

放射線がん治療時のオンラインマイクロサイズ 線量計の開発

(受託者)国立大学法人名古屋大学

(研究代表者)渡辺賢一 大学院工学研究科

(研究開発期間)平成22年度～23年度

1. 研究開発の背景とねらい

我が国において、放射線治療を受けるがん患者の割合は、その高い有効性にもかかわらず、他の医療先進国に比べ著しく低いのが現状であり、一層のリスク軽減・信頼性向上が望まれている。放射線がん治療において、その品質管理で最も重要な線量については、事前評価は行われているものの、治療中のオンライン線量モニタリングは実施されていない。そこで本事業では、放射線がん治療の信頼性向上・リスク軽減を目指し、放射線照射時のオンライン線量モニタリングを実施するため、プローブ部のサイズを数100 μm (小さな負担で患者体内への挿入が可能となる) まで小型化した線量計の開発を進めた。線量計を小型化の際の問題は、小型化に伴い放射線により検出器内部に付与されるエネルギーが小さくなり感度が低下するため、信号がノイズに埋もれ検出不能になってしまう点である。この問題を解決するために、積分型の放射線検出素子でイメージングプレートとして知られる繰り返し利用可能なデジタルX線フィルムにも使われている輝尽性蛍光体を採用し、放射線照射の情報を蓄積することで十分なS/Nを確保することを可能とする。これを光ファイバーを介して遠隔より信号読み出し・消去を行うことで、オンライン信号取得が可能でプローブ部のサイズを1 mm以下に小型化した線量計を実現することを目指した。

2. 研究開発成果

線量計を小型化するにあたり、我々は積分型の放射線検出素子である輝尽性蛍光体を採用している。輝尽性蛍光体は、放射線が照射されると照射された線量情報が素子内に蓄積される。これにレーザー光を照射すると、照射した線量に比例する輝尽性蛍光を発する。このレーザー光

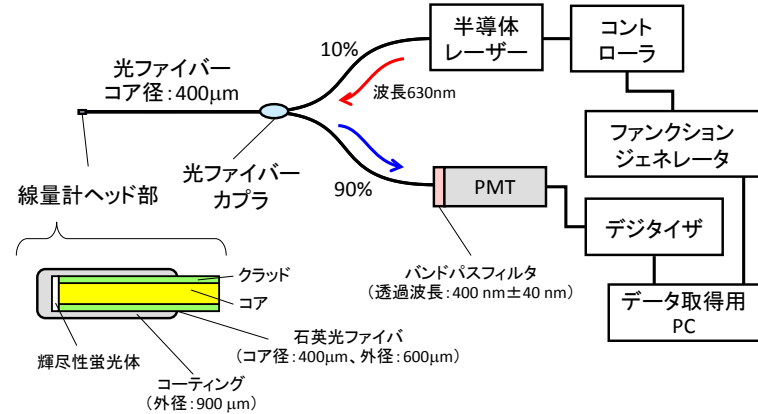


図2 マイクロサイズ線量計の線量計ヘッド部の写真 (左) 全体と (右)

と輝尽性蛍光を光ファイバーを介して伝送することで、遠隔から信号の読み出しおよび線量情報の消去が可能となる。今回、提案しているマイクロサイズ線量計のシステム概略を図1に示す。レーザーを周期的なパルス状に照射することで、各レーザーパルス間に照射された放射線量を読み出すことができる。

本課題では、有感部である線量計ヘッド部のサイズを1 mm以下まで小型化することを目標としている。線量計ヘッド部の製作方法として、コア径400 μmの光ファイバーの先端に輝尽性蛍光体を貼り付け、その周囲を塗料でコーティングする方法を採用した。コーティングすることにより輝尽性蛍光体の剥離を防ぐとともに環境光の光ファイバー内への入射を防いでいる。これにより、外径を900 μmの線量計ヘッド部を製作する技術を確立できた。製作した線量計ヘッド部の写真を図2に示す。

名古屋大学コバルト⁶⁰Co照射室にて、製作したマイクロサイズ線量計の⁶⁰Coガンマ線に対する検出器応答評価試験を実施した。線源からの距離、レーザーパルス間隔を変化させることで、1回の読み出し間隔における積算線量を変化させ、輝尽性蛍光強度との関係を調べた結果を図3に示す。図中の横軸の線量は、参照用の電離箱線量計により測定された値を用いている。両者は良い直線性を示すことが確認され、信号強度の標準偏差の3倍を超える信号が得られる線量として定義した検出下限線量は1 mGyであることが確認された。以上の試験により、今回製作した線量計ヘッドは、放射線治療時に数秒間隔で線量をモニタリングする能力を有していることが確認された。

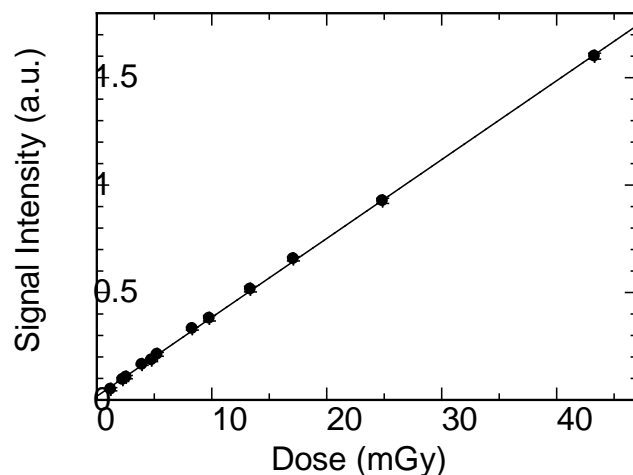


図3 製作したマイクロサイズ線量計で得られた検量線

検出器特性として温度依存性を測定した結果、30~45°Cの範囲で調べた結果、検出感度に有意な差異は確認できなかった。また、X線エネルギーに対する依存性を調べるため、名古屋第二赤十字病院のX線治療装置において電子加速電圧6 MV、15 MVの条件で、検出器応答を調べた結果、6 MV時のほうが10%程度高い感度を示した。このことから、本マイクロサイズ線量計を使用するには、各々の加速電圧で線量の値付けをする必要があることがわかった。

3. 今後の展望

本事業に於いては、主として高エネルギーX線治療を対象とした小型かつ高感度な線量計の開発を進めてきた。本事業で得られた成果を元に、放射線治療の専門家等と議論をした結果、より細かな線量分布が形成可能な粒子線治療、特にスポットスキニング法を採用している施設で小型線量計によるオンライン体内線量モニタのニーズがあることが分かった。粒子線治療では、荷電粒子の阻止能の取り得る範囲が広く、本線量計を採用する場合には、感度の阻止能に対する依存性を詳しく検討する必要がある。今後、粒子線治療への適用を視野に入れ、実用上問題となり得る効果について、検討を進めていく予定である。