

# 3. 「Elekta Unity」MR リニアックシステムの使用経験

恒田 雅人 千葉大学大学院医学研究院MR画像誘導即時適応放射線治療学寄附講座

MR リニアック「Elekta Unity」(以下、Unity) (エレクタ社製) では、①照射直前にコントラスト分解能に優れたMR画像による腫瘍および周辺正常臓器の輪郭の再定義や、②再定義された輪郭を基にその日の体内構造に適した治療計画を再立案すること(リプランニング)、③照射中も常にシネMR画像を用いたモニタリングが可能となる。これらの特長を有するUnityは、世界中で導入が進んでいる。次世代の画像誘導放射線治療(image-guided radiation therapy: IGRT) 技術となりうるMR画像誘導放射線治療(MR-guided radiation therapy: MRgRT) は、“治療中の体内構造が見える化”される画期的な治療法と言える。また、リプランニングが短時間のうちに実施可能であり、がん放射線治療は即時適応放射線治療(online adaptive radiation therapy) の時代に突入した。現時点の商用MRリニアックは、エレクタ社製UnityとViewRay社製「MRIdian」の2台であり、このほかにも研究開発が進んでいる<sup>1)</sup>。Unityは、フィリップス社製1.5T MRI装置を搭載した世界初の高磁場MRI一体型高精度放射線治療装置である。本稿では、その技術的な特徴やMR画像誘導即時適応放射線治療(MR-guided online adaptive radiation therapy: MRgOART) のワークフロー、自験例の提示、今後の研究開発について紹介する。

## 技術的特徴

Unityは、ユトレヒト大学のLagendijk教授が着想し、その後20年近く研究開発が続けられ、製品化へと至った。2020年11月に、千葉大学医学部附属病院への設置が開始され、2021年9月よりアクセプトンテスト・コミッションを経て、同年12月14日から治療を開始した。

フィリップス社製1.5T MRI装置とエレクタ社製7MV-フラットニングフィルタフリー(以下、FFF) ビームを射出する直線加速器が一体化されたUnityは、強度変調放射線治療(intensity-modulated radiation therapy: IMRT) が可能である。ガント리는スリップリング技術を採用しており、高速回転(6rpm)を可能にしている。また、ガント리는大きく3つのコンポーネントに分かれ、ビーム生成モジュールとMVイメージングモジュール、各種コントロールユニットが搭載されている。ビーム生成モジュールはマグネトロン、3極電子銃、Sバンド定常波加速管からなる。MVイメージングモジュールは、各種キャリブレーションや検出器のセットアップにのみ使用可能となっている。射出される7MV-FFFビームは、アイソセンタ面でおおよそ7mm幅の80対マルチリーフコリメータ(以下、MLC)とダイアフラムにより、各セグメントの照射形状に整形される。最大照射野は、アイソセンタ面に

おいて左右方向×頭尾側方=57.4cm×22cmであり、コリメータ角度は固定でMLCは頭尾方向に駆動する。なお、ビーム整形システムとアイソセンタ間にMRI装置の駆体(クライオスタット)が存在するため、光照射野を確認することは構造上不可能であり、かつビームの減弱が生じる。Unityのクライオスタットは、ビーム系路上にアニュラスと呼ばれる薄い構造体とすることで、ビームの減弱を最小限に抑えるようになっている。

## 千葉大学におけるワークフロー

従来の放射線治療では、治療計画時に腫瘍や周囲の正常臓器の輪郭描出の補助としてMR画像を利用してきた。線量計算に用いるCT画像とMR画像は、イメージレジストレーション技術によって位置合わせが行われるが、体内構造や体形変化が大きい場合、幾何学的な位置誤差が生じる。MRリニアックにより実現されるMRgOARTは、下記3つの特徴がある。

### 1. 照射直前のMR画像の取得

治療の際、体動アーチファクトを低減可能な“3D VANE XD”撮像を含むT1強調画像、navigator echoを用いた呼吸同期を含むT2強調画像、拡散強調画像および二次元シネ画像といった撮像が可能である。図1に、前立腺がんと肝臓がん、骨盤内リンパ節オリゴメタ、