

# 地上水文情報が十分でない流域における 衛星雨量情報を活用した洪水予測システムの開発と普及

深見和彦\* 杉浦友宣\*\* 馬籠 純\*\*\*

## 1. はじめに

水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM) では、地上水文情報が十分に確保できない発展途上国等の河川流域においても、効率的に洪水予警報システムの構築が可能となるよう人工衛星によって観測された雨量情報（以下単に「衛星観測雨量」とする）の活用を念頭においた基盤的な洪水予測システム（Integrated Flood Analysis System、以下単に「IFAS」とする）を民間との共同研究により開発した。本報では、その概要と普及活動について紹介する。

## 2. IFASのシステム概要

### 2.1 開発コンセプト

IFASの開発コンセプトを以下に、IFASの基本構成を図-1に示す。

- ①地上水文情報（雨量）が乏しい地域においても洪水予測が可能となるように、入力データとして地上観測雨量だけでなく衛星観測雨量を取り込むインターフェースを装備する。
- ②様々な条件の流域において最適な計算ができるよう複数の流出解析モデルをモジュールライブラリとして備え、比較が出来るシステムとする。
- ③過去の水文資料がなくても洪水解析を可能とするために、土地利用や土質・地質などの流域内の地球物理的な特性によりパラメータの一次推定が可能である分布型モデルを流出解析モジュールとして採用する。
- ④GIS解析モジュールを内部に実装することにより、一般に無償で公開されインターネット等を通じて利用可能な全世界のGISデータに基づきモデルを作成したりパラメータを設定したりする作業をIFASシステム単体のみで可能とする。
- ⑤データ取り込み、モデル作成、流出計算、結果表示といった一連の解析が実行可能であると

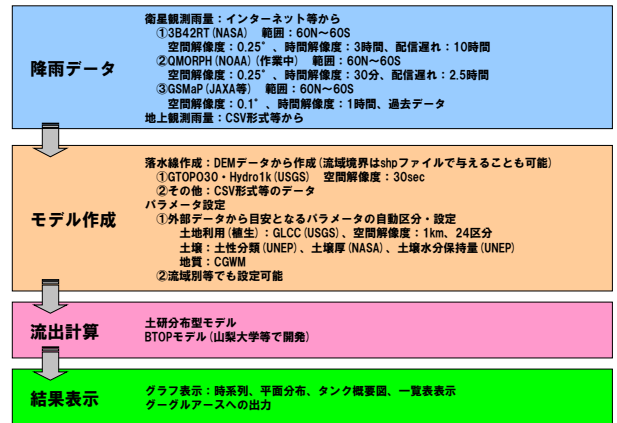


図-1 IFASの構成

もに、必要な標準的な入出力インターフェースを備える。

- ⑥発展途上国が自らシステム構築できるように、実行形式ファイルを無償で配布する。また研修等を実施し、操作の理解を助けるとともに普及を図る。

### 2.2 開発体制

開発にあたっては、平成17年度から3年間にわたってICHARMを中心とし、すでに国際洪水ネットワーク (IFNet) を通じて衛星観測雨量を活用した豪雨警報の提供 (GLOBAL FLOOD ALERT SYSTEM、GFAS) を行っている (社) 国際建設技術協会、および民間建設コンサルタント9社 (株式会社建設技術研究所、パシフィックコンサルタンツ株式会社、日本工営株式会社、株式会社ニュージェック、株式会社建設技研インターナショナル、八千代エンジニアリング株式会社、いであ株式会社、国際航業株式会社、株式会社東京建設コンサルタント) の共同研究により開発を行った。

## 3. IFASの主な機能

### 3.1 衛星観測雨量入力機能

#### (1) 衛星観測雨量

洪水予測のための流出計算を行うためには、何らかのリアルタイムもしくは時間遅れのある準リアルタイムの雨量データが不可欠である。現在で

表-1 リアルタイム衛星観測雨量プロダクトの一例

プロダクト名	3B42RT						CMORPH			QMORPH				
作成者	NASA/GSFC						NOAA/CPC			NOAA/CPC				
対象範囲	60N~60S						60N~60S			60N~60S				
平面解像度	0.25°		8km		0.25°		0.25°		0.25°		8km		0.25°	
時間解像度	3時間		30分		3時間		1日		3時間		30分		30分	
配信遅れ時間	10時間						15時間			2.5hours				
更新間隔	3時間 (UTC)		30分 (UTC)		3時間 (UTC)		1日 (UTC)		3時間 (UTC)		30分 (UTC)		30分 (UTC)	
座標系	WGS						WGS			WGS				
データ期間	2002年~		直近4日		2002年~		2004年~		2002年~		直近2日			
データ源	TRMM-TMI DMSp-SSM/I Aqua-AMSR- E,AMSU-B IR						TRMM-TMI DMSp-SSM/I Aqua-AMSU-B IR							

は、表-1に示すようにほぼ全世界をカバーするいくつかの衛星観測雨量がインターネット上に公開されている。これら衛星観測雨量は、①雨量計や伝送装置を設置することなくインターネットのHPからダウンロードするだけで瞬時に無償で降雨データが得られる、②対象流域だけでなく同一の精度で全世界の降雨データが得られ、国際河川の流域では他国に位置する上流域についてもデータが入手できる、③計画策定に必要な過去のデータも蓄積されている、④インターネットにアクセスするだけで観測施設や伝送装置等の維持管理の必要がない、といったメリットがある。ただし地上観測雨量に比べて精度が劣る、また配信時間間隔が3時間と長く、かつ数時間もの配信の遅れ時間がある等について考慮する必要がある。

(2) 衛星観測雨量の観測精度

衛星観測雨量の一例としてNASA-3B42RT (0.25° メッシュ、3時間間隔) について、図-2に、吉野川水系早明浦ダム流域における地上観測雨量との比較を実施した例を示す。この図に示されるように、これまでに地上観測雨量に比べ衛星観測雨量 (3B42RT) は、ピーク雨量の値が小さい傾向が確認されている。しかし降雨の継続時間は概ね一致していること、定性的な降雨の強弱は類似していることから、比較的流域面積が大きく (1,000km<sup>2</sup>程度以上)、雨量観測施設が十分でない、もしくは地上雨量観測値がリアルタイムで得られない (国際河川等) 流域においては、衛星観測雨量情報の利用は有意義と考えられる。

(3) 衛星観測雨量の補正方法の開発

JAXAが最近開発した高分解能の最新衛星観測雨量プロダクトであるGSMaP (MVK+) においても、地上降雨データと比較した場合に概ね過小評価傾向を示す特徴がある。しかし、その特性は降雨イベントの違いにより異なり、同等となる場合もある。IFASでは、この雨量データを取り込

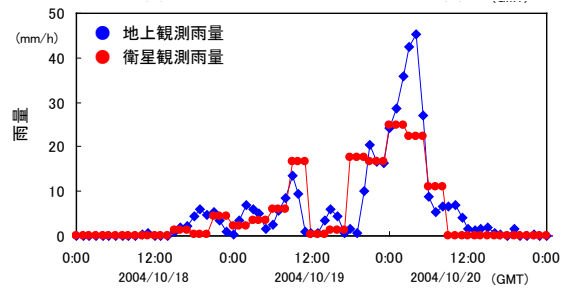


図-2 地上観測雨量と衛星観測雨量 (3B42RT) の比較

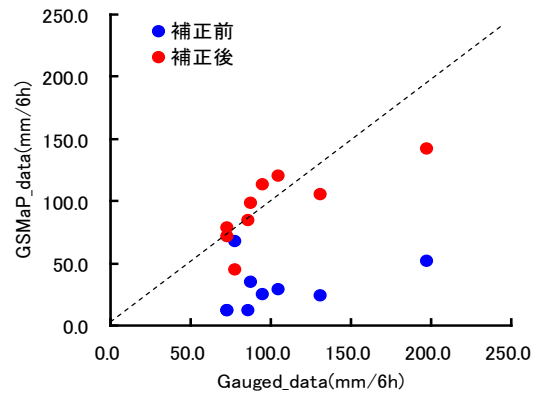


図-3 衛星観測雨量 (GSMaP (MVK+)) の補正機能

む際に、衛星観測雨量プロダクトの雨域移動情報を用いて、ばらつきをもつ補正倍率を独自のアルゴリズムにより自動的に算定し、衛星観測雨量を補正する機能を装備したり。この機能により、より地上観測雨量に近い値として衛星観測雨量を利用することができる。

3.2 流出解析モデル

IFASでは、デフォルトの流出解析モデルとして土木研究所で開発された「土研分布型流出解析モデルver2<sup>2)</sup>」、および山梨大学を中心に開発された「BTOPモデル<sup>3)</sup>」を実装している。

土研分布型流出解析モデルver2では、各メッシュ鉛直方向の流れを2つのタンクで表現すると共に、河道の流れをKinematic Wave法により表現している。モデル構造が簡便でパラメータチューニングが容易という特長があり、国内では適用実績が多い。

一方、The Block-wise use of TOPMODEL (BTOP Model) はTOPMODEL<sup>4)</sup>のコンセプトを拡張したものであり、山地流域のような小流域から大陸の国際河川といった大流域に適用可能な分布型モデルである。海外流域でも適用実績が豊富で、世界的に知名度が高いモデルである。

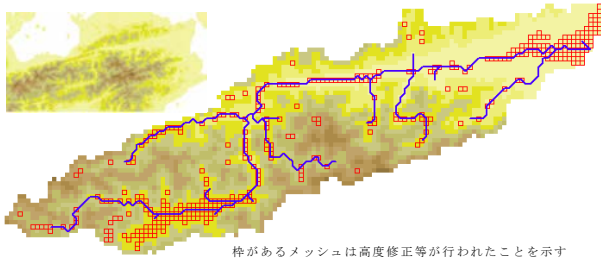


図-4 作成された流域と河道網（吉野川）

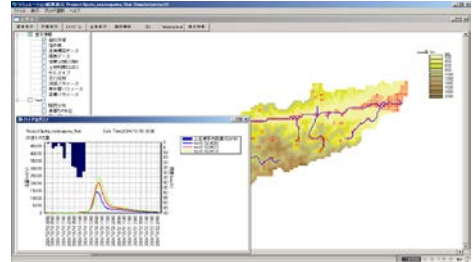


図-5 結果表示（複数地点のハイドログラフ）

### 3.3 GISデータによるパラメータ推定とモデル作成機能

#### (1) 河道網作成機能

IFASでは、全世界の数値標高データ（USGS-GTOPO30、水平解像度30秒）等を用いて、対象となるエリアの緯度・経度および流末をユーザが入力することにより、対象地域の標高データを任意のサイズのメッシュに分割し、各メッシュの標高に応じて自動的に流域界および河道網の作成を行うことが可能（図-4）である。また標高データに基づき河道網を作成した際、流下先がなくなったメッシュ（窪地）が発生した場合には、自動的に高度修正を行い、全てのメッシュについて流下方向を決定し、河道網を作成する。また手動で、各メッシュ単位に流域内外の修正や高度の修正を行うことも可能である。

#### (2) パラメータ推定機能

IFASでは、土地利用や地質、土壌区分といったGISデータをインターネットを通じてダウンロードし、流出解析に必要なパラメータの推定を行う機能を有している。これは、ダウンロードした土地利用（USGS-GLCC）等の凡例区分に応じて自動的に各メッシュを区分し、あらかじめそれぞれの区分に対して著者らが試算した結果に基づき設定した目安となるパラメータの値を用いて流出計算を行うものである。このような機能を利用し、IFASでは、高価なGIS解析ソフトを別途準備する必要がなく、簡便に流出解析モデルを作成することが可能である。

### 3.4 結果表示機能

計算結果については、IFASの出力機能を用いて、時刻歴図（図-5）、平面図、一覧表、アニメーション等による表示が可能である。また、KML形式のファイルとして出力し、Google earth上で表示することもできる（図-6）。

なお、分布型流出解析モデルによる流出計算を

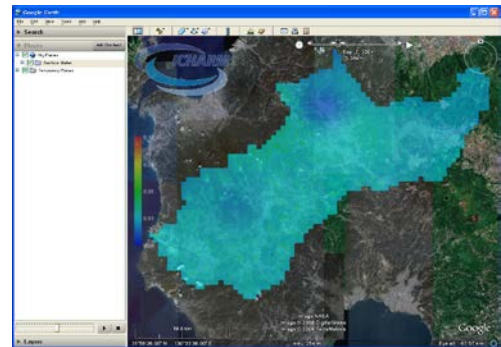


図-6 Google earth上での表示（川内川）  
（計算結果（上段タンク水位）の平面図表示）

行っているため、任意の地点の結果表示ができる。

## 4. 普及活動

ICHARMは、世界気象機関（WMO）の協力を得ながら国際洪水ネットワーク（IFNet）と共同で、アルゼンチン、エチオピア、キューバ、グアテマラ、ザンビア、ネパール、バングラディッシュの7カ国から7名の参加者を招き10月3日から8日にかけて衛星観測雨量を利用した洪水予警報システムの構築に関するトレーニングワークショップを開催した（写真-1）。トレーニング後の参加者の評価を聞いたところ、地上観測雨量を用いずに衛星観測雨量を一次補正することで、洪水解析・予測に対する衛星雨量の利用性を高めた点や、流出解析モデル構築作業を大幅に簡便化できるGIS解析用の内部実装ツールやインターフェース機能などについて、特に高い評価を得ることができた。

さらに、アジア水循環イニシアチブ（AWCI：GEOSS（全球地球観測システム）や、JAXA等が推進するセンチネルアジア（アジア太平洋域の災害関連情報を共有する活動）においても、IFASを活用した的確な洪水管理の推進を提案するなど、積極的にIFASの普及活動を開始したところである。



写真-1 トレーニングワークショップ参加者

## 5. おわりに

本報では、著者らが民間企業各社との共同研究によって開発を進めてきた衛星観測雨量の活用を念頭においた洪水予測システムIFASとその普及活動について紹介をした。インターネットから誰でも無料で入手できる衛星観測雨量を入力データとして採用できるIFASを利用することにより、水文データの乏しい地域においても、インターネットに接続できるパーソナルコンピューターさえあれば洪水予測計算を行うことが可能となる。しかしながら、衛星観測雨量による流出予測には自ずと期待される精度に限界がある。当然のことながら現地の防災担当者は、次のステップとして精度向上のための地上雨量観測体制の充実に務めることが期待される。このようなPDCAサイクルをうまく機能させることで、迅速かつ効率的に洪水予警報システムの普及と高度化を発展途上国が自らのオーナーシップ意識を持って推進する起爆剤となることを我々は期待している。

今後は、ICHARMのウェブサイト等でIFAS実行形式プログラムの公開を行うとともに、研修等の普及活動を継続して実施し、更なる普及を図っていく予定である。さらに、氾濫解析モジュールや高度なハイドログラフ分析機能など、実務上のニーズを踏まえた機能の追加、拡充を図るとともに、CommonMP、OpenMI等の国内外の水解析ソフト共通基盤との連携を図ることにより本ソフトウェアの汎用性を更に高めていくことが今後の課題である。

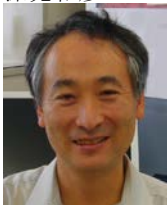
## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、国土交通省河川局河川計画課、独立行政法人国際協力機構、国際協力銀行、独立行政法人宇宙航空研究開発機構からは、貴重なご意見・ご指導を頂いた。ここに記して感謝の意を表したい。

## 参考文献

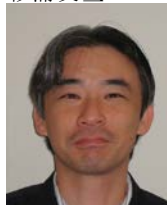
- 1) Shiraishi Yoshiki, Kazuhiko Fukami, Hironori Inomata and Misako Kachi : Applicability of a correction method for real time flood forecasting based on satellite-based rainfall information, the 4th Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources, Beijing, 2008
- 2) 鈴木俊明、寺川陽、松浦達郎：実時間洪水予測のための分布型モデルの開発、土木技術資料、Vol.38-10、pp.26-31、1996
- 3) Takeuchi K, Hapuarachchi P, Zhou M.C, Ishidaira H, ad Magome J : A BTOP model to extend TOPMODEL for distributed hydrological simulation of large basins, HYDROLOGICAL PROCESSES, 2007
- 4) Beven KJ, Kirkby MJ : A physically based, variable contributing area model of hydrology. Hydrological Science-Bulletin 24(1), pp.43~69, 1979

深見和彦\*



独立行政法人土木研究所  
水災害・リスクマネジメ  
ント国際センター水災害  
研究グループ水文チーム  
首席研究員  
Kazuhiko FUKAMI

杉浦友宣\*\*



独立行政法人土木研究所  
水災害・リスクマネジメ  
ント国際センター水災害  
研究グループ水文チーム  
主任研究員  
Tomonobu SUGIURA

馬籠 純\*\*\*



独立行政法人土木研究所  
水災害・リスクマネジメ  
ント国際センター水災害  
研究グループ水文チーム  
専門研究員、工博  
Dr. Jun MAGOME