

# 重粒子線治療装置回転ガントリー室における患者位置決めシステムのQAQC

山形大学大学院医学系研究科先進的医科学専攻重粒子線医学講座 ○宮坂 友侑也(Miyasaka Yuya)

想田 光 李聖 賢 柴宏 博 石澤 美優 小野 拓也 岩井 岳夫

加速器エンジニアリング株式会社 勝間田 匡 佐藤 亜都紗

山形大学医学部附属病院放射線部 山澤 喜文 鈴木 幸司

## 【はじめに】

2022年5月より山形大学医学部東日本重粒子センター (EJHIC) では回転ガントリー室 (Fig.1) での治療を開始している。重粒子線治療ではX線治療に比較し、飛程の存在や側方分布の急峻さゆえに高い精度の位置決めが要求される。よって、患者位置決めシステム (PPS) の精度を十分に担保しておく必要がある。当施設の重粒子線治療の位置決めシステムは大きく分けて、①回転躯体に設置されている2対のX線管球-フラットパネルディテクター (FPD) による画像取得、②ロボティックカウチによる6軸補正、③自動位置決めソフトウェアによるカウチ移動量の算出の3つの要素から構成される。このうち、自動位置決めソフトウェアで算出される位置決めの結果は最終的に診療放射線技師の目視確認によって品質を担保できていると考えられるが、他の2つの要素に関しては人の目による最終的な精度補償は困難であり、個別のQAQCの結果からその精度を担保していく必要がある。臨床運用開始から、個別の要素に関するPPSの定期的なQAQCを実施してきた。本研究では、臨床開始から1年が経過したEJHIC回転ガントリー照射室におけるPPSのQAQCの方法とこれまで実施した定期QAの結果を報告し、重粒子線治療施設における位置決めシステムの適正な精度管理の指標となるデータを提供する。

## 【方法】

測定はX線管球-FPD設置精度測定とロボティックカウチ移動精度測定の2つに分けて実施した。

まず、X線管球-FPD設置精度測定では、測定用ジグとして治療室内の床に設置した架台の先に小鉄球が複数設置された円筒型アクリルファントムを設置した。この状態で回転ガントリーを既定の角度に回転させた後、X線画像を取得した。取得した画像上の鉄球位置と参照画像上の本来あるべき鉄球の位置の差から、誤差を算出した。この測定をガントリー角度15度刻みで実施し、回転ガントリー角度毎のX線管球-FPD設置誤差を評価した。なお、ガントリー角度毎のX線管球-FPD設置測定はMonthly QAとして実施した。

次に、ロボティック治療台位置精度測定ではキューブ形状のアクリルファントムに小鉄球が複数設置されたものを使用した。ファントムを治療台に乗せた状態で治療台を移動させた後、X線画像を取得した。取得したX線画像の鉄球の位置とリファレンス画像上の移動後のカウチ位置におけるあるべき鉄球の位置との差から誤差を算出し評価した。なお、Daily QAとして治療台を微小運動させ基準位置に戻して評価を行うという測定を測定回毎に3回、Monthly QAとして治療台をランダムに動作させて評価を行うという測定を測定回毎に5回行った。



Fig.1 重粒子線治療回転ガントリー照射室

## 【結果】

Fig.2にある測定回におけるX線管球-FPD設置精度測定の結果を示す。ガントリー角度毎に変動が確認されたものの、い

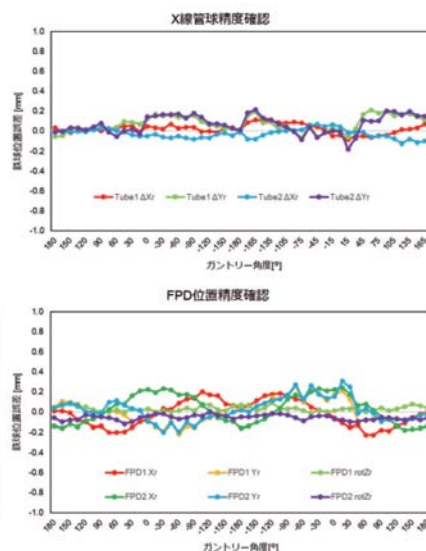


Fig.2 ある測定回のX線管-FPD位置精度

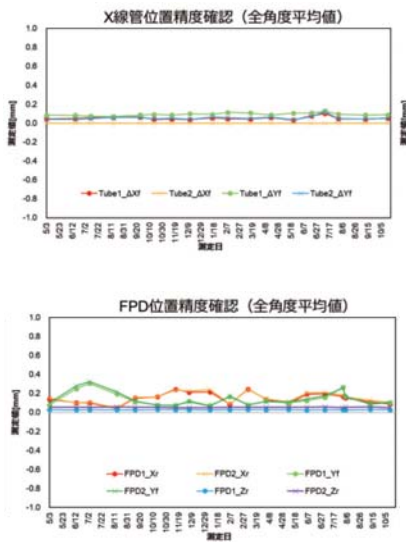


Fig.3 X線管-FPD位置精度の1年半のトレンド

れの角度でも0.4 mm以内の誤差になっていた。また、Fig.3に1年半の期間内のガントリー全角度平均のトレンドを示す。期間内においてすべての測定回で±0.4 mm以下の誤差であった。

治療台位置精度測定のDaily QAの結果の1年半のトレンドをFig.4に示す。すべての測定回で±1.0 mm以下、±0.3°以下の誤差になっていた。また、測定期間内の結果が周期的に変動していることが確認された。治療台位置精度測定の結果をFig.5に示す。すべての測定回で誤差±1.0 mm以下、±0.3°以下となっていた。

【考察】

EJHIC回転ガントリーシステムにおけるPPSの1年半の期間のQAQC結果をまとめた。X線管球-FPD設置位置精度の結果は1年半の期間内において

粒子線治療ガイドライン<sup>1)</sup>を基に決定した当施設の調査レベル (1.0 mm/0.3°) を超えることは確認されなかった。十分な精度で設置され、また、経時的な変化も許容できるものであったと判断された。治療台位置精度についても当施設の調査レベル (1.0 mm/0.3°) を超える結果は確認されなかった。治療台位置は良好な位置精度を担保できていたと判断された。期間内の測定結果には周期的な変動が確認されており、建屋や治療台やファントムの季節ごとの温度変化、湿度変化などが影響している可能性が考えられた。また、回転ガントリー運用開直後の測定結果にばらつきがあったものの、ファントムの設置方法の統一といった取り組みにより、ばらつきの少ないデータを得ることができた。

【まとめ】

EJHIC回転ガントリーにおける治療運用開始から1年半の期間におけるPPSのQAQCの結果を報告した。この期間の結果では調査レベルを超過する結果は確認されず、高い精度を維持できていることが確認され、臨床運用は妥当であったと判断された。重粒子線治療の回転ガントリーを保有する施設数は少なく、データが乏しいことから、これらのデータを積極的に共有し、重粒子線治療における適切な精度管理の指標を確立するために役立てていきたい。

【参考文献・図書】

- 1) スキャニングガイドライン作成ワーキンググループ、粒子線治療装置の物理・技術的QAシステムガイドライン (粒子線 QA2016) 「第8章:装置QA項目と許容値」(追補版)

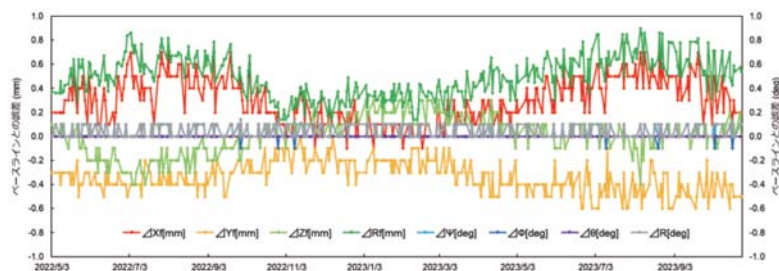


Fig.4 治療台位置精度のDaily QAの1年半のトレンド

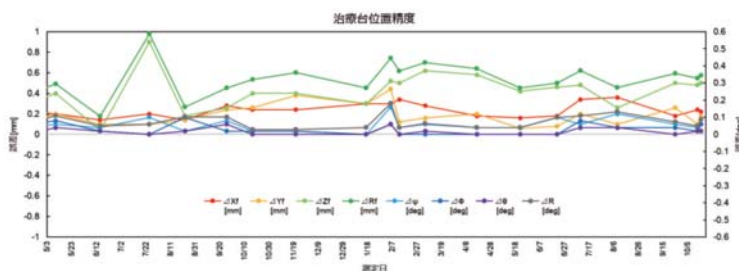


Fig.5 治療台位置精度のMonthly QAの1年半のトレンド