

令和元年6月18日現在

機関番号：13701

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2014～2018

課題番号：26108005

研究課題名(和文) 多元計算解剖モデルを利用した臓器・組織機能診断支援システム

研究課題名(英文) Function Integrated Diagnostic Assistance based on Multidisciplinary Computational Anatomy Models

研究代表者

藤田 廣志(Fujita, Hiroshi)

岐阜大学・工学部・特任教授・名誉教授

研究者番号：10124033

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 82,500,000円

研究成果の概要(和文)：「多元計算解剖学」プロジェクト研究において、本計画班では、いくつかの「機能画像」を対象として機能診断支援システムの開発研究を主に行った。特に、1)核医学画像における機能診断支援システムと、2)CT及び超音波画像における身体機能(骨関節/筋肉)診断支援システムの開発に従事し、基盤研究と基礎システム開発、一部の臨床レベルのシステム開発を達成した。従来型の形状モデルや機械学習の手法に限らず、ディープラーニング技術の応用による多大な成果を得ており、多くの論文や国内外での研究発表によりこれらの成果を広く公表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果により、「多元計算解剖学」プロジェクト研究において「機能画像」もより高度に含有することが可能になった。ディープラーニングを初めとする人工知能(AI)を多元計算解剖学に取り入れた機能診断支援システムの各種の開発技術は、今後の臨床システム開発において有益な成果となり、多くの疾患を救うことに寄与されるであろうと信ずる。

研究成果の概要(英文)：In the project study of "Multi-disciplinary Computational Anatomy", in this project group, research was mainly conducted on development of functional diagnosis support system for several "functional images". In particular, we have been engaged in the developments of diagnosis support system, 1) the function diagnosis support system in nuclear medicine images, 2) physical function in CT and ultrasound images (osteoarthritis / muscle), and have achieved the basic research, basic system development, and some clinical level system development. Not only conventional shape models and machine learning methods, we have obtained a great deal of results by the application of deep learning technology, and we widely published these results through many papers and research presentations at home and abroad.

研究分野：医用画像処理工学

キーワード：医用画像処理・解析 筋肉画像解析 医用画像診断支援 ALS 全身CT画像 多元計算解剖学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

本プロジェクトの先行プロジェクトである新学術研究「医用画像に基づく計算解剖学の創成と診断・治療支援の高度化」(平成21年度～平成25年度)では、正常成人の人体の臓器構造を統計的に記述した「計算解剖モデル」を構築することにより、高精度な医用画像理解を実現した。これは高精細な3次元情報であるX線CT画像データを大量に収集して数理統計解析することに基づいており、近年の医用イメージング技術の進歩と情報学の融合した成果であったと言える。このような画像情報を最大限に有効活用する方法論は、X線CT画像のみならず病理細胞の光学顕微鏡画像、術中内視鏡画像、各種機能画像、過去の検査画像など、臨床で利用される様々な画像に対しても十分適用可能であり、今後取り組むべき重要課題であった。

## 2. 研究の目的

本プロジェクトの「多元計算解剖学」研究では、従来の「計算解剖学」の対象画像を、(1)空間、(2)時間、(3)機能、(4)病理の4つの軸において多元化することを指向するものである。しかし、これらに対する個別モデルの構築に留まるのみではなく、究極的には、すべての多元情報を「多元計算解剖モデル」としてシームレスに融合させることにより、個別の画像理解に限らない人体の総合的な理解をもできるよう発展させていくことが期待できる。

本計画班では、(3)の機能軸上の「機能画像」を対象として研究を進めることにより、他の計画班・公募班とも連携を図りながら、多元計算解剖学プロジェクトの完成に向けた一翼を担うことを主な研究目的とした。具体的には、多元計算解剖学研究における「機能」情報の診断支援法の具現化を目指し、高次診断支援システムを完成させることを目標とした。

## 3. 研究の方法

上記の目的を遂行するために、

- ・要素研究1：核医学画像における機能診断支援システム
  - ・要素研究2：MR画像における形態・機能診断支援システム
  - ・要素研究3：CT及び超音波画像における身体機能(骨関節/筋肉)診断支援システム
- の3つの要素研究を当初の研究対象としたが、初期研究に基づく選択と集中の結果、最終的に要素研究1と2を主体的研究課題とした。これらに対して「基盤研究」、「基礎システム開発」、「臨床システム開発」の3つのフェーズで主に研究を遂行した。具体的な開発技術については、以下の研究成果欄に、個別の結果と合わせて簡単に説明する。詳細は、文献等を参照されたい。

## 4. 研究成果

### (1) 核医学画像における機能診断支援システム

#### 形態解析基礎研究とその応用

様々な医用画像から人体の解剖学的構造を認識して、臓器・組織別に診断に役に立つ情報を集約する必要がある。そこで、3次元医用画像における解剖構造の自動認識[論文、発表]、臓器領域の自動抽出[発表：ポスター賞受賞]、異種画像間の位置合わせ[発表、発表：学会賞(技術部門)受賞]、形状分析[論文：土井賞受賞]について、基礎技術の研究開発を進めた。特にDLによる手法を3D医用画像分析に導入して、より高精度で、高汎用性で、かつ高速な処理手順を効率的に開発する方法を実現した。

#### 全身FDG-PET, PET/CT

FDG-PET検査において、脳機能解析で利用される統計学的画像解析法を体幹部領域に導入し、FDG-PET画像のみによる臓器領域の認識[論文]の精度向上の目的で、DLを用いて臓器の領域分割を行った[論文]。ここでは、PET/CT装置で収集される低線量CT画像から臓器領域を抽出し、その領域に基づいて正常モデルを構築した(49症例の正常例使用)。構築した正常モデルと対象症例を画素ごとに比較して得られるZ-scoreの正常集積と異常集積の弁別能を、Receiver Operating Characteristic(以下ROC)解析で評価した[論文]。肝臓と肺における統計画像解析の弁別能は、ROC曲線下面積がそれぞれ0.781と0.970であった。従来のStandardized Uptake Value(SUV)のみによる弁別能に比べていずれも有意に高い値を示した。以上から、FDG-PET画像の統計画像解析法の有効性が示され、他の部位への拡張可能と考える。

#### 肺PET/CT

PET/CT画像から肺結節陰影を自動検出する手法として、従来型の画像処理技術[発表②: Best Paper Award 受賞]とDL法を組み合わせた方法を検討した。臨床データを用いて評価した結果、結節検出率が90%、偽陽性(過剰検出)が1症例あたり約5個と良好な性能が得られた[論文]。次に、PET/CT画像の結節パターンを画像解析して良悪性を鑑別する手法を検討した。病理診断により病名が確定した症例を対象に評価した結果、悪性病変の鑑別正解率94%、良性病変の鑑別正解率が72%と良好な鑑別性能が得られた[論文]。さらに、CT画像のみを用いて肺結節の良悪性を鑑別する手法についても検討し、敵対的生成ネットワーク(Generative Adversarial Network: GAN)を利用して臨床データを仮想的に生成して処理に利用した。その結果、鑑別性能が向上することが確認された[論文]。

#### 乳房PET

乳房専用PET画像と全身PET/CT画像を用いて乳腺腫瘍を自動検出する手法を開発した。検出率が76.5%、偽陽性数が1症例あたり約1.8個となり、全身PET/CT画像のみを利用する場合

に比べ約 30%良好な性能が得られた[論文 ]。

## (2) CT 画像あるいは超音波画像における身体機能診断支援システム

CT 画像における筋機能解析のための筋骨格認識

CT 画像を用いた筋骨格認識では、以下の 3 つの大課題に取り組んだ。

「筋モデリング」: 胸鎖乳突筋 棘上筋 脊柱起立筋の外形モデリングを実現した[図書 ]。胸鎖乳突筋では全身 CT 画像と体幹部 CT 画像の双方で相互に利用可能なモデルで、体幹部 CT 画像で作成した確率モデルを全身 CT 画像においても画像変形によりその領域を認識可能とした。棘上筋認識では、骨上の解剖学的名称レベルの骨特徴を精密認識することにより、機能上重要な棘上筋を従来の認識法と比較し高精度で認識可能とした。

「筋認識」: 脊柱起立筋の自動認識を行った。マルチソースの情報を使った Iterative Random Forest 法により、脊柱起立筋の 3 次元認識を行った[論文 , 発表 ]。ここでは、原画像と反復的にリファインされる脊柱起立筋の確率マップをマルチソースとして使用し、認識精度の向上と高速化を実現した。学習の過程では、3 つの分類器をトレーニングし、低解像度のデータで学習された分類器 1 と 2 と高解像度でトレーニングされた分類器 3 を併用することで、最終的な脊柱起立筋のセグメンテーション結果を得た。平均のダイス係数は  $93.0 \pm 2.1\%$  となり、非常に限られたデータながら、高い脊柱起立筋のセグメンテーション精度を得た。

「筋解析」: 全身 CT 画像からの四肢の骨格筋について自動解析手法を提案した。全身 CT 画像から、アクティブバルーンモデルにより、体腔をモデリングし、しきい値ベースにより得た全身骨格筋から表層部のみの筋を得る。次に、大局的な部位別に解析範囲対象を設定するため、全身を 22 の領域に区分化し、筋内脂肪領域の解析技術を提案した[発表 ]。また、この技術は、筋萎縮性側索硬化症とその他の萎縮性筋疾患を対象とした画像特徴による鑑別へチャレンジするものであり、DL (ResNet-50) を利用し、筋原性疾患と神経原性疾患間の自動的な画像分類の初期的な提案を行うことができた[発表 : Best Paper Award 受賞]。

超音波画像における下肢筋肉量計測

超音波画像のテクスチャ解析と画像特徴に基づいた筋肉定量評価ソフトウェアを開発し、筋力計による下肢筋力の測定結果と超音波画像解析結果との相関を確認した[論文 ]。

## (3) その他の応用領域

眼底画像を用いた緑内障の早期診断とバイオメトリック

緑内障の診断に重要な視神経乳頭の解析と、早期の所見である網膜神経線維層欠損 (NFLD) を自動検出する診断支援システムの開発を行った。乳頭解析では、輝度値プロファイルや動的輪郭モデルを用い、診断指標である陥凹乳頭比の定量解析を行った。また、DL 技術により、乳頭画像を直接緑内障と非緑内障グループに分類する手法の検討も行った。NFLD の検出では、血管モデルを用いて血管らしさの指標により、偽陽性候補を削減する方法の提案や[発表 : ポスター受賞], DL モデルを用いた NFLD 検出手法の提案も行った[発表 : ポスター受賞]。

眼底画像を用いたバイオメトリック法の開発では、網膜血管を自動的に検出し、血管情報をもとに Iterative Closest Point アルゴリズムを用いて過去画像と現在画像をマッチングさせる手法を提案した[発表 ]。本手法により 100%の精度を得ることに成功した。

乳房超音波画像とマンモグラフィ

3D 超音波検査における病変の自動検出や、マンモグラムと超音波検査の併用診断における「参照画像検索技術の開発」を行った。本研究では DL 技術を用いた病変の検出と偽陽性候補領域の削減法の検討を行い、大幅な削減に成功した[発表 ]。腫瘍の良悪性鑑別支援には、マンモグラムにおけるテクスチャ特徴量を用いた手法を発表した[論文 : 2016 年度 Esteemed paper に選出]。また、類似する参照画像検索技術では、多次元尺度構成法により構成した類似空間モデルを DL 技術により再現する手法を提案し[発表 ], GAN を利用した腫瘍モデルの生成技術の検討も行った[発表 ]。

歯科パノラマ X 線画像を用いた骨粗鬆症の早期発見と歯科的個人識別

正常モデルを用いて下顎皮質骨下縁の輪郭抽出を行い、モデルから計測位置を推定し、プロファイル解析により皮質骨の厚み計測を行った。計測位置周辺に関心領域を設定し、テクスチャ解析を用い骨粗鬆症リスクを推定する手法も提案した[論文 ]。また、歯科画像から個人識別に必要な歯科情報を自動的に収集するシステムの開発を行い、DL 技術を利用することにより、詳細な輪郭情報なしでも高い分類精度を得た[論文 : 2017 年度 Esteemed Paper に選出]。

その他

MR 画像に対する支援システム研究では、肝硬変解析システム[論文 , 論文 ], 脳ラクナ梗塞検出システム[論文 ], 子宮筋腫の 3D 画像解析による外科手術支援システム[論文 ], DCE-MR 画像の乳房腫瘍解析システムの開発[発表 ]を行い、また DL による細胞診画像の自動分類システムの開発[論文 , 発表 : Best Poster Award 受賞, 発表 ]なども行った。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 112 件)

N.Minoura, A.Teramoto, H.Fujita・他 4 名 7 番目: A complementary scheme for automated detection of high-uptake regions on dedicated breast PET and whole-body PET/CT,

Radiological Physics and Technology, published online: 25 May 2019, 12, in press, 2019. 査読有 . DOI:10.1007/s12194-019-00516-8

A.Teramoto, M.Tsujimoto, H.Fujita・他 5 名 8 番目: Automated classification of pulmonary nodules through a retrospective analysis of conventional CT and two-phase PET images in patients undergoing biopsy, *Asia Oceania Journal of Nuclear Medicine and Biology*, 7 (1), 29-37, 2019). 査読有 . DOI:10.22038/AOJNMB.2018.12014

Y.Onishi, A.Teramoto, H.Fujita・他 4 名 7 番目: Automated pulmonary nodule classification in computed tomography images using a deep convolutional neural network trained by generative adversarial networks, *BioMed Research International*, 2019, Article ID 6051939, 9 pages, 2019. 査読有 . DOI:10.1155/2019/6051939

N.Kamiya, J.Li, H.Fujita・他 3 名 4 番目: Fully automatic segmentation of paraspinal muscles from 3D torso CT images via multi-scale iterative random forest classifications, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 13 (11), 1697-1706, 2018. 査読有 . DOI:10.1007/s11548-018-1852-1

X.Zhang, X.Zhou, H.Fujita・他 1 名 4 番目: Non-invasive assessment of hepatic fibrosis by elastic measurement of liver using magnetic resonance tagging images, *Applied Sciences*, 8 (3), 437, 2018. 査読有 . DOI:10.3390/app8030437

T.Watanabe, D.Fukuoka, H.Fujita・他 7 名 8 番目: Quantitative sonographic assessment of the quadriceps femoris muscle in healthy Japanese adults, *Journal of Ultrasound in Medicine*, 36 (7), 1383-1395, 2017. 査読有 . DOI:10.7863/ultra.16.07054

X.Zhou, H.Hara, H.Fujita・他 2 名 5 番目: Deep learning of the sectional appearances of 3D CT images for anatomical structure segmentation based on an FCN voting method, *Medical Physics*, 44 (10), 5221-5233, 2017. 査読有 . DOI:10.1002/mp.12480

A.Teramoto, T.Tsukamoto, H.Fujita・他 1 名 4 番目: Automated classification of lung cancer types from cytological images using deep convolutional neural networks, *BioMed Research International*, vol.2017, Article ID 4067832, 6 pages, 2017. 査読有 . DOI:10.1155/2017/4067832

K.Takeda, T.Hara, H.Fujita・他 6 名 9 番目: Normal model construction for statistical image analysis of torso FDG-PET images based on anatomical standardization by CT images from FDG-PET/CT devices, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 12 (5), 777-787, 2017. 査読有 . DOI:10.1007/s11548-017-1526-4

Y.Miki, C.Muramatsu, H.Fujita・他 4 名 7 番目: Classification of teeth in cone-beam CT using deep convolutional neural network, *Computers in Biology and Medicine*, 80, 24-29, 2017. 査読有 . DOI:10.1016/j.combiomed.2016.11.003 [2017 Esteemed Paper に選出]

C.Muramatsu, T.Hara, H.Fujita・他 4 名 7 番目: Quantitative assessment of mandibular cortical erosion on dental panoramic radiographs for screening osteoporosis. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 11, 2021-2031, 2016. 査読有 . DOI:10.1007/s11548-016-1438-8

A.Teramoto, H.Fujita, T.Tamaki・他 1 名 2 番目: Automated detection of pulmonary nodules in PET/CT images: Ensemble false-positive reduction using a convolutional neural network technique, *Medical Physics*, 43 (6), 2821-2827, 2016. 査読有 . DOI:10.1118/1.4948498

C.Muramatsu, T.Hara, H.Fujita・他 1 名 4 番目: Breast mass classification on mammograms using radial local ternary patterns. *Computers in Biology and Medicine*, 72, 43-53, (2016). 査読有 . DOI:10.1016/j.combiomed.2016.03.007 [2016 Esteemed Paper に選出]

X.Zhang, X.Gao, H.Fujita・他 5 名 8 番目: Effective staging of fibrosis by the selected texture features of liver: Which one is better, CT or MR imaging?, *Journal of Computerized Medical Imaging and Graphics*, 46, 227-236, 2015. 査読有 . DOI:10.1016/j.compmedimag.2015.09.003

S. A. Z. B. S.Aluwee, X.Zhou, H.Fujita・他 7 名 5 番目: Magnetic resonance imaging of uterine fibroids: A preliminary investigation into the usefulness of 3D-rendered images for surgical planning, *SpringerPlus*, 4, 384 (8 pages), 2015 . 査読有 . DOI:10.1186/s40064-015-1170-9

T.Hara, X.Zhou, H.Fujita・他 3 名 6 番目: Quantitative analysis of torso FDG-PET scans by using anatomical standardization of normal cases from thorough physical examinations, *PLOS ONE*, 10 (5), e0125713, 2015 . 査読有 . DOI:10.1371/journal.pone.0125713

Y.Uchiyama, T.Hara, H.Fujita・他 3 名 6 番目: Eigenspace template matching for detection of lacunar infarcts on MR images, *Journal of Digital Imaging*, 28 (1), 116-122, 2015 . 査読有 . DOI:10.1007/s10278-014-9711-2

X.Zhou, T.Hara, H.Fujita・他 6 名 6 番目: Development and evaluation of statistical shape modeling for principal inner organs on torso CT images, *Radiological Physics*

and Technology, 7 (2), 277-283, 2014. 査読有 . DOI:10.1007/s12194-014-0261-6 [土井賞受賞]

[学会発表](計 342 件)

X.Zhou, T.Hara, H.Fujita・他 5 名 8 番目: Automatic anatomy partitioning of the torso region on CT images by using a deep convolutional network with majority voting, SPIE Medical Imaging 2019, San Diego, USA, Feb.17-21, 2019.

H.Yu, X.Zhou, H.Fujita・他 4 名 7 番目: Learning 3D non-rigid deformation based on an unsupervised deep learning for PET/CT image registration, SPIE Medical Imaging 2019, San Diego, USA, Feb.17-21, 2019.

N.Kamiya, X.Zhou, H.Fujita・他 7 名 11 番目: Initial study on the classification of amyotrophic diseases using texture analysis and deep learning in whole-body CT images, Joint IWAIT&IFMIA, Singapore, Jan.6-9, 2019. [IFMIA2019 Best Paper Award 受賞]

C.Muramatsu, T.Morita, H.Fujita・他 1 名 4 番目: Improving computer aided classification of breast lesions on mammograms using simulated masses by generative adversarial networks. RSNA2018, Chicago, USA, Nov.25-30, 2018.

H.Fujita: Current status and future of computer-aided diagnosis (CAD) in clinical imaging in the new era of artificial intelligence (AI), Keynote Speaker, 3rd International Conference on Biomedical Signal and Image Processing, Seoul, Korea, August 22-24, 2018.

C.Muramatsu, S.Higuchi, H.Fujita・他 3 名 6 番目: Retrieval of reference images of breast masses on mammograms by similarity space modeling. The 14th International Workshop on Breast Imaging, Atlanta, USA, July 8-11, 2018.

G.Zheng, N.Kamiya, H.Fujita・他 3 名 5 番目: Fully automatic segmentation of paraspinal muscles from 3D torso CT images via multi-scale iterative random forest classifications, CARS 2018, Berlin, Germany, June 20-23, 2018.

藤田広志: 第 3 次 AI ブーム時代におけるコンピュータ支援診断/検出(CAD)の現状と将来, 特別講演, 第 72 回 NPO 法人日本口腔科学会学術集会, ウィンク愛知, 2018 年 5 月 12 日.

A.Teramoto, A.Yamada, H.Fujita・他 5 名 8 番目: Automated classification and segmentation of malignant pulmonary cells in the cytological image, 4th Digital Pathology Congress: Asia Pacific, Tokyo, May 9-10, 2018.

X.Zhou, T.Hara, H.Fujita・他 5 名 8 番目: Performance evaluation of 2D and 3D deep learning approaches for automatic segmentation of multiple organs on CT images, SPIE Medical Imaging 2018, Feb 11-16, 2018. [Honorable Mention Poster Award 受賞]

藤田広志: 放射線診療における Artificial Intelligence (AI) の潮流 ~ 基礎から最前線, 近未来まで ~ , 特別講演, 日本放射線技術学会第 45 回秋季学術大会, 広島, 2017 年 10 月 19-21 日.

H.Fujita: State-of-the-art of computer-aided medical image diagnosis, Keynote Speaker, 2017 2nd International Conference on Biomedical Signal and Image Processing (ICBIP 2017), Kitakyushu, Aug.23-25, 2017.

Y.Hatanaka, M.Tajima, H.Fujita・他 5 名 8 番目: Retinal biometrics based on iterative closest point algorithm, IEEE EMBC'17, Jeju, Korea, July 11-15, 2017.

R.Watanabe, C.Muramatsu, H.Fujita・他 4 名 7 番目: Automated detection of nerve fiber layer defects on retinal fundus images using fully convolutional network for early diagnosis of glaucoma. SPIE Medical Imaging 2017, Florida, USA, Feb.11-16, 2017. [Honorable Mention Poster Award 受賞]

Y.Hiramatsu, C.Muramatsu, H.Fujita・他 2 名 5 番目: Automated detection of masses on whole breast volume ultrasound scanner: False positive reduction using deep convolutional neural network. SPIE Medical Imaging 2017, Florida, USA, Feb.11-16.

A.Teramoto, T.Tsukamoto, H.Fujita・他 2 名 5 番目: A preliminary study on the automated classification of lung cancers in microscopic images using deep convolutional neural networks, International Forum on Medical Imaging in Asia 2017, Okinawa, Jan.19-20, 2017. [Best Poster Award 受賞]

A.Teramoto, S.Miyajo, H.Fujita・他 3 名 3 番目: Automated analysis of breast tumour in the breast DCE-MR images using level set method and selective enhancement of invasive regions, 13th International Workshop on Breast Imaging (IWDM 2016), Malmö, Sweden, June 19-22, 2016.

H.Fujita, N.Kamiya, X.Zhou・他 9 名 1 番目: Function integrated diagnostic assistance based on multidisciplinary computational anatomy: Automated analysis of intramuscular fat tissue, CARS2016, Heidelberg, Germany, June 21-25, 2016.

小保田智彦, 原 武史, 藤田広志・他 6 名 9 番目: 胸部 X 線画像との融合画像を用いた MIBG: 心筋シンチグラムにおける心臓縦隔比の半自動測定システムの開発, 第 26 回日本心臓核医学会総会・学術大会, アスト津, 2016 年 7 月 16 日. [学会賞(技術部門)受賞]

C.Muramatsu, K.Ishida, H.Fujita・他3名6番目: Automated detection of retinal nerve fiber layer defects on fundus images: False positive reduction based on vessel likelihood, SPIE Medical Imaging 2016, San Diego, USA, Feb.27-March 3, 2016. [Honorable Mention Poster Award 受賞]

- ②1 A.Teramoto, H.Fujita, K.Takahashi・他4名2番目: Automated detection of lung tumors in PET/CT images: Improved detection using active contour filter, International Forum on Medical Imaging in Asia, Okinawa, Jan.13, 2015. [Best Paper Award 受賞]

〔図書〕(計10件)

H.Fujita, T.Hara, C.Muramatsu, N.Kamiya, et al.: Chapter 4: Applied technologies and systems, in Computational Anatomy Based on Whole Body Imaging-Basic Principles of Computer-Assisted Diagnosis and Therapy, Eds. H.Kobatake and Y.Masutani, 165-171, 195-209, 224-228, 287-288, Springer, Japan, 2017. DOI 10.1007/978-4-431-55976-4 ISBN 978-4-431-55974-0 354

藤田広志, 原 武史, 周 向荣(分担執筆): 多元計算解剖学の基礎と臨床への応用, 編集 橋爪 誠, 分担執筆 (p.76-p.81), 誠文堂新光社, 東京, (2018).

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: 被ばく線量計測方法および被ばく線量計測装置

発明者: 原 武史, 周 向荣, 藤田廣志, 武田賢志郎, 松迫正樹, 野崎太希, 片淵哲朗, 木戸章夫, 本野恵司

権利者: 岐阜大学, 株式会社 CMI

番号: 特開 2016-143166

出願年: 2016年

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

・岐阜大学藤田研究室 <http://www.fjt.info.gifu-u.ac.jp/>

・多元計算解剖学 [http://wiki.tagen-compana.org/mediawiki/index.php/Main\\_Page](http://wiki.tagen-compana.org/mediawiki/index.php/Main_Page)

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 原 武史

ローマ字氏名: (HARA, Takeshi)

所属研究機関名: 岐阜大学

部局名: 工学部

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 10283285

研究分担者氏名: 周 向荣

ローマ字氏名: (ZHOU, Xiangrong)

所属研究機関名: 岐阜大学

部局名: 工学部

職名: 助教

研究者番号(8桁): 00359738

### (2) 研究協力者(連携研究者)

研究協力者氏名: 東 華岳, 内山 良一, 片淵 哲朗, 神谷 直希, 寺本 篤司, 畑中 裕司, 福岡 大輔, 松尾 政之, 松原 友子, 宮地 利明, 村松 千左子

ローマ字氏名: (AZUMA, Kagaku), (UCHIYAMA, Yoshikazu), (KATAFUCHI, Tetsuro), (KAMIYA, Naoki), (TERAMOTO, Atsushi), (HATANAKA, Yuji), (FUKUOKA, Daisuke), (MATSUO, Masayuki), (MATSUBARA, Tomoko), (MIYATI, Toshiaki), (MURAMATSU, Chisako)

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、研究者個人に帰属されます。