

低エネルギー光子測定による治療用炭素ビーム軌道上の空洞検出のシミュレーションによる評価

Simulation study of detection of a cavity across a trajectory of a therapeutic carbon beam by measuring low energy photons

○山口 充孝¹、長尾 悠人¹、菅井 裕之²、酒井 真理²、河地 有木¹、佐藤 隆博¹、神谷 富裕¹、藤巻 秀¹、荒川 和夫^{1,2}、鳴海 一雅¹ (1. 原子力機構、2. 群馬大)

○Mitsutaka Yamaguchi¹, Yuto Nagao¹, Hiroyuki Sugai², Makoto Sakai², Naoki Kawachi¹, Takahiro Satoh¹, Tomihiro Kamiya¹, Shu Fujimaki¹, Kazuo Arakawa^{1,2}, Kazumasa Narumi¹
(1.JAEA, 2.Gunma Univ.)

E-mail: yamaguchi.mitsutaka@jaea.go.jp

炭素線治療においてビーム軌道上の空洞の発生はブラッグピークのシフトによる誤照射の原因となり、その発生を照射中に検出できれば、誤照射の影響を軽減する対策を講じることが可能となる。今回、マルチスリット型ガンマカメラによる空洞検出の実現可能性を、シミュレーションにより評価した。

シミュレーションにはモンテカルロ計算コード PHITS を用いた。図 1 に幾何学的配置の模式図を示す。¹²C ビーム (290 MeV/u) を、中心に円柱形の空気空洞 (半径 2.5 mm、長さ 10 mm) を持つ円柱形アクリルターゲット (半径 50 mm、長さ 100 mm) に、ビーム軸がターゲット及び空気空洞の回転中心軸と一致するよう入射した。放出光子の測定のため、マルチスリット型コリメータ (鉛製) と検出器 (テルル化カドミウム (CdTe) 製) からなるガンマカメラを配置した。検出器はビーム軸方向の長さが 2 mm の素子を 39 個ビーム軸方向に並べたものから成る。コリメータは幅 1 mm、厚さ 25 mm のスリットを、ビーム軸方向に 2 mm ピッチで 39 個持ち、各スリット中心のビーム軸方向の位置は、対応する検出素子の重心位置と一致させた。なお、計算時間短縮のために、ビーム軸に対して回転対称となる幾何学的配置を採用した。炭素イオンは 9.6×10^7 個入射し、発生した放射線による各検出素子でのエネルギー付与を記録した。また、空洞が無い場合の幾何学的配置についても、同様のシミュレーションを実施した。

63-68 keV のエネルギー付与を持つイベントの収量を図 2 にまとめた。空気空洞がある場合と無い場合で結果を比較すると、空洞の存在する範囲において収量の減少が観測され、マルチスリット型ガンマカメラを用いた低エネルギー光子測定による空気空洞検出の実現可能性を示す結果が得られた。

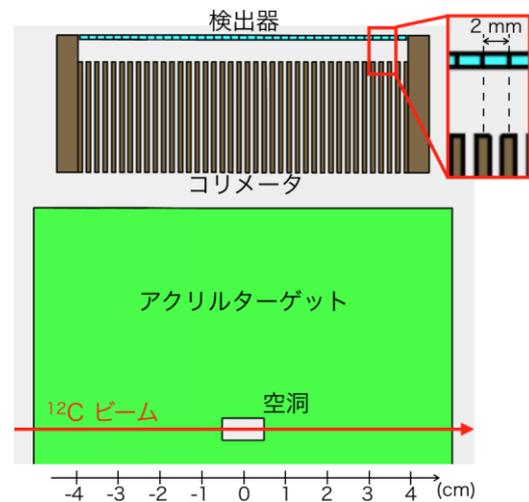


図 1. シミュレーションにおける幾何学的配置。

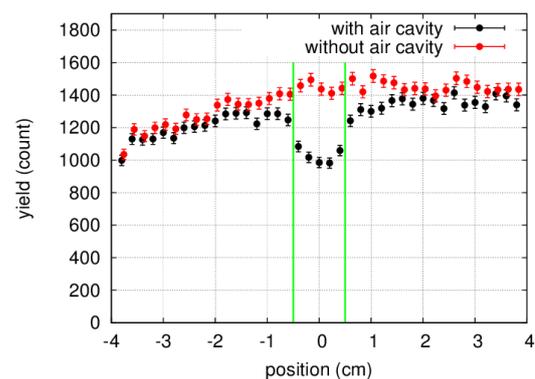


図 2. 縦軸は 63 - 68 keV のエネルギー付与イベントの収量。横軸は空洞の重心を原点とした場合のビーム軸方向のスリット位置。黒丸及び赤丸はそれぞれ、空洞がある場合と無い場合の結果。誤差棒はポアソン分布における不確かさ ($\pm \sigma$)。2本の緑の線は空洞の両端を表す。