

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：32643

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K07656

研究課題名（和文）放射線画像を使った説明可能な医療AIシステムの開発

研究課題名（英文）Developing an Explanatory Medical AI System Using Radiological Images

研究代表者

古徳 純一（Kotoku, Jun'ichi）

帝京大学・医療技術学部・教授

研究者番号：70450195

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、臨床での医療AI普及の妨げとなっている、AIの診断の根拠の解釈が困難な状況を改善させ、解釈可能性を向上させる方法の開発である。本研究では、医療AIに対して、解剖学的にもっともらしい部分にモデルの判断根拠を制御する方法を開発した。この方法を用いると、医師がAIの判断ポイントを自らの知識と比較して参考にすることができるので、医療AI普及に大きく貢献すると期待できる。現在、特許出願中である。また、大阪府の国保ビッグデータや、心不全患者の予後予測における応用研究も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医学AIの性能は、エキスパートの医師に匹敵するほどまで達している分野もあるなかで、臨床の普及の妨げとなっている判断根拠の不透明さを向上させることで、医療AIの普及や、医療の質の向上に大きく貢献できる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to develop a method to enhance the interpretability of the basis of judgment, which has been a significant barrier to the adoption of medical AI in clinical practice. In this study, we developed a method to control the basis of judgment of a model to an anatomically plausible part. Additionally, we conducted applied research on the National Health Insurance Big Data of Osaka Prefecture data and on the prognostic prediction of heart failure patients.

研究分野：医学物理

キーワード：人工知能 医療データ 説明可能性 放射線画像

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。

### 1. 研究開始当初の背景

現在の人工知能研究の主戦場は、研究室レベルのものから、現場での実践に移りつつある。最近では、汎化性能が人間の医師を上回る研究もちらほら現れ始めており、我々のグループも、通常の眼科医よりも診断力が高い、眼科医エキスパートレベルの OCT 診断モデルを開発している。ところが、これらのモデルを現場で使用すると、大きな障害が立ちはだかる。それは、説明可能性、あるいは解釈可能性とよばれるものである。

大きな障害となっているのは、画像を含む医療 AI の判断を、納得して自らの判断に取り込むことができないということであろう。医師をはじめとする医療スタッフが医療 AI を道具として医療を進めるためには、説明可能性は必須の事項である。現実への応用のためには、判断の根拠となる情報が必須である。なんとかして、医療の臨床現場で様々な識別を行ったり判断を提示する人工知能技術に、説明能力を付与できないだろうか。

### 2. 研究の目的

本研究では、1.医用画像から診断根拠を提示できる診断技術の開発 2.医療データに因果を取り入れた数理モデルの開発 3.応用例としての心不全患者の診断根拠の可視化を行い、医療現場で医師が安心して判断の根拠の一つとして使えるような、説明可能性の技術の開発を目指した。

### 3. 研究の方法

ニューラルネットワークが鑑別の際に常に医学的に妥当な部位に注目できているわけではなく、時には間違った領域に注目していることは知られていたが、改善する良い方法は見つけられなかった。そこで、我々の研究グループは、畳み込みニューラルネットワークの注目部位を医学的に妥当な領域に注目させる簡便なネットワーク構造を開発した。この方法を使うことにより、同じような精度を持つ無数のモデルの中から、医学的にもっともらしいモデルを構築することが可能となる。

我々は、アテンションネットワークの部分に、注目したい領域をマスク画像として指定できる技術（オペレーションブランチ）を開発した（図 1）。このマスクとして、例えば、心臓と肺の領域を、画像ごとにセグメンテーションを行い指定することで、心臓と肺の部分のみに注目する診断モデルを作成することが可能となる（図 2）。

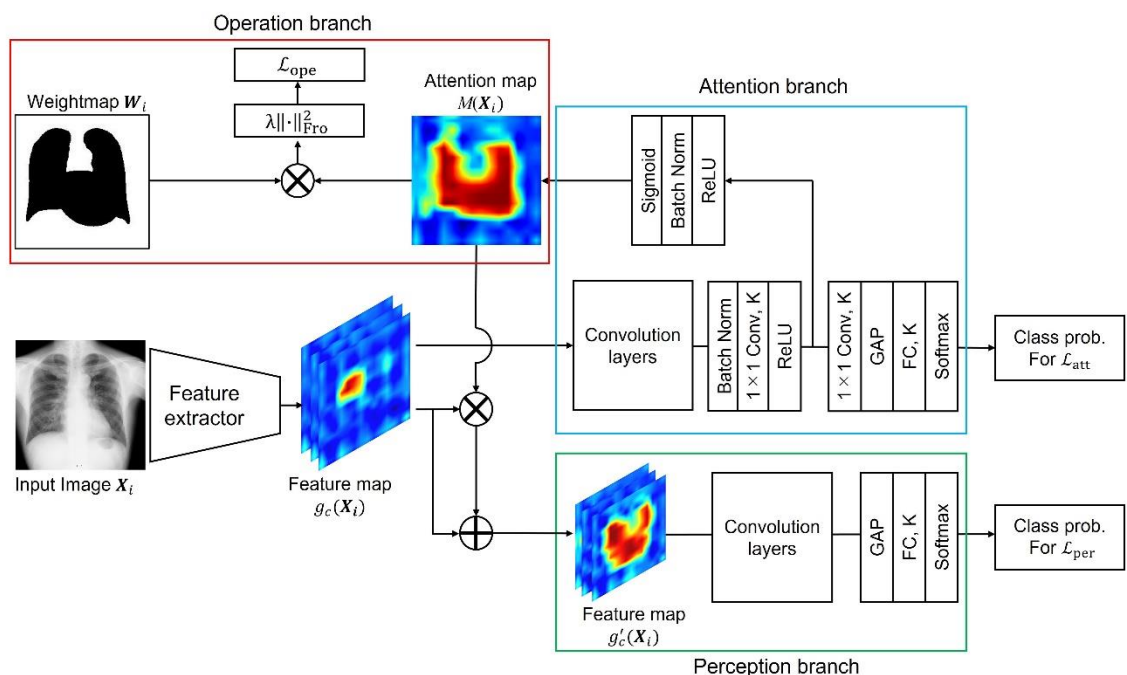


図 1 オペレーションブランチの概念図

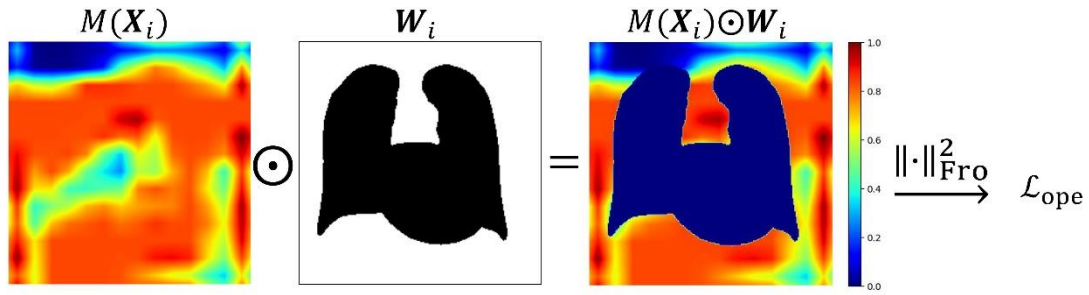


図 2 アテンションマップと注目させたい領域（マスク）のアダマール積をとった行列のフロベニウスノルムをペナルティとする。

#### 4. 研究成果

##### 1) 畳み込みニューラルネットワークの注目領域を制御する方法

図 3 に示したのは、心不全患者に対する、我々の手法による解釈可能性の改善度合いを GradCAM (AI のモデルの注目部位をヒートマップで表現したもの) を使って示したものである。

なにも操作を加えない場合には、真ん中のように、判断の根拠となる部位が医学的に意味の無い箇所が存在するようにモデルが作成されるが、我々の手法を用いることで、医学的にもっともらしい部位を根拠として提示できるモデルを作成できるようになったことがわかる。医師が実際の臨床現場で、AI の判断を参考に診断を行うための信頼性向上の大きな一歩となることが期待できる。

また、このような解釈性を挙げるためのブランチを追加しても、モデル自体の性能は低下しないことがわかった。

この内容を第 124 回日本医学物理学会学術大会で発表するとともに、その手法の原理とパフォーマンスについて記述した論文を BMC Medical Imaging 誌に掲載した。現在、特許出願中である。

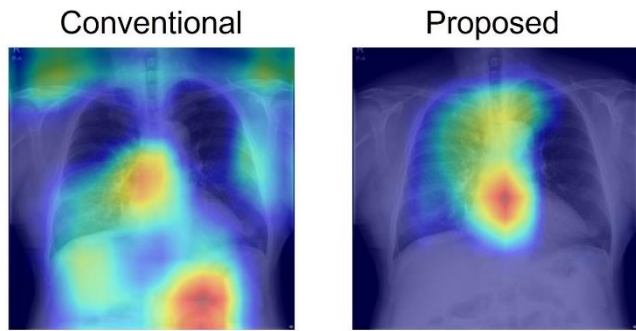


図 3 本手法を適用することにより心不全患者に対する注目部位（赤色の部分）が改善した。従来（左）と本手法（右）

##### 2) 医療データに因果を取り入れた数理モデルの開発

大阪府の国保ビッグデータを使用した解析に因果探索モデルである LiNGAM をを実装適用した経験や、加工されていない生の保険データを扱う際の失敗例や具体的な注意ポイントについて情報処理学会の招待論文や解説記事にまとめた。大阪府の国民健康保険のデータを用いて、3 年以内の生活習慣病の発症について予測する手法のパフォーマンスについて Scientific Reports 誌にて発表した (図 4)。

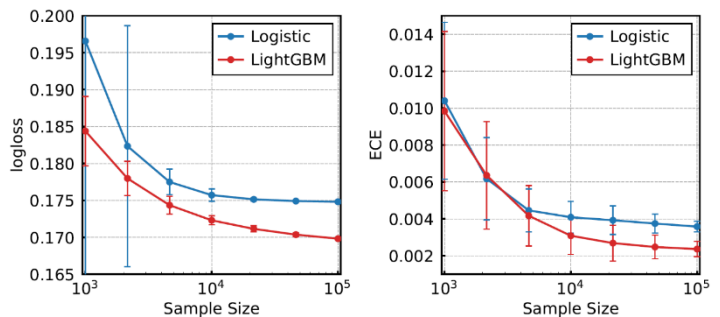


図 4 サンプル数が大きくなると、疫学で標準的なロジスティック回帰よりも機械学習の方が性能が向上する。

##### 3) 応用例としての心不全患者の診断根拠の可視化

心不全患者への応用についての論文が受理された。また実用化に向けて検討を行っている。第 121 回日本医学物理学会学術大会、第 123 回日本医学物理学会、第 125 回日本医学物理学会学術大会で発表した。2023 年度に関連論文を 3 編出版し、プレスリリースを行った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9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 5件）

1. 著者名 Kataoka Akihisa, Takata Takeshi, Yanagawa Ayaka, Kito Kento, Arakawa Masataka, Ishibashi Ruri, Katayama Taiga, Mitsui Miho, Nagura Fukuko, Kawashima Hideyuki, Hioki Hirofumi, Watanabe Yusuke, Kozuma Ken, Kotoku Jun'ichi	4. 巻 3
2. 論文標題 Body Surface Radiation Exposure in Interventional Echocardiographers During Structural Heart Disease?Procedures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JACC: Asia	6. 最初と最後の頁 301 ~ 309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jacasi.2022.12.008	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 Yanagawa Ayaka, Takata Takeshi, Onimaru Taichi, Honjo Takahiro, Sajima Takeyuki, Kakinuma Akihito, Kataoka Akihisa, Kotoku Jun'ichi	4. 巻 64
2. 論文標題 New perforated radiation shield for anesthesiologists: Monte Carlo simulation of effects	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 379 ~ 386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rrac106	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 Seto Hiroe, Oyama Asuka, Kitora Shuji, Toki Hiroshi, Yamamoto Ryohei, Kotoku Jun'ichi, Haga Akihiro, Shinzawa Maki, Yamakawa Miyae, Fukui Sakiko, Moriyama Toshiki	4. 巻 12
2. 論文標題 Gradient boosting decision tree becomes more reliable than logistic regression in predicting probability for diabetes with big data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-20149-z	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 Toyoda T., Kataoka J., Sagisaka M., Arimoto M., Sato D., Yoshiura K., Kawashima H., Kobayashi S., Kotoku J., Terazawa S., Shiota S., Ueda M.	4. 巻 1040
2. 論文標題 Performance demonstration of a novel photon-counting CT for preclinical application	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 167181 ~ 167181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.167181	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 遠山 尚紀、岡本 裕之、黒岡 将彦、木藤 哲史、株木 重人、古徳 純一、福士 政広、大野 達也、唐澤 久美子	4. 巻 42
2. 論文標題 2020年医学物理士就労状況アンケート報告	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 医学物理	6. 最初と最後の頁 123 ~ 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11323/jjimp.42.3_123	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 Kusunose Kenya, Hirata Yukina, Yamaguchi Natsumi, Kosaka Yoshitaka, Tsuji Takumasa, Kotoku Jun'ichi, Sata Masataka	4. 巻 9
2. 論文標題 Deep Learning for Detection of Exercise-Induced Pulmonary Hypertension Using Chest X-Ray Images	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Cardiovascular Medicine	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fcvm.2022.891703	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 大山 飛鳥、古徳 純一、土岐 博	4. 巻 63
2. 論文標題 ビッグデータのデータサイエンス ~ニューノーマル時代のビッグデータ~ : 招待論文 : 2. 大阪府の特定健康診査データの因果探索	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理	6. 最初と最後の頁 none ~
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00215856	査読の有無 無
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 Sato Shogo, Kataoka Jun, Ito Soichiro, Kotoku Jun'ichi, Taki Masato, Oyama Asuka, Toyoda Takaya, Nakamura Yuki, Yamamoto Marino	4. 巻 913
2. 論文標題 Machine-learning Application to Fermi-LAT Data: Sharpening All-sky Map and Emphasizing Variable Sources	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 83 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abf48f	査読の有無 無
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 Toyoda T., Sato S., Kiji H., Kataoka J., Kotoku J., Taki M.	4. 巻 16
2. 論文標題 Application of machine-learning models to improve the image quality of photon-counting CT images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P05021 ~ P05021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/16/05/P05021	査読の有無 無
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16件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 古徳純一
2. 発表標題 健康ビッグデータ解析を活かした健康管理ビジネスの可能性
3. 学会等名 新産業共創セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古徳 純一
2. 発表標題 放射線リアルタイムモンテカルロシミュレーションとその応用
3. 学会等名 新潟大学第5回共用設備基盤センター (CCRF) シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古徳 純一
2. 発表標題 肺高血圧症をX線画像から予測する
3. 学会等名 医学と数理 (第3回京大-ハイデルベルク大-理研ワークショップ)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古徳 純一
2. 発表標題 画像解析の医薬・医療への応用
3. 学会等名 化学工学会第53回秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 白石 憲史郎, 井上 皓介, 辻 拓将, 廣瀬 裕大, 熊谷 仁, 古徳 純一
2. 発表標題 非造影 MR 画像の位相的特徴づけによる前立腺癌と前立腺肥大症の鑑別の 視覚化（1）
3. 学会等名 第124回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 皓介, 辻 拓将, 廣瀬 裕大, 熊谷 仁, 白石 憲史郎, 古徳 純一
2. 発表標題 非造影 MR 画像の位相的特徴づけによる前立腺癌と前立腺肥大症の鑑別の 視覚化
3. 学会等名 第124回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 宗一郎, 辻 拓将, 大山 飛鳥, 熊谷 仁, 白石 憲史郎, 古徳 純一
2. 発表標題 画風変換ゼロショット超解像技術を用いた CBCT 画像の画質改善
3. 学会等名 第124回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻 拓将, 平田 有紀奈, 楠瀬 賢也, 佐田 政隆, 熊谷 仁, 白石 憲史郎, 古徳 純一
2. 発表標題 解剖学的ドメイン知識を取り込んだ胸部X線画像分類
3. 学会等名 第124回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久保 匠, 太田 丞二, 古徳 純一, 小林 毅範
2. 発表標題 Dual Energy CT における weighted CTDI と average CTDI の比較
3. 学会等名 第124回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻 拓将, 平田 有紀奈, 楠瀬 賢也, 佐田 政隆, 古徳 純一
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークによる胸部X線画像を用いた肺動脈楔圧上昇の検出
3. 学会等名 第123回日本医学物理学学会ホームページ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古徳純一
2. 発表標題 医療AI
3. 学会等名 日本量子医科学会第1回学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Jun'ichi Kotoku
2. 発表標題 AI driven applications in medical physics
3. 学会等名 The 9th Korea-Japan joint Meeting on Medical Physics (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻 拓将, 平田 有紀奈, 楠瀬 賢也, 佐田 政隆, 古徳 純一
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークによる胸部X線画像を用いた肺動脈楔圧上昇の検出
3. 学会等名 第123回日本医学物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 弘瀬 拓矢, 土岐 富士緒, 西村 栄美, 難波 大輔, 古徳 純一
2. 発表標題 自動細胞トラッキングによるヒトケラチノサイト幹細胞の品質管理と同定手法
3. 学会等名 第123回日本医学物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久保 匠, 太田 丞二, 古徳 純一, 小林 毅範
2. 発表標題 Dual Energy Computed Tomographyの3次元線量分布測定
3. 学会等名 第 78回日本放射線技術学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jun'ichi Kotoku, Takeshi Takata, Susumu Nakabayashi, Hiroshi Kondo, Masayoshi Yamamoto, Shigeru Furui, Kenshiro Shiraishi, Takenori Kobayashi, Hiroshi Oba
2. 発表標題 Mixed Reality Visualization of Radiation Dose in Interventional Radiology
3. 学会等名 AAPM 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 有村 秀孝、角谷 倫之、古徳 純一 ほか	4. 発行年 2021年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 338
3. 書名 レディオミクス入門	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 医用画像診断支援装置、医用画像診断支援方法およびプログラム	発明者 古徳純一、辻拓将	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-153427	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 診断支援装置、診断支援方法およびプログラム	発明者 古徳純一、辻拓将、 楠瀬賢也、平田有紀 奈	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-162986	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 放射線遮蔽板	発明者 片岡明久、柳川文 香、古徳純一、高田 剛志	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-207647	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

帝京大学医学物理グループホームページ  
http://square.umin.ac.jp/teikyo-mp/index.html  
帝京大学大学院 医療技術学研究科 診療放射線学専攻 医学物理グループ  
http://square.umin.ac.jp/teikyo-mp/index.html

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