

令和 3 年 5 月 15 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H04044

研究課題名（和文）患者体内中での「陽子線線量の観える化」観測技法の研究

研究課題名（英文）Study for MIERU-KA of proton irradiated dose observing technique in patient body

研究代表者

西尾 禎治（Nishio, Teiji）

大阪大学・医学系研究科・教授

研究者番号：40415526

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 38,920,000円

研究成果の概要（和文）：陽子線治療において、患者体内中での「陽子線線量の観える化」観測技法により、腫瘍へ陽子線が的確に照射されていることを確認出来る高精度陽子線治療法の実現を目指した研究を実施した。Activity分布活用線量分布推定法技術、生成ポジトロン放出核分布高速計算処理法技術及び高精度陽子線線量計算アルゴリズム技術の研究開発を行った。それらの技術を統合することで、患者体内中陽子線線量分布観測システム:pDose-BOLPsを構築した。人体模擬ファントム等への陽子線照射実験により、本システムの性能評価を実施した。その結果、患者体内中陽子線線量分布を10%以下で推定可能であることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において、入射陽子と患者体内にある原子核との標的原子核破砕反応により生成されるポジトロン放出核を情報因子とする陽子線照射領域のActivity分布データから、研究開発した線量分布推定法を搭載したシステムであるpDose-BOLPsによって陽子線照射線量の可視化を実現させたことは、世界に類を見ない成果である。本pDose-BOLPsを活用することで、患者ごとに最適な治療を提供可能な革新的テーラーメイド陽子線治療の実現可能性を示唆することができた。患者への高品質な高精度陽子線治療の提供と我が国の医療機器産業技術の幅広い世界展開において、本課題を解決する研究は非常に重要である。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed an observation technique for "visualization of proton dose" in the patient's body for high-precision proton therapy to confirm that the proton beam is accurately irradiated to the tumor. In addition, we have developed the function for estimating the dose distribution using activity distribution, the function for fast calculation of the distribution of generated positron emitter, and the function for high-precision proton dose calculation algorithm. By integrating these functions, the proton dose distribution observation system in the patient body: pDose-BOLPs has been constructed. The performance of the system has been evaluated by proton irradiation experiments on an anthropomorphic phantom. As a result, it was confirmed that the pDose-BOLPs can estimate the proton dose distribution in the patient's body with an accuracy of less than 10%.

研究分野：医学物理学

キーワード：陽子線治療 体内中陽子線線量分布可視化 標的原子核破砕反応 患者体内中陽子線線量分布観測システム

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

現在、国内のがん患者数は年々増加傾向にあり、国民の2人に1人ががんで亡くなる時代が到来している。この国民病とも云えるがんの三大治療法の一つである放射線治療は患者への負担が小さく、優れた機能温存性により高いQOLを提供することが可能である。特に体力の少ない高齢者、日本の未来を担う小児期やAYA世代の若年者にとって大変有用な治療法である。我が国が直面する超高齢・少子化社会において、放射線治療は高い需要があり、より腫瘍へ線量を集中可能な技術の高精度化が重要となる。それに伴い、腫瘍に対する照射線量を正確に把握することが強く要求されている。近年、世界中で透視画像、CT画像、MRI画像を駆使した患者体内中の腫瘍位置把握に関する研究開発が盛んであるが、これは腫瘍へ放射線が実際に正しく照射されたかの確認にはなっていない。高精度放射線治療の一つである陽子線治療は腫瘍への高い線量集中性を示す物理特性を持っている。この特性を最大限に活かすために、患者体内における計画線量分布と実際の照射線量分布との間に高い整合性が要求される一方で、患者体内へ照射された腫瘍内線量分布を直接的に確認することは非常に重要であるが、実現困難なテーマであった。

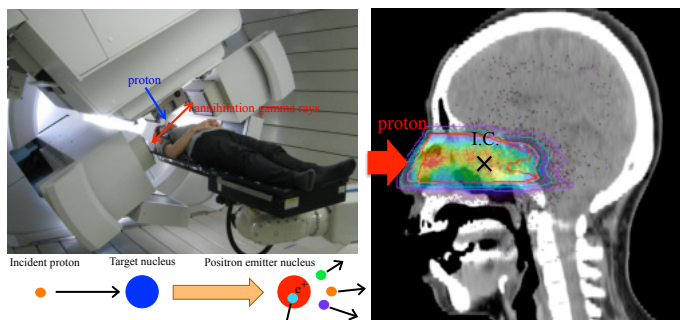


図1：BOLPs、標的原子核破砕反応概念図、陽子線照射領域可視化画像。

この「放射線は目に見えない」という課題を克服するために、我々は粒子線治療の一つである陽子線治療において、入射陽子と患者体内にある原子核との標的原子核破砕反応により生成されるポジトロン放出核を情報因子とする陽子線照射領域の可視化の研究開発を実施してきた。この研究活動の中で、我々は標的原子核破砕反応で生成されるポジトロン放出核の消滅ガンマ線の放出位置・強度分布の計測が可能なBeam ON-LINE PET system (BOLPs)を開発し、照射領域の可視化と治療期間中の腫瘍の縮小に伴う可視化領域の空間的位置・形状変化の観測を可能にした(図1参照)。それらの研究開発成果(研究代表者の研究業績参照)によって、陽子線治療において、目に見えなかった陽子線が実際に患者の腫瘍への確に照射されているかを視覚的に確認可能な高精度陽子線治療を世界で初めて実現させた。また、本BOLPsは陽子線治療装置との一体型で2016年12月6日に新たなカテゴリー「オンラインポジトロン放射モニター装置」としてPMDAの薬事承認を受けた(BOLPs単体装置薬事承認ではない)。その一方、BOLPsは生成ポジトロン放出核強度分布(Activity分布)の観測により「実際の陽子線照射領域の可視化」を成功させたが、陽子線治療で最重要な「腫瘍への投与線量」に対する「実際の陽子線照射線量の可視化」の実現に至っていない。患者への高品質な高精度陽子線治療の提供と我が国の医療機器産業技術の幅広い世界展開において、本課題を解決する研究は非常に重要である。

2. 研究の目的

本研究では、患者体内中での「陽子線線量の観える化」観測技法を確立させ、世界で類を見ない新しい概念の革新的テーラーメイド陽子線治療の実現を目指す。我々が開発した世界で唯一の陽子線照射領域可視化システムであるBOLPsを活用し、計測される患者体内中のActivity分布から線量分布を推定する患者体内中陽子線線量分布観測システム:pDose-BOLPsの開発と構築を目的とする。pDose-BOLPsによって、患者体内中の腫瘍に対して実際に照射された陽子線線量分布を推定し、治療計画によって事前計算された陽子線線量分布との比較により陽子線治療の精度を保証することが可能となる。既にBOLPsは国内外において非常に高い評価を受けており、患者体内中陽子線照射線量可視化を可能にする次世代型BOLPsであるpDose-BOLPsは高い独自性と創造性を兼ね備えている。尚、本研究成果がもたらす効果として、高精度陽子線治療の提供による患者の治癒率向上と治療予後改善、再治療率の低下に伴う国の医療費削減への貢献などが期待出来る。

3. 研究の方法

BOLPsより得られる照射領域可視化画像データを用いることで、患者体内中の腫瘍に対して実際に照射された3次元陽子線線量分布を推定し、治療計画によって事前計算された3次元陽子線線量分布との比較により陽子線治療の精度を保証することが可能となる。その一方、陽子線治療による人体組織へ照射される線量は電磁相互作用、また、生成されるActivity量は原子核反応に依存するため、異なる物理反応による双方の物理量の相関の紐付けは非常に複雑となる。そ

のため、陽子線治療において、BOLPs による Activity 分布計測結果より推定される実際の患者体内中での 3 次元陽子線線量分布の導出には、計算による線量データと計測による Activity 量データを活用した新たな手法 (図 2 参照) の立案が不可欠である。

3 年間の研究期間内に、患者体内中での「陽子線線量の観える化」観測技法の研究に関する、Activity 分布活用線量分布推定法、生成ポジトロン放出核分布高速計算処理法、高精度陽子線線量計算アルゴリズムの開発及び患者体内中陽子線線量分布観測システム：pDose-BOLPs の構築と総合試験を行った。Activity 分布計測データから直接的な患者体内中陽子線線量分布データの可視化の実績は本研究が世界初となるため、まずは、10%以下での患者体内中陽子線線量分布推定を目指した。

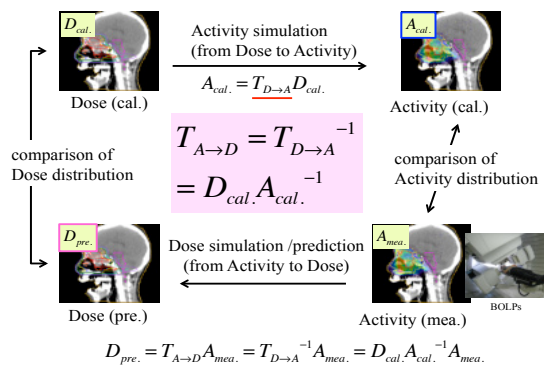


図 2：Activity 分布活用線量分布推定法の概念図。

4. 研究成果

本研究の核となる、Activity 分布活用線量分布推定法においては、治療計画による患者体表面陽子線照射条件と 3 次元陽子線線量分布データ及び Activity 分布データ、更に計算と計測の比較差分データの相関情報を用いることで、実際の患者体内中での 3 次元陽子線線量分布を推定する手法を考案した。考案した手法の知財化を行った。尚、研究初年度の 2018 年 7 月に「線量分布予測システム、線量分布予測方法及び線量分布予測プログラム」で特許申請を行い、翌年の 2019 年 12 月に特許第 6635476 号として特許を取得した。

Activity 分布活用線量分布推定法の手法に基づく機能のソフトウェア開発を行った。開発したソフトウェアの機能を検証するために、190MeV の MONO 及び SOB50mm の陽子線をポリエチレン及び水ターゲットへ照射実験を行い、BOLPs による Activity 分布実測データを取得した。計算による陽子線線量分布データ及び実測により取得した Activity 分布データを用いることで、考案した Activity 分布活用線量分布推定法を機能化したソフトウェアにより深部及び側方の 2 次元陽子線線量分布から 2 次元 Activity 分布データを導出した。Activity 分布活用線量分布推定法を機能化したソフトウェアの入力データとして取得した Activity 分布実測データを用いることで、陽子線線量分布の推定を行った。

陽子線線量分布推定に必要な生成ポジトロン放出核分布高速計算処理法の研究開発においては、MLEM(Maximum Likelihood Expectation Maximization)法を活用した Activity 分布の高速計算処理機能を開発した。その際、MLEM 法による計算処理及び生成核種半減期の時間依存性を考慮した Activity 分布形状変化の処理法を確立させ導入した。開発した機能について、陽子線照射実験により BOLPs で取得した Activity 分布実測データを用いることで、陽子線線量分布計算データから MLEM 法で計算される Activity 分布データの精度検証を実施した (図 3 参照)。

高精度陽子線線量計算アルゴリズムの研究開発においては、モンテカルロシミュレーションコードである PHITS を用いることで、Activity 分布活用線量分布推定に必要な患者体内中の陽子線線量及び Activity 分布を計算可能な数値シミュレーション機能を構築した。また、高位置・高計数率での Activity 計測が可能な pDose-BOLPs の検出器配置の最適化も平行して実施した。

本研究で開発した様々な技術及び機能を統合することで、患者体内中陽子線線量分布観測シ

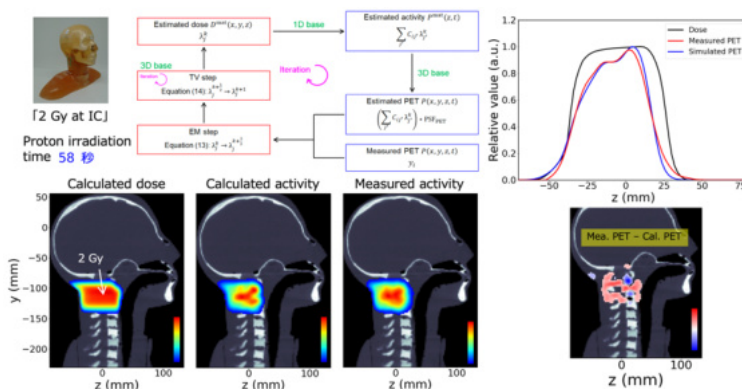


図 3：計算線量分布から計算 Activity 分布への変換アルゴリズムの概念図及び変換計算結果。

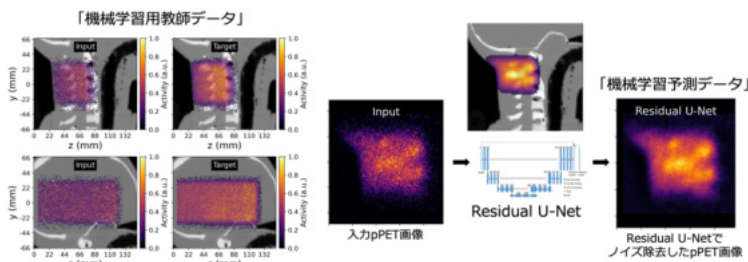


図 4：深層機械学習統計ノイズ除去アルゴリズムによる Activity 分布画像低ノイズ化結果。

システムである pDose-BOLPs を構築した。本システムの統合検証用に人体模擬ファントムを製作し、実際の患者への陽子線治療を想定した治療計画及び照射実験を実施した。治療計画による陽子線線量分布計算データ及び BOLPs による実測 Activity 分布データの取得による統合試験を行った。pDose-BOLPs によって、実測 Activity 分布データから推定された陽子線線量分布データと治療計画装置等で計算された陽子線線量分布データを比較検証した。また、深層機械学習統計ノイズ除去アルゴリズムを開発し、様々な照射条件での実験により取得される実測 Activity 分布データとそれに対応する計算線量分布データの組合せを深層機械学習機能の訓練データとして活用することで、線量推定精度の向上を図った (図 4 参照)。尚、pDose-BOLPs は、国内外の陽子線治療装置メーカーから機器仕様等の基本情報を収集し、メーカーを限定せずに陽子線スキャンニング照射にも適応したシステムとした。本研究で開発した pDose-BOLPs を用いることで、患者体内中陽子線線量分布を目標値である 10%以下で推定可能であった (図 5 参照)。

陽子線照射実験での pDose-BOLPs の統合試験の結果から、患者体内中での「陽子線線量の観える化」観測技法による腫瘍へ実際に照射された陽子線線量分布の可視画像化を実現したことで、患者ごとに腫瘍への確に照射されていることを見ながら治療する革新的テーラーメイド陽子線治療の可能性を示唆することができた。

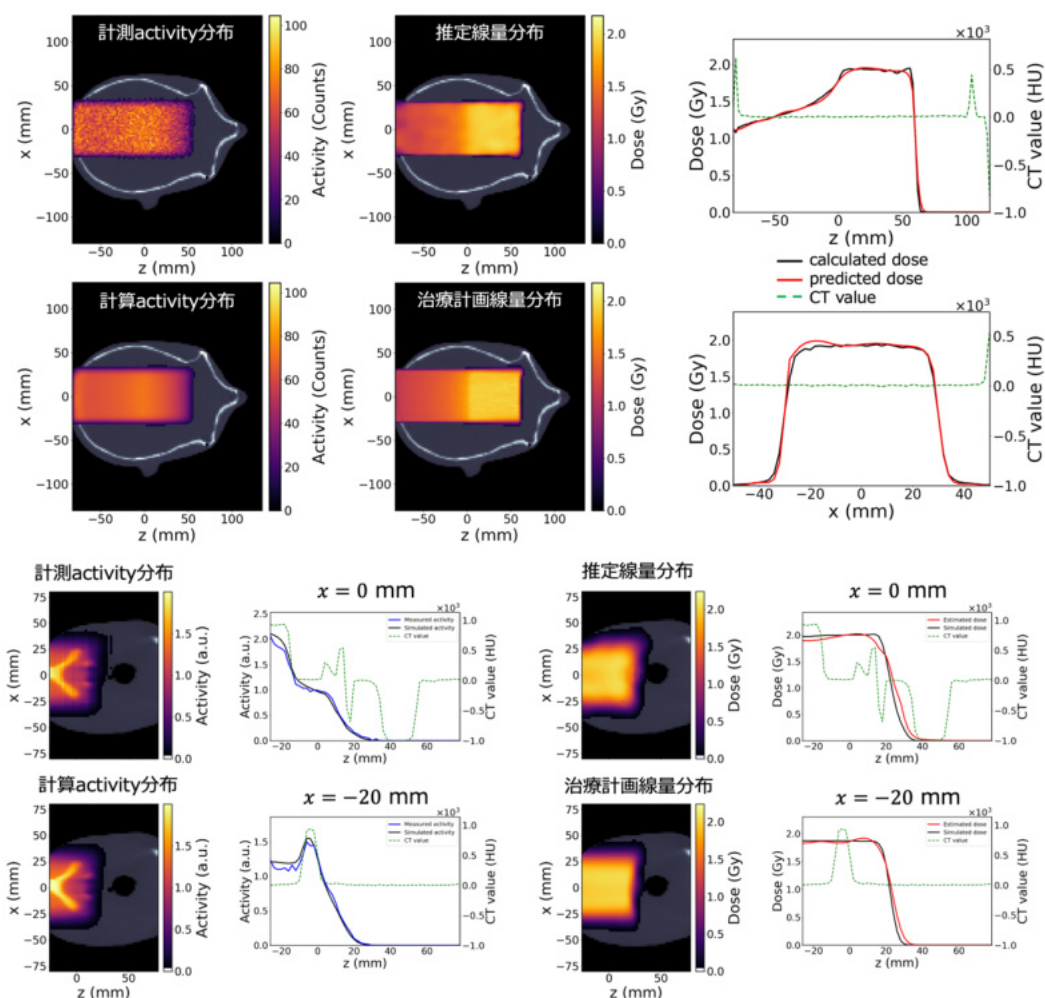


図 5: 人体模擬ファントムへの陽子線照射における pDose-BOLPs による体内中陽子線線量分布の推定結果。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 A. Sano, T. Nishio, T. Masuda, K. Karasawa	4. 巻 7
2. 論文標題 Denoising PET images for proton therapy using a residual U-Net	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomed. Phys. Eng. Express.	6. 最初と最後の頁 25014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/abe33c	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 A. Sano, T. Nishio, T. Masuda, K. Karasawa	4. 巻 7
2. 論文標題 Denoising PET images for proton therapy using a residual U-Net	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomed. Phys. Eng. Express.	6. 最初と最後の頁 25014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/abe33c	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 T. Masuda, T. Nishio, A. Sano, K. Karasawa	4. 巻 68(18)
2. 論文標題 Extension of the ML-EM algorithm for dose estimation using PET in proton therapy: application to an inhomogeneous target	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Med. Biol.	6. 最初と最後の頁 185001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/ab98cf	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 T. Nishio	4. 巻 62(1)
2. 論文標題 Technology of high precision radiotherapy and the role of medical physicist; a new career path for science researchers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. At. Energy Soc.	6. 最初と最後の頁 12-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3327/jaesjb.62.1_12	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 T. Masuda, T. Nishio, J. Kataoka, M. Arimoto, A. Sano, K. Karasawa	4. 巻 64(17)
2. 論文標題 ML-EM algorithm for dose estimation using PET in proton therapy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Med. Biol.	6. 最初と最後の頁 175011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/ab3276	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 T. Nishio, H. Tachibana, Y. Kase, K. Hotta, M. Nakamura, M. Tamura, T. Terunuma, T. Toshito, H. Yamashita, S. Ishikura, H. Fuji, T. Akimoto, Y. Nishimura	4. 巻 140
2. 論文標題 Liver phantom design and dosimetric verification in participating institutions for a proton beam therapy in patients with resectable hepatocellular carcinoma: Japan Clinical Oncology Group trial (JCOG1315C)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiother. Oncol.	6. 最初と最後の頁 98-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radonc.2019.06.005	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 M. Takabe, T. Masuda, M. Arimoto, J. Kataoka, K. Sueoka, T. Maruhashi, S. Tanaka, T. Nishio, T. Toshito, M. Kimura, T. Inaniwa	4. 巻 /
2. 論文標題 Development of simple proton system with novel correction methods of proton scattering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nucl. Instrum. Method.	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) 10.1016/j.nima.2018.05.034	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 T. Nishio, A. Nishio	4. 巻 11(2)
2. 論文標題 Study of innovating new proton therapy using distribution image of positron emitters generated in patient's body by target nuclear reaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JSMI Rep.	6. 最初と最後の頁 3-8
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 T. Masuda, J. Kataoka, M. Arimoto, M. Takabe, T. Nishio, K. Matsushita, T. Miyake, S. Yamamoto, T. Inaniwa, T. Toshito	4. 巻 8
2. 論文標題 Measurement of nuclear reaction cross sections by using Cerenkov radiation toward high-precision proton therapy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 2570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-20906-z	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 S. Tanaka, T. Nishio, M. Tsuneda, K. Matsushita, S. Kabuki, M. Uesaka	4. 巻 63(3)
2. 論文標題 Improved Proton CT Imaging using a Bismuth Germanium Oxide Scintillator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Med. Biol.	6. 最初と最後の頁 35030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/aaa515	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 -

〔学会発表〕 計32件(うち招待講演 5件/うち国際学会 9件)

1. 発表者名 西尾禎治
2. 発表標題 リアルタイム至適陽子線治療
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第33回学術大会 シンポジウム4: Real-time Adaptive Radiotherapy (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松下慶一郎、西尾禎治、増田孝充、恒田雅人、黒澤知征、宮川真、佐野碧、尾方俊至、武中正、梶川智博、山田恵
2. 発表標題 陽子線治療のための酸素核における陽電子放出核生成断面積の測定
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 T. Nishio
2 . 発表標題 How to acquire various types of research grant
3 . 学会等名 The 119th Scientific Meeting of JSMP (招待講演)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 T. Masuda, T. Nishio, A. Sano, K. Karasawa
2 . 発表標題 Proton dose estimation using PET: extension of the ML-EM algorithm to inhomogeneous targets
3 . 学会等名 The 119th Scientific Meeting of JSMP
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. Sugama, M. Araya, H. Fujimoto, Y. Ito, Y. Seki, G. Shibagaki, T. Nishio, H. Onishi
2 . 発表標題 Evaluation of dosimetric advantages of using collimator with line scanning method of multi-purpose nozzle
3 . 学会等名 The 119th Scientific Meeting of JSMP
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 S. Tanaka, N. Miyamoto, T. Nishio, T. Yoshimura, S. Takao, Y. Matsuo, S. Shimizu, H. Shirato, T. Matsuura
2 . 発表標題 Development of gated proton imaging system for moving target
3 . 学会等名 ESTRO Asia 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Tsuneda, T. Nishio, T. Edura, K. Karasawa
2 . 発表標題 Deveolpment of the scintillator imaging system for measurement of 3D dose distribution
3 . 学会等名 The 19th AOCMP Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Tsuneda, T. Nishio, T. Ezura, K. Karasawa
2 . 発表標題 Measurement of the three-dimensioncal dose distribution using scintillator imaging system
3 . 学会等名 AAPM 61 Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 C. Toramatsu, T. Inaniwa, T. Nishio, K. Karasawa
2 . 発表標題 Appropriate beam spot size for pencile beam scanning charged-particle therapy incorporating anatomical heterogeneities
3 . 学会等名 AAPM 61 Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Masuda, T. Nishio, J. Kataoka, M. Arimoto, A. Sano, H. Yamashita, K. Karasawa
2 . 発表標題 Dose estimation from proton-induced PET images by using the ML-EM algorithm
3 . 学会等名 PTCOG 58 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Nishio
2. 発表標題 Technology of innovative radiotherapy for cancer and medical physics
3. 学会等名 The 52th JAIF Annual Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西尾禎治
2. 発表標題 リアルタイム体内中線量可視化画像誘導陽子線治療の研究
3. 学会等名 応用物理学会放射線分科会医療放射線技術研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西尾禎治、岡本俊、増田孝光、西尾彩、恒田雅人、友澤弘充、佐野碧、山下晴男、溝脇尚志、唐澤久美子
2. 発表標題 陽子線治療における照射線量領域リアルタイムモニタリング
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 西尾禎治
2. 発表標題 ここまで来た陽子線治療技術～そして令和へ～
3. 学会等名 第5回たちばな放射線治療講演会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 須釜裕也、荒屋正幸、藤本宏幸、伊藤靖浩、関祐、柴垣元太郎、西尾禎治、大西洋
2. 発表標題 コリメータを使用した陽子線ラインスキャン法におけるコミッショニング
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 K. Matsushita, T. Nishio, T. Masuda, S. Tanaka, M. Tsuneda, T. Kurosawa, S. Miyagawa, A. Sano, T. Ogata, T. Takenaka, H. Yamazaki, K. Yamada
2. 発表標題 Measurement of production cross-sections of positron emitter nuclei in target nuclear fragmentation reactions for proton therapy
3. 学会等名 The 118th Scientific Meeting of JSMP
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桶大樹、阿蘇司、西尾禎治
2. 発表標題 水への陽子線照射による即応ガンマ線シミュレーションとその再構成画像の評価
3. 学会等名 第56回アイソトープ・放射線研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tanaka, T. Nishio, T. Tahara, M. Tsuneda, T. Masuda, H. Shirato
2. 発表標題 Study on proton CT imaging using clinical proton beam
3. 学会等名 The 117th Scientific Meeting of JSMP
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Tomida, N. Kakuta, S. Takahashi, T. Nishio, T. Yanagi
2 . 発表標題 Commissioning of a compact pencil-beam scanning proton therapy system: ProteusONE
3 . 学会等名 The 117th Scientific Meeting of JSMP
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Tsuneda, T. Nishio, S. Tanaka, K. Hotta, T. Akimoto, K. Karasawa, Y. Nagata
2 . 発表標題 A novel verification method using a plastic scintillator imaging system for evaluation of the 3D central beam axis in proton therapy
3 . 学会等名 The 18th AOCMP Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 A. Nishio, T. Nishio, T. Okamoto, S. Kabuki, H. Yamashita, T. Mizowaki, M. Tsuneda, T. Masuda, K. Karasawa
2 . 発表標題 Research and development of neo beam ON-LINE PET system for dose-volume delivery guided proton therapy
3 . 学会等名 2018 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Masuda, T. Nishio, J. Kataoka, M. Arimoto
2 . 発表標題 High-accuracy and high-speed estimation of proton dose from PET images by using ML-EM algorithm
3 . 学会等名 2018 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 西尾禎治、岡本俊、増田孝充、西尾彩、恒田雅人、佐野碧、山下晴男、友澤弘充、永田毅、前川秀正、唐澤久美子
2. 発表標題 陽子線照射領域可視化観測システムの研究開発
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回高精度放射線外部照射部会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田孝充、西尾禎治、片岡淳、有元誠、佐野碧、西尾彩、恒田雅人、友澤弘充、永田毅、前川秀正、山下晴男、岡本俊、唐澤久美子
2. 発表標題 PETを用いた陽子線線量分布推定法の開発
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回高精度放射線外部照射部会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐野碧、西尾禎治、増田孝充、友澤弘充、西尾彩、恒田雅人、岡本俊、山下晴男、永田毅、前川秀正、唐澤久美子
2. 発表標題 Convolutional neural networkを用いたActivity分布画像の高画質化手法の開発
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回高精度放射線外部照射部会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西尾禎治
2. 発表標題 小型陽子線治療装置PROTEUS ONEの物理特性
3. 学会等名 ランチョンセミナー7、日本放射線腫瘍学会第31回学術大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西尾禎治、増田孝光、西尾彩、恒田雅人、佐野碧、友澤弘充、永田毅、前川秀正、唐澤久美子
2. 発表標題 患者体内中での「陽子線線量の観える化」観測技法の研究
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 松下慶一郎、西尾禎治、田中創大、増田孝光、恒田雅人、山田恵、山崎秀哉、鈴木弦、尾方俊至、武中正
2. 発表標題 陽子線治療のための標的原子核破砕反応における陽電子放出核生成断面積の測定 2
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 西尾禎治、岡本俊、増田孝光、西尾彩、恒田雅人、佐野碧、山下晴男、友澤弘充、永田毅、前川秀正、唐澤久美子
2. 発表標題 陽子線照射領域可視化用new Beam ON-LINE PET system (nBOLPs) の研究開発
3. 学会等名 第15回日本粒子線治療臨床研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Masuda, T. Nishio, J. Kataoka, M. Arimoto, K. Karasawa
2. 発表標題 Developing a novel method of estimating proton dose from proton induced PET images
3. 学会等名 The 116th Scientific Meeting of JSMP
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Tahara, S. Tanaka, M. Tsuneda, T. Nishio, K. Karasawa, N. Hayashizaki
2. 発表標題 Study on image acquisition method by pencil beam for high accuracy of proton beam therapy
3. 学会等名 The 116th Scientific Meeting of JSMP
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Sugama, M. Araya, H. Fujimoto, Y. Ito, I. Maeshima, Y. Seki, T. Shimada, G. Shibagaki, T. Nishio, H. Onishi
2. 発表標題 Evaluation of interplay effect in the line scanning method for moving targets with small respiratory motion
3. 学会等名 The 115th Scientific Meeting of JSMP
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 西尾禎治（榮武二、遠藤真広編著）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 国際文献社	5. 総ページ数 284
3. 書名 医学物理学教科書シリーズ：放射線物理学 - 原子の構造	

1. 著者名 唐澤久美子、西尾禎治、小澤修一	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	

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 線量分布予測システム、線量分布予測方法及び線量分布予測プログラム	発明者 西尾禎治、永田毅、 前川秀正、友澤弘 充、佐野碧	権利者 学校法人東京女子医科大学、み ずほ情報総研株
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6635476号	取得年 2019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	稲庭 拓 (Inaniwa Taku) (10446536)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所 物理工学部・グループリーダー(定常) (82502)	
研究分担者	阿蘇 司 (Aso Tsukasa) (30290737)	富山高等専門学校・その他部局等・教授 (53203)	
研究分担者	梅垣 菊男 (Umegaki Kikuo) (40643193)	北海道大学・工学研究院・特任教授 (10101)	
研究分担者	中川 恵一 (Nakagawa Keiichi) (80188896)	東京大学・医学部附属病院・准教授 (12601)	
研究分担者	溝脇 尚志 (Mizowaki Takashi) (90314210)	京都大学・医学研究科・教授 (14301)	

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