

未知組成標的中の重粒子線飛程推定法

Estimation method of range in targets with unknown chemical composition

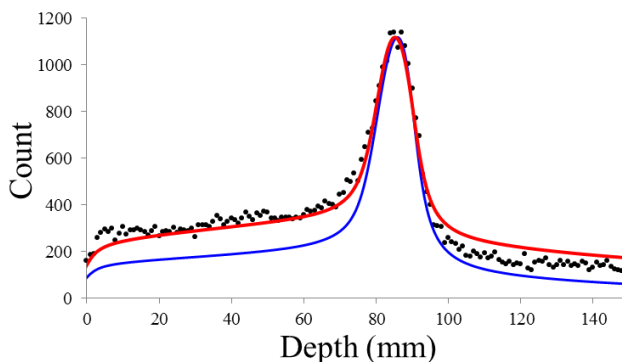
東工大¹, 放医研², シャルマース工科大³○宮武 裕和¹, 河野 俊之¹, 稲庭 拓², 佐藤 眞二², Lembit Sihver³Tokyo Institute of Technology¹, Hirokazu Miyatake et al.

E-mail: miyatake.h.aa@m.titech.ac.jp

重粒子線がん治療の最大の特徴は飛程付近への高い線量集中性であるが、患者体内における飛程を測定する手法はいまだ確立されていない。そこで、重粒子線を照射した標的から生じる消滅放射線を測定し、測定された分布と理論計算による分布を比較し、最尤推定法(MLE 法)により標的中の飛程を推定する方法を開発してきた。従来、人体軟組織を模擬した水などを標的とし、理論計算における標的の元素組成は既知としていた。現在は、より実際の治療に近づけるため骨模倣物質等を標的として、かつ元素組成を未知とした場合の MLE 法の有効性を検証している。

照射重粒子線には放射線医学総合研究所重イオン加速器 HIMAC からの 290 MeV/u の ^{12}C ビームを用いた。標的には、典型的な骨の密度や CT 値と近い値を持つテフロンと塩化ビニルを骨模倣物質として用いた。重粒子線照射によりテフロン標的内で生じた消滅放射線の測定結果(点)を図に示す。横軸は標的中の深さ、縦軸は測定されたイベント数である。入射核破碎反応による ^{11}C からのイベントが飛程付近に集中してい

る。MLE 法による飛程推定を行うには、消滅放射線分布の理論計算のために標的の元素組成が必要となる。そこで、組成が不明の場合を想定して標的全体を水と仮定した場合(青線)と、実際の組成を利用した場合(赤線)で飛程推定を行った。標的を水と仮定した場合、実際にはテフロンに含まれる ^{19}F の標的核破碎反応による $^{17,18}\text{F}$ が考慮されないため、ピーク付近以外で計算値が測定値を下回っていることがわかる。推定飛程を R_{MLE} 、別途行われた測定に基づく飛程を R_{exp} として、この他の標的に対する結果も含めて表に示す。 $\Delta R = R_{\text{MLE}} - R_{\text{exp}}$ である。



標的／解析に用いた組成	R_{MLE} (mm)	R_{exp} (mm)	ΔR (mm)
(a) テフロン／水組成	89.9	90.0	-0.1
(b) テフロン／実際の組成	90.4	90.0	+0.4
(c) 塩化ビニル／水組成	124.8	124.5	+0.3
(d) 水／水組成(実際の組成)	160.4	161.0	-0.6

R_{MLE} の典型的な誤差 ± 0.4 mm を考慮すると、標的を水と仮定した解析結果と実際の組成を利用した解析結果の間に有意な差はなく、どれも ± 1.0 mm 程度におさまる。以上より、標的組成が不明の場合に水と仮定しても、 ± 1.0 mm の精度で飛程推定が可能であることが示唆される。