

補助事業番号 2024M-513

補助事業名 2024年度 安定した食提供を実現する新たな小型粘度計の開発 補助事業

補助事業者名 岩手医科大学 歯学部 黒瀬 雅之

1 研究の概要

平成から令和へと時代が進む中で、日本の高齢化はますます加速しています。その中で、飲み込みの機能が低下する「嚥下障害(えんげしょうがい)」を持つ方が増え、そのケアの場は病院から家庭へと移行しています。こうした方々のケアでは、家族だけでなく、医師、歯科医師、看護師、歯科衛生士、介護士、ケアマネージャーといった多職種が連携して支える体制が不可欠です。現在では、国の法整備により、専門チームによる支援計画の作成が推奨されており、実際にチームでの支援活動が活発に行われています。チームで支援を行うには、患者の状態や治療法などに関する情報をチームメンバー内で共有する必要があります。嚥下障害の程度を把握する技術は大きく進化し共通化されてきましたが、治療やケアに使われる食品のとろみ(粘度)については共通化されていません。誤嚥(ごえん)による肺炎を防ぐため、食品にはとろみをつける工夫がされていますが、製品ごとに必要な混合量が異なり、「ケチャップ状」や「ポタージュ状」など感覚的な表現が多く、現場では混乱が生じています。こうした課題を解決するため、私たちは家庭でも使える簡単で安価な装置(粘度計)の開発を目指し、2021年にJKA財団様のご支援を受けて研究を開始しました。従来の装置(粘度計)とは異なる考え方で、多方向から加わる圧力を測るセンサーを備えた攪拌棒を使い、混ぜるときに発生する力から粘度を測定する新しい技術を開発しました。この方法は、既存の粘度計と比べても高精度な測定が可能であることが実証されました。2024年度は、皆様の家庭で使って頂けるための低コスト化と小型化を目指して研究開発を実施し、センサの種類を安価なセンサに置換し、胴体部分の直径を20%、粘度液に浸すスカート部分の直径を約13%の細く、全長は約6%の小型化、重さは約37%の軽量化を実現しました。

2 研究の目的と背景

現在、日本では高齢化が進み、病院だけでなく家庭でも高齢者のケアを行う「地域包括ケア」が進められています。特に、飲み込みが難しくなる「嚥下障害(えんげしょうがい)」のある方は、在宅でのケアが増えてきました。こうした方々の安全な食事を支えるためには、医師や看護師、介護士など多くの職種がチームを組み、患者の状態をしっかりと共有することがとても重要です。

しかし、飲み込みの訓練に使われる「嚥下訓練食」は、施設や担当者によって名前や内容がバラバラで、正確な情報の共有を妨げています。また、食べ物に「とろみ」をつけて安全に食べられるようにする工夫もされていますが、そのとろみの程度は「ケチャップ状」「ポタージュ状」など曖昧な表現に頼っていて、正確な管理が難しいのが現状です。特に、見た目では分からない流れ方の違いがあると、誤って気管に入ってしまう肺炎になるリスクも高まります。

正確なとろみの評価には、これまで高額で大きな装置が必要でしたが、私たちはこの問題を解決するため、家庭で使える安価で小型の粘度(とろみの強さ)を測る機器の開発に取り組んでいま

す。特に、老老介護の家庭が多いという現実をふまえ、「誰でも」「簡単に」「正確に」使えることを目指しています。

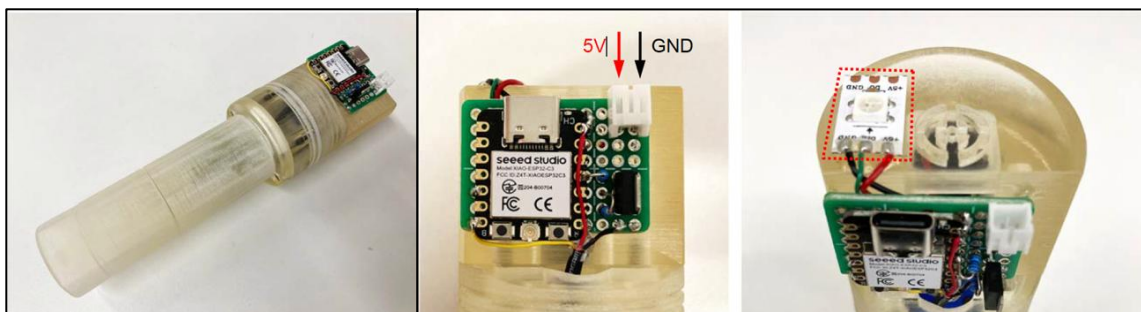
そのために私たちは、これまでの測定方法とは全く違う新しい仕組みを採用しました。6方向からの力を測れる「小型6軸センサー」を搭載し、とろみのある液体の中でセンサーが直線的に動くことで、そのときにかかる力を細かく計測できるようにしました。この仕組みにより、高い精度で粘度を測定できることがわかり、現在は特許出願も行っています。

2024年度、JKA財団様にご支援を頂き、研究室だけではなく、皆様のご家庭に導入し使って頂くことを目指し、「安価」で購入することが可能で、装置をより小さく・軽くし、キッチンの引き出しにも入るサイズにし、測定結果をLEDの色で5段階表示することで、誰でも一目で食べ物の「とろみ」がわかるような装置を目指して本事業を実施させて頂きました。

3 研究内容 <https://iwate-oralphysio.net/contents/jka/index.html>

(1) 小型粘度計の計測自動化プログラムの開発

私たちが開発してきました装置（小型粘度計）は、粘度を測るのに多くの操作が必要で、誰でも簡単に使えるとは言えませんでした。将来、介護施設やご家庭で使って頂くことを考えると、ボタン一つで測定ができるシンプルな仕組みが大切です。一方で、研究の場ではパソコンにデータを残す機能も必要です。そこで、誰でも使いやすく、研究にも対応できるように、自動で測定できるソフトと専用の機器の改良を行いました。



計測自動化プログラム
を入れた粘度計全体像

計測自動化プログラムを入れた粘度計の上部
右図の赤破線部のLEDが粘度に応じて色が変化する

(2) センサフィードバックによるモーター回転数制御プログラムの開発

私たちが開発してきました装置（小型粘度計）では、簡便に正確に粘度を測ることができます。ただし、今までの装置は、モーターが電源に直結されており、粘度が高い液体を測ると回転が遅くなってしまい、正確な測定ができないことがありました。特に「非ニュートン流体」と呼ばれる性質の液体では大きな問題となり、正しい粘度が計測されないこととなります。そこで、モーターの回転数を一定に保てるように、モーターの電圧を自動調整する新しいプログラムを開発しました。これにより、より正確な粘度の測定が可能になります。

(3) 粘度計の小型・低コスト化のためのモーメント検出機構の開発

(4) 小型・低コスト化検証モデルの設計と開発

私たちが開発してきました装置（小型粘度計）では、小型のセンサーを使って液体の流れにくさ（流動抵抗）を測定してきました。その精度は、高額な専門機器と同じくらい高いことが確認されています。しかし、この小型センサーは高価で、ご家庭や介護施設で使って頂くにはコスト面が大きな課題でした。そこで、より安価な部品を使って、新しい測定方法を開発し、今までの装置と同等の精度を保ちながらコストを抑えることに成功しました。さらに装置の構造も見直し、胴体部分の直径を20%（40mmから32mmへ）、粘度液に浸す部分の直径を約13%（30mmから26mmへ）、全長を約6%（150.4mmから140.7mmへ）の小型化を、重さは約37%（105.2gから66.6gへ）の軽量化を実現しました。



計測自動化・小型化・軽量化を実施した装置



左から初期モデル・最終モデル・コーヒースプーン
キッチンの中に入るサイズの小型化の実現

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

私たちが開発しているポータブル小型粘度計は、液体の「とろみ(粘度)」を簡単に測れる携帯型の装置です。操作が簡単で、専門的な知識がなくても誰でも使えることが特長です。高齢者施設や病院、在宅介護の現場では、飲み込みが難しい方のためにとろみをつけた食品が使われていますが、今は目分量や感覚での判断が多く、誤嚥や窒息のリスクが残っています。この装置を使えば、食品のとろみをその場ですぐに数値で確認でき、安全性が高まります。また、災害時の避難所などでも、電源がなくてもモバイルバッテリーで使用可能なため、安心して食事支援が行えます。さらに、建設現場で使われるセメントや左官材などのとろみも確認でき、品質や施工の安定化にも役立ちます。暮らしを支える幅広い場面で活用が期待される技術です。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

実施責任者は、これまでに臨床現場でのニーズに基づいた研究開発を行ってきました。具体的

には、嚥下障害患者の在宅での簡易的なスクリーニング法の確立を目指して、気圧センサを咽頭内に設置し、圧変化から嚥下機能を推定する装置の開発を目指し、特許取得に至っております(特許第6174965号)。近年の歯科臨床教育は、実際の患者さんを対象とした教育の実現が困難となりつつあるため、歯科臨床教育の新しいカタチとして、模型に圧力センサを埋め込み、各種歯科技能を行った際に加わる圧力変化値を機械学習・深層学習することで、技能評価に繋げるシステムの開発を行い、特許出願に至っております(特願2020-119183)。臨床現場でのニーズに基づいた機器開発を目指して研究活動を行ってきました。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

・とろみ度測定装置及びとろみ度測定方法 特願2022-148576

黒瀬 雅之, 齊藤 桂子, 森川 和政, 熊谷 美保, 木鋪 大樹, 佐藤 俊一

・持ち運び可能な小型とろみ食品粘度計の開発

松尾小百合, 齊藤桂子, 加藤哲也, 黒瀬雅之

地域ケアリング 26(13) 44-47 2024年12月

・新しいとろみ食品粘度計の開発

松尾 小百合, 齊藤 桂子, 加藤 哲也, 黒瀬 雅之

アグリバイオ(食品物性と構造) 8(10) 46-49 2024年8月

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

岩手医科大学病態生理学分野ホームページ (公財)JKA研究助成

<https://iwate-oralphysio.net/contents/jka/index.html>

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 岩手医科大学歯学部(イワテイカダイガクシガクブ)

住 所: 〒020-3694

岩手県紫波郡矢巾町医大通1-1-1

担 当 者: 教授 黒瀬 雅之 (クロセ マサユキ)

担 当 部 署: 生理学講座・病態生理学分野(セイリガクコウザ・ビョウタイセイリガクブンヤ)

E - m a i l: kurose@iwate-med.ac.jp

U R L: <https://iwate-oralphysio.net/>