

原 著

舌写真を用いたディープラーニングによる口腔衛生状態の客観的評価

服 部 景 太<sup>1)</sup> 横 矢 隆 二<sup>1)</sup> 友 藤 孝 明<sup>2)</sup>  
勝 又 明 敏<sup>3)</sup> 藤 原 周<sup>1, 4)</sup>

Objective assessment of oral hygiene using deep learning  
with tongue photographs.

HATTORI KEITA<sup>1)</sup>, YOKOYA RYUJI<sup>1)</sup>, TOMOFUJI TAKAAKI<sup>2)</sup>,  
KATSUMATA AKITOSHI<sup>3)</sup>, FUJIWARA SHU<sup>1, 4)</sup>

口腔衛生管理は、口腔内だけでなく気道感染予防の改善のために重要であり、介護を行う家族や介護職員による口腔衛生管理の重要性は極めて高い。近年では、ディープラーニングの発展と共に、医療分野での人工知能研究が目覚ましく進んでいる。そこで、本研究では、スマートフォンで舌の画像を撮影し、ディープラーニングを応用した舌の汚れを客観的に評価するシステムの構築を目的とした。その結果、ディープラーニングによる口腔衛生状態の判定能力は、歯科医師による判定を基準として、感度 1.00、特異度 0.98、正確度 0.99 となった。このことから、スマートフォンで撮影した舌の画像をもとに、口腔衛生状態を客観的に評価する手法を確立できることが明らかとなった。

キーワード：口腔ケア，人工知能，舌画像

*Oral hygiene is important for the prevention of airway infection by family members and caregivers. In recent years, deep learning research in the medical field is developing. In this study, we aimed to establish a system that objectively evaluates tongue stains by capturing images of the tongue with smartphones. As a result, the ability of deep learning to judge the oral hygiene condition was 1.00 for sensitivity, 0.98 for specificity, and 0.99 for accuracy, based on the judgment by a dentist. These show that it is possible to establish an objective evaluation method for oral hygiene based on images of the tongue taken a smartphone.*

Key words : oral care, deep learning, tongue images

緒 言

我が国は超高齢社会を迎え、2025 年頃から医療だけでなく介護の必要性が大きく高まり<sup>1)</sup>、平成 27 年度の要介護者数は 608 万人で介護保険利用者は 512 万

人となっている<sup>2)</sup>。要介護者において、自身で十分な口腔健康管理ができず、低栄養や誤嚥性肺炎など日常生活機能を低下させるオーラルフレイルは、QOL を低下させる要因となる<sup>3)</sup>。また、認知症や生活環境などにより通院が困難になった患者への訪問歯科診療が

<sup>1)</sup> 朝日大学包括支援歯科医療部

〒 501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851

<sup>2)</sup> 朝日大学歯学部口腔感染医療学講座社会口腔保健学分野

〒 501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851

<sup>3)</sup> 朝日大学歯学部歯科放射線学分野

〒 501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851

<sup>4)</sup> 朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科補綴学分野

〒 501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851

<sup>1)</sup> Asahi University Comprehensive Support Dental Care Center  
1851 Hozumi Mizuho-city Gifu Japan 501-0296

<sup>2)</sup> Department of Community Oral Health, Division of Oral Infections and Health Science, Asahi University School of Dentistry  
1851 Hozumi Mizuho-city Gifu Japan 501-0296

<sup>3)</sup> Department of Oral Radiology Asahi University School of Dentistry  
1851 Hozumi Mizuho-city Gifu Japan 501-0296

<sup>4)</sup> Department of Prosthodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry  
1851 Hozumi Mizuho-city Gifu Japan 501-0296

(2022 年 8 月 8 日受理)

十分に行われていないことが、口腔衛生状態の悪化や口腔機能の低下に陥ることも危惧されている。

このことから、口腔健康管理は重要であるが、多くの場合、日常の口腔衛生管理は患者の家族や介護職員によることが多い<sup>4)</sup>。そして、家族や介護職員は、口腔衛生管理の重要性は認識しているが<sup>5)</sup>、口腔衛生環境がどの程度改善したのかを客観的に評価することは困難であり、口腔清掃の介助を負担に感じていることもある<sup>6)</sup>。

家族や介護職員が口腔清掃を行う際、身体的、心理的負担を考えると<sup>7)</sup>、口腔衛生管理の客観的な評価は、簡便に実施できることが望ましい。そこで、スマートフォンのような情報機器端末が、多く流通している現状や<sup>8)</sup>、嚥下後の口腔内の食物残渣の量が、舌の汚れより推測できることから<sup>9)</sup>、スマートフォンで撮影した口腔内、特に舌の画像を口腔衛生状態の評価に応用するこことした<sup>10-12)</sup>。

さらに近年では、AIの技術革新が進み、その要素技術の1つであるディープラーニングの発展と共に、医療分野での人工知能研究が目覚ましく進んでいる。多量の画像データに含まれる対象となる物の潜在特徴を学習させることで、未知の画像を与えたときに、それが何であるのかを高い精度で判断することが可能となってきた<sup>13-23)</sup>。

本研究は、超高齢社会における口腔衛生管理の質を向上させるため、口腔清浄度の指標としての舌の汚れに注目し、舌の画像から口腔衛生管理の達成度を、ディープラーニングを用いて客観的に評価するシステムを構築することを目的とした。

### 材料および方法

#### 1. スマートフォンにて撮影した舌画像のセグメンテーションと色調補正

舌全体をスマートフォンにて撮影し、色調補正や距離補正を施した。続けて、舌画像のセグメンテーションを

行い、舌画像を抽出した。舌画像の撮影方法や画像の補正・加工方法に関しては、筆者の先行研究である「舌の画像による口腔清浄度の客観的評価」の方法<sup>24)</sup>に従って行った。

#### 2. ディープラーニングを応用した口腔衛生状態の評価

##### 1) 舌画像データベースの構築

朝日大学医科歯科医療センターが歯科訪問診療を担当している高齢者施設(6施設)および居宅で、定期的な口腔ケアを受けている患者のうち研究目的を説明して同意を得られた114人(男性52人、女性62人、平均年齢82.4歳)の口腔内写真を撮影した。撮影は口腔ケア施行前、および朝日大学包括支援歯科医療部口腔ケア基本マニュアル<sup>25)</sup>に基づいた口腔ケア施行後に撮影した。撮影にはスマートフォンを用い、研究者本人が撮影を行った。

撮影した舌画像の口腔衛生状態を、Tongue Coating Index (TCI)<sup>26)</sup>にて評価し、口腔衛生状態が良好なもの(TCIスコア0、舌苔を認めない)、および不良なもの(TCIスコア1,2、舌苔を認める)に分類した(図1)。

分類した舌の画像は舌の色調を再現する画像補正を施したうえで舌の領域をセグメンテーションしてコンピューターに保存し、ディープラーニングによる学習と評価に供した。

##### 2) ディープラーニング

歯科医師がTCIスコア分類した舌画像を、学習用とテスト用に無作為に分け、学習データでディープラーニングに学習させてテストデータで評価し、正解率を検討した。

ディープラーニングの計算時間を短縮するため、舌画像から舌中央部を100×100ピクセル大の正方形に抽出した(図2)。

データベースに収集した587枚の舌画像のうち、学

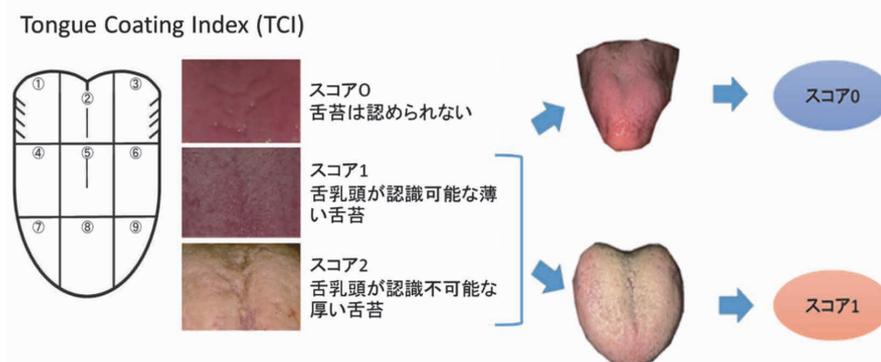


図1 Tongue Coating Index (TCI) と舌画像のスコア分類のチャート

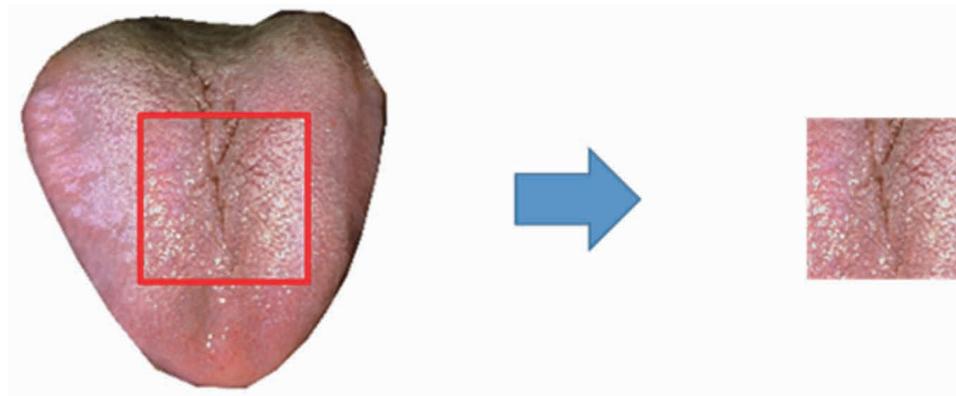


図2 舌画像中央部を100×100ピクセルで抽出

習 402 枚, バリデーション (学習教材検証用) 84 枚, テスト 101 枚としてデータセットを作成した。

人工知能環境は Neural Network Console (NNC, SONY, 東京) を用いた。ディープラーニングの学習・識別器は, NNC にテンプレートとして用意されている LeNet プロジェクトを用いた。ディープラーニングの学習とテストは, NNC の Structure Search 機能を用いてネットワーク構造を最適化して行った。用いたネットワーク構造を図3に示す。また, 本研究で用いたディープラーニングの主なパラメータを表1に表す。

なお, 本研究は朝日大学歯学部倫理審査委員会の承認を得ている (承認番号: 28033)。

### 結 果

402 枚の舌画像におけるディープラーニング学習曲線を図4に示す。繰り返し学習の進行で, 学習曲線のエラーが減少した。また, 歯科医師の判定を基準としたディープラーニングによる口腔衛生状態の判定結果を表2に表す。ディープラーニングによる口腔衛生状態を良好とする判定能力は, 感度 1.00, 特異度 0.98, 正確度 0.99 だった。

### 考 察

口腔衛生管理の維持や改善を必要とする患者の舌の汚れを把握することは重要である。なかでも普段のホームケアで, どの程度の口腔内清浄度が変化したのかを簡便に判定するシステムを構築することは解決すべき大きな課題の一つである。しかし, 舌の色調や表面性状は, さまざまな要因で変化するため, どのような色調が正常あるいは異常であるのかを規定することは困難であった<sup>27, 28)</sup>。そこで先行研究<sup>24)</sup>では, 舌の色調を再現する写真撮影および画像補正方法の検討を行い, 舌の色調として妥当と推測される色調の範囲

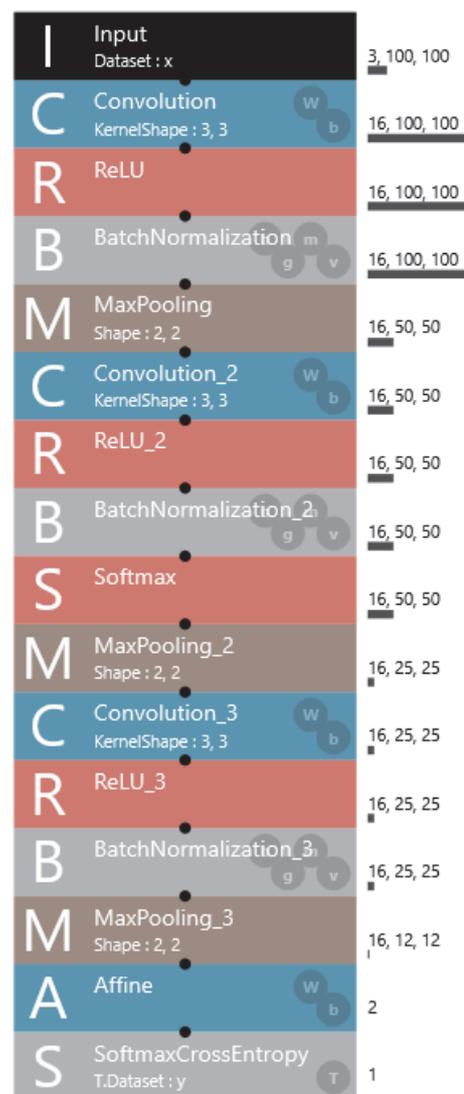


図3 舌画像の評価に用いたディープラーニングのネットワーク構造

表1 ディープラーニングのパラメータ

分類クラス	2
畳み込み層カーネルサイズ	3.3
プーリング層カーネルサイズ	2.2
Max Epoch	30
Batch size	10

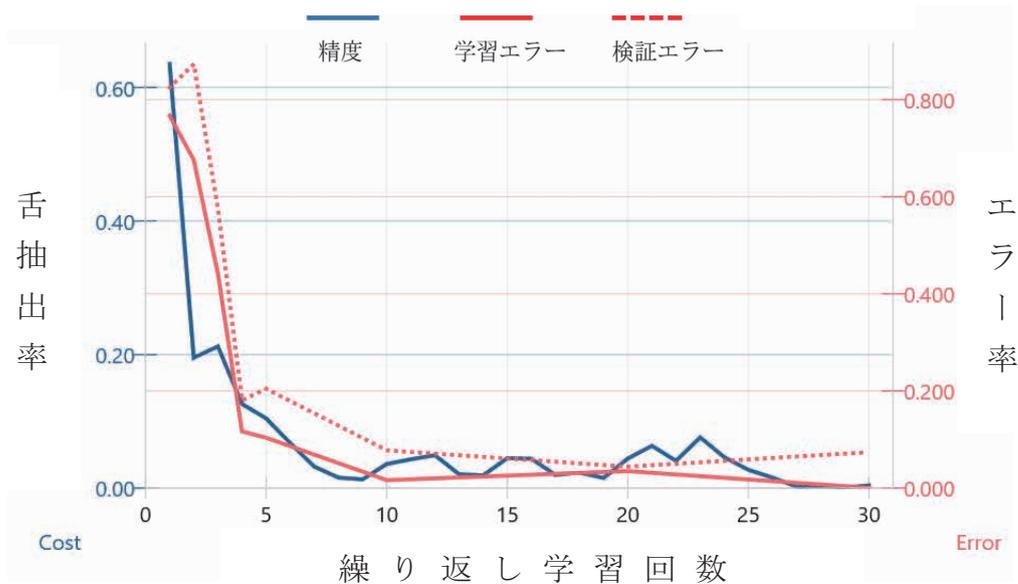


図4 ディープラーニングの学習曲線

表2 ディープラーニングによる口腔衛生状態の判定能力の評価

口腔衛生状態 (TCI分類による)		ディープラーニングの判定		
		良好	不良	
歯科医師 の判定	良好	59	1	60
	不良	0	41	41
		59	42	101

(枚)

Sensitivity (感度) = 1.00  
 Specificity (特異度) = 0.98  
 Accuracy (正確度) = 0.99

を舌色チャートとして規定した。そして、評価対象の舌の表面で、舌全体の面積のうち、どの程度舌色チャートの範囲内にあるのかを示す舌抽出率で口腔衛生状態を評価することに成功した。

本研究では、再現性が高く、観測者間の誤差が生じない客観的評価手法として、ディープラーニングを用いた口腔衛生状態の判定能力を評価した。この手法による舌画像の評価は、約99%の正確度と高認識率であることが分かった。一方、誤認識画像が発生する可能性として、舌写真の精度のばらつきが影響することも懸念された。特に対象者が要介護者の場合、舌運動の障害や意思疎通困難なケースが多い。そのような状況で口腔内写真を撮影する際、舌中央部の舌写真の撮影が困難となり、画像補正処理の限界を超えて舌写真の精度が低下する可能性がある。したがって、舌の抽出領域を中央部だけでなく、舌尖部においても同様の結果となるのか、さらなる検討を加えて今回の結果を判断する必要がある。しかし、本手法により、歯科医療従事者以外の者でも口腔ケアの達成度の客観的評価が、時間や場所を選ばず可能となる。これにより日常的に介護を行う者のホームケアの手技の精度や、達成度の可視化ができることから、ホームケア方法の改善に大きく寄与すると予想される。本手法の確立により口腔ケアの精度が高まれば、患者のQOLの向上へのさらなる貢献が期待できる。

## 結 論

舌写真撮影を用いたディープラーニングによる口腔衛生状態の客観的評価について検討した。その結果は、以下のとおりである。

1. 先行研究の撮影方法と画像補正手法により構築されたデータベースで機械学習を行うことは可能であった。
2. ディープラーニングを用いた舌画像の評価で、高い認識率を示した。

以上の結果から、ディープラーニングを応用すれば、スマートフォンで撮影した舌の画像をもとに、口腔衛生状態を客観的に評価する手法を確立できることが明らかとなった。

## 引用文献

- 1) 岩佐康行. 地域包括ケアシステムに歯科が参加するために一過去の会員発表を整理して一. 老年歯科医学雑誌. 2021; 36: 8-12.
- 2) 厚生労働省. 令和元年(2019)人口動態統計. [https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei19/dl/10\\_h6.pdf](https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei19/dl/10_h6.pdf) (2021年5月2日アクセス)

- 3) 片桐美由紀. 多職種連携による食支援とネットワークづくり. 老年歯科医学雑誌. 2021; 36: 13-16.
- 4) 森戸光彦, 山根源之, 櫻井薫, 羽村章, 下山和弘, 柿木保明. 老年歯科医学. 2016; 243-250.
- 5) 東京都. 福祉保健医療政策部医療政策課. 介護保険施設等における口腔ケア等実態調査(2009). [https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryo/iryo\\_hoken/shikahoken/mokuhyo/iihatokyo.files/5.pdf](https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryo/iryo_hoken/shikahoken/mokuhyo/iihatokyo.files/5.pdf) (2021年8月27日アクセス)
- 6) 磯部彩香, 松田悠平, 秋房住郎. 介護職員における口腔清掃介助の実施状況と介護負担感との関連. 日本歯科衛生学会雑誌. 2021; 15: 19-28.
- 7) 小原由紀. 在宅介護家族における口腔ケアの提供状況ならびに介護負担感との関連. 日本公衆衛生学会総会抄録集. 2020; 79: 390.
- 8) 総務省. 情報通信白書. 令和3年度情報通信機器の保有状況. <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd242110>. (2022年2月1日アクセス)
- 9) Kimori H, Nakagawa Y, Yamamoto K and Ohshima T. Establishing the cut-off point for the candida swab test for daily oral care in dry mouth patients. 歯薬療法. 2009; 28: 17-24.
- 10) 水口俊介, 津賀一弘, 渡邊一典, 上田貴之, 田村文誉, 永尾寛, 古谷純一, 松尾浩一郎, 山本健, 金澤学, 渡邊裕, 平野浩彦, 菊谷武, 櫻井薫. 高齢期における口腔機能低下学会見解論文. 老年歯学. 2016; 31: 81-99.
- 11) 厚生労働省. 医療施設(静態)調査・病院報告の概況2014. 厚生労働省 統計情報白書.
- 12) Chalmers J, King P, Spencer A, Wright F and Carter K. The oral health assessment tool - validity and reliability. *Aust Dent J*. 2005; 50: 191-199.
- 13) Hu M, Cheng M and Lan K. Color correction parameter estimation on the smartphone and its application for automatic tongue Diagnosis. *J Med Invest*. 2016; 40: 18.
- 14) Hu M, Lan K, Fang W, Huang Y, Ho T, Lin C, Yeh M, Raknim P, Lin Y, Cheng M, He Y and Tseng K. Automated tongue diagnosis on the smartphone and its applications. *J Med Invest*. 2019; 174: 51-64.
- 15) 太田雄大, 中口俊也, Bochko V. テクスチャと色特徴を用いた機械学習による舌苔抽出. 信学技報. 2017; 118: 332-335.
- 16) 有地淑子, 有地榮一郎, 勝又明敏, 村松千佐子, 藤田広志. 人工知能ディープラーニングによる歯科画像診断支援の研究について. 第1回歯科画像診断における人工知能ディープラーニングの活用例. 日本歯科評論. 2020; 927: 148-150.
- 17) 有地淑子, 木瀬祥貴, 野澤道仁, 西山雅子, 船越拓磨, 有地榮一郎. 人工知能ディープラーニングによる歯科画像診断支援の研究について. 第2回パノラマエック

- ス線画像での診断におけるディープラーニング. 日本  
歯科評論. 2020 ; 928 : 156-158.
- 18) 有地淑子, 福田元気, 村松千佐子, 栗田千亜紀, 森瑞  
穂, 有地榮一郎. 人工知能ディープラーニングによる  
歯科画像診断支援の研究について. 第3回歯科パノラ  
マエックス線画像での顎顔面領域疾患の自動検出. 日  
本歯科評論. 2020 ; 929 : 140-142.
  - 19) 菊池元宏, 小山香菜子, 保坂京子, 加藤由紀子, 松山  
真理子, 朝田芳信. AIを用いた乳歯咬合面の画像解  
析について. 小児歯科学会誌. 2019 ; 57 : 253.
  - 20) 藤田広志, 福岡大輔. 医用画像のためのディープラー  
ニング入門編一. 初版. 東京: オーム社; 2019 :  
1-94.
  - 21) Hiraiwa T, Arijii Y, Fukuda M, Kise Y, Nakata K,  
Katsumata A, Fujita H and Arijii E. A deep-learning  
artificial intelligence system of assessment of root  
morphology of mandibular first molar on panoramic  
radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018; 3: 48.
  - 22) Kuwada C, Arijii Y, Fukuda M, Kise Y, Fujita H,  
Katsumata A and Arijii E. Deep learning systems for  
detecting and classifying the presence of impacted  
supernumerary teeth in the maxillary incisor region  
on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral  
Pathol Oral Radiol.* 2020; 130: 464-469.
  - 23) Fukuda M, Arijii Y, Kise Y, Nozawa M, Muramatsu C,  
Fujita H, Katsumata A and Arijii E. Comparison of 3  
deep learning neural network for classifying between  
the mandibular third molar and the mandibular canal  
radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral  
Radiol.* 2020; 130: 336-343.
  - 24) 服部景太, 横矢隆二, 勝又明敏, 藤原周. 口腔清浄度  
の客観的評価. 岐阜歯科学会誌. 2018 ; 45 : 91-95.
  - 25) 朝日大学包括支援歯科医療部. 朝日大学包括支援歯  
科医療部口腔ケア基本マニュアル. [https://www.  
asahi-u.ac.jp/asahihosp/houkatsu-k/pdf/](https://www.asahi-u.ac.jp/asahihosp/houkatsu-k/pdf/) (2021年5  
月5日アクセス)
  - 26) 水口俊介, 津賀一弘, 池邊一典, 上田貴之, 田村文誉,  
永尾寛, 古屋純一, 松尾浩一郎, 山本健, 金澤学, 渡邊裕,  
平野浩彦, 菊谷武, 櫻井薫. 高齢期における口腔機能  
低下. 日本老年歯科医学雑誌. 2016 ; 31 : 81-99.
  - 27) 和辻直, 渡邊勝之, 篠原昭二. 舌形判定と証診断との  
関連性. 日本東洋医学雑誌. 2005 ; 56 : 141.
  - 28) 和辻直, 篠原昭二, 北出利勝. 舌の色特性—舌診に際  
して—明治鍼灸医学. 2002 ; 30 : 21-29.