

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：82114

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710211

研究課題名(和文) 気候変動に伴う全球洪水氾濫リスクの標準化及びリスク評価システム構築

研究課題名(英文) Standardization of global flood risk indicators under climate change and development of a flood risk assessment system

研究代表者

郭 栄珠 (Kwak, Youngjoo)

独立行政法人土木研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：60586642

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：近年巨大水災害への対応が国際的重要課題となっている中、現在気候(1979-2003)下の極端な洪水現象のリスクを正確に評価・(再現性)検証することが求められているが、加えて、将来気候(2075-2099)下のリスク変化を予測することも極めて重要である。そこで、本研究では、アジア域の脆弱な氾濫源やメガデルタ地帯を対象に、現在の最大リスクと将来のリスク変化を予測する基礎研究を行った。その結果、アジア域の浸水深変化には増大傾向がみられた。これをもとに、アジア14カ国について脆弱性指標を適用しリスク評価を行ったところ、バングラデシュの洪水リスクが最も高いという予測を得た。

研究成果の概要(英文)：How to response to mega flood disasters has been demanding global attention in recent years. To address this challenge, it is extremely important to be able to reproduce, assess and verify flood risk under the present (1979-2003) and future (2075-2099) climate conditions. This study presents a methodological possibility based on a global approach to assess river flood risk and its present and future changes, focusing on vulnerable floodplain areas and mega deltas in the Asia-Pacific region in consideration of climate change impacts. The preliminary results found an upward tendency of the region in inundation depth. The study also applied vulnerability indicators with the preliminary results to 14 Asian countries to assess the region's flood risk in the future, and found that Bangladesh may be exposed to the highest flood risk among the selected countries.

研究分野：リモートセンシング、GIS、防災水文学(水災害危機管理)

キーワード：河川氾濫リスク 洪水浸水深モデル 気候変動 影響人口 ウェブGIS

1. 研究開始当初の背景

近年、世界では、気象変化の影響により、大規模な洪水災害が発生している。特にアジア地域でその傾向が顕著であり、被害規模も大きい。これは、台風などに起因する水害に対して脆弱な地域がアジアに集中し、そのような地域の氾濫源で人口増加が著しいことが原因と考えられる。2010年8月のパキスタン・インダス流域に発生した大規模洪水災害や、2011年10月のタイ・チャオプラヤ川洪水とその下流部にあるバンコクの中心に発生した長期にわたる都市浸水などは歴史的災害であり、その影響は経済を中心に国境を超えて世界中に拡大した。このような災害の発生時、災害地域では、効果的な緊急対応を実施するために、具体的な被害を把握できるデータが必須であるが、開発途上国において洪水氾濫域が広域に及ぶ場合、現地調査を通じて洪水の全体概要を把握することは困難であることが多い。この課題の克服には、洪水予測モデルが非常に有効なツールとなる。

洪水予測のアプローチには大きく二つある。ひとつは、流域毎に水文モデルを構築し、雨量予測データを分布型流出モデルに取り込んで、洪水を予測する手法である。この手法により、リアルタイムに浸水被害のリスクを予測することは可能であるが、予測範囲は流域スケールに限られている。したがって、この手法で世界の各流域についてリアルタイム洪水予測を実現するには、すべての流域について水文モデルを構築・実行しておく必要があるが、全世界の流域ひとつひとつにそれを行うことは不可能に近い。

もうひとつのアプローチは、水文モデルを全球に展開し、洪水の不確実性と氾濫域の危険性を把握する方法である。これは、世界の河川の流域雨量をリアルタイムでデータ収集・分析し、洪水発生予測を自動的に行うシステムである。現在のところ、この手法による河川流量の予測は可能であるが、洪水氾濫範囲の予測は可能とは言えず、平野部と広大なデルタにおいては精度が低く、まだ適用困難な段階にある。ただ、空間的、面的な浸水範囲の予測に関する課題が解決できれば、全球スケールの氾濫から被害変化まで一体的に予測できるシステムの構築が可能であり、特に、発展途上国で広範かつ詳細な浸水予測情報を提供し、被害の低減に貢献できると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、この空間的、面的な浸水範囲の予測を実現し、被害軽減に資するべく、詳細な浸水予測情報を準リアルタイムで提供することができるシステムの開発を試みる。さらに、気候変動による影響を考慮しながら、洪水による経済的、人的被害を全球スケールで把握する方法の確立も目指す。また、洪水ハザード、脆弱性、社会経済の各指標を開発し、予測結果を多くの人と共有できるシステ

ムも検討する。

具体的には、気候変動を考慮した全球氾濫リスク評価システムのデータベースを構築し、大規模洪水の概要を把握するため、GIS及び衛星観測データを用いて、全球洪水リスクの変化予測を可能にする。そのために現在・近未来・21世紀末の各条件で、気象モデルMRI-AGCM3.1Sによる予測降雨を補正して入力データとし、河川流出モデル(BTOPモデル)の出力変数と中・低解像度(1km~90m)の全球規模グリッド型の洪水リスク要素を組み合わせたデータベースを構築する。

また、洪水予測を超えて、全球規模の洪水リスク評価を行うため、最も洪水の影響を受けやすいアジアの脆弱な氾濫源やメガデルタ地帯を対象として洪水リスク評価標準モデルを開発する。特に、大規模洪水による氾濫域を短時間に抽出し、リスク評価に必要なハザード要素のデータと、脆弱性、社会経済の各指標を考慮した現在から21世紀末までのリスク変化予測の結果をインターネットで提供するWEB-GIS環境をつくることも視野に入れて研究を進める。

3. 研究の方法

3.1 洪水リスク評価標準モデルのフレームワーク

リスクに関する定義は多岐に渡っている。世界を対象とした洪水リスク(R; Flood Risk)評価を実施するため、洪水によって危険に曝される領域であるハザード(H; Flood Hazard)、危険に曝される人口や資産(E; Exposure)、社会の水災害による被害の受けやすさ(SS; Social Susceptibility)を一般因子の関数として標準化する。

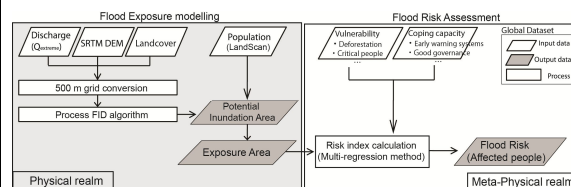


図.1 洪水リスク評価標準モデルのフロー図

3.2 全球浸水深指標と洪水リスクの変化予測

アジアの主要な流域(5,000km²以上)について、グローバルに入手可能なデータセットをもとに、河川洪水リスクが高い順に優先順位を決めて洪水リスクと将来リスク変化の推定を行う。現在気候から将来気候について多様なシナリオに基づいて、現在気候や将来気候における洪水流出量の統計的特性を用いてハザードを予測する。そのため研究代表者(kwak, et.al, 2012)が開発してきた浸水深(FID: Flood Inundation Depth)モデルを導入し(図.2)、地形データを基に浸水ポテンシャルをもつ領域内で、洪水リスク指標を計算し、その精度を検証する。この際、衛星リモートセンシング(RS)による災害

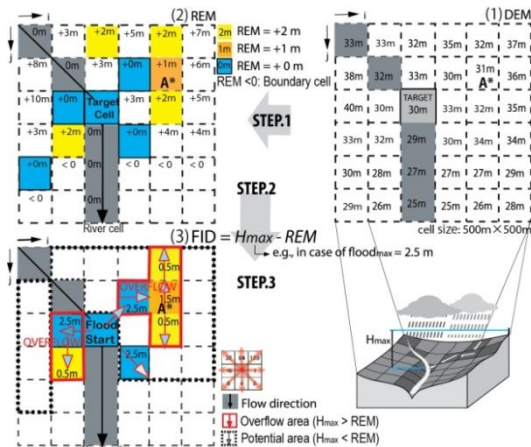


図 2 浸水深 FID モデルの概略図

発生前後の観測画像から氾濫域を面的に把握することが可能になれば、検証のための有効な手段となる。例えば、極端な洪水発生時に、地球観測衛星データ（例えば、MODIS(中分解能撮像分光放射計：米国 NASA)、ALOS(だいち：日本 JAXA)画像など)から抽出した浸水域と重ね合わせ、浸水域の洪水リスク予測と被害程度(被害者数など)の妥当性を明らかにすることが可能になる。

3.3 洪水リスク評価システム

発展途上国でも活用できるよう洪水ハザード要素のデータと洪水リスク予測情報をオンラインで提供できる簡便なサイト構築、さらに無償又は低価格のウェブ GIS システム構築案を検討し、試作する。

4. 研究成果

4.1 全球洪水リスク評価標準モデル

まず、洪水ハザード要素として必要な FID (水平分解能；約 500m) 計算は、空間解像度を高め、堤防・ダム等河川管理施設を反映するように改良した後、アジア大陸に適用した。アジア域の浸水深変化の結果に、危険に曝される人口分布データを重ね合わせ、アジア諸国中、調査可能な 14 カ国の脆弱性指標を調べ、洪水と相関性が高い指標(高齢者人口率、栄養失調率、都市化率、腐敗認識指数、早期警報)を選定し、評価した結果、図 3 に示したようにバングラデシュ人民共和国の危険度が最も高いことが明らかになった。

4.2 洪水リスクの変化予測

将来の人口増減率を考慮した影響人口は 15 カ国全体で 3.4%(約 3 千 5 百万人)増加し、将来の影響人口全体に占める割合は中国が最も高いものの、総人口比率で見るとバングラデシュの増加率(38.5%)が最も高いこともわかった。

ベストケーススタディとして、バングラデシュの影響人口および農業被害の変化予

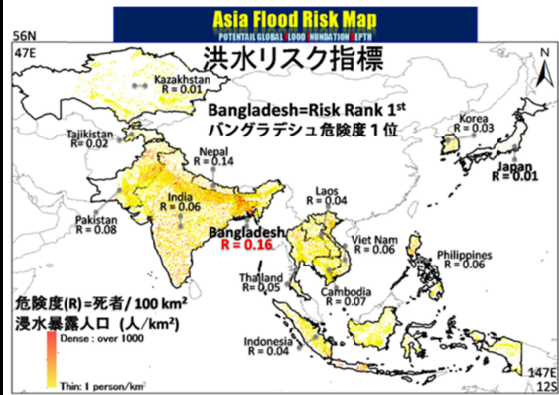


図 3 アジア域の現在気候 50 年確率日最大流量の場合、最大洪水リスクマップ

測のために、近年最大規模であった 2007 年大洪水(10 年確率洪水)を洪水浸水深モデル(FID)で再現し、洪水シミュレーション氾濫域と衛星画像から抽出した 10 年確率規模の洪水浸水域(MODIS：2007 年、水平分解能は、約 500m、ALOS AVNIR：2007 年、水平分解能は、約 15m)との一致を調べた。また、実証データを求めるため、2012、2013、2014 年に深刻な農業被害があったブラマプトラ川沿いの代表地区で、2013 と 2014 年の同時期に現地水害調査を行い、稲作被害曲線を試作した。それを基に格子ごとの人口急増地域の氾濫リスク、氾濫域内の稲作被害分布、水施設(堤防)を考慮した新たなリスク評価を検討した。その結果、バングラデシュの将来リスクは 6%増加するという結果を得た。しかし、堤防設置により、現在気候下で 35%、将来気候下で 34%、リスクを軽減できることもわかった。

4.3 ウェブ GIS システム試作

ArcGIS-Online を使って、アジア域主要河川の浸水ポテンシャルモデルや検証・分析結果の一部を図 3 のように地図上にわかりやすく可視化することを試みた。今後、クラウド ArcGIS-Online を用いて、GIS データをアップロードして簡単に情報を共有できる洪水リスク管理支援システムに発展させていく。

5. まとめ

世界各地で発生する巨大水災害への対応が国際的重要課題となっている現在、現在気候の極端な洪水現象の危険性を確認・検証しながら、将来のリスク変化について予測することは極めて重要であり、グローバルスケールの 1 km 格子で地表面水循環の推計を可能にすることは「グランドチャレンジ」でもある。こうした問題解決をスムーズに行うための第 1 歩として、まず、アジア諸国における河川氾濫リスクを出来る限り正確に推定できるようにすることを目指し、現在の最大リスクと将来変化予測に関

する基礎研究・評価を行った。その中で、氾濫が広域に及ぶ河川について、複雑な水理学的計算を必要としない浸水深モデルを研究・開発し、ハザード、さらにリスクの計算などが簡便に行える一連のプロセスを構築し、アジア全域の氾濫源に適用した。併せて、地理情報システム(GIS)環境とリモートセンシング技術を駆使して、洪水氾濫マッピングを行い、ハザードとしての氾濫域の抽出・検証を行った。しかし、数値計算の再現性の向上や、実際に発生した洪水への適用性の検証はまだ研究課題として残っている。また、大規模洪水による時・空間的な浸水範囲の抽出精度向上にも取り組み、迅速な洪水氾濫域マップの作成を可能にし、気候変動を考慮した洪水予測の実用化にもつなげていきたい。

これまでの研究をもとに、最終的に将来気候及び社会経済シナリオを同時に考慮したリスク予測を可能にすべく、今後も持続的に研究を進展させていく。本研究で開発したリスクモデルを、気候変動及び社会経済シナリオを考慮した洪水リスク予測モデルに発展させ、かつ長期対策シナリオの判断資料を提供するという一連の研究過程を通して、国レベルの地域別洪水ポテンシャルリスクを提供できる態勢を整え、大洪水危機管理支援の充実を図っていく(基盤研究B 海外学術調査 15H051361、代表：郭栄珠)。これにより、洪水リスク管理・意思決定支援システムの構築に重要な役割を果たすと同時に、長期間の氾濫リスク予測についても、限られた情報しか持たない開発途上国において、より科学的な根拠をもとにしたリスク評価を可能にする新しいシステムの実用化につながるよう、研究を進めていく。

最後に、このような洪水予測技術を途上国へ移転し、中央・地方洪水管理関係者、政策関係者、現地専門家と議論しながら貴重な防災情報を被災地に提供することで、洪水被害軽減、緊急復興活動支援にも貢献できるようにしたい。

6. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計9件)

Youngjoo Kwak, B Shrestha, A Yorozuya, H Sawano (2015) Rapid Damage Assessment of Rice Crop for Large-scale Flood in the Cambodian Floodplain Using Temporal Spatial Data, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing vol.8 (Impact Factor = 2.874) doi: 10.1109/JSTARS.2015.2440439 査読有り

Youngjoo Kwak, M. Gusyev, B. Arifuzzaman, I. Khairul, Y. Iwami, and K. Takeuchi (2015) Effectiveness of Water Infrastructure for River Flood

Management: Part 2 - Flood Risk Assessment and Changes in Bangladesh, Special Issue: Changes in Flood Risk and Perception in Catchments and Cities, Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, vol.370, pp.83-87, 査読有り doi:10.5194/piahs-370-83-2015

M. Gusyev, Youngjoo Kwak, I. Khairul, B. Arifuzzaman, J. Magome, H. Sawano, and K. Takeuchi (2015) Effectiveness of water infrastructure for river flood management: Part 1 - Flood Hazard Assessment using hydrological models in Bangladesh, Special Issue: Changes in Flood Risk and Perception in Catchments and Cities, Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, vol.370, pp.75-81, 査読有り doi:10.5194/piahs-370-53-2015

S Lee, T Okazumi, Youngjoo Kwak, K Takeuchi (2015) Vulnerability Proxy Selection and Risk Calculation Formula for Global Flood Risk Assessment: a Preliminary Study, Water Policy, Vol. 17 No. 1, pp.8-25, IWA Publishing (Impact Factor = 1.0) 査読有り doi:10.2166/wp.2014.158

Youngjoo Kwak, Park J, Fukami K (2014) Near Real-time Flood Volume Estimating from MODIS Time-series Imagery in the Indus River Basin, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol.7 No. 2, pp.578-586 査読有り doi:10.1109/JSTARS.2013.2284607

Youngjoo Kwak, J Park, K Fukami (2014) Estimating a floodwater from MODIS time series and SRTM DEM data, Springer, Artificial Life and Robotics 19(1): pp.95-102 doi:10.1007/s10015-013-0140-y 査読有り

萬矢敦啓, 上米良秀行, 岡積敏雄, 郭栄珠 (2013) 人工衛星データを用いた洪水氾濫水位の算出手法の検討～メコン川下流域を例として, 土木学会河川技術論文集、第19巻 pp.341-344 査読有り

萬矢敦啓, 郭栄珠, 白鳥昭浩, 深見和彦 (2013) 氾濫解析のための PRISM DSM の活用と GPS を用いたその修正方法に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学) 第69巻4号 pp. I_1549-I_1554 査読有り

Youngjoo Kwak, K Takeuchi, J Fukami, J Magome (2012) A new approach to flood risk assessment in Asia-Pacific region based on MRI-AGCM outputs, Hydrological Research

Letters, Japan Society of Hydrology and Water Resources, Vol.6, pp.55-60. 査読有り
doi: 10.3178/HRL.6.70

〔学会発表〕(計 9 件)

Youngjoo Kwak and Y Iwami (2014) Global River Flood Exposure Assessment Under Climate Change: How Many Asians Are Affected By Flood in the Future? AGU fall meeting 2014,
<https://agu.confex.com/agu/fm14/preliminaryview.cgi/Paper6286.html>

Youngjoo Kwak, B Shrestha, A Yorozyua, H Sawano (2014) Near Real-time Assessment of Rice Crop Damage in the Cambodian Floodplain Using MODIS Time-series Images, International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International, pp.5087-5090 査読有り
doi:10.1109/IGARSS.2014.

Youngjoo Kwak, A Yorozyua, Y Iwami J Park (2014) Detection of Building Loss in High Resolution COSMO-SKYMED Multi-temporal Images: Application to 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International, pp.2150-2153 査読有り
doi:10.1109/IGARSS.2014.

Youngjoo Kwak & Y Iwami (2014) Nationwide Flood Inundation Mapping in Bangladesh by Using Modified Land Surface Water Index, the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing 2014 Annual Conference

Youngjoo Kwak, S. Lee, T Okazumi, B.B Shrestha, G. Maksym (2013) A New Scheme for Global River Flood Risk Assessment, 6th International Conference on Water Resources and Environment Research (ICWRER) in Koblenz, Germany

Youngjoo Kwak, J Park, A Yorozyua, K Fukami (2012) Estimation of flood volume in Chao Phraya river basin: Thailand from MODIS images coupled with flood Inundation level, International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, pp.887-890 査読有り
doi:10.1109/IGARSS.2012.6351416

Youngjoo Kwak, K Takeuchi, K Fukami, J Magome (2012) Assessment of Flood Risk and Future Change due to Climate Change in Asia-Pacific Region Based on MRI-GCM Model, European Geosciences Union General Assembly 2012 (EGU2012) Geophysical

Research Abstracts, Vol. 14, EGU2012-7157

郭栄珠, 萬矢敦啓, 白鳥昭浩, 田中茂信, 朴鍾杰 (2012) MODIS 時系列データと DEM による広域の洪水氾濫域抽出 タイ国チャオプラヤ川流域 2011 洪水の事例研究. 日本リモートセンシング学会 第 53 回学術講演会論文集, pp.61-62

郭 栄珠, 萬矢敦啓, 深見和彦 (2012) MODIS 時系列データによる広域の洪水氾濫域抽出: タイ国チャオプラヤ川流域 2011 洪水の事例, 日本土木学会 vol.4-049 pp.97-98

〔その他〕

http://www.icharm.pwri.go.jp/research/pdf/015_2013.pdf

6. 研究組織

(1) 研究代表者

郭栄珠 (国立研究開発法人土木研究所)
研究者番号: B24710211