

総括研究報告書

1. 研究開発課題名：更なる低侵襲化を目指した強度変調陽子線照射システムの技術開発
2. 研究開発代表者： 秋元哲夫 (国立研究開発法人 国立がん研究センター東病院)
3. 研究開発の成果

本年度は、以下の項目について研究を実施し、その成果を得ている。

1) 陽子線画像誘導下システムの開発

1-1) 陽子線画像誘導下システムのためのネットワーク整備

陽子線画像誘導下システムはネットワークを介して陽子線治療計画装置から治療計画情報などを受信し、治療室に設置されている CT から CT 画像を受信する。これらを受信するためのプログラムを開発した。

1-2) 治療直前患者 CT の高速画像表示プログラムの開発と実装

陽子線画像誘導下システムでは、治療計画の CT 画像を基準として治療直前の CT 画像との比較を行い、基準となる計画時の画像の位置情報に対する治療時のターゲットの移動量を算出し、視覚的に十分な解像度の画像確認ができる環境を可能にした。

1-3) 三次元陽子線画像誘導下システム用の線量分布計算プログラムの整備

治療計画の CT 画像と治療直前の CT 画像を比較して求めた移動量と治療直前の CT 画像、さらに複数のビーム設定情報から複数の線量分布を計算・評価し、その中から最適なビーム設定条件を選択する。このプログラムを 3 次元陽子線画像誘導下システム用コンピュータで正常に動作することを確認した。

1-4) 治療直前患者 CT の画像照合プログラムの開発と実装

治療直前の CT 画像と基準となる計画時の計画画像の移動量を算出する方法としては、オート（自動）レジストレーションと最終修正が可能なマニュアルレジストレーションがある。本研究では効率化を重視しオートレジストレーションを実装した上で、1mm 以内の精度でマニュアルレジストレーションと一致することを確認した。

1-5) 陽子線画像誘導下システムと線量分布計算プログラムとの連結

肺癌に対する定位放射線治療症例にこのシステムを用いて腫瘍照合と線量比較を行い、腫瘍に対する線量が低下する可能性があることが分かった。

2) 陽子線治療計画装置開発及び医学物理的研究開発に関する研究

2-1) ワブラー照射法に対する簡易モンテカルロ (SMC) 法の開発

ワブラー照射法に対する組織不均質に対応した線量計算法の高精度化を目的として、入射ビームモデルを改良した SMC 法を開発した。

2-2) 簡易モンテカルロ法の高速化

並列演算可能な GPGPU による SMC 法を開発し、通常の CPU 計算に比べて 10 倍以上の高速化を確認している。

2-3) 簡易モンテカルロ法の線量計算精度検証

平成 27 年度は、二重散乱体法に対するビームモデリングを実施し、入力データの確認や治療ビームの再現性を確認するなどのコミショニングを行った。ワブラー法に対するビームデータ取得およびビームモデリングを実施した。

2-4) 簡易モンテカルロ法による臨床解析

簡易モンテカルロ法の線量計算精度検証後に、簡易モンテカルロ法と従来の線量計算法について、DVH 等臨床的指標に関する比較を行った。

3) 高精度治療計画装置の開発

陽子線治療計画の計算精度向上および計画立案の自由度向上により陽子線治療の高精度化を図ることを目的に下記の研究を行った。

3-1) ボーラス設計アルゴリズムの開発と検証

自由度の高いボーラス設計アルゴリズムの開発および機能検証を実施した。これを領域によって可変にできるよう GUI 設計とアルゴリズム検証を行い、ボーラスの設計自由度が向上していることを確認した。

3-2) 線量分布シミュレータのモデリングと精度検証

二重散乱体法における線量分布シミュレーションに必要な入力ビームデータを取得した。このデータを解析し有効線原点モデルに適合するようなビームモデリングをし、実測データを再現することを確認している。

4) ラインスキャニング照射法の臨床応用

ラインスキャニングシステムのコミッショニングを実施した。スキャニング照射試験として、ラインスキャニング治療計画を立案し、ファントムに対してラインスキャニング照射を行い、線量検証を実施した。さらに、前立腺症例に対してファントムを用いた実照射試験を重ね、照射精度や安全性が確認し、ラインスキャニング照射法を前立腺癌症例に適用する臨床試験を開始した。

4. その他