

ニューラルネットワークを用いた大域的 ITG 不安定性の予測

Prediction of global ITG instability by Neural Network

京都大学大学院 エネルギー科学研究科 エネルギー基礎科学専攻 プラズマ・核融合基礎学分野 深田 紘平

1. 背景・目的

次世代のエネルギー源として期待されている核融合エネルギーの実現に向けて、現在トカマク型やヘリカル型による磁場閉じ込めプラズマの研究が進められており、その閉じ込め性能の向上を目指して、ジャイロ運動モデルに基づいた乱流輸送に関する理論・シミュレーション研究が行われている。我々の研究室では、これまで大域的ジャイロ運動論コード GKNET を開発し、非局所的な乱流輸送過程や背景分布形成メカニズムの解析を行ってきた。一方で、そのような大域的シミュレーションは大規模な計算資源を必要とすることから、その結果をニューラルネットワークによって機械学習することで、乱流輸送過程や背景分布形成の高精度予測を行うことが本研究の目的である。特に本研究では、局所的な温度/密度勾配だけではなく、その曲率や近傍の点の情報を入力パラメータとすることで、「大域的効果」がどのように予測に影響を与えるかについて検証を行うことが最終的な目標である。本発表では、その基礎的研究として、各ハイパーパラメータが予測精度に与える影響の検証と、入力データの次元数とデータ数と学習精度の関係性を調べた。

2. 手法

本研究ではまず、簡易的なデータ・セットを作成し、最適なハイパーパラメータとデータ数の検討を行った。1つ目の検証では線形/非線形(Log 関数, Sin 関数)境界を持つ 2 変数データセットを作成し、ニューラルネットワークモデルでの正規化(Batch Normalization)を行った上で、重みの初期値, ニューロン数, レイヤー数, バッチ数のハイパーパラメータを変更し、学習回数ごとの分類精度を比較した。2つ目の検証ではデータ数を 1000 と 10000 に固定して入力データの次元数を 2, 4, 6, 8 次元と変更したデータ・セットを作成し、他のハイパーパラメータを固定することでデータ数とデータの次元が精度に与える影響を確認した。

3. 結果・考察

図1に学習精度のニューロン数依存性を示す。ニューロン数の増加に伴って精度が向上する傾向が見られた。他のハイパーパラメータも同様に比較検証した結果、十分な精度を得るのに重要な主なハイパーパラメータはニューロン数とレイヤー数とバッチ数であることがわかった。これらの結果を参考に線形/非線形関数を境界を持つ 1000 個のデータ・セットにおいて、ハイパーパラメータをニューロン数 1000, レイヤー数 6, バッチ数 1000 に設定することで 98%以上の精度を得ることができた。次に、2つ目の検証結果であるデータの次元とデータ数と精度の関係性を図 2 に示す。データ数が 10000 では次元数に関わらず常に高い精度を取るが、データ数が 1000 と少なくなると次元が高くなるにつれ学習効率が低下する傾向が見られた。次元が増加するほど境界近傍を正確に捉えるためにデータ数が必要になるためと考えられる。

4. まとめ

ニューラルネットワークで高精度な予測を行うためにはニューロン数, レイヤー数, バッチ数だけでなく、データ数と次元も重要なパラメータであることがわかった。今後は GKNET によって得られた熱源駆動型乱流輸送シミュレーションのデータを用いて、局所的な温度/密度勾配だけではなく、その曲率や近傍の点の情報を入力パラメータとした場合に、どのように予測に影響を与えるかについて検証を行っていく。

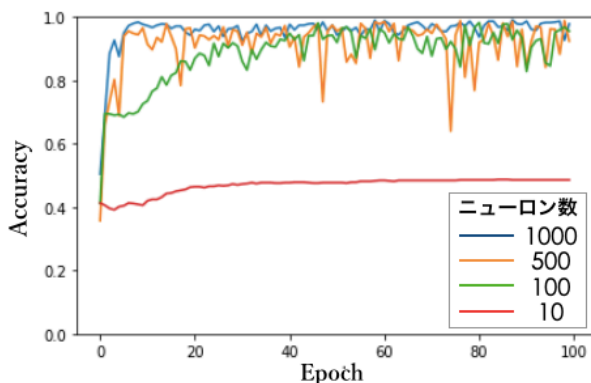


図1 学習精度のニューロン数依存性

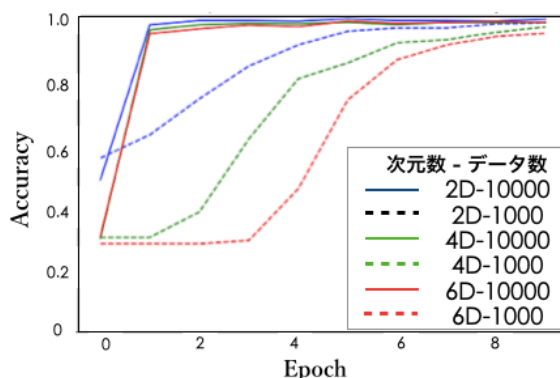


図2 データセットが2,4,6,8次元の場合における学習精度のデータ数依存性