

核融合プラズマにおける高速イオン診断のための  
積層型原子核乾板を用いた2.5MeV中性子イメージング手法の開発

**Development of 2.5 MeV Neutron Imaging using Stacked Nuclear Emulsion  
for Energetic Ion Diagnostics in Fusion Plasma**

湊春奈<sup>1</sup>、坂井陽介<sup>1</sup>、富田英生<sup>1</sup>、森島邦博<sup>2</sup>、磯部光孝<sup>3</sup>、小川国大<sup>3</sup>、河原林順<sup>1</sup>、  
中野敏行<sup>2</sup>、中村光廣<sup>2</sup>、井口哲夫<sup>1</sup>、落合謙太郎<sup>4</sup>

Haruna Minato<sup>a</sup>, Yosuke Sakai<sup>a</sup>, Hideki Tomita<sup>1</sup>, Kunihiro Morishima<sup>2</sup>, Mitsutaka Isobe<sup>3</sup>,  
Kunihiro Ogawa<sup>3</sup>, Jun Kawarabayashi<sup>1</sup>, Toshiyuki Nakano<sup>2</sup>, Mitsuhiro Nakamura<sup>2</sup>, Tetsuo Iguchi<sup>3</sup>, Kentaro Ochiai  
<sup>1</sup>名大工、<sup>2</sup>名大理、<sup>3</sup>核融合研、<sup>4</sup>JAEA FNS

<sup>1</sup> Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., <sup>2</sup> Grad. Sch. of Sci., Nagoya Univ., <sup>3</sup> NIFS, <sup>4</sup> FNS, JAEA

### 1. はじめに

磁場閉じ込め型核融合実験装置において、重水素プラズマに対する重水素中性粒子ビーム入射加熱に伴って放出される2.5MeV中性子の発生プロファイルは、高速重水素イオン空間分布に依存するため、高速イオン閉じ込め物理解明の有力なツールとなると期待されている。本研究では、2.5MeV中性子の発生プロファイル計測のための、積層型原子核乾板を用いた高速中性子用ピンホールカメラを提案している<sup>[1]</sup>。これまでに原子核乾板中のミューオン飛跡読み取りに関しては、自動読み取り・解析装置(S-UTS)<sup>[2]</sup>が開発され、高速化が進んでいるため、原子核乾板中に記録される中性子起因反跳陽子飛跡を高速自動読み取り・解析できれば、核融合中性子イメージングが可能となると期待される。今回は、14 MeV中性子に対して原子核乾板中に記録された反跳陽子飛跡のS-UTSを用いた読み取り・解析をもとに、高速中性子イメージングのための反跳陽子飛跡読み取り・解析手法についての検討を行った。

### 2. 原子核乾板中反跳陽子飛跡読み取りと高速中性子イメージング

2.5 MeV中性子に対するイメージングの予備検討として、図1に示す体系で14 MeV中性子を用いた実験を行った。日本原子力研究開発機構 核融合中性子源 FNS 80度ビームラインの14 MeV加速器中性子源より放出された14 MeVは、タングステン製ピンホールコリメータを通過し、原子核乾板(OPERAフィルム、断面5cm×5cm、乳剤層45μm)に入射した。現像後に乳剤中の水素原子核との弾性散乱により生成された反跳陽子による飛跡をS-UTSにより自動読み取りし、飛跡抽出および解析を行った。本来、本ピンホールカメラでは、反跳陽子飛跡開始点とピンホール中心より中性子の入射方向、反跳陽子飛跡長より散乱角 $\theta$ 、および反跳陽子エネルギー $E_p$ を求めることで、中性子エネルギー $E_n = E_p / \cos^2\theta$ が推定でき、散乱中性子成分の除去が可能であるが、S-UTSはミューオン飛跡読み取りに特化しているため、反跳陽子飛跡開始点のみが得られる。得られた反跳陽子飛跡開始点をもとに得られた線源上での再構成画像を図2に示す。重イオン輸送統合コードシステムPHITSを用い、本実験体系を模擬したモンテカルロ計算を行った結果、実験結果とほぼ同等の再構成像が得られており、高速中性子が主成分のイメージが得られた。

### 3. まとめと今後の課題

原子核乾板を用いた高速中性子ピンホールカメラについて、14 MeV加速器中性子源を用いて得られた乾板中反跳陽子飛跡に対し、S-UTSを用いた読み取り・解析を行った結果、高速中性子の再構成像が得られた。今後、X・ $\gamma$ 線起因の電子飛跡の詳細な検討を行うとともに、2.5MeV中性子源を用いて本イメージング手法で得られる再構成画像の空間分解能を実験的に評価する予定である。

#### <参考文献>

- [1] K Morishima and T Nakano *Journal of Instrumentation* 5 P04011(2010)  
[2] Y. Nomua *et al.*, Plasma Fusion Res. 6, 2402148 (2011).

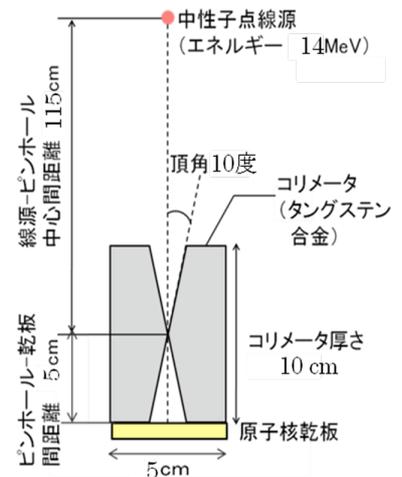


図1 14 MeV 加速器中性子源を用いた実験体系。

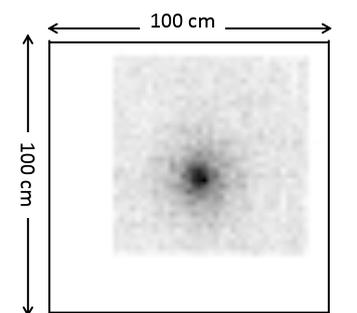


図2 得られた再構成像 (ピンホール中心より115cmの位置)。