

GPGPU を用いた津波シミュレーションの高速計算

High speed calculation of tsunami simulation by using GPGPU

○富山高等専門学校 制御情報システム工学科 上田 裕貴

富山高等専門学校 制御情報システム工学科 古山 彰一

1. はじめに

本研究は、富山県に存在する呉羽山断層帯から富山湾沿岸全域に押し寄せ遡上する津波をシミュレーションによって再現し、General-Purpose computing on Graphics Processing Units(GPGPU)を用いて高速化を行うことが目的である。

呉羽山断層帯では将来M7.4程度の地震が発生する可能性が示唆されている[1]。この断層は沿岸部にかなり近いことから、ここで地震と共に津波が発生した場合には非常に短い時間で沿岸部に津波が到達する事が懸念される。そのため、津波の発生情報を元に地域に警報を発するシステムの構築が期待されている。そこで、実際に津波が発生した際に遡上範囲を予測し、被害を軽減するために富山湾全域でのシミュレーションを行う。富山湾全域といった非常に広い範囲で詳細な地形データを用いてシミュレーションを行うため、計算量が多く、その結果計算時間が膨大となることが予想される。そこで、大規模な並列計算によって高い演算性能を発揮できる GPGPU を用いて津波の並列計算を行い、シミュレーションの高速化を図る。

2. 研究概要

2.1 開発環境

本研究では統合開発環境である Compute Unified Device Architecture(CUDA)を用いてシステムの開発を行う。使用する GPU は NVIDIA Tesla K20X であり、これを 3 枚搭載したノードを 2 台利用し、計 6 枚の GPU でシミュレーションを行う。ノード間の通信には通信速度 40Gbps の InfiniBand を利用する。シミュレーションの可視化には MicroAVS を用いる。

2.2 地形モデル

富山湾の地形モデルは 5mメッシュのものを使用する。図 1 は実際に使用した地形モデルであり、青色の領域を海とする。また、断層帯によって津波が発生する場所を赤色の×印で示した所に設定する。

2.3 フローチャート

シミュレーションのフローチャートを図2に示す。地形データを読み込み、初期条件を設定後、流束計算と水位計算を指定したステップ数繰り返す。

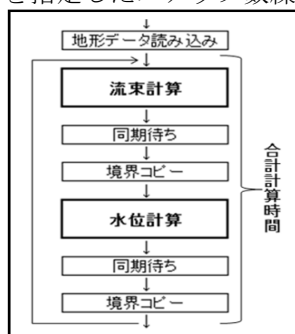


図 2. フローチャート

2.4 シミュレーション条件

シミュレーションのステップ時間は 0.02 秒とし、10000 回のステップ数で実時間 200 秒の津波シミュレーションを行う。今回の実験では GPU1 枚による計算と GPU6 枚による並列計算を行い、計算時間の計測と可視化を行った。

3. 結果

津波シミュレーションの可視化結果を図 1、計算結果を表 1 に示す。図 1 は実時間で津波発生から 100 秒後の波の様子を示しており、波が海上で伝搬し、陸上に到達していることがわかる。表 1 より、GPU を 6 枚用いた場合の合計計算時間は 91.2 秒となった。GPU1 枚時の 6 分の 1 の計算時間となるのが並列化による理想であるが、80%以上の並列化効率を実現することができた。流束計算に比べて水位計算はそれぞれの GPU に計算負荷を均等に分散できていることがわかる。境界コピー時間は GPU 間で計算領域の境界データを送受信する際に発生する時間とする。GPU 枚数を増やすとこの境界コピー時間が発生することも考慮する必要がある。

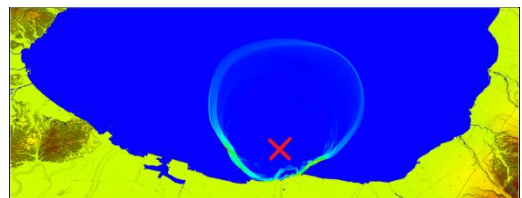


図 1. 津波発生 100 秒後のシミュレーション結果

表 1. 計算時間

GPU 枚数	1 枚	6 枚
水位計算時間[s]	61.8	10.2
流束計算時間[s]	410.8	76.3
境界コピー時間[s]	0.0	4.7
合計計算時間[s]	472.7	91.2
並列化効率指標[%]	100	86

4. おわりに

今回の実験では、実現象である 200 秒の半分以下でシミュレーション計算を終えた。計算時間が実現象時間よりも短いことから、実際に津波が発生してから遡上範囲を予測し、警報を発するシステムの実現も可能であると考えられる。また並列化効率が 86%であることから、GPU 枚数を増やすことにより更なる高速化が可能であると考えられる。

参考文献

[1] 毎原雄介, "GPGPU を用いた富山湾全域における津波シミュレーションの高速化", 富山高等専門学校 卒業論文