波3種、 β 波3種）を生体信号として検出し、その後A/D変換を実施する。それぞれの生体信号に対し1チャンネルの（On/Off）信号を出力する。それらの出力信号をパーソナルコンピュータのマウスクリックやカーソル、キーボードのボタンに割り当てることが可能である（図2）。

3.1.3 niaの操作方法

操作方法是下記のとおりである。

1. 頭部にヘッドユニットを装着する。そのとき、ヘッドユニットにある3箇所の電極を前頭部の左、中心、右の皮膚面に接触させる。
2. 制御ソフトウェアを立ち上げて、キャリブレーションを実施する。
3. 咬合（噛みしめる）動作をすると筋電の出力が、眼球を外転あるいは内転すると眼電の出力が発生する。脳波の出力については、取扱説明書に操作方法の記載はなく、具体的な操作方法是不明である。
4. 制御ソフトウェアの表示、信号音、あるいはマウス、カーソルの動きで動作を確認する。

3.2 被験者

健常成人4名を被験者とした。

3.3 評価方法

評価方法は下記のとおりとした。

1. 被験者は前頭部にniaのヘッドユニットを装着し、同時に前頭部及び頭頂部に脳波計測用の電極を貼付した（図3）。
2. 1.の電極を、生体信号計測システムであるPowerLab（AD INSTRUMENTS製）に接続した。
3. niaとPowerLabをそれぞれパーソナルコンピュータに接続した（図4）。
4. 被験者は座位となり、以下の3種類の試技を実施した。
 - ①開眼で安静となり、その後咬合（噛む）動作を10回実施した。
 - ②眼球の外転、内転動作を10回実施した。

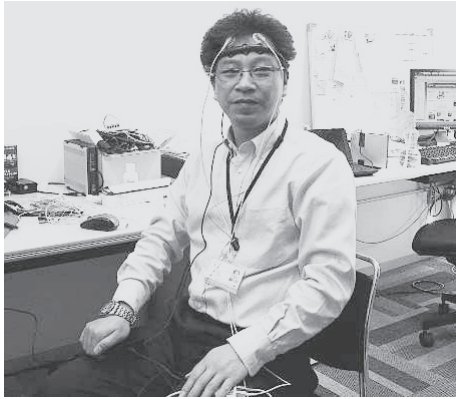
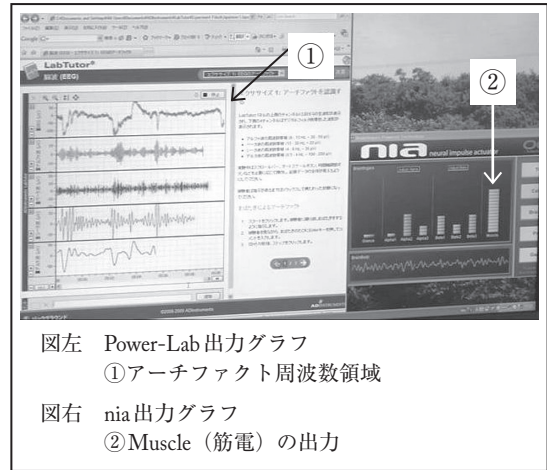


図3 ヘッドユニットの装着, 電極の貼付



図左 Power-Lab 出力グラフ
①アーチファクト周波数領域
図右 nia 出力グラフ
②Muscle (筋電) の出力

図5 咬合動作時の出力

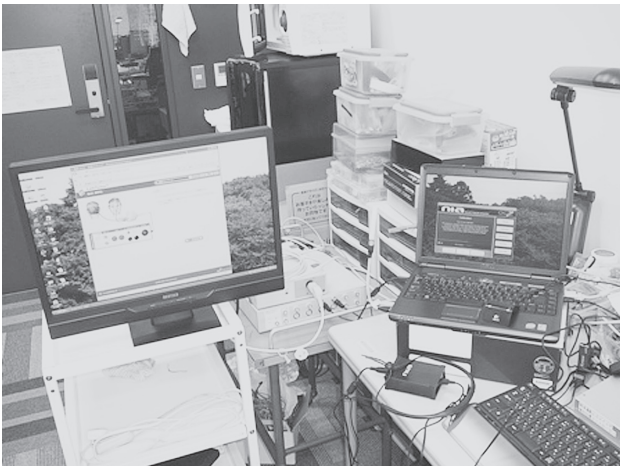
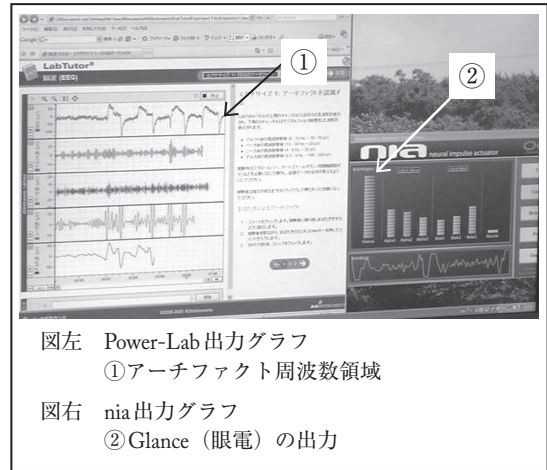


図4 PowerLab (中央), nia (右) の接続



図左 Power-Lab 出力グラフ
①アーチファクト周波数領域
図右 nia 出力グラフ
②Glance (眼電) の出力

図6 眼球の外転, 内転時の出力

③閉眼で30秒間安静となり,その後開眼した。
5.4.の試技をPowerLabで記録し,同時にniaの出力をパーソナルコンピュータのモニタ上で確認した。

4. 結果

3.3 評価方法の4.の3種類の試技の結果は以下のとおりとなった。

4.1 咬合

被験者4名とも,咬合動作を実施すると,10回の動作全てにおいてniaのMuscle(筋電)の出力表示が100%を示した。出力は噛みしめている間,継続して発生した。そのときPowerLabのEMG周波数

領域(アーチファクト周波数領域)の出力が増加した(図5)。

4.2 眼球の外転,内転

被験者4名とも,眼球の外転,内転動作を実施すると,10回の動作全てにおいてniaのGlance(眼電)の出力表示が100%を示した。出力は眼球を動かしているときだけ発生した。そのときPowerLabのEOG周波数領域(アーチファクト周波数領域)の出力が増加した(図6)。しかし,外転動作でも内転動作でも同じ出力が発生し,niaの出力からそれらの出力を区別することはできなかった。

4.3 脳波

被験者4名とも,開眼時,閉眼時でniaのAlpha(α)

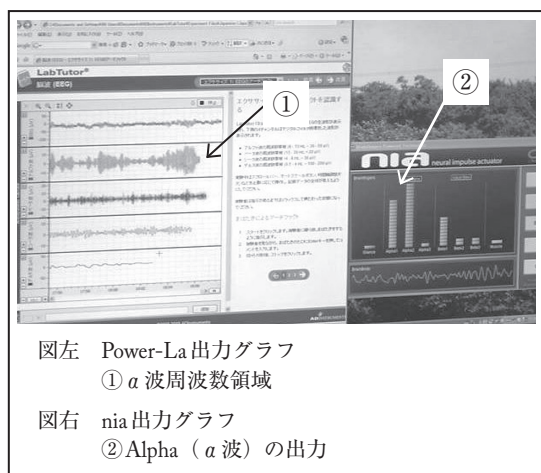


図7 脳波の出力

波) 及びBeta (β 波) に出力が表示されたが、随意的な出力はできなかった。niaのAlpha, Betaの出力に応じてPower-Labの α 波周波数領域, β 波周波数領域にも出力は見られたが、niaの出力との一致はなかった。2名の被験者について、閉眼安静時にはAlphaの出力が増加し(図7.②), そのときPower-Labの α 波周波数領域の出力が増加し(図7.①), 開眼するとそれらの出力が減少することがあったが、全ての被験者で再現は得られなかった。

5. 考察

5.1 咬合

評価結果から、咬合によるniaの出力は、咬合時にPowerLabのEEG周波数領域に出力が見られたこと、またniaのヘッドユニットの電極が前頭部に配置されていることから、主に咬合による側頭筋の収縮で得られる表面筋電の変化¹²⁾によるものと考えられる。4名の被験者とも、10回の咬合動作全てにおいて出力が得られたことから、操作の再現性はあると考えられる。また、噛みしめている間は出力を維持できることから、入力に必要な時間を設定することが可能であり、このことから入力のための咬合動作とそれ以外の咬合動作を分離することが容易である。以上のことから、障害(児)者への入力デバイスの適応の可能性はあると言える。

顔面周囲の筋収縮を入力源とする入力デバイスは従来からある⁶⁾が、niaはそれらと比較して、顔面

上に電極を貼付する必要がない、開口の動作をしなくても入力デバイスの操作が可能なことなどが特徴になる。これらの特徴は入力デバイス選定の選択肢を従来よりも広げると考えられる。

5.2 眼球の外転, 内転

評価結果から、眼球の外内転によるniaの出力は、眼球の外転, 内転時にPowerLabのEOG周波数領域に出力が見られたこと、niaのヘッドユニットの電極のうち、左右の2個の電極が左右眼球の外側上部に配置されていることから、主に眼球の外転, 内転で得られる眼電位の変化¹³⁾によるものと考えられる。一方niaは眼球運動の外転運動でも内転運動でも出力を発生した。この場合、眼球中立位で眼球を外転して信号を出力し、その後内転して中立位に戻る時にも信号が出力するので、機器の操作は困難になる。以上のことから、現状の出力構成では障害(児)者への入力デバイスの適応は難しいと思われる。

眼電を利用した入力デバイス¹⁴⁾は従来からあるが、従来のものは眼球周囲の顔面に電極を貼付する。電極を顔面の同じ箇所にも長期間、連続して貼付すると、その部分が潰瘍となる場合がある。潰瘍が治癒するまでは電極を貼付することが出来ず、その間入力デバイスの使用はできない。一方、niaは前頭部に装着したヘッドユニットに電極がある。眼電を利用した入力デバイスを使用するにあたり、電極を貼付できる箇所が顔面の眼球周囲の他に前頭部も加わり、複数の箇所が選択できれば、従来よりも安全に長期間使用できる可能性が得られる。このことから、niaについては眼球運動の外転, 内転のそれぞれの出力を分離できれば、眼電を利用した入力デバイスの適応を大きく広げる可能性がある。

5.3 脳波

評価結果から、脳波によるniaの出力は、PowerLabの α 波周波数領域, β 波周波数領域の出力との明確な一致はなかった。また随意性の出力は困難であった。以上のことから、現状では障害(児)者への入力デバイスの適応は困難である。

niaの取扱説明書には脳波による操作方法の記載がないことから、パイロット試験の段階で、1名の

被験者で制御ソフトウェアにあるキャリブレーション画面の絵を見て集中する、開眼の状態です算をするなどの方法を試したが、いずれの場合も随意的に α 波、 β 波からなる出力を発生することはできなかった。また、それらの試技により容易に疲労した。

評価試験では2名の被験者について、閉眼時に α 波が増加し、開眼時に α 波が減少する現象が得られた。その現象は開眼による α 抑制¹⁵⁾に一致する傾向だった。しかし、閉眼には10秒から30秒程度の時間を必要とすることから、 α 抑制による脳波の変化を、応答の速い機器やパーソナルコンピュータの入力に利用するのは困難である。

6. まとめ

本研究は、市販の生体信号入力デバイスであるniaを対象とし、障害(児)者が利用する福祉機器の入力デバイスとしての適応可能性を検討した。niaが入力手段とする咬合動作による筋電、眼球の外転、内転による眼電、脳波の3種類を検討の対象とした。それらのうち、咬合動作による筋電については被験者全員の操作に再現があったこと、噛みしめる動作を保持することで出力を維持できることから、障害(児)者が利用する入力デバイスとして適応の可能性が示唆された。眼電については、外転、内転の動作で出力を分離できないことから、入力デバイスとしての適応は困難だった。また脳波についても随意的な操作はできず適応は困難だった。

今後は咬合動作を入力源とした入力デバイスの試験モデルを構築し、使用者以外の他者(介護者)による取り扱いや設置、長時間使用による前頭部の皮膚接触面の負担軽減など、入力デバイスに求められる特性を踏まえた上で、障害(児)者対象の可能性を検討していく。また、脳波については、疲労がなく確実に1チャンネルの入力を確保する方法について調査検討を継続する。

niaをはじめ、安価な生体信号入力デバイスは引き続き市場に出ることが期待できる。今後とも積極的に障害(児)者を対象とした入力デバイスの適応を検討していく予定である。

7. 倫理的配慮

本研究を実施するにあたり、植草学園大学研究倫理委員会より審査を受け、承認を得た。被験者を募る際には事前に研究協力同意書及び説明書を作成し、1.本研究の目的と方法、2.予期される危険性、3.同意しない場合も不利益を受けないこと、4.同意をいつでも撤回できること、5.その他プライバシーの保護など協力者の人権に係る事を順守することについて書面と口頭で説明を実施し、同意を得た方を被験者とした。実験データは個人が特定できない構成とし、取得したデータは外部に持ち出さずに厳密に管理した。

8. 謝辞

この研究は平成20年植草学園大学共同研究助成金「障害(児)者を対象とした入力支援装置の適用可能性検討；生体信号入力デバイスnia(Neural Impulse Actuator)の基礎評価」によって行われたものである。

9. 文献

- 1) 小澤邦昭, 原英一, 安藤研吾, 岡高志. ヒューマンコミュニケーションのバリアフリー化. 日立評論. 2000; 82(6): 396-400.
- 2) 鈴木信幸. 【重度障害者のためのコミュニケーション支援機器】重度障害者のためのパソコン操作支援ソフト オペレートナビ パソコンを活用したコミュニケーション. 福祉介護機器Technoプラス. 2008; 1(11): 11-15.
- 3) 高田政夫. 【筋萎縮性側索硬化症(ALS)のリハビリテーション】ALS患者の作業療法 進行したALS患者の活動参加への試み 入力スイッチの工夫を中心に. MEDICAL REHABILITATION. 2009; 113: 7-45.
- 4) 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. 2009; 11(4): 339-348.
- 5) 小山智史, 小関敦, 佐藤勇, 河原優美子. 重度肢体不自

- 由者用小型赤外線リモコン装置の開発と利用. 弘前大学教育学部紀要. 2006; 95: 137-143.
- 6) パシフィックサプライ. ピエゾニューマチックスイッチ. <http://www.p-supply.co.jp/comaid/switch1/pps/index.html> (accessed 2010.10.01).
- 7) Tomoya Miyasaka, Masanori Shoji, Toshiaki Tanaka. Development and Clinical Evaluation of an Eye Movement Input Device Designed to Assist Continuous Communication in Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) Patients. *Journal of Medical and Biological Engineering*. 2010; (in press).
- 8) 川田明広, 溝口功一, 林秀明. Tracheostomy positive pressure ventilation (TPPV) を導入したALS患者のtotally locked-in state (TLS) の全国実態調査. *臨床神経学*. 2008; 48(7): 476-480.
- 9) テクノスジャパン. MCTOS model WX. <http://technosjapan.jp/communicate/mctos.html> (accessed 2010.10.01)
- 10) 小澤邦昭, 木戸邦彦, 大坂浩, 安藤研吾. 【福祉機器開発最前線 "ものづくりへのこだわり"】 コミュニケーション コミュニケーション機器～「伝の心」と「心語り」 難病患者等のコミュニケーション支援機器の開発. *福祉介護機器 Techno プラス*. 2008; 1 (3): 39-41.
- 11) Meel Velliste, Sagi Perel, M.Chance Spalding, Andrew S. Whitford, Andrew B. Schwartz. Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding. *Nature*. 2008; 453 (19) : 1098-1101.
- 12) Fueki Kenji, Yoshida Eiko, Sugiura Takeyoshi, Igarashi Yoshimasa. Comparison of electromyographic activity of jaw-closing muscles between mixing ability test and masticatory performance test. *Journal of Prosthodontic Research*. 2009; 53 (2) : 72-77.
- 13) T. Gandhi, M. Trikha, J. Santosh, S. Anand. VHDL Based Electro-Oculogram Signal Classification. 15th International Conference on Advanced Computing and Communications. 2007; 153-158.
- 14) D. Borghetti, A. Bruni, M. Fabbrini, L. Murri and F. Satucci. A low-cost interface for control of computer functions by means of eye movements. *Computers in Biology and Medicine*. 2007; 37 : 1765-1770.
- 15) Seiji Nishifuji, Masahiro Sato, Daisuke Maino, Shogo Tanaka. Effect of Acoustic Stimuli and Mental Task on Alpha, Beta and Gamma Rhythms in Brain Wave. *SICE Annual Conference*. 2010; 1548-1554.