

<研究課題> AIを用いた非侵襲的嚥下機能評価アプリケーション開発の研究

代表研究者 東京科学大学 脳神経外科 准教授 稲次基希  
共同研究者 東京科学大学 摂食嚥下リハビリテーション科 教授 戸原玄  
東京科学大学 脳神経外科 助教 阿部大数  
東京科学大学 摂食嚥下リハビリテーション科 助教 森豊理英子  
東京科学大学 医療・創薬イノベーション教育開発機構 特任教授 長谷武志

【抄録】

高齢者における、非接触型の嚥下機能評価アプリケーション作成を目的にした。

【研究1】喉頭の挙動に着目して計測した。嚥下障害患者では、嚥下時間が長く、喉頭挙上量が大きい傾向を認めた。一方で、頸部皮膚にたるみが大きい高齢者、喉頭隆起の突出が目立ちにくい女性、がんなどにより喉頭の外科的切除をした患者などでは、評価が困難であり、喉頭隆起移動以外の特微量が重要と思われた。

【研究2、3】頸部側面における皮膚の移動量は正中よりも精査等に影響されにくく、頸部側面皮膚変形が嚥下機能評価指標として使用できる可能性があった。

【考察】今後サンプルサイズを増やし、機械学習を用いることで、計測点の貼付も不要とする予定である。またVFの結果とあわせて、より高度な解析を適用する必要がある。ただし、頸部側面皮膚変形は精査や患者背景に影響しない特微量である可能性が示唆されている。

1. 研究の目的

1-1 研究の背景

高齢者における誤嚥性肺炎予防は、高齢化を迎えた日本において喫緊の課題である。フレイルを含めた嚥下機能を評価し、適切なリハビリテーションを含めた治療介入、介護体制の構築が重要であるが、現実的には嚥下造影検査や嚥下内視鏡検査などの侵襲的検査が主体であり、特に潜在的な患者ほど検査を受ける機会がなく、正確な評価は困難である。したがって、高齢者が容易に自分の嚥下機能を、非侵襲的に評価できる方法が望まれる

1-2 本研究の目的

本研究の最終目標は、スマートフォンに搭載可能な、非接触型嚥下評価アプリケーションを開発することである。日常的な嚥下動作を自宅で非侵襲的に、嚥下障害の有無や重症度を評価可能なアプリケーションを目指す。

誰もが自力で簡易的に嚥下機能を測定できれば、治療介入が必要な高齢者が、誤嚥性肺炎や窒息事故などを発生する前に、病院受診などが可能となる。また、このようなアプリケーションが存在すれば、客観的に治療やリハビリテーションの経過を評価することも可能であり、診断ツールとしても使用できる。特に必ずしも専門的な検査や医師が常駐しないような施設に

おいても使用が可能であれば、必要な人だけを専門施設受診を迅速に促すことができる。

このように嚥下障害を非侵襲的に、かつ簡易的にスクリーニングできれば、誤嚥性肺炎を発症する前に予防的に治療を行うことが可能となり、高齢者の生命予後の改善につながることを期待される。

本助成期間では、嚥下障害の患者および正常者の嚥下動作の撮影を行い、動画撮影のみで嚥下障害の特微量を抽出する方法を検討した

2. 研究1 喉頭の挙動に着目した計測

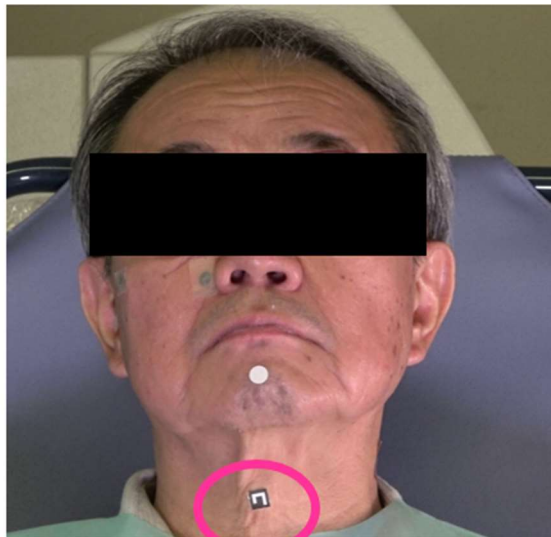
2-1 方法

嚥下造影検査(VF)を行う嚥下障害患者12名に対して、喉頭隆起にマーカーを張り付け、喉頭の挙動を3台のVIDEO方向より計測した。マーカーの移動距離と嚥下機能との相関を評価した。

なお健常者も4名測定したが、この際にはVFは施行しなかった



図 1：測定風景



喉頭挙上量計測マーカ

図 2：マーカー（シール）を喉頭隆起に貼布

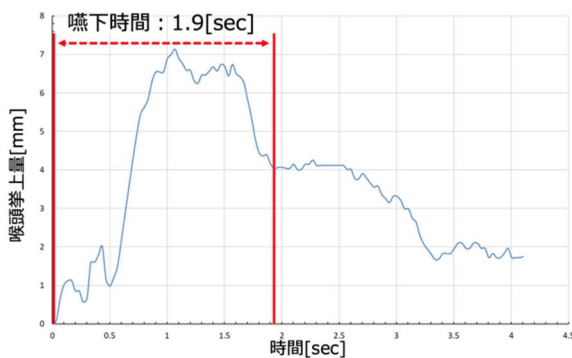


図 3：マーカーの挙動を計測

## 2-3 結果

嚥下障害のない健常患者に比べ誤嚥リスクの高い喉頭侵入や不顕性誤嚥の患者は、嚥下時間が長く、かつ喉頭挙上量が大きい傾向を認めた。

。このことは喉頭隆起の計測により、一定程度嚥下機能の評価が可能であることを示唆していた。

一方で、・頸部皮膚にたるみが大きい高齢患者、喉頭隆起の突出が目立ちにくい女性患者、がんなどにより喉頭の外科的切除をした患者などでは、評価が困難な傾向にあった。したがって、喉頭隆起の移動以外の特徴量を探ることが重要と思われた。

### 3. 研究 2 健常人における、頸部平面変形による計測

#### 3-1 方法

研究 1 の反省点より、喉頭隆起に限定した特徴量の抽出は困難と思われたため、頸部平面の変形そのものを評価すべく、図 4 のようにドットを頸部に描き、その中でも正中と外側のドットの動きに着目して計測、男女で比較した

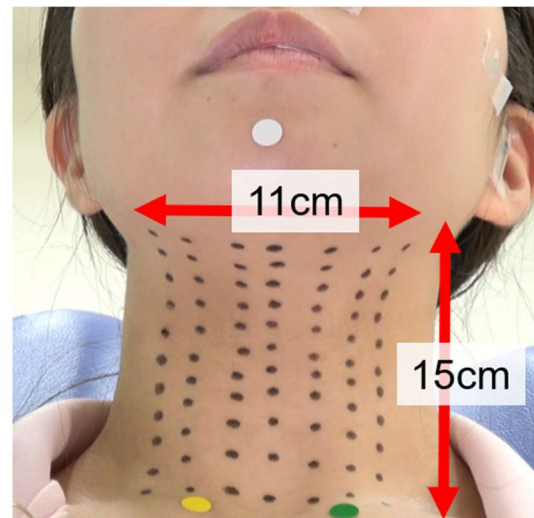


図 4：安静時の喉頭隆起部を正中とした際の 110×150mm 範囲に、約 70 点のマーカーを付与

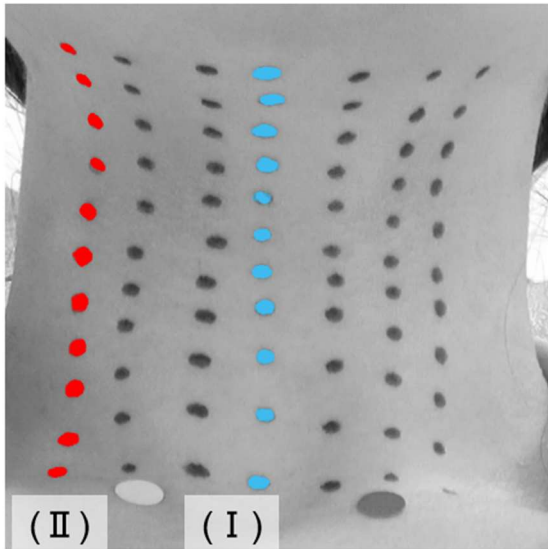


図 5：正中と外側の違いに着目

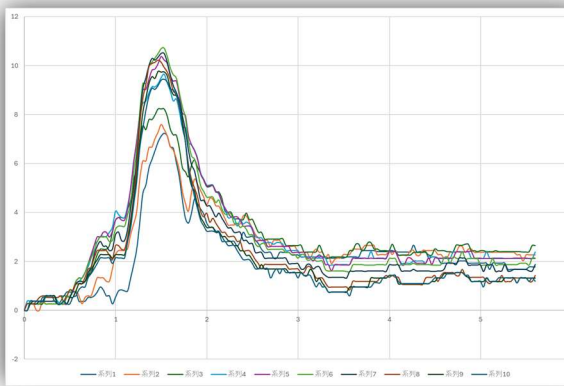


図 6： 各ドットの移動を測定  
3-2 結果

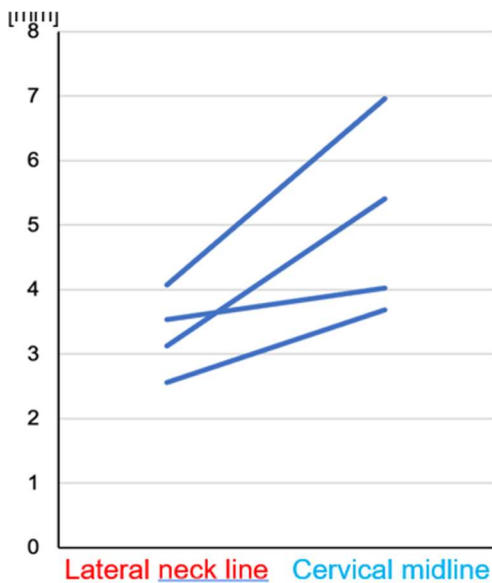


図 7：男性においては正中でより変化量が多い

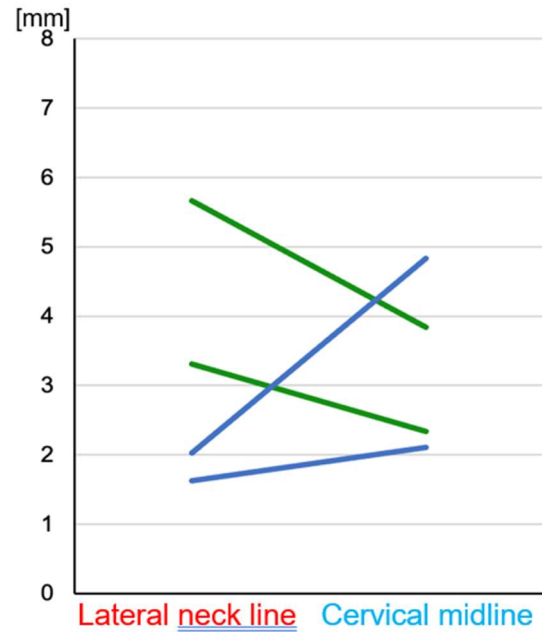


図 8：一方女性では、正中での変化量は個体差も大きく、むしろ外側で安定して評価可能なことが示唆された。  
これらからは、喉頭隆起よりも外側頸部の皮膚移動に着目することで、精査にかかわらない安定した計測が可能と思われる。

#### 4. 研究 3 患者を用いた頸部側面皮膚変形による測定

##### 4-1 方法

研究 2 を踏まえて、頸部外側の皮膚にドットを描き、この移動量を中心にして、嚥下障害患者 2 名にて測定を行った

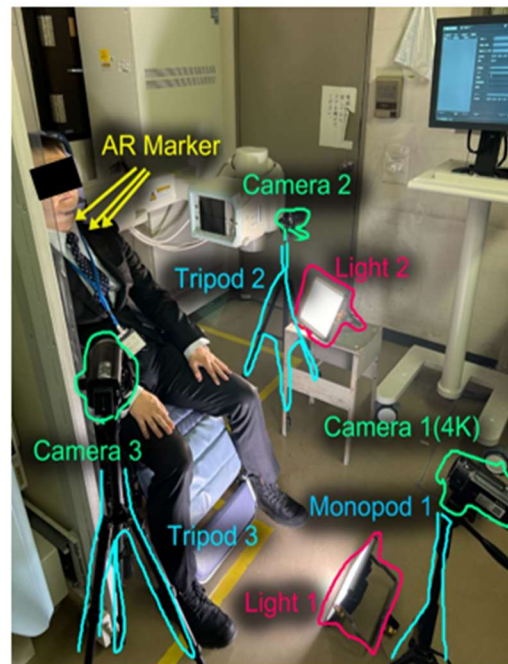


図 9：測定風景

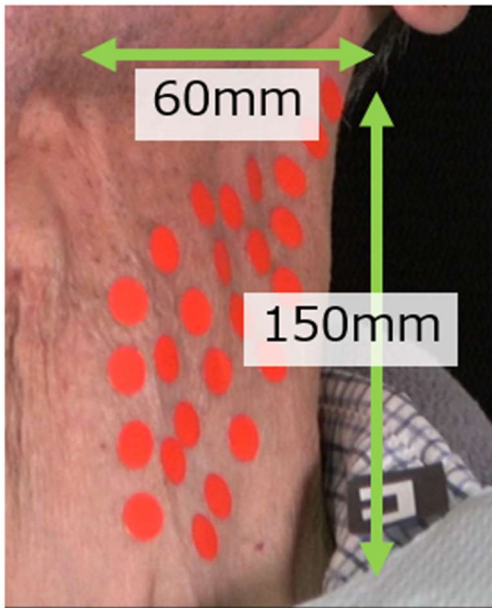
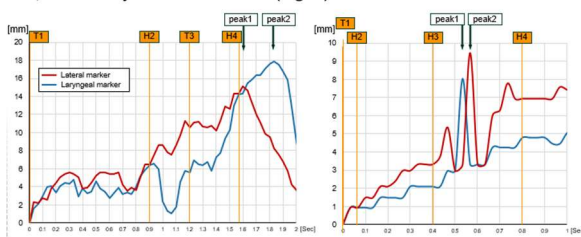


図 10：実際のマーカー

#### 4-2 結果



2名の患者共に、前頸部マーカーは舌骨の再上昇後にピークに達し、嚥下イベントとマーカーの動きとの関連を認めた。

#### 5. 今後の課題

頸部側面皮膚変形が嚥下機能評価指標として使用できる可能性がある。今後サンプルサイズを増やし、機械学習を用いることで、計測点の貼付も不要とする予定である。またVFの結果とあわせて、より高度な解析を適用する予定である。

#### 6. 研究成果の公表方法

本助成により、下記学会にて発表を行った  
 ・山田愛花, 森豊理英子, 肥後智行, 阿部大数, 中川量晴, 稲次基希, 戸原玄, 荒船龍彦: ビデオカメラと機械学習を用いた嚥下機能定量評価システム 日本老年歯科医学会 第36回学

術大会 令和7年6月27-29日 千葉

・山田愛花, 森豊理英子, 肥後智行, 阿部大数, 中川量晴, 稲次基希, 戸原玄, 荒船龍彦: 嚥下機能別における嚥下造影検査と喉頭ビデオ映像の同時解析システム 第64回日本生体医工学会大会 2025年6月5-7日 福井

・山田愛花, 森豊理英子, 肥後智行, 阿部大数, 中川量晴, 稲次基希, 戸原玄, 荒船龍彦: 頸部における多点マーカーと画像処理を用いたビデオ映像からの嚥下機能可視化システム第40回ライフサポート学会大会・LIFE2025 2025年8月27-29日 神奈川

・山田愛花, 森豊理英子, 肥後智行, 吹野恵子, 阿部大数, 中川量晴, 稲次基希, 秋田恵一, 戸原玄, 荒船龍彦: 頸部領域ごとにおける多点マーカーを使用したビデオ映像からの嚥下機能可視化システムの検討 日本生体医工学会関東若手研究者発表会 2025 2025年11月29日 神奈川

・山田愛花, 森豊理英子, 肥後智行, 吹野恵子, 阿部大数, 中川量晴, 稲次基希, 秋田恵一, 戸原玄, 荒船龍彦: 微小多点マーカーとオプティカルフローを用いた喉頭嚥下動作領域の画像分類 ライフサポート学会第35回フロンティア講演会 2026年3月9-10日 東京

・Aika Yamada, Rieko Moritoyo, Tomoyuki Higo, Daisu Abe, Kazuharu Nakagawa, Motoki Inaji, Haruka Tohara, Tatsuhiko Arafune. Development of a Swallowing Visualization System from Video Images Using Multipoint Markers on Skin Surface and New Image Processing. 第31回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会 2025年9月20日横浜

・Rieko Moritoyo, Aika Yamada, Kazuharu Nakagawa, Tomoyuki Higo, Daisu Abe, Motoki Inaji, Tatsuhiko Arafune, Haruka Tohara. Pilot Study: Innovative Swallowing Function Analysis Using Visual Tracking of Multi-Point Skin Dot. ESSD 2025 15th Annual Congress, Athens, Greece 7-11, Oct, 2025

以上

# Development of a Non-Invasive Evaluation System of Swallowing Function

## Primary Researcher:

MOTOKI INAJI (Associate Professor, Department of neurosurgery, Institute of science Tokyo)

## Co-researchers:

HARUKA TOHARA (Professor, Department of Dysphagia Rehabilitation, Institute of science Tokyo)

RIEKO MORITOYO (Assistant Professor, Department of Dysphagia Rehabilitation, Institute of science Tokyo)

DAISU ABE (Assistant Professor, Department of Neurosurgery, Institute of science Tokyo)

TAKESHI HASE (Professor, Center for Education in Healthcare Innovation, Institute of science Tokyo)

The aim of study was pilot study for the development a non-invasive and non-contact system for evaluation of swallowing function.

[Study 1] We focused on laryngeal movement. In patients with dysphagia, there was a tendency for longer swallowing times and larger laryngeal elevation. On the other hand, in elderly people, women and post neck-surgery patients, detection of laryngeal movement was difficult. [Studies 2 and 3] The amount of skin movement on the lateral side of the neck was less affected by patients' conditions compared to the midline skin movement.

【Discussion and Conclusion】 These results suggested that lateral neck skin movement and deformation could potentially be used as an indicator for swallowing function. We plan to increase the sample size and use machine learning, to apply more advanced analysis.