

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K07753

研究課題名(和文) 深層学習を用いた肺腫瘍判別によるマーカーレス四次元動体追跡放射線治療の確立

研究課題名(英文) Development of markerless lung tumor detection based on the deep learning for real-time tumor-tracking radiotherapy.

研究代表者

椎木 健裕 (Shiinoki, Takehiro)

山口大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：30610456

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)：呼吸性移動を伴う部位に対する放射線治療は、投与線量に影響を与える。そのため、我々は、動体追跡放射線治療を用いることで問題を克服してきたが、腫瘍近傍に金属マーカーを留置しなければならず、非常に侵襲的である。そこで、動体追跡装置のX線透視画像から深層学習を用いて、直接肺腫瘍を検出するアルゴリズムを開発した。開発したアルゴリズムは、放射線治療を行う過程で取得される四次元CT画像、治療計画情報、腫瘍輪郭情報を応用することで、学習データを作成することができるため、患者個別の学習モデルを作成することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したアルゴリズムは、医用画像処理や深層学習を用いることで、従来の手法では困難であった肺腫瘍認識を高精度に実施することを可能とした。放射線治療を行う過程で得られる情報(医用画像情報、治療計画情報、腫瘍輪郭情報)を用いることで、腫瘍認識モデルを構築することができるため、患者個別に対応した予測モデルを構築可能である。また、現在既存の放射線治療機器においても導入可能である。そのため、呼吸により動く腫瘍に対する放射線治療をより高精度に行うことが可能となり、局所制御の向上につながると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In radiotherapy, respiratory movement affects the radiation dose delivered. Therefore, we have performed the real-time tumor-tracking radiotherapy for these region, but it is needed to implant the fiducial markers near the tumor, which is highly invasive. To address this, we developed an algorithm using deep learning to directly detect lung tumors from X-ray fluoroscopy images of real-time tumor monitoring system. The proposed method can create the training data by applying four-dimensional computed tomography images, radiation treatment planning, and tumor contouring data in DICOM-RT acquired during the radiotherapy process, making it possible to create individual learning model for each patient.

研究分野：医学物理

キーワード：深層学習 機械学習 肺腫瘍認識 医用画像処理 X線透視画像 動体追跡放射線治療

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

我が国における死因の第1位は、悪性新生物である。超高齢化社会の到来により、侵襲的な治療が選択されるようになり、放射線治療のニーズは非常に高まっている。しかし、胸部や腹部など呼吸性移動を伴う腫瘍に対する放射線治療は、腫瘍が呼吸運動によって動く領域全てを含めて治療を行うため、腫瘍への放射線集中度は高まるものの、周囲の正常組織にも余分な放射線投与が行われ、放射線による副作用が増加する問題がある。

そこで、我々は、肺腫瘍に対して、腫瘍近傍に留置された金属マーカの位置を、2方向からのカラー透視画像を用いてリアルタイムに認識する新しい動体追跡システムを用いて、金属マーカが特定の位置に来たときのみ超高線量率で放射線を照射する四次元動体追跡放射線治療を開始した。

しかし、本治療を実施するためには、気管支鏡を用いて腫瘍近傍に金属マーカを留置する必要がある。しかし、肺/気管からの出血、気胸などの副作用を起こす問題、金属マーカの脱落による治療実施不可になる問題、治療中の金属マーカと肺腫瘍の位置変動による治療精度の低下などの問題がある。

これらの問題を解決するために、金属マーカを必要としない非侵襲的な四次元動体追跡放射線治療の実現を目指している。金属マーカのようなX線吸収体は、透視画像で画像認識可能であるため、リアルタイム位置計測は容易であるが、透視画像を用いて肺腫瘍を、高精度にリアルタイムに位置計測することは困難であり、その技術は確立していない。

2. 研究の目的

本研究では、金属マーカを使用せずに、高精度に肺腫瘍自身の位置を認識し、三次元位置情報を取得する技術を開発することを目的としている。

3. 研究の方法

透視画像による腫瘍位置認識は非常に難しく画像処理では困難である。そこで、本研究では、深層学習を用いて腫瘍位置認識を行うこととした。これまでの放射線治療の流れであるCT (Computed tomography) 撮影、治療計画、照射(治療)の臨床手順を踏襲して、容易に臨床導入可能な手法を開発することを目指した。図1に開発したアルゴリズムのワークフローを示す。また、具体的な方法を以下に示す。

(1) 治療計画時に取得する四次元CTから学習用データを取得する

治療計画時に得られる四次元CTは、治療計画時の患者の呼吸性移動を反映している。四次元CTの各時相に対して、医療従事者が肺腫瘍位置の輪郭抽出を行う。また、動体追跡装置の透視装置の幾何学条件と治療計画時に作成される放射線治療装置の寝台情報をもとに、透視画像の投影画像(Digital Reconstructed Radiography: DRR)を作成した。このDRRと放射線腫瘍医が抽出した肺腫瘍の輪郭情報をもとに、患者個別の肺腫瘍位置訓練データを作成した。また、動体追跡装置の透視装置の様々な投影方向をシミュレートすることで、仮想的な訓練データを作成し、訓練データを拡張した。

(2) 治療時に取得されるカラー透視画像に対する肺腫瘍認識を最適化する

照射時に得られるカラー透視画像は、体内を透過して受光部に入射する放射線量によって、腫瘍認識率が変化する。得られるカラー透視画像は、RGB(赤、緑、青)の成分に分解することが可能であるが、肺腫瘍の認識が高いとは言えない。そこで、それぞれの色成分に重み付けをすることにより、肺腫瘍認識を最適にする透視画像を作成するアルゴリズムを作成した。

(3) カラー透視画像に映り込む骨構造を抑制する

(1)の四次元CT画像から骨構造抑制・強調したDRR画像を作成し、骨構造抑制/強調のDRRを訓練データとして、実際に治療中に得られるカラー透視画像の骨構造を抑制する深層学習モデルを作成した(ネットワーク-2)。

(4) カラー透視画像から腫瘍形状・位置を認識するモデルを作成する

ノイズ除去を行うネットワーク(ネットワーク-1)を開発し、動体追跡装置から取得されるカラー透視画像に対して、(2)、(3)の画像処理や深層学習ネットワークを通過させることで、肺腫瘍の認識率が高くなるような透視画像を取得する。肺腫瘍認識が高くなった透視画像と(1)の肺腫瘍の治療計画の輪郭情報から投影したラベル画像を学習用データとして、畳み込みニュー

ーラルネットワークを基盤とした肺腫瘍形状・位置認識モデルを作成した(ネットワーク-3). さらに, ネットワーク-1, 2, 3 の処理を1つのモデルに結合するカスケードモデルを構築した.

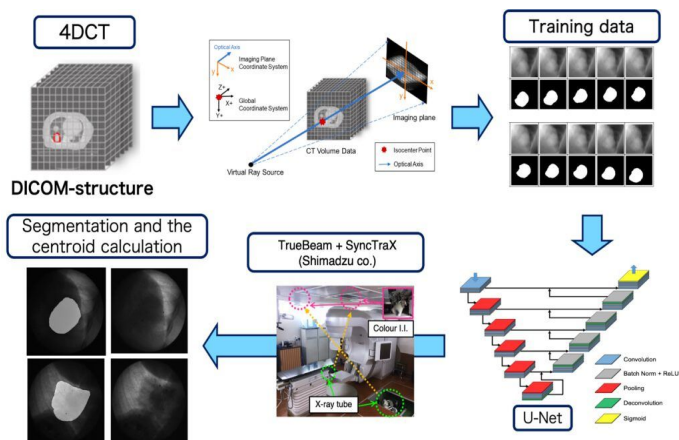


図1. 開発したアルゴリズムのワークフロー

(5) 構築した深層学習モデルの肺腫瘍認識精度を評価する

深層学習の訓練用データとは異なった治療時に取得されるカラー透視画像を使用して, 構築したカスケードモデルの評価を行った. 評価した項目は, 構築したモデルが認識した肺腫瘍形状と放射線腫瘍医が輪郭抽出した腫瘍形状を, ダイス係数を用いて比較検証した. また, 肺腫瘍の重心位置の比較も同時に行った.

4. 研究成果

肺腫瘍に対して動体追跡装置を用いて体幹部定位放射線治療を行った5症例を対象とした. 各症例に対して, 治療計画用の四次元CTを取得した. また, 治療中の各照射門に対して, 動体追跡装置の透視画像を取得した. これらのデータを使用して, 患者個別の肺腫瘍認識モデルを開発し, モデルの精度検証を行った.

カスケードモデルを作成するための治療計画時の四次元CT画像の前処理

(1) 治療計画時の四次元CT画像から骨構造強調・抑制したDRR

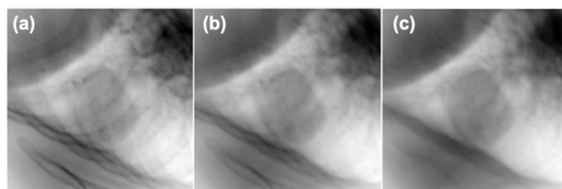


図2. 四次元CT画像から算出されたDigital Reconstructed Radiography

図2は, 四次元CT画像から算出されたDRR画像を示している.(a)は, 骨構造強調のDRR, (b)は, 従来のDRR画像, (c)は, 骨構造抑制のDRRを示している.(c)は従来のものと比較して, 肋骨構造を抑制することができ, 腫瘍認識が向上しているのが視覚的にわかる. これらの画像を使用して, 骨構造抑制ネットワークを開発した(ネットワーク-2).

(2) 骨構造抑制した四次元CTより再構成したDRRによる腫瘍位置のラベリング

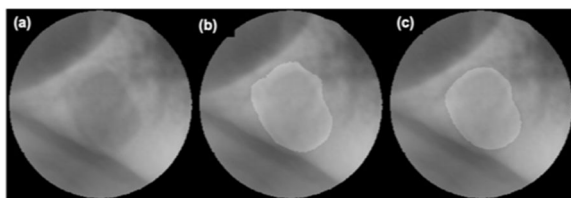


図3. 放射線腫瘍医が抽出した肺腫瘍輪郭を用いた学習データ作成方法

図3は, 放射線腫瘍医が抽出した肺腫瘍輪郭を用いた学習データ作成方法を示している(a)は, 骨構造強調のDRR, (b)は, 従来の方法による腫瘍のラベリング, (c)は, 本研究において提案したラベリング手法を用いた肺腫瘍のラベリングを示している. これらのラベリング情報とDRR画像を使用して, 肺腫瘍認識ネットワークを開発した(ネットワーク-3).

(3) 治療時に取得されるカラー透視画像に対する肺腫瘍認識の最適化画像

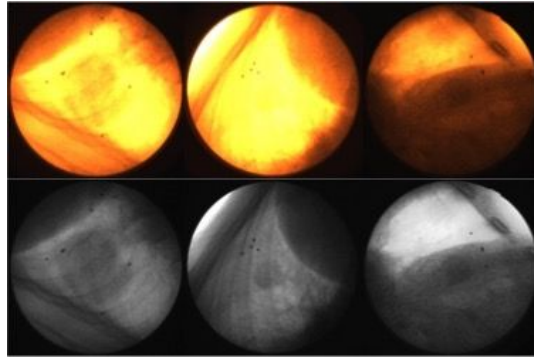


図4．ノイズ除去の深層学習モデル（ネットワーク-1）よりノイズ除去された治療中に取得されたカラー透視画像（上段）と肺腫瘍認識を最適化させたカラー透視画像（下段）

図4に、ノイズ除去の深層学習モデル（ネットワーク-1）よりノイズ除去された治療中に取得されたカラー透視画像（上段）、本研究で開発した肺腫瘍認識を最適化した透視画像（下段）を示す。最適化された透視画像では、視覚的に肺腫瘍の認識が向上していることがわかる。

（4）肺腫瘍認識モデルが予測した肺腫瘍位置と精度評価

ネットワーク1, 2, 3を連結されたカスケードモデルに、検証用画像を入力した肺腫瘍位置認識に結果を示す。図5に、患者#1の照射1門目のカラー透視画像から予測された肺腫瘍位置、図6に、患者#2の照射2門目のカラー透視画像から予測された肺腫瘍位置を示す。

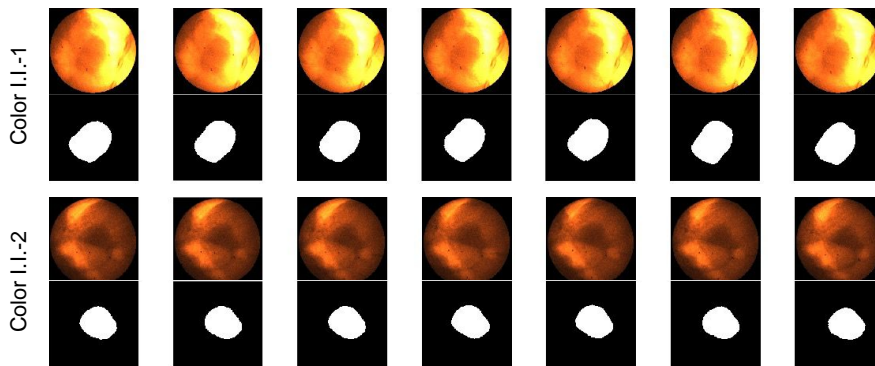


図5．患者#1の照射1門目のカラー透視画像から予測された肺腫瘍位置

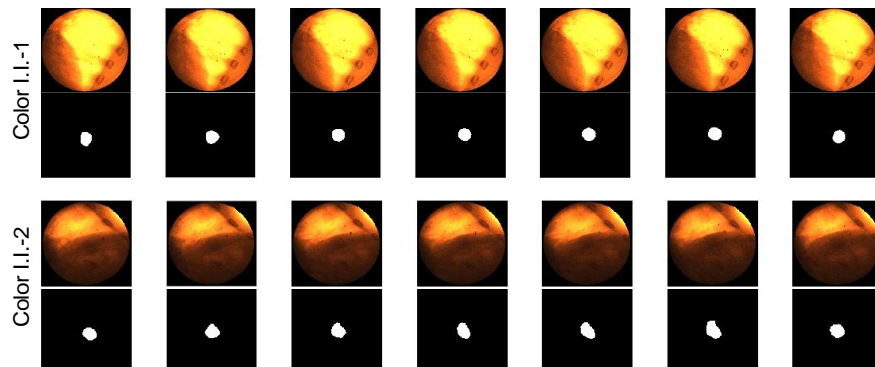


図6．患者#2の照射2門目のカラー透視画像から予測された肺腫瘍位置

患者#1において、カラー透視画像の視認可能な大きな肺腫瘍に対して、開発したアルゴリズムは、腫瘍形状および腫瘍位置を認識していることが分かる。また、患者#2においては、カラー透視画像の視認困難な腫瘍に対しても、開発したアルゴリズムは、腫瘍形状および腫瘍位置を認識していることが分かる。

肺腫瘍に対して動体追跡放射線治療を施行した5症例に対して、腫瘍認識アルゴリズムの精度をダイス係数・腫瘍重心位置を用いて評価した。ダイス係数は、 0.91 ± 0.01 、腫瘍重心位置の誤差は、 0.99 ± 0.01 mmとなった。開発したアルゴリズムは、腫瘍形状・腫瘍位置ともに高精度に認識可能であることを示唆した。今後は、より多くの臨床症例に対して、開発アルゴリズムを適応させて、臨床導入に向けた検証を行っていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 Fujii Fumitake, Nonomura Tatsuki, Shiinoki Takehiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Implementation of six degree-of-freedom high-precision robotic phantom on commercial industrial robotic manipulator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomedical Physics & Engineering Express	6. 最初と最後の頁 057003 ~ 057003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/ac1988	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 Tanaka Hidekazu, Ono Taiki, Manabe Yuki, Kajima Miki, Fujimoto Koya, Yuasa Yuki, Shiinoki Takehiro, Yamaji Yoshikazu, Matsunaga Kazuto	4. 巻 Volume 13
2. 論文標題 Anemia is a Prognostic Factor for Overall Survival Rate in Patients with Non-Small Cell Lung Cancer Treated with Stereotactic Body Radiation Therapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cancer Management and Research	6. 最初と最後の頁 7447 ~ 7453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2147/CMAR.S336044	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 Shiinoki Takehiro, Fujimoto Koya, Kawazoe Yusuke, Yuasa Yuki, Kajima Miki, Manabe Yuki, Ono Taiki, Hirano Tsunahiko, Matsunaga Kazuto, Tanaka Hidekazu	4. 巻 8
2. 論文標題 Predicting programmed death-ligand 1 expression level in non-small cell lung cancer using a combination of peritumoral and intratumoral radiomic features on computed tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomedical Physics & Engineering Express	6. 最初と最後の頁 025008 ~ 025008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/ac4d43	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 Shiinoki Takehiro, Fujii Fumitake, Fujimoto Koya, Yuasa Yuki, Sera Tatsuhiro	4. 巻 21
2. 論文標題 A novel dynamic robotic moving phantom system for patient specific quality assurance in real time tumor tracking radiotherapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 16 ~ 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12876	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 Kawahara Daisuke, Ozawa Shuichi, Yokomachi Kazushi, Higaki Toru, Shiinoki Takehiro, Fujioka Chikako, Saito Akito, Miki Kentaro, Kimura Tomoki, Murakami Yuji, Awai Kazuo, Nagata Yasushi	4. 巻 43
2. 論文標題 Evaluation of metal artefact techniques with same contrast scale for different commercially available dual-energy computed tomography scanners	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical and Engineering Sciences in Medicine	6. 最初と最後の頁 539 ~ 546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13246-020-00854-7	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 Y. Yuasa , T. Shiinoki , K. Fujimoto , H. Tanaka	4. 巻 15
2. 論文標題 Single-energy CT-based perfusion imaging in thoracic and abdominal region based on the convolution neural network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 S11 ~ S12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11548-020-02171-6	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 Shiinoki Takehiro, Fujii Fumitake, Yuasa Yuki, Nonomura Tatsuki, Fujimoto Koya, Sera Tatsuhiro, Tanaka Hidekazu	4. 巻 47
2. 論文標題 Analysis of dosimetric impact of intrafraction translation and rotation during respiratory gated stereotactic body radiotherapy with real time tumor monitoring of the lung using a novel six degrees of freedom robotic moving phantom	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 3870 ~ 3881
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.14369	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 Okusako Shota, Fujii Fumitake, Shiinoki Takehiro	4. 巻 539
2. 論文標題 Prediction of lung tumor motion with combinational use of High-order repetitive control and Long-Short term memory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics	6. 最初と最後の頁 545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/smc42975.2020.9283414	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 Fujimoto Koya, Shiinoki Takehiro, Yuasa Yuki, Tanaka Hidekazu	4. 巻 48
2. 論文標題 Estimation of liver elasticity using the finite element method and four dimensional computed tomography images as a biomarker of liver fibrosis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 1286 ~ 1298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.14723	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 Kawahara Daisuke, Ozawa Shuichi, Yokomachi Kazushi, Higaki Toru, Shiinoki Takehiro, Saito Akito, Kimura Tomoki, Nishibuchi Ikuno, Takahashi Ippei, Takeuchi Yuuki, Imano Nobuki, Kubo Katsumaro, Mori Masayoshi, Ohno Yoshimi, Murakami Yuji, Nagata Yasushi	4. 巻 1
2. 論文標題 Metal artifact reduction techniques for single energy CT and dual-energy CT with various metal materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 BJR Open	6. 最初と最後の頁 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1259/bjro.20180045	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 Fujimoto Koya, Shiinoki Takehiro, Yuasa Yuki, Onizuka Ryota, Yamane Masatoshi	4. 巻 20
2. 論文標題 Evaluation of the effects of motion mitigation strategies on respiration induced motion in each pancreatic region using cine magnetic resonance imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 42 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12693	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 Kawahara Daisuke, Ozawa Shuichi, Yokomachi Kazushi, Higaki Toru, Shiinoki Takehiro, Ohno Yoshimi, Murakami Yuji, Awai Kazuo, Nagata Yasushi	4. 巻 24
2. 論文標題 Evaluation of raw-data-based and calculated electron density for contrast media with a dual-energy CT technique	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Reports of Practical Oncology & Radiotherapy	6. 最初と最後の頁 499 ~ 506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rpor.2019.07.013	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 Yuasa Yuki, Shiinoki Takehiro, Onizuka Ryota, Fujimoto Koya	4. 巻 20
2. 論文標題 Estimation of effective imaging dose and excess absolute risk of secondary cancer incidence for four dimensional cone beam computed tomography acquisition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 57 ~ 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12741	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 Kawahara Daisuke, Ozawa Shuichi, Nakano Hisashi, Kubo Katsumaro, Shiinoki Takehiro, Kimura Tomoki, Nagata Yasushi	4. 巻 24
2. 論文標題 Biological dose-enhancement analysis with Monte Carlo simulation for Lipiodol for photon beams	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Reports of Practical Oncology & Radiotherapy	6. 最初と最後の頁 681 ~ 687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rpor.2019.10.006	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 Daisuke Kawahara, Shuichi Ozawa, Kazushi Yokomachi, Toru Higaki, Takehiro Shiinoki, Chikako Fujioka, Akito Saito, Kentaro Miki, Tomoki Kimura, Yuji Murakami, Kazuo Awai, Yasushi Nagata	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation of metal artefact techniques with same contrast scale for different commercially available dual-energy computed tomography scanners	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical and Engineering Sciences in Medicine	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) 10.1007/s13246-020-00854-7	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 Jiang Kai, Fujii Fumitake, Shiinoki Takehiro	4. 巻 64
2. 論文標題 Prediction of lung tumor motion using nonlinear autoregressive model with exogenous input	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 21NT02 ~ 21NT02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/ab49ea	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 Kawahara Daisuke, Saito Akito, Ozawa Shuichi, Shiinoki Takehiro, Kimura Tomoki, Tsubouchi Kento, Nagata Yasushi	4. 巻 -
2. 論文標題 Assessment of biological dosimetric margin for stereotactic body radiation therapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12843	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 Fujimoto Koya, Shiinoki Takehiro, Yuasa Yuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of four-dimensional CT-based imaging biomarker of liver fibrosis using finite element method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE, Medical Imaging 2020	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2548280	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 藤井 文武, 椎木 健裕, 澁谷 景子, 櫻部 直人, 丸山 章	4. 巻 84
2. 論文標題 放射線治療の品質保証用ロボットファントムシステムの腫瘍軌跡への追従精度向上のための目標軌道補正法の提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 17-00495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.17-00495	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 Fumitake Fujii, Ken'ichi Tatebatake, Kohei Morita, Takehiro Shiinoki	4. 巻 7
2. 論文標題 A Bouc-Wen Model-Based Compensation of the Frequency-Dependent Hysteresis of a Piezoelectric Actuator Exhibiting Odd Harmonic Oscillation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Actuators	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/act7030037	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 Jiang Kai, Fumitake Fujii, Takehiro Shiinoki	4. 巻 18
2. 論文標題 Prediction of the lung tumor motion based on recurrent neural network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)	6. 最初と最後の頁 1094-1099
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/icma.2018.8484575	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 Kawahara D, Ozawa S, Kimura T, Saito A, Nakashima T, Ohno Y, Murakami Y, Nagata Y, Shiinoki T.	4. 巻 1
2. 論文標題 Photon and electron backscatter dose and energy spectrum analysis around Lipiodol using flattened and unflattened beams.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Appl Clin Med Phys.	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12560.	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 Shiinoki T	4. 巻 74
2. 論文標題 Commissioning and Clinical Application of the Respiratory Motion Management in Radiation Therapy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi.	6. 最初と最後の頁 1352-1359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6009/jjrt.2018_JSRT_74.11.1352.	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28件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Y Kawazoe, T Shiinoki, K Fujimoto, Y Yuasa, T Hirano, K Matsunaga, H Tanaka
2. 発表標題 Prediction of EGFR Mutations, Subtypes, and Uncommon Mutations in Lung Adenocarcinoma Based On Machine Learning
3. 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 63 rd Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 T Sera, T Shiinoki, K Fujimoto, Y Yuasa, Y Kawazoe, H Tanaka
2 . 発表標題 Usefulness of 4DCT-Based Elasticity Map for Function Preserving Liver Radiotherapy Treatment Planning
3 . 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 63 rd Annual meeting (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K Fujimoto, T Shiinoki, Y Yuasa, Y Kawazoe, M Yamane, T Sera, H Tanaka
2 . 発表標題 Comparing Estimated Liver Elasticity Based On the Finite Element Method to MR-Elastography for Distribution of Liver Fibrosis
3 . 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 63 rd Annual meeting (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T Shiinoki, K Fujimoto, Y Kawazoe, Y Yuasa, M Kajima, Y Manabe, T Hirano, K Matsunaga, H Tanaka
2 . 発表標題 Predicting PD-L1 Expression Level in Non-Small Cell Lung Cancer On Computed tomography Using Machine Learning
3 . 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 63 rd Annual meeting (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 H.Tanaka, T. Ono, H. Takano, Y. Manabe, M. Kajima, K. Fujimoto, Y. Yuasa, T. Shiinoki, Y. Yamaji, K. Matsunaga, M. Matsuo
2 . 発表標題 Monocyte-to-Lymphocyte Ratio is a Significant Prognostic Factor for Patients With Non-Small Cell Lung Cancer Who Treated By Stereotactic Body Radiation Therapy: A Multi Institutional Study
3 . 学会等名 American Society for Radiation Oncology 63 rd Annual meeting (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 梶間未葵, 小野太輝, 眞鍋裕気, 椎木健裕, 田中秀和
2. 発表標題 子宮頸癌に対する根治照射の治療成績とFIGO分類改訂によるStage migrationの検討
3. 学会等名 第34回日本放射線腫瘍学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野太輝, 眞鍋裕気, 梶間未葵, 椎木健裕, 田中秀和
2. 発表標題 動体追跡(迎撃)照射を行った肝細胞癌の門脈腫瘍栓に対する治療成績
3. 学会等名 第34回日本放射線腫瘍学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯田裕之, 藤井文武, 椎木健裕
2. 発表標題 呼吸性移動を示す肺腫瘍の未来位置予測のためのBouc-Wenヒステリシスモデルを用いた腫瘍運動のモデル化に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 椎木健裕
2. 発表標題 Intrafraction motion monitoringの最前線
3. 学会等名 第122回日本医学物理学会学術大会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 椎木健裕
2. 発表標題 放射線治療の患者個別化に向けた技術開発
3. 学会等名 第35回高精度放射線治療研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T Shiinoki, F Fujii, Y Yuasa, T Nonomura, K Fujimoto, T Sera, H Tanaka
2. 発表標題 Dosimetric Impact of Intra-Fraction Lung Tumor Rotation in Real-Time Tumor-Tracking Radiotherapy Using a Developed 6DoF Robotic Phantom System
3. 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 62nd Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K Ono, T Sera, T Shiinoki, S Hayashi, K Fujino, Y Akagi, Y Hirokawa
2. 発表標題 Three-Dimensional Isocenter Verification for Real-Time Tumor-Tracking Radiotherapy System Using a Reusable PVA-I Radiochromic Gel Dosimeter
3. 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 62nd Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野々村龍樹, 椎木健裕, 藤井文武
2. 発表標題 放射線治療の品質保証用ロボットファントムシステムの軌道追従精度向上のためのRNNと学習制御を組み合わせたフィードフォワード制御系の構築
3. 学会等名 日本機械学会2020年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takehiro Shiinoki, Yuki Yuasa, Koya Fujimoto
2. 発表標題 Assessment of CT-based imaging biomarker of COPD in IGRT planning for lung cancer patients.
3. 学会等名 European SocieTy for Radiotherapy 38 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takehiro Shiinoki, Yuta Kajihara, Fumitake Fujii
2. 発表標題 Automated lung tumour detection in colour fluoroscopic images based on a deep learning for real-time tumour tracking radiotherapy
3. 学会等名 The International Conference on the Use of Computers in Radiation Therapy 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takehiro Shiinoki, Yuki Yuasa, Koya Fujimoto
2. 発表標題 Evaluation of tracking accuracy using synthetic color fluoroscopic images based on the deep learning for real-time tumor-tracking radiotherapy
3. 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 61st Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsunahiko Hirano, Takehiro Shiinoki, Yoshiaki Harada, Kazuki Matsuda, Sho Uehara, Kazuki Hamada, Ryo Suetake, Keiji Oishi, Yoshikazu Yamaji, Maki Asami, Nobutaka Edakuni, Kazuto Matsunaga
2. 発表標題 Relationship between physical activity and quantitative inspiratory-to-expiratory CT imaging
3. 学会等名 European Respiratroy Society 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 椎木健裕
2. 発表標題 The role of functional imaging in radiotherapy -Toward Precision Medicine-
3. 学会等名 第118回日本医学物理学学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平野 綱彦, 椎木 健裕, 原田 佳明, 築本愛祐美, 大輝 祐一, 村川 慶多, 松田 和樹, 濱田 和希, 末竹 諒, 村田 順之, 大石 景士,
2. 発表標題 身体活動性と定量的吸気呼気CTの関係性
3. 学会等名 第93回閉塞性肺疾患研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥迫翔太, 藤井文武, 椎木健裕
2. 発表標題 FIR 型線返し制御による肺腫瘍の呼吸性移動予測
3. 学会等名 日本機械学会2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 椎木健裕
2. 発表標題 多元情報に基づく放射線治療 - 医工連携・医学物理的アプローチ -
3. 学会等名 第27回新潟放射線治療研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 T.Shiinoki, F.Fujii, K. Fujimoto, Y.Yuasa, T.Uehara, T.Sera, R.Onizuka
2 . 発表標題 4D dynamic robotic phantom system for patient-specific quality assurance in real-time tumor-tracking radiotherapy
3 . 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 60th Annual meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y.Yuasa, T.Shiinoki, R.Onizuka, K.Fujimoto, H.Hanazawa
2 . 発表標題 Estimation of effective imaging dose and excess absolute risk of secondary cancer incidence for 4D-CBCT using Monte Carlo simulation
3 . 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 60th Annual meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K.Fujimoto, T.Shiinoki, Y.Yuasa, R.Onizuka, M.Yamane, H.Hanazawa
2 . 発表標題 The Relationship Between Abdominal Compression and Body Mass Index On the Respiratory-Induced Pancreatic Motion Using Cine-MRI
3 . 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 60th Annual meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R.Onizuka, T.Shiinoki, Y.Yuasa, K.Fujimoto
2 . 発表標題 Development of Four-Dimensional Dose Calculation Method for Respiratory-Gated Radiotherapy by Using Real-Time Tumor Tracking System in Lung
3 . 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 60th Annual meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Y.Kajihara, T.Shiinoki, F.Fujii
2. 発表標題 A Deep Learning Approach of the Image Based Acquisition of the Position and the Shape of a Lung Tumor Using X-Ray Color Fluoroscopic Images
3. 学会等名 The American Association of Physicists in Medicine 60th Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Shiinoki, T. Uehara, H. Hanazawa, S. Kajiki, Y. Mishina, K. Shibuya.
2. 発表標題 Simulation system for evaluating the tracking accuracy toward RTRT using kV imaging with MV scatter
3. 学会等名 European Society for Therapeutic Radiology and Oncology Annual meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Fujimoto, T. Shiinoki, Y. Yuasa, M. Yamane, H. Hanazawa, K. Shibuya
2. 発表標題 Quantification of the positional errors between actual and predicted pancreas based on the surrogate signal using cine MRI.
3. 学会等名 European Society for Therapeutic Radiology and Oncology Annual meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 椎木健裕 (分担執筆)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 学研メディカル秀潤社	5. 総ページ数 208
3. 書名 スイスイわかる放射線治療物理学	

1. 著者名 椎木健裕	4. 発行年 2020年
2. 出版社 公益社団法人 日本放射線技術学会	5. 総ページ数 160
3. 書名 実践 放射線治療技術学 放射線治療装置を立ち上げよう	

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 ロボット動体ファントムシステム	発明者 藤井文武, 椎木健裕, 澁谷景子, 丸山章, 林豊	権利者 国立大学法人 山口大学, (株)不二越
産業財産権の種類、番号 特許、2018-076405	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔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	藤井 文武 (Fujii Fumitake) (30274179)	山口大学・大学院創成科学研究科・准教授 (15501)	

	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
研究協力者	藤本 昂也 (Fujimoto Koya)		
研究協力者	湯浅 勇紀 (Yuasa Yuki)		
研究協力者	川添 優介 (Kawazoe Yusuke)		

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