

II-68

津波数値計算の高速化手法に関する検討

東北大学大学院工学研究科 正員 ○阿部郁男

東北大学大学院工学研究科 正員 今村文彦

1. はじめに

これまで津波数値計算技術は、主に事前準備（被害想定、構造物による抑止力の検証など）および事後の検証に用いられてきているが、昨今の計算機の性能向上により計算時間が短縮され、事中（避難に役立てる）情報としての期待も高まりつつある。津波数値計算技術を事中情報として利用した一つの例が、気象庁による量的津波予報である。しかし、量的津波予報はデータベースに基づいているため初期条件が予め限定されていること、地域ごとの情報提供が乏しいなどの問題があり、これまでに、津波計の観測データを元にした情報提供が論じられてきた（石田ら 1998）。本研究では、これらの先進事例により、波源が高い精度で決定されることを前提として、求められた波源から各地の津波高をリアルタイムでいち早く計算し、より精度の高い津波数値計算の結果を提供する可能性を検討する。

2. 評価条件

2. 1 対象地域

津波は、浅水域ほど先端部での伝播速度が遅くなり、後方の波が追いつくようになるため波長は短くなる。津波の一波長に対する分解能（格子がいくつ含まれるか）を一定に保つためには、浅水域の領域ほど細かな格子サイズの計算領域を設定する必要がある。また、沿岸に近づくにつれ、地形も複雑になるために、格子による近似度を上げるためには、細かなサイズを選ばなければならない。以上により、格子間隔の異なる領域を接続して、同時に計算する手法（領域接続法）が用いられている。

今回の検討では、図1および表1に示すように宮城県沖、仙台湾および松島湾を中心とする地域を対象とした。

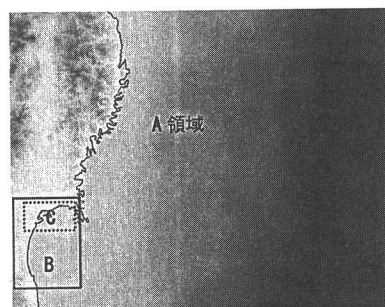


図1 対象領域（三陸沖）

表1 対象領域の条件

領域	A領域	B領域	C領域
計算格子間隔	450 m	150 m	50 m
計算時間間隔	0.9 秒	0.3 秒	0.1 秒
対象領域の範囲	N37.5-40, E140.75-145		
領域のサイズ	798x633(比率1.0)	436 x 574(比率0.5)	1012 x 544(比率1.09)
支配方程式	線形長波理論		浅水理論
陸側境界条件	完全反射		遡上条件（小谷ら, 1998）

2. 2 計算環境

今回の検討にあたり、日本原子力研究所殿から ITBL 並列計算機を借用した。ITBL は、Information Technology Based Laboratory の略であり、全国にある大学、研究機関のスーパーコンピュータ資源を仮想的に統合したグリッドコンピューティング環境である（平成 17 年度に向けて整備中）。今回は、その中の ITBL 並列計算機（富士通社製 PRIMEPOWER）を借用した。なお、ITBL 並列計算機は、SPARC V9 に準拠した 675MHz プロセッサ 512 個を高速クロスバネット等で接続した UNIX サーバである。

2. 3 目標値

気象庁による現在の津波警報は感震後、約 3～5 分程度で報じられる。事中情報としての活用を考えて、気象庁の予報と同程度の時刻で計算を完了させることを今回の検討における目標値とした。

3. 津波数値計算プログラムの構造

今回の検討で使用した津波数値計算プログラムの概要は表 2 のようになる。計算ステップ(再現時間÷時間間隔分)、③以降の処理が繰り返し行われる。なお、C 領域については表 1 に示すように浅水理論に基づく非線形計算処理となっている。

表 2 津波数値計算プログラムの処理過程

①	地形データの読み込み	
②	断層パラメータによる初期波形決定	
③	水位・全水深の算定(A, B, C 領域それぞれ)	
④	領域外接続処理	繰り返し 返される
⑤	水位接続処理(A→B, B→C)	
⑥	線流量の算定(A, B, C 領域それぞれ)	
⑦	流量接続処理(外挿, 内挿それぞれにA→B, B→C)	
⑧	データ整理(最大波高, 到達時間など必要な情報保持)	
⑨	データ入れ替え(次の時間ステップの準備)	

4. 性能測定結果および考察

ITBL 並列計算機上で、津波数値計算プログラムの性能測定を行った(表 3)。再現時間は、三陸沖で地震が発生してから沿岸に津波が到達すると一般的に言われている 30 分間を仮定し、時間間隔 0.1 秒で、並列化はコンパイラによる自動並列化を利用した。また、図 2 に示すように、処理時間に大きな影響を与えている C 領域における非線形計算についても並列化効果を検証した。

表 3 津波計算プログラムの性能測定結果

	1CPU による 逐次処理	16CPU による 並列処理	並列処理 効果
プログラム全体	314 分 18 秒	→ 17 分 59 秒	17.5 倍
計算ループ処理(表 2③～⑨)全体	313 分 50 秒	→ 17 分 28 秒	18.0 倍
⑥線流量の算定*	0.592 秒	→ 0.040 秒	14.8 倍
③水位・全水深の算定*	0.082 秒	→ 0.003 秒	27.3 倍

*計算ステップ 1 回(格子点 1012×544)分の処理時間

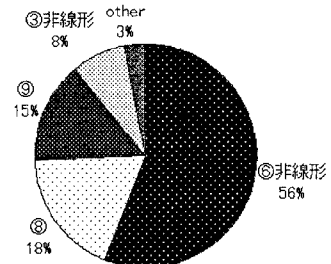


図 2 処理時間の割合

今回、検討した条件では、事中情報としての活用を目指した 5 分以内に計算を完了できないことが分かった。しかし、「コンパイラによる自動並列化のみでも大幅な性能改善がみられる(表 3)」, および「非線形計算処理と比較して水位・流量接続処理の計算量が僅少である(図 2)」という点を考慮すると、浅水域の分割と並列処理が今後の課題として残るものの、津波数値計算技術を事中情報として活用することは可能であると考えられる。

また、非線形計算を線形計算に置き換えた場合は、同じ条件(16CPU)でプログラム全体の実行が 6 分 3 秒で完了するようになる。浅水域における計算では一般に非線形計算が精度の点で有意とされるが、「性能(処理時間)」と「必要とされる情報の精度」はトレードオフの関係にあるためこの点も今後検討する。

5. 今後の展望

スーパーコンピュータ等による大規模な並列計算だけではなく、導入・運用コストの安価な PC クラスタを利用したモデルシステムについても今後検討し、実際のフィールドに当てはめて実用性を検証してゆく予定である。

参考文献

- 1) 石田ら(1998): 三陸沖での新しい監視方法による津波情報提供の可能性, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp386-390
- 2) 小谷ら(1998): GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp. 356-360