

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12058

研究課題名（和文）深層学習及び深層状態空間モデルによる紫外線からの肌ダメージ経時変化予測基盤の構築

研究課題名（英文）Establishment of Time Series UV Skin Damage Prediction Methods Based on Deep Learning and Deep State Space Models

研究代表者

小島 要 (Kojima, Kaname)

東北大学・東北メディカル・メガバンク機構・講師

研究者番号：10646988

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）：日々の肌ダメージケア実現のため、カラー写真から肌ダメージを反映した色素斑が強調される紫外線写真を生成する深層学習手法を開発した。開発手法では東北大学病院皮膚科の専用の撮影装置により同時に取得されたカラー写真と紫外線写真とスマートフォンにより撮影されたカラー写真を学習データとして、前者に対しては画像変換技術pix2pixの枠組みで、後者に対しては画像変換技術cycleGANの枠組みで学習を行った。その結果、開発手法は撮影環境や撮影装置が異なる場合にも自然な紫外線写真の生成が可能となり、スマートフォンで撮影された写真も利用可能であることから日々のケアによる予防医療への貢献が期待される成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肌ダメージを反映した色素斑を強調する紫外線写真の取得は専用の撮影装置が必要である。本研究の開発手法により、こうした専用の撮影装置へのアクセスが難しい地域や、専門的な設備を持たない皮膚科診療現場においても一般的なカメラやスマートフォンにより撮影されたカラー写真から日々の肌ダメージのケアと疾患予防のための情報の取得が可能となることが期待される。加えて、こうしたスマートフォンの使用により簡単に自己の肌ダメージの認識が可能となることで、紫外線による肌への影響についての意識を高め、サンプロテクションの重要性を理解への啓蒙や日々のケアによる早期発見と予防への貢献等その社会的意義は大きなものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：To enable daily skin damage care, we have developed a deep learning-based method that generates ultraviolet photos, which emphasize pigment spots reflecting skin damage, from color photos. In the developed method, we used color photos and ultraviolet photos simultaneously obtained by dedicated photographic equipment installed in the Dermatology Department at Tohoku University Hospital, as well as color photos taken by smartphones, as training data. For the photos obtained by the dedicated photographic equipment, we adopted the image conversion technology, pix2pix, as a training framework. For the photos taken by smartphones, another image conversion technology, cycleGAN, was adopted. As a result, the developed method can generate natural ultraviolet photos despite differences in shooting environment and device. Given that the developed method can also utilize photos taken by smartphones, it shows promising potential for contributing to preventive medicine through daily care.

研究分野：統計科学

キーワード：深層学習 予防医療 肌ダメージ 色素斑 紫外線写真 敵対的生成ネットワーク pix2pix cycleGAN

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

深層学習の発展による一般画像認識、動画画像認識、音声認識、自然言語処理における認識精度の飛躍的な向上から人間に匹敵した認識精度、また課題によっては人間を越える認識精度が得られるようになっており、臨床画像等の医用データに対しても深層学習利用への期待が高まっていた。病理画像解析では深層学習モデルによる正常細胞と腫瘍細胞を判別する手法が開発されており、放射線画像解析では一般の医師が読影困難な腸管等の判別補助のために CT 画像から三次元 U-Net による臓器の自動セグメンテーションを行う手法等が活発に開発されている。病理画像や放射線画像は深層学習の登場前から情報解析が活発に行われてきた背景もあり、多くの手法が開発されている一方、他の医用画像についてはいくつか深層学習を用いた手法が開発されているものの実用化にはまだ多くの課題がある状況であった。皮膚科学における深層学習を用いた臨床画像解析では、膨大な皮膚疾患画像から深層学習モデルを学習後、予測確率を皮膚疾患を分類した木構造を用いて統合することで良性病変ないし悪性病変であるかを予測する手法等が提案されている。しかしながら、患者の QOL 改善や医療費削減に本来重要となる個別の疾患予防・早期発見を目的として発症リスク等を高精度に予測する手法はほとんど提案されていなかった。

皮膚疾患予防の観点では、日光による紫外線 A 波 (UVA)、B 波 (UVB) 等の紫外線暴露加齢による肌ダメージは色素斑やシワの原因となるだけでなく、日光角化症、扁平上皮がん、悪性黒色腫の発症リスクを上昇させるなど健康面においても重大な問題を引き起こすことが知られている。皮膚がんの予防においては野外従事者等の紫外線による発がんのハイリスク集団ではサンプロテクションの理解が低いことが問題となっているが、自己の肌ダメージを知ることで紫外線予防や発がんリスクに対する意識変容を促す報告があり [Mahler, 2018]、自己の肌ダメージやその時系変化を知ることが悪性黒色腫等の皮膚がんの予防に重要である。一方、初期の色素斑や色素病変を肉眼で見分けるのは皮膚科医にも難しく、病理組織検査により高精度な色素斑の測定は可能であるものの侵襲的であることからその実施は容易ではない。このため、色素斑を非侵襲的に測定する方法として、紫外線写真撮影装置が一般的に利用されてきた。これは、紫外線がメラニン色素に吸収され、色素斑が強調される現象を活用したものであり、可視光下において肉眼では確認しにくい色素斑の評価も可能となる。しかしながら、この専用の撮影装置は高価であることから、一般的な皮膚科診療現場においても設置されていないことが多く、日々のケアを目的とした利用には課題があった。

2. 研究の目的

本研究では日々の肌ダメージのケアを可能とすることを目的として、一般的なカラー写真から色素斑を強調する紫外線写真を生成する深層学習技術を用いた手法の開発を行う。本開発手法により、専用の撮影装置へのアクセスが難しい地域や、専門的な設備を持たない皮膚科診療現場においても一般的なカメラやスマートフォンにより撮影されたカラー写真から日々の肌ダメージのケアと疾患予防のための情報の取得が可能となることが期待される。加えて、こうしたスマートフォンの使用により簡便に自己の肌ダメージの認識が可能となることで、紫外線による肌への影響についての意識を高め、サンプロテクションの重要性を理解への啓蒙となると考えられる。また、個々の人々が自分自身の肌ダメージをスマートフォンを使って定期的にチェックすることにより、早期発見と予防への貢献と皮膚がんなどのリスクを低減等への効果が予想される。

3. 研究の方法

本研究の第一段階として、専用の撮影装置により顔のカラー写真と紫外線写真が同時に撮影されたデータをもとに深層学習技術を用いてカラー写真から紫外線写真を生成する UV-photo Net の開発を行った。用いた写真データは研究分担者(山崎)が所属する東北大学病院皮膚科においてこれまで蓄積されたものである。UV-photo Net は生成モデルと識別モデルと呼ばれる2つの深層学習モデルから構成され、条件付き敵対的生成ネットワークを元にした画像変換手法である pix2pix [Isola et al., 2017]の枠組みでこれらの深層学習モデルの学習が行われる。深層学習モデルの構造として生成モデルには U-net を、識別モデルには AlexNet に似た構造を使用している。専用の撮影装置による写真のサイズは縦横数千ピクセルからなるが、計算時に使用する GPU メモリの制約から扱うことができる写真のサイズは縦横数百ピクセルに限られる。そこで高解像度な写真についても 256×256 ピクセルのパッチ画像にオーバーラップを許しながら切り分けを行い、学習データとすることでこの問題を解決している。また、解析対象を皮膚領域に限定するため、深層学習手法である face-parsing (<https://github.com/zllrunning/face-parsing.PyTorch>) を用いて顔の皮膚領域の検出を事前に行い、検出された皮膚領域と十分な重なりがあるパッチ画像のみを学習データとして用いる。

本研究の第二段階として UV-photo Net v2 の開発を行った。UV-photo Net は専用の撮影装置からの写真データのみを用いて深層学習モデルが学習されていたため、次節の研究成果で述べる通り、学習データと撮影環境が異なるスマートフォンで撮影された写真に対しては精度が低下する問題があった。そこで、UV-photo Net v2 として撮影環境や撮影装置が異なる場合にも高精度な合成紫外線写真の生成が可能な手法を開発した。専用の撮影装置からの写真データのみを用いたことが撮影環境や撮影装置の違いに対する影響を受ける原因と考えられることから、東北大学病院皮膚科で蓄積された写真データに加え、撮影環境やスマートフォン等の撮影装置が異なる顔写真のデータを UV-photo Net v2 の学習データとして用いる。但し、これら新規のデータにはカラー写真に対応した紫外線写真が存在しないため、pix2pix をもとにした学習方法を適用することは難しい。pix2pix と同様の画像変換手法である cycleGAN [Zhu et al., 2017]は変換後の画像を逆変換した画像が元の入力画像と同じとなる制約条件を考えることで変換対象の画像データがペアで存在しない場合にも学習が可能であり、この cycleGAN も合わせて用いる学習方法を提案し UV-photo Net v2 の学習を行う。

4. 研究成果

本研究の第一段階として、UV-photo Net の開発と実装を行った。東北大学病院皮膚科にて専用の撮影装置により取得した 184 名のカラー写真と紫外線写真のペアから、160 名のデータを学習データとし、残りの 24 名のデータを評価データとして UV-photo Net の評価を行った。UV-photo Net を構成する生成モデルと識別モデルの学習には敵対的生成ネットワーク (GAN) の一手法である pix2pix の枠組みを用いる。pix2pix では、識別モデルは生成モデルからの合成画像と実在する画像を判定できるように学習がなされ、生成モデルは実在する画像と識別モデルが判定することが困難な合成画像の生成するように学習がなされる。双方のモデルの学習を交互に行い、互いの性能を高め合うことで生成モデルは自然な画像の生成が可能となる。学習された生成モデルを用いた合成紫外線写真への変換では、カラー写真からのパッチ画像を変換後、取り出した位置情報を元に再構成を行うことで高解像度な画像への適用が可能となった。学習された生成モデルを用いた評価では、シミの割合は本物の紫外線写真とピアソンの相関係数で 0.92 という高い相関を示す結果を得ている。また、カラー写真から直接色素斑を検出する場合

と比べて、生成された紫外線写真からはより高い精度で色素斑を検出できることが確認された。本成果については国際論文誌である Scientific Reports 誌にて発表を行っている。

本研究の第二段階として、撮影環境や撮影装置の違いに対応した UV-photo Net v2 の開発と実装を行った。撮影環境や撮影装置が異なる写真データセットの作成については、東北大学病院の皮膚科専門医らと協力して 200 枚以上のスマートフォンで撮影された顔写真の収集を行っており、専用の撮影装置で撮影された写真データと合わせて UV-photo Net v2 を構成する深層学習モデルの学習を行っている。本学習により得られた UV-photo Net v2 について評価を行った結果、東北大学病院皮膚科で蓄積された専用の撮影装置より撮影されたカラー写真については、UV-photo Net と同等の精度の合成紫外線写真を作成できることを確認している。また、スマートフォンで撮影された写真についても UV-photo Net で見られた精度の低下が抑えられ、自然な紫外線写真の生成が可能である結果を得ている。UV-photo Net v2 による成果について現時点では学術論文として未発表であるが、今後さらに詳細な精度評価を進めることで学術論文として発表する予定である。本研究で開発の UV-photo Net v2 によりスマートフォン等の一般的なカメラにより撮影されたカラー写真からも高精度な紫外線写真の生成が可能となることから、皮膚科医療における診断支援や予防指導への貢献が大いに期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kojima Kaname, Shido Kosuke, Tamiya Gen, Yamasaki Kenshi, Kinoshita Kengo, Aiba Setsuya	4. 巻 11
2. 論文標題 Facial UV photo imaging for skin pigmentation assessment using conditional generative adversarial networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-79995-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kojima Kaname, Tadaka Shu, Katsuoka Fumiki, Tamiya Gen, Yamamoto Masayuki, Kinoshita Kengo	4. 巻 16
2. 論文標題 A genotype imputation method for de-identified haplotype reference information by using recurrent neural network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS Computational Biology	6. 最初と最後の頁 e1008207
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pcbi.1008207	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山崎研志	4. 発行年 2023年
2. 出版社 全日本病院出版会	5. 総ページ数 78
3. 書名 皮膚科領域でのビッグデータの活用法 (Monthly Book Derma No. 331)	

〔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	山崎 研志 (Yamasaki Kenshi) (40294798)	東北大学・医学系研究科・非常勤講師 (11301)	

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
---------	---------