

GPU を用いた放射線源の逆推定のための寄与率の高速計算法

High performance algorithm for calculating contribution rates

for estimating radiation distributions using GPUs

*山田 進¹, 町田 昌彦¹

¹ 日本原子力研究開発機構

福島第一原子力発電所（1F）で実施されている廃炉作業を安全かつ効率的に行うため、放射線源の分布情報を取得することが求められており、LASSO を用いて空間線量率の（限定的）観測情報から線源を逆推定する技術が提案されている。しかし、LASSO 計算には、線源の全ての候補点と観測点間の寄与率が必要となるため計算コストが高いという課題がある。そこで、本研究では、精度は低下するが、寄与率計算を行う部分に対し GPU を用いた高速化を実施し、その有効性を確認した。

キーワード：線源推定、寄与率、GPU、LASSO、高速計算

1. 緒言

1F で実施される廃炉作業を円滑に行うには、放射線源の分布を知ることが必須となる。これまで、LASSO を用い観測した空間線量値から放射線源を推定する方法を提案してきたが、線源候補のセルから観測点までの放射線の減衰率（寄与率）が必要となる[1]。そこで、直達する放射線のみを考慮して寄与率を計算する方法が提案されてきた[2]。しかし、この方法は3元連立一次方程式を計算する必要があり、そのまま計算すると計算回数は線源候補のセル数の2乗に比例して増加する。従って、セルの位置関係を利用して計算回数を減らす方法が提案されたが、セル数の多いモデルは非常に多くの計算が必要になるという課題があった。そこで、本研究では、この3元連立一次方程式を高速に計算するため、GPU 向けのアルゴリズムを開発する。

2. GPU による3元連立一次方程式の高速計算

通常、密行列を係数行列に持つ連立一次方程式を数値的に計算する際には、ガウスの消去法や LU 分解（および前進代入、後退代入）で計算するのが一般的であるが、係数行列によっては、計算の途中でゼロでの割り算が発生するため、適切に行列の行や列を入れ替える操作（ピボット選択）が必要になる。しかし、この操作は GPU の演算に向いていない。従って、クラメル公式を用いて逆行列を計算する方法を採用し、GPU による高速化を実施した。実際、JMTR（JAEA）のプールカナル室内を1,651,817個のセルでモデル化したデータに対し、1つの観測点に対する寄与率を実際に計算したところ、原子力機構のSGI HPE8600のCPU演算部の1CPU（20コア）を利用してCPU向けのアルゴリズムで並列計算した場合1797.5秒で計算できた一方、今回開発したアルゴリズムを用いてGPU演算部の1GPUで計算した場合87.9秒で計算できた。従って、寄与率を計算する際、計算すべき大量の連立一次方程式の計算はGPU演算に向いており、20倍程度の高速化が実現できることが確認出来た。この結果は、GPU搭載ノートPCを現場に持ち込めれば、その場で線源逆推定が可能となるレベルであり、当該提案手法の活用範囲が広がると考えられる。

本研究の一部は、経済産業省の令和5年度開始の「廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金（原子炉建屋内の環境改善のための技術開発（被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の高機能化開発）」に係る補助事業として実施したものである。

参考文献

[1] 山田進、町田昌彦、Lasso 回帰を用いた放射線源分布の推定、日本原子力学会 2022 年春の大会

[2] 山田進、町田昌彦、被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の開発(4)線源逆推定エンジンの研究開発：建屋内での大規模解析、日本原子力学会 2022 年秋の大会

*Susumu Yamada¹ and Masahiko Machida¹

¹Japan Atomic Energy Agency