

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02248

研究課題名(和文)食片粒度解析による高齢者摂食過程の解明

研究課題名(英文)Study on food oral processing of the elderly by fragment-size analysis

研究代表者

小林 奈央樹 (KOBAYASHI, Naoki)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号：30453674

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の成果としては以下のものになる。

(1) 分子量の異なる、15mmおよび3mm角のアガロースゲルを用いて食品咀嚼実験を行い、それらのパラメータと、得られた食片分布の数学的特性、さらに当該分野で一般的に用いられているテクスチャープロファイル解析(TPA)によって与えられたテクスチャー特性の関係を調べた。(2) 口腔内で作られた食塊が食道へ輸送される際の食塊物性を実験的に調べるため、模擬的に食塊を作成し、それを落下させたときの凝集性について、レーザーを用いて測定を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトの接触過程において、食塊は、歯によって破壊された食片群と口腔内で分泌される唾液等の凝集物であり、この形成ダイナミクスを理解し、さらに食塊そのものの物性を研究することは高齢者で多く見られる誤嚥性肺炎を防ぐという意味でもその理解を欠かすことができない。本研究では食塊のテクスチャーを科学的な妥当性を持って評価しようとする試みであり、実際の嚥下時の食塊の物理的状況を踏まえた研究である。

研究成果の概要(英文)：The results of this research project are as follows:

(1) We conducted food mastication experiments using 15mm and 3mm square agarose gels with different molecular weights, and investigated the relationship between these parameters and the mathematical properties of the fragment-size distribution and the texture properties given by texture profile analysis (TPA), which is commonly used in this field. (2) In order to experimentally investigate the physical properties of food bolus produced in the oral cavity and transported to the esophagus, we created simulated food bolus and measured the cohesion when they were dropped using a laser.

研究分野：パターン形成の物理

キーワード：咀嚼と嚥下

1. 研究開始当初の背景

咀嚼とは、食物を口腔内へ取り込んでから嚥下されるまでに口腔内で起こるすべての過程と定義され、単純に歯で食物を噛み砕くことだけではなく、舌や頬、顔面の筋肉や唾液の働きによりその過程が形成されている。固体状食品の咀嚼過程は、捕食⇒口腔の前方から奥歯への移送⇒嚥下可能な形態(食塊)の形成⇒嚥下、という一連の過程を経る。身近な咀嚼・嚥下過程の研究の難しさとしてあげられるのが、食品・過程自体の複雑さとともに直接観察が困難であることもあり、基礎的な理解が得られているとは言い難い状況だった。

申請者らによってなされた関連分野の先行研究として以下のものがある。

- (1) 破碎食片の粒度分布からそのダイナミクスを実験および数理モデルの解析、
- (2) 粒度分布、機器測定、官能評価による食塊物性の評価により、経験的にサイズに不均一性があると嚥下しにくいと思ってしまうが、むしろ嚥下しやすさに影響を与えていることが分かった、
- (3) 食片粒度分布と食塊物性の関係を調べるため、腫瘍や癌での細胞増殖をモデル化した Eden model を改良した食塊再構成モデルの提案。

2. 研究の目的

上のような背景・先行研究のもと、本研究ではヒトの咀嚼によって生成される食物片の粒子解析および食物片により形成される食塊の物性解析を用いて、ヒト、特に社会的にニーズが多い高齢者の咀嚼・嚥下過程を理解することを目的とする。

3. 研究の方法

申請者自身の背景にあるパターン形成の知見から、一見複雑に見える現象でも、数学や物理学を用いて適切に分類するとその性質が分かることが経験的に知られている。咀嚼を物理的に解釈すれば、第ゼロ近似として、食品と歯との繰り返し衝突による連続的な破壊現象とみなすことができる。それを踏まえ、先行研究で実践されてきた、咀嚼実験と食片粒度分布による食品は怪現象の理解、および固体状食品で咀嚼時に行われる食塊形成の物性評価など実験的な方法を主とする。それに加えて、先行研究で申請者らによって提案された食塊形成モデルを用いた数値シミュレーション、さらに研究期間中に開発したレーザーを用いた物性評価の手法を取り入れ、多角的に研究を行った。

4. 研究成果

以下に得られた研究成果について述べる。

(1) アガロースゲルの咀嚼実験と粒度分布による解析

嚥下困難者に応じた食事が提供され、誤嚥を防止するため、トロミ調整剤の添加、ゼラチンや寒天といったゲル化剤の使用、刻み食にするといった工夫が行われているが、このような食形態は、食物がもつ本来の特性を損ねてしまう。特に刻み食について実効的に食べやすさ、安全性に寄与しているかどうかについては議論がある。

ゲル状の食品の咀嚼破壊の様式はこれまでも魚肉ソーセージなどで行われてきたが、本研究では一定の大きさに刻まれたアガロースゲルを用いて、その物性を様々な角度から評価した。特に申請者はその食片粒度分布での解析に寄与している。これらの成果については論文として公開されている (H. Moritaka, K. Yamanaka, N. Kobayashi, M. Ishihara, and K. Nishinari, Food Hydrocolloids **89** (2019)).

(2) レーザーを用いた食塊物性評価

(1) の食塊物性の測定時に用いられたテクスチャープロファイル解析 (TPA) は特別用途食品の表示許可基準(令和元年9月9日消食表第296号, 消費者庁次長通知)の「えん下困難者用食品」の表示基準にも用いられているが、近年 TPA で与えられている物性と食品(特に流動性を持つ食品)や食塊の物性との対応について、その妥当性に関する議論がなされている。

食塊は咀嚼によって生成された形状が不均一な食片が唾液や食品の水分により架橋され凝集することにより形成されている。非常に大雑把に考えれば、これは砂粒(粉粒体)が水分などによって架橋されている状況と類似したものになっているが、一般に粉粒体は乾燥した場合と濡れた場合で全く異なる挙動を示すものとして知られており、現在でも物理学の研究分野の一つとして活発に議論が行われている。粉粒体がせん断下でどのような挙動を示すのか調べる方法の一つとして、一定の高さから落下させた粉粒体が通過したか否かをレーザーで測定する方法がある。そこで本研究では、図1, 2に示した形状の生ニンジンの食片群の落下実験を実施し、定められた場所を通過したときのレーザーの電圧変化から時系列データ(図3)を取得し、その周波数解析を行った。

単純に落下させたものでの周波数解析では、どちらの形状の食塊でもその周波数特性には差がほとんど見られない。その一方で、TPA での動作と同様に、機械的な「食塊形成」(圧縮)を施した後にこれらの周波数特性 (パワースペクトル) を解析すると、パワースペクトルのある領域に見られる power-law の指数が 5mm 角生ニンジンとフードミキサーによる破碎ニンジンでは大きく異なることが確認された。これは安全に食塊を嚥下することに関して、食塊形成過程の重要性を示唆しており、接触過程の基礎研究における重要な成果だと思われる。本研究成果は現在論文として執筆中であり、それにより広く社会へ公開される予定である。

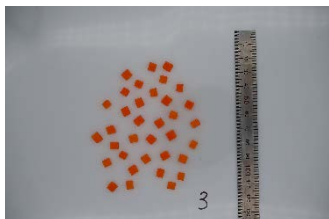


図 1 5mm 角生ニンジン 5g

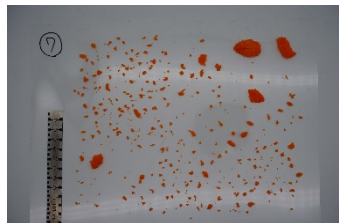


図 2 フードミキサーで破碎された生ニンジン 5g

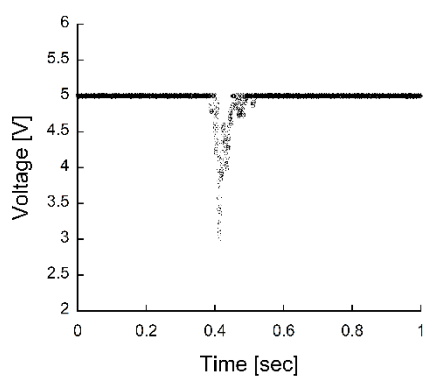


図 3 生ニンジン落下実験の時系列信号の例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hatsue Moritaka, Kentaro Yamanaka, Naoki Kobayashi, Miki Ishihara, and Katsuyoshi Nishinari	4. 巻 89
2. 論文標題 Effects of the gel size before ingestion and agarose molecular weight on the textural properties of a gel bolus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Food Hydrocolloids	6. 最初と最後の頁 892-900
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.foodhyd.2018.11.043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------