粒子線治療における飛程検証を目的とした シンチレーションファイバー検出器の適用可能性の検討
A feasibility study of scintillation fiber imager for range verification of particle therapy

大橋 勇 [1], 門叶 冬樹 [2], 岩井岳夫 [3], 森本幸司 [4], 黒沢俊介 [5,6]
[1] 山形大学理工学研究科, [2] 山形大学理学部,[3] 山形大学学術研究院,
[4] 理化学研究所仁科加速器研究センター,[5] 東北大学金属材料研究所,[6] 山形大学理学部

重粒子線治療時の炭素線飛程を検証する方法として、シンチレーションファイバー検出器(SFI：Scintillation Fiber Imager)[1]を用いた二次粒子のトラッキング法の適用可能性について検討した。

キーワード：炭素線治療、炭素線飛程、PHITS、シンチレーションファイバー

1. 緒言

2020 年に山形大学医学部では炭素線がん治療が導入される。炭素線治療では炭素イオンを高速の 70%以上まで加速し、腫瘍に照射する。飛程終端（ブラッグピーク）でほとんどのエネルギーを付与するため、高い線量を集中的に腫瘍に照射し、正常組織には影響を及ぼさない治療が可能となる。炭素線治療では、実際には体内で変化する腫瘍の範囲をリアルタイムでモニタリングすることが求められる。我々は体内組織と ^{12}C との相互作用によって生じる二次粒子を利用し、リアルタイムでのモニタリングを目的とした、シンチレーションファイバー検出器の開発を行っている。この検出器は 2 層のシンチレーションファイバーの層からなり、それぞれの層は 64 本のファイバーで構成され、0.25 ㎠の面積で直行している。一つの層では X 座標を、もう一方の層では Y 座標を検出する。また、検出器の信号を出力するために 4 つの光電子増倍管（浜松 R5900-L16）が使われている。^{90}Sr のベータ線源を用いた動作試験は成功しており、シミュレーションは PHITS を用いて行われた。

2. 検出器の原理

SFI(Scintillation Fiber Imager)は 2 組のシンチレーションファイバーの層からなり、それぞれの層は 64 本のファイバーで構成され、0.5×0.5 ㎠の面積で直行している。一つの層では X 座標を、もう一方の層では Y 座標を検出する。また、検出器の信号を出力するために 4 つの光電子増倍管（浜松 R5900-L16）が使われている。^{90}Sr のベータ線源を用いた動作試験は成功しており、シミュレーションは PHITS を用いて行われた。開発している SFI の構造を Figure1 に示す。

Figure 1　SFI の構造

3. 計算

モンテカルロ粒子・重イオン輸送コード PHITS を用いて、水ファントムに ^{12}C を 1 発 400MeV/u で照射した際に発生する陽子を、2 層の検出器体系でトラッキングした結果を figure 2 に示す。陽子はファントムから飛び出し、検出器体系で検出できることが分かった。今回は検出器の設置位置や設置角度などの最適化の検討を行った結果について報告する。

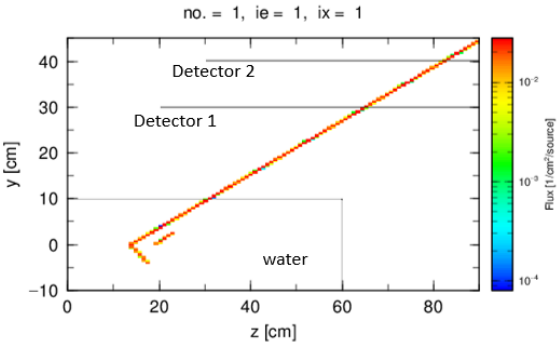

Figure 2　プロトンのトラック

参考文献[1] Kouji Morimoto , Fuyuki Tokanai , Isao Tanihata and Yoshihide Hayashizaki , “Development of Scintillating Fiber Imager,” IEEE TRANSACTIONS ON NUCLER SCIENCE , vol.47 , no.6 , December 2000

© 2017年 応用物理学会