

トモセラピーシステムの患者位置照合における 6 軸補正システムの開発

愛知県がんセンター中央病院

放射線治療部 放射線技術科 主任 清水秀年

群馬県立県民健康科学大学大学院

診療放射線学研究科 教授 佐々木浩二

愛知県がんセンター中央病院

放射線治療部 放射線技術科 主任専門員 久保田隆士

1. 研究の背景・目的

がんの三大治療法の一つである放射線治療は、近年の急速な技術進歩による高精度化が進んでいる。その一端を担う高精度放射線治療技術である強度変調放射線療法は、腫瘍に対して限局的に放射線を投与し、その周辺に存在する正常組織への放射線量を低減することができる。この照射方法により、腫瘍への総線量の増加が可能となり治療成績の向上が報告されている。特に頭頸部に対する強度変調放射線治療は、従来 of 照射方法では困難な脊髄などの正常組織を取り囲む形状の腫瘍にも必要な線量が投与できる。また、耳下腺への線量低減が可能なることから、唾液腺障害を減らすことで患者の quality of life (QOL) を向上させることができる。強度変調放射線治療のこれらの恩恵を最大限に活かすためには、放射線治療計画用のCT撮影時と毎回の放射線治療時の患者位置を一致させることが重要である。現在は画像誘導放射線治療という技術を利用することで、治療寝台の移動により患者位置を補正することができる。しかし、この補正には限界があり、治療寝台の動きは6軸（並進3軸、回転3軸）にしか対応していないことから患者の捻じれには対応していない。また、高精度放射線治療装置の1つであるトモセラピーでは、装置の機構上4軸（並進3軸、回転1軸）にしか対応していない。特に、強度変調放射線治療の最も良い適応とされている頭頸部領域において、可動域が多い頸部の反りと捻れにより腫瘍形状を十分に

再現できないことが多い。臨床現場では、頸部の反りと捻れにより変形する腫瘍に対して位置不確かさを考慮して、治療計画用 CT に描出された腫瘍形状よりも広い範囲を放射線照射することにより腫瘍に対して必要な投与線量を担保している。しかし、これは腫瘍に対して限局的に放射線を照射するという強度変調放射線治療の最大の利点の弊害となる。患者の位置を 6 軸で補正し、かつ捻れを補正できるシステムがトモセラピーに搭載されれば、患者は更なる強度変調放射線治療の恩恵を得ることができる。本研究の目的は、患者の捻れに対応した患者位置補正台を開発し、その動作精度を評価することである。

2. 研究の対象

2-1 患者位置補正台の概要

図 1 は開発した患者位置補正台を示す。図 1(a) 中の A 板と B 板には、それぞれ 3 個のネジがある。赤丸の位置には図 1(b) のネジが、青丸の位置には図 1(c) のネジがある。これらのネジを回転させると図 1(b) (c) の矢印の方向にトルクが働くことで各々の板が回転中心を原点として回転する。これにより各々の板で 3 軸 (roll, pitch, yaw) の補正が可能になる。また、A 板と B 板の回転を組み合わせることにより、捻れを補正することができる。回転中心から各ネジの作用点までの距離は既知量であるため、各ネジの移動量 (mm) をもとに 2 次元ベクトルの外積と内積および長さにより回転量 ($^{\circ}$) を算出することができる。なお、並進 3 軸についてはトモセラピーの治療寝台による補正が可能であることから、本補正台の併用により 6 軸補正に加えて、捻れを補正することが可能になる。

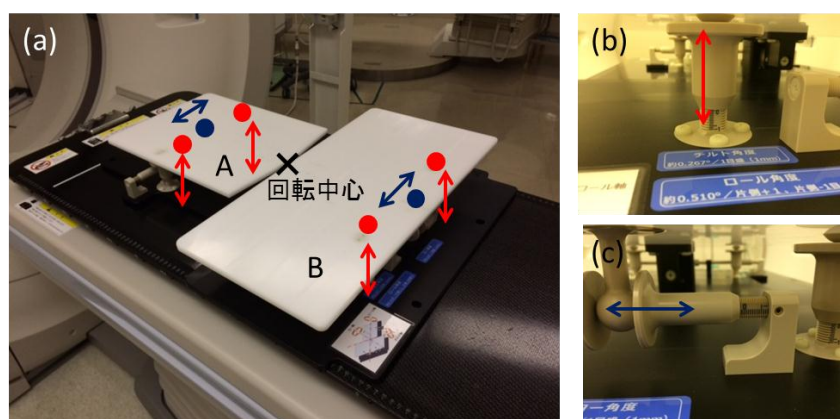


図 1 患者位置補正台

(a) 概観、(b) 赤丸位置に存在する roll と pitch を補正するネジ、(c) 青丸位置に存在する yaw を補正するネジ

2-2 補正台の動作精度

患者位置補正台の動作精度を保証するために、各ネジの移動量をもとに2次元ベクトルの外積と内積および長さにより求めた各回転量 (pitch、roll と yaw) とデジタル角度計による実際値が一致することを確認した。各ネジの移動量は乱数を用いて決定し、20通りの組み合わせを評価した。

3. 研究結果

20通りの組み合わせについて pitch、roll と yaw の計算値と実際値の差を算出した結果、A板の平均値±標準偏差は、それぞれ $0.00^{\circ} \pm 0.06^{\circ}$ 、 $-0.01^{\circ} \pm 0.06^{\circ}$ と $-0.04^{\circ} \pm 0.04^{\circ}$ であった。同様にB板は、 $-0.03^{\circ} \pm 0.04^{\circ}$ 、 $-0.03^{\circ} \pm 0.05^{\circ}$ と $-0.02^{\circ} \pm 0.05^{\circ}$ であった。

4. 考察

本研究において患者の捻れに対応する患者位置補正台を開発した。本補正台の動作精度に問題がないことを確認した。しかし、試作した補正台は患者の荷重に耐えることができない設計となっている。今後、放射線治療において望ましい放射線低吸収、かつ耐荷重の素材に固定台を改良する。また、寝台の移動量の算出には専用の画像照合用ソフトウェアを使用する。現在の画像照合用ソフトウェアは6軸（並進3軸、回転3軸）対応であり、捻れ量の算出はできない。今回の患者位置補正台の開発に伴い、捻れ量を算出するためのソフトウェアを開発する予定である。

< 謝辞 >

患者位置補正台の開発にご協力いただいたエンジニアリングシステム株式会社に感謝申し上げます。

< 学会発表（予定） >

清水秀年「頭頸部の捻れに対応した放射線治療用患者位置補正システムの開発」 第45回日本放射線技術学会秋季学術大会 広島国際会議場 2017年10月19日-21日

< 論文（submit 準備中） >

H. Shimizu, K. Sasaki, T. Aoyama, T. Kubota, H. Fukuma, T. Iwata, H. Tachibana, T.

Kodaira. “Development of the positional correction system which applied to torsion of the patient with head and neck cancer”