優れた自主技術・製品開発で社会に貢献

陽子線治療システム　PROBEAT－Ⅲ

日立製作所

人類は有史以前から病魔と闘ってきた。最後の強敵と呼ぶべき存在の一つが、がんである。現代では、体外からX線や粒子線（陽子線や炭素線）などの放射線を照射してがん細胞を死滅させる、あるいは増殖能力を失わせる放射線治療が普及してきている。その中でも、日立製作所が開発した『スポットスキャニング照射方式』と呼ばれるビーム走査方式にも対応可能な「陽子線治療システム　PROBEAT－Ⅲ」（＊後注）は患部を〝狙い撃ち〟し、正常細胞の機能をなるべく損なわないことを目指す先端の治療システムとして注目を集めている。同システムの開発の経緯と特徴を探った。

スポットスキャニング照射方式

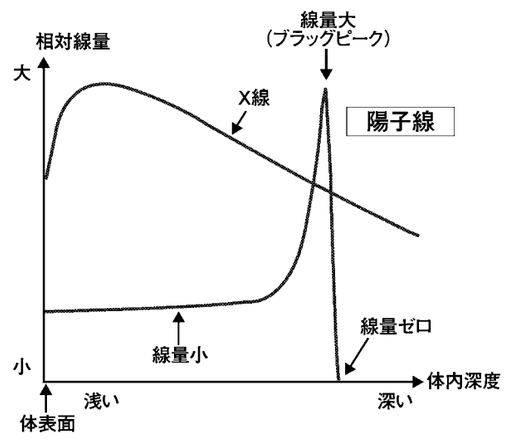
陽子線の照射精度向上

がん治療には、外科治療・抗がん剤治療・放射線治療などがあり、単独、あるいは複数の治療方法が組み合わせて使用されている。放射線治療は、手術による患部切除に比べて人体への直接的な負担が少ないとされ、日常生活を続けながら治療を受けられる可能性が高まるのが特徴だ。現在放射線治療の主流はX線治療だが、X線は体表面近くの人体組織に最大の線量を与え、その後人体内を進むにつれて線量が次第に減少していくという特性がある。このため、どうしてもX線が通過する患部前後の健全な人体組織に対しても相当な線量が与えられることになる。

陽子線治療は、X線治療と同じく放射線治療の一種で、水素の原子核である陽子を加速器で加速させ、ビーム状に取り出した陽子線を使用する。陽子線は、体内に進入した直後は与える線量が小さいが、陽子の持つエネルギーの強さに応じた深さで最大の線量を放出し、その後は急激に線量が減少するという特性がある。この物理現象を発見者の名を取って「ブラッグピーク」と呼ぶ。陽子線治療は、この特性を利用し、患部の存在する特定の深さを狙って集中的に線量を与えることによって、患部の奥や手前にある健全な人体組織への影響を軽減することを目指す治療方法である。

陽子線を患部に照射する方式はいくつかある。大別して、陽子線を散乱体で拡大して照射する「二重散乱体方式」と、日立が開発した、陽子線を細い状態のまま用いる『スポットスキャニング照射方式』である。

『スポットスキャニング照射方式』は、陽子線が細い状態のままであるため、複雑な形状をしたがんに対しても高い精度で陽子線を照射することを目指している。すなわち、患部周囲の健全な人体組織への影響が軽減されることを狙う技術である。



陽子線とX線の体内での線量分布比較イメージ

MDアンダーソンがんセンター治療室

個別補助具不要のケース増加

世界各地のニーズに対応

『スポットスキャニング照射方式』は、立体的に患部を特定した後、深さ方向に層状に患部を分割、その層全体に照射と一時停止を高速で繰り返しながら順次位置を変えて陽子線を照射していく。深さ方向の移動は、陽子線のエネルギーを変え、「ブラッグピーク」の発生深度を変えることで調整していく。

『スポットスキャニング照射方式』を実現した技術的なポイントは大きく二つある。

第一に、安定した品質のビームを加速器から取り出す技術。日立は加速器からビームを高い精度で安定的に取り出す技術を開発した。この技術により、『スポットスキャニング照射方式』に必要な、高精度のビーム位置安定性を得ることができるようになった。

第二に、陽子線の散乱（横方向の広がり）を抑え、深さ方向に制御して照射する技術。陽子線の散乱を抑えるために、患者の体になるべく近い距離から陽子線を照射するよう工夫した。さらに、深さ方向に制御して照射するために、エネルギーを随時変更して照射できる技術を開発した。これらの技術により、ビームの細さを保ち、深い位置に照射することが可能になった。

『スポットスキャニング照射方式』は患者の健全な人体組織への影響が軽減されることが最大のメリットだが、他にもいくつかメリットがある。

「二重散乱体方式」では、患者ごとに陽子線の形状と分布を合わせるために専用の補助具が必要である。しかし、『スポットスキャニング照射方式』は、陽子線を細い状態に保って使用するため、補助具が不要となるケースが増加する。この補助具は、がんの形状が変化した場合には作り直さなければならず、着脱にも時間がかかる。また、複数の方向から照射する際は、患者が姿勢を変えてつけ直すこともある。

『スポットスキャニング照射方式』は、こうした補助具に関する手間を省くことができる。

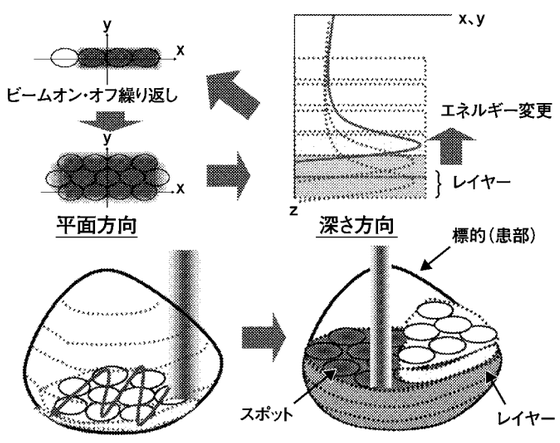
また、一般的に陽子線治療システムは規模が大きく、一つの加速器に対して複数の治療室を持つ場合が多い。日立の開発したシステムは、複数の治療室で治療を行う場合、治療室間のビーム輸送コースやエネルギーの切り替えを、1分以内で行うことを目指している。これにより、同じ時間により多くの患者に治療を受ける機会を提供することを狙うとともに、治療の待ち時間をなるべく短縮することによって、患者の負担軽減を図るシステムを目指している。

このような特徴のある『スポットスキャニング照射方式』を採用した日立の陽子線がん治療システムの第1号機は、米国の大学病院に納入された。

日本でもそれをベースにしたタイプのシステムを、名古屋市向けに納入することが決まっている。また、北海道大学向けにも納入が決まっており、同時に装置全体の小型化も並行して進める。現在長径7・8㍍、短径7㍍ある楕円形の加速器を小型化し、都市部の病院にも設置しやすくする計画だ。

粒子線を使ったがん治療システムの需要は今後、先進国を中心に大きく伸びると見られている。日立は2020年までに米国で50カ所、欧州で35カ所、日本で22カ所、アジアで10カ所程度の治療施設が設置されると予想している。開発した『スポットスキャニング照射方式』を採用した治療システムを中心に世界各地の医療機関のニーズをしっかりと拾い上げていく構えだ。

（＊）医療機器承認番号＝22200BZX00124000
販売名＝陽子線治療システム　PROBEAT－Ⅲ
対象＝固形がんおよび脳腫瘍。ただし、体幹部の呼吸性移動を伴う部位を除く。



スポット照射のイメージ

interview

企業理念に基づく新技術への挑戦

日立製作所
放射線治療推進本部本部長
中村　文人氏

―「スポットスキャニング照射方式」の開発という困難な目標にチャレンジしたきっかけは何ですか。

「2002年末、米国有数のがん治療施設である『MDアンダーソンがんセンター』から陽子線治療システムを受注する過程で開発の話が出た。センターからは『先端の治療技術を搭載したシステムを』と切望された。日立には、優れた自主技術・製品の開発を通じて社会に貢献するという企業理念があり、これに基づき、グループを挙げての技術開発に着手した」

―特に苦労したのは。

「課題解決のアイデアは理論的には確立されていた。しかし実際にシステムを作ってみると加速器から安定した品質の陽子線を取り出す部分が難しかった。最大で光速の3分の2程度まで加速した粒子を制御しなければならない。この点はかなり苦労したが、最終的には、陽子線の軌道に歪みを発生させて安定的に取り出す方法を開発した」

「他にも多くの課題があったが、研究所や設計部門が総力を挙げて取り組み、一つずつ解決していった」

―陽子線がん治療システム事業を始めた経緯は。

「日立は、もともと国内の研究用加速器の開発に参画していた。電磁石や電源など、研究用加速器の主要機器を製造し、先端技術を培ってきた。この加速器製造で培ってきた技術を応用して、1980年に陽子線がん治療システムを事業として立ち上げた」

「今日では国内外に製品を納入し、10年以上の装置の運転と保守経験を蓄積するまでになった。現在でも、国内外で4カ所の施設が建設中だ。2012年度中に開設予定の名古屋市の施設では、日立として長期間の運転・保守・維持管理業務を行う予定だ。2014年に開設予定の北海道大学の施設では、システムの小型化を進めると同時に、さらなる高精度化を目指した『分子追跡陽子線治療システム』という新しいシステムの共同開発に参画している」

「また、米国でも『スポットスキャニング照射方式』を採用したシステムをミネソタ州とアリゾナ州にある米国の医療機関で建設中だ。今後も研究開発を進め、世界各国で粒子線がん治療システムの普及に貢献していきたい」

日刊工業新聞十大新製品賞受賞

時代はいま、新しい息吹を求めて、大きく動きはじめています。

今日を生きる人々がいつも元気でいられるように、

明日を生きる人々がいつもいきいきとしていられるように。

日立グループは、人に、社会に、次の時代に新しい風を吹き込み、

豊かな暮らしとよりよい社会の実現をめざします。

HITACHI
Inspire the Next

日立の樹オンライン　www.hitachinoki.net

株式会社 日立製作所　〒100-8280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号　電話(03)3258-1111(大代)