

## 1.2 短時間急激増水に対応できる洪水予測に関する研究

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：深見 和彦、佐山 敬洋、牛山  
朋來、藤岡 奨、建部 祐哉

### 【要旨】

発展途上国における短時間急激増水に対する洪水予測を実現するため、本研究は全球数値気象予報モデルの物理的ダウンスケーリングを実施することで降雨の時空間分布を把握し、その情報をもとに降雨流出氾濫モデル（以下、RRI モデル）を用いて河川の流出や氾濫形態までを一体的に予測することを目的として実施する。平成 23 年度は、パキスタン・カブール川、インドネシア・ソロ川、タイ・チャオプラヤ川において発生した洪水を対象とした検討を実施した。カブール川においては、アンサンブルで流出氾濫を予測し、信頼性情報を含めた洪水予測の可能性を提示した。さらに、2011 年のタイ洪水に対しては、RRI モデルによる緊急対応の洪水予測を実施した。

キーワード：洪水予測、物理的ダウンスケーリング、WRF モデル、RRI モデル、チャオプラヤ川

### 1. はじめに

近年、局地的豪雨の発生に伴う洪水被害が国内外で頻発している。2010 年に発生したパキスタン洪水のように、気象水文情報の乏しい地域において、短時間急激増水が発生すると多数の死者を伴う甚大な被害が発生する。発展途上国における短時間急激増水に対応する住民避難や河川施設の運用を通じた洪水被害の軽減を実現するために、限られた時間で降雨の時空間分布を予測・把握し、その情報をもとに河川の流出や氾濫形態までを一体的に予測することが求められている。

本研究では、短時間急激増水の短時間予測を最終の目標とし、全球数値気象予報モデルの物理的ダウンスケーリング手法と、流出氾濫の一体解析手法について研究する。

上記の目標を達成するため、平成 23 年度は、パキスタン・カブール川の 2010 年洪水、インドネシア・ソロ川の 2007 年洪水を対象として、数値気象予報モデルのダウンスケーリングを実施し、その再現性を確認した。また、カブール川においては、アンサンブル流出氾濫予測をすることにより、信頼性情報を含めた洪水予測の検討を行った。さらに、2011 年に発生したタイ洪水に対して、緊急対応として降雨流出氾濫モデルを用いた洪水予測を実施した。洪水収束後、条件の修正と計算精度の関係性を分析し、広域の降雨流出氾濫計算で優先的に入手・反映すべき

情報について考察した。

### 2. WRF による再現雨量を用いたパキスタン・カブール川洪水シミュレーション

2010 年 7 月末から 8 月にかけて発生したパキスタンのインダス川における大規模な洪水は、史上最悪規模の被害をもたらした。上流のカブール川では、年降水量の 8 割が 2 日間に降るという記録的大雨により、急激増水や河川氾濫により死傷者 1100 人以上の被害をもたらした。このような洪水範囲の把握のため、降雨流出氾濫（RRI）モデルの開発を進めており、雨量分布を与えることにより精度の高い洪水範囲の予測が可能になると考えられる。しかし、パキスタンでは雨量観測が限られているため、衛星による雨量観測に頼らなければならないが、衛星雨量には、信頼性についていくつかの問題点がある。そこで本研究では、領域気象モデル WRF (Michalakes et al. 2005)を用いて洪水流域の雨量分布を再現し、RRI モデルに入力することにより洪水予測計算を行った。その結果を衛星雨量による計算結果と比較し、検討を行った。

#### 2.1 カブール川流域の物理的ダウンスケーリング

研究対象は、2010 年 7 月 27 日 0 時～7 月 30 日 0 時まで降った雨により発生した、インダス川上流のカブール川流域の洪水である。WRF による降水予測計算は 23 日 0 時～30 日 12 時までを対象に行い、初期値境界値として米国 NCEP の全球予報

GFS(Global Forecast System、 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 、3時間毎)を用いた。ただし、GFSは毎日4回(00,06,12,18時)を初期値とする予報データが得られるため、今回のWRFの計算も23日0時~28日0時までの21種類の予報計算を行い、タイムラグアンサンブル予報を行うことにより挙動を議論した。衛星雨量はGSMaP( $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ 、1時間毎、Okamoto et al.2005)を用いたが、この地域では地上雨量計と比べて過小であるため、地上雨量計の値をもとに補正を行った。RRIモデルによる流出計算は7月27日0時~8月2日0時まで行った。RRIモデルはSayama et al.(2012)のものを用いた。これは、流域および河川を2次元格子で表現し、流量と氾濫量を同時にそれぞれ求めるものである。WRFの計算領域は、モンスーンの影響を表現できる領域とするため、パキスタンを中心とする東西4000km×南北3000km、水平解像度20kmとした。また、カブール川周辺の降雨の精度を高めるため2重ネステイングを行い、東西1200km×南北1100km、水平解像度5kmを内側ネストとした。両者とも水平格子間隔が5kmよりも大きいため、Kain-Fritschの積雲対流パラメタリゼーションを用いた。領域内の地形および土地利用分布はUSGSのものを用いた。

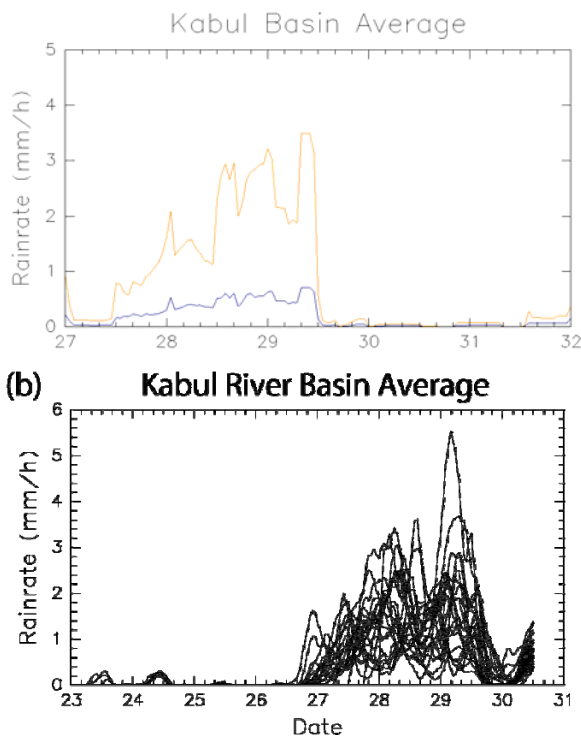


図 2.1 洪水期間中のカブール川流域内平均雨量。上は地上雨量計で補正した GSMaP 衛星雨量 (黄) と補正前雨量 (青)、下は WRF による予報雨量で、各曲線は異なる初期値境界値の結果を表わす。

## 2.2 ダウンスケーリング結果と氾濫解析結果

カブール川流域内の平均雨量の時系列を図 2.1に示す。GSMaP 衛星雨量では 28 日~29 日に 3mm/h を越える降水があり、WRF による予報でも再現できていることがわかる。ただし、一つ一つの予報値はばらつきが大きく、このようなタイムラグアンサンブル予報の結果をまとめることで精度の高い予報値が得られることが理解できる。

次に RRI モデルによる洪水予測結果を図 2.2に示す。ハイドログラフと氾濫確率分布は3種類を示しているが、上から①23日00時~26日00時の初期値から求めた予報雨量を用いた結果、②24日00時~27日00時の初期値から求めた予報雨量を用いたもの、③25日00時~28日00時の初期値から求めた予報雨量を用いたものである。①は流量予測が過小評価傾向にあり、アンサンブル平均は衛星雨量による計算よりも小さい。しかし、アンサンブル予報による確率分布は衛星雨量による計算結果を含んでおり、最悪の事態を取り逃がしていないことがわかる。②の結果は、より精度が上がっており、衛星雨量による計算結果は確率分布の高い領域に入っている。③は確率分布範囲が広がっており、予報値のばらつきが大きくなっているものの、アンサンブル平均の予報精度は良くなっている。しかし、28日00時までの初期値を使用しているため、予報リードタイムは限定される。また、図 2.2右図の氾濫確率分布も、初期値境界値を新しいものにするに従って、精度が向上する様子が見られた。このように、様々な初期値境界値による雨量予報を用いた RRI モデルによる予測を行うことにより、信頼性情報を含めた流量予測を行うことができ、妥当な結果が得られることがわかった。

## 2.3 カブール川シミュレーションによるまとめ

以上より、WRFによる降水分布を与えた RRI モデルの計算は、地上雨量計補正 GSMaP を与えた場合よりも流量と氾濫域を過小評価したが、流量や氾濫域の基本的な特徴は再現することができた。これにより、領域気象モデル WRF による降雨分布を用いたアンサンブル洪水予測の今後の可能性が期待される。

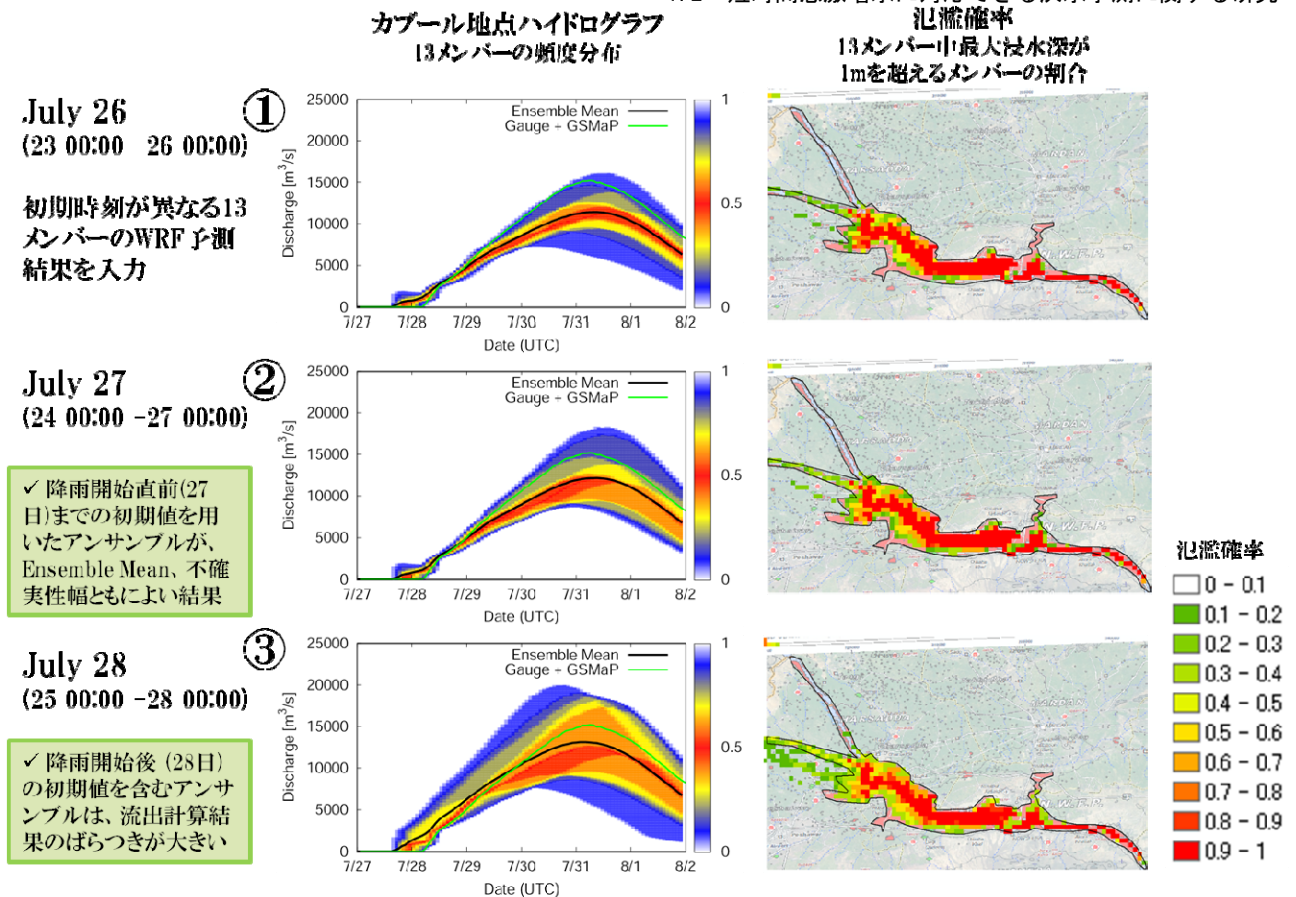


図 2.2 RRI モデルによる洪水予報結果。左の列は、カブール地点のハイドログラフ、右列は氾濫確率。ハイドログラフの緑線は衛星雨量による計算結果、黒線はアンサンブル平均で、色は確率分布を示す。

### 3. インドネシア・ソロ川を対象とした WRF と衛星観測による降雨推定と洪水予測への応用

インドネシアのソロ川流域は雨季に発生する対流性の集中豪雨により毎年のように洪水被害が発生している。2007年12月の降雨イベントでは1,200 km<sup>2</sup>もの、また、2009年1月の降雨イベントでは約790 km<sup>2</sup>もの大規模な洪水氾濫がソロ川流域の中流部・下流部にて発生した。パキスタン同様、インドネシアにおいても雨量観測に限られているため、衛星雨量あるいはメソ気象モデルを用いた雨量推定が必要となる。

インドネシアにおいて、メソ気象モデルを用いた豪雨の再現・予測に関する研究はこれまでもいくつかの事例がある。例えば、Wu et al. (2007) は、WRFを用いてジャワ島北西部のモンスーンが豪雨と強く関係することを示している。さらに、Hayashi et al. (2008)は、日本と東南アジアの雨季と乾季を対象に、20km格子のWRFモデルを用いて算出した降雨量を地上観測降雨と比較している。それによると、中緯度の擾乱で降雨が発生する日本と比べ、大気の対流

で降雨が発生する熱帯降雨は WRF モデルで再現が難しいことが分かっている。また、ジャワ島北部の偏西風がジャワ島に大規模な降雨を引き起こすことが報告されている。

一方、GSMaPなどの衛星雨量は、一般的に地上降雨量に比べて過小評価するなどの課題はあるものの、広域でどのように降雨が分布しているのかを把握するうえで有効である。

ここでは、対象とするインドネシアのような熱帯性の気候帯において、WRFが地上雨量やGSMaPと比較した場合の有効性あるいはその特性を比較・検討するものとした。また、降雨流出氾濫モデルにそれらの降雨情報を入力することによって、ソロ川の洪水計算の精度を検証した。

#### 3.1 検証計算の概要

検証計算は、ソロ川で大規模な洪水氾濫をもたらした2つの洪水イベント(2007年12月、2009年1月)を主たる対象にする。検証方法としては、図 3.1の赤線で示すソロ川全川流域の流域平均降雨量を、WRFモデルによって計算した降雨(以下、WRF降雨)、GSMaPによる衛星観測降雨(以下、GSMaP降

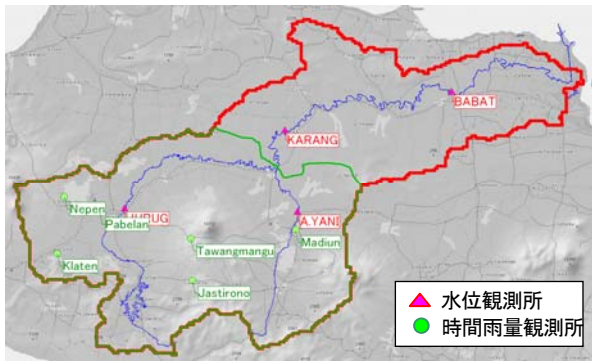


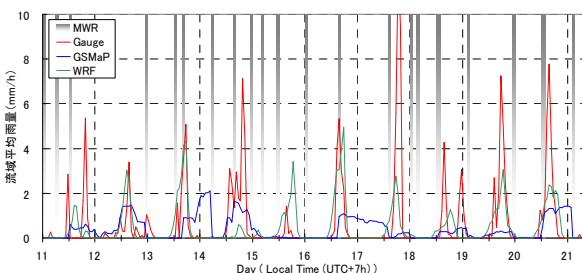
図 3.1 ソロ川流域の時間雨量観測所、水位観測所

雨)、地上観測をティーセン分割して平均化した降雨(以下、地上観測降雨)で比較する。ただし、2010年より以前では、同流域では日雨量データしかないため、時間雨量データが存在する2010年1月の降雨も検討の対象に加える。同降雨は、上記の2つのイベントに比べると降雨量は少ないが、同時期のインドネシアにおける典型的な降雨分布として検討の対象に加える。ソロ川における時間雨量データは、図3.1に緑の丸で示すように6地点しか存在せず、ソロ川下流域には観測所がない。そのため、同図の緑線内で示すソロ川上流域とマディウン川流域における流域平均雨量で検証する。

WRFモデルの設定条件としては、下表に示す条件とした。初期条件、境界条件は米国NOAAが提供する6時間毎の再解析データであるNCEP GFS-FNLを用いた。計算スキームやパラメタリゼーションなどの設定条件はWRFの初期設定を用いた。

表 3.1 WRFモデル計算条件

No.	1	2
格子間隔	10km	2km
格子数	90×50×27	141×101×27
標高・土地利用	30(sec)	5(min)
初期・境界条件	NCEP GFS-FNL (6時間毎)	
計算期間 (UTC)	2007年12月降雨 12月24日0時～翌1月8日0時 2009年1月降雨 1月28日0時～2月10日0時 2010年1月降雨 1月10日18時～1月21日0時	



### 3.2 検証計算結果

#### 3.2.1 流域平均時間雨量の比較

雨季の一般的な降雨イベントとした2010年1月の検証計算結果を示す。GSMaP降雨、WRF降雨、地上観測降雨それぞれにおける流域平均時間雨量を**エラー! 参照元が見つかりません。**に示す。同図から、WRF降雨を確認すると、地上観測降雨で見られる周期性と同様、同時間帯に降雨が発生している。しかし、その雨量に注目すると、地上観測降雨と比較し、13日と16日などは非常に再現性が高い一方、14日と17日では過小評価している。GSMaP降雨に着目すると、地上降雨と比較して、降雨の継続時間が長くなりその雨量は全体的に過小評価である。さらに、14日朝、17日朝は、地上観測降雨では雨が観測されていない時間帯にGSMaP降雨が発生する。この理由は、マイクロ波放射計の計測間隔が大きく影響していると考えられる。

次に、地上観測降雨に対するGSMaP降雨ならびにWRF降雨のスレットスコア、バイアススコアを算出及び比較した。ここで、スレットスコアは1に近いほど予報の正確性を示し、バイアススコアは1に近いほど予報に偏りが少ないことを示す気象学の指標である。5mm/hr未満であればWRF降雨はGSMaP降雨よりも全ての降雨強度についてスコアが高いことが分かる。すなわち、雨季に毎日降るような比較的降雨強度の弱い雨を流域平均で推定するうえでは、WRFを利用した全球気象モデルの利用も十分な可能性があると考えられる。

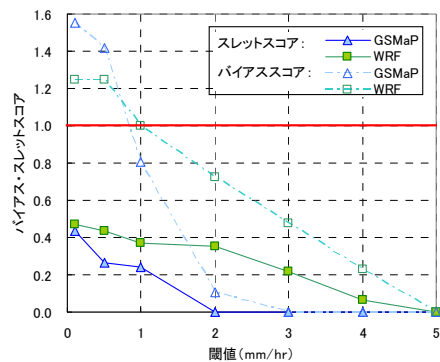


図 3.2 スレットスコア、バイアススコア結果

#### 3.2.2 洪水イベントの総降雨量の比較

次に大規模な洪水をもたらした2007年12月及び2009年1月の降雨イベントについて論ずる。図3.3に対象地域の総降雨量コンター図を示す。同図の地上観測降雨は、約125地点のデータからティーセン分割を行って着色している。



2007年12月降雨と2009年1月降雨のどちらにおいても、同図の南西に位置するソロ川上流域で300mmを超える総降雨量を観測している。WRFの総降雨量は同地域で300mmを越えており、地上降雨とよい対応を示す。これは、2kmのメソスケールモデルを用いることによって、地形性の降雨を再現できてい

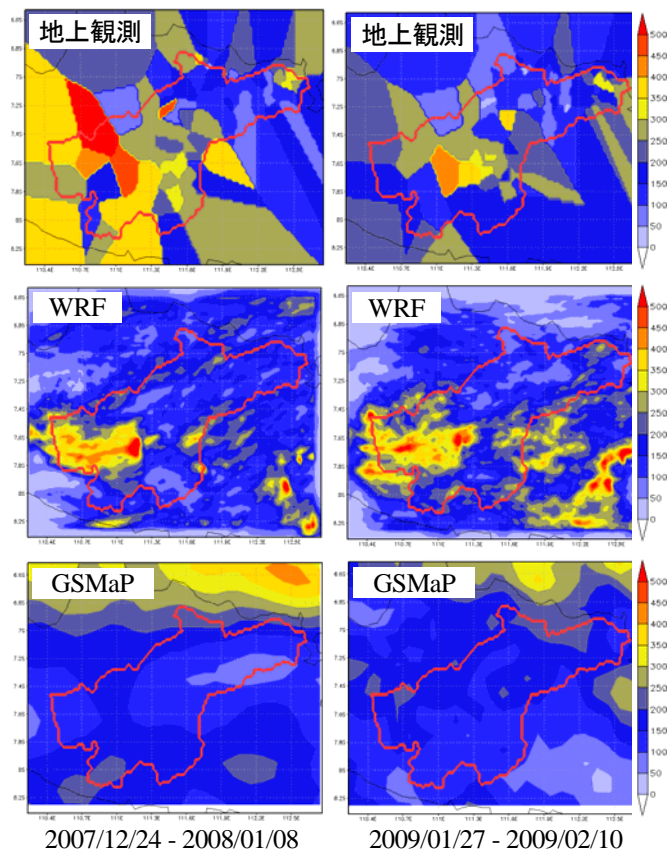


図 3.3 各イベントの総降雨量

(上：地上観測、中：WRF、下：GSMaP、赤線はソロ川流域、左：2007年12月降雨、右：2009年1月降雨)

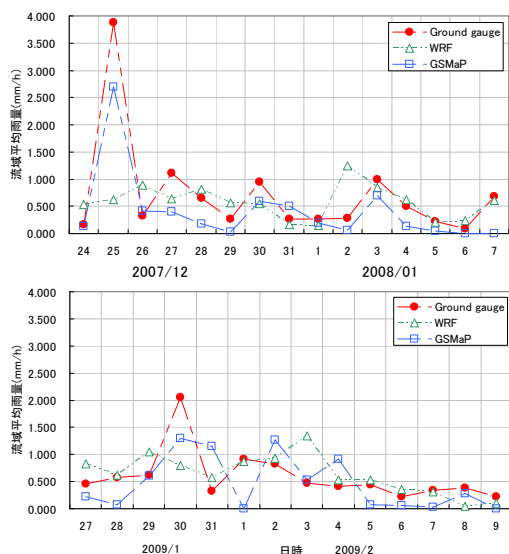


図 3.4 流域平均日雨量の比較

(上：2007年12月降雨、下：2009年1月降雨)

るためであると考えられる。一方、GSMaPの総降雨量はソロ川上流域と下流域であまり変化しないことが分かる。また、総降雨量に対して流域平均をとった場合、地上観測降雨、WRF降雨、GSMaP降雨はそれぞれ2007年が255mm、208mm、143mmであり、2009年1月が213mm、199mm、156mmとなった。よって、総降雨量の比較としてはWRF降雨の方が精度は高いといえる。

### 3.2.3 洪水イベントの流域平均日雨量の比較

2つの洪水イベントに対して、ソロ川流域全体で流域平均日雨量を算出し、グラフ化したものが図3.4である。同図より、GSMaPと地上観測降雨の流域平均日雨量には大きな乖離はない。一方、WRFモデルではそのピークが見られず、洪水イベントにおける降雨のピークを再現できない。ただし、降雨量が弱ければ、(1)で検討した場合と同様に、GSMaP降雨より再現できるものであった。

### 3.2.4 流量検証計算について

RRIモデルに、地上観測降雨、GSMaP降雨、WRF降雨を与えて流出氾濫解析を行った。ここでは、2007年12月降雨のケースのみを示す。各降雨条件の流域平均雨量と算出された水位観測所毎の流出解析結果を図3.5に示す。

地上観測降雨とGSMaP降雨を与えた場合の降雨流出氾濫解析結果は、ソロ川下流部であるKARANGにおいてH-Q換算流量と概ね一致しているといえ

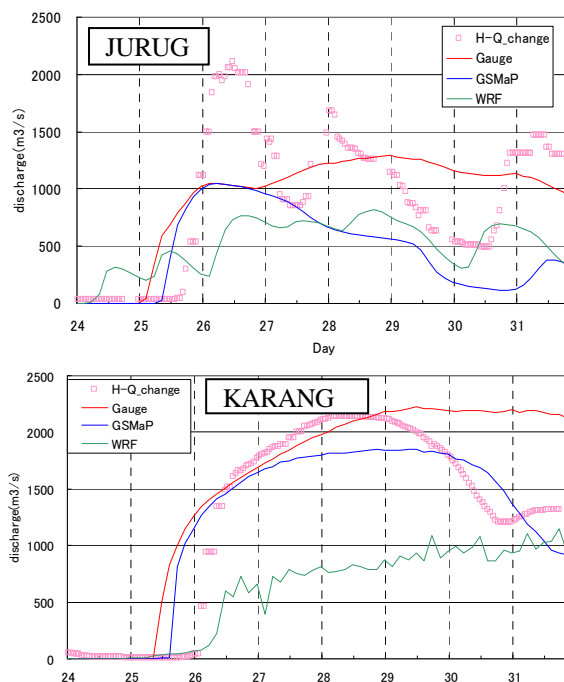


図 3.5 流域平均時間雨量の時系列変化と水位観測所地点における流出解析結果

る。一方、WRF 降雨を与えた場合の結果は、どの地点においてもほとんど再現できていないことに加え、全地点で大きく過小評価している。これは、インドネシアのような熱帯地域における氾濫洪水を引き起こすような継続的な高強度の対流性降雨は、WRF モデルでは再現が非常に困難であることによると思われる。

以上をまとめると以下の通りである。地上雨量データを補完するための手法として、本研究では、メソ気象モデルによる全球気象モデルのダウンスケーリング、および衛星観測雨量に着目し、その両者の洪水予測への応用可能性をインドネシア・ソロ川流域において検討した。その結果、毎日夕方頃に雨をもたらすようなモンスーン性の気象パターンを、WRF はある程度再現することができ、その流域平均雨量の時系列パターンは概ね妥当に再現できる一方、GSMaP はマイクロ波放射計による観測頻度が少ないため、降雨分布を正しく捉えきれない場合があることが分かった。

次に、大規模な洪水をもたらした降水イベントについて同様の検討を行った。期間中の総降雨量で見ると、WRF の結果は地上雨量の内挿による結果と比較的よく対応するものの、洪水のきっかけとなる継続的かつ高強度の降雨分布を WRF は正しく再現することができなかつた。一方、GSMaP は 1 日から 2 日にわたる大きな降雨イベントをある程度妥当に推定するため、日降水量の比較でみた場合には、GSMaP の方が WRF に比べて地上雨量と整合性が高くなることが分かった。

それぞれの推定による降水量の分布を降雨流出氾濫モデルに入力して流量の再現計算を行った結果、上記の理由により WRF による計算結果は洪水流量を大幅に過小評価するのに対し、GSMaP による計算結果は地上雨量による結果や観測流量の結果と比較的よく整合していた。

以上のことから、今回の検討の範囲内では、洪水予測の観点から、GSMaP による雨量を用いた方が WRF による解析雨量を用いるよりも洪水ピークの再現性が高くなる結果となったが、気象水文観測データが乏しい熱帯地域での予測雨量ダウンスケール手法を今後改善することが出来れば、総降雨量の分析から示唆されるように、全球数値気象予報モデル計算値の現地洪水・氾濫予測への応用につながる高いポテンシャルがあるものと期待される。

#### 4. 2011 年タイ洪水を対象にしたチャオプラヤ川全流域の降雨流出氾濫予測

2011 年タイ洪水を対象に、降雨流出氾濫モデル (Rainfall-Runoff-Inundation Model: RRI Model) を用いた緊急対応の洪水予測を実施した。洪水がピークを迎える 10 月中旬に予測した結果は、11 月下旬まで下流域の洪水氾濫が残る可能性を示唆していた。本報では、洪水収束後に再現計算した結果と比較しながら、この予測がどの程度正しかったのかを検証する。また、衛星情報をベースにした入力から現地情報をベースにした入力に更新した際にどの程度計算精度が向上するかを分析し、広域の降雨流出氾濫計算で優先的に入手・反映すべき情報について考察する。これらの分析に基づいて、緊急対応的に予測できること・できないことを明確にする。

##### 4.1 RRI モデルによる緊急対応の降雨流出氾濫予測

RRI モデルは、降雨を入力して河川流量から洪水氾濫までを一体的に解析するモデルである。流域のグリッドセルには平面二次元の拡散波近似モデルを、河道のグリッドセルには一次元の拡散波近似モデルを適用する。降雨流出を妥当に計算するため、山地域においては側方地中流を、平野部においては鉛直浸透流を考慮する。

緊急対応の広域洪水予測においては衛星情報を最大限に利用する必要がある。降水情報としては 3B42RT と呼ばれる衛星降雨プロダクトを用いた。また 8 日先までの予測雨量は気象庁による全球数値予報モデル (JMA-GSM) の結果を用いた。さらにその先の入力降雨については、乾季で予測雨量の影響が比較的小さいと考え 2010 年の実績降雨を用いた。河道の幅と深さについては、流域内で 121 地点の河道断面情報を入手し、集水面積と河道幅・深さの関係を定式化することによって設定した。

10 月 14 日の時点で得られた浸水深の計算結果 (Lv1) と衛星情報による浸水想定域の比較を図 4.1 に示す。この比較からナコンワン上流やアユタヤ周辺の氾濫域を概ね捉えられていることを確認したうえで、上述の情報を入力して 11 月下旬までの予測を行った (図 4.2 : Lv1)。その結果、アユタヤ周辺では 11 月下旬でも広域浸水の残る可能性が示唆された。

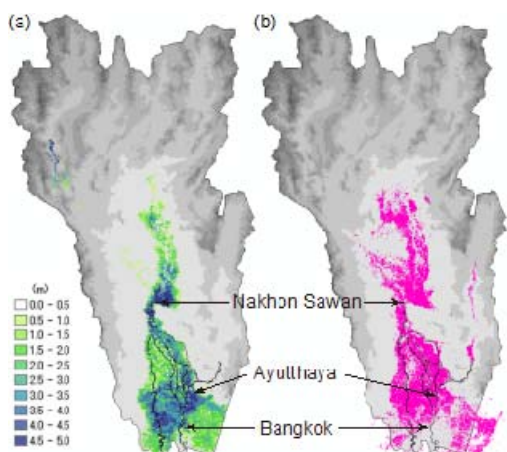


図 4.1 Lv1 の計算浸水深と衛星による浸水想定域 (10月14日時点の第1報結果)

#### 4.2 予測・再現計算の検証

10月下旬から現地の情報を逐次入手して計算結果の更新を続けた。具体的には、地上雨量による衛星雨量の補正、蒸発散の考慮、ダムモデルの追加、潮位境界条件の設定、パラメータの調整、河道断面のより詳細な反映を行った。全ての項目について更新したうえで洪水収束後に実施した再現計算をLv2とよび、以下でLv1、観測情報と比較する。

##### (1) 河川流量

流域内の主要地点における計算および観測の流量と水位のハイドログラフを図3に示す。ナコンサワン地点の9月、10月の平均流量をLv1は約40%、水位を約2m過大評価していた。他の地点においても同様の過大評価傾向がみられた。一方、Lv2の結果は流域全体で流量・水位ともに過大評価傾向が改善された。上流支川のヨム川に位置するY4地点では流量が2か月間概ね一定になっており、これは上流および周辺の氾濫の影響によるものであった。

##### (2) 浸水域のピーク水位

RRIモデルが示すピーク浸水位の妥当性を検証するため高性能GPSを用いた浸水痕跡調査(主としてアユタヤ・ナコンサワン間を対象)を実施した。各地点のピーク浸水位を比較した結果を図4に示す。Lv1の結果は氾濫原で2.5m、河川沿いで0.8mの過大評価であるのに対し、Lv2では氾濫原で1.1m、河川沿いで-0.5mとなり、Lv1よりも精度が上がっている。

##### (3) 浸水域の空間分布

衛星画像による浸水想定域とモデルによる浸水深を9, 10, 11月の中旬時点で比較する(図4.2)。11月下旬までアユタヤ周辺で洪水が残る可能性があるとい

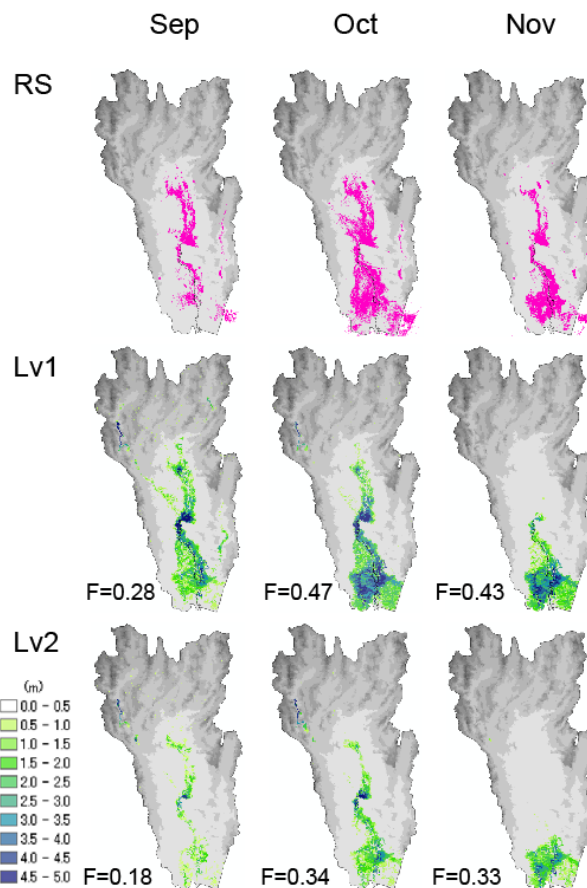


図 4.2 計算浸水深と衛星による浸水想定域 (Lv1のNovの結果は10月14日時点での予測結果)

う予測結果は概ね間違っていないと考えられる。その一方で、Lv1、Lv2ともに氾濫域を過小に評価していたことが分かる。この原因は、平野部で鉛直浸透した水を河川に戻していないというモデル構造上の問題による。加えて洪水減衰時の氾濫挙動の複雑さにも起因すると考えられる。上述のGPS計測を11月下旬に実施した結果、ピーク時点の水位は河川と氾濫域で概ね一致していたことを確認した。

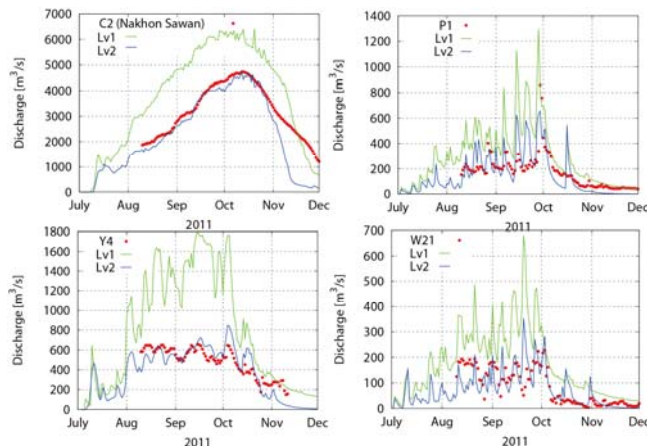


図 4.3 主要地点の計算・観測流量

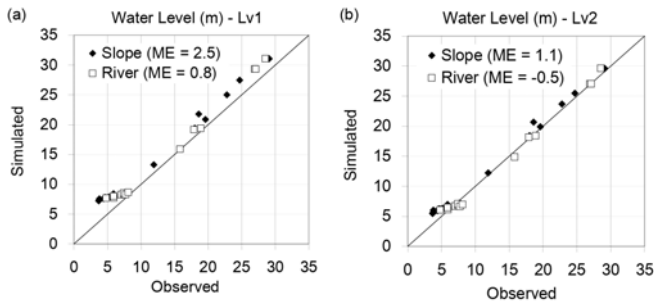


図 4.4 計算および GPS 計測による浸水位の比較

一方、計測実施の 11 月下旬には、とくに中流部において河川の水位は既に 4 m ピークから低下しているのに対し、氾濫域の低下量は 2 m 程度であった。水位が低下するに従って水田の境界や道路などの人口構造物および微地形による影響が相対的に大きくなり、氾濫域と河川の水が分離される。RRI モデルはそうした挙動を正しく反映しきれないため、河川の水位低下と合わせて氾濫域の水位も比較的早い段階で低下させてしまう。

#### 4.3 入力情報の優先度について

Lv2 で更新した入力情報の効果を項目毎に分析した。その結果、蒸発散の影響を無視したことが Lv1 で過大評価をした主たる原因であることが分かった。次に大きな影響を及ぼすのは、下流部においてはダムの考慮であり、上流部においては河道断面の詳細な反映が重要であった。河道断面を正しく反映させることによって、氾濫しながら洪水が流下する過程をより妥当に再現できるようになる。地上雨量で補正した効果の影響は今回については限定的であった。またパラメータは、Lv1 で設定した値が結果的に概ね妥当であったと考えられ、更新の影響も小さかった。

## 5. まとめ

本研究は、発展途上国における降雨の時空間分布を予測・把握し、その情報をもとに降雨流出から洪水氾濫までを一体的に予測することを目的とした。

パキスタンのカブール川における 2010 年洪水に対して、数値気象予報モデルのダウンスケーリングを実施し、その再現性を確認した。さらに、アンサンブル流出氾濫予測をすることにより、信頼性情報を含めた洪水予測の検討を行った。その結果、WRF によってダウンスケールすることにより、流出予測の精度が向上することを確認するとともに、氾濫危険度予測の確度が高まること明らかになった。

また、ソロ川における検証では、モンスーン性の気象パターンを WRF がある程度再現できて、その流域平均雨量の時系列パターンも概ね妥当に再現できることを確認した。その一方で、積乱対流に伴う豪雨イベントについては、高強度の降雨分布を正しく再現できないことがあった。熱帯性の降雨を WRF で再現・予測し、流出から氾濫までを一体的に予測するためには、今後さらなる検討が必要である。

タイ・チャオプラヤ川においては、衛星情報を最大限に利用した緊急対応の広域洪水予測を実施した。さらに、洪水収束後に実施した詳細な再現計算と比較しながら、緊急対応で予測できること・できないことを議論するとともに、広域の降雨流出氾濫予測の可能性とその限界を論じた。今回のタイ洪水の緊急対応シミュレーションによって、限られた情報から河川流量と広域氾濫を迅速かつ的確に予測する新たな予測情報の創出の可能性を示すことができた。

今後も他の気候帯や異なる水文特性を有するに流域を対象にしながら WRF モデルによるダウンスケーリングとその予測情報を用いた降雨流出氾濫予測を実施し、発展途上国における短時間急激増水の洪水被害軽減に結び付く方法論の提案とその精度検証を行っていく予定である。

(参考文献)

- 1) Michalakes, J., and others: The Weather Research and Forecast Model, Software Architecture and Performance. Proceedings of the Eleventh ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology. Eds. Walter Zwiefelhofer and George Mozdzyński. World Scientific, pp 156 – 168, 2005.
- 2) Okamoto, K., Iguchi, T., Takahashi, N., Iwanami, K., and Ushio, T. The global satellite mapping of precipitation (GSMaP) project. 25th IGARSS Proceedings: 3414-3416, 2005.
- 3) Sayama, T., Ozawa, G., Kawakami, T., Nabesaka, S., Fukami, K., Rainfall-Runoff-Inundation Analysis of Pakistan Flood 2010 at the Kabul River Basin, Hydrological Sciences Journal, 57(2), DOI:10.1080/02626667.2011.644245, pp. 298-312, 2012.
- 4) Wu, P., Hara, M., Fudeyasu, T., Yamanaka, M. et al. : The Impact of Trans-equatorial Monsoon Flow on the Formation of Repeated Torretial Rains over Java Island, SOLA, Vol. 3, pp.093-096, 2007.
- 5) Hayashi, S., Aranami, K., and Saito, K. : Statistical Verification of Short Term NWP by NHM and WRF-ARW with 20 km Horizontal Resolution around Japan and Southeast Asia, SOLA, Vol. 4, pp.133-136, 2008.



## STUDY ON FLOOD PREDICTION APPLICABLE TO FLASH FLOODS

**Budgeted** : Grants for operating expenses (General Account)

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Water-related Hazard research Group

**Author** : Kazuhiko Fukami

Takahiro Sayama

Motoki Ushiyama

Susumu Fujioka

Yuya Tatebe

**Abstract** : This project investigates the physical downscaling of a global scale weather prediction using a meso-scale weather model, particularly WRF model, and rainfall-runoff-inundation predictions with RRI model for providing useful information for short-term flood predictions including flash flooding in developing countries. In this progress report, we discuss the application of the method to the Kabul River basin in Pakistan, the Solo River basin in Indonesia, and the Chao Phraya River basin in Thailand. For the Kabul River basin case, the ensemble predictions were performed from rainfall forecasting to runoff and inundation predictions with uncertainty information. For the Chao Phraya River case, an emergency-response-type flood prediction was demonstrated.

**Key words**: Flood prediction, physical downscaling, WRF model, RRI model, Chao Phraya River