

超小型粒子線がん治療装置のための新技術動向調査

(財) 高度情報科学技術研究機構 仁井田 浩二

超小型粒子線治療装置の新技術動向調査のために、国内のほぼすべての粒子線治療施設と、欧州の代表的な施設三か所を訪問し、その施設の現状や将来展望、現行機の小型化に対する意見、そして新技術の動向についての知見を得た。また国内の粒子線治療の権威や専門家、関連する多くの企業を招聘しての研究会を開催し、国内外の粒子線治療装置の発展展望についての有意義な議論がなされ、粒子線治療の動向と新技術・新装置の動向についての知見を得ることができた。これらの調査研究によって、線種、加速器系、照射系の分野について、新技術の現状が明らかになり、それらを基に新技術の今後の進捗に対する予測、現状の技術を利用した場合の小型化案の提案、また、今後の超小型粒子線治療装置のブレークスルーとなるであろう技術分野を指摘した。以下に本調査研究で得られた知見と提案を総括する。

小型装置で使用する線種として陽子と炭素、そしてヘリウムを選び、水中の線量分布を粒子・重粒子モンテカルロコード PHITS を用いて計算した。炭素線の線量集中性の良さを再認識するとともに、ヘリウムの線量集中性が、横方向については炭素線と同等に優れ、深さ方向については、陽子線と同等に優れている結果が得られた。すでにいくつかの国でヘリウムなどの軽粒子の利用に関心が高まっているが、ヘリウムを小型加速器の粒子として採用する可能性も検討すべきであろう。

レーザー等の画期的技術を用いる先進機と、現行技術でも小型化を図る Still River 社に代表されるような超小型機を、合わせて次世代機として動向調査を行った。Still River 社の陽子線装置は 2009 年内の稼働を謳っているが、その進行度はまだ 1MeV の陽子が試験機で加速されたに留まる。また国内においては治験がまだであり、それに一年かかるとすると国内稼働は早くとも 2010 年以降になると予想される。原研関西のレーザー駆動陽子線治療装置は 80MeV 陽子の試験機が稼働間近であった。このレーザー駆動 80MeV 陽子線治療は 5 年後に完成が見込まれている。200MeV 陽子の加速技術と治療装置も並行して開発がなされており、今後の進展に大いに期待したい。バリアン社の新しい陽子線治療装置はほとんど現行の技術利用で構成されかつ非常に現実性の高い設計であり、近年

実機が登場すると思われる。DWA の提案は加速器の画期的な小型化を実現するものであるが、まだ開発途中で数年で実現する雰囲気はない。

これらの次世代機が現実味を帯びてきている現状であるが、どの装置も回転ガントリーを有する代わりに1つの照射室に対して1つ加速器を必要とする設計であり、加速器を複数独立して維持管理する手間と費用を思うと照射室を複数設置するのは難しいのではと考える。粒子線治療にはCTなどの位置決め装置や治療計画ソフトなどの高額機器が別途必要であるので、治療室は複数備えて治療数をあげることを優先させる装置も必要である。

現行機をさらに小型にするには機能や仕様に制約を加える必要があるが、その際に治療の現場で必須な条件を、本調査で収集した知見から提案する。治療室3、エネルギーは妥協しない、ガントリーはあるべきだが無ければ照射角は複数に、の三点が主な項目である。また電磁石の数を減らすことでインフラの削減が見込めることも分かった。以上の調査結果から現行技術を利用した小型化案を提案した。この設計により施設全体の小型化も見込める。

粒子の加速装置は新しい加速原理を用いた先進技術によってまさに卓上寸法が夢でなくなってきた。夢のテーブルトップというかつての謳い文句を現実のものとするために必要とされる技術は、残すは照射系の超小型化にある。照射系は現在ビームを単色に整形するビームアナライザと、ビームをがん部位に合わせて整形するボーラスもしくはスキャン装置の組が利用されているが、これはボーラスやスキャン装置が単色エネルギーを必要とするためであり、装置を大型化している。白色のビームを直接利用するような照射系はまさに夢の技術であるが、その技術無くして粒子線治療装置をテーブルトップまでの寸法にすることはできない。照射系の今後の新技術が、超小型粒子線治療装置の画期的なブレークスルーとなると期待される。