

（第12回）2016年度・研究助成報告

研究題名	非侵襲三次元時系列解析による世界初の食品粉体摂取時における嚥下蠕動機能の非接触定量診断
研究期間	2016年4月1日～2018年3月31日
研究機関・所属 研究者名	東北大学加齢医学研究所 山家智之

1. 2016（2017）年度研究成果の概要

粉体などより開発・提供される食品科学に関して、医療現場で最も重要視される問題の一つが誤嚥性肺炎の問題である。いくら美味しい食品を、食材の粉体から開発しても、誤嚥されてしまえば、気管支にしか到達せず、毒にしかならない。高齢者の多くの場合、誤嚥性肺炎は直接的に死の転帰に結び付く。しかしながら、ちゃんと飲食物が飲み込んでいるか、誤嚥されているのか診断することは簡単ではない。そもそも、食物が、人体に、どのような過程を経て摂取され、被験者に好まれているのか否か？客観的・具体的・定量診断的に、非侵襲、非接触で計測する方法論は、実は全くない。人体の嚥下蠕動運動を解析するためには、造影剤を飲み込んで、レントゲンなどで観測する方法論が誤飲障害などの臨床の現場では用いられているが、被曝の影響もありその解析は困難を極めた。そこで東北大学では、新しく、「飲食物摂取時の、人体の嚥下、蠕動運動を、体外から、非侵襲的に、三次元解析し、信号処理の方法論で人体の嗜好を定量診断することができる嚥下蠕動運動解析装置を、世界で初めて発明し、特許を申請した摂取時の、人体の嚥下、蠕動運動を、体外から、非侵襲的に、非接触で三次元解析するシステムが具現化できるので、システム開発チームは非接触ステレオモーション解析システムを導入し、被験者の咽頭・喉頭部の、X軸方向、Y軸方向、およびZ軸方向の、体表面の皮膚の軌道解析システムを開発する。すでに試作品は開発が軌道に乗り、三次元計測は実現できており、特許も申請済みであり、具体化は視野に入っている段階である。本研究では、健康なボランティアを対象に、様々な粉体食品の種類による、飲食物の摂取時の、嚥下蠕動運動の解析を試みる。東北大学大学院医学系研究科倫理委員会の厳正な審査を経た後に、様々な嗜好品の摂取時の体表面のステレオモーションを計測し、蠕動の回数や周波数、信号処理の方法論を駆使することで、周波数スペクトル解析や、Takensの方法論によるカオス解析のストレンジアトラクター再構築、フラクタル次元解析など非線形数学理論も駆使して、対象者の嗜好を定量診断解析することを具現化する。この方法論を、用いることで、世界で初めて、粉体などを用いた食品の科学における、飲食物摂取時の人体の、嚥下、蠕動、摂取のメカニズムが、体表面から、非侵襲的に、明らかになるだけでなく、周波数解析、信号処理、スペクトル解析、カオス解析、フラクタル次元解析などの方法論の適応により、被験者が、どの嗜好品を好んでいるかまで、客観的に、定量診断的に、数値化して明らかとなる。

2. 助成期間内での研究成果の概要

得られたデータは3次元センサの位置から、100 mm から 1000 mm 以内の領域のデータのみを採用したものを図に示す。また得られたデータから口頭隆起周辺を関心領域として抽出した。本研究では、口頭隆起周辺の喉表面の動きを定量的に解析するために、周波数解析を目標とした。ある時刻の関心領域の深度を $f(x,y,t)$ 、関心領域の x 軸のピクセル数を n_x 、y 軸のピクセル数を n_y 、計測時間 t_s をとする。y 軸方向のトレンドデータを $f_y(y,t)$ から、任意の時刻の矢状断面図を得られる。ある時刻 t の仮想的な矢状断面図からさらに喉表面の変位が最も大きい点を y_p とし、その前後 5 ピクセル分の範囲を解析範囲とし、解析のための深度の時系列データを $f_z(t)$ とし位置情報センサと喉頭隆起周辺の表面の変位の時系列データを得た。得られた時系列データに対し、移動平均フィルタをかけ、その後フーリエ変換を行った。結果の一例を提示する

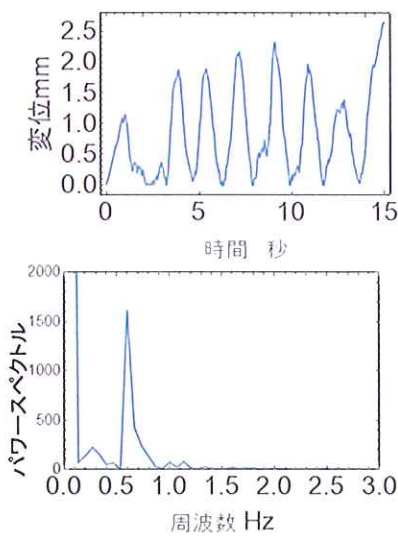


図1 水分補給時の時系列データ（上）と周波数解析（下）

原著

食感特性評価のための嚥下挙動解析

平 恭紀*・白石 泰之**・井上 雄介***・山田 昭博***・坪子 侑佑***

Yasunori TAIRA Yasuyuki SHIRAIISHI Yusuke INOUE Akihiro YAMADA Yusuke TSUBOKO

池田 純平*・荒川 友哉*・弓場 充*・駒村 寛****・東條 誠也

Junpei IKEDA Tomoya ARAKA WAMitsuru YUDA Hiroshi KOMAMURA Masaya TOJO

八亀 健****・山重 大樹****・山家 智之*,**,***

Ken YAGAME Daiki YAMASHIGE Tomoyuki YAMBE

要 旨: 嚥下機能の評価は嚥下造影検査、反復唾液嚥下テスト、聴診所見などによって行われている。しかし、いずれの手法も定性的な評価しかできず、医師の経験などに基づく主観的な評価となっている。そこで、嚥下機能の定量的な評価手法の開発が求められている。本研究では3次元位置情報センサを用いることで、嚥下時の口頭隆起周辺の動画を取得し、画像解析によって嚥下挙動の定量的な評価を目指す。加えて摂食物の食感評価を行い、味覚と嚥下挙動の関係を調べ、味覚の定量化を試みた。被験者として健康成人男性に、常温の水と常温の生理食塩水と同程度の塩分濃度を有する食塩水のそれぞれの摂取時の嚥下挙動と、オリーブオイルを添加したパンとゴム程度の硬さに調整した無味無臭のゼリーを添加したパンのそれぞれの嚥下挙動の解析の解析を行った。常温水の摂取時には規則的な嚥下周期が見られたが、食塩水では不規則な嚥下が見られた。またパンの摂取時比較ではオリーブオイルを添加したパンでは咀嚼に関わる挙動が大きく見られた。嚥下挙動の規則性と咀嚼の挙動を定量化することで食感評価の定量化の可能性が示唆された。

Key Words: 嚥下挙動評価 食感特性評価 3次元位置情報センサ

I. はじめに

現在の嚥下機能の評価手法は定性的な評価が主流である。例えば、嚥下障害を有する患者に対して行われている臨床的な嚥下機能の評価手法は嚥下造影法(VF)、反復嚥下回数テスト(RSST)、聴診所見などである。RSSTとは被験者の口頭隆起周辺に検査の指を当て、被験者は30秒間空嚥下を繰り返す試験である¹⁻³⁾。検査者が指で嚥下挙動を確認し、30秒間の嚥下回数や嚥下時の舌骨などの挙動などから嚥下障害の有無をスクリーニングする手法である。VFは患者にバリウムを混ぜた食物を摂取してもらいX線照射を行うことで、嚥下機能の評価を行う検査方法である⁴⁻⁵⁾。

X線照射による被曝のリスクがあるため、先に述べたRSSTや聴診所見などによって嚥下障害の疑いのある患者に対して行われる。これらの手法は得られた情報に対しての診断は医師の経験などに基づく主観的な判断のもとに行われている。しかし、治療方針の決定やリハビリテーションの回復具合の判断などにおいて特に定量的な評価基準の需要は高くなっている⁶⁾。

また嚥下の定量的評価は、嚥下障害を有する患者の治療方針の決定だけでなく、食感の評価につながる⁷⁾。他の研究機関の報告では、ビールなどを飲んだ時に感じる「のど越し」は咽喉頭領域の味蕾が分布していることが報告されており、種々の飲料に対して様々な応答を示すことが知られている⁸⁾。加えて、口腔と咽頭の境界である口蓋咽頭弓から咽頭後壁までの粘膜は接触反応に敏感であり、その部位への接触によって嚥下が誘発されること知られている⁹⁾。すなわち、特に咽頭部周辺で感じる接触などの感覚と食物に対する人間の味覚は嚥下挙動の変化と関わっている可能性がある¹⁰⁾と報告されている。

他の研究機関の報告では、マイクロフォンを用いて

2016年9月30日受付、2016年10月25日改訂受理

* 東北大学大学院医学研究科 人工臓器医学講座

** 東北大学加齢医学研究所非臨床試験推進センター 非臨床試験推進分野

*** 東北大学加齢医学研究所非臨床試験推進センター 心臓病電子医学分野

**** 東北大学医学系研究科