Global Flood Partnership 2016 Conference 参加報告

池内寛明¹⁾ 山崎 大²⁾ 平林由希子¹⁾

¹⁾ 東京大学大学院 工学系研究科

(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

²⁾ 海洋研究開発機構

(〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25)

I. Global Flood Partnershipの背景と意義

2016年6月29日～7月1日にイタリア・イスプラのEuropean Commission Joint Research Center (EC-JRC)において、Global Flood Partnership 2016 Annual Conferenceが開催された。本会議は、全球を対象とした洪水のモニタリング・モデリング・リアルタイム予測・予測情報の現業活用・リスク評価に取り組んでいるコミュニティ Global Flood Partnership (GFP) が毎年開催している学会である。GFPは、世界銀行・国連食糧計画・赤十字といった国際機関、各国の気象機関や河川管理事務所といった実務機関、再保険会社やGoogleといった民間企業など、研究者以外にも洪水リスクの削減に関心がある多様な関係者が任意で参加している枠組みである。そのため本学会では、洪水のモニタリングと予測に関する最新の研究内容が紹介されるだけでなく、研究成果を実務レベルで活用するための方法や現場からのフィードバックなど様々なトピックが議論される。パートナーシップ自体はまだ新しい枠組みであり、2012年にEC-JRCとDartmouth Flood Observatory (DFO) が中心となって立ち上げたGlobal Flood Working Groupが母体となっており、2014年3月からGlobal Flood Partnershipに名称を変更して誰でも参加できるオープンなコミュニティとなった。日本からは山崎（当時は英国ブリストル大学所属）が2014年から本パートナーシップに参画しており、2016年の学会には平林・山崎・池内の3名が参加した。GFPの詳細な枠組みや活動内容については、インターネット上で紹介されている (<http://portal.gdacs.org/Global-Flood-Partnership>)。 (山崎大)

II. Global Flood Partnership 2016 Conference 会合概要

本年度の会合への参加者は世界各国の洪水モデル開発者、洪水予報機関、実務者など約50名であった。本年度会合の開催目的は、GFPにおける各取り組みの進展状況と課題の共有、および連携強化のための方向性の議論である。各参加者が自身の取り組みを披露・意見交換する場を提供し議論をより活発化させることを目的として、本年度から新たなプログラム項目が追加された。具体的には、1日目において、主催者から議論の導入として問題意識の共有と現在進行中の主要プロジェクトの進捗状況の紹介がなされた後に実施された、“Marketplace of ideas” セッションや“Doctor-patient” セッションが該当する。いずれも参加者が6つのブースに分かれ、ホワイトボードを用いて少人数で密な議論を交わすという過程を繰り返すもので、前者では研究に関する意見交換、後者では各人が持つ研究やプロジェクトの遂行に関する悩みを打ち明け、全員で解決策を模索することが目的とされた。単に全球洪水コミュニティで進行中のプロジェクトを知ることができるということに止まらず、参加者間のアイスブレイクとしても機能しており、ユニークな試みであると感じられた。また1日目と2日目には、興味や専門を同じくする参加者が集う場として各日2つのWorkshopが設けられ専門的議論が交わされた。以上に加えて、参加者全体を対象とした口頭発表・ポスター発表も行われた。このような、比較的少人数であるからこそ実現可能な会合セッションの多様さは、注目に値する。

以下では各プログラムで話し合われた具体的な内容について概説する。まず初日の会議の冒頭では、

写真-1 左) 会議冒頭の様子, 右) Workshopの様子

GFPの問題意識の共有と各プロジェクトの進捗紹介が図られた。提示された課題として、リモートセンシングやモデリング技術を用いた洪水予測やデータベース構築から、全球規模での洪水警報システムの実現や国際的な取り組みの推進などが挙げられる。上述した通り、GFPは洪水に様々な形で関わるメンバーが参加する幅広いコミュニティであるため、会議で取り扱われる議題も俯瞰的なものになっていることが伺える。続く“Marketplace of ideas”セッションでは、洪水観測、洪水予測とモデリング、実務者の3つの部門で2つずつブースが用意され、議論の場が設けられた。この中でも特に、赤十字赤新月気候センターが実用化しているForecast-based Financing (FBF) は会場の耳目を集めていた。これは災害の事前予測に基づいて、災害が発生することが予想される場合には事前に資金援助を行うことによって人的被害を軽減することを目指すもので、次章にてより詳細に述べる。1日目のWorkshopでは、「洪水はどのように定義されるのか」「リモートセンシングに基づく洪水情報の創出」という二つの議題が提案された。前者では、衛星画像や統計データなどから洪水に関して利用可能なデータが増えつつある一方、洪水からの避難行動の判断や保険会社の保険金支払いの基準設定などの理由から洪水の定義が必要であるとして話題提起された。再現期間100年の流量が洪水の判断基準であるという認識もあれば、極値統計ではなく過去の実際の洪水を基準とすべきであるとか、再現期間ではなく洪水被害額や被害人口の方が基準として妥当であるといった様々な意見が出され、最終的に明確な結論には至らなかったものの充実した議論がなされた。1日目の最後を飾る“Doctor-

写真-2 ポスター発表の様子

patient”セッションでは、少人数のチームを編成しその内の一人(patient)が抱く日頃の悩みを共有したうえで、patient以外のチーム全員(doctor)が解決策を考えるというもので、全球モデルを用いて洪水予測を行う上で求められる再現性の基準や、将来予測を行う上で避けて通れない不確実性の取り扱いなどについて、活発な議論が展開された。

2, 3日目については主に口頭発表・ポスター発表がプログラムの大部分を占め、各機関での研究・プロジェクト進捗内容が共有された。その内容は、リモートセンシングやモデルアンサンブルランによる洪水予測、実際に起こった洪水イベントに関する分析結果の紹介など洪水そのものを対象としたものから、洪水に対する脆弱性の評価、FBFなどの資金援助に関するもの、さらには全球降水データセットや全球潮汐高潮再解析データの開発など、洪水に関連する水文データに関する発表も見受けられ、発表内容が多岐に渡っている点が印象的であった。2日目のWorkshopでは全球洪水モデル相互比較プロジェクト

表-1 会合プログラム概要

日程	プログラム項目	プログラム詳細
1日目	Introduction	会合の開催目的と問題意識の共有
	Ignite talks	各プロジェクトの進捗紹介
	Marketplace of ideas	参加者が6つのブースに分かれ、少人数での議論 (GFPの主メンバーによる発表と参加者を交えた質疑)
	Workshop	二つのセッションに分かれ議論 (洪水の定義/リモセンを活用した洪水可視化)
	Doctor-patient session	参加者が6つのブースに分かれ、少人数での議論 (プロジェクト遂行に関する悩みの共有と解決策の模索)
2日目	口頭発表/ポスター発表	口頭発表10件/ポスター発表は2,3日目とも同内容で25件
	Workshop	二つのセッションに分かれ議論 (洪水モデル相互比較プロジェクト/ FBFの実用化)
3日目	口頭発表/ポスター発表	口頭発表5件/ポスター発表は2,3日目とも同内容で25件
	全体総括	今年度の会議の達成事項/今後の課題の共有

(Model Inter-comparison Project, MIP) に関する進捗報告と今後の展望を紹介するセッションとFBFに特化したセッションとがあったが、著者ら3人はいずれもMIPに関わっていたため、全員前者のセッションへ参加した。全球洪水モデルの相互比較プロジェクトは比較的最近始まったばかりであるため (Trigg *et al.*, 2016)、実験設定の不一致や観測との比較検証の不足などを指摘されたものの、参加者間でMIPの重要性を再確認した上で今後の課題について討議する機会となった。プログラムの終盤では、本年度の会合で達成できたこと・達成できなかったことについて全体で振り返り議論する場が設けられた。特に、洪水災害による被害の抑制に向けた今後の課題として、GFPにおいて創出される個々の研究成果の更なる伸展と、洪水リスク対策コミュニティと一体となった研究・ツール開発の推進が不可欠であるとの結論に達した。また、より上流側の議論として、ミレニアム開発目標や仙台防災枠組などにも貢献可能な組織となり、先導的な役割を果たしていくために、GFPのガバナンスを一層強化していくべきであるという点でも合意に至った。(池内寛明)

Ⅲ. 主要トピックに関する発表・議論内容

本章では、前章で述べた会合内容の中から特に以下の4点に焦点を当ててより詳細に発表内容や議論内容を紹介していく。

1. 全球リアルタイム洪水予測

GFPの枠組みで提供されている最も重要なサービスは、EC-JRCとヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)が共同開発し全球規模で洪水のリアルタイム予測を

行うGlobal Flood Awareness System (GloFAS) (Alfieri *et al.*, 2013) である。GloFASはECMWFのアンサンブル気象予報を用いて河川流量のリアルタイム予測を行い、計算された河川流量が閾値を超えた場合にアラートを出すシステムである。主に独自の洪水予測システムを持たない途上国における活用を想定して全球リアルタイム計算を行っており、試験運用段階ではあるがユーザー登録をすれば誰でもインターネット上で予測結果を閲覧できるシステムが構築されている (<http://www.globalfloods.eu/>)。学会ではGloFASの最新アップデート状況が紹介され、アラートを出す閾値の設定方法 (Hirpa *et al.*, 2016) や2次元氾濫モデルの事前計算結果の参照によるリアルタイム浸水域予測 (Dottori *et al.*, 2016) について議論が行われた。

GloFAS以外の全球スケールの洪水予測システムの開発者も学会に参加しており、米国メリーランド大学のHuan Wu博士からTRMMのリアルタイム降水量プロダクトを活用したGlobal Flood Monitoring System (GFMS, <http://flood.umd.edu/>) の運用状況アップデートや、オランダのDaniel Twigt博士とPhilip Ward博士からは全球潮汐高潮リアルタイム予測とそれを活用した沿岸域洪水リスク評価 (Muis *et al.*, 2016) についての発表があった。また、リアルタイム洪水予測情報を洪水リスク評価や洪水被害軽減に活用するためには、河川流量の予測だけでなく水位・浸水域・浸水時間などの正確な予測が重要であるという河川管理者の声もあり、予測システムだけでなく洪水モデルそのものの改善も必要であるという議論がなされた。(山崎大)

2. 衛星洪水観測およびモデルとの統合

洪水予測システムの開発に加えて洪水モニタリングもGFPの重要な課題となっており、学会ではDartmouth Flood Observatory (DFO) とNASA Goddard Space Flight CenterによるMODISのリアルタイム洪水観測システム (<http://floodobservatory.colorado.edu/>) などが紹介された。DFOの洪水観測システムは、MODIS画像を全球リアルタイムで処理し、既往洪水の浸水域や全球リアルタイム降水量データなど同時に表示することで、洪水が発生した際の早期対応に役立てることを目的としている。衛星による洪水観測では雲による欠測をどう補完するかが大きな課題となっており、標高データと組み合わせた欠測域の浸水状況の推定方法などがNASAのFritz Policelli博士から紹介された。また、洪水モデルと衛星観測のデータ同化による浸水域推定の可能性についても議論されたが、モデルと衛星観測の双方に大きなバイアスがあるため現状では同化は難しく、より高精度の全球地形データの整備が重要であるとの議論がなされた。(山崎大)

3. 洪水影響評価

全球洪水モデルの高解像度化や社会的な要請から、数値モデルで計算される浸水面積・浸水深と人口分布や浸水深・被害関数を組み合わせることで、影響人口や被害額などの洪水リスクを算定する研究が近年増えてきた。今回の学会にも、Nature姉妹誌やPNASなどに洪水リスクについて論文を発表している研究者が多く参加していたが、洪水リスクの計算手法やその問題点についての発表はほとんどなかった。そのような中で著者らは、過去の洪水脆弱性の長期変化傾向と、各国国内の過去の人口分布変化(田舎から都市への人口の移動など)が洪水リスクの算定に与える影響に関する最新の研究(Tanoue *et al.*, in press) について紹介した。その結果、研究に用いた過去の洪水被害データの精度や、将来の適切な人口分布シナリオをどう作成するのかについてなどの多くの質問があり、聴衆の関心の高さを感じた。また、Philip Ward博士らのグループが今年5月に出したばかりの全球洪水防護基準データベース(FLOPROS; Scussolini *et al.*, 2016) の論文に関しては、学会中には発表がなかったにもかかわらず、いろいろな場で言及されていた。今回の学会では洪水のリアルタイム予測の話題が多かったが、将来の洪水リスク研究を行っているグループも多く、洪水に対する脆弱性

の将来変化や人間の適応効果をどのように洪水リスク算定手法に取り入れるのかに関して、共通の悩みを持っていることを再確認した。(平林由希子)

4. 現場への応用

Forecast-based Financingとは、上述した通り、災害が生ずることが予測される場合に、災害発生よりも前の段階で資金援助を行うことで、事前の災害対策の促進や危機意識の向上を図るものである。災害予測より後かつ災害発生よりは前という、時間的には限られてはいるが被害を軽減する上で最も重要なタイミングを狙う独創的なシステムと言える。FBFの試行プロジェクトが2015年7月から2017年6月まで、バングラデシュの洪水とサイクロンによる災害を対象として実施されているので、これについて紹介する。予測については、バングラデシュの洪水予測警報センターとバングラデシュ気象局が運用している既存の予測システムを用いている。一方でバングラデシュ赤新月連盟は、その予測を踏まえコミュニティ単位で災害対策に向けた準備行動リストを作成し、その行動についての費用便益分析が実施され、資金援助が行われる。災害による被害の軽減と同時に迅速かつ効率的な資金援助をも達成できる点で、先駆的かつ興味深い事例である。(池内寛明)

IV. 学会の今後の展望・日本からの貢献の可能性

GFP 2016 Conferenceに参加しての著者らの印象を以下にまとめた。

池内：今回はGFPへの初めての参加だったが、未だ一介の博士課程学生に過ぎない私にとってこの会合は大変有意義だった。全球洪水に様々な形で関わる研究者と実務者が比較的少人数で集う本会合では、いずれの参加者とも興味・関心が近く、また典型的な口頭・ポスター発表だけでなく様々な議論形式が導入されることで円滑な意思疎通も可能で、人的ネットワークの拡充に大いに役立った。自身の研究に関してはポスターセッションにて発表した。そこでの議論を通じて最新の全球降水データセットを紹介してもらったり、同じ地域を研究対象地とした他の研究者から現地観測データの利用可能性について教示してもらったりと、貴重な議論をすることができた。一方、現在の学会は比較的若手の研究者や実務者が中心となった人員構成になっているもの

の、今年度の会合での学生の参加はほぼ皆無だった。GFPそのものがまだ新しい枠組みであるがゆえに致し方無いことではあるが、学会の更なる活性化のためにも、洪水研究に従事する若手研究者や学生の参加が増えることは望ましいことと考えられる。

山崎：2014年にGFPという枠組みが立ち上がってから3回連続で学会に参加しているが、昨年度までと比較して洪水研究の成果を現場で活用することに重点が置かれているように感じた。2年前はGloFASのリアルタイム予測システムがようやく稼働したという段階で、モデル開発やシステム構築に関する話題が多かったが、今回はアフリカにおけるGloFASを活用したForecast-based Financingといった現場での実例が紹介されるなど、これまでにGFPが開発してきたシステムの応用例に関する発表や議論が増えていた。一方で現場サイドからは、河川流量の予測は非常に有用だが、実際に避難や緊急対策などの意思決定を行うにはまだ不十分で、やはり水位・浸水域・浸水時間の予測情報が得られればもっと多くの行動を取れるとの意見も聞かれた。学会での議論を通して、実務現場での活用を中心に据えた応用的研究ももちろん大事ではあるが、洪水予測モデルによる水位や浸水域の予測精度を向上させるという基礎的研究を継続することも将来的には現場での応用まで結びつくことを実感でき、基礎開発のモチベーションとなった。

日本からGFPへの貢献としては、GloFASはシステム構築がほぼ終了し途上国での活用が始まっている段階であるので、「長いものには巻かれろ」という訳ではないが日本発の研究プロダクトをGloFASに採用してもらうというのが一番の近道と考えられる。幸いにも5年ほど前からECMWFと共同研究を進めていた関係で、全球河道幅データベース（Yamazaki *et al.*, 2014）がGloFASの河川流下スキームで用いられており、また浸水域リアルタイム予測を目的として全球水動態モデルCaMa-Flood（Yamazaki *et al.*, 2011）がGloFASの次世代流下スキーム候補としてECMWFで試験的にリアルタイム運用されるなど、これまでは運良くGFPにおける存在感を示すことができていた。しかし、例えばアジア地域での洪水予測システムの構築を日本中心の研究プロジェクトで構築する場合などを想定すると、GloFASを借りてくるという訳にもいかないの、日本独自で全球リアルタイム洪水予測の開発に取り組む必要があるのではないかと

と感じた。洪水シミュレーションには様々な段階で不確実性が生じるため、GloFASのほかにも全球洪水予測システムが開発されることは、アンサンブル予測の幅を広げるという意味でもGFPにとっても大きな強みとなるはずである。

平林：今回のワークショップへの参加は、個人的に大きな挑戦だった。4歳と1歳の子供を家に残し、5日間の海外出張をするほどの価値は、この学会にあるのだろうか。飛行機の中や、フライトのトラブルで予想外に長時間滞在することになったヒースロー空港で心に浮かんだこの問いは、学会初日に消散した。全球規模の洪水のモデリング、モニタリングをしているグループが一同に集まり、その時点での最新の成果を発表すると共に、共通の課題について様々な方法－ショーケース、グループディスカッションなどで確認しあい、解決策を考える。モデル開発者と予報を業務とするチーム、災害観測を主に行っているチームとが、互いの問題点や要望などの情報交換をする。個人的には、過去十年では、最もエキサイティングで最も濃密な科学的議論をすることができた会であった。比較的少人数で、互いの顔と名前（と最新の論文）を把握していることも大きいように思う。JRCやECMWF、オランダのチームなど、全球規模の洪水シミュレーションに関して、Nature姉妹誌やPNASなどに素晴らしい論文を次々に発表している同年代（30代後半～40代前半）のアクティブな研究者は、1,2名を除いてほぼ全員（全グループ）が参加しており、彼らに会って最新のデータをもらう約束をしたり、最新の論文について直接質問をしたりすることができたことは大きな収穫であった。

その一方で、この会はそもそもの成り立ちがアメリカとヨーロッパのメンバーを中心としているためか、我々以外のアジアからの参加者は数人しか居なかった。より多くの人をGFPにinvolveすることは良いのかどうか、という議論も最終日にあったが、洪水による社会的・経済的な被害が大きく、洪水に関する研究の数も多い日本やアジアの研究者や実務経験者も、GFPから学ぶことは多いように思う。また、「全球」と冠しているが、我々のようなグローバルデータ・モデルを用いて全球規模の洪水シミュレーションをする研究者だけでなく、リモートセンシングによる災害モニタリング、リアルタイム洪水予警報、洪水の経済的被害の推計など、様々な洪水関連の分野からの発表があり、必ずしも全球を対象とし

ていない研究者も参加して意見交換をしていた。再解析データや全球気象プロダクトの最新情報などの全球を対象としたグループならではの情報は、観測が不足しているアジア地域を対象とした水文研究者にも参考になると思われる。今後は日本やアジアの研究者の積極的な参加も期待したい。

引用文献

- Alfieri L, Burek P, Dutra E, Krzeminski B, Muraro D, Thielen J, Pappenberger F. 2013. GloFAS - global ensemble streamflow forecasting and flood early warning. *Hydrology and Earth System Sciences* 17: 1161-1175. DOI: 10.5194/hess-17-1161-2013.
- Dottori F, Salamon P, Bianchi A, Alfieri L, Hirpa FA, Feyen L. 2016. Development and evaluation of a framework for global flood hazard mapping. *Advances in Water Resources* 94: 87-102. DOI: 10.1016/j.advwatres.2016.05.002.
- Hirpa FA, Salamon P, Alfieri L, Pozo JTD, Zsoter E, Pappenberger F. 2016. The effect of reference climatology on global flood forecasting. *Journal of Hydrometeorology* 17 (4): 1131-1145. DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/JHM-D-15-0044.1>.
- Muis S, Verlaan M, Winsemius HC, Aerts JC, Ward PJ. 2016. A global reanalysis of storm surges and extreme sea levels. *Nature Communications* 7: 11969. DOI: 10.1038/ncomms11969.
- Scussolini P, Aerts JCJH, Jongman B, Bouwer LM, Winsemius HC, de Moel H, Ward PJ. 2016. FLOPROS: an evolving global database of flood protection standards. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16: 1049-1061. DOI: 10.5194/nhess-16-1049-2016.
- Tanoue M, Hirabayashi Y, Ikeuchi H, Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years. *Scientific Reports*, in press.
- Trigg MA, Birch CE, Neal JC, Bates PD, Smith A, Sampson CC, Yamazaki D, Hirabayashi Y, Pappenberger F, Dutra E, Ward PJ, Winsemius HC, Salamon P, Dottori F, Rudari R, Kappes MS, Simpson AL, Hadzilacos G, Fewtrell TJ. 2016. The credibility challenge for global fluvial flood risk analysis. *Environmental Research Letters* 11: 094014. DOI: 10.1088/1748-9326/11/9/094014.
- Yamazaki D, Kanae S, Kim H, Oki T. 2011. A physically based description of floodplain inundation dynamics in a global river routing model. *Water Resources Research* 47: W04501, DOI: 10.1029/2010WR009726.
- Yamazaki D, O'Loughlin F, Trigg MA, Miller ZF, Pavelsky TM, Bates PD. 2014. Development of the Global Width Database for Large Rivers. *Water Resources Research* 50: 3467-3480. DOI: 10.1002/2013WR014664.