

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K08131

研究課題名（和文）人工知能を用いた、非造影MRI乳癌検診技術の確立

研究課題名（英文）Establishment of non-contrast MRI breast cancer screening technology using artificial intelligence

研究代表者

高原 太郎（Taro, Takahara）

東海大学・工学部・教授

研究者番号：50308467

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：2019年から2023年まで、画像診断におけるAI技術の開発と応用を行った。Xceptionを使用し、拡散強調画像（DWIBS）とT2強調画像を基に嚢胞の検出や異常信号の診断精度向上に取り組んだ。特に、Anomaly GANを用いて軽微な異常を効率的に分類し、診断速度を向上させた。2020年には3Dプリンタを導入し、乳房画像取得のための台座を作成した。2022年にはNVIDIAのGTCで講演し、MONAI COREとEfficientNetを導入することで診断精度がさらに向上したことを報告した。今後もデータ収集を進め、AI技術の改良を継続する予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

1. MRIの診断アプローチとして重要なことからはマルチパラメトリック解析ができることである。今回の研究を通して、DWIBSのみならずFS-T2WIを用いた深層学習モデルが構築でき、成績も良好だった。このためパラメトリック解析への道が拓かれたと言える。

2. 検診への応用として重要なことは、画像判定のスピードである。この際、100% 確実なAIは望まれるとしても、その前に、実務的なスピードを上げる潜在的価値も大きい。検診評価内容のうち軽微な所見が80%であることを見出し、これらについてAnomaly値を生成することを試みた。

研究成果の概要（英文）：From 2019 to 2023, we developed and applied AI techniques in diagnostic imaging: using Xception, we worked to improve the diagnostic accuracy of cyst detection and abnormal signals based on diffusion-weighted images (DWIBS) and T2-weighted images. In particular, Anomaly GAN was used to efficiently classify minor abnormalities and improve diagnostic speed; in 2020, a 3D printer was introduced to create a pedestal for breast image acquisition; in 2022, a lecture was given at NVIDIA's GTC, where the introduction of MONAI CORE and EfficientNet was reported further improvements in diagnostic accuracy. We plan to continue collecting data and improving the AI technology in the future.

研究分野：画像診断

キーワード：画像診断 AI技術 拡散強調画像 DWIBS 3Dプリンタ Efficient Net Xception

## 1. 研究開始当初の背景

乳癌は女性の癌罹患率トップで、勤労世帯(若年)に発生するため社会損失が大きい。ドゥイブス・マンモグラフィ(DWIBS Mammography: DWIBS-MMG)は、これまでの研究で、(1) X-MMG より高い検出能・(2)完全無被曝・(3)無痛という特長が分かっている。しかし同法の施行には、マンパワー(画像診断医)の限界が存在し、普及が難しい。このため AI(深層学習)を用いて自動診断できるようにすることで、問題を解決する。

## 2. 研究の目的

DWIBS-MMG は、実際の診断においては、DWIBS のみならず、脂肪抑制 T2 強調画像(FS-T2WI) や、脂肪抑制 T1 強調画像(FS-T1WI)を用いる。つまり、解析においてはマルチパラメトリックな解析を行うことが、従来のマンモグラフィなど単一なソースでの AI 開発と異なる。このことに着目し、本研究の目的として、**DWIBS と FS-T2WI の両者による AI 診断を行うことを第一の目的とした。**

また、検診結果の判定について検討したところ、軽微な異常 (A 判定:異常なし、B 判定:嚢胞など軽度の異常で心配なし) が全体の判定の 80%を占めることが明らかになった。このような軽微な異常の判定を効率化するため、**Anomaly GAN を用いて Anomaly 値判定を行い、これらを迅速に分類・除外すること**を第二の目的とした。

## 3. 研究の方法

1) 第 1 の目的に関する方法:DWIBS と FS-T2WI のマルチパラメトリックスタディについて。

DWIBS と FS-T2WI の画像データを用いて、深層学習モデルを構築した。具体的には、ライブラリに MONAI を利用し、深層学習モデルに EfficientNetB1 アーキテクチャを採用し、両モダリティの画像を個別に学習させた。モデルの学習には、乳腺 MRI 検査を受けた患者のデータセットを使用し、交差検証法を用いて性能を評価した。

2) 第 2 の目的に関する方法:Anomaly GAN を用いた判定について。

軽微な異常の効率的な判定のため、Anomaly GAN を用いたアプローチを試みた。正常症例のみを用いて GAN モデルを学習させ、テスト時に再構成誤差を基に異常度を算出する方法を採用した。しかし、十分な数の正常症例を確保することが課題となった。

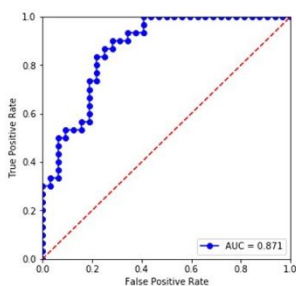
## 4. 研究成果

1) 第 1 の目的に関連して得られた成果

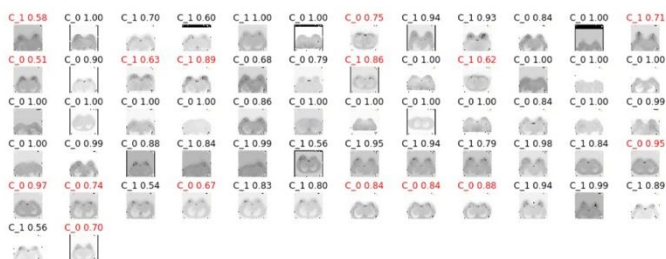
DWIBS に関しては ROC 曲線下面積が 0.87、FS-T2WI が 0.95 と、良好な成績が得られた。

図1-1: DWIBS による AI 診断の結果 (AUC)

## Results ( Presence or absence of significant high signal lesions diagnosed by CAD in DWIBS. )



ROC in Test Data.



Prediction results with Test data.

D. Hirahara and T. Takahara, Potential of AI as a Diagnostic Aid in MRI Breast Cancer Screening, Journal of the Japanese Society for Breast Cancer Screening, 2021, Vol. 30, No. 2, p. 153-157 (in Japanese).

図1-2: DWIBS による AI 診断の結果 (Heat map)

## Results ( Presence or absence of significant high signal lesions diagnosed by CAD in DWIBS. )



Heat map (no significant high signal)



Heat map (with significant high signal)

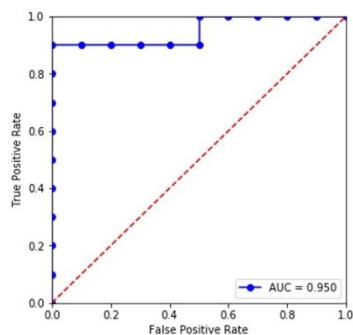


Heat map (with significant high signal)

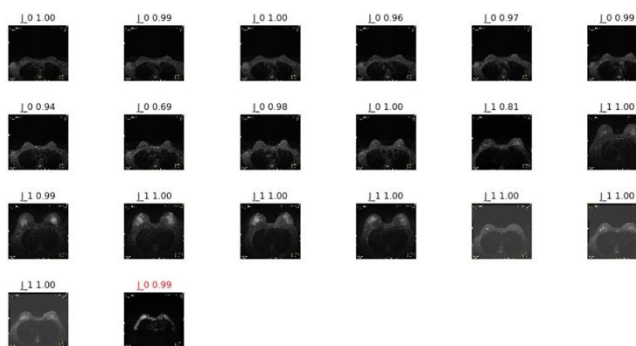
D. Hirahara and T. Takahara, Potential of AI as a Diagnostic Aid in MRI Breast Cancer Screening, Journal of the Japanese Society for Breast Cancer Screening, 2021, Vol. 30, No. 2, p. 153-157 (in Japanese).

図1-3: FS-T2WI による AI 診断の結果 (AUC)

## Result (The existence or non-existence of cystic lesions diagnosed through CAD on FS-T2WI. )



ROC in Test Data.

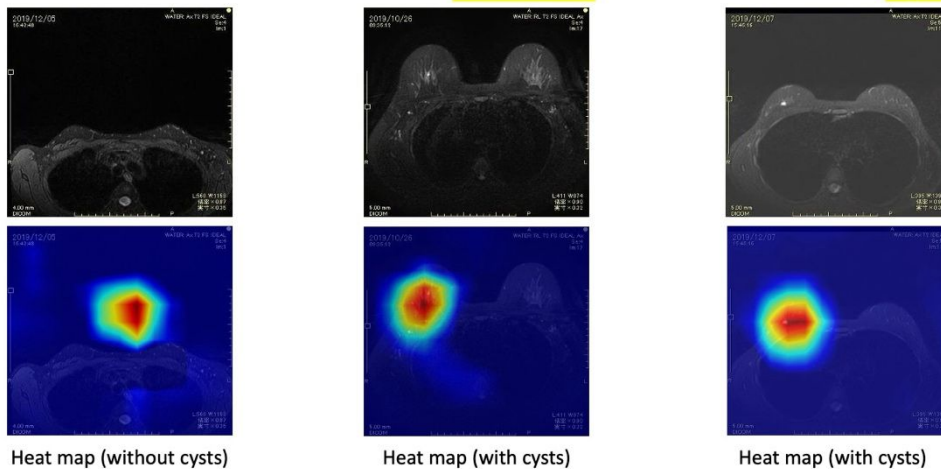


Prediction results with Test data.

D. Hirahara and T. Takahara, Potential of AI as a Diagnostic Aid in MRI Breast Cancer Screening, Journal of the Japanese Society for Breast Cancer Screening, 2021, Vol. 30, No. 2, p. 153-157 (in Japanese).

図1-4: FS-T2WI による AI 診断の結果 (Heat map)

## Result (The existence or non-existence of cystic lesions diagnosed through CAD on FS-T2WI.)



D. Hirahara and T. Takahara, Potential of AI as a Diagnostic Aid in MRI Breast Cancer Screening, Journal of the Japanese Society for Breast Cancer Screening, 2021, Vol. 30, No. 2, p. 153-157 (in Japanese).

### 2) 第2の目的に関連して得られた成果

Anomaly GAN を用いた異常検知モデルの構築を試みた結果、期待した精度には達しなかったものの、一定の成果が得られた。図 2 に示すように、異常画像入力時の推論結果では、異常な信号部分が検出されていることが確認できる。しかしながら、学習に使用した正常症例数が不足していたため、検出結果は曖昧な状態にとどまっている。

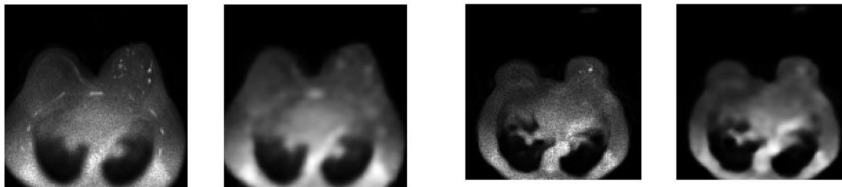


図 2: Anomaly GAN による異常検知モデルの推論結果  
(上段:入力画像、下段:異常検知結果)

現時点でも一定の検出能力を示していることから、正常症例数を増やすことで、モデルの性能が向上し、所望の精度を得られる可能性が示唆された。今後は、正常症例のデータ収集に注力し、サンプル数を増やすことでモデルの精度向上を目指す。また、データ拡張技術の適用や、より洗練された GAN アーキテクチャの採用など、限られたデータでも効果的に学習できる手法の検討も進めていく予定である。

この研究結果は、Anomaly GAN を用いた乳腺 MRI 検査における異常検知の可能性を示すとともに、十分な正常データの重要性を浮き彫りにした。今後の研究継続により、臨床現場で実用可能な高精度な異常検知システムの開発が期待される。

### 3) 成果に基づく今後の展望

第1の目標については良好な結果が得られたため、この学術的 AI (academic AI) を画像診断装置 (PACS) に実装し、Proof of Concept の段階に進めることを検討している。実際の臨床環境での有効性と使いやすさを評価し、必要に応じて改良を加えていく予定である。

第2の目標に関しては十分な成果が得られなかったため、引き続き研究を継続する。正常症例のデータ収集に注力するとともに、異なる機械学習アプローチの検討や、他の医療機関との共同研究を通じてデータセットの拡充を図る。また、軽微な異常の効率的な判定という目標に対して、Anomaly GAN 以外の手法 (例: オートエンコーダーや One-Class SVM など) の適用も検討し、最適なソリューションを模索していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10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 Toshiki Kazama, Taro Takahara and Jun Hashimoto	4. 巻 12
2. 論文標題 Breast Cancer Subtypes and Quantitative Magnetic Resonance Imaging: A Systemic Review	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Life	6. 最初と最後の頁 2-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/life12040490	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 平原 大助 , 高原 太郎	4. 巻 30(2)
2. 論文標題 MRI 乳がん検診における診断補助 AI の可能性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本乳癌日本乳癌検診学会雑誌	6. 最初と最後の頁 153-157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3804/jjabcs.30.153	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 Yoshida Soichiro, Takahara Taro, Arita Yuki, Toda Kazuma, Yoshimura Ryoichi, Fujii Yasuhisa	4. 巻 27
2. 論文標題 Patterns of failure after progressive site directed therapy in oligo progressive castration resistant prostate cancer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Urology	6. 最初と最後の頁 634 ~ 635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iju.14249	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 Yoshida Soichiro, Takahara Taro, Yokoyama Minato, Matsuoka Yoh, Yoshimura Ryoichi, Fujii Yasuhisa	4. 巻 28
2. 論文標題 Can progressive site directed therapy prolong the efficacy of subsequent androgen receptor axis targeted drugs in oligometastatic castration resistant prostate cancer?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Urology	6. 最初と最後の頁 241 ~ 242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iju.14421	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 Yoshida Soichiro, Takahara Taro, Ishii Chikako, Arita Yuki, Waseda Yuma, Kijima Toshiki, Yokoyama Minato, Ishioka Junichiro, Matsuoka Yoh, Saito Kazutaka, Fujii Yasuhisa	4. 巻 18
2. 論文標題 METastasis Reporting and Data System for Prostate Cancer as a Prognostic Imaging Marker in Castration-resistant Prostate Cancer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Clinical Genitourinary Cancer	6. 最初と最後の頁 e391 ~ e396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.clgc.2019.12.010	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 Hirahara Daisuke, Takaya Eichi, Takahara Taro, Ueda Takuya	4. 巻 6
2. 論文標題 Effects of data count and image scaling on Deep Learning training	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PeerJ Computer Science	6. 最初と最後の頁 e312 ~ e312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7717/peerj-cs.312	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 Yoshida Soichiro, Takahara Taro, Arita Yuki, Sakaino Shinjiro, Katahira Kazuhiro, Fujii Yasuhisa	4. 巻 28
2. 論文標題 Whole body diffusion weighted magnetic resonance imaging: Diagnosis and follow up of prostate cancer and beyond	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Urology	6. 最初と最後の頁 502 ~ 513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iju.14497	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 Arita Yuki, Takahara Taro, Yoshida Soichiro, Kwee Thomas C., Yajima Shugo, Ishii Chikako, Ishii Ryota, Okuda Shigeo, Jinzaki Masahiro, Fujii Yasuhisa	4. 巻 54
2. 論文標題 Quantitative Assessment of Bone Metastasis in Prostate Cancer Using Synthetic Magnetic Resonance Imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Investigative Radiology	6. 最初と最後の頁 638 ~ 644
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/RLI.0000000000000579	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 Yoshida Soichiro, Takahara Taro, Arita Yuki, Ishii Chikako, Uchida Yusuke, Nakagawa Keiko, Toda Kazuma, Sakamoto Tsuyoshi, Kijima Toshiki, Yokoyama Minato, Ishioka Junichiro, Matsuoka Yoh, Saito Kazutaka, Yoshimura Ryoichi, Fujii Yasuhisa	4. 巻 105
2. 論文標題 Progressive Site-Directed Therapy for Castration-Resistant Prostate Cancer: Localization of the Progressive Site as a Prognostic Factor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics	6. 最初と最後の頁 376 ~ 381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijrobp.2019.06.011	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 Yajima Shugo, Yoshida Soichiro, Takahara Taro, Arita Yuki, Tanaka Hiroshi, Waseda Yuma, Yokoyama Minato, Ishioka Junichiro, Matsuoka Yoh, Saito Kazutaka, Kihara Kazunori, Fujii Yasuhisa	4. 巻 29
2. 論文標題 Usefulness of the inchworm sign on DWI for predicting pT1 bladder cancer progression	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Radiology	6. 最初と最後の頁 3881 ~ 3888
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00330-019-06119-6	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13件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 高原太郎
2. 発表標題 非造影MRIによる 乳がん診断の新しいアプローチ
3. 学会等名 第29回日本乳癌画像研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高原太郎
2. 発表標題 非造影MRIによる 乳がん診断の新しいアプローチ
3. 学会等名 第30回日本乳癌検診学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高原 太郎
2. 発表標題 非造影MRIによる乳がん検診の実践- 1000 例施行時の成績
3. 学会等名 第47回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taro Takahara
2. 発表標題 Non-contrast MRI of the breast
3. 学会等名 100th German Roentgen Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高原 太郎
2. 発表標題 非造影MRIによる乳がん検診をめぐる社会情勢とその実践
3. 学会等名 四国乳房画像研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高原 太郎
2. 発表標題 非造影MRIによる乳がん検診の実績
3. 学会等名 第50回Radiology Ultrasound研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 高原 太郎
2. 発表標題 非造影MRIによる乳がん検診の実践
3. 学会等名 第51回Rad-US学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高原 太郎
2. 発表標題 DWIBS法の特徴と、FDG-PETの補完画像としての使い方ー特に癌の経過観察に関して
3. 学会等名 第59回日本核医学会学術総会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高原 太郎
2. 発表標題 DWIBS法によるがんの治療経過観察と乳がん検診への応用
3. 学会等名 レアバリエーション研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taro Takahara
2. 発表標題 Non-contrast MRI of the breast
3. 学会等名 IMAGO Meeting of the University Medical Center Utrecht（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taro Takahara
2. 発表標題 MRI/DWI guided treatment and response assessment
3. 学会等名 International Symposium IMAGE GUIDED THERAPY (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高原 太郎
2. 発表標題 非造影MRIによる乳癌診断の新しいアプローチ
3. 学会等名 第29回日本乳癌画像研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高原 太郎
2. 発表標題 非造影MRIを用いた乳癌スクリーニング-各ベンダーの画質特性
3. 学会等名 第47回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2019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
研究 分担 者	吉岡 直紀  (Yoshioka Naoki)  (10292913)	国際医療福祉大学・大学病院・教授   (32206)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究 分 担 者	風間 俊基  (Kazama Toshiki)  (70375781)	東海大学・医学部・准教授     (32644)	

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