

深層学習を用いた心エコー動画における左心筋と左心腔の自動分画化

上杉 凌平[†] 吉野 孝[†] 王 開[†] 呉 海元[‡]
[†]和歌山大学 [‡]センスタイムジャパン

1 はじめに

近年、AIなどが医療分野で活用されるようになり、医療を行う際、AIを利用した問診や画像診断支援などの事例¹が増加している。厚生労働省の調査²によると、令和3年の日本の死因の内、心疾患が第2位となっており、日本において心疾患は無視できない脅威となっている。

心疾患の一般的な診断方法として、一般社団法人日本循環器学会の調査³によると、主に心電図検査、心エコー検査、心カテーテル検査などが行われている。中でも心エコー検査の件数が圧倒的に多く、心疾患の診断では心エコー検査が最も主流である。

しかし、心エコーで得られた画像や動画を診断することは、専門医しか行うことができず、個人の技量や経験によって差が生じることもある⁴ため、診断を行う際の専門医への負担は大きいといえる。また日本は現在、超高齢社会であるため、高齢者の数が今後増加すると考えられる。そのため心疾患の患者数が増加する恐れがある。その結果専門医の数が相対的に不足する可能性があり、専門医の負担を軽減する必要性があるといえる。

そこで本研究では心エコー画像や動画を、自動的に心筋や心腔毎に分画することで心エコー画像や動画の視認性を向上させる手法を提案する。

本研究では手動でアノテーションを行った心エコー画像を使用し、深層学習を利用して学習モデルを作成し、その精度評価を行った。その後アノテーションを行ったデータとは別の心エコー画像や動画に学習モデルを使用して予測を行うことで自動的に心筋と心腔に分画を行う。

2 関連研究

Kusunose らによる研究 [1] として、局所壁運動異常の評価がある。この研究では心エコー画像と深層学習

Automatic segmentation of a left myocardium and a left heart chamber in echocardiographic video using deep learning

Ryohei Uesugi[†] Takashi Yoshino[†] Wang Kai[†] Wu Haiyuan[‡]

[†]Wakayama University

[‡]SensetimeJapan

¹株式会社プラス PM: 医療現場における AI/IoT の活用事例-プラス PM: 入手先 <<https://www.plusweb.co.jp/blog/management-351.html>> (参照 2022 年 12 月 21 日)。

²令和 3 年 (2021 年) 人口動態統計月報年経年計 (概数) の概況: 入手先 <<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai21/dl/gaikyouR3.pdf>> (参照 2022 年 12 月 21 日)。

³2021 年度循環器疾患診断実態調査報告書: 入手先 <https://www.j-circ.or.jp/jittai_chosa/media/jittai_chosa2020web_1.pdf> (参照 2022 年 12 月 22 日)。

⁴医療法人財団日扇会第一病院:【循環器コラム】心臓超音波検査(心エコー)ってどんな検査?: 入手先 <https://www2.nissenkai.or.jp/news/news_454/> (参照 2023 年 1 月 12 日)。

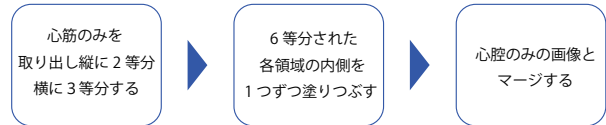


図 1: 後処理の流れ

を利用して心臓の異常な動きを判断しており、ResNet, DenseNet など 5 種類のモデルを構築してその精度を比べている。本研究ではこの研究と同様に心エコー画像と深層学習を用いているが、深層学習で用いるモデルが異なっており、動画への予測も行っている。

また Nurmainsi らによる研究 [2] として、胎児の先天性心疾患の検出がある。この研究も心エコー画像と深層学習を利用しており、胎児の心エコー画像から心腔の位置を予測している。本研究では心腔の位置だけでなく、心筋と心腔の位置と動きを予測している。

3 提案手法

3.1 概要

本研究では、用意した心エコー画像にアノテーションを行い正解データを作成し、その後正解データを用いて深層学習を行う。その後学習モデルを利用して予測を行い、得られた画像に後処理を施す。

3.2 正解データ作成

心エコー画像にアノテーションを行うために、本研究では MIT が開発した画像アノテーションツール「LabelMe」 [3] を使用し、心エコー画像内の心筋 (MY) と心腔 (LV)⁴⁵ を手動で分画することで正解データを作成する。

3.3 使用モデル

使用する深層学習のモデルとして、生物医学画像用セグメンテーションモデルとして開発された U-Net[4] を使用する。U-Net は学習したモデルを使用することで未知画像に対する予測を行うことが可能である。

3.4 予測画像の後処理

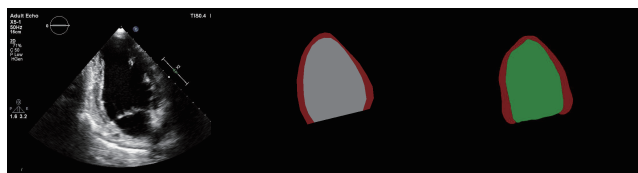
杉山ら [5] の研究によると心筋を 6 分画で表示しており、また一般的にも心筋を 6 部位として診断を行う。そこで、予測する段階では心筋の分画を行っていないが、予測後に心筋を 6 分画にする後処理を行う。

後処理の手法を図 1 に示す。まず画像処理を使用して、予測画像から心筋の部分のみを取り出す。その後心筋を横に 3 等分、縦に 2 等分し、6 等分された各領域を 1 つずつ選択し、輪郭を取得して内部を塗りつぶ

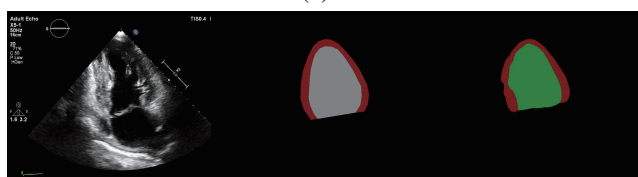
⁴⁵心筋: myocardium (MY), 左心腔: left ventricle (LV)

表 1: 学習精度のまとめ

領域	LV	MY
Accuracy	0.96	0.82
Precision	0.96	0.85
Recall	0.96	0.82
meanIoU	0.93	0.72



(a)



(b)

図 2: 心筋, 心腔の予測画像 (左: 元画像, 中央: 正解画像, 右: 予測画像)

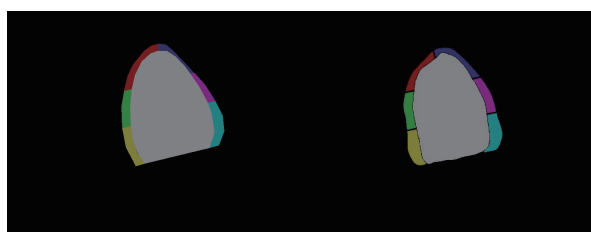


図 3: 6分画画像 (左: 正解画像, 右: 後処理後の予測画像)

すことで6分画することができる。その後心腔のみの画像とマージして後処理後の予測画像を得る。

4 精度評価と予測

4.1 使用するデータセット

本研究で使用する心エコー画像は 2016 年 1 月から 2016 年 12 月の期間に, 和歌山県立医科大学附属病院で 12 名から撮影された心エコー動画 24 心周期のフレーム, 合計 682 枚であり, 学習用に 545 枚, 検証用に 61 枚, テスト用に 76 枚を使用する。

4.2 精度評価

本研究で学習したモデルは Accuracy, Precision, Recall, mean-IoU(mean Intersection over Union) を用いて評価を行った。その結果を表 1 に表す。結果として LV は Accuracy, Precision, Recall, mean-IoU 全てにおいて 0.90 程度と高い精度を示した。また MY は Accuracy, Precision, Recall において 0.80 程度と高い精度を示した。mean-IoU の精度について, 1/9 程度の斜めずれであっても, IoU は約 0.65 となることから, 本手法における meanIoU の 0.72 という数値は高い精度であるといえる。

4.3 予測画像の出力

図 2 に, 1 人の心エコー動画, 2 周期のフレーム合計 76 枚に予測を行った結果の中から, 2 枚の画像を示す。正解画像と予測画像の IoU について, 図 2 (a) では, LV が 0.87, MY が 0.41, 図 2 (b) では, LV が 0.75, MY が 0.44 となった。LV に関して高い精度があるといえるが, MY に関して 0.4 程度と, 高い精度があるといえない結果であった。予測画像の総評として, 心腔の予測は実現できているといえるが, 心筋の予測に関して更なる改良の余地があると考えられる。

4.4 後処理済み予測画像の出力

図 3 に, 心筋を 6 分画する後処理を行った画像を示す。正解画像と比較すると類似した画像を出力できているので, 後処理に大きな問題がないことが分かる。

5 おわりに

本研究では, 深層学習を用いた心エコー動画における左心筋と左心腔の自動動画化手法を提案した。U-Net を用いて学習を行うことで, 心エコー画像からの心筋と心腔の検出は実現可能であることが示され, また予測画像への後処理に大きな問題がないことが分かった。

今後は後処理後の予測画像を用いて専門医による精度評価を行い, 提案手法の実用性を確認する。また, 他の深層学習のモデルとの予測精度の比較実験を行うことで, より性能が高いモデルを探索する。

謝辞

本研究は, JSPS 科研費 20K11953 の助成による。

参考文献

- [1] Kusunose K, Abe T, Haga A, Fukuda D, Yamada H, Harada M, Sata M: A deep learning approach for assessment of regional wall motion abnormality from echocardiographic images, *Cardiovascular Imaging*, Vol.13, No.2, pp.374–381(2020).
- [2] Nurmaini S, Rachmatullah M N, Sapitri A I, Darmawahyuni A, Tutuko B, Firdaus F, Partan R U, Bernollian N: Deep learning-based computer-aided fetal echocardiography: application to heart standard view segmentation for congenital heart defects detection, *Sensors* 21, No.23, 8007(2021).
- [3] Bryan C. Russell, Antonio Torralba, Kevin P. Murphy, William T. Freeman: LabelMe: a database and web-based tool for image annotation, *International journal of computer vision*, Vol.77.1, pp.157–173 (2008)
- [4] Ronneberger Olaf, Philipp Fischer, Thomas Brox: U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation, *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention*, Vol.9351, pp.234–241(2015).
- [5] 杉山祐公, 飯塚卓夫, 野池博文, 田端強志, 東丸貴信: 急性前壁心筋梗塞再灌流療法後の左室壁運動改善の予測: 経胸壁ドプラ心エコー図法を用いた冠動脈血流速波形による検討, *日冠疾会誌*, Vol.16, pp.118–126(2010).