

【基盤研究(S)】

総合系(情報学)



研究課題名 ものづくり HPC アプリケーションのエクサスケールへの進化

東京工業大学・学術国際情報センター・教授

あおき たかゆき
青木 尊之

研究課題番号: 26220002 研究者番号: 00184036

研究分野: 情報学

キーワード: HPC、ものづくり、数値流体シミュレーション

【研究の背景・目的】

日本が「ものづくり」で再び世界をリードするには、CAEを中心としたコンピュータ・シミュレーションによる革新的な発展が必要である。そのためには最先端のスパコンで超高精細な計算格子を用いた大規模計算が不可欠であるが、現在のスパコンは演算性能に対してメモリバンド幅や、ノード間のインターコネクション性能が低いため、演算と通信のバランスが非常に悪い。この傾向は今後さらに悪化すると考えられる。従って、「ものづくり」のためのHPCアプリケーションを次世代のエクサスケール・スパコンにも十分に性能を発揮させるためには、スパコンのシステムに適した計算手法、アルゴリズム、並列計算手法の開発が求められている。

本研究では研究実施最終年度の頃に登場するエクサスケールのスパコンを念頭に置き、ものづくりHPCアプリケーションを大きく進化させ、真に「ものづくり」に貢献できるアプリケーションを開発し実証を行う。単にFLOPS値や実行効率の割合が高いことを目指すのではなく、冗長な

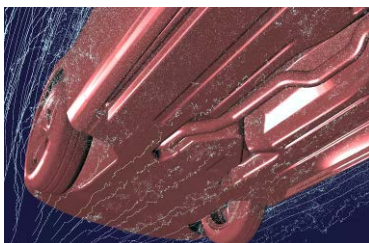


図1. 車体周りの流れの高解像度計算

計算の有無にかかわらず、必要とされる計算結果に対する実時間 Time-to-Solution を最重要視し、実際に「ものづくり」に革新的な発展をもたらすエクサスケールの流体解析アプリケーションを実現することを目的とする。

【研究の方法】

エクサスケールで Time-to-Solution の性能を追求するために、キャッシュなどの様々なローカルメモリやノード間通信性能などの影響を考慮したパフォーマンスモデルを構築し、それによる数値計算手法の探査と新しい手法を開発する。データ移動の少ないアルゴリズムを適用し、通信隠ぺい手法の導入、個別計算カーネルでの検証、ベンチマークテストでの計算精度・実行性能の確認等、様々なレベルのチューニングをTSUBAME2.5/3.0で行う。

格子系の非圧縮性単相流体(乱流LES)シミュレーション、固液気多相流シミュレーション、流体-構造連成問題、フェーズフィールド法による凝固などの相変化や相分離を伴う流れ、粒子法による流体シミュレーションのアプリケーション・プロトタイプ

を開発し、Time-to-Solution と実行性能を検証し、ものづくり分野でのエクサスケールの流体シミュレーションの道筋を示す。

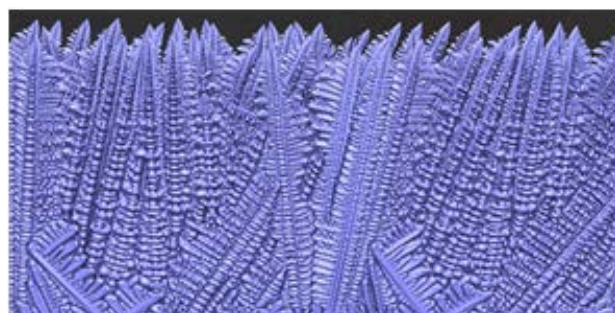


図2 樹枝状凝固成長のシミュレーション(4,096×6,400×12,800格子で単精度2.0 PFLOPS)

【期待される成果と意義】

本研究で対象とするアプリケーションがエクサスケール・スパコンで実行できたと仮定した場合、それに対して本研究の成果は所望の計算結果に到達する Time-to-Solution を 1/30 以上短縮することを目指している。同時に計算結果/消費電力の性能高めることでも有り、直接的な省電力化にもつながる。日本のものづくり分野の発展に強く貢献することが最大の意義であり、本研究が直接対象としないアプリケーションに対しても十分波及効果が期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

T. Shimokawabe, T. Aoki, T. Takaki, A. Yamanaka, A. Nukada, T. Endo, N. Maruyama, S. Matsuoka: Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME2.0 Supercomputer, in Proceedings of the 2011 ACM/IEEE and Analysis, SC'11, IEEE Computer Society, Seattle, WA, USA, Nov. 15, 2011, SC'11 Technical Papers. (ゴードンベル賞受賞)

【研究期間と研究経費】

平成 26 年度 - 30 年度
144,900 千円

【ホームページ等】

<http://www.sim.gsic.titech.ac.jp/>
taoki@gsic.titech.ac.jp