

LINDAコードを用いた水素原子・分子イオンが 共存する非接触プラズマモデリング

Plasma modeling with hydrogen atom and molecular ions by using LINDA code

井戸太一¹, 田中宏彦¹, 大野哲靖¹, 夏目祥揮¹, 梶田信²,
澤田圭司³, 右田龍星³, 羽下健太³, 畑山明聖⁴, 星野一生⁴
T. Ido¹, H. Tanaka¹, N. Ohno¹, H. Natsume¹, S. Kajita², et al.

¹名大院工, ²名大未来研, ³信州大, ⁴慶應大学

¹Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., ²IMaSS, Nagoya Univ., ³Shinshu Univ., ⁴Keio Univ

熱核融合炉においてダイバータ板には高い熱流束が流入することが予測されており、その低減が求められている。その解決策として、プラズマとガスの相互作用によりダイバータ板手前でプラズマを消滅させる非接触プラズマ[1]が提案されている。こうした現象を含め、熱核融合炉の設計・制御には熱負荷予測のためSOL・ダイバータ領域のシミュレーション研究が行われ、数多くの大規模シミュレーションコードが開発されてきた。しかし、既存の大規模シミュレーションコードにおいて、非接触プラズマ実験が完全には再現されておらず、原因として導入されている各種物理モデルの精度が不十分であることが指摘されている。モデル精度の向上には、プラズマ条件や磁場・対向機器の形状が単純かつ詳細計測が容易な直線装置を用いた比較検証が有効であると考えられる。

我々は、直線型装置NAGDIS-IIを対象として、大規模コードと比べてシンプルで開発・計算コストの低い流体コードLINDA[2]を用いた非接触プラズマシミュレーションを行っている。NAGDIS-IIは安定した非接触プラズマ生成と、柔軟な実験パラメータ制御とその計測が可能であることから、シミュレーションとの比較実験に適している。

本研究では、NAGDIS-IIに適用されたLINDAコード[3]から水素原子・分子イオンが共存する多流体LINDAコードの開発を行った。すでに、背景プラズマに対してはるかに低密度の不純物粒子が導入された多流体LINDAコード[2]は開発されているが、原子・分子イオンの割合が同程度となる非接触プラズマ計算には適用できない。そこで、同程度のプラズマ密度を扱える多流体LINDAコードを整備することで水素の各イオン種が非接触プラズマに与える影響を調査する。

本発表では多流体化したLINDAコードの説明

と一次元定常解析、中性粒子を導入した際のプラズマ輸送解析について発表する。

一次元定常解析の結果を図1に示す。このときの計算条件は、径方向輸送は無視し、中性粒子密度 $n_n = 0 \text{ m}^{-3}$ 、各イオンの密度比は $\text{H}^+ : \text{H}_2^+ = 7:3$ である。解析的には上記の計算条件でプラズマ粒子束と圧力はz軸方向に一定となり、図1から、多流体LINDAコードの数値計算上の整合性を確認した。

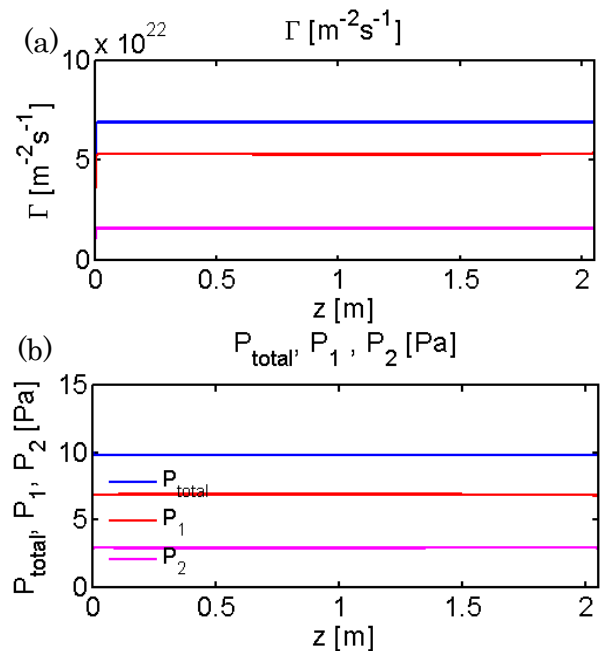


図1 一次元プラズマ定常解析
(a)粒子束 (b)プラズマ圧力
—青 $\text{H}^+ + \text{H}_2^+$ —赤 H^+ —マゼンタ H_2^+

- [1] N. Ohno, *et al.*, Nucl. Fusion **41** (2001) 1055.
[2] M.S. Islam *et al.*, Plasma Phys. Control. Fusion **59** (2017) 125010.
[3] H. Tanaka, *et al.*, Physics of Plasmas **27** (2020) 102505.