

# 全状態探索法を用いた機械学習によるデータ駆動型ディスラプション予知

47-156093 末吉 孝充  
(指導教員 小川 雄一 教授)

Key Words : Disruption, Machine Learning, Support Vector Machine, Exhaustive Search, Sparse Modeling

## 研究の概要

ディスラプションとは、プラズマを閉じ込めるために大電流を必要とするトカマクプラズマにおいて顕著に表れる現象であり、将来の核融合炉実現のためには適切に回避・緩和される必要のある重大な問題である。本研究では、JT-60Uにおいて高ベータ達成を目標として行われた放電を対象とした（うち、disruptive な放電 [図 1b] が 82 放電, non-disruptive な放電 [図 1a] が 72 放電）。この実験中で観測された放電データを基にサポートベクターマシンによる機械学習を行い、ディスラプション発生の予知器を構成した。



Fig. 1: JT-60U から得られた放電波形の例

本研究ではディスラプション予知を多変数による分類問題として捉えている。このとき非常に重要になってくるのが、その変数の組合せである。分類に有効な変数であるかどうかは変数単体の分布では判別できず、組合せによって分類精度が向上する場合もあれば、不必要な変数が加わると、データが有限個の為に本質的でない境界面のばらつきが生じ、かえって精度を悪くする場合もある。本研究で扱っている変数選択問題は、候補となる変数の中から分類に本質的な意味のある変数の部分集合・組合せを選択する問題であり、この問題を解決する為には解の空間構造を正確に把握する必要がある。構造を探るためには、変数単体ごとではなく、変数の組合せ全てについて網羅的に探索する必要がある。このように解空間を網羅的に探索する手法を全状態探索法 (Exhaustive Search, ES) と呼ぶ [1]。さらに、より詳細に解空間の構造を把握するために、状態の全状態を単純比較するのではなく、最適な変数の数が  $K$  個であると仮定し、 $K$  スパースな解を段階的に求めていき解構造を把握するという、 $K$ -スパース全状態探索法 (ES-K) と呼ばれる手法を本研究では採用した。

## 結論

本研究では、従来のデータ駆動型ディスラプション予知の研究では試行錯誤的な面の強かった変数選択について、全状態探索法を用いて自動的に行える手法を提案した、また、これにより人為的に選択した組合せの中から、より最適な組合せを抽出できる可能性を示唆する結果が得られ、 $f_{GW} \equiv n_e/n_{GW}$ ,  $dl_i/dt$  などを含む変数の組合せが重要であることが示唆された。ES-Kにより有効な変数の組合せの階層構造も把握できるようになり、ここから得られた知見が、データ駆動型制御の可能性を広げるとともに、モデル駆動型制御にも新たな知見を与えることが期待される。

## 参考文献

- [1] K. Nagata and M. Okada: "Sparse modeling: A new trend in information processing sparse modeling for feature selection and data analysis for geoscience", The Japan Society for Industrial and Applied Mathematics, **25**, 1, pp. 5–9 (2015).