

Cami-log: 咀嚼の改善を促す筋電情報を用いたアプリケーションの提案

黒澤 紘生^{†1,a)} 御手洗 彰^{†1,b)} 棟方 渚^{†1,c)} 小野 哲雄^{†1,d)}

概要: 食の国際化が進み、現在の我々は豊富な食材に恵まれており、食事を単に生命維持の活動としてだけでなく、コミュニケーションの場としても楽しんでいる。一方で、日本人の食生活は軟食化傾向にあり、咀嚼回数の低下や偏咀嚼といった問題が深刻化している。我々は、食習慣改善の枠組みの中でも特に咀嚼に注目し、様々な状況下における咀嚼時筋電位を計測し、その解析を行った。さらに、得られた知見から、咀嚼改善を促すアプリケーション Cami-log を開発し、新たな咀嚼改善手法の提案とその妥当性の検証を行った。

Cami-log : Proposal of Application to Improve Daily Chewing Activities using Myoelectric Information

HIROKI KUROSAWA^{†1,a)} SHO MITARAI^{†1,b)} NAGISA MUNEKATA^{†1,c)} TETSUO ONO^{†1,d)}

Abstract: Recently, as food internationalization have advanced, we have been blessed with varied ingredients, and we have a meal not only to maintain life activities but also to enjoy it as communication. On the other hand, dishes in Japanese diet tends to be softened, and the problem such as decreasing the number of chewing or partial mastication is getting worse. Among the framework of dietary habit improvement, we focused on chewing, and measured electromyogram during chewing under various circumstances and analyzed it. Further, we developed an application "Cami-log" to improve daily chewing activities based on our investigation. We proposed a new improvement method of chewing activities and verified its validity.

1. はじめに

我々にとって食事とは、生命を維持するための重要な活動であるだけでなく、家族や親しい人とのコミュニケーションの場にもなっている。

一方で、日本人の食生活は軟食化傾向にあり、咀嚼回数の低下や食事時間の減少、さらには偏咀嚼といった問題のある咀嚼が習慣化してきている。厚生労働省の報告 [1] によると、「ゆっくりよくかんで食事をする」者の割合が男性は5割、女性は6割を下回っており、さらに、「左右両方の奥歯でしっかりかみしめられない」者の割合が60歳代で4割を超えている。咀嚼回数の低下は、成長期の子供にとっ

て、顎骨の発育不良をもたらす歯列不正の大きな原因となる [2]。また、高齢者にとっては、深刻な死因の一つである嚥下障害による誤嚥性肺炎の原因となっている。成長期の子供や高齢者に限らずとも、咀嚼には、唾液の分泌促進による自浄作用の向上、味覚の発達、肥満の防止など様々な健康効果があるとされている [3]。

このような背景の下で、咀嚼を改善する試みが盛んに行なわれている。厚生労働省の検討会 [4] では、一口量に対して30回噛む習慣を奨める「噛ミング30(カミングサンマル)」運動が提唱されており、咀嚼改善の重要性がうかがえる。また、咀嚼を検出する手法の研究も盛んに行われており、Yatani らの咽頭マイクを用いた手法 [5]、ビデオ映像から顔の変形を捉えて咀嚼を判定するPDFDと呼ばれる手法 [6]、小坂の測距センサを用いた手法 [7]、フォトリフレクタとマイクを用いた手法 [8]、表面筋電の変動から検出する手法 [9] など、様々な手法により咀嚼を検出し、解析が行な

^{†1} 現在、北海道大学

Presently with Hokkaido University

a) k.hiroki@complex.ist.hokudai.ac.jp

b) shomitara@complex.ist.hokudai.ac.jp

c) munekata@complex.ist.hokudai.ac.jp

d) tonono@complex.ist.hokudai.ac.jp

われている。特に、表面筋電の筋電図を用いた方法では、筋放電持続時間およびバースト波形出現間隔などの情報を得ることができ、より精密な解析を行うことができる [12]。さらに、筋電図から咀嚼筋活動量を求めることが可能であり、咀嚼機能を定量的に評価できるという利点がある [13]。

また、近年では情報技術の発達により、食習慣を含めた個人々の生活習慣を記録することが可能となってきた。具体例としては、「いつ、何を食べたか」を食事写真のアルバムで記録するアプリケーションである meal[10] が挙げられる。また、竹内ら [11] は、食事の写真を共有し他者から評価を得る SNS を開発した。アプリケーションに落とし込むことで、我々は気軽に食習慣の記録に参加することができる。このような食習慣改善を目的としたアプリケーションの他に、咀嚼に注目したアプリケーション [14] も存在する。一方で、これらのアプリケーションでは、筋電位の情報は扱われていない。咀嚼に関するアプリケーションに筋電図を用いることで、咀嚼機能を定量的に評価し、より個人の能力や癖に特化した情報を手軽に提供可能であると考えられる。

そこで、本研究では、食習慣改善の枠組みの中でも咀嚼に注目し、筋電図を用いることで詳細な咀嚼データを定量的に扱うアプリケーションの開発を目的とした。我々は、様々な状況下での咀嚼時における咀嚼筋筋電位を計測し、その解析を行った。さらに、解析で得られた知見を応用する咀嚼改善アプリケーション Cami-log を開発し、ユーザスタディを行いその有効性を検証した。

2. 提案システム

2.1 筋電位計測・解析システムの構成

筋電図を計測するハードウェア部分については、御手洗らが開発した筋電計 [15]、市販の A/D 変換器 (Powerlab ; 日本光電)、ディスプレイ電極 F-ビトロード (F-150M, 日本光電社製)、パーソナルコンピュータ (以後 PC とする) からなる。また、ソフトウェア部分は、解析ソフト Chart5 (ADInstruments 社製) および自作の解析プログラムからなる。取得した信号を A/D 変換器を通してサンプリング周波数 1kHz にてサンプリングし PC へ送信し、Chart5 の積分機能 (積分タイプ: 絶対値, リセットタイプ: 時定数減衰 0.1s) を用いて変換したものを記録する。記録したデータから、左右咀嚼回数、全体としての咀嚼回数、咀嚼タイミング、左右咀嚼量、咀嚼量合計値、食事時間の情報を抽出する。咀嚼回数および咀嚼タイミングは、次のアルゴリズムにより検出させた。長さ N の時刻 $t_i (i = 1, \dots, N)$ における記録データ d_{t_i} を考える。データ点 $d_{t_i} (i = 4, \dots, N-3)$ において、 $d_{t_i} - d_{t_{i+1}}$, $d_{t_{i+1}} - d_{t_{i+2}}$, $d_{t_{i+2}} - d_{t_{i+3}}$ の 3 値が δ 以上のとき、すなわち、3 回連続で δ 以上筋電値が減少したとき、点 d_{t_i} を咀嚼タイミングとして記録し、咀嚼回数 M を 1 増やす。これをデータ点の終点まで繰り返し、咀嚼タイミング列 $c_j (j = 1, \dots, M)$ を生成する。このとき、 d_{t_i} が β 以上の時、 $\delta = \delta_h$ を適用し、 β 未満

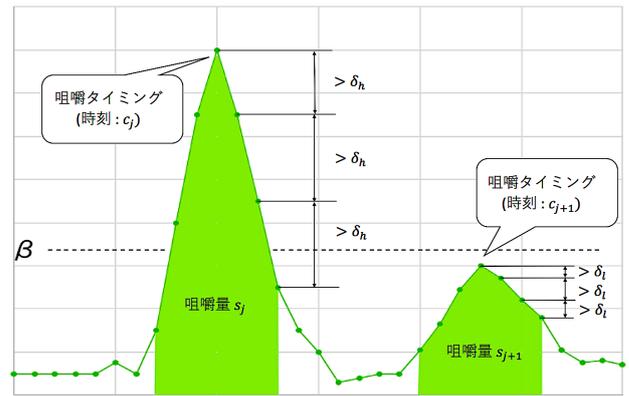


図 1 咀嚼タイミングおよび咀嚼量の定義
Fig. 1 Definition of chewing timing and amount

のとき、 $\delta = \delta_l$ を適用する。これにより、食物を噛み始めた時期の大きな筋電値の変化と、食物を粉砕した後の小さな筋電値の変化の 2 状態において正確に咀嚼回数を検出できるよう実装した。今回は、後述の事前実験のデータから、咀嚼以外の運動による影響を排除するため、 d_{t_i} の値が 0.1 未満の場合は咀嚼を検出しないようにした。また、咀嚼を検出した後 0.4[s] 間は次の咀嚼とカウントしないようにした。さらに、閾値を、 $\beta = 1.0$, $\delta_h = 0.1$, $\delta_l = 0.03$ とした。咀嚼回数については、左右それぞれ M_l , M_r および全体としての回数を求める。このとき、左右の咀嚼タイミング列はそれぞれ $c_j^l (j = 1, \dots, M_l)$, $c_j^r (j = 1, \dots, M_r)$ となり、全体としての咀嚼回数は $M_u = |\{c_j^l | j \in M_l\} \cup \{c_j^r | j \in M_r\}|$ であらわせる。咀嚼量は次のように求める。ある咀嚼タイミング c_j に対して、そのデータ点の 7 近傍の点を範囲とする積分値 s_j を

$$s_j \equiv \sum_{i=-3}^2 \frac{(d_{t_i^j} + d_{t_{i+1}^j})(t_{i+1}^j - t_i^j)}{2} \quad (t_0^j = c_j) \quad (1)$$

と定義する。この積分値の総和:

$$v \equiv \sum_{j=1}^M s_j \quad (2)$$

を咀嚼量 v と定義する。咀嚼量については、左右それぞれ v_l , v_r および合計値 $v_u = v_l + v_r$ を求める。食事時間 T は、 $T = t_N$ として求める。

2.2 咀嚼改善アプリケーション

提案システムでは、筋電位計測・解析システムに加えて、咀嚼改善を目的としたアプリケーション Cami-log を開発した。Cami-log では、先述の筋電図計測・解析システムにより記録されたデータファイルを読み込み、解析を行い、ユーザの理解を助けるようなアドバイス: Cami (Chewing amount mentor information) を提示して咀嚼改善を促す。アドバイスには、後述の 3 節にて記述した事前実験から得られた結果を用いる。仕様の詳細については後述の 4.1 節

にて述べることにする。

3. 基礎実験

事前実験として、提案手法における咀嚼検出アルゴリズムのアプリケーションへの応用可能性の検証として、精度評価実験(3.1節)を行った。加えて、アプリケーションにおける正しい咀嚼の評価指標を設定するため、異なる硬さの食物を咀嚼した場合での筋電図に基づいた咀嚼量の違いを調査する実験(3.2節)と、「左右バランスよく噛んだ」場合と「左または右に偏って噛んだ」場合での咀嚼回数と咀嚼量の違いを調査する実験(3.3節)の計3つの実験を行った。

3.1 提案システムの咀嚼検出精度評価実験

提案システムの咀嚼検出能力の検証を目的として実験を行った。

準備 事前準備として、被験者には実験直前の1時間前には何も食べないように指示する。また、アレルギーの有無も確認する。実験の際には、先行研究[16]で述べられている姿勢の違いによる咬合力の影響を抑えるため、椅子に座ってもらい、姿勢が大きく変化しないよう注意を促した。電極を咀嚼時に突起する咬筋の左右2箇所を設置し、双極誘導法で表面筋電を測定した。また、アースを右前腕の手首付近で取った。被験者には咀嚼開始時と嚥下後に左手を挙げてもらい、その間の筋電図を記録することとした。こちらから食物を提供する実験に関しては、工業的に大量生産され均等な品質が保証される食品を提供し、開封後2時間が経過したものは廃棄した。また、筋電センサに用いる電極は常に新しいものを用いるなど衛生面に配慮した。さらに、被験者の承諾が得られた場合のみ、確認用として実験風景を映像として記録した。なお、これらの内容は以降の実験でも共通のプロトコルとする。

設定 被験者は21歳から35歳(平均年齢23.9歳)の健康有歯顎者である男性8名および女性3名の計11名とした。被験者にはグミキャンディを食べてもらい、30回の咀嚼を行ってもらい、咀嚼の仕方については特に教示はせず、普段通りの咀嚼を行ってもらった。これを5セット行い、システムによる咀嚼検出回数の結果を確認し、実際の結果(30回)と比較する。

結果 実験を行った結果を図2に示す。咀嚼回数は各被験者ごとに5回の平均値をとり、全被験者での平均値および標準偏差を算出した。システムが検出した咀嚼回数は、左が 30.4 ± 0.95 回、右が 30.1 ± 0.58 回、全体としては 30.5 ± 0.79 回となった。先行研究[8]では、10回の咀嚼を 10.8 ± 2.4 回の精度で検出しているが、これと比較しても提案手法では高い精度で咀嚼を検出できていることがわかり、システムの信頼性が示された。以降の実験においても、提案システムを用いる。

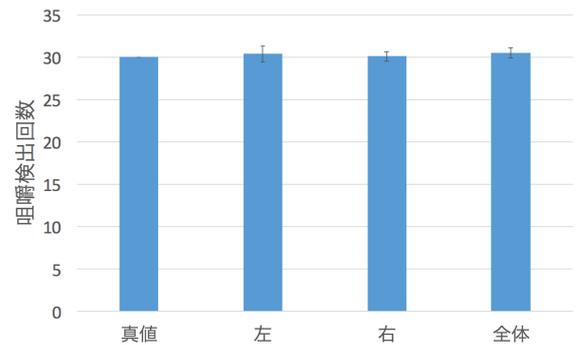


図2 提案システムの咀嚼回数検出回数

Fig. 2 Number of chewing detection in proposed system

3.2 異なる硬さの食物を咀嚼する実験

異なる硬さの食物を咀嚼した場合での筋電図に基づいた咀嚼量の違いを探ることを目的として実験を行った。

設定 被験者は3.1節の被験者である11名とした。大橋ら[18]が調査した「シズル・ワード」を参考にし、「噛みごたえのある」グミキャンディと「やわらかい」マシュマロの2品を被験者に咀嚼してもらい、その筋電図を記録する。これを各食品に対して5セット行う。実験に用いる食品は、一口量に差を出さないため体積が同程度になるよう加工した。

結果 実験を行った結果として、食品による咀嚼回数の違いを図3に、咀嚼量の違いを図4に示す。咀嚼回数は各被験者ごとに5回の平均値をとり、咀嚼量については、積分値を咀嚼回数で割った咀嚼1回ごとの咀嚼量を求め、各被験者ごとに5回の平均値をとった。全被験者での平均値および標準偏差を算出した。グミキャンディとマシュマロの咀嚼回数はそれぞれ、 34.1 ± 12.4 回、 18.7 ± 8.47 回、咀嚼量はそれぞれ、 0.42 ± 0.20 ポイント、 0.23 ± 0.15 ポイントとなった。この結果に加えて、グミキャンディの咀嚼回数平均値群とマシュマロの咀嚼回数平均値群間の差をみるために、対応のあるt検定を行ったところ、1%水準で有意な差がみられた($t(10)=5.6461$, $**p=.000$)。また、対応のあるケース数が11と少数であったため、Wilcoxonの符号順位検定も同時に行い確認したところ、 $p=.000$ となり、1%水準で有意な差がみられた。同様に、グミキャンディの咀嚼量平均値群とマシュマロの咀嚼量平均値群間についても検定を行った。対応のあるt検定では、1%水準で有意な差がみられた($t(10)=5.979$, $**p=.000$)。Wilcoxonの符号順位検定においても、 $p=.000$ となり、1%水準で有意な差がみられた。

考察 グミキャンディとマシュマロでは、一般的に「かたい」とされているグミキャンディの咀嚼回数が多くなった。一口量に対する咀嚼量は咀嚼回数に応じて上昇すると考えられるが、咀嚼1回ごとの咀嚼量に関しても、グミキャンディの方が高い値となった。この結果から、「かたい」食物を咀嚼することで、咀嚼回数が増えるだけでなく、咀嚼

表 1 咀嚼バランスによる咀嚼回数・咀嚼量への影響

Table 1 Effect of chewing count and amount by chewing balance

被験者	教示	咀嚼回数			咀嚼量					
		全体	左	右	左	右	合計	左/回	右/回	合計/回
被験者 A	左噛み	48.6	48.6	48.2	12.7	7.96	20.7	0.26	0.17	0.43
	右噛み	50.8	50.6	50.8	6.26	13.6	19.9	0.12	0.27	0.39
	両噛み	49.2	49.2	49.2	12.3	14.3	26.6	0.25	0.29	0.54
被験者 B	左噛み	30.4	30.4	28.8	5.80	1.67	7.47	0.19	0.06	0.25
	右噛み	33.0	30.2	33.0	2.37	5.60	7.97	0.08	0.17	0.24
	両噛み	31.8	30.4	31.8	4.06	4.63	8.70	0.13	0.15	0.27
被験者 C	左噛み	46.0	46.0	41.0	8.68	4.87	13.5	0.19	0.12	0.29
	右噛み	64.8	64.8	62.0	7.24	10.3	17.6	0.11	0.17	0.27
	両噛み	51.8	51.6	49.2	8.81	8.42	17.2	0.17	0.17	0.33

に用いられる筋力自体も大きくなると考えられる。

3.3 左右のバランスを変動させて咀嚼する実験

正しい咀嚼方法に加えて、偏咀嚼を再現するような咀嚼方法を行った場合での咀嚼回数と咀嚼量の違いを探るために実験を行った。

設定 被験者は 23 歳から 26 歳 (平均年齢 24.3 歳) の健康有歯顎者である男性 3 名とした。被験者にはグミキャンディを食べ、その際、左中心 (左噛み)、右中心 (右噛み)、左右バランスの良い咀嚼 (両噛み) を行ってもらい、筋電図を記録する。これを 5 セット行う。

結果 実験結果を表 1 に示す。システムより筋電図を解析し、左右それぞれの咀嚼回数、全体としての咀嚼回数、左右それぞれの咀嚼量、左右合計の咀嚼量、咀嚼 1 回ごとの咀嚼量を求めた。

考察 全被験者を通して、教示した噛み方によらず、左右の咀嚼回数がほぼ等しい回数で検出された。映像を確認したところ、被験者が教示を無視した咀嚼をしていたわけではないことが確認された。この結果から、ある程度の硬さがある食物を咀嚼すると、片側のみで咀嚼をしたとしても、逆側の咬筋も付随して活動し、筋力を発揮すると考えられる。また、咀嚼量に関して、被験者 A、B の 2 名は左噛みおよび右噛みの合計咀嚼量よりも、両噛みの合計咀嚼量の方が高い値となった。被験者 C は、右噛みの合計咀嚼量が最も高いという結果になったが、咀嚼 1 回ごとの咀嚼量を見ても、両噛みが最も高い値となっていた。このことから、偏咀嚼をした際には、片側の咬筋の負担が増加するのではなく、逆側の咬筋の活動量が小さく現れると考えられる。つまり、バランス良く咀嚼を行うことで、咀嚼 1 回ごとの左右合計の咀嚼量を増加させることができると考えられる。

3.4 基礎実験まとめ

提案手法における咀嚼検出アルゴリズムの精度評価実験を行った結果、従来の手法と比べて優れていることを示すことができた。また、咀嚼に関する知見として、咀嚼回数を

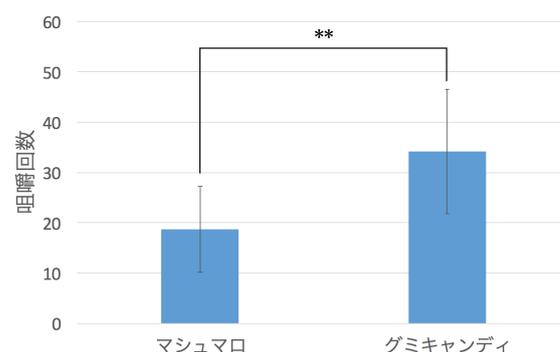


図 3 マシュマロとグミキャンディにおける咀嚼回数

Fig. 3 Chewing count eating marshmallow and gummy candy

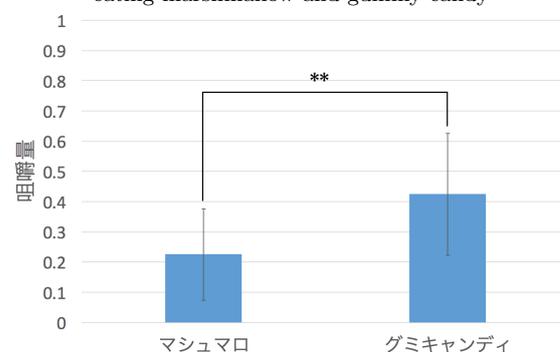


図 4 マシュマロとグミキャンディにおける咀嚼量

Fig. 4 Chewing amount eating marshmallow and gummy candy

多くする、かたい食物を咀嚼する、左右バランス良く咀嚼することで咀嚼量が増加することがわかった。提案アプリケーションでは、咀嚼量に注目して咀嚼の改善を試みる。

4. Cami-log を用いた咀嚼改善

4.1 提案アプリケーションの概要

Cami-log では、「詳しい記録」と「咀嚼の推移」の 2 画面において、以下のような Cami を提示して咀嚼改善を促す。「詳しい記録」画面では、図 5 に示すように、左右の咀嚼判定回数、咀嚼量を値として表示する。また、左右の筋電図はグラフ化され、スライダウィジェットと連動して直感

的な操作で確認が行えるようになっていいる。さらに、1日のデータをまとめて、目標達成のためにすべきことをテキストで提示する。「咀嚼の推移」画面では、図6に示すように、最新の3件分の咀嚼回数、咀嚼量、食事時間を表示し、その推移が確認できるようになっている。ここで、「咀嚼の推移」画面での咀嚼回数は、食事1回分の咀嚼回数を口に含まれた回数で割った平均回数としている。口に含まれた回数は、咀嚼検出時間の間隔が3.0s以上の箇所では分割した個数から算出している。また、これらのデータから、目標達成のためにすべきことをテキストで提示する。

4.2 アプリケーションを用いた咀嚼改善の検証

実際に Cami-log をユーザに利用してもらい、咀嚼改善が可能であるかどうかを検証するために、3日間にわたる実験を行った。被験者は23歳と24歳の健常有歯顎者である男性2名とした。3節の実験の結果を踏まえて、咀嚼量を増加させることを被験者の目標として設定した。具体的な手順は以下の通りである。

(1) 1日目は、被験者に食事を用意してもらい、椅子に座つ

た状態で咬筋に筋電センサを装着し、特に教示を与えず食事を行ってもらい、筋電図を記録する。

(2) 食事が終わった後、咀嚼量を向上させるという目標を伝え、Cami-logの機能および使い方を説明する。その後、実際にCami-logを利用してもらう。

(3) 2日目以降は、必要であればCami-logによる確認を行ってもらった後、各自で用意してもらった食事を行ってもらい、筋電図を記録する。食事が終わった後はCami-logを利用してもらう。

(4) 3日目も(3)の手順を行ってもらい、最後にインタビューによりCami-logと実験に関する印象を尋ねる。

実験では、咀嚼量の推移を記録し、評価を行う。また、同時に咀嚼回数、偏咀嚼率(=左右咀嚼回数の差を全体としての咀嚼回数で割った値)および食事時間の推移についても考察を行っていく。

4.3 結果と考察

実験を行った結果を図7から図10に示す。咀嚼回数は、被験者2名において3日間とも増加しており、Camiアドバイスによって被験者に咀嚼回数を意識させることができたと考えられる。偏咀嚼率を見ると、実験1日目と3日目を比較すると、被験者2名とも左右のバランスが改善していることがわかる。特に、1日目と3日目においては両被験者それぞれ同様の食事内容であったため、Cami-logを用いた3日目の偏咀嚼率が低いことから、Cami-logによる咀嚼改善が見られたと考えられる。食事時間は、Cami-logを用いなかった1日目と比べて、2,3日目の食事時間が長くなっており、ゆっくり食事をすることも誘導できた。咀嚼量の推移を見てみると、Cami-logを利用し始めてからの咀嚼量が増加していることがわかる。最後に、インタビューの結果、被験者がCami-logからアドバイスをもらうことに抵抗は感じられず、システムが提示したアドバイスと被験者自身の体験とで体感的な差異もなかったという意見が得られた。そのため、Cami-logを咀嚼改善に用いることがある程度妥当であると考えられる。以上より、筋電情報をアプリケーションにて提示する手法は効果的であると思われる。

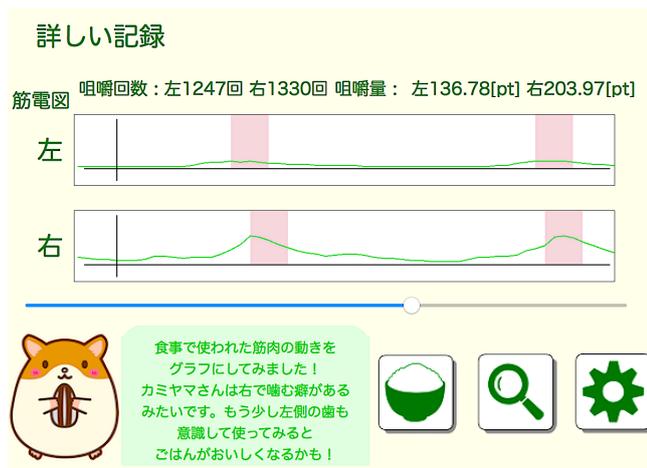


図5 「詳しい記録」画面での Cami アドバイス
Fig. 5 Cami advice in "Detailed record" page

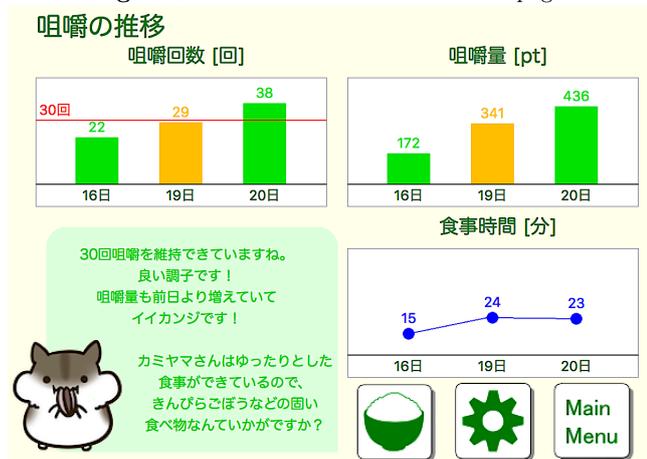


図6 「咀嚼の推移」画面での Cami アドバイス
Fig. 6 Cami advice in "Transition of chewing" page

5. おわりに

本研究では、様々な状況下での咀嚼時における咀嚼筋筋電位の計測・解析を行い、定量的な評価を行った。その結果、一般的に正しい咀嚼と言われている咀嚼が行われているかどうかを、咀嚼量で評価できる可能性が示唆された。また、咀嚼改善を促すアプリケーション Cami-log を開発し、ユーザスタディを行った。Cami-log を用いることで、ユーザに噛み癖を把握させることができ、咀嚼改善を意識させることができた。

今後は、被験者数および実験期間を増やし、システムの妥当性をさらに高めていくつもりである。また、筋電センサ

をウェアラブル化することで、ユーザがより気軽に利用できるシステムへと改善することができると考えられる。

参考文献

- [1] 厚生労働省：平成 27 年国民健康・栄養調査結果の概要 (online), 入手先 (<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkou-zoushinka/kekkagaiyou.pdf>) (2016.12.22).
- [2] “良く噛むこと”の重要性 (online), 入手先 (<http://www.saishika.jp/carries06.htm>) (2016.12.22).
- [3] 小林義典：咬合・咀嚼が創る健康長寿, 日本補綴歯科学会誌, Vol.3, No.3, pp.189-219 (2011).
- [4] 厚生労働省：歯科保健と食育の在り方に関する検討会報告書「歯・口の健康と食育 噛ミング 30(カミングサンマル)を目指して」(online), 入手先 (<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/07/dl/s0713-10a.pdf>) (2016.12.22).
- [5] Koji Yatani, Khai N. Trouong : BodyScope: A Wearable Acoustic Sensor for Activity Recognition, Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing pp.341-350 (2012).
- [6] Kenzaburo Miyazaki, Satoshi Nishiguchi, Mutsuo sang : Extraction of Mastication in Diet Based on Facial Deformation Pattern Descriptor, IEEE International Symposium (2010).
- [7] 小坂崇之：咀嚼タン:咀嚼をトリガーに設定したシリアスゲームの開発. EC2015 (2015).
- [8] 小泉直也, 田中秀和, 上間裕二, 稲見昌彦 : Chewing JOCKEY -咀嚼音提示を利用した食感拡張装置の検討-, TVRSJ Vol.18 No.2 pp.141-150 (2013).
- [9] 株式会社林原生物化学研究所, 梶並淑子, 松尾宏明, 扇本直人, 咀嚼回数計数装置, 特開 2002 - 253520, 2002. 9. 10.
- [10] meal : 毎日の食事を写真で記録できるご飯のカレンダーアプリ, 入手先 (<https://itunes.apple.com/jp/app/meal-meirino-shi-shiwo-xie/id983441470?mt=8>) (2016.12.22).
- [11] 竹内俊貴, 藤井達也, 小川恭平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝：他者評価を利用した食習慣改善ソーシャルメディア. 人工知能学会 (2015).
- [12] 咀嚼障害評価法のガイドライン-主として咀嚼能力検査法-, 入手先 (http://www.hotetsu.com/s/doc/GAIDE-04_21651.pdf) (2016.12.22).
- [13] 古賀貴子, 古賀菱子, 名方俊介, 太田英明：食物咀嚼における咀嚼筋活動量の幼児と女子大学生の比較, 日本食品工学会誌 Vol. 50, No. 3, 115-121 (2003). 入手先 (http://www.kamplate.com/kamplate_shop.html) (2016.12.22).
- [14] LOTTE : RHYTHMI-KAMU, 入手先 (<http://kamukoto.jp/rhythmi-kamu/>) (2016.12.22).
- [15] 御手洗彰, 棟方渚, 吉田彩乃, 櫻沢繁, 小野哲雄：前腕の表面筋電を用いたジェスチャ認識の実験的検討, HCI (2016).
- [16] 阿部賢一, 坂口究, 前田望, 島恵子, 横山敦郎：姿勢の変化に伴う咬合接触の時系列解析, 日本顎口腔機能学会誌 Vol.19 No.2 p.164-165 (2014).
- [17] 小見野真梨恵, 志賀博, 中島邦久, 田中彰, 横山正起：食品の硬さの違いによる咀嚼運動の変化, 日本顎口腔機能学会雑誌 Vol.21 No.2 p.134-135 (2015).
- [18] 大橋正房, 武藤彩加, 山本真人, 爲国正子, 波田亜紀子, 渋澤文明, 小川裕子：「おいしい」感覚と言葉 食感の世代, BMFT 出版部 (2010).

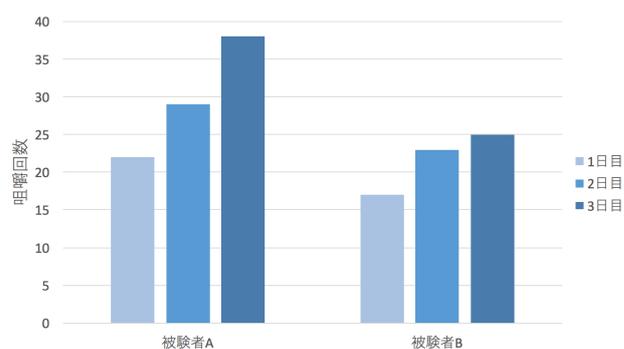


図 7 アプリケーション実験期間の咀嚼回数の推移
Fig. 7 Transition of chewing count during the application experiment period

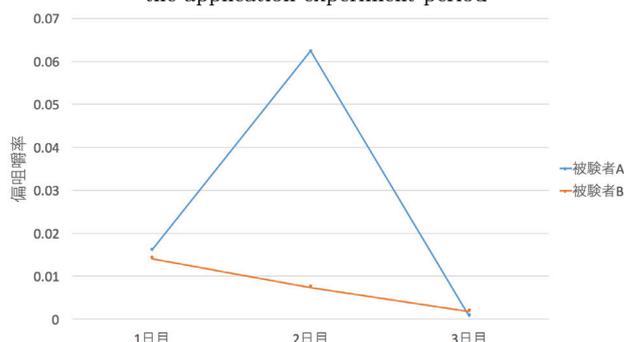


図 8 アプリケーション実験期間の偏咀嚼率の推移
Fig. 8 Transition of partial mastication rate during the application experiment period

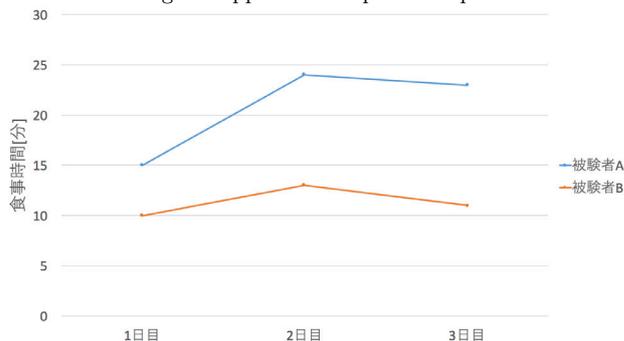


図 9 アプリケーション実験期間の食事時間の推移
Fig. 9 Transition of meal time during the application experiment period

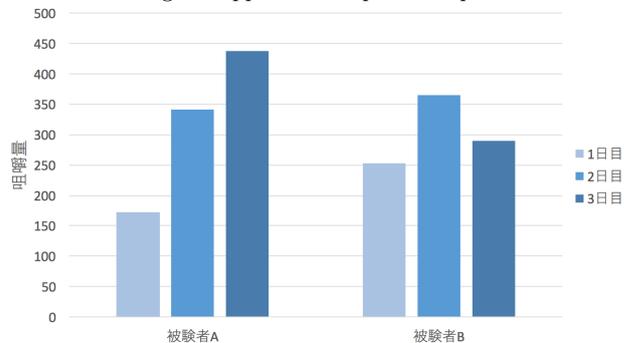


図 10 アプリケーション実験期間の咀嚼量の推移
Fig. 10 Transition of chewing amount during the application experiment period