統合型地圏水循環モデルによる河川流出・氾濫予測

地球温暖化が進むことで、強い台風の増大、非常に強い豪雨の発生回数の増加が予測され、一級河川から中小河川まで洪水・氾濫対策の見直し・整備が必要と考えられています。十分な防災用ハード対策を施すには時間・コストがかかりますので、特に中小河川では豪雨時の洪水流出予測を基にした警戒避難体制、ハザードマップの作成などの減災対策が最重要課題となります。

ここで紹介するシミュレーション技術は、流域全体の地表水・地下水の流れを物理的に一体化して追跡でき、 豪雨時を想定した事前・リアルタイムシミュレーションにより、河川内の洪水流量予測から破堤・越流時の氾濫域・氾濫深予測を行うことができ、避難や防災対策設計のための有用な情報を提供します。

河川流出・氾濫解析の手法について

河川流出予測の方法には、従来から概念型モデル(貯留関数法、タンクモデル、統計手法に基づくAR法、ニューラルネットワーク法など)が簡便迅速な手法として用いられてきました。流域を一つの(あるいは複数の)ブラックボックスと考え、応答関数を構成する数学的パラメータを過去の降雨記録と観測流量から見出し、それを利用して予測降雨量に対する流出応答を計算し、早期警報に利用するものです。

これに対し、分布型物理モデルと呼ばれる手法があり、河川流路内の流れや斜面地表流を地形を考慮した水理学的近似手法で解き、地下の浸透流も鉛直一次元流や完全な3次元流として水理的に扱い両者を結び付けたものです。また、タンクモデルを平面的に多数配置し、それらを河川流路でつないだ概念型と分布型の中間型もあります。

一般に概念型で同定されるパラメータセットは流域の観測点に依存しますが、分布型物理モデルでは多くのパラメータが水理学的に一般性のあるものとなり、流域の任意の点の河川流量も推定できるようになります。

どちらのモデルでも観測点の流出挙動のよい再現性が得られます。分布型の方が概念型より計算量がかなり多くなりますが、通常の2~6時間予測などに十分利用できるレベルになっています。

氾濫解析には、主に浅水長波方程式を用いる方法(ダイナミックウエーブ)と慣性項を省略した拡散波近似が使われます。前者は津波や氾濫水の波の動きまで表現する標準的な方法で、後者は氾濫水の平均的な到達時間・水深・広がりの推定に有効です。

統合型地圏水循環モデルGETFLOWSによる河川流出・氾濫予測について

GETFLOWSは分布型物理モデルの一つです。地表の流れ(河川流路を含む)を開水路流れの拡散波近似で、地下水の3次元的流れは空気・水2相ダルシー流として扱い水理的に完全に連成して解きます。

このため、数値地形情報、河川網情報によりグリッドシステムを作成し、地質や土地利用などに応じて流路の粗度、土壌や岩石の一般的水理物性を設定することで、速やかに観測流量の良い再現性が得られます。降雨時の直接流出、中間流出、基底流出などは地表水、浅部浸透水や地下水の湧出としてごく自然に表現されます。また、一般の河川流出モデルでは流路内の洪水流のみが扱われ氾濫は考慮されていませんが、本モデルでは

また、一般の河川流出モデルでは流路内の洪水流のみが扱われ氾濫は考慮されていませんが、本モデルでは河岸の水位に達すれば自然に周辺へ氾濫する計算が行われます。また、低気圧通過時の河口の潮位上昇が氾濫に影響することがありますが、そのような条件も表現できます。

今までの洪水・氾濫解析事例の一部として、都市域河川の堤防決壊時の氾濫、仙台平野の津波侵入、愛媛県・ 重信川流出・氾濫解析(裏面)の例を紹介いたします。

河川流出・洪水氾濫解析の事例(江戸川、仙台平野)

1947年カスリーン 台風による利根川 右岸堤防の越流決 壊による氾濫流が 南下し、江戸川西 側一帯に氾濫域が 広がり、江戸川下 流船堀まで達した。 1級河川の治水 事業は強化されて きているが、今後、 豪雨強度。頻度の 増大が予想され、 国交省による対策 の見直しが始めら れている。

図-1. 堤防破壊を想定した洪水氾濫域予 測シミュレーション事例(左の河川は荒 川、うねった河川は中川)

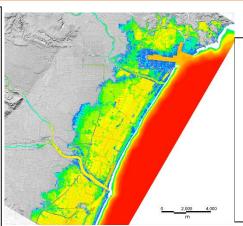


図-2. 仙台平野津波侵入解析(赤色は海、 黄色・青色は津波の水深を表している。

● 株式会社 地圏環境テクノロジー Geosphere Environmental Technology Corp.

3次元流域流出・氾濫モデルの事例(重信川モデル)



図-3. 重信川流域の地形図1)

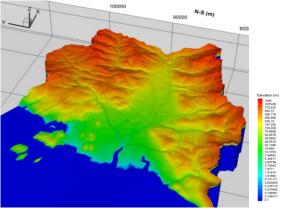


図-4. 離散化された重信川流域モデルの鳥瞰図²⁾

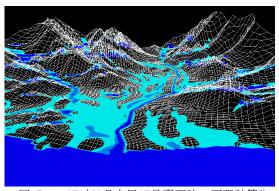
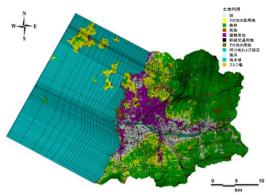


図-7. 1976年9月台風17号豪雨時の再現計算2)

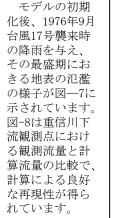
愛媛県・重信川は松山湾に注ぐ1級河川で流域面積は約 450km²です。中心部は周辺山岳からの土砂流入による扇状地で あり、伏流水も流れています。いわゆる"暴れ川"で、平成10 年、11年、13年に浸水被害や土砂災害が発生しています。

図-3は数値 標高図、図-4 は格子分割さ れたモデル、 図-5は土地利 用図、図-6は 表層地質を入 れたものです。



国土交通省「国土数値情報土地利用細分メッシュ(100m)」愛媛県、平成9年のデータを使用

図-5. 重信川流域の土地利用図2)



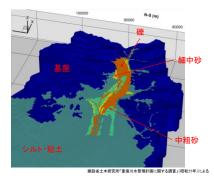


図-6. 重信川流域の推定表層地質分布2)

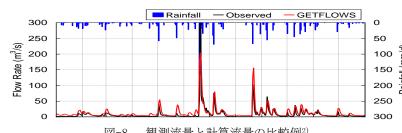


図-8. 観測流量と計算流量の比較例2)

今後の河川洪水流出・氾濫対策への適用

わが国には、国が管理する1級水系約109、自治体が管理する2級水系約2711があり、今後の豪雨強度・頻度増 加に向けた対策の見直しが必要と考えられています。特に2級水系は人員・予算等の制約から、非常時対応に遅 れが生じやすいことも指摘されています。

今後の2級水系における豪雨対策としては、1級水系と同じように流出モデルによる洪水・氾濫危険個所抽出、 優先箇所での対策実施、ハザードマップ・早期警戒・避難体制作りが急がれます。

GETFLOWSは、5~10mDEMなどを使い2級水系の河川網・地表・地下を十分な分解能を持って表現することがで きます。また、土地利用からおおよその一般的な水理物性を与えれば、地質情報や流量観測値がない流域でも、 比較的信頼性の高い豪雨・流量応答予測・氾濫予測が可能です。また、カスタマイズされたモデルを当該自治 体などのパソコン上で動かすことも可能です。

引用文献 1)カシミール5mスーパー地形図(カシミール3Dにより描画)

2)福岡庸一, 伊藤洋, 登坂博行: 地表水-地下水統合型モデルによる広域水循環系の水利用に関する一考察. 日本 地下水学会 2004年春季講演会講演文集

お問合せ:企画営業部(奥村、峯岸) ホームページ: http://www.getc.co.jp 03-5297-3811