

並列計算によるリアルタイム土砂災害予測システムの紹介

国土交通省 近畿地方整備局 六甲砂防事務所 後藤宏二,石尾 浩市
日本工営株式会社 ○九鬼和広,遠藤和志,千葉明子,秋山成央,津島博志,小野寺勝

1. はじめに

地球温暖化や近年の異常気象により土砂災害が発生していることから、減災に寄与する災害予測に対する期待が高まっている。これらの期待に応える災害予測には、予測精度向上やリアルタイム性の高い計算結果の提供が重要となる。これには地形の再現性のよい詳細なデータを利用するため多数の計算ステップが必要であることと、統一河川情報で提供される雨量情報や水位情報の提供時間内（10 分間）に予測計算終了する必要があることから、これまではパーソナルコンピュータ（AT 互換機）を利用した計算環境では実現が困難であった。

しかし、近年、複数コアの CPU（マルチコア）やネットワークの高速化（ギガビットイーサネット）が普及価格帯で利用できることや、Linux の普及により汎用機（UNIX 等）で利用していた並列計算用ソフトウェアがパーソナルコンピュータ（AT 互換機）で利用できるようになるなど、土砂災害予測を取り巻く計算環境が変化している。

そこで、並列化検討を実施し、並列計算実施による時間短縮効果を利用したリアルタイム土砂災害予測システムを構築した。

2. 採用した並列計算手法（MPI, METIS）

並列計算の方法には、分散メモリ型に対応した「MPI」を用いる方法と、共有メモリ型に対応した「OpenMP」を用いる方法とがある。前者は分散処理用に入出力データを整備する必要があり、プログラムも並列処理用に記述することが多く若干煩雑になるが、並列化効率が高い傾向にある。後者はプログラミングの改良のみでデータの変更が必要でないため開発が容易だが、処理が全て分散されるわけではないため高い並列化効率は得にくい傾向にある。

よって、できるだけ高い並列化性能を出すことを目指し、「MPI」による並列計算を行った。なお、MPI による並列計算を行う場合には、計算に用いるメッシュを各プロセッサに割り当てるように領域分割を行う。この場合、領域分割は各プロセッサが均等に計算を行いかつ通信量をできるだけ少なくすることが望ましい。今回は、ミネソタ大学にて開発されている領域分割ライブラリのフリーソフトウェア「METIS」を採用した。

3. 計算結果及び並列計算の効率に関する考察

並列化計算は、プロセッサ台数による効率を確認するために、比較のための単体計算と均等分割を考慮した 2, 4, 8, 16 台に分割したケースについて実施した。なお、検討には、地形の再現性のよさを考慮し、空間解像度の高い住吉川の 20m メッシュを用いた。検討に用いた並列計算機の仕様を表 1 に示す。

表 1 並列計算機の仕様

項目	仕様	項目	仕様
CPU	Intel 社製 Xeon プロセッサ	OS	Red Hat Linux 7.3
周波数	3.06GHz, Single Core ×20Node	ネットワーク	1000Base-T (Gigabit Ethernet)

領域の分割は、図 1 に示すとおり、各ケースともに同等の面積（節点数）とした。

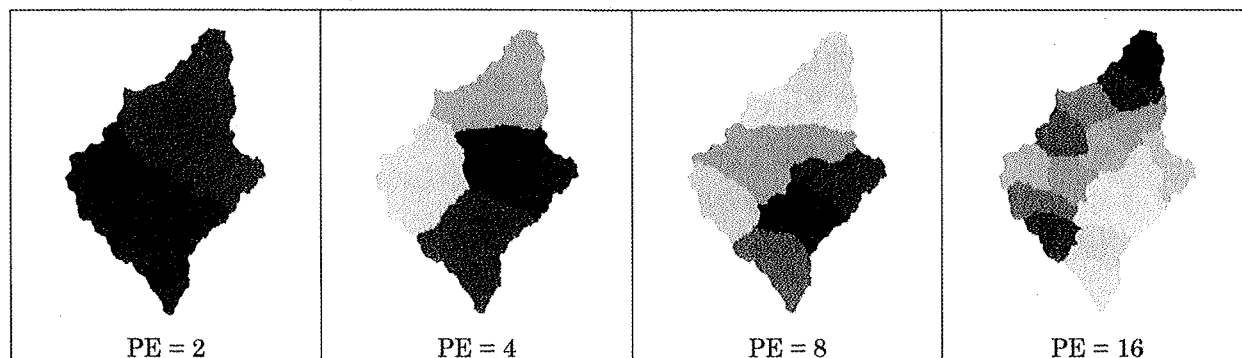


図 1 並列計算用の領域分割（各領域を個々の CPU に割り当てる PE はプロセッサの数）

計算は非構造格子を用いた表面流の水理解析を対象とし、時間増分 0.1 秒として 1000 ステップの計算による試算とした。表 2 に各プロセッサ数のケースにおける計算時間及び並列化性能評価について示す。また、演算速度倍率と並列化効率との関係を示したものが図 2 となる。なお、演算速度倍率と並列化効率は次のように定義している。

演算速度倍率：プロセッサ数 N 台の場合の CPU 時間 / 1 台の場合の CPU 時間

並列化効率：演算速度倍率 / プロセッサ数

演算速度倍率はプロセッサの台数と完全に比例する場合が理想倍率（図 2 左参照）となるが、8 台までは理想倍率以上の結果が得られている。なお、理想倍率を超える結果となっているのは、プロセッサが持つキャッシュメモリの効果によるものと推察される。

16 台の場合は理想倍率より若干低い結果となっているが、これは台数が増加することにより通信量も増えることによる結果である。並列化効率は 1 程度であると高いとされるが、16 台の場合で 9 割程度の結果となる。（図 2 右参照）

表 2 並列化による計算時間及び倍率（1000 ステップの試算による）

PE	CPU-TIME[s]	演算速度倍率	並列化効率	理想倍率	3時間予測[分]
1	25.24	1.000	1.000	1.00	22.7
2	12.18	2.072	1.036	2.00	11.0
4	5.78	4.365	1.091	4.00	5.2
8	3.04	8.315	1.039	8.00	2.7
16	1.71	14.754	0.922	16.00	1.5

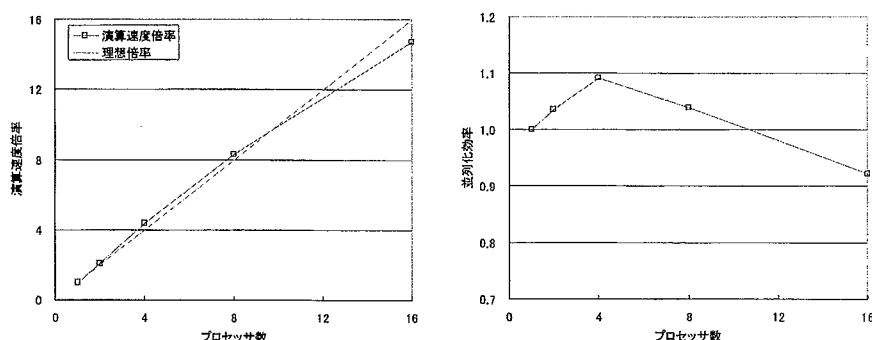


図 2 並列化性能評価

4. おわりに

これまで数十万メッシュの計算で、30 分程度かかっていた計算を並列化によって約 5 分以内に実施できたことから、入力データの取り込みや制御部分を追加しても、10 分以内で行えることが確認できた。

これにより、物理過程水理解析を考慮した、より空間解像度（20m メッシュ）の精度の高いリアルタイム土砂災害予測が可能となった。上記の検討を踏まえ、六甲砂防管内において、WebGIS を用いたシステム構築（図 3 参照）を行った。

これらの検討成果であるリアルタイム土砂災害予測の活用によって、実際の災害対応に寄与できることが期待される。

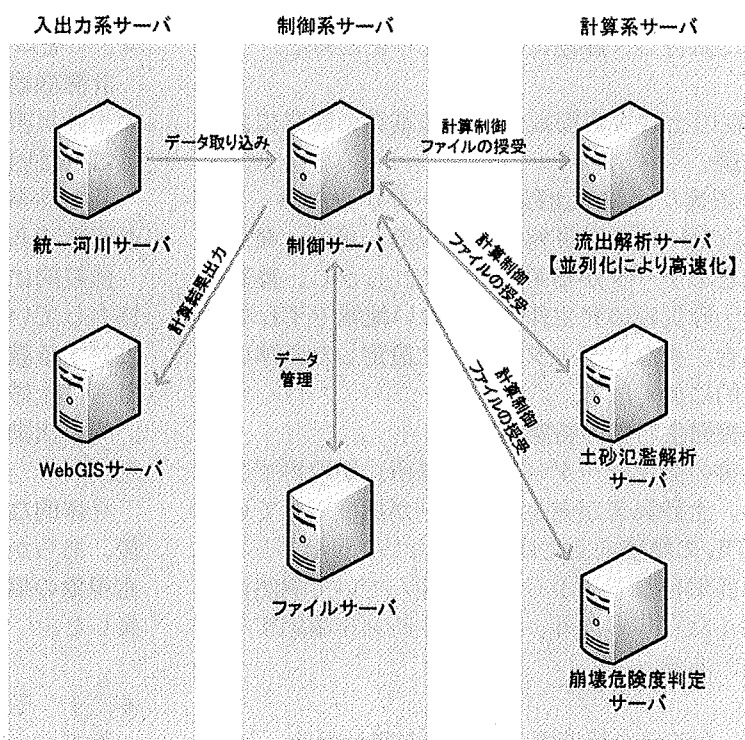


図 3 リアルタイム土砂災害予測システム概要

<参考文献>

- 1) 杉山ら：リアルタイム土砂災害予測システム構築の試み：H19 砂防学会研究発表会概要集，p 12, 2007