

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11827

研究課題名（和文）多次元医用画像における臓器・疾患横断型深層学習に基づく医師の暗黙知獲得と蓄積

研究課題名（英文）Acquisition and Accumulation of Diagnostic Knowledge Based on Deep Learning of Organ and Disease recognitions in Multi-Dimensional Medical Images

研究代表者

周 向榮 (Zhou, Xiangrong)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：00359738

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：この研究では、CT、MRI、PETなどの大量の多次元医用画像を集め、人体の解剖学的構造に基づいて、代謝機能や病変などの異なる情報を効率的に計算機上で整理・統合するための医療AIの開発に向けた大規模な医用画像データベースを構築した。また、医師の診断に含まれる知識や経験を活かすため、深層学習と辞書学習を組み合わせた手法を提案し、高度な画像診断知識を習得・蓄積・伝承する仕組みを構築した。これにより、医師の実践から得た知見を機械学習に取り入れ、様々な診断タスクに対応できるAIを実現し、より汎用的な医療AIの進化に貢献することを目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医用画像の利用により、多くの患者の命が救われてきた。高精度の画像診断には、計算機の支援は必要不可欠である。多次元画像に含まれる膨大な情報から、必要な情報を瞬時に見つけることが重要であり、本研究が目指しているシステムは、以上の現実的な問題を解決できる唯一の方法と考える。医師の診断技術が長期的臨床経験の蓄積であり、貴重な「匠の技」である。しかし、臨床経験には、文字で表現できない暗黙知の部分が多く含まれ、他者との共有が困難かつ次の世代へ引き継げない問題がある。この問題を最終的に解決できれば、名医の「匠の技」を計算機の中に蓄積し続けることが可能となり、医学の発展への大きな波及効果が得られる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we constructed a large-scale medical image database for the development of medical AI aimed at efficiently organizing and integrating diverse information such as metabolic function and lesions in the human body on computers, based on the anatomical structures in images, by collecting a vast amount of multidimensional medical images (CT, MRI, PET). Additionally, we proposed a mechanism for acquiring, accumulating, and transmitting advanced image diagnostic knowledge, including physicians' tacit knowledge, through the fusion of deep learning and dictionary learning, and established a knowledge base for intelligent image diagnostic support. Through these efforts, we have been advancing research towards establishing a machine learning approach that continuously builds upon existing diagnostic knowledge and practical wisdom, enabling adaptation to various diagnostic tasks and aiming for the evolution towards general-purpose AI.

研究分野：医用画像処理

キーワード：医用画像処理 深層学習 計算機支援診断

### 1 . 研究開始当初の背景

CT で代表される 3 次元医用画像による人体の精密な診断は必要不可欠な検査法として幅広く使われており、病変部の早期発見に役立っている。しかし、高精度な人体画像 (CT, MRI, PET) は枚数が多く、短期間で読影医師が各患者に対して数千枚の画像を観察して病変を漏れなく判断するのは限界がある。よって、計算機による画像の精密な定量化や大量な画像特徴に基づく付加情報の提示などの読影・診断支援が強く要求される。これらの機能を実現するために様々な撮影範囲と画像モダリティ ( 多次元画像情報 ) からの解剖学的構造の自動認識、生理的機能の自動計測、病変の有無および性質の自動判断などの基礎処理が鍵であり、計算機上で医用画像に関する診断技術の統合と高度なモデル化が必要不可欠である。

### 2 . 研究の目的

本研究の目的は、医療現場で蓄積してきた大量な CT, MR, PET 画像と読影医師の診断結果から、医師の読影技術 ( 暗黙知と医学知識 ) を計算機で逐次的に獲得・記憶・蓄積 ( 体系化 ) する枠組みを提案し、医用画像の診断技術を計算機上で統合することである。学術的には、逐次的に深層学習を進行して、ニューラルネットワークの構造と中身を記憶・更新・拡張しながら知識を集約する独自の方法を提案する。

### 3 . 研究の方法

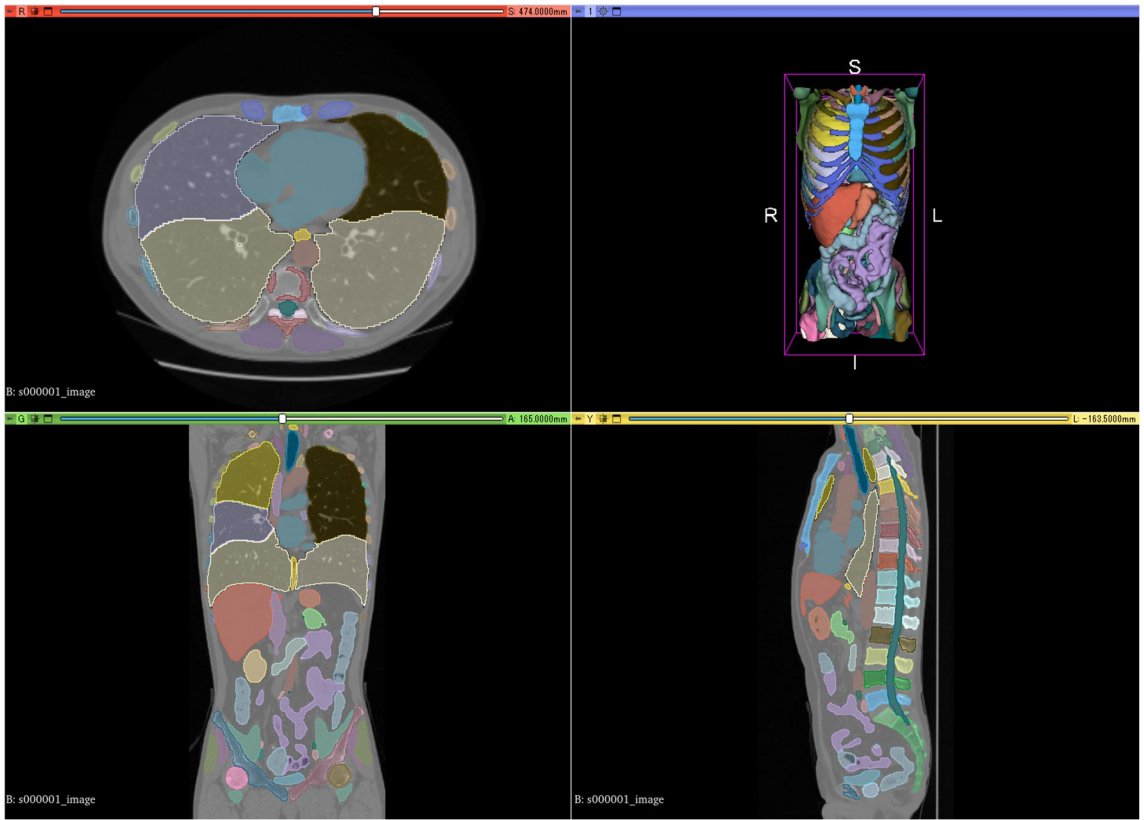
放射線科の医師と協力して、臨床現場から大量な CT, MR, PET 画像および医師の診断レポートを選択・収集する。これまでに開発した臓器の自動抽出、位置検出、画像間の位置合わせの処理技術を活用して、異なる臓器・組織を各画像から精密に抽出して、画像を構造化データに変換する。人体の解剖学構造 ( 主キー ) に基づいて、各患者の多次元画像表現、撮影パラメータ、年齢、性別、代謝機能、病変 ( 診断結果 ) など要素を画素単位で精密に統合して、大規模な画像データベースを構築する。医用画像の診断支援において、以上の規模でのデータセットによる機械学習の性能を明らかにする。医用画像の診断支援において、基盤処理的である画像分類、位置検出、領域抽出、画像間の位置合わせに共通に使える部分を一つのニューラルネットワークで学習し、異なる処理タスクの中核部である特徴空間を集約・統一する。そのために、様々な処理タスクに同時に対応できるニューラルネットワークの中身と構造を一括で学習する枠組みを提案し、性能を検証する。

### 4 . 研究成果

本研究は岐阜大学病院の倫理委員会の審査を経て、研究計画と医用画像の使用が許可された。岐阜大学で収集した医用画像と、海外で公開されている画像データセットを組み合わせ、大規模な人体画像データセットを構築した。このデータセットは、高解像度 ( 約 0.6mm の空間解像度 ) で広範囲 ( 体幹部または全身 ) をカバーしており、3 次元で人体の解剖構造を詳細に記録した貴重な情報源となっている。

本研究では、医師の指導のもと、体幹部の解剖構造を細分化し、100 種類以上の主要な内臓や骨格・筋肉を多次元医用画像から半自動で抽出した。この作業により、医用画像とその上に解剖構造を重ねた教師データセットを作成した。これにより、医用画像を用いた深層学習に必要な知識ベースを整備した。このデータセットは症例数と教師信号の両面で国内外にトップクラスのものである。また、医用画像からの解剖学構造の認識・抽出、画像間の位置合わせ、症例の自動判別などの異なるタスクを共通の枠組みで学習する方法を提案した。大規模な実験の結果、人体の解剖構造を高精度で自動抽出できる深層モデルの構築に成功した。以下の図は、体幹部 CT 画像からの人体解剖構造の自動認識の一例である。また、この深層モデルが異なる画像処理タスクに対して共通の特徴空間を持ち、深層学習によって医用画像から汎用的な医学知識を獲得できることを確認した。

大量の医用画像データに基づいて様々なタスクに対応するモデルを構築し続ける中で、異なるモデルの共通部分を一つの「辞書」に効率的に集約する方法を模索した。学習された深層モデルの内容を集約し、新しいタスクに対応するための増分学習の方法を試み、その効果を確認した。これらの実験結果により、多次元医用画像における臓器・疾患横断型の深層学習を通じて、医師の暗黙知の獲得と蓄積が期待できると示された。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6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 Morishita Takumi, Muramatsu Chisako, Seino Yuta, Takahashi Ryo, Hayashi Tatsuro, Nishiyama Wataru, Zhou Xiangrong, Hara Takeshi, Katsumata Akitoshi, Fujita Hiroshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Tooth recognition of 32 tooth types by branched single shot multibox detector and integration processing in panoramic radiographs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Medical Imaging	6. 最初と最後の頁 034503-034503
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/1.JMI.9.3.034503	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yuichi Wakamatsu, Naoki Kamiya, Xiangrong Zhou, Hiroki Kato, Takeshi Hara, Hiroshi Fujita	4. 巻 9
2. 論文標題 Automatic Segmentation of Supraspinatus Muscle via Bone-Based Localization in Torso Computed Tomography Images Using U-Net	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE ACCESS	6. 最初と最後の頁 155555-155563
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/access.2021.3127	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 -
1. 著者名 Zhou Xiangrong, Yamagishi Seiya, Hara Takeshi, Fujita Hiroshi	4. 巻 11597
2. 論文標題 A hybrid approach for mammary gland segmentation on CT images by embedding visual explanations from a deep learning classifier into a Bayesian inference	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SPIE Medical Imaging2021	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2581924	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Morishita Takumi, Muramatsu Chisako, Zhou Xiangrong, Takahashi Ryo, Hayashi Tatsuro, Nishiyama Wataru, Hara Takeshi, Arijii Yoshiko, Arijii Eiichiro, Katsumata Akitoshi, Fujita Hiroshi	4. 巻 11597
2. 論文標題 Tooth recognition and classification using multi-task learning and post-processing in dental panoramic radiographs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SPIE Medical Imaging2021	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2582046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kamiya Naoki, Oshima Ami, Zhou Xiangrong, Kato Hiroki, Hara Takeshi, Miyoshi Toshiharu, Matsuo Masayuki, Fujita Hiroshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Surface Muscle Segmentation Using 3D U-Net Based on Selective Voxel Patch Generation in Whole-Body CT Images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 4477 ~ 4477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10134477	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wakamatsu Yuichi, Kamiya Naoki, Zhou Xiangrong, Hara Takeshi, Fujita Hiroshi	4. 巻 76
2. 論文標題 Semantic Segmentation of Eight Regions of Upper and Lower Limb Bones Using 3D U-Net in Whole-body CT Images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiological Technology	6. 最初と最後の頁 1125 ~ 1132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6009/jjrt.2020_JSRT_76.11.1125	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Kamiya N, Zhou X, Kato H, Hara T, Fujita H
2. 発表標題 Automated segmentation of oblique abdominal muscle based on body cavity segmentation in torso CT images using U-Net
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Imaging Technology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加納大暉, 周 向栄, 原 武史, 藤田広志
2. 発表標題 深層学習に基づく3次元CT画像からの複数臓器の自動位置検出 ~ 2D-CNNとTransformerの融合 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 不破僚太郎, 周 向荣, 原 武史, 藤田広志
2. 発表標題 深層ニューラルネットワークに基づく多時相CT画像の位置合わせと解剖構造の自動認識の共同学習に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 不破僚太郎, 周 向荣, 原 武史, 藤田広志
2. 発表標題 腹部多時相CT画像の位置合わせのためのCycleGANによる3D Deep-CNNの性能改善に関する初期検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 不破遼太郎, 周 向荣, 原 武史, 藤田広志
2. 発表標題 腹部多時相CT画像の位置合わせのためのCycleGANによる3D Deep-CNNの性能改善に関する初期検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中優多, 原 武史, 周 向荣, 松迫正樹, 野崎太希
2. 発表標題 胸部CT画像における結節状陰影からのAutoEncoderを用いた特徴抽出
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchmap <a href="https://researchmap.jp/read0108329">https://researchmap.jp/read0108329</a> 研究業績 (Research Map) <a href="https://researchmap.jp/read0108329">https://researchmap.jp/read0108329</a>
--

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