

令和元年6月14日現在

機関番号：24302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00809

研究課題名(和文)食品のトライボロジーおよびレオロジーと咀嚼・嚥下との関係

研究課題名(英文) Relationships between rheological and tribological properties of food and mastication behavior

研究代表者

田代 有里 (TASHIRO, Yuri)

京都府立大学・生命環境科学研究科・講師

研究者番号：10293094

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：食塊の動摩擦係数は食塊のまとまりやすさと相関する可能性を示唆し、カマボコが口腔内でバラバラになるため嚥下食に適さないと言われていることを反映した。食塊の摩擦特性は咀嚼行動には寄与せず、一定値以下の静止摩擦係数であれば嚥下していることが示唆された。

スポンジ状食品は、食品の水分含量、破断強度、破断エネルギーが咀嚼行動を支配する因子であった。タンパク質の三次元網目構造と、咀嚼時の圧縮による食品の体積と密度の変化に起因した。餅は、TPAの付着性、ガム性、咀嚼性、引っ張り伸び、ヤング率が咀嚼回数を支配する因子であったが、閾値があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物理量と官能量との関係式であるStevensの式では咀嚼・嚥下行動を説明できなかったが、本研究より物理量と咀嚼行動との関連付けができたことは、今後、咀嚼行動を定式化できる可能性を示した。

また、トライボロジーとレオロジーの両者の視点から咀嚼嚥下行動を関連つけたことにより、餅の窒息事故をもたらす餅側の原因がより具体的に明らかにできる可能性があることが示した。このことから、加工食品の物性を、レオロジーに加えトライボロジーの面からも特徴付けすることによって、安全で、かつ嗜好性の高い食品設計が期待できる。

研究成果の概要(英文)： The dynamic friction coefficient of the bolus of food suggested possibility to relate to bindability of the bolus of food, and reflected that fish meat gel, which scattered in oral cavity, was not suitable for persons with difficulty in digestion or swallowing. The friction properties of the bolus of food did not contribute to a mastication behavior. It was suggested that the bolus of food was swallowed when the coefficients of static friction was less than a certain value.

Water content, breaking strength, and breaking energy of the spongiform food influenced a mastication behavior. It was caused by three-dimensional network structure of the protein and by change of the volume and the density of food by the compression when masticating.

In the case of rice cake, adhesiveness, gumminess, chewiness, elongation strain, and Young's modulus influenced the number of chewing times, but it was suggested that there was the threshold.

研究分野：食品物性学

キーワード：レオロジー トライボロジー 咀嚼 食品

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本は超高齢社会を迎え、高齢者向け食品の開発が盛んになり、それに伴って、咀嚼・嚥下に関する研究が、農学、家政学、歯学を中心に増えてきた。特に半固形状食品の粘弾性に関する研究や、レントゲン撮影や超音波を利用した咽頭部での食品の流動状態の観察に関する研究が非常に多い。開発されている食品は、高齢者等用食品の規格に合わせるために、本来の食品とは全く異なるテクスチャになっていたり、多くが同じ歯応えの食品であったりするため、嗜好面での検討がこれからも必要である。そのためには咀嚼・嚥下行動と食品のテクスチャを関連させて検討していく必要がある。

また、既存の高齢者等用食品の物性規格は、嚥下できるかどうかという情報は十分に与えていないと歯科口腔外科の研究者からの発言があったことから嚥下の指標が必要であると考えられる。

海外の研究者によって食品の潤滑性に関するトライボロジー研究が始められており、これは嚥下指標になる可能性を秘めた有力な方法であると考えた。このことから、加工食品の特徴を、レオロジーに加え、トライボロジーの面からも特徴付けすることによって、安全で、かつ嗜好性の高い食品設計が期待できる。

### 2. 研究の目的

咀嚼・嚥下行動に関わる食品側の要因を、レオロジー（粘弾性）とトライボロジー（摩擦・潤滑性）から解明し、将来的には、高齢者向け食品設計のための根拠となることを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) ゲル状食品を試料として、レオロジー特性と咀嚼行動との関係を調べた。コンニャク、生麩、食パンを試料として、水分含量、応力緩和パラメータ、圧縮破断パラメータ、テクスチャ・プロファイル・アナリシス (TPA) パラメータを得た。また、食品表面の静止摩擦係数および食塊と同様の咀嚼粒子サイズ分布の人工食塊の静止摩擦係数を調べた。さらに、試料を摂食したときの咀嚼行動の観察および食塊から咀嚼行動パラメータを得た。

(2) ゲル状食品以外の食品を試料に加え、レオロジー特性と咀嚼行動との関係を調べた。水分含量、応力緩和パラメータ、圧縮破断パラメータ、TPA パラメータ、食品表面の静止摩擦係数、人工食塊の静止摩擦係数、咀嚼行動パラメータを得た。

(3) 上記(2)の取り組みの結果からスポンジ状食品に着目し、レオロジー特性と咀嚼行動との関係を調べ、(2)と同様に各種パラメータを得た。

(4) 上記(2)の取り組みの結果からベタつき感のある食品に着目し、餅のレオロジー特性と咀嚼行動との関係を調べた、(2)と同様に各種パラメータを得た。これに加えて、引っ張り破断パラメータも得た。

(5) カマボコと寒天ゲルを試料として、動摩擦係数測定方法を確立させ、測定を行った。また、粒子サイズ分布の異なる人工食塊を調整し、動摩擦係数測定を行った。

### 4. 研究成果

(1) 動摩擦係数は食塊のまとまりやすさと相関する可能性を示唆した。カマボコゲルの人工食塊の動摩擦応力は寒天ゲルの人工食塊より低い動摩擦応力を示した(図1)。これは、大きくて弾力のあるカマボコ粒子が摩擦面から逃げていったため、結果的に唾液の摩擦応力を検出しており、カマボコが口腔内でバラバラになってまとまらないため嚥下食に適さないと言われていたことを反映した。

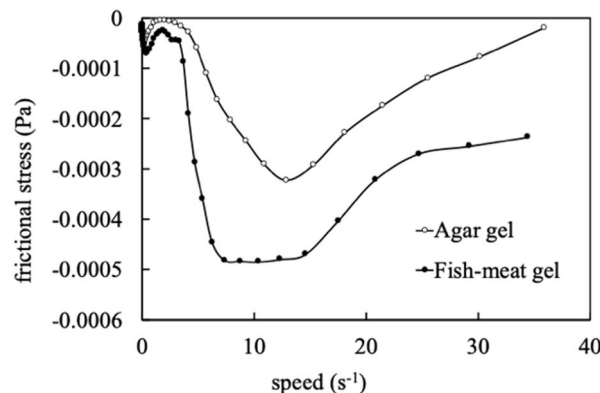


図1 人工食塊の動摩擦力の変化  
(カマボコ、寒天ゲル)

(2) 食塊の摩擦特性は咀嚼行動には寄与せず、一定値以下の静止摩擦係数であれば嚥下していることが示唆された。人工食塊の静止摩擦係数は咀嚼行動パラメータとは相関関係が認められなかった。

(3) スポンジ状食品は、食品の水分含量、破断強度、破断エネルギーが咀嚼行動を支配する因子であった。食品の水分含量と食塊中の粒子数との間に負の相関、平均粒子断面積との間に正の相関が認められた。これは、タンパク質の三次元網目構造の水分保持能に起因していた。また、食品の破断強度および破断エネルギーとは食塊中の粒子数との間に正の相関、平均粒子断面積との間に負の相関が認められた。これは、咀嚼時の圧縮による食品の潰れやすさに応じた体積と密度の変化に起因した。

(4) TPA パラメータのねばり、付着性の大きい食品は、咀嚼回数を支配し、副次的に食塊中の粒子サイズと唾液分泌量も支配する因子であった。ねばり、付着性は咀嚼回数、食塊中の粒子の平均断面積、咀嚼中の唾液分泌量と正の相関を示した。

(5) 上記(4)の結果を受けて餅を試料として調べたところ、餅は、TPA の付着性、ガム性、咀嚼性、引っ張り伸び、ヤング率が咀嚼行動(特に咀嚼回数)を支配する因子であったが、閾値があることが示唆された。餅のかたさ、付着性、伸びに関する物性パラメータは咀嚼回数、食塊中の粒子数および平均粒子断面積、咀嚼時間、咀嚼速度、咀嚼中の唾液分泌量と相関が認められた。これは、かたさや付着性が大きく、伸びが小さい餅は、咀嚼回数が多くなり、そのために食塊中の粒子はサイズが小さくなって数が多くなり、また、咀嚼回数が多いと咀嚼時間が長いため、その間、唾液を分泌し続けたことになる。一方で、かたさと付着性が小さく、伸びが大きい餅の場合は、食塊中の粒子の平均断面積の標準偏差が大きく、個人差が大きかった。このことから、餅のレオロジーパラメータは、ある値を超える、もしくは下回ると咀嚼行動を支配しなくなり、別の何らかの理由により嚥下をしていた。

上記(2)の結果と併せると、かたさと付着性が小さく、伸びが大きい餅の食塊は摩擦係数が一定値以下に到達しており、レオロジーパラメータが咀嚼行動を支配しなくなるため、よく噛み切られていない状態で嚥下していた。このことより本研究が餅の窒息事故との関連づけが可能であることが示唆された。今後、餅のレオロジー特性と咀嚼行動との関係についてさらに検討していく。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

Yuri Tashiro, Chikako Tomohiro and Hiroo Ogawa, Tribology of agar and fish meat gel, The JSFS 85th Anniversary-Commemorative International Symposium " Fisheries Science for Future Generations " Symposium Proceedings, 査読無, No. 10019, 2017, pp. 1-2

田代有里、介護食品の物性規格・基準について、JMOA レポート、査読無、No. 14、2017、pp. 1-11

〔学会発表〕(計3件)

田代有里、廣田友菜、佐々木梓沙、中村考志、小川廣男、食品のテクスチャと咀嚼嚥下行動との関係、日本摂食嚥下リハビリテーション学会、2018

田代有里、高齢者食開発のための物性評価、食品・バイオ技術セミナー、2018

Yuri Tashiro, Chikako Tomohiro, Hiroo Ogawa, Tribology of agar and fish meat gel, The JSFS 85th Anniversary-Commemorative International Symposium " Fisheries Science for Future Generations "、2017

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
[https://www2.kpu.ac.jp/life\\_envi ron/food\\_sci/index.html](https://www2.kpu.ac.jp/life_envi ron/food_sci/index.html)

## 6．研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名： 松川 真吾  
ローマ字氏名： MATSUKAWA, Shingo  
所属研究機関名： 東京海洋大学  
部局名： 学術研究院食品生産科学部門  
職名： 教授  
研究者番号（8桁）： 30293096

### (2)研究協力者

研究協力者氏名： 小川 廣男  
ローマ字氏名： OGAWA, Hiroo  
所属研究機関名： 東京海洋大学  
部局名：  
職名： 名誉教授  
研究者番号（8桁）： 40233423

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。