

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：83403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K09079

研究課題名（和文）同室CT画像による臓器の移動量と陽子線線量分布の影響解析による最適化照射法の研究

研究課題名（英文）The study for optimum radiation method based on the analyses of the interfractional movement of organs and the impact to proton dose distributions utilizing daily in-room CT images.

研究代表者

前田 嘉一（maede, yoshikazu）

福井県立病院（陽子線がん治療センター（陽子線治療研究所））・陽子線治療研究所研究部門・研究員（医学物理士）

研究者番号：70448025

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：鋭いブラックピークによる線量分布を利用した陽子線がん治療はがん部の画像誘導法と照射法の研究が重要である。本研究は画像誘導で取得したCT画像を解析し治療期間に生じる病巣部や正常組織の移動による線量分布変化を調べ最適な照射法の検討をした。前立腺がん治療では約1500セット（40症例）の画像を解析し、がん部（前立腺、精嚢）と正常組織（直腸）を調べた。前立腺と直腸の境界を画像誘導の参照領域にすることでがん部の線量を維持し直腸線量を抑えた治療が可能だが、約3割の症例で直腸変形による過線量が示唆された。治療開始から10日以降に照射計画を適合することにより、直腸線量を抑えた治療が可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ブラックピークによってがん部に線量を集中し正常組織の線量の低減を図る陽子治療では、体内のがん部の日々の位置を正確に把握する画像誘導技術と、位置や臓器変化に追従する適合照射法の確立が今後の重要課題である。本研究はCT画像誘導装置による陽子治療で取得した日毎のCT画像を利用して臓器変化による陽子線量分布の影響を評価し、この課題に基礎データを提供する。特に前立腺がん治療において、がん部の前立腺や正常組織の直腸の線量の照射状態を示す定量化方法やその基礎データは、現在建設が進んでいるCT画像誘導装置と適合照射が可能ならスキニング照射法を備えた施設において適合治療を実現するための基礎的な報告となる。

研究成果の概要（英文）：In proton therapy, the technique for precise image guidance with optimum radiation methods plays an essential role to take advantage of the physical selectivity called as Bragg peak. We studied the influence of interfractional movement of target tumors as well as critical organs on daily proton doses by utilizing daily CT-images acquired throughout proton therapy with CT-image guidance. Our main results were concerned with the work for prostate cancer treatment, where we analyzed 1500 sets of daily CT images acquired for 40 patients and measured the daily movement of pelvic anatomies. The image guidance by referring the boundary between the prostate and rectum maintained daily dose conditions as the plan however 30% of the total showed the rectal over dose due to the rectal daily deformation. For such patients, the adaptive planning after 10 days can spare the rectal dose during the rest of the treatment and may achieve more secure therapy against rectal complications.

研究分野：粒子線治療学、放射線物理学、原子核物理学

キーワード：陽子線がん治療 粒子線がん治療 画像誘導放射線治療 臓器移動 インターフラクショナル移動量 適合治療

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

陽子線は体内に入射すると入射速度に応じた深さで停止し、停止する直前に最大線量を付与する鋭い線量分布（ブラックピーク）を形成する。陽子線治療はこの特性を利用してより腫瘍に線量を集中しかつ正常組織に対する被ばく線量を低減した治療である。一般に放射線がん治療では、治療開始の約1週間前に撮像した患者体のCT画像によって照射条件を決定し、この条件によって全照射線量を照射日数で分割した線量を2週間から2ヶ月間にわたって照射する。従って、この陽子線の特性を生かした治療を行うためには、日々の照射において体内の腫瘍位置を精度良く確認する画像誘導法と線量を確実に照射する照射技術の開発が重要である。本研究を開始した当初、陽子線治療施設では kV-X 線画像による画像誘導法が主流であった。この方法では、腫瘍などの軟組織を直接認識できないため骨構造や体内に挿入された金属マーカを参照した間接的な画像誘導法が行われてきた。従って、日々生じる腫瘍や正常臓器がどのように移動・変形しているのか、また、その変化によって線量がどのように照射されているのかが明らかになっていなかった。また、陽子線の透過領域の臓器や骨の位置変化によって陽子線の停止位置の変化が線量分布に与える影響が明らかにされていなかった。

福井県立病院陽子線がん治療施設では、2014年にCT装置による画像誘導装置を導入し、主に前立腺がんや肝臓がんについて治療を行ってきた。この装置で取得した日々の画像データによって腫瘍や軟組織の臓器を3次元的に認識し、内部臓器の変化が及ぼす線量分布の変化を確認することが可能となる。

2. 研究の目的

当院のCT画像誘導装置によって取得した前立腺がんや肝臓がんの画像について、腫瘍や周囲臓器の移動・変形について解析し、画像照合法に応じた日毎の臓器の移動量や陽子線の停止位置（飛程）の変化を定量化し、治療計画作成時に利用する適切なマージンを提案する。また、その臓器変化が線量分布に与える影響を調べ、最適な治療計画作成方法の検討や、日毎の線量変化の監視による適合治療計画法の提示を目的とする。

3. 研究の方法

当院のCT画像誘導装置を用いて陽子線治療を行った前立腺がんや肝臓がんの症例について、画像誘導装置によって取得したCT画像を利用し次の方法で研究を行った。1) 腫瘍や危険臓器の関心領域を作成し、関心領域の幾何学的情報を数値的に利用した画像照合法を開発し、腫瘍や臓器の移動量の統計解析を行って、治療計画時に用いる幾何学的インターフラクショナルな移動量マージンを決定した。2) 陽子線の照射方向に沿った照射標的の前面部と終端部の水等価距離をCT画像の画素値より算出し、陽子線の停止位置の変化を3次元的に求め照射ビームに付加する飛程マージンを決定した。3) 一連のCT画像セットについて線量計算と線量解析が行える線量計算ソフトを構築し、臓器の移動による線量分布の変化を定量化して、適合治療の有用性について検討した。

4. 研究成果

(1) 前立腺がん治療

前立腺がん治療で取得した約375セット(10症例)のCT画像について、治療部位に相当する前立腺と精嚢、危険臓器に相当する直腸と膀胱の輪郭をそれぞれ作成した(図1)。前立腺治療は腫瘍悪性度に応じて37回または39回の照射を行い74Gyまたは78Gyの全線量を照射する。

従って、1症例あたり治療計画用のCT画像(sCT)1セットと、37または39セットの画像誘導用CT画像(dCT)がある。本研究では、臓器輪郭の3次元座標を利用して、dCT画像をsCT画像に合わせこむ3種の画像照合法(骨照合法、前立腺中心照合法、前立腺直腸境界照合法)を模擬し、sCT画像上の各臓器位置に対するdCT画像上の臓器の移動量を解析し、その誤差についてそれぞれの方向、A(腹)、P(背)、S(頭)、I(足)、L(横)について評価した。ここで、骨照合法(bone)は、輪郭臓器を取り囲む骨盤や大腿骨頭を指標にした照合に相当し、当院の医療用画像解析端末の自動照合機能を利用した。また、前立腺中心照合(PC)は、骨照合の後にsCTとdCT上の前立腺輪郭の重心位置を一致させる照合であり、これは実臨床におけるマーカー照合法を模擬した方法である。前立腺直腸境界照合(PRB)は、骨照合の後に前立腺と直腸の境界領域(図1右太線領域)を照合する方法である。PRB照合は前立腺輪郭から直腸に面する輪郭座標を抽出しdCT画像上の輪郭座標群とsCT画像上の輪郭座標群のずれが最小になるように腹背(AP)および頭足(SI)方向の補正値を算出した。その結果、前立腺の平均移動量誤差は、それぞれの方向(A, P, S, I, L) [mm]に

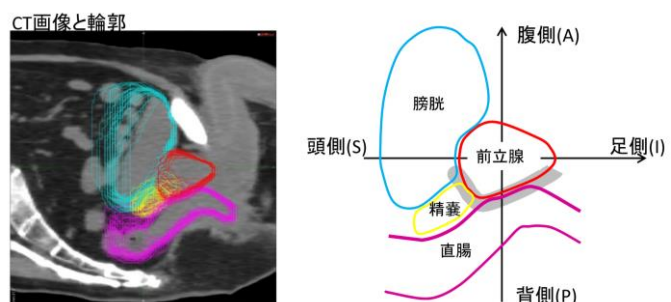


図1 骨盤内臓器とその輪郭

ついで、骨照合では(8.9, 9.8, 7.5, 3.6, 1.6)、PC照合では(5.6, 6.1, 3.5, 4.5, 1.9)、PRB照合では(8.6, 3.2, 3.5, 4.5, 1.9)であった。また、精嚢は同様にそれぞれ(22.5, 15.5, 11.0, 7.6, 6.0)、(11.8, 8.4, 7.8, 5.2, 6.3)と(9.9, 7.5, 7.8, 5.2, 6.3)であった。PRB照合では腹側を除いたすべての方向について幾何学的誤差を小さくすることが可能であった。この平均移動量誤差をマージンとして採用した治療計画を作成し、線量計算を行った結果、PRB照合による治療計画が最も直腸線量を低減する計画であった。また、陽子線の照射方向にそった水等価距離をdCT画像のCT値によって計算し、日毎の変動を調べた結果、体幹部の変化や骨位置の移動により最大で11-16mmの変化が確認された。このデータから確率密度関数を決定して、飛程マージン値(99%)を算出した結果、約7-9mmの値であった。これは横方向の幾何学的マージン値と比較しても大きな値であるので、治療計画作成時に飛程マージンとして考慮する必要があることを示した[1]。

以上の解析に基づき、当院で行ったCT画像誘導装置を用いた陽子線前立腺治療の画像照合精度の評価と線量分布の評価を行った[2]。実際の治療では、PRB照合法による患者体位置合わせを行って照射を行っている。画像誘導装置では骨構造は自動機能によって精度良く照合できるが、一方で前立腺や直腸などの軟組織については自動での照合ができない。従って、操作者の目視確認による手動操作によって照合を行っている。この手動照合によって操作者が決定した補正值と、前項に述べた輪郭座標による補正值を比較して手動照合精度を評価した。その結果、AP及びSI方向の精度はそれぞれ1.3mmと1.0mmであった。この精度はCT画像のPixelサイズによる精度(0.5mm)よりも大きい結果となった。これは画像の目視認識と手動操作による操作者間のばらつきが原因であると考えられた。より高精度の画像照合の実現にはCT画像において対象臓器の自動抽出技術と自動照合機能の開発が必要であると考えた。臓器の自動輪郭抽出については、本研究の延長として人口知能(深層学習)を利用した技術開発を行った[3]。この研究は今度の課題である。また、dCT画像を利用して治療計画に従った線量計算を行うことによって各臓器に照射される線量の変化を調べた。PRB照合によって前立腺や精嚢に対する線量を維持し、直腸や膀胱など危険臓器についても治療計画に従った治療が実施されたことが示された。CT画像誘導による前立腺治療の安全性が示唆された。

次に、40症例(約1500画像セット)のCT画像セットについて臓器輪郭を作成し、より症例数を上げた解析を行った[4]。特に、先行研究[1]によって、AP方向に沿った直腸の移動量は前立腺中心から頭側の精嚢領域にかけて増大傾向を示すことが解った。この結果は40症例の解析においても再現された。治療開始後の直腸内ガスや便の状態がsCT画像を取得した時の状態と異なるからである。この傾向は全症例の約

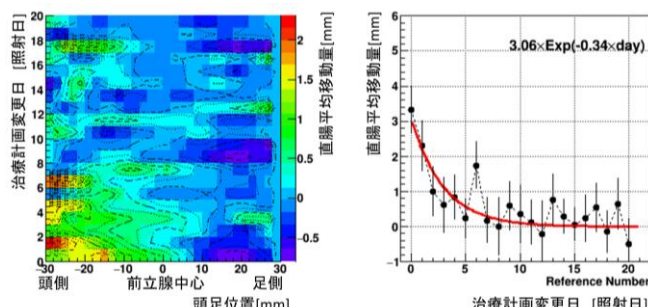


図2 直腸移動量平均値

60%について確認された。この場合、直腸に過線量が照射される恐れがあるため、直腸変化に追従した治療計画の更新が必要である。本研究では、参照画像をsCTからdCT画像に変化させ、参照画像に対する治療時の直腸形状が安定する時期について検討し、適合治療計画の時期について調べた。その結果、治療を開始してから10日以後のdCT画像を参照することによって、その後の直腸の移動量を低減することが示された(図2左)。特に、直腸が腹側に移動する症例では、治療開始後D日に取得した画像を参照すると、その後の直腸の移動量平均値が指数関数的($e^{-D/3}$)に減少した(図2右)。

これらの症例について10日と20日のdCT画像を参照画像として適合治療計画を作成し、計算によって日々の線量変化を解析し、適合治療計画の有効性について検討した。直腸が腹側に移動する症例では、治療前のsCT画像による治療計画では日々の直腸線量体積率($V_{77\%}$)は計画値に対して $5.5 \pm 3.5\%$ 超過した(図3上の症例8-13に相当)。この症例について10日目と20日目のdCT画像によって適合治療計画を作成し治療を行うと直腸の線量超過をそれぞれ $1.9\% \pm 2.8\%$ (図3左下)と $0.6\% \pm 2.5\%$ (図3右下)に抑えることが示された。また、これらの症例は、画像誘導装置によって取得されるdCT画像において線量計算を行い直近の治療日ま

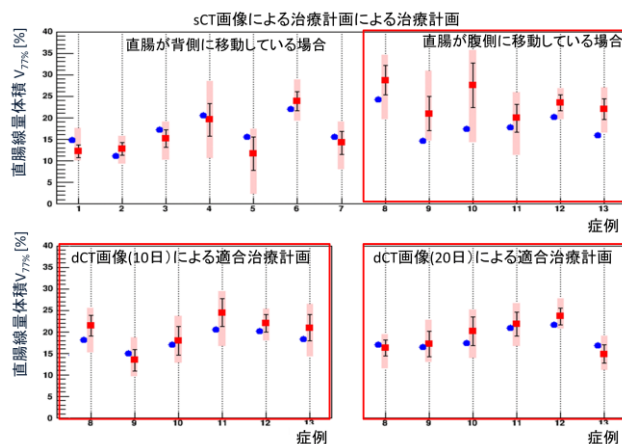


図3 日毎の直腸線量体積 $V_{77\%}$ の平均値(■)と標準偏差(誤差棒)。●は計画値を示す。上図: sCT画像による治療計画。下図: 照射10日(左)と20日(右)のdCT画像で適合治療計画を作成した場合。

での $V_{77\%}$ の平均値を監視することにより検出することが可能である。この研究によって CT 画像誘導装置で取得される dCT 画像を利用して線量計算を行い、その平均値を監視して適合治療を適用することによって直腸の線量被ばくを抑えたより安全な治療が可能であることを示唆した。今後の課題として、線量変化をオンラインで監視して適合治療の採用を判断するシステムが安全な治療の実践に必要であり、このシステムについて研究開発を継続する予定である。

(2) 肝臓がん治療

約 15 症例(約 250CT 画像セット)についての肝臓輪郭を生成し、肝臓変形の定量化やその変形が与える陽子線飛程や線量分布の変化について解析を行った。肝臓の変形については症例ごとに肝臓形状が様々であるため、その定量方法についての方針がたたず、今後の研究課題となった。

また、肝臓がん治療の場合、肝臓内部の病巣の位置や危険臓器の位置関係によって陽子線の照射方向を選択する。前立腺で行った場合と同様の方法で、治療で取得した一連の dCT 画像より、陽子線の入射方向に沿った腫瘍までの水等価厚の変化を解析し、日々の照射において腫瘍に指定線量を照射するための飛程マージンを照射方向毎に計算した(図 4)。図 4 は、腫瘍が肝臓内部の頭側と足側にある場合について、日毎の患者体や臓器の位置変化による水等価厚(陽子線飛程)の変化を照射方向毎に示している。陽子線飛程は照射方向によって大きく変化し最大最小値は 3~25mm であった。どちらの腫瘍位置においても 0 度領域からの照射は、他の照射角度と比較して飛程変化が小さく安定している。一方で、-150~-90 度領域の照射は、固定具面に接触する体表面の日々の変化によって、陽子線の飛程が大きく影響する。図 5 に腫瘍体積に 3mm の飛程マージンを与えて治療計画を作成し、日々の線量計算を行った結果を示す。腫瘍位置は腫瘍が肝臓内部の足側にある場合に相当する。図 4 下図に示す水等価厚変化の大きい照射角度では、腫瘍内体積で過少線量が照射される場合が確認された。日毎の照射においてこのような飛程変化を吸収する適格な飛程マージンを治療計画時に算出する方法が必要であるが、その方法については今後の研究課題となった。また、前立腺治療においても述べた腫瘍や危険臓器に対する日々の線量監視する線量モニタシステムが、より安全な治療を実践するために必要である。

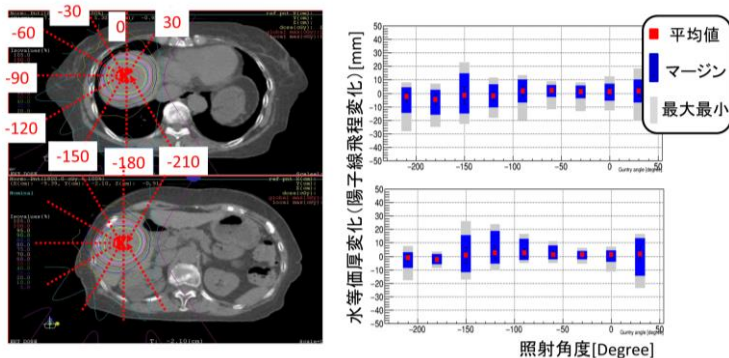


図 4 肝臓がん治療における陽子線飛程の変化。上図および下図は、肝臓内頭側(横隔膜近傍)に腫瘍がある場合と足側にある場合に相当する。矢印は陽子線の照射方向を示す。

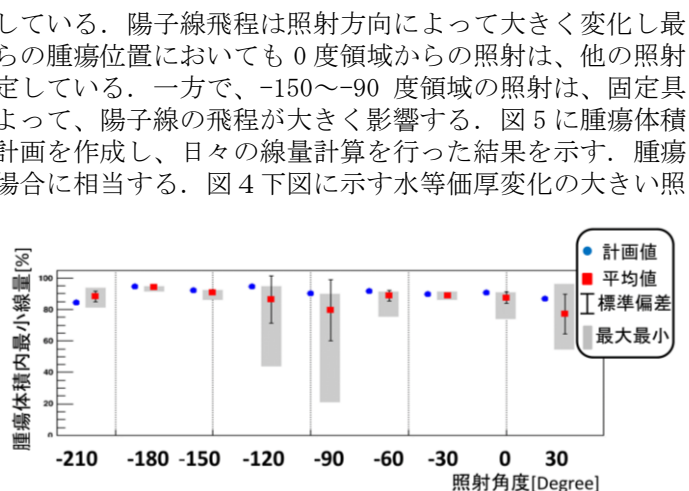


図 5 各照射角度における肝臓内腫瘍体積内の最小線量値の変化

<引用文献>

- [1] Yoshikazu Maeda, et al. Effects of organ motion on proton prostate treatments, as determined from analysis of daily CT imaging for patient positioning, Medical Physics, 45(5), 1844(2018).
- [2] Yoshikazu Maeda, et al. Positioning accuracy and daily dose assessment for prostate cancer treatment using In-room CT image guidance in proton therapy facility, Medical Physics. 45(5), 1832(2018).
- [3] Shu Otsubo, Yasutake Takahashi, Yoshikazu Maeda et al. Precision for Automatic Segmentation of pelvic anatomies on CT images Using Deep Neutral Networks with Multi-Slices Image Inputs Accepted for the poster presentation, PTCOG59 2021, 台湾.
- [4] Yoshikazu Maeda, et al. Stability of daily rectal movement and effectiveness of re-planning protocols for sparing rectal doses based on the daily CT-images during proton treatment for prostate cancer, Submitted to Journal of Applied Medical Physics.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshikazu Maeda, Yoshitaka Sato, Hiroyasu Tamamura, Kazutaka Yamamoto, Makoto Sasakai, Nobukazu Fuwa, Shigeyuki Takamatsu, Kyo Kume	4. 巻 1
2. 論文標題 Effectiveness of re-planning protocols for sparing rectal doses based on the daily CT-images during the proton threatment for prostate cancer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of The 1st Annual Conference of the particle Therapy Cooperative Group Asia-Oceania (PTCOG-A02019), December 6-8, 2019, Osaka Japan.	6. 最初と最後の頁 84-85
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 Yoshikazu Maeda	4. 巻 39
2. 論文標題 In-room CT image guided system at proton therapy center , Fukui Prefectural Hospital, and study fir daily anatomical movement and the optimal proton radiation method utilizing daily CT-images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 10
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 Yoshikazu Maeda, Yoshitaka Sato, Satoshi Shibata, Sayuri Bou, Kazutaka Yamamoto, Hiroyasu Tamamura, Makoto Sasaki, Nobukazu Fuwa, Shigeyuki Takamatsu, Kyo kume	4. 巻 6
2. 論文標題 Upgraded analyses for the effect of organ motion on proton prostate treatment using full sets of daily CT images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Particle Therapy	6. 最初と最後の頁 206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI 10.14338/IJPT.19-PTCOG-6.4	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 Yoshikazu Maeda, Yoshitaka Sato, Satoshi Shibata, Sayuri Bou, Kazutaka Yamamoto, Hiroyasu Tamamura, Makoto Sasaki, Nobukazu Fuwa, Shigeyuki Takamatsu, Kyo kume	4. 巻 39
2. 論文標題 Upgraded analyses for the effect of organ motion on proton prostate treatment using full sets of daily CT images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 203
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 Maeda Yoshikazu, Sato Yoshitaka, Minami Hiroki, Yasukawa Yutaka, Yamamoto Kazutaka, Tamamura Hiroyasu, Shibata Satoshi, Bou Sayuri, Sasaki Makoto, Tameshige Yuji, Kume Kyo, Ooto Hiroshi, Kasahara Shigeru, Shimizu Yasuhiro, Saga Yusuke, Omoia Akira, Saitou Makoto	4. 巻 45
2. 論文標題 Positioning accuracy and daily dose assessment for prostate cancer treatment using in-room CT image guidance at a proton therapy facility	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 1832 ~ 1843
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/mp.12858	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 Maeda Yoshikazu, Sato Yoshitaka, Shibata Satoshi, Bou Sayuri, Yamamoto Kazutaka, Tamamura Hiroyasu, Fuwa Nobukazu, Takamatsu Shigeyuki, Sasaki Makoto, Tameshige Yuji, Kume Kyo, Minami Hiroki, Saga Yusuke, Saito Makoto	4. 巻 45
2. 論文標題 Effects of organ motion on proton prostate treatments, as determined from analysis of daily CT imaging for patient positioning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 1844 ~ 1856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/mp.12869	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 Shimizu Yasuhiro, Takamatsu Shigeyuki, Yamamoto Kazutaka, Maeda Yoshikazu, Sasaki Makoto, Tamamura Hiroyasu, Bou Sayuri, Kumano Tomoyasu, Gabata Toshifumi	4. 巻 36
2. 論文標題 Segmental analysis of respiratory liver motion in patients with and without a history of abdominal surgery	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 511 ~ 518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11604-018-0750-3	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 Yoshikazu Maeda, Yoshitaka Sato, Satoshi Shibata, Sayuri Bou, Kazutaka Yamamoto, Hiroyasu Tamamura, Nobukazu Fuwa, Shigeyuki Takamatsu, Makoto Sasaki, Kyo Kume	4. 巻 38
2. 論文標題 Interfractional movements of the prostate and seminal vesicles during CT image-guided proton therapy for prostate cancer and their impact on the proton range for lateral beam configurations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 65
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 Yoshikazu Maeda, Yoshitaka Sato, Hiroki Minami, Yutaka Yasukawa, Satoshi Shibata, Kazutaka Yamamoto, Hiroyasu Tamamura, Makoto Sasaki, Yuji Tameshige	4. 巻 37
2. 論文標題 The positioning precision of In-room CT image-guided system in proton therapy facility and the first application to prostate cancer treatment	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 114
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12件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Yoshikazu Maeda
2. 発表標題 Effectiveness of re-planning protocols for sparing rectal doses based on the daily CT-images during the proton treatment for prostate cancer
3. 学会等名 The 1st Annual Conference of the particle Therapy Cooperative Group Asia-Oceania (PTCOG-A02019), Osaka Japan. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Shibata
2. 発表標題 Assessment of Changes of the Distance from Liver Surface to Isocenter during Proton Beam Treatment for Liver Cancer.
3. 学会等名 American Society for Radiation Oncology (ASTRO19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田 嘉一
2. 発表標題 陽子線前立腺がん治療における直腸線量低減のための同室CT画像を利用した再治療計画の有用性
3. 学会等名 第16回日本粒子線治療臨床研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田 嘉一
2. 発表標題 In-room CT image guided system at proton therapy center , Fukui Prefectural Hospital, and study fir daily anatomical movement and the optimal proton radiation method utilizing daily CT-images
3. 学会等名 第118回日本医学物理学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshikazu Maeda
2. 発表標題 Upgraded analyses for the effect of organ motion on proton prostate treatment using full sets of daily CT images
3. 学会等名 the particle Therapy Cooperative Group (PTCOG58), Manchester UK. (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田 嘉一
2. 発表標題 Upgraded analyses for the effect of organ motion on proton prostate treatment using full sets of daily CT images
3. 学会等名 第117回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田 嘉一
2. 発表標題 Interfractional movements of the prostate and seminal vesicles during CT image-guided proton therapy for prostate cancer and their impact on the proton range for lateral beam configurations
3. 学会等名 第115回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshikazu Maeda
2. 発表標題 Interfractional variations of prostate and seminal vesicle for the In-room CT-image guided proton therapy with lateral beams for prostate cancer
3. 学会等名 International conference of Particle Therapy Co-Operative Group (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前田 嘉一
2. 発表標題 前立腺がん陽子線治療における同室CT装置画像を利用した骨盤内臓器の移動解析と対向陽子線飛程の変化解析
3. 学会等名 第14回日本粒子線臨床治療研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshikazu Maeda
2. 発表標題 In-room CT image guided proton therapy for prostate and liver cancer
3. 学会等名 The First Hefei International Forum for Proton and Heavy Ion Radiotherapy The Hefei International Forum for Radiological Medical Physics in China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshitaka Sato
2. 発表標題 肝腫瘍に対するCT位置決めによる陽子線治療の初期経験
3. 学会等名 第30回日本放射線腫瘍学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前田 嘉一
2. 発表標題 The positioning precision of In-room CT image-guided system in proton therapy facility and the first application to prostate cancer treatment
3. 学会等名 第113回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔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	佐藤 義高 (sato yoshitaka) (10464067)	福井県立病院(陽子線がん治療センター(陽子線治療研究所))・陽子線治療研究所研究部門・研究員(医師) (83403)	
連携研究者	玉村 裕保 (tamamura hiroyasu) (00179889)	福井県立病院(陽子線がん治療センター(陽子線治療研究所))・陽子線治療研究所研究部門・研究員(医師) (83403)	
連携研究者	柴田 哲志 (shibata satoshi) (20769632)	福井県立病院(陽子線がん治療センター(陽子線治療研究所))・陽子線治療研究所研究部門・研究員(医師) (83403)	2019年4月より金沢大学付属病院へ移動
連携研究者	佐々木 誠 (sasaki makoto) (20368004)	福井県立病院(陽子線がん治療センター(陽子線治療研究所))・陽子線治療研究所研究部門・研究員(医学物理士) (83403)	
連携研究者	久米 恭 (kume kyo) (50359238)	公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター・研究開発部・主任研究員 (83401)	