

[課程-2]

審査の結果の要旨

木田 智士

本研究における第一の目的は、腫瘍の呼吸性移動を伴う肺癌患者に対する、放射線治療中の腫瘍の動きを含めた4次元的な治療精度検証システムの確立である。また、第二の目的は、放射線治療において治療毎に撮影される kV CBCT (kilo-voltage cone beam computed tomography) 上での線量分布計算に向けた、kV CBCTの画質改善であり、下記の結果を得ている。

1. 連続して取得されるkV 投影画像間の選択された計算領域における正規化相互相関 (NCC: Normalized cross correlation) を用いて呼吸信号を取得する新規手法 (NCC-IBPR: Normalized cross correlation-image based phase recognition) を開発した。この手法により、横隔膜が撮影領域に無い患者の場合においても呼吸信号を取得することが可能となった。また、15人の肺癌患者において、最も精度良く呼吸信号を検出できる、投影画像上の計算領域の配置とサイズの組み合わせを決定した。
2. 1で述べたNCC-IBPRを用いて、肺癌患者の治療中4D kV-CBCT (4 dimensional kilo-voltage cone beam computed tomography) 再構成画像を取得し、治療中における呼吸位相毎の腫瘍位置の検証を可能にした。
3. 1で述べた手法をportal imageに応用した (P-IBPR: portal image based phase recognition) 法により、治療中の位相ごとの再構成画像を取得する4D VMAT-CBCT (4 dimensional volumetric modulated arc therapy-cone beam computed tomography) を開発した。4D VMAT-CBCTにより、治療中の腫瘍の位置、移動が可視化され、それぞれの位相における照射野と腫瘍の相対的位置関係の直接検証が可能となった。
4. 鉛コリメータを用いた散乱成分の実測と、Klein-Nishinaの散乱公式に基づく解析的な散乱シミュレーションを相補的に組み合わせることによる、逐次最適化散乱補正アルゴリズムを構築した。再構成法には、検出光子数が少ない場合でも雑音の影響を抑えた画質を得られる統計的逐次近似法 (Convex法) を用いた。このような散乱補正と逐次近似再構成法を組み合わせた手法により、散乱線や統計雑音によるアーチファクトを除去し、線量計算への利用可能性が示唆されるkV CBCT画像の画質改善に成功した。

以上、本論文は、放射線治療中の腫瘍の動きを含めた4次元的な治療精度検証システムの確立し、照射マージンの適切な設定や照射野の縮小（調整）による正常組織の被ばく量低減に寄与すると考えられる。また、kV CBCTの画質改善により、患者の日々の臓器変化も考慮したkV CBCTを用いた線量評価を可能とし、それに基づく適応型放射線治療（ART: Adaptive radiation therapy）の発展に寄与することが期待される。以上の内容をふまえ、学位の授与に値すると考えられる。