

CommonMP による氾濫シミュレーションの演算速度向上のための検討

国土交通省国土技術政策総合研究所

正会員 ○菊森 佳幹

1. はじめに

CommonMP¹⁾は、国土技術政策総合研究所が中心となって開発している水理・水文モデル等の汎用的なプラットフォームである。これにより、さまざまな解析モデル（要素モデル）を組み合わせることで河川流域の複雑な水・物質移動をシミュレーションすることができる。CommonMP は国土交通省直轄の河川事業では、もっぱら流出計算や準二次元不等流計算等に使われてきたが、今後は氾濫解析で活用していくことが予定されている。一般に氾濫シミュレーションは演算負荷が高くシミュレーションに要する時間が長くなるので、少しでも演算速度を上げる工夫が求められる。CommonMP 上でシミュレーション・プロジェクト（以下、プロジェクト）を作成する場合、要素モデル間の接続要素の数が多くなるほど、演算負荷が高くなることが知られている。接続要素の数を減らすためには、河道、破堤・越流、氾濫等のそれぞれの水理現象を個々の要素モデルとして実装するのではなく、これらの水理現象を一体化した要素モデルを用いるのが有効である。そこで、本稿では氾濫を含むシミュレーションにおいて複数の水理現象を一体化した要素モデルを用いたシミュレーションと個々の水理現象の要素モデルを接続したものの演算速度を比較し、水理現象を一体化した要素モデル利用の有効性を検討することとした。

2. 検討に用いたシミュレーション条件

検討に用いたシミュレーションの内容・諸元を表-1 に示す。検討対象とした水理現象は、河道の洪水流下、破堤・越流現象、堤内地への氾濫・浸水現象の3つであり、それぞれ、一次元不定流、治水経済調査マニュアル(案)²⁾に基づく破堤・越流モデル（以下、越流モデル）、直交座標の平面二次元氾濫モデル（NILIM モデル³⁾）とし、一般的に用いられる解析モデルを CommonMP の要素モデルとして実装したものをを用いた。

表 - 1 シミュレーションの条件

水理現象等	内容・諸元
河道	一次元不定流（一般断面形状 11 断面，200m 間隔） 上流端流量，下流端 HQ 関係 2 段階ラックスウェンドロフ法，横流入あり
破堤・越流	本間の越流式，最大破堤幅 133.59m， 破堤箇所 1 箇所，治水経済調査マニュアル準拠
氾濫	NILIM モデル，格子サイズ 100m（80×60 格子）
再現期間	36 時間

これらの個々の水理現象の要素モデルを接続して作成したプロジェクト（接続プロジェクト，図-1）は、河道モデルと越流モデルおよび越流モデルと氾濫モデルの間に双方向の接続要素が存在するが、越流モデルが現時刻の河道および堤内地の水位から Δt （演算時間間隔）後の越流量を算定する要素モデルであり、越流モデルが先行して河道モデルと氾濫モデルに演算に必要なデータを供給することにより、要素モデル間の収束計算なしで、演算を進めることができる。また、全体系と越流モデルの Δt を同じにすることにより、一般的な CommonMP のプロジェクトで用いられる非同期型演算制御⁴⁾のプロジェクトとすることができる。

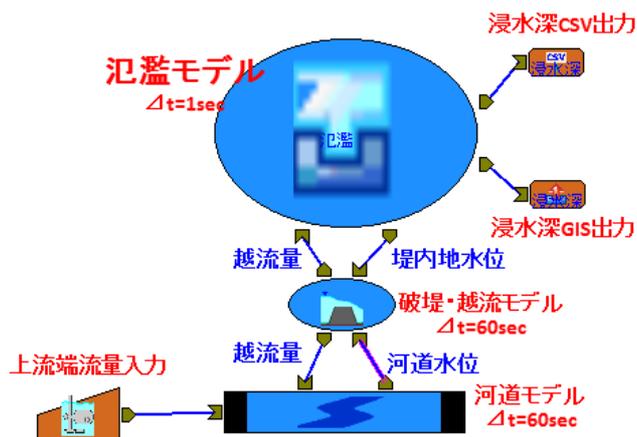


図-1 接続プロジェクト

河道、越流および氾濫現象を一体化した要素モデルを用いたプロジェクト（一体化プロジェクト，図-2）は、双方向接続がないので非同期型演算制御で

キーワード CommonMP, 氾濫解析, 演算速度, 要素接続, 演算時間間隔

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地 国土技術政策総合研究所 TEL : 029-864-3052

作成することができるが、複数のモデルを一体化したことにより、 Δt をそれらの要素モデルのなかのもっとも短い Δt に統一することとした。また、接続プロジェクトの要素モデルの Δt に合わせて、氾濫ルーチンが60回計算するごとに、河道ルーチンと越流ルーチンをそれぞれ1回ずつ計算する演算負荷を削減した要素モデルを用いたプロジェクト（最適化プロジェクト、図-2と同じ）も作成した。

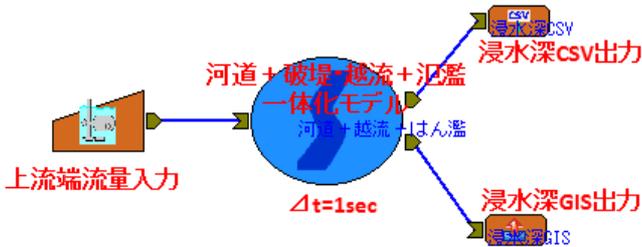


図-2 一体化プロジェクト

3. 演算速度の比較

3つのプロジェクトのシミュレーションを表-2に示した実行環境で実施した。氾濫原の浸水深をCommonMP-GISで表示した結果を図-3に示す。

表-2 シミュレーションの実行環境

項目	内容
CPU	Intel Core i7 2.80GHz
Memory	6GB
OS	Windows 7 Professional 64bit
CommonMP	CommonMP Ver1.3.0

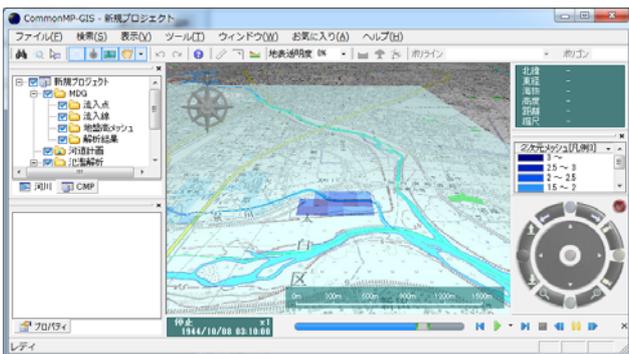


図-3 浸水深のGIS表示

それぞれのプロジェクトの演算所要時間は表-3のとおりである。今回のケースでは、一体化プロジェクトの方が接続プロジェクトよりも演算所要時間が長くなっている。これは、一体化プロジェクトでは、3つの要素モデルの中でもっとも Δt の短い氾濫モデル（1秒）に Δt を統一しなければならず、 Δt の長い河道モデルと越流モデル（ともに60秒）で演算量が増大したことから、接続プロジェクトでは接続要

素上を伝送されるデータ量がそれほど多くなかったことが原因であると考えられる。また、最適化プロジェクトが3つのプロジェクトの中でもっとも演算所要時間が短くなっている。このことから、機械的に複数の要素モデルを一体化させただけでは、演算量は減少せず、演算時間の短縮を図るには要素モデル内部での Δt を水理現状ごとに最適化する等の工夫が必要であることが示唆された。ただし、河道分派現象のように要素モデル間の収束演算を用いる必要があるプロジェクトや、もともとと同じ Δt の要素モデルを多数接続するプロジェクトにおいては、単純に要素モデルを一体化することにより演算速度向上の効果が得られると考えられる。

表-3 演算速度比較

プロジェクト	演算時間間隔 (Δt)	演算所要時間*
接続プロジェクト	全体系： 60sec 河道モデル： 60sec 越流モデル： 60sec 氾濫モデル： 1sec	5' 23"
一体化プロジェクト	全体系： 60sec 要素モデル： 1sec	5' 39"
最適化プロジェクト	全体系： 60sec 要素モデル： 1sec	2' 29"

※6回計測の平均値

4. 結論

本稿では、CommonMPにおける氾濫解析において、個々の水理現象を表す要素モデルを接続させたプロジェクト、機械的に水理現象を一体化させた要素モデルを用いたプロジェクト、および一体化した上で個々の水理現象の演算ルーチンの演算回数を最適化させた要素モデルを用いたプロジェクトで演算速度を比較した。その結果、機械的に一体化させたプロジェクトがもっとも演算速度が遅くなり、一体化した上で演算回数を最適化したプロジェクトがもっとも演算速度が速くなった。これは、単純に要素モデルを一体化させただけでは演算速度は向上するとは限らず、速度向上のための工夫を同時に実施する必要があることを示唆するものであった。

参考文献等

- 1) CommonMP HP : <http://framework.nilim.go.jp>
- 2) 国土交通省河川局:治水経済調査マニュアル(案), 2009年4月
- 3) 国土技術政策総合研究所: NILIM2.0 都市域氾濫解析モデル
- 4) 菊森佳幹, 川戸渉, 吉谷純一: 水理・水文解析のための汎用プラットフォームの開発方針および機能要件の分析, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.69 No.1 pp.1~13, 土木学会, 2013.