

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26461666

研究課題名(和文) 識別の根拠が提示できる高信頼メラノーマ自動識別システムの構築

研究課題名(英文) Reliable melanoma discrimination system offers grounds of the decision

研究代表者

彌富 仁 (IYATOMI, Hitoshi)

法政大学・理工学部・准教授

研究者番号：10386336

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：メラノーマの自動診断ならびに、診断根拠の客観的な提示を実現することを主目的に、3年間研究に取り組んだ。我々はメラノーマ診断の臨床で用いられるABCDルールおよび7-point checklistの全項目について、皮膚科医と同等の推定精度を得るモデルを実現した。また近年の深層学習技術を応用し、学習時間を大幅に削減しつつ熟練と皮膚科医と同等以上の識別精度を実現した。

研究成果の概要(英文)：We have investigated to build a reliable melanoma discrimination system capable of providing grounds for the decision. Our model successfully estimates all items defined in commonly used clinical findings for melanoma, i.e. a total 15 items defined in ABCD rule and 7-point checklist. We also developed efficient pre-processing techniques for melanoma discrimination for deep learning approach. Our method reduced time-consuming training time to less than 1/9, but it attained superior performance in discriminating melanomas to expert dermatologists.

研究分野：機械学習、画像認識

キーワード：自動診断支援 メラノーマ 深層学習

1. 研究開始当初の背景

メラノーマは極めて悪性度の高い皮膚がんであるが、見た目がほくろ(色素細胞母斑)とそっくりであることから、早期発見が難しく、また熟練皮膚科医でも診断が困難である。我々はメラノーマと、ほくろを識別できる自動診断(支援)システムを開発し、改良を重ねることで精度の向上および機能の拡張を続けてきた。我々のシステムは、世界最大級の診断結果付き症例をもとに構築され、識別精度も2013年9月現在世界トップレベル(約1500症例、感度、特異度86-93%)である。また研究目的のため無料で公開されている唯一のシステムであるため、ネットの利便性を活かし世界各国の皮膚科医から利用されている。(2013年10月現在、登録皮膚科医数300名強)

本研究では、臨床で用いられる手法の一部を自動識別技術に取り込むことで、高い識別精度を実現するだけでなく、数値では現れにくい診断支援の「質」を大幅に向上させることを目指す。

2. 研究の目的

我々が開発・公開しているメラノーマ自動診断支援システムに、臨床で用いられる手法を取り込むことで診断支援の「質」を大幅に向上させる。システムの信頼性、利便性の向上による利用者の裾野拡大によりメラノーマの早期発見の機会拡大に貢献することを目的とする。

具体的には以下の2点に重点的に取り組む

(1) 識別根拠の自動獲得と提示

知識処理が行える特殊な人工神経回路網を構築することで、システムが識別結果を提示する際に、結果に対する根拠を利用者に示すことを実現する。

(2) 病変の経時変化の定量評価

腫瘍の経時変化(形状、大きさ、面積の変化)を、撮影状況の差を自動補正した上で定量的に評価し、診断支援の重要な因子として提示する。

3. 研究の方法

(1) 識別根拠の自動獲得と提示

学習能力を持つ「人工神経回路網」に、知識処理を可能にする「ファジィ」の長所を融合した Adaptive fuzzy inference neural network (AFINN) に、大量の症例データを「学習」させることでメラノーマ識別に関するルールを自動的に獲得する。得られたルールは識別時に自動的に適用されるため、重要なルールを識別の「根拠」として結果に併記する。

(2) 経時変化の定量評価

画像間の位置合わせ: 画像の回転、拡大縮小、平行移動に頑健な特徴記述子である Scale Invariant Feature Transform (SIFT) と Affine 変換等を利用して、画像間の精密な位置合わせを行う。

色・明るさの補正: これまでに得られた独

自の「学習に基づく自動画像補正アルゴリズム」を応用し、腫瘍内部の色変化を保存しつつ画像間の補正を行う。

パラメータ抽出: 経時変化を定量的に解析し、診断に役立つ定量的数値を提示する。

4. 研究成果

目標として掲げた2つの課題(1)(2)ならびに、本課題に深く関連するメラノーマ識別問題に対して、近年注目を集めている深層学習を取り入れた研究(3)を実施したので以下に報告する。

(1) 識別根拠の自動獲得 について:

当初計画していた AFINN (adaptive fuzzy inference neural network) を用いたメラノーマの識別根拠の推定手法については、望ましいメラノーマ識別精度を実現させようとすると、生成されるルールが複雑になりすぎて、可読性が低いという問題に至った。そこで多少の精度を犠牲にしつつ、生成されるルールの可読性を高めるために、頑健性の高い識別器である Random Forest を、あえて色特徴のみを利用して学習させ、ルールの長さに制限を加えた if, then 形式で識別の根拠を示すモデルを構築した。1148例のダーモスコピー画像を用いて、モデル構築を行った結果、上記の制約を加えた可読性の高いルールを生成しつつ、メラノーマの識別精度として皮膚科医と同等の約80%を達成できた。(業績論文2, 学会発表4)

また、臨床でメラノーマ診断に使われている診断指針である ABCD ルールならびに、7-point checklist の各項目(合計15項目)を推定する予測器を構築した。5人の熟練皮膚科医に230例のダーモスコピー画像に対して上記の診断指針での診断を依頼し、その平均値を gold standard として、交差検定により予測器を評価した。その結果、全ての項目の予測において皮膚科医と有意差なしの予測を実現でき、またそれらの結果を用いたメラノーマ診断結果においても、gold standard を元にした精度と同等で(約80%)あることを得た。同時に、こうした人に理解しやすい診断指標特徴を推定したのちに、それらを根拠として識別を行う方法は、同じ識別の枠組みでありながら、ルールの可読性を考慮しない手法による識別結果(約85-90%)に及ばないことも確認した。これら結果については現在論文投稿中である。

上記の通り、人間にとって可読性の高い特徴量、あるいはルールを積極的に利用した識別モデルの構築は、識別精度の面で不利であるため、従来の機械学習に基づく識別手法の改善も行った。複数の識別器を用いたアンサンブル(業績論文4,5)や、識別器自体の木構造(業績論文3)を用いることで、従来研究で扱われてこなかった非メラノサイト病変も含め高い精度(90%以上)でメラノーマ識別を実現できる識別器が構築できた。

(2) 病変の経時変化の定量評価 について：皮膚病変の経時変化をとらえるため、腫瘍の撮影状況の変化の影響をできるだけ抑えつつ、腫瘍の局所特徴を利用した色補正処理ならびに、位置対応手法を開発した(学会発表3)。これにより、従来経時変化をとらえるために用いられてきた画像内に配置するカラーリファレンスなどを不要にできるようになった。また皮膚撮影環境の差を吸収する色補正処理を用いた皮膚腫瘍の識別精度向上についても報告した(学会発表4)。またこれらの手法を用い、加齢にともない皮膚ならびに皮膚腫瘍がどのように変化していくかについての解析も行った(業績論文6)。これらにより、当初の目標である揭示変化の定量評価について、当初の目標は達成することができた。一方で、当初期待されたほどに、同一患者のダーモスコピー経時変化画像を入手することができなかつたため、画像の変化により得られる特徴を、識別精度の明確な向上に結び付けるところまで至らなかつた。

(3) 関連する研究の実施 について：当初予定していなかつた内容ではあるが、近年、機械学習分野で、急激に実績を示している深層学習を、本課題に深く関連する分野に取り入れた研究を実施した(業績論文1、学会発表1,2)。我々は、画像認識に特化した深層畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いることで、従来メラノーマ識別に不可欠であった腫瘍領域の抽出や、識別のために必要な特徴量抽出といった手法を必要とせず、さらに上記の研究テーマ(1)により得られたメラノーマの組織学的な知見をもとに、非常にシンプルな前処理方法を提案することで、長時間かかることが問題となっているCNNの学習時間を1/9程度に抑えつつ、通常のCNN識別器より高精度の識別器を構築できた。

CNNで学習を通じて自動的に得られる局所特徴量の解析や、転移学習などの活用により、識別に関する重要な特徴量を含んだ直接的なベクトル表現の実現などにより、テーマについてはさらに良好な進展が期待できる。そのため、本研究を期間終了後も引き続き継続していく。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件:すべて査読有)

Takuya Yoshida, M.Emre Celebi, Gerald Scahefer and Hitoshi Iyatomi, "Simple and Effective Pre-processing for Automated Melanoma Discrimination based on cytological findings," IEEE Proc. Big Data 2016, pp.3439-3442, Dec. 2016.

Keiichi Ohki, M.Emre Celebi, Gerald Schaefer and Hitoshi Iyatomi, "Building of the readable decision trees for automated melanoma discrimination," Lectures Notes in Computer Science, Vol. 9475, Vol. 2, pp.712-721, Dec. 2015.

Kouhei Shimizu, Hitoshi Iyatomi, M. Emre Celebi, Kerri-Ann Norton, and Masaru Tanaka, "Four-class classification of skin lesions with task decomposition strategy," IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol.62, No.1, pp.274-283, 2015.

Gerald Schaefer, Bartosz Krawczyk, M. Emre Celebi and Hitoshi Iyatomi, "An ensemble classification approach for melanoma diagnosis," Memetic computing journal, Vol.6, pp.233-240, 2014.

Gerald Schaefer, Bartosz Krawczyk, M. Emre Celebi, Hitoshi Iyatomi and Aboul Ella Hassanien, "Melanoma Classification based on Ensemble Classification of Dermoscopy Image Features," Advanced Machine Learning and Applications Communications, Vol.488, pp.291-298, 2014.

Reiko Suzaki, Sumiko Ishizaki, Hitoshi Iyatomi and Masaru Tanaka, "Age-related prevalence of dermatoscopic patterns of acral melanocytic nevi," Dermatology Practical & Conceptual, Vol.4, No.1, pp.53-57, 2014.

[学会発表](計5件)

吉田 拓也、彌富 仁：畳み込みニューラルネットワークを用いたメラノーマ自動診断システム、2016年電子情報通信学会総合大会、九州大学(福岡県福岡市)、2016年3月17日

吉田 拓也、彌富 仁：深層学習を用いたメラノーマ識別における長軸位置合わせの効果、第31回ファジィシステムシンポジウム、電気通信大学(東京都調布市)、2015年9月3日

Hitoshi Iyatomi, Daiji Furusho, Itaru Dekio and Masaru Tanaka, "Automated image registration and color calibration of dermoscopy images during the clinical follow-up," Proc. 4th World Congress of Dermoscopy and Skin Imaging, Vienna, Austria, Apr.16.2015.

大木 奎一、彌富 仁：色補正処理によるメラノーマ自動識別の精度向上、2015年電子

情報通信学会総合大会、立命館大学(滋賀県草津市), 2015年3月11日

吉田 拓也、彌富 仁: 深層畳み込みニューラルネットワークを用いたメラノーマ自動診断システムの試作、2015年電子情報通信学会総合大会、立命館大学(滋賀県草津市), 2015年3月11日

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://iyatomi-lab.info/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

彌富 仁 (IYATOMI, Hitoshi)
法政大学・理工学部・准教授
研究者番号: 10386336

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()