

# 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<sup>†1</sup>、副代表:埜 敏博<sup>†2</sup>  
参加者:伊田 明弘<sup>†3</sup>、星野 哲也<sup>†1</sup>、大島 聡<sup>†4</sup>、三木 洋平<sup>†2</sup>

†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

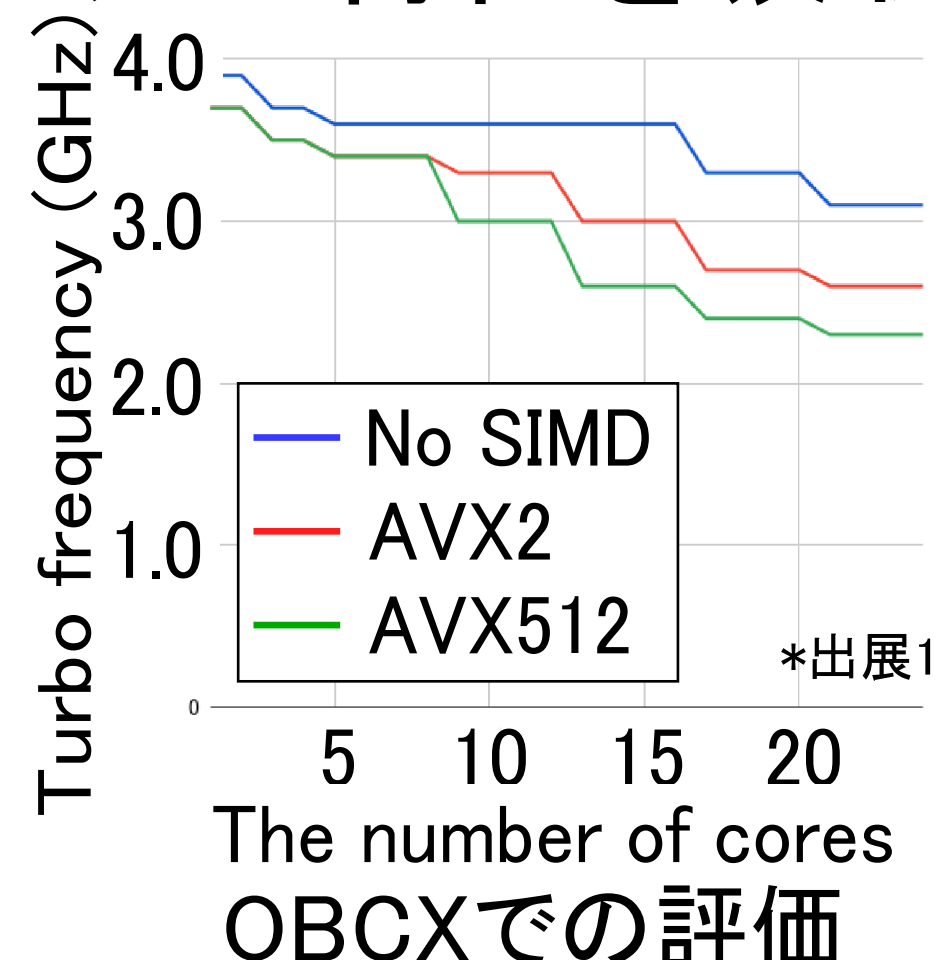
## 背景および研究目的

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。

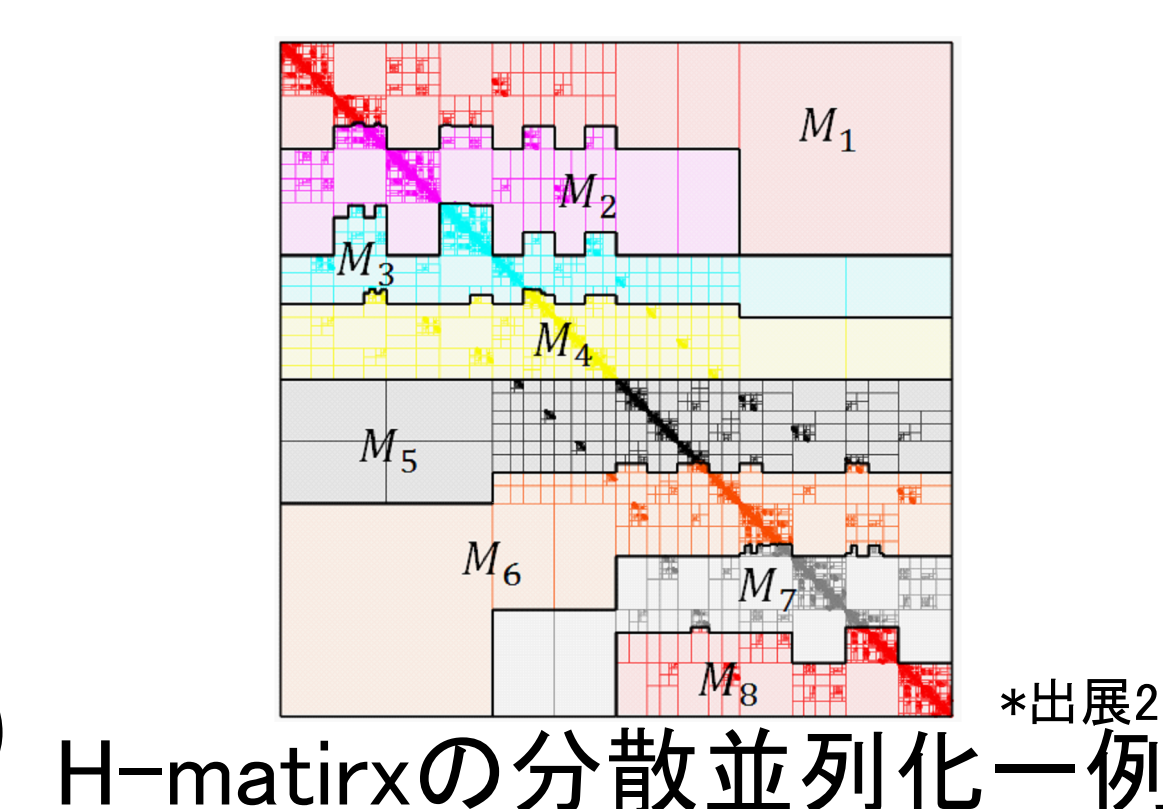
### ハードウェア

- ・メニーコア化
- ・単一コアの高性能化 (SIMD幅の増加など)
- 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)

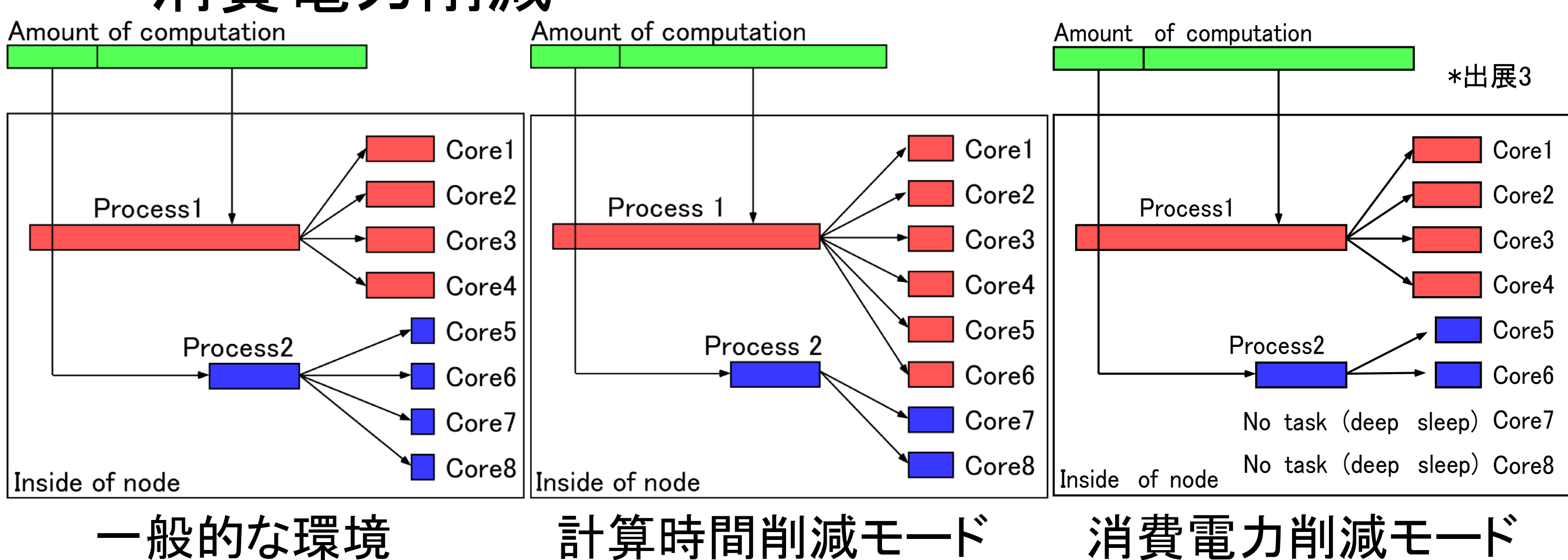


## 研究方法

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

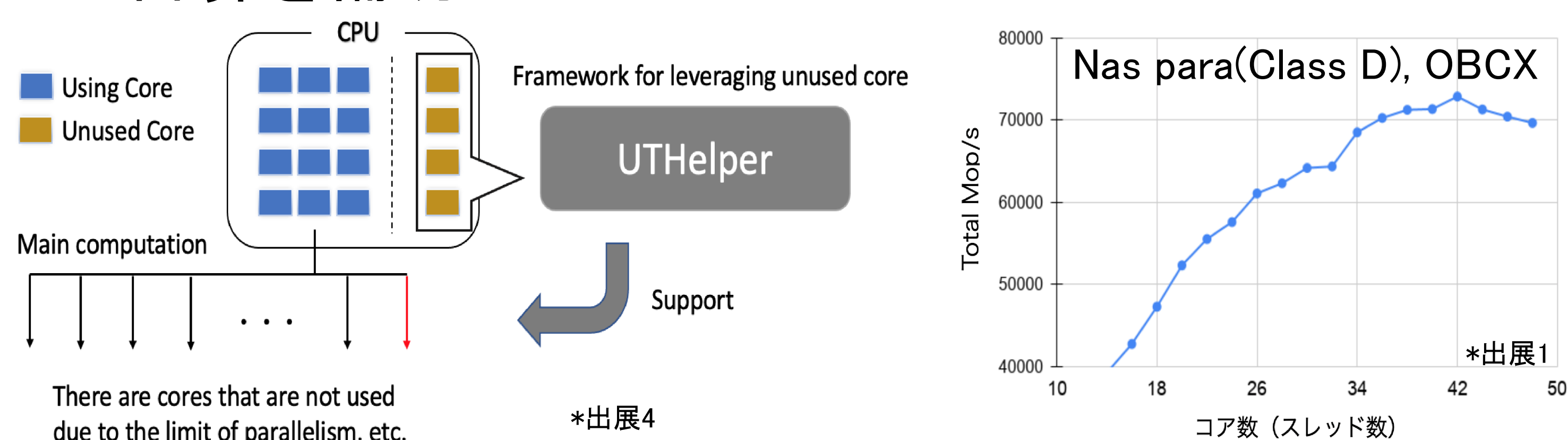
### Dynamic Core Binding (DCB)

- ・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

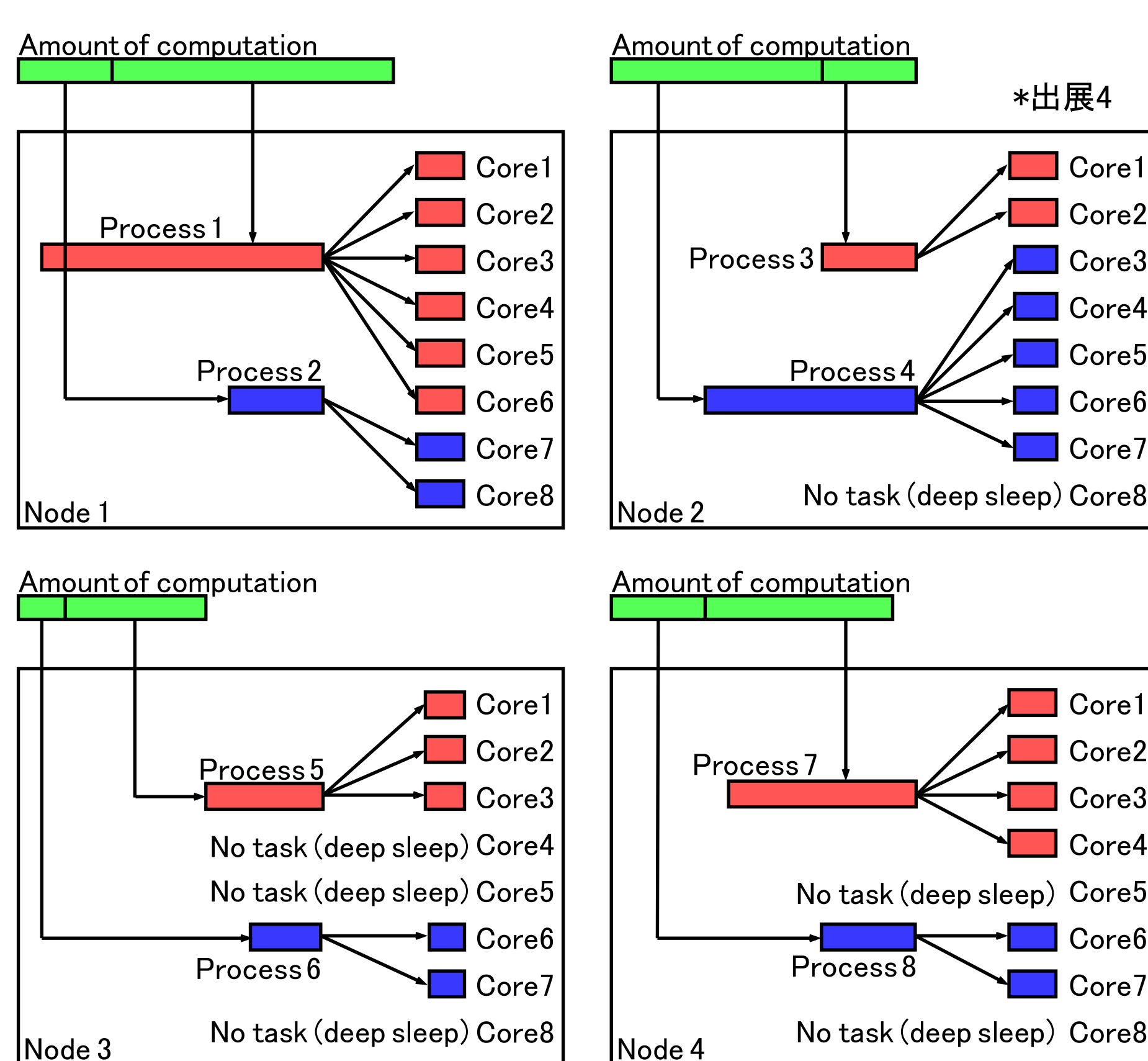
- ・全コアを使用せずに、一部のコアを余らせることで、性能向上が期待できる場合多数
- ・アプリケーションの性能が最大化するように使用するコア数を選択した上で、余った(余剰)コアに別のタスク(File I/OやMPI通信など)を割り当て、主計算を補助



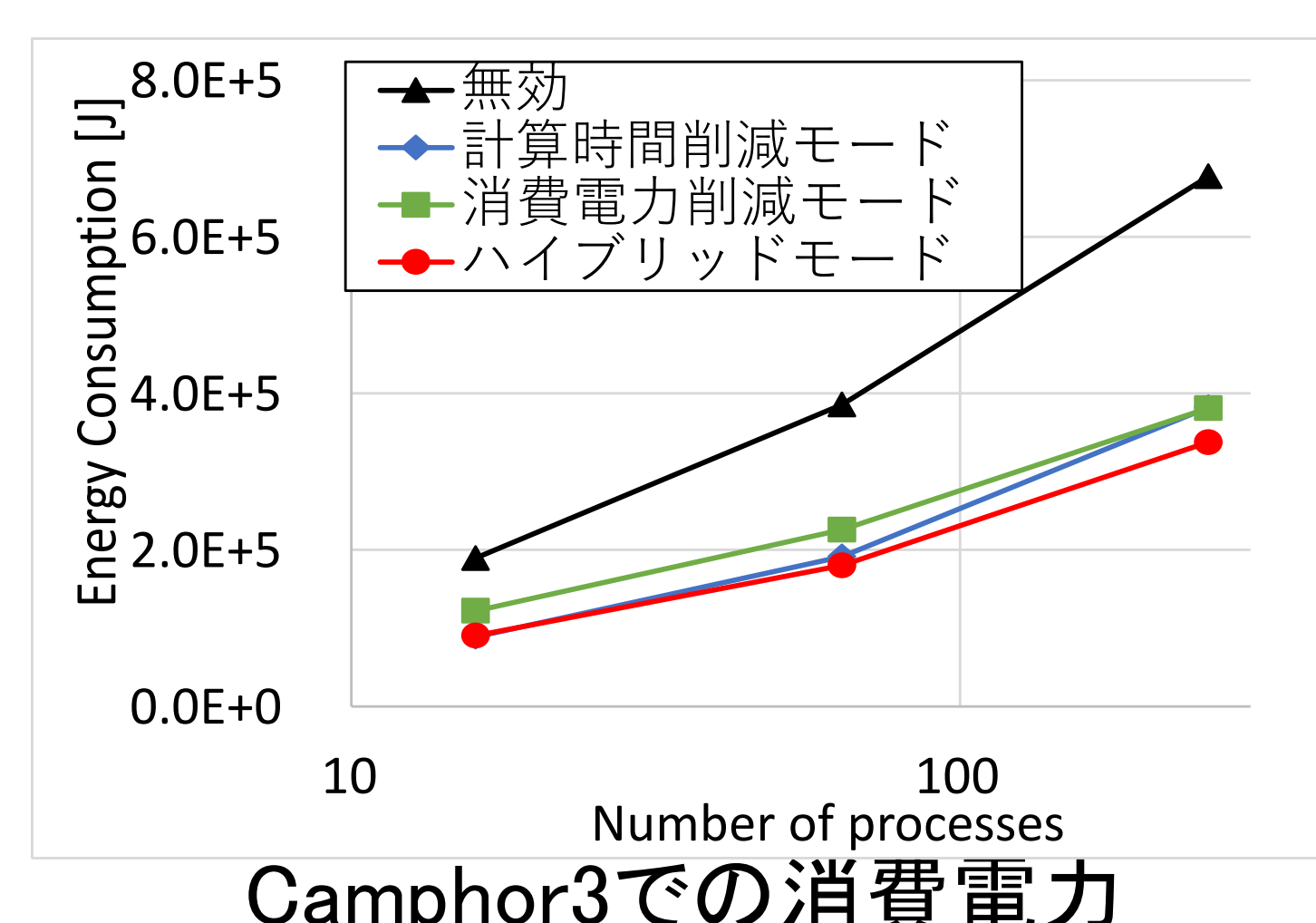
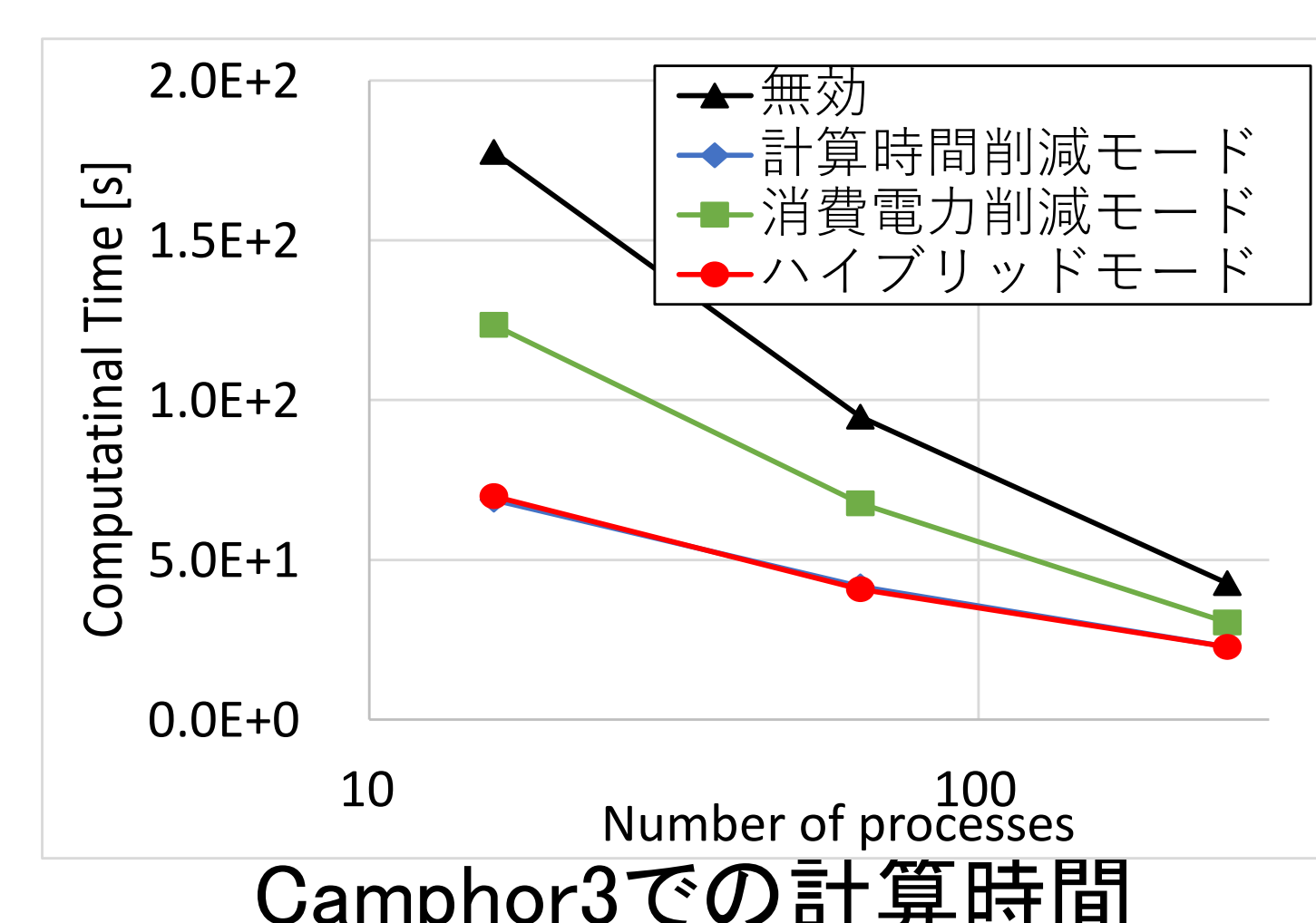
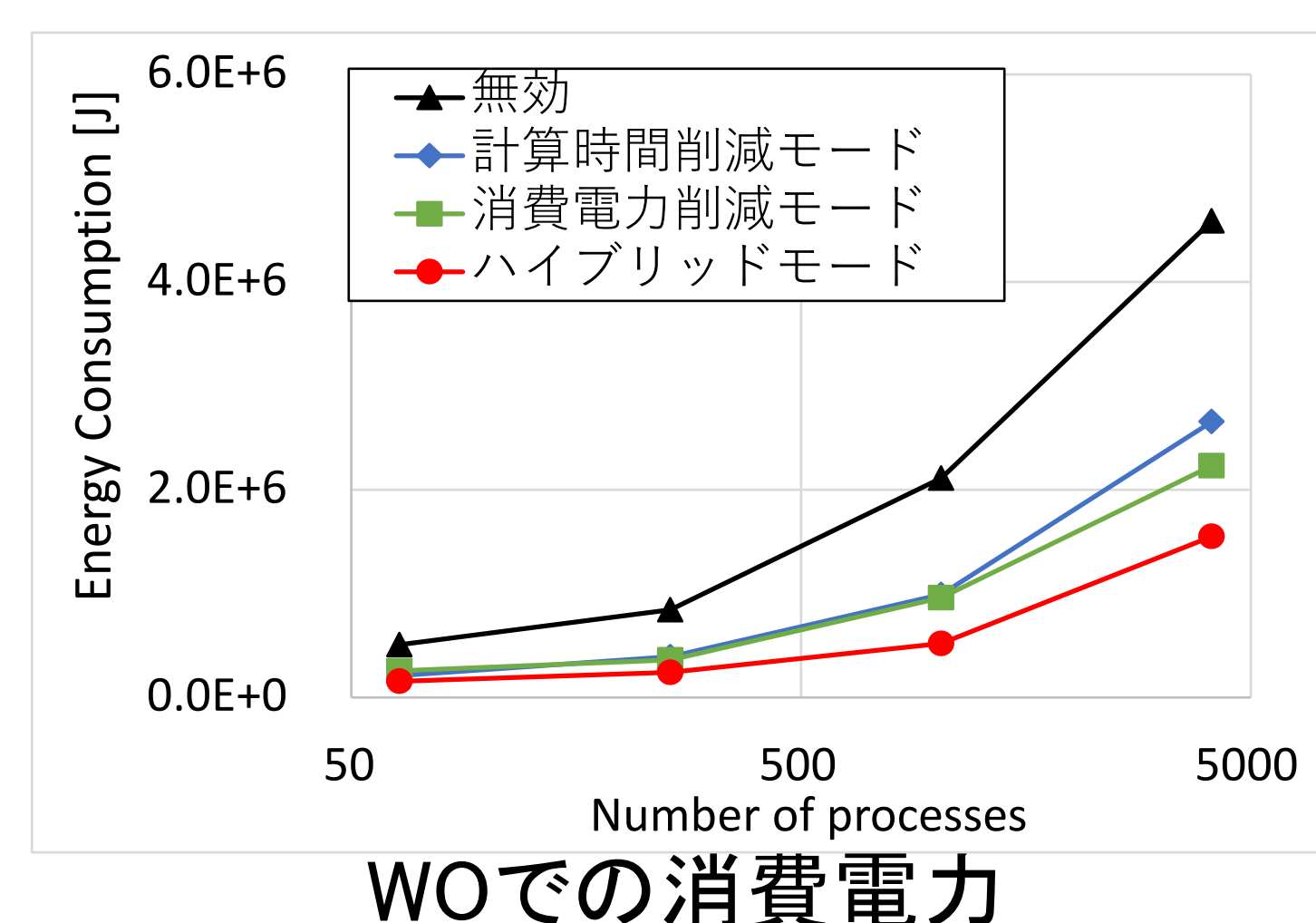
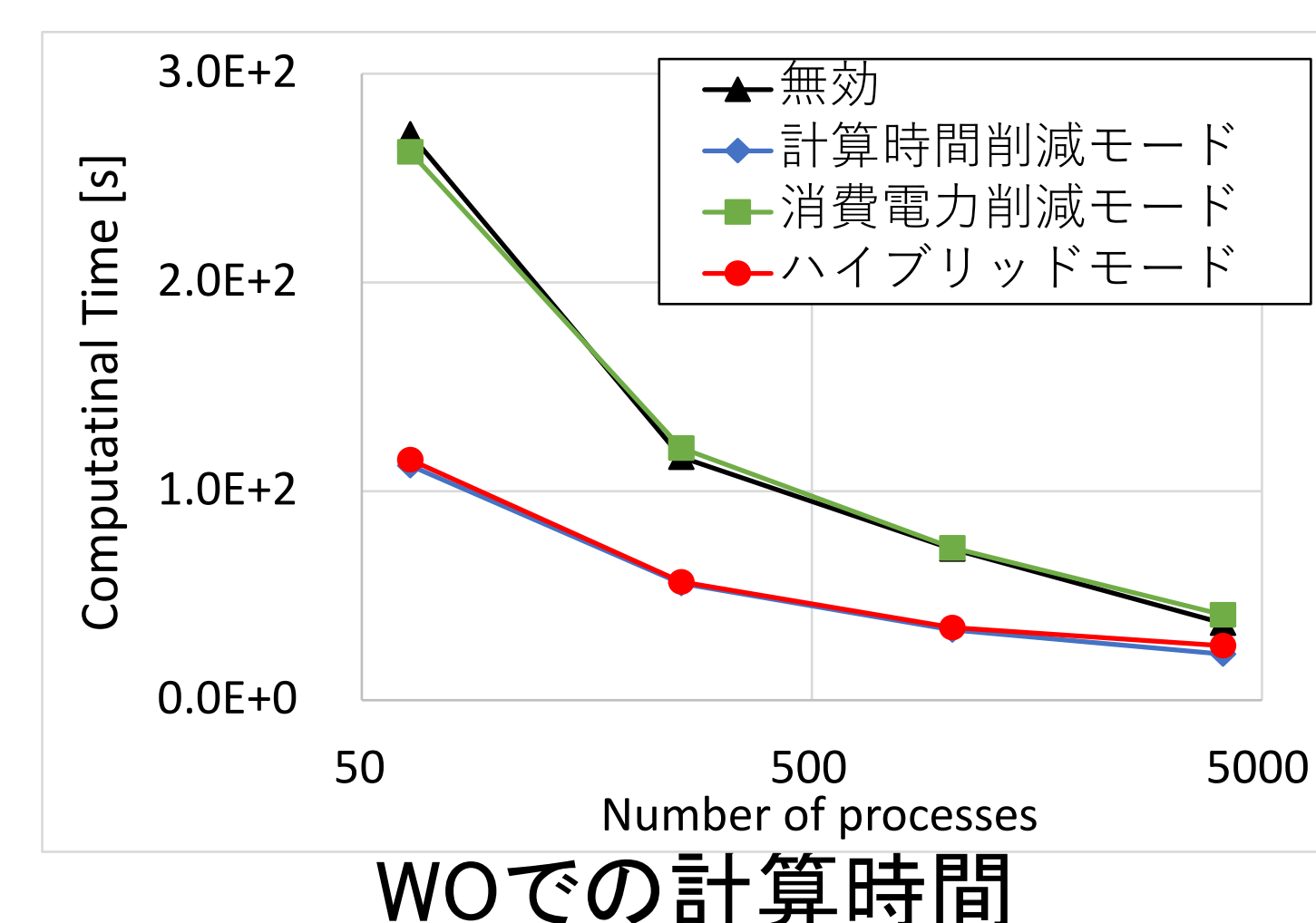
DCB、UT-Helperともに、最適化対象はノード内に限定されるため、ノード間の最適化に関しては、プロセスの再配置を検討  
→大規模な組み合わせ最適化問題に落とし込まれるため、Simulated Annealingの使用も検討

## 昨年度の成果

計算時間と消費電力を同時に削減するモードを提案



同一ノード内で計算時間削減モード、ノード間で消費電力削減モードの適用により(ハイブリッドモード)、計算時間、消費電力の両方を同時に削減する。負荷の大きいプロセスにはより多くの、小さいプロセスにはより少ないコアを割り当てる。



### DCB・UT-Helperの連携

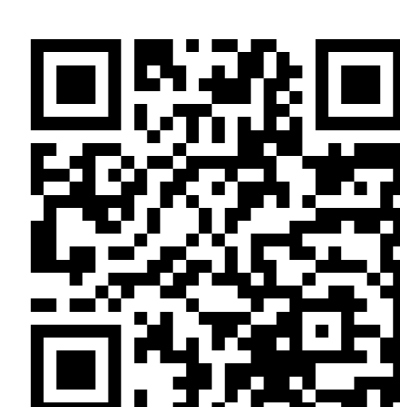
Helperスレッドの生成にp-threadを使用する方向で検討中

### GPU対応

MPI/OpenMP/OpenACCの同時利用により、プロセス毎に異なるGPU数の割り当てが可能であることを確認

## 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
- ・コア割り付けの自動チューニング手法の検討
- ・DCB、UT-Helperの連携
- ・GPU(MIG有効環境)へのDCBの適用
- ・Simulated Annealingによるノード間負荷分散手法の改良



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 multiprocessor 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: M. Kawai, A. Ida, T. Hanawa and T. Hoshino "Optimize Efficiency of Utilizing Systems by Dynamic Core Binding" International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region Workshops, 2024