

自己評価報告書

平成 23 年 5 月 18 日現在

機関番号： 12608
研究種目： 基盤研究(A)
研究期間： 2008 ～ 2011
課題番号： 20244090
研究課題名(和文) 半実験的逆解析手法に基づいた高エネルギー密度プラズマの科学
研究課題名(英文)
High-Energy-Density Plasma Science based on Semi-empirical Inverse Analysis

研究代表者

堀岡 一彦 (HORIOKA KAZUHIKO)
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授
研究者番号： 10126328

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目： プラズマ科学・プラズマ科学

キーワード： 高エネルギー密度プラズマ, 導電率, 状態方程式, パルスパワー, 荷電粒子ビーム, 重イオン核融合, 高速プラズマ流, 衝撃波

1. 研究計画の概要

本研究の目的は高速の電磁パルスや重イオンビームを用いて高エネルギー密度プラズマを形成し、半実験的・逆解析手法によって極限状態のプラズマの状態方程式や輸送係数を明らかにすることである。

高エネルギー密度状態の物質の状態方程式や輸送係数の定式化およびそれらのデータベースは、巨大惑星の内部構造や慣性核融合プラズマを理解する上で非常に重要であるにもかかわらず、公開されているデータは限られている上に誤差が大きい。また、輻射輸送が重要な働きをする高温プラズマの物理は、高輝度短波長プラズマ光源や宇宙プラズマの研究に重要であるにもかかわらず、受動的な観測と *ad hoc* な計算式が主要な解析手段になっている。実験室で高エネルギー密度状態を形成する手段として、従来は超高出力密度を実現できる大型のレーザー施設が用いられてきたが、パルスパワー装置や高強度のイオンビームをドライバーとして用いると、大体積で均一性と対称性に優れた試料を形成することができる。

本研究は、パルスパワー駆動の水中細線放電や高速キャピラリー放電を用いて良く定義された(対称性と均一性に優れた)高エネルギー密度プラズマ試料を作成し、輸送係数、状態方程式、および輻射輸送係数に関する信頼性の高いデータを収集することを目的としている。また、ハイパワーのイオンビームを形成するために不可欠な高密度イオンビームのバンチング(ビームパルスの縦圧縮)に伴う物理を実験的に明らかにすることを目指す。

2. 研究の進捗状況

これまでに得られた研究成果の概要は以下のとおりである。

- ①小型のパルスパワー電源で駆動される水中細線放電を立ち上げ、高密度金属プラズマの導電率を密度と温度をパラメータにして計測した。
- ②準剛体キャピラリーに閉じ込めた高密度プラズマの導電率を、幅広い密度領域に渡って計測した。また、プラズマへ投入されたエネルギーの測定精度改善のために分光システムを構築した。
- ③電磁力で駆動される高速プラズマ発生装置を立ち上げ、プラズマ衝撃波の構造に及ぼす電離緩和と輻射輸送の影響を明らかにした。
- ④小型の電子線誘導加速器を用いてバンチング(縦圧縮)に伴うビーム物理を検討した。高強度の荷電粒子ビームのバンチングに影響する因子とエミッタンス増大について検討した。
- ⑤電磁パルス発生装置を用いた高密度の高速プラズマ流を発生する方法を提案し、基本的な動作特性を明らかにした。

3. 現在までの達成度

- ②おおむね順調に進展している
(理由)

繰越手続きを行うことにより、予算配分の変更を行ったが、研究に関してはほぼ当初の予定通りに進展している。得られた結果は日本物理学会、電気学会・パルスパワー研究会、重イオン核融合国際会議など、国内外の研究会で発表を行うとともに、学術雑誌に論文投稿を行った。

4. 今後の研究の推進方策

最終年度には、高エネルギー密度プラズマ中の導電率と状態方程式を幅広いパラメータ領域にわたって計測する。また、電磁力によって駆動される高速プラズマ流の加速機構や磁場との相互作用によって形成される衝撃波の構造について検討する。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計21件)

- (1) T.Sasaki, T.Kikuchi, K.Horioka, Target Design for High Energy Density Physics Experiment using Intense Ion Beams, *Journal of Physics*, **Vol.244**, 042019, (2011), 査読あり
- (2) T.Kawamura, K.Horioka, F.Koike, $K\alpha$ Radiation from Low Charge Chlorine Heated by an Ion Beam for Cold Dense Plasma Diagnostics, *Laser and Particle Beams*, **Vol.29**, pp. 135-140, (2011) 査読あり
- (3) 堀岡一彦, 佐々木徹, 高山 健, 長谷川純: パルスパワー技術による Warm Dense Matter 実験, プラズマ核融合学会誌, **86**巻, pp.269-281, (2010), 査読なし
- (4) T.Sasaki, M.Nakajima, T.Kawamura, K.Horioka, Electrical Conductivities of Aluminum, Copper, and Tungsten Observed by an Underwater Explosion, *Physics of Plasmas*, **Vol. 17**, 084501, (2010), 査読あり
- (5) K.Horioka, T.Kawamura, M.Nakajima, K.Kondo, S.Kawata, T.Kikuchi, K.Takayama, et.al., Activities on Heavy Ion Inertial Fusion and Beam-driven High Energy Density Science, *Nucl. Instr. Meth.*, **Vol.606**, pp.1-5, (2009) 査読あり
- (6) T.Kikuchi, K.Horioka, Beam Behavior under a Non-stationary State in High-current Heavy Ion Beams, *Nucl. Instr. Meth.*, **Vol. 606**, pp.31-36, (2009)
- (7) T.Kikuchi, K.Horioka, Static Analysis of Possible Emittance Growth of Intense Charged Particle Beams, *Physics of Plasmas*, **Vol. 16**, 050703, (2009) 査読あり
- (8) T.Kikuchi, K.Horioka, Halo Formation and Emittance Growth during Bunch Compression of High Current Heavy Ion Beams, *J. Plasma and Fusion Res.*, **Vol.8**, pp.1230-1233, (2009) 査読あり
- (9) K.Kondo, M.Nakajima, T.Kawamura, K.Horioka, *Nucl. Instr. Meth.*, **Vol.606**, pp.223-225, (2009) 査読あり
- (10) Y.Aoyama, M.Nakajima, K.Horioka, Counter-facing Plasma Focus System as a Repetitive and/or Long-pulse High Energy Density Plasma Source, *Physics of Plasmas*, **Vol.16**, 110701, (2009) 査読あり

〔学会発表〕(計35件)

- (1) 堀岡一彦, 電磁パルスとビーム加熱を用いた実験室宇宙・惑星科学, 日本地球惑星科学連合大会, 2010年5月26日, PEM035-15
- (2) K.Horioka, M.Nakajima, T.Kawamura, T.Kikuchi et.al., Beam Dynamics Studies in High-Flux Ion Injectors and during Bunch Compression for High Power Ion Acceleration, *18th Int. Sym. Heavy Ion Inertial Fusion*, Darmstadt, Aug. 31, (2010)
- (3) K.Horioka, T.Kawamura, M.Nakajima, T.Sasaki, K.Kondo, High Energy Density Science based on Pulse Power Technology, *NIFS-PROC.*, Vol.79, (2009)
- (4) T.Kikuchi, T.Someya, S.Kawata, M.Nakajima, K.Horioka, Emittance Growth and Instability Induced by Space Charge Effect during Final Beam Bunching in HIF Accelerator System, 4th Int. Conf. Inertial Fusion Science, *Journal de Physics IV*, Vol.133, pp.749-751, (2009)
- (5) K.Horioka, T.Kawamura, M.Nakajima, S.Kawata, T.Kikuchi, T.Sasaki, et.al., Activities on Heavy Ion Inertial Fusion and Beam-driven High Energy Density Science in Japan, *17th Sym. Heavy Ion Inertial Fusion*, Tokyo, Aug., (2008)

〔図書〕(計2件)

- (1) John Barnard and Kazuhiko Horioka, Induction Accelerators, ed. by K.Takayama and R.Briggs, Springer, (2010), 339p, pp.185-213
- (2) Y.Oguri, J.Hasegawa, K.Horioka, S.Kawata, ed., *Proceedings 17th Sym. Heavy Ion Inertial Fusion*, Vol.606, Issues 1-2, 231p., Elsevier, (2009)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計5件)

名称: プラズマ光源とプラズマ光発生方法
発明者: 堀岡一彦, 桑原 一
権利者: 国立大学法人東京工業大学,
株式会社 I H I
番号: 特願 2008-322526
出願年月日: 2008年12月18日
国内外の別: 国内

〔その他〕講演会

- (1) 堀岡一彦, 実験室. 天体物理—高速重イオンによる高温・高密度科学の展開—, 第42回放射線科学研究会, 社団法人大阪ニュークリアサイエンス協会, **Vol. 42**, pp.22-26, (2010)