

# 次世代重粒子線照射システム

## Next-Generation Heavy Ion Irradiation System

小野 通隆      大田 裕之      佐藤 潔和

■ ONO Michitaka      ■ OTA Hiroyuki      ■ SATO Kiyokazu

重粒子線がん治療法は、難治性がんの克服と患者の肉体的及び精神的な負担を軽減させることを目指したもので、独立行政法人放射線医学総合研究所（以下、放医研と略記）で開発が進められており、国内にとどまらず世界各国に広まりつつある。現在、放医研は次世代の重粒子線照射システムを開発中で、その拠点となる新治療棟の建設は既に終了し、2010年度末には、次世代技術を用いた治療を開始する計画である。

東芝は、この計画に全面的に協力し、3次元スキャニングシステム、アーム型治療台を用いた患者ハンドリングシステム、及び治療情報システムを開発している。これらは、この次世代重粒子線照射システムの核というべき技術であり、今後の照射システムの主流になるものである。

Heavy ion radiotherapy systems for the treatment of cancer are currently under development in Japan and around the world, with the aim of overcoming refractory cancers and reducing the physical and mental burden on patients. The National Institute of Radiological Sciences (NIRS) has been developing heavy ion irradiation systems, and has completed the construction of new treatment facilities as a base for cancer therapy where treatment will commence at the end of fiscal 2010 applying a next-generation heavy ion irradiation system.

In cooperation with NIRS, Toshiba has developed three core technologies for next-generation heavy ion irradiation systems: a three-dimensional (3D) scanning irradiation system, a patient handling system using an arm-type treatment table, and a heavy ion treatment information system.

### 1 まえがき

重粒子線治療は、放射線がん治療法の一つであるが、外科治療にも匹敵する治療効果と、QOL (Quality of Life) の高さによって、近年、おおいに注目されている。この治療法は、放医研で開発が進められ、既に、治療患者数は5,000人（2009年度末現在）を超えている。この治療実績を受け、新たな治療施設の建設が世界中で計画されている。

現在、放医研では、これまでの治療経験を基に、高品質な治療を、よりたくさんの患者に提供することを目的として、次世代の重粒子線照射システムを開発している<sup>(1)</sup>。その開発拠点として、図1に示す新治療棟が増設された。この新治療棟では、既設のHIMAC（炭素ビームの加速器）から、三つの治療室にビームの供給を受ける予定である。既に、治療室Eへのビーム供給と必要なサブシステムの据付けが終了し、2010年度末には治療が開始される予定である。

東芝は、このシステム開発に全面的に協力し、核となる以下の三つのシステムを完成させた。

- (1) 高精度照射を実現する3次元スキャニングシステム
  - (2) 治療効率の向上と患者の負担軽減を可能とする患者ハンドリングシステム
  - (3) 治療施設の効率的運営を目指した治療情報システム
- ここでは、これらの三つの次世代技術について述べる。

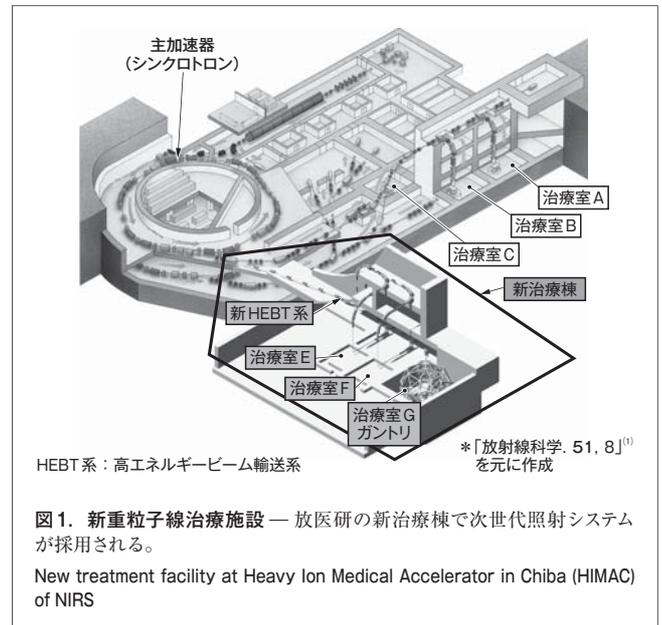


図1. 新重粒子線治療施設 — 放医研の新治療棟で次世代照射システムが採用される。  
New treatment facility at Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba (HIMAC) of NIRS

### 2 次世代のコア技術

#### 2.1 3次元スキャニングシステム

**2.1.1 概要** 重粒子線治療では、患部に対して必要な線量を均一に、しかも周辺の正常部位への被ばくを最小限に抑えた照射を行う。

現在国内の重粒子線施設で使用されている照射方法は、ビームを患部の大きさ以上に広げ、これをコリメータなどで患部の形に合わせて遮る拡大ビーム照射法（ワブラー照射法）である（図2(b)）。一方、3次元スキャンニング照射法は、細く絞ったスポットビームをスキャンニング電磁石により高速に走査し、患部を3次的に塗りつぶす照射方法であり、従来法と比較して正常部位への被ばくを抑制できる（図2(a)、図3）。

**2.1.2 特長** 3次元スキャンニング照射法は、次の優れた特長がある。

- (1) 正常部位への被ばく低減 広げたビームを遮って照射領域を決めるワブラー照射法に比べ、スポットビームで患部を塗りつぶすため照射領域がより厳密になる。
- (2) 治療時間の短縮と運用コストの削減 ワブラー照射法は照射を終了するごとに治療具（ボラス及び患者コリメータ）を交換するが、治療具を必要としない。
- (3) ビーム利用率の向上 ワブラー照射法は拡大ビームをコリメータで患部形状に合わせて遮るためビームの利

用効率が低下するが、ほぼ100%のビームが患部に照射される。

- (4) 治療の安全性向上 ワブラー照射法はコリメータの漏洩（ろうえい）放射線や二次放射線による患者及び技師の被ばくリスクがあるが、このリスクを大幅に低減できる。

**2.1.3 放医研のシステムへの適用** 一方、スキャンニング照射法の技術課題は、動く臓器に対する照射（呼吸同期照射）ができないことである。そこで、放医研と当社は従来の10倍の高速化を実現したスキャンニング装置を開発し、呼吸同期照射を可能にした。この装置は放医研での呼吸同期ファントムを用いたビーム試験でその性能が確認され<sup>(2)</sup>、2011年の治療照射で実証される見通しである。

## 2.2 次世代患者ハンドリングシステム

**2.2.1 概要** より多くの患者を効率的に治療するためには、治療時間（治療室の占有時間）を短縮することが必要である。そこで、治療室での治療作業を細かく分析し、効率良くビームの位置決めと治療照射が行えるように、アーム型治療台を用いた次世代患者ハンドリングシステムを開発した（図4）。

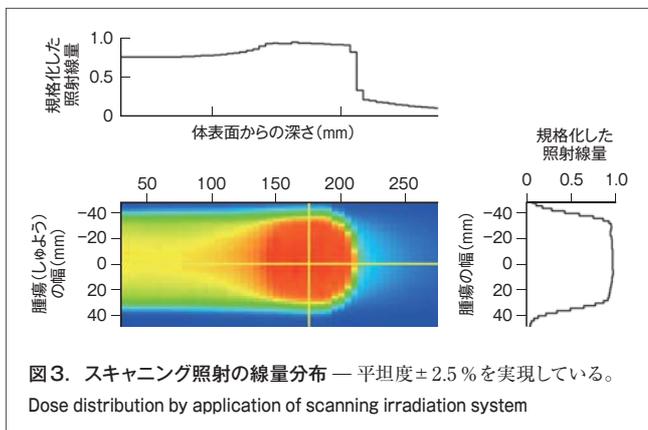
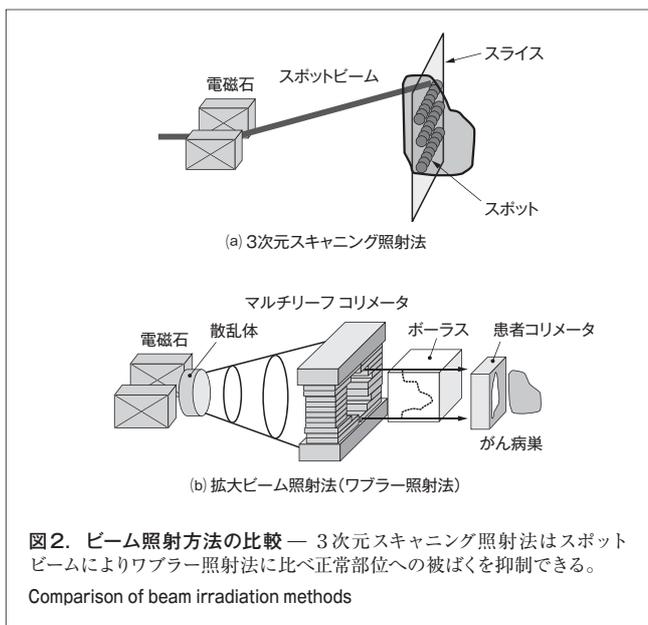
**2.2.2 特長と効果** 現状分析では、このシステムの導入により、治療室の占有時間を従来方式に比べ約1/2まで短縮できる。また、患者の治療部位や自立歩行ができないなどの身体的状態にかかわらず、同様の治療時間の短縮が見込まれ有効なシステムと考える。

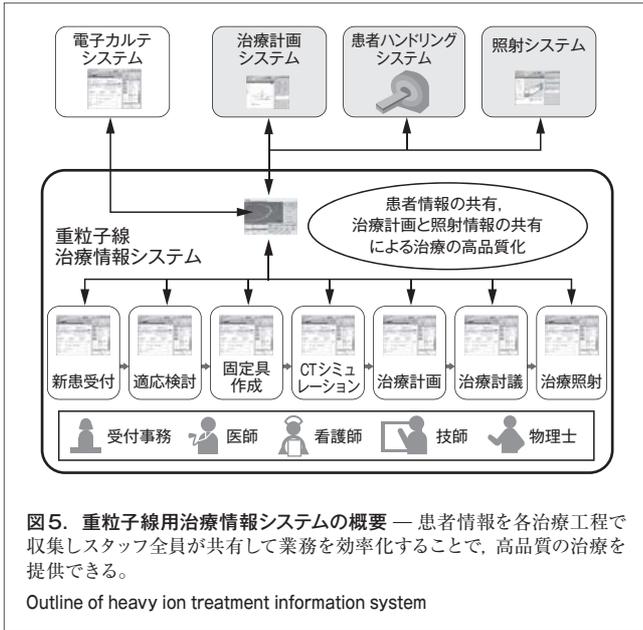
更に、CT（コンピュータ断層撮影）位置決めで必要になる絶対位置精度を確保でき、高精度な位置決めが可能である。

**2.2.3 放医研のシステムへの適用** このシステムは放医研の新治療棟に採用され、2011年からの治療に用いられる。

## 2.3 治療情報システム

**2.3.1 概要** 治療情報システムは、重粒子線がん治療にかかわる多くのスタッフが業務を円滑に進められるように支援するシステムである。図5に示すようにこのシステムは、重粒子線治療に必要な各工程からの情報を管理するシステム構成になっている。

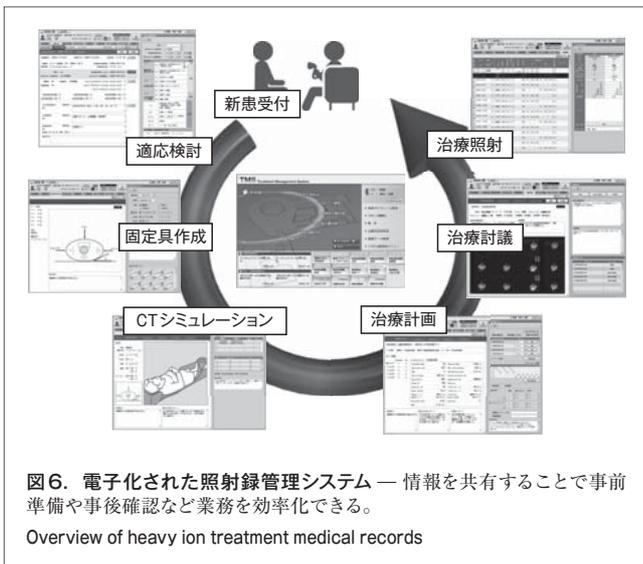




**2.3.2 特長** 新患受付から治療照射までの全工程で、時々刻々変わる患者情報をスタッフ全員が共有することで、各スタッフの業務効率を向上させ、高品質の治療を多くの患者に提供できる。

重粒子線治療の各工程の業務内容は、業務エリア及び関連するスタッフによって異なるため、照射録（粒子線治療カルテ）を用いて、照射までの治療情報を管理し、各スタッフは業務を進める。図6に示すような電子化された照射録を用いた治療情報管理では、どの端末からでも必要な情報を必要ときに確認できるため、事前準備や事後確認など、業務を効率的に進めることができる。

重粒子線治療では、治療部位及び治療計画の異なる様々な患者に対して、最適なタイミングで、しかもより多くの患者が治



療を受けられるようにスケジューリングする必要がある。そこで、治療期間及び部位ごとの治療患者比率や治療の種類など、様々な条件を考慮したうえで、治療患者数を最大にする最適スケジューリングシステムを開発した<sup>(3)</sup>。このシステムは予定の変更にも柔軟に対応できる再スケジューリング機能も備えている。

**2.3.3 放医研のシステムへの適用** この治療情報システムは、多くの医療スタッフの意見を反映してより使いやすくなっており、2010年度中に放医研で運用が開始される。

### 3 あとがき

次世代の重粒子線がん治療施設の中心技術としておおいに期待されている次世代照射システムは、その普及を待ち望む世界の人々から注目を浴びており、当社は放医研と共同してハードウェア及びソフトウェア両面で開発を積極的に進めてきた。当社が開発した次世代照射技術は、放医研の新治療棟に設置され、2010年度中には、これらを用いた治療が開始される予定である。

更に当社は、重粒子線治療の性能向上と普及を目指し、超電導技術の取込みを積極的に検討しており、回転ガントリや小型加速器の開発に取り組んでいる。加えて、イットリウム (Y) 系高温超電導コイルの活用によるいっそうの小型化も検討しており、重粒子線施設の世界中への普及にいっそう貢献していく。

### 文 献

- (1) 野田耕司, ほか. 次世代重粒子線照射システムの構築に向けて. 放射線科学. 51, 8, 2008, p.4-21.
- (2) Furukawa, T. "Performance of fast raster scanning system for HIMAC new treatment facility", 49th Annual Meeting of the Particle Therapy Co-Operative Group. Maebashi, 2010-05, Session 5.
- (3) 榎原 静, ほか. 重粒子線がん治療を支える患者スケジューリング技術. 東芝レビュー. 65, 11, 2010, p.25-29.



小野 通隆 ONO Michitaka, D.Eng.

電力システム社 新技術応用事業推進統括部 新技術応用システム技術部長, 工博. 新技術応用システムの事業推進に従事。電気学会, 低温工学会会員。  
New Technology Application Business Div.



大田 裕之 OTA Hiroyuki

電力システム社 原子力事業部 原子力開発設計部長。新型炉などの開発に従事。日本原子力学会会員。  
Nuclear Energy Systems & Services Div.



佐藤 潔和 SATO Kiyokazu, D.Eng.

電力システム社 京浜事業所 機器装置部長, 工博。加速器など開発機器の設計・製作に従事。日本原子力学会, 日本物理学会, 日本加速器学会, 日本放射光学会会員。  
Keihin Product Operations