

機械学習を用いた電子ビーム輸送系 4 極電磁石の自動調整

～ニュースバル加速器運転調整を自動化する～

高度産業科学技術研究所 工学部機械材料学科、関西医科大学

○准教授 ^{はしもと さとし} 橋本 智、B4 ^{うの そうた} 宇野 颯太、助教 ^{ふじい ひとし} 藤井 将

キーワード

ニュースバル、機械学習、自動ビーム調整、ビーム輸送系、
相対論的電子ビーム



研究概要

ニュースバル放射光施設では線型加速器で生成したほぼ光速の微小な電子ビームをビーム輸送系を經由して蓄積リングまで輸送・入射・蓄積する。ビーム輸送系では全 11 台の 4 極電磁石を用いてビーム径の収束・発散を繰り返しながら、高い輸送効率で電子ビームを通過させないといけない。これらの電磁石の磁場は計算で求められた値から手動で微調整を行う必要があるが、ニュースバルの特徴である可変エネルギー入射では、ビームエネルギーに応じて磁場の微調整が必要になり、非常に手間がかかるのが課題であった。

令和 5 年度公益財団法人兵庫県立大学科学技術後援財団助成で購入したノート PC (MacBookAir) 上で機械学習ライブラリ GPyOpt を用いて、Python による自動調整プログラムを作成・動作試験を行った後、図 1 に示す加速器制御システム内の機械学習マシンに同プログラムを移植し、実際の加速器と電子ビームを用いて機械学習による自動調整を行った。試験の結果、機械学習のチューニングを最適化することで、わずか 8 回の試行でビームサイズを目標値に調整できることを実証した (図 2)。従来、数 10 分を要した調整が数分で可能になり、機械学習による加速器調整が大いに有効であることが示された。

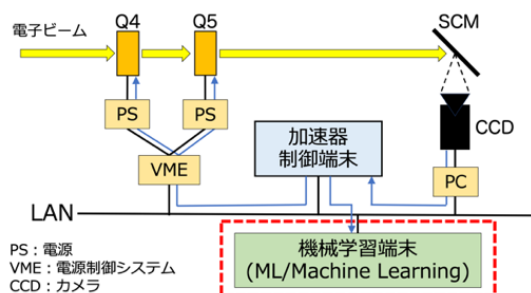


図 1. 機械学習による自動調整システム

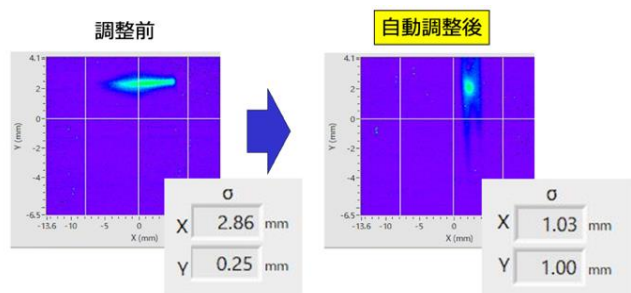


図 2. 機械学習による電子ビームサイズ
自動調整結果

アピール ポイント

入射器から出射した相対論的電子ビームはビーム輸送系を經由して蓄積リングに入射する。ニュースバルの特徴である可変エネルギーでのビーム入射に伴い、4 極電磁石の自動調整の実現は運転コストの大幅な低減を可能とする。今回は 1 組の電磁石のみが対象であったが、これを拡張して全 11 台の完全自動調整に向けて現在研究を継続している。本研究成果は日本放射光学会年会で宇野(B4)により報告された。