

5.2 総合的な洪水・水資源管理を支援する基盤システムの開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水災害研究グループ

研究担当者：岩見洋一、鍋坂誠志、佐山敬洋、
杉浦愛、宮本守

【要旨】

これまで水災害リスクマネジメント国際センター（以下、ICHARM）は、精緻な水文情報を得ることが困難な開発途上国の流域においても、洪水被害の軽減のための洪水予警報を可能にする、総合洪水解析システム（IFAS）の開発を行い、実行形式ファイルの公開・研究・研修の取り組みを行ってきた。IFAS によって洪水予警報システムを組み上げることは可能であるが、精緻な水文情報を得ることが難しい流域において、IFAS のモデル定数調整には課題がある。一方、渇水も途上国の発展を妨げる要因の一つであり、水資源管理に関わる対策が望まれている。これらの状況を打開するため、当該研究では、IFAS の解析精度を向上させるためのモデル定数設定手法を標準化すること、低水流出解析・長期流出計算に適した解析エンジンの開発、高度な治水・利水施設操作を反映するモジュールの構築、CommonMP（Common Modeling Platform）を活用した拡張性の高い流出解析システム構築などの目標を掲げ、総合的な洪水・水資源管理の基盤システムを開発することを目指している。平成 25 年度は主としてインダス川流域を対象流域として、IFAS の機能拡張のための検討を行った。全球規模の土質分布データに応じた標準的なパラメータに加えて、詳細な地質調査結果が得られた場合には、容易に反映できるよう、インターフェイスの改良を実施した。また、勾配の小さい低平地のはん濫の影響を考慮した流出解析を行うことができる、降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）と IFAS と連結させ、下流域のはん濫も含めて解析できる IFAS-RRI 連結モデル及びユーザーインターフェイスの開発を行った。

キーワード：分布型流出モデル定数、統合水資源管理、IFAS、RRI

1. はじめに

ICHARM は、分布型流出解析モデルを基盤として洪水予警報システムを組み上げることができる IFAS（総合洪水解析システム）を開発してきた。この IFAS を基本として、洪水対策と併せて統合水資源管理あるいは渇水対策にも資するため、総合的な洪水・水資源管理を支援する基盤システムの開発を目指している。

平成 25 年度は主としてインダス川流域を対象流域として、IFAS の機能拡張のための検討を行った。土質分布に応じた標準的なパラメータに加えて、詳細な地質調査結果が得られた場合には、モデルパラメータに容易に反映することができるよう、インターフェイスの改良を行った。また、インダス川下流域のような低平地のはん濫計算を行うため、IFAS と RRI モデルを連結させるインターフェイスを開発した。

2. 主要な気候区分・土地条件に適応した水文過程のモデルパラメータ設定手法の標準化

2. 1 対象流域

水文情報が十分に観測されている流域においては、これまでにもモデルパラメータの設定が行われ、良好な解析結果が得られている。ICHARM は、主に水災害の多い、水文情報が十分に得られない開発途上国の流域を対象として、ある程度の精度が確保された流出解析の実現を目指している。

モデル定数設定手法の標準化を検討するための対象流域として、図-1 に示すインダス川を選定した。インダス川は、中国、インド、アフガニスタン、パキスタンの 4 ヶ国を流下する大流域を有する国際河川であり、標高約 7,000m 級の高山地帯から、海拔 0m の海までを流下する。そのため、本河川は、様々な水文過程を含んでおり、解析では多様な要素を考慮する必要がある。

そこで、全球規模の土質分布図をもとに区分した分類ごとの標準パラメータに対して、詳細な地質調査結果を踏まえてパラメータを容易に変更できるようにインターフェイスの改良を行った。

また、大流域を対象としたモデル構築を行う上で、流

域形状、河道延長のひずみを減らし、計算精度向上を図るために、WGS84 座標系でのモデル構築を可能とする機能を追加した。

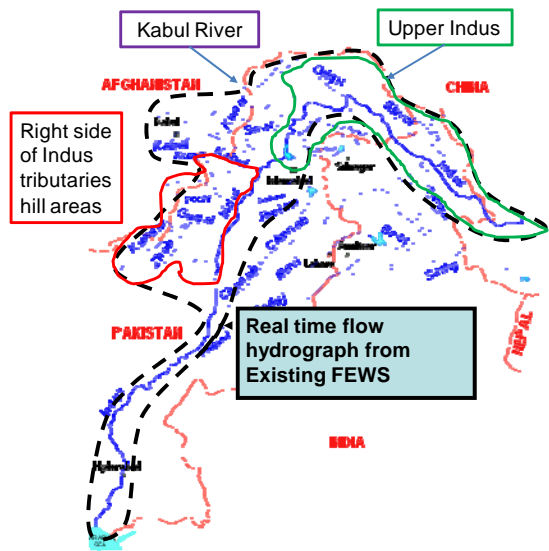


図-1 解析対象流域の概要

2. 2 IFAS (3段タンク土研分布型モデル) の概要

IFAS では、流出解析モデルとして表層タンク、不飽和層タンク、帯水層タンクを備えた3段タンクの土研分布型モデルを用いた (図-2 参照)。表層タンクは、地表面から 10cm 程度の表層を表現している。不飽和層タンクは、浸透過程で不飽和の領域を表現するタンクであり、帯水層タンクは、地下水の動きを表現するタンクである。

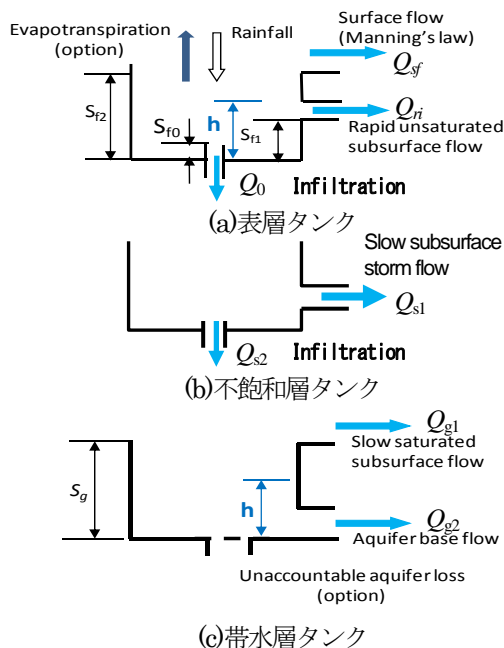


図-2 3段タンク土研分布型モデルの鉛直構造

2. 3 標準パラメータの提示

全球規模の土質分布図として、FAO et al. (2012)により公開されている、DIGITAL SOIL MAP OF THE WORLD を用いた。この土質分布図の成分構成をもとに、USDA Soil Texture class による分類を行った。そして、Handbook of hydrology を参考に、分類ごとに不飽和層タンクの標準パラメータが設定できるようにした。現地調査により詳細な土質情報が得られた場合には、容易に修正ができるようなインターフェイスの改良を行った (図-3)。

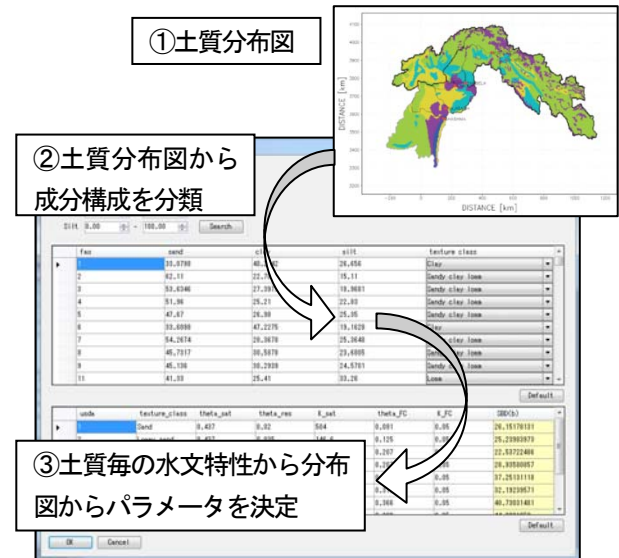


図-3 土質分布図からのパラメータの設定

2. 4 座標系の変換

従来の IFAS は、グリッド作成を行う際に衛星観測データの表現に用いられる WGS84 形式の座標系で作成されたデータを、UTM 変換 (ユニバーサル横メルカトル変換) していた。UTM 変換を行うと、大流域のモデルを構築した場合、対象流域に UTM のゾーン区分を超える流域が存在すると、流域にひずみが生じていた。このため、標高データを WGS84 座標系のまま、同座標系の流域界データや、同座標系の背景図と重ね合わせる機能を搭載することで、モデルをより効率的かつ精度良く構築出来るように改良した。

3. はん濫や潮位の影響を考慮した低平地流出解析モジュールの開発

3. 1 RRI モデル (Rainfall-Runoff-Inundation: RRI Model) の概要

IFAS は、山地域からの降雨流出を解析することを主眼としており、はん濫や潮位の影響を考慮していない。そこで、はん濫や潮位の影響を考慮した流出解析を行う

ために開発された RRI モデルと IFAS を連結し、山地域から下流の低平地のはん濫までを一体的に解析するインターフェイスの開発を行った。

RRI モデルは対象とする流域を河道と陸域に分けて取り扱う(図4)。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陸域の両方が存在する。河道はグリッドセルの中央を流れる線分として表現し、越流公式に基づいて河道・陸域の水のやり取りを計算する。以下にモデルの構成を概説する。

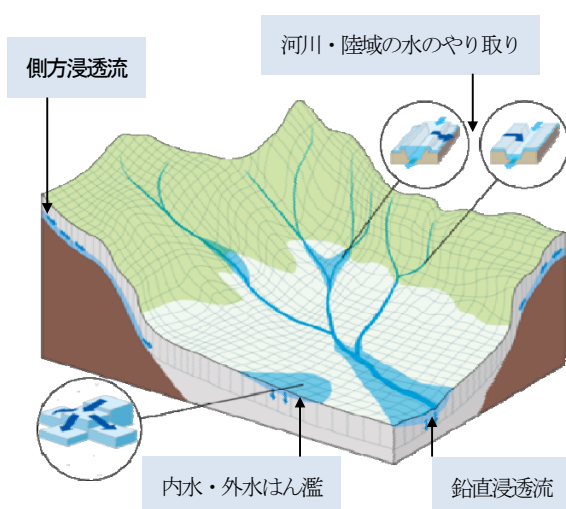


図4 モデル構造の概要と再現する水文過程

- (1) 二次元拡散波近似：一般的な分布型流出モデルは地形の勾配に応じて流れの方向を事前に決定し、一次元のキネマティックウェーブ式を適用することが多い。一方、RRI モデルは、低平地の降雨流出過程やはん濫原における浸水の状況を的確に再現するため、拡散波近似した二次元の浅水方程式を流域全体に適用している。
- (2) 水文過程の反映：通常のはん濫モデルは破堤地点からのはん濫量を境界条件に取り、はん濫原におけるはん濫水の挙動を詳細に解析する。一方、RRI モデルは、降雨流出モデルとしての機能も有するため、平野部における鉛直浸透流・山地域における側方浸透流、蒸発散と土壌乾燥による蒸発抑制、さらにはダムや放水路の影響など、従来のはん濫モデルでは考慮されてこなかった水文過程・流水制御の過程を簡潔に表現している。
- (3) 高速・安定的な数値計算アルゴリズム：RRI モデルは時間ステップが自動的に変化する方法(適応時間ス

テップルンゲクッタ法)で基礎式を解く。またソースコードに OpenMP を用いた並列化アルゴリズムを導入しており、一般的な PC で誰でも簡単に並列計算ができる。これにより利根川流域の約 10 倍に相当する 16 万 km² のチャオプラヤ川流域を 2 km のグリッドセルで計算し、約 2 時間で 5 か月分の流出はん濫計算を実行できる。

4. 2 インダス川流域への適用結果

インダス川上流域は、標高 6,000~7,000m 級の高山地帯で構成される。一方、インダス川中・下流域は広大な低平地であり、このような勾配の小さい低平地は IFAS よりも RRI モデルが計算に適している。そこで、図5に示すように、流出及び流下特性の異なる上流域と中・下流域で適用するモデルを分け、上流の山地域からの流出は IFAS で計算し、中下流域のデルタ地域には RRI モデルを連結したインターフェイスを開発した。

IFAS により出力される河道流量を RRI モデルの境界条件として与えることで、上流の高山地帯から下流のデルタ地帯までを連続的に計算することが可能となった。

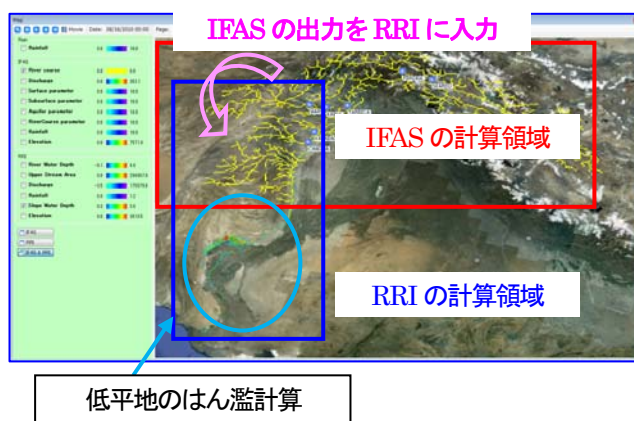


図5 IFAS と RRI モデルの連結イメージ

4. まとめ

当研究では、IFAS の解析精度を向上させるためのモデルパラメータ設定手法の標準化、低水流出解析・長期流出計算に適した解析エンジンの開発、高度な治水・利水施設操作を反映するモジュールの構築、CommonMP (Common Modeling Platform) を活用した拡張性の高い流出解析システムの構築、総合的な洪水・水資源管理の基盤システムを開発することを目標としている。

平成 25 年度は主としてインダス川流域を対象流域として、IFAS の機能向上のための検討を行い、以下の改良

を行った。

- ・全球規模の土質分布に応じた標準パラメータに加えて、詳細な地質調査結果が得られた場合には、それをモデルパラメータに容易に反映することができるインターフェイスの改良を実施した。

- ・インダス川下流域のように勾配の小さい平地において、はん濫の影響を考慮した流出解析を行うため、IFAS と RRI モデルを連結させたインターフェイスを開発した。

今後は、対象流域の気候条件を考慮しつつ、全球の積雪範囲データを活用するとともに、積雪深データの活用可能性について検討し、長期流出解析に必要な蒸発散の計算や、融雪出水について、計算可能となるような計算機能の増強を行う予定である。

また、水循環解析に係る共通基盤（CommonMP）上で動作する機能の開発を行うことを計画している。

さらに、国内外の河川への普及を拡大するため、国内、アジアの河川における適用性検証や研修・普及活動を継続して推進する。

参考文献

- ・佐山敬洋・岩見洋一：降雨流出氾濫（RRI）モデルの開発と応用，土木技術資料（投稿中）。

- ・A. Sugiura, S. Fujioka, S. Nabesaka, T. Sayama, Y. Iwami, K. Fukami, S. Tanaka and K. Takeuchi : Challenges on modelling a large river basin with scarce data: A case study of the Indus upper catchment, 20th International Congress on Modelling and Simulation, pp.2346-2352, 2013.

- ・FAO : DIGITAL SOIL MAP OF THE WORLD, <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116>.

- ・Maidment, D.R. : Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, 1993.

- ・T. Sayama, G. Ozawa, T. Kawakami, S. Nabesaka and K. Fukami : rainfall-runoff-inundation analysis of the 2010 Pakistan flood in the Kabul River basin, Hydrological sciences journal, Vol. 57, No. 2, pp. 298-312, 2012.

DEVELOPMENT OF FUNDAMENTAL SYSTEM FOR INTEGRATED FLOOD MANAGEMENT AND INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Water related disaster research group

Author : Yoichi IWAMI

Seishi NABESAKA

Takahiro SAYAMA

Ai SUGIURA

Mamoru MIYAMOTO

Abstract : ICHARM is developing the “Integrated Flood Analysis System: IFAS”, which enable forecasting flood even in insufficiently gauged river basins. This research program aims to further develop of a system for integrated flood and water resources management. In FY2013, we applied IFAS to Indus river basin and examined function improvement. We developed an interface in IFAS for setting easily the model parameters. By using the interface, model parameters can be set according to global soil dataset or data obtained by field soil survey. Furthermore we combined IFAS with Rain-Runoff-Inundation (RRI) model, which made it possible to take in account inundation effect to runoff volume in a flood plain.

Key words : IFAS, integrated water resources management, runoff analysis, inundation analysis, model parameter setting, RRI, Distributed runoff model