

ゲームコンソールを用いた中性子輸送計算の高速化

エネルギー量子制御工学グループ 小玉泰寛

1.背景 近年、核燃料の高燃焼度化を図る高濃縮度ウラン燃料およびそれに伴う可燃性毒物の利用や MOX 燃料の利用など炉心の高度化が進んでいる。これらの核的非均質性の大きい燃料が炉心内に装荷された場合、現在の炉心解析技術では精度の良い解析結果を望むことができない可能性がある。よって、より高精度な炉心解析技術の研究開発が進められている。しかしながら、炉心解析の高精度化は同時に計算負荷の増大をまねくため、計算を現実的な時間で終わらせるための高速計算技術が近年の重要な研究課題の一つとなっている。本研究では、計算速度向上の手法として“PlayStation®3”の炉心計算への応用を考え、その効果を検討した。“PlayStation®3”は 2006 年に発売された次世代ゲーム機の一つであり、高度なグラフィック処理を可能にするための高性能なプロセッサ、“Cell プロセッサ”を搭載している。Fig.1 に Cell プロセッサと通常 PC の CPU の性能比較を示す。単純に性能を比較してみれば、Cell プロセッサは通常 PC の CPU に比べ 40 倍近くの性能を持つことになる。しかし、Cell プロセッサは通常 PC の CPU とはまるで異なる設計構造をしており、Cell プロセッサ特有のプログラミング技法を適用しなければ、十分な計算速度は得られない。

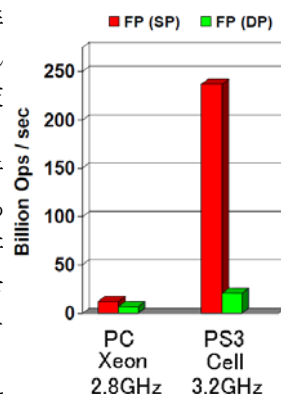


Fig. 1 PS3 の性能

2.Cell プロセッサ Cell プロセッサを Fig. 2 に示す。Cell プロセッサは 1 基の命令・制御を得意とするメイン CPU(PPE)と、8 基の演算に特化したサブ CPU(SPE)からなる、異種マルチコア型の CPU である。Cell プロセッサではメイン CPU でサブ CPU の制御を行い、複数のサブ CPU が計算を並列して処理することで高速な計算を実現する。Cell プロセッサ特有のプログラミングの一つとして、メモリの割り振りがある。メイン CPU とサブ CPU はそれぞれが独立したメモリを持っている。サブ CPU のメモリはメイン CPU のものに比べ非常に小さく、サブ CPU に行わせる一連の処理やデータは細かく分割しサブ CPU のメモリに送信せねばならない。以上のことより Cell プロセッサのプログラミングモデル

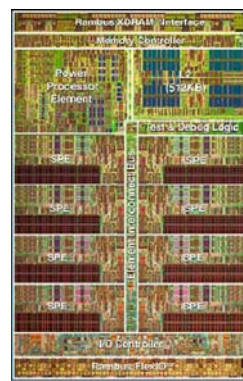


Fig. 2 Cell プロセッサ

は Fig. 3 のようになる。これらメイン、サブ CPU 間は高速なバス(通信回線)で接続されている。しかし、通信処理は演算処理に比べると遅く、このことがボトルネックとなって全体の計算速度を遅くしてしまう。したがって、なるべく通信の回数を少なくするように、データの通信は例えば 1 集合体ごと、1 エネルギー群ごとなどのようにまとめて送る必要がある。本研究で作成したプログラムではメッシュ一列ごとにデータを通信した。また、通信の効果を検証するために一メッシュごとに通信するプログラムも作成した。

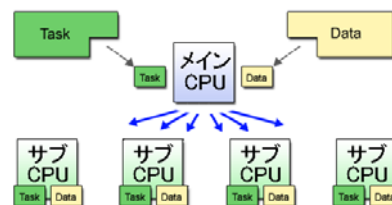


Fig. 3 プログラミングモデル

3.検証計算と計算結果 上記のプログラミングモデルに則した炉心核解析コードを“PlayStation®3”上で開発し、通常 PC との計算速度の比較を行った。計算結果を Table 1 に示す。これにより通常 PC に対し約 8~9 倍の計算速度を得ることが可能であることがわかった。さらに、一メッシュごとに通信するプログラムの結果より、CPU 間の通信回数が多いと高速化が望めないことがわかった。また、通常 PC と PS3 で計算結果が同一になることを確認した。

4.まとめ “PlayStation®3”上で高速に動作するプログラミング技法を検討し、それを適用した炉心核解析コードを開発した。計算速度を通常 PC と比較したところ、通常 PC に対し約 8~9 倍の計算速度が得られることがわかった。今後の課題として、更なる高速化を図るために計算コードのベクトル化を行う予定である。

Table 1 計算結果

	2cm	1cm	keff
PC(sec)	34.10	162.30	1.03372
PS3(sec)	4.24	17.21	1.03367
PC/PS3	8.05	9.43	-
ofPS3メッシュごとに通信	33.78	133.20	1.03364