

# 嚥下内視鏡検査における AI診断補助システムの開発

福島県立医科大学医学部 耳鼻咽喉科学講座

准教授 今泉 光雅

共同発明者

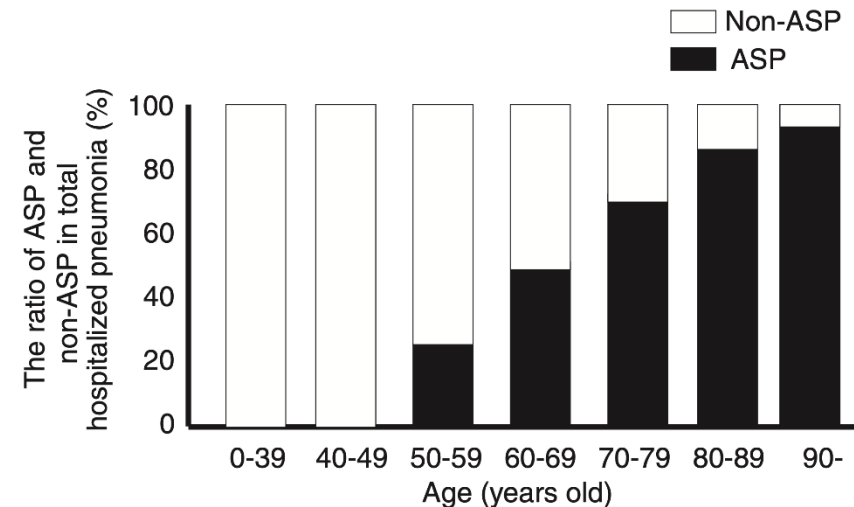
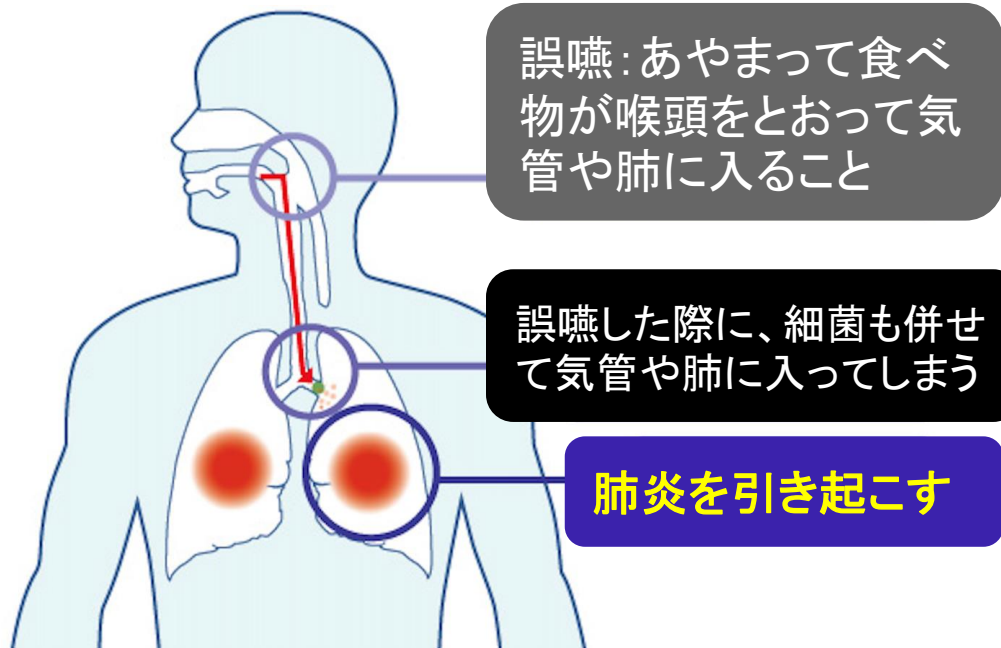
東京科学大学 総合研究院 M&Dデータ科学センター AI技術開発分野

教授 朱欣

2024年11月19日

# 臨床的背景1

高齢者肺炎の原因の多くが、誤嚥であると報告されている。さらに高齢者の寝たきりの原因となるフレイル状態からの改善において、嚥下障害による経口腔的な栄養摂取困難が大きな問題となる。



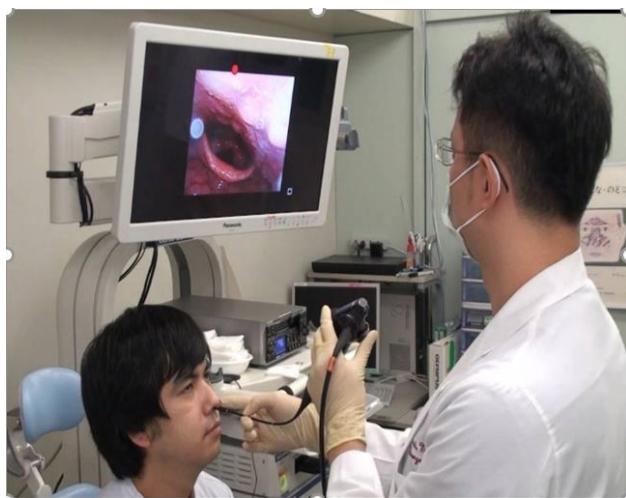
年齢とともに誤嚥性肺炎の割合が増加

Teramoto S, Journal of the American Geriatrics Society (2008).

## 臨床的背景2

高齢者のQOL維持のためには、誤嚥や嚥下障害の適切な診断を基盤とした早期発見、嚥下調整食やリハビリテーション導入等の早期介入が必須である。

嚥下障害の適切な診断において、在宅や高齢者施設でも実施可能な信頼性の高い嚥下内視鏡検査の重要性が報告され (Imaizumi et al.2020)、嚥下障害の診療ガイドライン上も必須検査と位置づけられている。

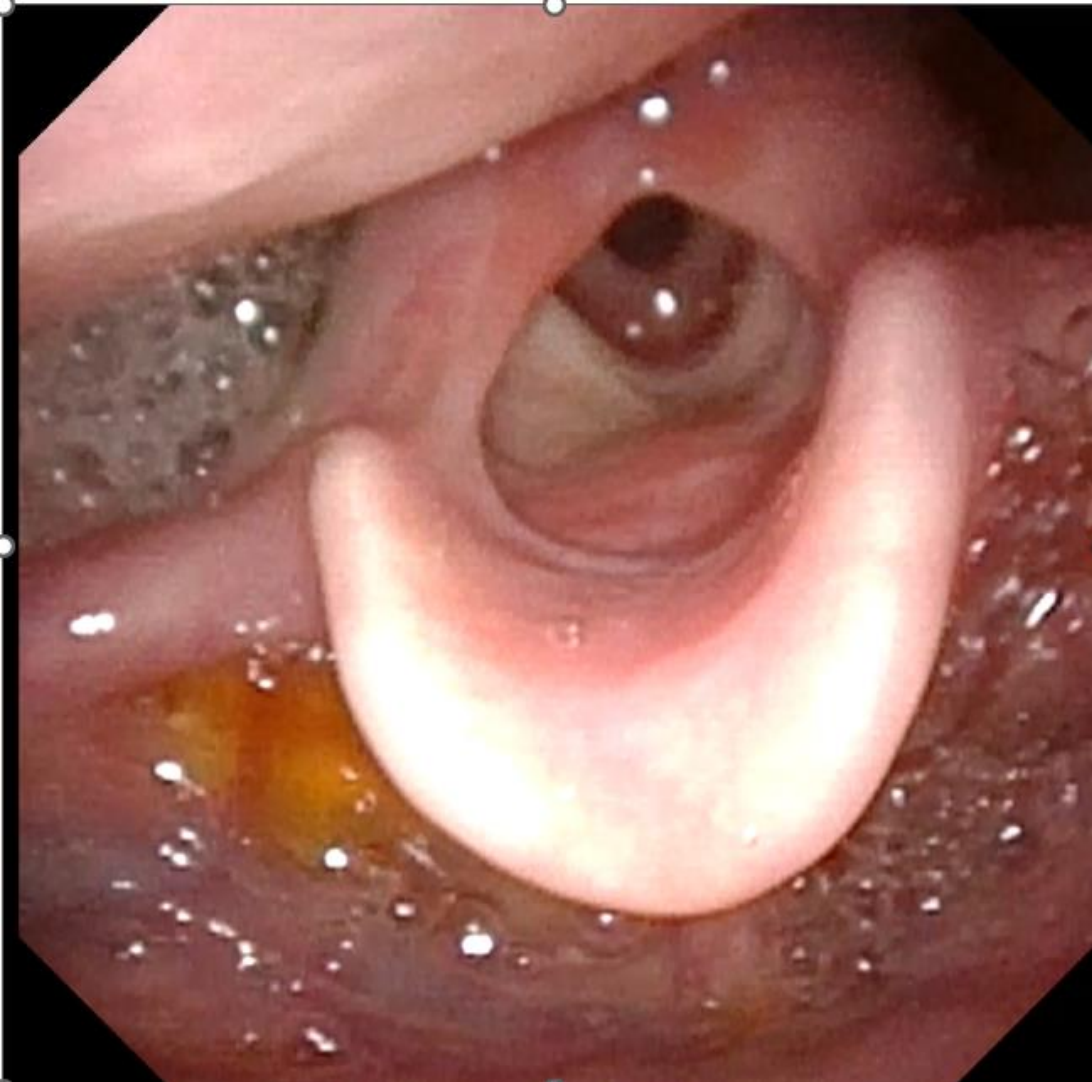


実際の嚥下内視鏡検査



様々な内視鏡システム

# 従来技術：誤嚥検出



嚥下内視鏡検査



嚥下造影検査

## 従来技術とその問題点

嚥下内視鏡検査は、場所を選ばず比較的手軽に実施可能であるが、検査者の技術や経験により評価結果に差異が生じる事が問題となっている(Imaizumi et al.2023)。

嚥下内視鏡検査の他に、既に実用化されている正確な嚥下評価方法が嚥下造影検査である。しかしながら、比較的規模が大きく高価となってしまうX線透視室に移動して検査する必要がある。加えて検査実施時間に応じた被爆も伴う。



X線透視室

# 嚥下診療における誤嚥診断の重要性

誤嚥の有無の正確な評価により、診療がどうかわるのか？

実際に誤嚥を認めている対象者に対して

- 誤嚥有りと評価→

現状では誤嚥性肺炎にいたる危険性が高いため、食止めや食形態の変更、同時に嚥下リハビリテーション導入

- 誤嚥が無いと評価してしまった→

現状のまま誤嚥性肺炎に至る危険性が高い

本来であれば予防できた可能性がある誤嚥性肺炎を発症させてしまう！



# 嚥下診療における誤嚥診断の重要性1

嚥下内視鏡検査実施時、特に経験の乏しい評価者において診断補助システムを導入することにより

- 誤嚥性肺炎の発症を減らせる可能性  
→嚥下内視鏡検査AI診断補助にて若手医師の喉頭侵入・誤嚥の評価正確度がそれぞれ78.9%→89.5%、87.1%→93.4%と改善したことを報告 (Imaizumi, Zhu et al. 2024)。

## 誤嚥性肺炎を15%以上減少できる可能性

※喉頭侵入：誤嚥の前段階の状態。誤嚥性肺炎には至っていないが更なる病状の進行により誤嚥性肺炎を発症するため注意が必要。

# 嚥下診療における誤嚥診断の重要性2

嚥下内視鏡検査実施時、特に経験の乏しい評価者において  
診断補助システムを導入することにより

- 高齢者の入院の予防や入院期間の短縮、それに伴う絶食  
や抗菌薬の投与を避けることができる

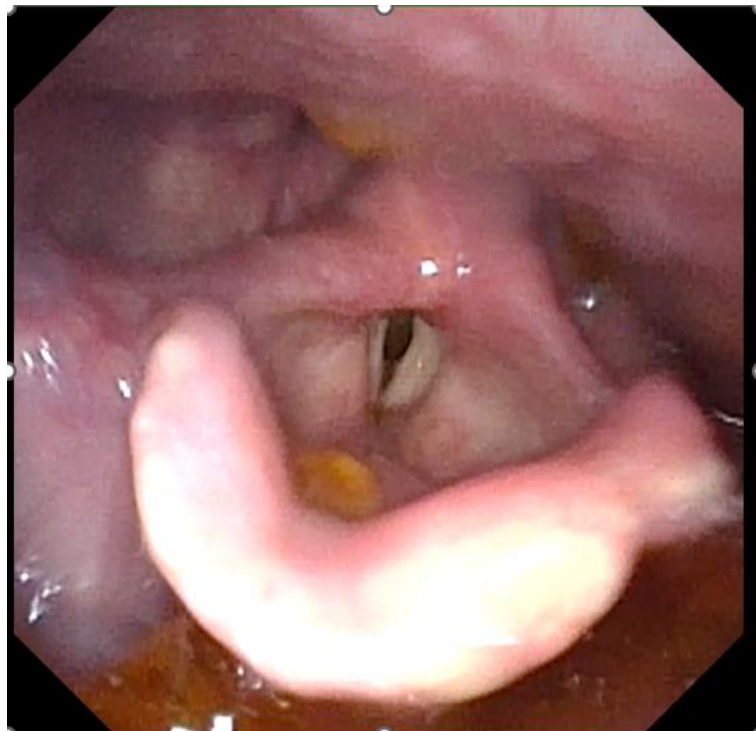
→誤嚥性肺炎で一ヶ月入院し、絶食・抗菌薬管理を2週間実施した費用  
入院基本料:11550円/日×30日=346500円 抗菌薬:14日×3237  
円=45318円 中心静脈栄養:挿入手技料21450円+(管理料1400  
円+実際の輸液2120円)×14日=80530円 **合計472348円**

誤嚥性肺炎を予防し医療費削減に大きく寄与できる可能性

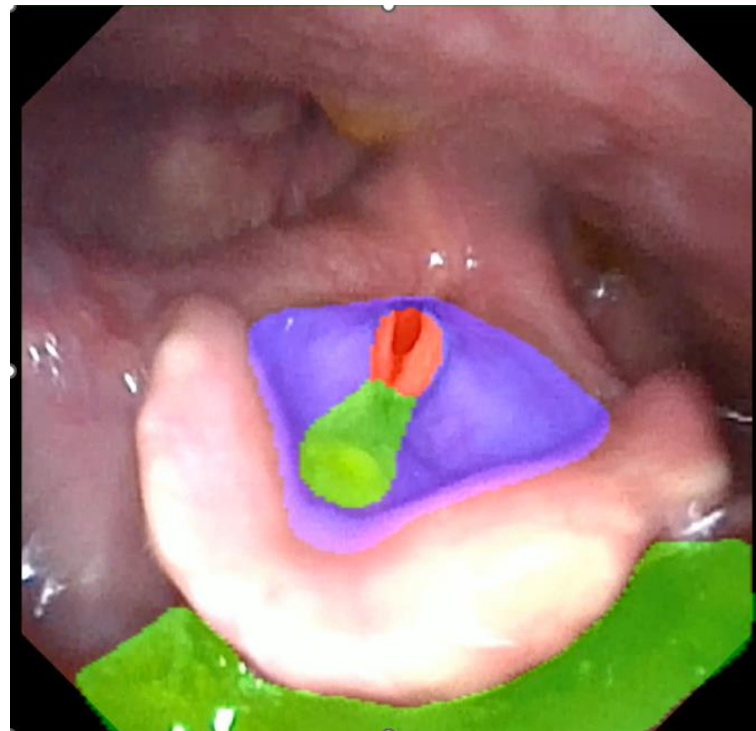
**誤嚥の有無・重症度を適切に診断することにより、誤嚥性肺炎の発症予防や介入が可能となり、患者QOLの向上だけでなく、医療費削減にもつながる！**



# 嚥下内視鏡検査AI診断補助の開発



AI診断補助なし



AI診断補助あり

内視鏡所見を下記の如く自動的に色づけし診断補助

喉頭内：喉頭侵入エリアとして青色

声帯～気管内：誤嚥エリアとして赤色

検査食(ゼリー)：緑色

## これまでの開発成果

- これまでに我々が報告した嚥下内視鏡検査AI診断補助の診断精度は、専門医と同等の検出能を達成(喉頭侵入 92.5%, 誤嚥 92.5%)している (Imaizumi, Zhu et al. 2022) 。 その技術の応用により嚥下内視鏡検査の問題点であった、経験の乏しい評価者の内視鏡評価の正確度を改善することに成功した(Imaizumi, Zhu et al. 2024) 。
- しかしながら、嚥下運動は動的であり即時評価が困難であったため、録画済みビデオへの応用に限られていた。

# 本技術の構成

## 解析ツール1

咽喉部解剖構造・検査食をリアルタイムで自動的に検出

## 解析ツール2

内視鏡画像から深さ情報を推定し、誤嚥の有無を自動的に検出

## 解析ツール3

内視鏡ビデオを解析し、嚥下動作のビデオクリップから誤嚥の重症度を自動的に評価

# 本技術の特徴・応用

クリニックや老人施設等で  
非専門医や歯科医が利用

## 解析ツール2

ビデオから抽出した画像を解析し、**誤嚥の有無を自動的に検出**

ビデオ解析アルゴリズムによる**誤嚥の有無および重症度の自動解析**

## 解析ツール3

嚥下内視鏡検査による**誤嚥の検出や嚥下機能評価**

嚥下障害

誤嚥

嚥下障害および誤嚥疑い

## 解析ツール1

画像セグメンテーションアルゴリズムによる**検査食および重要な解剖構造の検出**

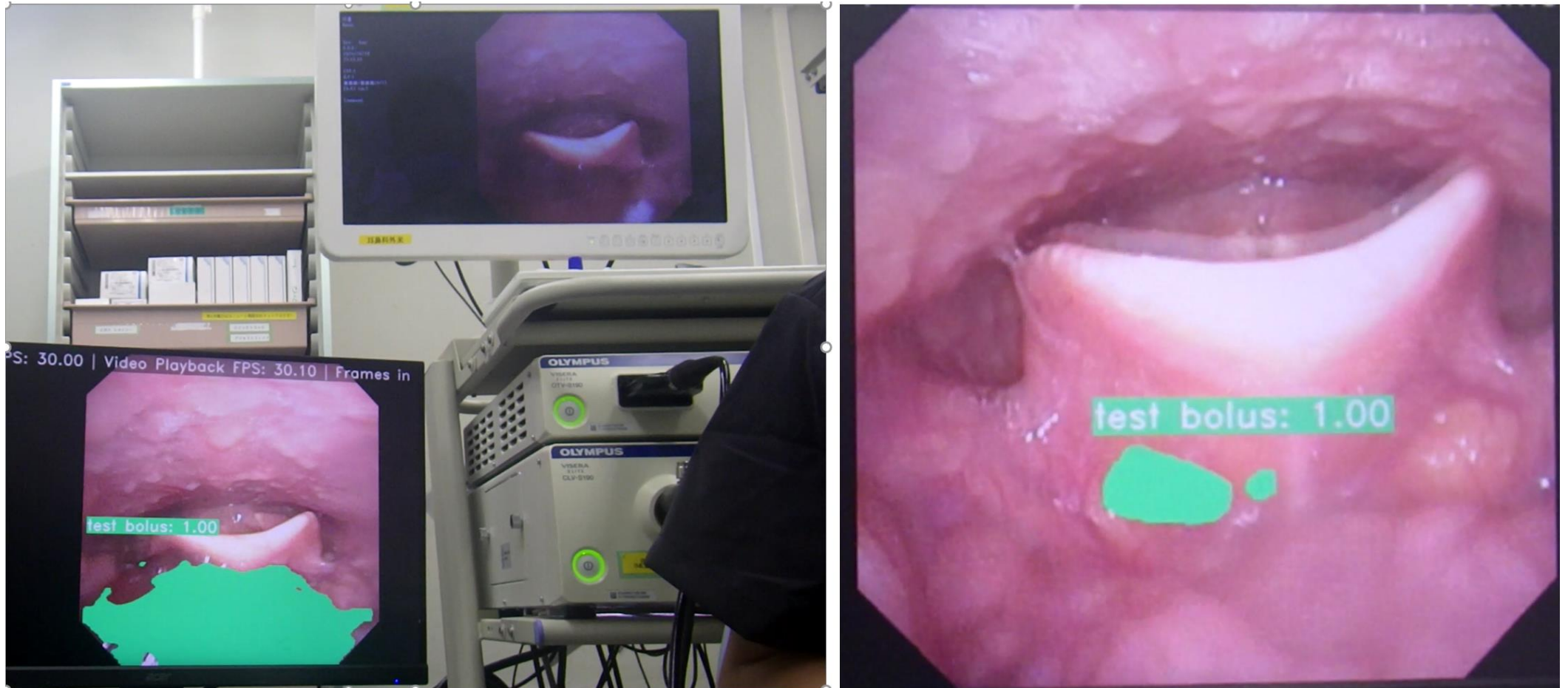
検査者が目視でセグメンテーション済のビデオを活用してより**正確に嚥下機能を評価し、誤嚥の有無を確認する**

病院やクリニックで、嚥下診療に従事する医師が診断の補助に活用

## 本技術の特徴

- インスタンスセグメンテーション（物体を個別に認識し区分化すること）技術を向上させ、リアルタイムでの嚥下内視鏡検査の評価が可能となった。
- 本技術の適用により、録画後のビデオを評価するのではなく検査中にその場で即時的な評価が可能となるため、嚥下障害患者へのタイムラグのない適切な介入が容易となる。
- 技術的にオンラインでの導入も可能であり、専門医不足が問題となる地域や遠隔地への応用が期待される。

# 本技術の実際



検査食(自動的に緑に着色)をリアルタイムで検出

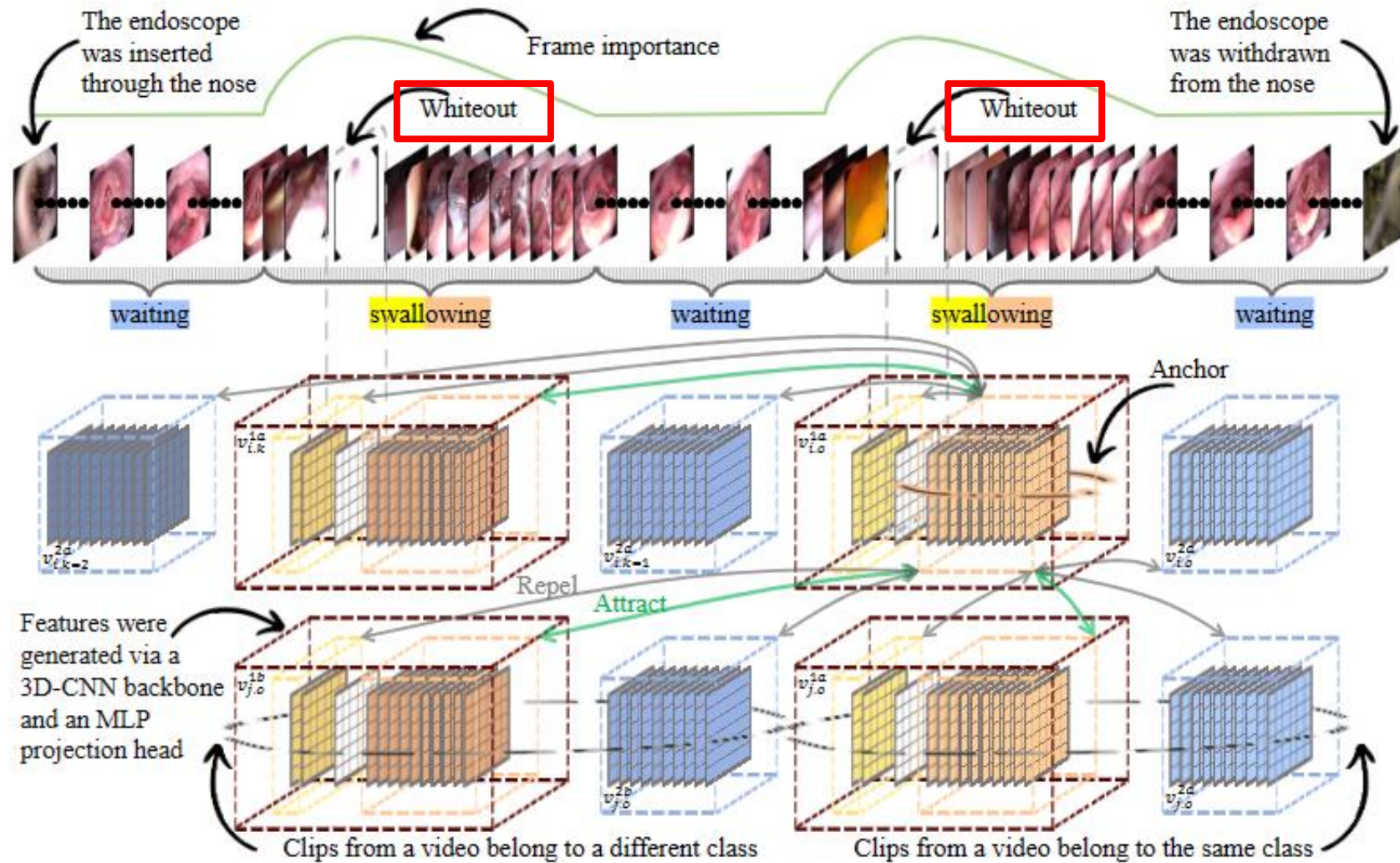


# 本技術の実際：学習による検出精度の変化



学習させていない粥は認識されない(着色されない)

# 本技術の実際：解析ツール2.3



White out (嚥下時に内視鏡画面が白くなること)を  
起点とし、誤嚥の有無や重症度を自動で判定する

# 本技術の実際：解析ツール2.3

		PREDICTED			Total
		PAS	1	2-5	
ACTUAL	1	6(6)	0(0)	0(0)	6
	2-5	1(1)	4(5)	1(0)	6
	6-8	0(4)	2(2)	4(0)	6
	Total	7(11)	6(7)	5(0)	18

誤嚥の重症度分類：Penetration-Aspiration Scale (PAS) を応用

1	正常	喉頭侵入なし
2	喉頭侵入	喉頭侵入するが声門に達することなく嚥出可能
3		喉頭侵入するが声門に達せずに嚥出不可
4		声門に達する喉頭侵入を認めるが嚥出可能
5		声門に達する喉頭侵入があり、嚥出不可
6	誤嚥	声門下まで食塊が入るが嚥出可能
7		声門下まで食塊が入り、咳嗽するも気道から嚥出不可
8		声門下まで食塊が入り、嚥出しようとする行動が見られない

1：正常

2-5：喉頭侵入(軽症)

6-8：誤嚥(重症)

**解析ツール2.3を用いた自動診断の正答率**

**誤嚥の有無：91.7%(11/12)**

**誤嚥の重症度：77.8%(14/18)**

## 想定される用途

- 即時的な診断補助が可能かつ誤嚥の有無、重症度分類等の自動診断結果が得られるため、経験の乏しい評価者には導入メリットが大きいと考えられる。
- 大腸内視鏡診断支援AIを、K721内視鏡的大腸ポリープ・粘膜切除術において用いた場合、60点を所定点数に加算する形で保険収載されることとなったが、まずは同様の応用を目指す。
- 本開発は学習・推論「プログラム」であるため、オンラインでの遠隔地診療補助の導入も期待できる。



## 実用化に向けた課題

- 外部出力が可能な嚥下内視鏡システムであれば容易に導入でき、録画済みの内視鏡ビデオについての高精度な評価が可能のところまで開発済みである。
- 実用化および一般化に向け、内視鏡関連企業との連携体制を構築し、臨床試験を実施する必要がある。
- 今後、連携企業製の内視鏡を用いたデータを取得・学習し、臨床応用のための条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、誤嚥や嚥下障害の検出精度を更に高め、診断正確度を100%に近づける必要もある。

## 企業への期待

- 本技術は、AI診断補助システム（プログラム）を通常の嚥下内視鏡検査に付加するのみであるため、高い安全性が保証されている。
- 実用化のためには、内視鏡関連企業との連携体制を構築し、臨床試験を実施する必要がある。
- 内視鏡機器開発の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、嚥下診療用機器を開発中の企業、AI分野への展開を考えている企業にも、本技術の導入は有効と思われる。



## 企業への貢献、PRポイント

- 本技術導入により、多くの医師や評価者の診断精度を向上させることが可能であり、内視鏡関連企業の売り上げにも貢献できると考えている。
- 本技術は学習プログラムであることより、連携企業製の内視鏡を用いた追加学習を行うことで、更なる嚥下評価精度の向上がもたらされる。
- 開発者は日本耳鼻咽喉科学会、日本嚥下医学会において、全国の医師を対象とした嚥下内視鏡検査講習会の講師に選ばれている。本技術導入にあたっての実技指導が各地で可能。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 嚥下内視鏡検査の補助装置
- 出願番号 : 特願2024-137878
- 出願人 : 公立大学法人会津大学、  
公立大学法人福島県立医科大学
- 発明者 : 朱 欣、今泉 光雅

# お問い合わせ先

公立大学法人福島県立医科大学  
医療研究推進課

TEL : 024-547-1791

FAX : 024-581-5163

e-mail : [liaison@fmu.ac.jp](mailto:liaison@fmu.ac.jp)