

# 原子力工学屋から見る医学物理の最前線： 新陽子線医学利用研究センター

榮 武二

臨床医学系助教授

陽子線治療は、短時間の治療で悪性腫瘍の領域に線量を集中させ、治療後に正常組織の機能と形態を温存できる非常に特徴ある放射線治療です。私は、長く原子力工学（又は原子核工学）の分野で放射線計測や機器工学に関する仕事をして、2年半前にこの分野に転身しました。陽子ビームを作る加速器から、放射線の相互作用、放射線生物学、医学へと非常に幅広い分野の最新技術を利用する陽子線治療は、まさに医学物理の最先端と言えるでしょう。現状、課題、今後について、私見を述べさせていただきます。

## 外から見た筑波大の陽子線治療

筑波大学の陽子線治療との出会いは、10年以上前、九州から高エネ研（現、高エネルギー加速器研究機構）での研究会に参加した時までさかのぼります。この時、同行した学生さんが超伝導サイクロ

トロン（ドーナツ型の加速器）建設の構想をお持ちだった筑波大関連の先生方にいじめられました。この後、筑波大の構想は一転してサイクロトロン採用に変わりますが、再度シンクロトロンに戻り、現在の新陽子線医学利用研究センター建設へと繋がります。この十数年の高エネ研における筑波大の治療実績の規模は、2年ほど前から放射線医学総合研究所（千葉）の急激な追いつけを除いて国内で唯一であり、世界的に見てもその治療部位に特徴があります。新しい研究施設の予算獲得のニュースを耳にした時は、やはり筑波大かと羨ましい限りでした。新しい計画の予算獲得が益々難しくなっている現状で、地方の大学から見た筑波大は、希望の星と言えるでしょう。新施設の動向には多くの期待がかかっています。

### 新施設の概要

図1に完成した新施設の1階部分の一  
部と2階加速器室エリアの概略を示し  
ます。大学病院に隣接する建屋は、地上4  
階建て、総床面積約5100m<sup>2</sup>であり、建  
屋内に陽子線照射システム、診断装置  
類、治療計画システム等があります。  
ビーム使用室として回転ガントリー（装  
置支持台）を備える治療室（2室）と基  
礎研究照射室があります。シンクロトロ  
ンは、標準的な人の胴体を貫通できるエ  
ネルギー（250MeV）まで陽子を加速でき  
ます。リングの大きさは長径で7.6m、

このクラスの加速器としては非常に小さ  
い部類に入ります。加速エネルギーを病  
巣の深さに応じて段階的に変えられるの  
も、この加速器の特徴です。基礎研究照  
射室には、2本のビームラインが設置さ  
れ、それぞれ、生物実験用と照射技術開  
発に使用される予定です。図1に示され  
た1階部分には診断用装置として、専用  
のMRI、X線CT及びX線シミュレー  
ターが設置されています。1階にはこの  
他3室の診察室があります。

回転ガントリーの概略を図2に示しま  
す。図は垂直上方からの照射を行う場合

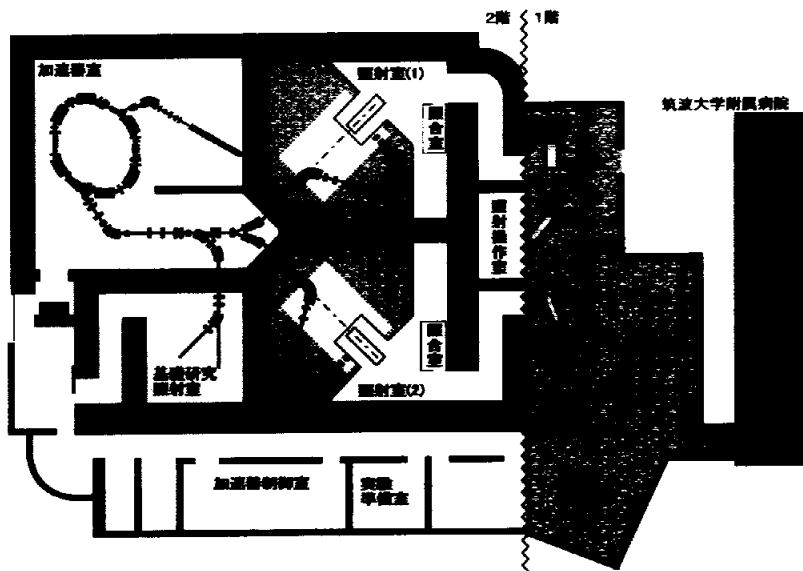


図1 新施設概略図

を示しており、ビームは、加速器室から遮蔽壁を通して回転ガントリーピット室に入り、3回の偏向（曲率半径1.5m）により、ガントリー回転軸（患者さんの体軸）に垂直に照射されます。ガントリーが回転することにより、体軸周り360度どの方向からでも照射が可能となります。高エネ研での筑波大のこれまでの施設では、入射方向が水平と垂直の2方向に固定されていたので、回転ガントリーを有効に使うことが新施設の重要な課題の1つになります。ガントリーの回転角が変更されても、キャタピラで構成された照射室エンクロージャーは、横約3.6m、縦約2.6mの形状が維持されるようになっており、患者さんから見

えるスペースで大きな変化が起こらないよう配慮されています。

高エネ研では、協力体制によりビームの供給を受けていました。新施設はビームも我々で作らなければなりません。これは、これまで筑波大が運用してきたシステムに比べ、はるかに複雑で規模の大きいものとなります。装置の運転、維持、患者さんの診断から、治療計画、必要器具の加工、患者の位置合わせにおいて、計算機システムとの連動を最適化し、少人数で効率的な作業が行えるシステムの実現を目指さなければなりません。技師さんの数が十分でないことなどの問題もあり、フル稼働へ向けて、まだまだ結構な道のりが残されています。

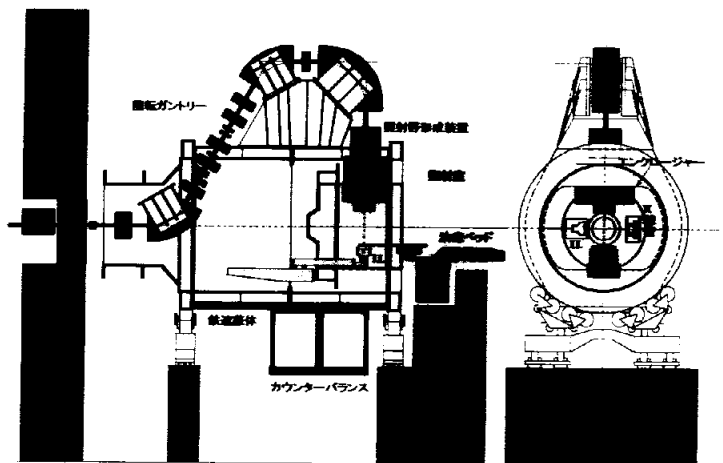


図2 回転ガントリー概略図

## 解決すべき研究課題

新施設で当面行う治療方法は、自動化、ネットワーク化、データベース化が強く指向されていますが、従来筑波大が行ってきたものと原理的には大きな差はありません。新しい照射野形成法の開発については2つの方向性があると考えます。ひとつは、陽子線の特徴である少ない照射門数でどれだけ理想的な線量分布が実現できるかです。現在使われている照射法では、照射野上流に正常組織が被曝する領域が存在するため、これを無くす方法として新しいフィルターを考案しました。現在この実用化のための研究を行っています。もうひとつの方向性は、回転ガントリーで複数の照射方向を使う場合にシステムをどれだけ使い易くできるかです。照射毎にフィルターを付け替えなくても良くすることを考えており、このためのユニバーサルフィルターを開発しなければなりません。

この他、機器の開発・小型化、線量計算の高速化、高精度化、線量分布計測の迅速化、呼吸で動く臓器に対する照準精度の向上、照射線量分布の直接確認法の開発等、多くの研究テーマがあります。陽子線治療法の有用性がシステムの規模と臨床成績の両方により決まると考えると、これから計画される施設のために、

より精度の高い照射技術を、より小さな照射装置により実現することが重要になります。筑波大のこれまでの実績は、呼吸で動く臓器に照射できる技術を開発したことに特徴があります。筑波大から提案される新しい技術は、当然この呼吸移動臓器に対して有効でなくてはなりません。

## 筑波大の今後の役割（物理工学的観点から）

現在国内には、筑波大以外に同様のプロジェクトがらつ立ち上がっています。実績で先行してきた筑波大は、蓄積してきたノウハウが他施設で活用されるよう協力していく立場にあります。従来の照射技術に留まっているだけではいけません。新しい筑波オリジナルを模索していくべきでしょう。

（さかえたけじ 加速器科学・ビーム利用）