

携帯端末向けの筋電位信号を用いた日本語文入力手法

A Japanese Input Method Using Surface EMG Signals for Mobile Terminal

羽多野 颯^{*1}
Akira Hatano

荒木 健治^{*1}
Kenji Araki

松原 雅文^{*2}
Masafumi Matsuhara

^{*1}北海道大学
Hokkaido University

^{*2}岩手県立大学
Iwate Prefectural University

Recently we often use a mobile terminal to input texts. However, the mobile terminal can not equip enough keys because of its physical striction. In this paper, to solve this problem we develop an input method using a surface-EMG. This method has no physical keys and can input Japanese texts.

1. まえがき

近年、携帯端末の小型化、高性能化にともない、携帯端末における文書入力が増大している。しかし、携帯性を重視するため、携帯端末においてはキーの大きさや数が制限されており、迅速な入力を行うことが困難である。少数のキーでも効率的な入力を行うための研究[1]がなされているが、物理的なキーを必要とする問題は解決されていない。音声入力は物理的なキーを必要とせずに入力が可能ではあるが、周囲の雑音のある場所では認識精度が低下する問題や、入力する文書を声に出さなくてはならないために、プライバシーの問題が生じる。

本研究ではこれら問題を解決するために、表面筋電位信号を利用して、物理的なキーを必要としない入力装置の提案を行う。筋電位とは筋肉を動かすために運動神経から発生する電気信号であり、筋電位の強さは筋活動の強さと相関がある。体組織を通じて皮膚表面で計測される筋電位信号を表面筋電位信号と言い、表面筋電位は皮膚表面に筋電位センサを接触させることで計測できる。そのため、筋疲労を計測する研究[2]や、義手を操作するための制御信号として多くの研究[3]がなされている。さらに手を動かす筋活動の表面筋電位は腕手首から腕の辺りにかけて計測でき、手を拘束せずに利用できることから、常装型の入力装置として有効であると考えられる。

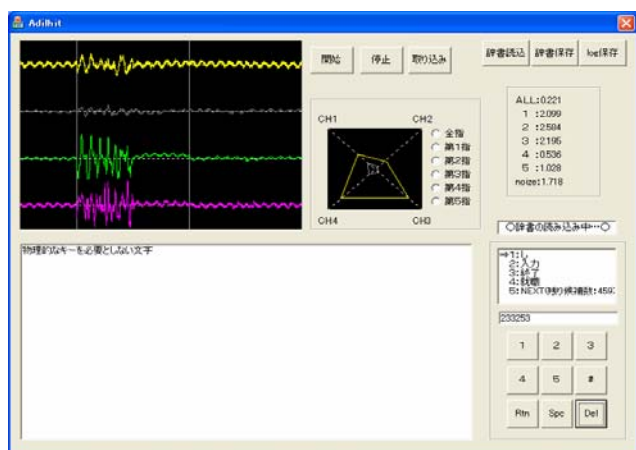


図 1: 実験システムの動作画面

そこで、我々は筋電位信号を利用して手の動作を認識し、その情報を用いて入力キーを決定し、文字入力を行う実用的なシステムの作成を目的として研究[4]を行っている。本稿では、実際にリアルタイムで表面筋電位信号を計測、処理を行い、6種類の入力キーを生成し文字を入力するシステムを作成し、入力回数から評価実験を行った結果について述べる。図 1 は実際に作成した実験システムの動作画面である。

2. 実験システムの概要

実験システムの一連の流れを図 2 に示す。腕から計測された表面筋電位信号は筋電位処理部に送られ、一連の動作の切り出す処理と、手の動作を認識する処理が行われる。動作判定処理部によって認識された手の動作から入力キーを生成し、それらを文字変換処理部に送る。文字変換処理部では、入力されたキーに対応する複数の変換候補を表示し、変換候補を選択することにより、文字入力を行う。

変換候補を表示するための辞書は一般辞書と、学習辞書によって構成されている。一般辞書は「Web 日本語 N グラム第1版」[5]を利用し、[5]で収集した語の中から出現頻度順が上位 10,000 位の語が登録されている。一般辞書で変換に使われた語は学習用辞書に利用者の利用頻度などの情報が登録され、文字入力を行うごとに、利用者に適した変換候補が表示されるようになる。

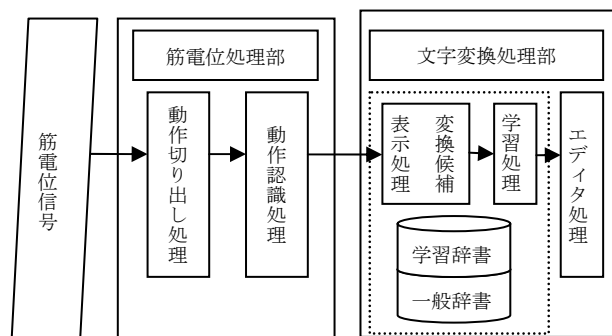


図 2: 実験システム概要

3. 筋電位処理部

表面筋電位信号から指の屈曲を判定する実験システムの処理の流れを説明する。今回の実験では、筋電位計を計測する箇所を、手首から腕の辺りに存在する指の屈曲に関わる、浅指屈筋付近に 3 箇所、長母指屈筋付近に 1 箇所の合計 4 箇所計測し、5 指のどの指を屈曲したかを認識することを目的と

連絡先: 北海道大学大学院 情報科学研究科 メディアネットワーク専攻 言語メディア学研究室, 〒060-0814, 札幌市北區北 14 条西 9 丁目, TEL: 81-11-705-7389

する。また、表面筋電位計測装置は Personal-EMG[6]を使用した。

3.1 動作切り出し処理

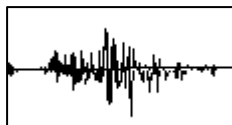


図3:筋電位信号

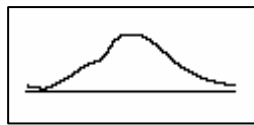


図4:筋電位信号の積分値

図3は指を屈曲してから伸ばすまでの筋電位波形である。指を動かしている途中であっても、筋電位信号の値は上下するため、指を動かしているかどうかを判断する必要がある。

$$S_x = \int_{-0.1(s)}^0 |e(t+\tau)| d\tau \quad (1)$$

式(1)によって、筋電位信号の積分値を各チャンネルで計算する。図3の積分値の変化を図4に示す。いずれかのチャンネルでこの積分値が閾値以上の間は、指を動かしていると判断し、値が閾値以下になった際に一連の動きが終了したと判断する。図5に実際に実験システムが動作切り出し処理を行った図を示す。2本の縦の線によって区切られた区間が実際に指を動かしていると判断された区間である。

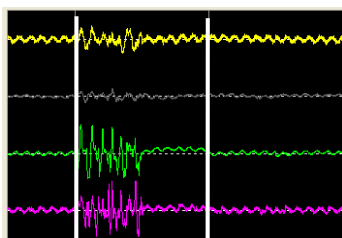


図5:実験システムの切り出し処理画面

3.2 動作認識処理

動作切り出し処理によって切り出された区間の筋電位信号値から、動作の認識を行う。今回の実験では、各チャンネルで計測された筋電位信号値の最大値と最小値との差を、それぞれの指を屈曲した場合のモデルデータと比較することにより、どの指を屈曲したのかを判断する。指の屈曲のモデルデータは第1指から第5指を単独で屈曲、すべての指を同時に屈曲(全指屈曲)の6種類である。各入力キーモデルデータの値を表1に、切り出された区間内の各チャンネルの信号値、および、これに対するモデルデータとの比較値を図6,7に示す。各チャンネルの信号地をマンハッタン距離によって評価し、最も信号地に近い指が屈曲した指と認識される。図7ではALL(全指屈曲)のモデルデータが最も信号値と近く、全指屈曲したと認識される。

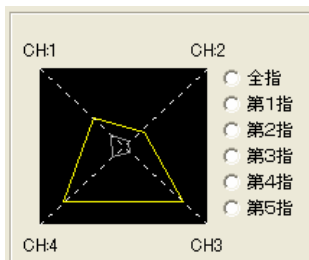


図6:切り出し区間内の各チャンネルの信号値

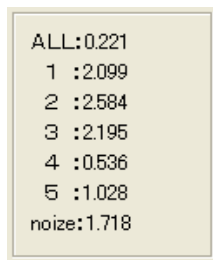


図7:モデルデータとの比較値

表1:各入力キーのモデルデータ

	1キー	2キー	3キー	4キー	5キー	決定キー
1CH	4.983	1.772	1.318	1.208	1.248	4.470
2CH	4.219	2.546	4.299	1.689	3.562	4.001
3CH	1.545	4.878	4.426	4.478	1.360	3.870
4CH	0.818	2.473	1.067	1.768	2.898	4.236

4. 文字変換処理部

筋電位信号から作成される入力キーは各指の屈曲と全指屈曲の6種類である。全指屈曲は変換候補を表示や、選択された候補を決定するための“決定キー”として使用する。第n指の屈曲を入力するための文字を指定する“nキー”として、5種類のキーにかなを割り当て、文字を入力する方法を考案する。少数キーで文字入力を行う場合、一つのキーに割り当てられるかなの量が増え、一つのかなを指定するために多くの入力が必要となる。少数キーであっても、効率的なキー入力を実現するために、我々が提案した文字縮退方式を利用した数字漢字変換方式[7]を利用する。

数字漢字変換システムでは、一つのかなを入力するために一回のキー操作で済むために一般的に携帯端末で使われる文字循環指定方式よりも少ないキー操作で文字を入力することができる。一方で選択候補は増大するため、多くの変換候補から正しいものを選択することが課題となる[7]では12キーで行われていた数字漢字変換方式を、5キーまで減少させ、1つのキーに同一母音の文字を割り当てて利用する。キーを減少することにより文字情報がさらに縮退し、変換精度が低下するため、変換精度を向上させる必要がある。

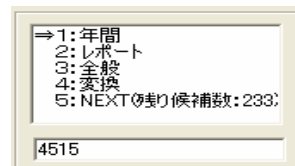


図8:実験システムの変換候補表示画面

実験システムの辞書は Web から収集した出現頻度順上位10,000単語を登録している一般辞書と、個人の利用履歴から構成される学習辞書がある。一般辞書は出現頻度の多い順に表示するように構成されている。入力された数字列の先頭から一致する数字列が長い順に変換候補を表示し、複数の候補が存在する場合は、図8に示されるように、変換候補が一度に4つまで表示され、“1キー”から“4キー”を入力することで候補が選択され、“決定キー”を入力することで文字が入力される。“5キー”を入力して“決定キー”を入力することで、新たな変換候補が4つ表示される。

一般辞書から利用された語は学習辞書に登録され、一般辞書からは削除される。学習辞書に登録された語は一般辞書よりも優先して候補として表示される。学習辞書の語は我々の開発した数字漢字変換システムの評価式を変更した式(2)の値が高い順に表示される。辞書の階層構造を無くしすべての候補を選択対象とするように変更を行った。変換候補を選択する方式をとるため、正変換、誤変換を無くし、候補単語の出現頻度(UN), 数字列長(LN), 最近の利用履歴(RD)を変換候補選択のゆう度評価関数(CEF)に加えている。α, β, γ, δは係数である。

$$CEF = \alpha \times ND + \beta \times UN + \gamma \times LN - \delta \times RD \quad (2)$$

5. 評価実験

実験システムを利用して文書を入力し、各指の認識精度、キー入力回数と、変換候補の平均順位によって評価する実験を行った。入力する文書は著者の携帯端末で入力したメール計72通であり、文字数は742文字であった。入力した文書はすべて一般辞書に登録されている語で入力できる文書であった。実験条件を一定とするために学習用辞書は空の状態から実験を行い、ゆ度評価関数の係数の値は $\alpha=10$, $\beta=0.1$, $\gamma=10$, $\delta=0.1$ とした。キー入力回数の比較対象として、筋電位信号を利用せず画面上のボタンをマウスでクリックして文書を入力した実験システムでも実験を行った。

各キーの認識精度の評価に関しては、屈曲した指に割り当てられているキーが入力された場合に正認識、屈曲した指に割り当てられているキーとは違うキーが入力された場合は誤認識としている。ここでは、文字列変換を行う前の数字列を入力するときの各キーの入力に対する新式精度を対象としていて、変換候補を選択する場合の各キーの入力は対象としていない。キー入力回数の評価に関しては、文字入力を行うためのすべてのキー入力の回数を数えている。この際、誤認識の回数を性格に数えるために削除用のボタンを押すことで、誤入力した文字を削除している。

変換候補の平均順位は72通のメールを36通ずつに分け、前半と後半の平均候補順位数によって評価を行った。各キーの認識精度の結果を表2に、キー入力回数の実験結果を表3に、平均候補順位数の結果を表4に示す。

表2:各キーの認識精度

	正認識	誤認識	認識率
1キー	274	10	96.5%
2キー	226	46	83.1%
3キー	205	66	75.6%
4キー	231	120	65.8%
5キー	234	61	79.3%
合計	1170	303	79.4%

表3:キー入力回数

	1キー	2キー	3キー	4キー	5キー	決定キー	合計
筋電位 入力	338	420	467	423	1442	1801	4891
ボタン 入力	239	245	194	153	1018	1647	3496

表4:変換候補の平均順位

	平均変換候補順位
前半36通	10.7
後半36通	7.8

6. 考察

表2より、キーの認識精度は平均で80%に近い精度で認識できていることがわかる。特に“1キー”の認識精度は96.5%と高い精度である。これは表1からわかるように、“1キー”に対応する第1指の屈曲にかかわる筋が他の指の屈曲にかかわる筋とは離れているためモデルデータの値も他の値と離れているためと考えられる。逆に、第4指の認識精度が低いのは、他の指の屈曲にかかわる筋との距離が近いからだと考えられる。

表3より、筋電位信号を利用した文字入力のキー入力回数(I_{emg})はボタン入力での入力回数(I_{button})の1.4倍であった。表3のキー入力回数の結果には利用者による入力間違いも含まれる。 I_{button} での入力回数を筋電位信号の認識精度(P)が100%のときの I_{emg} と仮定して、全ての入力に対する認識精度を計算すると、2つの関係は式(3)のように表現することができる。

式(3)を計算すると $P \approx 0.714$ であり筋電位信号の認識精度は約70%と計算できる。これは、各キーの認識精度の結果よりも10%近く下がる結果となった。筋電位信号を利用した入力では、ボタン入力の入力回数よりも“2キー”、“3キー”、“4キー”の入力回数が多くなっていて、これらのキーの誤認識が多いと考えられる。

$$P = \frac{I_{button}}{I_{emg}} \quad (3)$$

表4から分かるとおり、後半36通における変換候補の平均順位は、前半36通の平均順位より、約3位減少している。これより、辞書の学習が効果的に行われていると考えられる。実験システムが一度に表示する変換候補の数は4つであるので、後半では平均で二度目の変換候補表示で候補を見つけられることになる。

7. まとめ

表面筋電位信号を利用した、文字入力システムの実現に向けて、5指の屈曲を認識し、6種類の入力キーによって文字を入力する実験システムを作成を行った。実際に実験システムを使用して文字入力を行い、各キーの認識精度評価実験では平均で80%近い精度で認識することができた。キー入力回数の評価実験より、実験システムのキー入力回数は、ボタン入力の1.4倍程度に入力回数に収めることができた。また、変換候補の平均順位の実験結果から、文字入力を進めることで変換候補の平均順位が減少し、効率的に候補が表示されていることが示された。今後は、より多くの文章に対して文字入力を行う実験を行うとともに、筋電位信号の認識制度の向上と、筋電位信号の誤認識にも耐える文字変換システムの作成を行う予定である。

参考文献

- [1] 田中久美子, 犬塚祐介, 武市正人: 携帯電話の10keyを用いた日本語入力 -- 子音だけで日本語が入力できるか --, 情報処理学会論文誌, 43(10):3087-3096, 2002.
- [2] 吉田 英恵, 氏家 英樹, 石村 康生, 和田 充雄: “表面筋電図のカオス解析手法による筋疲労の評価”, パイオメカニズム学会誌, Vol. 28, No. 4, pp.201-212, (2004).
- [3] 宮本 博文, 魚井 孝則, 横井 博一: 健常腕の動作から義手動作を推定する筋電義手補助システム(ニューロ H/W), 社団法人電子情報通信学会, Vol.105, No.419(20051112) pp. 83-88
- [4] 羽多野 顕, 荒木 健治, 松原 雅文: 表面筋電位信号を用いた日本語文入力法, 平成19年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会講演論文集, pp.187-188, 2007
- [5] 工藤拓, 賀沢秀人著, 「Web 日本語 N グラム第1版」, 言語資源協会発行
- [6] 有限会社追坂電子機器: Personal-EMG, <http://www.oisaka.co.jp/P-EMG.html>
- [7] 松原 雅文, 荒木 健治, 桃内 佳雄, 柄内 香次: 文字情報縮退方式を用いた帰納的学習によるべた書き文の数字漢字変換手法の有効性について, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J83-D-II, No.2, pp.690-702, February 2000