

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02761

研究課題名（和文）深層学習を用いた仮想高線量化技術による放射線画像検査の被曝最小化

研究課題名（英文）Radiation dose reduction in medical imaging exams by means of deep-learning-based virtual imaging technology

研究代表者

鈴木 賢治（Suzuki, Kenji）

東京工業大学・科学技術創成研究院・教授

研究者番号：00295578

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：CT検査による被検者への被曝線量が世界的な問題となっていた。この問題を解決するため、本研究では、我々独自の深層学習モデルMassive-training artificial neural network (MTANN)をベースに、CTのための被曝線量低減技術を開発した。すなわち、超低線量で撮像されたCT画像を「入力画像」、高線量で撮像されたCT画像をそれに対する理想的な「教師画像」としてMTANNモデルを学習することで、超低線量CT画像をあたかも高線量で撮像したかのようなCT画像に変換する「仮想画像化技術」を開発した。定量評価の結果、本技術により90%以上の線量低減が行えることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により開発されたMTANN深層学習によるCTの被曝線量低減技術によれば、CT検査による被ばく線量をリアルタイムで90%以上低減できる。本技術開発以前の被曝線量低減技術としては、逐次近似画像再構成法によるものが主流であったが、再構成演算時間が長く、その線量低減率は17%-44%に留まることが報告されていた。このように、本手法によればCTの被曝線量を大幅に低減でき、その社会的意義は極めて大きい。また、本研究で先駆的に開発された深層学習によるCTの被曝線量低減の方法論は、学会でも産業界でも主流となっており、その学術的意義は大変大きい。

研究成果の概要（英文）：Radiation dose to patients who undergo computed tomography (CT) exams was a serious issue. To solve this problem, we developed a radiation dose reduction technology based on our original massive-training artificial neural network (MTANN) deep learning model. We trained our MTANN model with input ultra-low-dose CT images and corresponding teaching high-dose CT images to produce high-dose-CT-like images. Quantitative evaluation demonstrated that our virtual deep-learning imaging based on MTANNs was able to reduce radiation dose by more than 90% in CT, which was higher than dose reduction rates of 17-44% by the state-of-the-art iterative reconstruction.

研究分野：AI支援画像診断システム

キーワード：深層学習 医用画像 放射線被曝 人工知能 線量低減

## 1. 研究開始当初の背景

放射線画像検査による被験者への被曝が国内外で非常に大きな問題となっている。2007年に発表された研究によると、日本の年間6,300万件のComputed Tomography (CT) 検査による被曝により、将来一定数のがんが発生すると推定された。特に検診による生涯被曝は毎年蓄積されるため深刻である。近年国民の医療被曝への関心は極めて高く、放射線検査の被曝を減らすことは、世界的にも、医学的にも、社会的にも大変重要な課題である。

この課題に対処するため、CTの主要な企業は被曝低減技術の開発にしのぎを削り、その末に逐次近似画像再構成法にたどり着いた。研究開始当時、学会で発表されていた研究もこれが主流であった。この技術によれば、低線量で撮像されたノイズの多いデータから、画像中の構造物の輪郭を保ったままノイズを低減した画像を再構成できるため、各社この手法を製品化した。しかし、CTの被曝線量低減には、2つの深刻な問題が残されていた。①豪州の1,000以上の病院で実施された調査研究によると、逐次近似法により削減できた被曝線量は17-44%に留まり、人々が安心してCT検査を受けるためには、更に大幅な線量低減が必要である。②再構成演算時間が長く、1回のCTデータの処理に比較的長い時間を要するため、リアルタイムに瞬時に再構成画像を表示することが困難であった。

## 2. 研究の目的

本研究では、我々独自の深層学習(ディープラーニング)を用いた「仮想画像化技術」の開発により、超低線量CT画像を、低線量撮像に起因するノイズとアーチファクト(人工的に生じた偽像)の少ない「仮想高線量CT画像」にごく短い演算時間で変換し、CT検査の被曝線量を90%以上削減することを目的とする。

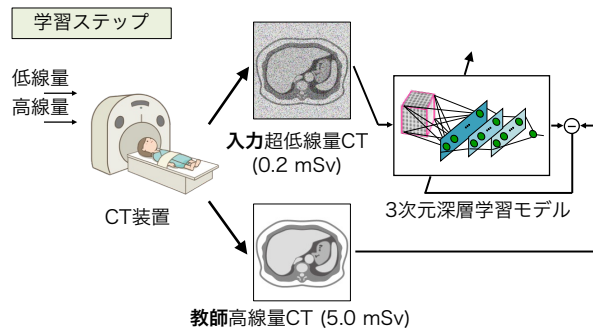
## 3. 研究の方法

放射線画像検査の中で、被曝の問題が最も深刻な検査は、医療被曝の半分を占めるCT検査である。我が国ではCTによる肺がん検診が行われているが、検診は健康な人々に繰り返し行われるため、被曝低減がとて重要である。このため、本研究では肺がんのCT検診の被曝低減をターゲットとする。

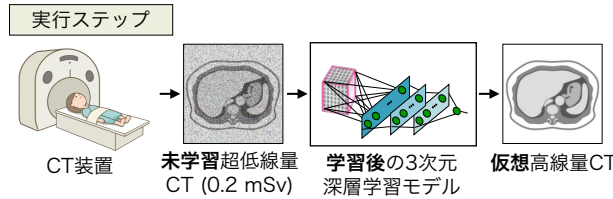
### 1) 3次元深層学習をベースとする被曝低減技術の開発

まず、ファントム(人体模型)を用いた2次元の深層学習モデル(2次元 massive-training artificial neural network (MTANN))の開発を行った。次に、これを3次元に拡張し、臨床CTで得られる3次元データを扱えるモデルにした。

図1に本研究で開発したCTのための被曝低減技術の原理を示す。本手法は学習ステップと実行ステップから成る。学習ステップでは、超低線量CT(例えば0.2 mSv;シーベルト=被曝による生物学的影響の大きさを表す単位)を入力画像、高線量CT(例えば5.0 mSv)を教師画像に使い、我々が独自に開発した深層学習モデルMTANNを学習する(図1 a)。深層学習モデルMTANNは、ニューラルネットワーク回帰モデルで構成され、入力超低線量CTの局所領域の画素値、出力はそれに対応する高線量CT中の1画素の推定値である。学習は、教師画素と出力画素の誤差が小さくなるよう、ニューラルネットワークの層間の重み係数を調整することにより行われる。実行ステップでは、学習後のモデルに未学習の超低線量CT画像を入力すれば、あたかも高線量で撮ったようなCT画像「仮想高線量CT画像」に変換できる(図1 b)。



(a) 学習ステップ



(b) 実行ステップ

図1 本研究で開発したMTANN 深層学習によるCTの被曝線量低減技術の原理

## 2) 3次元胸部ファントムによる被曝低減手法の性能検証

精巧な胸部ファントムを最低線量から最高線量まで変えてCTで撮像した。次に超低線量CT画像を入力画像、それに対応する最高線量CT画像を教師画像とし、MTANN 深層学習モデルを学習した。学習後のモデルの出力画像（仮想高線量CT画像）と本物の高線量CT画像の画質を定量的に比較し、線量低減率を算出した。仮想高線量CT画像と本物のCT画像の画質の関係を調べることにより、本手法で低減できる被曝線量を定量的に明らかにした。

## 3) 臨床例による深層学習モデルの学習と性能評価

肺がん検診で得られた臨床CTを用いてMTANN 深層学習モデルを学習し、機能・性能の評価を、広島大学病院と共同で進めた。CTによる肺がん検診において、被曝低減手法評価のためのデータ収集が行われた。本研究では、これらの症例より肺腫瘍患者を後ろ向き（Retrospective）に選択し、手法の開発、検証、評価に用い、本手法で低減できる線量を定量的に明らかにした。

## 4. 研究成果

本研究では、我々独自の深層学習モデル Massive-training artificial neural network (MTANN) をベースに、CTのための被曝線量低減技術を開発した。すなわち、超低線量で撮像されたCT画像を「入力画像」、高線量で撮像されたCT画像をそれに対する理想的な「教師画像」としてMTANNモデルを学習することで、超低線量CT画像をあたかも高線量で撮像したかのようなCT画像に変換する「仮想画像化技術」を開発した。定量評価の結果、本技術により90%以上の線量低減が行えることを示した。

本研究により開発されたMTANN 深層学習によるCTの被曝線量低減技術によれば、CT検査による被ばく線量をリアルタイムで90%以上低減できる。本技術開発以前の被曝線量低減技術としては、逐次近似画像再構成法によるものが主流であったが、再構成演算時間が長く、その線量低減率は17%~44%に留まることが報告されていた。このように、本手法によればCTの被曝線量を大幅に低減でき、その社会的意義は極めて大きい。また、本研究で先駆的に開発された深層学習によるCTの被曝線量低減の方法論は、学会でも産業会でも主流となっており、その学術的意義は大変大きい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Zarshenas Amin、Liu Junchi、Forti Paul、Suzuki Kenji	4. 巻 46
2. 論文標題 Separation of bones from soft tissue in chest radiographs: Anatomy specific orientation frequency specific deep neural network convolution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 2232 ~ 2242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/mp.13468	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 該当する

1. 著者名 鈴木賢治	4. 巻 2
2. 論文標題 医用画像システム	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JMAI Letter	6. 最初と最後の頁 53-54
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 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 鈴木賢治	4. 巻 50
2. 論文標題 画像診断領域における深層学習の最先端技術とAI支援画像診断	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Multislice CT 2018 Book（映像情報メディカル増刊号）	6. 最初と最後の頁 36-46
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 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 鈴木賢治	4. 巻 33
2. 論文標題 ディープラーニングによる画像処理・認識技術の最前線	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 月刊インナービジョン	6. 最初と最後の頁 30-35
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 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 鈴木賢治	4. 巻 34
2. 論文標題 大腸CTにおけるAI支援画像診断	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月刊インナービジョン	6. 最初と最後の頁 47-50
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 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 鈴木賢治	4. 巻 34
2. 論文標題 人工知能 (AI) 最新動向 - 画像処理	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月刊インナービジョン	6. 最初と最後の頁 35-36
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 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38件 (うち招待講演 23件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Martinez-Garcia M., Zhang Y., Suzuki K., and Zhang Y.
2. 発表標題 Measuring System Entropy with a Deep Recurrent Neural Network Model
3. 学会等名 Proc. 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wang Y., Jin Z., Tokuda Y., Naoi Y., Tomiyama N., and Suzuki K.
2. 発表標題 Development of Deep-learning Segmentation for Breast Cancer in MR Images based on Neural Network Convolution
3. 学会等名 International Conference on Computing and Pattern Recognition (ICCP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wang Y., Jin Z., Tokuda Y., Naoi Y., Tomiyama N., Suzuki K.
2. 発表標題 Neural Network Convolution Deep Learning for Semantic Segmentation of Breast Tumor in MRI
3. 学会等名 Proc. of 4th International Symposium on Biomedical Engineering (ISBE2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhao Y., Zarshenas A., Higaki T., Awai K., and Suzuki K.
2. 発表標題 Radiation dose reduction in chest CT at a micro-dose (mD) level by noise simulation and noise-specific anatomic neural network convolution (NNC) deep-learning (DL) with K-means clustering
3. 学会等名 Program of Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Onai, Z. Jin, T. Obi and K. Suzuki
2. 発表標題 Neural Network Convolution (NNC) Deep Learning for Radiation Dose Reduction in Digital Breast Tomosynthesis (DBT)
3. 学会等名 Proceedings of Annual Meeting of Research Center for Biomedical Engineering 2019
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 AI Doctor and Smart Medical Imaging with Deep Learning
3. 学会等名 2019 3rd International Conference on Artificial Intelligence, Automation and Control Technologies (AIACCT 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Virtual Dual-Energy Chest Imaging
3. 学会等名 2019 AAPM Summer School - Practical Medical Image Analysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Introduction to Machine Learning I - Traditional Methods
3. 学会等名 2019 AAPM Summer School - Practical Medical Image Analysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木賢治
2. 発表標題 世間の流行に左右されない深層学習所感
3. 学会等名 第38回日本医用画像工学会大会 (JAMIT 2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 AI Doctor and Smart Medical Imaging with Deep Learning
3. 学会等名 2019 4th Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems (ACIRS 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Deep Learning-based AI in Medical Image Processing and Computer-aided Diagnosis
3. 学会等名 International Conference on Alzheimer ' s Disease & Dementia (Alzheimer 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Smart Medical Image Processing and Diagnostic Aid with Deep-Learning-Driven-AI
3. 学会等名 1st International Promotion Forum for Super Smart Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Deep Learning in Medical Image Processing, Pattern Recognition, and Diagnosis
3. 学会等名 International Conference on Computing and Pattern Recognition (ICCP 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Deep Learning-based AI in Medical Image Processing and Computer-aided Diagnosis
3. 学会等名 2nd International Conference on Medical Imaging and Case Reports (MICR 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Deep Learning for Image Processing, Patten Recognition, and Diagnosis in Medicine
3. 学会等名 2nd Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference (AICCC 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Medical Imaging & AI - Fundamentals
3. 学会等名 46th Winter School of Optical Society of Japan (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 AI in Medical Image Processing and Diagnosis of Chest
3. 学会等名 The 12th Annual Meeting of Japanese Society of Pulmonary Functional Imaging (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Cutting-edge and Translational Research in Medical Image Processing with Deep Learning and AI-aided Diagnosis
3. 学会等名 3rd Annual Meeting of Japanese Gastrointestinal Virtual Reality Association (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suzuki K.
2. 発表標題 Translational Research in Medical Image Processing with Deep Learning and AI-aided Diagnosis
3. 学会等名 2nd Annual Meeting of Japanese Association for Medical Artificial Intelligence (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Liu J., Zarshenas A., Wei Z., Yang L., Fajardo L., and Suzuki K.
2. 発表標題 Radiation dose reduction in digital breast tomosynthesis (DBT) by means of deep-learning-based supervised image processing.
3. 学会等名 Proc. SPIE Medical Imaging (SPIE MI) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makkinejad N., Tajbakhsh N., Zarshenas A., Khokhar A., and Suzuki K.
2. 発表標題 Reduction in training time of a deep learning (DL) model in radiomics analysis of lesions in CT.
3. 学会等名 Proc. SPIE Medical Imaging (SPIE MI) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Liu J., Zarshenas A., Qadir S, Yang L., Fajardo L., and Suzuki K.
2. 発表標題 Radiation dose reduction in digital breast tomosynthesis (DBT) by means of neural network convolution (NNC) deep learning.
3. 学会等名 Proc. International Workshop on Breast Imaging (IWBI) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Liu J., Zarshenas A., Wei Z., Yang L., Fajardo L., and Suzuki K.
2. 発表標題 Sequential Neural Network Convolution (NNC) Deep Learning in Radiation Dose Reduction in Digital Breast Tomosynthesis (DBT): Preliminary Results.
3. 学会等名 Proc. International Conference on IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (IEEE EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zarshenas A., Zhao Y., Liu J., Higaki T., Fukumoto W., Awai K., and Suzuki K.:
2. 発表標題 Deep 3D Anatomy-Specific Neural Network Convolution for Radiation Dose Reduction in Chest CT at a Micro-Dose Level.
3. 学会等名 Proc. International Conference on IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (IEEE EMBC), (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zarshenas A., and Suzuki K.
2. 発表標題 Deep Neural Network Convolution for Natural Image Denoising.
3. 学会等名 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zarshenas A., Liu J., Forti P., and Suzuki K.
2. 発表標題 Mixture of Deep-Learning Experts for Separation of Bones from Soft Tissue in Chest Radiographs.
3. 学会等名 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zhao Y., Zarshenas A., Higaki T., Awai K., and Suzuki K.
2. 発表標題 Effect of Simulated Micro-Dose (mD) CT on the Performance of Neural Network Convolution (NNC) Deep-Learning (DL) In Radiation Dose Reduction in Chest CT.
3. 学会等名 Program of Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA), 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zarshenas A., Zhao Y., Liu J., Higaki T., Awai K., and Suzuki K.
2. 発表標題 “Virtual” High-Dose Technology: Radiation Dose Reduction in Thin-Slice Chest CT at a Micro-Dose (mD) Level by Means of 3D Deep Neural Network Convolution (NNC).
3. 学会等名 Program of Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA), 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Suzuki K., Zarshenas A., Liu J., Zhao Y., and Luo Y.
2. 発表標題 Historical Overview of Machine Learning (ML) and Deep Learning in Medical Image Analysis - What are the Sources of the Power of Deep Learning?
3. 学会等名 Program of Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA), 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 Deep Learning-based AI in Medical Image Processing and Computer-aided Diagnosis, International Forum on Intelligent Medical Image Analysis
3. 学会等名 Tsinghua University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 Overview of Deep Learning and Its Advanced Applications in Medical Image Processing, Analysis, and Diagnosis
3. 学会等名 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) & 2nd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (IVPR) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 Deep Learning and Its Advanced Applications in Medical Image Processing, Analysis, and Diagnosis
3. 学会等名 3rd Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems (ACIRS 2018) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 Deep Learning in Medical Image Processing, Analysis and Diagnosis,
3. 学会等名 The 2nd International Summer School on Deep Learning (DeepLearn 2018) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 Deep Learning in Medical Image Processing and Diagnosis,
3. 学会等名 5th International Conference on Computational Science and Technology 2018 (ICCST2018) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 IEEE SPS winter school program
3. 学会等名 IEEE Signal Processing Society (SPS) Malaysia Chapter (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 Introduction to Deep Learning
3. 学会等名 2018 IEEE SPS Winter School on Big Data and Deep Learning in Healthcare (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 Deep Learning for Image Processing
3. 学会等名 2018 IEEE SPS Winter School on Big Data and Deep Learning in Healthcare (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Suzuki
2. 発表標題 AI Doctor and Smart Medical Imaging with Deep Learning
3. 学会等名 2019 3rd International Conference on Artificial Intelligence, Automation and Control Technologies (AIAC 2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 Liao H., Balocco S., Wang G., Zhang F., Liu Y., Ding Z., Duong L., Phellan R., Zahnd G., Breininger K., Albarqouni S., Moriconi S., Lee S.-L., Demirci S., Suzuki K., Greenspan H., Wang Q., van Ginneken B., Zhou L.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer International Publishing	5. 総ページ数 199
3. 書名 Machine Learning and Medical Engineering for Cardiovascular Health and Intravascular Imaging and Computer Assisted Stenting	
1. 著者名 Greenspan H., Tanno R., Erdt M., Arbel T., Baumgartner C., Dalca A., Sudre C.H., Wells III W.M., Drechsler K., Linguraru M.G., Oyarzun Laura C., Shekhar R., Wesarg S., Gonzalez Ballester M. A., Suzuki K., Liao H., Wang Q., van Ginneken B., Zhou L.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer International Publishing	5. 総ページ数 184
3. 書名 Uncertainty for Safe Utilization of Machine Learning in Medical Imaging and Clinical Image-Based Procedures	
1. 著者名 Chen, Yisong, Suzuki, Kenji	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 387
3. 書名 Artificial intelligence in decision support systems for diagnosis in medical imaging	
1. 著者名 Xu J., Zarshenas A., Chen Y., and Suzuki K.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 IGI Global	5. 総ページ数 305
3. 書名 Emerging Developments and Practices in Oncology	

1. 著者名 Tajbakhsh N. and Suzuki K.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer-Verlag	5. 総ページ数 387
3. 書名 Artificial Intelligence in Decision Support Systems for Diagnosis in Medical Imaging	

〔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	粟井 和夫  (Awai Kazuo)  (30294573)	広島大学・医系科学研究科(医)・教授   (15401)	
研究分担者	小尾 高史  (Obi Takashi)  (40280995)	東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授   (12608)	

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