

歯咬音のパターン識別とその重度障害者向け

PC操作インターフェイスへの応用

Pattern Classification of Occlusal Sounds and Its Application to

PC Input Interface for Severely Disabled People

古賀 崇了¹ 三戸 雄太郎² 内野 英治^{2,1} 末竹 規哲²

1)財団法人ファジィシステム研究所 2)山口大学大学院理工学研究科

Takanori KOGA¹ Yutaro MITO² Eiji UCHINO^{2,1} Noriaki SUETAKE²

1) Fuzzy Logic Systems Institute

2) Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi University

Abstract: We propose a pattern classification scheme for occlusal sound obtained by a bone conduction microphone. The proposed method consists of a threshold-based occlusal sound detector and a subspace-based occlusal sound classifier. In this paper, we discuss the classification performance of the present scheme and its applicability to a personal computer (PC) input interface for severely disabled people.

Keywords: Bone conduction microphone, Bone conduction voice, Occlusal sound, Pattern classification, PC input interface

Eiji UCHINO

1677-1 Yoshida, Yamaguchi 753-8512, Japan

Phone: 083-933-5699, Fax: 083-933-5699, E-mail: uchino@yamaguchi-u.ac.jp

1. はじめに

近年、重度障害者の生活の質(Quality of Life: QOL)の向上を目的として、意思表示などに利用可能なパソコン(PC)等の情報機器の操作を支援する装置が開発されている。全身麻痺などを有する重度障害者は、残された運動機能が頭部動作、咀嚼、瞬きなどの極めて限定されたものであることが多いので、マウスやキーボードといった標準的な入力インターフェイスを利用することが難しい。さらに、発話障害などを有する場合には音声入力などの手段を利用することもできない。

これまでに、重度障害者のための様々な入力インターフェイスとして、頭部の動き、視線、瞬きなどを利用した方法が提案されている[1-5]。文献[4,5]では、マウスのクリック機能を代替す

るため、歯を噛み合わせた際に生じる音(歯咬音)を骨伝導マイクロフォンによって検出する入力インターフェイスが提案されている。歯咬動作は、瞬きのように不随意に発生する可能性が少なく容易に行える特長がある。しかしながら、ここで提案されている歯咬音を利用した入力インターフェイスでは、歯咬音の発生の有無のみに着目しているため、スイッチの On/Off のような単一の操作しか行うことができず、複数のスイッチを有するマウスの機能を十分に代替しているとはいえない。

本研究では、前歯、右歯、左歯を噛み分けた際に発生する歯咬音のパターン識別を行い、PCに対して複数種類の入力信号が発生可能な入力インターフェイスの開発を行う。具体的には、骨伝導マイクロフォンより得られた信号に、可変閾値処理と部分空間法を基にした歯咬音のパ

ターン識別を行い，3種類の信号を区別する。15人の被験者から得られた信号に本提案手法を適用し，良好な結果を得たのでここに報告する。さらに，本提案手法のPC操作インターフェイスへの実応用の可能性を示す。

2. 歯咬音の検出法とパターン識別法

2.1 データ採取方法

本研究では，骨伝導マイクロフォンとして Temco 社製の「Vibraudio SB EML」を使用した。使用した骨伝導マイクロフォンは，図1に示すように，イヤホンのように片耳に装着することによって，顎骨や頭蓋骨を伝導する骨伝導音を検出する。

骨伝導マイクロフォンから得られた信号を 35dB 増幅した後，サンプリング周波数 20kHz で採取した。被験者にはマイクロフォンを右耳に装着し，歯列上の前部，左側，右側のみが接触するように意識して歯を噛み合わせてもらった。データ採取は被験者に対して，

- ・ 何回咬んでも疲れない強さで行う
- ・ 歯の接触位置は毎回同じにする
- ・ 楽な姿勢で，大きく体は動かさない

との条件を提示し，静寂な室内にて行った。

さらに，骨伝導マイクロフォンを使用中に発生する，唾を飲み込む，首を動かすなどの使用者の意図に関わらず発生する歯咬音以外の骨伝導音も同時に採取した。

2.2 歯咬音検出法

骨伝導マイクロフォンから得られる信号（図2）から歯咬音の識別候補となる区間を自動的に検出するため，図3に示すように，歯咬音の持続時間とその特徴を解析した。その結果，歯咬音がピーク値をとる時点を基準として，その前5msec，後ろ10msecの区間に歯咬音が収まることを確認した。したがって，このピーク値の前後15msecの区間に含まれる信号を歯咬音の識別候補として自動検出する。

ピーク値の検出方法については，文献[5]に示されている可変閾値処理を参考にし，256msecの長さの検出窓に含まれる信号の絶対値の平均値 η を用いて可変閾値 V_{th} を以下のように設定する（図4参照）。

$$V_{th} = \eta \times 2^4 \quad (1)$$

検出窓中の信号の絶対値の最大値が可変閾値よ



図1 骨伝導マイクロフォンを装着した様子。

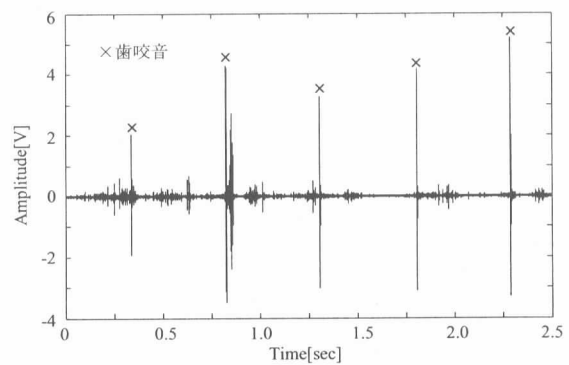


図2 観測信号と検出対象の歯咬音。

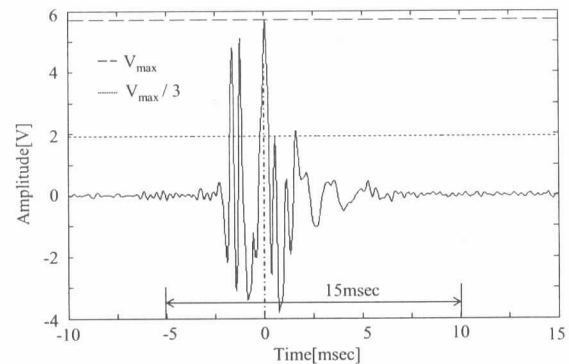


図3 歯咬音の波形と持続時間。

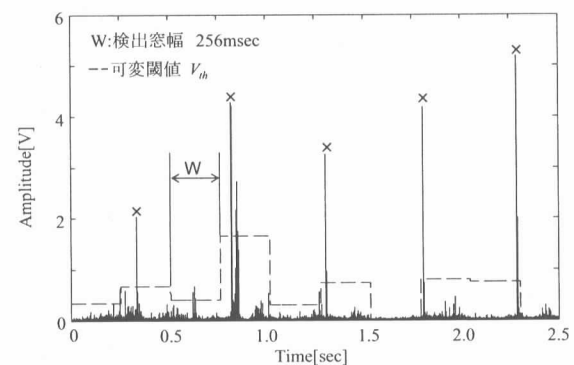


図4 可変閾値による歯咬音の検出処理（振幅は絶対値で表示している）。

りも大きいとき、その検出窓内に歯咬音候補となる信号が含まれているとし、ピーク値前後15msecの区間を切り出す。

しかしながら、この処理のみでは、図5に示すように、雑音を歯咬音として検出する場合がある。したがって、可変閾値処理によって検出した信号に対して、もう一度図6に示すように実験的に得られた閾値（被験者の歯咬音の最小振幅値）を用いた処理を行うことにより、雑音を除去する。この2段階の閾値処理により、図7に示されるような歯咬音候補を検出し、パターン識別を行う。

2.3 部分空間法による歯咬音のパターン識別

前節の手法で検出された歯咬音候補となる信号に対して、代表的な部分空間パターン識別法であるCLAFIC法を適用する。識別のための部分空間を作成する特徴量としては、15msec間の時系列信号をそのまま用いた。

識別のための部分空間を構成するため、あらかじめクラス情報が既知の信号を用い、クラスごとに部分空間を作成する。あるクラス*i*に属するパターン \mathbf{x} （パターン数 n_i ）のクラス自己相関行列

$$\mathbf{R}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{\mathbf{x} \in X} \mathbf{x}\mathbf{x}^t \quad (2)$$

の固有値を求め、大きい順に並び替える。このときの固有値 λ_{ij} に対応する固有ベクトル \mathbf{u}_{ij} ($j=1, \dots, d$)によって張られる空間をクラス*i*の部分空間とする。ここで、部分空間の次元 d_i は、累積寄与率

$$a(d_i) = \frac{\sum_{j=1}^{d_i} \lambda_{ij}}{\sum_{j=1}^d \lambda_{ij}} \quad (3)$$

が0.9以上になるように決定した。

実際の識別段階では、このようにして得られた各クラスの部分空間とクラス情報が未知な信号との類似度

$$S_i(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{d_i} (\mathbf{x}^t \mathbf{u}_{ij})^2 \quad (4)$$

を求める。

また、未知信号と各クラスの部分空間の類似度のうち、最大類似度が閾値以上なら該当するクラスの歯咬音（前歯、右歯、左歯）とし、閾値以下ならば雑音（唾の飲み込み音、首振りなどの身体動作により生じる音）として処理する。

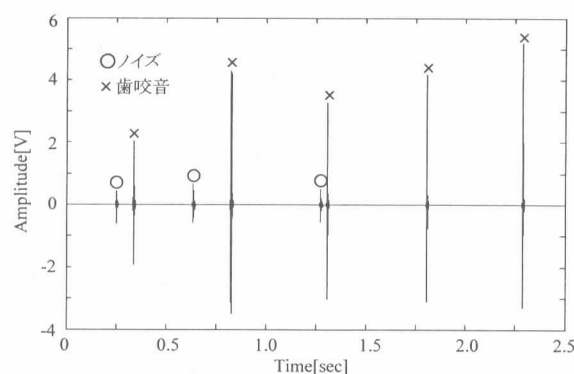


図5 可変閾値のみにより検出された歯咬音。

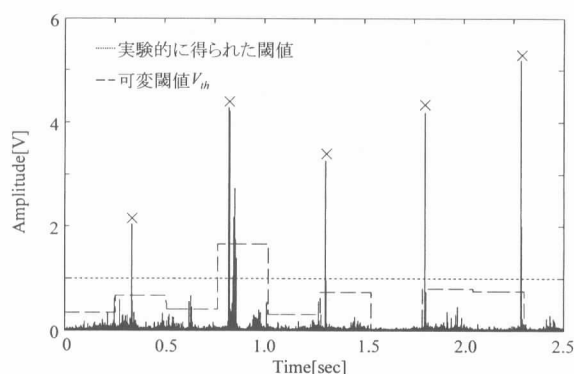


図6 2段階の閾値による歯咬音の検出処理（振幅は絶対値で表示している）。

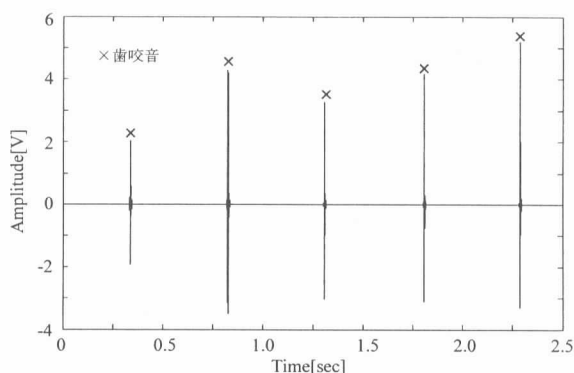


図7 2段階の閾値により検出された歯咬音（パターン識別の対象となる信号）。

3. 実験結果

本提案手法の有効性を確認するため、被験者15人から採取した信号に提案手法を適用した。各被験者について、歯咬音をそれぞれ30サンプルずつ、ノイズを50サンプルずつ用いて5-fold cross-validationによる性能評価を行った。図8は、本提案手法の識別性能を評価した結果であ

る。黒色の棒グラフは、3種類の咬合音とノイズの混合した信号から、咬合音を正しいクラスに識別できた正解率の平均値、すなわち感度を表す。一方、白い棒グラフは、異なる部位の咬合音やノイズを特定の部位の咬合音と誤識別した割合、すなわち偽陽性率を表している。また、各エラーバーは cross-validation における識別率の標準偏差を示す。また、各歯咬音について15人分の識別結果の平均値を表1に示す。提案手法により、前歯、右歯、左歯の歯咬音を90%程度の精度で識別できることが確認された。

以上の事より本提案手法の有効性が示された。

4. 結論

本研究では、前歯、右歯、左歯を噛み分けた際に発生する歯咬音を骨伝導マイクロフォンにより取得し、可変閾値処理と部分空間法によるパターン識別により3種類の歯咬音を正確に識別する手法を提案した。健常者15人を被験者として本提案手法を評価し、その有効性を示した。

現在、提案手法（マウスクリックの操作を代替）をカメラによる頭部動作の検出（マウスポインタの操作を代替）と組み合わせてPC操作支援システムを構築・評価している(図9参照)。今後は、重度障害者の方に実際に装着してもらい、識別方法およびシステムとしての全体の使用感の評価・改善を行う予定である。

参考文献

- [1]加納ら：コミュニケーションエイドのための「まばたき」の検出，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.HC94(43)，pp.9-14，1994.
- [2]久保ら：首振り動作による障害者用PC操作支援ツールの検討，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.HCS100(7)，pp.29-36，2000.
- [3]久保ら：頭部動作による障害者用PC操作支援ツールの検討，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.HCS.101(36)，pp.35-42，2001.
- [4]橋本ら：ポインティングデバイスのスイッチ代行機構への歯の接触音とハミングの応用，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D-I(7)，pp.1112-1118，2001.
- [5]葛目ら：Dyadic wavelet 変換を前処理に用いた微小信号の検出，弓削商船高専紀要，Vol.30，pp.101-108，2008.

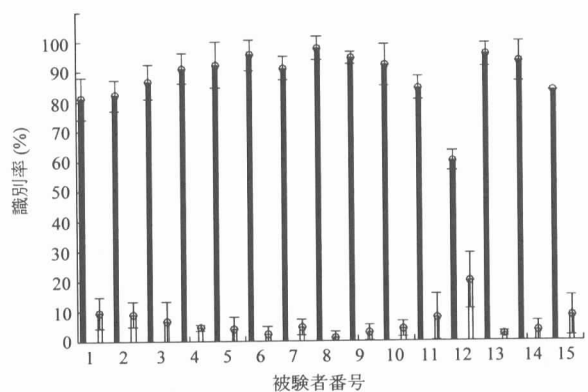
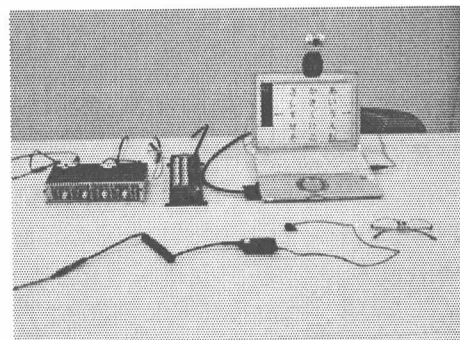


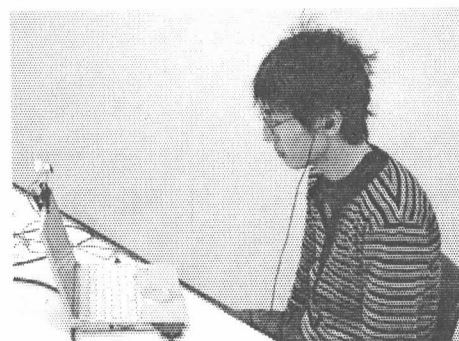
図8 歯咬音の識別結果.

表1 歯咬音の識別率の平均値.

	前歯	左歯	右歯	平均
感度(%)	87.8	87.5	90.4	88.6
偽陽性率(%)	5.7	5.1	6.3	5.7



(a)



(b)

図9 本提案手法を用いた重度障害者向けPC操作インターフェースの概要。(a)システムの全体像。(b)実験の様子。