

舌の写真撮影を用いた
ディープラーニングによる口腔衛生状態
の客観的評価

はっとり けいた
服部 景太

本論文は以下の論文をまとめたものである．

服部景太，横矢隆二，勝又明敏，藤原 周：舌の画像による口腔清浄度の客観的評価．岐阜歯科学会雑誌．2018；第45巻：91-95．

本論文の要旨は，第242回朝日大学大学院歯学研究科発表会（2020年12月16日，瑞穂）において発表した．本論文の一部は，第31回日本口腔リハビリテーション学術大会（2017年11月11-12日，東京），第34回日本口腔リハビリテーション学術大会（2020年11月7-8日，岐阜）において発表した．

緒 言

我が国の老年人口（高齢者人口）は，平成 27 年国勢調査の集計で 3346 万人となった¹⁾．高齢者人口は，年々増加を続け，急速な超高齢社会の進行が，疾病構造の大きな変化をもたらしている．例えば，65 歳以上の死亡原因で肺炎，誤嚥性肺炎の占める割合が増加している²⁾．また，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³⁾．

これらの状況下で，自身で十分な口腔健康管理ができず，嚥下機能を含む口腔機能低下を伴う疾患やフレイルを有する高齢者が増加している⁴⁾．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十分に行われていないことが問題となっている．このようなことから高齢者が口腔清掃不良の悪化や口腔機能の低下によるオーラルフレイル状態に陥ることも危惧されている．

口腔健康管理は，口腔内だけでなく口腔周囲組織の機能維持や誤嚥性肺炎を含む気道感染予防の改善のために重要である⁵⁻⁷⁾．特に，歯科医療従事者以外の，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^{8,9)}．

家族や介護職員が口腔清掃を行う際，口腔内が

どれほど汚れているのか，また普段のホームケアにより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重要である．医療従事者が，要介護者に対し，ORAL HEALTH ASSESSMENT TOOLのような評価シートを用いて口腔内評価を標準化することは喫緊の課題となる^{10,11)}．しかし，評価者の知識や技術の習得が，医療従事者以外では困難な場合が多い．

患者が口腔衛生管理における口腔ケアを受ける際，1日の回数や1回あたりの実施時間，患者の身体的，心理的負担を考えると¹²⁾，口腔ケア達成度の客観的な評価は，専門的な機材が必要なく，歯科的知識を持たない家族や介護職員が，時間や場所に制限されることなく，簡便に実施できることが望ましい．そこで，近年普及が著しいスマートフォンやタブレット端末のような情報機器で撮影した口腔内，特に舌の画像を口腔衛生状態の評価に応用する試みがなされている¹³⁻¹⁹⁾．また，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口腔衛生状態の評価に適している²⁰⁻²⁹⁾．

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

潜在的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（30-49）．

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，舌の画像から口腔ケアの達成度を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．そのために，先ず，再現性の高い舌の色調を確保するための撮影方法と画像補正方法を検討した．次いで，画像のディープラーニングを応用した舌の汚れの診断能力を評価した．

材 料 お よ び 方 法

1. 舌 の 色 調 を 再 現 す る 写 真 撮 影 お よ び 画 像 補 正 方 法 の 確 立

舌を異なった機材や照明で撮影し，舌の清浄度の定量測定に適する方法と画像処理について検討した．

1) 舌 の 写 真 撮 影

撮影機材はスマートフォン (iPhone 6s, Apple, Cupertino, USA) および口腔内撮影用デジタルカメラ (オーラルショット, モリタ, 京都, 以後デジタルカメラと略す) を用いた．被写体として, 口腔と舌の解剖学的構造を再現した口腔ケアモデル (セイケツ君, K15ME0003733, 京都科学, 京都) を用意した (図 1a)．画像の色調と拡大率の補正は, 画像補正カラーチャート (Casmach, ベアーメディック, 東京, 以後画像補正チャートと略す) を使用した (図 1b)．画像補正チャートの適切な貼付位置の検討は, 口腔ケアモデルの顔面上で左上, 右上, 左下, 右下の 4 か所, および口腔内での合計 5 か所に画像補正チャートを貼り付けて舌の画像を撮影した．

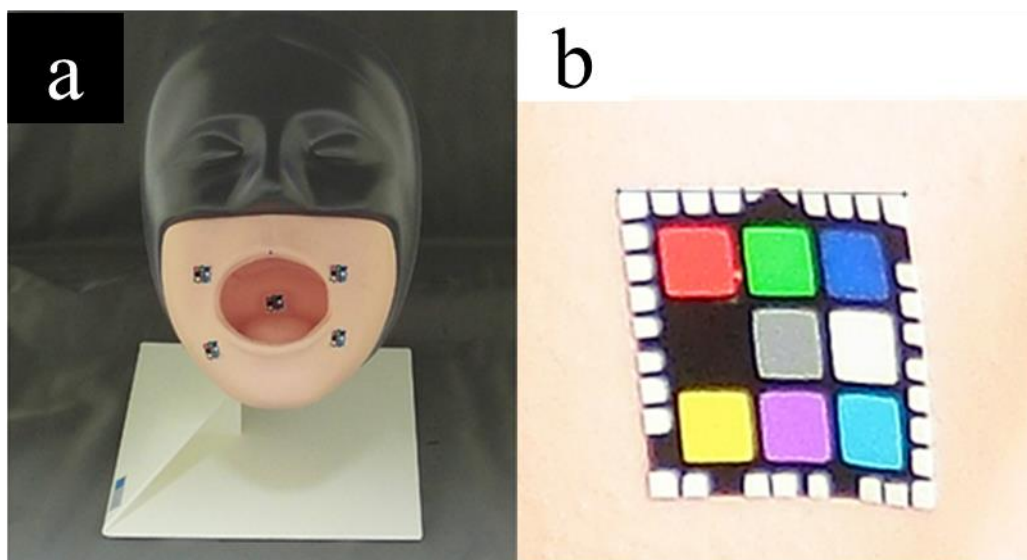


図 1 口腔ケアモデルおよび画像補正チャート

口腔ケアモデル (a) の口腔内 1 箇所および口腔外 4 箇所に画像補正チャート (b) を貼付した。

撮影は LED 照明下の室内とし，露光を自動設定として撮影機材のフラッシュライト有り無し両方の条件で撮影を行った．1 名の歯科医師が各条件で 1 回ずつ撮影した．

2) 画像処理と解析

撮影した画像は jpeg 形式でコンピューター (Dynabook, TOSHIBA, 東京) 上に保存した．画像処理と解析には，画像編集ソフトウェア (Photoshop, Adobe, San Jose, USA) を用いた．

画像補正チャートを用いて画像全体の色調を標準化した後，画像上で舌の領域を抽出 (セグメン

テーション) し (図 2 a) , 舌全体の面積を計測した (図 2 b) .

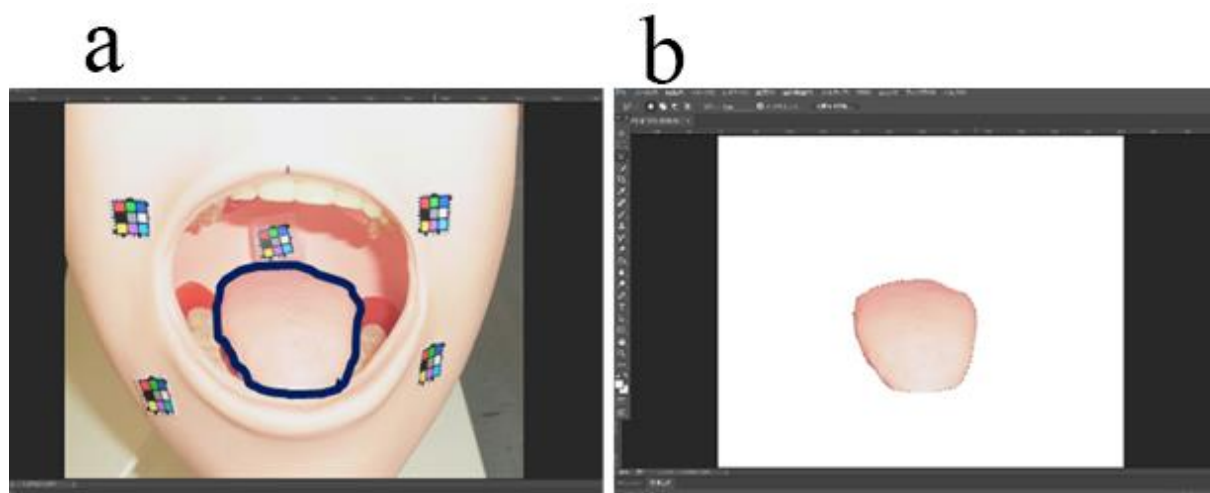


図 2 舌画像のセグメンテーション

舌の状態を色調の変化で定量的に評価のするため, 口腔ケアに熟練した歯科医師 1 名の経験をもとに, 汚れていない舌の色を再現した 6 段階の舌色チャートを考案した (図 3) .

舌全体の面積を計測し, 舌色チャートと同じ色域の面積が舌全体の何パーセントを占めるのかを表す舌面積抽出割合 (以後, 舌抽出率と略す) を計算して撮影法および画像処理の各条件の間で比較した .

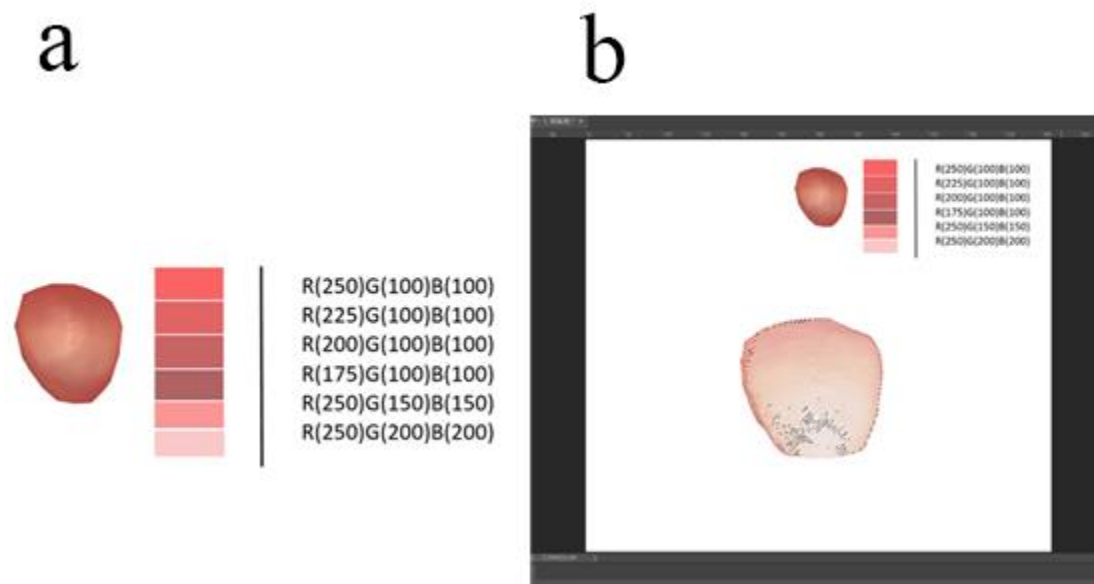


図 3 舌色チャート

チャートは汚れていない 6 段階の舌の色で作製した (a) . 舌セグメンテーション画像上での色域の指定と指定色面積の抽出 (b) .

舌抽出率は，以下の手順により求めた．

- (1) 画像補正チャート上の距離スケールを計算し，画像の拡大率を補正する．
- (2) 色調補正機能より白 (L, 93 : a, 0 : b, 0) 黒 (L, 58 : a, 0 : b, 0) グレー (L, 22 : a, 0 : b, 0) のカラーダイアログを設定する．
- (3) レベル補正機能より画像の画像補正チャートの白，黒，グレーを選択し，設定したダイアログで色調補正を行う．
- (4) 多角形選択ツールを用いて画像上の舌の領域を選択し，面積をピクセル (画素) 数として

計測する（図 2b）.

(5) 舌の画像上に舌色チャートを読み込み，色域指定による選択機能を用いて舌色チャートと同じ色の領域を抽出して面積（画素数）を測定する．

(6) 抽出した領域の面積を，(4)で計測した舌の面積で除し舌抽出率を求める．

3) 比較検討項目および統計処理

以下に示す撮影法および画像処理の条件の間で舌抽出率を比較した．

(1) デジタルカメラおよびスマートフォンによる撮影

(2) フラッシュライト使用の有無

(3) 画像補正チャートの貼付部位（5箇所）

統計処理は Mann-Whitney の U 検定もしくは Kruskal-Wallis 検定を用い，有意水準を 5 % とした．

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⁵⁰⁾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)⁵¹⁾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 4）．

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．

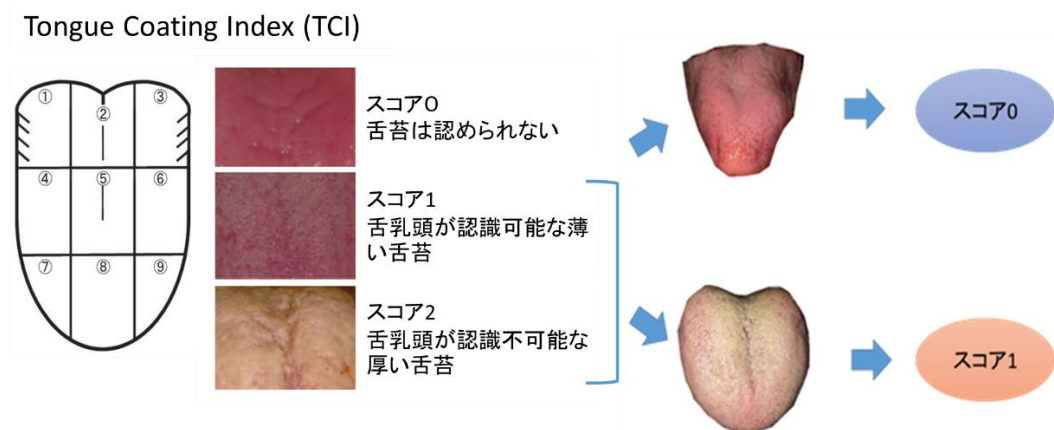


図 4 Tongue Coating Index (TCI) と舌画像のスコア分類のチャート

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5）．

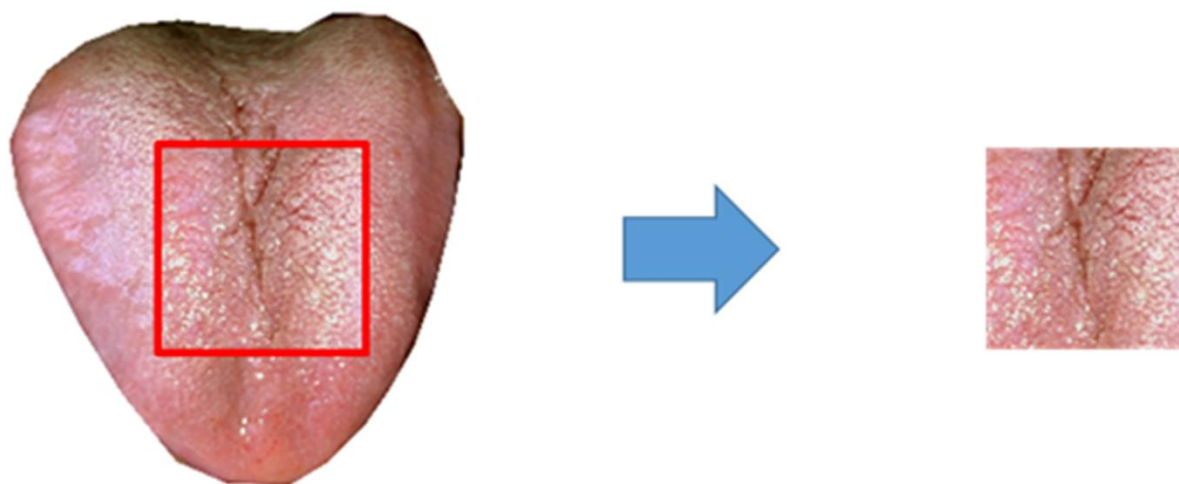


図5 舌画像中央部を 100×100 ピクセルで抽出

データベースに収集した587枚の舌画像のうち，学習402枚，バリデーション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

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 6 に示す。また、表 1 は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している。

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）

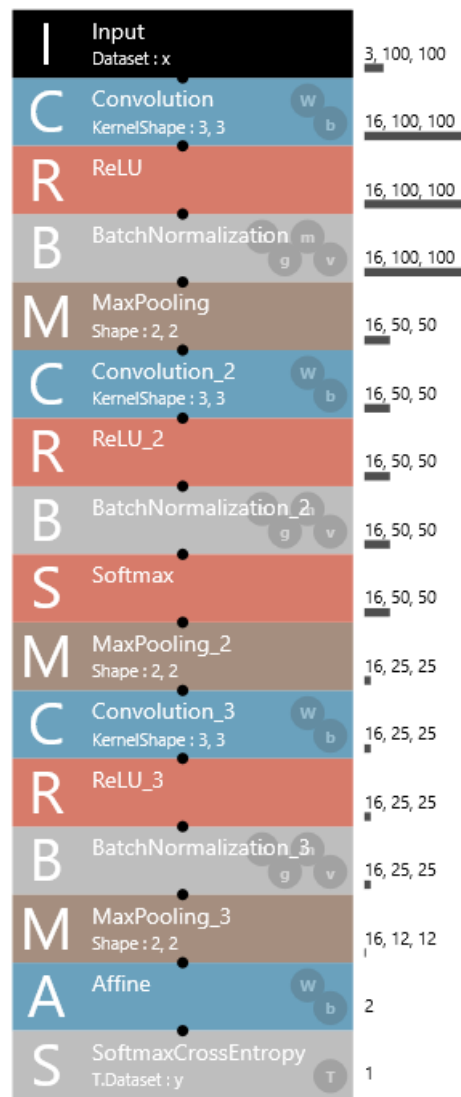


図 6 舌画像の評価に用いたディープラーニングのネットワーク構造

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
M a x E p o c h	30
B a t c h s i z e	10

結 果

1. 舌の色調を再現する写真撮影および画像補正方法の確立に関する結果

撮影の舌抽出率の平均は，デジタルカメラで 70.4 %，スマートフォンで 63.3 %の値を示し，撮影機材の違いによる有意差を認めなかった（図 7）．

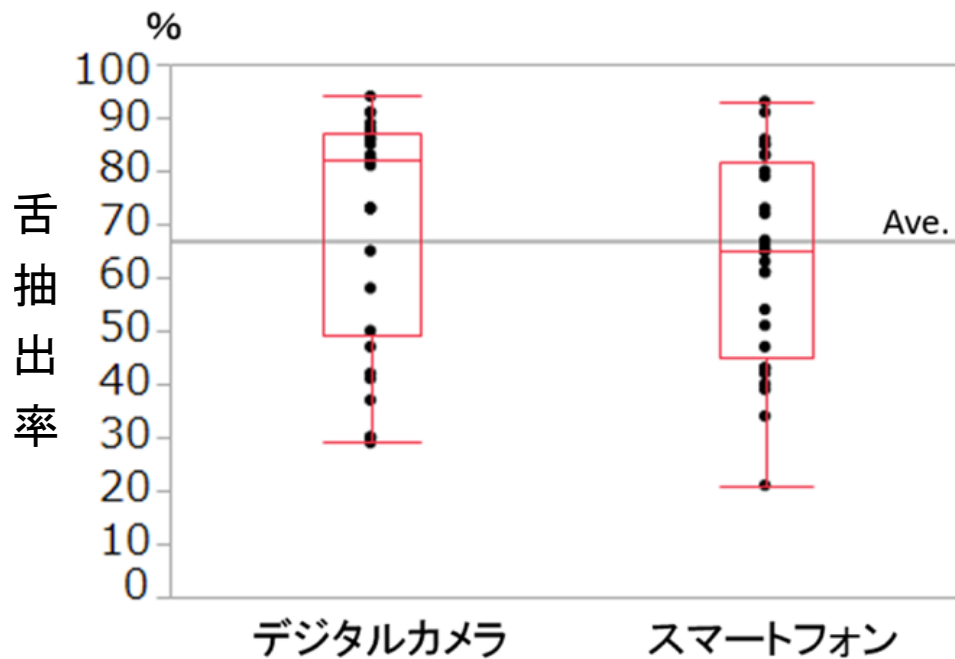


図 7 デジタルカメラとスマートフォンにおける舌抽出率

フラッシュライト使用の有無による舌抽出率の違いを図 8 に示す．スマートフォン撮影では，フラッシュライトを使用時の舌抽出率は 63.6 %で，

フラッシュライトを使用しなかった場合の 34.5 % と比べて有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。同様に , デジタルカメラ撮影の場合でも , フラッシュライト使用時の舌抽出率は 70.4 % と , フラッシュライトを使用しなかった場合の値である 31.9 % よりも有意に高くなった ($P < 0.05$)。

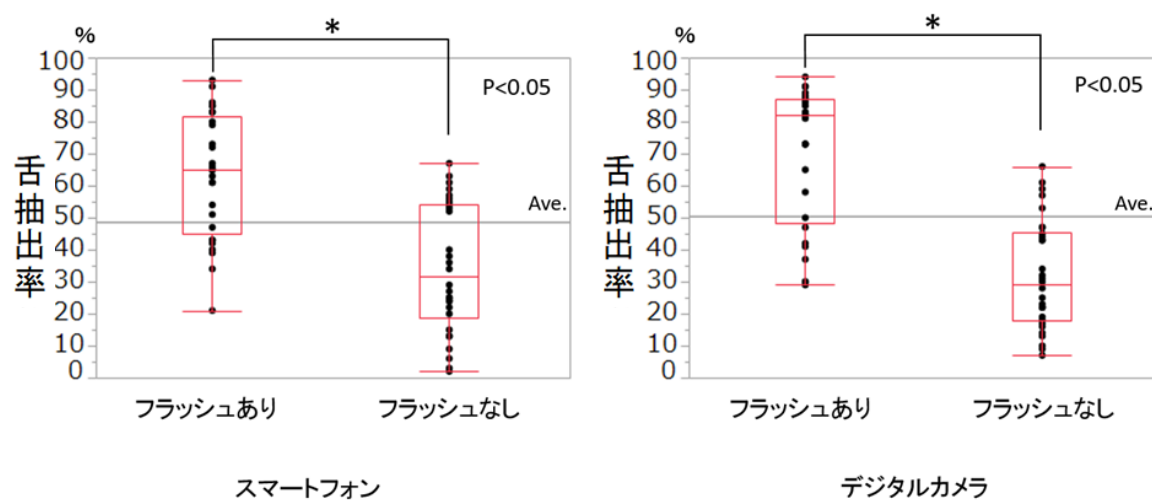


図 8 フラッシュの使用と舌抽出率

一方 , 画像補正チャートの貼付部位に関しては , 顔面あるいは口腔内のどの位置に貼付しても舌抽出率に大きな違いはなかった (図 9)。

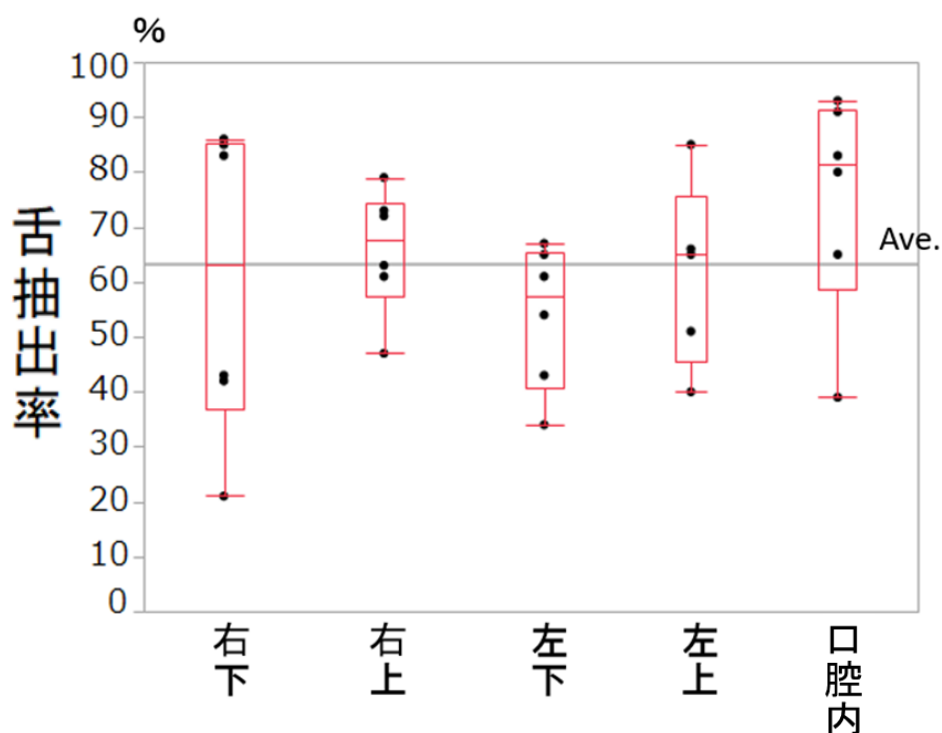


図 9 画像補正チャートの貼付部位と舌抽出率

2. ディープラーニングを応用した口腔衛生状態の評価に関する結果

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 10 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。

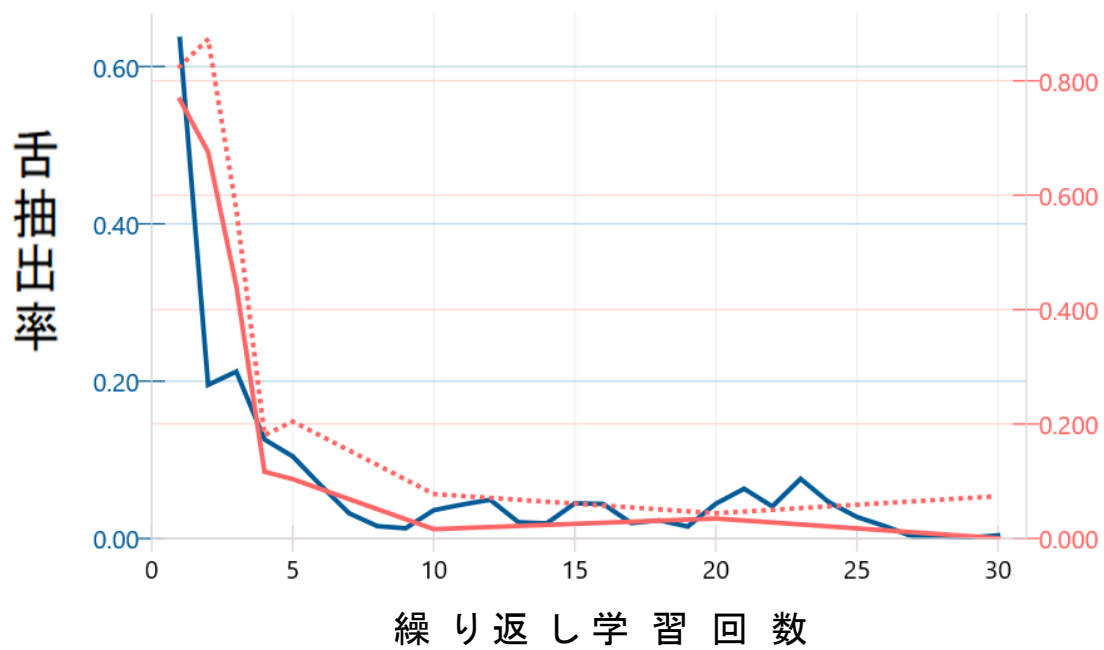


図 10 ディープラーニングの学習曲線

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

Sensitivity (感度) = 1.00

Specificity (特異度) = 0.98

Accuracy (正確度) = 0.99

考 察

本研究の目的は，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である．また普段のホームケアで，どの程度汚れの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である．しかし，舌の色調や表面性状は，さまざまな要因で差が大きく，どのような色調が正常あるいは異常であるかを規定することは困難である^{52,53)}．そこで舌の色調を再現する写真撮影および画像補正方法の研究では，舌の色調として妥当と推測される色調の範囲を舌色チャートとして規定し，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とした．

画像上の色調と実物の色調には乖離があることはよく知られている^{54,55)}．また，画像の拡大率は，撮影時に使用するズーム設定やレンズの種類，被写体との距離や角度によって変化する．そこで本研究は，画像補正チャートを使用することで，撮影した画像の色調と拡大率を補正することを試みた．その結果，舌を撮影する際，撮影する条件や場所により，明るさや影，色調のずれが生じるが，画像補正チャートを貼付した状態で撮影すること

で補正が可能であるが，一方，室内灯下においても，フラッシュライト撮影は必要であることが明らかとなった．そして，有意差を認めなかったものの，撮影時にフラッシュライトを用いるため，下唇側より上唇側に，さらに撮影機器のフラッシュライトの場所に近い鼻翼側に貼付した画像補正チャートの方が，画像補正時の補正量が少なくできる可能性があることが明らかとなった．さらに距離補正においても，下唇側に貼付した画像補正チャートでは，下顎骨の湾曲の影響を受け，正面からの撮影条件ではそれ自体が歪みのある像となるために補正量が大きくなっていた．また，下顎骨は開閉運動するため安定性が悪く，細かいブレも生じやすくなることから，画像補正チャートは鼻翼に設置するのが最適である．

撮影機材に関して，デジタルカメラとスマートフォンでは，ともにフラッシュライト撮影を行うことで，舌抽出率に差が生じないことが明らかになった．これは，スマートフォンのような情報端末を使用した簡便な口腔衛生状態評価システムの実現可能性を示すものである．

ディープラーニングを応用した口腔衛生状態の評価の研究では，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．ただ，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が懸念される．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写真を撮影する際，舌中央部の舌写真の撮影が困難になり，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．さらに，舌画像を TCI にて評価し，スコア別に振り分ける際の精度の不確実さも考慮するべきである．観測者によるふり分けを行う過程で，誤ったスコア分類となることを避けるため，複数人による観測を行い，ふり分けの精度をあげることや，トレーニング画像として境界上のスコアになる画像を除いて学習させること，そしてトレーニング画像の枚数を増やし，学習における誤差を小さくするような検討が必要であろう．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，時間や場所を選ばことなく可能となる．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，達成度の可視化が可能なことから，ホ

ームケア方法の改善に大きく寄与する．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

舌の写真撮影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、以下のとおりである。すなわち、

1. 舌写真の撮影機材として、スマートフォンはデジタルカメラと同等の性能であった。また、フラッシュライトの使用で舌抽出率は高くなった。
2. 画像補正チャートを貼付し、撮影した画像の補正を行うことで、様々な条件下での撮影に対応できることから、画像補正チャートは、舌画像の標準化に有効である。
3. ディープラーニングを用いた舌画像の評価で、高い認識率となった。

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を明らかにした。

引用文献

- 1) 総務省統計局．平成 27 年国勢調査人口等基本集計．
<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka/kihon1/pdf/gaiyou1.pdf> (2021 年 5 月 2 日アクセス)
- 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/d1/10_h6.pdf (2021 年 5 月 2 日アクセス)
- 3) 厚生労働統計協会．国民衛生の動向(2016/2017)．2016;63:99-102.
- 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) 今田千恵美．デイサービスにおける糖尿病患者への口腔ケアの効果 口腔ケアから始めた糖尿病対策の成果．日本歯科衛生学会雑誌．2016;11:85.
- 6) 米山武義，鴨田博司．口腔ケアと誤嚥性肺炎予防．老年歯学．2001;16:3-13.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) Finotto S, Bertolini G, Camellini R, Fantelli R, Formisano D, Macchioni G M and Mecugni D. Linguistic-cultural validation of the oral health assessment tool (OHAT) for the Italian context. *BMC Nurs*. 2020;19:7.
- 12) 宮川優加子, 佐々木里美, 豊島甲史郎, 鈴木清子, 口腔ケアの客観的評価に基づく効果. 日本リハビリテーション看護学会学術大会集録. 2005;17:48-50.
- 13) 和辻 直, 関真 亮, 篠原昭二, 北小路博司, 矢野 忠. 舌診・顔面診撮影システムの有用性と改良. 第26回バイオメディカル・システ

- ム学会次大会 講演論文集 . 2013;1:9-12.
- 14) 総務省 平成 26 年通信利用動向調査 .
- 15) 劉 維尼 , 椎尾 一郎 . TongueDx スマートフォンのための舌診システム . 情報処理学インタラクション . 2014;1:405-407.
- 16) Sancho F, Tsakos G, Brealey D, Boniface D and Needleman L. Development of a tool to assess oral health-related quality of life in patients hospitalized in critical care. *Qual Life Res.* 2020;29:559-568.
- 17) Chang W, Lo S, Kuo C, Wang Y and Hsiao H. Development of an intervention tool for precision oral self-care: Personalized and evidence-based practice for patients with periodontal disease. *PLoS ONE.* 2019;14:e0225453.
- 18) Song B, Sunny S, Uthoff D R, Patrick S, Suresh A, Kolur T, Keerthi G, Anbarani A, Wilder-Smith P, Kuriakose A M, Birur P, Rodriguez J and Liang R. Automatic classification of dual-modalilty, smartphone-based oral dysplasia and malignancy image using deep learning. *Biomed Opt Express.* 2018;9:5318-5329.
- 19) 中条 基雄 , 英保 武志 , 久保 茂正 , 長瀬 千秋 .

- 「画像補正用カラーチャート」を用いた舌診の客観化．日本東洋医学雑誌．2001;52:45-53.
- 20) Matsuda S, Ohno T, Fujisima I, Minakuchi S, Minami T, Nakamura H, Kometani T and Uematsu H. A new, easy and objective method of evaluating the total food residue after swallowing. 老年歯科医学雑誌．2005;20:17-24.
- 21) 張 立也．舌診の研究．埼玉医科大学雑誌．2003;30:29-45.
- 22) 和辻 直．ファジイ理論を応用した舌診断支援システムの構築と検証．明治鍼灸医学．2003;33:11-33.
- 23) 中村実里，小林大祐，宮川美由希，太田巳優，家原隆司，森 充教，棟居清峰，舟木宏直．舌診の客観化．東洋療法学校協会学会誌．2015;38:139-143.
- 24) 小山浩一郎．【舌診】～舌から診る患者さんの変化．歯界展望．2018;131:950-955.
- 25) Jung J C, Jeon J Y, Kim Y J and Kim H K. Review on the current trends in tongue diagnosis systems. *Integr Med Res*. 2012;1:13-20.
- 26) Li X, Zhang Y, Cui Qing, Yi X and Zhang Y. Tooth-marked tongue recognition using

- multiple instance learning and CNN features.
IEEE Trans Cybern. 2019;2:49.
- 27) Huang X, Zhang H, Zhuo L, Li X and Zhang J.
TISNet-enhanced fully convolutional network
with encoder-decoder structure for tongue
image segmentation in traditional Chinese.
Comput Math Methods Med. 2020;1:6029258.
- 28) 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.
- 29) 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.
- 30) 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.
- 31) 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.

- 32) 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 .
- 33) 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 .
- 34) 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 .
- 35) 荒木 和之 . AI ブームとコンピューター支援診断 (CAD) . 昭和学会誌 . 2019 ; 79 : 136-140 .
- 36) 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-. 初版 . 東京 : オーム社 ; 2019 : 1-94 .
- 37) Hiraiwa T, Arijima Y, Fukuda M, Kise Y, Nakata K, Katsumata A, Fujita H and Arijima E. A deep-learning artificial intelligence system of assessment of root morphology of mandibular

- first molar on panoramic radiography.
Dentomaxillofac Radiol. 2018;3:48.
- 38) Murata M, Arijii Y, Ohashi Y, Kawai T, Fukuda M, Funakoshi T, Kise Y, Nozawa M, Katsumata A, Fujita H and Arijii E. Deep-learning classification using convolutional neural network for evaluation of maxillary sinusitis on panoramic radiography. *Oral Radiol.* 2019;35:301-307.
- 39) Lee J, Kim D, Jeong S and Choi S. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Periodontal Implant Sci.* 2018;48:114-123.
- 40) Chen H, Zhang K, Lyu P, Li H, Wu J and Lee C. A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films. *Sci Rep.* 2019;9:38-40.
- 41) Vinayahalingam S, Xi T, Berge S, Maal T and Jong G. Automated detection of third molars and mandibular nerve by deep learning. *Sci Rep.* 2019;9:90-107.
- 42) 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.
- 43) Lee K, Jung S, Ryu J, Shin S and Choi J. Evaluation of transfer learning with deep convolutional neural networks for screening osteoporosis in dental panoramic radiographs. *J Clin Med*. 2020;9:392.
- 44) Fukuda M, Ariji Y, Kise Y, Nozawa M, Muramatsu C, Fujita H, Katsumata A and Ariji 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.
- 45) Hwang J, Jung Y, Cho B and Heo M. An overview of deep learning in the field of dentistry. *Imaging Sci Dent*. 2019;49:1-7.
- 46) Uthoff R, Song B, Sunny S, Patrick S, Suresh A, Kolur T, Keerthi G, Spires O, Anbarani A, Wilder-Smith P, Kuriakose M, Birur P and Liang R. Point-of-care, smartphone-based, dual-modality, dual-view, oral cancer screening

- device with neural network classification for low-resource communities. *PLoS ONE*. 2018;13:e0207493.
- 47) Saito Y, Yamada M and Hamamoto R. Development of a real-time endoscopic image diagnostic support system using deep learning technology in colonoscopy, -current status and future challenges-. *The 14th JA*. 2019;1:239.
- 48) You W, Hao A, Li S, Wang Y and Xia B. Deep learnig-based dental plaque detection on primary teeth: a comparision with clinical assessments. *BMC Oral Health*. 2020;20:141.
- 49) Hung M, Hon E, Ruiz-Negron B, Lauren E, Moffat R, Su W, Xu J, Park J, Prince D, Cheever J, Licari F. Exploring the intersection between social determinants of health and unmet dental care needs using deep learning. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:72-86.
- 50) 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/houkatsuk/pdf/> （2021年5月5日アクセス）
- 51) 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 齡 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.
- 52) 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.
- 53) 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.
- 54) 英 保 武 志 . 舌 写 真 の 撮 影 法 . 日 本 歯 科 評 論 別 冊 , 歯 科 医 師 ・ 歯 科 衛 生 士 の た め の 舌 診 入 門 . 東 京 : ヒ ョ ー ロ ン ・ パ ブ リ ッ シ ャ ー ズ ; 2001;102-105.
- 55) 丸 山 彰 貞 . 舌 象 写 真 の 原 色 化 - 舌 象 写 真 を 原 色 に 再 現 す る た め に . 日 本 歯 科 評 論 別 冊 , 歯 科 医 師 ・ 歯 科 衛 生 士 の た め の 舌 診 入 門 . 東 京 : ヒ ョ ー ロ ン ・ パ ブ リ ッ シ ャ ー ズ ; 2001;106-111.