

降雨流出氾濫モデルの水理水文モデル構成システムへの移植

山梨大学 正会員 ○市川 温

1. はじめに

水理水文モデル構成システムとは、水理モデルや水文モデルを開発するうえで共通基盤となるシステムのことである。わが国では1990年代初めにOHyMoS (Object-oriented Hydrological Modeling System) [1] が開発され、ついでこのOHyMoSの考え方を引き継いでCommonMP (Common Modeling Platform for water-material circulation analysis) が開発された[2]。これらのシステムの普及を考えるうえで重要となるのは、システムそのものの機能・完成度とともに、システム上で動作するモデルである。使いやすく便利なモデルが数多く提供されれば、システムの普及に貢献するはずである。

本研究では、降雨流出氾濫モデル[3]を水理水文モデル構成システムで動作するモデルとして移植する。本モデルは、降雨流出・河道流・氾濫を一体的にモデル化したものであり、パキスタンやタイの大洪水に適用された実績がある。本モデルはFortranで記述されているが、これをC++とC#で書き直すことで、それぞれOHyMoSとCommonMPに移植し、新たな水管理・水政策検討のツールとして活用すること、水・物質循環モデルの研究開発の活性化に寄与することを目的としている。

2. 降雨流出氾濫モデル

降雨流出氾濫モデル (Rainfall-Runoff-Inundation Model, RRI Model) は、降雨を入力として、流域からの雨水流出、河道流、氾濫を一体的にシミュレートするモデルである [3]。降雨流出氾濫モデルは、図1のように、流域をグリッドセルに分割し、対象とする流域を斜面部と河道部とに分けて取り扱う。河道のあるグリッドセルにおいては、一つのグリッドセルに河道と斜面の両方が存在する。河道はグリッドセルの中央を流れる水路として表現し、上・下流の接続情報を持つ。降雨は斜面部のグリッドセルにのみ入力し、斜面部・河道部でそれぞれ水の挙動を追跡した後に、適当な時間刻みで斜面部と河道部との水のやり取りを計算する。

斜面部の流れは、平面二次元拡散波モデルで計算する。ただし、流量流積関係式を表面流だけでなく中間流域領域にも拡張している。具体的には次式を用いる。

$$q_x = \begin{cases} -kh \frac{\partial H}{\partial x} & (h \leq d) \\ -\frac{1}{n} (h-d)^{5/3} \sqrt{\left| \frac{\partial H}{\partial x} \right|} \operatorname{sgn} \left| \frac{\partial H}{\partial x} \right| - k(h-d) \frac{\partial H}{\partial x} & (d < h) \end{cases}$$

ただし、 q_x は x 方向の単位幅流量、 h は水深、 H は水位、 k は飽和透水係数、 d は土層の空隙深さ、 n はマンニングの粗度係数である。 y 方向も同様である。

河道部の流れは、河道流れ方向一次元の拡散波モデルで計算する。河道断面形状は長方形を仮定する。河道が存在するグリッドセルにおいては、計算の各時間ステップで、斜面部と河道部の水の流出入を計算する。その流出入量は、河道の水位、斜面の水位、及び堤防高に応じて四種類の場合分けを行い、段落ち式・越流公式を用いて計算する。

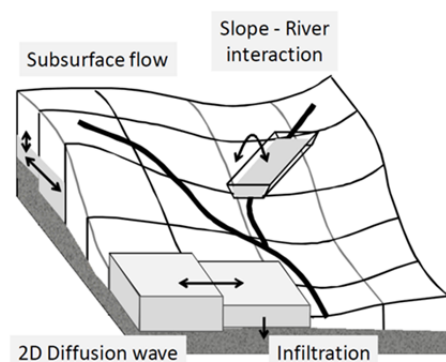


図1 降雨流出氾濫モデル

キーワード 降雨流出氾濫モデル, 水理水文モデル構成システム, 移植, OHyMoS, CommonMP

連絡先 〒400-8511 甲府市武田4丁目3-11 山梨大学国際流域環境研究センター

3. 降雨流出氾濫モデルの移植

図2は降雨流出氾濫モデルの計算の流れを示したものである。最初に必要な変数を定義し、つぎにパラメタ値や初期状態量の値などを入力ファイルから読み取り、適宜それらの値を対応する変数に設定する。これで計算の準備が整ったので、計算時刻が計算終了時刻に達するまで計算時刻を更新しながら水理水文学的な計算を進める。計算時刻が計算終了時刻に到達すれば計算を終了する。

このような計算の流れは、本モデルに特有のものではなく、計算を時系列的に進めるモデルで共通にみられるものである。OHyMoS や CommonMP のような水理水文モデル構成システムでは、この共通構造をあらかじめシステムのほうで用意している。そのため、モデル開発者は計算時刻を更新しながら計算を進めていく部分のプログラムを書く必要がなく、それぞれのモデルに特化した部分だけをコーディングすればよい。図2でいえば、「変数の定義」「パラメタ値・初期状態量の設定」「計算」の部分である。

システムで用意している「共通構造」に基づいてモデルを作成するには、「基本型要素モデル」とよばれるモデルの雛形を利用する。この基本型要素モデルには、水理・水文モデルで必要とされる基本的で共通な構造・機能があらかじめ用意されている。基本型要素モデルを雛形としてモデルを作成すると、そのモデルでは基本型要素モデルで用意されている構造・機能を使うことができるようになる。このことを、基本型要素モデルの継承という。基本型要素モデルを継承し、必要な変数を定義して、パラメタ値・初期状態量の設定と水理水文学的計算を行う関数をモデル内部に記述すれば、水理水文モデル構成システムで動作するモデルを作成することができる。

表1は、OHyMoS, CommonMP

それぞれの基本型要素モデル、パラメタ値を設定する関数、初期状態量を設定する関数、水理水文学的計算を行う関数をまとめたものである。

表1 移植に関係する主な項目

	OHyMoS	CommonMP
基本型要素モデル	Element	McForecastModelBase
パラメタ値を設定する関数	Set_parameter	SetProperty
初期状態量を設定する関数	Set_initial_state	Initialize
水理水文学的計算を行う関数	Calculate	Calculate

本研究では、オリジナルの降雨流出氾濫モデルのプログラムから、上記三つの関数に該当する部分を抜き出し、それらを適宜C++, C#で関数として書き直した。計算時刻を更新しながら計算を進めていく部分については基本型要素モデルで用意されているものを利用した。

4. 移植したモデルの適用

移植したモデルの動作を確認するため、岐阜県神通川水系宮川流域に適用し、雨水流出氾濫計算を行った。適用期間は2004年10月19日0時～23日0時の4日間である。図3は上がオリジナルのモデル、下がCommonMP版モデルによる計算結果（最大浸水深）である。紙面の都合でOHyMoS版モデルの結果は省略するが、計算結果は三者でほぼ一致し、移植したモデルが正常に動作することを確認した。

参考文献

- [1]OHyMoS ホームページ : <http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/ohymos/>.
- [2]CommonMP ホームページ : <http://framework.nilim.go.jp/>.
- [3]佐山ほか：インダス川全流域を対象とした2010年パキスタン洪水の降雨流出氾濫解析，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.68，No.4，I_493-I_498，2012.

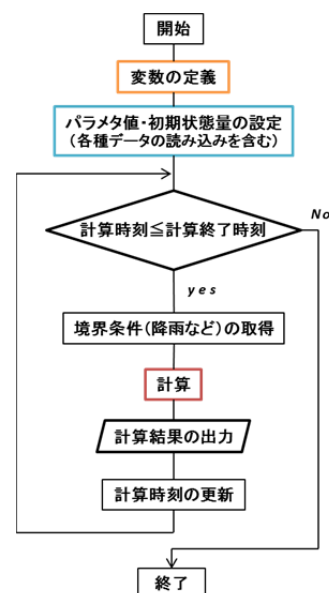


図2 降雨流出氾濫モデルの計算の流れ

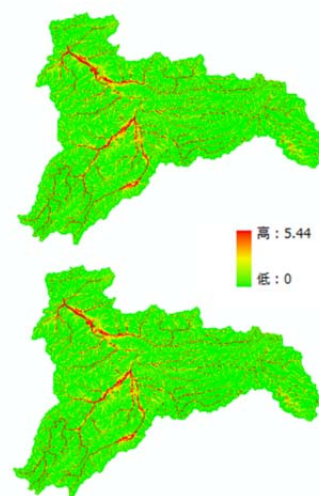


図3 適用結果