

前立腺がん放射線治療における動体追跡放射線治療システムによる 2個のfiducial markerを用いた3点位置照合の精度評価

新潟大学医歯学総合病院 医療技術部放射線部門 ○松尾 実歩(Matsuo Miho)

山田 巧 坂井 達矢 山口 翔 吉田 かおり

岡 哲也 坂井 裕則 金沢 勉

新潟大学医歯学総合病院 放射線治療科

棚邊 哲史 中野 永

【はじめに】

前立腺がんに対する放射線治療法の一つである強度変調放射線治療 (IMRT) は直腸や膀胱などの正常組織の線量を抑えながらターゲットに線量を集中させることができるが、一方で位置精度が極めて重要である。前立腺の形態は直腸や膀胱の内容物等の状態によって変わりやすく、特にPitchがつきやすいことが知られている¹⁾。また、Pitchによるカバレッジの低下が大きいといわれており²⁾、角度情報は重要である。

当院の前立腺IMRTに対する位置照合では、ExacTrac (Brainlab) でVISICOIL (IZI Medical) を用いて行っている。照合の手順は、まず骨で6軸照合を行い、6軸を移動させる。その後、VISICOILで6軸照合を行い、並進3軸のみの移動を行う。VISICOILで6軸照合をした際の角度情報は体内情報の予測のために用いており、実際の移動には用いていない。Pitchが10度以上になった際にはCBCTを撮影し、計画標的体積 (PTV) の輪郭内に前立腺が入っていることを確認してから照射を行っている。しかし、機器更新のためExacTracが使用できなくなるため、新たに導入した動体追跡放射線治療システムであるSyncTraX FX4 (島津製作所) で、ROIの重心を認識するmarker positioning機能を用いた運用を検討した。

現状使用しているExacTracではVISICOIL2つでそれぞれの両端の2点である計4点を認識するため、並進方向のみならず回転方向を含めた6軸照合が可能である。一方、SyncTraX FX4のmarker positioning機能では標準的にはVISICOIL2つではそれぞれの重心の2点を認識するため3軸照合は可能だが、6軸照合はできない。また、VISICOIL3つでは重心の3点を認識し、6軸照合が可能である。しかし、ExacTracは機器更新のため使用できず、VISICOILを3つ使う方法はコストの面で当院では許容できない。そこで、VISICOILを2つ用いて重心の2点を認識させ3軸照合を行う方法を従来法とし、VISICOILを2つ用いて3点を認識させ6軸照合を行う方法を提案し、本研究ではその精度を評価した。

【方法】

本研究では3種類 (長さ:10 mm、径:1.10、0.75、0.50 mm) のVISICOILを用いた。同じ径のVISICOILをSolid Water (Sun Nuclear) の上に2つ並行に貼り付け、その上にボーラスをのせた。それぞれのファントムの左側にあるVISICOILをGM1、右側にあるものをGM2と名付けた。CT画像はSOMATOM go.Sim (Siemens) で1 mm厚の画像を管電圧120 kV、ピッチ0.80で取得した。

輪郭描出にはEclipse Ver.15.5 (Varian) を用いた。表示条件を“Bone”にし、2 mmのブラシを使用した。まず、Axial上でROIを描き、その後CoronalとSagittalを見ながら輪郭を調整した。頭尾方向は視認可能な範囲を囲んだ。従来法では2つのVISICOILとも全体を囲むように描出した。提案法では、一方のVISICOILは上下の1スライス分を囲み、他方のものは全体を囲んだ。GM1で上下端をとったプランとGM2で上下端をとったプランの2種類を作成した (Fig.1)。

marker positioning機能について説明する。まず、SyncTraXのkVイメージで2方向の透視画像を撮影する。次に、認識する輪郭を選ぶ。リストの中から、従来法の場合はGM1とGM2の全体の輪郭の2つを選び、提案法の場合は一方の上下端と他方の全体の輪郭の3つを選択する。最後に照合していく。手動で位置調整を行う。従来法ではVISICOILの重心の2点に合うように調整し、提案法では1つの

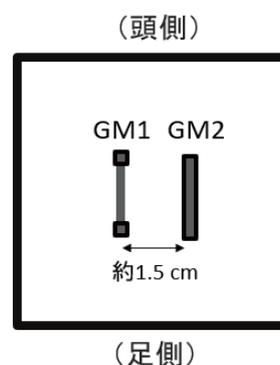


Fig.1 輪郭描出の例。
Coronal でみた提案法の
GM1の上下端をとったプラン。

重心と2つの端の3点に合うように位置調整を行い、計画との誤差を算出する。

検証パターンはRollとYawは0度にし、Pitchは-8度から8度まで2度刻みで設定した。パターン数は角度の9パターンとVISICOILの径の3パターンと両端をどちらのVISICOILでとるかの2パターンで合計54パターンの検証を行った。

本研究の手順は、寝台に回転方向の角度を確認しながらファントムを置き、まず従来法によりファントムの位置補正を行う。その後、再度透視撮影を行い、提案法を用いて6軸位置照合を行う。Pitch以外の5軸は計画位置との差を、Pitchは角度計との差の精度を評価した。各パターンで3回ずつ測定し、その平均値を用いた。

【結果】

径による有意差はなかったため、全パターンのデータをまとめて箱ひげ図に示す (Fig.2、Fig.3)。並進誤差はどの軸においても ± 1 mm以内に収まっていたが、Lng方向においては他の2軸より誤差が大きく、中央値で0.3 mmであった。回転誤差はどの軸においても中央値では ± 1 度以内であったが、Yawは最大で8度を超えるものがあつた。

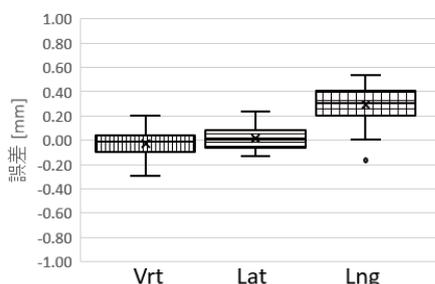


Fig.2 並進誤差の箱ひげ図

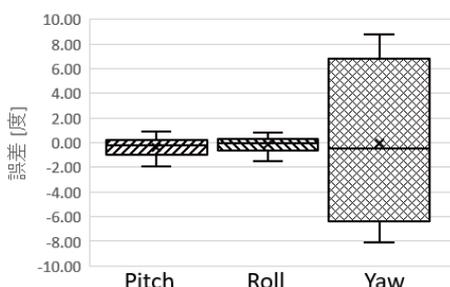


Fig.3 回転誤差の箱ひげ図

【考察】

並進誤差についてはLng方向の誤差が他の2軸より大きくなった。これは部分体積効果によるものと考えられる。例えば、CT画像の輪郭描出の際にVISICOILの位置によっては部分体積効果により1 mmスライス多く囲むことができると想定できる。すると、重心が最大で0.5 mmずれてしまうと考えられるため、Lng方向での誤差が他の2軸に比べて大きく出たと考える。

回転誤差についてはYawのばらつきが大きかったが、これは輪郭描出の不確かさとSyncTraX FX4の位置計算手順に依存していると考えられる。後者についてだが、marker positioning機能での位置計算では選んだ輪郭の2番目の輪郭が基準となつて計算されるため、並び順で計算結果が変わる可能性がある。実際、追加で検討してみると、全体を囲んだ輪郭を2番目の輪郭にするとYawの誤差が小さくなった。

【まとめ】

本研究ではSyncTraX FX4で2つのVISICOILを用いて、marker positioning機能による6軸照合の精度検証を評価した。並進誤差と回転誤差は中央値で ± 1 mm、1度以内であり、提案法は臨床での実現可能性が示唆された。

【参考文献・図書】

- 1) Shi C, Tazi A, Fang DX, et al. : Study of ExacTrac X-ray 6D IGRT setup uncertainty for marker-based prostate IMRT treatment. J Appl Clin Med Phys, 13(3), 3757, 2012
- 2) Hwang C. : Impact of dose distribution on rotational setup errors in radiotherapy for prostate cancer. Med Dosim, 48(3), 181-186, 2023
- 3) Tanabe S, Utsunomiya S, Abe E, et al. : The impact of the three degrees-of-freedom fiducial marker-based setup compared to soft tissue-based setup in hypofractionated intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer. J Appl Clin Med Phys, 20(6), 53-59, 2019