

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：54301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22513

研究課題名（和文）不妊症診断支援システムへ向けた医療画像拡張手法の開発

研究課題名（英文）Development of data augmentation methods for infertility diagnosis support system

研究代表者

森 健太郎（Mori, Kentaro）

舞鶴工業高等専門学校・その他部局等・助教

研究者番号：90881128

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000 円

研究成果の概要（和文）：機械学習の分野では、学習データの不足を解決するために、データ拡張と呼ばれる技術が使用される。本研究では医療画像に特化したデータ拡張手法の開発に新たに取り組み、機械学習による不妊症診断支援システムの評価を行った。本研究では、画像の視覚的特徴ではなく、特定の伝搬速度を有する子宮の運動特徴に着目した。超音波画像から特定速度の運動を抽出した画像を生成し、これらの画像の中間画像生成によってデータ拡張を行い、少ない画像でもシステムが十分に学習できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、運動の伝搬速度という特定の特徴量に着目することで、効果的なデータ拡張が実現できることを発見した。医療画像には個人差によるばらつきが非常に大きいという特徴がある。本研究を通して、画像の視覚的な特徴ではなく、数値的な特徴に対しての操作がデータ拡張として効果的であることがわかった。この知見は、広い範囲の医療データに応用できるため、不妊症診断のみならず、多くの機械学習を用いた医療診断支援システムの精度向上につながる結果だと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Data augmentation is often used to solve lack of training data problem in machine learning. In this study, we developed new data augmentation methods for medical images. We evaluated the infertility diagnosis support system based on machine learning by using the proposed augmentation data. We focused on uterus movement feature with characteristic propagation velocity, not visual features of image. Images were generated by extracting specific velocities movement from ultrasonic images. The data augmentation was performed by generating intermediate images of these images. We confirmed that the system can adequately learn with a small number of training images by using the proposed method.

研究分野：医用画像処理

キーワード：不妊症 データ拡張 機械学習

## 1. 研究開始当初の背景

不妊症の治療件数は 20 年間で 10 倍近く増加しているが、治療による妊娠率は大きく変化せず、2017 年でも 17.7% しかない。不妊治療は、採卵、精子抽出、受精、着床の流れで実施される。着床の際、医師は超音波画像で子宮内膜の形状を評価して着床治療の実施時期を決定する。しかしながら、子宮形状に対する医師の評価結果と妊娠の成否が一致しないことが多く、形状のみから評価することは困難であることがわかっている。着床は不妊治療の最終ステップであり、この治療の成功率を向上させることは不妊治療における重要な課題である。申請者はこの課題を解決するために、超音波画像から形状以外の情報で妊娠の成否を予測する機械学習を用いた予測システムを開発した[1]。しかし、研究で利用できるデータセットの数が少なく、十分な試験ができていないのが現状である。この研究にかぎらず、医療分野ではデータの一般公開が困難なため研究で利用できる十分な数のデータセットを集めることが難しいという問題がある。この問題の解決策として、GAN[2]と呼ばれるデータ拡張手法が近年報告されている。GAN はディープラーニングを用いた画像生成アルゴリズムで、実データに似たデータを作ることができるが、作ったデータに関する情報はわからないという特徴がある。今回の場合、GAN によって多数の子宮画像を生成することができるが、生成した画像が妊娠しやすいものか、そうでないかという情報はわからないということである。この問題は本研究のみではなく、医療画像から症状の度合いなどを予測する場合の共通課題である。医療画像解析においてデータセットの問題は非常に重要な課題であるが、いまだ明確な解決策は提案されていない。

## 2. 研究の目的

本研究では、超音波画像から妊娠の成否を予測するシステムの精度向上のため、医療画像に対して効果的なデータ拡張方法を開発することを目的とする。本研究はこれまで GAN を用いてもデータ拡張ができなかったデータに対して拡張を可能とするという点で独自である。本研究によりデータの拡張手法が確立されると、幅広い症例や目的に対する人工医療画像のデータベースが構築できるようになり、医療画像解析における精度が格段に向上する。

## 3. 研究の方法

本研究では不妊症患者の子宮超音波画像および Cine MRI 画像を解析対象とする。申請者はすでに、子宮超音波画像を用いて不妊症の成否を予測するシステムを構築しており、モデルによる予測結果を ROC 曲線で評価した結果、0.72 の AUC が得られている[2]。このシステムでは、妊娠成立患者 19 名、不成立患者 19 名のデータのみを使用している。本研究では、データセットの拡張法を確立し、システムの精度向上を目指す。

妊娠予測において子宮の運動情報が非常に重要な特徴量であることを申請者は発見した。この運動情報は特定の伝搬速度を有しており、画像内から特定速度の運動を抽出した画像(速度画像)を生成することで妊娠予測に効果的な学習ができることを超音波画像において確認している。通常の子宮画像には子宮の形状、向き、大きさなどの個人差に依存する多くの情報が含まれているが、速度画像には子宮画像のもつこれらの情報が除去されており、実データ間の合成が効果的に実行できると考えられる。

### (1) Cine MRI 画像に対する速度画像の生成

速度画像による子宮運動特徴の抽出が、撮影装置の種類に依存せず一様に確認できる現象であることを確認するために、不妊症患者の Cine MRI 画像に対する速度画像を用いた解析を行う。運動パターンの情報がラベル付けされている Cine MRI 画像を用いて、画像から運動パターンの予測を行う。予測システムに通常の Cine MRI 画像を学習した CNN モデルと、速度画像を学習した CNN モデルを利用して各モデルによる運動の予測精度を調査する。速度画像を学習した CNN モデルの方が高い予測精度を有している場合、提案した速度画像の生成アルゴリズムが撮影装置の種類に依存せず見られる妊娠特徴に対する重要な特徴量であり、本研究で実施するデータ拡張が妊娠特徴に対する広い範囲で適用できることが示される。

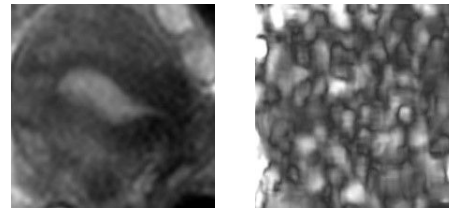
### (2) 中間画像生成によるデータ拡張

速度画像に対するデータ合成を行い、データ拡張の効果を調査する。妊娠の成否がラベル付けされている子宮超音波画像に対して 2 枚の画像の中間画像を生成することでデータ拡張を行う。元画像およびそれらの中間画像で学習した CNN モデルと、速度画像およびそれらの中間画像で学習した CNN モデルで妊娠予測を行い、各モデルの性能を評価する。速度画像およびそれらの中間画像で学習した CNN モデルの方が高い性能を有している場合、速度画像によるデータ合成が妊娠特徴に対するデータ拡張として効果的であることが示される。

#### 4. 研究成果

##### (1) Cine MRI 画像に対する速度画像の生成

図 1 は、Cine MRI 画像の元画像と生成された速度画像である。速度画像は元画像から密なオプティカルフローを計算し、この計算結果を子宮運動の伝搬速度として画像の画素値に置き換えることで生成される。元画像および速度画像をそれぞれ 13,376 枚ずつ用意し、運動パターンを予測するモデルの学習及び評価を行った。予測モデルは、ImageNet で事前に学習された VGG16 に対してファインチューニングを行うことで構成した。なお、Cine MRI 画像にラベル付けされている運動は 3 パターンあり、モデルは 3 種類のマルチラベル分類として予測を行う。元画像を学習したモデルの予測精度は 0.53、速度画像を学習したモデル 0.69 となり、速度画像を利用することで精度が向上することを確認した。この結果より、Cine MRI 画像においても速度画像の生成は効果的であり、妊娠特徴の解析に幅広く応用できることが確認した。

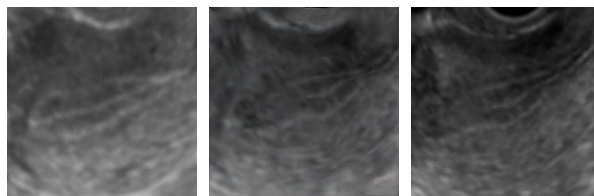


(a) 元画像 (b) 速度画像

図 1 Cine MRI 画像

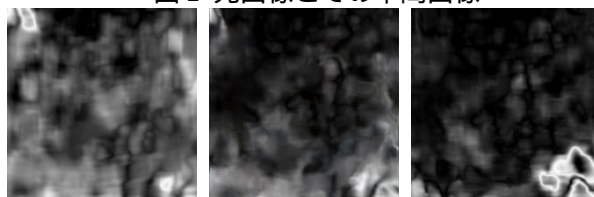
##### (2) 中間画像生成によるデータ拡張

図 2 は元の子宮超音波画像とそれらの画像から生成された中間画像であり、図 3 はこの元画像から生成された速度画像と中間画像である。中間画像の生成には、FILM[3]という手法を用いた。元画像および速度画像をそれぞれの中間画像を含めて 3,960 枚ずつ用意し、妊娠を予測するモデルの学習及び評価を行った。予測モデルは、ImageNet で事前に学習された VGG16 に対してファインチューニングを行うことで構成した。なお、超音波画像には妊娠成否の 2 種類のラベルが付与されており、モデルは 2 種類の分類として予測を行う。図 4 に各モデルの ROC 曲線を示す。赤い点線で示されているのが元画像、青い実線で示されているのが速度画像で学習したモデルの ROC 曲線である。それぞれの AUC は 0.68 と 0.72 となり、速度画像とその中間画像で学習したモデルの方が高い値となった。この結果より、速度画像の中間画像生成によるデータ拡張の方が効果的であったことがわかる。



(a) 元画像 1 (b) 中間画像 (c) 元画像 2

図 2 元画像とその中間画像



(a) 速度画像 1 (b) 中間画像 (c) 速度画像 2

図 3 速度画像とその中間画像

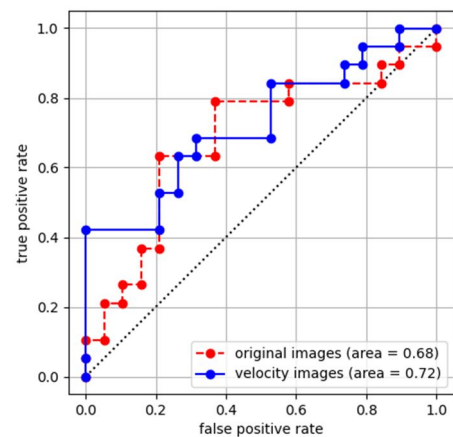


図 4 ROC 曲線

0.72 の AUC は先行研究[2]で得られた AUC と同等の値である。先行研究では、データの水増しとして、回転処理によるデータ拡張を実施しており、合計で 6,840 枚の画像を使用していた。本研究で利用したデータ数は 3,960 枚であり、先行研究の約 60% の学習データ数で同等の評価結果を実現した。中間画像生成におけるデータの組み合わせ方法の検討、中間画像生成規模の向上などを行うことで、精度の向上を実現できると考えられる。本研究を通して、医療データに特化したデータ拡張手法の基盤を構築することができた。

#### <参考文献>

- [1] K. Mori, et al., “A Pregnancy Prediction System based on Uterine Peristalsis from Ultrasonic Images”, Intelligent Automation & Soft Computing, 29 (2), pp. 335-352, 2021.
- [2] I. J. Goodfellow, et al., “Generative Adversarial Nets”, Advances in Neural Information Processing Systems 27 (NIPS 2014).
- [3] Fitsum Reda, et al., “FILM: Frame Interpolation for Large Motion”, arXiv:2202.04901.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1 . 発表者名 Kentaro Mori , Yoshimitsu Tokunaga , Tetsuro Sakamoto , Akira Nakashima , Isamu Komesu , Yutaka Hata
2 . 発表標題 Uterine Movement Analysis Based on Velocity Information by Convolutional Neural Networks
3 . 学会等名 World Automation Congress 2021（国際学会）
4 . 発表年 2021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
---------	---------