

研究報告書
平成30年度：B課題

2021年7月5日

公益財団法人 がん研究振興財団

理事長 堀田知光 殿

研究施設 東北大学病院

住 所 宮城県仙台市青葉区星陵町1-1

研究者氏名 勝田義之



(研究課題)

定位放射線治療において局所制御および障害発生を高精度に評価するシステムの開発

平成31年4月1日付助成金交付のあった標記B課題について研究が終了致しましたのでご報告いたします。

【研究目的】

強度変調放射線療法（IMRT）は治療効果と副作用の改善を同時に達成できる照射技術であり、近年急速な普及を遂げた。これと同時に適応疾患も拡大され、多くの患者が技術革新の恩恵を受けている。IMRT を利用した治療では、とりわけ放射線治療装置が精密に動作しながら腫瘍組織にめがけて放射線を射出するため、コールドランの実施が慣習である。本研究では転移性脳腫瘍でも対応可能な局所制御および障害発生を高精度に把握するシステムを開発した。

【研究方法】

申請者はこれまでにモンテカルロシミュレーションを利用して局所制御および障害発生を高精度に把握するシステムの開発に成功している。モンテカルロシミュレーションは物質内における放射線の振る舞いを把握することができるが、治療装置に著しく精密な動作が要求されつつ、患者解剖が複雑な転移性脳腫瘍の治療では精度の限界が指摘されている。本研究ではシミュレーションとは異なり測定した放射線分布を利用して局所制御および障害発生を予測する高精度な予測システムを開発した。

1. 実測定に基づいた放射線分布の把握

図1に放射線分布測定を示す。水槽内部に放射線検出器が配置されており、このシステムは遠隔で検出器を三次元方向に走査できる機能を有する。放射線の射出中に検出器の走査と検出器の信号取得を同時に実施して水媒質の放射線の振る舞いを三次元で把握した。深さ方向および水平方向のそれぞれで30 cm幅に渡って放射線を取得し、患者の体型問わず予測システムが機能できるよう配慮した。

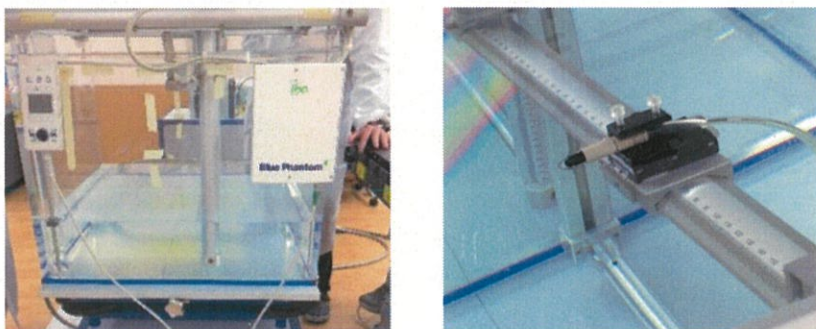


図1 水媒質における放射線分布の測定

2. 実放射線分布に基づいた予後予測

水槽で測定した放射線分布を申請者がこれまでに開発したログ情報に基づいた予後予測システムに組み込ませることにより高精度な局所制御および障害発生予測システムに発展させた。図2に概要を示すが、これは照射中に記録されたリーフ位置・ガントリー角度・MU値を利用して治療時に患者に投与された線量を計算する手法である。従来では線量計算を

モンテカルロシミュレーションで実施していた。このシミュレーションに基づいた方法では体内構造が複雑な場合や、治療装置が非常に複雑な動作をする場合では精度に限界がある。本研究では、人体の約6割が水で占められていることに着目し、前項で実施した実測に基づく放射線分布を利用した計算によって線量分布を計算し、局所制御および障害発生確率を把握するシステムを構築した。

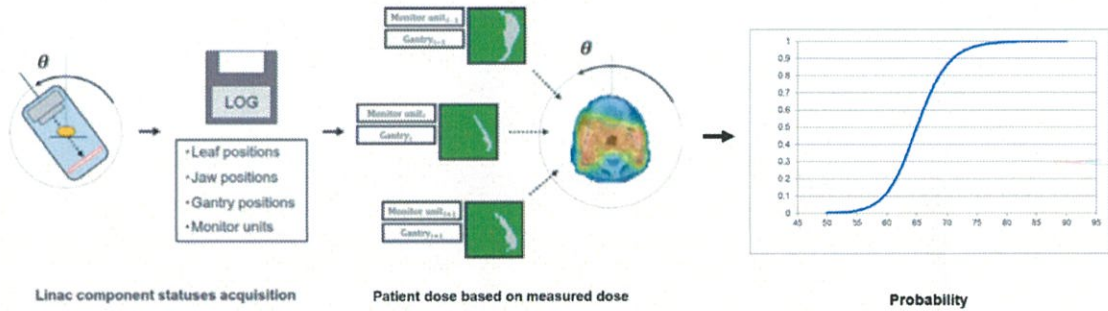


図2 実測定放射線分布に基づいた予後予測システム

【結果】

本研究では水媒質の実測定に基づいて局所制御および障害発生を高精度に把握するシステムを開発した。システムの評価は転移性脳転移の治療と同様、治療装置の精密な動作が要求され、かつ解剖構造が複雑な頭頸部領域で実施した。評価のために立案した放射線治療計画の1症例を図3に示す。(a)は事前に決定された予定投与線量の分布、(b)は本システムによってコールドラン時に計算された線量の分布である。この症例では、障害発生確率から導出された脊髄の被ばくを(a)の段階では45 Gy以内に抑えていたが、本システムによって障害発生確率が高値となる45 Gy以上の線量を検出することができた。

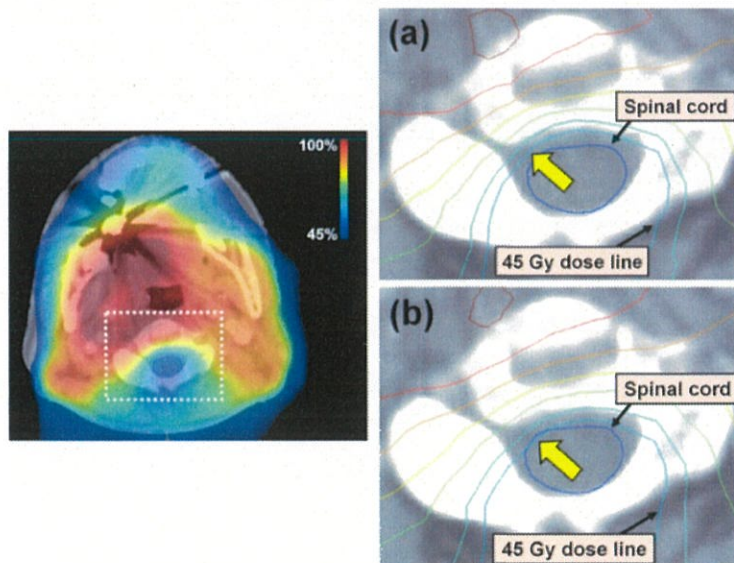


図3 システム実施の例

【考察】

現在の放射線治療では、治療効果を最大化する目的で正常組織の被ばくは許容範囲の間際となることがしばしばある。本研究で開発したシステムによって重篤な副作用発生を未然に防ぐ機能を評価できた。課題は、患者解剖が体型変化や腫瘍縮小によって治療期間中に変化することである。例えば、体重減少が発生すれば体表面-正常組織間の距離は短縮されるため被ばく量が増加する可能性がある。この場合、CT画像で計算する本システムで導出した障害発生確率は過小評価となることが今後の課題の一つである。

【謝辞】

御財団には数回に渡り研究助成を頂きました。助成を通して著しく進歩しつつある高精度放射線治療に寄与する本技術を発展させることができました。深く感謝申し上げます。