

令和 6 年 5 月 24 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K04974

研究課題名（和文）陽子線照射による水の微弱光を用いた線量分布推定法 - チェレンコフ光との識別 -

研究課題名（英文）Estimation of dose distribution using luminescence of water during proton beam irradiation -discrimination with Cherenkov light-

研究代表者

小森 雅孝（Komori, Masataka）

名古屋大学・医学系研究科（保健）・准教授

研究者番号：30392228

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、陽子線照射時に発生する水の微弱光とチェレンコフ光の発光量角度依存性の違いを明らかにし、微弱光とチェレンコフ光を識別することである。CCDカメラを用いて水の発光量角度依存性を測定した。照射した陽子線のエネルギーは、微弱光しか発光しない100 MeVと微弱光とチェレンコフ光の両方を発光する200 MeVを使用した。またモンテカルロシミュレーションによる発光量角度依存性の計算も行った。実測、計算ともに微弱光はほぼ等方的に発光していた一方、チェレンコフ光は前方に強く発光していることが分かった。よって両発光現象が識別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

100 MeV陽子線照射の発光量分布から微弱光はほぼ等方的に発光していることが明らかとなった。一方で、200 MeV陽子線照射の発光量分布からチェレンコフ光は前方に強く発光していることが分かった。チェレンコフ光の発光量分布は既知の物理学で計算可能である。従って微弱光とチェレンコフ光が混在する発光量分布から計算で得られたチェレンコフ光の分布を差分することで、微弱光分布のみが得られることが示唆された。これにより、微弱光分布を用いた簡便かつ高精度な線量分布推定法への応用が可能であることが分かった。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to clarify the difference in the angular dependence of luminescence and Cherenkov light emitted from water during proton beam irradiation. The proton beam energy used was 100 MeV, emitting only luminescence, and 200 MeV, emitting both luminescence and Cherenkov light. The Monte Carlo simulation: Geant4 also calculated the angular dependence. Both measurements and calculations showed that the luminescence emitted almost isotropically, while the Cherenkov light emitted strongly in the forward direction. The difference in the angular dependence suggests that luminescence and Cherenkov light are distinguishable.

研究分野：医学物理学

キーワード：水の発光 微弱光 チェレンコフ光 陽子線治療 線量分布推定 QA/QC

1. 研究開始当初の背景

線量集中性が高く周辺の正常組織へのダメージが少ない陽子線がん治療は患者負担が少ない治療法である。よって陽子線治療施設が急速に増えており、その品質管理のために簡便かつ高精度な陽子線の三次元線量分布測定法の開発が盛んである。チェレンコフ放射が起こる閾値エネルギー (~120 MeV) 以下で照射した陽子線に起因する、水の微弱な発光現象 (以下、微弱光とする) が陽子線の線量分布をよく再現し、線量分布推定法への応用が期待されている。しかし、がん治療用陽子線は 120 MeV 以上のエネルギーを有するので、線量分布を再現しないチェレンコフ光が混在することになる。微弱光とチェレンコフ光は同程度の波長を有するので、識別が困難である。

2. 研究の目的

本研究では、高感度 Charge-Coupled Device (CCD) カメラを用いて陽子線照射時に発生する水の微弱光とチェレンコフ光の発光量角度依存性を測定し、両者を識別することを目的とする。また、モンテカルロシミュレーションコードである Geant4(Geometry And Tracking version4.10.07)を用いて、微弱光とチェレンコフ光の発光量角度依存性をそれぞれ計算し実測値と比較することによって、測定の不確かさを検証する。

3. 研究の方法

3. 1. CCD カメラを用いた発光量角度依存性の測定

自然落下により形成した直径 10 mm の壁なし水標的に陽子線を照射し、CCD カメラ (BITRAN 社製, BU-50LN) を用いて複数の角度から発光量を測定することで、水の発光量角度依存性を測定した。測定の鳥観図を図 1 に示す。陽子線のエネルギーは 100 MeV と 200 MeV

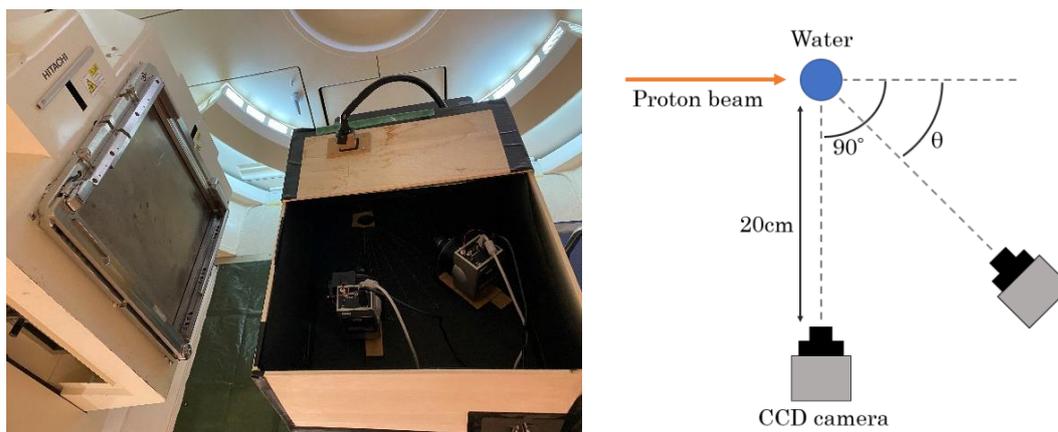


図 1 CCD カメラを用いた水の発光量角度依存性の測定

を使用した。チェレンコフ光を発する陽子線のしきいエネルギーは 120 MeV である。よって 100 MeV の陽子線は微弱光のみが発光する一方、200 MeV の陽子線は微弱光とチェレンコフ光の両方が発光する。1 台の CCD カメラは 90° 方向に固定し正規に使用した。もう 1 台の CCD カメラ 45° から 120° 方向に設置して、水の発光を撮影した。各条件での撮影時間は 3 分とし、陽子線を照射して撮影した画像から、照射しないで撮影した画像をバックグラウンドとして差分した。また外部からの光の影響を防ぐために、測定装置全体を暗幕で遮光した上で測定した。測定は名古屋陽子線治療センターで実施した。

3. 2. モンテカルロシミュレーション Geant4 を用いた発光量角度依存性の計算

Geant4 を用いて実測と同じ条件で水からの微弱光とチェレンコフ光の発光量角度依存性を計算した。直径 1 cm、高さ 40 cm の円柱状の水標的を設定し、100 MeV と 200 MeV の陽子線を照射した。陽子線はガウス分布状の広がりを持つペンシルビームを使用し、名古屋陽子線治療センターの陽子線形状を再現した。水標的から距離 20 cm、20° から 180° 方向に有感領域を設定し、光学光子数を数数することで発光量角度依存性を計算した。

チェレンコフ光の発光機序はよく知られており、Geant4 で準備されている物理モデルを使用して発光量角度依存性を計算した。一方で、微弱光は発光機序がまだわかっていない。従って、矢部らが提案した手法を用いた (Yabe T. et al., Addition of luminescence process in Monte Carlo simulation to precisely estimate the light emitted from water during proton and

carbon-ion irradiation. Phys. Med. Biol. 63, 125019, 2018)。微弱光はほぼ等方的に発光していると考えられている。従って、Geant4 で準備されている蛍光の発光モデルを流用することで、微弱光を等方的に発光させた。

Geant4 の計算では、直径 1 cm の水標的の中心へ正確に陽子線を照射することが可能である。一方、実際の実験ではわずかに陽子線の照射位置が中心からずれる、あるいは水標的の断面が楕円に歪んでいることが考えられる。よって、水標的に照射する陽子線の位置ずらす、水の断面形状を真円から楕円にして発光量角度依存性を計算することで、実測の結果にどの程度の誤差が包含されているかも評価した。

4. 研究成果

図 2 に 100 MeV 陽子線を照射した際の水の発光量角度依存性を示す。100 MeV 陽子線照射

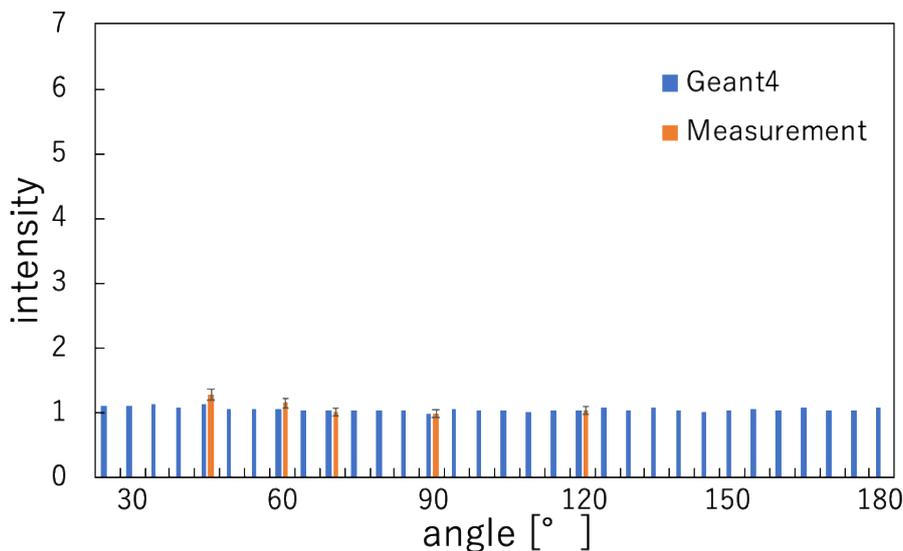


図 2 100 MeV 陽子線を照射した際の水の発光量角度依存性。オレンジ色が測定値を示し、水色が Geant4 による計算値を示す。測定値、計算値ともに 90° 方向の発光量を 1 として正規化している。

ではチェレンコフ光が発光せず、微弱光のみが発光する。実測値（オレンジ色）、計算値（青色）ともに発光量の角度依存性がなく、微弱光がほぼ等方的に発光していることが確認された。

図 3 に 200 MeV 陽子線を照射した際の水の発光量角度依存性を示す。200 MeV 陽子線照射

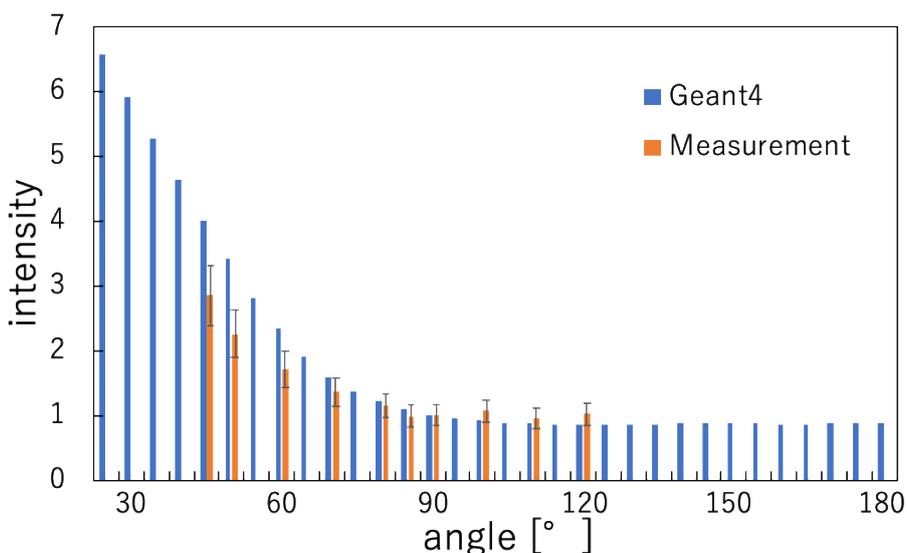


図 3 200 MeV 陽子線を照射した際の水の発光量角度依存性。オレンジ色が測定値を示し、水色が Geant4 による計算値を示す。測定値、計算値ともに 90° 方向の発光量を 1 として正規化している。

ではチェレンコフ光も発生する。実測値（オレンジ色）、計算値（青色）ともに陽子線の照射方向（0° 方向）の発光量が多いことが明らかとなった。

また、Geant4 で評価した陽子線の照射位置のずれ、水標的の断面形状の変化が発光量の角度依存性に及ぼす影響が 10%程度はあることが明らかとなった。

陽子線照射による水の微弱光とチェレンコフ光は波長の同程度であるため識別が困難である。しかし、本研究の成果により発光量角度依存性に大きな違いあることが明らかとなった。微弱光の発光機序は明らかでない一方、チェレンコフ光の発光機序はよく分かっており発光量分布を計算することが可能である。微弱光とチェレンコフ光が混在する治療用陽子線照射においても、チェレンコフ光の発光量分布を差分することで、微弱光のみの分布を得られることが示唆され、線量分布推定への応用も可能であることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yogo Katsunori, Kodaira Satoshi, Kusumoto Tamon, Kitamura Hisashi, Toshito Toshiyuki, Iwata Hiromitsu, Umezawa Masumi, Yamada Masashi, Miyoshi Takuto, Komori Masataka, Yasuda Hiroshi, Kataoka Jun, Yamamoto Seiichi	4. 巻 68
2. 論文標題 Luminescence imaging of water irradiated by protons under FLASH radiation therapy conditions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 15NT02 ~ 15NT02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/ace60b	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 Shimizu-Niwa Maiko, Suzuki Junzi, Matsunaga Takuma, Komori Masataka	4. 巻 98
2. 論文標題 Evaluation of the clinical implementation of a tattoo-free positioning technique in breast cancer radiotherapy using ExacTrac	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physica Medica	6. 最初と最後の頁 81 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejmp.2022.04.014	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 Suzuki Kentaro, Kamomae Takeshi, Oguchi Hiroshi, Kawabata Fumitaka, Sugita Kazuma, Okudaira Kuniyasu, Mori Masaki, Abe Shinji, Komori Masataka, Kawamura Mariko, Ohtakara Kazuhiro, Itoh Yoshiyuki, Naganawa Shinji	4. 巻 91
2. 論文標題 Development of an x-ray-opaque-marker system for quantitative phantom positioning in patient-specific quality assurance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physica Medica	6. 最初と最後の頁 121 ~ 130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejmp.2021.10.017	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 Yamauchi-Kawaura C, Maki E, Fujii K, Komori M, Imai K	4. 巻 196
2. 論文標題 MEASUREMENT OF HALF-VALUE LAYER IN COMPUTED TOMOGRAPHY SCANNERS USING LUMINESCENCE OF POLYETHERSULFONE RESIN BY X-RAY IRRADIATION	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiation Protection Dosimetry	6. 最初と最後の頁 26 ~ 33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/rpd/ncab126	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 Hirano Yoshiyuki, Komori Masataka, Onoda Daichi, Nagae Takayuki, Yamamoto Seiichi	4. 巻 4
2. 論文標題 Radioluminescence by synchrotron radiation with lower energy than the Cherenkov light threshold in water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics Communications	6. 最初と最後の頁 075002 ~ 075002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2399-6528/ab9f8d	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 Yamamoto Seiichi, Akagi Takashi, Hirano Yoshiyuki, Komori Masataka	4. 巻 6
2. 論文標題 Measurements of temporal response of luminescence of water at lower energy than Cerenkov-light threshold during carbon-ion irradiation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomedical Physics & Engineering Express	6. 最初と最後の頁 045002 ~ 045002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/ab8b7e	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 Ushiba Hiroto, Komori Masataka, Kitao Yohei, Toshito Toshiyuki	4. 巻 41 Sup.1
2. 論文標題 Evaluation of the angular distribution of produced light in water during high-energy proton irradiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 41 ~ 41
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 Komori Masataka, Kitao Yohei, Onoda Daichi, Toshito Toshiyuki, Hirano Yoshiyuki	4. 巻 40 Sup.1
2. 論文標題 Study for angular dependences of luminescence and Cherenkov light of water for dose estimation of therapeutic proton beam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 65 ~ 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 Hirano Yoshiyuki, Komori Masataka, Kitao Yohei, Onoda Daichi, Yamamoto Seiichi	4. 巻 40 Sup.1
2. 論文標題 Spectrum measurement of luminescence of water by synchrotron radiation beam with lower energy than the Cerenkov-light threshold	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 94 ~ 94
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 Yabe Takuya, Komori Masataka, Akagi Takashi, Yamashita Tomohiro, Yamamoto Seiichi	4. 巻 64
2. 論文標題 Imaging of fragment particles in water by nuclear spallation during carbon-ion irradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 13NT01 ~ 13NT01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/ab2920	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 Komori Masataka, Takeuchi Akihiko, Niwa Maiko, Harada Takaomi, Oguchi Hiroshi	4. 巻 184
2. 論文標題 OPTIMIZATION OF AN ADDITIONAL COLLIMATOR IN A BEAM DELIVERY SYSTEM FOR REDUCTION OF THE SECONDARY NEUTRON EXPOSURE IN PASSIVE CARBON-ION THERAPY	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Protection Dosimetry	6. 最初と最後の頁 28 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/rpd/ncy182	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 Horita Ryo, Yamamoto Seiichi, Yogo Katsunori, Komori Masataka, Toshito Toshiyuki	4. 巻 5
2. 論文標題 Three-dimensional (3D) dose distribution measurements of proton beam using a glass plate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomedical Physics & Engineering Express	6. 最初と最後の頁 045033 ~ 045033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/ab169e	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 Horita Ryo, Yamamoto Seiichi, Yogo Katsunori, Hirano Yoshiyuki, Okudaira Kuniyasu, Kawabata Fumitaka, Nakaya Takayoshi, Komori Masataka, Oguchi Hiroshi	4. 巻 124
2. 論文標題 Estimation of the three-dimensional (3D) dose distribution of electron beams from medical linear accelerator (LINAC) using plastic scintillator plate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 103 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2019.04.002	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 Yamamoto Seiichi, Horita Ryo, Yogo Katsunori, Komori Masataka, Toshito Toshiyuki	4. 巻 39 Sup.3
2. 論文標題 Discovery of scintillation of float glass and application for 3D dose distribution measurements of proton beam	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 30 ~ 30
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 Yabe Takuya, Hirano Yoshiyuki, Komori Masataka, Akagi Takashi, Yamamoto Seiichi	4. 巻 39 Sup.3
2. 論文標題 Estimation and correction of Cerenkov-light in the luminescence image of water during irradiations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 24 ~ 24
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 Masataka Komori, Eri Sekihara, Takuya Yabe, Ryo Horita, Toshiyuki Toshito, Seiichi Yamamoto	4. 巻 39 Sup.1
2. 論文標題 Comparison between luminescence and dose in water during uniform-field irradiation by spot scanning proton beam	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 197-197
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 Yohei Kitao, Masataka Komori, Ryo Horita, Fumitaka Kawabata, Kazuma Sugita, Kuniyasu Okudaira, Hiroshi Oguchi, Seiichi Yamamoto	4. 巻 39 Sup.1
2. 論文標題 Measurements of the propagation difference between Cherenkov-light and luminescence of water during carbon-ion beam irradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Medical Physics	6. 最初と最後の頁 198-198
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19件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 星野晃希, 小森雅孝, 平松夢翔, 歳藤利行
2. 発表標題 水への陽子線照射時に発生するチェレンコフ光と微弱光の角度依存性のシミュレーション
3. 学会等名 第51回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 星野晃希, 小森雅孝, 平松夢翔, 歳藤利行
2. 発表標題 水への陽子線照射時に発生するチェレンコフ光と微弱光の角度依存性のシミュレーション
3. 学会等名 第51回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大野聖弥, 小森雅孝, 小林勇太, 歳藤利行
2. 発表標題 コリメータを用いた頭部陽子線スキャンニング照射での中性子被ばく線量を評価する簡易推定モデルの作成
3. 学会等名 第51回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢谷朋子, 小口宏, 小林勇太, 奥平訓康, 清水秀年, 加茂前健, 小森雅孝
2. 発表標題 Roos型平行平板形電離箱における体積平均効果の評価
3. 学会等名 第51回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 AOYAMA Kanako, YOGO Katsunori, KOMORI Masataka
2. 発表標題 Evaluating nanoparticle candidates as radiation modifiers on DNA damages for radiation therapy
3. 学会等名 Nagoya-Yonsei University Research Exchange Meeting on Health Sciences (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平松夢翔, 小林勇太, 星野晃希, 歳藤利行, 小森雅孝
2. 発表標題 微弱光を用いた治療用陽子線の線量分布推定 - Geant4 を用いたチェレンコフ光除去による精度向上 -
3. 学会等名 第14回中部放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 KOBAYASHI Yuta, KOMORI Masataka, TOSHITO Toshiyuki
2. 発表標題 Evaluation of dose equivalent by secondary neutrons generated by head proton therapy
3. 学会等名 第123回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ushiba Hiroto、Komori Masataka、Kitao Yohei、Toshito Toshiyuki
2. 発表標題 Evaluation of the angular distribution of produced light in water during high-energy proton irradiation
3. 学会等名 第121回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Furuo Koki、Komori Masataka、Ushiba Hiroto、Toshito Toshiyuki
2. 発表標題 Effects of parallax error and light refraction on estimation for dose distribution of proton beams using luminescence in water
3. 学会等名 20th Asia-Oceania Congress on Medical Physics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Komori Masataka、Senga Ken-ichiro、Kitao Yohei、Toshito Toshiyuki
2. 発表標題 Reduction of parallax-error effect to luminescence imaging of water for dose estimation of therapeutic proton beam
3. 学会等名 European Congress of Radiology (ECR) 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Komori Masataka、Kitao Yohei、Onoda Daichi、Toshito Toshiyuki、Hirano Yoshiyuki
2. 発表標題 Study for angular dependences of luminescence and Cherenkov light of water for dose estimation of therapeutic proton beam
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 Hirano Yoshiyuki, Komori Masataka, Kitao Yohei, Onoda Daichi, Yamamoto Seiichi
2. 発表標題 Spectrum measurement of luminescence of water by synchrotron radiation beam with lower energy than the Cerenkov-light threshold
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 川浦稚代、牧英里奈、藤井啓輔、小森雅孝、今井國治、池田充
2. 発表標題 高分子材料の微弱発光を利用したX線CT検査の実効エネルギー測定法の開発
3. 学会等名 日本放射線技術学会第47回秋季学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamamoto Seiichi, Horita Ryo, Yogo Katsunori, Komori Masataka, Toshito Toshiyuki
2. 発表標題 Discovery of scintillation of float glass and application for 3D dose distribution measurements of proton beam
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 Yabe Takuya, Hirano Yoshiyuki, Komori Masataka, Akagi Takashi, Yamamoto Seiichi
2. 発表標題 Estimation and correction of Cerenkov-light in the luminescence image of water during irradiations
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 小森雅孝, 關原恵理, 矢部卓也, 堀田遼, 歳藤利行, 山本誠一
2. 発表標題 陽子線一様照射野における水の微弱光と線量分布の比較
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 北尾洋平, 小森雅孝, 堀田遼, 川端文隆, 杉田和真, 奥平訓康, 小口宏, 山本誠一
2. 発表標題 炭素線照射におけるチェレンコフ光と水の発光の伝搬の違いの評価
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 小森雅孝, 平野祥之, 矢部卓也, 堀田遼, 米内俊祐, 歳藤利行, 山本誠一
2. 発表標題 陽子線、炭素線及びネオン線照射による水の発光効率のLET依存性
3. 学会等名 日本放射線技術学会第46回秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀田遼, 小森雅孝, 矢部卓也, 小口宏, 山本誠一, 歳藤利行
2. 発表標題 陽子線照射による水の発光現象においてのCCDカメラの視差誤差のない計測
3. 学会等名 日本放射線技術学会第46回秋季学術大会
4. 発表年 2018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
---------	---------