

11-NA22

田上大助 (九州大学)

災害影響評価のための  
大規模マルチフィジックス・シミュレータの構築



研究目的

数値シミュレーションによる自然災害の影響評価に基づいた防災・減災対策の推進に寄与するために、高精度かつ高効率な災害影響評価技術と成り得る大規模マルチフィジックス・シミュレータのプラットフォーム構築を目指す。本研究課題では、地震および地震に伴って生じる津波が構造物に与える影響に着目し、

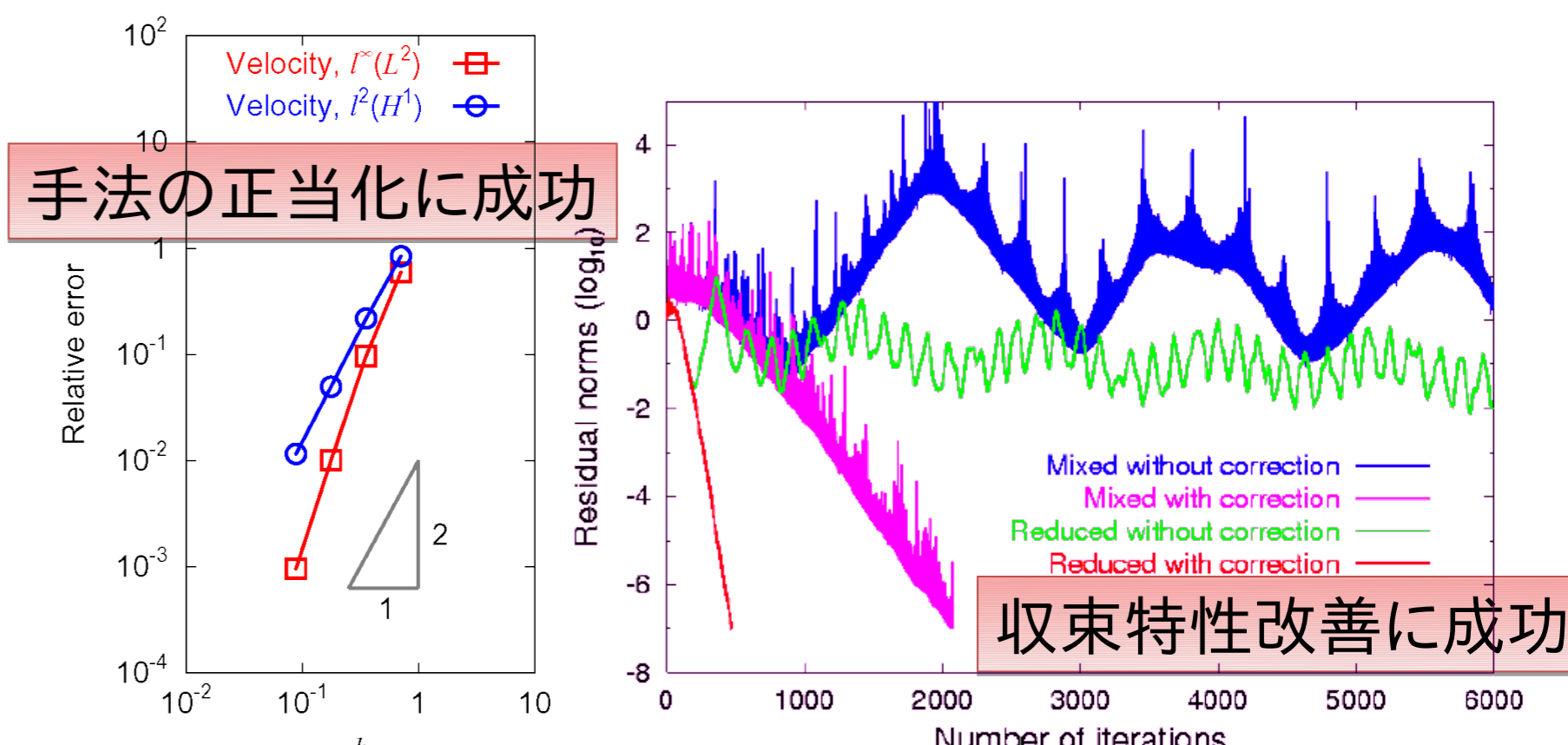
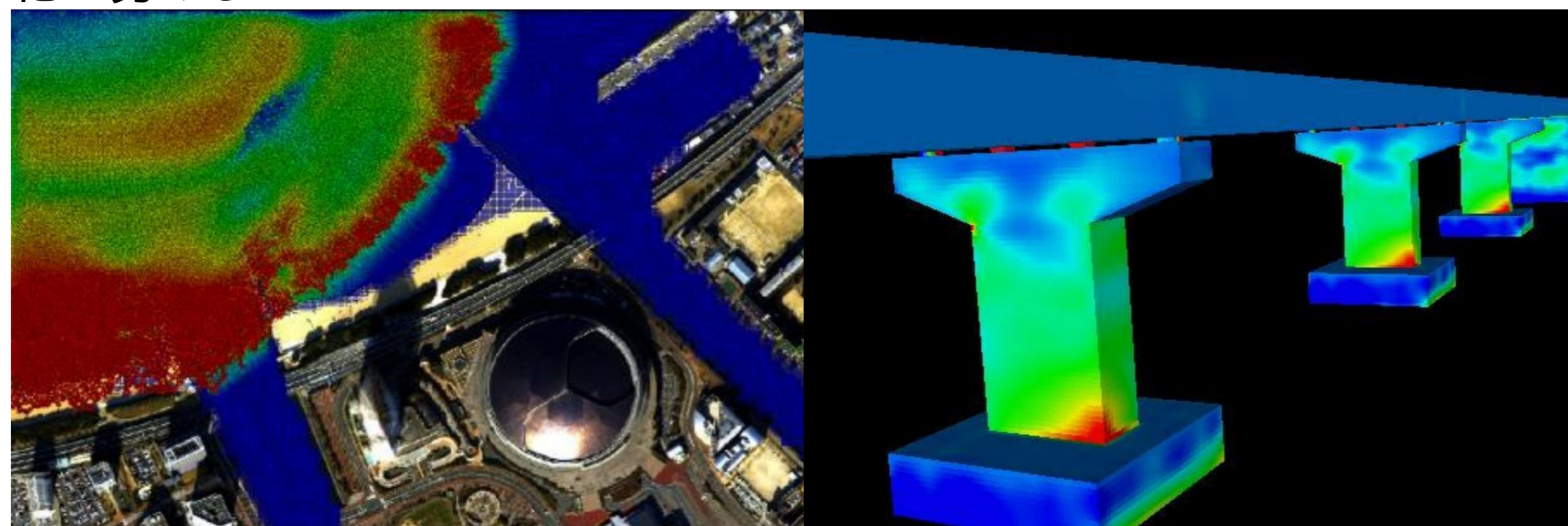
A: 波動・流れ・弾塑性の連成現象に対する高精度な数理モデル・シミュレーション手法の構築

B: 次世代並列計算機アーキテクチャにおける高効率な実装手法の確立

の2点に重点を置いて研究を進める。

波動・流れ・弾塑性現象に対する高精度数理モデルとシミュレーション手法の確立

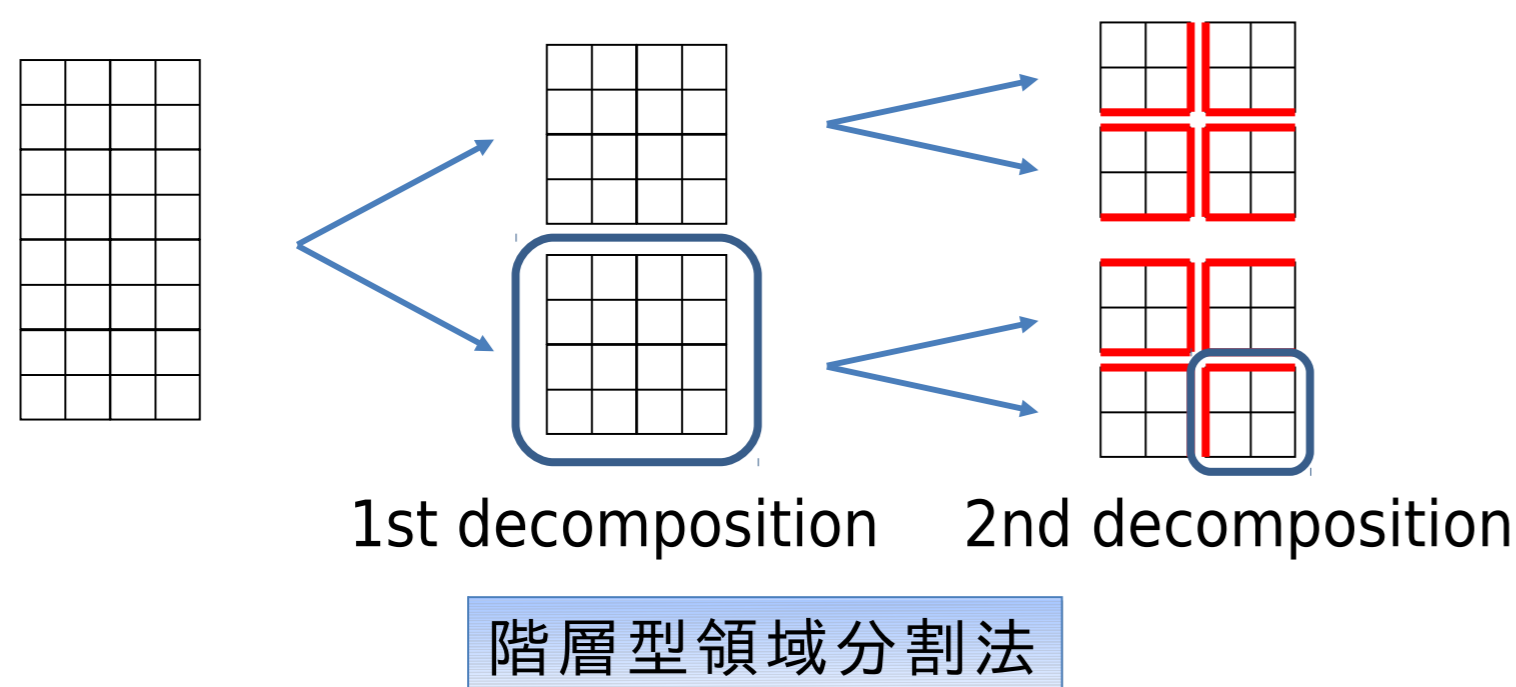
自然災害が社会インフラに与える影響を評価するには波動・流れ・弾塑性といった複数の物理現象 (マルチフィジックス現象) からなる複雑な挙動を正確に、かつ迅速に把握することが必要となる。本研究では、津波による流体衝撃力を受けた構造物の強度評価や橋梁全体の地震動シミュレーションなどによって得られた固体力学、流体力学、さらにこれらの連成問題に対する様々な数値シミュレーション技術、および適用する計算手法の収束性や効率性といった理論的根拠に基づき、シミュレータ全体の高精度・高効率化に努める。



沿岸部の津波シミュレーション(左)や橋梁の地震動シミュレーション(右)の例 熱対流問題の誤差収束(左)と静磁場問題の収束特性改善(右)

次世代計算機アーキテクチャにおける高効率な並列計算技法の確立

次世代並列計算機は、CPU内演算コア数の増加(メニーコア化)やGPGPUなど拡張演算装置の搭載(ヘテロジニアス化)が進んだ計算ノードをネットワーク接続した、分散メモリ型アーキテクチャになると予想される。そのような計算機上で高い並列・演算効率を得るためには、計算機アーキテクチャに適応した並列数値解析アルゴリズムの開発が必要となる。本研究では、地球シミュレータやT2Kなどで高い並列効率を示してきた階層型領域分割法(HDDM)に基づき、CPU内演算コアの並列処理手法、超並列環境における並列前処理手法、超並列環境における分離反復型連成解析手法の並列実装などに関する研究を行っていく。

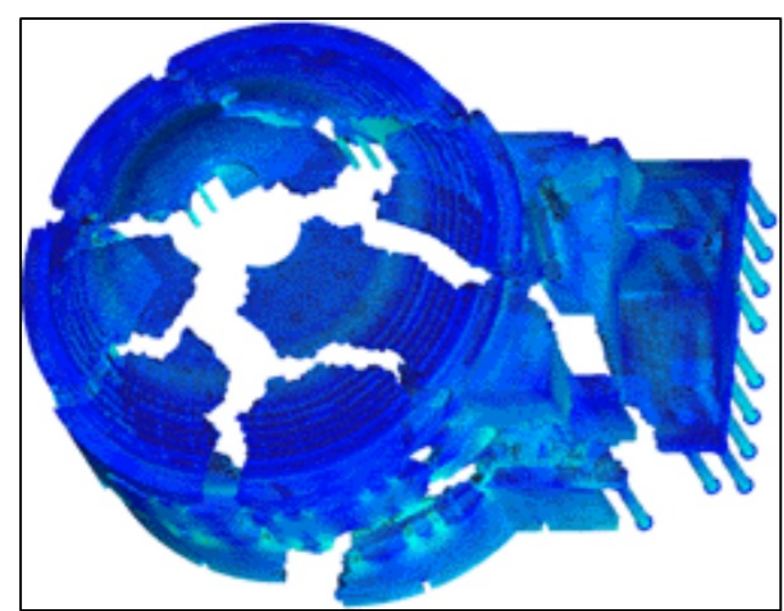


```

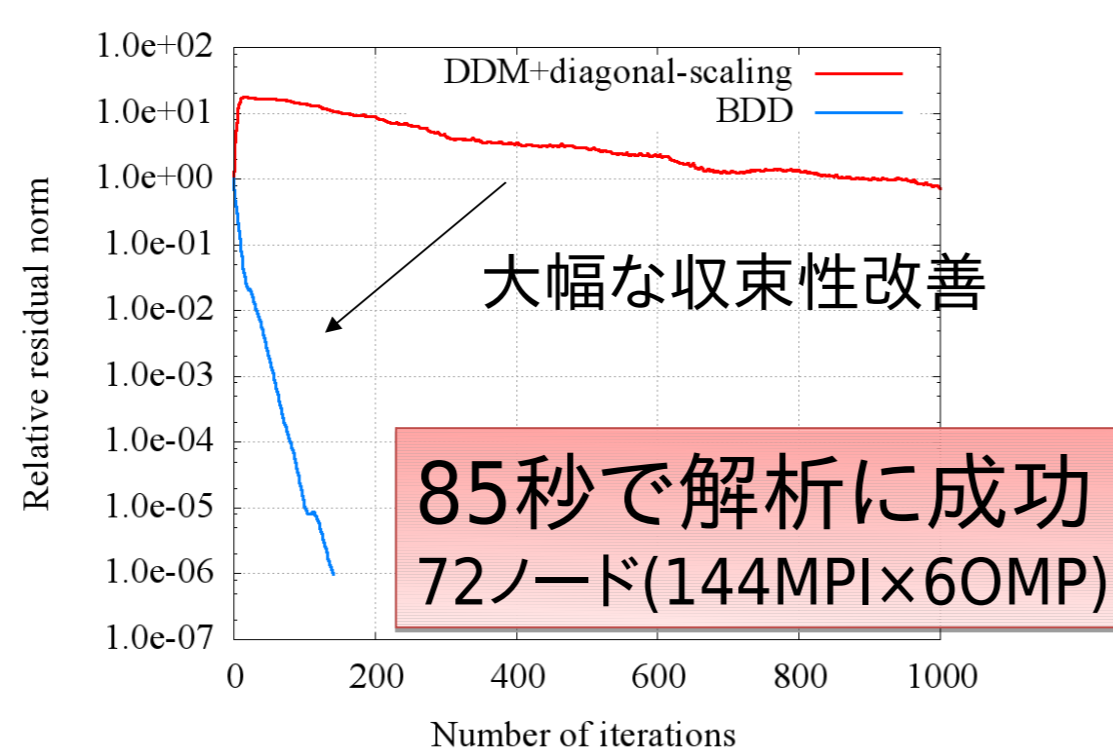
Part 'for' loop is parallelized by MPI
for ( ip = 0; ip < Npart; ip++)
  Subdomain 'for' loop is parallelized by OpenMP
  for ( i = 0; i < my_Ndom; i++)
    { x_i } = K_i { 0 } Handling Dirichlet B.C. (matrix-vector multiplication)
    { . } = K_i { -R_i p } Solving an equation
    w_i = K_{ll} x_i Calculating a reaction force (matrix-vector multiplication)
    { . } = K_i { w_i }
    { y_i } = K_i { R_i p }

```

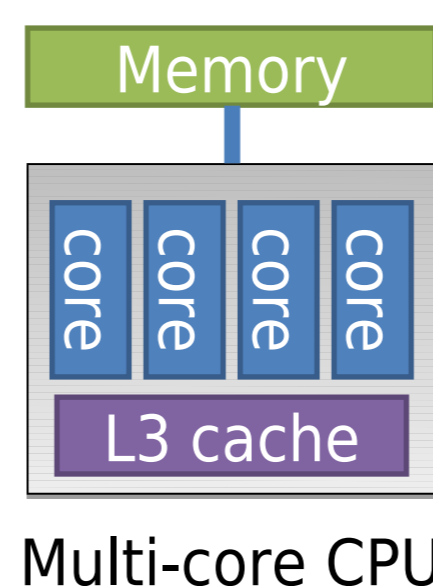
HDDMによる行列ベクトル積の並列処理



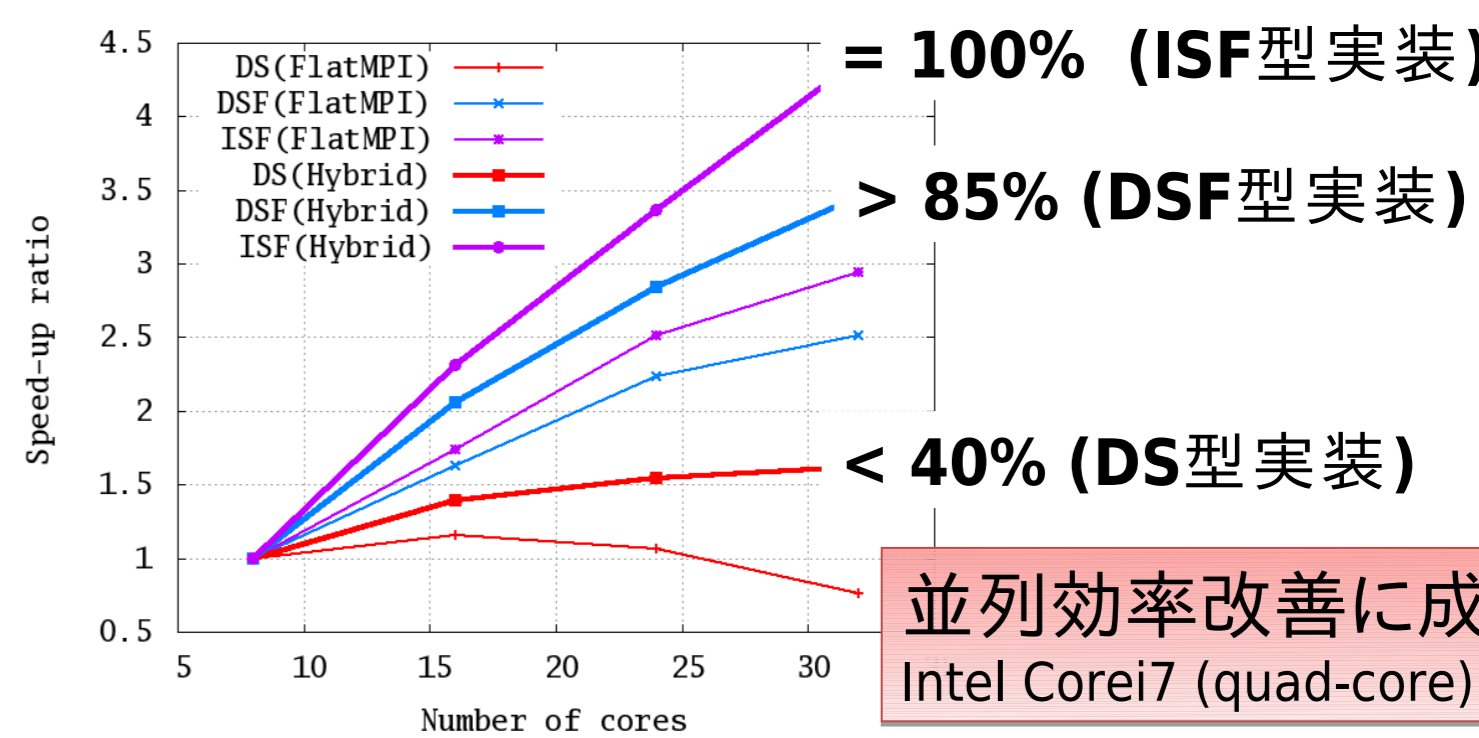
1億自由度規模モデルによるパנתエオンの準静的地震荷重解析



85秒で解析に成功  
72ノード(144MPI×6OMP)



Multi-core CPU



= 100% (ISF型実装)

> 85% (DSF型実装)

< 40% (DS型実装)

並列効率改善に成功  
Intel Corei7 (quad-core)

構造解析におけるBDD前処理の効果@九大センターPRIMERGY RX200S6

領域FEM計算の実装方法によるCPU内並列効率の改善