

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25893110

研究課題名(和文) 動体追尾強度変調照射に対応した高精度四次元線量計算システムの開発

研究課題名(英文) Development of 4D Monte Carlo dose calculation system for intensity modulated dynamic tumor-tracking radiotherapy

研究代表者

石原 佳知 (Ishihara, Yoshitomo)

京都大学・医学(系)研究科(研究院)・特定職員(医学物理)

研究者番号：60709351

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：呼吸性移動のある領域に対して選択的に線量集中可能な動体追尾強度変調照射に対応した四次元線量計算システムの開発を行った。開発したシステムを用いて膵臓がんに対して四次元線量を算出した。従来法の照射と比較し、ターゲットへの線量を担保したまま、危険臓器である胃への平均線量を40%、十二指腸への平均線量を20%低減することを定量的に評価した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a new 4D dose calculation system for intensity modulated dynamic tumor-tracking radiotherapy (IM-DTRT). Dose calculation was performed using ten phase CT with the x-ray head rotated by the corresponding angle for pancreas IM-DTRT. The mean dose differences between the IM-DTRT and the conventional plans for stomach and duodenum were approximately 40% and 20%. The dynamic tumor-tracking plan can reduce organs at risk dose with high dose prescription for the target.

研究分野：医学物理学

キーワード：モンテカルロ法 動体追尾照射 強度変調照射

1. 研究開始当初の背景

放射線治療の領域では近年の IT 技術の進歩により正常組織への線量を抑制し腫瘍にのみ線量を集中する強度変調照射法と呼ばれる技術が普及している。この照射方法は可動コリメータを用いてビーム強度を変調させ理想的な線量分布を再現させる手法である。

しかし、この理想的な線量分布はある特定の状態において最適化されたものであり、ビーム照射時に呼吸性移動などのターゲット移動が生じる場合は理想条件から大きく逸脱するという欠点がある。

そのため、肺や腹部などの呼吸性移動が大きな領域では依然として腫瘍の呼吸移動領域を含んだ広範囲に線量を投与する必要がある。

平成 20-24 年度の科学研究費補助金基盤研究(S)「難治がんの治療成績向上を目指した革新的放射線治療技術の開発」(研究代表者：京都大学 平岡眞寛)において呼吸性移動を伴う腫瘍を追尾照射可能な次世代放射線治療装置の開発が申請者の所属する研究室主体で行われ、既に市場にリリースされている。

この放射線治療装置にはビーム照射中にターゲットの移動に合わせてビーム方向を調整できる機能が搭載されており、動きのあるターゲットに対して線量を局限させる動体追尾照射が可能となった。

これにより、強度変調の照射技術に動体追尾照射能が加わり正常組織への線量をさらに抑制し病変部位にのみ高線量を集中させる「動体追尾強度変調照射法」がハードの観点からは可能となった。

2. 研究の目的

本研究では、この革新的な新照射方法を正確にシミュレート可能な四次元線量計算システムが存在しないため、本研究では「動体追尾強度変調照射法」をソフトの観点からも可能とするためのモンテカルロ法を用いた高精度四次元線量計算システムの開発を行う。

3. 研究の方法

はじめに、モンテカルロコード BEAMnrc/EGSnrc を用い、これまでに開発してきた強度変調モデルと動体追尾モデルを同じ時間軸で同期させ動体追尾強度変調照射モデルの構築を行う。モデル構築後、ファントム実験を行い実測と高精度で合致するようモデル調整を行う。

精度検証が終了した動体追尾強度変調照射モデルを用いて四次元線量計算手法を確立する。

4. 研究成果

強度変調照射における可動コリメータ位置、及び、腫瘍移動量をもとにビーム照射方向を追尾させた位置の情報に対して時間軸を統一し、シミュレーション上にて同期させる。これにより、動体追尾強度変調照射を再現したモデルを構築した。さらに、動体ファントムを用いて動体追尾強度変調照射を行い、フィルム測定において特定の断面の線量を取得した。ピラミッドパターン(図 1)、及び、臨床パターン(図 2)を用いて、シミュレーションとの比較検討を行った。臨床パターンには強度変調照射前立腺がん症例、及び、すい臓がん症例を用いた。モデル最適化において 2.5%以内の精度で実測と合致するモデルを構築した。

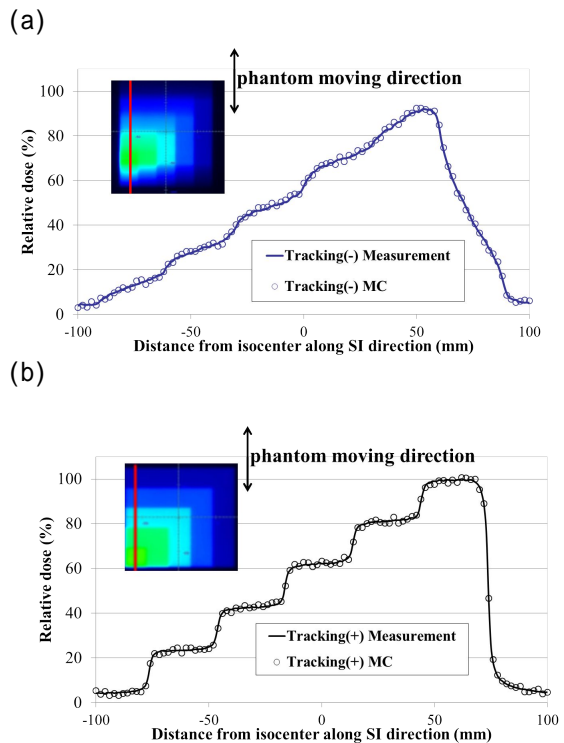


図 1: ピラミッドパターンにおける動体追尾強度変調照射線量(実測、計算値)
(a): 動体追尾なし
(b): 動体追尾あり

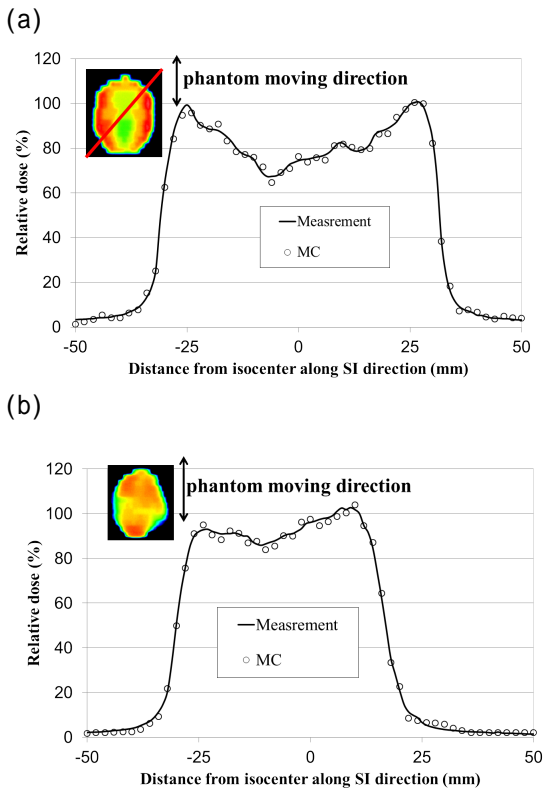


図 2: 臨床パターンにおける動体追尾強度変調照射線量(実測、計算値)
 (a): 前立腺がん症例
 (b): すい臓がん症例

ファントム検証において精度を確認後、臨床症例への適応を行った。実際に動体追尾強度変調照射を行った、膵臓がんに対して四次元線量を算出した。図 3 に動体追尾強度変調照射の線量分布を提示する。従来法の照射と比較し、ターゲットへの線量を担保したまま、危険臓器である胃への平均線量を 40% (図 3)、十二指腸への平均線量を 20% (図 4) 低減することを Dose Volume Histogram (DVH) を作成することにより定量的に評価した。

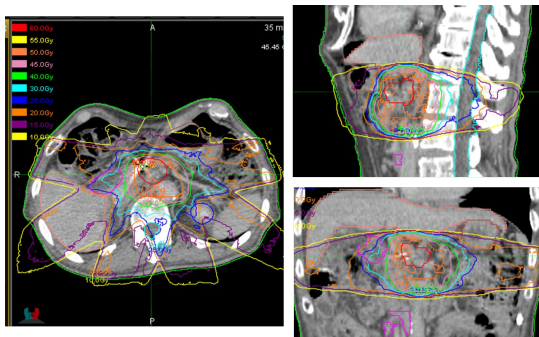


図 3: すい臓がん動体追尾強度変調照射線量分布図

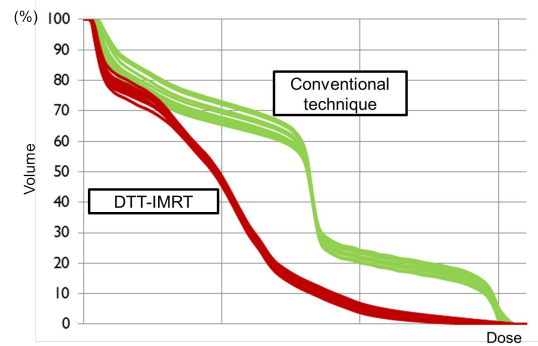


図 3: 胃における DVH 比較
 (動体追尾強度変調照射法、従来法)

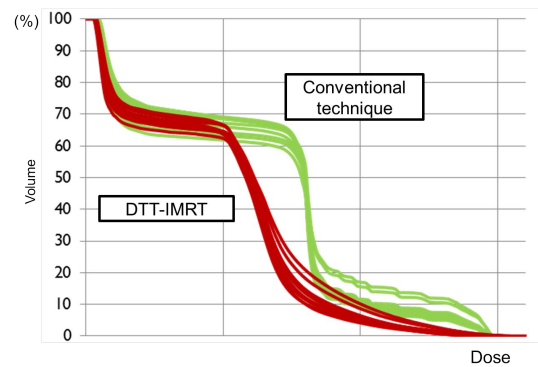


図 4: 十二指腸における DVH 比較
 (動体追尾強度変調照射法、従来法)

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 1 件)

Y. Ishihara, A. Sawada, M. Nakamura, Y. Miyabe, H. Tanabe, S. Kaneko, K. Takayama, T. Mizowaki, M. Kokubo and M. Hiraoka: Development of a dose-verification system for Vero4DRT using Monte Carlo method', J Appl Clin Med Phys, 査読有, 2014, 15, 160-172, DOI:10.1120/jacmp.v15i6.4961

[学会発表](計 3 件)

ICMP2013, 2013/9/1-5, Brighton, England, Development of a four-dimensional Monte Carlo dose calculation system for intensity modulated dynamic tumor-tracking irradiation using a gimbaled x-ray head

第 106 回日本医学物理学会, 2013/9/16-18, 大阪, ジンバル照射ヘッドによる動体追尾強度変調照射に対する四次元モンテカルロ線量計算システムの開発

ESTRO33, 2014/4/3-8, Vienna, Austria, Development of 4D Monte Carlo dose calculation system for intensity

modulated dynamic tumor-tracking
radiotherapy

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石原 佳知 (ISHIHARA, Yoshitomo)

京都大学大学院医学研究科 放射線腫瘍学
画像応用治療学

研究者番号：60709351