

令和 6 年 9 月 23 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K15800

研究課題名（和文）敵対的生成ネットワークによる乳房超音波画像を生成し教育や研究への応用を目指す研究

研究課題名（英文）Research on Generating Breast Ultrasound Images Using Generative Adversarial Networks for Application in Education and Research

研究代表者

藤岡 友之（Fujioka, Tomoyuki）

東京医科歯科大学・東京医科歯科大学病院・准教授

研究者番号：60771631

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,400,000円

研究成果の概要（和文）：敵対的生成ネットワークを用い、1000枚近い乳房超音波画像から合成画像を生成しました。5つの異なる組織型に基づく高精度の画像は、オリジナルと極めて類似していました。放射線科医の読影テストで合成画像とオリジナル画像の診断結果が高く一致していました。敵対的生成ネットワークを活用したこの技術は、医療教育や臨床診断の精度向上に寄与する可能性があると考えられます。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、敵対的生成ネットワークを用いることで組織ごとの特徴を持つ精度の高い乳房超音波画像の合成画像を生成できることを示しました。読影試験の結果から合成画像は実際の画像と非常に類似しており、特に教育や訓練の分野で有効に活用できることが期待されます。本研究は生成画像を用いることで医学生や若手医師の診断能力向上に寄与し、医療の質を高めることに貢献する可能性があると考えられます。

研究成果の概要（英文）：Using adversarial generative networks, synthetic images were generated from nearly 1000 breast ultrasound images. The high-precision images, based on five different tissue types, closely resembled the original images. Radiological diagnostic tests indicated a high level of concordance between the synthetic and original images. The application of adversarial generative networks in this method has the potential to contribute to enhanced accuracy in medical education and clinical diagnosis.

研究分野：放射線医学

キーワード：人工知能 敵対的生成ネットワーク 超音波 乳がん 深層学習 乳腺 画像診断 教育

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

乳がんは女性で最も罹患率が高い悪性腫瘍であり、現在、日本人女性の11人に1人が生涯で乳がん罹ると報告されている。乳房超音波検査は、スクリーニングや良悪性の診断に広く用いられているが、乳腺画像診断医の不足やトレーニング施設の不足など、解決すべき課題が多い。近年、人工知能(AI)の発展により、深層学習を用いた画像診断の研究が進展している。筆者らは、超音波で検出された乳房腫瘍の良悪性鑑別診断に関する研究を行い、AIの利用によって画像診断精度が向上することを示してきた(T. Fujioka. Jpn J Radiol. 2019)。しかし、AIをトレーニングするためには大量の画像データが必要であり、その収集と管理には患者のプライバシー保護や同意取得など、多大な労力と費用が伴う。これらが、画像診断医の育成やAIを用いた画像研究の障壁となっている。

2014年に提案された生成的敵対ネットワーク(GAN)は、生成モデルと識別モデルの2つのネットワークが競い合うことで、高精度な生成画像を作成することができる。このアルゴリズムに基づいた研究は、MRIやCTなどの領域でノイズ除去、アーチファクト低減、画像再構成、画像変換などの画質向上や教師データの生成に関して報告されている。しかし、乳房超音波に関する研究はほとんど行われていない。

本研究では、GANを用いて乳房超音波の生成画像の特性を解析し、本物の画像と区別がつかない高精度な生成画像を作成できるかを検討する。さらに、これらの生成画像を用いて、画像診断医の教育やAI画像研究に応用可能かを検証する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、GANを用いて乳房超音波の生成画像を作成し、それらの画像と本物の画像との相違点を比較・解析することである。また、精度の高い生成画像を安定して作成できる手法を確立し、これらの画像を用いて画像診断医の教育やAI画像研究にどのような効果があるかを検証することを目指す。最終的には、生成画像を研修医教育やAI研究において活用し、教育および研究の発展に寄与することを期待する。良質な生成画像が作成できれば、研修医の教育用データやAI研究のデータとして利用でき、乳腺画像診断の進展に貢献する可能性がある。

3. 研究の方法

実験計画: 解析用パソコンおよびプログラム調整

解析には以下の仕様のパソコンを使用する: OS: Ubuntu 18.04 LTS、CPU: Intel Core i7-9800、GPU: NVIDIA GeForce RTX 2080 x2、RAM: 32GB、SSD: 500GB、HDD: 1TB。深層学習用ソフトウェアとして、Gheilia社のDeep Analyzerを基にプログラムの実行と調整を行う。GANの一種であるDCGAN(Deep Convolutional Generative Adversarial Network)を用いて、乳房超音波の生成画像モデルを作成する。

教師データ作成

東京医科歯科大学病院で撮影された約2000例の乳房超音波検査画像データを用いる。超音波画像はAplio500およびAplio XG(共にToshiba社製)を用いて撮影し、体位は仰臥位、観察者は放射線科医とする。画像データは、患者情報を含まないように皮膚から胸壁の範囲をトリミングし、JPEG形式で保存する。

超音波画像の読影結果(病変のサイズ、形、境界、BI-RADSカテゴリー)、生検や手術検体による病理診断(良悪性、組織型、病変のサイズ、悪性度)、臨床経過などの臨床データを収集し、データベースとして連結可能匿名化を行い保管する。

画像評価

5つの代表的な組織型(嚢胞、線維腺腫、浸潤性乳管癌の硬性型、充実型、腺管形成型)の合成画像を作成し、オリジナルの乳房超音波画像との臨床的特性を比較する。2人の放射線科医が、50枚の合成画像と50枚のオリジナル画像を用いて読影テストを行い、1ヶ月以上の間隔を置いて各画像に対して認識した組織型を割り当てた。診断の正確さ(良性、悪性ごと、組織組織ごと)を算出し、読影者間の一致度をカッパ係数(k)で評価した。

4. 研究成果

本研究では、オリジナル画像と区別が難しい質の高い合成画像の生成に成功した。図1組織ごとのオリジナル画像とGANによる生成画像を示している。

図 1. 組織ごとのオリジナル画像と GAN による生成画像

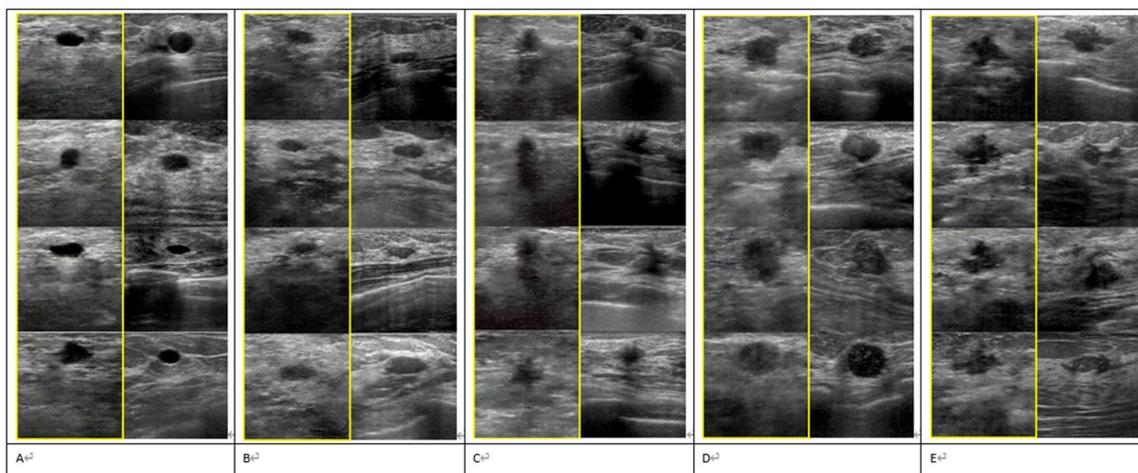


図 (A) 嚢胞、(B) 線維腺腫、(C) 浸潤性乳管癌 (IDC) - 硬性型、(D) IDC - 充実型、(E) IDC - 管形成型。右側の画像がオリジナルで、左側の黄色で枠付けされた画像が合成 (生成) 画像である。

1 人目と 2 人目の読影者による合成画像の正しい診断率は、それぞれ 86.0% および 78.0% であり、オリジナル画像に対する診断率は、それぞれ 88.0% および 78.0% であった。両読影者間の値は、合成画像において 0.625、オリジナル画像において 0.650 であった。これにより、GAN による合成画像とオリジナル画像に基づく診断結果が類似していることが示された。さらに、DCGAN によって生成された合成画像は、研究対象とした 5 つの組織型の特性を正確に表現しており、医師がオリジナル画像から行った診断と同様の診断を行うことが可能であることが確認された。これらの成果から、GAN による合成画像は、医療教育や訓練において有効なリソースとして活用される可能性が示唆された。これらの合成画像は、稀なケースや複雑な病変の例を学習する際に役立ち、読影技術の向上に寄与すると考えられる。特に、医学生や若手医師の診断能力向上に大きく貢献することが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Zama Shu, Fujioka Tomoyuki, Yamaga Emi, Kubota Kazunori, Mori Mio, Katsuta Leona, Yashima Yuka, Sato Arisa, Kawauchi Miho, Higuchi Subaru, Kawanishi Masaaki, Ishiba Toshiyuki, Oda Goshi, Nakagawa Tsuyoshi, Tateishi Ukihide	4. 巻 60
2. 論文標題 Clinical Utility of Breast Ultrasound Images Synthesized by a Generative Adversarial Network	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Medicina	6. 最初と最後の頁 14 ~ 14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/medicina60010014	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3件（うち招待講演 2件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤岡友之
2. 発表標題 乳腺 シンポジウム「乳腺領域のAIの進歩と可能性」 超音波乳房画像診断のAI研究の最新動向
3. 学会等名 日本超音波医学会第95回学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤岡友之
2. 発表標題 超音波乳房画像診断のAI研究の最新動向
3. 学会等名 日本超音波医学会第96回学術集会（招待講演）
4. 発表年 2023年 ~ 2024年

1. 発表者名 藤岡友之、久保田一徳
2. 発表標題 人工知能(AI)を用いた次世代型乳がん検診への期待
3. 学会等名 第33回日本乳癌検診学会学術総会
4. 発表年 2023年 ~ 2024年

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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