

咀嚼中の第一大臼歯の咀嚼速度と食品物性の関係

竹下 登紀子, 中 沢 文 子*

(静岡県立大学食品栄養科学部, *元共立女子大学家政学部)

原稿受付平成 18 年 8 月 28 日; 原稿受理平成 19 年 2 月 3 日

Mastication Velocity of the First Molar in Relation to the Mechanical Properties of Food

Tokiko TAKESHITA and Fumiko NAKAZAWA*

School of Food and Nutritional Science, University of Shizuoka, Shizuoka 422-8526

**Faculty of Home Economics, Kyoritsu Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8437*

The velocity of the first molar was measured while eating various foods in a natural way and investigated in relation to the mechanical properties of the foods eaten. A masseter myograph simultaneously made a measurement for identification of the first bite. A small disk type magnet was placed on the cheek side of the gum of the first molar. The magnetic field vector was measured by a three dimensional Hall probe and converted to the movement of the first molar on mastication. The maximum mastication velocity of the molar at the first bite was found to be 37-74 mm/s depending on the food. The velocity decreases as the Young's modulus of the tested food increases. Changes in the velocity of the molar from the beginning of mastication to swallowing were assessed for 22 kinds of food. Then the foods were divided into three groups. (A) Mastication velocity changes little while chewing, then decreases for bolus preparation. (B) Chewing velocity increases gradually at the initial stage of chewing. (C) Initial fast mastication velocity decreases steadily but evenly.

(Received August 28, 2006; Accepted in revised form February 3, 2007)

Keywords: mastication velocity 咀嚼速度, texture テクスチャ, Young's modulus ヤング率, molar movement 第一大臼歯の動き, mechanical measurement 機器測定.

1. 緒 論

食物を食べるときにヒトは食品の硬さや噛みごたえ, 味など様々な情報を感じる. このとき, ヒトは下顎を上下方向だけでなく前後, 左右にも動かし食物を噛み切り, 砕き, すりつぶし, 唾液と混合して食塊にまとめ嚥下しやすい状態にしている.

食品の物性は, 機器測定によりヤング率や破断点を得ることができるが, 機器の圧縮速度や圧縮に使用するプランジャーの形を変化させた場合にもみかけのヤング率や破断点の測定値に差が出ることが知られている^{1)~3)}. また, 圧縮プランジャーはヒトの歯の表面に比べて単純な形状をしている. 測定機器の多くは等速圧縮運動で, 中にはテクスチュロメータのように上下に円弧状の正弦運動をできる機器もあるが, 前後, 左右の動きに対応するずりの運動はなく, これらはヒトの咀嚼運動を再現できるとはいえない. 一方, 咀嚼運

動の精度の良い測定は, 歯学関係で治療の必要から行われる咀嚼実験で得られているが, 測定位置は切歯であり, 被験者の頭部を強く固定したり, 被験者の目前に重量のあるアンテナやその固定機器を取り付けるため自然な状態の咀嚼とはいえない^{4)~10)}.

本報告では, 咀嚼において粉碎に主役を果たす第一大臼歯の動きを, 被験者の身体的な拘束が少なく, 自然な咀嚼に近い状態で測定し¹¹⁾, その上下方向の位置変化データから食物を噛むときの咀嚼閉口速度を求めた. 測定中には咬筋筋電位を同時測定し, 咀嚼 1 回目の閉口の動きを特定した. また, 食品の力学的物性測定を行い, 各種の食品の食品物性と咀嚼速度との関連を検討した.

2. 実験方法

(1) 被験者

被験者は健常女性2名(18歳・20歳)とした。自然な咀嚼に近い大白歯の動きをみるために、被験者を背もたれと頭の位置に凹みのある枕がついた椅子に座らせ、頭の位置を固定することは避けた。また、枕の位置は被験者に楽な高さに上下できるように作製した。被験者に通常食するとき左右のどちらの歯をよく使うかをたずね、効き歯側の歯の動きを測定することを説明した。実験にあたり、被験者にはその趣旨と内容について説明し、参加の同意を得た。

(2) 装置¹⁾の概説

測定は被験者の第一大臼歯の頬側に小型円盤型強力

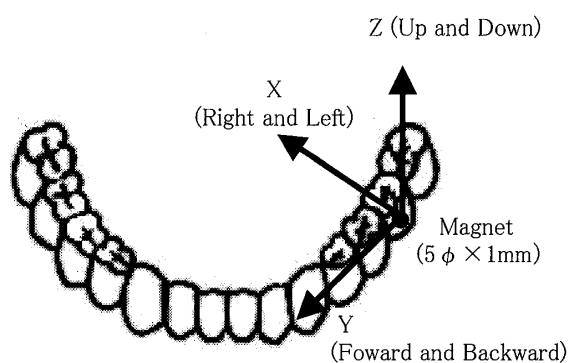


Fig. 1. Position of the magnet and right handed rectangular coordinate used in this report

A small disk type magnet was placed on the cheek side of the habitually used first molar. The three arrows show plus the direction of each component. Axes X and Y were perpendicular and parallel, respectively, to the row of lower teeth. The X axis coincided with the axis of the disk magnet. The Z axis was perpendicular to the row of the lower teeth and directed upward.

磁石(TDK社製 $5\phi \times 1\text{mm}$)を生体用接着剤バリケアを用いて貼った(Fig. 1)。顔の外から磁場測定用三次元ホールプローブ(Lake Shore社製 XMMZ-1184。以下、プローブ)のX軸を円盤型磁石の軸方向と一致するように磁石の磁場に合わせて設置した。プローブは被験者口腔内の磁石との距離を3cm以内になるように位置と角度を調節した。プローブは上下・左右・前後方向に微調整が可能な特注の真鍮材の可動ステージに取り付け、ステージをカメラの三脚の雲台に設置し、角度や位置の微調整が可能になっている。頬とプローブの周辺には鉄材の使用は避け、磁石の磁場を乱さない材料のみを用いた。磁石から発生する磁場をFig. 2のようにプローブを用い460型3チャンネルガウスメータ(Lake Shore社製 Model 460, 以下、ガウスメータ)で測定し、測定された電圧は3650型 Voltage Limiting Amplifier (東陽エレクトロニカ社製, 以下、Amp)で増幅し、データ収集システム Wave Book/512 (IOtech社製, 以下、Wave Book)でA/D変換しパソコンに取り込み、左右(X方向)・前後(Y方向)・上下(Z方向)の位置変化に換算した。なお、1回の測定は8ms間隔、2,000~5,000ポイント(約16~40s)のデータを取った。被験者には楽に口を閉じるように指示し、これを測定開始時の基準位置とした。測定時にはAmpに付けたアナログメータで被験者自身がこの基準位置を確認することが出来るようになっている。同時に、被験者が噛んでいることを確認するために咬筋筋電位を測定した。表面電極の貼り付け位置は、被験者に噛みしめるように指示しその位置を確認した。左右の咬筋筋電位をWave Bookに接続し、A/D変換しパソコンに取り込み、筋電位発生により第一大臼歯の咀嚼開始のタイミングを特定した。

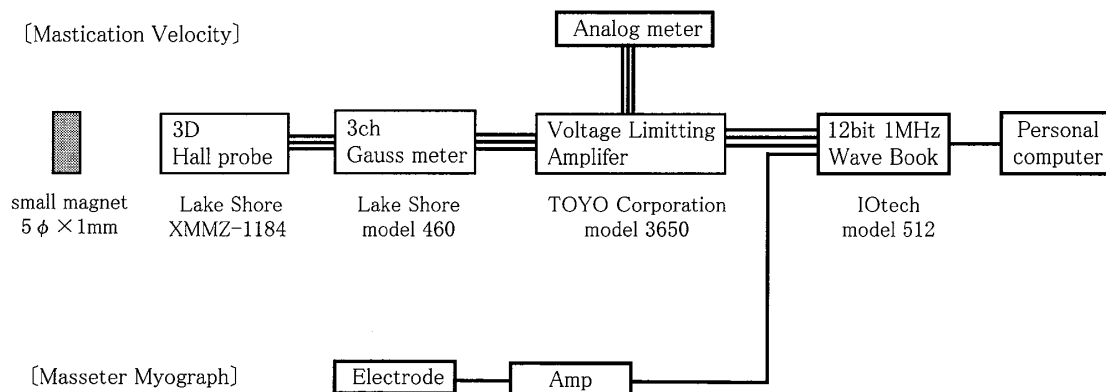


Fig. 2. System for simultaneous measurement of mastication velocity and the masseter myograph

咀嚼中の第一大臼歯の咀嚼速度と食品物性の関係

(3) 試料 (Table 1)

試料は物性に特徴がある食品の中から、季節を問わず入手できる食品を選んだ。成形できる食品 (16 種類) は $10 \times 15 \times 10$ mm に成形し、成形できない食品 (6 種類) は大きさを測定して実験に用いた。

(4) 測定

被験者は竹串にさした試料または試料そのものを手で持ち、合図の後、試料を自由に咀嚼する。各試料は日を変えて合計 10 回以上測定した。

(5) 咀嚼閉口速度

磁場ベクトルの測定値は、マイクロソフトエクセル上で換算し¹¹⁾、第一大臼歯の基準位置からの $X \cdot Y \cdot Z$ (左右・前後・上下) 位置変化データとした。咀嚼中の Z 変位 (上下方向) の咀嚼速度は、 Z 変位の計算値に乗っているノイズを統計ソフト JMP Ver. 4 を用い、スプライン平滑法¹²⁾¹³⁾により平滑化パラメータを $\lambda=1,000$ に置きスムージングした後、時間微分して求めた。

Table 1. Food Samples

(10×15×10 mm)

mochi	(glutinous rice cake baked)
potato	(boiled)
sweet potato	(boiled)
yokan	(gelatin gel of azuki beans)
octopus	(boiled)
squid	(boiled)
kamaboko	(boiled fish paste)
pork	(boiled)
ham	
meat ball	(cooked)
cucumber	
daikon	(Japanese radish)
takuan	(pickled dry Japanese radish)
carrot	(boiled)
cheese	(processed)
apple	
(mm)	
senbei	(25φ×height 6) (roasted rice cracker)
gum drop	(20φ×height 10)
cracker	(25φ×height 6)
peanuts	(10×9×19)
cookie	(30φ×height 5)
soybean	(boiled) (7×9×14)

(6) 食品物性の機器測定

力学的性質は、テンシロン万能試験機 (東洋ボールドウィン UTM-250) のクロスヘッドスピード 0.5 mm/s (30 mm/min), 80% 全面圧縮で測定した。測定値から試料の初期面積を用いて 10% 歪の荷重からみかけのヤング率 (以下、ヤング率)、降伏点もしくは破断点の応力 (以下、破断強度) を求めた。機器測定の結果は、各試料 5 回のデータを平均した。

3. 結果および考察

第一大臼歯は咀嚼時にもっとも使われる歯ということが歯学の研究で知られており¹⁴⁾、本報告では、ヒトの第一大臼歯の頰側に小型円盤形強力磁石を貼り磁場測定から食品を咀嚼するときの歯の動きに換算した。この方法は、小型円盤型磁石の軸方向が咀嚼中に変わらないという仮定のもとに第一大臼歯の位置変位を求めており、咀嚼運動における歯の動きが 15 mm 以下では 1 mm 以内の精度で正しい値を得ることが出来る測定法である¹¹⁾。今回、測定で得られた歯の上下方向の位置変化データを時間微分し、第一大臼歯の咀嚼速度を求めた。

(1) 第一大臼歯の動きと咀嚼閉口速度

Fig. 3 はようかんを咀嚼したときの第一大臼歯の $X \cdot Y \cdot Z$ 方向の動きを示した。また、Fig. 4 は Z 方向の動き、対応する咬筋筋電位、 Z (上下) 方向の咀嚼速度と各量の咀嚼 1 回目の時間目盛りを拡大した図を示した。Fig. 4 の咀嚼速度 (+) が食品を噛むときの

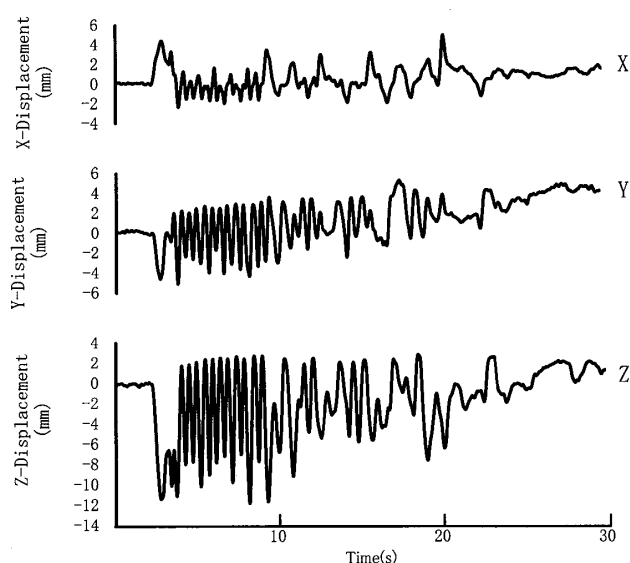


Fig. 3. Movement of the first molar of the usually used side while eating yokan

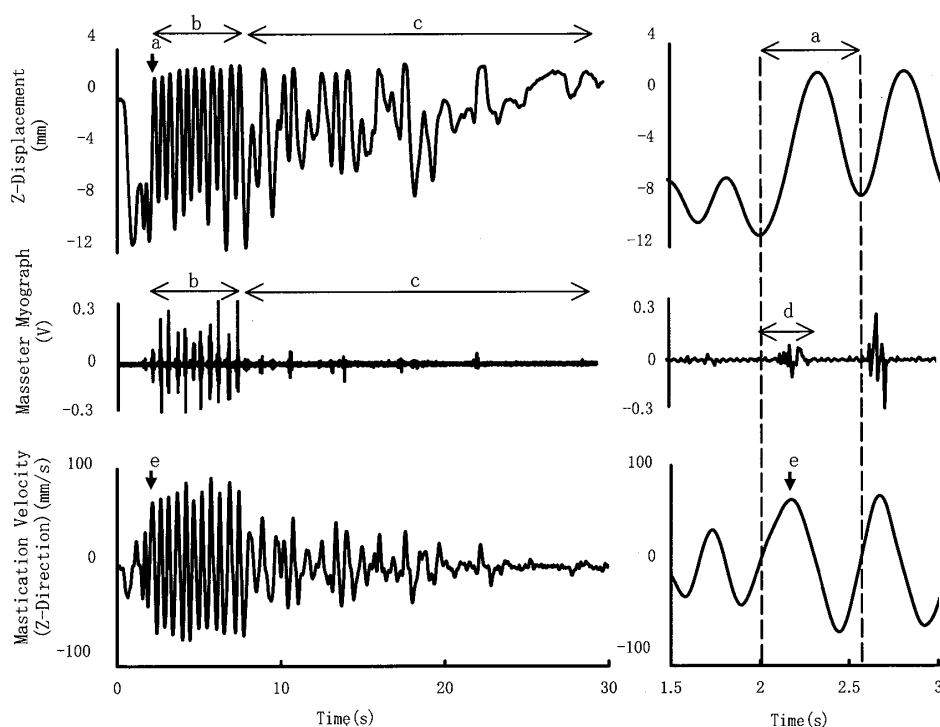


Fig. 4. Mastication displacement and the velocity of the first molar in the Z direction and the masseter myograph (EMG) simultaneously measured while eating yokan

Mastication velocity in the Z direction was obtained to differentiate the displacement in the Z direction by time. The simultaneous measurement of EMG was carried out to specify the first bite on mastication. a: first mastication, b: chewing movement, c: swallow-preparing movement, d: EMG of the first bite, e: the maximum mastication velocity of the first molar in Z direction at the first bite.

下方向の閉口速度，（－）が噛んだ後の開口速度に対応する。Z（上下）方向の動きと筋電位の関係について、咀嚼中の筋電位が発生している間のZ方向のリズミカルな動きは食物を噛む過程を表し、筋電位が消滅した後の不規則な動きは食塊形成の過程を表していることが報告されている¹⁵⁾。図の咀嚼1回目（図中a）以降の筋電位が発生し食物を噛む間（図中b）は、筋電位が発生していない後半の食塊をまとめる間（図中c）に比べ、リズミカルな早い周波数の動きが示され、後半の不規則な振動に移行していた。時間目盛りを拡大した図をみても、咀嚼筋電位が発生する間（図中d）はZ方向で歯が下から上へと動く噛む閉口動作の時間と一致していた。ここでは、噛むときの閉口速度に着目し、上下方向の咀嚼速度の最大値を咀嚼閉口速度と考えた。筋電位の信号から咀嚼1回目を特定し（図中d）、咀嚼1回目の第一大臼歯の咀嚼閉口速度を求めた（図中e）。

Fig. 5 に各食品の咀嚼閉口速度を示した。咀嚼閉口

速度はいくつかの食品では2名の被験者の間で有意差がみられ、最大 25 mm/s の差があったが（グミ）、半数以上の食品では両者に差はみられなかった。また、今回の実験では被験者が2名と少なく個人差を明確にするにはいたらなかったため、以下、被験者2名の測定値を平均して用いた。咀嚼閉口速度が最も速かった食品はじゃがいも（ゆで）の 74 mm/s、次いでさつまいも（ゆで）、肉団子などの軟らかい食品であった。逆に、遅い食品はピーナツの 37 mm/s、次いでクッキー、せんべいなどの硬い食品であった。一般的な機器測定の前歯の圧縮速度や高齢者用食品試験における固形食品の圧縮速度条件の 10 mm/s¹⁶⁾ と比べ、各種食品の第一大臼歯の咀嚼閉口速度は 37～74 mm/s と約 4～7 倍速い値であった。咀嚼閉口速度について、測定位置を切歯とする報告では^{8)～10)}、本報で求めた速度の約 3 倍の値となっている。実験では一口大に成型した試料を用いるため、実際には食物を第一大臼歯付近で噛むと思われる、ヒトの顎の形状から切歯の咀嚼速度は本報に比

咀嚼中の第一大臼歯の咀嚼速度と食品物性の関係

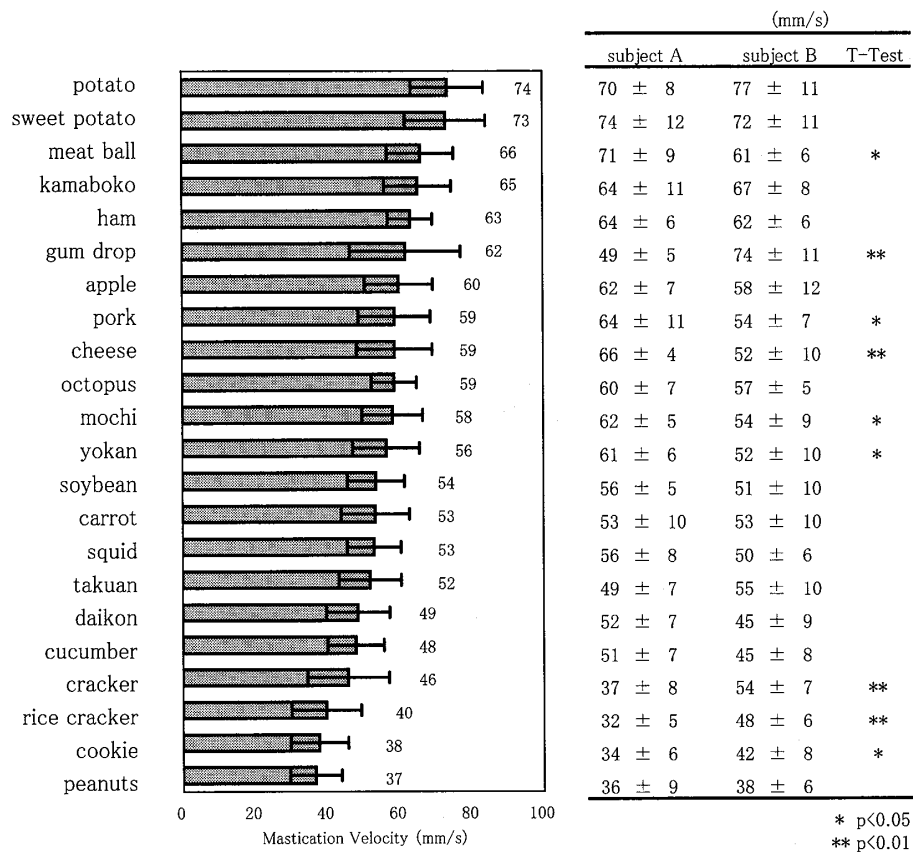


Fig. 5. The maximum mastication velocity of the first molar in the Z direction at the first bite for 22 kinds of food

Details of the foods used were written in Table 1.

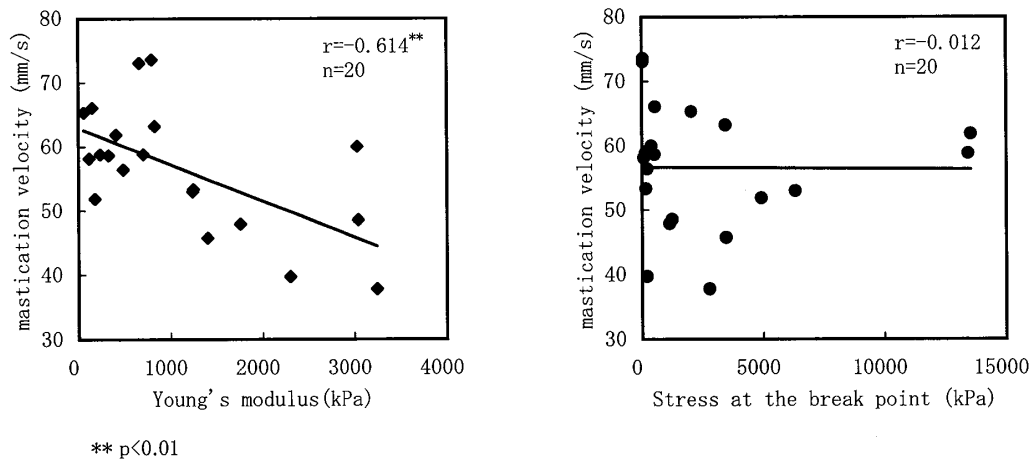


Fig. 6. Relationship between the maximum mastication velocity of the first molar at the first bite and the mechanical properties of foods

べ速い値となることが考えられた。このことから食物を圧縮する速度という意味では、ヒトの第一大臼歯の動きから速さ測定することが適していると思われた。

(2) 咀嚼閉口速度と機器測定値との関連 (Fig. 6)
機器測定における成形した試料の1回圧縮する過程がヒトが食品を1回目に噛む行程と対応する。そこで、テンシロン万能試験機による圧縮測定の結果と咀嚼測

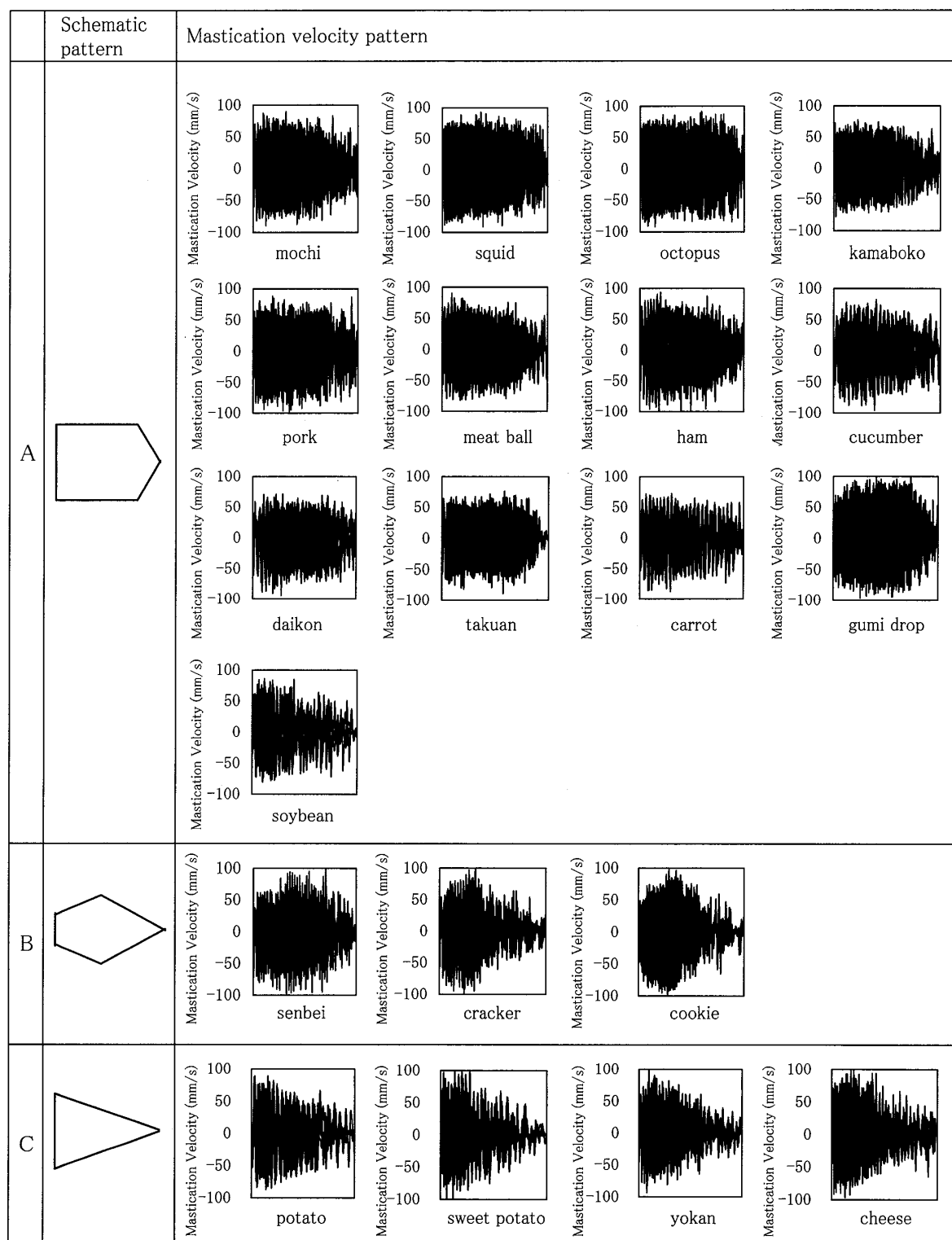


Fig. 7. Three mastication velocity patterns of the first molar in the Z direction from the beginning of eating to swallowing

The mastication velocity patterns were superimposed for five eating instances, for each figure, for averaging. A, B and C time scale patterns were normalized for the convenience of their comparison. A: Mastication velocity changed little while chewing the food, but then decreased for bolus preparation. B: Mastication velocity increased gradually at the initial stage of mastication, but then decreased on the way toward finishing the chewing. C: An initial fast mastication velocity decreased steadily but evenly.

咀嚼中の第一大臼歯の咀嚼速度と食物性の関係

定の第1回目の咀嚼閉口速度との関係を検討した。この試験機は2,500 Nまでの荷重の測定が可能であり、用いた固体食品の測定範囲をカバーする長所がある。一般的な機器測定では圧縮速度は10 mm/sと規定されているが、テンシロン万能試験機では安定な圧縮速度に達するのに時間がかかるため、厚さ10 mmの試料を10 mm/sの圧縮速度では測定できなかった。このため、安定な測定値が得られる圧縮速度として0.5 mm/sを採用した。

機器測定で得られた、ヤング率を食品の硬さ、破断強度を食品の噛み切りにくさを表す値として、機器測定のヤング率、破断強度、咀嚼閉口速度との関連をみると、ヤング率との間に有意な負の相関が認められた($r = -0.614$)、咀嚼閉口速度が速い食品ほど軟らかく(ヤング率が小さい)、逆に遅い食品は硬い傾向がみられた。また、破断強度との間には関連がみられなかった($r = -0.012$)。このことから、ヒトは咀嚼1回目の咀嚼閉口速度を食品の噛みきりにくさよりも、噛み始めたときの硬さによって調整していることが考えられた。なお、大豆、ピーナツは圧縮前の初期面積が測定できなかったため比較対象から除いた。

(3) 咀嚼過程における速度の変化

Fig. 7に摂食から嚥下にいたる第一大臼歯の咀嚼速度の変化を示した。各試料の咀嚼速度の変化の過程を視覚的に比較しやすくするため、試料を口に入れ噛み始めてから飲み込むまで時間を100%としてグラフの時間軸をそろえ規格化時間とし、各試料5個のデータを重ねて表している。Fig. 4の筋電位の図に示したように咀嚼過程は咬筋を使って噛んでいる過程と咬筋を使わず食塊にまとめる過程とに分けられる。ここでは、噛んでいる過程に特に注目した。食塊にまとめる過程ではFig. 4に示したように咀嚼速度は不規則に減少する。食品は食塊にまとめて嚥下されるので咀嚼過程の終了近傍には全ての食品に咀嚼速度の不規則な減少が認められた。機器測定では成形できないため応力への換算ができなかった試料(Table 1)を含め20種類を咀嚼速度変化の特徴から(A)(B)(C)の3群に分類した。また、りんご・ピーナツは2名の被験者間に共通する特徴がみられず分類できなかった。

(A) 開始から終了まで速度変化が少ない食品：もち、いか、たこ、かまぼこ、豚肉、肉団子、ハム、きゅうり、大根(生)、たくあん、人参(ゆで)、グミ、大豆。

(B) 速度が増加した後に減少する食品：せんべい、

クラッカー、クッキー。

(C) 次第に速度が減少していく食品：じゃがいも(ゆで)、さつまいも(ゆで)、ようかん、プロセスチーズ。

Fig. 6に示した咀嚼閉口速度とヤング率の関係、食品の水分量¹⁷⁾、唾液の存在、食品組織等をふまえてこの分類を考察した。

(A)に分類された食品はもち、魚類、肉類、野菜類と多種にわたり、咀嚼1回目から噛み終わりまでの咀嚼閉口速度の変化が少ない。元来の水分量は比較的高く、咀嚼が進むと細くなるが、噛んで唾液が混ざっても食品の吸湿性が少なく食品の物性の変化が少ない食品である。

(B)に分類されたせんべい、クラッカー、クッキーは、元の水分含量の少ない食品群で食品のヤング率は大きく、咀嚼1回目の咀嚼閉口速度は遅い。咀嚼するにしたがい食品細片に唾液が吸収または混ざり食品組織が壊れ物性が変化し軟らかくなる。Fig. 6に示すように、食品のヤング率が小さいほど咀嚼閉口速度は大きい。このため咀嚼過程においてヤング率が小さくなり、咀嚼が進行するに従い咀嚼速度が速まり次第に食塊形成過程に移行する食品であると考えられた。

(C)にはじゃがいも(ゆで)、さつまいも(ゆで)、ようかん、プロセスチーズが分類され、咀嚼1回目の咀嚼閉口速度は速く、ヤング率が小さい。(B)に属する食品と比べれば水分含量が多いが、咀嚼中に唾液と混ざることによって食品組織が壊れ、食塊形成過程に移行する食品であると考えられた。

咀嚼速度の変化は、Fig. 4に示したように咀嚼の食品を口の中に取り込み切断、破断しながら唾液と混和する過程(咬筋筋電位が発生)と、唾液と混和して嚥下が可能な状態に食塊を形成する過程(咬筋筋電位は発生しない)を表している。咀嚼速度と機器測定との関連で述べたように(Fig. 6)、ヤング率の小さい食品は大きい食品に比べて咀嚼閉口速度が速いこと、また、咀嚼中に咀嚼速度が変化する食品は咀嚼中に食品物性が変化することが示唆された。咀嚼中に分泌される唾液量は食物の水分量が影響するという報告もある¹⁸⁾。食品物性の測定では咀嚼中の唾液分泌が食品に与える影響を考慮するために試料に人工唾液を一定量添加する方法も行われている¹⁹⁾。今回、食品は口に取り込まれ、噛み、まとめるという過程において、唾液が分泌され徐々に混り、食品の形状と共に組織の水分含量が変わり、物性が変化する食品もあり、それに伴

い第一大臼歯の咀嚼速度も変化していると考えられた((B), (C)).

以上のことから、ヒトの咀嚼において最も使われる第一大臼歯動きを測定したところ、咀嚼閉口速度は食品の物性によって異なり、咀嚼1回目の咀嚼閉口速度は37~74 mm/sで、機器測定のスランジャーによる最大圧縮速度10 mm/sと比較して速いことが明らかとなった。また、咀嚼する前の食品本来のヤング率、水分含量、食品組織と咀嚼中の唾液分泌が咀嚼速度に影響を与えていることが示唆された。唾液分泌については、高齢になると歯の損失や咀嚼に使う筋肉量の減少に加え、唾液分泌量の低下により食物の咀嚼や嚥下が難しくなることが知られており²⁰⁾、今後高齢者を被験者としての同様の測定をすることが考えられた。

また、本報告では食品を咀嚼するときの歯の左右(X方向)、前後(Y方向)、上下方向(Z方向)の位置変化を測定し、上下方向の位置変化から咀嚼閉口速度を求めた。咀嚼時の位置変化は上下(Z方向)に比べ、左右(X方向)、前後(Y方向)の動きが小さい(Fig. 3)。今後、被験者や測定回数を増やし測定精度を上げ、咀嚼時の位置変化と食品物性との関連についても解析することが課題である。

4. 要 約

ヒトの第一大臼歯の頰側に小型円盤形強力磁石を貼り、磁場測定から食品を咀嚼するときの歯の動きに換算した。歯の上下方向の位置変化データを時間微分し、第一大臼歯の咀嚼速度を求めた。各種食品の咀嚼閉口速度と食品物性値(ヤング率、破断強度)との関連をみた。摂食から嚥下までの咀嚼過程における咀嚼速度の変化を検討した。

(1) ヒトの咀嚼1回目の咀嚼閉口速度は37~74 mm/sで、機器測定の最大速度10 mm/sと比較して約4~7倍速かった。

(2) 咀嚼1回目の咀嚼閉口速度は食品のヤング率と負の相関がみられ、破断強度とは相関がみられなかった。機器測定でヤング率が大きい食品は、ヒトにおいて咀嚼1回目の咀嚼閉口速度が遅く、ヤング率の小さい食品は速い傾向にあった。

(3) 食品の水分含量、組織の違いにより、咀嚼過程において食品物性の変化の様相が変わり、咀嚼速度の変化に違いがみられた。咀嚼過程において第一大臼歯の咀嚼速度が変化しており、食品を口の中に取り込み切断、破断しながら唾液と混和する間の食品物性の変

化が生じる過程と嚥下が可能な状態に食塊を形成する過程を表していることが示された。また、咀嚼速度の変化を3種に分類し、食品物性、食品組織、水分含量によって以下のように説明することができた。

(A) 咀嚼速度の変化が少ない食品：元来の水分量が比較的高く、細片になっても食品組織は大きくは変わらず咀嚼過程で唾液による物性変化が少ない食品。

(B) 咀嚼速度が増加した後に減少する食品：水分含量が少ない食品で、咀嚼するにしたがい食品細片に唾液が吸収または混ざりあい軟化し、ヤング率が低下するために咀嚼速度が一旦速くなり、食品組織が壊れ食塊形成過程に移行する食品。

(C) 次第に速度が減少していく食品：食品本来のヤング率が小さく、咀嚼1回目の閉口速度は速く、咀嚼中に唾液と混和し食品組織が壊れていき食塊形成過程に移行する食品。

実験にあたり、小型円盤型強力磁石をご提供頂きましたTDK社に御礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 柳沢幸江, 田村厚子, 赤坂守人, 寺元芳子: 食品物性と摂食機能に関する研究, 小児歯科誌, **23**, 962-983 (1985)
- 2) 森 友彦, 川端晶子 (編): 『食品テクスチャーの標準化』, 日本食品科学工学会, 東京, 196-199 (1997)
- 3) 中濱信子, 大越ひろ, 森高初恵: 『おいしさのレオロジー』, 弘学出版, 川崎, 62-70 (1997)
- 4) 吉田教明, 古賀義之, P. -G. Jost-Brinkmann, 阿部理砂子, 小林和英, 山田好秋: 荷重時に歯の回転中心に関する研究, 顎機能誌, **5**, 21-30 (1998)
- 5) 東京医科歯科大学歯学部顎口腔総合研究施設 (編): 『咀嚼のはなし』, (株) 日本歯科評論社, 東京, 164-183 (1987)
- 6) 薩摩登誉子: 上顎第一小臼歯の6自由度測定と解析, 補綴誌, **43**, 344-354 (1999)
- 7) 神山かおる: 食品咀嚼と口腔感覚テクスチャ, 日食科工誌, **47**, 341-346 (2000)
- 8) 道脇幸博, 衣松令恵, 横山美加, 角 保徳, 高堀哲雄, 道 健一: 食品の大きさとテクスチャーによる咀嚼運動の変化, 口科誌, **50**, 70-75 (2001)
- 9) 道脇幸博, 衣松令恵, 横山美加, 道 健一, 角 保徳, 大越ひろ, 高橋智子: ヒトの咀嚼運動速度からみた食物の物性の測定条件, 日摂食嚥下リハ, **5**, 20-24 (2001)
- 10) 高橋智子, 川野亜紀, 飯田文子, 鈴木美紀, 和田佳子, 大越ひろ: 食べ易い食肉の力学的特性と咀嚼運動, 家政誌, **54**, 357-364 (2003)
- 11) 中沢文子, 石戸道子, 飯村由美子, 高橋淳子, 高田昌

咀嚼中の第一大臼歯の咀嚼速度と食品物性の関係

- 子：咀嚼中の歯の動きを測定する装置の開発，家政誌，**48**，323-327 (1997)
- 12) 市田浩三，吉本富士市：『スプライン関数とその応用』，教育出版(株)，東京，1-9，81 (1986)
- 13) 竹内 啓(編)：『統計学辞典』，東洋経済新報社，東京，376 (1990)
- 14) 河村洋二郎：『口腔生理学』，永末書店，京都，207-212 (1972)
- 15) Togashi, M., Morita, A., and Nakazawa, F.: Rhythmic and Irregular Movement on the First Molar While Eating Foods with Different Textures, *J. Texture Studies*, **31**, 257-271 (2000)
- 16) 厚生省生活衛生局食品保健課：高齢者用食品の表示許可取り扱いについて，衛新第15号 (1994)
- 17) 科学技術庁資源調査会：『五訂日本食品成分表』，大蔵省印刷局，東京 (2000)
- 18) 巢瀬賢一，赤間智之，福島理恵，阿部新之助，高森一乗，孫 泰一，鈴木欣孝，時安喜彦，渡部 茂：食物咀嚼における食塊水分量の変化，小児歯科学雑誌，**38**，1113-1118 (2000)
- 19) 柳沢幸江：食品の物性と咀嚼活動量，*New Food Industry*, **33** (7)，67-81 (1991)
- 20) 早川 巖，尾崎文子：『高齢者の歯と食事』，第一出版(株)，東京，34-40 (1994)