

# LHDにおける非接触プラズマの発現条件に関する データ駆動型研究

## Data-driven study on occurrence condition of detached plasma in LHD

磯部有吾<sup>1</sup>, 横山達也<sup>1</sup>, 小林政弘<sup>2</sup>, 成嶋吉朗<sup>2</sup>, 武村勇輝<sup>2</sup>, 山田弘司<sup>1</sup>  
 ISOBE Yugo<sup>1</sup>, YOKOYAMA Tatsuya<sup>1</sup>, KOBAYASHI Masahiro<sup>2</sup>,  
 NARUSHIMA Yoshiro<sup>2</sup>, TAKEMURA Yuki<sup>2</sup>, YAMADA Hiroshi<sup>1</sup>  
 東大<sup>1</sup>, 核融合研<sup>2</sup>  
 Univ. Tokyo<sup>1</sup>, NIFS<sup>2</sup>

### 1 序論

核融合炉においてダイバータに非常に大きな熱負荷がかかることが課題となっている。これを軽減するため、ダイバータに対してプラズマが非接触となる運転が期待されている。LHDでは共鳴摂動磁場 (RMP) をかけることによって非接触プラズマを安定に実現する実験が行われている [1]。RMPを含めた各プラズマパラメータがどのように非接触プラズマの発現に寄与するのかを評価することは、安定な運転制御の確立および背景物理の解明することにつながる。本研究ではLHDでのプラズマに対して、接触状態と非接触状態を区別する条件を明らかにすることを目指し、機械学習モデルを用いた状態分類器を作成した。また、スパースモデリングによる特徴抽出を実施して非接触化に重要な関連をするパラメータを選択した。

### 2 データ駆動型研究手法

状態分類器には、線形サポートベクターマシン (SVM) を2値分類器として用い、LHDにおける非接触化実験のデータを使用して訓練・評価を行った。密度・放射パワー・ベータ値・軽元素不純物イオンの発光強度などの11個のパラメータから非接触プラズマの発現条件を記述できるパラメータを抽出するために、全状態探索を用いた。これは、与えられたパラメータからなる全ての組み合わせを比較して評価する、スパースモデリングの手法である。

### 3 結果

全状態探索の結果、放射パワーと加熱パワーの比、不純物発光強度 (CIV, OVI) が重要なパラメータとして抽出された。

得られた接触状態と非接触状態の分類境界を表す式は以下となる。

$$f(x) = e^{5.354} \left( \frac{P_{\text{rad}}}{P_{\text{input}}} \right)^{3.824} \text{CIV}^{2.375} \text{OVI}^{-2.452} = 1$$

選択された3個のパラメータ毎には接触・非接触状態を分離できない (図1) が、それらの組み合わせによって明確に分離できることがわかる (図2)。

発表ではRMPなど他のパラメータ依存性も合わせて議論する。

[1] M. Kobayashi et al., Nucl. Fusion 53, 093032 (2013).

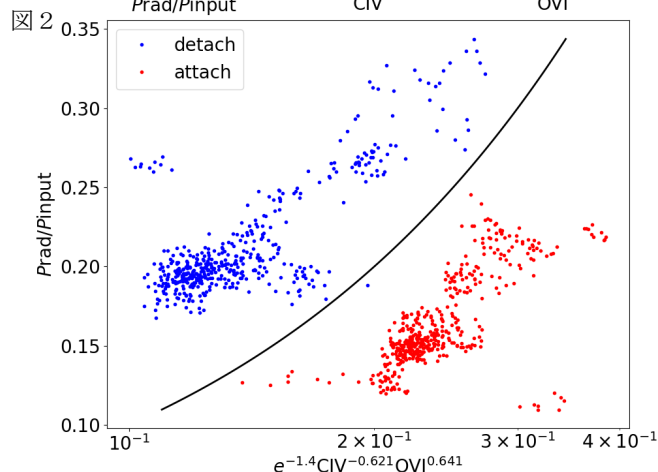
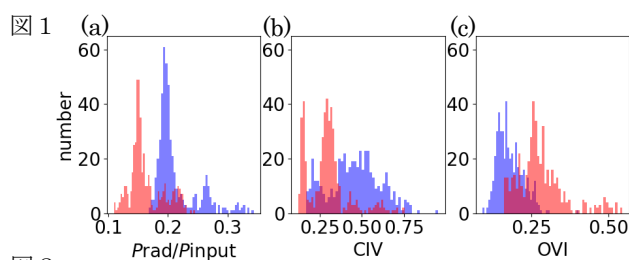


図1 単独パラメータでの接触 (赤) と非接触 (青) のヒストグラム分布. (a) 放射パワーと加熱パワーの比, (b) CIV発光強度, (c) OVI発光強度.

図2  $f(x)$ に基づくデータ分布及び分類境界.