

発散磁場中を進展するレーザーアブレーションプラズマの数値解析 Numerical Analysis of Laser Ablation Plasma Guided by Axial Magnetic Field

藤井洋樹¹, 堀岡一彦², 長谷川純²
Hiroki Fujii¹, Kazuhiko Horioka², Jun Hasegawa²

¹東工大総理工, ²東工大工学院
¹Dept. of Energy Sci. Tokyo Tech., ²Grad. Sch. of Eng., Tokyo Tech.

真空中の固体標的へのレーザー照射により生成されたプラズマは高密度で生成され、標的に対して垂直方向にドリフトしながら急速に膨張する。この際、プラズマ中のイオンは点源から弾道的に飛行するため、下流において低エミッタンスのビームが得られる。このことから、レーザー生成プラズマから引き出されるイオンビームは熱温度が低く高密度であり Warm Dense Matter (WDM) 実験などに用いるよく定義された重イオンビーム源への応用が期待される。

イオン源としてのエミッタンス特性は生成直後数センチメートルの領域で発散磁場との相互作用を行うことにより向上することがこれまでの実験で示唆されている[1]。しかしその詳細な物理機構は明らかになっておらず、シミュレーションを用いた解析が求められる。レーザー生成プラズマが急速に膨張する過程ではイオンは無衝突で弾道的に、電子はそれに付随して流体的に振る舞うと考えられる。従って、計算量の緩和のため荷電中性条件を仮定し、CAM-CL法[2]を用いた円筒軸対称な二次元Hybrid Particle-in-cellを作成し計算を行った。また、解析結果に基づき詳細な検討を行い、指向性向上に適した磁場配位の提案を目指す。

本研究では 10^8 - 10^9 W/cm²程度のレーザー強度で生成される、1 価のイオンが支配的な銅プラズマを数値解析の対象とした。生成直後のプラズマにおいて、図1に示すような反磁性電流に依る磁力線の排斥を確認した。また、プラズマ中のイオン軌道の磁場強度依存性を図2に示す。なお、参照した磁場強度は中心軸上で最大となる磁場強度を

用いている。

ハイブリッドコードは低密度領域の取扱について多くの課題があるが、今回作成したコードでは磁場の回転の連続性を保つため背景に冷たいイオン流体を配置することで計算の発散を防ぐ。また、真空領域での抵抗率を適切に設定して非物理的な電子流束を減衰させることでコードのロバスト性を向上させている。コードの検証には冷たいプラズマの分散関係との比較を行い、低周波領域でのよい一致を確認した。

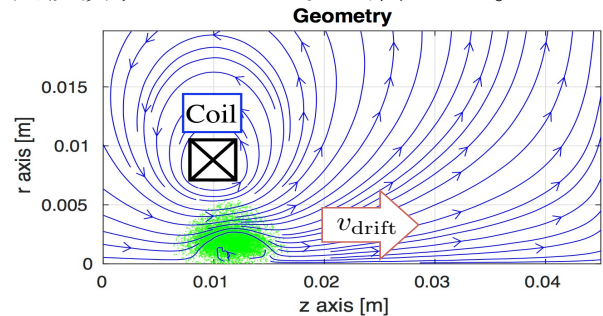


図 1 発散磁場中のレーザー生成プラズマによる磁力線の排斥

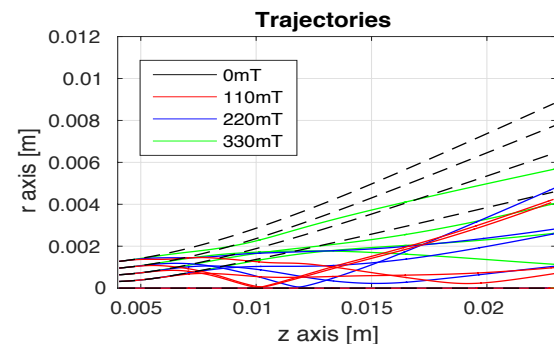


図 2 レーザー生成プラズマ中のイオン軌道の半径および磁場強度への依存性

- [1] S. Ikeda, et. al., *Review of Scientific Instruments*, Vol. 87, No. 2 (2016).
- [2] A. P. Matthews, *Journal of Computational Physics*, Vol. 112, pp.102-116 (1994).