

人工知能応用

消化器	93-AI-001 - 006
総論	93-AI-007 - 011
循環器	93-AI-012 - 016
産婦人科	93-AI-017 - 020
技術	93-AI-021 - 023

松本直樹¹, 小川真広¹, 金子真大¹, 熊川まり子¹, 渡邊幸信¹, 平山みどり¹, 有間修平¹, 森山光彦¹, 益岡晋也¹, 小泉憲裕²

¹日本大学医学部 消化器肝臓内科, ²電気通信大学 大学院情報理工学研究科 機械知能システム学専攻

【目的】

レンバチニブは切除不能肝細胞癌の分子標的治療の第一選択薬の1つで、血管新生阻害作用を持つ。本薬剤の奏功例では各種画像検査で血流低下が観察される。癌化学療法早期治療効果判定として、繰り返し施行可能な造影超音波検査は多く報告されている。その血流変化の定量的評価法としてTime Intensity Curve (TIC) が標準的方法だが、本法では造影剤投与開始前から数十秒間、定点観察して動画保存する必要があり、呼吸によるずれは評価の精度が下がる要因となる。テンプレートマッチングは2枚の画像において、1枚の画像の一部(テンプレート)に類似する領域が、もう1枚の画像のどの場所に存在し、どの程度類似しているかを検出する画像処理法である。治療効果判定では同一症例の同一部位を撮影するため、テンプレートマッチングの良い適応と考え、応用してみたので報告する。

【方法】

対象は当院で2018年～2019年に当科でレンバチニブを導入した切除不能肝細胞癌の5例。投与当日または前日と、1週間後に造影超音波検査を使用した。使用装置、撮影条件は前後で同じにした。使用装置はAplio i700(Canon), Arietta 850(日立)。動脈優位相の同時刻の静止画を装置外のPCで解析した。ImageJ (オープンソース)を用い、レンバチニブ投与前の画像から、病変とその周囲の構造を含

めて切り抜いたものをテンプレートとし、1週間後の画像に自動でマッチングさせた。両画像のnormalized cross correlationを画像化したものを測定し、最大値、平均値、中央値を算出し、これらの類似度と治療効果を比較した。治療効果判定は導入1～3か月後の造影CTまたは造影MRIで行った。

【成績】

治療効果はCR4例、PR1例であった。マッチングが難しい症例もあり、周囲の目盛などをテンプレートに含めることにより、マッチングに成功した。類似度は最大値0.807 (0.757-0.850)、平均値0.618(0.451-0.637)、中央値0.644(0.457-0.669)であった。

【結論】

今回の対象症例はいずれも奏功例で、類似度との比較では差異が乏しい結果となった。更に症例を積み重ねて報告する。

Contrast-enhanced ultrasonography for response evaluation using template matching after administration of lenvatinib for hepatocellular carcinoma

Naoki MATSUMOTO¹, Masahiro OGAWA¹, Masahiro KANEKO¹, Mariko KUMAGAWA¹, Yukinobu WATANABE¹, Midori HIRAYAMA¹, Shuhei ARIMA¹, Mitsuhiro MORIYAMA¹, Shinya MASUOKA¹, Norihiro KOIZUMI²

¹Division of Gastroenterology and Hepatology, Department of Medicine, Nihon University School of Medicine, ²Department of Mechanical Engineering and Intelligent Systems, Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

93-AI-002

ディープラーニングを用いた画像認識技術による肝嚢胞自動検出の試み

朝田和佳奈¹, 刑部 恵介^{1,2,4}, 寺本 篤司³, 杉山 博子^{1,4}, 吉村 美穂¹, 安井 駿豊¹, 川部 直人⁴, 橋本 千樹⁴, 吉岡 健太郎⁴, 廣岡 芳樹⁴

¹藤田医科大学病院 臨床検査部, ²藤田医科大学 医療科学部 臨床検査学科, ³藤田医科大学大学院 保健学研究所,

⁴藤田医科大学 医学部 肝胆臓内科

【はじめに】

ディープラーニング(深層学習)とは、人間が自然に行うタスクをコンピュータに学習させる機械学習の手法のひとつである。人工知能(AI)の急速な発展を支える技術であり、その進歩により様々な分野への実用化が進んでおり、医療分野においても様々な応用が試みられている。超音波検査は画像検査において非侵襲的で最も簡便な検査であることから健診などにも施行されている。超音波検査では病変の見落としをなくし、拾い上げが重要となってくるが、その精度は施行者の経験年数や技量によって左右されることが問題となる。

そこでディープラーニングを用いた画像認識技術によってスキャン動画内の腫瘍性病変を認識することができれば、検査の見落とし軽減や時間短縮に期待が持たれる。今回の検討は超音波画像においてコントラストがついている嚢胞に対して認識可能かを試みた。

【対象】

当院の腹部超音波検査にて嚢胞を指摘しえた患者18名25結節を対象とした。選択条件としては心拍動の影響の少ない肝右葉に存在するものとし、大きさは10mm以下とした。

【方法】

超音波検査の使用装置はGE社製LOGIQ E10, LOGIQ E9, 日立製作所社製ARIETTA850, Canon社製Aplio500およびフィリップス社製Affiniti70G, EPIQ7Gを用い、ルーチン検査の中でゲインやダイナミックレンジなどは適宜調整し学習用動画を記録した。その後、学習評価方法として原画像(超音波動画画像を個々のフレームに分解)とラベル画像(結節をマークした画像)をディープラーニング手法のひとつであるU-Netを用いて学習させ、自動検出能力を評価した。評価は1つ抜き交差検証法を利用して、学習および評価処理はNVIDIA社製TITAN RTXを搭載したPCにて

実施した。なお、画像の描出および原画像のラベル付け作業は超音波検査士(消化器)2名で行った。

【結果】

嚢胞性病変25結節中10結節(40%)の検出率であり偽陽性も多く観察された。

検出群と非検出群に分けBモード画像と比較した。検出群の結節の大きさは0-5mmが3結節, 5.1-10mmが7結節であり、非検出群はそれぞれ8結節, 7結節であった。形状について検出群は球形が10結節で不整形はなく、非検出群はそれぞれ11結節, 4結節であった(P=0.0322)。境界について検出群では明瞭は8結節, 不明瞭は2結節であり、非検出群はそれぞれ3結節, 12結節であった(P=0.0023)。検出群の肝表面から結節までの距離(mm)は中央値50(39-93)、非検出群は51(44-66)であり有意差は認めなかった。アーチファクト(後方音響増強)の有無では検出率に関連性は認められなかった。

【考察】

自動検出性能は予想よりも低い結果となった。今回検出性能が低い結果となった要因として症例数が少なく、十分な学習が行えていない事が考えられる。さらに撮影時の速度や画像の安定性が症例によって異なるため動画から3次元の形状を把握しづらく、血管などの正常組織が識別できないことが考えられた。

個々の結節の検出率について元のBモード画像を比較してみると、結節の形状や結節の境界が関連することが示唆された。実際の検査における嚢胞の診断は無エコー像と随伴するアーチファクト(後方音響増強)によって行っており、結節全体の境界がはっきりしない場合でも判断できている。ディープラーニング用の学習画像を記録する際には、撮影速度を一定にし、結節の境界を明瞭に描出する事で検出率の向上が期待された。

Preliminary study on automated detection of liver cysts using deep learning

Wakana ASADA¹, Keisuke OSAKABE^{1,2,4}, Atushi TERAMOTO³, Hiroko SUGIYAMA^{1,4}, Miho YOSHIMURA¹, Hayato YASUI¹, Naoto KAWABE⁴, Senju HASHIMOTO⁴, Kentarou YOSHIOKA⁴, Yoshiki HIROOKA⁴

¹Department of Clinical Laboratory, Fujita Health University Hospital, ²Faculty of Medical Technology, School of Health Sciences, Fujita Health University, ³Medical Radiation Sciences, Graduate School of Health Sciences, Fujita Health University, ⁴Department of Liver, Biliary Tract and Pancreas Diseases, Fujita Health University

桑原 崇通, 原 和生
愛知県がんセンター 消化器内科部

【背景】

人工知能(AI)のアルゴリズムの一つであるdeep learningは特徴量抽出を必要とせず、画像を直接学習することによって高度な分類が可能な技術である。超音波内視鏡(EUS)は膵疾患診断に必須の手法だが、その画像診断のみでは確定診断が困難な症例が存在する。今回我々はAIによるEUS画像解析がどこまで膵疾患診断に有用か検討した。

【方法】

2013/04～2017/12の期間に病理学的に膵癌または膵管内乳頭粘液性腫瘍(IPMN)と診断されデジタル画像として保存されている150例(膵癌症例はランダム抽出)をAI作成用学習データ、76例78病変(期間:2018/01～2018/12)を外的検証用テストデータとした。膵癌の診断は病理学的診断、IPMNの最終診断はlow/intermediate dysplasiaを良性、high grade dysplasia(HGD)・浸潤癌を悪性と定義した。EUS動画から膵癌(約2000画像)、IPMN(約4000画像)、病変外膵実質(約4000画像)の静止画像を作成した。その後データ拡張を行うことにより学習画像を約100万枚にデータを増幅した。その学習画像をdeep learningアルゴリズムの一つであるSqueeze-and-Excitation Networkを元に構築したAIに学習させた。検討項目は、1)病変(膵癌・IPMN)、病変外膵実質の鑑別能、2)IPMNの良悪性診断能とした。その方法として1)テストデータの

病変から80画像ずつランダムに抽出しその病変/病変外膵実質の鑑別、各々の病変の正診率を算出、2)IPMNの良悪性診断をリアルタイムに行うソフトウェアを用い、EUS術者が下した術前診断の診断能と比較した。

【結果】

学習/テストデータの最終診断は膵癌100/39例、IPMN良性27/21例、悪性23/18例であった。AIによる病変/病変外膵実質の鑑別能(感度・特異度・正診率)は98.1/91.2/95.8%、膵癌/IPMN/病変外膵実質における正診率は87.5/95.0/91.5%であった。IPMNの良悪性診断に対するAI、EUS術者の診断能(感度・特異度・正診率)はAI:100.0/81.0/89.7%、EUS術者:94.4/47.6/69.2%とAIはEUS術者に比べて高い診断能を有した。

【結論】

AIを用いた膵疾患診断は病変・病変外膵実質の鑑別は可能である。またIPMNの良悪性診断も医師の診断能よりも高度である可能性が示された。

Usefulness of artificial intelligence analysis for the diagnosis of pancreatic diseases via endoscopic ultrasonography

Takamichi KUWAHARA, Kazuo HARA
Department of Gastroenterology, Aichi Cancer Center

齋藤 僚介¹, 小泉 憲裕¹, 西山 悠¹, 今泉 飛翔¹, 草原 健太¹, 矢ヶ崎 詩穂¹, 小川 眞広², 松本 直樹²
¹電気通信大学大学院 情報理工学研究所, ²日本大学病院 消化器内科

【目的】

近年、脂肪肝の予後はNASHの有無よりも、寧ろ線維化の有無が重要であることが明らかになり、肝線維化診断の重要性が高まっている。肝硬変の超音波診断は、非侵襲性やコスト等において優れる一方、軽度の線維化の評価が難しいことや、脂肪肝において肝実質は全体が高輝度になるため不均一化の評価が困難になるなど、人間の眼のみでの評価には限界がある。そこで本研究では、多数例の脂肪肝の超音波画像を人工知能に学習させ、線維化と関連する特徴所見を抽出し、線維化度合いでF1, F2, F3に分類を自動で行うことを目的とする。

【方法】

本システムは、肝実質抽出システムおよび線維化分類システムの2つのサブシステムによって構成される。肝実質抽出システムについては、医療画像におけるセグメンテーションタスクに多く用いられるUNetを援用した手法を提案する。画面端の暗い部分及び、血管部分を取り除くよう学習させたネットワークを用いて、脂肪肝の肝実質部分の抽出を行う。線維化分類システムにおいては、ImageNetの重みを使った転移学習を行うことで特徴量を抽出し、F1, F2, F3の3クラス分類を行う。ネットワークモデルについては、VGG16, MobileNet, MobileNetV2, ResNet50, Xception, InceptionV3, InceptionResNetV2を用いて、比較実験を行った。

【対象】

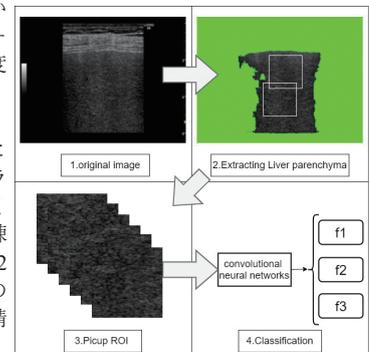
上記の手法で線維化を診断する実験を行った。具体的に、高周波プローブを用いて、Depth6cmにフォーカスを設定、年齢不問、男女混合17名の脂肪肝画像(F1症例:5名, F2症例:7名, F3症例:5名)を対象に実験を行った。

【結果】

実験により得られた結果は下記の2点である。1点目は、UNetにより、肝実質領域の抽出し正解画像と比較した結果、Dice係数は平均で92となり、高い精度で抽出が可能であることを確認することができた。2点目は、線維化度合いの分類について、検証データにおいて60%程度の精度となった。

【考察】

分類の精度が出ない原因として考えられるのは、クラス間の差異が小さく難しく分類が難しいこと、訓練データの数が少ないことの2点が挙げられる。これらの点について今後検討し、精度を改善していく。



Development of an ultrasonic diagnostic system for nonalcoholic steatohepatitis (NASH) using artificial intelligence

Ryosuke SAITO¹, Norihiro KOIZUMI¹, Yu NISHIYAMA¹, Tsubasa IMAIZUMI¹, Kenta KUSAHARA¹, Shiho YAGASAKI¹, Masahiro OGAWA², Naoki MATSUMOTO²

¹Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications (UEC), ²Gastroenterology, Nihon University Hospital

93-AI-005

深層学習を用いた超音波画像上の肝血管腫と血管の分類手法

草原 健太¹, 小泉 憲裕¹, 今泉 飛翔¹, 西山 悠¹, 齋藤 僚介¹, 矢ヶ崎 詞穂¹, 松本 直樹², 小川 眞広²

¹電気通信大学 機械知能システム学専攻, ²日本大学病院 消化器・肝臓内科

【目的】

肝血管腫(以下HH: Hepatic hemangiomaとする)は肝臓内において肝動脈から供給された血液が充満し、塊となることができる良性腫瘍である。一般的にHHは経過観察にとどめる。しかしながら人間ドックにおける腹部超音波検査で高い頻度で発見される病変である。そのためHHを判定することでHH以外の他の腫瘍を精密検査対象と判断可能になる重要な病変である。

HHは超音波画像内において複数のエコーパターンが存在し、既存の画像処理手法では画像によって輝度値が変化することから高精度な自動抽出は困難である。これを踏まえて本研究の目的は深層学習の自動分類の高精度化である。

【提案手法】

提案手法は大きく3つのステップに分かれる。最初に教師あり学習の中の画像セグメンテーション手法の1つであるU-Netを用いて横隔膜と腎臓を超音波画像上から取り除く。U-Netは物体の局所的特徴と画像全体の位置情報の2つを用いて学習を行う。次にTraining画像とTest画像から画像特徴の抽出を行う。ランダムに各画像の一部分を抜き出し、抜き出した画像に対して画像選別の条件を設定する。(a)画像内にHHと血管が含まれる。(b)画像内に含まれている物体の割合が閾値以上。(c)超音波の照射領域外の割合が閾値以下。(d)HHが超音波の深度40-80mmの範囲に含まれる。この条件を満た

す画像を抽出対象とする。最後に分割した画像をもとにResidual-UNetで学習を行い、HHと血管の2値分類とセグメンテーションを行う。

【実験と結果】

本実験では専門医が実際にリニア型超音波プローブで撮影をした超音波画像132枚をTraining120枚、Test12枚に分けて実験を行った。U-Netの学習結果からエポック数ごとにダイス係数を求めた。精度の一番高いダイス係数の学習を用いて横隔膜と腎臓部のセグメンテーション画像を作成した。実験結果からHHは96.8%、血管は91.5%の再現率、94.1%の正解率で推定することができた。

【考察】

各手法の精度を比べたところ再現率、正解率において既存のResNetに対して提案手法ではHHと血管の再現率、正解率が向上していることから学習の入力に対して分類のラベルだけではなく、対象の位置情報を入力することで学習精度が向上することがわかる。また1画像におけるHHと血管の占める割合を増加させることで、超音波画像においてはHHと血管の占める割合が小さいことが原因による学習精度の低下を防ぎ、深層学習による自動分類の高精度化がなされたと推察される。

	Conventional	Proposed
Recall of HH	0.833	0.968
Recall of Blood Vessel	0.814	0.915
Accuracy	0.824	0.941

Classification method of hepatic hemangioma and blood vessel for ultrasonography by deep learning

Kenta KUSAHARA¹, Norihiro KOIZUMI¹, Tsubasa IMAIZUMI¹, Yu NISHIYAMA¹, Ryosuke SAITO¹, Shiho YAGASAKI¹, Naoki MATSUMOTO², Masahiro OGAWA²

¹Department of Mechanical Engineering and Intelligent Systems, The University of Electro-Communications, ²Division of gastroenterology and hepatology, Department of Medicine, Nihon University of medicine

93-AI-006

超音波ガイド下ラジオ波焼灼療法支援システムにおける腫瘍追従手法に関する研究

矢ヶ崎 詞穂¹, 小泉 憲裕¹, 西山 悠¹, 近藤 亮祐¹, 今泉 飛翔¹, 草原 健太¹, 齋藤 僚介¹, 沼田 和司³, 小川 眞広², 松本 直樹²

¹電気通信大学大学院 情報理工学専攻, ²日本大学病院 消化器内科, ³横浜市立大学附属市民総合医療センター 消化器病センター

【目的】

現在、低侵襲な肝がんの治療法として2D超音波ガイド下のRFAが広く普及している。しかし、RFAでは針を刺して焼灼する際に、焼灼により水蒸気が発生する。この水蒸気は超音波画像上で焼灼部を雲のように覆ってしまうため、正確な腫瘍の位置の同定が困難になり、次に針を刺す際の位置決定を阻害するという問題が発生する。また、2D超音波画像では画像平面上の移動しか把握できないが、実際の臓器の移動は3次元であるため、画像に垂直な方向の移動も把握できるようにする必要がある。現在3Dプローブをガイド用いた手法も行われているが、3Dプローブは2Dプローブと比較して価格、時間分解能、空間分解能、重さの点で劣る。以上の点から、本報では2次元超音波画像をもとに臓器の3次元運動を推定することで、超音波ガイド下RFAにおける腫瘍追従システムを実現する。また、人体に近いファントムを用いることでより実環境に対応できるシステムを構築する。

【方法】

2次元超音波画像上では、肝臓とその他の組織は異なる動きをする。このことから提案手法ではセグメンテーションによって肝臓の領域を求め、この情報を移動量推定においても用いることによってより高精度で肝臓の運動に即した移動量推定を行うことを目指した。具体的には、超音波画像とセグメンテーションネットワークか

ら得た肝臓領域のマスク画像を畳み込みニューラルネットワークの入力に用いることで2次元超音波画像から3次元移動量の回帰推定を行った。

【実験】

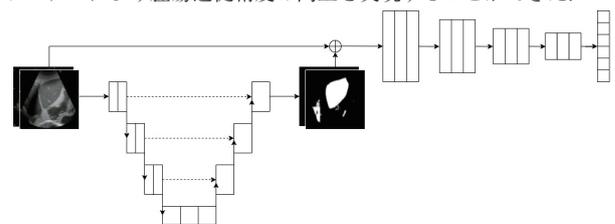
ファントムに対して術者から見て左から右にプローブを操作することで、肝臓全体の超音波画像を取得した。2次元超音波画像のみを入力に用いたモデル(以下モデルA)とセグメンテーションも入力に用いたモデル(以下モデルB)追従精度比較実験を行った。

【結果】

モデルAとモデルBで追従精度評価の比較を行ったところ、肝臓領域の情報を加えたモデルBの方で精度向上が見られた。

【結論】

本システムにより腫瘍追従精度の向上を実現することができた。



Study on tumor following technique for support of ultrasound-guided radiofrequency ablation therapy

Shiho YAGASAKI¹, Norihiro KOIZUMI¹, Yu NISHIYAMA¹, Ryosuke KONDO¹, Tsubasa IMAIZUMI¹, Kenta KUSAHARA¹, Ryosuke SAITO¹, Kazushi NUMATA³, Masahiro OGAWA², Naoki MATSUMOTO²

¹Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications, ²Gastroenterology, Nihon University Hospital, ³Gastroenterological Center, Yokohama City University Medical Center

93-AI-007

医療画像診断における AI / 深層学習 正しく医療応用するために

植田 琢也

東北大学大学院医学系研究科 画像診断学分野

現在、機械学習・人工知能 (AI) の医療分野への応用が急速に進んでいる。とりわけ医用画像診断領域は深層学習のひとつである畳み込みニューラルネットワーク (CNN) との親和性が高く、画像認識や高画質化などへの積極的な導入が行われている。医療診断支援への期待が高まる一方で、過度に期待するあまり魔法のツールであるような誤った認識も広まりつつある。

現在のAIはもっぱらある特定の機能に特化した“狭いAI”であり、IBM Watsonで提唱されているArtificial Intelligence (人工知能) というよりもAugmented Intelligence (拡張知能) という考え方がふさわしい。よって、医療においてどのようなニーズをAIに託せば、効率的に人間のサポートしてくれるのかという臨床学的視点の理解が特に重要となることになる。医療者が必ずしもプログラミングや数理に熟知する必要はないが、その手法の概要を正しく理解することで有効な使用法への道筋を提示できると考える。

本講による現在臨床的な仕様が有用と考えられる様々な機械学習・深層学習の紹介が、今後我々医療者がAIと正しくつきあうための道しるべとして一助となれば幸いである。

Artificial Intelligence for Clinical Imaging

Takuya UEDA

Department of Clinical Imaging, Tohoku University Graduate School of Medicine

93-AI-008

深層学習を用いた超音波画像による肝脂肪割合推定モデルの検討

野口 幸代¹, 神山 直久¹, 大栗 拓真¹, 黒田 英克², 阿部 珠美², 三上 有里子², 滝川 康裕²¹GEヘルスケア・ジャパン 超音波製品開発部, ²岩手医科大学 内科学講座消化器内科肝臓分野

【背景と目的】

高い画像認識性能で注目される畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた深層学習は、医用画像への応用も進められているが、びまん性肝疾患の評価への検討例はまだ少ない。理由として、学習データが集まりにくいことや、肝脂肪割合などの有用な特徴抽出の難しさが考えられる。本研究では、一般画像で学習済みの深層学習モデルを使用し、超音波画像で転移学習させることにより、少ない学習データでも肝脂肪割合の推定が可能であるか検討を行った。さらにモデルの中間層の出力を可視化することにより、深層学習がどのように肝脂肪割合に関係する特徴を抽出しているかを考察した。

【対象と方法】

超音波検査と同日に肝生検を施行したNAFLD 147例を対象とし、超音波診断装置はLOGIQ E9(プローブC1-6)を使用した。入力データはS5領域のBモード画像(Raw data)計147枚とし、教師データは病理画像から算出された肝脂肪割合の実測値を使用した。深層学習モデルは大規模画像データセットImageNetで学習済みのVGG16を回帰モデルに変換、Bモード画像で転移学習し、K分割交差検証(K=5)によりモデルの推定精度を検証した。次に脂肪割合の高低がどのように判断されたかを把握するため、CNNの出力を2次元マップ化して分布を観察した。また、推定値への寄与率をヒートマップ表示可能なGrad-CAMを用いてCNNの各層の出力の可視化を行い、脂肪割合に応じて抽出された特徴について考察した。

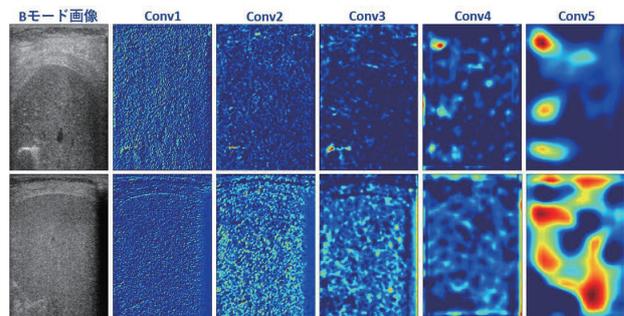
【結果と考察】

肝脂肪割合の実測値と深層学習モデルによる推定値の相関係数は0.58、平均平方二乗誤差は13.1%であった。CNNの出力の2次元マップは、脂肪割合の低値例から高値例へとただらかな推移の分布を示した。推定精度の高

値例は分布に沿い、低値例は分布から外れた傾向にあることから、CNNの出力が脂肪割合に応じた特徴を抽出できていると推測された。Grad-CAMのヒートマップから、脂肪割合の高値例は肝実質部分の寄与が大きく、脂肪割合に応じた特徴を捉えている可能性が窺えた。推定精度の低値例は、Bモード画像が目視で実測値と乖離、プローブの接触不良によるアーチファクト、高度脂肪肝による画像不鮮明などが影響していると考えられた。

【まとめ】

転移学習により、肝脂肪割合の推定に有用な深層学習モデルを構築できる可能性が示唆された。またモデルの中間層の出力の可視化を行うことにより、抽出された特徴の推測を行い、推定の根拠を説明することができた。



A Study for Estimation Model for Percentage of Liver Steatosis with Ultrasound Images using Deep Learning

Sachiyo NOGUCHI¹, Naohisa KAMIYAMA¹, Takuma OGURI¹, Hidekatsu KURODA², Tamami ABE², Yuriko MIKAMI², Yasuhiro TAKIKAWA²¹Ultrasound General Imaging, GE Healthcare Japan, ²Division of Hepatology, Department of Internal Medicine, Iwate Medical University

超音波画像ビッグデータベース構築と AI 支援肝腫瘍検出・診断システムの開発 - AMED 臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業での取り組み -

西田 直生¹, 山川 誠², 椎名 毅², 目加田 慶人³, 工藤 正俊¹

¹近畿大学 医学部・消化器内科, ²京都大学大学院 医学研究科・人間健康科学系専攻, ³中京大学 工学部・情報工学科

【目的】

少子高齢化により, 医療資源の確保は喫緊の課題である。超音波診断の領域でも, 全ての検査を各領域の専門家からカバーすることは困難である。このような状況において, 病変の見落としや誤診を防ぐAI診断支援システムの開発は, 近未来の超音波検査を展開する上で重要な意味を持つ。我々は, 日本医療情報学会のガイドラインに沿った超音波デジタル画像・付帯情報収集システムを構築し, 肝腫瘍, 乳腺腫瘍, 心臓超音波の静止画・動画データベースを整備している。本研究では, このデータベースを用いた肝腫瘍検出・診断のためのAIプロトタイプ開発状況を報告する。

【方法】

11施設が参加する共同研究により, 肝腫瘍超音波デジタル画像のデータベース構築を行っており, 匿名化・安全性が担保された仕組みで, 各施設から教師付き画像と付帯情報を収集するシステムが構築されている。現時点で, 腫瘍生検, 造影超音波, ダイナミックCT, EOB-MRIにて確定された診断名を教師データとして付与された22,973枚(8,626症例)の肝腫瘍静止画像とその付帯情報が収集されている。データベースは臨床データや超音波機器等も付帯情報として登録し, 必要なデータセットを選択できる工夫がなされている。今回は, データベースへの登録データから, (1)腫瘍鑑別に関して, 初期に収集された7,857画像, 1,904症例(肝嚢胞2,893, 肝血管腫2,322, 肝細胞癌1,394, 転移性肝癌1,245画像)のデータを用い, 4疾患鑑別, 両悪性鑑別を行った。10層から成るCNNを用い, 左右反転等のデータ拡張を行なった。解析には交差検証法を用いている。(2)腫瘍検出に関して, YOLO v3を用い, 9,015画像を学習させたモデルを用い, 136画像の評価データセットにて再現率, 適合率, F値を評価した。さら

に適合率改善を目的とし, 肝腫瘍領域と肝非腫瘍領域をCNNで学習させた分類機を用い, YOLO v3で検出された腫瘍候補領域を再評価し, 再現率, 適合率, F値を求めた。

【成績】

(1)症例毎の4疾患識別精度は, 本解析では83.6%(肝嚢胞97.5%, 肝血管腫83.4%, 肝細胞癌57.2%, 転移性肝癌70.0%)であった。両悪性2クラス分類での正診率は88.9%, 感度 78.6%, 特異度 92.5%である。(2)肝腫瘍検出モデルにおいては, YOLO v3では再現率0.816, 適合率0.793, F値0.805であり, YOLO v3にCNNを組み合わせたチューニングモデルでは, 再現率0.770, 適合率0.807, F値0.788であった。動画からの腫瘍検出において, 超音波検査時, さらにEOB-MRIでも存在が見落とされた5mm未満の肝細胞癌の微小転移巣が, 本システムで検出された例が認められた。

【考案】

腹部US検査において, リアルタイムでの肝腫瘍検出が可能であった。肝腫瘍診断において, 4疾患鑑別では肝細胞癌や転移性肝癌の診断精度が低く, 学習データの増加が必要である。腫瘍領域検出では, 再現率や適合率が0.8程度まで改善されている。特に, RFA前に存在が見落とされた肝細胞癌の微小肝内転移病変が本システムで検出され, AI診断支援がRFAなど局所療法の前評価と適応決定にも有用である可能性がある。今後, 検査者とAIによるダブルチェックが超音波検査のスタンダードとなり得るポテンシャルを感じさせる。現在, 学習データの数と多様性を増やすことにより, 実臨床に耐えうるAI支援型肝腫瘍検出システムの構築を目指している。

Construction of nationwide database of US image and development of AI-aided detection and diagnosis system for liver tumor

Naoshi NISHIDA¹, Makoto YAMAKAWA², Tsuyoshi SHIINA², Yoshito MEKATA³, Masatoshi KUDO¹

¹Department of Gastroenterology and Hepatology, Kindai University Faculty of Medicine, ²Department of Human Health Sciences, Kyoto University Graduate School of Medicine, ³Department of Information Engineering, Chukyo University School of Engineering

超音波診断装置上でのリアルタイム構造物自動検出の試み

高田 優子, 渡辺 正毅, 今村 智久, 川岸 哲也

キャノンメディカルシステムズ 超音波事業部 超音波クリニカルソリューションプロジェクトチーム

【目的】

近年, 人工知能(Artificial intelligence: AI)を用いた病変の自動検出に関する研究が盛んに行われている。Hand-held(手動的)超音波検査の現場で使用することを考えたとき, 後から解析するよりも, スキャンしながらリアルタイムに病変を検出できる方が望ましい。しかし, AI解析に時間を要してスキャンのリアルタイム性が損なわれると, 検査の妨げになってしまう可能性がある。今回, 超音波診断装置上にAIによる検出アルゴリズムを実装し, スキャンのリアルタイム性を保ちながら同時にAIによる構造物検出が可能であるかを検証した。

【方法】

検証にはキャノンメディカルシステムズ株式会社製超音波診断装置Aplio iシリーズ, およびニアプローブPLI-1205BXを使用した。検出対象物は, GAMMEX社製の球状病変超音波ファントム408-LE型に含まれる直径4mmおよび2mmの無エコーターゲットとした。これらのターゲットをDeep Learningで事前に学習し, 学習済みモデルを超音波診断装置に搭載した。

超音波診断装置上では, 検出対象を検索する範囲を設定し, 範囲内で検出対象物が検出された場合は, 検出位置のBモード画像上に赤枠を表示するように設計した。検索範囲は深さ0~4cm, 幅4.5cmに設定した。画像更新を優先し, 検出処理が間に合わない場合は検

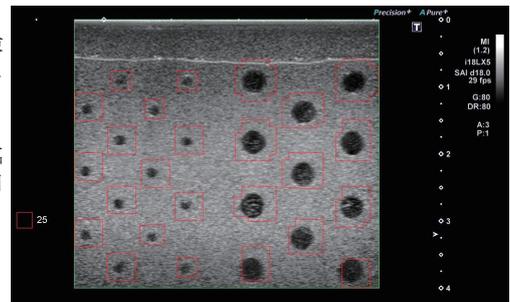
出処理をスキップするようにした。無エコーターゲットを通過するようにスキャンし, 映り始めてから映り終わるまでに一度でも検出されれば検出成功とみなして検出率を計算した。

【結果】

スキャン時のフレームレートは29fpsであり, スキャン中に検出処理がスキップされることはなかった。無エコーターゲットの位置が赤枠で表示され, 検出成功率は平均で90%以上であった。

【結論】

スキャンしながら構造物検出を行い, フレームレート29fpsでBモード画像と検出結果の両方を画面上に表示することができた。リアルタイム性が高く検査の妨げにならないと考えられるため, 実臨床での有用性が期待される。



Real time automatic structure detection on ultrasound imaging machine

Yuko TAKADA, Masaki WATANABE, Tomohisa IMAMURA, Tetsuya KAWAGISHI

UL Clinical Solution Project Team Ultrasound Systems Division, CANON MEDICAL SYSTEMS CORPORATION

荻野 昌宏¹, 朱 佩菲¹, 李 云¹, 影山 昌広¹, 白旗 崇², 尾藤 良孝², 井上 健太², 長野 智章², 村山 直之²

¹日立製作所 研究開発グループ, ²日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット

【はじめに】

近年におけるAI (Artificial Intelligence) 技術の急激な発展により、医療分野においても、AIによる病気の早期発見や最適な治療の実現等に期待が集まっており、医療向けAIの研究開発が急激に活発化している。特に、レントゲンやエコー、MRI等の画像から診断を行う画像診断の分野は、AIの実用化が最も早いと考えられており、画像の自動撮影や医師の読影・診断支援による検査・診断ワークフローの効率化や診断の質向上など、画像診断の大幅な革新が期待される。先行する米国では、AI技術を活用した画像診断支援ソフトや自動診断ソリューションが医療機器として認証され始めており、今後、医療現場への適用が世界的に進んでいくものと考えられる。本報では、画像診断を取り巻くAIの動向を述べるとともに、我々が取り組んでいる医療向けAI技術を紹介する。

【画像診断を取り巻くAIの動向】

画像診断におけるAI活用の方向性を図1に示す。医療現場での受け入れ易さ、導入コストを踏まえると、まずは、医師・技師の作業負担軽減を目的とした画像診断装置の自動調整、自動計測での活用が進み、その次に、病変候補領域の検出支援を目的としたCADEが普及していくと考えられる。さらに、病変の良悪性分類など鑑別まで踏み込んだCADxへと活用が進み、最終的には、判断の難しい画像から将来をスコアや確率で予測するCAP (Computer Aided

Prediction) が実現されると考えられる。画像診断装置別で考えると、現状は、胸部、乳房X線での異常検出の研究が先行しているが、X線CT、MRIにおける肺や頭部の検査・診断支援、さらには超音波診断装置への適用も進みつつあり、全ての画像診断装置、画像診断領域への展開が今後加速していくと思われる。

【日立の医療向けAI技術】

図2は、日立独自の画像診断AI技術コンセプトである、Hybrid Learningを示している。長年の医用画像診断装置メーカーとして培った医学的知見と、多くの産業分野で蓄積してきた画像処理技術、そしてDeep Learningに代表される機械学習とを融合させるOT×ITで、高精度且つ医学的妥当性の高い結果を導く独自のAI技術の開発が狙いである。本報では、その具体例として我々が現在取り組んでいる、医師の手技・経験に依存しない高精度な超音波検査を実現する循環器、及び産科向け超音波自動計測技術、高精度な病巣検出機能を実現するCADE技術を紹介し、今後の展望についても述べる。



Hitachi's approach to medical imaging AI

Masahiro OGINO¹, Peifei ZHU¹, Yun LI¹, Masahiro KAGEYAMA¹, Takashi SHIRAHATA², Yoshitaka BITO², Kenta INOUE², Tomoaki CHONO², Naoyuki MURAYAMA²

¹Research & Development Group, Hitachi, Ltd., ²Healthcare Business Unit, Hitachi, Ltd.

93-AI-012

生体情報ビッグデータ分析 - 心電図 ALLSTAR プロジェクト

湯田 恵美¹, 早野 順一郎², 吉澤 誠³

¹東北大学 大学院 工学研究科 電気エネルギーシステム専攻, ²名古屋市立大学 大学院 医学研究科 医学・医療教育学分野,

³東北大学 サイバーサイエンスセンター 先端情報技術研究部

ビッグデータは「様々な形をした、様々な性格を持った、様々な種類のデータ」を指す。データの量 (Volume)、データの種類 (Variety)、データの発生頻度・更新頻度 (Velocity) は、いずれもビッグデータを構成する重要な要素である。ビッグデータは、これまでデータベースで管理されてきた構造化データだけではなく、テキストファイル、音声、動画、画像ファイルといった非構造化データを含む多様なデータの総称でもある。医工学分野においてもビッグデータの傾向を掴むことは疾病の早期発見や予防に繋がる可能性が示唆されている。近年のコンピュータの性能向上に伴って我々が取り扱えるデータ量の大きさの上限も増しつつあるが、同時に解析できる制限も抱えている。

膨大なデータは高性能人工知能の開発に有用である。昨今は少ないデータで効率的にAIに学習させるための研究も進み、医療・健康に有用な知見を得ることができるようになった。とりわけ日々膨大に生成・記録される医療情報や生体信号は自ずとビッグデータを形成していることから、その有用活用が望まれている。

心電図は100年以上前から使用される生体電気現象の「波形」の記録であり、原理的な変更が殆ど無く臨床・研究に応用されてきた。ウェアラブルな心電計によって実現したホルター心電図検査では24時間に渡って連続的に心電図が記録される。24時間の記録には、成人で約10万拍分の心電図波形が記録され、ヒトの健康状態

に関する膨大な情報を得ることができる。コンピュータ技術の導入によって、ホルター心電図は、心拍リズムが乱れる不整脈、狭心症など一過性心筋虚血のスクリーニングに加え、心拍変動解析による日常活動下の自律神経活動指標や循環器疾患リスク予測指標の評価にも活用されるようになった。

ホルター心電図を初めとする生体情報ビッグデータ研究は、環境が健康や疾患に与える影響の新しい評価方法の確立や、長寿社会における予測・予防医療の推進に貢献するものである。そこで本講演では、ホルター心電図のビッグデータを用いて、心拍変動解析から得られる様々な生体指標に対する環境因子の影響を分析した結果について報告する。

心臓超音波検査 (心エコー) は、超音波の伝搬性や吸収、反射特性の大きな個体差が非臨床試験分野での汎用を妨げているが、ドップラー法による弁の逆流や乱流の検出と血流速度による狭窄の評価、二次元断面画像による心臓の形態や組織性状と、収縮機能に関する評価を可能にしたことで、循環器疾患の臨床に大きな貢献をしている。近未来には、心エコーのビッグデータの構築と、解析に対する要請が高まるものと考えられる。

Bio-medical Big Data Analysis: ECG ALLSTAR Project

Emi YUDA¹, Junichiro HAYANO², Makoto YOSHIZAWA³

¹Graduate School of Engineering, Tohoku Univ., ²Graduate School of Medical Sciences, Nagoya City Univ., ³Cyberscience Center, Tohoku Univ.

大山 誠司¹, 長野 智章¹, 柿下 容弓²

¹日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット, ²日立製作所 研究開発グループ

【背景と目的】

American Society of Echocardiographyガイドラインでは、左室拡張能の評価指標としてE/e'による超音波検査が推奨されている。E/e'計測のためには、2つのドプラ波形を個別に計測する必要があり、検査時間の増加に繋がるが、Dual Gate Doppler(DGD)を用いると、2か所のドプラ波形を同心拍で取得可能なため検査効率の改善に寄与する。しかし、サンプルゲート設定、安定心拍の選択、E/e'計測と操作が必要で、更なる検査の効率化が課題となっていた。

E/e'計測の効率化を目的として、複数の自動化アルゴリズムを組み合わせて、DGDにおけるE/e'自動計測システムを開発した。ここでは、そのシステムの概要と、特に本システムの特徴である、深層学習を用いたドプラカーソル自動設定機能(Doppler Cursor Assist)について報告する。

【方法】

DGDにおけるE/e'自動計測システムを示す。図のように、Doppler Cursor Assistによって2つのサンプルゲートを自動設定し、安定心拍検出機能(R-R Navigation)によって安定した心拍区間を自動表示し、ドプラ自動トレース機能によって当該区間のドプラ波形に対してE波とe'波を自動検出し、E/e'を算出する。

Doppler Cursor Assistのアルゴリズムは、描出された断面種類の認識とカーソル位置検出の2段階からなる。断面種類の認識では、予め、数千例の標準断面の画像特徴を深層学習により取得し、これを

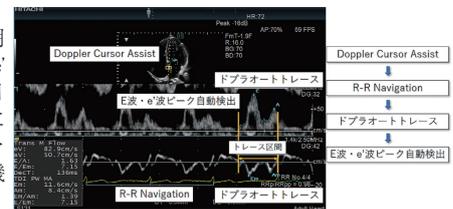
学習済みデータとして記憶する。また、カーソル位置情報も学習して、同様に記憶する。認識時は、リアルタイム撮像中に拡張末期の画像が取得された直後に、前述の学習済みデータを参照し、その断面の種類を瞬時に自動分類する。そして、自動分類直後に、同様に学習済みデータを参照し、断面や計測の種類に応じたカーソル位置(E/e'では左室流入路と左室弁輪)を検出する。※本研究計画は日立グループ倫理審査委員会にて審査済

【結果】

Doppler Cursor Assistにおける断面認識率は95%、カーソル設定誤差は5mmであり、トラックボール操作量の低減に寄与する。E/e'計測において、本システムによる自動計測は、フリーズ後における手動による計測と比べ、計測時間を83%短縮できた。操作手順については、手動による26ステップから自動による7ステップに低減して、検査時間と手順の短縮を実現した。

【結論】

拡張能低下の早期診断に寄与するE/e'計測の効率化を目的として、DGDにおける機械学習を用いた自動計測機能を開発した。



Development of Automatic Measurement System of Diastolic Function Index Using Machine Learning Algorithm in Dual Gate Doppler

Seiji OYAMA¹, Tomoaki CHONO¹, Yasuki KAKISHITA²

¹Healthcare Business Unit, Hitachi, Ltd., ²Research & Development Group, Hitachi, Ltd.

楠瀬 賢也¹, 芳賀 昭弘², 山田 博胤¹, 西尾 進¹, 平田 有紀奈¹, 佐田 政隆¹

¹徳島大学病院 循環器内科, ²徳島大学 医用画像情報科学

2012年、画像認識コンペティションのImageNet Large Scale Visual Recognition Challengeにおいて、トロント大学のチームがdeep learningによる画像認識技術によりその精度を飛躍的に上昇させて以来、画像認識分野において人工知能(AI)技術の活用が活発となっている。近年では身の回りの家電製品にもAIが搭載され、あらゆるところに使われる時代となってきているが、2018年にその波は循環器領域、超音波診断学の領域にも押し寄せてきた。

2019年に入ると様々な研究機関から多くの循環器画像を用いたAI研究について報告がされるようになり、我々もAIを用いることで、心エコー図検査における局所壁運動異常を検出する試みを報告した(1)。2019年米国最大の循環器学会であるAHAでもAIに関する演題が多数あり、AI技術に関するセッションは全体の1割を超えてきており、今後も増え続けるだろう。

超音波画像における人工知能技術活用は大きく分けて4つのステップがある。

- ① Improving data quality
- ② Improving workflow
- ③ Automate measurements
- ④ Computer-aided diagnosis

である。具体的には

- ① データクオリティの向上(例:ぼやけたエコー画像を処理により

くっきりさせる)

② ワークフローの改善(例:先読み機能により画像取得やレポート作成のスピードを上げる)

③ 自動計測(例:傍胸骨長軸像を出せば自動で左室径、左房径を計測して数字として出す)

④ 自動診断(例:傍胸骨長軸像を出せば自動でHCMやアミロイドシスを鑑別する)

であり、これらの項目について、多くの報告が上梓されつつある。

さらに、従来超音波画像から読み取れなかった情報までAIにより検出することで、組織性状すらも判定してしまうという試みや、病態の新たなクラス分けを行うことで診療に役立てようとする先進的な試みもなされている。

加速するAI時代の2020年に際し、改めてAI技術の現在を明らかにし、将来についての展望を述べることで、超音波医学、循環器領域におけるAI活用についての議論を持ちたい。

参考文献

- 1) Kusunose K et al. A Deep Learning Approach for Assessment of Regional Wall Motion Abnormality from Echocardiographic Images. JACC Cardiovasc Imaging. 2019 pii: S1936-878X(19)30318-3. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.02.024.

The Present and Future of Artificial Intelligence in Cardiovascular Imaging

Kenya KUSUNOSE¹, Akihiro HAGA², Hirotsugu YAMADA¹, Susumu NISHIO¹, Yukina HIRATA¹, Masataka SATA¹

¹Department of Cardiovascular Medicine, Tokushima University Hospital, ²Department of Medical Image Informatics, Tokushima University Hospital

坂本 考弘¹, 村上 大輔², 伊藤 新平¹, 遠藤 昭博¹, 吉富 裕之³, 田邊 一明¹¹島根大学医学部附属病院 循環器科, ²統計数理研究所 データ科学研究系, ³島根大学医学部附属病院 検査部

【背景】

心不全患者はLVEFを基に分類されるが、近年経時的変化も考慮しLVEFが改善した心不全(HFrecEF; heart failure with recovered ejection fraction)の概念も導入されている。しかしながら、HFrecEFに関しては他と比較して予後が良いことが知られてはいるものの、どの様なHFrecEF群がその後HFrecEFとなるかは不明である。本研究では心エコー図指標に基づいた機械学習によりHFrecEF患者の層別化を行うことで、予後の評価とともに将来のHFrecEF群を予測することが出来るか検討した。

【方法】

心不全入院の既往があり、血行動態が安定している状態で心エコー図検査を施行したHFrecEF患者162人を対象に機械学習による層別化を行いその後の経過を追った。心イベントは心不全再入院とし、経過中(中央値292日)55人に認められた。LVEFの経時的変化については、再度血行動態的に安定している状態で心エコー図検査を施行した患者73人(HFrecEF継続52人, HFrecEF21人, 追跡期間中央値397日)を対象とした。HFrecEFはLVEFが50%未満, HFrecEFはLVEFが50未満であったがその後改善した患者群と定義し、LVEFの測定はm-Simpson法を用いた。重度弁膜症、急性心筋梗塞、急性心筋炎、急性肺塞栓症、心臓手術後、心膜疾患の患者は除外した。教師無し機械学習による層別化手法、層別化に用いる変数としての心エコー

図指標について検討を行った上で、本研究ではランダムフォレスト法による機械学習を行った。

【結果】

HFrecEF162人に対して機械学習による層別化を行ったところ、Cluster1に63人、Cluster2に99人が分類された。Cluster1はCluster2と比較して心不全再入院が低い傾向にあった(log rank test, $p=0.132$)。Cluster1は15人、Cluster2は6人がその後HFrecEFとなり、Cluster1はCluster2と比較して有意にHFrecEFとなる傾向を認めた($p=0.001$)。層別化に重要である心エコー図指標についてGini係数にて検討を行ったところ、LVEF, LVEDV, IVSth, E/A, IVC最大径が特に重要であった。Cluster1はCluster2と比較してLVEFは有意に高く($41.5 \pm 5.9\%$ vs $27.0 \pm 7.6\%$, $p<0.001$)、LVEDVは低く($93.6 \pm 36.8\text{mL}$ vs $141.1 \pm 51.7\text{mL}$, $p<0.001$)、IVSthは高く($10.8 \pm 2.6\text{mm}$ vs $9.4 \pm 2.5\text{mm}$, $p<0.001$)、E/Aは低く(0.9 ± 0.6 vs 1.4 ± 1.0 , $p=0.002$)、IVC最大径は小さかった(13.1 ± 4.1 vs 15.5 ± 4.9 , $p=0.002$)。

【結論】

HFrecEF患者に対して心エコー図指標を用いた機械学習による層別化は予後や将来のHFrecEF群を予測し、かつどの心エコー図指標が将来の改善に有用であるか推定することが出来る。

Predictor of future HFrecEF by machine learning based on echocardiography

Takahiro SAKAMOTO¹, Daisuke MURAKAMI², Simpei ITO¹, Akihiro ENDO¹, Hiroyuki YOSHITOMI³, Kazuaki TANABE¹¹Division of Cardiology, Shimane University Faculty of Medicine, ²Department of Statistical Data Science, The Institute of Statistical Mathematics, ³Department of Clinical Laboratory, Shimane University Hospital村木 亮介¹, 木村 竜誠¹, 寺本 篤司¹, 山崎 歌音¹, 杉本 恵子¹, 杉本 邦彦², 山田 晶³, 渡邊 英一³, 齋藤 邦明¹, 藤田 広志⁴¹藤田医科大学大学院 保健学研究科, ²藤田医科大学 臨床検査部, ³藤田医科大学 循環器内科, ⁴岐阜大学 工学部

【目的】

心臓超音波検査は心筋梗塞の早期診断時に利用される動画検査であり、心筋梗塞の所見である局所壁運動異常を観察することが可能である。しかし、梗塞の範囲や重症度によっては正確な評価が困難な場合があり、診断精度の低下をまねき早期診断の妨げとなる。また、手技者の熟練度や、検査時における再現性も検出精度に影響することから、心臓超音波動画上の壁運動の定量的な評価が求められる。そこで本研究では、人工知能技術を利用することで心筋梗塞における局所壁運動異常の検出を目的とし、初期的な検討として正常心筋と心筋梗塞を発症した異常心筋の自動分類手法の開発し、性能評価を行った。

【方法】

概要を図1のフローチャートに示す。正常症例22例と急性前壁中隔心筋梗塞症例22例、計44症例を使用し機械学習による自動分類を行った。左室長軸像、乳頭筋レベル短軸像の1心拍分の動画からconvolutional neural networkにより約12万個の特徴量を抽出した。次に抽出した特徴量に対して主成分分析を行い、特徴量の次元圧縮を行った。その後圧縮した特徴量を機械学習に投入し、正常心筋と異常心筋の分類を行った。また、本研究では、support vector machine, neural network, random forest, naïve Bayes, AdaBoostの5種類の機械学習法を使用し、機械学習法ごとに分類精度を算出した。

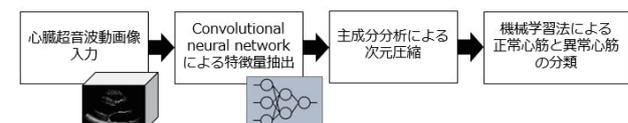
た。

【結果】

分類精度を交差検証法によって評価した。1心拍分の動画像の分類精度は左室長軸像で81.8%、82.1%を示した。また、1心拍分の情報が分類に有用であるかを検証するため、拡張末期、収縮中期、収縮末期にあたる3フレームに対して同様の処理を行い、分類精度を評価した。3フレーム入力時の分類精度は左室長軸像で70.8%、乳頭筋レベル短軸像で72.9%となった。

【結論】

人工知能技術を用いた心臓超音波動画における正常心筋と心筋梗塞を発症した異常心筋の分類手法の開発を行った。左室長軸像、短軸像における分類精度は1心拍分入力時にはそれぞれ81.8%、82.8%と良好な結果が得られた。また、3フレーム入力時の分類精度は左室長軸像で70.8%、短軸像で72.9%を示した。結果より、1心拍分入力時により精度が高い結果を示したため1心拍全体の情報が心筋梗塞の分類に有用であることが確認された。



Initial study on automatic detection of wall motion abnormality from echocardiography using machine learning

Ryosuke MURAKI¹, Ryusei KIMURA¹, Atsushi TERAMOTO¹, Kanon YAMAZAKI¹, Keiko SUGIMOTO¹, Kunihiko SUGIMOTO², Akira YAMADA³, Eiichi WATANABE³, Kumiaki SAITO⁴, Hiroshi FUJITA⁴¹Graduate School of Health Sciences, Fujita Health University, ²Clinical Laboratory, Fujita Health University Hospital, ³School of Medicine Department of Cardiology, Fujita Health University, ⁴Faculty of Engineering, Gifu University

松岡 隆^{1,2}, 酒井 彬^{2,3}, 安富 優^{2,3}, 小松 玲奈^{1,2}, 新垣 達也¹, 徳中 真由美¹, 小松 正明^{4,5}, 浜本 隆二^{4,5}, 関沢 明彦¹

¹昭和大学医学部 産婦人科学講座, ²理化学研究所 理研 AIP- 富士通連携センター, ³富士通研究所 人工知能研究所,

⁴理化学研究所 革新知能統合研究センター がん探索医療研究チーム, ⁵国立がん研究センター研究所 がん分子修飾制御学分野

【背景】

近年、画像診断におけるAI技術の応用が急速に広まっている。しかし、他のモダリティに比べ超音波検査の分野は遅れを取っていると言わざるを得ない。超音波検査には即時性や高い自由度という利点がある。一方、AI化の観点からは検査者の技能に依存するデータの脆弱性が欠点となる。また、超音波検査におけるアーチファクト、特に「影」は画像判断の質を低下させる問題をはらむ。現在、我々は胎児形態異常超音波スクリーニングで最も重要な胎児先天性心疾患 (CHD) の検出にAIを応用すべく技術開発を行っている。方策としては、決められた静止断面ではなく胎児心臓全てのスイープ動画を判断データとすることで、胎児心臓全情報を一括して取り扱ふことにし、取得した画像上の胎児心臓18部位をCNN(Convolution Neural Network) を用いて自動でリアルタイムに検出する技術を開発した。また、画像上の「影」を認識する技術も同時に取り組んでいる。

【対象と方法】

妊娠18-20週の正常胎児心臓超音波動画 (胃胞からneck vessel までスイープして得られた247動画, 8182静止画) を教師データとし、心臓および周辺臓器の18部位に対してアノテーションの後、深層学習 (deep learning) により物体検知を行った。①流出路異常疾患の検出: 正常42 動画, CHD42 動画用い、流出路が描出されている各動画について異常スコアを算出し、CHD検出の精度を検証した。②肺静脈 (PV) の検出: 正常37動画を用い、PV画像が含まれる左

房のスイープ動画全の各断面について前後複数枚の確信度加算平均値 (P-PVave) を求めた。③影の検出: 人工的に生成した影を画像に合成しオートエンコーダによって影とそれ以外の画像に分解・複合・復元して再構成さ、合成画像と再構成画像の差、および人工影と影画像の差により学習処置を行い影の検出を行った。

【結果】

①異常スコアはCHD:0.418, 正常0.083 ($P < 0.001$), AUC0.891 であった。

②断面位置とP-PVaveの相関グラフにおいて多峰性を示し、P-PVaveピーク時の静止画にはPV左房流入像が描出されていた。

③心腔と影を区別して検出できた。しかし、臓器が極端に暗い場合、形状が生成した人工影と類似している場合は臓器も影として検出してしまった。

【考察】

正常データを学習することで異常データを偽陽性を含め抽出する手法 (スクリーニング) としてAIは有用であり、また、PVのような小さな所見もAIは判別できていることが分かった。しかし、これらは一定の条件下のデータからの結果であり、データ取得の自由度の高い超音波検査のAI技術の応用には、強いロバスト性が必要だと思われた。そのためにはアーチファクトを認識し画像の品質を判別する③の様な技術開発が胎児心臓のみならず全ての領域の超音波画像で重要になると思われた。

A novel Deep Learning Approach for sonographic screening examination of the fetal heart

Ryu MATSUOKA^{1,2}, Akira SAKAI^{2,3}, Suguru YASUTOMI^{2,3}, Reina KOMATSU^{1,2}, Tatsuya ARAKAKI¹, Mayumi TOKUNAKA¹, Masaaki KOMATSU^{4,5}, Ryuji HAMAMOTO^{4,5}, Akihiko SEKIZAWA¹

¹Obstetrics and Gynecology, Showa University School of Medicine, ²RIKEN AIP-Fujitsu Collaboration Center, RIKEN, ³Artificial Intelligence Laboratory, Fujitsu Laboratories Ltd., ⁴Cancer Translational Research Team, RIKEN Center for Advanced Intelligence Project, ⁵Division of Molecular Modification and Cancer Biology, National Cancer Center Research Institute

93-AI-018

胎児心臓超音波スイープ動画における Deep learning を用いた肺静脈検知の研究

小松 玲奈^{1,2}, 松岡 隆^{1,2}, 酒井 彬^{2,3}, 安富 優^{2,3}, 新垣 達也¹, 徳中 真由美¹, 小松 正明^{4,5}, 浜本 隆二^{4,5}, 関沢 明彦¹

¹昭和大学医学部 産婦人科学講座, ²理化学研究所 理研 AIP- 富士通連携センター, ³富士通研究所 人工知能研究所,

⁴理化学研究所 革新知能統合研究センター がん探索医療研究チーム, ⁵国立がん研究センター研究所 がん分子修飾制御学分野

【目的】

肺静脈還流異常症は、出生直後から重症チアノーゼを呈し緊急手術を必要とする重症先天性心疾患である。しかし、出生前診断率は未だに低く検出率を上げるためにカラードブラの併用や左房壁後方の観察など様々な方法が試されている。我々は胎児心臓超音波スクリーニングを支援する目的で、人工知能技術であるCNN(Convolution Neural Network) を用いて心臓超音波検査スイープ動画に描出される胎児心臓18部位を自動で検出する技術を開発した。今回、この技術における肺静脈(PV)検出結果を検討した。

【対象と方法】

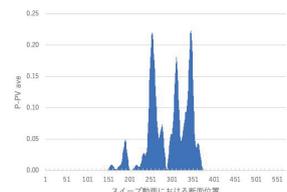
妊娠18-20週の正常胎児心臓超音波動画 (胃胞からneck vessel までのスイープ, 247動画, 8182静止画) を教師データとし、心臓および周辺臓器の18部位に対して、bounding boxによりアノテーションを行い、各部位について深層学習 (deep learning) を行った。正常胎児心臓動画のテストデータ37動画を用いて検証した。左房のスイープ動画中、PV再現率平均値は0.62であり、他の部位に比べ低かった。そこで、低再現率の原因を検証するため、以下の方法で解析した。PVの検出程度を、左房スイープ動画の各断面について前後複数枚 (左房スイープ動画全断面の5%) の確信度加算平均値 (P-PVave) を用いて再評価し、陽性適中率 (適合率) を計算した。本研究は当院倫理委員会承認されている。

【結果】

37動画において、断面位置とP-PVaveの相関をグラフ化するとFig. の様に多峰性を示した。また、P-PVaveピーク時(確信度が高まった断面)の静止画を確認すると、PVが左房に流入する像がはっきりと描出されていた。それぞれのピーク時におけるPVの陽性適中率 (適合率) は93.6%(221/236静止画)であった。

【考察】

PVは左右上下の4本がそれぞれ左房に流入しているが、左房スイープ動画においてPV流入が描出されてない画像が存在する。PV確信度が0の画像を確認すると、その画像にPVは描出されていなかった。P-PVaveグラフのピーク時に左房に流入するPVが画像上でどの程度確認できているかをAIが確信度で示していると考えられ、ピーク数とその動画内で確認出来ているPVの本数を示唆していると思われる。Deep learningを用いた本技術では胎児心臓スイープ断面に描出されている上下左右のPVを正確に検出している可能性が高く、肺静脈還流異常症の検出システムの基礎技術となると思われた。



A novel Deep Learning Approach for the PV Detection in Fetal Cardiac Ultrasound Movies

Reina KOMATSU^{1,2}, Ryu MATSUOKA^{1,2}, Akira SAKAI^{2,3}, Suguru YASUTOMI^{2,3}, Tatsuya ARAKAKI¹, Mayumi TOKUNAKA¹, Masaaki KOMATSU^{4,5}, Ryuji HAMAMOTO^{4,5}, Akihiko SEKIZAWA¹

¹Obstetrics and Gynecology, Showa University School of Medicine, ²RIKEN AIP-Fujitsu Collaboration Center, RIKEN, ³Artificial Intelligence Laboratory, Fujitsu Laboratories Ltd.,

⁴Cancer Translational Research Team, RIKEN Center for Advanced Intelligence Project, ⁵Division of Molecular Modification and Cancer Biology, National Cancer Center Research Institute

志田 優樹¹, 渡辺 貴文³, 津村 遼介³, 山野 元¹, 藤井 航平², 岩田 浩康³¹早稲田大学大学院 総合機械工学専攻, ²早稲田大学大学院 生命理工学専攻, ³早稲田大学 理工学術院総合研究所 理工学研究所

【目的】

著者らは妊婦健診を対象とした超音波検査支援ロボットの研究開発を行ってきた1)。技術課題として、胎児の骨格から生ずる陰影によるエコー画像の心臓部の欠落や胎児の子宮内位置の変性が胎児心エコー検査を難解にしている。本報告では心エコー検査におけるロボットによる自律的なプローブ走査を目指し、骨格情報を規範とした胎児位置・矢状軸推定手法に関して述べる。

【方法】

取得したエコー画像から子宮内骨分布を3次元上に取得し、子宮全体における骨分布を算出・分析することによって胎児位置・腹部矢状軸推定を行う。なお、胎児腹部矢状軸の推定は胎児の向いている方向を詳細に把握できるため、心臓など身体の片方に寄って存在している臓器位置の推定において重要であると考えた。

はじめに、取得するエコー画像から胎児の骨部分及び陰影部分を、輝度値をもとに検出し、検出した骨格の三次元位置の算出及び骨格の種類（頭蓋骨、大腿骨、背骨、骨盤、その他）の判別を行う。次に検出された3次元上の骨分布の位置及びその骨の種類から、週数における平均的な胎児の頭部や腹部の大きさを基に胎児の頭部及び骨盤の位置を算出し、胎児位置の同定を行う。最後に同定した胎児位置における腹部中央部分において体軸に対して垂直な断面を算出し、その断面における背骨を導出し、背骨と骨格検出箇所から胎児腹部の存在位置及び腹部矢状軸の算出を行った。

評価試験として、妊婦超音波検査ロボット1)を用いて被験者1人に対して妊娠週数25週と28週時に臨床試験を行い、胎児の頭部中央、骨盤中央の

位置及び腹部矢状軸の推定数値を目視によりエコー画像から判別・算出したそれぞれの数値を真値として比較した。

【結果】

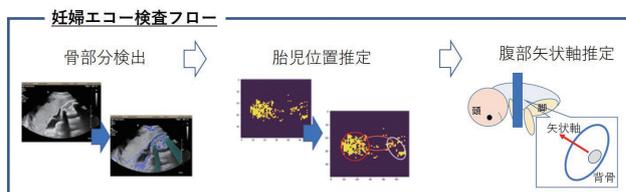
推定誤差は、頭部は垂直軸方向：24.2±2.7mm、前額軸方向：21.5±20.2mm、大腿骨は垂直軸方向：16.2±18.7mm、前額軸方向：16.7±1.8mm、腹部矢状軸方向は0.84±1.0°であった。

【結論】

ロボットによる妊婦超音波検査における大まかな胎児位置の推定技術として提案手法が有効であることが示唆された。恥骨などの影響で一部分の骨の分布が取得不足であると精度が下がってしまう可能性があり、エコー画像取得方法などに改善の余地がある。

【参考文献】

- 1) 内藤雄貴, 津村遼介, 宮原将生ほか. 妊婦超音波検査支援ロボットの開発-体表面へのプローブの垂直接触性と接触安全性を両立する受動機構の提案-. ロボティクス・メカトロニクス講演会2017.2017:1p1-J05



Development of Ultrasonography Robot for Prenatal Care-Estimation of Fetal Position and Sagittal Axis with Skeletal Distribution-

Yuuki SHIDA¹, Takabumi WATANABE³, Ryosuke TSUMURA³, Gen YAMANO¹, Kohei FUJII², Hiroyasu IWATA³¹Iwata Laboratory, Department of Modern Mechanical Engineering, Waseda University, ²Iwata Laboratory, Life Science and Medical Bioscience, Waseda University, ³Research Institute for Science and Engineering, Waseda University

小松 正明^{1,2}¹国立がん研究センター研究所 がん分子修飾制御学分野, ²理化学研究所 革新知能統合研究センター がん探索医療研究チーム

人工知能(AI)を活用したCT・MRI、内視鏡、病理画像をはじめとする医用画像の診断支援技術については、世界で鎬を削って研究開発が進められている。AI搭載医療機器については、米国FDAはすでに30機種ほど認可しており、2018年には世界に先駆けて医師不在でも糖尿病性網膜症の画像診断が可能な装置が認可された。また本邦においても厚生労働省より複数認可されている。このように社会実装されている点でこれまでのAIブームとは大きく異なっており、実際の医療現場のベネフィットに繋げるべく、質の高い臨床データを用いて、データ構造化やアルゴリズム開発を含めたロバスト性の高いAI技術の積み重ねが必要となる。

現在、当分野では、国立がん研究センター中央病院や各医学領域の学会等と連携し、内視鏡やMRIなど様々な医用画像AI解析研究に携わっている。浜本隆二先生を中心に、多くの医療関係者、AI研究者や弁護士などによる検討を重ねて、メディカルAIプロジェクト・データ取扱いガイドラインを作成され、日本メディカルAI学会の承認を受けて幅広く運用されている。さらに、医療機器承認に向けたプロセスや、多施設研究における施設間バイアスの問題など、先行するプロジェクトから学ばせていただいている。また、臨床応用に際しては、深層学習・機械学習技術はデータに対して過学習を起こしやすいため、過学習を考慮する必要がある。前向き臨床研究が重要となる。

超音波画像AI解析研究については、1)手動走査により画像を取得するため、検査者間での診断技術の差異が大きいため、2)超音波画像はノイズ(陰影)の影響を受けやすく、画質劣化および診断精度低下につながる点など、特有の課題が存在するため、その研究開発は他のモダリティに比べて進んでいない。そこで我々は、対象疾患の発症頻度が低く、また影な

ど超音波画像に特有の課題を克服するために、少量・不完全なデータからでも的確な予測が可能な「ロバストな機械学習技術」を追求してきた。

まず、粗い超音波画像に対しても画像中に映る複数の物体の位置・分類を高い性能で判別できる物体検知技術を活用し、解剖学的構造をリアルタイムに検知することで、疾患による構造変化を検出する診断支援技術の研究開発を進めている。検知精度の低い構造物に対しては、検知精度の向上を目指してセグメンテーションと物体検知技術を組み合わせにも取り組んでいる。また、深層学習によるラベルなしデータを用いた学習により、影を自動検出する技術開発も行っている。オートエンコーダを拡張した深層学習を用いて、超音波画像における影を自動検出する新たな手法を検討した。まず専門医の知見に基づいてランダムに作成した人工影を合成した超音波画像を入力し、入力画像を影のみ画像および影以外の構造物のみ画像に分離し、それらを合成することで入力を復元するニューラルネットワークを構成した。これを入力画像と再構成画像との誤差、および人工影と影のみ画像との誤差が同時に小さくなるように、ラベルなしデータで学習させた。超音波画像に映り込んだ影が異常検知に与える影響を自動的に評価できるようにすることで、検査者への再走査指示や、異常検知性能の向上を目指している。

このようなAI技術を活用した超音波画像診断支援の研究開発に携わる機会を得て、その知見や技術を積み重ね、社会実装に向けた研究課題を1つずつ克服していきたい。本技術を用いることで検査者間の画像認識力や超音波プローブの走査技術などの差異を埋め、検査者のトレーニングやクラウド化による遠隔診断と組み合わせることにより、地域間の医療格差の是正など、実際の医療現場での貢献が期待される。

Utilization of artificial intelligence technology in medical imaging toward clinical application

Masaaki KOMATSU^{1,2}¹Division of Molecular Modification and Cancer Biology, National Cancer Center Research Institute, ²Cancer Translational Research Team, RIKEN Center for Advanced Intelligence Project

93-AI-022

深層学習を用いた舌表面上の特徴点自動推定

向井 信彦¹, 矢田 龍馬¹, 森 紀美江², 武井 良子², 山田 紘子², 山下 夕香里², 長谷川 和子^{2,3}¹東京都市大学 知識工学部 情報科学科, ²昭和大学歯学部 スペシャルニーズ口腔医学講座 口腔リハビリテーション医学部門, ³上伊那生協病院 言語聴覚課

【目的・対象】

側音化構音(LA: Lateral Articulation)患者の舌運動は健常者の舌運動と異なり、左右非対称などの特徴を持つため、正しい発音の獲得にはリハビリが必要である。しかしながら、口腔内の舌運動を直接観察することはできない。そこで我々は、超音波診断装置で撮影された画像から舌表面を抽出して舌の3次元形状モデルを構築すると共に、構築された3次元形状モデルを時系列に沿って変形することで、舌運動の可視化が行えるツールを開発してきた。本ツールは画像処理手法を用いることで舌の3次元形状モデルを半自動で構築できるが、超音波画像から舌表面上の特徴点を求める際は手動操作も必要であり、舌の3次元形状モデル構築には多大な時間を要する。そこで、深層学習を用いて舌の3次元形状モデル構築に必要な舌表面上の特徴点を自動で推定する方法について検討した。

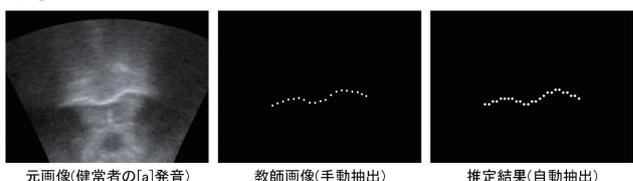
【方法・結果】

舌表面上の特徴点を自動推定するために、超音波診断装置で撮影された元画像と元画像に対して手動で抽出した舌表面上の特徴点画像をペアにして教師画像とし、深層学習を行う。学習の結果として舌表面上の特徴点画像を出力する必要があるため、画像を入力して画像を出力することのできるU-Netというネットワークモデルを用いる。また、深層学習には大量の学習用画像を必要とするが、大量の学習画像を用意するためには手動で舌表面上の特徴点を抽出する必要があり、この作業には多大な時間を要する。一方、LA患者の舌

を超音波診断装置で撮影すると、舌の正中がずれることがあり、舌表面上の特徴点を抽出する際には、元画像を平行移動したり、回転したりして正中が画像のほぼ中央に来るようにしている。そこで、元画像と特徴点画像のペアに対し、平行移動や回転を加えることで学習画像を増やす。用意された元画像と特徴点画像のペアを2グループに分けて、一方のグループで学習したネットワークモデルに対して、学習に用いないグループの元画像を用いて舌表面上の特徴点を推定し、予め手動で抽出した特徴点画像と比較することで精度を検証した。

【考察・結論】

深層学習を用いることで、舌表面上の特徴点を自動で推定することが可能となった。推定結果を教師画像と比較しても類似した位置に特徴点が抽出されているが、画像によっては特徴点の位置が教師画像とは異なることもあるため、今後は精度の向上策を検討する必要がある。



Deep Learning based Automatic Estimation of Feature Points on Tongue Surface

Nobuhiko MUKAI¹, Ryoma YATA¹, Kimie MORI², Yoshiko TAKEI², Hiroko YAMADA², Yukari YAMASHITA², Kazuko HASEGAWA^{2,3}¹Computer Science, Knowledge Engineering, Tokyo City University, ²Oral Rehabilitation Medicine, Special Needs Dentistry, Showa University School of Dentistry, ³Speech-Language-Hearing Therapy, Kamiinaseikyō Hospital

今井 睦朗, 江畑 徹郎, 蔦岡 拓也
富士フイルム R&D 統括本部画像技術センター

【目的】

近年, 超音波診断装置は小型化が進み, バッテリー駆動で簡便に持ち運びが可能なハンドヘルド型の装置が実用化されている。それにより, 超音波は在宅ケアやベッドサイドでの体内可視化ツールとして活用が広まりつつある。一方, 超音波診断を専門としない医師や, 看護師にとっては, 操作が難しく感じられること, 画像の解釈が難しいことなどの障壁があり, 普及の妨げとなっている。そこで, 深層学習技術に基づいて設計した画像解析アルゴリズムを開発し, ハンドヘルド型装置に組み込んで, 撮影された画像を即時に解析してユーザの操作を支援する機能の実現を試みた。対象機能は, 在宅ケアにおける超音波の活用例として定着しつつある, 膀胱内尿量の計測とした。

【方法】

約1000例の様々な尿量の膀胱画像(横断面および縦断面)と, それぞれの画像に対応する膀胱領域情報を教師データとして準備し, 畳み込みニューラルネットワークを用いた機械学習により, 膀胱領域をセグメンテーションするネットワークを構築した。さらに, 膀胱診療ガイドラインに定義された尿量推定手法に基づき, このネットワークにより得られる横断面・縦断面それぞれの推定膀胱領域を解析して自動で推定尿量を計算するアルゴリズムを構築した。アルゴリズムはスマートフォン型の制御・表示デバイスに組み込んで動作を可能とした。一方, 教師データに含まれない健常被検者約40

名に対してハンドヘルド型装置を用いてあらたに画像を取得し, 制御・表示デバイス上でアルゴリズムを適用して尿量値を推定した。被験者は撮影直後に実際に排尿してメスシリンダを用いて尿量値を計測し, アルゴリズムが推定した尿量値との一致度を比較した。また, 超音波検査技師がガイドラインに定義された方法に基づいて手動で尿量値を推定し, アルゴリズムが推定した尿量値と比較した。

【結果】

深層学習技術を活用して設計した自動化アルゴリズムにより推定した尿量値は, 直後に実際に排尿して得られた尿量値に対して高い相関を示した(決定係数 $R^2 > 0.9$)。また, 熟練技師による手動計測値と比較して同等以上の性能であり, アルゴリズムの精度面での有効性を確認することができた。さらに, 非力なスマートフォン型デバイスであっても, 画像を撮影してから1秒以内に計測結果を得ることが出来るため, 従来に比べて尿量計測に要する時間を短縮でき, 排尿ケアのワークフローの向上に寄与することが確認できた。

【結論】

深層学習技術を活用して設計した自動化アルゴリズムをハンドヘルド型装置に組み込み, ユーザによる膀胱内尿量計測を支援する機能を開発した。在宅ケア等において, 超音波診断装置に不慣れな医師や看護師のワークフローを改善しつつ, 確実なケアの実施を支援することが期待できる。

A user assist function based on deep learning technology for handheld ultrasound system

Yoshiro IMAI, Tetsuro EBATA, Takuya TSUTAOKA
Imaging Technology Center, FUJIFILM Corporation