

## 「DIAS 解析環境」利用共同研究（無償）課題成果報告書

提出日：2023年2月7日

課題番号	DIAS22-A009
研究課題名	海外流域における洪水・渇水予警報システム構築と機能の高度化
フリガナ 申請代表者氏名	コイケ トシオ 小池 俊雄
申請代表者の 所属機関名	国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
研究実施期間	2022年10月1日～2023年3月31日

※「研究実施期間」は、年度報告書の場合は当該年度、最終報告書の場合は開始時～終了時を記入してください。

### （1）研究概要

DIAS 3期水課題のサブ課題の一つとして「④地球環境情報プラットフォーム構築機関との協力による他分野への展開」として、主にアジア・アフリカ地域において、リアルタイムデータ取得機能、アンサンブル降雨予測、水エネルギー収支分布型水文モデル等の各要素を開発し、DIAS 上で順次組み合わせ、洪水監視システム(Flood Early Warning System: FEWS)、一部の海外流域では、39 時間先のアンサンブル予測を組んだ、洪水予測・監視システム(Flood Forecasting Early Warning System: FFEWS)、また、季節予測データを用いた渇水予測システム(Drought Forecasting Early Warning System: DFEWS)を開発してきた。DIAS 3期水課題で得られたこれらアジア・アフリカ地域における FEWS, FFEWS, DFEWS の成果を発展させ社会のニーズに応え多くの流域に適用するため、各機能に、短期アンサンブル降雨予測機能、長期アンサンブル降雨予測機能、ダム操作機能、最適化機能を順次組み込んでシステム化する。また、高度化された情報を社会に適用する人材育成のシステム化をする。このシステム化研究を DIAS を開発、運営してきた IT 研究者と協働し実施する。

### （2）課題の意義と目的

2022年4月23～24日に熊本市で開催された第4回アジア・太平洋水サミットでは、「強靭性、持続可能性、包摂性を兼ね備えた質の高い社会への変革」

を謳った『熊本宣言』が採択された。岸田首相から、「気候変動適応策・緩和策両面での取組として、アジア太平洋地域に3万基以上ある既存ダムは、我が国が有するハイブリッド技術を導入することで、治水・利水能力の向上といった気候変動適応策と、水力エネルギーの増強といった気候変動緩和策の両方を、環境負荷の増大を伴わず早期に実現できること、また、その上で、科学技術の実装には、水管理の実務を担う人への投資が重要であり、我が国が構築しているデータ統合・解析システムや、各国機関と連携した共同研究等による支援を行い、人材育成に貢献すること」の発表があり、今後5年間で約5千億円の支援が約束された。

DIAS 第3期水課題の成果がこの発表に貢献するところは大きく、気象庁のメソスケールアンサンブル予測が利用できない国際利用は、DIAS 第3期のPoC 成果の発展なしには難しいのが現状である。また今後予想される多様で多くの国際的ニーズに応えるには洪水・渇水予警報システム開発と機能の高度化が不可欠である。そこで、スリランカ、フィリピン、ミャンマー、インドネシア、ベトナム、インド、ブラジル、西アフリカ、北アフリカ、イラン等において、下記の3つを目標とする。

- ① 洪水・渇水予警報システム開発と高度化
- ② 洪水調節や発電機能向上を目的とする最適ダム操作の検討
- ③ 洪水・渇水予警報情報を翻訳し実社会に役立てる人材の育成

年度ごとの目標は次のとおりである。

2022年度：水災害予警報システムのロバストな運用手法の検討

2023年度：水災害予警報システムの実務への適用手法の検討

2024年度：水災害予警報システムの自律的運用のための能力開発

### (3) 研究成果

#### (3)-1) 実施内容

##### (3)-1-1) リアルタイム洪水・渇水情報の提供：

2021年度までに構築した、スリランカ カル川流域における洪水予測・監視システム(FFEWS)、マハウエリ川流域における洪水監視システム(FEWS)、西アフリカ ニジェール川流域、ボルタ川流域における、洪水監視システム(FEWS)、フィリピン パンパンガ川流域、ダバオ川流域における洪水監視システム(FEWS)、ブラジル セアラ州 における渇水監視システム(DEWS)を継続して運用し、関連の機関への情報提供を続けた。

スリランカ カル川流域(2,766km<sup>2</sup>)では、1) 地上観測降雨、2) ひまわり 8号による雲と水蒸気の分布、3) 衛星観測雨量(GSMaP NOW)による降雨分布、4) 地上観測雨量データを用いてリアルタイムに補正される GSMaP NRT の降雨分布、5) 補正された GSMaP NRT を水・エネルギー収支を考慮した降雨流出氾濫モデル(WEB-RRI)に入力し得られる河川水位や洪水氾濫域、6) 72 時間先までの降雨予測、7) 降雨予測を WEB-RRI に入力し得られる 72 時間先までの洪水予測を 500mの空間解像度でリアルタイムに1時間ごとに自動更新している。また、2017 年 5 月の大規模洪水時の地上観測降雨、GSMaP\_NRT、ひまわり 8号、洪水状況の再現計算結果をアニメーションで提供している。

マハウエリ川流域(10,400km<sup>2</sup>)では、1) 地上観測降雨、2) ひまわり 8号による雲と水蒸気の分布、3) 衛星観測雨量(GSMaP NOW)による降雨分布、4) 地上観測雨量データを用いてリアルタイムに補正される GSMaP NRT の降雨分布、5) 補正された GSMaP NRT を水・エネルギー収支を考慮した降雨流出氾濫モデル(WEB-RRI)に入力し得られる河川水位や洪水氾濫域をリアルタイムに1時間ごとに自動更新している。

FFEWS は、スリランカ国の灌漑省(IR)、災害管理センター(DMC)、国家建築研究機関(NBRO)、気象局(Met Office)等の関係機関で共有されている。

西アフリカ ニジェール川流域(2,118,000km<sup>2</sup>)、ボルタ川流域(400,000 km<sup>2</sup>)では、1) 衛星観測雨量(GSMaP NOW)による降雨分布、2) 過去の地上観測雨量を用いて統計的に補正された GSMaP NRT の降雨分布を流域スケールで、また、3) 過去の地上観測データを用いて補正係数を求め統計的に補正される GSMaP を WEB-RRI に入力し得られる河川水位や洪水氾濫域を流域スケールと洪水危険地点(ホットスポット)でリアルタイムに1時間ごとに自動計算している。空間解像度はニジェール川流域では 4km、ボルタ川流域では 2 km、洪水危険地域では 450m である。また、洪水危険地点 (ニジェール川流域：Bamako 地点での 2018 年 7 月出水、ボルタ川流域：Mango 地点での 1970 年 10 月出水) における洪水状況の再現計算結果と想定最大浸水深の情報も提供している。FEWS はニジェール川、ボルタ川流域国を含む西アフリカ 11 カ国、西アフリカ農業気象水文センター (AGRHYMET)、ニジェール川流域機構 (NBA)、ボルタ川流域機構 (VBA) 等、関係機関に公開され情報の共有が図られている。

フィリピン パンパンガ川流域(9,759km<sup>2</sup>)では、1) 地上観測降雨、2) ひまわり 8号による雲と水蒸気の分布、3) 衛星観測雨量(GSMaP NOW)による降雨分布、4) 地上観測降雨を RRI に入力し得られる河川水位や洪水氾濫域、5) 過去の

地上観測降雨を用いて補正係数を求め統計的に補正される GSMaP を RRI に入力し得られる河川水位や洪水氾濫域を、500mの空間解像度でリアルタイムに1時間ごとに自動更新し提供している。また、2020年11月の台風 Ulysses による大規模洪水時の GSMaP\_NRT、ひまわり8号のアニメーション、2011年9月の台風 Nesat、2022年9月の台風 Noru それぞれの洪水状況の再現計算結果をアニメーションで提供している。

FEWSは、HyDEPP-SATREPSプロジェクトの枠組みでフィリピン大学ロスバニョス校、ディリマン校、ミンダナオ校、大気地球物理天文局(PAGASA)、国公共事業道路省(DPWH)、科学技術省(DOST)、ラグナ湖開発公社(LLDA)、マニラ首都圏開発庁(MMDA)等で共有されている。

フィリピン ダバオ川流域(1,623km<sup>2</sup>)では、1)ひまわり8号による雲と水蒸気の分布、2)衛星観測雨量(GSMaP NOW)による降雨分布、3)過去の地上観測降雨を用いて補正係数を求め統計的に補正される GSMaP を WEB-RRI に入力し得られる流域スケールの河川水位や洪水氾濫域を 500mの空間解像度でリアルタイムに1時間ごとに自動計算している。また、洪水危険地点(バランガイ：Ma-A、Mandug)において補正された GSMaP を RRI に入力して得られる河川水位や洪水氾濫域を 40mの空間解像度でリアルタイムに3時間ごとに自動計算している。

FEWSは国際洪水イニシアチブ(IFI) Philippine の枠組みで、DOST XI (科学技術省 第11地区)、PAGASA XI (気象天文庁 第11地区)、OCD XI (国防省市民防衛局 第11地区)等で共有されている。

ブラジル北東域とセアラ州を対象に農業的旱魃を監視・季節予測するシステムを開発した。DIAS上で各種データ(GLDAS気象フォーシング全球データ・GCOMW/AMSR2衛星マイクロ波輝度温度全球データ・Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Climate Model version2.5(GFDL)季節予測降水量全球データ)を収集・統合し陸面における水循環と植生動態を評価し、マイクロ波輝度温度データを同化する植生動態-陸面結合データ同化システム(CLVDAS)をブラジル北東域に適用することにより、25kmグリッド DIAS 農業的旱魃監視・季節予測システム(旱魃システム)を開発し、セアラ州のステークホルダー・農業従事者・研究者等と共有している。

### (3)-1-2 オンライン e-learning システムの提供：

西アフリカ、フィリピン パンパンガ、フィリピン ダバオ を対象に構築したオンライン e-learning システムを継続して提供した。

### (3)-2 得られた成果

#### (3)-2-1 リアルタイム洪水・渇水情報：

2022 年度は、フィリピンパンパンガ流域を対象に地上観測降水データがリアルタイムに提供されない場合に、流量や浸水深を計算するバックアップシステムを構築した。具体的には、GSMaP を統計的に補正した降水分布を RRI に入力し 500m 解像度で 1 時間ごとに流量や浸水深を自動計算するものである。

2022 年 9 月 26 日にパンパンガ流域を直撃した台風 16 号 (Noru) では、リアルタイムの地上観測降雨データ転送が停止したものの、バックアップシステムは稼働し、時々刻々と変化する浸水域をリアルタイムで計算した (図-1)。

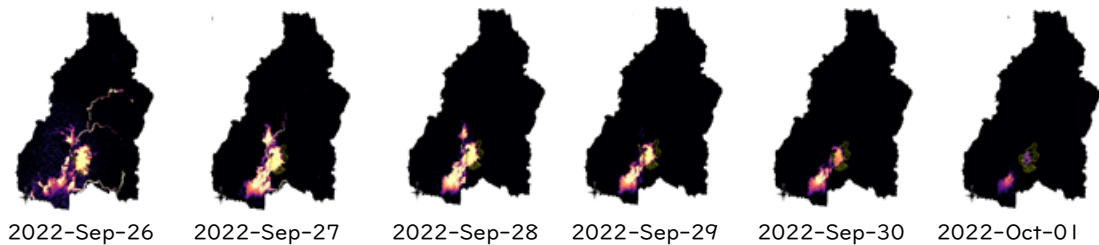


図 1：バックアップシステムで計算した浸水域の時系列

衛星観測 (合成開口レーダ：Sentinel-1) が 2022 年 10 月 1 日に観測しており、Sentinel-1 から推定した浸水域とリアルタイムに RRI で計算した浸水域を比較したところ 84%の精度で計算出来ていることを示した(図-2)。

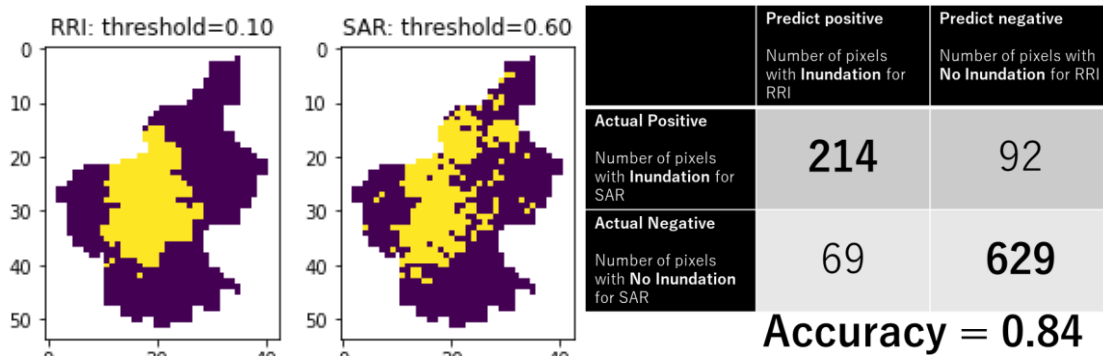


図 2：2022 年 10 月 1 日 Sentinel-1 観測時刻における RRI による推定浸水域 (左) と RRI モデルのグリッドに投影した Sentinel-1 SAR による推定浸水域 (中央)。これら結果の混同行列による精度評価結果 (右)。

ただし、両結果とともに閾値によって推定浸水域の範囲が変わるため、精度評

価の際の閾値の与え方が今後の課題である。この閾値とは、RRI モデルでは出力値である浸水深を実際の浸水とみなす閾値、SAR では高解像度の推定浸水域マップを低解像後の RRI モデルのグリッドに投影する際にどの程度水面画素が含まれれば水面と判定するか等の閾値である。

### (3)-2-2 : OSS-SR のブローシャ作成

2022 年度は、**Flood Monitoring & Forecasting by Online Synthesis System for Sustainability and Resilience (OSS-SR) - A Case in the Philippines towards Operational Early Warning** - と題したブローシャを作成した。洪水予警報システムの概念、洪水予警報情報を翻訳し実社会に役立てるファシリテータの役割、2022 年 9 月 26 日にパンパンガ流域を直撃した台風 16 号 (Noru) の解析事例や SATREPS、DIAS、International Flood Initiative (IFI) の概要を記載した。作成したブローシャを資料 I に示す。

このブローシャは科学技術省 (DOST)、フィリピン気象天文庁 (PAGASA)、公共道路事業省 (DPWH)、メトロマニラ開発公社 (MMDA)、ラグナ湖開発公社 (LLDA) を訪問した際に配布するとともに概要を説明した。

### (3)-2-3 オンライン e-learning システム :

2022 年度は、HyDEPP-SATREPS の下でフィリピンを対象に 7 月～8 月に DIAS を用いた e-learning を実施した。コース 1 : 基本講義 (Basic Lecture)、コース 2 : 洪水災害マッピングとリスク評価 (Tutorial)、コース 3 : 水文・農業モデル (講義と Tutorial) の 3 コースで構成した。講義の習熟度を確認するためのオンラン環境を整備し、コース 1、コース 3 それぞれにランダムに出題される設問に対し 80% の正答率で合格となる仕組みとした。

この e-learning には、UPLB, UP Diliman, DOST, PHIVOLCS, PAGASA, DPWH, LLDA, MMDA から計 93 名が参加した。

### (3)-2-4 第 4 回アジア太平洋水サミットにおける関連発表

第 4 回アジア太平洋水サミットは、アジア太平洋地域の持続可能な発展に向けた道筋や取組みを水の観点から示すことを目的としたもので、国連水会議の地域プロセスの一つとして位置付け、2022 年 4 月 23 日 (土)、24 日 (日) に熊本で開催された。その中で次の 3 件の発表がなされた。

ア) K.D.N.スリワルダナ氏 (スリランカ国灌漑局長) による、Sri Lanka 洪水予測監視システムの紹介

- イ) アンソニー・サレス氏 (フィリピン国 科学技術省[DOST]第 11 地区局長) による、フィリピンダバオ市における OSS-SR の紹介
- ウ) シャミラ・ナイア・ベドウィル氏 (国連教育科学文化機関(UNESCO 自然科学担当事務局長補佐) による、Niger, Volta 川における洪水早期警戒情報 (FEWS) のプロトタイプの紹介

### (3)-2-5 第 9 回洪水管理国際会議 (ICFM9) における関連発表

洪水管理国際会議 (ICFM) は世界中の様々な専門家や政策立案者が集って洪水に関して議論を行い、それぞれのアイデアや経験について意見交換を行う唯一の国際会議として開催されてきている。第 9 回洪水管理国際会議 (ICFM9) が、2023 年 2 月 19 日~22 日につくば市で、熊本サミットから国連水会議への議論の橋渡しの場としても開催された。その中で、

その中で次の 2 件の発表がなされた。

- ア) アンソニー・サレス氏 (フィリピン国 科学技術省[DOST]第 11 地区局長) による、フィリピンダバオ市における OSS-SR の紹介
- イ) サリフ・デネ氏 (ボルタ川流域委員会) による、Niger, Volta 川における洪水早期警戒情報 (FEWS) のプロトタイプの紹介

以上の検討により、2022 年度予定していた、水災害予警報システムのロバストな運用手法の検討目標を達成した。

## (4) 波及効果

本研究は最先端の科学と知を統合し、洪水・渇水予警報システムを提供することで、現場での意思決定、行動をつなぐ枠組みを構築することで、事前の水害対応・問題解決対応が可能となる。また、オンライン e-learning により、科学的、伝統的な知識を幅広く使った専門的な助言によって、社会や現場での関係当事者と科学技術のギャップを埋め、問題解決の道を示すことができる触媒的存在である「ファシリテータ」を育成にも貢献している。

## (5) 業績 (口頭・ポスター発表、論文発表、受賞、講演等)

### 査読付き論文発表

- 1) Tedla, M.G.; Rasmy, M.; Tamakawa, K.; Selvarajah, H.; Koike, T. : Assessment of Climate Change Impacts for Balancing Transboundary Water Resources Development in the Blue Nile Basin. Sustainability 2022,14, 15438. <https://doi.org/10.3390/su142215438>
- 2) Mohamed Rasmy, Masaki Yasukawa, Tomoki Ushiyama, Katsunori Tamakawa,

Kentaro Aida, Sugeeshwara Seenipellage, Selvarajah Hemakanth, Masaru Kitsuregawa and Toshio Koike : Investigations of Multi-Platform Data for Developing an Integrated Flood Information System in the Kalu River Basin, Sri Lanka, , Water 2023, 15(6), 1199; <https://doi.org/10.3390/w15061199>

#### 受賞

- 1) Koike Toshio: 2022 AGU Ambassador Award.  
<https://www.agu.org/Award-Showcase/Pages/Awards-Prizes#koike>