

Title	軽水炉体系におけるキャラクタリスティックス法の高度化とその応用
Author(s)	山路, 和也
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49595">https://hdl.handle.net/11094/49595</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山 路 和 也
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 2 9 8 3 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学位論文名	軽水炉体系におけるキャラクタリスティックス法の高度化とその応用
論文審査委員	(主査) 教 授 竹田 敏一 (副査) 教 授 堀池 寛 教 授 山口 彰

### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、軽水炉体系においてキャラクタリスティックス法 (MOC) に基づく輸送計算手法の高度化を目的として実施した。このため、MOC に基づく輸送計算の高速化や計算精度の向上に寄与する新しい手法を開発した。

MOC は、計算体系上に描かれた多数の中性子の飛跡 (レイトレース) 上で積分型輸送方程式を解く手法であり、幾何形状の自由度が高く、計算精度も高いことから、近年、核計算手法の主流となりつつある。このため、MOC に基づく 2 次元非均質輸送計算コード GALAXY を開発し、モンテカルロ計算との比較を通じて、GALAXY コードが非常に高い計算精度を有することを確認した。しかし、非均質性の大きい体系では詳細な空間メッシュが必要となることが分かった。軽水炉の核設計上重要なガドリニア入り燃料の燃焼特性等を評価するため空間メッシュが詳細となると、それに応じて、レイトレースを詳細化する必要があり、計算負荷が増大する。本研究では、並列計算、及び、MOC の高度化のアプローチにより、計算負荷の低減を実施した。

計算負荷を低減するため、MOC の並列化を実施した。本研究では、角度中性子束の計算を、並列プロセス間のデータ通信が不要となるように角度方向についてグループ分けを行い、各並列プロセスへ分配することで、容易に高い並列化効率を達成できる並列化手法を開発した。

更に計算負荷を低減するため、周期的レイトレースに基づく MOC において、より粗いレイトレースを用いた場合でも、高い計算精度を得ることができる新しい手法を開発した。1 つは、バス幅調整法である。この手法は、レイトレース幅の内部での物質の混在が計算精度低下の原因となるので、周期的条件を維持したまま、レイトレース間隔を微調整し、物質の混在を避ける手法である。もう 1 つは、フィルタリング手法である。実用的な見地から、MOC の計算精度を悪化させる微小な空間メッシュを判別する手法を開発し、微小領域に適用する MOC の近似式を考案した。バス幅調整法、及び、フィルタリング手法を適用することで、比較的粗いレイトレースを用いた場合でも、詳細なレイトレースを用いた場合と同等な計算精度を得ることに成功した。

本手法の応用先としては、既存の 2 次元 MOC コードによる燃料集合体体系の計算や計算負荷の高いオンフライト法による 3 次元非均質全炉心計算が上げられる。オンフライト法とは、2 次元非均質 MOC 計算を 3 次元炉心計算に内蔵することで、2 次元 MOC 計算に炉心計算の効果を直接取り込む手法である。本研究成果により、既存 MOC コードの高速化による 2 次元の MOC 計算の更なる効率化のみならず、3 次元非均質全炉心計算手法の実用化の一助となることが期待できる。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、軽水炉体系においてキャラクタリスティックス法 (MOC) に基づく輸送計算手法の高度化を目的として実施し、MOC の高速化や計算精度の向上に寄与する新しい手法を開発している。

MOC は、計算体系上に描かれた多数の中性子の飛跡 (レイトレース) 上で積分型輸送方程式を解く手法であり、取り扱うことのできる幾何形状の自由度が高く、計算精度も高いことから、近年、核計算手法の主流となりつつある手法である。本研究では、MOC に基づく 2 次元非均質輸送計算コード GALAXY を開発し、モンテカルロ計算との比較を通じて、GALAXY コードが非常に高い計算精度を有することを確認している。次に、計算負荷を低減させるために、新しい並列計算法及び MOC の高度化を行っている。特に軽水炉の核設計上最も計算負荷の高いガドリニア入り燃料の燃焼特性評価への適用性確認を通じて、これら効率化の有用性を示している。並列計算法では、体系の境界における中性子束の取り扱い法に新しいアイデアを取り入れて、並列化アルゴリズムを単純化する工夫がなされている。また、MOC の高度化においては、計算精度を悪化させる要因を分析し、計算プログラム上でその原因を同定し、適切な計算式に切り替える等、独創性の高い研究を行っている。

以上のように、本研究は、炉心設計手法の更なる高度化に資する研究成果を与え、更に今後の研究における有用な知見を与えるものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。