

タイトル：高出力レーザーによる強磁場発生とプラズマ科学研究への応用

Title : Application of laser-generated strong magnetic field to plasma physics research

講師：藤岡慎介（大阪大学レーザーエネルギー学研究センター准教授）

Shinsuke FUJIOKA (Institute of Laser Engineering, Osaka University)

アブストラクト：

高出力高強度レーザーを用いた超強磁場の生成は、1970年代以来、多くの研究が行われてきた。レーザー駆動の爆縮プラズマを用いた磁場の圧縮が研究されており、米国ロチェスター大学は4 Tから4 kT = (40 Mega-Gauss) への増幅に成功し、電気通信大学のグループが平板の実験体系で600 Tへの圧縮に成功している。

我々のグループは、レーザー駆動キャパシター・コイルを使い、磁場圧縮を行わずに、自由空間中に1 kTの磁場の生成に成功している。レーザー駆動キャパシター・コイルターゲットで生成した磁場の空間分布及び時間変化を、磁気プローブ、ファラデー効果、プロトンラジオグラフィ等の手法を使い計測すると共に、コイルの材料をアルミ、銅、ニッケルと変え、磁場強度の材質依存性を調べている。

キロテスラ磁場と高エネルギー密度プラズマを組み合わせることで、新しいプラズマ科学を開拓出来る。例えば、10 kTの磁場中ではランダウ準位のエネルギー及びゼーマン分離のエネルギー幅が1 eVに達する。超強磁場環境下でプラズマ分光を行うことで、強烈な磁場を伴う白色矮星、中性子星周りでの原子過程の地上実験を行えるようになり、高出力レーザーを用いた実験室X線天文学の新機軸としての発展が期待出来る。10 kTの磁場中での電子サイクロトロン周波数は1 μm の波長に相当する。1 μm のレーザー電場のプラズマ中への伝搬においてホイスラー伝播モードが重要になり、レーザーの波長で決まる臨界密度以上の高密度領域にレーザー電磁波が伝搬し、新しい電子加速やイオン加速機構の発生が期待できる。

最近では、強磁場下でのプラズマ流体運動を観測し、プラズマ中での電子熱伝導及び電子拡散が磁場の影響を受けることで、構造が非等方になる様子が観測されている。今後は、強磁場下での流体不安定性についても研究を計画している。

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターで行われている高速点火レーザー核融合研究においても、レーザー生成強磁場は重要な役割を果たす。我々のグループが行った実験結果によると、高速点火レーザー核融合方式での加熱効率を向上させるには、超高強度レーザーと物質の相互作用によって発生する相対論的電子ビームを核融合燃料にまで損失無くガイドする必要があることが明らかになった。キロテスラ級の磁場を利用することで、相対論的電子ビームの磁力線に沿ったガイディングが可能になる。外部磁場による相対論的電子ビームのガイディングの原理実証実験を、フランスのグループと協力して実施している。

セミナーでは、これらの詳細について報告し、様々な観点から議論させて頂きたい。