

Scintillator/CCD System を用いた陽子線治療用回転ガントリの精度検証

南東北がん陽子線治療センター ○山崎 雄平(Yamazaki Yuhei)

武政 公大 成田 優輝 小山 翔 阿部 良知 大内 久夫 原田 崇臣
本柳 智章 鈴木 正樹 横田 克次 齋藤 二央 加藤 貴弘

【目的】

ガントリの回転精度検証方法の一つであるウインストラットテスト(WL test)は、リニアックにおいて確立されたQA手法であり、専用ツールも広く普及している。一方、陽子線治療においては装置仕様が標準化に至っていないこともあり、検証方法の確立、専用ツールの普及には未だ至っていないというのが実情である。

陽子線治療装置の構造はリニアックに比べ大型かつ複雑であり、ビーム輸送系の最下流に照射野形成機器が搭載されている上下駆動可能なスノートという特有の機能を有する。このためリニアックにおけるWL testのように簡便に実施でき、かつ、任意のスノート位置でのガントリ回転精度検証を行うことが難しいという課題があった。そこで今回、新たにリリースされたScintillator/CCD SystemであるXRV-124 (Logos Systems)を用いてこの検証が実行可能か検討を試みた。

【使用機器】

- ・QAファントム : XRV-124 (Logos Systems) 陽子線治療装置 : 陽子タイプ(三菱電機)
- ・リニアック : TrueBeam (Varian) X線CT : Aquilion LB (TOSHIBA)
- ・治療計画装置 : XiO-M R 4.34.02 (ELEKTA) Eclipse Ver 11.0 (Varian)

【Scintillator/CCD System仕様】

XRV-124は、コーン型のシート状ScintillatorとScintillator光を検出するCCDカメラにより構成されている(Fig.1)。全方向からの放射線が検出可能であり、測定から解析までの即時性に優れているのが特徴である。また、本装置はEnd-to-End testに特化しており、CT撮影から治療までの複数ある工程を包括的に検証可能なため、汎用性が高い。本装置の測定から解析までの主なステップを以下に示す。

- 1.本装置の付属のソフトを使用して、装置に処方点を設定する。
- 2.イメージガイドシステムを利用してアイソセンタに処方点を一致させる。
- 3.放射線を照射すると、コーン型Scintillatorに入射点と射出点、放射線の軌跡が形成される(Fig.2)。
- 4.点と直線の距離関係から処方点と放射線の軌跡の最短距離を計算し、これが位置ズレ量になる(Fig.3)。

【方法】

- 1.陽子線治療用ガントリで検証する前に動作チェックとして、リニアックで検証を行った。当院で実施されているWL testとXRV-124で解析したガントリの回転精度を比較し、整合性を確認した。
- 2.陽子線治療用ガントリでスノートの位置依存性の検証を行った。スノートが上流に位置するほどビームの半影が広がるため、スノート位置に依存せず正しく検出可能かを検討した。スノート位置は最上流、中間、最下流に設定し、寝台をVertical方向、Long方向にそれぞれ既知量(1、2、3、5、10 mm)移動させ、期待値に対するズレ量を求めた。
- 3.陽子線治療用ガントリの回転精度検証を行った。ガントリ角度の測定ステップは 30° とした。スノート位置はすべてのガントリ角度で中間に設定した。回転ガントリ2機に対して同様に実施した。

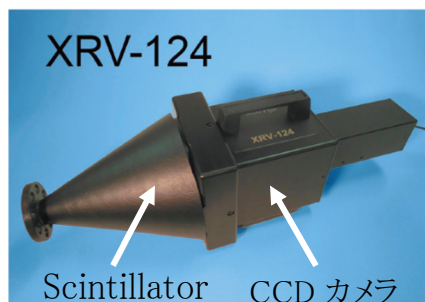


Fig.1 機器構成

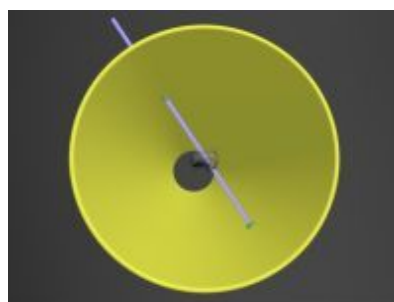


Fig.2 3D Image 図

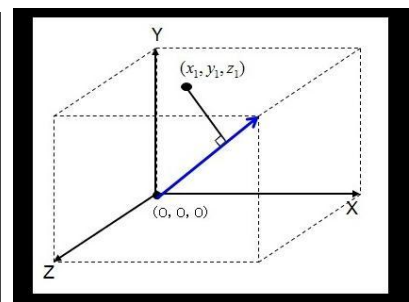


Fig.3 位置ズレ量の解析

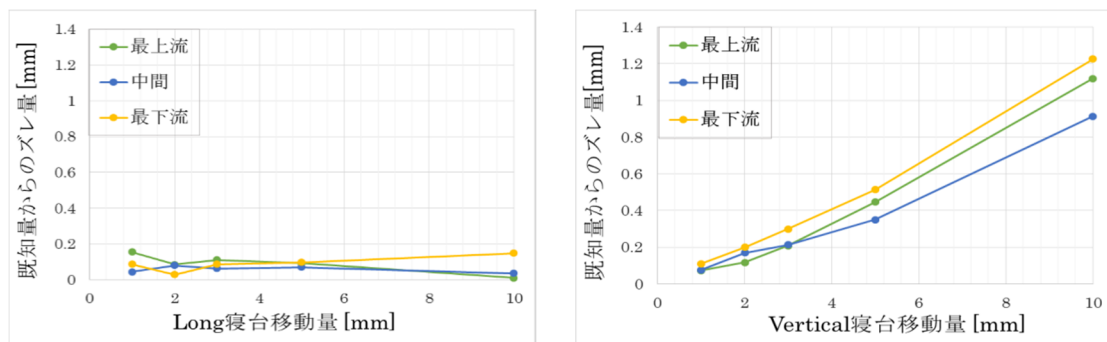


Fig.4 スノート位置依存性

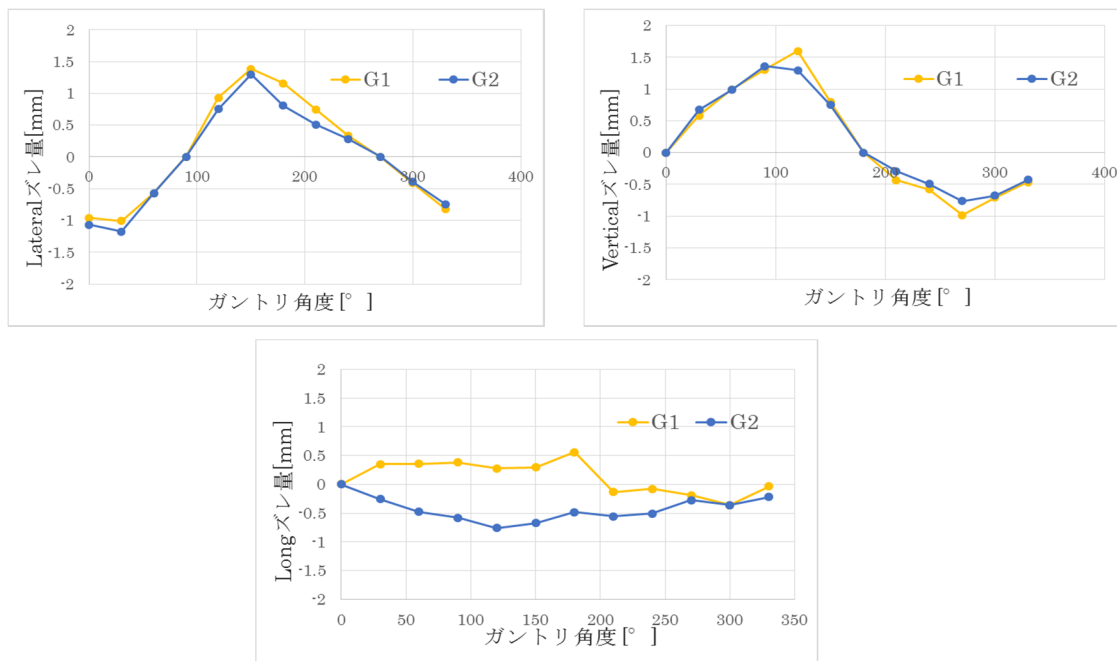


Fig.5 ガントリー回転精度

【結果】

- 1.両手法では放射線の検出から位置ズレ量までの解析過程は異なるが、それぞれのガントリ角度に対する位置ずれ量の傾向は、ほぼ一致していることが確認できた。
- 2.スノートの位置依存性は認められなかったが、Vertical方向において寝台移動量が大きくなるほど期待値からのズレも大きくなる傾向にあることが確認できた(Fig.4)。
- 3.Lateral、Vertical方向においてガントリ間の傾向の違いは認められなかったが、Long方向において異なる傾向が認められた(Fig.5)。しかし、絶対量としてはほぼ同様な傾向にあった。Lateral、Vertical方向においてPeak-to-Peakで2 mm超の回転中心のズレが認められた。

【考察】

今回の結果からXRV-124は任意のスノート位置での解析が可能であり、任意のガントリ角度におけるスノート直進性の検証に有用性を発揮できるものと考えられた。寝台移動量に対するズレ量に方向依存性が認められたが、ファントムの構造に要因がある可能性がある。今回の検証では、ファントムの断面円の半径が小さい先端で測定したため、放射線が円の接線に入射する。従って検出像が歪み、位置ずれの定量化精度に影響を与えたと推察される。より半径の大きい領域で測定することでズレ量の方向依存性を低減できる可能性がある。

陽子線ガントリの回転精度検証においてPeak-to-Peakで2 mm超のズレが認められたが、CT撮影から治療計画、セットアップの各過程における不確かさが包含された結果であることから、回転精度のより正確な絶対量評価を実施するためにはさらなる検討も必要と考えられた。

【まとめ】

陽子線治療用ガントリの回転精度検証にScintillator/CCD SystemであるXRV-124を用いた検証を試み、その有用性について検討した。回転精度の絶対量評価には改善の余地がある可能性はあるが、End-to-Endの包括的な不変性試験用ツールとしては非常に有用であると考えられた。