

食物物性の官能試験と物理的特性値の関係に関する基礎的研究

原田 恵司

Basic research about a relation between sensory analysis of the food
physical properties and the physical characteristic value

Keiji Harada

第 1 章 序章

1.1 本研究の背景

我が国の高齢化は今後ますます進んでいくことが予想されている。国立社会保障・人口問題研究所によれば、2030（平成 42）年には、75 歳以上の後期高齢者が、現在の 2 倍近い 2,266 万人に増加すると推計されている。また「高齢者介護研究会報告書『2015 年の高齢者介護』」によれば、何らかの介護・支援を必要とし、かつ認知症がある高齢者は、2015（平成 27）年までに 250 万人、2025（平成 37）年には 323 万人になると推計されている。平成 19 年度の厚生労働省白書の死因別統計によると肺炎による死亡率は悪性新生物、心疾患に続いて第 4 位であり、80%以上が 65 歳以上の高齢者とされている。肺炎死亡率は 80~84 歳で 3 位、85~89 歳で 2 位、90 歳では 1 位の死因となっている。この肺炎の原因としては 1/3~1/2 は誤嚥によるものと考えられている。嚥下障害は加齢や脳血

管疾患やパーキンソン病などの神経・筋疾患が原因で起こる飲み込みの障害である。嚥下訓練では、介助法、訓練で用いる嚥下訓練食のテクスチャーや味、安全な食事姿勢、食具が重要となるが、物性を調整した適切な食物は摂食・嚥下リハビリテーションにおいて重要な役割を果たしており、誤嚥の予防においても必要不可欠なものである。嚥下食の評価で必要となる食物物性は「かたさ 応力・付着性・凝集性」であり、これらは「テクスチャー」と総称されている。しかし、嚥下障害患者に対しては咀嚼に関する要素のみならず「喉ごしがよい」、「むせにくい」といったレオロジー的な要素が必要である。誤嚥を予防する嚥下食の開発は進められているものの、物性評価方法が多岐にわたり、必ずしも統一されていない。動的粘弾性測定では、物性的側面から嚥下食の適否を定量化することができると言われていたが、医療者側の判断で食事形態を規定することは必ずしも容易ではなく、在宅ではさらに困難である。つまり障害レベルに応じて食品の物性をきめ細かく管理すべきであるが、実際の調理現場において、すべての食事の物理的測定を行うことは実際的ではないことになる。以上のことから医療や介護の現場では人の口腔・咽頭感覚を使って食物物性を評価する方法である「官能評価」を選択することが実用的であると考えられる。嚥下食の物性の評価については健常者を対象に「官能評価」と動的粘弾性測定を対比する研究が行われてきているが、その殆どがとろみ剤を使用した粘稠な液状食品や粥を用いて行っており^{1)～4)}、粘稠度の高いものが、付着性が高く知覚されやすく嚥下障害者は誤嚥しにくいであろうと結論づけられている。これらの研究は食物のテクスチャーである「かたさ 応力・付着性・凝集性」のうち「付着性・凝集性」に焦点を当てており、実際に口腔内で感知するであろうと思わ

れる「かたさ応力」については殆ど議論されていない。以上のことから医療及び在宅の現場で口腔咽頭知覚を利用して食物のかたさを評価できるよう、標準化された官能試験用紙に必要な要素を検討する目的で、先行研究の質問紙に「かたさ応力」を評価できる項目を更に追加し、実際の介護・調理の現場で官能評価を行う際の問題点について抽出し、官能評価用紙の作成の検討を行った。

1.2 関連研究

近年、食物物性に関する研究として食物のテクスチャーの測定やテクスチャーの評価が多く行われており、食物のテクスチャーはパネラーによる官能試験や測定機器によって評価されている^{5)~14)}。食物の官能評価は、人の感覚(視覚、味覚、嗅覚、聴覚、触覚)を利用して評価対象物の特性の強さや好ましさの程度などを測定・評価することで、機器による測定が困難なものでも測定・評価できる手法として世界的に用いられている。測定機器に関しては試料の物性をプランジャーを用いて測定する測定器が開発されている。しかしながら測定した物性値が嚥下に本質的に関係の深い主因子であるかどうかを検証すること、つまり食物物性値とヒトの官能評価の際の嚥下応答の因果関係を捉える際のギャップについては論じられていない。

摂食嚥下障害者の管理で物性を調整した食事は、栄養管理だけではなく、摂食嚥下訓練でも重要な役割を果たす^{15)~19)}。Germain ら²⁰⁾は物性を調整した食事が摂食嚥下障害患者の食事量を増加させ、その結果、患者の体重増加に貢献すると報告している。加えて、摂食嚥下障害者の治療過程においても、食物物性の調整は極めて重要である。

食品物性の調整の際に用いられる指標は、「ひずみ」や「流動性」から求められる力学的特性である「弾性」および「粘性」が用いられている。多くの食品や実際の食事は弾性と粘性を共に備えた「粘弾性」を示すことが多く、物理的測定値のみで食品物性を評価することは容易ではない。さらに、実際の調理現場において、すべての食事の物理的測定を行うことは煩雑であり実際的ではない²¹⁾。したがって、調理過程を含めた医療・看護・介護の現場では人の口腔・

咽頭感覚を使って食品物性を評価する官能評価を用いることが実用的であるとも考えられる。よって本研究では先行研究^{22)・23)}を基に作成した官能評価用紙を用いて、官能試験で検討する分析型パネルを形成し、口腔で食物の硬さをどのように感知しているか、咽頭での食物の飲み込みやすさをどのように感知するかを検討を行い、介護・調理の現場で食物の硬さを官能評価を行う際の問題点について検討を行った。

第 2 章 システム構成

2.1 食物物性の測定機器

本研究では山電株式会社製「クリープメータ RE2-33005B」を用いて官能実験に用いた試料の測定を行った(図 1、図 2)。食物物性の測定で評価される「かたさ応力」は、一定の変形をさせるのに必要な力、食品を形作っている内部結合力とされており、測定においてはプランジャーで食物に負荷を与えて、その最大試験力を指す。「付着性」は食品の表面と他の物(舌・歯・口蓋など)の間の引力に打ち勝つのに必要な力とされている。測定においては食して歯・舌・口腔に付着して、引き離そうとする力を示す。「凝集性」は舌で押しつぶされた食物が結着し合って飲み込みやすい食塊を形成する能力であり、測定においては負荷を連続 2 回与えて、1 回目と 2 回目の負荷面積(エネルギー)の比として示される。

2.2 食物物性の測定機器(クリープメータ)の妥当性

本研究では山電株式会社製「クリープメータ RE2-33005B」を用いて官能実験に用いた試料の測定を行った。クリープメータは食品の破断強度、テクスチャー、クリープ粘弾性を測定することができ、液体に近い半固体から煎餅などの比較的硬い固体まで測定することができる。「消費者庁・えん下困難者用食品・ベビーフードのかたさ規格基準測定法」に準拠した物性（硬さ、付着性、凝集性）の測定が可能である。クリープメータは現在、嚥下食の測定のみならず、食肉業界や多くの食材関連企業で使用されており、その有用性については実証されている測定機器であり、本研究でもクリープメータの信頼性は高いと考え使用した。

第3章 官能試験

3.1 目的

医療及び在宅の現場で口腔咽頭知覚を利用して食物のかたさを評価できるよう、標準化された官能試験用紙に必要な要素を検討し作成する目的で、先行研究の質問紙に「かたさ応力」を評価できる項目を更に追加し、実際の介護・調理の現場で食物のかたさを官能で評価を行う際の問題点について抽出する。

3.2 対象

咀嚼と嚥下に関して機能的あるいは器質的疾患がなく、口腔・咽頭感覚の判断能力についても特別な問題を認めない健常成人 21 名(男性 12 名、女性 9 名)を対象とした。被験者の人権保護および個人情報の管理は、国立長寿医療研究センターの倫理指針に従って行った。職域は言語聴覚士、理学療法士、作業療法士、薬剤師、管理栄養士、栄養士、調理師、リハビリテーション科医師、歯科医師で構成した。なお被検者には実験に先立ち予め本実験の趣旨を十分に説明して実験協力者として同意を得た。

3.3 研究 1：官能試験で用いる被験食品の作成

使用した被験食品はイーエヌ大塚製薬株式会社にて均質浸透法を用いて物性を 3 段階に設定した鶏肉である。被験食品の調整法を表 1 に示した。均質浸透法とは食材組織を分解する酵素を食材内部に導入し、形状を損なうことなく食材自体を軟化させる技術である。この技術は特定の組織分解酵素を用いて食材の骨格を形成する成分、すなわち動物食材では筋原線維タンパク質を効率的に分解・低分子化し食材の崩壊性および溶解性を高めるものである。食材の測定方法は消費者庁の定めた「えん下困難者用食品」の許可基準に従い、直径 40mm、高さ 20mm のシャーレに充填した試料を直径 20 mm、高さ 8mm の樹脂製プランジャーにて圧縮速度 10 mm/sec、クリアランス 5mm で 2 回圧縮測定し、得られたテクスチャー曲線から、かたさ応力 [104N/m^2]、付着性 [J/m^3]、凝集性を求めた。測定時の試料の温度は $20\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ とした。3 被験食品のテクスチャー特性は(表 2)に示すように、「かたさ応力」は食品(軟らかめ) $3.7\pm 1.6(104\text{ N/m}^2)$ 、食品(中間) $11.0\pm 2.5(104\text{ N/m}^2)$ 、食品(硬め) $31.8\pm 3.9(104\text{ N/m}^2)$ と食品(軟らかめ)から食品(硬め)へと応力が上がっていった。

各被検食品のイメージは軟らかめ＝舌でつぶせる、中間＝歯茎でつぶせる、硬め＝容易に噛めるである。クリープメータの測定結果並びに食物形態の安定性を検証するために、測定は 3 種類の物性に調整した鶏肉の測定を各 5 回ずつ行ったが、「軟らかめ」、「中間」、「硬め」の被検食品の調整が線形性の関係で再現性よく可能であった。

3.4 研究 2：官能試験用紙の作成

官能試験の先行研究を調査し、本研究の官能試験の際に使用するかたさ応力の評価に適した官能評価用紙を作成する目的で医中誌 Web、Pubmed にて Keyword を「官能評価」、「嚥下食」、Organoleptic evaluation、swallow food で調査した。その結果、検索された文献数は 59 であった。さらに「物性評価」、Evaluation of physical properties の keyword を追加したところ、41 の文献に絞られた。41 の文献のうち、「かたさ応力」について言及しているものは 2 文献 (Igarashi *et al.* 2010、山田 2013) のみであった。Igarashi らの報告では質問紙を用いれば異なる食品のテクスチャーは評価できるとしているが、その信頼性・妥当性の検証はされておらず、山田らは Igarashi らの官能試験の質問項目に新たに 2 項目を追加し、官能試験を行っているが、「口当たり」について個人差が生じることや官能試験用紙の表現の基準を示す必要があることを報告している。

本研究では Igarashi ら、山田らの質問紙法を参考に、より正確に食品テクスチャーを評価する上で必要と思われる項目を付け加えた 11 項目からなる質問紙を作成し使用した(表 3)。各質問は、とても思う=1、思う=2、普通=3、そう思わない=4、全くそう思わない=5 の 5 段階評価で行った。

3.5 研究3:官能試験の実施と分析

官能試験の実施の手順は①研究1で作成した3種類の被検食品をブラインドで1つずつ自由な順序で摂取する(図3)、②研究2で作成した官能評価用紙に1つの被検食品を摂取する度に記入する(図4)、③パネラー全員の結果をその場でグラフで示し、今回使用した官能試験用紙の質問の内容結果の偏りについて議論する形式で行った(図5)。官能試験結果の分析については、官能試験でパネラーに記入してもらった5段階のスコアをもとに Kruskal-Wallis の検定と Wilcoxon の検定を用いてペアごとのノンラパメトリックの比較を実施した。危険率は5%とした。

3.6 研究における倫理的配慮

1) 研究対象者に理解を求める方法について

書面と口頭にて、本研究の概要を説明し、本研究を行う事の意義を説明する。その上で参加の同意を得た。参加については自由意志であり、参加の撤回はいつでも可能である事、参加しない場合も不利益を被らないことを説明した。

2) 研究対象者に同意を得る方法について

上記方法にて研究方法を説明し、同意を得た場合は同意書にサインして頂く。説明書には、研究代表者の氏名及び連絡先を明記し、書面と口頭での説明を理解した上で、被検者が自ら氏名、同意年月日を記載した。対象者用と研究者用に2通作成し、それぞれが一通ずつ保管した。

3) 個人のプライバシー（秘密の保持・匿名性など）について

プライバシーを尊重するため、研究参加者の個別の計測結果については秘密を厳守し、研究結果から得られるいかなる情報も研究の目的以外に使用しない。記入した質問紙は、論文発表、学会発表等を除き独立行政法人国立長寿医療研究センター外に持ち出すことはしない。

4) 同意について

研究への参加は自由意志であり、参加を断っても不利益を被らないこと、承諾後であってもいつでも参加を撤回できることを説明し、参加者の自律を尊重する。研究において知り得た個人情報の管理を厳重に行い、学会等で研究結果を発表する際は個人が特定できないように提示することを説明した。

5) 安全性に対する配慮について

被検食品の調理は、独立行政法人国立長寿医療研究センター調理室で、衛生

面に対して十分安全を確保して行うようにする。また、研究対象者には同意書を得る段階で鶏肉に対するアレルギーがないことを確認する。食物物性を調整した鶏肉を使用するが食品を摂取した対象者が精神的・身体的な疲労等、その他何らかの問題が生じた場合は、即座に中止し、必要があれば医療機関に連絡する。

本研究は国立長寿医療研究センターの倫理委員会の承認を得て実施した。(倫理委員会承認番号:621)

第4章 官能試験の結果と考察

4.1 官能試験の結果(表4、図6)

質問(1)「見た目の硬さ」について、パネラーより答えようがない(何と比べて硬そうなのか)、人によって変わる見た目の評価はあった方が良いが、他の表現の方が良い(例：軟らかそうですか?)という意見が出された。「軟らかめ」と「中間」は見た目の硬さの判別には傾向はみられなかったが($p=0.7670$)、「軟らかめ、中間」と「硬め」については視覚的に判別が可能なパネラーが多い傾向がみられた($p=0.0001, p=0.0003$)。質問(2)「舌での押し潰し」については、パネラーよりどういう事が押しつぶすということなのかが分からない、先に咀嚼してしまうので、この質問は評価しにくい、押しつぶしやすかったですかの方が良いという意見が出されたが、「軟らかめ、中間」と「硬め」の「かたさ応力」はパネラー全員がほぼ的確に判断していおり($p=0.0001$)、「軟らかめ」と「中間」の間でも差がみられた($p=0.0479$)。質問(3)「噛んだ時の硬さ」については、何と比べて硬いか基準がない、食べた順番でつけてしまったとの意見があったが「軟らかめ、中間」と「硬め」の「かたさ応力」はパネラー全員がほぼ的確に判断しており($p=0.0001$)、軟らかめと中間の間でも有意差がみられた($p=0.0452$)。質問(4)「口の中での砕けやすさ」については、人によって「砕ける」という捉え方が違う、食べ方の規定が必要という意見が出された。「軟らかめ、中間」と「硬め」の「かたさ応力」を砕けやすさでパネラー全員がほぼ的確に判断していたが($p=0.004$)、軟らかめと中間の間の差はほとんどなかった($p=0.05891$)。質問(5)「飲み込みやすさ」では飲み込みやすいを「硬さ」で考え

てよいのか、次の質問(6)喉を通るのが早かったですかと区別しにくい、時間がかかるということなのかといった意見が出された。軟らかめ、中間、硬めの順番で飲み込みやすいと回答する傾向がみられ、ほとんどが硬めは飲み込みにくいと回答する傾向があった ($p=0.0001$)。質問(6)「喉を通る早さ」については質問が難しい、喉を通る時の時間的な早さがわからない、喉がどこからどこまでか、人により感じ方が違うという意見が出された。軟らかめ、中間では喉を通るのが早さに差は見られなかったが、硬めは早く感じていない傾向がみられた ($p=0.0001$)。質問(7)「喉に引っ掛かる感じ」では喉に関する質問が続きくどい、質問(5)、(6)と同じ内容ではないか多くのパネラーより指摘された。喉に残るといふ表現の方が良いのではないかという意見も出されたが、「硬め」は「軟らかめ」、「中間」に比べ喉に引っ掛かるように感じている傾向がみられた ($p=0.0001$ 、 $p=0.001$)。質問(8)「口の中の残留感」については、口の中の広がり方をさすのか、実際の残ったことを指すのか残りやすかったことを指すのかという意見が出された。「硬め」は「軟らかめ」、「中間」の順で口の中に残りやすく感じている傾向がみられた ($p=0.0030$ 、 $p=0.0320$)。質問(9)「飲んだ後の喉の残留感」では質問文章が長過ぎるのもっと端的にした方がよい、感覚の問題なのかという意見が出された。「軟らかめ」、「中間」、「硬め」の3者間で有意差は認められなかった。質問(10)「口の中でのまとめやすさ」では、表現がよくわからない、普通の人だとわからない、このスケールを何に使うか、誰が使うか、咀嚼の回数や食べ方の規定が必要といった意見が出された。「中間」、「軟らかめ」は同じような傾向でややまとめやすく感じているようであったが ($p=0.00130$ 、 $p=0.0114$)、「硬め」はまとめやすいと感じるパネラーは少なかった。質問(11)「口

の中でのべとつき」では、「べたつく」という食材って何があるか、この質問は他の食材では必要かもしれないが、今回の食材では必要なさそうという意見が出された。「軟らかめ」、「中間」、「硬め」の3者間で有意差は認められなかったが、「軟らかめ」はややべとつき感を感じている傾向がみられた($p=0.0330$)。

4.2 考察

1) 「かたさ応力」に関連した官能試験用紙に必要な要素

今回の結果をもとに「かたさ応力」に関連した官能試験用紙に必要な要素の検討を行った。質問(1)「見た目の硬さ」では「硬め」に関しては明らかに「硬そう」と判断しているパネラーが多い傾向がみられた。食材の評価において見た目で硬さがわかりやすいことは重要であり、質問としては重要であると思われる。また今後は官能試験で使用する試料に関して、食物の物性値の違いだけでなく、見た目でわかりやすい試料の調整も必要な要素と考えられた。質問(2)「舌での押しつぶし」と質問(3)「噛んだ時の硬さ」については「軟らかめ、中間」と「硬め」の「かたさ応力」はパネラー全員がほぼ的確に判断していたことから、この2つの質問については「かたさ応力」を問う質問としては適切であり、舌・歯を利用した口腔感覚で硬さは判断されることが示唆された。質問(4)「口の中での砕けやすさ」については「軟らかめ、中間」と「硬め」の「かたさ応力」はパネラー全員がほぼ的確に判断していたが、軟らかめと中間の判別は困難な傾向が見られた。しかし多くのパネラーより食べ方の規定が必要との意見が出されたことから、本質問では咀嚼回数や味わい方を規定することが必要と思われる。質問(5)「飲み込みやすさ」についてはほとんどが硬めは飲み込みにくいと答えており、質問項目として適切であったと思われる。質問(6)「喉を通る早さ」については軟らかめ、中間で喉の通りの早さの感じ方の差が見られないが、硬めは喉の通りを早く感じていない傾向が見られた。パネラーより喉を通る時間的な早さを質問にするのは難しいという意見が出されたが、逆に「喉を通るのが遅かったですか」とすると分かりやすいという意見もあったこ

とから、本質問については質問内容を変更して再検討する必要がある。質問(7)「喉に引っ掛かる感じ」については「硬め」は喉に引っ掛かるように感じる傾向がみられたが「喉に残る」という表現の方が適切であるという意見も多くのパネラーより出されたことから、本質問については質問内容を変更して再検討する必要がある。質問(8)「口の中の残留感」については硬めは残りやすく感じている傾向があった。本質問については「残りましたか」という事実を問う質問形式ではなく感覚を問う「残りやすかったですか」にすることで質問として適切になる可能性がある。質問(9)「飲んだ後の喉の残留感」については、「軟らかめ、中間、硬め」で差は見られなかった。質問(7)「喉に引っ掛かる感じ」と質問内容が同じではないかと多くのパネラーから指摘されたことを踏まえると質問(7)と質問(9)はまとめて「喉に残る感じはありますか」という質問にすることにより官能試験で使用できると考えられる。質問(10)「口の中でまとめやすさ」については、「硬め」は食塊形成しにくく口腔内でまとめにくいと判断されており、食物のかたさは口腔内でのまとめやすさで判断している可能性を示唆していると思われる。質問(11)「口の中でべとつき」はべとつきの感じ方に差がなかった。「べつとく」という事実ではなく、「べとつきやすかったですか」という感覚を問う質問にすることにより、判断しやすくなる可能性があることが考えられた。

2) 「かたさ応力」を判断するための官能評価用紙

今回の研究で使用した官能試験の評価用紙での結果の考察をもとに「かたさ応力」を判断するための官能評価用紙の再検討を行った(表5)。質問(1)、質問(2)、質問(3)、質問(5)、質問(10)は、実用性が高い質問であったことから今回の研究で

使用したものをそのまま残した。質問(4)は食べ方、味わい方の規定が必要であることから「口の中でたくさん噛みましたか」に変更した。質問(6)は本研究に参加したパネラーの意見を取り入れ「喉を通るのが遅かったですか」に改良した。質問(7)は質問(9)とまとめ「喉に残る感じはありましたか」とした。質問(8)、質問(11)は「残る」、「べとつく」という事実を問うのではなく、感覚を問う「残りやすさ」、「べとつきやすさ」という質問形式に変更した。

第 5 章 総括

本研究では食物の物理的特性である「かたさ応力」を評価するために先行研究をもとに作成した官能評価用紙を用いて、官能試験で検討する分析型パネルを形成し、口腔で食物の硬さをどのように感知するか、咽頭での食物の飲み込みやすさをどのように感知するかの検討を行い、介護・調理の現場で食物の硬さを官能での評価を行う際の問題点について検討を行った。その結果、食物の物理的特性である「かたさ応力」を判断するための官能評価の問題点を抽出することでき、最終的に官能評価用紙の改良を行うことができた。

今後は本研究で作成された官能評価用紙のスコア化を検討し、実際の調理の現場で用いることで食物の物理的特性値である「かたさ応力」をさらに官能評価で判断できることが可能になると思われる。

謝辞

稿を終えるにあたり、終始御懇篤なる御指導ならびに御校閲を賜りました本学大学院医歯薬保健学研究院応用生命科学部門（歯科放射線学）谷本啓二教授に深甚なる謝意を表します。また、御教授、御校閲を賜りました御指導頂きました本学大学院医歯薬保健学応用生命科学部門（歯科放射線学）藤田實准教授、応用生命科学部門（先端歯科補綴学）吉川峰加准教授に感謝の意を表します。また研究の遂行上の御助言と御鞭撻を賜りました国立長寿医療研究センター機能回復診療部の近藤和泉部長、被検査食の準備に御協力頂いた栄養管理部の金子康彦室長に深く感謝致します。

参考文献

- 1)Tokifuji A, Matsushima Y, Hachisuka K et al: 加圧・加熱食肉ゲルの物理的特性と嚥下動態からみた嚥下食への適応性(Physical properties of pressurized and heat-treated meat gels and their suitability as dysphagia diet based on swallowing dynamics). Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science 2012; 3: 18-25.
- 2)高野 真吾, 二藤 隆春, 渡邊 慎二 他. トロミ調整食品が嚥下に与える影響(第 3 報) 嚥下障害患者の嚥下造影検査と官能評価の関連. 嚥下医学 2013; 2: 124-125.
- 3)賀楽 二美栄, 山縣 誉志江, 栢下 淳. ペースト食の均質性に関する検討. 県立広島大学人間文化学部紀要 2012; 7: 37-42.
- 4)高橋 智子, 河村 彩乃, 森下 博己 他. リング法を用いたゲル状ブレンダー粥の力学的特性評価の有効性. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌 2012; 16: 42-49.
- 5)森 友彦, 川端 晶子 編:食品テクスチャー評価の標準化. 東京, 光琳; 1997.
- 6)森谷哲朗, 矢野博明, 岩田洋夫: 食感呈示装置の開発. 日本バーチャルリアリティ学会第 8 回大会論文集 2003: 17-20.
- 7)上村尚弘, 森谷哲朗, 矢野博明, 岩田洋夫. 食感呈示装置の開発. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 2003; 8: 399-406.
- 8)Kawamura Y, Kare MR. Umami -A Basic Taste-. New York, Marcel Dekker: 1987.
- 9)Kohyama K, Nishi M, Suzuki T. Measuring texture of crackers with a

multiple-point sheet sensor. J Food Sci 1997; 62: 922-925.

10) Sakai T, Azuma T, Mizuguchi T et al. Pressure distribution measurement in biting surimi gels with molars using a multiple-point sheet sensor. Biosci Biotechnol Biochem 2001; 65: 2597-2603.

11) Kohyama K, Mioche L, Martin JF. Chewing patterns of various texture foods studied by electromyography in young and elderly populations. J. Texture Studies 2002; 33: 269-283.

12) Kohyama, K. Sakai T, Azuma T. Patterns observed in the first chew of foods with various textures. Food Sci Technol Res 2001; 7: 290-296.

13) Szczesniak AS. Classification of textural characteristics, J. Food Sci 1962; 28: 385-389.

14) Szczesniak AS. Texture is a sensory property. Food Qual Prefer 2002; 13: 215-225.

15) Elmståhl S, Bülow M, Ekberg O et al. Treatment of dysphagia improves nutritional conditions in stroke patients. Dysphagia 1999; 14: 61-66.

16) 藤谷順子. 嚥下障害治療における栄養士の役割. 臨床栄養 2004; 105: 166-171.

17) 藤島一郎, 安井真美. 摂食・嚥下訓練法の実際. 臨床栄養 2004; 104: 497-504.

18) 大越ひろ. テクスチャー調整食品. 臨床栄養 2004; 105: 178-185.

19) Riso S, Baj G, D'Andrea F. Thickened beverages for dysphagic patients. Data and myth. Mediterr J Nutr Metab 2008; 1: 15-7.

20) Germain I, Dufresne T, Gray-Donald K. A novel dysphagia diet improves

the nutrient intake of institutionalized elders. *J Am Diet Assoc* 2006; 106: 1614-1623.

21)Wendin K, Ekman S, Bülow M et al. Objective and quantitative definition of modified food textures based on sensory and rheological methodology. *Food Nutr Res* 2010; 54: 10.3402/fnr.v54i0.5134.

22)Igarashi A, Kawasaki M, Nomura S et al. Sensory and motor responses of normal young adults during swallowing of foods with different properties and volumes. *Dysphagia* 2010; 25: 198-206.

23)山田康平, 近藤和泉, 尾崎健一 他. 口腔・咽頭感覚を利用した質問紙法による食品テクスチャー評価の検討. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2013; 4: 1-6.

付図説明

図1 クリープメータ

山電株式会社製「クリープメータ RE2-33005B」を用いて官能実験に用いた試料の測定を行った。クリープメータは食品の破断強度、テクスチャー、クリープ粘弾性を測定することができる。クリープメータの測定結果並びに食物形態の安定性を検証するために、測定は3種類の物性に調整した鶏肉の測定を各5回ずつ行ったが、「軟らかめ」、「中間」、「硬め」の被検食品の調整が線形性の関係で再現性よく可能であった。

図2 食物物性測定

クリープメータでの測定結果をパソコン上で解析するシステム。食品の破断強度、テクスチャー、クリープ粘弾性を測定することができ、液体に近い半固体から煎餅などの比較的硬い固体まで測定することができる。「消費者庁・えん下困難者用食品・ベビーフードのかたさ規格基準測定法」に準拠した物性（硬さ、付着性、凝集性）の測定が可能である。

図3 官能試験で使用した被検食品

研究1で作成した被検食品。クリープメータの測定で「かたさ応力」は食品(軟らかめ) $3.7 \pm 1.6 (104 \text{ N/m}^2)$ 、食品(中間) $11.0 \pm 2.51 (104 \text{ N/m}^2)$ 、食品(硬め) $31.8 \pm 3.88 (104 \text{ N/m}^2)$ と食品(軟らかめ)から食品(硬め)へと応力が上がっていった。各被検食品のイメージは軟らかめ＝舌でつぶせる、中間＝歯茎でつぶせる、硬め＝容易に噛めるである。なお被検食品は実際の官能試験の際にも測定を行い、

再現性の確認を行った。

図 4 官能評価用紙の記入

研究 2 で作成した官能評価用紙に 1 つの被検食品を摂取する度に記入してもらった。

図 5 官能試験結果の議論

官能試験でパネラーに記入してもらった 11 個の質問項目 5 段階のスコアをヒストグラム化し議論を行った。

図 6～図 17 官能試験結果

官能試験でパネラーに記入してもらった 5 段階のスコアをもとに、ヒストグラムを作成し、官能評価の結果の傾向を分析した。統計は Kruskal-Wallis の検定と Wilcoxon の検定を用いてペアごとのノンラパメトリックの比較を実施した。



図1 クリープメータ



図3 官能試験で使用した被検食品



図4 官能評価用紙の記入

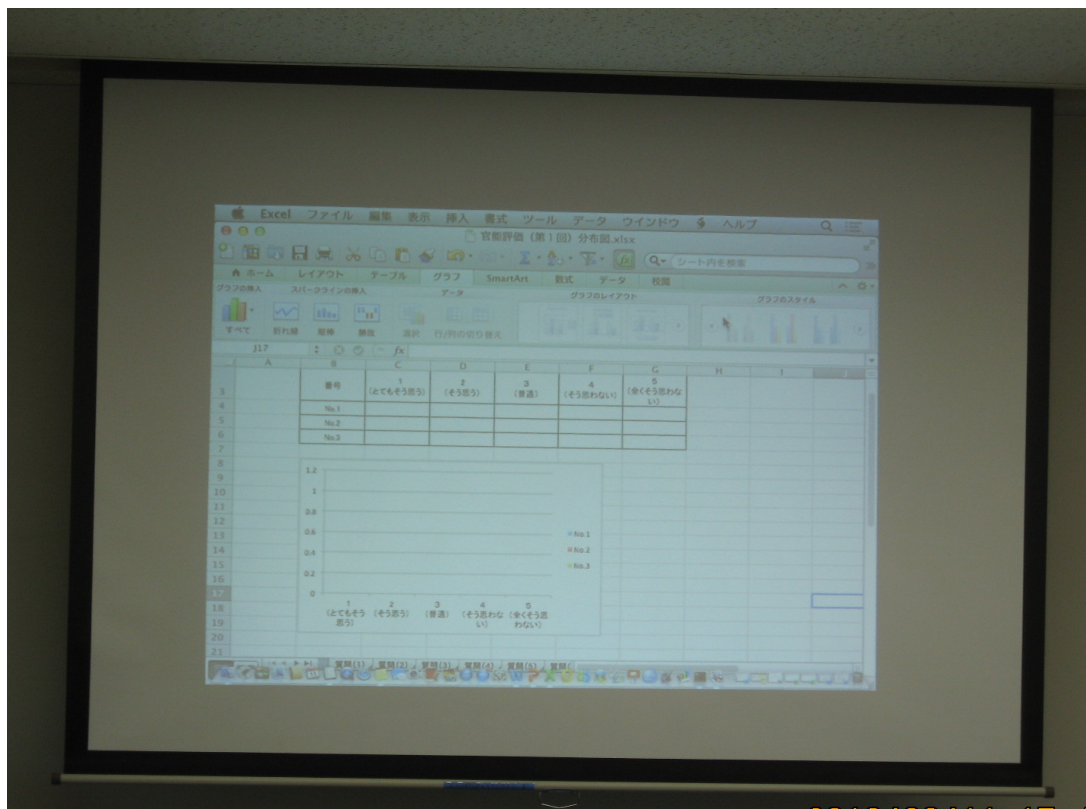


図5 官能試験結果の議論

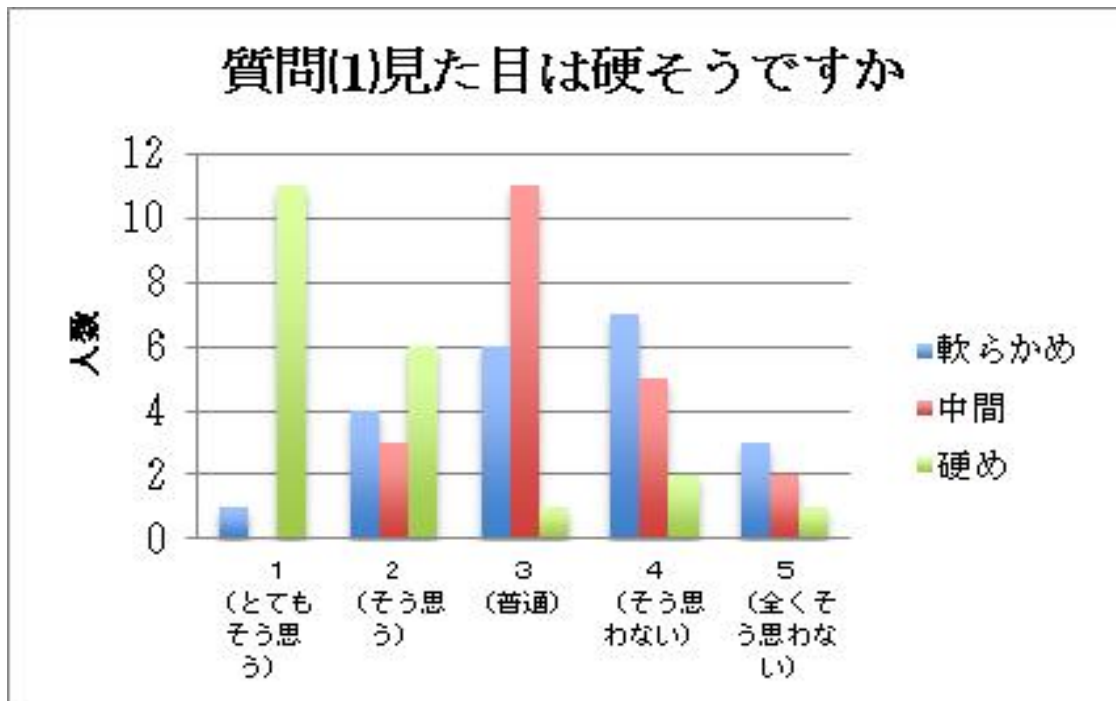


図 6 質問(1)の官能試験の結果

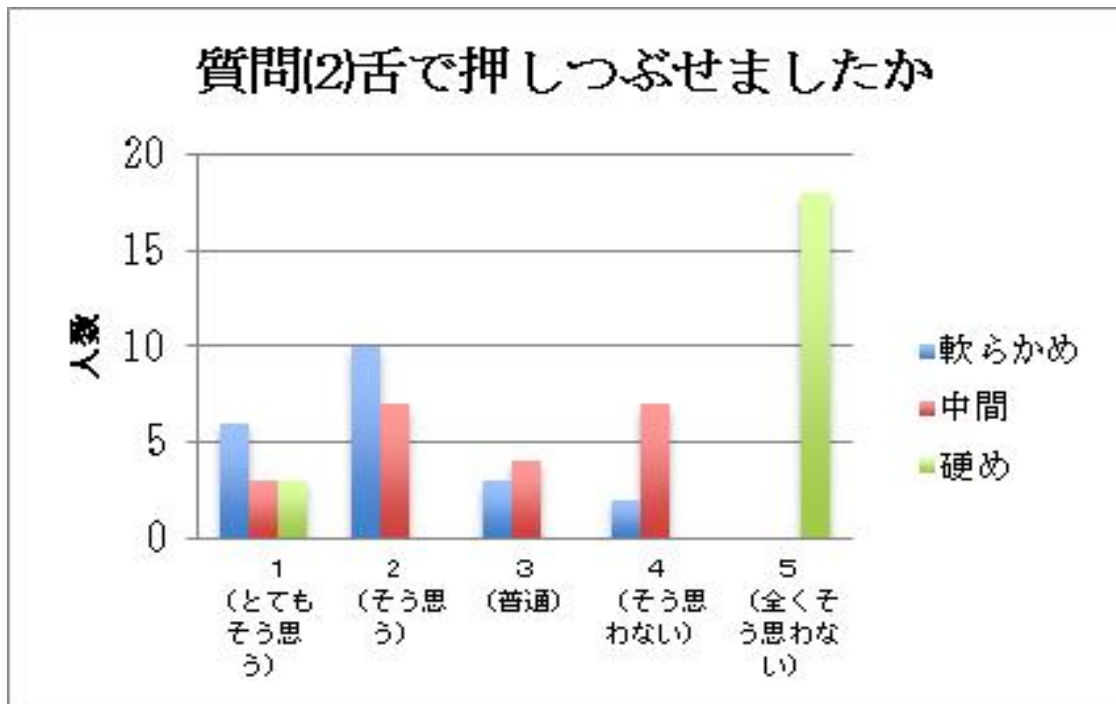


図 7 質問(2)の官能試験の結果

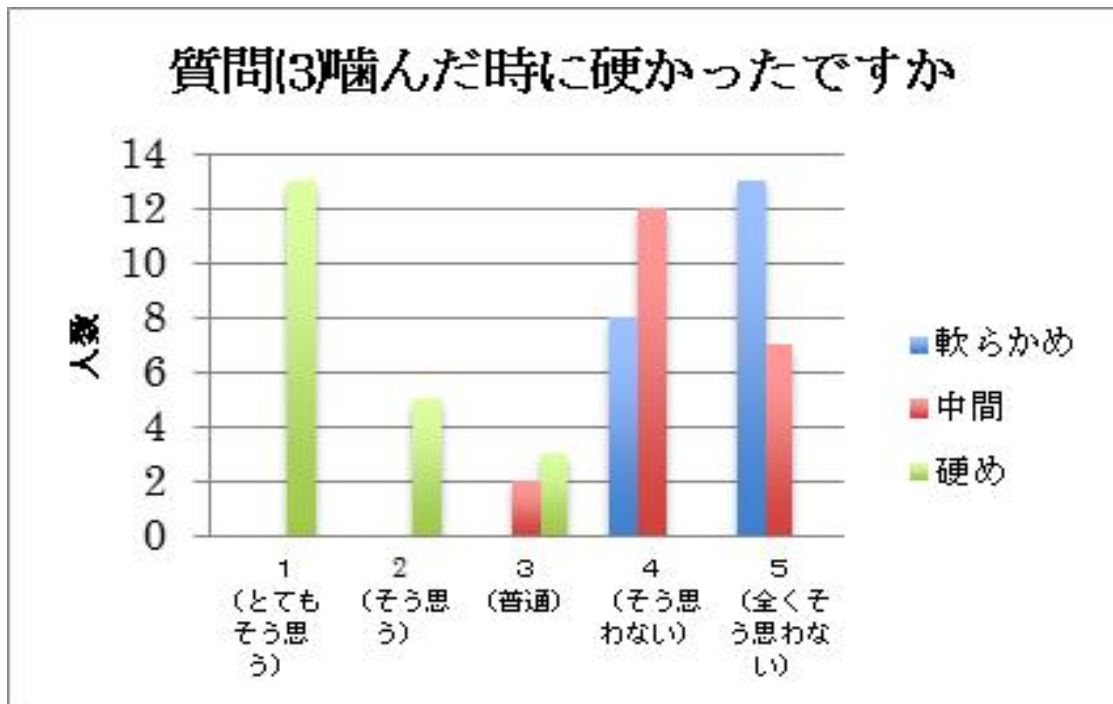


図 8 質問(3)の官能試験の結果

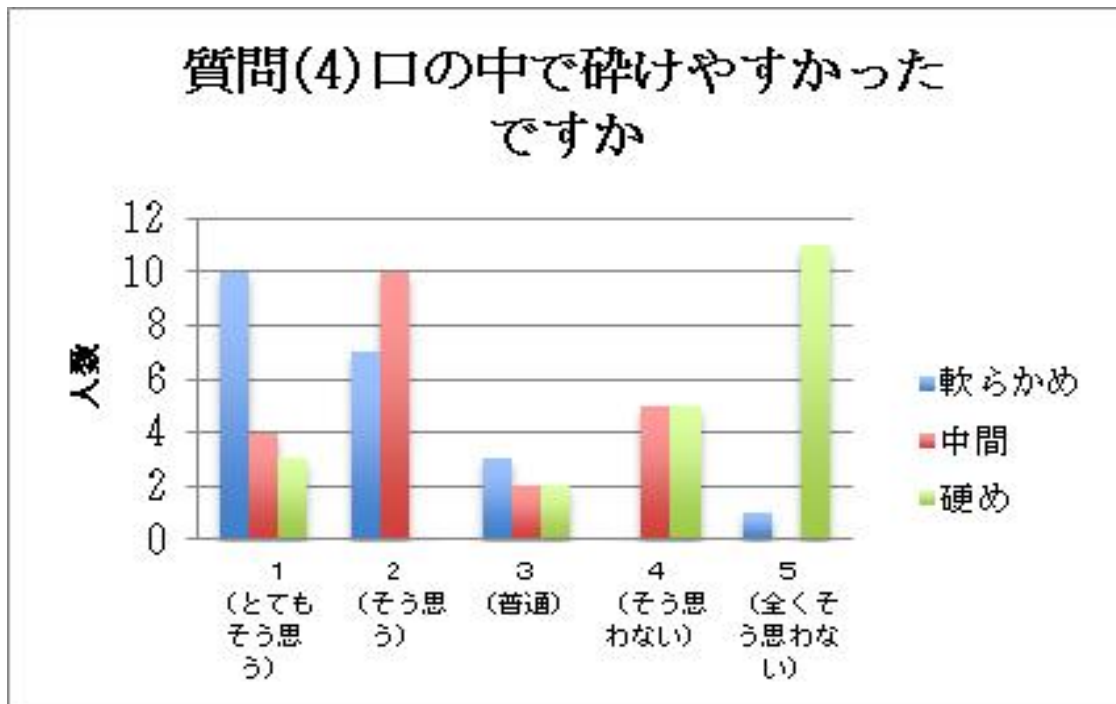


図 9 質問(4)の官能試験の結果

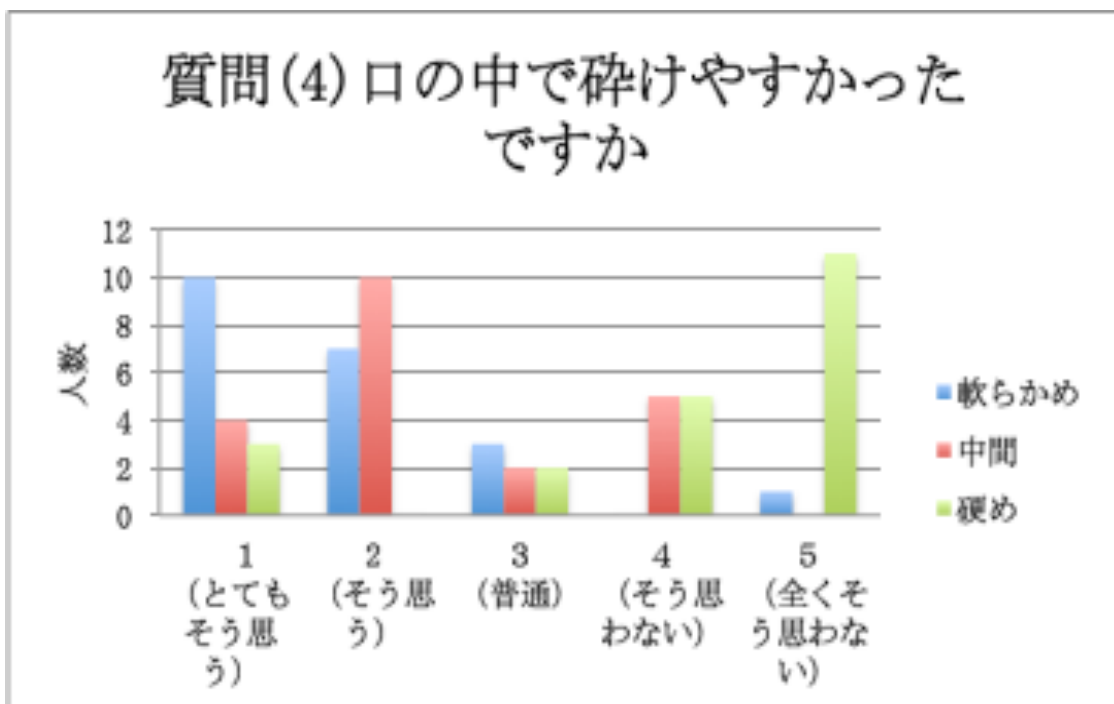


図 10 質問(4)の官能試験の結果

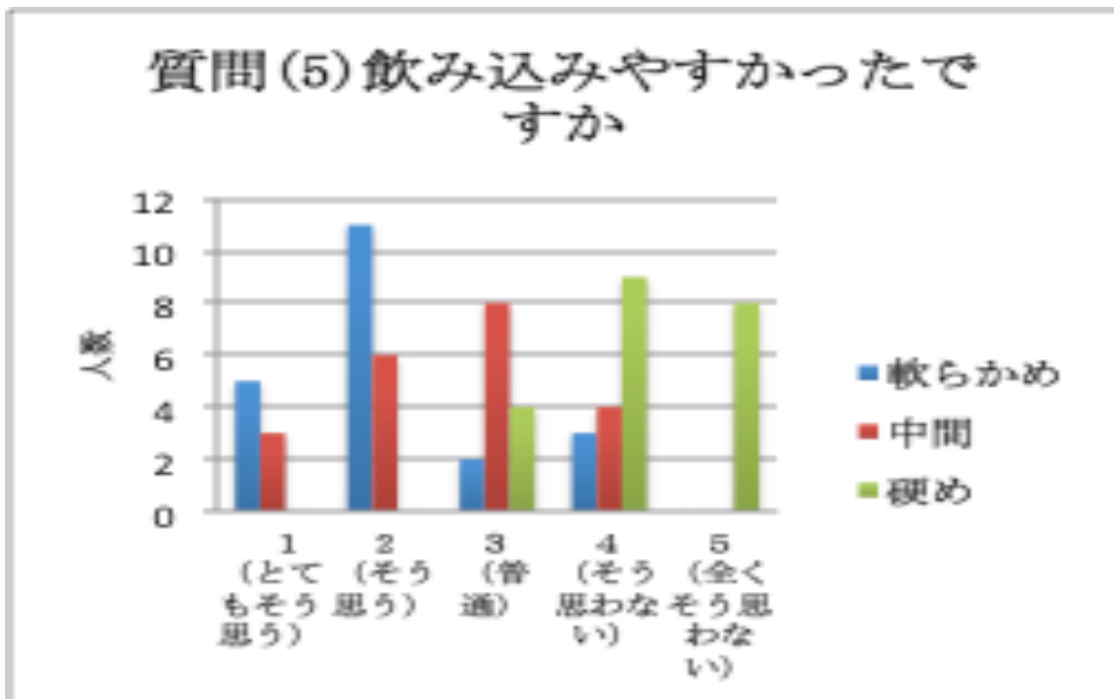


図 11 質問(5)の官能試験の結果

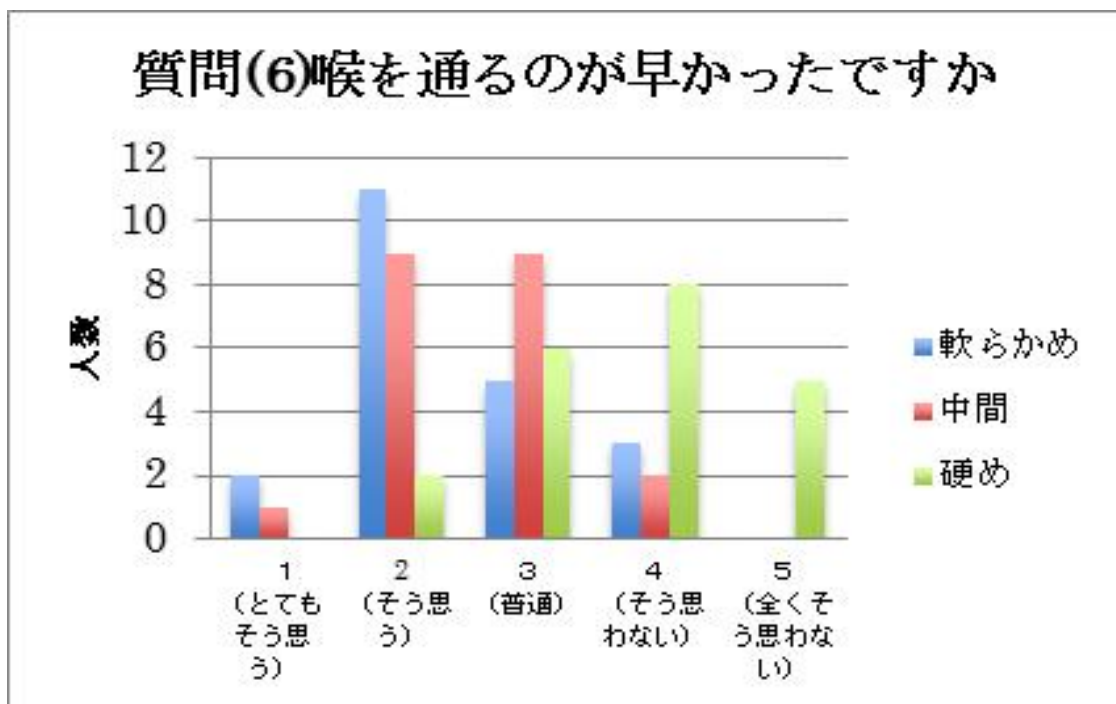


図 12 質問(6)の官能試験の結果

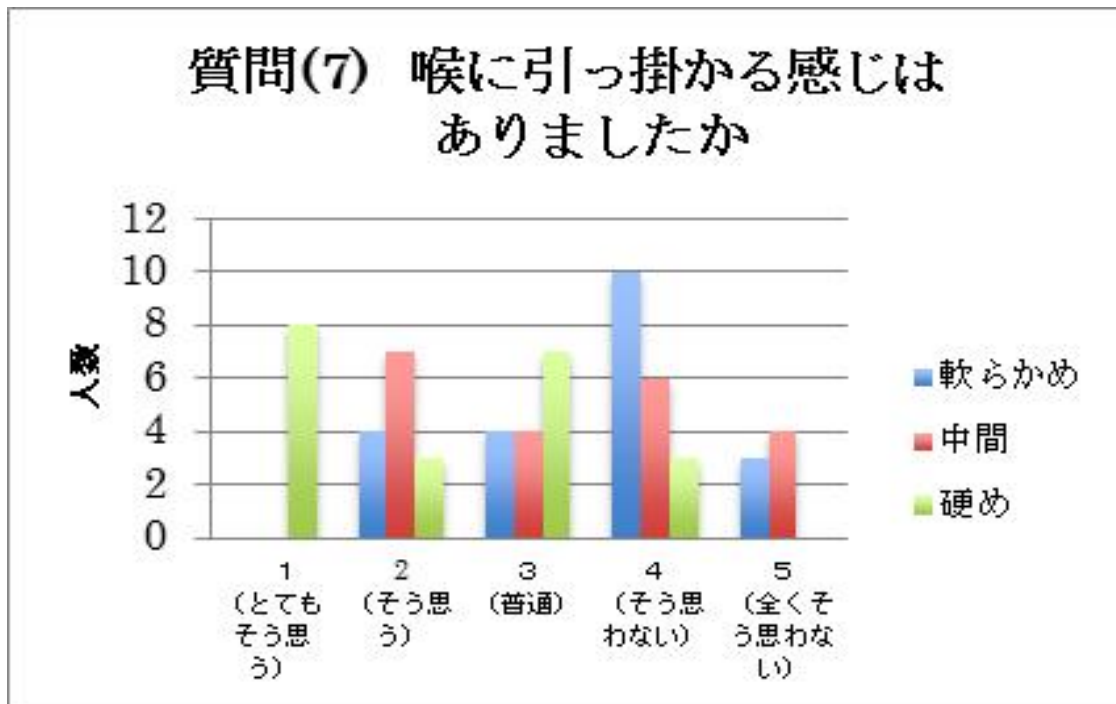


図 13 質問(7)の官能試験の結果

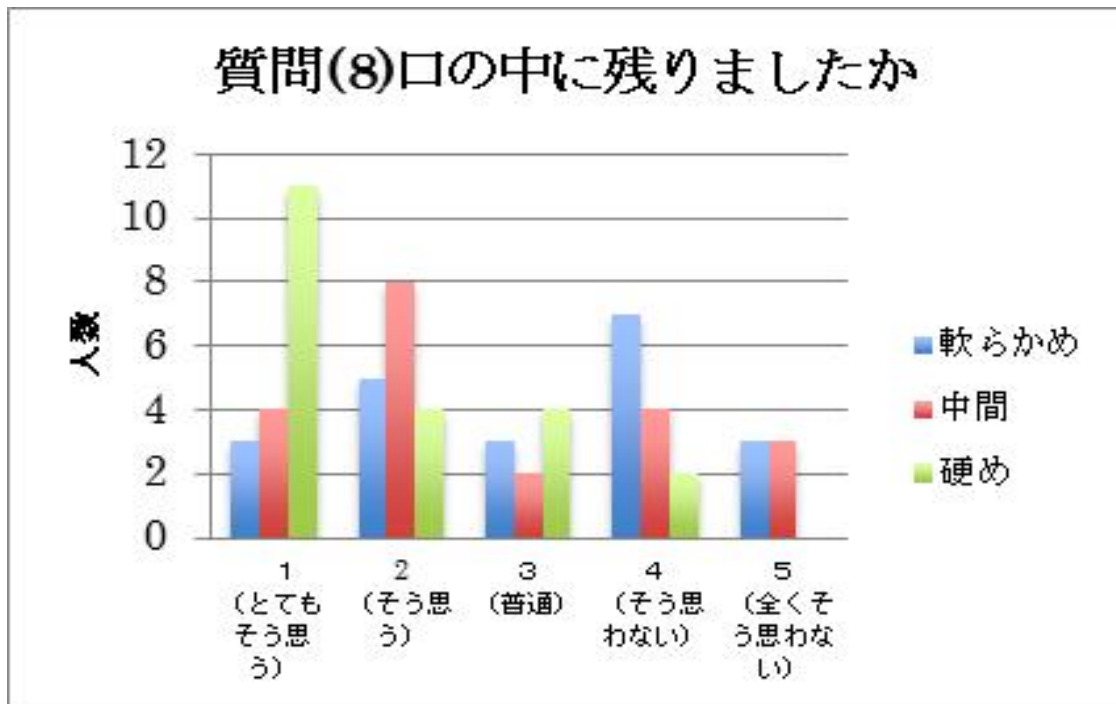


図 14 質問(8)の官能試験の結果

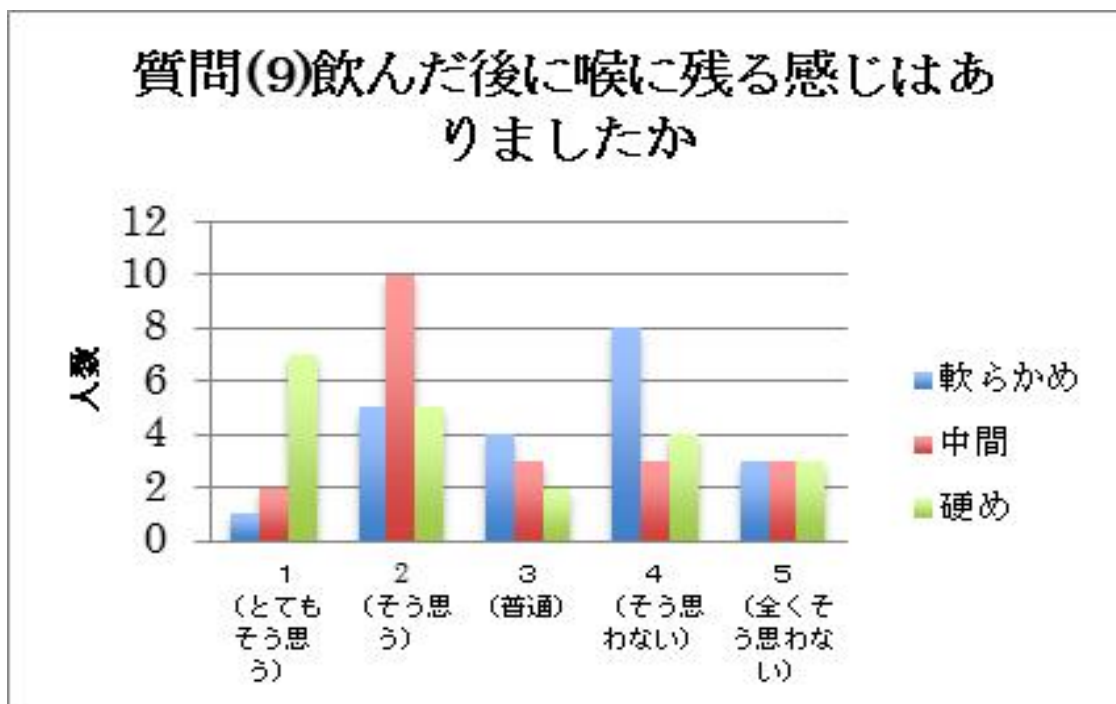


図 15 質問(9)の官能試験の結果

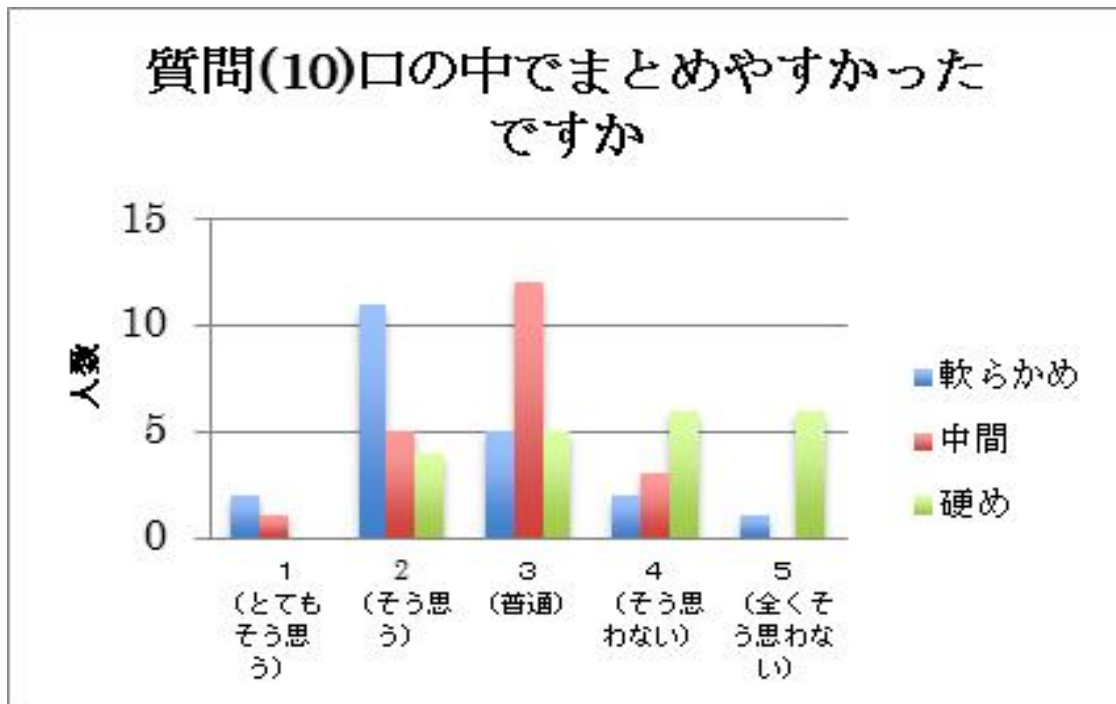


図 16 質問(10)の官能試験の結果

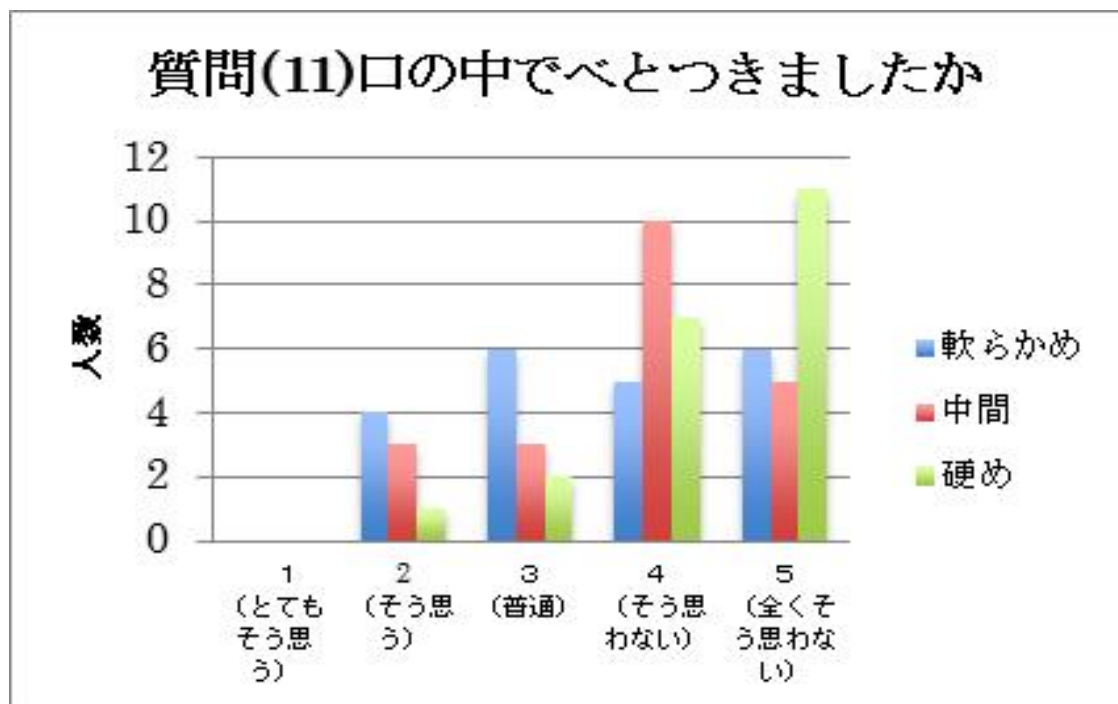


図 17 質問(11)の官能試験の結果

表 1 被検食品の調理方法

食 品(軟らかめ)	鶏ムネ肉の酵素均質浸透処理をして、軟化鶏ムネ肉とし、急速凍結後さらに凍結乾燥した。この凍結乾燥軟化鶏ムネ肉を乾燥重量の4倍以上の水で30分以上かけて復元し20℃にインキュベートした。復元後は冷蔵庫で恒温処理を行った。
食 品(中間)	復元後の軟化鶏ムネ肉を容器に密閉後、空気穴をあけ、電子レンジの3分解凍モードにてレンジアップした後、20℃にインキュベートした。容器密閉は、ラップにて実施し数か所に穴をあけ、150W 3分にて実施した。20℃へのインキュベート後、冷蔵庫で恒温処理を行った。
食 品(硬め)	①鶏ムネ肉（生）を芯温90℃で蒸した後、急速冷却後に水分を拭き取り、真空処理（95%）後、冷凍庫にて保管、②芯温を90℃まで沸騰水にて加熱（茹でる）した後、①と同様の処理を行った。共に4倍の水で30以上かけて復元後、インキュベートした。

表 2 被検食品の物性値

	被験食品(軟)	被験食品(中間)	被験食品(硬)
かたさ応力	3.7 ± 1.6	11.0 ± 2.51	31.8 ± 3.88
付着性	440 ± 250	580 ± 150	480 ± 440
凝集性	0.57 ± 0.03	0.43 ± 0.06	0.57 ± 0.00

表 3 官能試験の質問項目

質問(1)	見た目は硬そうですか
質問(2)	舌で押しつぶせましたか
質問(3)	噛んだ時に硬かったですか
質問(4)	口の中で砕けやすかったですか
質問(5)	飲み込みやすかったですか
質問(6)	喉を通るのが早かったですか
質問(7)	喉に引っ掛かる感じはありましたか
質問(8)	口の中に残りましたか
質問(9)	飲んだ後に喉に残る感じはありましたか
質問(10)	口の中でまとめやすかったですか
質問(11)	口の中でべとつきましたか

表 4 各質問項目における食物物性の感じ方の差

質問項目	中間-軟らかめ	軟らかめ-硬め	軟らかめ-中間
質問(1)見た目は硬そうですか	*	**	N.S
質問(2)舌で押しつぶせましたか	****	**	**
質問(3)噛んだ時に硬かったですか。	**	**	****
質問(4)口の中で砕けやすかったですか	N.S	**	*
質問(5)飲み込みやすかったですか	N.S	**	**
質問(6)喉を通るの早かったですか	N.S	**	*
質問(7)喉に引っ掛かる感じはありましたか	**	**	N.S
質問(8)口の中に残りましたか	***	****	N.S
質問(9)飲んだ後に喉に残る感じはありましたか	N.S	N.S	N.S
質問(10)口の中でまとめやすかったですか	N.S	***	***
質問(11)口の中でべとつきましたか	N.S	N.S	****

* $p < 0.0001$, ** $p < 0.001$, *** $p < 0.01$, **** $p < 0.005$

N.S=No Significant

表 5 「かたさ応力」を判断するための官能評価用紙の改良

質問項目		質問項目
質問(1)見た目は硬そうですか		質問(1)見た目は硬そうですか
質問(2)舌で押しつぶせましたか		質問(2)舌で押しつぶせましたか
質問(3)噛んだ時に硬かったですか		質問(3)噛んだ時に硬かったですか。
質問(4)口の中で砕けやすかったですか		質問(4)口の中でたくさん噛みましたか
質問(5)飲み込みやすかったですか		質問(5)飲み込みやすかったですか
質問(6)喉を通るのが早かったですか		質問(6)喉を通るのが遅かったですか
質問(7)喉に引っ掛かる感じはありましたか		質問(7)喉に残る感じはありましたか
質問(8)口の中に残りましたか		質問(8)口の中に残りやすかったですか
質問(9)飲んだ後に喉に残る感じはありましたか		質問(9)口の中でまとめやすかったですか
質問(10)口の中でまとめやすかったですか		質問(10)口の中でべとつきやすかったですか
質問(11)口の中でべとつきましたか		