

二次電子制動輻射計測により得られる陽子線画像を用いた 機械学習によるブラッグピークのずれの推定

Estimation of Bragg-Peak Shifts via Machine Learning Using Proton-Beam Image Obtained by Secondary-Electron-Bremsstrahlung Measurement

量研 高崎研¹ ○山口 充孝¹, 長尾 悠人¹, 河地 有木¹

QST TARRI¹ ○Mitsutaka Yamaguchi¹, Yuto Nagao¹, Naoki Kawachi¹

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

陽子線治療において、陽子線軌道上の予期せぬガス領域の発生は、ブラッグピークのずれを引き起こすため、誤照射の原因となる。このずれを照射中に検出できれば、ずれによる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、PHITS を用いたモンテカルロシミュレーションにより、二次電子制動輻射計測により得られる陽子線画像を入力とした、機械学習によるずれの推定手法を検討した。

シミュレーションジオメトリは、水ファントム（アクリル製容器に水を入れたもの）と、パラレルホールコリメータを備えた X 線カメラ（検出器は Gd・Al・Ga・ガーネット製、遮蔽およびコリメータはタングステン製）から構成した（Fig. 1 参照）。水中には複数の空気球をランダムに配置し、ブラッグピークのずれを意図的に生成した。X 線カメラは水ファントムに接触させ、139 MeV の陽子線（直径 0 cm, 陽子数 1.0×10^8 個）を水ファントムに入射させた。まず、空気球の配置をランダムに変更しながらシミュレーションを繰り返し、「陽子線画像」と「ブラッグピークのずれ」のペアを 6400 個作成した。陽子線画像を説明変数、ブラッグピークのずれを目的変数とし、重線形回帰分析法による機械学習を行った。トレーニングデータとテストデータの比は 4 : 1 とし、分割数を 5 として K-分割交差検証を行った。

重線形回帰分析の結果を Fig. 2 に示す。トレーニングデータ、テストデータの両者において、予測値（縦軸）と実際のずれ（横軸）との間に良い一致が見られた。得られた予測モデルの決定係数はトレーニングデータで 0.899, テストデータで 0.894 となり、二次電子制動輻射の計測データから、分散が小さくかつ予測性能の高いモデルが得られることが分かった。

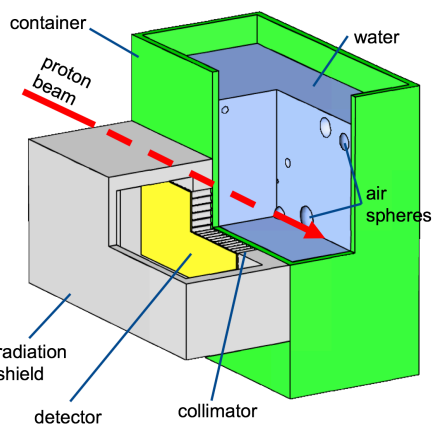


Fig. 1. A three-dimensional view of the simulation geometry.

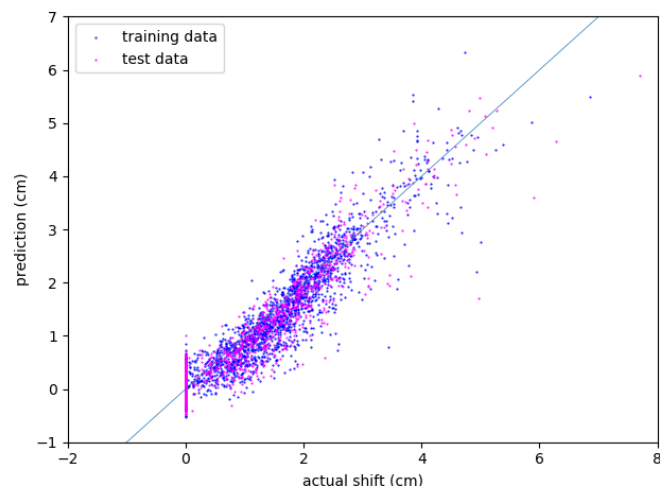


Fig. 2. Predictions of the Bragg-peak shifts.