

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：32409

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K19207

研究課題名(和文)HDR画像誘導小線源治療の均てん化に関する研究

研究課題名(英文)Study on standardization of HDR image guided brachytherapy

研究代表者

熊崎 祐 (Kumazaki, Yu)

埼玉医科大学・医学部・講師

研究者番号：10535488

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：安全で高精度な3次元画像誘導小線源治療の提供、均てん化を目指すために、医学物理の観点から、主要な品質保証項目である線源位置、線源強度、線量分布の品質保証手法を確立した。本研究で開発した品質保証ツールを「画像誘導小線源のアプリケーター内停止位置の検査方法および検査具」という発明名称で特許出願(特願2015-079160)し、商品化した。Ir-192における3D-IGBTの照射精度を定量的に計測するQA手法とQAファントムが存在しなかったため、全国の小線源治療ユーザが行うQAの一助となりうる。がん拠点病院など対象とした郵送第三者評価法としても使用可能である。

研究成果の概要(英文)：We established quality assurance methods of source positions, source strength, and dose distribution to standardize safe, and high-precision three-dimensional image-guided brachytherapy (3D IGBT) in terms of medical physics. We had a patent application on the tools developed in this study, and commercialized these (Japanese Patent Application No. 2015-079169). These tools can be contributory to quality assurance performed by brachytherapy user in Japan. Also, these are available as postal audit system for credentialing of 3D-IGBT in the designated regional cancer centers and hospitals in Japan.

研究分野：医学物理学

キーワード：3次元画像誘導小線源治療 3D-IGBT QA/QC

1. 研究開始当初の背景

(1)近年、小線源治療は2次元画像を用いた治療から3次元画像を用いた3次元画像誘導小線源治療(3D-Image Guided Brachytherapy:3D-IGBT)に移行しつつある。従来法である2次元画像を用いた治療では、内部臓器の位置、形状を把握できず画一的な治療であったが、CTやMRなどの3次元画像を用いることにより、患者毎の標的や正常組織の位置、形状に合わせた、より高精度な治療が実現可能となった。しかし、3D-IGBTでは、小線源治療システム(治療装置、治療計画装置など)の高度化、複雑化に伴い、放射線源停留位置ミス、線源配置方向ミスなどの誤照射が報告されるようになった。小線源治療システムの品質管理の欠如が誤照射の原因であった。国内では小線源治療の品質保証/品質管理(QA/QC)が不十分であると言われている。

(2)具体的な3D-IGBTのQA方法は確立しておらず、2013年に日本放射線腫瘍学会から公表された「密封小線源治療—診療・物理QA/QCガイドライン—」では、具体的なQA/QC方法は記述されていない。また現在まで国内外において市販されている3D-IGBT用の品質保証ファントムは存在しないため、独自にQAツールを開発する必要性があった。さらに、国内の放射線治療の第三者評価機関は外部照射に関する線量評価システムを提供しているが、小線源治療に関しては提供していないため、その基盤を構築する必要があった。

(3)当センターは3D-IGBTの研究機関であり、また教育機関でもある。2014年9月にはIAEA/RCAのトレーニング・コース「子宮頸癌に対する3次元画像誘導小線源治療」を一週間に渡って開催するなど、小線源治療の普及、均てん化を目指し、先行施設としての役割を担っており、臨床面だけでなく、物理・技術面でも研究・教育する立場にあった。

2. 研究の目的

(1)安全で高精度な3D-IGBTを患者に提供するために、CT等の3次元画像の幾何学的精度、線源停留位置精度、アプリケーションモデリング精度、処方線量精度、線量分布精度を検証できる再現性の高いQAツールを開発すること。上記の項目を簡単に精度よく検証できるソフトウェアも必要であり、ハードとソフトの両面から開発し、小線源治療システムのQA方法を確立させること。

(2)開発したツールを利用した第三者的な郵送での実態調査を行い、小線源治療に関わる事故を未然に防ぐとともに、均てん化を図ることが可能な小線源治療の外部評価システムの基盤を構築すること。

3. 研究の方法

安全で高精度な3次元画像誘導小線源治療(3D-IGBT)の提供、均てん化を目指して、以下の2つの項目に対して研究を実施した。

(1)CT等の3次元画像の幾何学的精度、線源停留位置精度、アプリケーションモデリング精度、処方線量精度、線量分布精度を検証できる3D-IGBTに対応した品質保証ファントム1,2,3(図1,2,3)と自動解析ソフトウェア(図4)を開発した。

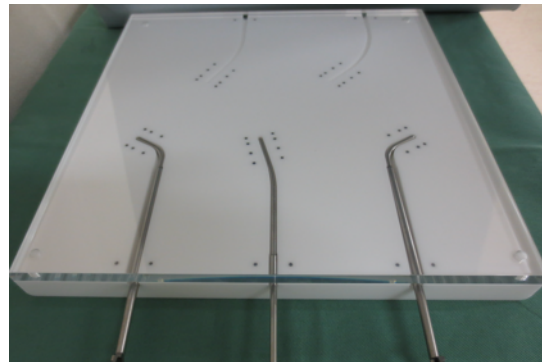


図1 線源位置精度確認用ファントム



図2 線量分布確認用ファントム

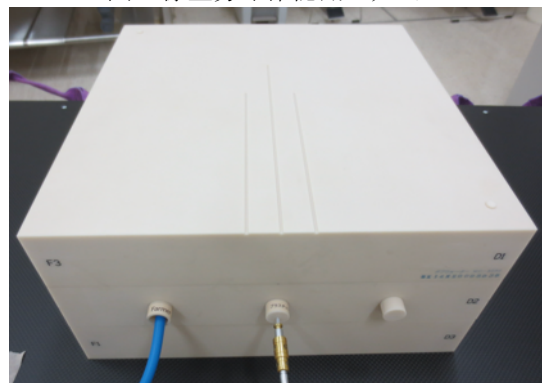


図3 線量精度確認用ファントム

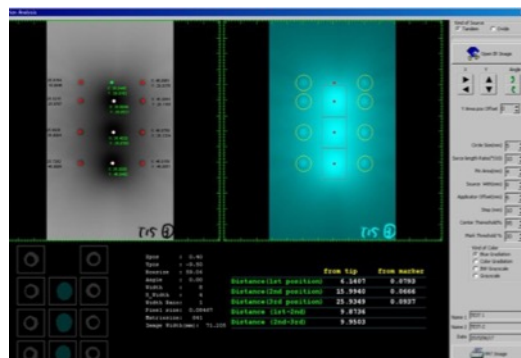


図4 開発した自動解析ソフトウェア

(2)開発した品質保証ファントムを用いて、3D-

IGBT に対応した各 QA 項目(線源停留位置精度、アプリケーションモデリング精度、処方線量精度、線量分布精度など)について計測を行い、高精度な測定精度で郵送調査が可能であることを確認した。

4. 研究成果

安全で高精度な 3 次元画像誘導小線源治療の提供、均てん化を目指すために、医学物理の観点から、主要な 3D-IGBT の品質保証項目である線源位置、線源強度、線量分布の品質保証手法を確立した。本研究で開発した品質保証ファントムと品質保証手法を特許出願(特願 2015-079160)し、商品化した。Ir-192 における 3D-IGBT の照射精度を定量的に計測する QA 手法と QA ファントムが存在しなかったため、全国の小線源治療ユーザが行う QA の一助となりうる。本研究で開発した QA 手法は実際の治療を模擬した end to end 試験を採用しているため、実臨床と同条件で 3D-IGBT の QA が可能であり、誤照射を未然に防ぐことが可能である。3D-IGBT の品質を担保した上で臨床利用すれば、腫瘍により限局した照射をすることで、正常組織の線量を低減させることが可能となり、治療成績の向上や正常組織の障害低減に繋がる。さらに、各測定には測定値を後から解析可能であるガラス線量とフィルムを使用しているために、がん拠点病院など対象とした小線源治療の均てん化を目的とした郵送第三者評価法としても使用可能である。本研究の成果は、第 28 回日本放射線腫瘍学会、2015 年米国医学物理学会などで報告し、現在論文投稿準備中である。また、「画像誘導小線源のアプリケーション内停止位置の検査方法および検査具」という発明の名称で特許出願を果たした。さらに、日本放射線腫瘍学会小線源部会からの依頼により「画像誘導小線源治療の臨床導入のためのガイドライン:略称 IGBT ガイドライン」を執筆し、第 6 回放射線治療品質管理講習会(医学物理士認定機構主催)で、そのガイドラインの解説を講演する予定である。

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 4 件)

- (1) Tamaki T, Miyaura K, Murakami T, Kumazaki Y, Suzuki Y, Nakano T, Kato S: The use of trans-applicator intracavitary ultrasonography in brachytherapy for cervical cancer: phantom study of a novel approach to 3D image-guided brachytherapy. *J Contemporary Brachytherapy* 9(12):151-157, 2017. 査読あり。
- (2) Shikama N, Kumazaki Y, Miyazawa K, Nihei K, Hashimoto S, Tsukamoto N: Rectal toxicity after extremely hypofractionated radiotherapy using a non-isocentric robotic radiosurgery system for early stage prostate cancer, *World J Oncol*, 7(5-6):98-103, 2016,

doi: <https://doi.org/10.14740/wjon986w>, 査読あり。

- (3) Tamaki T, Noda S, Ohno T, Kumazaki Y, Kato S, Nakano T: Dose volume histogram analysis of composite EQD2 dose distributions using the central shielding technique in cervical cancer radiotherapy. *Brachytherapy*, 15:598-606, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.brachy.2016.06.006>, 査読あり。
- (4) Shikama N, Kumazaki Y, Miyazawa K, Miyaura K, Kato S, Nakamura N, Kawamori J, Shimizuguchi T, Saito N, Saeki T: Symptomatic Radiation Pneumonitis After Accelerated Partial Breast Irradiation Using Three-dimensional Conformal Radiotherapy. *Anticancer Res*. 36(5):2475-9, 2016. 査読あり。

[学会発表](計 6 件)

- (1) Kumazaki Y, Miyaura K, Hirai R, Miyazawa K, Makino S, Tamaki T, Shikama N, Kato S: Development of a HDR-BT QA tool for verification of source position with Oncentra[®] applicator modeling, 第 28 回日本放射線腫瘍学会, 前橋, 2015 年 11 月 20 日。
- (2) Kumazaki Y: Workload minimization in IGRT (ワークショップ), 日本放射線腫瘍学会第 29 回学術大会, 京都, 2016 年 11 月 26 日
- (3) 熊崎祐. IGBT が及ぼす利益と課題(教育講演), 日本放射線技術学会 第 44 回秋季学術学会, 大宮, 2016 年 10 月 15 日。
- (4) 熊崎祐. 小線源治療物理と品質管理(教育講演), 日本放射線腫瘍学会小線源部会第 18 回学術学会, 大阪, 2016 年 5 月 28 日。
- (5) Kumazaki Y, Kito S, Nakamura M, Masahiko Kurooka, Naoki Tohyama, Ozawa S, Shimizu H, Okamoto H, Tachibana H, Nishio T: Development of a postal audit method for IGRT credentialing in multi-institutional clinical trials in Japan. 111th Scientific Meeting of JSMP, Yokohama, 14-Apr-2016.
- (6) Kumazaki Y, Miyaura K, Ryuta H, Miyazawa K, Makino S, Tamaki T, Shikama N, Kato S: Development of a HDR-BT QA Tool for Verification of Source Position with Oncentra Applicator. Modeling. AAPM annual Meeting, Anaheim, USA, 12-Jul-2015.

[図書](計 4 件)

- (1) 熊崎祐, がん・放射線療法 2017(がん・放射線療法 改定第 7 版)in press
- (2) 熊崎祐, 加藤眞吾: 放射線医学-生体と放射線・電磁波・超音波-, p102-104, 医療科学社, 2016.
- (3) 熊崎祐, 他:(編集:公益社団法人 日本放射線腫瘍学会)外部放射線治療における Quality Assurance(QA)システムガイドライン

2016 年版, p80-84, 97-90, 金原出版株式会社, 2016.

- (4) 熊崎祐, 他:放射線治療物理学 第4章第6節第1項~第3項・第5項 (日本医学物理学会監修), p184-190, 195-196, 国際文献社, 2016.

[産業財産権]

○出願状況(計1件)

名称:画像誘導小線源のアプリケーション内停止位置の検査方法および検査具

発明者:熊崎 祐

権利者:埼玉医科大学、アールテック有限会社

種類:特許

番号:特願 2015-079169

出願年月日:平成 27 年 4 月 8 日

国内外の別:国内

○取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

熊崎 祐 (Kumazaki Yu)

埼玉医科大学・医学部・講師

研究者番号:10535488

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

平井 隆太 (Hirai Ryuta)

猪狩 光紳 (Igari Mitsunobu)