

令和 5 年 6 月 10 日現在

機関番号：32206

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K08188

研究課題名(和文)炭素線治療に対する実測ベースRBE計算モデルの開発と高精度臨床解析

研究課題名(英文) Development of a phenomenological RBE model for carbon ion radiotherapy and high-precision clinical analysis

研究代表者

河野 良介 (Kohno, Ryosuke)

国際医療福祉大学・保健医療学部・教授

研究者番号：20392227

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)：線量平均LETによる臨床解析を行うために、線量平均LET計算システムを開発し、頭頸部がん症例について解析を行った。64.0Gy(RBE)処方された腺様嚢胞癌症例では、局所制御に関して最小線量平均LETが有意な因子で、視神経炎では、最大線量が有意な因子であったが、最大線量平均LET値が70keV/μm以下であれば、視神経炎のリスクが低いこともわかった。また、任意の腫瘍や正常組織に対する炭素線RBEを予測できる実測ベース型RBEモデルも開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、炭素線治療の有用性を評価しただけでなく、高精度な臨床解析により、局所制御や有害事象に関わる新たな因子を明らかにすることができた。これは炭素線治療の理解を深める興味深い成果であり、本研究の学術的意義は高い。加えて、実測ベース型RBE計算モデルの開発は、任意の組織に対する生物線量の計算を可能にすることから、炭素線治療のより一層の治療成績の向上に繋がる可能性を示すものであり、社会的意義も高い。

研究成果の概要(英文)：The dose-averaged LET (LET<sub>d</sub>) calculation tool for clinical analysis of patients treated with carbon-ion radiotherapy (CIRT) was developed. The head and neck patients treated with CIRT were analyzed by this calculation tool. For prescribed RBE-weighted dose of 64 Gy (RBE) in adenoid cystic carcinoma (ACC) patients, we observed the minimum LET<sub>d</sub> was a determinant of local control ( $p < 0.05$ ). For the optic neuropathy, it was obvious that the optic neuropathy had a greater effect from RBE-weighted dose rather than dose-averaged LET. A phenomenological RBE calculation model based on the LET<sub>d</sub> was simply parameterised and developed by fitting in vitro experimental data in the literature with data from our experiments.

研究分野：医学物理

キーワード：炭素線治療 LET RBE 臨床解析

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。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

炭素線治療を受けた患者数が 10,000 人を超える施設は、世界の中で量子科学技術研究開発機構 QST 病院以外に存在しない。この QST 病院には、20 年以上に及ぶ炭素線治療の実績があり、全身を対象に治療が施され、各部位の症例数も多い。すなわち、様々な部位に対する治療成績はもちろん、様々な正常組織に対する急性障害や数ヶ月から数年後に現れる晩期障害等の有害事象を含めた、唯一無二の臨床データの蓄積がここにはある。

我々は、これらの臨床データを治療に活かすことが重要であると考え、例えば、頭頸部がん治療において、治療成績の向上を目指しつつ、視神経炎のような晩期障害を如何に抑えるかが炭素線治療において大きな課題であると考えた。すなわち、新たな視点を持って、これまでの治療結果を解析することで、局所制御や放射線障害に関わる重要な因子を明らかにし、さらには、その因子を考慮することによって炭素線治療のさらなる高精度化を目指したいと考えた。これは、炭素線治療ががんを制圧することはもちろん、日本が引き続き世界における炭素線治療を強く牽引することにもつながり、それだけではなく、普及を踏まえた炭素線治療産業の発展にもつながるはずである。

### 2. 研究の目的

本研究では、炭素線治療の治療成績に起因すると考えられる線量平均 LET に着目し、治療計画装置にて評価可能な線量平均 LET 解析システムの開発を目的とした。そして、開発されたシステムを用いて、頭頸部症例における治療成績や晩期障害に対して臨床解析を行い、線量平均 LET の有用性について評価を行った。

また、現在の日本の炭素線治療における治療効果予測は、ヒト唾液腺癌 (HSG) 細胞に炭素線を照射したデータを基にして RBE を求めて行われている。しかしながら、RBE は主に細胞固有の放射線感受性を表す LQ モデルのパラメータ ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) と線エネルギー付与 (LET) に依存する。そこで、治療に影響を与えうる生物線量の計算精度向上による、炭素線治療のさらなる高精度化を目指し、光子線による ( $\alpha_x$ ,  $\beta_x$ ) が既知の細胞について、炭素線による ( $\alpha_c$ ,  $\beta_c$ ) の LET 依存性を調査し、任意の腫瘍や正常組織に対して炭素線 RBE を予測する実測ベース型 RBE モデルの開発も試みた。

このように、本研究では、炭素線治療の有用性の評価はもちろん、高精度な臨床解析による治療成績や有害事象の知見を深め、線量平均 LET の考慮や実測ベース型 RBE モデルの利用により、より優れた炭素線治療の実現を目指した。

### 3. 研究の方法

線量平均 LET による臨床解析を行うために、線量平均 LET や線量平均 LET の標準偏差計算システムを開発し、散乱体方式の炭素線治療に使われた炭素線治療計画装置に実装した。炭素線治療において再発や放射線障害の原因を究明することを目的として、その線量平均 LET 値や線量平均 LET の標準偏差値の有用性を評価するために、臨床解析を進めた。

対象は、重要臓器が照射野に近接し、治療後に脳炎や視神経障害等が発生する可能性がある頭頸部がん症例とし、2006 年 9 月から 2013 年 12 月に QST 病院にて炭素線治療が行われた頭頸部がん患者 228 例 (腺様嚢胞癌 101 例、悪性黒色腫 59 例、他の組織群 68 例) を対象とした。解析には、再発・非再発については、GTV に対する D90 線量値と最小線量平均 LET 値を、

視神経炎による有害事象については、視神経に対する最大線量値と最大線量平均 LET 値を用いた。

実測ベース型 RBE モデル開発には、 $(\alpha_x / \beta_x)$  が 0.805 から 12.9 までの 7 種類の粒子線に対する細胞実験結果を用いた。そして、その細胞実験結果に対して、炭素線と X 線の比  $(\alpha_c / \beta_c)$  に関しては、線量平均 LET 値の関数としてフィッティングし、 $\beta_c = \beta_x$  として、LET や  $\alpha_x$ 、 $\beta_x$  からなる RBE 算出モデルの構築を行った。

#### 4. 研究成果

図 1 に、開発された線量平均 LET 解析システムにより得られた線量平均 LET 分布や線量平均 LET の標準偏差分布の計算結果例を示す。この開発により、過去に治療された症例に対して、線量平均 LET についても容易に解析できるようになった。

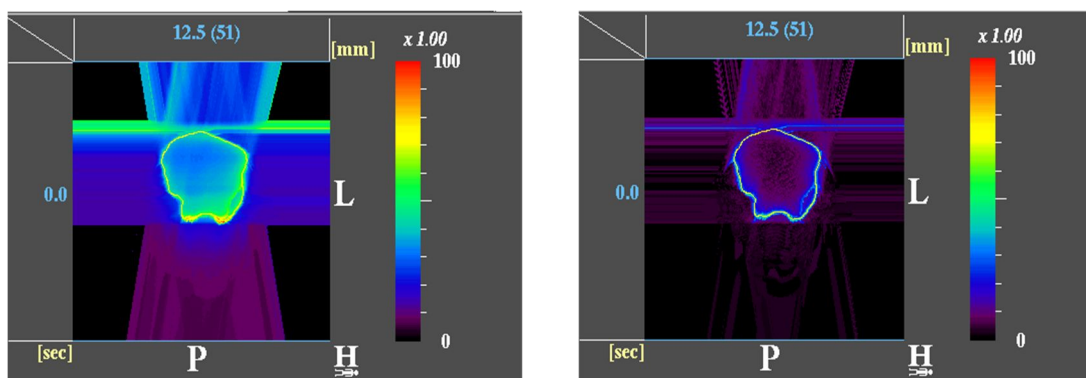


図 1：線量平均 LET 分布（左）と線量平均 LET の標準偏差分布（右）計算結果例

64.0Gy(RBE)処方された腺様嚢胞癌症例 69 例(再発 44 例・非再発 25 例)に対する解析では、局所制御に関して、最小線量平均 LET が有意な因子であることが明らかになった。一方、57.6Gy(RBE)処方された腺様嚢胞癌症例では有意差は認められなかった。さらに、悪性黒色腫症例でも、同様に有意差は認められなかった。視神経炎による有害事象に対しては、総視神経 309 本(視神経炎発症 33 本・非発症 276 本)について解析を行った結果、線量が有意な因子であることが明らかになった。また、最大線量平均 LET 値が  $70\text{keV}/\mu\text{m}$  以下であれば、視神経炎のリスクが低いこともわかった。

図 2 は、様々な  $(\alpha_x / \beta_x)$  を持った細胞に対する、実測ベース型 RBE モデルにより計算された RBE 予測値と、測定によって得られた RBE 実験値の比較を示す。なお、RBE 予測精度について把握しやすくするために、 $(\alpha_x / \beta_x)$  を 5 未満、5 以上 10 未満、そして、10 以上の 3 つに分類して図示した。二乗平均平方根誤差(RMSE)は、0.488 であったが、特に  $(\alpha_x / \beta_x)$  が小さいときに、予測精度が悪い傾向があることがわかった。今後、 $(\alpha_x / \beta_x)$  が小さい細胞実験結果を用いてモデルを改良し、炭素線治療の高精度化を目指したい。

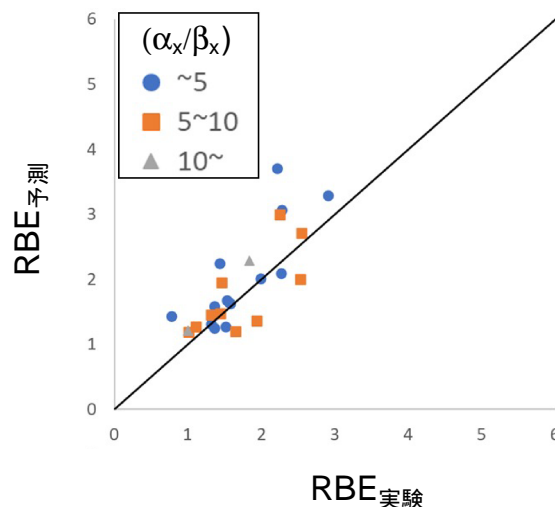


図 2：開発モデルによる RBE 予測値と測定による RBE 実験値の比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 23件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Asami Inomata, Masashi Katsumata, Sung Hyun Lee, Yui Suzuki, Takeo Nakajima, Wataru Furuichi, Keishi Yamaoka, Atsushi Yamamoto, Hideyuki Mizuno, Ryosuke Kohno	4. 巻 11
2. 論文標題 Evaluation of Patient-Specific Quality Assurance for Carbon Ion Radiotherapy Using Full Energy Scanning Method at QST Hospital	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology	6. 最初と最後の頁 200-209
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/ijmpcero.2022.114017	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 Sei Sai, Taiju Yamada, Keiko Ito, Nobuyuki Kanematsu, Masao Suzuki, Mitsuhiro Hayashi, Masashi Koto	4. 巻 12
2. 論文標題 Carbon-ion beam irradiation in combination with cisplatin effectively suppresses xenografted malignant pleural mesothelioma	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 American Journal of Cancer Research	6. 最初と最後の頁 5657-5667
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 該当する

1. 著者名 Asami Inomata, Masashi Katsumata, Sung Hyun Lee, Yui Suzuki, Takeo Nakajima, Wataru Furuichi, Keishi Yamaoka, Atsushi Yamamoto, Hideyuki Mizuno, Ryosuke Kohno	4. 巻 11
2. 論文標題 Evaluation of Patient-Specific Quality Assurance for Carbon Ion Radiotherapy Using Full Energy Scanning Method at QST Hospital	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology	6. 最初と最後の頁 200-209
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/ijmpcero.2022.114017	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 Sei Sai, Taiju Yamada, Keiko Ito, Nobuyuki Kanematsu, Masao Suzuki, Mitsuhiro Hayashi, Masashi Koto	4. 巻 12
2. 論文標題 Carbon-ion beam irradiation in combination with cisplatin effectively suppresses xenografted malignant pleural mesothelioma	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 American Journal of Cancer Research	6. 最初と最後の頁 5657-5667
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 該当する

1. 著者名 Sei Sai, Eun Ho Kim, Woong Sub Koom, Guillaume Vares, Masao Suzuki, Shigeru Yamada, Mitsuhiro Hayashi	4. 巻 14
2. 論文標題 Carbon-Ion Beam Irradiation and the miR-200c Mimic Effectively Eradicate Pancreatic Cancer Stem Cells Under in vitro and in vivo Conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 OncoTargets and Therapy	6. 最初と最後の頁 4749-4760
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2147/OTT.S311567	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 Dousatsu Sakata, Masao Suzuki, Ryoichi Hirayama, Yasushi Abe, Masayuki Muramatsu, Shinji Sato, Belov Oleg, Kyriakou Ioanna, Emfietzoglou Dimitris, Guatelli Susanna, Incerti Sebastien, Taku Inaniwa	4. 巻 13
2. 論文標題 Performance Evaluation for Repair of Hsgc-c5 Carcinoma Cell Using Geant4-Dna	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cancers	6. 最初と最後の頁 6046-6062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cancers13236046	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 Makito Suga, Ryuichi Nishii, Kenta Miwa, Yuto Kamitaka, Kana Yamazaki, Kentaro Tamura, Naoyoshi Yamamoto, Ryosuke Kohno, Masato Kobayashi, Katsuyuki Tanimoto, Hiroshi Tsuji & Tatsuya Higashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Differentiation between non small cell lung cancer and radiation pneumonitis after carbon ion radiotherapy by 18F FDG PET/CT texture analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 11509
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-90674-w	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 Ken-ichiro Matsumoto, Ikuo Nakanishi, Yasushi Abe, Shinji Sato, Ryosuke Kohno, Dousatsu Sakata, Kota Mizushima, Sung Hyun Lee & Taku Inaniwa	4. 巻 55
2. 論文標題 Effects of loading a magnetic field longitudinal to the linear particle-beam track on yields of reactive oxygen species in water	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Free Radical Research	6. 最初と最後の頁 547-555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10715762	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 Ryosuke Kohno	4. 巻 2021
2. 論文標題 Development of a phenomenological RBE calculation model for carbon ion radiotherapy and high-precision clinical analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 12-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21820/23987073.2021.6.12	査読の有無 無
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 Sung Hyun Lee, Kota Mizushima, Ryosuke Kohno, Yoshiyuki Iwata, Shunsuke Yonai, Toshiyuki Shirai, Vladimir A Pan, David Bolst, Linh T Tran, Anatoly B Rosenfeld, Masao Suzuki, Taku Inaniwa	4. 巻 66
2. 論文標題 Estimating the biological effects of helium, carbon, oxygen, and neon ion beams using 3D silicon microdosimeters.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics in Medicine and Biology	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/abd66f	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 Taku Inaniwa, Yasushi Abe, Masao Suzuki, Sung Hyun Lee, Kota Mizushima, Taku Nakaji, Dousatsu Sakata, Shinji Sato, Yoshiyuki Iwata, Nobuyuki Kanematsu, Toshiyuki Shirai	4. 巻 66
2. 論文標題 Application of lung substitute material as ripple filter for multi-ion therapy with helium-, carbon-, oxygen-, and neon-ion beams.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics in Medicine and Biology	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/abde99	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 Ako Matsui, Kazunari Hashiguchi, Masao Suzuki, Qiu-Mei Zhang-Akiyama	4. 巻 42
2. 論文標題 Oxidation resistance 1 functions in the maintenance of cellular survival and genome stability in response to oxidative stress-independent DNA damage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Genes and Environment	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) 10.1186/s41021-020-00168-w	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 Woong Sub Koom, Sei Sai, Masao Suzuki, Akira Fujimori, Shigeru Yamada, Hirohiko Tsujii	4. 巻 13
2. 論文標題 Superior Effect of the Combination of Carbon-Ion Beam Irradiation and 5-Fluorouracil on Colorectal Cancer Stem Cells in vitro and in vivo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 OncoTargets and Therapy	6. 最初と最後の頁 112625-12635
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shinnosuke Matsumoto, Sung Hyun Lee, Reiko Imai, Taku Inaniwa, Naruhiro Matsufuji, Mai Fukahori, Ryosuke Kohno, Shunsuke Yonai, Noriyuki Okonogi, Shigeru Yamada, Nobuyuki Kanematsu	4. 巻 40
2. 論文標題 Unresectable Chondrosarcomas Treated With Carbon Ion Radiotherapy: Relationship Between Dose-averaged Linear Energy Transfer and Local Recurrence.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Anticancer Research	6. 最初と最後の頁 6429-6435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21873/anticancer.14664	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 Eunae Choi, Myonggeun Yoon, Masao Suzuki, Naruhiro Matsufuji, Wonguyn Jung	4. 巻 77
2. 論文標題 Biophysical Model Including a Potentially Lethal Damage Repair Parameter in Fractionated Carbon Beam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Korean Physical Society	6. 最初と最後の頁 161-167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3938/jkps.77.161	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 Sei Sai, Eun Ho Kim, Guillaume Vares, Masao Suzuki, Dong Yu, Yoshiya Horimoto, Mitsuhiro Hayashi	4. 巻 10
2. 論文標題 Combination of carbon-ion beam and dual tyrosine kinase inhibitor, lapatinib, effectively destroys HER2 positive breast cancer stem-like cells.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Journal of Cancer Research	6. 最初と最後の頁 2371-2386
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 Masao Suzuki, Yukio Uchihori, Hisashi Kitamura, Masakazu Oikawa, Teruaki Konishi	4. 巻 10
2. 論文標題 Biologic Impact of Different Ultra-Low-Fluence Irradiations in Human Fibroblasts.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Life	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/life10080154	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 Ryosuke Kohno, Wenhua Cao, Pablo Yepes, Xuemin Bai, Falk Poenisch, David R Grosshans, Tetsuo Akimoto, Radhe Mohan	4. 巻 8
2. 論文標題 Biological Dose Comparison between a Fixed RBE and a variable RBE in SFO and MFO IMPT with Various Multi-Beams for Brain Cancer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology	6. 最初と最後の頁 32-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ijmpcero.2019.81004	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 Ryosuke Kohno, Wenhua Cao, Pablo Yepes, Xuemin Bai, Falk Poenisch, David R Grosshans, Tetsuo Akimoto, Radhe Mohan	4. 巻 3
2. 論文標題 Biological Dose Calculation using variable RBE in Single- and Multi-field Optimization IMPT plans for 3 Brain Tumor patients	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Radiology and Oncology	6. 最初と最後の頁 001-007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.29328/journal.jro.1001027	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 Shinichiro Mori, Yukinobu Sakata, Ryuske Hirai, Wataru Furuichi, Kazuki Shimabukuro, Ryosuke Kohno, Wong Sub Koom, Shigeru Kasai, Keiko Okaya and Yasushi Iseki	4. 巻 46
2. 論文標題 Commissioning of a fluoroscopic-based real-time markerless tumor tracking system in a superconducting rotating gantry for carbon-ion pencil beam scanning treatment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 1561-1574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.13403	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 C.M.Tsuey, D.A.Bradley, M.Suzuki, N.Matsufuji, T.Murakami, B.Jones, A.Nisbet	4. 巻 60(2)
2. 論文標題 The radiobiological effects of He, C and Ne ions as a function of LET on various glioblastoma cell lines.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 178-188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rry099	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 森慎一郎, 河野良介	4. 巻 75
2. 論文標題 粒子線, 重粒子線装置の品質管理	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本放射線技術学会雑誌	6. 最初と最後の頁 1200-1204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6009/jjrt.2019_JSRT_75.10.1200	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.Suzuki, N.Yasuda, H.Kitamura	4. 巻 96(2)
2. 論文標題 Lethal and mutagenic bystander effects in human fibroblast cell cultures subjected to low-energy-carbon ions.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Biology	6. 最初と最後の頁 179-186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09553002.2020.1683637	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 C.M.Tsuey, A.Nisbet, B.Jones, M.Suzuki, N.Matsufuji, T.Murakami, D.A.Bradley	4. 巻 165
2. 論文標題 Ion beams for space radiation radiobiological effect studies.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Physics and Chemistry	6. 最初と最後の頁 108373-108377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radphyschem.2019.108373	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 2件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 鈴木雅雄、宇佐美徳子、崔星、小藤昌志
2. 発表標題 Radio-adaptive response induced by the targeted cytoplasmic irradiation in normal human fibroblasts with X-ray micorbeams via gap-junction mediated cell to cell communication relationship between magnetic-field mediated cell killing and radio-adaptive response by targeted cytoplasmic irradiations with X-ray microbeams via bystander effects.
3. 学会等名 日本放射線影響学会第65回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小藤昌志、河野良介、伊川裕明、篠藤誠、瀧山博年、磯崎哲朗、今井礼子、山田滋
2. 発表標題 頭頸部がんの重粒子線治療における線量平均LET最適化シミュレーション研究
3. 学会等名 第18回日本粒子線治療臨床研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木雅雄、崔星、小藤昌志
2. 発表標題 Bystander effect via gap junction between carbon-ion irradiated tumor and un irradiated normal cells.
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第35回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木雅雄、舟山知夫、鈴木芳代
2. 発表標題 ヒトがん細胞のP53遺伝子依存的バースタナダー致死効果に対するエネルギーの異なる炭素イオンマイクロビーム間比較
3. 学会等名 QST高崎サイエンスフェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木雅雄、宇佐美徳子、崔星、小藤昌志
2. 発表標題 Radio-adaptive response induced by the targeted cytoplasmic irradiation in normal human fibroblasts with X-ray microbeams via gap-junction mediated cell to cell communication relationship between magnetic-field mediated cell killing and radio-adaptive response by targeted cytoplasmic irradiations with X-ray microbeams via bystander effects.
3. 学会等名 日本放射線影響学会第65回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小藤昌志、河野良介、伊川裕明、篠藤誠、瀧山博年、磯崎哲朗、今井礼子、山田滋
2. 発表標題 頭頸部がんの重粒子線治療における線量平均LET最適化シミュレーション研究
3. 学会等名 第18回日本粒子線治療臨床研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木雅雄、崔星、小藤昌志
2. 発表標題 Bystander effect via gap junction between carbon-ion irradiated tumor and un irradiated normal cells.
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第35回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木雅雄、舟山知夫、鈴木芳代
2. 発表標題 ヒトがん細胞のP53遺伝子依存的バイスタンダー致死効果に対するエネルギーの異なる炭素イオンマイクロビーム間比較
3. 学会等名 QST高崎サイエンスフェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小藤 昌志、河野良介、伊川裕明、青木秀梨、篠藤誠、瀧山博年、今井礼子、山田滋、辻比呂志
2. 発表標題 頭頸部がんに対する重粒子線治療における線量平均LET最適化シミュレーション研究
3. 学会等名 第34回日本放射線腫瘍学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木雅雄、宇佐美徳子、崔星、藤森亮、小藤昌志
2. 発表標題 Relationship between magnetic-field mediated cell killing and radio-adaptive response by targeted cytoplasmic irradiations with X-ray microbeams via bystander effects
3. 学会等名 第80回日本癌学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木雅雄、宇佐美徳子、崔星、藤森亮、小藤昌志
2. 発表標題 放射光X線マイクロビームを用いた細胞致死効果に対する細胞質限定的照射による放射線適応応答誘導の細胞内・細胞間応答の関与
3. 学会等名 日本放射線影響学会第64回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Kohno, S. Lee, A. Yamamoto, K. Yamaoka, M. Suga, M. Koto
2. 発表標題 Dose-Averaged LET Evaluation in Head and Neck Adenoid Cystic Carcinoma Patients for Carbon-Ion Radiotherapy
3. 学会等名 AAPM2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 3. Ryosuke Kohno, Sung Hyun Lee, Atsushi Yamamoto, Keishi Yamaoka, Eika Hotta, Miyabi Yamamoto, Makito Suga, Asami Inomata, Yui Suzuki, Masashi Koto
2. 発表標題 Clinical evaluation of RBE-weighted dose and dose-averaged LET in patients receiving carbon-ion radiotherapy for head and neck adenoid cystic carcinoma
3. 学会等名 JSMP121
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ken-ichiro Matsumoto, Ikuo Nakanishi, Yasushi Abe, Shinji Sato, Masayuki Muramatsu, Ryosuke kohno, Dousatsu Sakata, Kota Mizushima, Hideyuki Mizuno, Taku Inaniwa
2. 発表標題 Effect of longitudinal magnetic field to the linear particle-beam track on yields of hydroxyl radical and hydrogen peroxide in wate
3. 学会等名 20th Biennial Meeting of SFRR International (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木 雅雄, 舟山 知夫, 鈴木 芳代, 横田 裕一郎, 小林 泰彦
2. 発表標題 炭素イオンマイクロビーム照射で誘導したヒト正常細胞のバイスタンダー効果に対するメタボローム解析
3. 学会等名 QST高崎サイエンスフェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木雅雄
2. 発表標題 The enhancement of cell death irradiated with carbon-ion beams by applying longitudinal magnetic field relate to gap-junction mediated cell-cell communication
3. 学会等名 日本放射線影響学会第63回大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小畑 結衣, 平寄 敬志朗, 秋光 信佳, 鈴木 雅雄, 横谷 明德
2. 発表標題 Development of a vector DNA system for visualization of intracellular repair dynamics of DNA damage by ionizing radiation
3. 学会等名 日本放射線影響学会第63回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木雅雄
2. 発表標題 The enhancement of cell-killing effect irradiated with carbon-ion beams by applying longitudinal magnetic field relate to cellular response via gap-junction mediated cell-cell communication
3. 学会等名 第79回日本癌学会学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sung-Hyun Lee, Atsushi Yamamoto, Keisi Yamaoka, Eika Hotta, Miyabi Yamamoto, Yui Suzuki, Asami Inomata, Makito Suga, Masashi Koto, Ryosuke Kohno
2. 発表標題 Preliminary Clinical Analysis with Dose-Averaged LET Calculation for Head and Neck Cancer Patients Treated by Using Carbon-Ion Radiotherapy
3. 学会等名 AAPM2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Makito Suga, 本間 大晴, Sung-Hyun Lee, Masao Suzuki, Hiroyuki Kato, 橋本 光康, Katsuyuki Tanimoto, Ryosuke Kohno
2. 発表標題 RBE calculation using the Survival simulation tool for HSG, V79 and CHO cells irradiated by 12C, 20Ne and 3He ions
3. 学会等名 AAPM2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅 満喜人, 本間 大晴, Lee Sung Hyun, 鈴木 雅雄, 山尾 天翔, 井出 紳介, 加藤 弘之, 橋本 光康, 谷本 克之, 河野 良介
2. 発表標題 RBE calculation using radiobiological computation software 'Survival' for human salivary gland cell
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 猪俣 麻美, 鈴木 優維, 勝間田 匡, 中島 猛雄, 古市 涉, 山岡 恵士, 菅 満喜人, 山本 淳史, 水野 秀之, 河野 良介
2. 発表標題 Evaluation of Patient-specific Quality Assurance for Spot-Scanning Carbon Ion Radiotherapy
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 山本 淳史, Lee Sung Hyun, 山岡 恵士, 鈴木 優維, 伊川 裕明, 金子 崇, 小藤 昌志, 谷本 克之, 辻 比呂志, 河野 良介
2. 発表標題 Clinical Analysis of Dose-averaged LET Calculation in Carbon-Ion Radiotherapy for Head and Neck Cancer
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 菅満喜人、西井龍一、山崎香奈、上高祐人、河野良介、三輪建太、谷本克之、東達也、辻比呂志
2. 発表標題 18F-FDG PET/CT 画像の Texture 解析による肺がんと炎症の鑑別
3. 学会等名 第595回千葉県下国立病院医師会定例連合研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木雅雄、稲庭拓、佐藤眞二、野田章、松村正幸、岩田佳之、兼松伸幸、白井敏之、野田耕司
2. 発表標題 Enhancement of cell killing in human tumor cells irradiated with carbon ions by applying a longitudinal magnetic field.
3. 学会等名 第78回日本癌学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木雅雄、稲庭拓、宇佐美徳子、佐藤眞二、野田章、松村正幸、岩田佳之、兼松伸幸、白井敏之、野田耕司
2. 発表標題 Dose the enhancement of cell-killing effect in human cells irradiated with carbon-ion beams by applying longitudinal magnetic field relate to cellular response in the cells pre-irradiated cytoplasm with low-LET radiations?
3. 学会等名 日本放射線影響学会第62回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山岡恵士、伊達美聡、勝間田匡、山本淳史、菅満喜人、中島猛雄、谷本克之、河野良介、辻比呂志
2. 発表標題 画像誘導炭素線治療におけるPatient Handling Systemに対する位置決めQA
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 山本淳史、李聖賢、鈴木優維、古市涉、伊川裕明、金子崇、小藤昌志、菅満喜人、山岡恵士、谷本克之、河野良介、辻比呂志
2. 発表標題 頭頸部腫瘍に対する炭素線治療における線量平均LET計算
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 菅 満喜人, 西井 龍一, 山崎 香奈, 三輪 建太, 上高 祐人, 河野 良介, 山岡 恵士, 山本 淳史, 谷本 克之, 東 達也, 辻 比呂志
2. 発表標題 PET画像のTexture解析を用いた非小細胞肺癌と放射線肺臓炎との診断能評価
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 Sung Hyun Lee, Kota Mizushima, Dosatsu Sakata, Makoto Sakama, Ryosuke Kohno, Yoshiyuki Iwata, Toshiyuki Shirai, Linh T Tran, Anatoly B Rosenfeld, Masao Suzuki, Taku Inaniwa
2. 発表標題 Microdosimetric study at the NIRS scanning beam for the multi-ion therapy
3. 学会等名 PTCOG-A0 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木雅雄
2. 発表標題 磁場併用による重粒子線に対する細胞致死効果の増感作用
3. 学会等名 第22回菅原・大西記念癌治療増感シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sung Hyun Lee, Kota Mizushima, Dosatsu Sakata, Ryosuke Kohno, Makoto Sakama, Yoshiyuki Iwata, Toshiyuki Shirai, Vladimir Pan, Linh T Tran, Anatoly B Rosenfeld, Masao Suzuki, Taku Inaniwa
2. 発表標題 MICRODOSIMETRIC STUDY FOR HELLIUM-ION BEAM USING FULLY 3D SILICON MICRODOSIMETERS
3. 学会等名 MMND-ITRO 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 赤坂浩亮, 富田哲也, 街道亮斗, 米田洋介, 齋藤正英, 高橋侑大, 谷本祐樹, 中林匡, 本間大晴, 松永卓磨, 南佳孝, 河野千恵, 櫻木亜美, 白崎展行, 武居秀行	4. 発行年 2023年
2. 出版社 日本医学物理学会	5. 総ページ数 46
3. 書名 測定ベースの IMRT QA における許容限界及び方法論	

1. 著者名 大友邦, 小塚拓洋, 橋本光康	4. 発行年 2022年
2. 出版社 メジカルビュー	5. 総ページ数 528
3. 書名 人体のメカニズムから学ぶ 放射線治療学	

1. 著者名 河野千恵, 柴田洋希, 伊藤旭, 井上耕介, 沖裕也, 白崎展行, 中林匡, 廣瀧康太, 大野剛, 櫻木亜美, 武居秀行, 河野良介	4. 発行年 2022年
2. 出版社 日本医学物理学会	5. 総ページ数 34
3. 書名 放射線治療中の画像誘導におけるイメージング線量: 定量化, 管理及び低減	

1. 著者名 河野良介, 加瀬優紀, 脇田明尚, 菅満喜人, 本間大晴, 橋本雨音, 橋本光康	4. 発行年 2021年
2. 出版社 日本医学物理学会	5. 総ページ数 56
3. 書名 放射線治療における陽子線に対する放射線生物学的効果	

1. 著者名 森 慎一郎, 河野 良介	4. 発行年 2020年
2. 出版社 メディカルトリビューン	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	

〔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	鈴木 雅雄  (Suzuki Masao)  (70281673)	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 放射線障害治療研究部・上席研究員(定常)   (82502)	

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