

## 咀嚼音にもとづく摂食状態のモニタリング

## Monitoring of dining based on mastication sound

北みさと \*<sup>1</sup>

Misato KITA

川嶋稔夫 \*<sup>2</sup>

Toshio KAWASHIMA

光藤雄一 \*<sup>3</sup>

Yuichi MITSUDO

\*<sup>1</sup>公立ほこだて未来大学大学院

Graduate School of Future University Hakodate

\*<sup>2</sup>公立ほこだて未来大学

Future University Hakodate

\*<sup>3</sup>九州先端科学技術研究所

Institute of Systems, Information Technologies and nanotechnologies

Many methods are proposed to record eating for healthy nutrition. In this study, we analyze the mastication pattern during meals. We focus on the number of mastication times because sufficient mastication is one of the most important element for healthy nutrition. We evaluate the change of mastication rate during a meal from video records. In addition, we propose a method to monitor mastication pattern based on mastication sound using a small microphone attached to an ear canal to detect masticating and swallowing events.

## 1. はじめに

人は生きていくために様々な栄養素が必要であり、その栄養を摂取するために、食事は日常生活の中で欠かすことのできない行為である。さらに、食事の記録は健康管理やダイエットなど健康に関わる様々な目的でとられている。

例として、カメラや重量計を用いて食前・食後の画像を比較、計量し、摂取したカロリーおよび各栄養素を算出するシステム [1] や食事時の行動を記録するシステムを開発し、摂食パターンの分析を行った研究 [2][3] などがあげられる。ここで、川嶋らは、同一人物の摂食パターンには再現性があり、被験者間には個人差があることを明らかにした [2]。さらに小野らにより、個人の摂食パターンはきわめて安定していることが定量的に示されている [3]。また、健康の為には食事中に十分な咀嚼を確保することが重要な要素の一つといわれていることから、食事の様子を記録した研究の中で「咀嚼」に着目したものもある。咀嚼行動を観察する際、日常の自然な環境での行動観察ができることから、ビデオ観察法を用いたものがいくつか報告されている [4][5]。穴井らは、ビデオ観察法を用いて咀嚼行動を観察する際の、観察者間および観察者内誤差を検討している。この結果、観察者間および観察者内の誤差は小さいことが明らかになっている。つまり、ビデオ観察法により行動観察する際は、1人の観察者が1回測定することで咀嚼時間と咀嚼回数についての代表値が示される可能性が高いということである [5]。

これらの研究はすべて、1食あたりの摂食行動について記録したものである。摂食と咀嚼は密接な関係にあるが、ビデオ観察法を用いたものでは、咀嚼を細かく分析することは難しく、一口あたりの咀嚼の分析はほとんど行われていない。そこで本研究では、ビデオ観察法を用いた摂食中の咀嚼行動の観察を行うとともに、咀嚼中の音声を録音することで、一口単位での咀嚼パターンの分析を試みた。

本報告では、ビデオ観察法を用いた事前調査の概要について説明するとともに、咀嚼音を用いた咀嚼パターンの分析法、および分析結果について述べる。

連絡先: 北みさと, 公立ほこだて未来大学大学院, 北海道函館市亀田中野町 116 番地 2, TEL: 0138-34-6448, g2114011@fun.ac.jp

## 2. ビデオ観察法

## 2.1 ビデオ観察法を用いた調査方法

食事の様子をビデオカメラで撮影し観察する、「ビデオ観察法」を用いて、事前調査をおこなった。この調査では、日常の自然な環境での食事の様子を観察し、食事時間、咀嚼回数をカウントした。健康のためには、1食あたり 20 分以上の時間をかけ、1口あたり 30 回以上咀嚼する食事方法が理想的と言われている。そこで、20 代男女 6 名の食事方法を、理想的と言われる食事方法と比較し検証をおこなった。ここで、食事のメニューは 6 種類用意し、前半 3 名 (A,B,C) は、それぞれ違うメニュー、後半 3 名 (D,E,F) は同じメニュー、同じ量とした。表 1 に 6 名の食事時の状況とメニューをまとめた。

被験者	食事の状況	メニュー
A	二人で会話	ささみカツカレー, サラダ
A	二人で会話	ハンバーグ, 味噌汁, サラダ, ご飯
B	二人で会話	スープカレー, ライス
C	一人	肉じゃが, ご飯
C	一人	野菜炒め, 鶏肉の煮物, スープ, ご飯
D	二人で会話	チャーハン, シュウマイ
E	一人	チャーハン, シュウマイ
F	一人	チャーハン, シュウマイ

表 1: 被験者ごとの食事状況とメニュー

前半では、日常の食事の様子を撮影し、咀嚼回数と咀嚼時間を目視でカウントした。ここでの咀嚼時間は、食べ物を口に入れてから嚥下するまでとした。後半では、ビデオカメラと重量計を用いて、一口の重量と咀嚼回数の関係を調べた。この時、同じものを食べた際の個人間の差をみるため、3 名全員のメニューをチャーハンとシュウマイに限定し、重量もそろえた。

## 2.2 結果

被験者 6 名の食事の様子をビデオ観察法を用いて観察し、食事時間、摂食回数、咀嚼回数、咀嚼時間などを記録した。このうち、食事時間、摂食回数、咀嚼回数が 30 回以上となった摂食の回数を表 2 に示す。

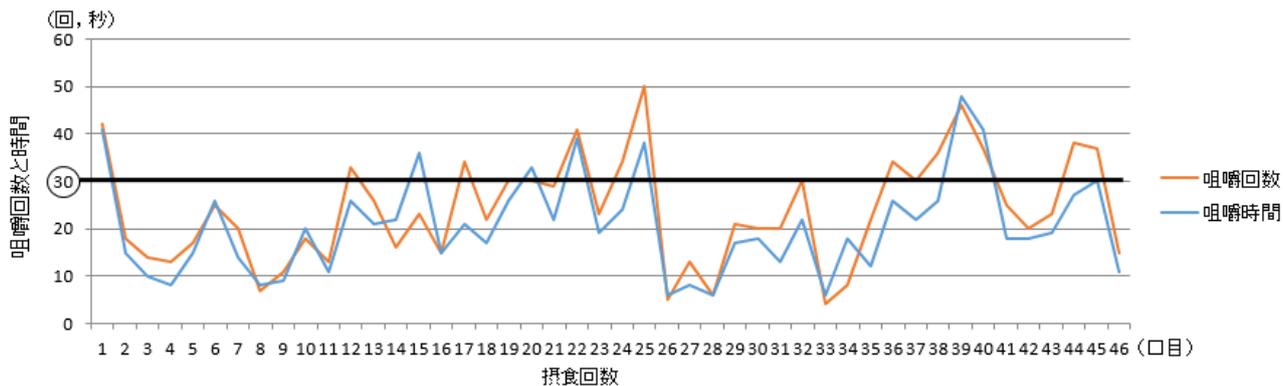


図 1: 被験者 A の咀嚼回数と咀嚼時間の関係

被験者	食事時間	摂食回数	咀嚼回数 30 回以上の摂食
A	18 分 54 秒	46 回	16 回 (35%)
A	20 分 53 秒	56 回	16 回 (27%)
B	23 分 59 秒	82 回	3 回 (4%)
C	9 分 56 秒	34 回	4 回 (12%)
C	23 分 07 秒	62 回	21 回 (34%)
D	8 分 38 秒	19 回	5 回 (26%)
E	8 分 16 秒	21 回	11 回 (52%)
F	4 分 50 秒	16 回	2 回 (13%)

表 2: 被験者 6 名を観察した結果

図 1 に被験者 A の 1 食の食事の咀嚼回数と咀嚼時間をまとめた。図 2 に被験者 E の 1 食の食事の咀嚼回数, 咀嚼時間, 一口ごとの重量をまとめた。それぞれの時間ごとの変化が分かる。図 3 にメニューを揃えた後半 3 名 (D,E,F) が摂食した際の咀嚼回数をまとめた。縦軸は 1 口毎の咀嚼回数, 横軸は何口目の摂食であるかを表している。さらに, 被験者ごとに咀嚼回数についての回帰直線を引いた。図 4 に後半 3 名の被験者の累積の咀嚼回数をまとめた。縦軸は累積咀嚼回数, 横軸は何口目の摂食であるかを表している。図 5 に後半 3 名が摂食した際の咀嚼回数と一口の重量の関係をまとめた。縦軸は咀嚼回数, 横軸は重量を表し, 被験者ごとに咀嚼回数と重量との関係について回帰直線を引いた。

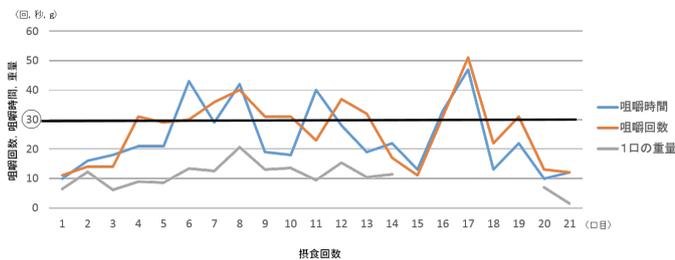


図 2: 被験者 E の咀嚼回数, 咀嚼時間, 重量の関係

### 2.3 考察

前半・後半の調査を通して, 全 336 回の摂食中, 咀嚼回数が 30 回以上だったものは 78 回であり, 20 代男女では, 健康の為に理想的と言われる, 一口あたりの咀嚼回数が 30 回を超

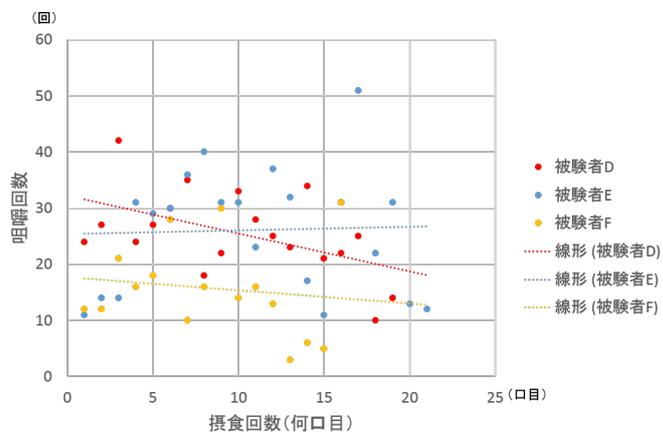


図 3: 1 食摂食した際の一口ごとの咀嚼回数

える割合はおおよそ 23% だった。図 1, 2 から咀嚼回数と咀嚼時間は, 比較的比例関係にあることが分かる。表 2, 図 3, 4 から, 同じ量の食事においては一口当たり咀嚼回数が 30 回を超える割合ではなく, 一連の食事においての累積咀嚼回数で評価する方が良く考えられる。また, 咀嚼が不足しているとみられる被験者 F の場合, 個々の咀嚼回数が不足していることが分かった。被験者 D と被験者 F は食事の後半で咀嚼回数が減少する傾向が見られた。6 名の被験者の中でもっとも咀嚼回数が 30 回を超える割合が高く, 同じメニューを食べた後半の被験者 3 名の累積咀嚼回数を見ても, もっとも咀嚼回数の多かった被験者 E は, 食事の後半になっても咀嚼回数が減少していない点, 咀嚼回数と一口の重量の関係がおおよその比例関係にあるという他 2 名とは異なる特徴が得られた。以上より, 咀嚼回数と一口の重量, 咀嚼回数の時間的な変化には個人ごとの特徴がみられた。

これらの結果から, 食事の総量と咀嚼の時間的な変化の特徴を記録することで, ビデオ映像がない場合でも, 咀嚼のタイミングを見つけることが可能となれば, 一口の量と咀嚼回数の関係を類推できると考えられる。

## 3. ビデオ観察法と咀嚼音

### 3.1 IC レコーダーを用いて咀嚼音の取得

2 章ではビデオカメラの動画から, 目視での咀嚼回数のカウントをおこなっていたが, これまでより正確に咀嚼回数を

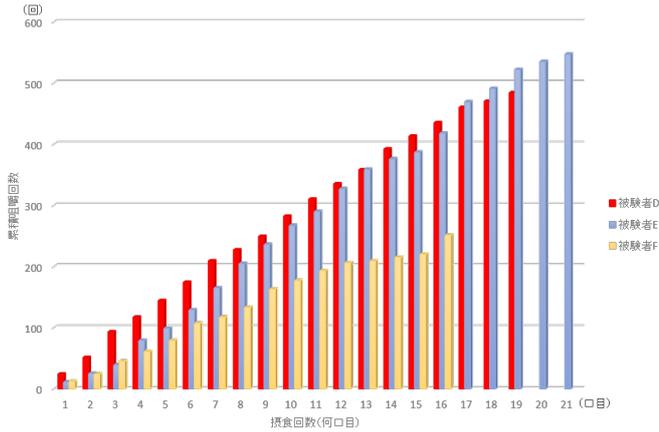


図 4: 後半 3 名の累積咀嚼回数

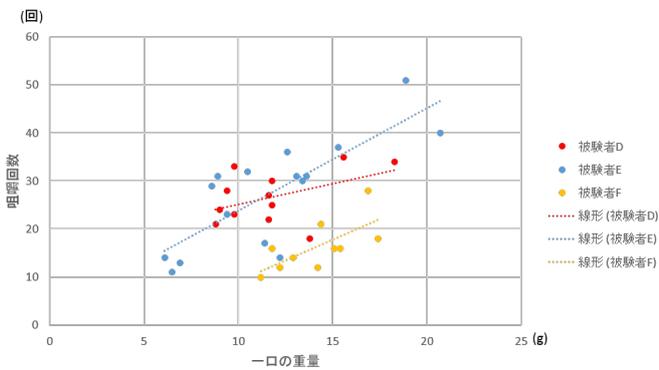


図 5: 咀嚼回数と一口の重量の関係

カウントするとともに、1口単位で咀嚼パターンを分析するため、咀嚼音を録音した。咀嚼音はICレコーダーとテレホンピックアップマイクロホン(図6)を使用し、マイクは図7に示すA(耳)またはB(喉)の位置に取り付けた。



図 6: 使用した IC レコーダーとマイク

マイクを A の位置に取り付ける際は、咀嚼音がはっきりと聞こえるが嚙下のタイミングが分からない、B の位置に取り付ける際は、雑音が混ざりやすいが嚙下のタイミングが分かるという、それぞれのメリット、デメリットがある。B の位置にマイクを取り付ける際はテープを用いて張り付けた。

この実験装置を用いて、30代~50代男性4名(G,H,I,J,K)を対象として以下の手順で実験をおこなった。

1. マイクを B の位置に取り付ける
2. 重量計にチャーハン B をのせる
3. 重量計を 0 にセットする
4. IC レコーダーで録音を開始する

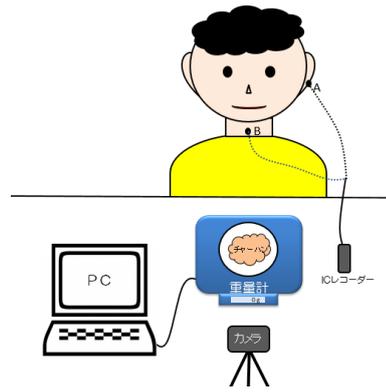


図 7: 実験装置の配置図

5. スプーンを持ちいてチャーハンを 4 口摂食する
6. 4 口食べ終わると終了

この際、チャーハン は 1 口目を飲み込んでから 2 口目を口に入れるよう指示した。

さらに、20 代女性 1 名 (L) を対象として、マイクの位置を A に変更し、同じ手順で実験をおこなった。

### 3.2 結果

実験後は、2 章での分析法に追加して、咀嚼音のデータを組み合わせることで、咀嚼回数をさらに正確に計測することを試みた。そして、ビデオ観察法を用いた際の咀嚼回数のカウントの正確性を検証するため、「ビデオ観察法のみ」で咀嚼回数のカウントした場合と、「ビデオ観察法と咀嚼音を組み合わせた」方法で咀嚼回数をカウントした場合の差異を求めた。表 3 にチャーハンを 4 口摂食した際の、咀嚼回数が 30 回以上だった摂食回数、咀嚼時間の平均、1 口の量の平均、「ビデオ観察法のみ」の場合と「ビデオ観察法と咀嚼音の組み合わせ」で咀嚼回数をカウントした場合に出た差異の回数をまとめた。

被験者	咀嚼回数が 30 回以上の摂食回数	咀嚼時間 (平均)	一口の量 (平均)	全咀嚼回数	差異の回数
G	4回 (100%)	29秒	11.9g	152回	1回
H	1回 (25%)	18秒	10.0g	103回	2回
I	4回 (100%)	28秒	11.0g	139回	10回
J	3回 (75%)	21秒	9.8g	119回	3回
K	0回 (0%)	17秒	12.0g	98回	2回

表 3: チャーハンを 4 口摂食した結果

さらに、音声データをグラフ化し、1口単位での咀嚼の間隔を記録した。図 8 にマイクを耳につけた際の咀嚼音をグラフで表したものの一部を示す。丸で示している部分は 1 回の咀嚼で現れる波形である。図 9 にマイクを喉につけた際の咀嚼音をグラフで表したものの一部を示す。このグラフからは、咀嚼のタイミングを記録することはできなかった。図 10, 11 に被験者 H と被験者 L の 1 口ごとの咀嚼間隔を示す。横軸は時間の経過を表しており、食べ物を口に入れてから飲み込むまでの時間である。縦軸は咀嚼の間隔を表しており、次の咀嚼にうつるまでの時間のことである。

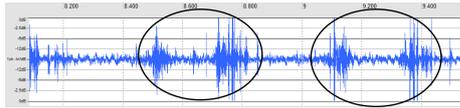


図 8: マイクを耳につけた際の咀嚼音のグラフ

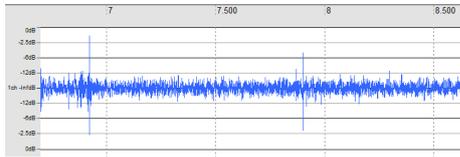


図 9: マイクを喉につけた際の咀嚼音のグラフ

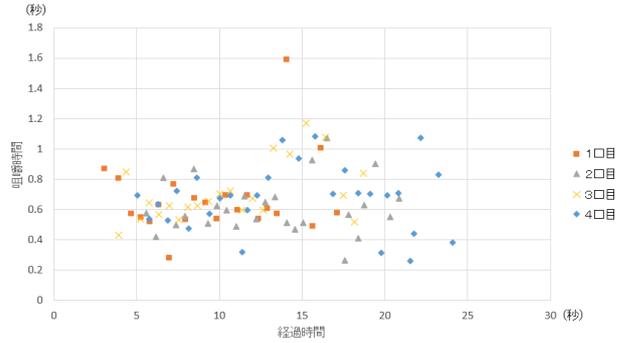


図 10: 被験者 H の咀嚼間隔

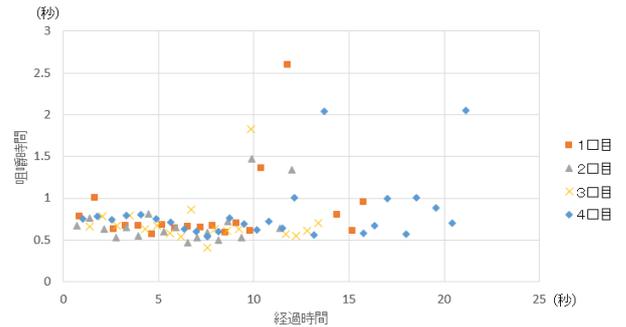


図 11: 被験者 L の咀嚼間隔

### 3.3 考察

表 3 から分かるように、「ビデオ観察法のみ」を用いて、咀嚼回数をカウントした場合、「ビデオ観察法と咀嚼音の音声を組み合わせて」利用し、咀嚼回数をカウントした場合には、18 回のカウントの差が出た。これは、3 % 程度の差である。動画のみの場合では口を動かしていたため、咀嚼とカウントしたが、咀嚼音と動画を組み合わせることで、嚥下後の口の動きと咀嚼を区別することが可能となった。よって、ビデオ観察法と咀嚼音を組み合わせた実験装置は、咀嚼と嚥下のタイミングが確認でき、正確に咀嚼回数をカウントするのに、ビデオ観察法のみを用いた場合よりも有効であるといえる。

また、図 8 では音声を聞きながら咀嚼の間隔をグラフで確認することができた。成功した理由としては、マイクを耳に装着したことで

- 服などの摩擦がなく、雑音が入りづらい
- こめかみが近く咀嚼音がはっきり録音できた

ことが考えられる。一方図 9 のように、マイクを喉につけた場合は特徴が少ないものが多く、咀嚼の間隔をグラフで確認することができないものが多かった。失敗した原因としては、

- 服がマイクに当たり雑音が入りやすい
- 喉は口から離れているので咀嚼音うまく拾えない

ことが考えられる。しかし、被験者によっては、喉にマイクを取り付けた場合でも咀嚼の力が強く、咀嚼音が大きいため図 8 のような特徴が表れることもあった。このことから、咀嚼音が雑音なく取れた場合は、動画がなくても十分な精度があげられると考えられる。そこで、マイクは喉ではなく耳に装着する方が雑音が少なく安定した検出が可能であると言える。

図 10,11 では被験者一人ずつの咀嚼パターンが分かる。被験者 H に注目すると、1 回ごとの咀嚼時間にばらつきがある。早い時は 0.25 秒ほどで次に噛み始めるが、遅いときでは 1.6 秒経ってから次に噛み始めていた。また、被験者 L は 4 回の摂食すべてで咀嚼が 14 回目を超えるころ突然咀嚼間隔が遅くなっていた。このことから、咀嚼時間は前半は非常に安定に推移するが、後半になるとばらつきが大きくなっているように見受けられる。咀嚼の間隔をさらに詳しく調べることで、個人の食べ方の特徴が顕著に表れると考えられる。

### 4. まとめ

本研究では、健康と密接な関係にある食事について、摂食行動と咀嚼に着目し、調査・分析をおこなった。実験では、ビデオカメラ、重量計、マイクを使用することで、咀嚼回数、重

量、1 口あたりの咀嚼の間隔の関係を明らかにした。さらにビデオ観察法と咀嚼音を用いて咀嚼の間隔を記録したところ、個人には咀嚼パターンに特徴があることを発見した。これまでよりも細かな咀嚼記録の分析を行うことで、摂食機能を分析することも可能になると考えられる。

今後は、被験者を増やし咀嚼間隔における個人の特徴をより詳しく発見するとともに、咀嚼回数のカウントを自動で行える装置の開発を行う。さらに、理想的と言われる、「1 口当たり 30 回の咀嚼」が実現できるときの特徴を発見することで、理想的な咀嚼を促すツールの開発を試みたいと考えている。

### 参考文献

- [1] 竹田史章, 熊田花奈子, 高良元子, “院内用食事摂取計測システムの開発”, 高知工科大学紀要, Vol1, No.1 pp57-64, 2004.
- [2] 川嶋稔夫, 谷杉奏苗, 光藤雄一, “センシングトレイと ID ウェアを用いた摂食モニタリングシステム”, 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, Vol.106, No.285, pp61-66, 2006.
- [3] 小野康弘, 川嶋稔夫, ビトヨハルトノ, “摂食シーケンスパターンの解析”, 電子情報通信学会, pp241-246, 2008.
- [4] 松山順子, 八木和子, 三富知恵, 田邊義浩, 田口洋, “幼児の咀嚼回数に関する研究”, 小児歯科学雑誌, 41, pp532-538, 2003.
- [5] 穴井美恵, 高橋徹, 森田一三, 丸山智美, “ビデオ観察法を用いて咀嚼行動を観察する際の観察者間および観察者内誤差の検討”, 日本食生活学会誌, 23 (3), pp174 - 177, 2012.