

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：82606

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23689058

研究課題名(和文)陽子線治療における4次元体内線量測定法の確立と高精度4次元陽子線治療への応用

研究課題名(英文)Development of 4-dimensional in-vivo dosimetry for proton beam therapy and application to a precise 4-dimensional proton beam treatment

研究代表者

河野 良介 (Kohno, Ryosuke)

独立行政法人国立がん研究センター・その他部局等・研究員

研究者番号：20392227

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,900,000円

研究成果の概要(和文)：4次元治療計画に用いられる線量計算法について、高精度化並びに高速化を行った。そして、呼吸性移動の体動評価のために、呼吸性移動ファントムを用いて、4次元CTの性能評価並びに運用法の検討を行った。また、陽子線治療における高精度な体内線量測定を目指し、人体ファントムに対して4次元位置検出器を利用した体内線量測定を実施した。4次元位置検出器は、 ± 1 mm以内の精度で位置検出が可能であり、高精度な体内線量測定を実現できた。

研究成果の概要(英文)：We achieved a high accuracy and high speed of dose calculation for proton beam therapy. In order to evaluate body motion, performance of 4-dimensional CT was evaluated, and we examined operation method of the 4-dimensional CT. With the aim of high-precision in-vivo proton dosimetry, in-vivo dosimetry was performed by using a 4-dimensional position sensor and a MOSFET detector. We could successfully control the uncertainty of the measurement position by using the 4-dimensional position sensor within 1 mm for in-vivo proton dosimetry.

研究分野：医学物理学

キーワード：陽子線治療 体内線量測定 モンテカルロ法 GPGPU 4次元CT MOSFET検出器 4次元位置検出器

1. 研究開始当初の背景

本研究は、現在の不十分な陽子線治療精度を問題視し、陽子線治療が抱える線量計算や線量投与などの不確かさの軽減や不確かさをより定量的に考慮した治療法を確立することを目的とし、真の高精度陽子線治療の実現を目指した研究である。

2. 研究の目的

体動移動量を正確に検出できる RADPOS を用いた高精度体内線量測定法を開発し、高精度ピンポイント照射法の礎を築く。さらに、これらの技術を生かして、特に照射精度が必要な頭頸部や呼吸性移動を有する体幹部に対する陽子線治療の高精度化を果たし、高精度4次元陽子線治療への応用を目指す。

3. 研究の方法

(1) 線量計算法の高精度化・高速化

陽子線治療精度に大きく寄与し、かつ、4次元治療の定量的線量評価に不可欠である線量計算の高精度化のために、体内不均質でも高精度に線量計算可能な簡易モンテカルロ法を開発し、治療計画装置に実装した。

加えて、臨床応用のために、線量計算法の高精度化を目指し、並列処理可能な GPGPU による線量計算法の開発を行った。

(2) 4次元 CT の性能評価とその運用

体動評価には4次元 CT による評価が有用であると考えられる。そこで、4次元 CT による臨床応用を目指し、電子密度ファントムに対して4次元 CT を撮影し、半径方向並びに体軸方向における CT 値の均一性を評価した。また、ヘリカル CT と4次元 CT を用いて人体ファントムに対する CT 値についても評価した。

(3) RADPOS 性能評価

RADPOS は、微小な MOSFET 線量検出器と位置検出可能な位置センサーから構成される。この RADPOS を用いた高精度な in-vivo dosimetry を実現するために、まず、位置検出器として RADPOS の性能評価を実施した。

RADPOS を治療寝台に設置し、寝台を駆動させたときの寝台駆動量とそのときの RADPOS による位置検出値を比較して、静的な位置検出精度について評価を行った。

また、寝台駆動速度を変えたり、呼吸性移動ファントムによる移動評価を行うことで、動的な評価も行った。加えて、RADPOS は金属により位置検出精度の劣化が懸念されることがわかっているため、ステンレスや真鍮、アルミニウムの影響について評価を行った。

(4) RADPOS を用いた in-vivo dosimetry

頭部の人体ファントムに対して RADPOS を用いた in-vivo proton dosimetry を行った。ここで、評価点を RADPOS による測定から決定することで、測定精度の向上を期待した。

人体ファントムに対して、PTV を与え、その PTV に対して陽子線治療計画を立案し、アイソセンタに 2 Gy 処方することにした。そして、人体ファントムに対して実照射を行い、RADPOS による線量測定値と線量計算値を比較し、RADPOS を用いた in-vivo dosimetry について評価した。

4. 研究成果

(1) 線量計算法の高精度化・高速化

GPGPU を用いたモンテカルロ法を開発した。GPGPU による計算精度は CPU とほとんど差異は無く、線量計算精度に影響が無いことが明らかになった。また、GPGPU の計算時間は、CPU に比べて 10 倍以上速く、例えば、前立腺症例では、臨床利用可能な 50 秒以内で計算できた。

以上より、GPGPU により、高精度かつ高速に線量計算することが可能となった。

(2) 4次元 CT の性能評価とその運用

4次元 CT の CT 値評価において、半径方向については、ビームハードニングの影響を受け、CT 値が変動することがわかった。また、体軸方向については、コーンビーム CT 特有の特性により、中心位置から離れるほど、CT 値の変化が大きくなることがわかった。

一方、人体ファントムによる CT 値の差異は、ヘリカル CT と4次元 CT では、ほとんど見られなかった。これは、人体には、CT 値の急激な変化をもたらす構造がないことが理由であると考えられた。以上より、4次元 CT により撮影された CT 画像が、治療計画に利用可能であることがわかった。

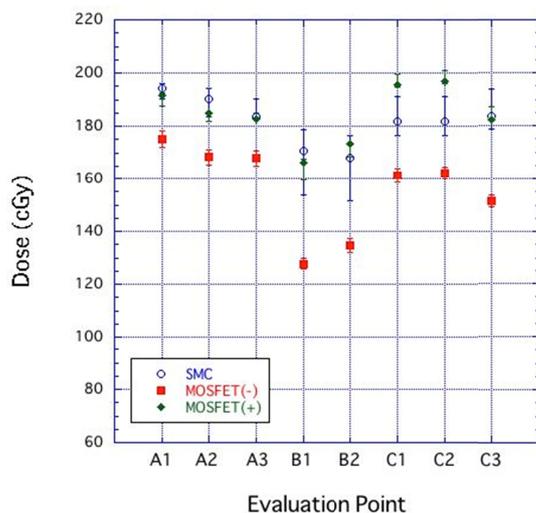
(3) RADPOS 性能評価

X、Y、Z 方向に寝台を駆動したときの静的な条件下では、各方向ともに ± 1 mm 以内の精度で位置検出できることがわかった。

また、10、20、30 mm/sec の寝台駆動速度に対する RADPOS の動的な評価では、RADPOS は、10、19.9、29.9 mm/sec であり、0.1 mm/sec 以内で良く一致した。さらに、呼吸性移動ファントムによる動的な評価では、CT による駆動量と比較して、 ± 0.1 mm 以内で良く一致し、RADPOS により動的な位置検出が可能であることが明らかになった。

以上より、位置検出器として RADPOS は有用であり、臨床において応用価値が高い可能性がある。臨床応用法としては、RADPOS は被ばく無く測定できることもあり、治療中の体動測定に利用できると考えている。

(4) RADPOS を用いた in-vivo dosimetry in-vivo dosimetry の結果を下図に示す。計算値や LET 補正無しの測定値、LET 補正有りの測定値は、SMC や MOSFET(-)、MOSFET(+) で示す。SMC と MOSFET(-) の比較では、10~20% の誤差があり、LET 補正が必要なことが明らかになった。



MOSFET(+) は、SMC との誤差は、-3.0~8.3% であり、MOSFET(-) に比べて、小さくなり、LET 感度補正の有効性を確認できた。なお、これらの誤差は、 ± 1 mm の測定位置精度による線量誤差として説明でき、位置検出可能な RADPOS を用いることで、高精度な in-vivo dosimetry を達成できることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計13件)

- (1) Sadamoto Zenda, Mitsuhiko Kawashima, Satoko Arahira, Ryosuke Kohno, Teiji Nishio, Makoto Tahara, Ryuichi Hayashi, Tetsuo Akimoto; Late Toxicity of Proton Beam Therapy for Patients with the nasal cavity, para-nasal sinuses, or involving the skull base Malignancy: Importance of Long-term Follow-up; Int. J. Clin. Oncol. (2014) 査読有
- (2) Motegi K, Kohno R, Ueda T, Shibuya T, Ariji T, Kawashima M, Akimoto T; Evaluating positional accuracy using megavoltage cone-beam computed tomography for IMRT with head-and-neck cancer; J. Radiat. Res. 55 (2014) 568-74 査読有
- (3) Kawashima M, Ariji T, Kameoka S, Ueda T, Kohno R, Nishio T, Arahira S, Motegi A, Zenda S, Akimoto T, Tahara M, Hayashi R; Locoregional control after intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma with an anatomy-based target definition; Jpn J Clin Oncol. 43 (2013) 1218-25 査読有

- (4) Ryohei Tansho¹, Yoshihisa Takada¹, Ryosuke Kohno, Kenji Hotta, Yousuke Hara, Shohei Mizutani and Tetsuo Akimoto; Experimental verification of dose calculation using the simplified Monte Carlo method with an improved initial beam model for a beam-wobbling system; Phys. Med. Biol. 58 (2013) 6047-64 査読有
- (5) Y Egashira, T Nishio, K Hotta, R Kohno and M Uesaka; Application of the pencil-beam redefinition algorithm in heterogeneous media for proton beam therapy; Phys. Med. Biol. 58 (2013) 1169-84 査読有
- (6) 河野良介,堀田健二、秋元哲夫; 陽子線がん治療における体内「線量分布」を考える-粒子線治療における医学物理の必要性-; 癌の臨床 59 (2013) 169-176 査読無
- (7) Hojo H, Zenda S, Akimoto T, Kohno R, Kawashima M, Arahira S, Nishio T, Tahara M, Hayashi R, Sasai K; Impact of early radiological response evaluation on radiotherapeutic outcomes in the patients with nasal cavity and paranasal sinus malignancies; J Radiat Res. 53 (2012) 704-9 査読有
- (8) Kana Matsubara, Ryosuke Kohno, Shie Nishioka, Toshiyuki Shibuya, Takaki Arijji, Tetsuo Akimoto, Hidetoshi Saitoh, Experimental evaluation of actual delivered dose using mega-voltage cone-beam CT and direct point dose measurement; Accepted in Med. Dosim. 38 (2012) 153-9 査読有
- (9) Ryosuke Kohno, Kenji Hotta, Kana Matsubara, Shie Nishioka, Taeko Matsuura and Mitsuhiko Kawashima; In vivo proton dosimetry using a MOSFET detector in an anthropomorphic phantom with tissue inhomogeneity; J. Appl. Clin. Med. Phys. 13 (2012) 159-167 査読有
- (10) Kawashima M, Kohno R, Nakachi K, Nishio T, Mitsunaga S, Ikeda M, Konishi M, Takahashi S, Gotohda N, Arahira S, Zenda S, Ogino T and Kinoshita T; Dose-volume histogram analysis of the safety of proton beam therapy for unresectable hepatocellular carcinoma; Int J Radiat Oncol Biol Phys. 81 (2011) 1479-86 査読有
- (11) Sadamoto Zenda, Ryosuke Kohno, Mitsuhiko Kawashima, Satoe Arahira, Teiji Nishio, Makoto Tahara, Ryuichi Hayashi, Seiji Kishimoto, Takashi Ogino; Proton Beam Therapy for unresectable malignancies of the nasal cavity and paranasal sinuses; Int J Radiat Oncol Biol Phys. 81 (2011) 1473-1478 査読有
- (12) Ryosuke Kohno, K Hotta, S Nishioka, K Matsubara, R Tansho and T Suzuki; Clinical implementation of a GPU-based simplified Monte Carlo method for treatment planning system of proton beam therapy; Phys. Med. Biol. 56 (2011) N287-N294 査読有
- (13) Ryosuke Kohno, Kenji Hotta, Taeko

Matsuura, Kana Matsubara, Shie Nishioka, Teiji Nishio, Mitsuhiro Kawashima and Takashi Ogino; Proton dose distribution measurements using a MOSFET detector with a simple dose-weighted correction method for LET effects; J. Appl. Clin. Med. Phys. 12 (2011) 326-337 査読有

〔学会発表〕(計42件)

- (1) 永田裕規、河野良介、堀田健二、山口秀徳、高田義久; 陽子線治療におけるワブラー照射法に対する患者校正値算出法の開発; JASTRO 27th (2014) 12月12日(金) パシフィコ横浜
- (2) 河野良介、山口秀徳、茂木佳菜、秋元哲夫; 臨床応用に向けた RADPOS 4-D in-vivo dosimetry システム; JASTRO 27th (2014) 12月12日(金) パシフィコ横浜
- (3) 山口秀徳、河野良介、茂木佳菜、秋元哲夫; 陽子線治療に対する臨床応用に向けた RADPOS 性能評価; JASTRO 27th (2014) 12月11日(木) パシフィコ横浜
- (4) 道前武、河野良介、片岡昌治、篠田正樹; 国立がん研究センター東病院に於ける陽子線治療施設の不具合事例及び対応; 第1回粒子線治療施設 運転・維持管理ワークショップ (2014) 10月3日 放射線医学総合研究所
- (5) 河野良介、道前武、片岡昌治、篠田正樹; 国立がん研究センター東病院 施設紹介; 第1回粒子線治療施設 運転・維持管理ワークショップ (2014) 10月3日 放射線医学総合研究所
- (6) S Mizutani, Y Takada, R Kohno, K Hotta, T Akimoto; APPLICATION OF DOSE KERNEL CALCULATION USING ASIMPLIFIED MONTE CARLO METHOD TO TREATMENT PLANNING FOR IMPT; 7th KJMP (2014) Sep25-27 Busan, Korea
- (7) B Neal, J Kipritidis, R Kohno, S Matsumoto, T Yamamoto; Novel Technique for Cynamic Lung Ventilation Imaging Based on Aide Coverage 4D CT; AAPM56th (2014) Austin Jul 24, USA
- (8) S. Mizutani, R. Kohno, K. Hotta, Y. Takada, R. Tansho, T. Akimoto; "Dose kernel calculation using a simplified Monte Carlo method for spot scanned proton therapy"; The 53rd PTCOG scientific meeting (2014) Jun 8-14 Shanghai, China
- (9) H Yamaguchi, R Kohno, T Akita, Y Nagata, K Hotta, T Miyagishi, T Akimoto; Evaluation of the RADPOS 4-D in-vivo dosimetry system; JSMP 107th (2014) 4月13日(日) パシフィコ横浜
- (10) R Hirai, R Kohno, S Matsumoto, K Motegi, K Hotta, Y Matsuzaki, S Kito, T Akimoto; Study for longitude position dependence to CT-value in

320-row CBCT Volume Scan; JSMP 107th (2014) 4月10日(木) パシフィコ横浜
(13) H Asai, S Kito, T Kawaguchi, R Kohno, T Akimoto; Dose linearity in respiratory-gated proton therapy; JSMP 107th (2014) 4月10日(木) パシフィコ横浜

(14) 河野良介; 放射線腫瘍医教育システムの確立に向けて-放射線治療を支える「医学物理士」の効用-; シンポジウム8「放射線腫瘍医教育システムの確立: ベンチからベッドサイドまで」(2013) 10月20日(日) リンクステーションホール青森

(15) Ryosuke Kohno, Kenji Hotta, Yuka Matsuzaki, Tomoko Miyagishi, Kana Motegi, Ryohei Tansho, Shohei Mizutani, Hidenori Yamaguchi, Ryuta Hirai, Tomohito Suzuki, Teiji Nishio and Tetsuo Akimoto; Research Approach towards high precision and efficiency proton beam therapy at National Cancer Center Hosipital East; Jpn J Med Phys 33 (2013) 9月18日(水) 大阪大学

(16) Tomoko Miyagishi, Ryosuke Kohno, Kenji Hotta, Yuka Matsuzaki, Kana Motegi, Ryohei Tansho, Shohei Mizutani, Hidenori Yamaguchi, Ryuta Hirai, Tomohito Suzuki, Teiji Nishio and Tetsuo Akimoto; Commissioning of new proton treatment planning system in NCCHE; Jpn J Med Phys 33 (2013) 9月18日(水) 大阪大学

(17) Ryohei Tansho, Yoshihisa Takada, Ryosuke Kohno, Kenji Hotta and Shohei Mizutani; Fast dose calculation method using non-Gaussian initial beam model for beamaobbling system; Jpn J Med Phys 33 (2013) 9月18日(水) 大阪大学

(18) Hidenori Yamaguchi, Yoshihisa Takada, Ryosuke Kohno, Kenji Hotta, Tomoko Miyagishi, Ryohei Tansho, Shohei Mizutani, Tetsuo Akimoto; Verification for accuracy of calculated dose calibration factors for the clinical case in proton therapy; Jpn J Med Phys 33 (2013) 9月18日(水) 大阪大学

(19) Kenji Hotta, Ryosuke Kohno, Tomoko Miyagishi, Yuka Matsuzaki, Ryohei Tansho, Hidenori Yamaguchi, Tomohito Suzuki and Tetsuo Akimoto; Development of a convenient and high-accuracy Treatment Planning System for proton therapy; Jpn J Med Phys 33 (2013) 9月18日(水) 大阪大学

(20) Yuka Matsuzaki, Ryosuke Kohno, Kenji Hotta, Teiji Nishio, Tomoko Miyagishi, Tetsuo Akimoto, Toshiki Tachikawa, Tohru Asaba, Junichi Inoue, Toshiaki Oci, Manabu Yamada, Hiroki Miyanaga and Shoji Kataoka; Line Scanning System for Proton Therapy in National Cancer Center Hosipital East; Jpn J Med Phys 33 (2013) 9月18日(水) 大阪大学

(21) 河野良介、堀田健二、宮岸朋子、松崎有

華、茂木佳菜、秋元哲夫；陽子線治療におけるモンテカルロ線量計算の必要性とその応用；第10回日本粒子線治療臨床研究会（2013）9月14日（土）名古屋市立西部医療センター

(22) 秋元哲夫、茂木厚、小野澤正勝、戸嶋雅道、荒平聡子、全田貞幹、河野良介、堀田健二、松崎有華、西尾禎治；局所限局性前立腺癌に対する陽子線治療による寡分割照射法の初期経験；第10回日本粒子線治療臨床研究会（2013）9月14日 名古屋市立西部医療センター

(23) Ryosuke Kohno, Kenji Hotta, Yuka Matsuzaki, Teiji Nishio, Tetsuo Akimoto, Toshiki Tachikawa, Toru Asaba, Junichi Inoue, Toshiaki Ochi, Manabu Yamada, Hiroki Miyanaga; Commissioning of the line scanning method proton beam delivery system at National Cancer Center Hospital East; PTCOG 52; Essen, Germany; June 2-8, 2013

(24) J. Inoue, T. Ochi, T. Morita, T. Tachikawa, T. Asaba, R. Kohno, K. Hotta, Y. Matsuzaki, T. Nishio, T. Akimoto; Development of beam scanning control system for proton radiation therapy; PTCOG 52; Essen, Germany; June 2-8, 2013

(25) Shohei Mizutani, Yoshihisa Takada, Ryohei Tansyo, Ryuichi Kawai, Masaki Tanabe, Ryo Yachidate, Jahan Israt, Tetsuo Akimoto, Ryosuke Kohno and Kenji Hotta; A comparative study of dose distribution in proton spot scanning and that in patch irradiation; JSMP 105th (2013) 4月13日（土）パシフィコ横浜

(26) Tatsuya Mogaki, Satoe Fukuhara, Tsunemichi Akita, Youhei Takeda, Kenji Hotta, Yuka Matsuzaki, Isamu Maeshima, Masaki Shinoda, Atsushi Sakamoto and Ryosuke Kohno; Examination of the daily QA method of the isocenter positions in In-room CT and orthogonal DR; JSMP 105th (2013) 4月12日（金）パシフィコ横浜

(27) Ryuta Hirai, Ryosuke Kohno, Shinnosuke Matsumoto, Kana Matsubara, Kenji Hotta, Yuka Matsuzaki, Satoe Fukuhara, Akiko Shiwa, Tetsuo Akimoto and Hidetoshi Saitoh; Evaluation of the phantom for cone-beam CT to create CT number-linear stopping power ratio conversion table for proton treatment; JSMP 105th (2013) 4月12日（金）パシフィコ横浜

(28) Tsunemichi Akita, Yuka Matsuzaki, Satoe Fukuhara, Tatsuya Mogaki, Kenji Hotta, Youhei Takeda, Isamu Maeshima, Masaki Shinoda, Atsushi Sakamoto and Ryosuke Kohno; The positional accuracy of robotic arm treatment bed using Micrometer Drive; JSMP 105th (2013) 4月12日（金）パシフィコ横浜

(29) 河野良介、高田義久、堀田健二、松崎有華、全田貞幹、荒平聡子、戸嶋雅道、茂木厚、河島光彦、秋元哲夫；陽子線治療の高精度化並びに高効率化に向けた患者校正計算法の開発；JASTRO 25th (2012) 11月24日（金）東京国際フォーラム

(30) 上田隆司、河野良介、松原佳菜、有路貴樹、田中史弥、伊藤由紀、渋谷俊之、芳田充博、河島光彦；頭頸部 IMRT における体系変化対策前後の setup-error 推移；JASTRO 25th (2012) 11月24日（金）東京国際フォーラム

(31) 鈴木博之、河野良介、西岡史絵、堀田健二、太田隆一、霜重拓也、坂本篤信、渡邊徹、川口鉄朗、佐田野圭吾、渡邊秀樹、松崎有華、篠田正樹、秋元哲夫；国立がん研究センター東病院における陽子線治療システムの QA 実施とその評価；JSMP 104th (2012) 9月15日（土）つくば国際会議場

(32) 宮阪遼平、堀田健二、河野良介、丹正亮平、松原佳菜、平井隆太、松崎有華、秋元哲夫、齋藤秀敏；患者プラン QA を目的とした陽子線治療における線量計算法の検証；JSMP 104th (2012) 9月14日（金）つくば国際会議場

(33) 丹正亮平、河野良介、高田義久、堀田健二、水谷昌平、田邊雅貴；ワブラー法における入射ビームモデルの改善と簡易モンテカルロ法を使った線量分布計算の精度検証；JSMP 104th (2012) 9月14日（金）つくば国際会議場

(34) R Tansho, R Kohno, Y Takada, K Hotta, Y Hara, K Nagafuchi, Y Suzuki, T Akimoto; Dose Calculation Model Using the Simplified Monte Carlo Method with An Initial Beam Model Adapted to a Beam-Wobbling System; AAPM54th Charlotte, July 29-Aug 2 2012, USA

(35) K Matsubara, R Kohno, S Nishioka, T Shibuya, T Arijji, T Akimoto, H Saitoh; Direct Point Dose Verification Using IGRT for Actual Beam Delivery; AAPM54th Charlotte, July 29-Aug 2 2012, USA

(36) 河野良介；陽子線がん治療における体内「線量分布」を考える-粒子線治療における医学物理の必要性-；第41回放射線による制癌シンポジウム（2012）6月29日（金）健康文化村カルチャーリゾートフェストーン

(37) 歳藤利行、林健佑、柴田洋希、安井啓祐、田中堅一郎、大町千尋、荻野浩幸、西尾禎治、河野良介、堀田健二、山崎淳、鈴木博之；CCD + 蛍光板を使った陽子線スポットスキニング照射のための線量分布測定器の開発；JSMP 103rd (2012) 4月15日（日）パシフィコ横浜

(38) 平井隆太、河野良介、堀田健二、鈴木庸次郎、菅原光、松原佳菜、堀田健二、志田晃子、渋谷真二；320 列 CT に対する陽子線

治療計画用 CT 値—線阻止能比変換テーブル
測定；JSMP 103rd (2012) 4月15日(日)
パシフィコ横浜

(39) 西岡史絵、堀田健二、松原佳菜、江頭祐
亮、河野良介；フィルムによる陽子線線量測
定の為の簡便校正法の開発；JSMP 103rd(2012)
4月14日(土)パシフィコ横浜

(40) 河野良介、堀田健二、西岡史絵、鈴木智
人、全田貞幹、小野澤正勝、荒平聡子、河島
光彦；陽子線治療計画に対する GPGPU 対応
モンテカルロ線量計算法の開発；JASTRO 24th
(2011) 11月18日(金)神戸ポートピアホ
テル

(41) 馬場大海、秋田経理、茂垣達也、河野
良介、有路貴樹、芳田充博；In room CT を用
いた 3D/3D Auto matching の精度検証；
JASTRO 24th (2011) 11月18日(金)神戸
ポートピアホテル

(42) 河野良介、堀田健二、全田貞幹、松原佳
菜、丹正亮平、西岡史絵、西尾禎治、河島光
彦、荻野尚；頭頸部がんの陽子線治療計画に
対する簡易モンテカルロ法による線量計
算；JSMP 101st (2011) 4月10日(日)パシフ
ィコ横浜

〔図書〕(計2件)

(1) 放射線計測学；納富昭弘；国際文献社
(2) 外部放射線治療における水吸収線量の
標準計測法；日本医学物理学会編；通商産業
研究社；2012

〔その他〕

ホームページ：

<http://www.ncc.go.jp/jp/ncce/rcio/ptd/rkohno.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河野 良介 (KONO RYOSUKE)

国立がん研究センター・粒子線医学開発
部・研究員

研究者番号：20392227