

平 28 年 度 委 託 研 究 開 発 成 果 報 告 書

I. 基本情報

事業名： (日本語) 革新的がん医療実用化研究事業
(英語) Practical Research for Innovative Cancer Control

研究開発課題名： (日本語) 光子線を用いた放射線療法のすべての治療装置に対応した患者個々の治療
の品質保証法の確立
(英語) Establishment of quality assurance system for individual patients
treated by using all linear accelerators in photon radiotherapy

研究開発担当者 (日本語) 橘 英伸

所属 役職 氏名： (英語) Research Center for Innovative Oncology, Particle Therapy Division,
Hidenobu Tachibana

実施期間： 平成 28 年 4 月 1 日 ～ 平成 29 年 3 月 31 日

研究開発分担者 (日本語) 橘英伸

所属 役職 氏名： (英語) Research Center for Innovative Oncology, Particle Therapy Division,
Hidenobu Tachibana

II. 成果の概要（総括研究報告）

和文

放射線治療において利用されている CyberKnife、Vero4DRT、および Tomotherapy といった特殊照射装置の独立計算検証の報告は限られている。これら 3 つのモダリティの独立計算検証のための最初の多施設研究が 12 施設で実施された。複数の部位（脳、頭頸部、肺、肝臓、前立腺など）の 821 件の治療計画を収集し、Clarkson ベースの独立計算検証プログラムを用いて遡及的な解析を行った。最初に、イオンチャンバ測定と検証プログラムとの間の線量差を比較して、検証プログラムの精度を評価した。次に、それぞれの施設の放射線治療計画システムと検証プログラムとの間の線量比較を行った。その結果、3 つのモダリティについて、測定比較は 2% 以内で良好な一致を示した。計算の比較は、肺を除く全ての部位および大型の不均質領域を含む部位において、3~4% 以内の線量差を示した。不均質媒質を含む部位では、CyberKnife、Vero4DRT、および Tomotherapy のそれぞれ $1.9 \pm 3.7\%$ 、 $4.1 \pm 3.3\%$ および $-0.8 \pm 4.7\%$ のより系統誤差および偶発誤差があった。Clarkson ベースのアルゴリズムを用いた多施設比較の結果、Non-IMRT 計画の AAPM TG114 のアクションレベルと同様に、CyberKnife、Vero4DRT、および Tomotherapy の Non-IMRT、IMRT および VMAT のアクションレベルは 5% になるといえる。また、 $\pm 5\%$ がアクションレベルとして定義する場合、不均一な補正を伴う Clarkson 法が必要となる。

英文

There have been limited reports for independent calculation verification for CyberKnife, Vero4DRT and Tomotherapy. The first multi-institutional study for independent calculation verification for the three machines was performed to address the agreement between primary and secondary calculations in twelve institutions. 821 treatment plans in several sites (brain, head and neck [H&N], lung, liver, prostate and others) including IMRT and VMAT were retrospectively analyzed using a modified Clarkson-based verification program considering multileaf collimator (MLC) transmission and dosimetric leaf gap. At first, the dose deviations between an ionization chamber measurement and the verification program were compared to understand the accuracy of the verification program. Next, a comparison in dose between on-site radiotherapy treatment planning systems (TPSs) and the verification program was performed using patient computed tomography (CT) images. For the three modalities, measurement comparison showed good agreement within 2%. Calculation comparison showed the dose deviation within 3-4% in all sites except for lung and the site including large inhomogeneous media respectively. For the sites including inhomogeneous media, there were larger systematic and random deviations of $1.9 \pm 3.7\%$, $4.1 \pm 3.3\%$ and $-0.8 \pm 4.7\%$ for CyberKnife, Vero4DRT and Tomotherapy, respectively. The multi-institutional comparison using a Clarkson-based algorithm would be helpful to determine the departmental action level because patient's population and treatment site may be more limited when using the special machines. Similar to the action level of AAPM TG114 for non-IMRT plans, 5% would be an action level even of non-IMRT, IMRT and VMAT for CyberKnife, Vero4DRT and Tomotherapy in all sites except for lung and the sites including large inhomogeneous media. If $\pm 5\%$ is defined as the action level, the Clarkson method with inhomogeneous correction would be needed.

III. 成果の外部への発表

(1) 学会誌・雑誌等における論文一覧（国内誌2件、国際誌2件）

1. Nishiyama S, Ishibashi S, Takahashi R, Tachibana H, Independent dose verification for brain stereotactic radiotherapy using different add-on micro multi-leaf collimators. Radiol Phys Technol. 2017, 1-8.

(2) 学会・シンポジウム等における口頭・ポスター発表

[学会・国外]

1. Poster: Takahashi R, Kamima T, Tachibana H. Impact of Trajectory Log Files for Clarkson-Based Independent Dose Verification of IMRT and VMAT, 2016 AAPM annual meeting Washington, D.C, USA. July 31-August 4, 2016.
2. Poster: Itano M, Tachibana R, Yamashita M, Shimizu H, Sugawara Y, Kotabe K, Kamima T, Takahashi R, Ishibashi S, Uchida Y, Yamazaki T and Tachibana H. A Multi-Institutional Study of Independent Dose Verification Using Golden Beam Data, 2016 AAPM annual meeting Washington, D.C, USA. July 31-August 4, 2016.
3. Oral: Sato A, Noda T, Keduca Y, Kawajiri T, Itano M, Yamazaki T and Tachibana H, A Feasibility Study of Independent Dose Verification for CyberKnife, 2016 AAPM annual meeting Washington, D.C, USA. July 31-August 4, 2016.
4. Poster: Nagata H, Hongo H, Kawai D, Takahashi R, Hashimoto H and Tachibana H. A Clarkson-Based Independent Dose Verification for the Helical Tomotherapy, 2016 AAPM annual meeting Washington, D.C, USA. July 31-August 4, 2016.
5. Poster: Yamashita M, Takahashi R, Kokubo M, Takayama K, Tanabe H, Sueoka M, Ishii M, Okuuchi N, Iwamoto Y and Tachibana H. A Feasibility Study of Independent Dose Verification for Vero4DRT, 2016 AAPM annual meeting Washington, D.C, USA. July 31-August 4, 2016.
6. Poster: Kawai D, Takahashi R, Kamima T, Baba H, Yamamoto T, Kubo Y, Ishibashi S, Higuchi Y, Tani K and Tachibana H. Impact of Dosimetric Variation for Prescription Dose Using Analytical Anisotropic Algorithm (AAA) in Lung SBRT, 2016 AAPM annual meeting Washington, D.C, USA. July 31-August 4, 2016.

[学会・国内]

1. 口述：板野正信、多施設試験によるゴールドンビームデータを利用した独立線量計算検証の実行可能性、京都市、第29回日本放射線腫瘍学会学術大会、2016年11月25日～27日
2. 口述：永田弘典、トモセラピーにおけるクラークソン法による独立線量計算検証の実行可能性、京都市、第29回日本放射線腫瘍学会学術大会、2016年11月25日～27日
3. ポスター：佐藤礼、CyberKnifeにおける独立計算検証の精度、京都市、第29回日本放射線腫瘍学会学術大会、2016年11月25日～27日

[シンポジウム]

1. 橘 英伸、放射線治療における患者個々の体内線量の品質保証法、第44回臨床医学物理研究会（東京）2016年12月
2. 橘 英伸、ユーザーとして開拓する線量計算の独立検証と重要性、慶應義塾大学大学院医学系研究科がんプロフェッショナル養成基盤推進プラン、地域均てん化 Generalist of Medical Physicist 養成コース(インテンシブコース)（東京）2016年10月

(3) 「国民との科学・技術対話社会」に対する取り組み
なし

(4) 特許出願
なし