

総括研究報告書

1. 研究開発課題名：四次元コーンビーム CT を利用した次世代型非侵襲動体追尾照射法の開発
2. 研究開発代表者：中村光宏（京都大学医学部附属病院 放射線治療科）
3. 研究開発の成果

①患者リクルート・フォローアップおよび 4D-CBCT 撮影

当初の予定を上回り、肺癌患者 12 症例に対して 4D-CBCT を撮影した。

②腫瘍位置検出手法の確立

本研究の目標を達成するためには、腫瘍位置の同定を可能とする 4D-CBCT 画像の検出位置精度が重要である。そこで、検出位置精度を知るために、まずはファントム実験を行った。動体ファントムを用いて 19 種類の模擬呼吸パターンを再現し、4D-CBCT を撮影した。この過程において、X 線透視画像とそれを再構成した 4D-CBCT 画像の両方を取得した。その後、X 線透視画像上から得られた標的の三次元位置と 4D-CBCT 画像上で検出された標的の三次元位置を比較した。その結果、X 線透視画像上における標的と 4D-CBCT 画像上における標的の位置誤差は平均二乗誤差で 0.7 ± 0.0 mm であった。さらに、これまでに 4D-CBCT 画像を撮影した 12 症例でも検討した結果、左右、背腹、頭尾方向における位置誤差は平均二乗誤差でそれぞれ 0.5 ± 0.1 mm, 0.5 ± 0.0 mm, 0.5 ± 0.0 mm であった。過小評価されている呼吸位相は、特に吸気側で頻度が高かった。本研究成果は 2015/11/27-28 に開催された 4D treatment planning workshop@ドイツ、および 2016/4/14-17 に開催された第 111 回日本医学物理学会学術大会@横浜にて報告した。

③新規関連モデル開発のための基礎検討

動体追尾照射を実施するためには、腫瘍位置と外部呼吸信号を相関付けるモデルが必要である。これまでに動体追尾照射を実施した患者データを用いて、腹壁上に設置した赤外線反射マーカーから体内の標的位置を直接予測・推定するアルゴリズム開発に着手し始めた。1 例に対して検討した結果、現在臨床使用されているアルゴリズムによる推定位置と比較して、推定誤差が最大で 3 mm 低減した。

④4D-CBCT 被ばく線量計算システムの開発

一般公開されているモンテカルロシミュレーションコードを用いて 4D-CBCT の被ばく線量が計算可能なシステムを開発した。動体追尾照射を実施した 9 症例に対して、治療計画用 CT 画像上で 4D-CBCT 被ばく線量分布を計算し、各臓器に対する吸収線量を定量的に評価した。また、これらの被ばく線量を、現在臨床使用されている 3D-CBCT による被ばく線量と比較した。各臓器への最大線量の中央値(最小値-最大値)を以下に示す。

【3D-CBCT】 標的体積: 2.9 cGy (1.6-6.0 cGy); 皮膚: 4.5 cGy (3.5-5.6 cGy); 肺: 3.8 cGy (2.3-4.8 cGy); 骨: 24.2 cGy (18.8-32.3 cGy); 心臓: 3.2 cGy (2.6-3.8 cGy); 脊髄: 0.6 cGy (0.3-1.1 cGy)

【4D-CBCT】 標的体積: 4.2 cGy (2.9-11.5 cGy); 皮膚: 9.1 cGy (7.4-10.5 cGy); 肺: 7.3 cGy (3.0-8.9 cGy); 骨: 45.8 cGy (33.5-58.1 cGy); 心臓: 8.0 cGy (6.0-10.0 cGy); 脊髄: 1.0 cGy (0.6-1.2 cGy)

3D-CBCT は 1 管球による撮影であるが、4D-CBCT は 2 管球による撮影であるため、撮影範囲が重複する領域が存在する。これが被ばく線量を増加させる原因となっている。骨の被ばく線量が他臓器よりも高い理由は光電効果による影響であり、妥当な結果であった。ただし、4D-CBCT による被ばく線量は放射線治療による線量と比して、十分小さい結果であることを示した。本研究成果は 2016/4/14-17 に開催される第 111 回日本医学物理学会学術大会@横浜にて報告した。

本報告書は、提出締切り時点（事業年度終了61日後）の情報として毎年度当機構ホームページ上に公開されます。知的財産関連の情報（*）、個人情報等公開に適さない内容が含まれていないかご注意ください。

（1）研究者等は当該報告書を提出した時点で、公表について承諾したものとします。

（2）当該年度の研究班全体の成果が明らかになるように1600字以内（図表絵等を含めない）で簡潔に記載してください。研究開発期間最終年度の研究班の研究開発代表者は、初年度から最終年度までの全研究開発期間における活動総括概要を作成してください。

4. その他

特になし

【作成上の留意事項】

（1）日本工業規格A列4番（A4）の用紙を用い、全文を1枚以内でまとめてください。

（2）文字の大きさは、10～12ポイント程度とします。

（3）当機構に提出の際はPDFに変換したファイルを送付してください。