

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K07736

研究課題名（和文）人工知能を応用したわが国における個別化乳癌検診の実践

研究課題名（英文）Practice of individualized breast cancer screening in Japan by applying artificial intelligence technology

研究代表者

浅井 義行 (Asai, Yoshiyuki)

近畿大学・大学病院・技術職員

研究者番号：30639307

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：乳腺密度（乳房全体に占める乳腺組織の質量の割合）はマンモグラフィにおける病変見落としや乳癌罹患リスク，さらには乳癌発症予測などと関連する重要な因子である．当該課題においては，1)デジタルマンモグラフィを用いた乳腺密度の定量的計測技術，2)画像を用いない乳腺密度推定技術，の開発に取り組み，いずれも人工知能技術を応用することで高精度な結果を達成した．1)の成果は我が国でも導入が期待される個別化乳癌検診において医師が被検者へ診断の確からしさを説明するのに有用であり，2)の成果は将来的な国民の乳癌発症リスク予測に貢献するものである．

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年，デジタルマンモグラフィの画素値を用いた乳腺密度の定量化が普及しているが，基準値とするマンモグラム中の脂肪組織の画素値を正確に特定することが困難なため，使用するソフトウェア間で計測結果が顕著に異なるのが実状であった．本課題ではそのような従来の問題点を解決し，受検者に信頼される個別化乳癌検診技術を確立した．乳癌発症リスク予測には乳腺密度の時系列解析が必要であるが，被検者の過去の乳腺密度が不明であるため多くの研究が頓挫している．本課題で開発した画像を用いない乳腺密度推定技術は過去に遡った乳腺密度時系列解析による乳癌発症リスク予測を可能にし，乳癌の早期発見や死亡率減少につながる成果である．

研究成果の概要（英文）：Breast density (the ratio of the mass of mammary gland tissue to the total breast mass) is an important factor related to the risk of missing lesions on mammography, the risk of breast cancer, and the prediction of breast cancer incidence. In this project, we have developed that 1) a quantitative measurement technique for breast density using digital mammography and 2) a technique for estimating breast density without using any images, and achieved highly accurate results by applying artificial intelligence technology to both techniques. The results of 1) are useful for radiologists to explain the certainty of the diagnosis to examinees in individualized breast cancer screening, which is expected to be introduced in Japan, and the results of 2) will contribute to the prediction of the risk of breast cancer in the future.

研究分野：放射線診断学

キーワード：マンモグラフィ 乳腺密度 計測技術 推定技術 人工知能技術 U-Net Deep learning

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

乳腺密度（乳房全体に占める乳腺組織の質量の割合）はマンモグラフィにおける病変見落としや乳癌罹患率と関連する重要な因子の一つである。従来、乳腺密度は専門家の目視により4段階に分類されてきたが、主観の違いに起因して安定した分類が困難であった。近年、デジタルマンモグラムの画素値を利用した定量評価が行われるようになったが、計測のための基準値となる脂肪組織の領域及びその画素値を特定するのが困難であることから、解析ソフトウェア毎に2〜4倍も異なる結果が算出されており、臨床現場ではどの値を用いればよいのか判断できていないのが実状である。

一方、乳腺密度の経時変化が乳癌発症リスクのバイオマーカーとなり得る可能性が示唆されている。しかし、乳腺密度を計測するためにはマンモグラフィの生データが必要となるが、過去に撮影されたマンモグラフィの生データは保存されていないケースがほとんどであり、上述した計測精度問題が解決されてもバイオマーカーとしての有効性を調査するのは困難である。

2. 研究の目的

本研究は我が国における個別化乳癌検診の導入と実践に向け、人工知能技術を応用した医工連携の革新的手法を用いて高精度な乳腺密度の計測技術および推定技術を開発するものである。まず、乳腺密度を高精度に再現性良く計測するために、マンモグラム中の脂肪領域および乳腺領域を客観的に決定する手法を開発する。次に、乳癌発症リスクを予測するための基礎技術として、生データが保存されていない過去のマンモグラフィについても乳腺密度を高精度に算出できる手法を開発し、乳腺密度の時系列解析を実現する。

3. 研究の方法

(1) ファントム製造メーカーと協力しマンモグラフィで使用する全X線光子エネルギー範囲においてX線減弱が実乳房と等価となる乳腺密度可変型実乳房等価ファントムを作成した。次に作成したファントムを用いて Receiver Operating Characteristic (ROC) 実験を行い、曲線下面積 (AUC) の有意差検定 (t 検定) により3種類の乳腺密度に対する模擬病変検出率の差を評価した。

(2) フリーソフトウェア ImageJ の threshold 機能を用い、連続的に変化させた単一画素値の分布形状をマンモグラムの解剖学的知見と重ね、乳腺密度計測の基準値となる脂肪領域の画素値を決定した。さらにそれを単位X線量あたりの画素値に変換し、圧迫乳房厚毎にテーブル化した。

(3) マンモグラム 703 画像を学習用 500 画像とテスト用 203 画像に分け、学習用画像に対してディープラーニング技術の一種である U-Net モデルを適用し、交差エントロピー（損失関数）がゼロ付近に迅速に収束するようハイパーパラメータをチューニングして乳腺領域自動抽出モデルを作成した。その際、学習画像に対して5分割交差検証を実施し、使用画像に偏りが無いことを

確認した。

(4) テスト用画像について、乳腺専門家および U-Net モデルが抽出した乳腺領域の画素値と、(2) で算出した脂肪領域の画素値を使って各乳腺領域の乳腺密度を算出した¹⁾。乳腺領域の形状については Dice 係数を、乳腺密度値については Bland-Altman 解析を用いて、乳腺専門家と U-Net モデルの整合性を評価した。

(5) (3)で収集した 703 画像に新たに収集したマンモグラム 617 画像を加えた計 1320 画像を用い、1 fold あたり学習用 1056 画像、テスト用 264 画像から成る fold を 5 fold 作成した。各 fold について、乳腺密度計測値を目的変数、マンモグラフィに記録されている X 線撮像情報 (X 線管電圧, X 線管電流時間積, 圧迫乳房厚, 年齢) を説明因子とする重回帰分析を実施し、決定係数を用いて乳腺密度推定精度を評価した。

(6) (5)で用いたサンプルについて、2 種類のマシンラーニング技術 (Random Forest アルゴリズム, XG-Boost アルゴリズム) およびディープラーニング技術の一種である ResNet アルゴリズムを用いて非線形回帰モデルを作成、得られた決定係数により各モデルの乳腺密度推定精度を評価した。

4. 研究の成果

(1) 乳腺密度は病変検出率に有意な影響を及ぼすことを定量的に示した (表 1)。ただし、スピキュラのような低空間周波数・低コントラスト病変の場合、乳腺密度 50% と 75% の検出率はほとんど変わらず、その理由としてスピキュラの空間周波数帯域と周辺に存在する正常乳腺組織の空間周波数帯域の重複が検出率に顕著な影響を与えていることを明らかにした。

表 1. 乳腺密度間での ROC 曲線下面積の差の検定結果

Type of lesion [↵]	Between 25% and 50% [↵]		Between 50% and 75% [↵]		Between 25% and 75% [↵]	
	P [↵]	95% CI [↵]	P [↵]	95% CI [↵]	P [↵]	95% CI [↵]
Microcalcification [↵]	0.0144* [↵]	0.0765 – 0.3331 [↵]	0.1787 [↵]	-0.0576 – 0.2212 [↵]	0.0003* [↵]	0.2167 – 0.3565 [↵]
Mass lesion [↵]	0.0001* [↵]	0.1258 – 0.1822 [↵]	0.0058* [↵]	0.0822 – 0.2582 [↵]	0.0003* [↵]	0.2453 – 0.4031 [↵]
Spiculated lesion [↵]	0.0465* [↵]	0.0033 – 0.2603 [↵]	0.7595 [↵]	-0.0553 – 0.0701 [↵]	0.0093* [↵]	0.0570 – 0.2214 [↵]
Average [↵]	0.0039* [↵]	0.0880 – 0.2390 [↵]	0.0113* [↵]	0.0325 – 0.1405 [↵]	0.0000* [↵]	0.2144 – 0.2856 [↵]

CI ; 信頼区間[↵]

(2) 乳腺密度計測の基準となるマンモグラム中の脂肪領域およびその画素値を求める新たな手法を開発した。さらに、開発手法を安定して適用できるマンモグラムを選定し、求めた脂肪領域の画素値を単位 X 線量当たりの画素値に変換して圧迫乳房厚毎にテーブル化しておくことで、高精度かつ再現性の高い乳腺密度計測を迅速に実施できるようにした。開発手法は図 1 に示すように、わずかな X 線管電圧の増加に伴う脂肪領域の画素値の不連続な変化を的確に捉えており、これにより乳腺密度計測の高い再現性および高精度化を実現した。

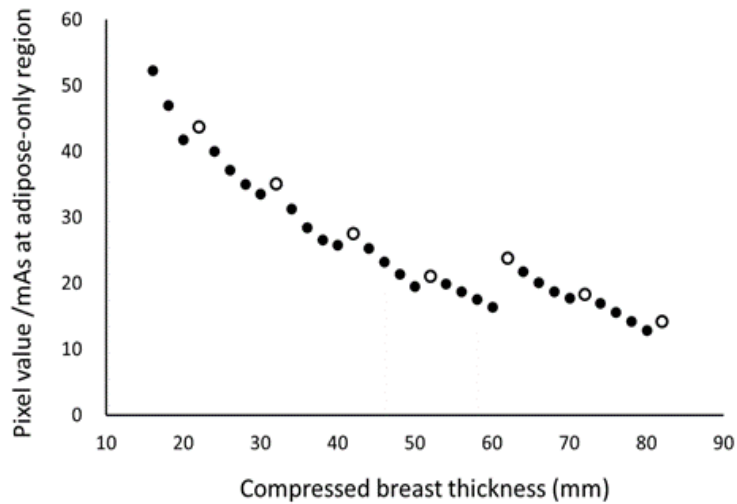


図1. 圧迫乳房厚の増加 (=X線管電圧の増加) に伴う脂肪領域の単位X線量当たりの画素値。圧迫乳房厚10 mm 間隔に見られる不連続点 (白丸) は1 kV (62 mm のみ3 kV) のX線管電圧の増加によって生じる脂肪領域の画素値の変化を的確に捉えている

(3) U-Net モデルを用いてマンモグラムの乳腺領域を自動抽出するモデルを開発した。本研究で用いたマンモグラムに対する5分割交差検証の結果、全foldにおいて決定係数は学習データで0.85から0.87、テストデータで0.84から0.89の範囲内に収まり、偏りのない安定した画像であることが示された。

(4) 乳腺専門家およびU-Netモデルが抽出した乳腺領域の一致度は、Dense regionについては全サンプルの62.7%が、Diffuse regionについては全サンプルの91.2%がDice係数0.90以上となり、良好な結果を得た(図2)。またBland-Altman解析の結果、乳腺専門家とU-Netモデルの乳腺密度には同等性が成立し互いに入替可能であること、乳腺密度を考慮して算出した平均乳腺線量(X線被ばく線量)には互換性が成立し、簡単な四則演算を加えることで互いに入替可能であることを示した。

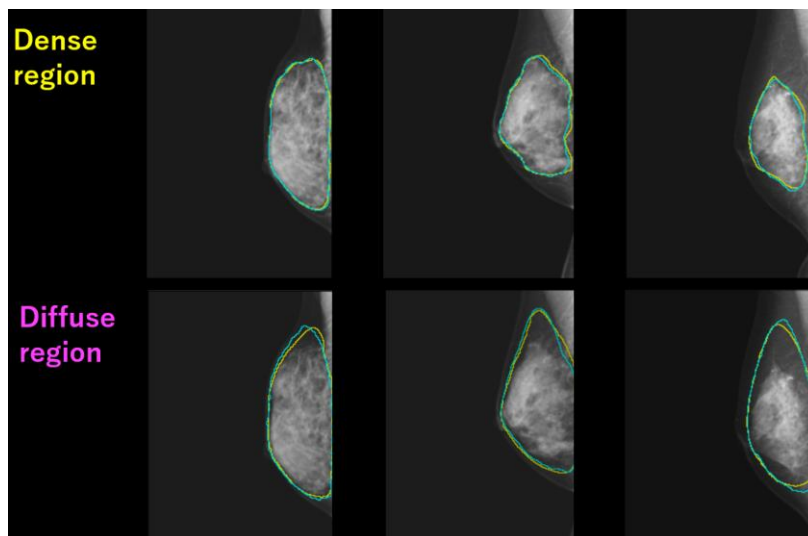


図2. 乳腺領域の抽出例。上段はDense region, 下段はDiffuse region に対する結果。黄色は乳腺専門家, 青色は開発したU-Netモデルによる抽出結果で、両者はよく一致していることがわかる

- (5) マンモグラフィに用いた X 線撮像条件のうち、X 線管電圧・X 線管電流時間積・圧迫乳房厚・年齢の 4 因子を使った重回帰分析を実施することで、画像を用いずに乳腺密度を推定可能であることを示した。得られた重回帰式（式 1）による乳腺密度推定精度は 5 fold の最大値で 88.4%であった。

$$\begin{aligned} \text{Log [breast density (\%)]} = & 1.146 - [3.239 \times \log (\text{CBT})] + [2.214 \times \log (\text{mAs})] \\ & + (0.073 \times \text{tube voltage}) - (0.002 \times \text{age}) \end{aligned} \quad (1)$$

※ CBT：圧迫乳房厚， mAs：X 線管電流時間積， tube voltage：X 線管電圧， age：年齢

- (6) マシンラーニングモデルである Random Forest および XG-Boost による乳腺密度推定精度は 5 fold の最大値でそれぞれ 89.5%および 90.7%、ディープラーニングモデルの ResNet では 91.8% となり、回帰モデルを用いた乳腺密度推定には ResNet モデルが最も優れていることを示した。図 3 に乳腺密度の計測値と ResNet による推定値の yy プロットを示す。プロットが対角線付近に集中していることがわかる。本成果により、撮像された画像がなくても撮像条件の記録から撮像当時の乳腺密度を知ることができるようになった。本手法を利用すれば乳腺密度の時系列解析が可能となり、乳腺密度を将来的な乳癌発症リスクのバイオマーカーとして活用することが期待される。

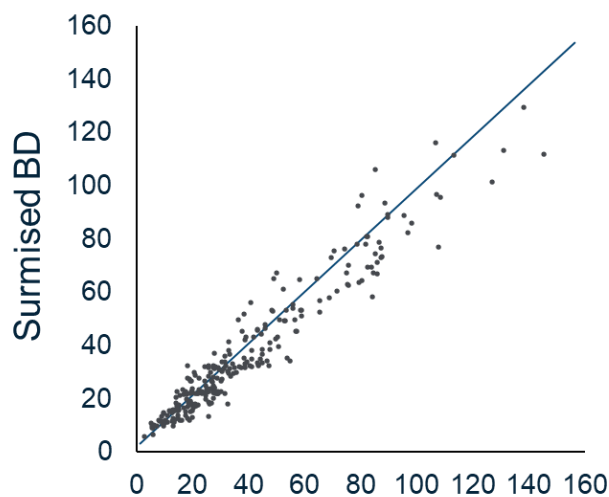


図 3. 乳腺密度の計測値（横軸）と推定値（縦軸）の yy プロット

<引用文献>

- 1) S. van Engeland, P. R. Snoeren, H. Huisman, C. Boetes, N. Karssemeijer: Volumetric breast density estimation from full-field digital mammograms. IEEE Trans. Med. Imaging 25 273–282(2006)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 Yamamuro Mika, Asai Yoshiyuki, Hashimoto Naomi, Yasuda Nao, Kimura Hiorto, Yamada Takahiro, Nemoto Mitsutaka, Kimura Yuichi, Handa Hisashi, Yoshida Hisashi, Abe Koji, Tada Masahiro, Habe Hitoshi, Nagaoka Takashi, Nin Seiun, Ishii Kazunari, Kondo Yohan	4. 巻 8
2. 論文標題 Utility of U-Net for the objective segmentation of the fibroglandular tissue region on clinical digital mammograms	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomedical Physics & Engineering Express	6. 最初と最後の頁 045016 ~ 045016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/ac7ada	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 Mika Yamamuro, Yoshiyuki Asai, Naomi Hashimoto, Nao Yasuda, Yoshiaki Ozaki, Kazunari Ishii, Yongbum Lee	4. 巻 16
2. 論文標題 The effect of breast density on the missed lesion rate in screening digital mammography determined using an adjustable-density breast phantom tailored to Japanese women	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	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) 10.1371/journal.pone.0245060	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 Mika Yamamuro, Yoshiyuki Asai, Nao Yasuda, Koji Yamada, Yoshiaki Ozaki, Masao Matsumoto, Takamichi Murakami	4. 巻 14, suppl. 1
2. 論文標題 Computerised volumetric breast density measurements based on anatomical knowledge on digital mammograms	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 126, 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 M. Yamamuro, Y. Asai, N. Yasuda, K. Yamada, K. Sakaguchi, T. Konishi, Y. Ozaki, M. Matsumoto, T. Murakami	4. 巻 14, suppl. 1
2. 論文標題 Segmentation of glandular area in clinical mammograms using	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 115, 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yamamuro M, Asai Y, Yamada K, Ozaki Y, Matsumoto M, Murakami T	4. 巻 57
2. 論文標題 Prediction of glandularity and breast radiation dose from mammography results in Japanese women	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Medical and Biological Engineering and computing	6. 最初と最後の頁 289-298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11517-018-1882-4	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18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Yoshiyuki Asai, Mika Yamamuro, Takahiro Yamada, Yuichi Kimura, Kazunari Ishii, Yohan Kondo
2. 発表標題 Surmise of breast density using mammographic X-ray exposure conditions
3. 学会等名 17th INTERNATIONAL CONGRESS FOR RADIATION RESEARCH (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mika Yamamuro, Yoshiyuki Asai, Takahiro Yamada, Yuichi Kimura, Kazunari Ishii, Yohan Kondo
2. 発表標題 Identification of the uncompressed region on digital mammograms for volumetric breast density measurement
3. 学会等名 17th INTERNATIONAL CONGRESS FOR RADIATION RESEARCH (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山室美佳, 浅井義行, 橋本直美, 安田奈生, 木村浩都, 任誠雲, 石井一成, 山田誉大, 根本充貴, 木村裕一, 吉田久, 半田久志, 近藤世範
2. 発表標題 3次元乳腺密度を指標としたU-netの乳腺領域自動抽出精度の評価
3. 学会等名 第32回日本乳癌検診学会学術総会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Mika YAMAMURO, Yoshiyuki ASAI, Naomi HASHIMOTO, Nao YASUDA, Takahiro YAMADA, Mitsutaka NEMOTO, Yuichi KIMURA, Hisashi HANDA, Hisashi YOSHIDA, Koji ABE, Masahiro TADA, Hitoshi HABE, Takashi NAGAOKA, Yoshiaki OZAKI, Seiun NIN, Kazunari ISHII, Yongbum LEE
2. 発表標題	Can radiological technologists create training data for automatically segmenting the mammary gland region in non-dense breasts?
3. 学会等名	35th Computer Assisted Radiology and Surgery (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	山室美佳, 浅井義行, 橋本直美, 安田奈生, 木村浩都, 任 誠雲, 石井一成, 山田誉大, 根本充貴, 木村裕一, 半田久志, 吉田 久, 阿部孝司, 多田昌裕, 波部 斉, 永岡 隆, 李 鎔範
2. 発表標題	画像処理条件の違いがディープラーニングによる乳腺領域自動抽出及び乳腺密度算出精度に及ぼす影響
3. 学会等名	医用画像情報学会第191回学術大会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	山室美佳, 浅井義行, 橋本直美, 安田奈生, 木村浩都, 任誠雲, 石井一成, 李鎔範
2. 発表標題	3次元乳腺密度計測の高精度化に向けたマンモグラム上での脂肪領域画素値の決定法
3. 学会等名	第31回日本乳癌検診学会学術総会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Mika YAMAMURO, Yoshiyuki ASAI, Naomi HASHIMOTO, Nao YASUDA, Hiroto KIMURA, Takahiro YAMADA, Mitsutaka NEMOTO, Yuichi KIMURA, Hisashi HANDA, Hisashi YOSHIDA, Koji ABE, Masahiro TADA, Hitoshi HABE, Takashi NAGAOK, Seiun NIN, Kazunari ISHII, Yongbum LEE
2. 発表標題	Robustness of a U-net model for different image processing types in segmentation of the mammary gland region
3. 学会等名	16th International Workshop on Breast Imaging (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 Mika YAMAMURO, Yoshiyuki ASAI, Naomi HASHIMOTO, Nao, YASUDA, Kenta SAKAGUCHI, Tatsuo KONISHI, Koji YAMADA, Yoshiaki OZAKI, Kazunari ISHII, Yongbum LEE
2. 発表標題 Deep learning-based segmentation of mammary gland region in digital mammograms of scattered mammary glands and fatty breasts
3. 学会等名 Computer Assisted Radiology and Surgery (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mika YAMAMURO, Yoshiyuki ASAI, Naomi HASHIMOTO, Nao, YASUDA, Koji YAMADA, Yoshiaki OZAKI, Kazunari ISHII, Yongbum LEE
2. 発表標題 Effectiveness of high-luminance display monitors in digital mammography
3. 学会等名 Computer Assisted Radiology and Surgery (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yamamuro, Mika, Asai, Yoshiyuki, Hashimoto, Naomi, Yasuda, Nao, Yamada, Takahiro, et al.
2. 発表標題 How to select training data to segment mammary gland region using a deep-learning approach for reliable individualized screening mammography
3. 学会等名 SPIE Medical Imaging, 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mika Yamamuro, Yoshiyuki Asai, Nao Yasuda, Koji Yamada, Yoshiaki Ozaki, Masao Matsumoto, Takamichi Murakami
2. 発表標題 Computerised volumetric breast density measurements based on anatomical knowledge on digital mammograms
3. 学会等名 33rd International Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mika Yamamuro, Yoshiyuki Asai, Nao Yasuda, Koji Yamada, Yoshiaki Ozaki, Masao Matsumoto, Takamichi Murakami
2. 発表標題 Segmentation of glandular area in clinical mammograms using deep learning aimed at volumetric breast density measurement
3. 学会等名 33rd International Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山室美佳, 浅井義行, 橋本直美, 安田奈生, 坂口健太, 小西達郎
2. 発表標題 Deep Learningを用いた乳腺密度計測のための乳腺領域の抽出
3. 学会等名 第29回日本乳癌検診学会学術総会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田奈生, 浅井義行, 山室美佳, 橋本直美, 山田浩司, 尾崎吉明
2. 発表標題 身体特性および成育歴情報を用いた乳腺密度の予測
3. 学会等名 第29回日本乳癌検診学会学術総会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mika Yamamuro, Yoshiyuki Asai, Koji Yamada, Yoshiaki Ozaki, Masao Matsumoto, Takamichi Murakami
2. 発表標題 Prediction of fibroglandular density and breast dose based on physical characteristics and lifestyle habits
3. 学会等名 World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiyuki Asai, Mika Yamamuro, Koji Yamada, Yoshiaki Ozaki, Masao Matsumoto, Takamichi Murakami
2. 発表標題 Development of fibroglandular-variable breast phantom and its application to quantitative assessment of undetectable lesion rate in digital mammography
3. 学会等名 World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅井義行、山室美佳、山田浩司、尾崎吉明、松本政雄、村上卓道
2. 発表標題 マンモグラフィ用モニタの高輝度化の有用性
3. 学会等名 第28回日本乳癌検診学会学術総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山室美佳、浅井義行、山田浩司、尾崎吉明、松本政雄、村上卓道
2. 発表標題 3次元乳腺密度解析のための脂肪領域画素値の決定法
3. 学会等名 第28回日本乳癌検診学会学術総会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 MAMMOGRAPHY APPARATUS	発明者 浅井 義行、山室 美佳、岩井 春樹、 倉富 奈央子、他	権利者 近畿大学、キヤ ノンメディカル システムズ
産業財産権の種類、番号 特許、18/526092	出願年 2023年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 乳腺密度計測方法	発明者 浅井 義行、山室 美 佳	権利者 近畿大学
産業財産権の種類、番号 特許、2022-188516	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 乳房撮影装置	発明者 浅井 義行、山室 美 佳、岩井 春樹、倉富 奈央子、他	権利者 近畿大学、キヤ ノンメディカル システムズ
産業財産権の種類、番号 特許、2022-193023	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	山室 美佳 (Yamamuro Mika) (90837866)	近畿大学・医学部附属病院・技師 (34419)	
研究分担者	村上 卓道 (Murakami Takamichi) (20252653)	神戸大学・医学研究科・教授 (14501)	

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