

敵対的生成ネットワークを用いたプラズマ加熱制御のための
エッジAIシステムの開発

**Development of edge-AI system for plasma heating control
using generative adversarial networks**

釘持尚輝¹、辻村亨²、水野嘉識¹、舟場久芳¹、安原亮¹、山田一博¹、上原日和¹、
吉村泰夫¹、西浦正樹¹、伊神弘恵¹、高橋裕己¹、矢内亮馬¹
KENMOCHI Naoki¹, TSUJIMURA Toru¹, MIZUNO Yoshinori¹, FUNABA Hisamichi¹,
YASUHARA Ryo¹, YAMADA Ichihiro¹, UEHARA Hiyori¹, YOSHIMURA Yasuo¹,
NISHIURA Masaki¹, IGAMI Hiroe¹, TAKAHASHI Hiromi¹, YANAI Ryoma¹

核融合研¹, 中部大学²
NIFS¹, Chubu Univ²

プラズマ研究において対象とする物理現象・機構の複雑化や高性能プラズマ生成の重要度が増している。これに伴い、計測の詳細化や加熱制御の高精度化が求められる中で対象とする情報の大きさや複雑さが増しており、データ駆動科学の果たす役割は大きくなっている。これらの課題に対し、データ変換や予測に畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた手法が報告され成果を上げている[1]。一方で、CNNでは適用する問題ごとに学習の際の効率的な損失関数の設計が必要であるため、CNN最適化に時間や技術を有し、汎用性に欠けるといった課題がある。近年、この損失関数の設計を含めて学習する、敵対的生成ネットワーク(GAN)が開発され注目されている[2]。GANは特に画像変換の分野での進展が目覚ましく、自動運転、超解像、及び異常検知などに応用され大きな成果を上げている。本研究では多次元データの変換を高精度かつ汎用的に行えるGANの特徴を活かし、一般的な実験システムにおいて適用可能な、プラズマ計測および加熱制御手法を開発することを目的としている。

高性能プラズマ生成を行うため、プラズマ加熱制御の高精度化及びリアルタイム化が求められており、プラズマの分布や磁場配位などを考慮した加熱の最適化が必要である。本研究ではLHDにおける豊富な実験解析データを学習に用いるとともに、実時間でプラズマ分布情報を得る計測器開発を行うことで、高度な加熱分布制御手法を開発した。LHDにおけるEC波軌道追跡コードLHDGauss[4]によるこれまでのプラズマ実験に対する解析データベースを用いて、ECH吸収分布、電子温度・密度分布、磁場情報

を入力として、ECH入射条件を出力する生成モデルを学習させた。学習により得られたECH入射条件の生成モデルは実用上十分な精度で生成できていることを確認した。プラズマ放電により得られた電子温度・密度分布、磁場情報を用いて、実時間で制御信号を出力する試験を行った。プラズマ分布変化に応じて任意の加熱分布を実現するフィードバック制御信号が生成できていることを確認した。生成モデルは実時間処理のためにGPUボードに組み込み、LHDの電子温度・密度分布情報を実時間で取得するリアルタイムトムソン散乱計測システムと組み合わせることで、プラズマ分布にあわせて電子サイクロトロン加熱の偏波・入射位置を最適な条件にフィードバック制御するエッジAIシステムを開発している。

本手法では、多次元情報を画像形式で取り扱うことでGANの特徴を生かした高精度の生成モデルの学習を行っている。近年開発されたGANを取り入れることで、従来のニューラルネットワーク等による手法よりも、汎用的かつ適用が容易な手法である。現在はLHD実験への適用に向けたシステム構築を進めており、講演ではその進捗を報告する。

Reference

- [1] D.R. Ferreira *et al.*, Fusion Scie. Technol. **74** (2018) 47
- [2] I. Goodfellow *et al.*, NIPS (2014) 2672
- [3] N. Kenmochi *et al.*, Plasma Fus. Res., **14** (2019) 1202117
- [4] T. I. Tsujimura *et al.*, Nuclear Fusion, **55** (2015) 123019