

November, 2010

TO: Satoshi Takeda

FROM: M. A. Smith

Nuclear Engineering Division

SUBJECT: Satoshi Takeda's work scope and performance at Argonne National Laboratory

竹田敏君はアルゴンヌ国立研究所(ANL)にてキャラクタリスティクス法の数値解法に関する研究を行いました。この20年余りの計算機性能の大幅な向上に伴い、炉心解析手法のモデル化精度は目覚ましく進展している。さらに大規模並列計算能力の向上による10万以上もの並列計算も当たり前のように使われるようになってきている現状から、炉心解析手法の更なる高度化を図りたいと考えられている。そして、この高性能計算(HPC)能力を用いるためには、現状の数値解法に対して大幅なアルゴリズムの変更が必要である。

敏君はHPCに応用できる中性子輸送方程式を解くためのアルゴリズムの改良に着目し、とりわけGMRESを用いてキャラクタリスティクス法を解く際の前処理方法に対する研究開発に従事しました。この方法において輸送方程式は、空間的には非構造差分メッシュに、角度方向は並列に、またエネルギーについては多群に離散化される。この離散化により輸送方程式は、ガウスザイデル法、SOR法、GMRESやCGといった数値解法により解かれる大規模線型問題となる。近年は3次元輸送問題を解くために複数の二次元計算結果や拡散結果を合成する手法が開発されているが、HPCを使用することを考えて、このような合成法は使用せず、詳細な3次元モデルを扱う手法に着目した。そのようなモデルを採用することによりモデル化誤差は大幅に削減でき、モデル化ツールとしての予測信頼性を向上できる。さらに研究成果は新型炉システムの開発費用削減や既存炉の安全信頼性向上に寄与できる。

敏君は中性子輸送プログラムに精通しており、ANLに来てから1次元のGMRESを用いたキャラクタリスティクス法を導入し、既存の前処理法が有効(繰り返し回数を最大35%削減可能)であるものの、メッシュが非常に詳細になった場合には有効でないことを明らかにした。これまでと同様にある制限条件の元で有効な前処理法を考えるのではなく、一種の衝突確率システムによる前処理法に関する研究を行った。衝突確率法は、キャラクタリスティクス法の低次元空間への完全射影であるものの全ての空間要素が互いに結合しており、HPCへの適用には向かない。そこで、二つの要素間の遷移確率を求めるために平均自由行程を元に適当な距離までの衝突確率を考え、この手法の有効性を検討した。そして、ベンチマーク問題やZPR実験を対象として、平均自由行程の2倍程度までを考慮に入れることにより繰り返し回数を50%以上削減できることを示した。これはHPCに向けたキャラクタリスティクス法に対して、多数の前処理法を適用する方法が妥当であることを示しているだけでなく、現在主流の非線形手法を、メッシュの構造等に影響されない線形手法に置き換え可能であることを示している。

ANLでの研究期間、敏君は常に礼儀正しくまじめに研究を遂行し、さらに問題点を明確に判断することが出来るため、このような短期間で多大な結果を成し遂げることが出来た数少ない学生である。彼の研究成果により、キャラクタリスティクス法に適用しHPCで応用可能な手

法に対する指標を与えることが出来た。今後、敏君の大学での修士論文研究期間を通じて、引き続き連絡を取りながら研究を進めていきたいと考えている。

Micheal A. Smith

(日本語訳：大阪大学 北田孝典)