

A Proposal of an Unilateral Mastication Detection System by using Bone-Conduction Microphones

Rui HAKAMATA*, Ryo ARIIZUMI*, Shigeo KANEDA*

(Received May 27, 2010)

Although proper frequency of mastication could be very important for jawbone development, it has been radically decreasing in Japan. So there have been considerable researches to increase frequency of mastication. But it is not enough for jawbone development. For example, unilateral mastication could be a risk to health. It not only impedes the development of jawbone, but also contorts it. Consequently, it causes to distort a face and eventually twist a body in the worst. In particular, unilateral mastication on the growing children brings many troubles. In the previous work, yet the method that helps to make proper frequency of mastication has been studied, they do not deal with unilateral mastication. Therefore, we will propose the method to detect unilateral mastication by using bone-conduction microphones. In result, as for evaluating which side the participants chewed on, we gained about 55% of answer correctly.

Key words: unilateral mastication, bone-conduction microphones, detection system

キーワード: 偏咀嚼, 骨伝導マイクロフォン, 検出システム

骨伝導マイクロフォンを用いた偏咀嚼の検出手法の検討

袴田 類, 有泉 亮, 金田 重郎

1. 緒言

近年, 軟食化に伴って日本人の咀嚼回数は激減しており, さらに, 不規則かつ栄養バランスの偏った食事を摂取する日本人が増えている. これらは, 生活習慣病, 肥満, 顎関節症, 耳鼻咽喉頭疾患, 姿勢障害, 睡眠障害などを引き起こしかねず, 極めて深刻な問題である¹⁾. そこで, 食に関するこれらの諸問題を, 個人の枠を超えて日本の社会全体の問題として捉えて解決を推進する, という考えの下に食育基本法が平成 17 年 6 月 10 日に国会で制定された²⁾.

その後, 食育の注目度が増して研究が盛んに行われてきた. 食育には様々な分野があるが, 我々はその中で咀嚼に着目した. 食育支援のためのツールの一つとして, 咀嚼回数の支援ツール「かみかみセンサー」³⁾が開発され, 現在いくつかの小学校の給食時に咀嚼回数の向上を目的として使用されている. 適切な咀嚼回数で食事を摂取することは, 顎骨の発達を促進させることや咀嚼物を効率的に消化させる助けとなり, さらに, 不正咬合や顎関節症を未然に防ぐとされている⁴⁾.

*Graduate School of Engineering, Doshisha University, Kyoto
Telephone: +080-3626-5756, Email: rhakamata@ishss10.doshisha.ac.jp

しかし、咀嚼回数が適切であれば必ずしも十分であるとは言えない。例えば、片側のみで咀嚼を行う癖(以下、偏咀嚼と呼ぶ)があると、顎骨の歪みや左右頬筋の偏りを引き起こす。そして、これらの症状が顔を歪ませることで全身の歪みに至るとされている⁹⁾。とりわけ、成長段階の子どもに偏咀嚼があると大きな問題となる。つまり、健全な咀嚼とは適切な咀嚼回数を守るだけでなく、左右偏り無く咀嚼を行う必要がある。

そこで、本研究では骨伝導マイクロフォンを用いて偏咀嚼の確認を行い、偏咀嚼を有する被験者に対してフィードバックを行うシステムの開発について報告する。具体的には市販のガムを用いて、左咀嚼、右咀嚼の割合を算出する事で偏咀嚼を確認する事にした。左咀嚼、右咀嚼か判定をする評価実験を行った結果、約 55%の正答率を得た。

以下、第 2 章では研究の背景として、咀嚼支援ツールの現状から偏咀嚼の危険性について述べる。第 3 章では、提案する手法と、提案する手法に至るまでの経緯を述べる。第 4 章では評価実験の内容とその結果について述べる。第 5 章では実験に対する考察と今後の展望と課題について述べる。第 6 章ではこの研究の総括を述べる。

2. 研究背景

2.1. 咀嚼支援ツールの現状

近年、日本人の咀嚼回数が激減している。戦前と比べると現代人の咀嚼回数は 2 分の 1 以下となり、さらに弥生時代と比べると 6 分の 1 以下となっている⁶⁾。咀嚼回数が不足することで、生活習慣病、肥満、顎関節症、姿勢障害、睡眠障害などの悪影響を及ぼしかねず極めて深刻な問題である。一回の食事では 1,500 回以上の咀嚼を行うことが望ましいとされているが、現代人の咀嚼回数の平均はこれの 2 分の 1 以下である。咀嚼回数が増加するように食事の献立を改善するという対策も考えられるが、欧食文化が根付いた現在では過去の食生活に戻るというのは容易でない。よって、咀嚼回数を増やす様に心掛ける必要がある。しかし、咀嚼回数を意識して食事を行うというのも難しい。1 口毎に 30 回咀嚼

を行う事が望ましいとされているが、常に咀嚼回数を意識して食事を摂ることは生易しいものではないはずである。

そこで咀嚼回数を向上させるために咀嚼カウンタが登場した⁷⁻⁸⁾。中でも、2008 年 7 月に日陶科学株式会社が市販化した「かみかみセンサー」が、全国の小学校で食育の一環として使用されて話題となった。またこのセンサを利用した小学生の感想からも、咀嚼回数を向上させるために有効なツールであった事が伺えた⁹⁾。

2.2. 偏咀嚼の危険性

咀嚼回数を向上させることは非常に重要であるが、適切な咀嚼回数で食事を摂取するだけでは不十分である。例えば、片側のみで咀嚼を行う偏咀嚼があると大変危険である。偏咀嚼を長年放置しておくと、顎骨の歪みや左右頬筋の偏りを引き起こし、左右非対称の顔になることで頭部が傾く¹⁰⁾。更に、この歪みを背骨が支えるために、背骨にも歪みが生じてしまう。こうして偏咀嚼が全身の歪みに発展して、神経や血液の流れの問題を引き起こす¹¹⁾。また、この他に偏咀嚼は顎関節症や咬合の不整合を誘発する。顎関節症は単純に痛みだけでなく、頭痛、肩こりになる可能性もある¹²⁾。偏咀嚼は虫歯や不正咬合によって生じる場合もあるが、偏咀嚼の原因の多くは不正咬合や虫歯に因るものではない。つまり、大多数の偏咀嚼は文字通り「噛み癖」であり偏咀嚼の疑いがある場合は意識的に偏咀嚼を治さなければならないのである¹⁰⁾。

3. 提案手法

本研究では市販のガムを用いて左右咀嚼の割合を算出して偏咀嚼を確認する。そのためには左右咀嚼の判定を行う必要がある。ここでは左右咀嚼の判定から提案に至るまでの経緯を示す。尚、咀嚼対象にガムを採用したのは、ガムは咀嚼時に口内で粉碎される事が無く、左右いずれかで咀嚼されるのが一般的であり、骨伝導マイクロフォンによってガムの咀嚼をしている側と反対側の咀嚼音に、違いがあらわれ易いのではないかと考えたからである。

3.1. 咀嚼情報の取得方法

本提案手法は左右 2 つの骨伝導マイクロフォンを装着した被験者に、ガムを咀嚼してもらいその時の咀嚼音を取得する。使用する骨伝導マイクロフォンは小野測器の型番 NP-2110 である。このセンサは一軸加速度センサとして使用されており、最高周波数は 20kHz である。また、骨伝導マイクロフォンはコンデンサであるためチャージアンプが必要で、小野測器の型番：CH-1200 を使用した。このセンサはゴムバンドで固定し、左右耳の後ろに装着して使用する。左右耳の後ろに装着した理由は、

- (1) 皮膚が薄く骨の振動を検知し易い
- (2) 咀嚼の動作を阻害しない
- (3) 筋肉や口の動作による影響を受けにくい

という 3 つの基準を満たしていたためである。以前こめかみにセンサを設置して咀嚼音を取っていたが、筋肉の動きが大きく骨の振動が取りにくかったため不適切と判断した。

3.2. 提案手法に至るまでの経緯

ガムの左右咀嚼回数の割合を算出するためには、1 咀嚼毎に左右どちらで咀嚼が行われたかを判定する必要がある。そこで、咀嚼音を構成する波形の要素である振幅、位相、周波数のいずれかを用いて左咀嚼か右咀嚼か(以下「左右咀嚼」と呼ぶ)の判定を試みる予備実験を行うことにした。

予備実験では咀嚼音の振幅の最大値、位相のずれ、周波数成分のパターン認識である、SVM、最近傍法、K 近傍法、重心法、カーネル法によって判定を行った。これら合計 7 つの処理の正答率をそれぞれ出して、最も適切と思われる処理を左右咀嚼の判定システムとして採用した。

3.3. 予備実験

(1) 予備実験の目的

いくつかの処理を用意して、それぞれについて左右咀嚼の判定を行う。そして、どの処理手順が最も左右咀嚼の判定に適しているか判断する。

(2) 予備実験の内容

実験は被験者 7 人で行う。被験者には予めガムを

咀嚼してもらい、その状態のまま 10 秒間に左咀嚼数回(7 回程度)、右咀嚼数回(7 回程度)をそれぞれ 2 回ずつ行なってもらう。サンプリングレートは咀嚼音の周波数はせいぜい 1500Hz 程度までであることから、ナイキスト周波数を満たすために 4096Hz に設定した。尚、咀嚼音の周波数は個人差が大きいため、一概に左右咀嚼の判定を行なう事は難しく、周波数に限ってはパターン認識により判定を行う事にした。故に、被験者毎に学習データを作成する必要があり、被験者には学習データ作成のため左咀嚼、右咀嚼を 10 秒間で数回行ってもらう。つまり、

- ・左咀嚼数回(7 回程度) 10 秒間 × 3 回
(内 1 回は左咀嚼学習データ作成の為)
- ・右咀嚼数回(7 回程度) 10 秒間 × 3 回
(内 1 回は右咀嚼学習データ作成の為)

を被験者毎に行なってもらう。

(3) 予備実験における信号処理

咀嚼音のデータを取り込み、1 咀嚼をした瞬間の点(以下、咀嚼点と呼ぶ)を抽出する。その後、咀嚼点を元に 1 咀嚼幅毎に切り分けてゆく。これは後に左右咀嚼の判定を(a)振幅(b)位相(c)周波数で判定するための前処理となる(Fig. 1)。

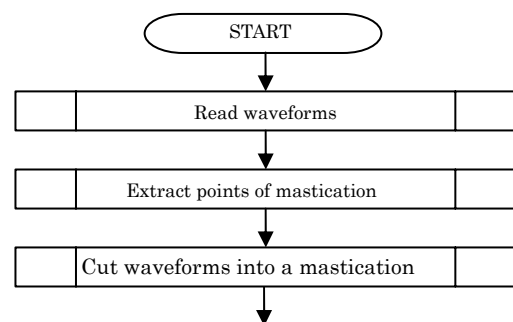


Fig. 1. Processing for decision which side the participants chewed on

また、それぞれの処理の説明は以下の通りである。
[咀嚼音の取り込み]

咀嚼音の取り込みを行う。咀嚼音は左右耳の後ろに付けた 2 つの骨伝導マイクロフォンで採取しているため、2 つの咀嚼音を取り込むこととなる。

[咀嚼点の抽出]

咀嚼音から咀嚼点を自動抽出する。まず左右セン

サの咀嚼音の絶対値をそれぞれ取る. 次に左右センサの振幅の合計値を一定間隔で取っていき, これが閾値以上の値を持つ場合咀嚼点として抽出する. 尚, この手法では咀嚼点を誤って抽出してしまう可能性があるため, 咀嚼点の抽出に誤りが有る場合は手作業で修正する必要がある.

[1 咀嚼毎の切り分け]

咀嚼点から後ろ 1024 目盛り(1 目盛りは 1/4096 秒), 前 3072 目盛りの合計 4096 目盛りで左右 1 咀嚼毎に切り分ける. 4096 目盛りに設定したのは, 1 回の咀嚼で歯が接している時間は 1 秒以下とされているという事実から¹¹⁾, サンプリングレートが 4096Hz であったため 4096 目盛り(1 秒)にした. また, 高速フーリエ変換を行うために 2 のべき乗にする必要があったためである. また, ガムを 1 回咀嚼した時の波形は 2 つに分かれる傾向が強い(Fig. 2).

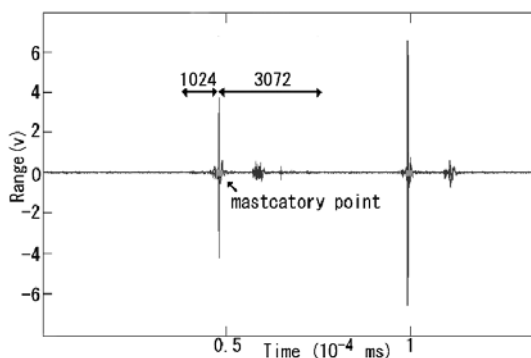


Fig. 2. Waveform of chewing on a gum

そこで, 本稿では咀嚼点とは別に遅れて出てきた波を併せて 1 咀嚼と認識することにした. これらをカバー出来る様に咀嚼点から後ろ 1024 目盛り, 前 3072 目盛りを 1 咀嚼と設定した. 2 つ目の特徴点が見られる理由であるが, 咬合の関係上か, あるいは顎関節の鳴る音ではないかと考える.

ここまでの処理が左右咀嚼判定の前処理であり, 以下, 左右咀嚼判定処理について説明する.

1 咀嚼毎に切り分けられた咀嚼音を(a)振幅, (b)位相によって左右咀嚼の判定を行なう. 振幅については, 左右センサの咀嚼音における振幅の最大値により判定する. また, 位相については振幅における最大値の到達する時間差により判定を行なう.

(a) 振幅での判定

[振幅の最大値による左右咀嚼の判定]

1 咀嚼分の左右センサの咀嚼音をそれぞれ絶対値化し, その振幅の最大値により左右咀嚼の判定を行う. 距離による咀嚼音の減衰率を考えると, 咀嚼を行なった側に近いセンサの振幅の最大値が, 他方よりも大きくなると思われる. その仮定の下に左右咀嚼の判定を行う(Fig. 3).

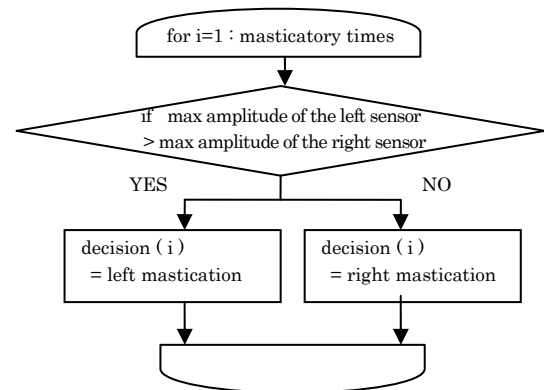


Fig. 3. The method for decision which side the participants chewed on according to amplitude

(b) 位相での判定

[最大値の位相による判定]

1 咀嚼分の左右センサの咀嚼音を絶対値化し, 左右咀嚼音の振幅の最大値の位相のずれから左右咀嚼の判定を行う. 咀嚼音源と左右のセンサとの距離を考えると, 咀嚼を行なった側のセンサの振幅の最大値の方が音源により近いため, 他方より早く到達していると考えられる. その仮定の下に左右咀嚼の判定を行なう事とした(Fig.4).

(c) 周波数での判定

振幅, 位相以外で周波数による判定を行なうため, 1 咀嚼毎に切り分けられたデータに高速フーリエ変換をかけた後, パワースペクトルに変換する. そして, 学習データを用いて重心法, 最近傍法, K 近傍法, カーネル法, SVM によるパターン認識処理を行う¹²⁻¹³⁾. これらのパターン認識で使用するクラスは左咀嚼と右咀嚼の 2 つのみであり, パターン認識によって入力データが所属したクラス(左咀嚼クラスか, 右咀嚼クラスか)で左右咀嚼の判定を行なう.

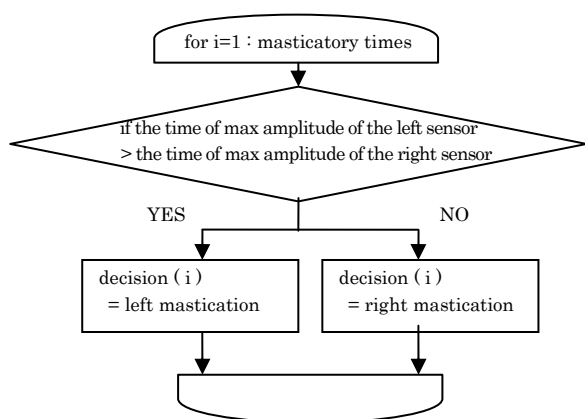


Fig. 4. The method for decision which side participants chewed on according to phase shifting

[フーリエ変換]

1 咀嚼分の左右センサのデータをそれぞれフーリエ変換して、パワースペクトルに変換する(Fig. 5).

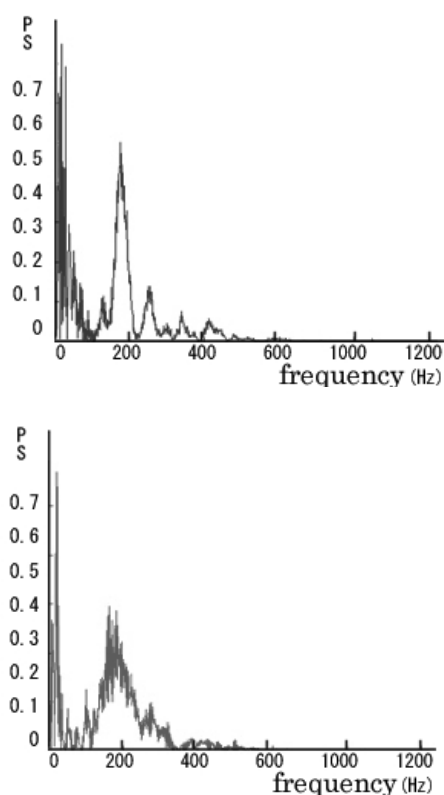


Fig. 5. PS(Power Spectrum) of a chewing on a gum (above : left sensor, below : right sensor)

[SVM]

SVM(Support Vector Machine)を用いて左右咀嚼の判定を行う。SVMの特徴は収集した学習データ同士のマージンの最大化を行うことである。マージンの最大化とは、学習データの中で他クラスのサポートベクトルと最も近くにあるものとのユークリッド距離が最も大きくなるような位置に識別境界を設定する事を指す。そして、入力データと学習データの距離によってクラス分けを行なう。

[重心法]

重心法を用いて左右咀嚼の判定を行う。重心法の特徴は収集したそれぞれのクラスごとのデータで重心を取り、それを学習データとすることである。そして、入力データと学習データとの距離によってクラス分けを行なう。

[最近傍法]

最近傍法(1-Nearest Neighbor 法)を用いて左右咀嚼の判定を行う。最近傍法の特徴は、入力データと各クラスの学習データとの距離を取り、最も近い学習データの所属するクラスによりクラス分けを行なうことである。

[K近傍法]

K近傍法(K-Nearest Neighbor 法)を用いて左右咀嚼の判定を行う。K近傍法の特徴は、入力データから各クラスの学習データとの距離をとり、最も近いK個の学習データの所属するクラスの多数決を取ることにによりクラス分けを行なうことである。

[カーネル法]

カーネル関数により左右咀嚼の判定を行う。入力データから一定の距離内にある学習データの数を数えて、その学習データの所属するクラスによりクラス分けを行う。一定の距離内に学習データが複数個存在する場合は、多数決をとることによりクラス分けを行なう。

尚、重心法、最近傍法、K近傍法、カーネル法についての距離計算は相関係数を用いて行なった。

3.4. 予備実験結果

被験者7人分のそれぞれの判定処理における正答率を示す(Table 1).

Table 1. Accuracy rate of each method

subjects	amplitude	phase	frequency					Average (%)
	max amplitude (%)	phase shifting (%)	SVM (%)	barycentric method (%)	Nearest neighbor (%)	K Nearest neighbor (K) (%)	Kernel (%)	
A	51.9	51	55.6	74.1	59.3	70	70.4	61.8
B	66.7	63.9	47.2	52.8	61.1	61.1	58.3	58.7
C	78.6	7.1	92.9	96.4	89.3	92.9	89.3	78.1
D	60.5	42.1	76.3	81.6	71.1	86.8	78.9	71
E	42.9	46.4	57.1	85.7	82.1	82.1	78.9	67.9
F	47.1	32.4	52.9	50	52.9	52.9	55.9	49.2
G	24	28	56	68	76	68	72	56
average	53.1	38.7	62.6	72.7	70.3	73.4	72	63.3

3.5. 予備実験考察

Table1 より振幅や位相よりも周波数を用いての判定が優れていることがわかる。振幅と位相による判定では、他の手法に正答率で勝ることが極めて少ない事から、これらの手法は適切でないと判断できるため、周波数を用いて左右咀嚼の判定を行う事にした。周波数による判定には、SVM, 重心法, 最近傍法, K 近傍法, カーネル法の 5 つの手法がある。これらの正答率を見た時に僅かな差ではあるが最も優れている手法は K 近傍法であることがわかる。よってこれを採用する事にした。

周波数による判定では左右の咬合差による咀嚼音の違いや、ガムを介して歯同士がぶつかった時の咀嚼音に違いがあるため、周波数成分に差が出たと考える。

3.6. 採用した提案手法

偏咀嚼の検出は、被験者がガムを左咀嚼, 右咀嚼した時の左右咀嚼の学習データ作成後, K 近傍法を用いて左右咀嚼の判定を行うものである。

まず、被験者は学習データ作成のため、左咀嚼, 右咀嚼をそれぞれ 10 秒間で数回(7 回程度)行い、左右咀嚼判定に用いる学習データとしてこれを登録する。その後、被験者は 60 秒間で自由に咀嚼を行い、K 近傍法を用いて 1 回の咀嚼毎に左右咀嚼の判定を行い、最終的に左右咀嚼の割合を算出する。8 割以上片側に偏った咀嚼を行っている被験者には偏咀嚼の疑いがあるとしてフィードバックを行う。

4. 評価実験

4.1. 実験方法

本実験は被験者 11 名で実験を行った。実験内容は以下に示した通りである。

- ・ガム左咀嚼 10 秒間で 7 回程度咀嚼×1 回
- ・ガム右咀嚼 10 秒間で 7 回程度咀嚼×1 回 (左右咀嚼クラスの学習データ用)
- ・ガムの自由咀嚼 60 秒間で数十回咀嚼×1 回 (左右咀嚼判定対象データ)

尚、ここでのガムの自由咀嚼とは普段通りガムの咀嚼を行なう事である。

4.2. 実験結果

被験者 11 人分のガムの自由咀嚼時における、左右咀嚼の回数とその割合を Table 2 に示し、左右咀嚼の判定の正答率を Table 3 に示した。Table 3 における正答率は、被験者がガムを自由咀嚼する時、1 咀嚼毎に左右咀嚼の記録をしてもらっていたため、その記録と左右咀嚼の判定結果との照合を行った結果の正答率である。

5. 考察及び今後の課題

5.1. 考察

Table 3 より左右咀嚼の正答率が予備実験の結果 (Table 1) に対して大幅に落ちて、全体の正答率は 56% であった。評価実験の被験者 F と 3.3 節で行った予備実験の被験者 C は同一人物であり、予備実験では本提案手法で約 93% の正答率を出していたが、この評価実験では約 66% であった。

Table 2. Result of the experiment

subjects	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	I
total count (times)	47	69	45	32	53	32	54	49	38	42	44
count of left chew (times)	30	47	22	21	14	4	45	23	33	34	12
count of right chew (times)	17	22	23	11	39	28	9	26	5	8	32
percentage of left chew (%)	63.9	68.2	48.9	65.7	26.5	12.5	83.4	47	86.9	81	27.3
percentage of right chew (%)	36.1	31.8	51.1	34.3	73.5	87.5	16.6	53	13.1	19	72.7

Table 3. Accuracy rate of the experiment

subjects	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	average
accuracy (%)	42.6	60.7	37.8	69.7	49.1	65.6	35.2	59.9	81.6	68.3	52.3	56.6

このように正答率が評価実験に対して低下する原因は、ガムの咀嚼位置が正確に定まらないということが考えられる。咀嚼した点が数回程度であった予備実験とは異なり、評価実験では被験者に自由なスピードで、咀嚼を1分間行ってもらったため、咀嚼点を誤って登録してしまった可能性を否定できない。数十に及ぶ咀嚼点の内の1箇所でも咀嚼点の登録を誤ると、それ以降の登録された咀嚼点が誤ってとられている可能性もある。それ故、自由咀嚼時に咀嚼点を明確に定める様に工夫する必要がある。また、ガムの左右咀嚼が変わる箇所も他の咀嚼点よりも振幅が大きく、且つ強いノイズが入っているため、咀嚼点が明確に定まりにくく、この場合も咀嚼点の登録を誤る可能性がある。

しかし、被験者 K の自由咀嚼時の波形(Fig. 6)の様に、全体的にノイズが少なく、ガムの左右咀嚼移行時のノイズも比較的少ないので、咀嚼点が適切に

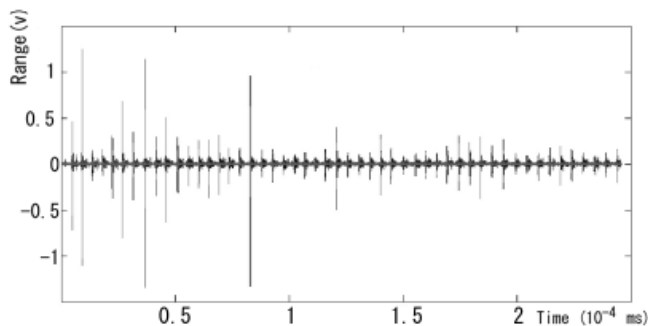


Fig. 6. Wave profile of participant K

取れている可能性が高い波形であるからと言って、必ずしも左右咀嚼の判定の正答率が上がるとは限らない。

つまり、予備実験における左右咀嚼の正答率 (Table 1) から見ても、本提案手法での左右咀嚼の判定には個人差があると言わざるを得ない。評価実験の被験者 E と予備実験の被験者 F も同一人物であるが、この被験者は全体的に正答率の良かった予備実験で約 53% の正答率であり、評価実験では 49% の正答率であった事からも伺える。

このような個人差が生まれてしまう原因は、ガムの咀嚼を行った側と反対側のセンサの周波数にあまり差が出ない、ガムを左咀嚼、右咀嚼のどちらでしても周波数に差が出にくい、あるいは周波数が1咀嚼毎に規則的でない事などを意味するのではないかと推測した。以下のグラフは予備実験、評価実験共に比較的正答率の良かった被験者 F と、評価実験で正答率の悪かった被験者 C がガムを左咀嚼、右咀嚼共に 5 回咀嚼した時のパワースペクトルである (Fig. 7)。被験者 F と被験者 C のパワースペクトルを比較した時に、被験者 C のパワースペクトルの右咀嚼の左センサの 3 つ目の波形以外には、どのパワースペクトルにも変化が見られないことが判る。これでは最近傍法を用いて左右咀嚼の判定を行うのは難しい。Table 2 の被験者 C の左右咀嚼割合の判定結果が左咀嚼、右咀嚼どちらも 50% に近いことから、左右咀嚼の判定が出来ていないことが判る。また、被験者 F については、5 回咀嚼した

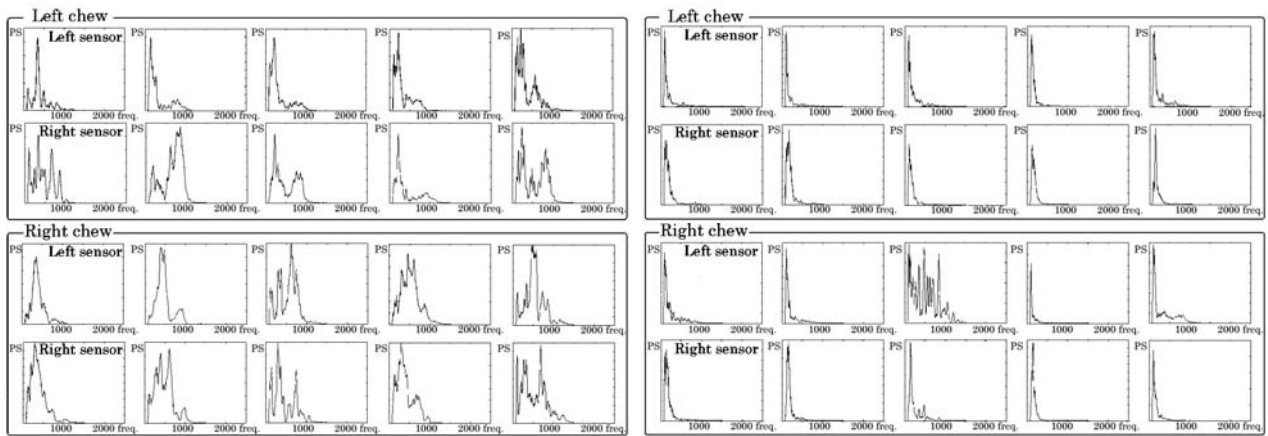


Fig.7 . PS of participant F (left) and participant C (right) x-axis: frequency y-axis: PS

時に左右のセンサでの違いはあまり見られないが、左咀嚼時の左センサと右咀嚼時の左センサに違いが見られることから判別が可能であったのではないかと考えられる。

5.2. 今後の課題

まず、自由咀嚼における咀嚼点を抽出するアルゴリズムに対するの改善が必要であると考え。現状のアルゴリズムでは咀嚼音の振幅の面積から咀嚼点を抽出しているが、これでは強いノイズの下では対処しきれず自動抽出が不可能になってしまう。考えられる方法としてはウェーブレット変換を用いて咀嚼点を抽出する処理である。また咀嚼点付近とノイズとの周波数には違いがあるため、ウェーブレット変換を用いてノイズを除去する必要がある。

また、ガムを咀嚼側と反対側の周波数に違いが見られない被験者や、ガムの左咀嚼、右咀嚼に関わらず、周波数にほとんど違いが見られない被験者がいることから、周波数によるパターン認識を現状のまま行うことは難しいと考える。故に、パターン認識の前処理として様々な工夫をしなくてはならないと考える。例えば、被験者 C の様に左右センサの周波数に違いが出ない被験者に対しては、比較対象とする周波数帯域を現段階では 100Hz から 1500Hz であったのを更に特徴的な周波数帯域に縮めることで、特徴量を抽出しやすくするなどの対策が考えられる。

今回の実験では大きな課題が残ったが、左右咀嚼において周波数が一定の被験者と、違いが見られる被験者がいるという事実はとても興味深いものであった。この事実が顎骨の歪みや不正咬合といった形で、偏咀嚼と間接的に関係している可能性もある。今後左右咀嚼の判定と共に続けていくことで、この周波数の特性の実態を明らかにしていきたい。

6. 結言

偏咀嚼の検出を目的にガムを自由に咀嚼してもらい、左右咀嚼の割合から偏咀嚼を検出するはずであった。しかし、左右咀嚼の判定の正答率自体が 55%程度と悪く、信頼出来る左右咀嚼の割合を出せなかったため、偏咀嚼の検出結果を出すことが出来なかった。しかしながら、この研究を通じて個人によって咀嚼音の周波数に特徴がある事や、左咀嚼、右咀嚼毎で周波数に違いが表れる人や、違いが表れにくい人がいるという事実を発見出来た。今後、これらの発見された事実を元にガムの左右咀嚼の割合から偏咀嚼の検出をする以外にも、発見された事実の原因究明及び、別のアプローチで偏咀嚼の検出を行うことも必要であろうと考える。

本論文を執筆するにあたり、多くの皆様にご協力を頂いた。同志社大学工学研究科情報工学専攻情報システム学研究室の金田重郎教授には、研究を進める上で御指導を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 沼尾デンタルクリニック：“嚙まなくなった現代人に危険信号”，<http://haisyaweb.com/?p=290>
- 2) (財)食生活情報サービスセンター：“食育基本法”，<http://www.e-shokuiku.com/kihonhou/index.html>
- 3) 日陶科学株式会社：“お口の万歩計 かみかみセンサ”，<http://nittokagaku.com/kamikami/index.html>
- 4) 8020 財団法人：“歯の病気と健康”，<http://www.dent8020.net/soshaku.html>
- 5) 福田正一：“顎のゆがみと咀嚼筋の関係”，<http://www.juzen.info/masseter.html>
- 6) 社団法人東京都歯科医師会：“各時代の復元食の咀嚼回数と食事時間”，http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/iryo/iryo_hoken/a0301060_20090603095517743/files/06P62-75.pdf
- 7) 九州計測器株式会社：“咀嚼計(咀嚼計)QK-CFⅡ”，http://www.smrj.go.jp/venture/dbps_data/_material_/chushou/a_ventrure/sangakukan/pdf/heisei14-jirei7.pdf
- 8) astamuse：“咀嚼計”，<http://patent.astamuse.com/ja/published/JP/No/2007089701>
- 9) 長野県歯科医師会：“小学校における食育と歯の健康を中心とした健康づくりを推進する会”，<http://naganokenshi.or.jp/event/20zaidan8020.htm>
- 10) 奥山歯科医院：“嚙み癖(片側咀嚼)”，<http://okuyama-sika.jp/kamigusel.html>
- 11) 石倉治療院：“体の歪み”，<http://www.ishikura-net.com/yugami2.html>
- 12) 檜垣 暁子：“顎関節症(がくかんせつしょう)が、肩こり・頭痛をひどくする”，<http://allabout.co.jp/health/backache/closeup/CU20060120A/>
- 13) 河野矯正歯科医院：“咀嚼に対する歯根膜の反応”，http://www.k4.dion.ne.jp/~handbook/06_histo/051106b.htm