

## ディープラーニングを用いた PANTA におけるトモグラフィ再構成アルゴリズムの開発 Development of Deep Learning for Tomography Algorithm for PANTA Plasmas

郭 又銘<sup>1</sup>, 藤澤 彰英<sup>2,3</sup>, 永島 芳彦<sup>2,3</sup>, 文 贊鎬<sup>2,3</sup>, 山崎 広太郎<sup>4</sup>, 西澤 敬之<sup>2,3</sup>  
山田 琢磨<sup>3,5</sup>, 小菅 佑輔<sup>2,3</sup>, 小林 大輝<sup>1</sup>, 西村 大輝<sup>1</sup>  
Y. Guo<sup>1</sup>, A. Fujisawa<sup>2,3</sup>, Y. Nagashima<sup>2,3</sup>, C. Moon<sup>2,3</sup>, K. Yamasaki<sup>4</sup>, T. Nishizawa<sup>2,3</sup>,  
T. Yamada<sup>3,5</sup>, Y. Kosuga<sup>2,3</sup>, T-K. Kobayashi<sup>1</sup>, D. Nishimura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九大総理工, <sup>2</sup>九大応力研, <sup>3</sup>九大極限プラズマ研究連携センター,  
<sup>4</sup>広大先進理工系科学研究科, <sup>5</sup>九大基幹教育院

<sup>1</sup>IGSES Kyushu Univ., <sup>2</sup>RIAM Kyushu Univ., <sup>3</sup>RCPT Kyushu Univ., <sup>4</sup>GSASE Hiroshima Univ., <sup>5</sup>FAS Kyushu Univ.

実験室プラズマ中には、圧力勾配が存在し、それによってマルチスケール乱流揺動が励起され、磁化プラズマは複雑な乱流状態になる。また、異なるスケールの揺動が非線形的相互作用し[1]、乱流偏在[2]が磁化プラズマ中の乱流揺動の典型的な特徴である。そのため、プラズマ乱流の大域的な性質を解明するためにはプラズマ全体を微視的乱流のスケール程度の空間分解能で観測することが必要である。本研究室では、プラズマ断面の2次元構造を大域局所的に観測するため、直線プラズマ装置 PANTA (Plasma Assembly for Nonlinear Turbulence Analysis) に、128 チャンネルの計測視線のトモグラフィ計測器を軸方向位置の3か所に構築し、MLEM (Maximum Likelihood Expectation Maximization)法を用いて、プラズマ断面の2次元空間構造を捉えることに成功している [3]。

一方、プラズマの揺動および乱流輸送は、即時に変化し、核融合磁場閉じ込めに関わる諸問題において重要な課題である。乱流輸送をリアルタイムで観察、予測、制御する技術は未来乱流問題を解決し、核融合を実現するために必要不可欠な技術である。しかし、従来のMLEM方法によるトモグラフィの画像再構成は長い時間が必要であり、プラズマをリアルタイムで観測・制御することは

できない状態である。従って本研究では、最近注目されている敵対的生成ネットワーク (GAN: Generative Adversarial Networks) [4]を用いてプラズマ画像を再構成する新たなアルゴリズムの開発を目指している。

最初にGAN法と従来のMLEM法を比較するため、PANTAプラズマの2次元断面画像の評価を行った。また、評価指標として、図1に示したように、構造的類似性 (SSIM)、ピーク信号対雑音比 (PSNR)、全体的に平均化誤差を評価することが可能な平均二乗偏差(RMSE)を使用した。ピーク信号対雑音比は40dB以上で、構造的類似性は0.98以上の画像は元画像と区別がつかないと認証され、図1 (a), (b)ではこの2つの標準を遥かに超えて、図1 (c)で元画像との平均二乗偏差は1.25%以下を達した。この評価結果から、GAN法による再構成画像は、従来のMLEM法と等しいことが明らかに成った。また、その例として、MLEMとGAN法による再構成画像を図2に示す。

加えて、GAN法による画像再構成の速度は、理論的にMLEM法より約100倍早くなると予測されているが、現在は1.5倍早くすることができた。本発表では、GANに基づき新しいトモグラフィ画像再構成法を紹介し、従来のMLEM法を比較し、GAN法の高速化について報告する。

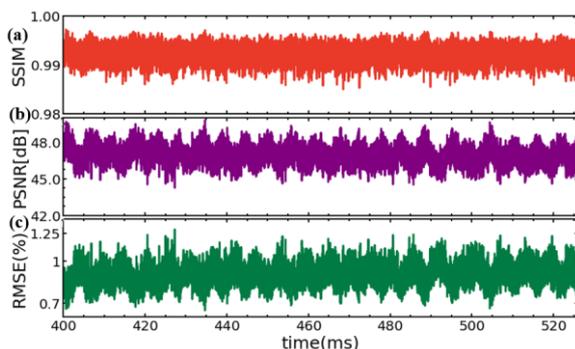


図1: MLEM と GAN の再構成画像に関する(a) SSIM, (b) PSNR, (c)RMSE の評価結果。

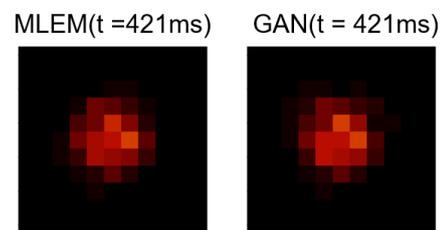


図2: PANTA プラズマにおけるMLEMとGAN法によるトモグラフィの再構成画像。

### 参考文献

- [1] K. Ida, *et al.*, NF 55, 013022 (2015).
- [2] A. Fujisawa, *et al.*, NF 36, 375-379 (1996).
- [3] A. Fujisawa, *et al.*, PPCF 58, 025005 (2016).
- [4] Ian J. Goodfellow, *et al.*, arXiv:1406.2661(2014).