

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 13 日現在

機関番号：15501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24791294

研究課題名(和文)悪性胸膜中皮腫に対する回転型強度変調放射線治療技術の実用化に向けた研究

研究課題名(英文) Feasibility study of Volumetric Modulated Arc Therapy for malignant pleural mesothelioma

研究代表者

椎木 健裕 (SHIINOKI, Takehiro)

山口大学・医学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：30610456

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)：悪性胸膜中皮腫に対する強度変調放射線治療(IMRT)は、治療計画および治療に膨大な時間が必要である。本研究では、悪性胸膜中皮腫に対する回転型強度変調放射線治療(VMAT)の臨床実施に関する検討を行った。VMATはIMRTと比較して、肺に対する高線量を低減することができたが、低線量を増加させる傾向にあった。治療時間に関して、IMRTの1/2と減少させることができた。また、3次元検出器の実測値を用いた患者体内線量分布推定法を開発し、前立腺がんおよび膵がんのIMRT症例に関して検証を行い、高精度に治療計画の品質管理を行うことが可能となり、中皮腫に対するVMATの品質保証に有効である可能性を示唆した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to perform the feasibility study to introduce the volumetric intensity modulated arc radiotherapy (VMAT) for malignant pleural mesothelioma. The high dose volumes of lung for VMAT (V20 Gy) were lower than those for IMRT. On the other hands, the low dose volume of lung for IMRT (V5 Gy) were higher than those for IMRT. However, radiation treatment time using VMAT is half more than that for IMRT. We have developed the dose reconstructed methods using the measured dose by 3D detector. For IMRT plan for prostate and pancreas cancer, the developed methods were verified and that was high accuracy for patient specific quality assurance. This developed methods will be very useful for VMAT for malignant pleural mesothelioma.

研究分野：医学物理学

キーワード：悪性胸膜中皮腫 回転型強度変調放射線治療 品質管理法

1. 研究開始当初の背景

悪性胸膜中皮腫は、生存期間の中央値が4-12ヶ月と非常に予後不良の腫瘍である[引用文献1]。一般的な治療法として、化学療法、外科療法、放射線治療の三者併用療法を行っており、特に手術後の放射線治療は、手術単独療法と比較して局所再発を80%以上減少させる[引用文献2]。そのため、放射線治療は非常に重要な役割をもつ。悪性胸膜中皮腫に対する放射線治療は、腫瘍のある患側肺を外科療法によって取り除いた後、胸壁に残存する腫瘍に対して行われている。この残存腫瘍は、非常に複雑な形をしており、さらに治療範囲が非常に広いため、健側肺、脊髄、心臓、食道、肝臓、胃、腎臓、脾臓などの多くの危険臓器が存在する(図1)。これらを避け、腫瘍に対する放射線集中性を向上させるために、強度変調放射線治療(Intensity-Modulated Radiation Therapy: IMRT)が必要となる。

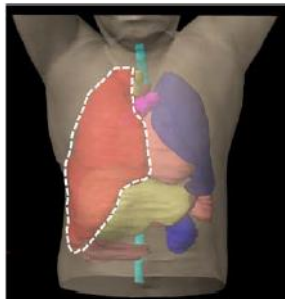


図1. 悪性胸膜中皮腫と周囲に存在する危険臓器。白線で囲まれた領域が悪性胸膜中皮腫を示す。

IMRTはコンピュータの助けを借りて、多葉絞り(Multi-Leaf Collimator: MLC)で形成された複数のビームを組み合わせることで放射線に強弱をつけ、正常組織への線量を低減させながら、腫瘍を集中的に照射できる放射線治療技術である(図2)[引用文献3]。日本では、平成18年に先進医療として採択され、その実績に基づき、平成20年4月からは、前立腺・頭頸部・脳に限定して保険収載された。平成22年4月からは、IMRTの保険適応が限局性の固形悪性腫瘍に拡大されたことに伴い、悪性中皮腫に対するIMRT施行率が増加すると予想される。

しかし、従来の悪性胸膜中皮腫に対するIMRTは、(1)治療計画が非常に複雑で膨大な時間を要すること、(2)腫瘍への線量集中性を高めるため、照射門数が非常に多くなること、(3)治療計画に対する品質保証(Quality Assurance: QA)が非常に複雑になること、さらに(4)患者1人あたりに対する治療装置占有時間が長くなることなど、日本の臨床現場においては課題が多く、これら全てに対応できる施設は非常に少ない。

このように、日本国内における悪性胸膜中皮腫に対するIMRTが普及することは非常に困難である。

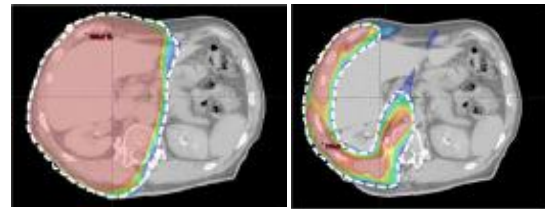


図2. 線量分布図。白線で囲まれた部分は、70%等線領域を示している。(左)従来法(右)固定多門のIMRT

2. 研究の目的

悪性胸膜中皮腫に対して強度変調回転照射法(Volumetric Modulated Arc Therapy: VMAT)を施行する場合、線量分布を最適とする回転角度、線量制約条件を明らかにし、治療計画シミュレーション通りに治療が行われるかを患者QAを通して明らかにする。具体的には以下の4点に着手する。

(1) 悪性胸膜中皮腫症例のコンピュータ断層像(Computed Tomography: CT)を用いて、従来のIMRTに回転原体照射法を組み合わせたVMATを治療計画装置上にてシミュレートする。

(2) 上記(1)に基づいて、VMATの線量分布を最適とする回転角度、線量制約条件を明らかにし、DVH(Dose Volume Histogram: DVH)指標を用いることで、統計学的にIMRTとVMATを比較する。

(3) 上記(1)(2)で作成されたDICOM-RTファイル(Structure, Dose, Plan)を使用して、患者体内の線量分布を作成させる手法を確立する。

(4) 医療用加速器を用いて、上記(1)のシミュレーション通りの放射線量が照射されているかを三次元放射線検出器を用いて実測する。さらに上記(3)にて取得した患者体内予測線量分布と実測線量分布との差異をガンマ解析によって検証し、DVH指標を統計学的に解析することにより、VMATの妥当性を評価する。

これまでに、悪性胸膜中皮腫に対する放射線治療は、IMRTの有効性についてシミュレーションによる線量分布によって実証されてきた[引用文献4-6]。しかし、IMRTは、治療計画シミュレーション及びQAが非常に複雑であり一症例当たりの治療時間が非常に長く、臨床応用が困難であり、国内で実施されている施設はほとんどない。本研究では、悪性胸膜中皮腫に対するIMRTに回転原体照射法[引用文献7]を組み合わせたVMATをシミュレーションすることで、腫瘍への線量集中性および危険臓器の線量を定量的に評価し、さらに、シミュレーション時に得られるDICOM-RTファイルを用いて患者体内線量分布を作成する手法を考案する。実測線量分布と患者体内線量分布を比較し、VMATの妥当性を検証する。

本研究成果により、悪性胸膜中皮腫に対する放射線治療の治療計画シミュレーション

ンおよび QA 手法が簡便化し、治療時間が短縮化されることで臨床応用が実現化されることに特徴がある。このことは、学術的にも臨床的にも多大な貢献になるものと期待される。

3. 研究の方法

(1) 悪性胸膜中皮腫症例の CT を用いて、従来の IMRT に回転原体照射を組み合わせた VMAT を治療計画装置上でシミュレートする。上記に基づいて、VMAT の線量分布を最適とする回転角度、線量制約条件を決定し、DVH 指標を用いることで、統計学的に IMRT と VMAT を比較する。

① IMRT の DVH 解析

悪性胸膜中皮腫に対して IMRT が行われた症例に対して DVH 解析を行い、腫瘍および危険臓器(肺)の DVH 評価指標を決定する。

② 治療計画装置を用いた VMAT のシミュレーション

VMAT を治療計画装置上でシミュレーションし、線量分布を計算する。DVH 指標を基に、線量分布を最適とする回転角度および線量制約条件を決定し、理想的な線量分布を取得する。

③ IMRT と VMAT の比較

1-1 で決定した DVH 指標を VMAT の線量分布に対して解析し、IMRT と VMAT を DVH 指標を用いて定量的に比較を行う。

(2) (1) で作成された DICOM-RT ファイル(Structure, Dose, Plan)を使用して、患者体内の線量分布を作成する手法を確立する。

① DICOM-RT(Structure, Dose, Plan)ファイルを用いた患者体内予測線量分布の作成手法の確立

不均質な患者体内での予測線量分布を作成することで、従来のファントムベースのジオメトリベースから不均質な患者体内ベースのジオメトリでの QA 手法を確立する。

まず、(1) で得られた DICOM-RT ファイルに医療用加速器から放射線が照射される際に生じる不確定性(MLC transmission や照射野半影など)データを入力することで、実際に照射されるであろう患者体内の予測線量分布を作成できるようにする。

医療用加速器を用いて、VMAT 照射の可能性について検証するため、シミュレーション通りの放射線量が照射されているかを三次元放射線検出器を用いて実測する。さらに上記にて予測された線量分布と実測線量分布との差異をガンマ解析によって検証し、DVH 指標を統計学的に解析することにより、VMAT の妥当性を評

価する。

② VMAT の臨床実施可能性について患者 QA を通して検証する。

まず、(1) でシミュレートした VMAT を医療用加速器を用いて放射線を照射する。三次元放射線検出器を使用して測定を行い、実測による線量分布を取得する。

次に、①で考案した手法により患者体内予測線量分布を取得する。

過程 1 で得られた実測線量分布及び過程 2 で得られた患者体内予測線量分布を患者 CT に移し込む。

このように、患者 CT に線量分布を移すことで、従来のファントムベースから患者ジオメトリベースで QA が可能となる。そのため、ファントムベースの QA よりも迅速に QA を行うことができ、より詳細な線量分布解析を行うことが可能となる。

4. 研究成果

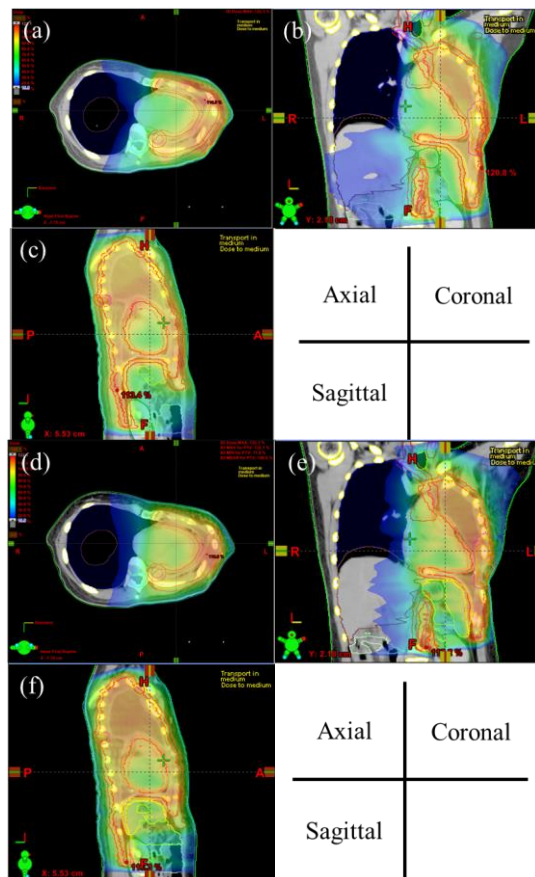


図 3. 悪性胸膜中皮腫に対する放射線治療シミュレーションの結果の 1 例。

(a)-(c) 固定多門 IMRT (d)-(f) VMAT の axial, coronal, sagittal の線量分布

図 3 に悪性胸膜中皮腫に対する放射線治療計画シミュレーションの結果を示す。エネルギーは 15MV の X 線を用い、線量計算アルゴリズムは、AcurosXB を用いた。(a)-(c) は固定多門 IMRT、(d)-(f) は VMAT の線量分布を示しており、(a)-(c) および (d)-(f) はそれぞれ axial, coronal, sagittal 画像を示している。赤色が高線量領域を示

して、青色が低線量の領域を示している。腫瘍に対する放射線集中性は IMRT および VMAT ではほぼ同等である。肝臓に対しては、VMAT が低線量を低く抑えることができているが、肺に関しては、わずかに低線量が広がっていることがわかる。

悪性胸膜中皮腫の 4 症例(右:1 例,左:3 例)の CT 画像を用いて IMRT および VMAT の治療計画シミュレーションを行い、DVH を用いて各臓器の線量分布指標を比較した。治療計画シミュレーションは、IMRT では、7-9 門の固定照射野を用いて、VMAT では 3 アークの回転照射野を用いて、治療計画シミュレーションを行った。DVH 指標には、肺に対する平均線量、V5 Gy(%), V20 Gy(%)を用いて算出し、比較した。

IMRT では、肺に対する平均線量の平均値±標準偏差は、 6.63 ± 0.63 Gy, V20 は、 3.18 ± 3.37 %, V5 は、 47.74 ± 5.98 % となった。VMAT では、肺に対する平均線量の平均値±標準偏差は、 6.78 ± 1.11 Gy, V20 は、 1.95 ± 1.56 %, V5 は、 56.06 ± 14.16 % となった。肺に対する高線量を抑えることはできることが可能となったが低線量について増加する結果となった。

しかし、MU(Monitor Unit)値を比較すると、IMRT では、 1753 ± 238.34 MU, VMAT では、 608.5 ± 98.69 MU となり、照射時間を 1/2 に短縮可能であることを明らかにした。

次に、前立腺(5 症例)および膀胱がん(5 症例)に対して施行された IMRT 治療計画シミュレーションデータの情報を医療用加速器に転送し、照射を行った。同時に三次元検出器で測定し、その情報を基に、体内の放射線線量分布を再構成(3DVH)した(図 4)。さらに、三次元検出器のインサート部を用いてフィルム・電離箱による実測を同時に行い、治療計画によるシミュレーション時の線量分布(TPS)と体内での線量分布(3DVH)およびフィルム・電離箱による線量・線量分布をガンマ解析法により比較した。

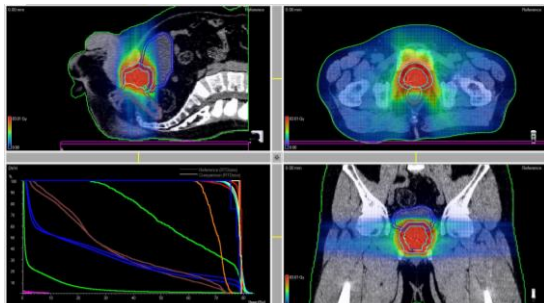


図 4. 前立腺症例に対する IMRT の DICOM-RT データ、三次元検出器による実測値を用いて患者体内の CT 画像に再構成された線量分布図

5 例の前立腺症例に対して、電離箱による測定値と TPS の計算値の相違の平均±標準偏差は、 -0.9 ± 0.4 %, 電離箱による測

定値と 3DVH の計算値の相違の平均±標準偏差は、 0.7 ± 0.6 % となった。

5 例の膀胱がん症例に対して、電離箱による測定値と TPS の計算値の相違の平均±標準偏差は、 -1.5 ± 0.9 %, 電離箱による測定値と 3DVH の計算値の相違の平均±標準偏差は、 0.2 ± 0.8 % となった。

5 例の前立腺症例に対して、フィルムによる線量分布と TPS の線量分布の相違のガンマパス率(3 mm/3%)の平均±標準偏差は、 93.1 ± 2.0 % (Coronal), 93.1 ± 3.2 % (Sagittal) となった。

フィルムによる線量分布と 3DVH の線量分布の相違のガンマパス率(3 mm/3%)の平均±標準偏差は、 93.8 ± 2.7 % (Coronal), 95.4 ± 2.0 % (Sagittal) となった。

5 例の膀胱がん症例に対して、フィルムによる線量分布と TPS の線量分布の相違のガンマパス率(3 mm/3%)の平均±標準偏差は、 94.8 ± 2.3 % (Coronal), 95.0 ± 4.7 % (Sagittal) となった。

フィルムによる線量分布と 3DVH の線量分布の相違のガンマパス率(3 mm/3%)の平均±標準偏差は、 97.1 ± 2.4 % (Coronal), 96.5 ± 2.6 % (Sagittal) となった。

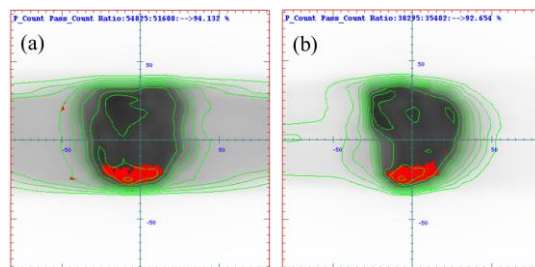


図 5. 前立腺症例に対する IMRT のフィルムによる実測の線量分布および 3DVH による線量分布のガンマ解析の結果の一例(a) Coronal (b) Sagittal

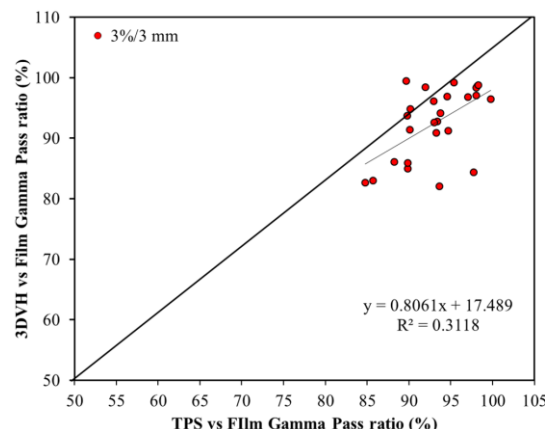


図 6. TPS とフィルムのガンマパス率と 3DVH とフィルムによるガンマパス率の相関図

図 6 に TPS とフィルムのガンマパス率と 3DVH とフィルムによるガンマパス率の相関について示す。TPS とフィルムによる線量分布の相違と 3DVH とフィルムによる線量分布の相違は同等の値を示した。このた

め、3DVH は、実測による検証と同等の精度で検証が可能であり、さらには体内での線量分布を評価可能であることを示唆した。

これより、この手法を用いて悪性胸膜中皮腫に対する VMAT の品質管理においても本手法を用いることで高精度に品質管理可能であることを示唆した。

<引用文献>

- [1] Vogelzang NJ, Rusthoven JJ, Symanowski J, et al. Phase III study of pemetrexed in combination with cisplatin versus cisplatin alone in patients with malignant pleural mesothelioma. *J Clin Oncol*, 21:2636-2644, 2003
- [2] Flores RM, Krug LM, Rosenzweig KE et al. Induction chemotherapy, extrapleural pneumonectomy, and postoperative high dose radiotherapy for locally advanced malignant pleural mesothelioma: A phase II trial. *J Thorac Oncol*, 1:289-295, 2006.
- [3] T.Shiinoki, A.Sawada, M.Nakamura, et al. Correlation between abdominal organ motion and an external marker toward respiratory-gated intensity-modulated radiation therapy for pancreatic carcinoma, Annual Report of Quantum Science and Engineering Center,12, 18-21, 2010.
- [4] Krayenbuehl J, Oertel S, Davis JB, et al. Combined photon and electron three-dimensional conformal versus intensity-modulated radiotherapy with integrated boost for adjuvant treatment of malignant pleural mesothelioma after pleuropneumonectomy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 69:1593-1599, 2007.
- [5] Miles EF, Larrer NA, Kelsey CR, et al. Intensity-modulated radiotherapy for resected mesothelioma: The Duke experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 71:1143-1150, 2008.
- [6] Chan MF, Chui CS, Song Y, et al. A novel radiation therapy technique for malignant pleural mesothelioma combining electron with intensity-modulated photons. *Radiation Oncol* 79:218-223, 2006
- [7] 椎木健裕, 中村和正, 塩山善之, 野元諭, 大賀才路, 鳥羽隆史, 吉武忠正, 本田浩.“肺腫瘍に対する体幹部定位放射線治療における回転原体照射法の有用性の検討”臨床放射線,52,705-709, 2007.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- ① T.Kamomae, Y.Itoh, H.Oguchi, M.Komori, Y.Miyake, K.Okudaira, M.Tomida, T.Shiinoki, T.Shimozato, A.Aasano, T.Okuda, S.Kubota, J.Itoh, R.Nakahara,

S.Nakagawa. Dosimetric influence of dental crows on IMRT and VMAT for head and neck cancer: correlation between planned radiation doses and measured dose enhancements. *International journal of radiation oncology, biology and physics* 査読有 2014;90:S871-S872. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrobp.2014.05.2489>

- ② T.Shiinoki, S.Kawamura, T.Uehara, Y.Yuasa, T.Kamomae, T.Kotakebayashi, M.Koike, R.Kanzaki, S.Park, H.Hanazawa, S.Takahashi, K.Shibuya. Quality Assurance for respiratory-gated radiotherapy using the real-time tumor-tracking radiotherapy system. *International journal of .medical physics, clinical engineering and radiation oncology* 査読有 2014;3:125-132. [10.4236/ijmpcero.2014.33018](http://dx.doi.org/10.4236/ijmpcero.2014.33018)

- ③ T.Shiinoki, A.Sawada, Y.Ishihara, Y.Miyabe, Y.Matsuo, T.Mizowaki, M.Kokubo, M.Hiraoka. Dosimetric impact of gold marker implanted closely to lung tumors: A Monte Carlo simulation

Journal of Applied Clinical Medical Physics. 査読有 2014;3:71-79. <http://dx.doi.org/10.1120/jacmp.v15i3.4594>

- ④ T.Ono, Y.Miyabe, M.Yamada, T.Shiinoki, A.Sawada, S.Kaneko, H.Monzen, T.Mizowaki, M.Kokubo, M.Hiraoka. Geometric and dosimetric accuracy of dynamic tumor-tracking conformal arc irradiation with a gimbaled X-ray head. *Medical Physics*. 査読有 2014;41:12. [10.1118/1.4864242](http://dx.doi.org/10.1118/1.4864242).

- ⑤ T.Shiinoki, A.Sawada, Y.Ishihara, Y.Miyabe, T.Fujimoto, Y.Matsuo, T.Mizowaki, M.Kokubo, M.Hiraoka.

Gafchromic film dosimetry in fluoroscopy for dynamic tumor tracking irradiation of the lung using XR-SP2 model – A phantom study- *Med Phys*. 査読有 2012;39:3685.

<http://scitation.aip.org/content/aapm/journal/medphys/39/6/10.1118/1.4734978>

〔学会発表〕(計 15 件)

- ① T.Kamomae, Y.Itoh, H.Oguchi, M.Komori, Y.Miyake, K.Okudaira, M.Tomida, T.Shiinoki, T.Shimozato, A.Aasano, T.Okuda, S.Kubota, J.Itoh, R.Nakahara, S.Nakagawa. Dosimetric influence of dental crows on IMRT and VMAT for head and neck cancer: correlation between planned radiation doses and measured dose enhancements. *American Society of Radiation Oncology*. 2014/9/14 – 2014/9/17 San Francisco (USA)

- ② A.Sawada, A.Kohnnoike, M.Moriyama,

Y.Ishihara, T.Shiinoki, Y.Miyabe, Y.Suzuki, T.Mizowaki, M.Kokubo, M.Hiraoka. Collision map using a collision detection simulator among treatment apparatus for radiotherapy treatment planning. Japan Society of Medical Physics. 2014/4/10 – 2014/4/13 パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)

③中村光宏, 小野智博, 秋元麻未, 棕本宜学, 石原佳知, 宇都宮悟, 椎木健裕, 宮部結城, 佐藤清香, 門前一, 平岡真寛 強度変調放射線治療における線量検証の標準化に向けた調査研究 医学物理学会 2014年4月10日 – 2014年4月13日 パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)

④ A.Sawada, A.Kohnoike, M.Moriyama, Y.Ishihara, T.Shiinoki, Y.Miyabe, Y.Suzuki, T.Mizowaki, M.Kokubo, M.Hiraoka. 3D collision map creation using patient-specific collision detection simulator between treatment unit and patient. European society for radiotherapy and oncology. 2014/4/4 – 2014/4/8 Vienna (Austria).

⑤ T.Shiinoki, S.Kawamura, H.Hanazawa, T.Uehara, Y.Yuasa, M.Koike, S.Park, R.Kanzaki, K.Shibuya. 4D dose calculation for SBRT using deformable image registration and probability density function of lung tumor. European society for radiotherapy and oncology. 2014/4/4 – 2014/4/8 Vienna (Austria).

⑥ T.Shiinoki, T.Uehara, Y.Yuasa, S.Kawamura, *et al.* Quality Assurance for respiratory gated radiotherapy with real-time tumor-tracking system. The 13th Asia-Oseania Congress of Medical Physics 2013/12/12 – 2013/12/14 health promote board (Shingapore)

⑦ T.Uehara, T.Shiinoki, S.Kawamura, Y.Yuasa, *et al.* Impact of planning target volume of three set-up methods for prostate intensity-modulated radiotherapy using the real-time tumor-tracking radiotherapy system. The 13th Asia-Oseania Congress of Medical Physics 2013/12/12 – 2013/12/14 health promote board (Shingapore)

⑧ Y.Yuasa, S.Kawamura, T.Shiinoki, T.Uehara, *et al.* Experimental investigation on the direction dependence of radiochromic film for quality assurance for intensity-modulated radiation therapy. The 13th Asia-Oseania Congress of Medical Physics 2013/12/12 – 2013/12/14 health promote board (Shingapore)

⑨ 椎木健裕, 川村慎二, 花澤豪樹, 小池正紘, 他, 肺腫瘍体幹部定位放射線治療のための4次元線量分布算出法に関する研究 中四国放射線医療技術フォーラム 2013 2013年11月

16日 – 2013年11月17日 海峡メッセ下関 (山口県・下関市)

⑩上原拓也, 椎木健裕, 湯浅勇紀, 神崎竜二, 他, 動体追跡装置と金マーカを使用した前立腺 IMRT に対する Intra-fraction motion が PTV に与える影響 中四国放射線医療技術フォーラム 2013 2013年11月16日 – 2013年11月17日 海峡メッセ下関(山口県・下関市)

⑪小竹林孝哉, 川村慎二, 小池正紘, 椎木健裕, 他, モンテカルロシミュレーションを用いた電子線ビームのコミッショニング 中四国放射線医療技術フォーラム 2013 2013年11月16日 – 2013年11月17日 海峡メッセ下関(山口県・下関市)

⑫椎木健裕, 川村慎二, 加茂前健, 小池正紘, 他, 肺腫瘍体幹部定位放射線治療のための呼吸性動体を考慮した4次元線量分布評価 日本放射線技術学会第41回学術大会 2013年10月17日 – 2013年10月19日 アクロス福岡(福岡県・福岡市)

⑬湯浅勇紀, 川村慎二, 椎木健裕, 神崎竜二, 他, Radiochromic film のスキャン条件によるレスポンス特性 日本放射線技術学会第41回学術大会 2013年10月17日 – 2013年10月19日 アクロス福岡(福岡県・福岡市)

⑭椎木健裕, 澤田晃, 石原佳知, 宮部結城, 藤本隆広, 中井高宏, 松尾幸憲, 溝脇尚志, 小久保雅樹, 平岡真寛

肺腫瘍動体追尾照射のためのガフクロミックフィルムモデルを用いた簡易的被ばく線量測定法の開発 日本放射線腫瘍学会第25回学術大会 2012年11月23日 – 2012年11月25日 東京国際フォーラム(東京都・千代田区)

⑮ T.Shiinoki, A.Sawada, Y.Ishihara, Y.Miyabe, T.Fujimoto, Y.Matsuo, T.Mizowaki, M.Kokubo, M.Hiraoka.

Gafchromic film dosimetry in fluoroscopy for dynamic tumor tracking irradiation of the lung using XR-SP2 model – A phantom study- The American Association of Physicist in Medicine 54th Annual Meeting 2012/7/29 – 2012/8/2 Charlotte (USA)

6. 研究組織

(1)研究代表者

椎木 健裕 (SHIINOKI, Takehiro)

山口大学・大学院医学系研究科・助教

研究者番号：30610456