

11-NA03

青井 真(独立行政法人 防災科学技術研究所)

GPGPUの地震ハザード予測シミュレーションへの適応性評価

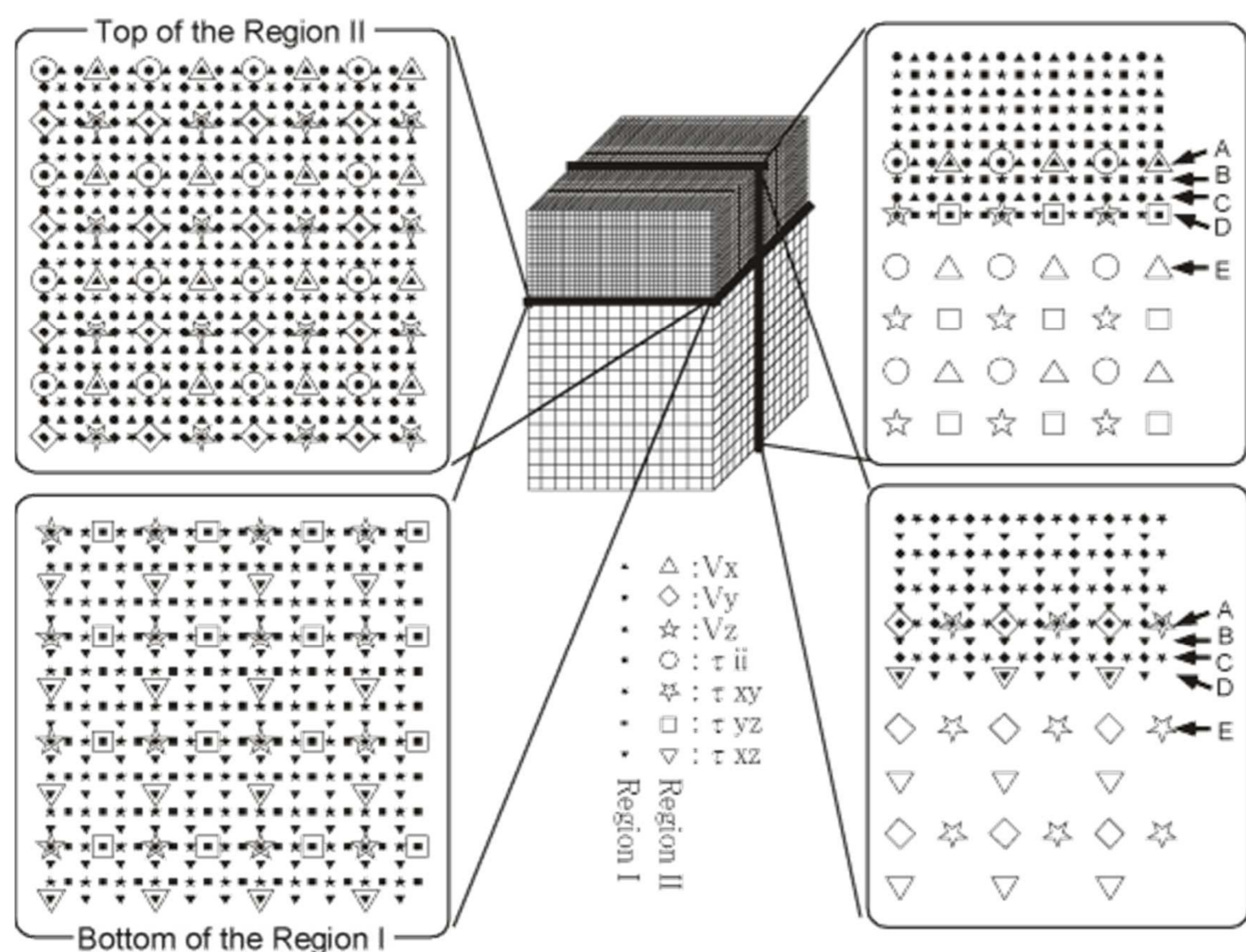


1. はじめに

本研究では、不連続な食い違い格子(Aoi and Fujiwara, 1999)を用いた、空間四次・時間二次精度の差分演算子による実用コードであるGMS (Ground Motion Simulator、青井・他、2004)をベースにGPGPUの適用性の評価を行なった。GMSは、防災科学技術研究所によってパッケージ化された、3次元有限差分法(FDM)により地震波伝搬シミュレーションを行うためのツール群となっており、差分計算ソルバはソースコードも公開している。

2. 差分法による地震波動伝播シミュレーション

Aoi and Fujiwara (1998) や青井・他(2004)は、大きさの異なる格子を組み合わせることにより効率的かつ高精度に計算を行うことの出来る不連続格子による差分法の定式化を提案した。図に示すように、浅い部分(領域I)の格子点間隔は細かく、深い部分(領域II)の格子点間隔は領域Iの3倍の粗い格子点間隔を有する格子モデルを用いている。典型的な盆地構造モデルの計算において、均質な格子による場合と比較し数倍から十数倍程度効率がよいことが分かっている。



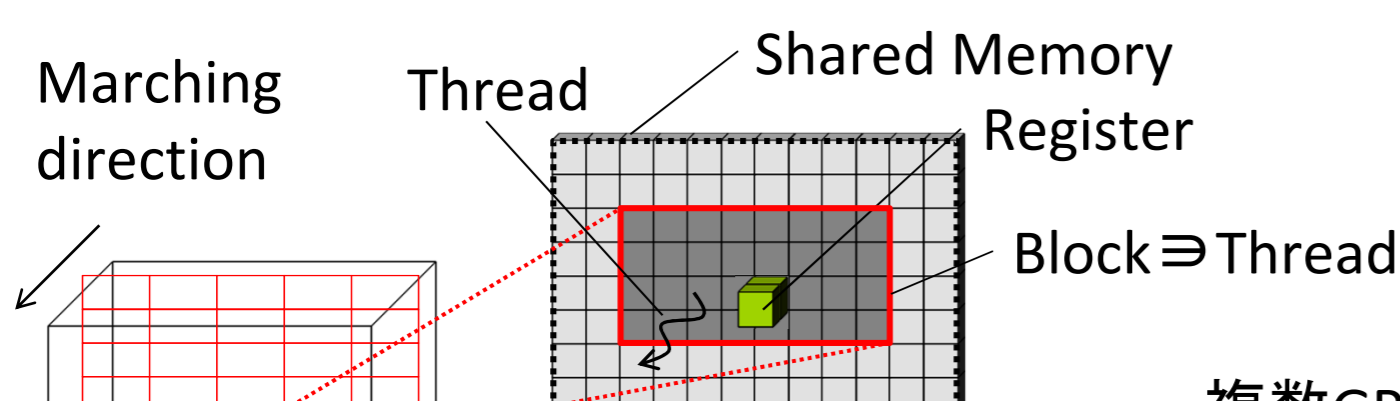
(中央)計算に用いる不連続格子。(右)不連続格子の垂直断面。領域Iと領域IIの接続部分で、内挿のために格子が重なっている。(左)領域IIの最上面(A面)と領域Iの最下面(D面)における不連続格子の水平断面。

3. GPUでの差分計算処理、および複数GPUによる並列化

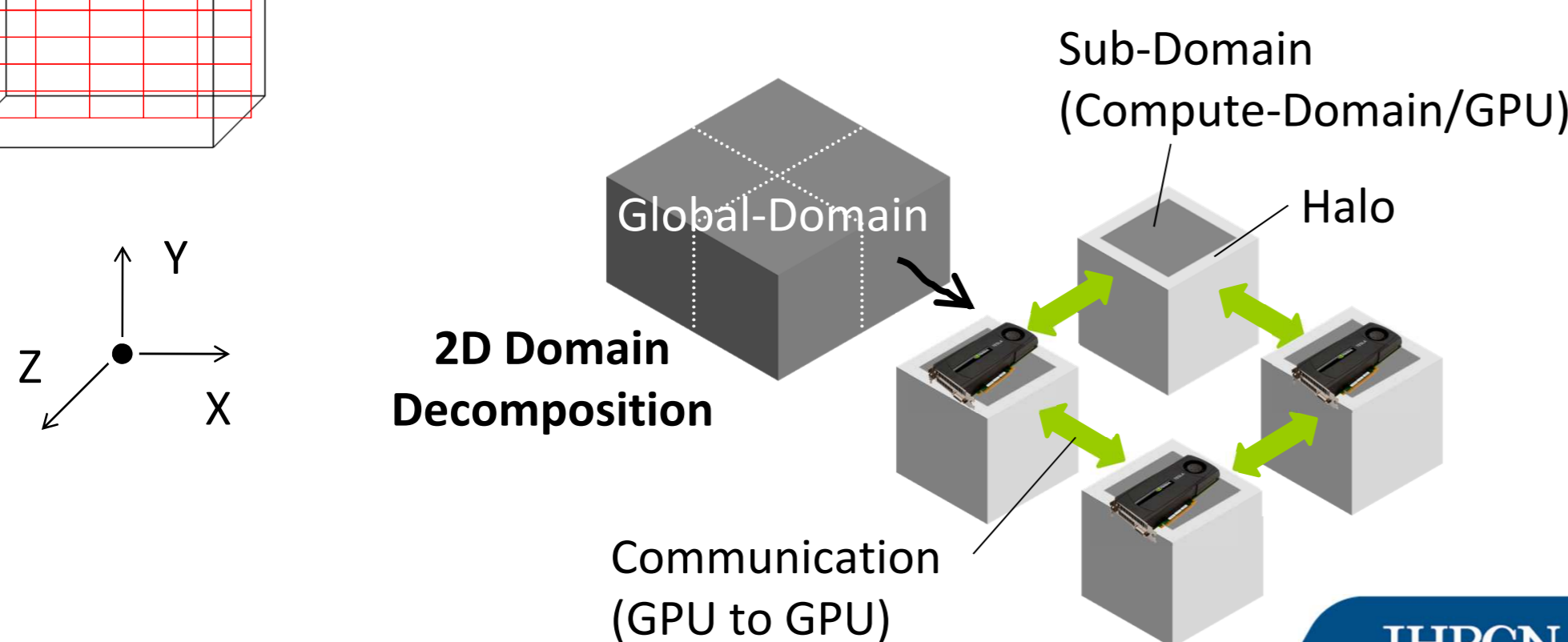
開発環境にはNVIDIA社から提供されているCUDA(Compute Unified Device Architecture)を使用し、差分法の計算処理についてはほぼ全てGPUで処理する形になっている。CUDAによる実装では、スレッド(実行の最小単位)の集合であるブロックを2次元(x-y方向)で構成している。ブロック内の各スレッドはz方向の始点から終点まで1格子点ずつ計算処理を進める。

また、複数のGPUを用いた並列計算を行う際は、モデルを水平方向に分割し、各GPUに分割した部分領域を割り付けて差分演算を行う。各分割領域の接続面では、隣接する領域の格子点のデータが必要となるため、袖領域(重複領域)を設け、必要に応じてデータを交換する。

GPUでの計算処理

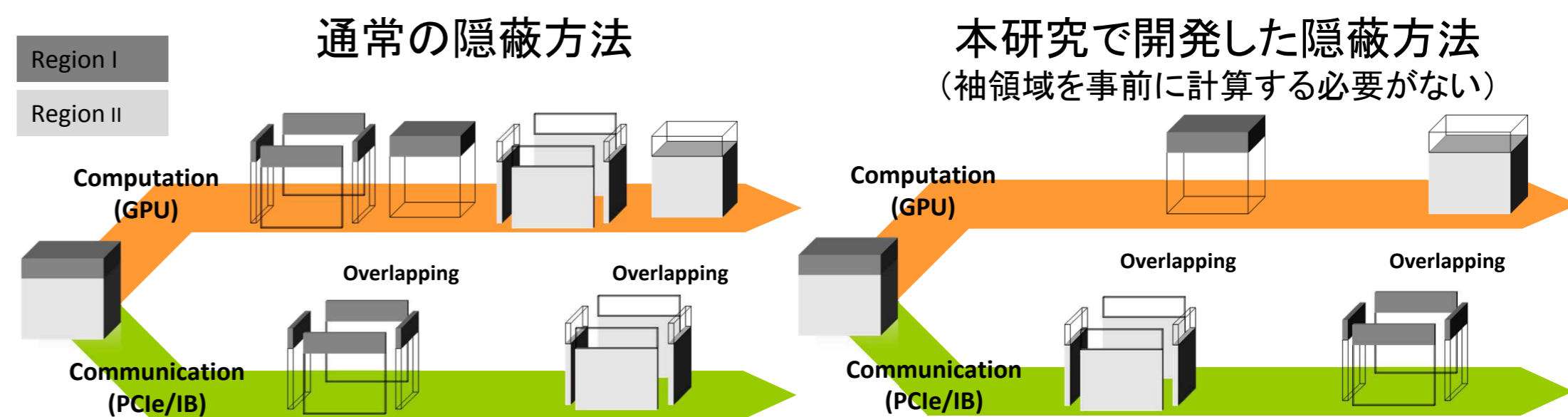


複数GPUによる並列化



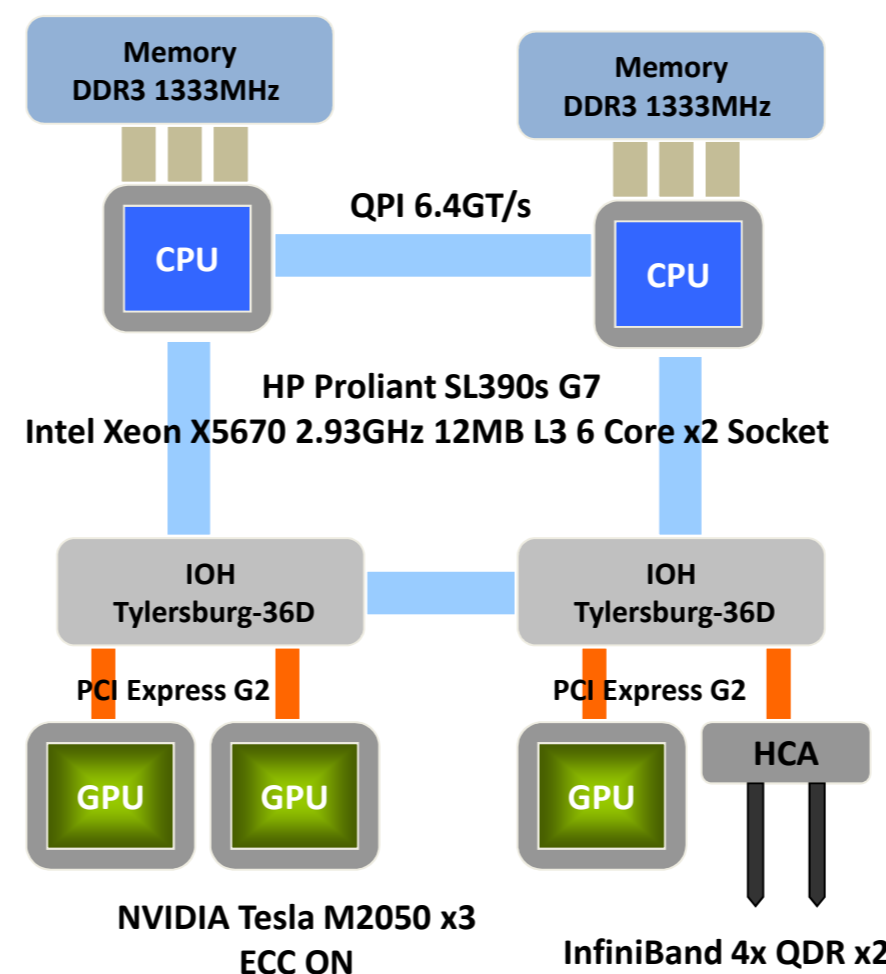
4. 通信の隠蔽方法

複数GPUを用いた並列計算では、通信処理がボトルネックになることが多い。通常は、通信の対象となる袖領域の計算を事前に行い、内部領域を計算している間に並行して通信を行う手法がとられることが多いが、GPUが苦手とする不連続なメモリアクセスが生じるために効率が上がりにくい。本研究では、GMSが採用している不連続格子が2つの異なる格子サイズを持つ領域(領域I、領域II)からなることに注目し、一方の領域を計算する間に他方の領域の通信を行うことで袖領域のみの計算を別途行う必要性を回避した。

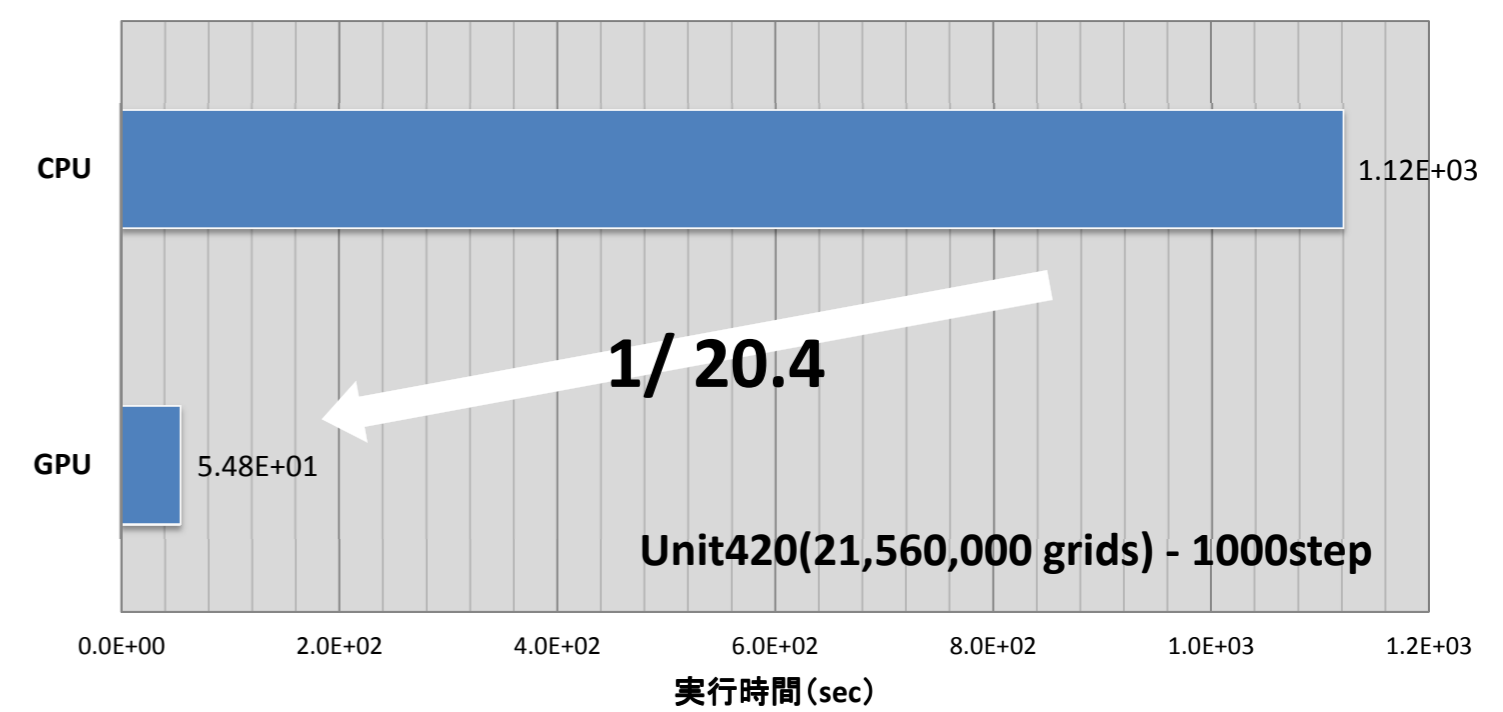


5. TSUBAME2.0での性能評価

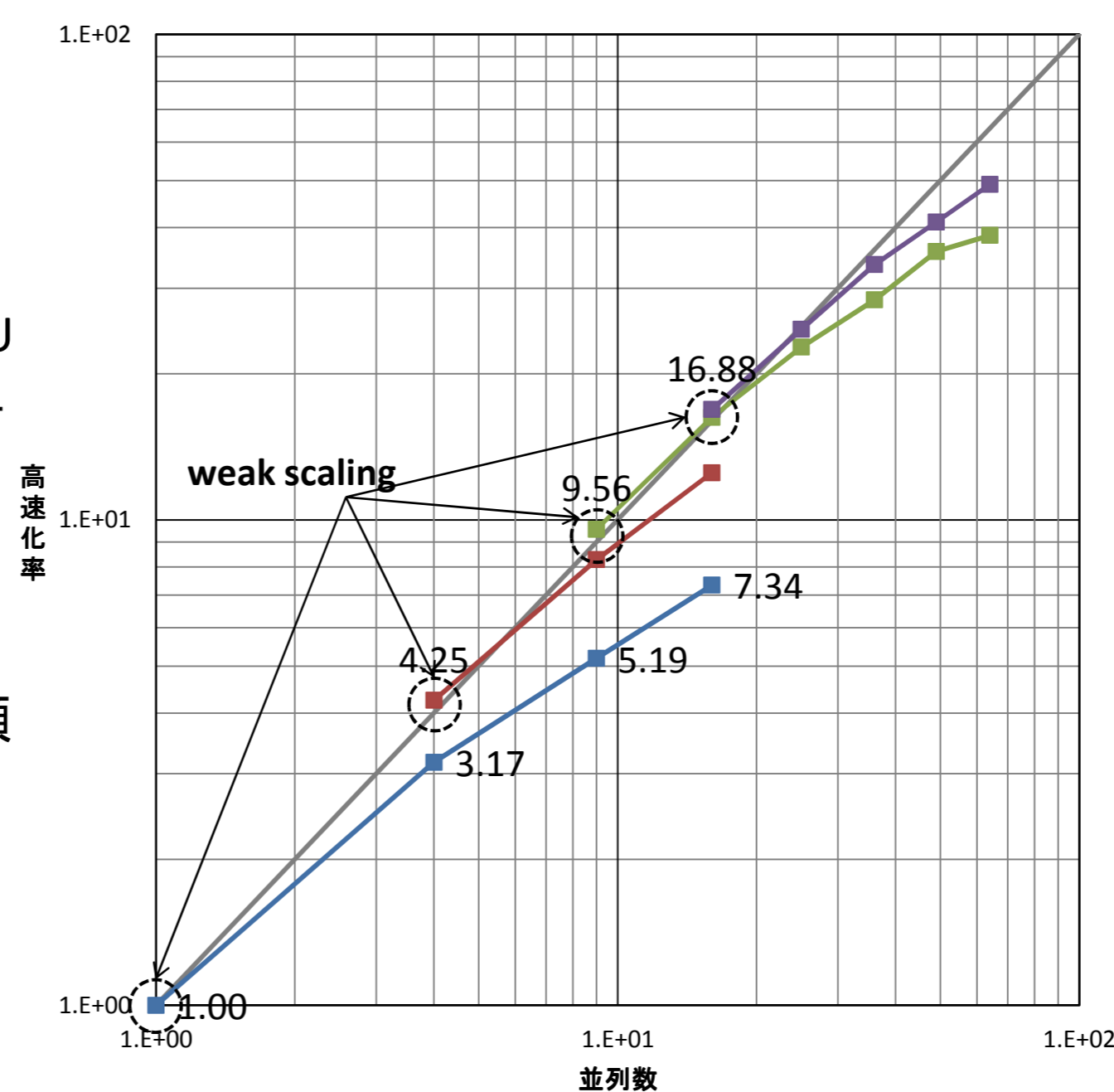
システム構成(Thin計算ノード)



単体GPUでの性能



複数GPUでの性能



線種	データ	格子数
■	Unit420	21,560,000
■	Unit840	86,240,000
■	Unit1260	194,040,000
■	Unit1680	344,960,000

6. 今後の展望

昨年度までにTSUBAME2.0を使用した単純なモデルによる弱スケーリングの性能評価で格子数が2百億に及ぶ極めて規模の大きなモデルまで高いスケラビリティを得られることができた。

より高い精度で地震ハザード予測を行うためには、実際の地球をモデル化した非常に大きな不均質性をもつ地下構造モデルや面的広がりをもつ断層モデルを用いた現実的で大規模モデルによるシミュレーションが必要となる。本年度は計算規模の大きさだけでなく、より現実的な震源モデルや地下構造モデルを用いた大規模シミュレーションにおいても高い並列性能を得るための技術開発を行い、実用的な汎用地震動シミュレーションを目指す。