

縮退プラズマ中での高エネルギー荷電粒子の減速輸送過程の解析 Analysis of energetic charged-particle transport and slowing-down in degenerate plasmas

溝口亮太⁽¹⁾、中尾安幸⁽¹⁾、城崎知至⁽²⁾

Ryota Mizoguchi⁽¹⁾, Yasuyuki Nakao⁽¹⁾, Tomoyuki Johzaki⁽²⁾

九大・院工⁽¹⁾、広大・院工⁽²⁾

Kyushu Univ.⁽¹⁾, Hiroshima Univ.⁽²⁾

高速点火方式のレーザー核融合では圧縮された燃料ペレットの一部に超短パルスレーザーを照射し、発生する高速電子や陽子で追加熱[1,2]を行う。最大圧縮時のプラズマは比較的“低温”かつ高密度であり、電子縮退が起こりうる。電子縮退の直接の影響は電子の高エネルギー成分の割合の増加(Fermi-Dirac統計を反映)と電子のエネルギー状態の遷移の制限(パウリの排他原理による)であり、その結果として荷電粒子に対するプラズマのクーロン阻止能は電子のエネルギー分布がMaxwell分布であると仮定した場合に比べ低下する。

我々はプロトンによる追加熱を想定し、二次元円筒座標系の輸送コードを開発して縮退プラズマ中での高エネルギーのプロトンの減速輸送およびエネルギー付与過程を解析した。その結果、電子縮退の影響は入射プロトンのエネルギーが高い場合(5MeV以上)には殆ど現れないことがテスト計算で判明した。そこで、ここでは電子縮退の影響を見るため低エネルギーのプロトンの計算例を取り上げる。

本計算例では図1のような小さな円筒プラズマ(高さ $2.5\mu\text{m}$ 、半径 $2.5\mu\text{m}$)を仮定し、円筒の底部にビーム状のプロトンソース(高さ $0.25\mu\text{m}$ 、半径 $1.25\mu\text{m}$ の円筒領域)を配置した。

1MeVのエネルギーを持つ単色のプロトンが質量密度 400g/cm^3 、温度 0.4keV の静止DT(50%-50%)プラズマに入射した場合のエネルギー付与率の空間分布を図2と図3に示す。図2(図3)はバルク電子の縮退を無視(考慮)した場合の入射プロトンによるエネルギー付与率の空間分布を等高線図で示している。これらの図から電子縮退を考慮した場合にはエネルギーを付与する範囲が広がることわかる。しかしながら、電子縮退によるエネルギー付与範囲の広がり、最大圧縮時のプラズマの大きさ($\approx 100\mu\text{m}$ [3])に比べ十分に小さく、その影響は殆どないものと思われる。今後は“実際の”追加熱に

即した大きな体系及び広いビームエネルギー範囲での解析を行う。

参考文献

[1]Wilks S.C. et al 2001 *Phys. Plasmas* 8 542

[2]Roth M. et al 2001 *Phys. Rev. Lett.* 86 436

[3]Temporal M. et al 2002 *Phys. Plasmas* 9 3098

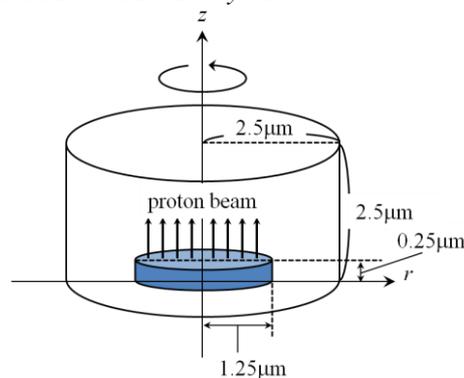


図1. 計算体系

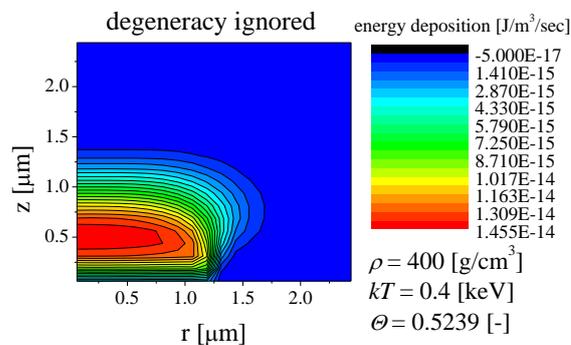


図2. エネルギー付与率の分布 (電子縮退無視)

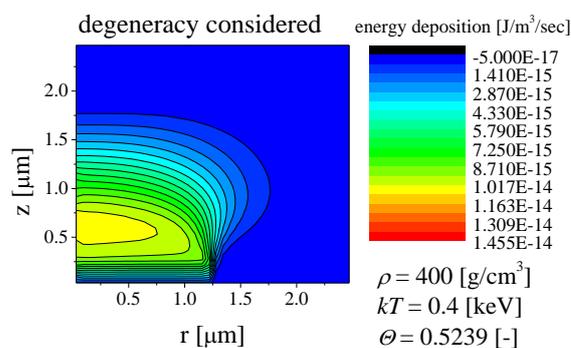


図3. エネルギー付与率の分布 (電子縮退考慮)