

原子核乾板を用いた高速中性子ピンホールカメラにおける画像再構成法の開発

Development of Image Reconstruction Method

for Fast Neutron Pinhole Camera using Nuclear Emulsion

*和泉佑哉¹, 中山陽一朗¹, 富田英生¹, 森島邦博¹, 林 翔太¹, MunSeong Cheon², 磯部光孝^{3,4},
小川国大^{3,4}, JungMin Jo⁵, DongHwan Kim⁵, 中竜大¹, 中野敏行¹, 中村光廣¹, 井口哲夫¹

¹名古屋大学, ²NFRI, Korea, ³核融合研, ⁴総研大, ⁵Seoul National University, Korea

原子核乾板を用いた高速中性子ピンホールカメラにおける画像再構成法について検討した。また、韓国 NFRI 超伝導トカマク装置 KSTAR の重水素実験にて DD 中性子のピンホールイメージを取得し、モンテカルロシミュレーション計算モデルとの比較を行った。

キーワード：高速中性子, 中性子イメージング, 原子核乾板, 画像再構成

1. 緒言

高速中性子イメージングは、核融合実験における核融合反応の空間分布推定や、隠匿された特定核物質探知、加速器周辺の高速中性子線量評価などへの応用が期待されている。原子核乾板は、高速中性子と水素原子核との弾性散乱により生成される反跳陽子を記録できる固体飛跡検出器であり、反跳陽子の飛跡は現像処理を行うことで可視化される。可視化された乾板中飛跡を解析することで反跳陽子の飛跡密度分布を取得し、それを画像再構成することで高速中性子イメージングが可能となる。これまでに、原子核乾板とピンホールコリメータを用いた高速中性子カメラが提案され、その特性評価が進められている^[1]。本研究では、韓国 NFRI 超伝導トカマク装置 KSTAR での重水素プラズマ実験にて DD 核融合反応により生成されるエネルギー 2.5 MeV の DD 中性子発生プロファイル測定を念頭に、高速中性子ピンホールカメラにおける画像再構成の検討を行うとともに、KSTAR における中性子輸送モンテカルロシミュレーションモデルを構築し、実験結果との比較を行った。

2. 高速中性子ピンホールイメージの再構成と核融合プラズマ実験における中性子イメージングへの適用

粒子・重イオン輸送計算コード PHITS による中性子輸送モンテカルロシミュレーションにて 2.5 MeV 中性子源に対する画像再構成の適用検討を行った。Fig.1 に中性子源及び計算体系、また、Fig.2 にピンホール通過後の飛跡密度分布と、その再構成像を示すが、2.5 MeV 中性子源に対してイメージングが可能であることを確認した。次に、超伝導トカマク実験装置 KSTAR に原子核乾板を用いた高速中性子ピンホールカメラを設置し、プラズマ中心方向に対する検出器視野方向を変化させて、測定を行った。重水素実験中の放電 (#10447-10487) で得られた原子核乾板上の反跳陽子飛跡密度分布について PHITS による中性子輸送計算モンテカルロシミュレーションモデルを構築して計算した結果とも Fig.3 に示す。実験と計算の結果は良く一致しており、KSTAR モンテカルロシミュレーション計算モデルの妥当性が確認された。

3. 結言

高速中性子カメラを超伝導トカマク実験装置 KSTAR の重水素実験へ適用し、DD 中性子に起因する反跳陽子飛跡密度分布を得た。また、KSTAR モンテカルロシミュレーション計算モデルを構築し、その妥当性を確認した。今後、画像再構成により、DD 中性子発生プロファイルを求め、本手法の適用性を明らかにするとともに、トモグラフィックイメージングについて検討を進める予定である。

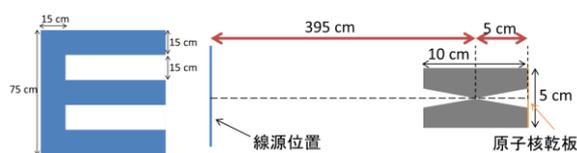


Fig.1 中性子源及び実験体系

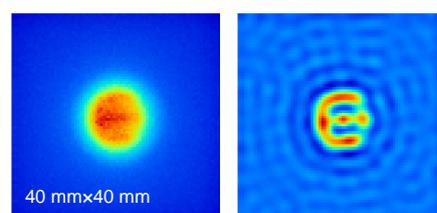


Fig.2 飛跡密度分布(左: 再構成像(右))

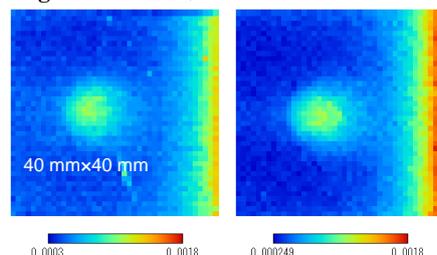


Fig.3 飛跡密度分布(左: 実験、右: 計算)

参考文献 [1] H. Tomita *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **85**, 11E120, (2014).

*Yuya Izumi¹, Yoichiro Nakayama¹, Hideki Tomita¹, Kunihiro Morishima¹, Shota Hayashi¹, MunSeong Cheon², Mitsutaka Isobe^{3,4}, Kunihiro Ogawa^{3,4}, JungMin Jo⁵, DongHwan Kim⁵, Tatsuhiro Naka¹, Toshiyuki Nakano¹, Mitsuhiro Nakamura¹, and Tetsuo Iguchi¹

¹Nagoya Univ., ²NFRI, ³NIFS, ⁴SOKENDAI, ⁵Seoul National Univ.