

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21611004

研究課題名(和文) 多施設間における放射線治療機器の包括的精度向上のための基盤構築

研究課題名(英文) Construction of multidisciplinary improvement for radiation treatment machine between multi-institutions.

研究代表者

小泉 雅彦 (KOIZUMI MASAHIKO)

大阪大学・大学院医学系研究科・特任教授(常勤)

研究者番号：90186594

研究成果の概要(和文)：多施設間における放射線治療の品質保証精度を検証した。物理的精度の基本となる放射線量および照射精度を実測した。線量測定にはRadiochromic filmを用い、大阪大学関連施設への郵送調査を行った。照射精度に関してはスターショット照射を実施し、アイソセンタ精度を検証した。多施設の検証結果をもとに、許容外となった施設へビーム出力および治療室レーザーの調整あるいは再確認を促した。更に、多施設へのアンケートにより、照射法別に使用する精度管理機器を洗出し、精度管理項目の実施内容と頻度を調査した。これらの結果から、照射法別に最低限必要とされる精度管理機器の選定の基準を示す事が可能になった。

研究成果の概要(英文)：In order to verify the accuracy of quality assurance (QA) for radiation treatment between multi-institutions, beam output and irradiation accuracy were evaluated using radiochromic films, with postal audit to associated hospitals with Osaka University. In case of the results that exceeded the range of tolerance, re-commissioning or re-measurements were proposed in the specific institution. A questionnaire was sent to multi-institutions. The correlation between irradiation methods which consisted of conventional or advanced modalities, and QA equipments was investigated. Based on these results, minimum QA equipment requirements were proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：時限

科研費の分科・細目：医学物理学・放射線技術学

キーワード：放射線治療、品質管理、多施設調査、国内施設リスク予測、医学物理士

1. 研究開始当初の背景

大阪大学関連病院で大学より放射線治療医を派遣し、非常勤医師が放射線治療を実施している。放射線治療で基本となる放射線量が正しく管理されているかを確認する必要があり、当院の医学物理室が主体となって X

線のビーム出力精度を第3者的に調査することとした。多施設調査を効率的に実施するため、訪問調査ではなく、放射線検出器媒体としてフィルムを利用し、郵送調査を行った。

さらに大阪大学を含む関連する 22 施設お

よび回転式強度変調放射線治療を実施する 4 施設を対象に放射線治療の品質管理に関するアンケート調査を実施した。この調査をもとに、照射方法で区別した放射線治療施設レベルとその照射法に必要な精度管理機器の関係性を明らかにした。

2. 研究の目的

化学反応型放射線量検出器 (Radiochromic film EBT2) を用いた郵送調査を実施し、関連病院で使用する放射線治療機器のビーム出力を第三者的に監査すること。フィルムを用いた PDD 測定手法を確立すること。

3. 研究の方法

使用した Radiochromic film は Gafchromic film EBT2 とした。放射線に対するフィルムおよびデジタルスキャナの基本特性を把握するため、X 線の線質 (4, 6, 10 MV) および線量 (0-2 Gy) を変化させた。各線質に対する線量-濃度曲線を得た。スキャナ依存性を評価するため、フィルム照射後の時間軸に対するピクセル値変化、フィルムの表裏依存性、繰り返し再現性を調べた。郵送調査に伴う、フィルム管理環境に対する濃度変化を調べた。その上で、フィルムを用いた絶対線量測定精度の不確かさを算出し、測定結果の許容値を設定した。関連病院 19 施設へコントロールフィルムを含め線質ごとに 1 Gy 相当の照射を依頼した。

EBT2 フィルムを用いて Percent depth dose (PDD) 測定を実施した。フィルムを固体ファントムで挟み、ファントム上縁を SSD: 100cm、フィルム上縁を SSD: 100cm および 105cm に設定し、同一 MU で照射した。同様の測定をフィルムを水中に配置し実施した。予め電離箱線量計で測定した PDD カーブをフィルムで測定したものと比較した。

またアンケートは施設名は公表しないという条件で行い、調査内容は年間新規患者数、実施する精度管理項目および頻度、保有する精度管理機器とした。また照射方法別の集計をとるため、体幹部定位放射線治療および強度変調放射線治療を高精度放射線治療とし、それ以外の照射方法を通常のものとした。

4. 研究成果

大阪大学の放射線治療機のビーム出力を基準とし、Gafchromic film を用いて X 線のビーム出力精度を、関連病院 19 施設を対象に郵送調査した結果、予めフィルムを用いた絶対線量測定精度の不確かさ (7%未満: 許容内、7-14%: ヒアリング、14%以上: 訪問調査) に対して、全施設で許容内であった。許容内ではあったが、内 2 施設では 4% を超える誤差を認めため、フィルムによる再測定を実施し、1

施設は 2% 以内を示したが、1 施設では同様に 4% を超えた。誤差が大きかった施設に対し、大阪大学より訪問調査を実施した。その結果、電子銃の加速管が経年劣化していることが判明し、メーカー対応の要望を伝達した。

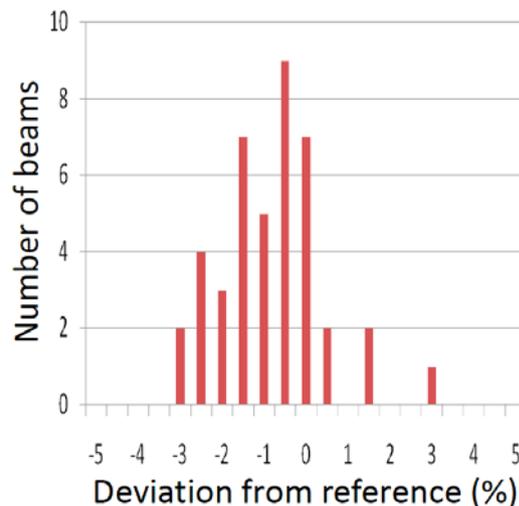


図 1 線量誤差 (%) と照射本数度数分布

X 線の PDD 測定結果は、SSD: 100 cm の場合、基準となる計算線量プロファイルと 3% 以内の精度で一致した。一方、SSD: 105 cm の場合、計算線量プロファイルよりも 3% を超える過剰応答を示した。この原因は、ビームがフィルムに入射する過程で 5 cm の空気層を通過し、1 次 X 線による低エネルギー成分 (コンプトン散乱およびそれに伴い発生する光電効果) が過剰応答に影響していると判断できた。過剰応答の検証目的で測定した結果、計算線量プロファイルと良好な一致が得られ、原因を裏付ける結果を得た。フィルムを鉛板で挟む手法を考えたが、セットアップが煩雑であり、どの施設での実施を想定すると困難だと考え、フィルムを用いた水中測定の有用性を明らかにできた。

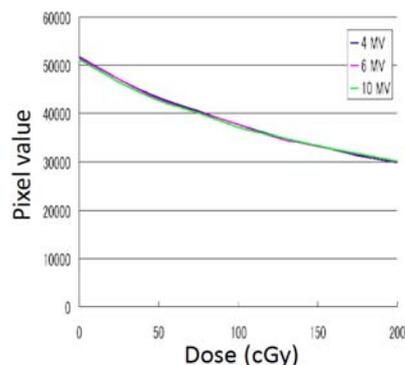


図 2 X 線ビーム線量と EBT2 の pixel 値

アンケートの結果、全施設中、年間 500 例を超えて治療を実施する施設は 5 施設で、多くは 100-200 例を実施する施設であった。高精度放射線治療実施施設 (A 施設) は 10 施設を占め、該当施設の放射線治療機器使用年数は 4 年以下であった。放射線治療機器更新施設では高精度放射線治療を実施していた。保有する精度管理機器は全施設で水等価固体ファントムあるいは水ファントムを保有しており、A 施設では 3 次元水ファントムも保有していた。A 施設に限定すれば、小照射野測定用電離箱線量計、2 次元アレイ型検出器、およびフィルムの保有率は 100% であった。1 次元半導体検出器保有率は 80% 以上であった。精度管理実施頻度と精度管理機器保有状況の関係で明らかとなった点は、2 次元アレイ型検出器やフィルムを保有しない施設は、ビームの OCR や平坦度・対称性試験を未実施であった。一方、2 次元アレイ型検出器の保有施設は、規定頻度以上の精度管理を実施していた。

このことから、精度管理測定行為が簡便に実施できる機器を保有することが時間的効率化の面で有効であることが示唆された。

以上、臨床現場の品質管理の実態把握として、他施設治療機の現状の出力を統一的な方法で測定し、同一基準から評価する事ができた。調査結果から、今後の外部放射線治療機を更新あるいは新規導入する施設に対する最低限必要な精度管理の方法、また品質管理機器の推奨を打ち出すことも重要であると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① Sumida I, Yamaguchi H, Kizaki H, Koizumi M, Ogata T, Takahashi Y, Yoshioka Y. Quality assurance of MLC leaf position accuracy and relative dose effect at the MLC abutment region using an electronic portal imaging device. J Radiat Res. In press. 査読有.
- ② 隅田伊織. 放射線治療施設レベルと精度管理に必要な機器. 日本医学物理学会雑誌. 31;84-9, 2012. 査読有.
<http://www.fmu.ac.jp/home/physics/jj.mp.htm>
- ③ Akino Y, Koizumi M, Sumida I, Takahashi Y, Ogata T, Ota S, Isohashi F, Konishi K, Yoshioka Y; Megavoltage Cone-beam Computed Tomography Dose and Necessity of Reoptimization for Imaging Dose-integrated Intensity-modulated Radiotherapy for Prostate Cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 82(5): 1715-22, 2012. 査読有.
10.1016/j.ijrobp.2011.03.034
- ④ 隅田伊織. Gafchromic film type EBT2 の使用経験—新たな問題点と水中測定への試み— 放射線治療かたろう会誌. 16;26-32, 2011. 査読無.
http://www.geocities.jp/katarou_kai/index.html
- ⑤ Ogata T, Koizumi M, Sumida I, Takahashi Y, Akino Y, Isohashi F, Konishi K, Yoshioka Y, and Inoue T. Weekly verification of dosimetric data for virtual wedge using a 2-D diode detector array. Medical Dosimetry. 36(3): 246-9, 2011. 査読有.
10.1016/j.meddos.2010.04.001
- ⑥ 小泉雅彦, 【がんと骨の遭遇】 がん骨転移の放射線治療, Clinical Calcium 21 巻 3 号 Page455-464, 2011. 査読無.
https://www.iyaku-j.com/iyakuj/system/M2-1/summary_viewer.php?trgid=22770
- ⑦ 隅田伊織: MLC の精度管理・保証について—Siemens 社— 放射線治療かたろう会誌. 16;115-122, 2011. 査読無.
http://www.geocities.jp/katarou_kai/index.html
- ⑧ 隅田伊織: 治療計画装置の QA/QC (具体的な取り組みと向き合い方). 日本放射線技術学会雑誌. 67;1342-8, 2011. 査読有.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjrt/67/10/67_10_1342/_pdf
- ⑨ Takahashi Y, Koizumi M, Sumida I, Ogata T, Akino Y, Yoshioka Y, Konishi K, Isohashi F, Ota S, Inoue T. What is the Optimum Minimum Segment Size Used in Step and Shoot IMRT for Prostate Cancer? J Radiat Res. 51(5): 543-52, 2010. 査読有. 10.1269/jrr.10018
- ⑩ 隅田伊織. Gafchromic film type EBT2 の取扱い—使用経験からみて—日本放射線技術学会雑誌. 66;1367-1375, 2010. 査読

有. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjrt/66/10/66_10_1367/_pdf

- ⑪ 小泉雅彦: 最近の放射線治療—ミラクル・ピンポイント・ビームの実現に向けて— 健康文化振興財団紀要 44: 91-99, 2009. 査読無.
<http://www.kenkobunka.jp/kenbun/kb44/koizu44.pdf>
- ⑫ Sumida I, Koizumi M, Takahashi Y, Ogata T, Akino Y, Isohashi F, Konishi K, Yoshioka Y, and Inoue T. Verification of air-kerma strength of 125I seed for permanent prostate implants in Japan. Int J Clin Oncol 14: 525-528, 2009. 査読有.
10.1007/s10147-009-0914-3
- [学会発表] (計12件)
- ① 隅田伊織: 大学病院と中小規模放射線治療施設における医学物理士の役割と貢献. 第24回日本放射線腫瘍学会. 2011; 11月19日; 神戸.
- ② 若井展英、小泉雅彦、高橋豊、尾方俊至、秋野祐一、八木雅史、隅田伊織、磯橋文明、小西浩司、吉岡靖生 MLCのリーフ位置精度が Step & Shoot IMRT に与える線量的影響 日本放射線腫瘍学会第24回学術大会 神戸 2011年11月19日
- ③ 八木雅史、小泉雅彦、塩見浩也、若井展英、秋野祐一、高橋豊、尾方俊至、隅田伊織、磯橋文明、吉岡靖生 Velocity™における deformable image registrationの正確性 日本放射線腫瘍学会第24回学術大会 神戸 2011年11月18日
- ④ 高橋豊、小泉雅彦、磯橋文明、尾方俊至、秋野祐一、八木雅史、若井展英、小西浩司、井ノ上 信一、吉岡靖生. 金属アプリケーションを用いた腔内照射に対する Megavoltage cone beam CT の利用に向けた検討 日本放射線腫瘍学会第24回学術大会 2011年11月17日 神戸
- ⑤ 隅田伊織: 高精度放射線治療のQA 総括. 第24回日本放射線腫瘍学会. 2011; 11月17日; 神戸.
- ⑥ 尾方俊至、上口貴志、八木雅史、山田幸子、隅田伊織、高橋豊、磯橋文明、小西浩司、吉岡靖生、小泉雅彦: Dual energy

CTを用いた治療計画の基礎的検討 日本放射線腫瘍学会第24回学術大会 神戸 2011年11月17日

- ⑦ Takahashi Y, Koizumi M, Sumida I, Isohashi F, Ogata T, Akino Y, Yagi M, Konishi K, Inoue S, Yoshioka Y. Semi-independent plan verification method for high-dose-rate intracavitary brachytherapy using benchmark plan 53rd AAPM annual meeting, poster session, 2011年7月31日~8月4日 Vancouver Canada
- ⑧ 八木雅史、小泉雅彦、隅田伊織、尾方俊至、高橋豊、秋野祐一、小西浩司、磯橋文明、吉岡靖生 ビーム軸方向の線量測定における Gafchromic film EBT2 を用いた水中測定の有用性 第101回日本医学物理学学会学術大会 2011年5月9日~20日 Web開催
- ⑨ 秋野祐一、隅田伊織、村上秀明、柿本直也、高橋豊、尾方俊至、磯橋文明、小西浩司、吉岡靖生、小泉雅彦: Siemens 社製 MLC の違いが中咽頭癌 IMRT の線量分布に及ぼす影響 第101回日本医学物理学学会学術大会 2011年5月9日~20日 (Web開催)
- ⑩ Sumida I, Koizumi M, Takahashi Y, Ogata T, Akino Y, Konishi K, Isohashi F, Yoshioka Y, Inoue T. Feasibility study for high-energy radiotherapy photon beams using radiochromic film postal dosimetry audit between multi-institutions. ASTRO 52nd Annual Meeting, San Diego, CA. 2010. 10月31日
- ⑪ Koizumi M, Contribution of medical physicist to computer assisted radiotherapy in Osaka University Hospital. JICARS Special Session Part I - JICARS Activity, Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS), 24th International congress and Exhibition, 26 June, 2010, Geneva, Switzerland.
- ⑫ Koizumi M, Sumida I, Takahashi Y, Ogata T, Ota S, Akino Y, Yoshioka Y, Isohashi F, Konishi K, Inoue T. Contribution of Megavolt X-ray Cone-Beam CT (MV-CBCT) with EPID (electronic portal image device) to IGRT (Image guided radiation therapy), CAR poster072,

Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS), 24th International congress and Exhibition, poster session, June 23-26, 2010, Geneva, Switzerland.

[図書] (計4件)

- ① 小泉雅彦、隅田伊織、高橋豊、尾方俊至、秋野 祐一、八木 雅史、若井展英. 医学物理室年報 2011, 平成 24 年 3 月 1 日.
- ② 小泉雅彦、隅田伊織、高橋豊、尾方俊至、秋野 祐一、八木 雅史. 医学物理室年報 2010, 平成 23 年 2 月 17 日.
- ③ Koizumi M, chap. 7 Radiotherapy Quality Assurance, 7.4 Treatment planning data, 7.5 Treatment data, 7.6 Follow-up and evaluation of therapeutic effect and disorders, 7.7 Tabulation and statistics of treatment-related data, 7.8 Evaluation of operations, 7.9 IHE-RO, 7.11 Response to inadvertent exposure, in Radiation Oncology in Multidisciplinary Cancer Therapy - Basic structural requirements of quality assurance of radiotherapy based on Patterns of Care Study in Japan - Japanese PCS Working Group, Ministry of Health, Labour and Welfare Cancer Research Grant. Planned Research Study 18-4, 2010.
- ④ 小泉雅彦、隅田伊織、高橋豊、尾方俊至、秋野 祐一. 医学物理室年報 2009, 平成 22 年 2 月 17 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小泉 雅彦 (KOIZUMI MASAHIKO)

大阪大学・大学院医学系研究科・特任教授
(常勤)

研究者番号 : 90186594

(H22 年 4 月まで分担者、H22 年 5 月より
代表者)

井上 武宏 (INOUE TAKEHIRO)

大阪大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号 : 10159981

(H22 年 4 月まで代表者)

(2) 研究分担者

隅田 伊織 (SUMIDA IORI)

大阪大学・大学院歯学研究科・助教

研究者番号 : 10425431

高橋 豊 (TAKAHASHI YUTAKA)

大阪大学・大学院医学系研究科・特任助教
(常勤)

研究者番号 : 40353461

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

秋野 祐一 (AKINO YUUICHI)

大阪大学・大学院医学系研究科・大学院博士課程学生