

筋電信号を用いた顔の動作識別インタフェースシステムの開発

Development of Interface System using Electromyograms of Face Movements

市川 かおる†
Kaoru Ichikawa

堀 潤一†
Junichi Hori

1. はじめに

PC への文字情報などの入力にはキーボードによるところが大きく、位置情報の入力にはマウス、トラックボール、あるいはタッチパッドなどを併用することが多い。しかし、これらの入力機器は重度肢体不自由者にとって操作が困難となる場合があり、症状によっては使用できなくなる。また、失語症や喉頭切除の場合や静寂性やマナーが求められる環境の場合、発話によるコミュニケーションが困難となる。これらの問題の解決策として、本研究では声を出さずに顔の動きだけでマウスやスクリーンキーボードを操作する方法に注目した[1], [2]。

顔の筋肉は骨と皮膚を結んでいるため、笑顔や泣き顔などの複雑な表情を作り出すことができる一方、1つの動作で複数の筋が連動するという特徴を持つ。このような顔面筋の中から、大頬骨筋、口角下制筋、咬筋、顎二腹筋に注目した。4組の双極表面電極を用いて特定の顔の動きにより発生する筋電信号を導出し、「上下左右前後選択」の7入力操作を試みた。そして、リアルタイムで顔の動きを識別し、意図情報に変換することにより、自らの意思で操作可能な3次元入力インタフェースの開発を試みた。さらに、連動による影響を考慮し、閾値と最近傍法を併用した新たな識別法を提案した。

2. 方法

2.1 システム構成

図1に電極配置、図2に本システムの構成を示す。本システムでは4個の乾式表面電極（追坂電子機器 小型センサケーブル2極タイプ）を使用し、大頬骨筋（Ch.1）、口角下制筋（Ch.1と対側：Ch.2）、咬筋（Ch.1と同側：Ch.3）、顎二腹筋（Ch.4）に貼付した。Ch.1とCh.2の貼付位置は、使用者の顔の形や左右の得意・不得意動作に合わせて選択した。各チャンネルから検出される信号を筋電計（追坂電子機器 Personal-EMG）で増幅し、サンプリング周波数1000HzでPCに取り込んだ。その後30～400Hzのバンドパスフィルタを施した後、整流平滑化電位（ARV）の時間変化を求めた。

$$ARV_i(t) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} |s_i(t+\tau)| d\tau \quad (1)$$

ただし、 T を解析区間長、 $s_i(t+\tau)$ を筋電図信号、 τ を計測区間内の局所時間、 i をチャンネルとする。

チャンネル間での特徴解析処理により、図3に示す7種類の特定の顔の動きの識別を行い、意図情報を生成した。識別方法についての詳細を2.2に示す。

2.2 特徴抽出

特定の顔の動きによって発生した筋電信号から「上下左右前後選択」の特徴を抽出するため、予備入力として5秒間隔で各動作1回ずつを行った。

(1) 閾値法による識別

顔面筋の筋電信号は同一の被験筋でも動作毎に振幅が異なる。そのため、予備入力の各動作において電位が大きく検出されるチャンネルの最大値同士を比較し、その中で最小の値の50%を上限閾値として、活動している筋を識別した。また、「上」や「下」など複数のチャンネルで同時に電位が検出される場合、各チャンネル間で上限閾値を超える時刻にズレが生じた。そこで、最初に上限閾値を越えた時刻を動作開始とし、動作開始から200ms後に表1に示す条件の通りに上限閾値を越えた際に意図情報を出力した。

閾値による識別では、ARVの解析区間長を $T=300ms$ とした。

(2) 最近傍法による識別

計測された筋電信号を用いて顔の動きを識別するもう一つの方法として、最近傍法による識別を実施した。予備入力で得られた波形から標準パターンを作成し、実際に動作を行った際の波形から入力パターンを作成した。検出された各チャンネルの電位から、動作開始直後の振幅が大きく計測される増加区間と、安定状態の安定区間を設定し、各区間において $T=100ms$ でARVを求めた。ARVの抽出区間は、増加区間は増加動作開始～100ms後、動作開始300ms後～400ms後とした。それぞれの区間で求めたARVの値を各パターンにおける特徴量とし、以下の識別関数 $g_i(x)$ を最大とするパターンを求めた。

$$g_i(x) = p_i x - \frac{1}{2} |p_i|^2 \quad (2)$$

ただし、 i を動作数($i=1, 2, 3, \dots, 7$)、 p_i を標準パターン、 x を入力パターンとする。

増加区間、安定区間で $g_i(x)$ を求め、両者を加算した値が最大となるパターンを、意図情報として出力した。

(3) 閾値法と最近傍法の併用

各動作をより高精度で識別するために、上記(1)、(2)の方法を組み合わせた識別方法を検討した。この方法では、閾値法による識別結果と、最近傍法による識別結果を比較し、両者が一致した場合にはそのまま意図情報として出力する。一方、両者が一致しなかった場合には、閾値法において閾値を越えたチャンネルの特徴量のみを用いて再度識別関数 $g_i(x)$ の値を求める。さらに、閾値法による識別結果と、最近傍法による識別結果のどちらのパターンに近いかを最近傍法で再判定し、 $g_i(x)$ の値が大きい方を意図情報として出力する。この際、 $g_i(x)$ の値が一定値以下ならば閾値法による判断を優先する。

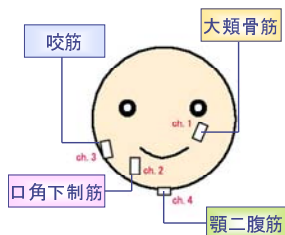


図1. 電極配置

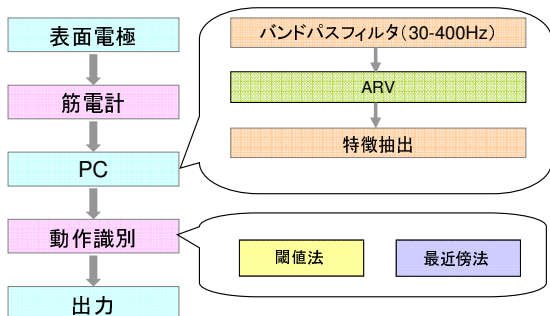


図2. システム構成

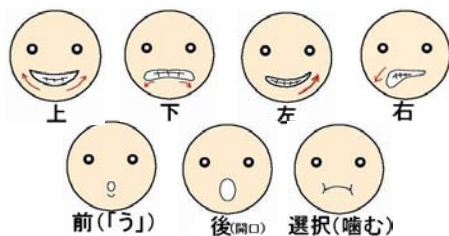


図3. 顔の動き

表1 閾値による意図情報の入出力関係

	上	下	左	右	前	後	選択
ch.1							
ch.2							
ch.3							
ch.4							

3. 実験

閾値法において、予備入力により得られた筋電データから閾値設定を行い、その後「上下左右前後選択」の各動作を3秒間隔で10回ずつランダムに行った。次に同データに対し、閾値法、最近傍法、ならびに閾値法と最近傍法の併用による識別を行い、比較・検討を行った。図4に、1名の被験者が各識別法を用いて実験を行った際の結果を示す。各識別法とも意図した入力为正しく出力された場合を確度と定義した。

閾値法では「後」動作の確度が低く、最近傍法では「上」動作の確度が低くなった。これに対し、閾値と最近傍法を併用した場合は他の2つよりも高確度となり、全動作とも80%以上の精度で識別できた。

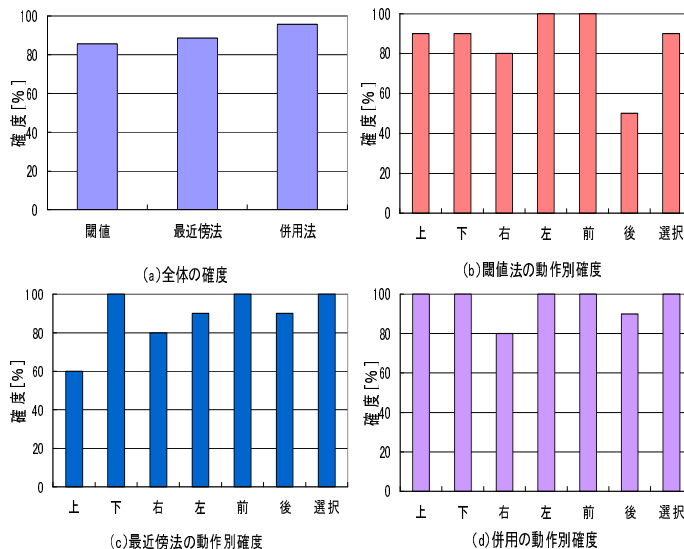


図4. 実験結果

4. 考察

閾値法や最近傍法の単独の場合比べ、2つの方法を組み合わせた識別法を用いた方が高確度となった。閾値法の場合、それぞれのチャンネルのON/OFFで識別を行っている。しかし、顔の筋肉は連動し複数の場所に電位が発生する。このため、1つずつのチャンネルで判別を行おうとすると誤出力が発生する。最近傍法の場合、全てのチャンネルの特徴を用いて識別を行うため、連動による誤出力を軽減できるが、「上」動作のように顔全体を大きく動かす動作では、特定のチャンネルで電位が不安定になり、閾値法に比べ確度が低下した。しかし、閾値法と最近傍法を併用した識別では、どちらの動作も高確度で識別可能となった。これは、2つの方法を組み合わせることで、振幅が変動しても対応できる閾値法の長所と、複数チャンネルの振幅パターンを見て識別を行う最近傍法の長所を活かして識別を行えたためと考えられる。

5. まとめ

顔の動きによる筋電信号を用いて、大頬骨筋、口角下制筋、咬筋、顎二腹筋に貼付した4つの乾式電極から「上下左右前後選択」の7つの動作の識別ができた。さらに信号処理では、閾値法と最近傍法を組み合わせた識別法を提案し、単独の方法のみを用いた場合に比べ、高精度化ができた。

今後の課題としては、異なる標準パターンによる確度の比較・検討、複数の標準パターンを用いた識別、オンラインでの実装などが上げられる。

参考文献

[1] 市川かおる, 堀潤一: 顔の動きによる筋電信号を用いた入力インタフェースの開発, 第30回日本生体医工学会甲信越支部大会, 2010
 [2] 岩下輝彦, 堀潤一: 口の動きによる筋電信号を用いたインタフェースシステムの開発, 第48回日本生体医工学会大会, 2009