



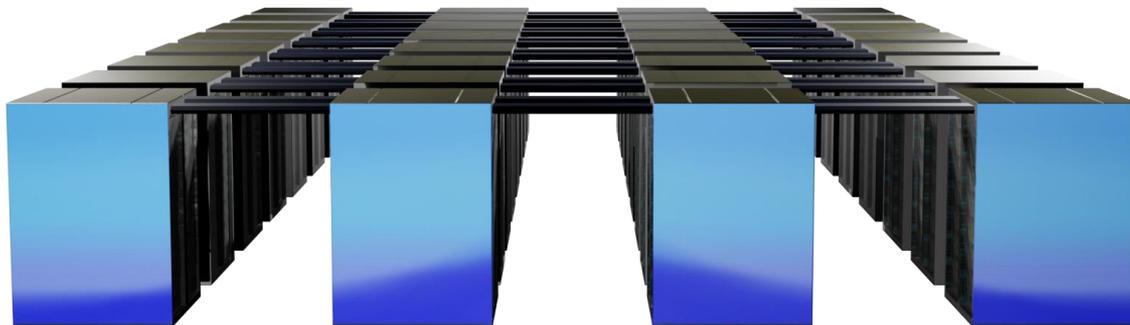
スパコン・高速化



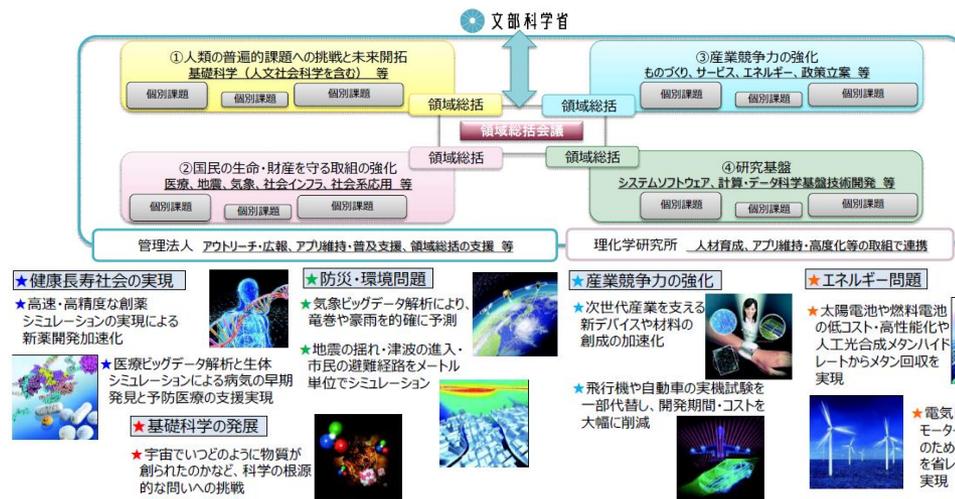
HPC(スパコン)対応支援 /解析プログラムの改良

- スーパーコンピュータを用いたシミュレーション業務支援
- 解析プログラムの高度化・高速化

スーパーコンピュータを用いたシミュレーション業務支援



スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム



出典：理化学研究所計算科学研究機構HP

(業務支援例)

- 領域2 国民の生命・財産を守る取組の強化「大規模数値シミュレーションによる地震発生から地震動・地盤増幅評価までの統合的予測システムの構築とその社会実装」
- 「京」コンピュータにおいても、災害復興に関するシミュレーションの業務支援を実施

▶ 特長

- 世界トップクラスの大規模で高性能な汎用スーパーコンピュータを利用したプロジェクトの業務支援
- 社会的・科学的課題に向けたスーパーコンピュータによるアプリケーション開発
- スーパーコンピュータ用ハイブリッド並列化プログラムの作成
- より規模の大きい計算を行うための、プログラムのチューニング（高速化・高並列化・省メモリ化）

▶ OS

- Linux

▶ 開発言語

- C ● C++ ● Fortran

▶ API/開発ツール

- MPI, OpenMP、ハイブリッド並列
- スーパーコンピュータ用のコンパイラ、各種解析ツール(高速化及びプロファイル解析)

▶ 技術トピックス

- シミュレーションの計算手順の検討支援
- シミュレーションのプログラム実装
- ハイブリッド並列化 (MPI, OpenMP)
- プログラム内の処理の見直しとコード最適化による大幅な高速化・高並列化・省メモリ化とスケーラビリティを実現
- より大規模で精度の高いシミュレーションを実現

解析プログラムの高速化・高度化

このようなご要望はございませんか？

- プログラムの実行時間に不満があり、高速化により計算コストを削減したい
- レガシープログラムの再利用とモダン化を図りたい
- 他言語への移植を行いたい

サービスの流れ

プログラム分析



プログラム改善



➤ 適用分野および特徴

- プログラムの高速化
- レガシープログラムの再利用とモダン化
→ 構造化による解析プログラムの保守性・
拡張性・可読性・信頼性の向上
- 多言語への移植

➤ 詳細

- メンテナンスできなくなっているプログラムの解析と改善（高度化・高速化）提案
- Fortran 77などに含まれる安全ではないとされる非推奨スタイルで書かれたコードをFortran 90/95/2003等のプログラムに変換（プログラムの構造化等）
- C/C++言語への書き換えによる高速化
- Python言語への書き換えによるメンテナンス性向上
- 最新のGPU専用スパコンへのプログラム移植・高速化
- 大学機関や国立研究所への導入実績あり

解析プログラムの高速化 - 実施事例 -

パフォーマンス分析に基づく高速化

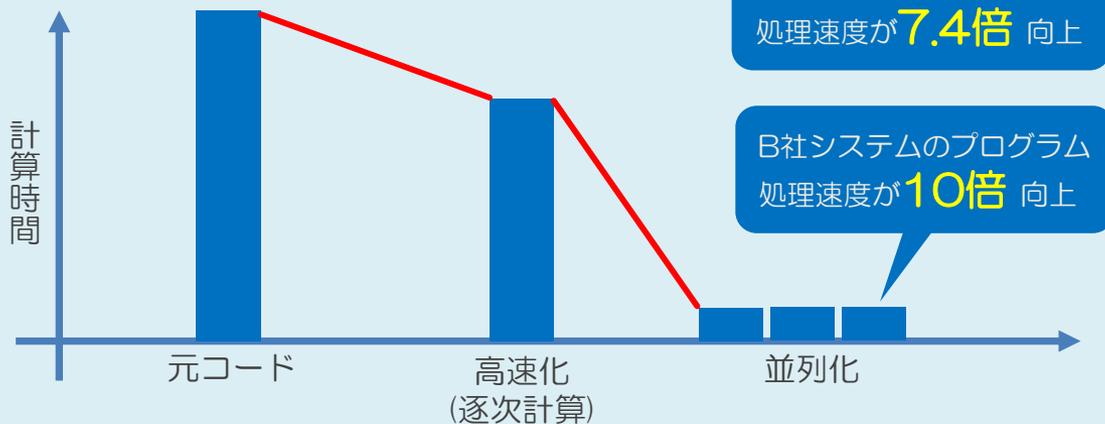
高速化前の各関数の消費時間

関数	消費時間
func1	
func2	
...	
funcN	

高速化後の各関数の消費時間

関数	消費時間
func1	
func2	
...	
funcN	

高速化による計算時間推移



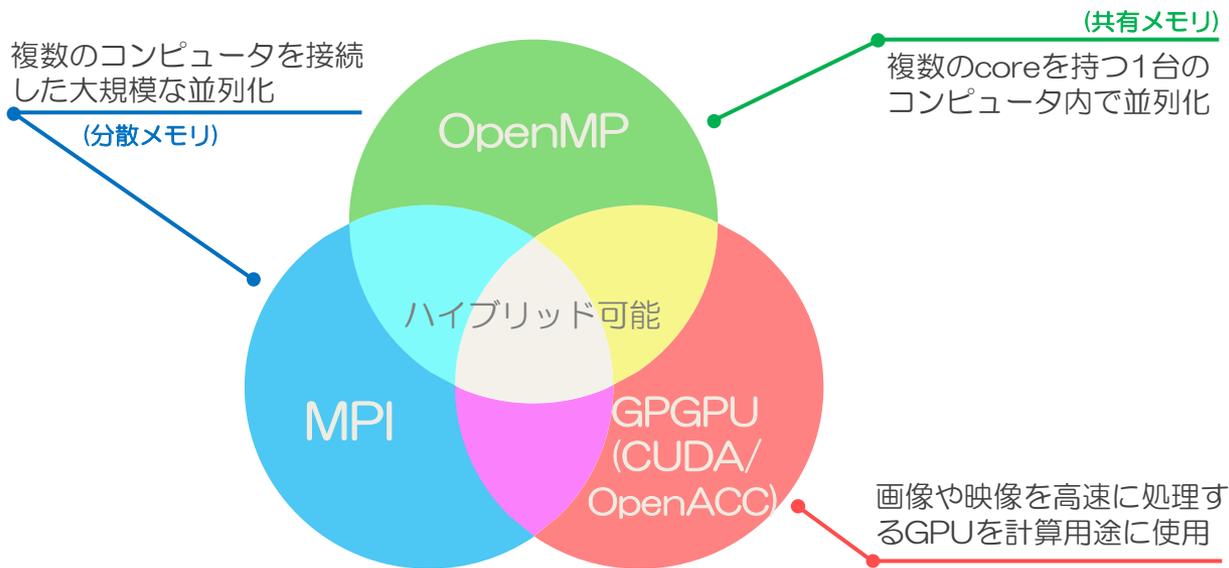
適用分野および特徴

- パフォーマンス分析に基づく処理の最適化による高速化
- ボトルネックの解消
- 並列化による高度な高速化

詳細

- プロファイラによるプログラム性能分析
- 処理手順(アルゴリズム)改善による高速化
- プロファイラによる並列化性能解析
- 導入実績例 (一部抜粋) :
 - ・ 経済モデル並列計算プログラム作成
 - ・ 災害復興シミュレーションの高速化
 - ・ データ同化処理プログラムの高速化

解析プログラムの高速化 - 様々な並列化技法 -

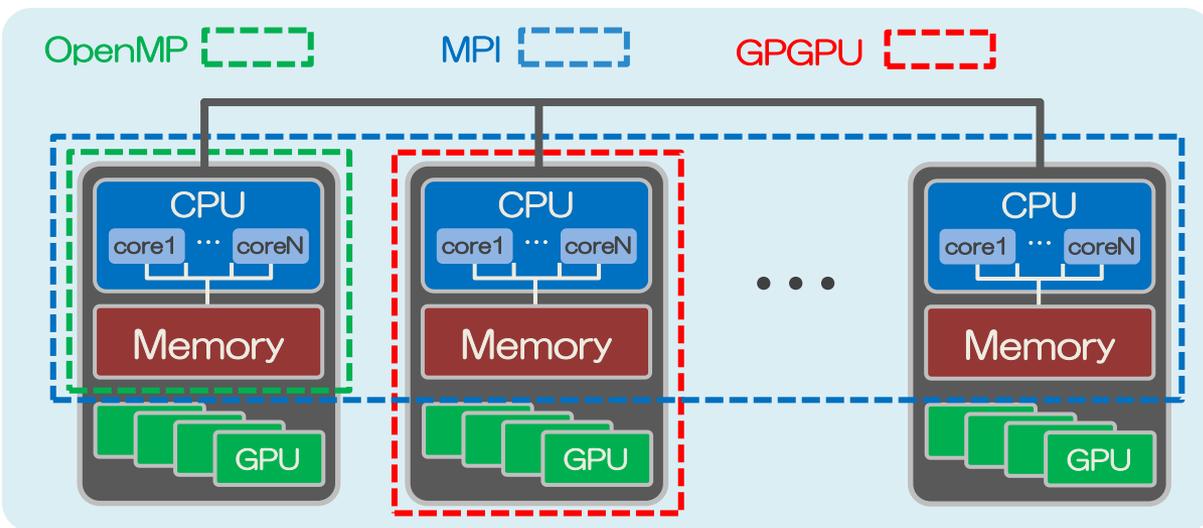


➤ 適用分野および特徴

- 共有メモリ型または分散メモリ型並列化による高速化

➤ 詳細

- 並列化 (OpenMP, MPI, GPGPU)
- ハイブリッド並列 (MPI + CUDA/OpenACC, MPI + OpenMPなど)
- 複数のコンピュータを利用可能な場合
→ MPI単体 or MPIを含めたハイブリッド並列
- GPUを利用できる場合
→ CUDA or OpenACC



解析プログラムの高速化 - スパコン用プログラムの移植・高速化 -

最近、および今後のスパコンの傾向

- GPUノード採用で、計算性能向上と省エネの両立
- 今後国内で設置予定のスパコンは、**GPUノードのみ**のとなる場合が増えてくると予想される
- CPUノードが利用可能なスパコンにおいても、**GPGPU対応**が推奨されている

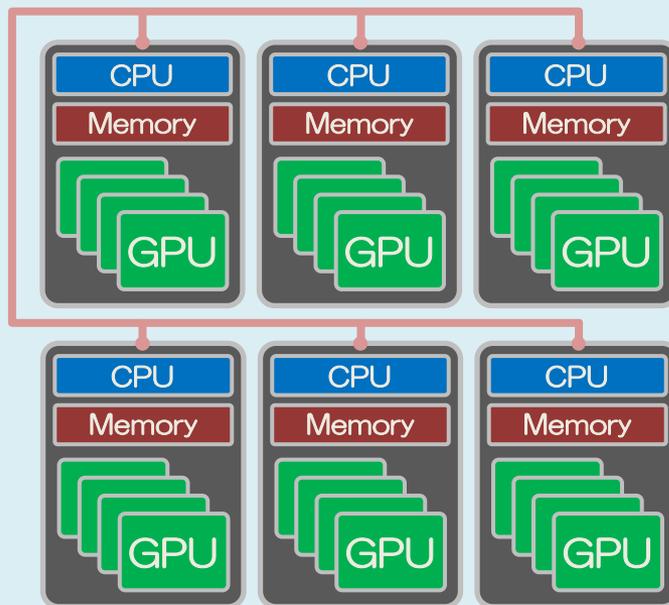
GPGPUに対応した高速化プログラムに移植可能

ハイブリッド並列化(MPI + GPGPU)

CPU

OSやノード間通信など、
最小限の利用

GPU

大規模な計算処理を高速
で実行

➤ 適用分野および特徴

- GPU非対応の既存スパコン用プログラムを、GPUノードのみで構成されるスパコンへ移植
- スパコン用プログラムのGPU対応による高速化

➤ 詳細

- GPUノードのみで構成されるスパコンの増加
→処理性能向上、省エネ化、低コスト化
- ハイブリッド並列 (MPI + GPGPU)
- 簡易なGPU対応スパコン用プログラム
→全体的にMPI + OpenACCで高速化
- 高度なGPU対応スパコン用プログラム
→ボトルネックに絞ってMPI + CUDAで高速化

備考

国内で稼働予定のGPUスパコン
 - OFP-II(2024春稼働予定)
 - TSUBAME 4.0(2024春稼働予定)
 ※海外の新規スパコンはほぼGPUスパコン

スーパーコンピュータ用プログラムの最適化業務支援

ハイドロ総研のスーパーコンピュータ利用実績

- | | |
|------------|--------------------------------|
| • 理化学研究所 | 富岳 / 京コンピュータ |
| • 海洋研究開発機構 | 地球シミュレータ |
| • 東京大学 | Oakforest-PACS |
| • 京都大学 | Camphor2 / Laurel2 / Cinnamon2 |
| • 名古屋大学 | FX100 |
| • その他 | |

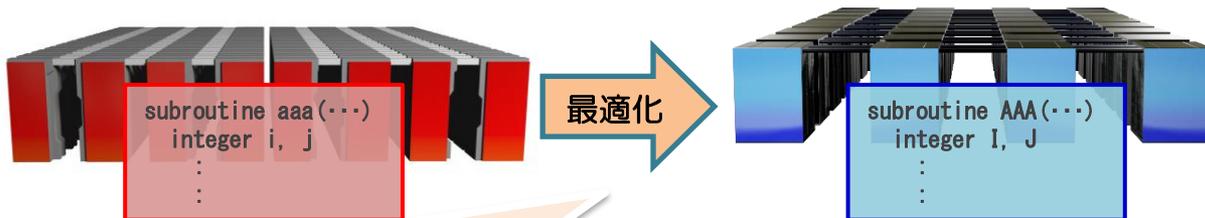
ジョブ管理ツール利用実績

- PJM • PBS
- Slurm • JobScheduler
- その他

コンパイラ利用実績

- 富士通コンパイラ • NECコンパイラ
- Intelコンパイラ • Crayコンパイラ
- PGIコンパイラ • その他

あるスーパーコンピュータ用のプログラムを、
利用したいスーパーコンピュータで動作するように最適化



スーパーコンピュータ用のプログラムは、特定のシステム専用であるため、最適化する場合は解決すべき課題が山積……

- システム仕様の違い
- ジョブ管理ツール違い
- 並列処理ライブラリの違い
- リソースポリシーの違い
- コンパイラの違い
- その他のライブラリ違い

▶ 特長

- スーパーコンピュータのシステム変更に伴うプログラムの最適化作業を支援
- 利用したいスーパーコンピュータの特色に合わせたプログラムの最適化等を提案
- 異なるジョブ管理ツール、異なるコンパイラ、異なるライブラリにも柔軟に対応

▶ OS

- Linux

▶ 言語、API、ツール

- C、C++、Fortran
- MPI、OpenMP、ハイブリッド並列
- スーパーコンピュータ用のコンパイラ
- ジョブ管理ツール

▶ 技術トピックス

- 利用したいスパコンで動作するようにコードの修正
- スパコンの特色に合わせたコードの最適化
- ジョブ管理ツールに合わせた実行環境構築
- コンパイラに合わせたビルド環境の構築