

## 非増倍体系での三次中性子相関法実験

### Experiment of the Third-Order Neutron Correlation Technique for Non-Multiplication System

\*遠藤 知弘<sup>1</sup>, 今井 頌<sup>1</sup>, 渡辺 賢一<sup>1</sup>, 山本 章夫<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学

<sup>252</sup>Cf 中性子源周りをポリエチレンで囲んだ体系について炉雑音測定実験を実施した。三次中性子相関法により、非増倍体系における中性子相関比の値が「臨界状態の固有数 3」とは差があることを確認した。

**キーワード**：炉雑音, 三次中性子相関法, 二分木, 二重階乗, 非増倍体系

**1. 緒言** 体系内の詳細な情報が不明な場合を対象とした未臨界面測定手法として、三次中性子相関法の研究を進めている。本手法では、定常状態における零出力の炉雑音を測定し二次・三次中性子相関量 $Y, y_3$ を求める。中性子相関比 $y_3/Y^2$ の飽和値は、臨界近傍であれば如何なる体系でも固有数 3 となるため、 $y_3/Y^2$ の比と固有数 3 の差異を分析することで未臨界面の絶対値が概算できる[1]。これまでに、運転停止状態の京都大学臨界集合体実験装置で実施した炉雑音測定より、中性子増倍体系では $y_3/Y^2$ の比が 3 に近いことを確認した。一方、核分裂性物質の無い非増倍体系については、中性子輸送モンテカルロ計算による仮想的な炉雑音実験のみで検証しており、実際の測定による検討が今後の課題となっていた。そこで本研究では、<sup>252</sup>Cf 中性子源周りをポリエチレンで囲んだ非増倍体系について炉雑音測定を行い、三次中性子相関法の適用を試みた。

**2. 理論** 検出時間幅  $T$  について中性子計数の時系列データ  $C_i(T)$  を測定する ( $1 \leq i \leq N$ )。これらについて平均、分散、3 次モーメントを求めることで、二次、三次中性子相関量  $Y(T), y_3(T)$  を求める。検出時間幅  $T$  が即発中性子減衰定数  $\alpha$  の逆数  $1/\alpha$  に比べて十分大きくなるにつれて、中性子相関比  $y_3(T)/Y^2(T)$  は(1)式で示した値に収束する。ただし、(1)式において臨界状態近傍を想定し、基本モード成分が優越であると近似している。

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{y_3(T)}{Y(T)^2} \approx 3 + \frac{F_1}{F_2} \left( \frac{F_3}{F_2} - 3 \frac{S_2}{S_1} \right) (-\rho) \dots (1)$$

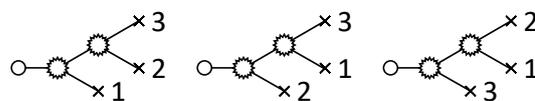


図 1 核分裂反応による中性子家系の分岐

$-\rho \rightarrow 0$  の臨界状態を考えた場合、 $y_3(T)/Y^2(T)$  は固有数 3 となる。この値は、核分裂反応によって家系が 2 又には 2 回分岐して 3 個の中性子トリオが検出される過程に対応し、二重階乗で計算される「二分木の組み合わせ数」 $(2 \times 3 - 3)!! = 3$  と等しい。(1)式より、比  $y_3(T)/Y^2(T)$  の固有数 3 からの差を調べることで、未臨界面 ( $-\rho$ ) の深さを測ることが可能となる。<sup>252</sup>Cf のみの非増倍体系の場合には、自発核分裂のみで家系が分岐するため、中性子相関比は  $\langle q \rangle \langle q(q-1)(q-2) \rangle / \langle q(q-1) \rangle^2 \approx 0.83$  に収束すると理論的に予測された。

**3. 結果** 中性子回折実験用に作製された小型・大立体角の TRUST Eu:LiCAF 検出器を用いて、<sup>252</sup>Cf 中性子源周りをポリエチレンで囲んだ体系(図 2)において、約 1.9 日の炉雑音測定を実施した。図 3 の測定結果より、非増倍体系では中性子相関比が固有数 3 とは差があることを確認できた。ただし、理論による予測値 0.83 とは異なったため、今後は検出器不感時間の影響を考慮した理論式の導出に取り組む。

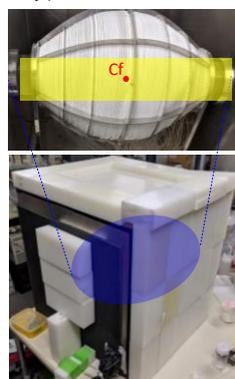


図 2 実験体系

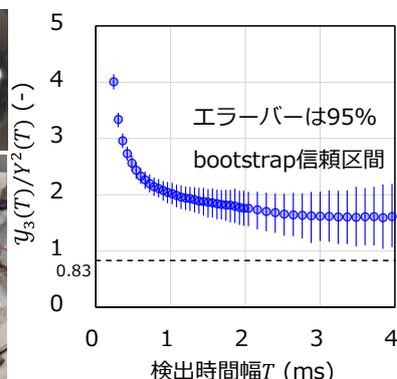


図 3 中性子相関比の測定結果

**参考文献** [1] T. Endo, et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, **56**(4),

pp.322–336 (2019). **謝辞** 本研究は JSPS 科研費(19K05328)の助成による。

\* Tomohiro Endo<sup>1</sup>, Sho Imai<sup>1</sup>, Kenichi Watanabe<sup>1</sup> and Akio Yamamoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nagoya Univ.