

ベイズ最適化によるビーム軌道計算の最適化に関する研究

井村 友紀

加速器グループ

サイクロトロンは、原子核・素粒子物理学をはじめ、がん治療、ラジオアイソトープ(RI)製造、2次中性子による半導体耐性試験など幅広い分野で利用されている。加速器の利用拡大のためには、運転調整の効率化が課題となる。加速器の運転をする際の磁場などの運転パラメータ調整は、加速ビーム種ごとに、ビーム物理に基づいた軌道計算や過去の実績値、オペレータの経験などを基に、毎回時間をかけて実施されている。この運転調整の時間短縮、あるいはよりよいクオリティの運転の実現のため、運転調整に機械学習の適用が有効な解決策となりうる。本研究は、サイクロトロン調整を機械学習手法の一つであるベイズ最適化で最適化することを目指し、シミュレーション上で運転調整の模擬を実施した。粒子軌道の計算にはシミュレーションコード OPAL-CYCL を使い、メインコイルやトリムコイルで生成される磁場分布には電磁場解析ソフトウェア OPERA-3D で事前計算した磁場データを利用した。この磁場は区分的3次エルミート補間および線形補間により任意のコイル電流に対応する磁場を高速に再構成し、シミュレーション時間の短縮を図った。評価指標としてシンプルな最大位相差、及び最大加速エネルギーを導入したところ、いずれの目的関数においてもビーム取り出しが実現できた。一方調整パラメータが18と多いため短時間ではベイズ最適化が完全に収束しないという結果もえられ、今後オートエンコーダーなどによる次元削減手法の導入などを検討する必要がある。