

クラウドコンピューティングによる浸水解析の高速化

(株)日立製作所 正会員 ○山口 悟史

(株)日立パワーソリューションズ

楠田 尚史

概要

計算時間短縮のため、クラウドを利用したシミュレーションシステムを提案する。報告者らは、クラウド上に複数台の仮想マシンを作成、独立な計算ケースを同時に解析させる手法を開発した。実験では、「浸水想定区域図」を模した淀川の氾濫解析を12台の仮想マシンに分散処理させ、従来5日以上要した計算をその1/10の13時間に短縮した。多数の仮想マシンを短期間、安価に利用できるクラウドが、氾濫解析の解析時間短縮に有効であると結論する。

1. 目的

浸水想定区域図の作成には、包括的かつ詳細な氾濫解析が求められる。典型的な解析例では、設計規模洪水および最大規模洪水を、25m程度のメッシュサイズで、破堤点ごとに1ケースとして数十から数百破堤点に対し実施する。計算時間の長期化により、作業完了が遅延するリスクが増大している。

洪水氾濫解析の計算時間の短縮という技術課題に対し、報告者らは次の3つの解決策を提案する。

- 1) 計算領域の削減による計算量の削減
- 2) CPU 拡張命令およびマルチコア構成を利用した実行効率の向上
- 3) 複数台の計算機を利用した複数のシナリオの同時実行処理

報告者らは第1の解決策として、浸水領域に応じた動的に計算領域を拡大・縮小する動的領域定義法を提案した。第2の解決策として、CPU 拡張命令によるベクトル化、およびマルチコア同時実行処理を提案した[1]。本報告では、第1、第2の解決策を利用し、さらに第3の解決策としてクラウドを利用した高速化手法について論じる。

2. 提案手法

現在、利用時間に応じた料金で計算資源を提供する「クラウドコンピューティング」と呼ばれるサービ

スが利用可能である。多くのクラウドでは、1台の仮想マシンをN時間利用することと、N台の仮想マシンを1時間利用することのコストがほぼ等しい。これを利用し、想定破堤点と同じ台数だけ仮想マシンを用意してシミュレーションさせることで、コストと計算時間を最小化することを考えた。ただしその実現には、現実の制約を踏まえた設計が必要となる。たとえば、共有ディスクに複数台の仮想マシンが同時に書き込むと性能が大幅に劣化するため、書き込みの排他制御を行う必要がある。

提案システムは、管理用の仮想マシン1台、計算用の仮想マシン12台、共有ディスク1台から構成され、クラウド(Microsoft Azure)に展開される。管理マシンが書き込みの排他制御などを行う。計算マシン1台当たりのCPUコア数は16、計算マシン全体のCPUコア数は192である。ユーザはインターネット経由でシステムに接続する。

提案システムでは、Step 1: ユーザがデスクトップ端末で氾濫計算条件を作成し、そのデータをクラウドにアップロードする。Step 2: クラウドの管理マシンが未処理の計算ケースを計算マシンに配布する。Step 3: 計算マシンが氾濫解析を実行する。すべての計算ケースが終了するまでStep 2および3を繰り返す。Step 4: ユーザが計算結果をダウンロードする。氾濫解析には、著者らの開発したソフトウェア(DioVISTA Flood)を使用した。

3. 効果の検証

シミュレーションシナリオとして、淀川の巨大水害を採用した。対象流域に分布型流出モデル・河川1次元不定流モデル、氾濫2次元不定流モデルを構築した(図1、表1)。大臣管理区間には実測断面を与えた。近年の3降雨の実績降雨を基に、当時の河川水位を再現するよう分布型流出モデルのパラメータ(土層厚、飽和透水係数、地表面粗度)を調整した。

キーワード 浸水想定区域, 高速化, クラウド, シミュレーション, 大規模水災, 淀川

連絡先 〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280, Tel. 042-323-1111, satoshi.yamaguchi.vk@hitachi.com

想定降雨を既往最大降雨（2013 年台風 18 号）の 2 倍強度とした。計算ケース数は、破堤 75 ケース、越流 1 ケースとした。解析対象期間を 72 時間、氾濫メッシュサイズを 25 m とした。

解析結果のうち、最大の浸水面積（222 km²）となったケースを図 2 に示す。浸水面積の平均は 150 km²であった。頻度分布を図 3 に示す。

仮想マシン 12 台で 76 ケースを解析し、計算開始から 47,660 秒（13 時間）後にすべての結果が得られた。仮想マシン 12 台のうち 4 台が 7 ケース、8 台が 6 ケースを解析した（図 4）。合計の計算時間は 450,286 秒（5 日 5 時間）であった。すなわち、1 台で実施する場合の 10.4 倍の速度で結果を出力した。また、仮想マシン数を 1/2 の 6 台にして再計算すると、計算期間が 1.9 倍に増加したことから、仮想マシンの台数が計算期間短縮に寄与したことが分かった。

4. 結論

クラウドを利用した提案システムは、浸水想定区域図の解析時間の短縮に寄与した。

提案手法は、独立な計算ケースを多数同時実行する上で効果的である。アンサンブル予測などへの適用も有効と考えられる。

謝辞

本研究は東京海上日動リスクコンサルティング殿 河道モデル構築業務として実施した成果の一部である。ここに記し感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Yamaguchi, S. and S. Yamaho, Optimizing Two-Dimensional Flood Model with SSE and Concurrent Processing, Proc. of ICHE 2016, pp. 08-0001, 2016.

表 1: 作成した淀川モデルの仕様

対象河川	本川 1、支川 42
構造物	合流 32、遊水地 1、ダム 7
流出モデル	分布型、メッシュサイズ 100 m
河川モデル	1 次元、メッシュサイズ 200 m
氾濫モデル	2 次元、メッシュサイズ 25 m
入力データ	レーダ降雨時系列、本川河口水位



図 1: モデル構築範囲（淀川流域）

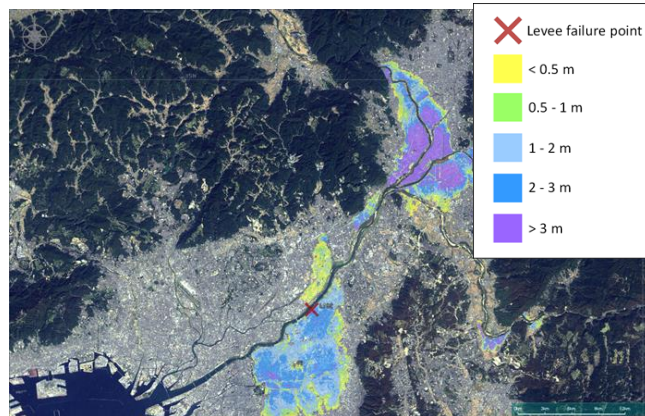


図 2: 解析例（左岸 19.2 km 破堤，浸水：222 km²）

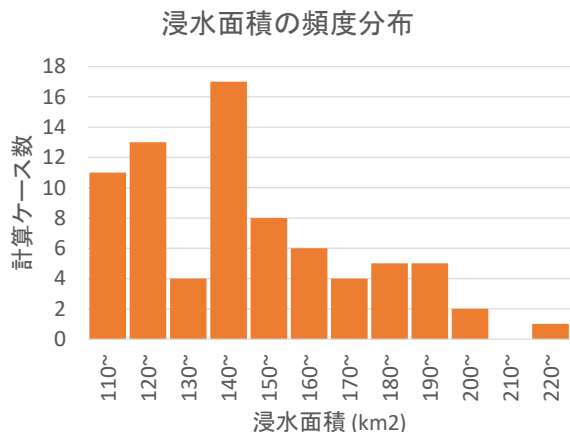


図 3: 浸水面積の頻度分布

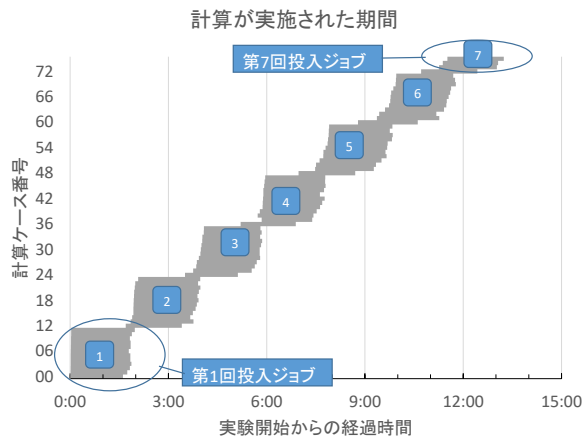


図 4: 計算が実施された期間