

平成30年 2月 1日

学位論文の審査要旨

学位論文申請者氏名：小池 晋太郎

論文題目：球状トカマクへの小型トーラスプラズマ移送合体による燃料供給法の実現可能性検証のためのシミュレーション研究

(Simulation study for feasibility verification of merging fueling method by translating a small torus plasma into a spherical tokamak)

論文の概要及び判定理由

核融合発電の実現に向けて国際熱核融合実験炉 ITER の建設が進む中、核融合燃焼する高温プラズマの中心部へ燃料粒子を供給する新たな方法が求められている。従来のペレット入射や高速ガスジェットによる燃料供給では、プラズマの周辺部までしか燃料粒子が到達できないためである。

本学位論文研究では、従来法と異なる新規な燃料供給法として、「移送燃料供給法」および「合体燃料供給法」について注目し、その実現可能性を検証する目的で電磁流体力学 (MHD)、粒子軌道解析、モンテカルロ法、などの数値シミュレーションを実行している。特に、球状トカマクプラズマと呼ばれる、外部磁気圧に対してプラズマ圧が1割程度と他の閉じ込め方式よりも高く、かつ輸送特性の良好なプラズマへの「合体燃料供給法」の実現可能性を検証する MHD シミュレーションを中心に論文は構成されている。

3次元 MHD シミュレーションの結果、同氏は小型トーラスプラズマの移送・衝突・合体過程の再現に成功し、以下の3点について新たな知見を得た。1点目は、合体時の加速は合体する2つのプラズマを流れる電流間の引力が支配的であること、2点目は移送の初期段階で抵抗性バルーニング不安定性が発生すること、3点目は、不安定性の発生を人工的に抑制した2次元シミュレーションとの比較により、不安定性が合体を駆動しているのではないこと、である。このことから、バルーニング不安定性の抑制が合体燃料供給法実現に向けた課題であることが示唆された。

また、同氏は磁場の時間変化を逐次反映した粒子軌道計算を行うことで粒子供給効率を定量化するシミュレーション技法を開発し、小型トーラスプラズマが初期に保持する30.5%を球状トカマクプラズマへ供給できることを明らかにした。

以上のように、本論文は、高温磁気閉じ込めプラズマの移送過程や磁気再結合を経由する合体過程の諸現象に関する理学への貢献と、核融合研究における新たな燃料供給技術に関する工学への貢献という観点で理工学的価値の高い研究であり、博士(理工学)の学位に値するものと判定した。

審査年月日 平成30年 2月 1日

審査委員

主査	群馬大学学術研究院	教授	石川 赴夫	印
副査	群馬大学学術研究院	教授	本島 邦行	印
副査	群馬大学学術研究院	教授	橋本 誠司	印
副査	群馬大学学術研究院	准教授	伊藤 直史	印
副査	群馬大学学術研究院	准教授	高橋 俊樹	印

関連論文

- 1 著者名 S. Koike, T. Takahashi, N. Mizuguchi, and O. Mitarai
論文題目 Simulation study on a merging core fueling technique for an advanced fuel fusion spherical tokamak reactor
(先進燃料核融合球状トカマク炉用の合体コア燃料供給技術に関するシミュレーション研究)
雑誌名 Fusion Engineering and Design (掲載決定)
- 2 著者名 S. Koike, T. Takahashi, N. Mizuguchi, and O. Mitarai
論文題目 MHD simulation of merging fueling method used for ST plasma
(ST プラズマ用合体燃料供給法の MHD シミュレーション)
雑誌名 Plasma and Fusion Research (掲載決定)
- 3 著者名 S. Koike, T. Takahashi, and T. Asai
論文題目 2D MHD simulation of a FRC plasma with axial neutral gas flow injection
(軸方向中性ガスフロー入射を伴う FRC プラズマの 2 次元 MHD シミュレーション)
雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials 第 134 巻 第 11 号 598 頁～603 頁 2014 年 11 月
- 4 著者名 S. Koike, T. Watanabe, T. Mitsui, T. Takahashi, and T. Asai
論文題目 Heating effects of background neutral particles on a translated field-reversed configuration
(移送磁場反転配位への背景中性粒子の加熱効果)
雑誌名 Transactions of Fusion Science and Technology 第 63 巻 第 1T 号 377 頁～379 頁 2013 年 5 月

参考論文

- 1 著者名 O. Mitarai, H. Matsuura, T. Omori, S. Kajimoto, T. Takahashi, S. Koike, and K. Nakamura
論文題目 Ignition studies of D-³He spherical tokamak reactor
(D-³He 球状トカマク炉の点火研究)
雑誌名 Fusion Engineering and Design (掲載決定)
- 2 著者名 O. Mitarai, K. Nakamura, M. Hasegawa, T. Onchi, H. Idei, A. Fujisawa, K. Hanada, H. Zushi, A. Higashijima, H. Nakashima, S. Kawasaki, QUEST group, K. Matsuoka, S. Koike, T. Takahashi, and H. Tsutsui
論文題目 Comparative studies of inner and outer divertor discharges and a fueling study in QUEST
(QUEST における内外ダイバーター放電の比較研究と燃料供給研究)
雑誌名 Fusion Engineering and Design 第 109-111 巻 Part B 1365 頁～1370 頁
2016 年 11 月
- 3 著者名 K. Matsuzaki, S. Koike, T. Takahashi, and T. Asai
論文題目 2-D MHD simulation of two axially colliding FRCs accelerated by magnetic pressure gradient
(磁気圧勾配により加速された 2 つの軸方向衝突 FRC の 2 次元 MHD シミュレーション)
雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials 第 135 巻 第 5 号 296 頁～302 頁
2015 年 5 月
- 4 著者名 T. Takahashi, T. Urano, S. Koike, and T. Watanabe
論文題目 Rapid transition to non-Grad-Shafranov equilibrium state of field-reversed configuration plasma
(磁場反転配位プラズマの非グラッドシャフランフ平衡への急速転移)
雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials 第 134 巻 第 9 号 517 頁～518 頁
2014 年 9 月

平成 30 年 2 月 1 日