

表面筋電位を用いた入力補助における

K 近傍法による閾値の自動化と評価

Automatically Setup of Threshold by Nearest Neighbor Search for Input Support with EMG

後藤久乃¹ 向直人¹

Hisano Goto¹ and Naoto Mukai¹

¹ 梶山女学園大学 文化情報学部

¹Dept. of Culture-Information Studies, Sugiyama Jogakuen University

Abstract: Disabled people, who suffered ALS or SMA, have difficulty to communicate with speech and gesture. Currently, they can use input methods by eye control, i.e., watching on screen for a certain time, as general communication. However, it's difficult to stabilize their line of sights depending on their disabilities. Therefore, we have suggested that biological data is also used as input support for eye control to improve the accuracy and speed of input. In this study, we focus on the EMG of the brachial region as biological data. We classify EMG data, which is spike shaped signal data, into ON or OFF states by K Nearest Neighbor algorithm. Our experimental results indicated that the proposed method was competitive compared to the existing method.

1 はじめに

筋萎縮性側索硬化症 (Amyotrophic Lateral Sclerosis: ALS) や脊髄性筋萎縮症 (Spinal Muscular Atrophy: SMA) を患う障害者は体を自由に動かすことが難しく、発話やジェスチャーによるコミュニケーションが困難である。病状が進行しても眼球や瞼は比較的動かせることから、視線入力インタフェースが主なコミュニケーション手段として用いられる。例えば、オリィ研究所が開発する OriHime Eye¹ は、モニターに映し出された仮想のキーボードを注視し、ユーザの視線を検出することで文字や記号を入力する。入力した文字列をロボットが音読することで実際の会話のようなコミュニケーションが可能である。

一方で、障害が重く、特定箇所を安定して注視することが難しい場合がある。そこで、我々は視線入力補助として、視線以外の生体データを用いることで入力の正確性や速度の向上を図ることを検討してきた。これまで、視線入力補助としての表面筋電位 (Electromyogram: EMG) の有用性について評価し、マウスクリックによる決定の代替として十分に有用であることを確認した。しかし、これまでの手法では、表面筋電位の閾値を固定値としたため、個

人によって入力の難易度に差が生まれるなど、閾値設定の自動化に課題が残った。

中村らは、表面筋電位を用いた指動作の識別に K 近傍法を採用し、90.0% という高い識別率が得られたと報告している[1]。そこで、本研究では、表面筋電位の閾値設定に K 近傍法を採用し、視線入力の補助としての有用性について検証する。

本稿の構成は以下である。第 2 章では、取得する生体データの詳細について述べる。第 3 章では、K 近傍法を用いた表面筋電位の分類方法について説明する。第 4 章では、3 人の被験者を対象とした実験結果を考察する。最後に、第 5 章で本稿をまとめる。

2 生体データ

2.1 表面筋電位

表面筋電位は、筋繊維が何かしらの活動を行ったときに発する活動電位を表し、比較的測定しやすい生体データの一つである。筋繊維に力が加えられるなど活動に変化が起こると筋が発する電気信号が増減し、それに伴い表面筋電位の値も増減する。表面筋電位を活用した既存研究も多い。吉川らは、サポートベクターマシン (SVM) を用いて、筋電位をリ

¹ <http://orihime.orylab.com/eye/>

アルタイムでラベリングすることで筋電義手を操作する手法を提案した[2]. 棒谷らは、同様に SVM を用いて、上腕の状態を識別する手法を提案した. いずれも 90%以上の高い識別率を示した. 他にも、まばたきによる筋電位変化を入力インタフェースとして用いるなど応用的な研究も報告されている[4].

本研究では、Plux 社製のアプリ開発キット BITalino²を用いて表面筋電位を取得する. 腕に取り付けた電極で生体データを計測し、Bluetooth を介して PC にデータが送信される. 図 1 は BITalino で測定した表面筋電位のデータを示している. サンプルレートは 1[kHz]である. グラフの横軸は測定時間、縦軸は筋電位値を表しており、筋に力を加えた時ほど大きく大小に振れるスパイク状の波形であることが読み取れる. ここで、図中の筋電位値は BITalino がサンプリングした正規化された数値であることに注意されたい (単位は[mV]ではない).

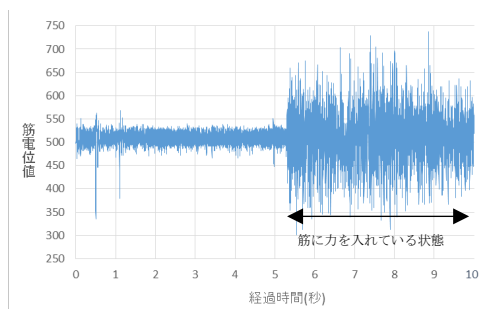


図 1 BITalino で測定した表面筋電位 (1kHz)

2.2 視線入力インタフェース

視線入力インタフェースは、赤外線センサなどにより眼球運動やまばたきを検知し、モニターに対する注視位置を得ることで、ポインティングデバイスと同様な操作が可能な装置である. 発話やジェスチャーが困難な障害者のコミュニケーションの手段として用いられることが多い. 今野らは、眼球に映り込む像を画像処理によって検出することで、両眼の眼球位置を取得し、マウスに頼らないヒューマンインタフェースの実用性を示した[5].

本研究では、トビー・テクノロジー社製の視線計測装置 Tobii Pro X2-30³を用いて、ユーザの視線を検出する. 一般には、モニターに表示されたキーボードを注視することで、文章を作成することが目的となるが、本稿では、簡易的な 2 択のクイズゲームの回答を選択するために用いた. 図 2 は被験者がクイ

ズゲームを回答している様子を表している. ランダムに表示される 2 つの数字から、大きい数字を視線で選択する. このとき、選択されている数字は赤い枠で強調される. 通常、視線入力のみを用いる場合は、選択肢を数秒間注視することで、選択肢の決定とみなす. しかし、注視を維持することが出来ない障害者も多い. そこで、選択肢の決定に筋電位を用いる.

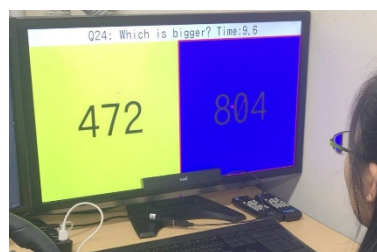


図 2 Tobii Pro X2-30 による回答の選択

3 K 近傍法を用いた筋電位の分類

筋電位を用いて選択肢を決定するには、リアルタイムに測定した筋電位信号を「入力状態 (1)」と「未入力状態 (0)」に分類する必要がある. 筋電位信号は図 1 に示したように、スパイク状の波形であり、おおむね一定間隔で発生する. 筋の緊張度は信号の振幅に現れ、その大きさには個人差が大きい. そこで、我々は、既存研究でも利用されている K 近傍法に注目し、筋電位信号の分類に用いることにした. K 近傍法は多数決法とも呼ばれる. 入力信号に近い k 個の信号で多数決を行い、最も多いラベルに分類するという手法である.

3.1 教師データの生成

入力信号を分類するための教師データを事前に生成する. 表面筋電位の測定には 1 つの基準電極と、2 つの測定用電極を使用する. 図 3 に示すように、基準電極は後肘部、測定用電極は上腕の筋繊維上に装着する. 測定を開始したら、最初の 5 秒間は力を入れないよう指示する. 5 秒を経過したタイミングで、今度は 5 秒間力を入れるよう指示する. 測定されたデータに対し、最初の 5 秒間を「未入力状態 (0)」, 残りの 5 秒間を「入力状態 (1)」として、ラベルを付与する. 表 1 は取得した教師データの一部である. 表中の 504 や 513 など同じ筋電位値であっても、「未入力状態 (0)」と「入力状態 (1)」が混在していることがわかる.

² <https://bitalino.com/en/>

³ <https://www.tobii.com/ja/product-listing/tobii-pro-x2/>

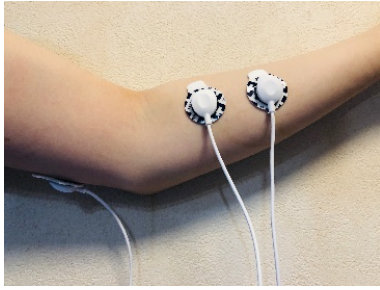


図3 電極の装着位置

表1 測定した教師データ

筋電位値	ラベル	筋電位値	ラベル
510	0	420	1
504	0	312	1
513	0	504	1
512	0	471	1
510	0	498	1
506	0	496	1
505	0	522	1
506	1	493	1
513	1	519	1
478	1	500	1

3.2 代表値の決定

筋電位信号はスパイク状の波形であるため、上述したように、同じ筋電位値であっても、ラベルが異なる場合がある。そこで、筋電位値ごとに多数決を行い、最多のラベルを筋電位値の代表値とする。表2が、多数決で代表値を定めた教師データの一部である。K近傍法に用いるため、データは筋電位値の昇順でソートしてある。これにより、振幅の上端・下端は「入力状態(1)」が多くラベリングされ、振幅の中央(平均)は「未入力状態(0)」が多くラベリングされることになる。

表2 代表値を定めた教師データ

筋電位値	ラベル	筋電位値	ラベル
493	1	503	0
494	1	504	0
495	1	505	0
496	1	506	0
497	1	507	0
498	1	508	0
499	1	509	0
500	1	510	0
501	1	511	0
502	1	512	0

3.3 K近傍法による分類

表2の教師データを用いて、K近傍法による入力値の分類を行う。多数決の結果が同票数になることを避けるため、k値は奇数の5に設定した。例えば、入力値が502のとき、500から504の範囲のラベルを参照する。この場合、ラベルは1,1,1,0,0であり、多数決の結果、「入力状態(1)」とみなすことになる。

4 実験

4.1 実験概要

被験者は上述した2択のクイズゲームを繰り返し100問回答する。選択肢の決定方法として、従来の閾値を用いる方法と、提案するK近傍法を用いた方法を比較する。閾値を用いる方法では、「未入力状態(0)」がラベリングされた教師データの平均値に100を加えた値を閾値とした。実験では健常者3名を被験者とした。ここでは、それぞれの被験者をA, B, Cとする。いずれの被験者も視線入力インタフェースに慣れており、BITalinoによる表面筋電位測定の経験がある。

4.2 実験結果

4.2.1 表面筋電位の分布

図4~6は被験者A, B, Cの表面筋電位の分布を示している。いずれの被験者でも、入力状態は正規分布のような形状を示している。一方、未入力状態は、500付近に集中し、端部では少ない。被験者Aは、487~532の範囲で未入力状態となる。被験者Bは、474~539の範囲が未入力状態であり、被験者Aより未入力状態と判定される範囲が広い。被験者Cは503~515の範囲が未入力状態であり、他の被験者と比べると未入力状態の範囲が極端に小さい。表面筋電位の分布は、被験者に応じて傾向が異なることがわかる。

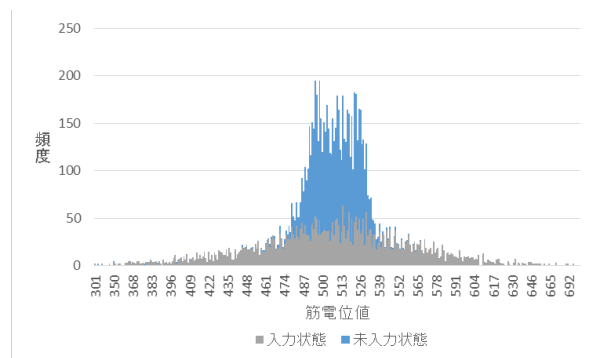


図4 被験者Aの表面筋電位の分布

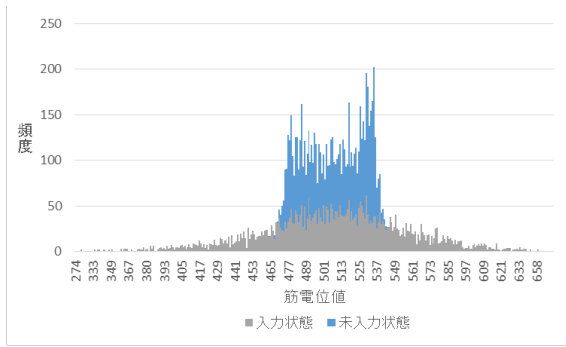


図5 被験者Bの表面筋電位の分布

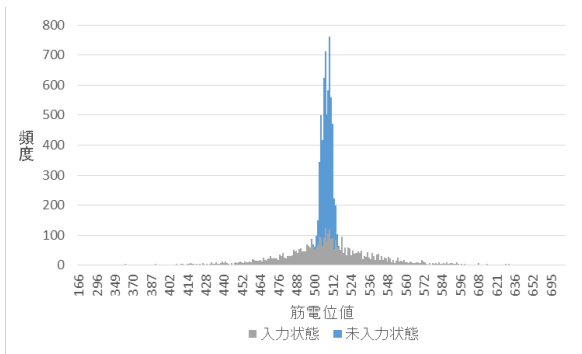


図6 被験者Cの表面筋電位の分布

4.2.2 正答率と解答時間

表3はクイズゲームの正答率と解答時間の比較結果である。ここで、解答時間とは、問題が提示されてから、筋電位で決定するまでにかかる時間を表している。正答率と解答時間のいずれにおいても、K近傍法と閾値を用いた方法に大差はなかった。しかし、被験者Cに関しては、K近傍法の正答率の方が低い結果となった。被験者Cは未入力状態の範囲が小さいため、誤識別が起こったことが原因と考えられる。K近傍法を用いることで、固定閾値よりも高い感度で入力を識別できるが、これが誤識別を誘引することにも繋がるのがわかった。

表3 正答率と解答時間

	固定閾値		K近傍法	
	正答率	解答時間(秒)	正答率	解答時間(秒)
A	93%	1.15	94%	1.17
B	93%	1.09	96%	1.17
C	97%	0.94	90%	0.91

5 まとめ

本研究では、視線入力の補助として、生体データの一つである表面筋電位を用いることを検討し、K

近傍法による入力状態の自動分類手法を提案した。実験の結果、従来の固定閾値を用いる方法と同等な有用性が得られた。しかし、正答率に関しては個人差があり、過剰に反応してしまうケースが確認できた。今後の課題として、被験者Cのような未入力筋電位の範囲が狭い場合の、識別の安定化が挙げられる。また、被験者数を増やし、異なる特性であっても、同様な識別結果が得られるか検証が必要であると考えられる。

謝辞

本研究は公益財団法人立石科学技術振興財団の研究助成を受けています。また実験に際し株式会社仙拓の佐藤仙務氏から多くのアドバイスを頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] 中村 智史, 奥村 大, 淡野 公一, 田村 宏樹, 外山 貴子: k-NN法を用いた表面筋電位による指動作識別, 宮崎大学工学部紀要, Vol. 36, pp. 73-80, (2007)
- [2] 吉川 雅博, 三河 正彦, 田中 和世: 筋電位を利用したサポートベクターマシンによる手のリアルタイム動作識別, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-D, No. 1, pp. 93-103, (2009)
- [3] 棒谷 英法, 大須賀 美恵子: 表面筋電信号に基づいた腕・手の動作識別, 人間工学, Vol.49, No.1, pp.1-9(2013)
- [4] 加藤 正樹, 関 陽海, 岡村 将志, 五百蔵 重典, 田中 博: まばたきによる筋電位変化を用いた入力インタフェースの実現性の検討, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2011 論文集, Vol.2011, pp.957-964, (2011)
- [5] 今野 秀威, 後藤 敏行, 竹上 健: 両眼の位置検出を利用した多次元操作インタフェースの検討, 映像情報メディア学会誌, Vol.61, No.4, pp.518-525, (2007)