

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：43107

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K10190

研究課題名（和文）深層学習を応用した舌粘膜生体画像の超解像変換と疾病徴候認識アルゴリズムの開発

研究課題名（英文）Development of disease sign recognition algorithm and high-resolution transformation of in vivo tongue mucosa image applying deep learning technologies

研究代表者

吉村 建（YOSHIMURA, KEN）

日本歯科大学新潟短期大学・その他部局等・教授

研究者番号：90297953

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：口腔内舌粘膜画像から得られる医学的情報取得を向上させるべく、取り込まれた画像品質を補正し、粘膜画像の形態徴候などの認識へ向けた基礎技術が実現できないか試行した。仮想環境コンテナに複数のGAN（敵対的生成ネットワーク）のアルゴリズムパッケージを実装し、それぞれ超解像処理させ出力画像を比較した。従前の画像処理では特に拡大時における細部の判別性などに問題があったが、今回試行した処理画像においては舌粘膜表面の細部形状の輪郭を（これまでの画像処理よりも）積極的に補正するなど有用性が示唆された。一方、舌粘膜画像の形態学徴候を認識させる試行も行ったが、舌乳頭などを特異的に認識させることは困難であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで舌粘膜の医学的画像情報は外見画像が主で情報量は限られていた。我々は粘膜表面の拡大画像取得観察手法を開発したが、生体からの取得画像の品質はしばしば低くなる問題があった。今回、取得後の画像補正手法として深層学習アルゴリズムの1つであるGAN（敵対的生成ネットワーク）により超解像処理を行うことで画像拡大時、さらには入力画像の解像度が低い場合においても舌粘膜細部の形態学的特徴の判別が改善する結果を得た。今回の画像処理手法が舌粘膜拡大画像において新しい画像補正・解析手法確立の端緒となるものであり、臨床現場においても舌粘膜画像の取得と評価が容易となるなど国民の健康増進に貢献しうるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In order to improve the acquisition of medical imaging from intraoral lingual mucosa images, we tried to correct the quality of the acquired images and to see if the basic technology for the recognition of morphological signs in mucosa images could be realized. We implemented several GAN (Generative Adversarial Network) algorithm packages in a virtual environment container, processed each of them with super-resolution, and compared the output images. The results suggest that the processed images in the present study are useful, as they more significantly correct the contours of the lingual mucosal surface than previous image processing, while previous image processing had problems in discriminating details, especially at magnification. On the other hand, it was difficult to specifically recognize the papillae of the tongue in the morphological signs of the lingual mucosal image.

研究分野：口腔解剖学

キーワード：舌粘膜 深層学習 超解像

1. 研究開始当初の背景

(1) これまで舌粘膜から得られる医学的情報は裸眼によるものが主で情報の量は限られていた。そこで先行研究において我々は舌粘膜表面の連続スキャン法を開発し、被験者の舌粘膜表面の詳細な拡大連続画像を取得することができたが、被検者の画像取得の状況により、「ぶれ」がしばしば発生し、結果として起こる粘膜画像の鮮鋭度の低下など、粘膜表面の状況の評価に不適切な取得画像となる場合があった。

(2) 一方、こうした画像の鮮明化には従来から画像処理の技法が行われてきた。一方で、深層学習を用い解像度を向上させるもの (Wafu2x) もしくは画像処理するツール (Neuron Doubler) も公開されていたものの、大幅な画像品質の改善を期待できるものとは言えなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、現在 IT 分野で実用化されつつある「いわゆる AI (人工知能) で利用される深層学習」の技術を応用し、画像取得困難な被検者の (低品質) 口腔粘膜生体 (生) 画像の解像度を向上させ (超解像処理)、舌粘膜の形態学的特徴・形状などのパターン認識を可能とする基礎技術を構築するというものであった。

3. 研究の方法

各種深層学習による口腔舌粘膜画像の画像処理

(1) 口腔舌粘膜画像の解像度向上 (超解像処理) に関する試行

複数の GAN (Generative Adversarial Network: 敵対的生成ネットワーク) アルゴリズムパッケージの実装と生成画像の比較検討

リムーバブルメディアにコンテナ型仮想環境を実装し入れ替える方法により、複数の GAN (Generative Adversarial Network: 敵対的生成ネットワーク) アルゴリズムパッケージ (パッケージ a~c) の実装を行った。同時に入力された元画像を低解像度化 (縮小処理) させたものにおいて超解像度化処理 (元の倍率に拡大) を行い、元画像との比較を行った。

比較検討用として入力画像の一部に口腔粘膜画像以外で微細構造を持つものもテストパターンとして入力し、生成画像の比較を行った。

生成画像の画像品質の客観評価値の算出と比較

OpenCV などの複数の計算パッケージにより画像品質の客観評価値 (SSIM, PSNR) の算出を行った。

(2) 口腔舌粘膜画像上の形態学的特徴・形状などのパターン認識に関する試行

SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) 法による画像のキーポイント検出の試行

舌粘膜上における舌苔の付着の度合いにより、スコア 0、0.5、1.0、1.5、2.0 の 5 段階に分類した口腔舌粘膜画像に超解像処理を行い、SIFT 法による画像処理を行い、舌乳頭を切り出した複数の画像と対応する画像上の特徴点のマッチングを行った。

4. 研究結果と成果

(1) 画像処理ワークステーション (WS) の構築に関して

Project 開始当初には GPU ベンダー固有のプロプライエタリ (メーカー独占的) な実行ライブ

ラリに依存する画像処理を避けるため、あえて AMD 社製 GPU 搭載グラフィックボード (Radeon) を搭載した Linux を OS とした WS をセットアップし試行したが、後に CUDA (Compute Unified Device Architecture) ToolKit などの NVidia 社製の GPU 固有の実行ライブラリが機械学習処理のスタンダードとなったため、Radeon における計算処理から Nvidia 社製の GeForceGPU グラフィックボード実装による計算試行へと移行した。さらに、試行するアルゴリズムパッケージによっては実装されているマザーボード上のメモリよりもむしろ実装するグラフィックボードの VRAM の容量が十分に確保できないと処理中にエラーとなる場合があることが判明したため、大容量のものを入手し、処理に用いることになった。

各種深層学習による口腔舌粘膜画像の画像処理

(1) 口腔舌粘膜画像の解像度向上 (超解像処理に関する試行)

複数の GAN (Generative Adversarial Network : 敵対的生成ネットワーク) アルゴリズムパッケージの実装と生成画像の比較検討

GAN a~c の全てのパッケージによる超解像生成画像は低解像度化した入力画像と比較して粘膜画像上の舌乳頭の輪郭の不鮮明性において改善する結果となった (図 1)。パッケージ a に関しては画像上の構造物の輪郭補正は強くはなく、元画像と比較的近似したものとなったが、パッケージ b に関しては細部の副突起の形状などが明瞭に判別できる結果となった。一方でパッケージ c の生成画像に関しては舌乳頭の輪郭が極めて強く補正された画像となった一方、細部など微細な構造が再現されない結果となった。

生成画像の画像品質の客観評価値の算出と比較

PSNR (平均) 値に関してはパッケージ b が比較的高値を示す一方、パッケージ c は低めの値となった。SSIM 値においてはパッケージ b が比較的高値を示す結果となった。

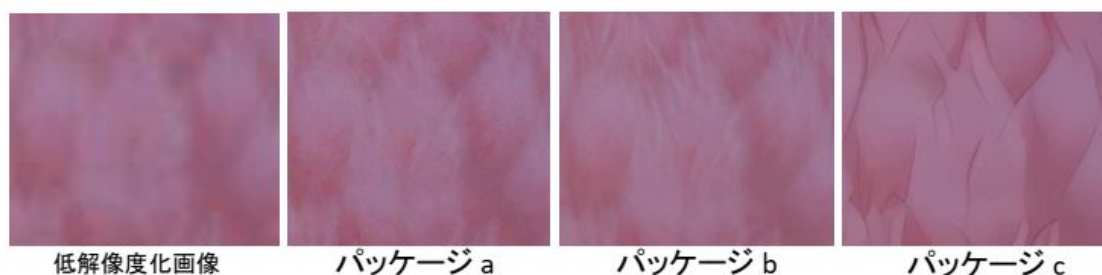


図 1 縮小画像から生成された超解像処理 (3 種類の GAN パッケージ) 画像例

3 種類の GAN パッケージ (a~c) に低解像度化した画像を入力・処理した画像の比較。

(2) 口腔舌粘膜画像上の形態学的特徴・形状などのパターン認識に関する試行

SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) 法による画像のキーポイント検出の試行

舌苔の付着の度合いにより、スコア 0、0.5、1.0、1.5、2.0 の 5 段階に分類した各舌乳頭の切り出し画像と口腔舌粘膜画像の画像上の特徴点のマッチングを行った。結果、スコア 0.5、1.0、1.5、2.0 においては粘膜画像上においてマッチングした特徴点がやや多いものの、舌苔の少ない画像であるスコア 0 の画像は特徴点として認識しづらいという結果となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山際 伸一 (Yamagiwa Shinichi) (10574725)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	
研究分担者	土田 智子 (Tsuchida Satoko) (30341994)	日本歯科大学新潟短期大学・その他部局等・准教授 (43107)	
研究分担者	岩崎 信一 (Iwasaki Shinichi) (70147833)	北陸大学・医療保健学部・教授 (33304)	2022年3月15日削除
研究分担者	中村 直樹 (Nakamura Naoki) (80198225)	日本歯科大学新潟短期大学・その他部局等・教授 (43107)	2022年3月15日削除
研究分担者	浅沼 直樹 (Asanuma Naoki) (90231886)	日本歯科大学新潟短期大学・その他部局等・教授 (43107)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------