

小河川向け高速連成シミュレーション手法の提案

(株)日立製作所 中央研究所 正会員 山口 悟史
 (株)日立エンジニアリング・アンド・サービス 池田 務
 (株)日立製作所 中央研究所 岩村 一昭

1. はじめに

河川からの越流による水害現象の予測のために、高速なシミュレーション方法が求められている。河川の流れと氾濫原の流れとが強く影響し合う小河川の水害をシミュレートするためには河川モデルおよび氾濫モデルを同期して動作させる必要がある。また、幅の狭い河川であっても越流が右岸左岸どちらで発生するかにより浸水域が大きく異なるため、一方の岸からの越流が反対の岸に流れなくすることが必要である。

本報告では、小河川における水害現象の予測を目指し、上記要求を満たす高速なシミュレーション方法を提案する。さらに、過去発生した水害のシミュレーションに要する計算速度を計測し、手法の有効性を検討した結果を報告する。

2. 提案手法

2.1 各モデルの動作シーケンス

河川モデルおよび氾濫モデルを同期して動作させるためのシーケンスを図1に示す。まず、地図生成、時間同期、河川モデル、氾濫モデル、越流モデルの各モジュールを用意する。河川モデルは1次元不定流を、氾濫モデルは2次元不定流を、越流モデルは越流公式を解くモジュールである。河川モデルおよび氾濫モデルの時刻をごく短い時間 Δt だけ進めた後、両モデル間の流量を越流モデルにより求める。得られた結果を

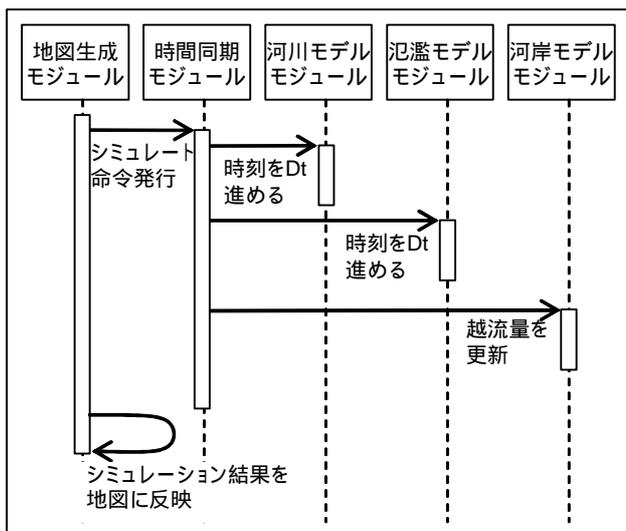


図1: 河川氾濫シミュレーションの動作シーケンス。

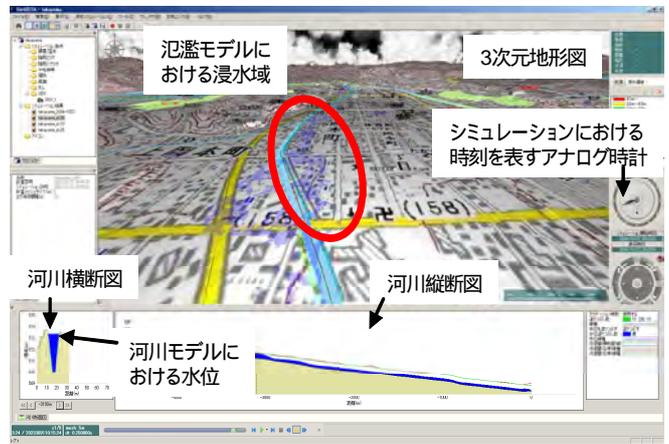


図2: 地図生成モジュールによる画面表示例。

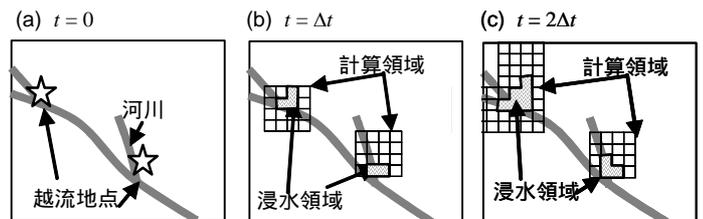


図3: Dynamic DDM による計算領域の変化。

地図生成モジュールにより表示する(図2)。3次元地図上で氾濫モデルにおける浸水深が、河川縦断面図および河川横断面図により河川モデルにおける河川水位が表示されている。

2.2 氾濫モデルを高速化する Dynamic DDM

氾濫モデルを高速化するために、2次元不定流を高速に計算する手法 Dynamic DDM [1]を適用した。Dynamic DDM とは、浸水域にあわせ計算領域を自動的に拡大・縮小する手法である(図3)。この手法は、越流が発生していない場合は河川のみ、越流が発生した場合は河川および浸水した氾濫原のみに計算領域を限定するため、大幅な高速化が実現できる。

2.3 左右岸を区別して格子を接続する FROG 法

一方の岸からの越流が反対の岸に流れないようにするためには、河川の左右岸の両方を同時に含む格子が存在しないように格子を生成し、河岸を含む格子で氾濫モデルを河川モデルと接続させる方法が一般的である。ところが Dynamic DDM では、河川形状とは無関係な矩形からなる構造格子を使用す

キーワード: 小河川, 氾濫, シミュレーション

連絡先: 〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280 (株)日立製作所中央研究所 TEL: 042-323-1111

る必要がある。そのため、左右岸を同時に含む格子が生成される。河岸を含む格子で氾濫モデルを河川モデルと接続させた場合(図 4a)、左右岸を同時に含む格子に含まれる河岸で越流が発生すると右岸側、左岸側両方の氾濫領域が浸水することになる。したがってたとえば左岸のみで越流が発生し、左岸側の氾濫領域のみ浸水する現象をシミュレートできない。

そこで著者らは、河岸から氾濫原の方向に1格子進んだ格子で氾濫モデルを河川モデルと接続させる、Floodplane-River-Overflow Gluing 法と名付けた格子接続法を開発した(図 4b)。これにより構造格子であっても一方の岸からの越流が反対の岸に流れない状況を再現できる。

3. 評価実験

提案手法により岐阜県高山市で発生した2004年台風23号災害をシミュレートした。シミュレーションのデータとして、現況河川横断面図に基づいた河川横断面形状を、国際航業(株)のレーザ計測データに基づいた地形を、(財)日本気象協会の1kmメッシュ実況降雨データに基づいた河川上流端流量を与えた。格子間隔は河川モデルで10m、氾濫モデルで25mとした。時間間隔は各モデルとも1秒とした。シミュレーション対象の時刻は2004年10月22日0時から23日24時までの48時間とした。シミュレーション対象の空間は、河川4500mおよびDynamic DDMにより決定される氾濫原とした。シミュレーションは2005年モデルのノートPCで動作させた。なお、CPUはIntel® Pentium® M Processor 1.86 GHzであった。

4. 結果と考察

実験では、48時間の実現象を41秒でシミュレートした。この計算時間であれば、水害の予測に十分適用できる速度であるといえる。

シミュレーション結果と現地調査とを比較した(図5)。浸水面積は現地調査では約22.5haに対しシミュレーションでは32.8haであった。右岸側(図右側)浸水域は過小評価されている。また、実際には浸水しなかった下流側が浸水している。一方、左岸側浸水域の東西方向の広がりによく再現されている。提案手法により浸水域の傾向が再現できたといえる。

5. 結論

小河川における水害現象の予測を目指し、高速なシミュレーション方法を提案した。提案手法は以下1)~3)からなる。

- 1) 河川モデルと氾濫モデルを同期して動作させる。
- 2) 氾濫モデルにDynamic DDMを適用する。
- 3) 河川モデルと氾濫モデルとをFROG法により接続する。

提案手法により岐阜県高山市で発生した2004年台風23号

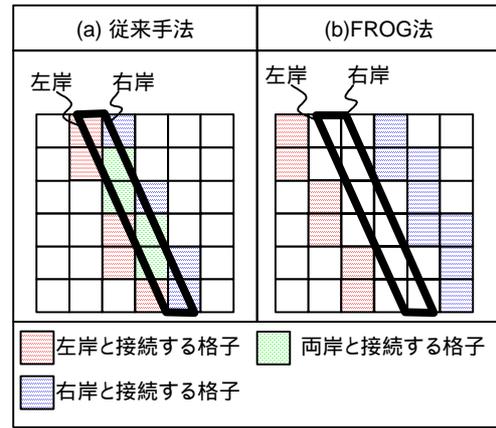


図4: 河岸と格子の配置。(a) 従来手法、(b): FROG法。

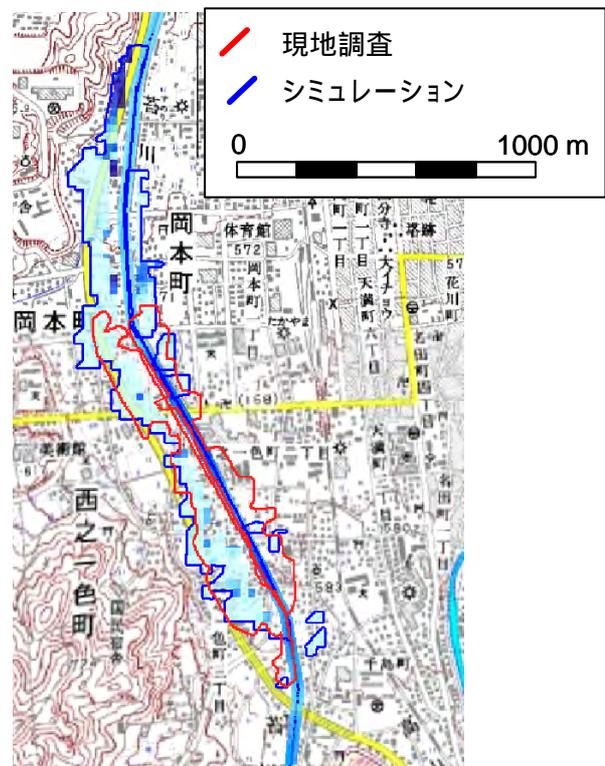


図5: シミュレーションと現地調査の浸水域についての比較。

災害をシミュレートした。48時間の実現象を41秒でシミュレートし、その結果は浸水域の傾向を再現した。

謝辞

岐阜県高山市より河川および水害現場調査のデータを提供いただいた。ここに記し感謝の意を表す。図2および図5は日立エンジニアリング・アンド・サービス社製ソフトウェアDioVISTA/Flood Simulatorにより作製した。

参考文献

- [1] 山口悟史, 岩村一昭: Dynamic DDMによる氾濫シミュレーションの高速化, 情報処理学会論文誌: 数値モデル化と応用, Vol. 48, No. SIG 6 (TOM 17), 2007.