

メニーコアCPU, GPUの最適なリソース割り当てに関する研究

代表: 河合 直聡^{†1}、副代表: 埜 敏博^{†2}

参加者: 伊田 明弘^{†3}、大島 聡^{†4}、三木 洋平^{†2}、星野 哲也^{†1}、呉 天涯^{†5}

†1: 名古屋大学 情報基盤センター
†2: 東京大学 情報基盤センター
†3: 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門
†4: 九州大学 情報基盤研究開発センター
†5: 東京大学 工学系研究科

背景および研究目的

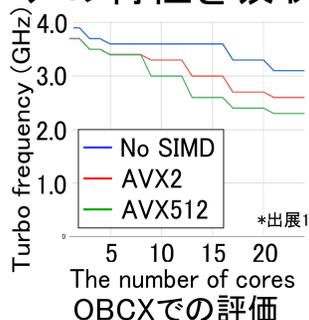
ハードウェア、ソフトウェアの両方の要因によって、効率的なシステムの利用が困難となっている。

→ソフトウェア、ハードウェアの特性を吸収し、計算時間、消費電力の両方の観点から

CPU、GPUリソースの最適な割り当てを実現する。

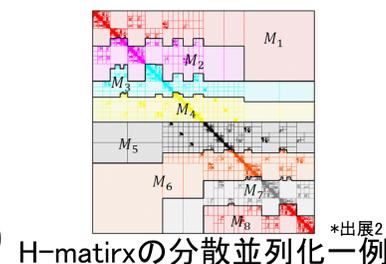
ハードウェア

- メニーコア化
- 単一コアの高性能化 (SIMD幅の増加など)
- にともなう消費電力の増加
- 使用コア数、コアの演算負荷に依存した動作クロックの変化



ソフトウェア

- 並列化時の均一な負荷分散が困難
- 演算量を均一化しても演算時間が不均一 (キャッシュヒット率など)

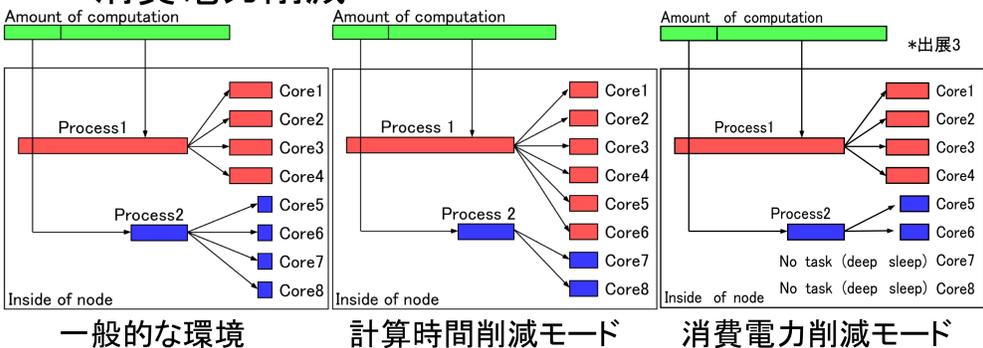


研究方法

Dynamic Core Binding (DCB)およびUT-Helperの併用により、研究目的を達成する。

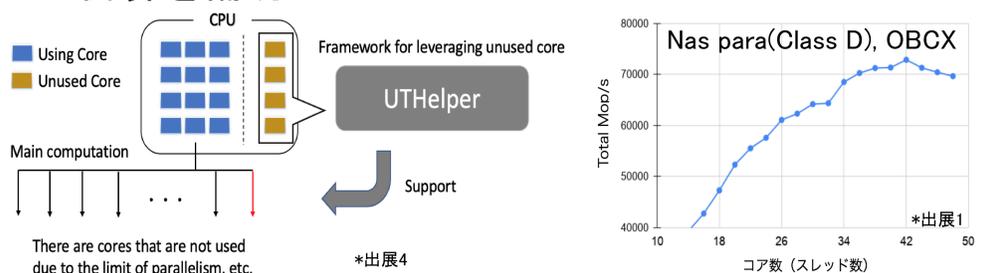
Dynamic Core Binding (DCB)

- MPI+OpenMPで並列化されたアプリケーションを対象に、プロセス毎に割り付けコア数を変更して、プロセス間の負荷の不均衡をコアレベルで吸収
- 全コアを使用して、プロセス間の負荷を均一化 → 計算時間短縮
- 最も演算量が多いプロセスに合わせて、それ以外のプロセスに割り当てるコア数を削減 → 消費電力削減



UT-Helper

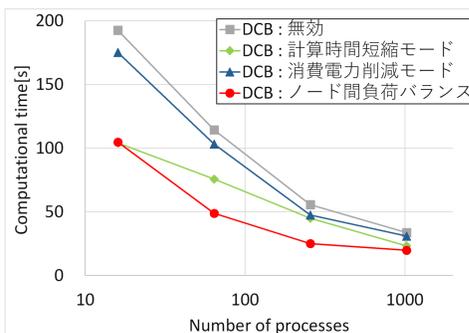
- 全コアを使用せずに、一部のコアを余らせることで、性能向上が期待できる場合多数
- アプリケーションの性能が最大化するように使用するコア数を選択した上で、余った(余剰)コアに別のタスク(File I/OやMPI通信など)を割り当て、主計算を補助



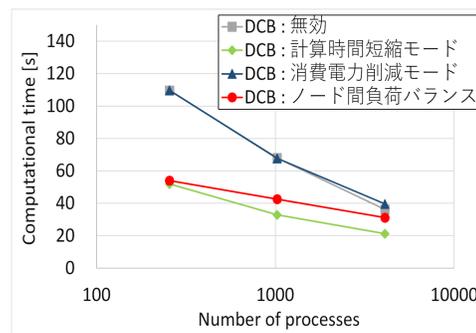
DCB、UT-Helperともに、最適化対象はノード内に限定されるため、ノード間の最適化に関しては、プロセスの再配置を検討 → 大規模な組み合わせ最適化問題に落とし込まれるため、Simulated Annealingの使用も検討

現状および研究計画

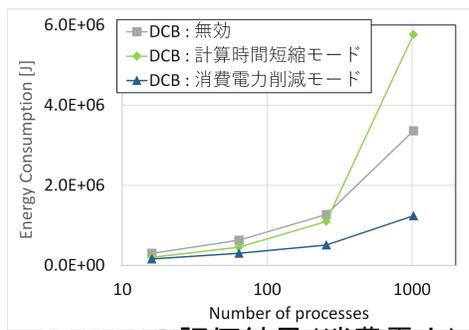
DCBは基本的な実装およびLattice H-matrixに適用してのOakbridge-CX(OBCX)およびWisteria/BDEC-01 Odyssey(WO)上で評価を実施しており、期待通りの効果を得ている。



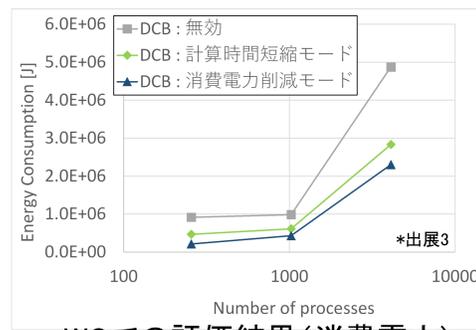
OBCXでの評価結果(計算時間)



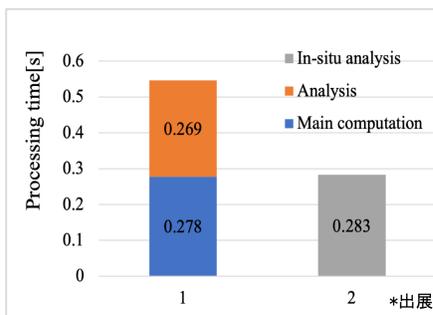
WOでの評価結果(計算時間)



OBCXでの評価結果(消費電力)



WOでの評価結果(消費電力)



WAで評価した結果

UT-Helperの研究についても基本的な実装、評価は完了しており、UT-Helperを重力ツリーコードに適用し、In-situ可視化に伴うFile IOをHelperスレッドに割り当てて評価した結果、期待通りの効果(Wisteria/BDEC-01 Aquarius(WA))を確認している。

それぞれのライブラリの高度化に含めて以下の計画で研究を実施、研究目的を達成する。

- DCBおよびUT-Helperの連携および、それらを併用できるフレームワークの作成
- Multi Instance GPUを有効にし、見かけ上のGPU数を増やした環境へのDCBの適用
- ノード間負荷分散を目的としたプロセス配置の自動化

本年度の計画

- DCBの様々な環境、アプリケーションでの評価
- UT-HelperのHelperスレッドの使用範囲拡大
- DCB、UT-Helperの連携準備 (DCBでのコア割り付けパラメータの自動化、余剰コアの抽出)
- GPU(MIG有効環境)へのDCBの適用検討
- Simulated Annealingを使用したノード間負荷分散の均一化



DCBライブラリはbitbucket上にて公開しております。

出展1: 工藤 純 埜 敏博 "余剰コアの活用に向けた実行中プロファイリング手法の検討", 第177回HPC研究会 2020
 出展2: A. Ida, T.Iwashita, T. Mifune and Y. Takahashi "Parallel hierarchical matrices with adaptive cross approximation on symmetric multiprocessing clusters." Journal of information processing 22.4 (2014): 642-650.
 出展3: M. Kawai, A. Ida, T. Hanawa and K. Nakajima "Dynamic Core Binding for Load Balancing of Applications Parallelized with MPI/OpenMP" International Conference on Computational Science(ICCS2023), 2023
 出展4: 赤沢 龍哉 埜 敏博 三木 洋平 "余剰コアを活用したOpenMP TaskによるIn-situ解析の実現", 第183回HPC研究会, 2022

