

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K08201

研究課題名（和文）元素推定と機能推定に基づく医用画像の正規化に関する研究

研究課題名（英文）Material estimation and functional estimation with medical image normalization

研究代表者

芳賀 昭弘（HAGA, Akihiro）

徳島大学・大学院医歯薬学研究部（医学域）・教授

研究者番号：30448021

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：腫瘍悪性度の分類や予後予測に対し、医用画像解析が遺伝子情報解析に匹敵する可能性が指摘され、レディオミクスと呼ばれる新たな研究分野が形成されつつある。一方、その予測精度を高めるために必要となる高品質で大規模な医用画像データベースの作成において、装置間の機器的な相違や撮影条件の相違が大きな障壁となる。本研究では、この問題の根本的な克服に向け、臨床で撮影される医用画像の多様性を利用して単一の医用画像撮影プロトコルでは実現できない階層の情報抽出に基づいた正規化法を研究した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、様々なCT画像を仮想的に生成し、それを学習データとして人体密度、実効原子番号、及び人体の主要6元素（水素、炭素、窒素、酸素、りん、カルシウム）の密度分布を高い精度で推定できる手法を実現することができた。また、本研究期間内においてMRI画像、PET画像、超音波画像などの様々な医用画像に対して病気分類等を実現するモデルを実現することができた。この研究成果は、放射線治療・放射線診断をはじめとする分野において高精度な医療を提供することにつながり、今後の社会応用への期待が高まる結果を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：It has been pointed out that medical imaging has a potential to predict staging a tumor and patient prognosis, which is comparable with the genomics; It is called radiomics. To improve the prediction accuracy of radiomics, the standardization of medical images is important. In the creation of the database, however, the difference of machine device as well as the imaging protocol makes it difficult. This study developed the novel standardization of medical imaging based on the modeling of human phantom, and showed the application of various imaging technologies.

研究分野：医学物理学

キーワード：CT画像 エネルギースペクトル 元素推定 超音波画像 MRI画像 PET画像 機械学習 人工知能

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

医療において、画像（医用画像）の役割は益々重要となっている。これまで医用画像の利用は主に病気の診断を目的としてきたが、近年では治療への応用も盛んである。CT・MRI・PET・超音波画像支援による手術のナビゲーションシステム、放射線がん治療の患者セットアップにおける画像誘導システムなどはその代表例であり、治療の精度を担保するために画像情報は今や不可欠と言って過言ではない。こうして膨大な医用画像が日常的に取得されるようになった一方で、臨床で利用する情報は極めて限られていた。医用画像にはその目的以上の価値（情報）が内包されており、それは2012年のLambinらによる論文で示唆された[European Journal of Cancer 48, 441, 2012]。200以上の網羅的な医用画像特徴量による予後や病理分類に関する研究は、レディオミクスと名付けられ、2015年にがん治療における病理・組織診断や予後との相関が遺伝子解析に匹敵するレベルにあることが明らかにされたことで[Nature communications, 5:4006, 2015]、それを契機に医用画像情報の定量に基づく診断・治療の可能性を追求する研究が爆発的な勢いで発展した。

レディオミクス研究の隆盛の一方、この研究の根本課題として指摘され得るのが医用画像の間のばらつきである。医用画像にはCT・MRI・PET・超音波といった異なる機器モダリティの“ばらつき”だけでなく、同じモダリティだとしても装置固有の“ばらつき”、撮影条件の相違による“ばらつき”が包含されている。このばらつきは、データの収集過程において物理的条件が全てわかっている状況では、画像を正規化することによって取り除くことができるはずである。しかしながら、これまでのレディオミクスのような画像特徴量を使った研究では、単一の撮影プロトコルを利用することやプロトコル毎の特徴量空間で正規化を行うといった単純なアプローチのみしか検討されてこなかった。このようなアプローチでは貴重なデータを制限することもしくはばらつきを少なからず許容することにつながるため、上記課題に対する根本的な解決とはならない。

2. 研究の目的

そこで、本研究の目的は、医用画像の正規化を実現し、その影響を放射線治療で重要となる指標やレディオミクス特徴量などにより評価することである。同じ被写体であっても、装置の種類、撮影条件などによって画像の信号値は変化する。しかし、これは医用画像の信号値を普遍的な物理量に変換できていないことに原因がある。そこで本研究では、主に次の2つの正規化方法を新たに提案・開発する；

- ・密度分布推定・実効原子番号分布推定・元素分布推定に基づくCT画像の正規化
- ・機器モダリティの相互補完による医用画像の正規化

前者では、人体を構成する元素分布の事前情報とX線の投影データから、人体の密度分布・実効原子番号分布・元素分布を再構成する方法を研究・開発する。これらの分布は、CT画像の信号値（CT値）などとは異なり撮影条件等で変わるものではない物理量であり、人体を構成する各種分布を再構成することによって装置機種等に依存しないCT画像を得ることができる。後者では、CT画像に加えMRI画像・PET画像・超音波画像の情報を利用し、生体機能に対する画像信号値の正規化に挑戦する。

これまでの医用画像の定量化のアプローチでは、撮影機種や撮影プロトコルを統一化するという考え方が主流である。しかし、臨床で現れる様々なバリエーションは、そうした統一化を困難にする。本研究では、臨床上生じる医用画像撮影条件の多様性を逆手に取り、複数の画像情報を相補的に利用することに着眼する（図1）。得られた多面的な情報から生体モデルを生成することでその射影であるCT画像やMRI画像が正規化することが究極的な課題であり、本研究はその課題解決の一翼を担うものである。

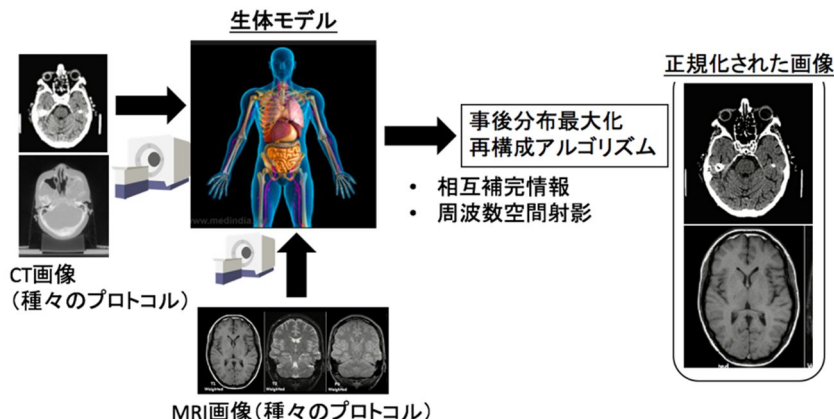


図1. 本研究の着目点；従来までは、撮影モダリティやプロトコルに応じた生体の“個別表現”を医療に利用してきたが、本研究では多様な医用画像から、生体モデルを生成し、再度画像を再構成する。

3. 研究の方法

(1) CT 画像を用いた密度分布推定とその精度検証

臨床において CT 画像から物理密度へ変換する一般的な方法は、人体の主要組織の元素構成と密度を模擬した各ロッドを備えたキャリブレーション用ファントムを CT 撮影し、各ロッドの物理密度と CT 画像から読み取れる CT 値のデータから CT-密度変換曲線を予め用意する方法である。このようにファントムで予め作成した CT-密度変換曲線を実際の患者人体の CT 画像に適用し、CT 値を密度画像に変換することが可能となる。この方法により人体の密度分布を得ることができるが、キャリブレーション用ファントムの各ロッドが実際の人体組織とは異なった元素組成を持っているため、CT-密度変換曲線による変換には系統的誤差が常に乗ってしまう恐れがある。本研究では、CT 画像の正規化の 1 つであるキャリブレーション用ファントムを用いた CT-密度変換による密度分布推定の精度検証を、実際の CT 装置をコンピュータ上で模擬することで行った。キャリブレーション用数値ファントムにより作成したデュアルエネルギー CT (DECT) およびシングルエネルギー CT (SECT) における CT-密度変換曲線の精度を、ICRP110 成人男女人体ファントム (ICRP110 ファントム) を用いて検証した。

(2) CT 画像を用いた実効原子番号分布推定とその精度検証

上記の密度分布では、密度情報によって CT 画像が正規化されるが、この密度はキャリブレーションによって水換算の密度となるため、“密度が異なる水物質”として解釈されるため人体を構成する物質の種類による弁別は不可能である。そのため、次の段階として密度と共に実効原子番号の情報を取得する方法を検討し、その推定精度の検証を実施した。CT 画像は ICRP110 ファントムに対しコンピュータ上で再現された CT 装置によって仮想撮影され、デュアルエネルギー CT (DECT) を用いて密度と実効原子番号を同時に再構成した。また、再構成された密度と実効原子番号から得られる陽子線阻止能比の精度を検証した。

(3) CT 画像を用いた元素分布推定手法の開発と精度検証

(1) 及び (2) の研究を踏まえ、人体の元素密度分布の推定を行った。ICRP110 ファントムのサイズや元素密度構成を統計的にバラつかせ、そのファントム群に対する CT 画像を仮想的な CT 装置によって多数生成し、CT 画像を入力、対応する元素分布を出力とするニューラルネットワークを学習させることで任意の CT 画像に対する未知の元素分布を推定する方法を開発した。入力には SECT と DECT のほか、4 つのエネルギーに対する CT 画像を入力としてクアッドエネルギー CT (QECT) に対する評価も行った。

(4) 各種機器モダリティを用いたレディオミックスの基礎検討

上記に示した CT 画像を用いた正規化の手法の開発と並行し、モダリティ変換による正規化について検討するとともに、MRI 画像、PET 画像、超音波画像に対するレディオミックス研究を実施し、臨床指標に対する医用画像を用いたレディオミックス特徴量の役割を評価した。モダリティ変換については診断 CT とコーンビーム CT (CBCT) もしくはメガボルト CT (MVCT) の組み合わせについて検討した。レディオミックスについては、(a) MRI 画像を用いた脳腫瘍や子宮頸がんのステージング・領域抽出、(b) PET 画像を用いた口腔がんのリンパ節転移、(c) 超音波画像を用いた心疾患や遺伝子情報の予測モデル、を実施し、各種医用画像による臨床指標の推定精度を求め、画像正規化の実現に向けた基礎を確立した。

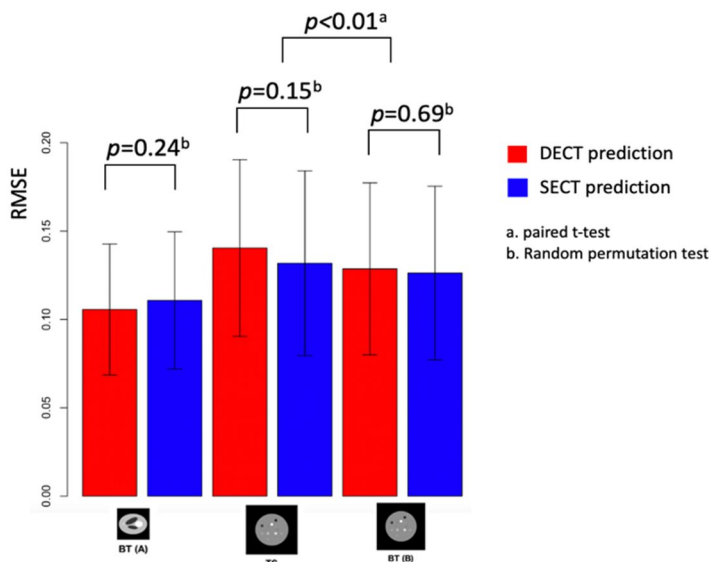


図 2: 各種キャリブレーションファントムを用いた場合の CT-密度変換曲線に対する Root mean squared error (RMSE) 4 つの single-energy CT 及びその組み合わせによる 6 つの dual energy CT が検討された。

4. 研究成果

(1) CT 画像を用いた密度分布推定とその精度検証

DECT 及び SECT の密度推定に対する誤差 (Relative mean squared error: RMES) を図 2 に示す。得られた RMSE 値に対して種々のキャリブレーション用ファントムを使用しても DECT と SECT に差は生じなかった (Random Permutation 検定による p 値: 0.24 ± 0.02 (BT(A)), 0.15 ± 0.02 (TS), 0.68 ± 0.02 (BT(B))。形状が同じであるが各ロッドに組織置換ロッドを用いるか人体組成を用いるかが異なるキャリブレーション・ファントム間 (BT(A)と BT(B)) では、差が生じた (対応ありの t -検定の p 値 < 0.01)。ただし、その差は非常に小さい。この研究で示した ICRP110 に基づく人体ファントムによる検証結果は、これまで使われている CT-密度変換による密度推定法が Gammex phantom のような人体組織にかなり近いロッド構成を持っているれば実際の人体において高い精度であることを初めて示し論文として公表した。

(2) CT 画像を用いた実効原子番号分布推定とその精度検証

(1)の密度分布に加え実効原子番号分布推定を組み合わせ推定した SPR の結果が図 3 に示されている。ここで、ICRP110 人体ファントムに対して SPR を求めた値と真値との間の相対 RMSE (RRMSE) が示されており、80kV、120kV および 6MV の 3 つのエネルギースペクトルから 2 つを選択して DECT を構成した。この図にはサイノグラムに雑音ノイズを付加した時の結果もまた比較のために示されている。これを見るとエネルギーギャップが大きい DECT (120kV-6MV) がノイズの影響に強いことがわかる。実際、CT 値の推定に含まれる誤差が大きくなるにつれて SPR の推定誤差が大きくなるが、その大きさは 120kV-6MV よりも 80kV-120kV の DECT の方が大きくなった。DECT を用いた SPR 推定を行う場合、DECT で使われるエネルギーギャップを大きくすることにより頑健で精度が高い SPR を得ることが示された。本研究の結果もまた論文として公表している。

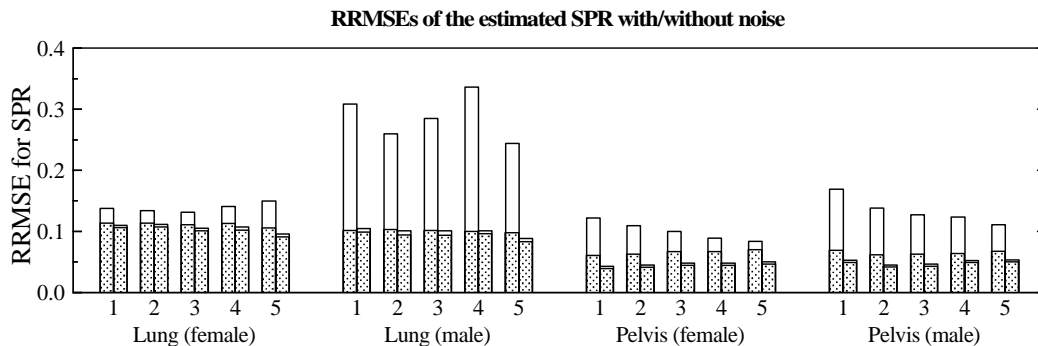


図 3: RRMSEs of the estimated SPR for lung and pelvis images of ICRP110 human phantoms; the numbers indicate the CT slices. The dark and light gray bars indicate the predictions of the 80kV – 120kV and 120kV – 6MV DECTs, respectively. The dotted bars

(3) CT 画像を用いた元素分布推定手法の開発と精度検証

(1)及び(2)で示した手法をさらに発展させ、CT 画像を入力として人体主要 6 構成元素の元素密度分布を推定するモデルを開発した。ICRP110 人体ファントムを標準人体とし、サイズや元素割合にガウス分布に基づくばらつきを持たせ、大量のデータを作成して仮想 CT 装置によって様々なエネルギースペクトルを仮定することで学習データを作成し、深層学習モデルによって元素密度分布を推定した。その結果単一のエネルギーによる CT 画像でも(2)で行ったデュアルエネルギーCT の応用に比べて高い精度で元素密度が推定できることを示した。この成果は現在学術誌に投稿中である。

(4) 各種機器モダリティを用いたレディオミクススの基礎検討

図 4 には MRI 画像 (拡散強調) を用いた子宮頸がんの自動輪郭抽出の結果を示す。ここでは学習に使う MRI 画像の信号値の平均と標準偏差から z 値に変換する正規化を実施することで比較的精度が高く自動輪郭抽出が実現されることを示した。表 1 には PET 装置の入れ替え前後に撮影された患者に対する、PET 画像から抽出されるレディオミクス特徴量の相関を検討した結果を示した。装置入れ替えの前後でレディオミクス特徴量の多くに差が生じたことが示されており、PET 画像に対する装置間の正規化の重要性が示されている。図 5 には超音波画像の撮影断面に対する深層学習モデルの入力画像の変更による精度の推移を検討した結果が示されている。この図においても、超音波画像を用いた自動診断に向けて画像の正規化の重要性が暗示されている。これらの各種機器モダリティの正規化は予測精度の向上に重要であることが示されてお

り、今後のさらなる研究の発展が期待される成果を納めた。これらの結果も多くの学術論文として公表されているとともに解説等でも紹介を行なっている。

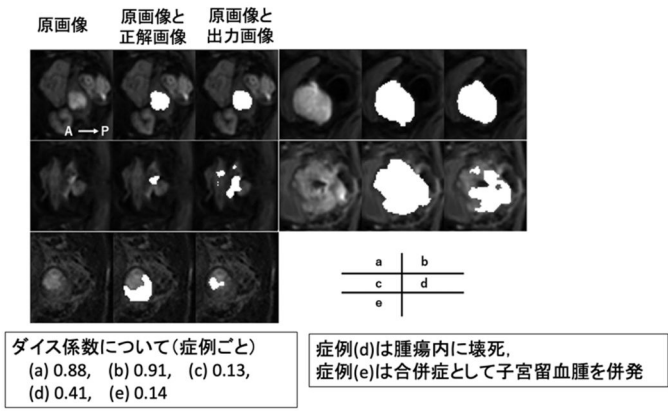


図4：深層学習を用いて拡散強調画像から抽出された子宮頸がんの自動輪郭抽出結果。

PET装置新旧の影響

	有意差なし	有意差あり
2mm	25/56	31/56
3mm	32/60	28/60

→ PETの新旧の情報は特徴量に影響する

表1：PET装置の入れ替え前後に撮影された患者に対するレディオミクス特徴量の定量解析結果。画像の離散化2mm及び3mmの結果を示す。PET装置入れ替えによって頭頸部がん転移症例に関して選択されたレディオミクス特徴量が有意に差が生じる。

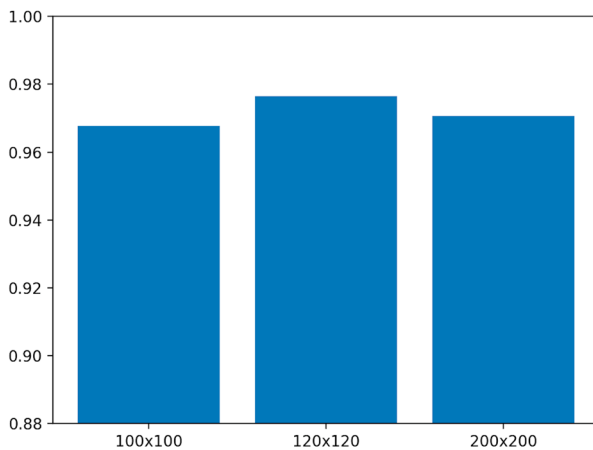


図5：入力画像サイズ120×120, 120×120, 200×200に対する超音波画像の撮影断面の識別精度の変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Ozaki Sho, Akihiro Haga, Chao Edward, Maurer Calvin, Nawa Kanabu, Ohta Takeshi, Nakamoto Takahiro, Nozawa Yuki, Magome Taiki, Nakano Masahiro and Nakagawa Keiichi	4. 巻 67
2. 論文標題 Fast Statistical Iterative Reconstruction for Mega-voltage Computed Tomography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Medical Investigation	6. 最初と最後の頁 30-39
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2152/jmi.67.30	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 芳賀 昭弘, 楠瀬 賢也	4. 巻 38
2. 論文標題 エコーレディオミクス:超音波画像を用いた心エコー解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Imaging Technology	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11409/mit.38.21	査読の有無 無
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 Kenya Kusunose, Akihiro Haga, Natsumi Yamaguchi, Takashi Abe, Daiju Fukuda, Hirotsugu Yamada, Masafumi Harada and Masataka Sata	4. 巻 33
2. 論文標題 Deep Learning for Assessment of Left Ventricular Ejection Fraction from Echocardiographic Images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Society of Echocardiography	6. 最初と最後の頁 632-635
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.echo.2020.01.009	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 Kenya Kusunose, Akihiro Haga, Mizuki Inoue, Daiju Fukuda, Hirotsugu Yamada and Masataka Sata	4. 巻 10
2. 論文標題 Clinically Feasible and Accurate View Classification of Echocardiographic Images Using Deep Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomolecules	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） 10.3390/biom10050665	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 Toshikazu Imae, Akihiro Haga, Yuichi Watanabe, Shigeharu Takenaka, Takashi Shiraki, Kanabu Nawa, Mami Ogita, Wataru Takahashi, Hideomi Yamashita, Keiichi Nakagawa and Osamu Abe	4. 巻 13
2. 論文標題 Retrospective dose reconstruction of prostate stereotactic body radiotherapy using conebeam CT and a log file during VMAT delivery with flatteningfilterfree mode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 238-248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12194-020-00574-3	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 Kotoku Jun'ichi, Oyama Asuka, Kitazumi Kanako, Toki Hiroshi, Akihiro Haga, Yamamoto Ryohei, Shinzawa Maki, Yamakawa Miyae, Fukui Sakiko, Yamamoto Keiichi and Moriyama Toshiki	4. 巻 15
2. 論文標題 Causal relations of health indices inferred statistically using the DirectLiNGAM algorithm from big data of Osaka prefecture health checkups	5. 発行年 2020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.0243229	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 Kenya Kusunose, Takashi Abe, Akihiro Haga, Daiju Fukuda, Hirotsugu Yamada, Masafumi Harada and Masataka Sata	4. 巻 100
2. 論文標題 A Deep Learning Approach for Assessment of Regional Wall Motion Abnormality From Echocardiographic Images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JACC. Cardiovascular Imaging	6. 最初と最後の頁 374-381
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kusunose Kenya, Haga Akihiro, Abe Takashi, Sata Masataka	4. 巻 83
2. 論文標題 Utilization of Artificial Intelligence in Echocardiography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Circulation Journal	6. 最初と最後の頁 1623 ~ 1629
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1253/circj.CJ-19-0420	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 Nakamoto Takahiro, Takahashi Wataru, Haga Akihiro, Takahashi Satoshi, Kiryu Shigeru, Nawa Kanabu, Ohta Takeshi, Ozaki Sho, Nozawa Yuki, Tanaka Shota, Mukasa Akitake, Nakagawa Keiichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Prediction of malignant glioma grades using contrast-enhanced T1-weighted and T2-weighted magnetic resonance images based on a radiomic analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19411-19423
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-55922-0	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 Mizutani Takuya, Magome Taiki, Igaki Hiroshi, Akihiro Haga, Nawa Kanabu, Sekiya Noriyasu and Nakagawa Keiichi	4. 巻 60
2. 論文標題 Optimization of treatment strategy by using a machine learning model to predict survival time of patients with malignant glioma after radiotherapy,	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 818-824
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Wataru, Nawa Kanabu, Haga Akihiro, Yamashita Hideomi, Imae Toshikazu, Ogita Mami, Okuma Kae, Abe Osamu, Nakagawa Keiichi	4. 巻 20
2. 論文標題 Acceptable fetal dose using flattening filter-free volumetric arc therapy (FFF VMAT) in postoperative chemoradiotherapy of tongue cancer during pregnancy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Clinical and Translational Radiation Oncology	6. 最初と最後の頁 9~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ctro.2019.10.002	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 Ryosuke Takenaka, Akihiro Haga, Kanabu Nawa, Yamashita Hideomi and Keiichi Nakagawa	4. 巻 12
2. 論文標題 Improvement of the robustness to set up error by a virtual bolus in total scalp irradiation with Helical TomoTherapy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 433-437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12194-019-00539-1	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 Takahashi Satoshi, Takahashi Wataru, Tanaka Shota, Haga Akihiro, Nakamoto Takahiro, Suzuki Yuichi, Hana Taijun, Mukasa Akitake, Takayanagi Shunsaku, Kitagawa Yosuke, Nejo Takahide, Nomura Masashi, Nakagawa Keiichi and Saito Nobuhito	4. 巻 105
2. 論文標題 Radionics Analysis for Glioma Malignancy Evaluation Using Diffusion Kurtosis and Tensor Imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Oncology*Biolog*Physics	6. 最初と最後の頁 784-791
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 芳賀昭弘	4. 巻 75
2. 論文標題 物理学と機械学習,そして医療	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 四国医学雑誌	6. 最初と最後の頁 155-164
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計25件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Shimomura Taisei and Akihiro Haga
2. 発表標題 Cone-beam CT image reconstruction with spherical harmonics
3. 学会等名 2020 JOINT AAPM COMP meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hasegawa Yu, Akihiro Haga, Sakata Dousatsu, Yuki Kanazawa, Masahide Tominaga, Motoharu Sasaki, Imae T. and Nakagawa Keiichi
2. 発表標題 Estimation of X-ray energy spectrum for CT scanner from percentage depth dose measurement
3. 学会等名 2020 JOINT AAPM COMP meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横田 健斗, 芳賀 昭弘
2. 発表標題 深層学習による電子相関を含む多電子原子系の波動関数の再現
3. 学会等名 日本物理学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芳賀昭弘
2. 発表標題 高精度放射線治療におけるAI/レディオミクス:画像の標準化とレディオミクス
3. 学会等名 第33回高精度放射線外部照射部会学術大会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下村 泰生, 芳賀 昭弘
2. 発表標題 ルジャンドル関数による人体表現
3. 学会等名 第33回高精度放射線外部照射部会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芳賀昭弘
2. 発表標題 CT画像の標準化におけるマルチエネルギーCTの可能性
3. 学会等名 第119回日本医学物理学会学術大会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shimomura Taisei and Akihiro Haga
2. 発表標題 Cone-beam CT image reconstruction with spherical harmonics
3. 学会等名 第119回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷川 侑, 芳賀 昭弘, 坂田 洞察, 金澤 裕樹, 富永 正英, 佐々木 幹治, 今江 禄一, 中川 恵一
2. 発表標題 Estimation of X-ray energy spectrum for CT scanner from percentage depth dose measurement
3. 学会等名 第119回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Kinjo, Yuki Kanazawa, Masafumi Harada, Yo Taniguchi, Yuki Matsumoto, Takashi Abe, Hiroaki Hayashi, Masaharu Ono, Yoshitaka Bito and Akihiro Haga
2. 発表標題 Spatially smoothing processing of quantitative values in voxel-based morphometry (VBM) analysis
3. 学会等名 第76回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takahiro Nakamoto, Wataru Takahashi, Akihiro Haga, Satoshi Takahashi, Shigeru Kiryu, Kanabu Nawa, Takeshi Ohta, Sho Ozaki, Yuki Nozawa, Shota Tanaka, Akitake Mukasa and Keiichi Nakagawa
2. 発表標題 Radiomic-based prediction of malignant glioma grades using preoperative contrast-enhanced T1-weighted and T2-weighted magnetic resonance images
3. 学会等名 第119回日本医学物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 楠瀬 賢也, 芳賀 昭弘, 門田 宗之, 石井 亜由美, 伊勢 孝之, 八木 秀介, 山田 博胤, 佐田 政隆
2. 発表標題 エコーへのAI応用について
3. 学会等名 第26回日本心臓リハビリテーション学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金澤 裕樹, 前田 直輝, 原田 雅史, 谷口 陽, 松元 友暉, 阿部 考志, 林 裕晃, 伊藤 公輔, 尾藤 良孝, 芳賀 昭弘
2. 発表標題 Quantitative Parameter Mapping(QPM) を用いたコンポーネント間スピン交換定数の導出
3. 学会等名 第48回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 生島 仁史, 芳賀 昭弘
2. 発表標題 MRI画像解析による子宮頸癌化学放射線療法後の予後予測-JROSG多施設共同調査研究
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第33回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 工藤 隆治, 芳賀 昭弘, 佐々木 幹治, 外礪 千智, 久保 亜貴子, 川中 崇, 古谷 俊介, 生島 仁史
2. 発表標題 Radiomicsの手法を用いたPETによる舌癌頸部リンパ節転移の予測
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第33回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kotoku Jun'ichi, Ohyama A, Hiraoka Y, Obayashi I, Saikawa Y, Shiraishi K, Kumagai S, Haga A, Furui S and Oba H
2. 発表標題 Pseudo-CBCT Image Prediction of Head and Neck Cancer Patient Using Principal Component Vector Fields of Early Treatment Fractions
3. 学会等名 AAPM 61th annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakano Masahiro, Imae Toshikazu, Nakamoto Toshi, Haga Akihiro, Nawa Kanabu, Nomura Yuki, Chhatkuli Ritu, Demachi Kenji, Takahashi Wataru and Yamamoto Koichi
2. 発表標題 Pseudo-CBCT Image Prediction of Head and Neck Cancer Patient Using Principal Component Vector Fields of Early Treatment Fractions
3. 学会等名 AAPM 61th annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanazawa Yuki, Chiba Daiki, Harada Masafumi, Miyati Tosiaki, Miyoshi Mitsuharu, Hayashi Hiroaki, Matsumoto Yuki, Abe Takashi and Haga Akihiro
2. 発表標題 Thermal sensitive pH imaging using CEST
3. 学会等名 ISMRM 27th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanazawa Yuki, Harada Masafumi, Taniguchi Yo, Hayashi Hiroaki, Abe Takashi, Ohtomo Maki, Matsumoto Yuki, Ono Masafumi, Bito Yoshitaka and Haga Akihiro
2. 発表標題 Myelin imaging derived from quantitative parameter mapping
3. 学会等名 ISMRM 27th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahashi Satoshi, Tanaka Shota, Takahashi Masamichi, Yamazawa Erika, Hana Taijun, Kitagawa Yosuke, Takayanagi Shunsaku, Takahashi Wataru, Nakamoto Takahiro, Haga Akihiro, Hamamoto Ryuhi and Saito Nobuhito
2. 発表標題 Visualization of judgment basis of CNN to grading glioma
3. 学会等名 2019 SNO Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下村 泰生, 芳賀 昭弘
2. 発表標題 ルジャンドル関数を用いた人体表現
3. 学会等名 第2回 四国地区4大学大学院合同研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 外磯 千智, 芳賀 昭弘, 久保 亜貴子, 川中 崇, 古谷 俊介, 工藤 隆治, 生島 仁史, 原田 雅史
2. 発表標題 子宮頸部扁平上皮癌における予後因子の検討
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楠瀬 賢也, 芳賀 昭弘, 山田 博胤, 中谷 敏, 佐田 政隆
2. 発表標題 心エコー図法における人工知能技術活用の今(シンポジウム19 AIでどこまで心臓病診療は進むか?)
3. 学会等名 第67回日本心臓病学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 夏美, 楠瀬 賢也, 芳賀 昭弘, 森田 沙瑛, 平田 有紀奈, 鳥居 裕太, 西尾 進, 山田 なお, 阿部 美保, 福田 大受, 山田 博胤, 佐田 政隆
2. 発表標題 深層学習を用いた左室駆出率の推定:心エコー図法による検討(優秀演題 メディカルスタッフ)
3. 学会等名 第67回日本心臓病学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金澤 裕樹, 原田 雅史, 谷口 陽, 林 裕晃, 阿部 考志, 大友 真姫, 松元 友暉, 小野 順玄, 尾藤 良孝, 芳賀 昭弘
2. 発表標題 Quantitative Parameter Mappingを用いたミエリンMRI
3. 学会等名 第75回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 芳賀昭弘
2. 発表標題 物理学と機械学習、そして医療
3. 学会等名 第259回徳島医学会(招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 芳賀昭弘	4. 発行年 2020年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 217
3. 書名 放射線治療AIと外科治療AI: 第5章	

1. 著者名 芳賀昭弘	4. 発行年 2020年
2. 出版社 東京大学出版	5. 総ページ数 135
3. 書名 工学教程 放射線生物学, --- 第3章3.5線量率と分割照射 ---	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究活動一覧 http://pub2.db.tokushima-u.ac.jp/ERD/person/334008/work-ja.html</p>
--

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	古徳 純一 (KOTOKU Junichi) (70450195)	帝京大学・医療技術学部・教授 (32643)	
研究分担者	中川 恵一 (NAKAGAWA Keiichi) (80188896)	東京大学・医学部附属病院・特任教授 (12601)	
研究分担者	今江 禄一 (IMAE Toshikazu) (80420222)	東京大学・医学部附属病院・副診療放射線技師長 (12601)	

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	生島 仁史 (IKUSHIMA Hitoshi) (90202861)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部（医学域）・教授 (16101)	

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