

令和 3 年 5 月 23 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K15802

研究課題名（和文）動体追尾放射線治療における腫瘍線量不確定性予測システムの開発

研究課題名（英文）Prediction of tumor dose uncertainties for motion tracking radiotherapy

研究代表者

秋野 祐一（Akino, Yuichi）

大阪大学・医学系研究科・特任助教（常勤）

研究者番号：00722323

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000 円

研究成果の概要（和文）：肺がんや肝臓がんに対し、動体追尾による定位放射線治療が行われている。本研究では腫瘍と胸壁の呼吸位相がずれている場合の追尾精度を評価し、さらに位相シフトによる追尾誤差が線量分布に及ぼす影響を評価する方法を開発した。この研究により、位相シフトがある患者では追尾誤差が発生しうるが、呼吸を遅くすることで精度を改善できることが示された。加えて、定位放射線治療で重要となるアイソセンター精度をサブミリメートルの精度で評価する方法、患者個別に行う治療精度検証のためのフィルム解析法を開発した。さらに国内の多数施設の小照射野計測や高精度放射線治療の普及状況について調査を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義
治療計画の時点で患者の腫瘍と胸壁が同様に動いているか解析するのは困難であり、その影響を予測するのは難しい。本研究では治療前に追尾誤差やその線量分布への影響を評価する方法を開発した。この技術を用いることにより、追尾誤差が大きいと予想される患者には呼吸をゆっくりするようコーチングすることで追尾精度の改善が期待できる。また定位放射線治療で重要な小照射野の計測結果が国内で大きくばらついており、それは検出器の選択による影響が大きいことを明らかにした。適切な補正を行うことにより、国内の施設間における患者への投与線量のばらつきを小さくできると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Stereotactic radiotherapy with respiratory motion tracking has been used for lung and liver tumors. In this study, we evaluated the tracking accuracy for cases with the respiratory phase shifts between the tumor and the chest wall. We also developed a method to evaluate the effect of the tracking error caused by the phase shifts on the dose distribution. We demonstrated that the tracking errors can occur in patients with phase shifts, but that the accuracy can be improved by slow breathing. In addition, we developed a method to evaluate the isocenter localization with submillimeter accuracy, and a film analysis method for patient specific quality assurance. In addition, we conducted surveys for multiple institutions to investigate the variations in small field dosimetry and high-precision radiotherapy in Japan.

研究分野：医学物理

キーワード：動体追尾照射 サイバーナイフ 呼吸性移動 小照射野

1. 研究開始当初の背景

近年、がんの放射線治療では、大線量の放射線を小分割で照射する定位放射線治療により、限局性腫瘍に対して高い局所制御が得られるようになった。特に肺、肝臓に対して行われる体幹部定位放射線治療(SBRT)では呼吸により臓器位置が変わるため、移動する腫瘍を追いかけてビームを照射する追尾照射が行われるようになってきた。この技術により、照射範囲を縮小し、正常組織に照射される線量を低減できるようになった。

しかしこれらの照射技術では、いくつかの不確かさが存在する。サイバーナイフの Synchrony Respiratory Tracking System は、患者の腹部に LED マーカーを置き呼吸波形を取得する。また X 線画像を撮影して各呼吸位相の腫瘍位置を取得し、呼吸波形と腫瘍位置の相関関係モデルを作成し、呼吸波形から腫瘍位置を予測して X 線を照射する。しかし呼吸波形と腫瘍位置の位相がずれている患者がいることが報告されている。これらの不確かさは腫瘍や正常組織の線量に影響を及ぼすが、放射線治療計画の段階で照射不確かさの影響を予測することは困難である。

また定位放射線治療では通常の治療よりも小さい照射野のビームを用いる。小照射野の線量を正確に計算することは非常に難しく、この測定を誤ると重大な治療事故につながる可能性がある。近年では小照射野計測用に様々な検出器が登場しているが、どれも一長一短あり、理想的な検出器は存在しない。また使用する検出器の違いが国内の治療施設間における投与線量のばらつきにつながっている可能性がある。

さらに、定位放射線治療ではアイソセンターに精度良く X 線を照射することが重要である。しかし一般的に用いられているフィルムを用いたスターショット法は煩雑で測定・解析に時間がかかり、またサブミリメートルの精度で治療室レーザーをアイソセンターに調整するのは困難である。また定位放射線治療の線量分布は非常に急峻な線量勾配を含んでおり、患者 QA では空間分解能が高いラジオクロミックフィルムが広く使われている。しかしスキャナーで照射後のフィルムをスキャンする際に不均一になる影響が線量分布にも反映されてしまう。

2. 研究の目的

患者の呼吸波形データと 4DCT 画像を用いて治療開始前に事前にシミュレーションすることが可能なため、治療開始前に許容可能な不確かさに収まるように呼吸トレーニングを行うといった実用的な使い方も可能になると期待される。本研究では、呼吸同期、追尾照射の機械的不確かさを三次元的に計測する方法を開発した。さらに、4DCT の画像と計測した機械的精度データを用いて、照射誤差を考慮した線量計算が可能なシステムを開発した。これらを組み合わせることにより、追尾照射の誤差の影響を治療の開始前に推定し、個々の症例について精度の担保された追尾照射を行うことが可能になる。

また、小照射野の計測、及び高精度治療の普及状況について国内の多施設調査を行った。近年登場した小照射野用の検出器について、その特性の評価も行った。

さらに、精度良く簡便にアイソセンター精度を評価しレーザー調整を行えるシステムおよび、患者個別の精度検証に用いられるラジオクロミックフィルムを用いた解析法のスキャナー効果を補正する方法を開発した。

3. 研究の方法

① サイバーナイフの動体追尾照射における呼吸位相の影響評価法の開発

我々は先行研究において、図 1 のような動体ファントムとプラスチックシンチレータを組み合わせたシステムを開発し、サイバーナイフによる照射精度を評価する方法を開発した。本研究では、三次元駆動アームと LED マーカーを動かすステージの位相をずらして動かせるようにソフトウェアを開発した。さらにサイバーナイフの治療ログファイルを解析し、そのデータを用いて動体ファントムを駆動する方法を開発した。これらを用いて、患者の呼吸パターンに位相シフトがある場合の動体追尾照射精度を評価した。

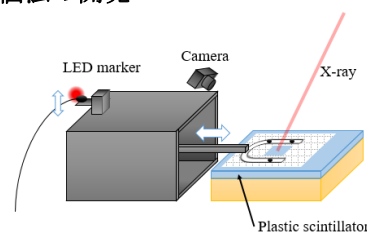


図 1. 動体ファントムを用いた照射精度検証システム

さらに呼吸位相シフトによる追尾誤差がある場合に線量分布に及ぼす影響を評価した。肝腫瘍に対してSBRTを施行した8症例について、治療計画時に撮影した4DCT画像を用いた。320列エリアディテクタCTを用いて撮影した4DCT画像から肝臓に刺入した金マーカークの位置を解析し、胸骨との位相シフトを解析した。ファントム実験から得られた呼吸位相シフトと追尾誤差の影響のデータを用いて各患者の追尾誤差を予測し、追尾誤差のSDを用いて各治療ビームをシフトさせた線量分布を計算した。

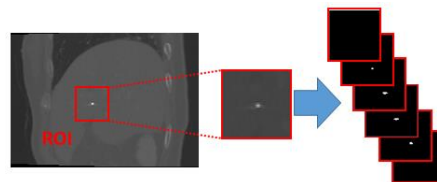


図2. 4DCT から金マーカーク位置を検出し呼吸位相を解析する方法

② 小照射野の影響

近年登場したダイオード検出器, microSilicon (model 60023, PTW 社), microSilicon X (model 60022, PTW 社), およびプラスチックシンチレータ検出器, Exradin W2 (Standard Imaging 社) について, 小照射野の線量計測特性を評価した. 汎用リニアック及びサイバーナイフを用いて, 線量率依存, 温度依存, 出力係数などを計測し, 他の検出器との比較を行った. さらに国内で治療計画装置 iPLAN を使用している施設から, 治療計画装置のモデリング用に計測したデータを収集し, 測定データのばらつきと使用した検出器の影響を評価した.

③ アイソセンター精度の評価

Electric Portal Imaging Device (EPID)を用いた Winston Lutz テストは広く行われているが, 本研究では様々なガントリー角度で計測した Lutz テストの結果から, X 線ビーム照射位置の Lutz 球中心からの変位を解析し, スターショットのように投影することにより, 仮想的にスターショット解析を行う方法を開発した. これにより, フィルムを用いずに短時間でアイソセンター精度を解析することが可能になり, さらにレーザーを 0.1 mm の精度で修正することが可能になった. この方法を用いて精度評価を行っている5施設のデータを解析し, アイソセンター精度の経時変化や機種間の差を評価した.

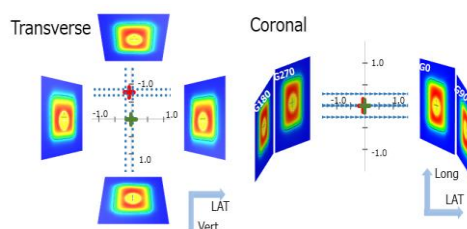


図3. EPID 画像を用いた Winston-Lutz テストの結果からアイソセンターを三次元的に解析する方法

④ フィルムを用いた精度検証法の開発

デュアルチャンネルのフィルム解析法を図に示す. まず Red, Green, Blue に分解したカラー画像のうち, 赤色と青色を抽出する. スキャナー上の位置において中心でスキャンした場合とくらべて, 中心からずれた位置でスキャンした画像のピクセル値の変化を予め様々な濃度のフィルムについて解析しておき, その濃度補正を赤色と青色の画像に対して適用する. 補正後の画像から Red / Blue の正味の濃度 (net Optical Density) を解析し, 校正曲線を用いて線量に変換する.

本研究では A3 型のスキャナー4 台と, A4 型スキャナー5 台についてスキャン位置が濃度に及ぼす影響を評価し, 補正効果を Gafchromic EBT3, EBT-XD という2種類のフィルムについて評価した.

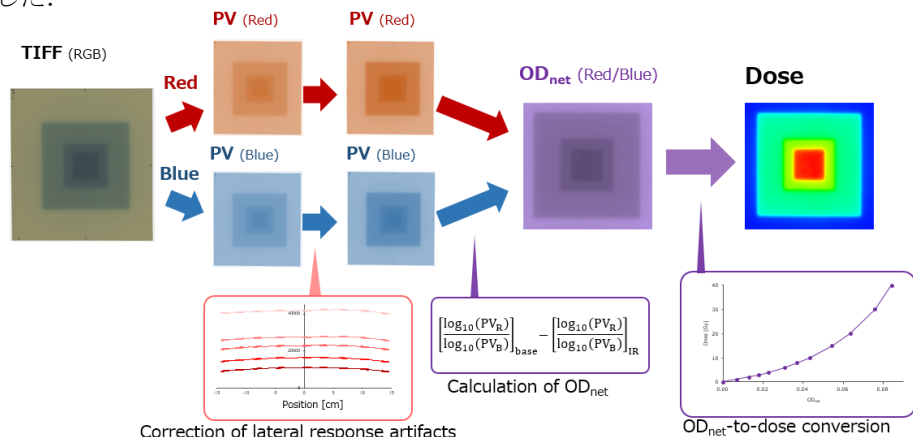


図4. デュアルチャンネル法を用いたフィルム検証法におけるスキャナー位置補正

⑤ 高精度治療の国内実態調査

治療のモダリティ・照射技術は日々進歩しており、国内の状況も刻々と変化している。国内の高精度放射線治療の普及状況の把握・変遷を明らかにするため、アンケート調査を行った。Google フォームを用いたアンケートを2018年1月17日から3月9日までの間に実施し、定位放射線治療、強度変調放射線治療、画像誘導放射線治療、呼吸性移動対策について解析を行った。

4. 研究成果

① サイバーナイフの動体追尾照射における呼吸位相の影響評価法の開発

腫瘍より胸壁 LED マーカーが早く動き始めるときは呼吸位相シフトが追尾精度に与える影響は大きくなかったが、腫瘍が先に動き始める位相シフトでは追尾精度が大きく低下することが明らかになった。また同じ呼吸位相シフトでも、呼吸周期が遅くなれば追尾精度は改善することが明らかになった。このことから、位相シフトがあることが事前にわかれば、ゆっくりの呼吸を患者にコーチングすることで追尾精度を改善できると期待される。

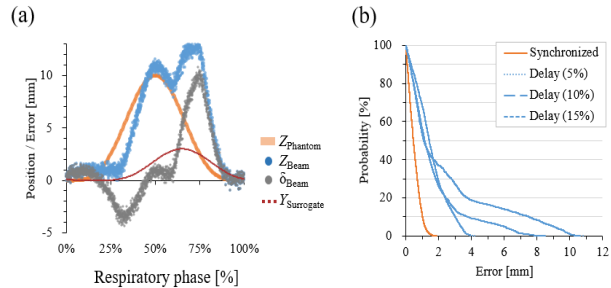


図5. (a) 腫瘍が LED マーカーより 15%早い位相で動く際の追尾誤差. (b) 呼吸位相による追尾誤差の累積ヒストグラム

エリアディテクタ 4DCT の画像を用いて治療前に呼吸位相シフトを評価する方法を開発した。この方法を用いて解析した肝臓内の金マーカーの位置は、手動で解析した方法とよく一致しており、高い精度で位相シフトを解析できることが示された。さらに位相シフトが線量分布に及ぼす影響を PTV の D90 で評価したところ、呼吸位相シフトの中央値で解析した場合は最も振幅の大きい症例でも-1.1%であったが、75 パーセンタイル、90 パーセンタイルでは-3.5%、-6.6%の影響があった。治療前に呼吸位相を評価し、必要なら呼吸コーチングを行うことにより、線量分布の悪化を予測し未然に防ぐことが可能になると考えられる。

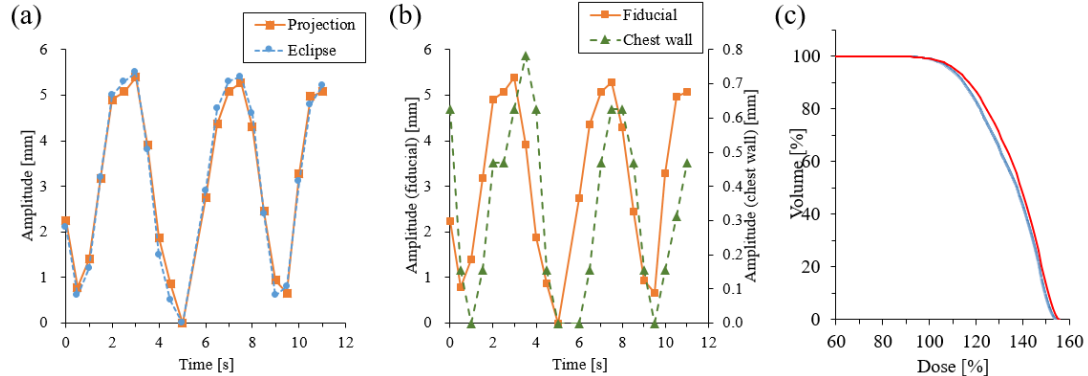


図6. (a) 本研究 (Projection) と腫瘍 (Eclipse) で検出した金マーカー位置精度. (b) 金マーカーと胸壁の呼吸位相シフトの例. (c) 位相シフトによる追尾誤差が及ぼす PTV 線量の低下. 赤: オリジナル, 青: 誤差を考慮した DVH.

② 小照射野の影響

19 台の Novalis Tx, 12 台の TrueBeam のビームデータを解析し、施設間のばらつきを評価した。PDD や OCR のばらつきは小さかったが、特に小照射野の出力係数では大きなばらつきが認められた。特に電離箱を用いた施設は値が小さく、シールド型ダイオードを用いた施設は値が大きかった。最大で 20% の差があり、もしこれが検出器や計測によるものであった場合、患者に投与される線量の施設間のばらつきにつながる可能性がある。IAEA Technical Report Series 483 に記載されている補正係数を適用したところ、施設間のばらつきは大幅に改善されたことから、施設間のデータのばらつきの主な原因は使用した検出器であることが示された。

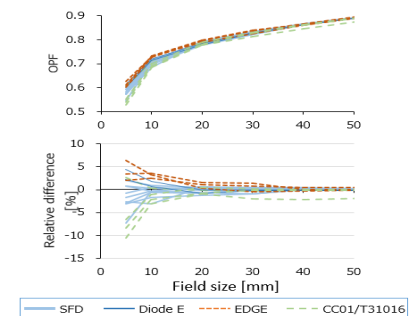


図7. Novalis Tx の 6 MV X 線の出力係数 (上段) と中央値からの差 (下段).

近年登場した小照射野用の検出器について、汎用リニアック・サイバーナイフを用いて特性を評価したところ、microSilicon, microSilicon Xともに、良好な線量直線性、線量率依存、温度依存特性を示した。また出力係数はダイヤモンド検出器 microDiamond (model 60019, PTW 社)の計測値に補正を加えたものと比べても非常に近い値となった。W2 も補正することなく良好な結果を示した。

③ アイソセンター精度の評価

本研究で開発した Winston Lutz を用いた仮想スターショット法により、アイソセンター精度を長期に渡り高い精度で維持できることが示された。5施設の結果を評価したところ、同じ機種でもカウチ回転精度や角度ごとの傾向が異なることが示された。

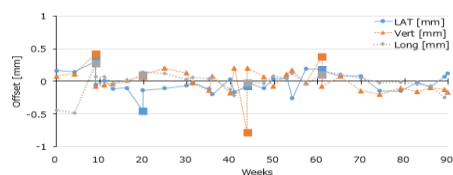


図 8. 仮想スターショットで評価したアイソセンターの長期精度

④ フィルムを用いた精度検証法の開発

スキャナー上のスキャン位置がフィルム濃度に及ぼす影響を評価したところ、特に A3 型スキャナーでは大きな影響があることが確認された。またおなじ機種でも製品間に大きな違いが認められた。デュアルチャンネルのスキャナー補正を行ったところ、どの機種でもスキャナー不均一の影響は大幅に改善され、非常に高い精度で線量分布に変換できることが示された。

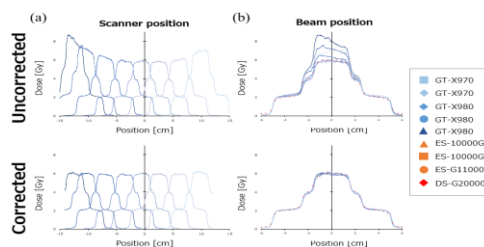


図 9. スキャナー位置の影響と補正の効果 (上段：補正前, 下段：補正後)

⑤ 高精度治療の国内実態調査

アンケート調査を実施し、335 施設からの回答があった。定位放射線治療は 77%、強度変調放射線治療は 66%の施設が実施しており、IMRT では固定多門照射とほぼ同数の施設が VMAT を用いて治療している実態が明らかになった。また肺がんの SBRT では 75%の施設が治療機一体型の CT で位置照合を行っており、81%の施設が腫瘍合わせで位置照合を行っていることが明らかになった。呼吸性移動対策は 67%の施設が行っており、様々な方法の中で呼吸停止法を行う施設が最も多かった。近年では VMAT や FFF といった短時間で治療を行う技術が普及していることが影響している可能性もある。

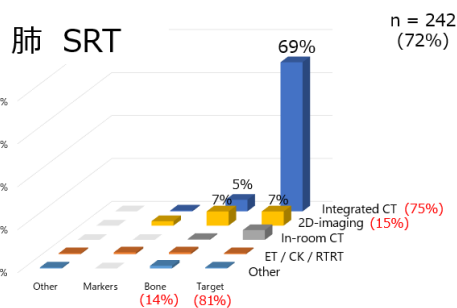


図 10. アンケート調査結果 (肺がん SBRT における画像誘導放射線治療)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Akino Y, Shiomi H, Sumida I, Isohashi F, Seo Y, Suzuki O, Tamari K, Otani K, Higashinaka N, Hayashida M, Mabuchi N, Ogawa K	4. 巻 46
2. 論文標題 Impacts of respiratory phase shifts on motion-tracking accuracy of the CyberKnife Synchrony Respiratory Tracking System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 3757-3766
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/mp.13523	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 Akino Y, Fujiwara M, Mizuno H, Shiomi H, Kaneko A, Isohashi F, Seo Y, Suzuki O, Otani K, Tamari K, Ogawa K	4. 巻 20
2. 論文標題 Feasibility of virtual starshot analysis providing submillimeter radiation isocenter accuracy: A long-term multi-institutional analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 74-83
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/acm2.12715	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 Akino Y, Tohyama N, Akino K, Ishikawa M, Kawamorita R, Kurooka M, Sumida I, Nakaguchi Y, Miyaura K, Nakamura M	4. 巻 64
2. 論文標題 Modalities and techniques used for stereotactic radiotherapy, intensity-modulated radiotherapy, and image-guided radiotherapy: A 2018 survey by the Japan Society of Medical Physics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physica Medica	6. 最初と最後の頁 182-187
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ejmp.2019.07.009	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 Koike Y, Ohira S, Akino Y, Sagawa T, Yagi M, Ueda Y, Miyazaki M, Sumida I, Teshima T, Ogawa K	4. 巻 47
2. 論文標題 Deep learning-based virtual noncontrast CT for volumetric modulated arc therapy planning: Comparison with a dual-energy CT-based approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 371-379
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/mp.13925	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 Y, Akino Y, Mizuno H, Isono M, Masai N, Yamamoto T	4. 巻 21
2. 論文標題 Impact of detector selections on inter-institutional variability of flattening filter-free beam data for TrueBeam linear accelerators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 36-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12766	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 Akino Y, Mizuno H, Isono M, Tanaka Y, Masai N, Yamamoto T	4. 巻 21
2. 論文標題 Small-field dosimetry of TrueBeam TM flattened and flattening filter-free beams: A multi-institutional analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 78-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12791	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 Koike Y, Akino Y, Sumida I, Shiomi H, Mizuno H, Yagi M, Isohashi F, Seo Y, Suzuki O, Ogawa K	4. 巻 61
2. 論文標題 Feasibility of synthetic computed tomography generated with an adversarial network for multi-sequence magnetic resonance-based brain radiotherapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 92-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rrz063	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 Isono M, Akino Y, Mizuno H, Tanaka Y, Masai N, Yamamoto T	4. 巻 61
2. 論文標題 Inter-unit variability of multi-leaf collimator parameters for IMRT and VMAT treatment planning: a multi-institutional survey	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 307-313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rrz082	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 Akino Y, Fujiwara M, Okamura K, Shiomi H, Mizuno H, Isohashi F, Suzuki O, Seo Y, Tamari K, Ogawa K	4. 巻 61
2. 論文標題 Characterization of a microSilicon diode detector for small-field photon beam dosimetry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 410-418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rraa010	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 Akino Yuichi, Sumida Iori, Shiomi Hiroya, Higashinaka Naokazu, Murashima Yoshiichi, Hayashida Miori, Mabuchi Nobuhisa, Ogawa Kazuhiko	4. 巻 45
2. 論文標題 Evaluation of the accuracy of the CyberKnife Synchrony Respiratory Tracking System using a plastic scintillator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 3506 ~ 3515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.13028	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 Akino Yuichi, Mizuno Hirokazu, Tanaka Yoshihiro, Isono Masaru, Masai Norihisa, Yamamoto Toshijiro	4. 巻 63
2. 論文標題 Inter-institutional variability of small-field-dosimetry beams among HD120? multileaf collimators: a multi-institutional analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 205018 ~ 205018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/aae450	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 Akino Yuichi, Wu Huanmei, Oh Ryoong Jin, Das Indra J.	4. 巻 20
2. 論文標題 An effective method to reduce the interplay effects between respiratory motion and a uniform scanning proton beam irradiation for liver tumors: A case study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 220 ~ 228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12508	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 該当する

1. 著者名 Akino Y, Fujiwara M, Okamura K, Shiomi H, Mizuno H, Isohashi F, Suzuki O, Seo Y, Tamari K, Ogawa K	4. 巻 61
2. 論文標題 Characterization of a microSilicon diode detector for small-field photon beam dosimetry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 410-418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rraa010	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 Akino Y, Maruoka S, Yano K, Abe H, Isohashi F, Seo Y, Tamari K, Hirata T, Kawakami M, Nakae Y, Tanaka Y, Ogawa K	4. 巻 61
2. 論文標題 Commissioning of total body irradiation using plastic bead bags	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 959-968
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rraa071	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 Akino Y, Okamura K, Das IJ, Isohashi F, Seo Y, Tamari K, Hirata T, Hayashi K, Inoue S, Ogawa K	4. 巻 47
2. 論文標題 Technical Note: Characteristics of a microSilicon X shielded diode detector for photon beam dosimetry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physica Medica	6. 最初と最後の頁 2004-2009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.14639	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 Akino Y, Shiomi H, Isohashi F, Suzuki O, Seo Y, Tamari K, Hirata T, Mizuno H, Ogawa K	4. 巻 62
2. 論文標題 Correction of lateral response artifacts from flatbed scanners for dual-channel radiochromic film dosimetry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 319-328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rraa124	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 Shiomi H, Akino Y, Sumida I, Masai N, Oh RJ, Ogawa k	4. 巻 62
2. 論文標題 Development of raster scanning IMRT using a robotic radiosurgery system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 364-373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rraa136	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11件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Akino Y, Mizuno H, Isono M, Tanaka Y, Masai N, Yamamoto T
2. 発表標題 Small field photon beam dosimetry of TrueBeam linear accelerators: a multi-institutional analysis
3. 学会等名 第117回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋野祐一, 藤原聖輝, 水野裕一, 塩見浩也, 金子暁里, 磯橋文明, 瀬尾雄二, 鈴木修, 大谷啓祐, 玉利慶介, 小川和彦
2. 発表標題 Long term analysis of radiation isocenter accuracy using virtual starshot technique
3. 学会等名 第118回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋野祐一, 岡村啓太, 藤原聖輝, 塩見浩也, 水野裕一, 磯橋文明, 鈴木修, 瀬尾雄二, 玉利慶介, 小川和彦
2. 発表標題 microSiliconダイオード検出器の小照射野X線計測特性
3. 学会等名 第32回日本放射線腫瘍学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	秋野祐一, 岡村啓太, 藤原聖輝, 塩見浩也, 井ノ上信一, 磯橋文明, 鈴木修, 瀬尾雄二, 玉利慶介, 平田岳郎, 小川和彦
2. 発表標題	プラスチックシンチレータ Exradin W2 を用いたサイバーナイフ小照射野の評価
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	Koike Y, Ohira S, Akino Y, Ueda Y, Miyazaki M, Sumida I, Teshima T, Ogawa K
2. 発表標題	Deep learning-based virtual non-contrast CT for treatment planning : Comparison with dual-energy CT-based approach
3. 学会等名	第118回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Koike Y, Akino Y, Sumida I, Shiomi H, Mizuno H, Yagi M, Isohashi F, Seo Y, Suzuki O, Ogawa K
2. 発表標題	Feasibility of synthetic CT generated from multi-sequence MR images using an adversarial network for MR-only radiotherapy
3. 学会等名	61th Annual Meeting and Exhibition, American Association of Physicists in Medicine (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Yuichi Akino, Hirokazu Mizuno, Yoshihiro Tanaka, Masaru Isono, Norihisa Masai, Toshihiro Yamamoto
2. 発表標題	Variation of small field dosimetry of Novalis Tx beam data: multi-institutional study
3. 学会等名	World Congress on Medical Physics & Biomedical Engineering (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 秋野祐一, 塩見浩也, 鈴木修, 隅田伊織, 東中直一, 林田海織, 馬淵 順久, 小川和彦
2. 発表標題 サイバーナイフ動体追尾照射精度における呼吸位相シフトの影響
3. 学会等名 第116回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋野祐一, 水野裕一, 田中義浩, 五十野優, 正井範尚, 山本鋭二郎
2. 発表標題 Novalis Txの小照射野X線ビームデータ多施設解析
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会 第31回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akino Y, Fujiwara M, Kaneko A, Masutani T, Mizuno H, Isohashi F, Suzuki O, Seo Y, Tamari K, Ogawa K
2. 発表標題 Characterization of microSilicon diode detector for electron beam dosimetry
3. 学会等名 第119回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akino Y, Suzuki O, Shiomi H, Isohashi F, Seo Y, Tamari K, Hirata T, Ogawa K
2. 発表標題 Evaluation of respiratory phase shifts between lung tumor and external marker motions using a 320-slice dynamic volume 4D-CT
3. 学会等名 2020 Joint AAPM COMP Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020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
--	---------------------------	-----------------------	----

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