

## 中性子輸送計算手法の多次元光輸送解析への適用性に関する検討

Investigation on the applicability of neutron transport calculation method to multi-dimensional photon transport analysis

\*天野 虎之介<sup>1</sup>, 遠藤 知弘<sup>1</sup>, 山本 章夫<sup>1</sup>, 藤井 宏之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学, <sup>2</sup>北海道大学

本研究は原子力分野と医用光学分野の異分野融合テーマであり、拡散光トモグラフィの開発に貢献するものである。中性子輸送理論を応用することで高速かつ高精度な光輸送計算手法の確立を目的としている。本発表では多次元体系における光輸送解析への中性子輸送手法の適用可能性について報告する。

**キーワード：** 輻射輸送方程式, 中性子輸送計算, MOC, Legendre polynomial Expansion of Angular Flux 法

**1. 結言：** 医学工学分野では X 線 CT や MRI といった生体イメージング技術が重要な役割を果たしている。本研究では近赤外線を用いた拡散光トモグラフィ (diffuse optical tomography, DOT) に注目した。生体内を伝搬する光は輻射輸送方程式 (radiative transfer equation, RTE) で記述される。RTE は微分と積分を含む多変数方程式であるため数値解を高速かつ高精度に求めることは非常に困難である。一方、原子力分野では RTE と同種の中性子輸送方程式を扱っている。中性子輸送計算手法を応用することで、RTE の数値解析における課題を解決し、DOT の実用化に貢献することを目指している。本発表では多次元体系において、光輸送解析に対する中性子輸送計算手法の適応性について報告する。

**2. 計算手法：** 均質な生体組織を想定した 2 次元体系を図 1 のように設定した。生体内の光は強い前方散乱を伴うことが特徴であるが、1 次元体系における検討を通じて炉心解析で用いる輸送補正の有効性を確認しており、非等方散乱については輸送補正近似を適用することとした。生体組織の光学特性値を吸収係数  $0.15[1/cm]$ 、散乱断面積  $900[1/cm]$ 、異方性因子  $0.9$ (強い前方散乱)、光源強度を  $1.0[1/cm^3]$  とした。輸送補正を用いる場合、等方換算散乱係数  $90[1/cm]$ 、異方性因子  $0.0$ (等方散乱) となる。計算コードには中性子輸送計算コード GENESIS を使用し、Method of Characteristics(MOC) 法, Legendre polynomial Expansion of Angular Flux(LEAF)法に基づき、空間メッシュ幅  $0.02[cm]$  の計算を行った。MOC と LEAF 法では領域内の散乱中性子源分布をそれぞれ平坦、一次で近似する。同じく中性子輸送計算コード PARTISN により空間メッシュ幅  $0.001[cm]$ 、異方性因子を非等方散乱として考慮した計算結果を参照解として誤差を評価した。

**3. 結果：** 表 1 に MOC 法と LEAF 法の相対誤差を示す。両者を比較すると、同じメッシュ分割での計算精度は LEAF 法が大きく上回っている。輸送補正を用いた LEAF 法と輸送補正を用いない PARTISN との相対誤差分布を図 2 に示す。相対誤差は  $0.53\%$ 、最小相対誤差は  $-0.76\%$ 、平均二乗誤差は  $0.40\%$  であった、計算時間は約  $15[min]$  であり、現実的な時間内で比較的精度の良い数値解を得ることができた。以上の結果から多次元体系においても輸送補正近似及び散乱中性子源の一次近似が有効であることを確認した。今後の課題として、加速計算の収束性向上、非定常での光輸送解析の実施、輸送計算手法への屈折効果の導入等が挙げられる。

**参考文献：** [1] E. Okada, *kogaku*, **34**, pp.562–567 (2005).

\*Toranosuke Amano<sup>1</sup>, Tomohiro Endo<sup>1</sup>, Akio Yamamoto<sup>1</sup>, Hiroyuki Fujii<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nagoya Univ, <sup>2</sup>Hokkaido Univ.

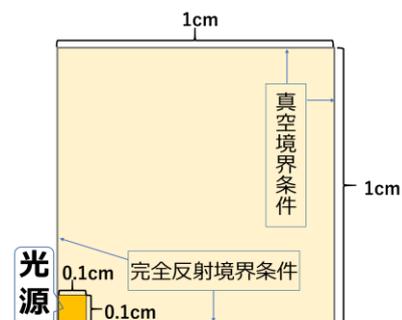


図 1 生体組織を想定した 2 次元体系



図 2 LEAF 法と PARTISN との相対誤差分布

表 1 MOC 法, LEAF 法の相対誤差

	最小相対誤差[%]	最小相対誤差[%]	平均二乗誤差[%]
MOC 法	224	-24	104
LEAF 法	0.49	-0.73	0.38