

新情報技術を活用し水災害の被害軽減に挑む ～水災害軽減に資する洪水予測モデル及び人工衛星を活用した 氾濫水理量推定技術の提案～

平成28年10月6日

水災害研究グループ長 三宅 且仁



1. 研究開発の背景

近年、極端な降水現象が顕在化し、世界的に水災害が多発

主な日本の水災害

| 年月 | 名称 | 住家被害 | 死者・行方不明 |
|---------|---------|--------|---------|
| 2015.9 | 関東・東北豪雨 | 16,166 | 8 |
| 2014.8. | 広島県の大雨 | 4,769 | 75 |
| 2013.10 | 台風26号豪雨 | 6,496 | 43 |
| 2012.7 | 九州北部豪雨 | 14,782 | 32 |
| 2011.9 | 紀伊半島豪雨 | 26,102 | 98 |

出典:内閣府災害情報を集計

アジア地域の主な水災害

| 年月 | 名称 | 死者・行方不明者 |
|---------|----------|----------|
| 2013.11 | フィリピン高潮等 | 7,354 |
| 2013.6 | インド洪水 | 6,054 |
| 2011.8 | タイ洪水 | 813 |
| 2010.7 | パキスタン洪水 | 1,983 |
| 2008.5 | ミャンマ高潮 | 138,366 |

出典:EM-DAT(国際災害データベースを集計)

ハード施設に時間がかかる
場合が多いため、ソフト対策、
とりわけ現地防災担当者の
活動を支援する情報提供が
重要。

人工衛星による面的な情報
の積極活用



衛星観測雨量も活用した統合洪水
解析・予警報システムの開発

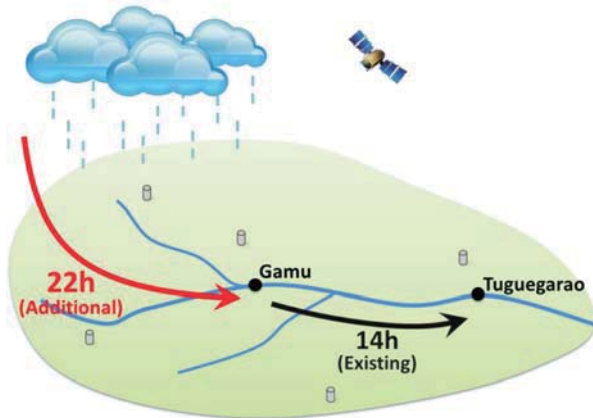
人工衛星から氾濫水理量を推定す
る技術の開発

2. 洪水予警報システム (Early Warning System) の構築

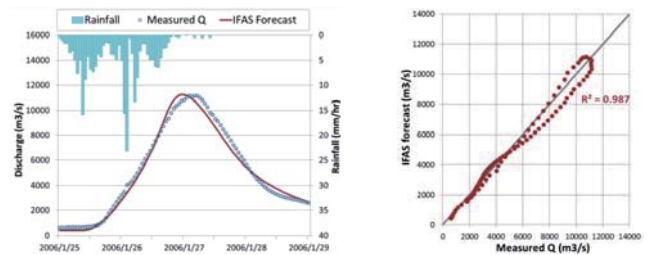


2.1 IFAS開発のコンセプト

・ リードタイム

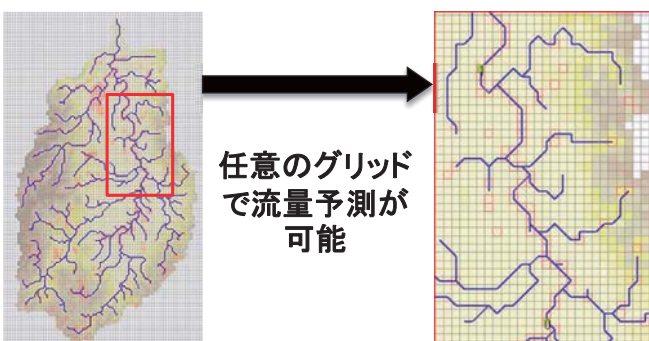


・ 信頼性 (パラメータ補正)

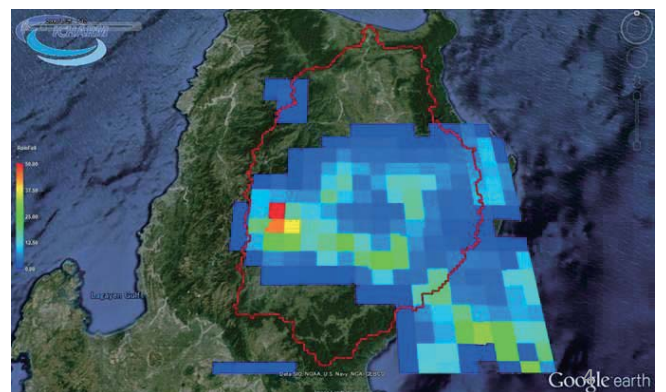


シミュレーション結果の例

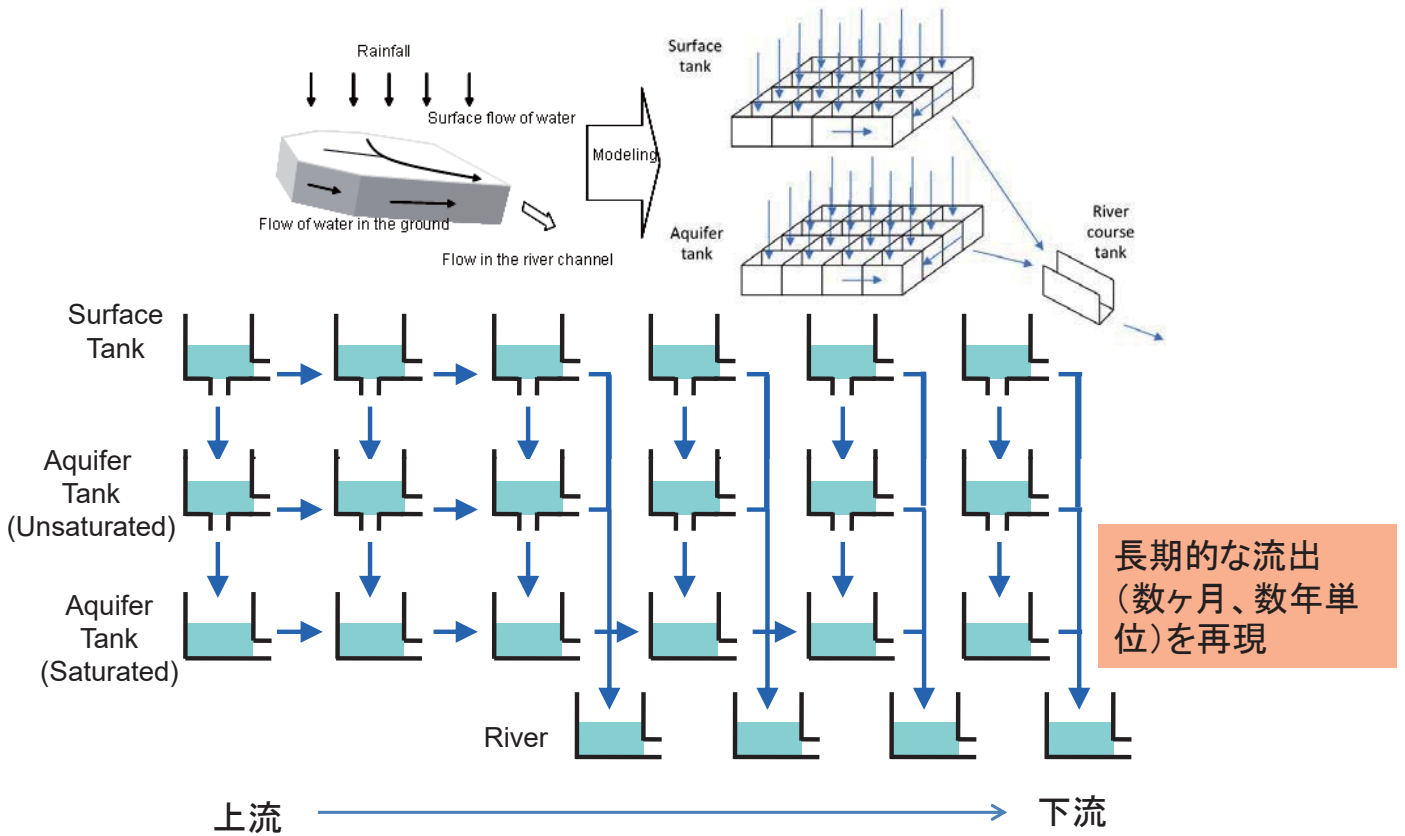
・ 流域全体の予測



・ ビジュアルな表示



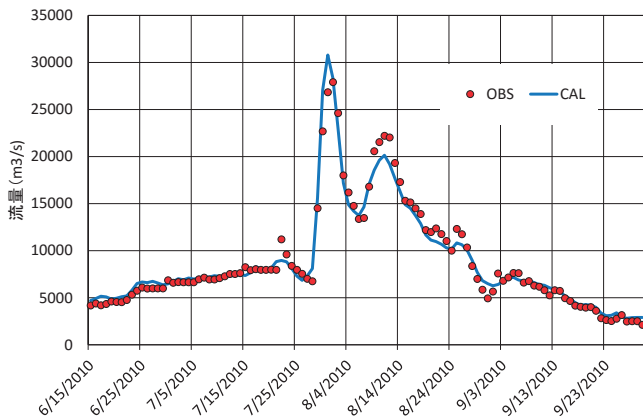
モデル構造（土研分布型流出解析モデル：2段もしくは3段タンク）



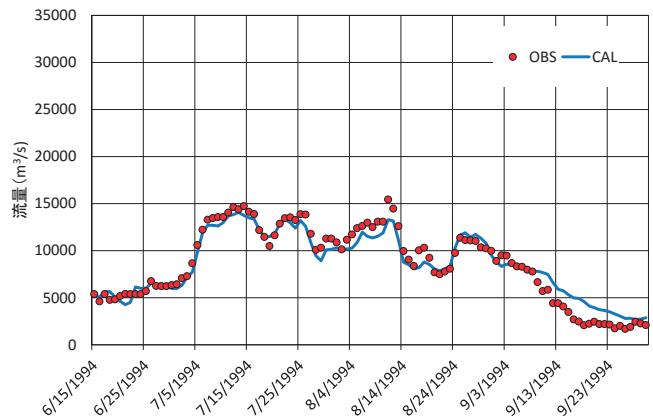
キャリブレーションと検証結果 (IFAS)

Taunsa

Calibration (2010)

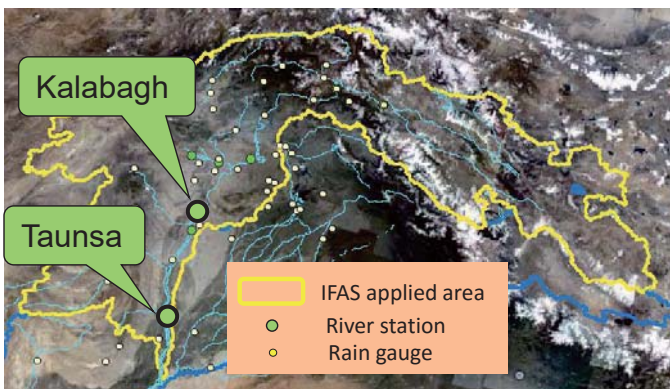
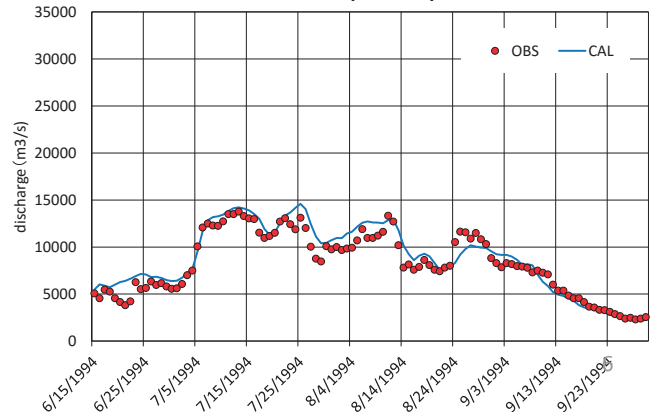


Validation (1994)



Kalabagh

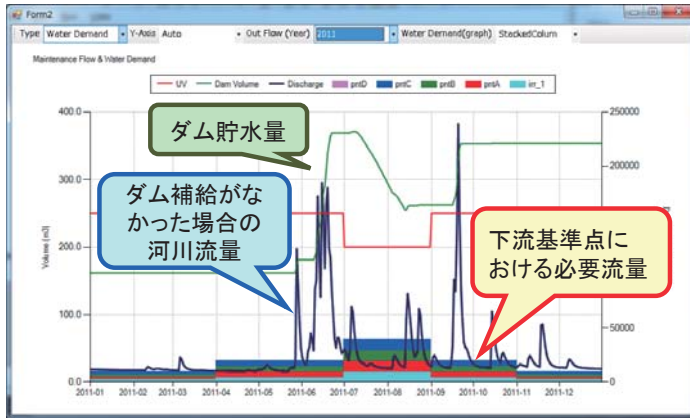
Validation (1994)



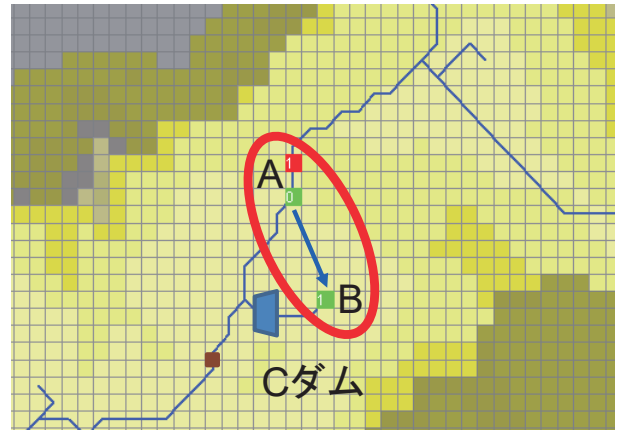
2.2 統合的水資源管理のための解析

ダム水利運用や、分派河川・導水など、統合的水資源管理の解析機能を搭載

下流基準点の必要流量確保のためのダム補給の再現



水利用のための分派河川・導水の再現



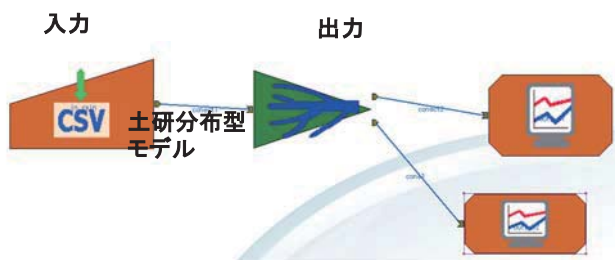
(活用例)

- ・ 気候変動の影響による洪水、渇水被害の変化予測、対応策の検討
- ・ ダム貯水池の開発計画、容量配分計画の検討
- ・ 河川の警報レベルの検討

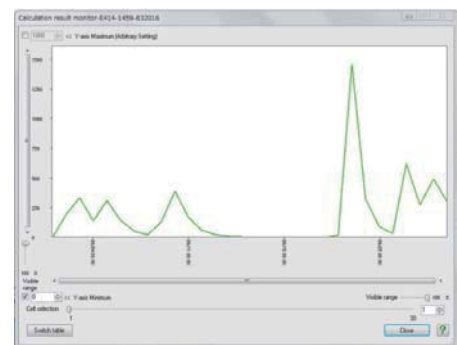
※統合的水資源管理の解析機能を搭載したIFAS-M.ver2 を、土木研究所ICHARMのHPで公開しました！ダウンロードし、無料で使っていただけます。

7

IFASで作成したモデルをCommonMP上で動かすための要素モデルを開発



CommonMP上で動作する土研分布モデル



CommonMP上での計算結果のアウトプット(河川流量)

動作確認中であり、その後一般公開を行う予定(本年度中)

2.3 パキスタンへの導入事例(インダスIFAS)

IFAS

インダス川上流域の
降雨流出を再現

RRI(降雨流出氾濫
モデル)
インダス川下流域の
氾濫を再現

IFASとRRIの接続

インダス川流域の大部分をカ
バーした洪水予警報システムの
開発

KML Exporter

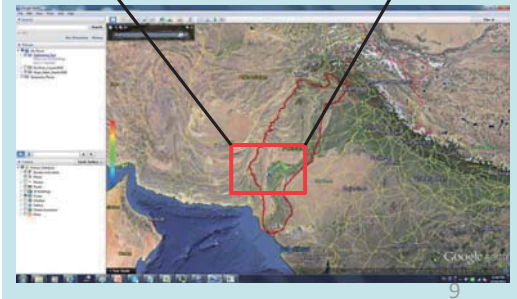
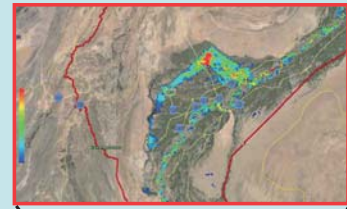
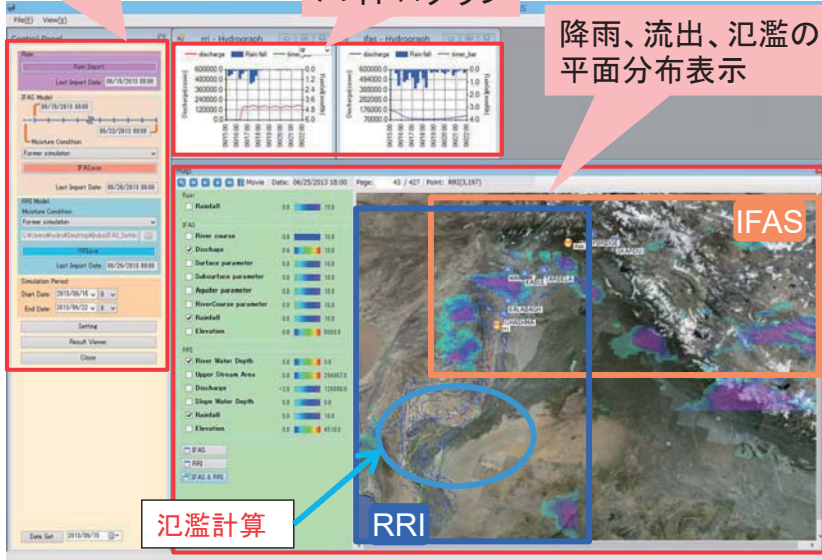
KML exporterによる洪水の
平面分布の表示

コントロールパネル
(計算条件設定)

インダスIFAS 表示画面

ハイドログラフ

降雨、流出、氾濫の
平面分布表示



2.4 研修用ツールとしての活用

- ・IFASは流出モデルの構築が容易。計算結果の表示までPC上で簡単に実施可能。
- ・国内、アジア各国の河川技術者を対象とした研修にも活用。

○国内の河川技術者を対象としたIFAS講習会



2014年7月11日 水文・水
資源学会セミナー

○ASEAN諸国を対象としたIFASトレーニング(JICA)



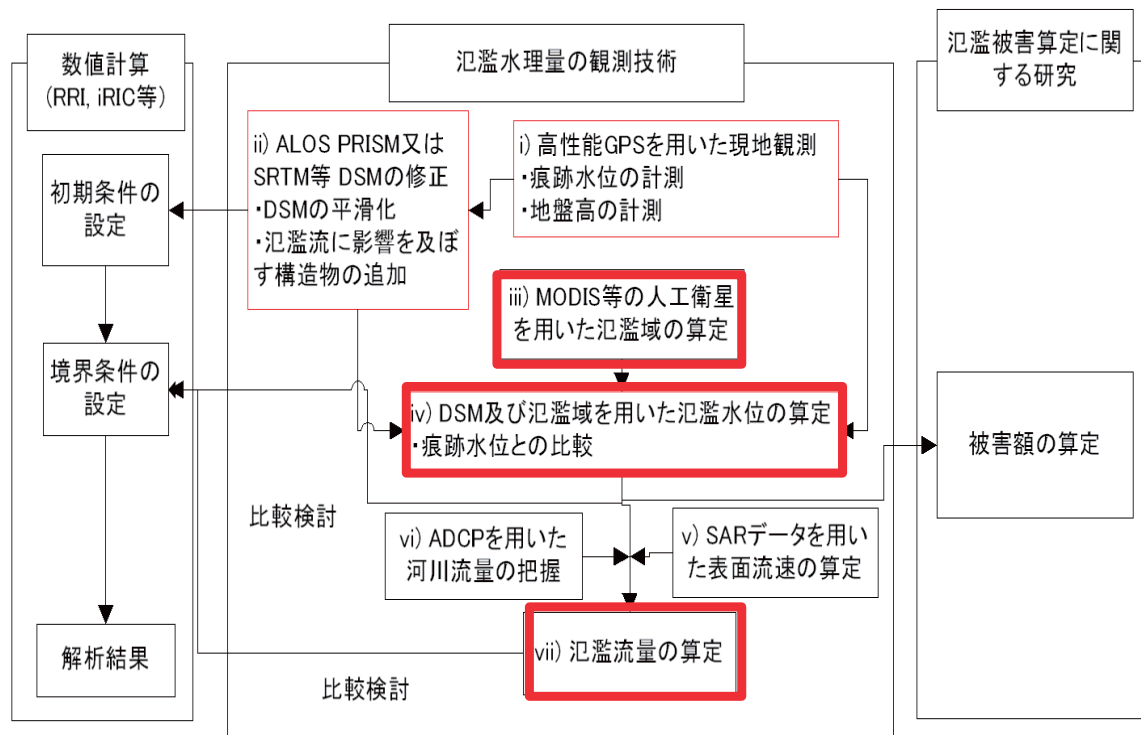
(左:2015年のASEAN技術者を対
象とした研修、
右:2016年のパキスタン・アフガニ
スタン技術者を対象とした研修)

海外では延べ47カ国1000名
以上が研修に参加

3. 人工衛星から氾濫水理量を推定する技術

3.1 目的

- 観測データが不十分な地域での氾濫水位、氾濫水の流速、氾濫流量の算定技術の開発

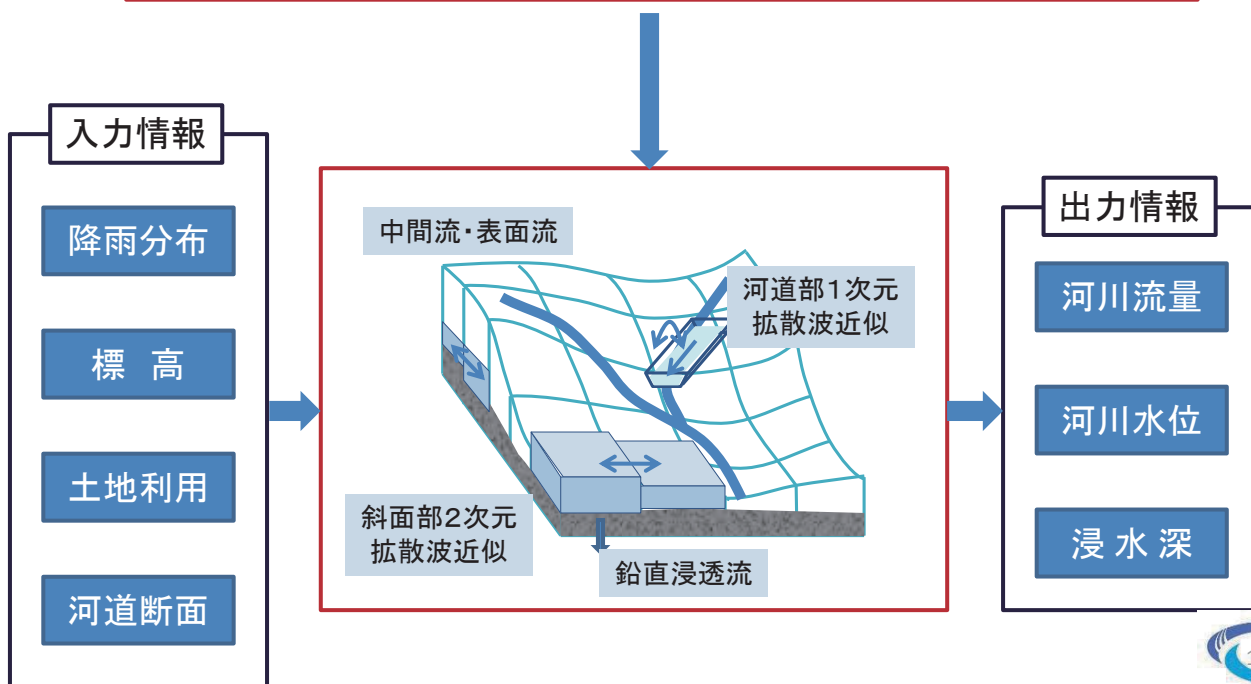


人工衛星を用いた観測技術の研究開発(全体像)

RRIモデル (Rainfall-Runoff-Inundation)

衛星情報や気象予測情報を活用し、世界各地の大規模洪水を河川流量から洪水氾濫まで準リアルタイムで一体的に予測する技術

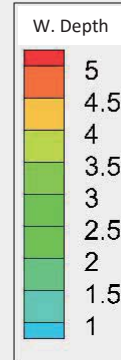
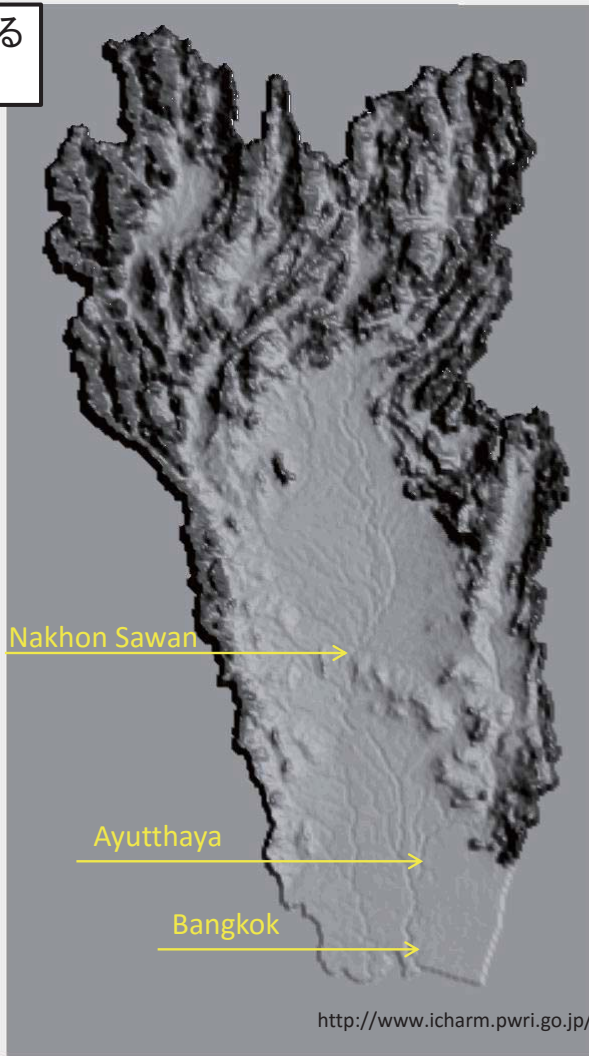
降雨(Rainfall) – 流出 (Runoff) – 氾濫 (Inundation) → RRIモデル



2011年タイ洪水のRRIによる 氾濫予測



佐山主任研究員(当時)
25年度科学技術分野
文部科学大臣表彰(若手
科学者賞)

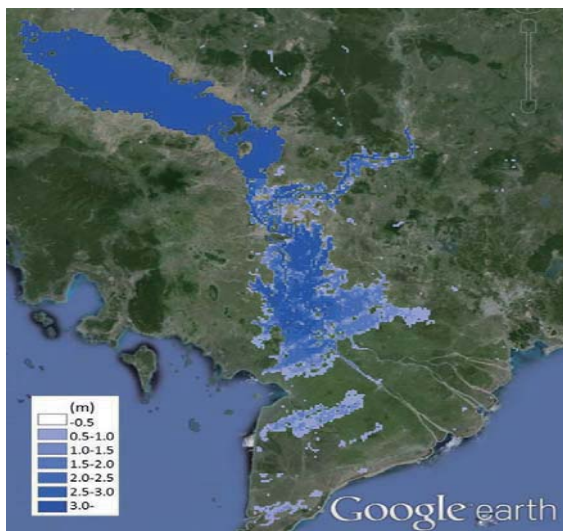


T = 1

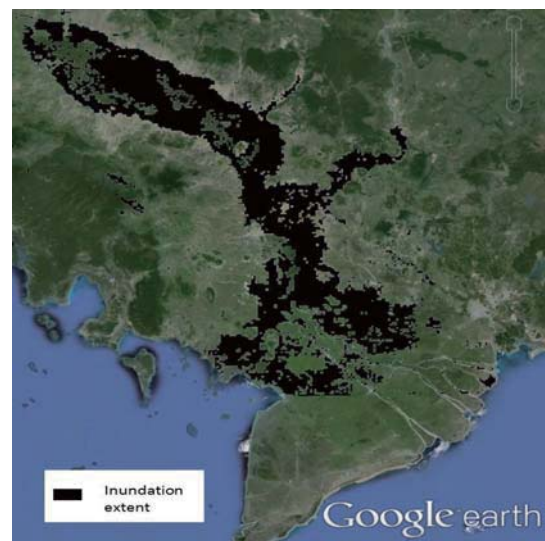
- 1 : July 1
- 31 : Aug 1
- 62 : Sep 1
- 92 : Oct 1
- 123 : Nov 1
- 152 : Nov 30

http://www.icharm.pwri.go.jp/news/news_j/111024_thai_flood_j.html

3.3 氾濫域の推定



氾濫モデルによる推定
(例: RRI)



衛星画像解析による推定
(例: MODIS)

(1) 勾配分布

$$\bar{G}(x, y) = \left(\frac{\partial}{\partial x} i + \frac{\partial}{\partial y} j \right) f(x, y)$$

$f(x, y)$: 反射率の差
(band1-band2)

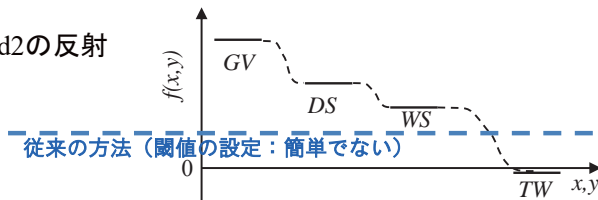
$\bar{G}(x, y)$: 反射率の差の勾配

$$M(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right)^2}$$

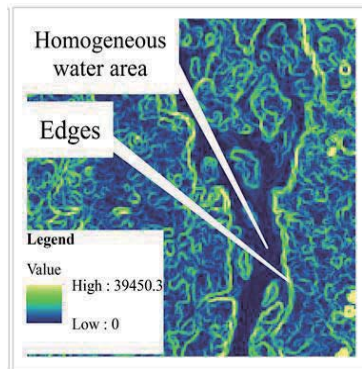
$M(x, y)$: 反射率の差の勾配の絶対値

MODIS Band 1 と Band2の反射率の差 (概念図)

GV(Green Vegetation)
DS(Dry Soil)
WS(Wet Soil)
TW(Turbid Water)



GBMによる水域の推定



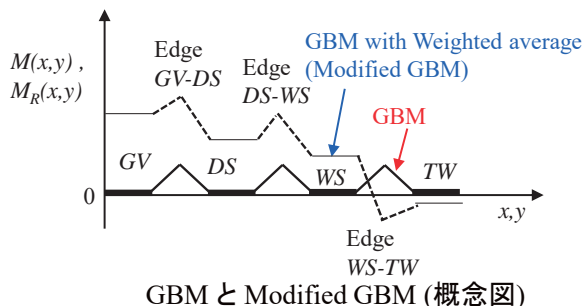
- ・水域と陸域の境界は明確
- ・どちらが水域かの識別が難しい

改良

(2) Weighted averageを導入した勾配分布

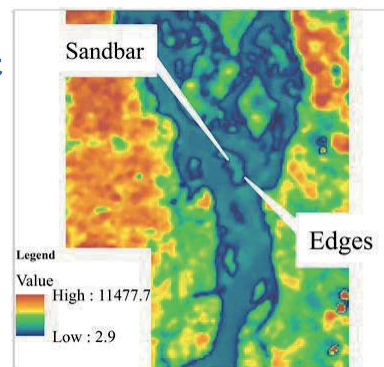
$$M'(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} + [W]f(x, y) \right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} + [W]f(x, y) \right)^2}$$

$M'(x, y)$ $\bar{G}'(x, y)$
の絶対値



GBM と Modified GBM (概念図)

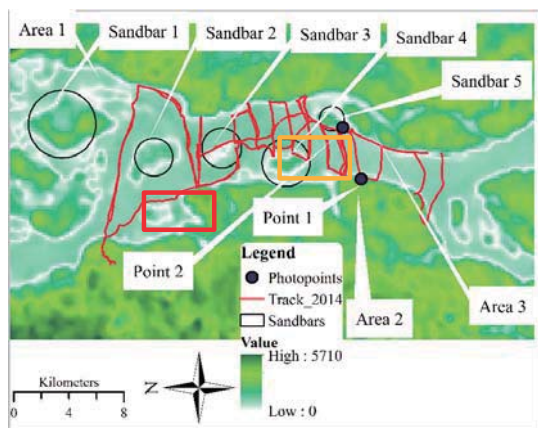
Modified GBMによる水域の推定



- ・水域と陸域の境界が明確
- ・陸域の土地被覆も識別

(3) 現地確認の結果

(バングラデシュ・ジャムナ河)



Weight averageを導入した勾配分布



Point 1
水域と陸域の境界が再現

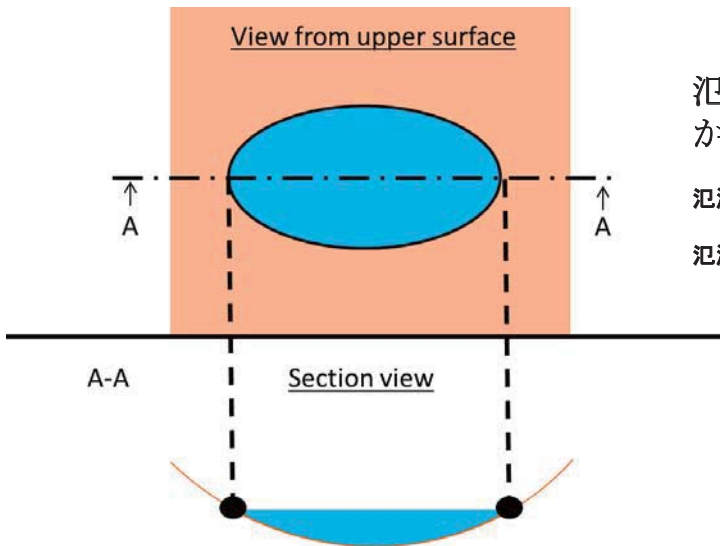


Point 2
手前の水域、その少し奥に陸域、さらに奥の水域が再現

- ・勾配分布図により水域と陸域の境界が再現
- ・砂州の形態が頻繁に変化する、浮遊砂が卓越した網状河川において河道の平面形状のモニタリングに適用することで、現地の河道管理への貢献が期待

3.4 人口衛星データ(MODIS及びSRTM)を用いて氾濫水位分布を面的に推定

- ・本技術はMODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) から得られる反射率データを用いて氾濫域を推定。
- ・Gradient Based Methodに着目。これを修正したModified Gradient Based Methodを提案。
- ・より詳細な時空間解像度データを使用

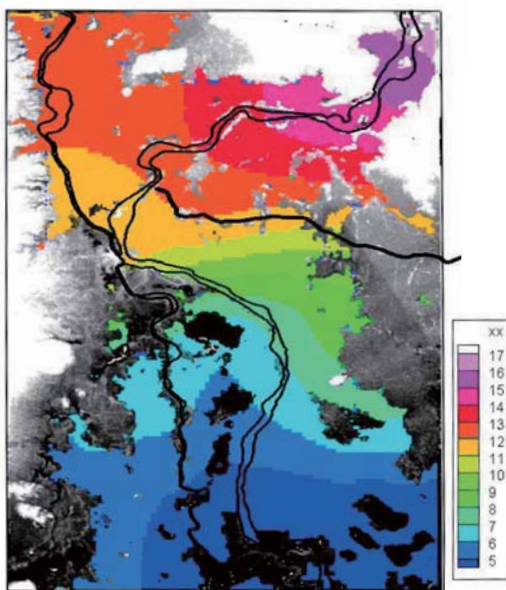


氾濫域及びデジタル標高モデル (DSM) から氾濫水位分布の推定

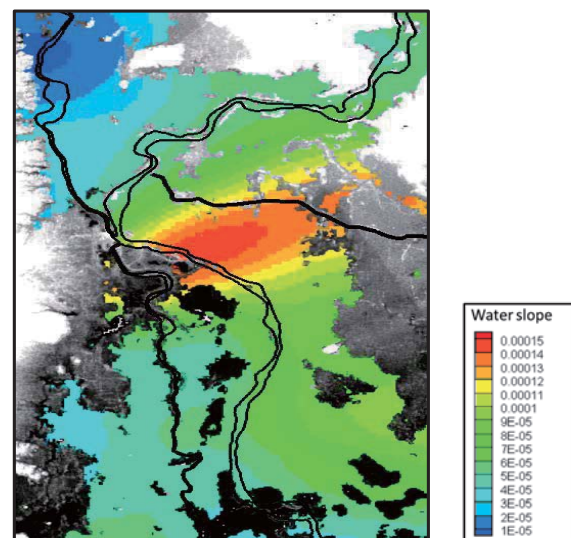
氾濫域端部の標高は地上標高に同じ

氾濫域内各地点の氾濫水位(浸水深)はDSMデータを重回帰分析し求める

3.5 水面標高及び水面勾配の推定(メコン河下流:2011年10月洪水)

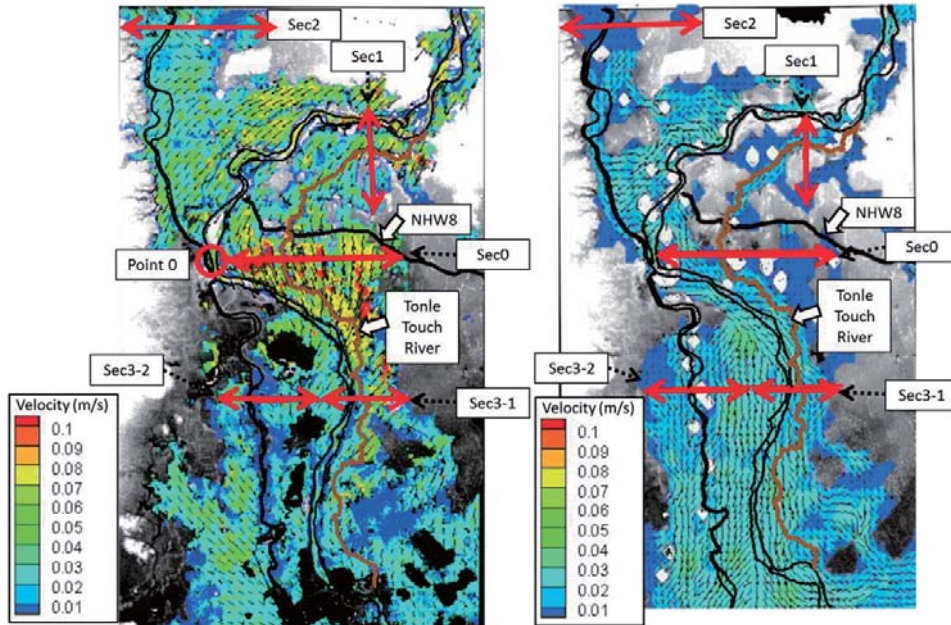


水面標高の分布



水面勾配の分布

3.6 流速分布の推定



氾濫域の情報と標高データを組み合わせて氾濫域内の水位分布を推定し、氾濫原上の流速場を推定した結果

MODISによる流速場
(2011年9月30日～10月7日8-day composite)

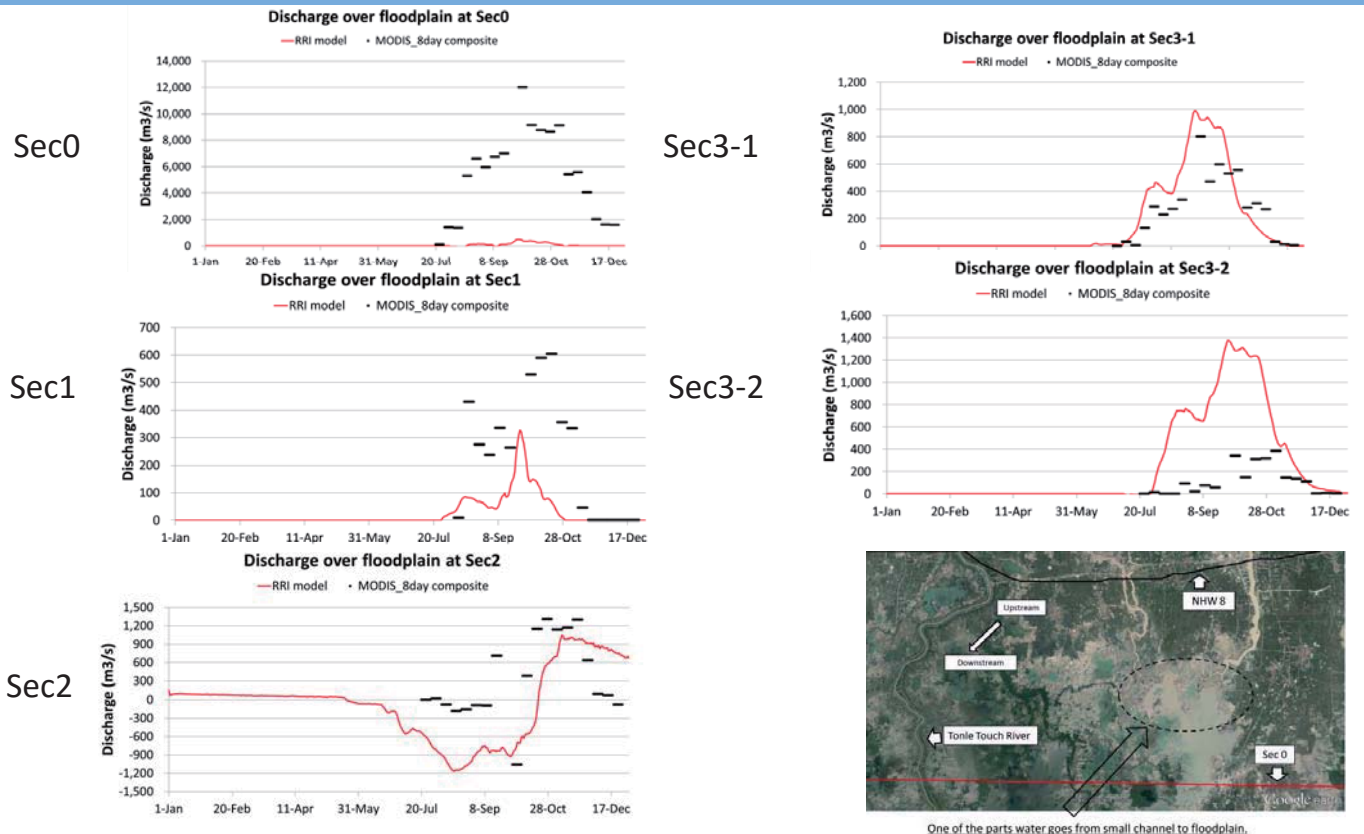
降雨流出氾濫モデル
(RRIモデル)による流速場
(2011年10月7日)

- ・下流側において、MODISの氾濫域は小さく、RRIモデルの氾濫域は大きい傾向があるものの、全体としては同様の傾向

19

3.7 氾濫原上の流量の比較

～RRIモデルとMODISによる氾濫流出量の比較～



One of the parts water goes from small channel to floodplain.

- ・Sec2とSec3-1の氾濫流出量はRRIモデルとMODISによる算出結果が概ね良好に一致
- ・Sec0は、中小河川の影響を反映させた精度の向上を期待

20

4. おわりに

(1) 総合洪水解析システム

- ・総合洪水解析システム(IFAS: Integrated Flood Analysis System)は、雨量、流量等の水文情報が十分に観測されていない河川流域においても、入力データとして人工衛星観測雨量等グローバルデータも活用可能な解析システムである。
- ・諸外国で洪水予警報システムとして実応用を行ってきているとともに、洪水解析や水資源管理のための研修・学習用ツールとしても活用されている。
- ・新たに融雪や蒸発散が計算できる機能の追加や、Common MP上で動作する要素モデルの開発等機能向上を継続的に行っており、順次HP上で無料で公開していく予定。

(2) 人工衛星から氾濫水理量を推定する技術

- ・MODISのデータを用いて水域と陸域を精度よく検出することが可能な、Modified Gradient Based Methodを提案した。
- ・河岸や砂州が頻繁に変化する網状河川においても、本技術により精度よく水域の検出が可能であるため、変化のモニタリング等河川管理への積極的な活用が期待される。
- ・広範囲に及ぶ氾濫原の水理量を直接計測することは困難であるが、本手法は氾濫水理量の推定精度向上に大きく貢献すると期待される。

