

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04618

研究課題名(和文)十分なリードタイムを持った確率に基づく洪水予測と最適避難方法論の構築

研究課題名(英文) Research for optimal evacuation method based on probabilistic flood forecasting with enough lead time

研究代表者

小林 健一郎 (Kobayashi, Kenichiro)

神戸大学・都市安全研究センター・准教授

研究者番号：60420402

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、確率洪水予測を可能とするために超多数(1000以上)のアンサンブルメンバによる洪水予測を実施した。2011年7月新潟・福島洪水、2020年7月球磨川洪水を対象にした結果、アンサンブル数を増やすことにより真の確率洪水予測が可能となること、避難リードタイムを半日程度に伸ばすことができる場合があることを示した。加えて洪水モデルの高解像度化(1m～5m)を富岳で実施し、地先の確率リスクを示すことに成功した。最後に避難行動をマルチエージェントモデルで分析した。避難に余裕があることにより、生死を分ける避難でなく、普段のリスク(災害弱者、感染症)にも配慮した避難行動が可能となる事例を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

1000を超える超多数アンサンブルは短期洪水予測の観点からは世界初(あるいは世界初の一つ)であると考えており、アンサンブル数を増やすことにより、特に真の意味での確率洪水予測が可能になり、リードタイムを伸ばすことができた事例を示した。学術的に、気象のカオス現象を反映した洪水予測とは何かを示した事例として意義がある。また、超高解像度計算については、自身のグループで1m解像度標高を取得したことに加えて、最近では兵庫県域全域での1m標高データが公表されたため、今後実社会でも適用されていくと考える。十分なリードタイムがある場合は、社会的弱者や感染症にも配慮した避難が可能な事例についても示すことができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, the probabilistic flood forecastings were carried out using mega (more than 1000) ensemble simulations. 2011 July Fukushima-Niigata flooding and 2020 July Kumagawa flooding were selected as the test cases. As a result, it was shown that the flood forecasting based on probability in a real sense becomes possible by increasing the number of ensemble members in the two cases. Likewise, the lead time for the evacuation can be increased to e.g. half day by the mega ensembles. In addition, the very high resolution (1-5m) inundation simulations were carried out with Fugaku supercomputer which succeeded in showing the flood risk in details on the site frontage. Finally, the evacuation behaviour was investigated using multi-agent models. As a result, it was shown that the evacuation considering daily stress (e.g. disable, infectious diseases) becomes possible by having such long lead time.

研究分野：水工学

キーワード：超多数アンサンブル 高解像度浸水計算 富岳 リードタイム 確率洪水予報 2011年新潟福島洪水 2020年球磨川洪水

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

頻発する風水害による被害を軽減するためには、十分なリードタイムを持った気象・洪水予測が必要であり、複合風水害シミュレーションも踏まえた住民の最適な避難手法を提案しなくてはならないと研究開始当初に考えた。

まず解像度が2kmでメンバ数が数百～数千のアンサンブル降雨解析を利用することにより、半日程度のリードタイムを持った豪雨・洪水予測手法を提供することが可能かについて検討することとした。

さらに、複合災害対策として、これまでに十分に考慮されていない風による影響を組み込んだ洪水浸水モデル（複合風水害数値計算モデル）を開発する必要があると考えた。

最終的には、こうした気象・洪水予報の知見を踏まえた上で、十分なリードタイムをもった避難とは何かを踏まえた最適な避難方法を検討することとした。

2. 研究の目的

気候変動により、今後、台風の発生数は減少するものの、その強度は増加するといった予測もあるが、最近では今後台風の発生数も増加するのではないかという予感もある。平成23年7月新潟・福島豪雨、平成27年9月関東・東北豪雨、平成30年7月豪雨（通称、西日本豪雨）、令和2年球磨川豪雨など極端な降水現象が多々発生し、それにとまなう水害が多く地域で住民を悩ませている。また、局所的集中豪雨については、例えば中北ら(2016)は、気象庁のRCM5による気候変動将来予測に基づき5kmメッシュ・30分積算の降雨分布からゲリラ豪雨を抽出し、ゲリラ豪雨事例日数が優位に増加することを示している。別に、平成30年台風21号では表六甲沿岸部が高潮被害を受け、関西空港では最大風速46.5メートル、最大瞬間風速58.1メートルを記録した。災害発生時の洪水予報河川については、河川管理者による水位又は流量情報に基づき市町村が避難勧告・指示を発令し、水位周知河川やその他河川については河川管理者による水位、および気象庁の洪水警報・注意報などによる避難勧告・指示がなされる。西日本豪雨では愛媛県の肘川で、ダム放流前の事前通告におけるリードタイムが十分でなかったことにより、死者が出たことが指摘された。よって、避難開始のトリガーである精度の高い気象・洪水予測が必要であり、リードタイムが十分にある避難勧告・指示が期待されている。そこで本研究では、極端豪雨に対し半日程度以上の十分なリードタイムを持った最適な避難行動の提案を目指し、以下の3つの研究テーマを実施することとした。

- 1) 数百～数千アンサンブル降雨を利用した十分なリードタイムを持った気象・洪水予報
- 2) 強風時の洪水複合風水害シミュレーション手法の開発
- 3) 災害時の住民の避難数値実験と最適避難行動解析

本研究の「問い」は、「高度な気象・洪水・高潮予測が十分なリードタイムを持った避難勧告・指示を可能とし、住民の避難行動を最適化できる」であった。

3. 研究の方法

研究方法については超多数気象アンサンブルは気象庁気象研究所から提供された。この超多数アンサンブル気象計算には京や富岳コンピュータといったフラグシップスパコンが必要であった。これらのアンサンブル降雨を受けてアンサンブル洪水計算を実施した。流出モデルについては物理分布型モデルや貯留関数法といった概念モデルも用いて高速計算を模索する一方、浸水計算モデルについては浅水流方程式に基づき、こちらも京・富岳に実装されたモデルを用いた。物理分布型モデルや複合風水害モデルについては、これまで継続的に開発してきたDistributed Rainfall-Runoff/Flood-Inundation modelをさらに開発改善した。避難行動についてもマルチエージェントモデルを開発してきており、これを2次元平面的な挙動も考慮可能なようにさらに開発改善した。基本的に荒川や球磨川など各地域のモデルを開発する際は現地の研究者を見つけて共同研究した。研究室の博士課程学生と一緒に実施した研究も多数ある。

4. 研究成果

2019年度

[超多数アンサンブル降雨・洪水予測]

2011年7月新潟・福島豪雨を対象とした1600アンサンブル豪雨・洪水予測を実施した[1]。具体的には信濃川流域の新潟県・笠堀ダムを対象に物理分布型降雨流出モデルを構築し、気象計算システム4D-EnVar-NHM (an advanced four-dimensional, variational-ensemble assimilation system using the Japan Meteorological Agency nonhydrostatic model)による1600アンサンブル降雨を入力することにより、超多数アンサンブル洪水予測を試みた。笠堀ダムは流域面積が70km²と非常に小さく、この狭いエリアにおける洪水予測が可能かは大きなチャレンジであった。ダム流域で正確な洪水予測ができれば実務に対しても非常に有効となる。結果として、1600アンサンブル降雨予測は、10-20程度のアンサンブル予測に比較すると、極端豪雨を予測できるメンバ数が明らかに増え、全く当たらない降雨予測に比較すると有効なことが見て取れた。この降雨を入力としたアンサンブル洪水予測も同様に観測流量を良い精度で再現するメンバが明らかに増え、その有効性が見て取れた。また、超多数アンサンブル予測により、洪水生起の（真の意味での）確率を、例えば半日前（12時間前）に提供することが可能ということが示された。他方、1600アンサンブルメンバの中には観測豪雨・洪水を正確に再現できるメンバがあるものの、

気象現象の非線形性からこれを事前に抽出することが難しいことも示した。

[避難行動解析及び避難行動モデルの開発]

半日というリードタイム、つまり十分な時間がある場合の避難について検討できる事例として、対象が津波であるが、芦屋高校と検討した事例についてここに記載する[2]。兵庫県立芦屋高等学校では、2016年12月21日に津波を対象とした全校生徒1000名による避難訓練を実施しており、この訓練の避難者行動をGPSで記録し分析した。避難訓練は海拔3.9mにある芦屋高校の全校生徒を北側海拔20mラインにあるJR芦屋駅以北に110分以内に避難させるために実施された。避難行動のGPSログと、構築したマルチエージェント避難モデルとの比較を行い、その結果を分析した。この事例は110分以内という制約を考えた避難であったが、これは前述の超多数洪水アンサンブルでは半日のリードタイムであるので、行動を考える上で参考になった。十分なリードタイムがある場合、比較的整然とした避難が可能であり、安全・安心な避難という面での利点は大きいことが見て取れた。

2020年度

2020年度はコロナ禍で研究を進めるのが難しい年度であった。発表もオンラインでのみ可能であり、論文発表も諸々の条件から苦戦した。

[物理分布型モデルの開発及びアンサンブル洪水予測]

物理分布型降雨流出・洪水氾濫モデルについては、兵庫県妙法寺川流域を対象とした研究を実施した[3]。森林効果、雨水幹線も考慮した流出・氾濫モデルであり、上与一橋で2018年9月4日に40分間で4m上昇した洪水現象を再現した。雨水幹線の影響は上与一橋での流出総量の10%程度と推定された。兵庫県都賀川流域で10分間に1.3m水位が急上昇した事例と同様に、いわゆるフラッシュフラッドを再現するための要素、並びにこの際の避難行動について検討した。この妙法寺川モデルを用いて2022年度に気象庁の現業 Meso Ensemble Prediction System (MEPS)の21アンサンブルを用いた洪水予測を実施しており、現業の2桁のアンサンブルも一定程度の再現性及び有効性があることが見て取れた。

[避難行動解析及び避難行動モデルの開発]

避難研究についても、前述の芦屋高校に引き続いて、韓国・蔚山広域市における洪水災害避難所の選定および評価をマルチエージェントモデルを用いて実施した[4]。具体的には、韓国・蔚山広域市中区太和洞を対象に、浸水時避難所の立地や規模などに関する定量的基準がない太和洞の実情に即して年齢別避難所要時間の分析など、当該地域において必要な避難戦略について検討した。また、想定時間内に避難が困難な場合は臨時避難所を指定するなど、避難時間の短縮について検討した。この研究も、水害がまさに発生しているタイミングでの避難でなく、比較的リードタイムがある場合の検討である。

2021年度

2021年度は2020年度の停滞がある程度回復し研究を進めることができた。

[物理分布型モデルの開発及び風の影響の考慮]

荒川流域を対象に前述した妙法川流域と同様な物理分布型降雨流出・洪水氾濫モデルを構築し、これにネストする形で5m解像度の高解像度浸水計算(富岳実装)を実施した[5]。具体的には2019年10月台風19号(令和元年東日本台風)豪雨による荒川流域の洪水現象を再現することを試みた。前述の流出・氾濫モデルは流域全体の洪水現象を再現することが可能で、今回は、特に、越辺川・都幾川に着目し、結果は観測を比較的良好に再現できた。次に、富岳に実装した浅水流方程式モデルにより、5m解像度で越辺川・都幾川付近に着目した浸水シミュレーションを実施した。結果として、再現された浸水過程は調査結果を一定程度反映しており、控堤による洪水防御効果なども考慮可能であった。その後、気候変動予測の同じく超多数アンサンブルであるd4PDFを用いて、荒川の24時間流域平均雨量の世紀末に向けての変動を分析した。洪水予測では短期間実時間予測と気候変動影響評価のような長期間予測があり、どちらについても超多数アンサンブルの重要性が最近認められている。構築した荒川流域の流出・氾濫モデルを用いて、風が洪水過程に及ぼす影響について2022年度に研究している(まだ論文化されていない)。これによると、風の吹く方向に洪水流が流され、流出・浸水過程が変わることを示した。同じ荒川流域の10m解像度浸水計算に風が及ぼす影響については、2018年に公表しており[6]、これを発展させる形の研究である。

他方、超多数アンサンブル計算を実施する場合、流出(氾濫)モデルの計算時間が問題になる。簡易なモデル(例えば概念モデル:貯留関数法等)は物理分布型モデルに比べて圧倒的に計算時間が速いため、河道流量を算定するという一点に限れば、精度を損なうことなく(あるいはより良い精度で)利用できる可能性があり、これについて兵庫県佐用川を対象に研究した[7]。前述のd4PDFを用いて降雨および流量の将来変化の分析を行った。まず、分布型降雨流出氾濫モデルと貯留関数法モデルにより、既往最大の平成21年台風9号時の佐用川流域円光寺地点における流量を再現した。次にDual-Window法により補正されたd4PDFデータを用いて、年最大24時間雨量再現レベル図を描き、各再現期間に対する確率降水量を求めた。その後、年最大24時間降雨をもたらした各年の降雨量時系列を佐用川流域の2つの流出モデルに入力し、各降雨に対する流量ハイドログラフを求めた。結果として、再現期間ごとのピーク流量値が2つの流出モデルで異なること、貯留関数法による流量ハイドログラフの方が緩やかな曲線を示し、他方、分布

型流出・氾濫モデルによる流量は降雨の局所的変動に対して鋭敏な応答を示すことなどが見て取れた。他方、計算時間については圧倒的に貯留関数法が速いことが示された。

[避難行動解析及び避難行動モデルの開発]

避難モデルについてもマルチエージェントモデルを韓国釜山市蓮湊区と東萊区に適用した[8]。東萊区と比べて蓮湊区から避難する場合、30分以内に浸水地域を通りながら避難するケースが多く、避難時間が伸びる傾向が確認された。したがって、蓮湊区においては避難開始を早めるか、避難所の配置を見直すことが求められる。また、広域避難における蓮湊区の場合、避難時間の短縮が可能となった。すなわち、蓮湊区を始点として避難する場合、浸水状況、避難所の位置などを考慮すると蓮湊区のみならず隣接する東萊区の避難所に避難すれば、避難時間の短縮ができると考えられることなどを示した。本研究は浸水場所を考慮した研究ではあるが、十分なリードタイムがあればより安全な避難が可能であることが示された。

2022年度

研究期間を一年延長しての最終年度の成果は以下のようである。

[超多数アンサンブル降雨・洪水予測]

最終年度は超多数アンサンブル降雨・洪水予測についてもう一つの知見を得た[9]。4次元アンサンブル変換カルマンフィルタ(4D-LETKF)を用いて計算された1000メンバーによるアンサンブル降雨シミュレーションを入力としたアンサンブル洪水予測についての研究成果を公表した。2020年7月球磨川豪雨時の1000アンサンブル降雨を用いて、市房ダムおよび(建設が想定されている)川辺川ダム流域の降雨流出予測、また人吉市等を含む広域の5m解像度の浸水予測を実施した。結果として、観測値を用いて事前に洪水モデルのキャリブレーションを実施し、かつアンサンブル降雨計算が観測降雨と比較し一定の精度を保持しているという条件であれば、アンサンブル数を減らしても統計的に一定程度精度が良い定量的な洪水予測が可能であるという示唆を得た。新潟豪雨の事例と同様に、(超)多数アンサンブルの有効性は示した。

[物理洪水モデルの高解像度化]

超多数アンサンブルと連携した超高解像度浸水計算が有効であるため、5m解像度から1m解像度まで分解能を上げた洪水シミュレーションを、佐賀県六角川流域[10]、兵庫県三宮市街地[11]で実施した。この分析は計算速度を上げる必要があるため富岳を用いている。結果として、1m解像度であれば、道路に沿った洪水流の計算も可能になるなど利点があることが示された。また、1m解像度で広域を計算するのはコストが高いが、ネスティングの手法[11]を使うことにより、5m解像度での比較的広域の計算の一部を1m解像度で実施できることを示した。

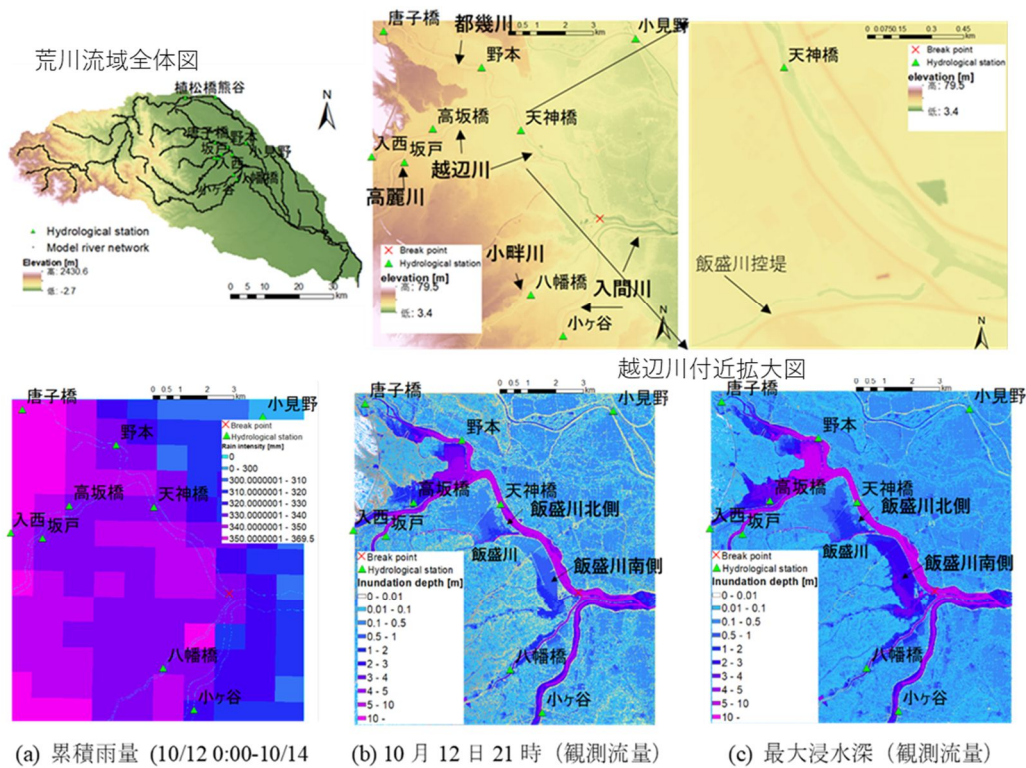
[避難行動解析及び避難行動モデルの開発]

三宮地下街(通称さんちか)の洪水計算を実施し、地下街における避難行動についてもマルチエージェントモデルで再現した[11]。今回の科研費研究で通底することとして、洪水災害が発生してからの避難ではなく、十分なリードタイムがある場合の避難について考えている。洪水発災時の避難では、洪水がどちらの方向から来るかを予測して違う方向に逃げるなどの検討が必要になるが、リードタイムが十分にある場合、災害弱者や、感染症など他の要因についても考慮した避難の検討が可能になる。まさに生死を選択する避難ではなく、普段の生活の問題点も考慮した避難が検討可能になった。

こうして、超多数アンサンブル及び避難行動については多くの結果を得、論文として公表した。物理分布型洪水モデル、詳細領域洪水モデルについても高精度化を実現し、富岳なども利用した研究結果を得た。風の洪水への影響については研究については進展した。論文化はこれからである。

参考文献

- [1] Kenichiro Kobayashi, Le Duc, Apip, Tsutao Oizumi and Kazuo Saito : Ensemble flood simulation for a small dam catchment in Japan using nonhydrostatic model rainfalls -Part 2: Flood forecasting using 1600-member4D-EnVar-predicted rainfalls, Natural Hazard and Earth System Sciences, pp.755-770, <https://doi.org/10.5194/nhess-20-755-2020>, 2020
- [2] 小林健一郎, 千郷直斗, 丸山満帆, 木村圭佑, 浜中俊行, Bae Chang Yeon, 孟凡淞 : 兵庫県芦屋高校の大規模避難訓練とマルチエージェント避難モデルによる再現, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.75, No.2, I_1345-I_1350, 2019
- [3] Kenichiro Kobayashi, Astushi Tamura, Ichiro Fujita, Akinobu Yamamoto and Kazuyoshi Kanayama : A rainfall-runoff/floodinundation model for Myohouji River basin Kobe Japan with rainwater sewage channels, Proceedings of the 22nd IAHRAPD Congress, pp. 1-6, <https://www.iahr.org/library/infor?pid=7594>, 2020



0:00) 2019年10月台風19号 (令和元年東日本台風) 豪雨による荒川流域の洪水現象を再現
 小林健一郎, 田中規夫, 丸山恭介, 田中翔, 渡部哲史, 北野利一: 令和元年東日本
 台風による荒川中流部洪水再現, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.77, No.2, I_181-
 I_186, 2021 を改変

- [4] Bae Chang Yeon, 小林健一郎: 韓国・蔚山広域市における洪水災害避難所の選定および評価, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.76, No.2, I_709-I_714, 2020
- [5] 小林健一郎, 田中規夫, 丸山恭介, 田中翔, 渡部哲史, 北野利一: 令和元年東日本台風による荒川中流部洪水再現, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.77, No.2, I_181-I_186, 2021
- [6] 小林健一郎, 中山恵介, 田中翔, 阪口詩乃, 奥勇一郎, 池内幸司: 洪水氾濫シミュレーションにおいて風の影響を考慮する必要性に関する検討, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.5, I_1459-I_1464, 2018
- [7] 小林健一郎, 川邊結子, 渡部哲史, 北野利一, 丸山恭介: 佐用川流域を対象とした複数の流出モデルを用いた気候変動による流量変化予測, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.77, No.2, I_1393-I_1398, 2021
- [8] Bae Chang Yeon and Kenichiro Kobayashi: Analysis of Evacuation Time for Vulnerable Individuals during Inundation of Lowland Areas, Journal of Disaster Research, Vol.16, No.5, pp. 866-873, <https://doi.org/10.20965/jdr.2021.p0866>, 2021
- [9] Kenichiro Kobayashi, Le Duc, Takuya Kawabata, Atsushi Tamura, Tsutao Oizumi, Kazuo Saito, Daisuke Nohara and Tetsuya Sumi, Ensemble rainfall-runoff and inundation simulations using 100 and 1000 member rainfalls by 4D LETKF on the Kumagawa River flooding 2020, Progress in Earth and Planetary Science volume 10, Article number: 5, <https://doi.org/10.1186/s40645-023-00537-3>, 2023
- [10] 小林健一郎, 奥山俊博, 北田雄広, 丸山恭介, 3次元スキャナ及びカメラによる地表面標高の計測と高解像度洪水シミュレーションへの応用, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.78, No.2, I_793-I_798, 2022
- [11] 井野川七虹, 小林健一郎, 1mメッシュ標高データを用いた地下空間浸水解析と避難リスクについての検討, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.78, No.2, I_415-I_420, 2022

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 KOBAYASHI Kenichiro, TANAKA Norio, MARUYAMA Kyosuke, TANAKA Sho, WATANABE Satoshi, KITANO Toshikazu	4. 巻 77
2. 論文標題 SIMULATION OF ARAKAWA MIDDLE STREAM FLOOD DUE TO TYPHOON 19 2019	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1393 ~ I_1398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_1393	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 KOBAYASHI Kenichiro, KAWABE Yuiko, WATANABE Satoshi, KITANO Toshikazu, MARUYAMA Kyosuke	4. 巻 77
2. 論文標題 EVALUATION OF THE CLIMATE CHANGE EFFECT ON THE DISCHARGE OF THE SAYOGAWA RIVER BY MULTI-RAINFALL-RUNOFF MODEL ENSEMBLE SIMULATIONS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_181 ~ I_186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_181	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kobayashi Kenichiro, Kono Yasunori, Kimura Takao, Tanakamaru Haruya	4. 巻 15
2. 論文標題 Estimation of paddy field dam effect on flood mitigation focusing on Suse region of Hyogo, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Hydrological Research Letters	6. 最初と最後の頁 64 ~ 70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3178/hrl.15.64	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Bae Chang Yeon, Kobayashi Kenichiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Analysis of Evacuation Time for Vulnerable Individuals During Inundation of Lowland Areas	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 866 ~ 873
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2021.p0866	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 BAE Chang Yeon, KOBAYASHI Kenichiro	4. 巻 76
2. 論文標題 EVACUATION ANALYSIS FOR OPTIMAL-LOCATING OF FLOOD DISASTER SHELTERS FOCUSING ON ULSAN METROPOLITAN CITY	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_709 ~ I_714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.76.2_I_709	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kenichiro Kobayashi, Astushi Tamura, Ichiro Fujita, Akinobu Yamamoto and Kazuyoshi Kanayama	4. 巻 22
2. 論文標題 A rainfall-runoff/flood-inundation model for Myohouji River basin Kobe Japan with rainwater sewage channels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 22nd IAHR-APD Congress	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kenichiro Kobayashi, LeDuc, Apip, Tsutao Oizumi and Kazuo Saito	4. 巻 20
2. 論文標題 Ensemble flood simulation for a small dam catchment in Japan using nonhydrostatic model rainfalls -Part 2: Flood forecasting using 1600-member 4D-EnVar-predicted rainfalls	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Natural hazard and earth system sciences	6. 最初と最後の頁 755, 770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/nhess-20-755-2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 KOBAYASHI Kenichiro, SENGO Naoto, MARUYAMA Mitsuo, KIMURA Keisuke, HAMANAKA Toshiyuki, BAE Chang Yeon, MENG Fansong	4. 巻 75
2. 論文標題 ANALYSIS OF LARGE SCALE EVACUATION DRILL BY ASHIYA HIGH-SCHOOL AND ITS REPRODUCTION USING MULTIAGENT EVACUATION MODEL	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1345 ~ I_1350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.75.2_I_1345	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kobayashi Kenichiro, Duc Le, Kawabata Takuya, Tamura Atsushi, Oizumi Tsutao, Saito Kazuo, Nohara Daisuke, Sumi Tetsuya	4. 巻 10
2. 論文標題 Ensemble rainfall?runoff and inundation simulations using 100 and 1000 member rainfalls by 4D LETKF on the?Kumagawa River flooding 2020	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 1, 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-023-00537-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 KOBAYASHI Kenichiro, OKUYAMA Toshihiro, KITADA Takehiro, MARUYAMA Kyosuke	4. 巻 78
2. 論文標題 MEASUREMENT OF MICRO GROUND SURFACE ELEVATION BY A 3D CAMERA/SCANNER AND ITS APPLICATION TO FLOOD SIMULATION	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_793 ~ I_798
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_I_793	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 INOKAWA Nanako, KOBAYASHI Kenichiro	4. 巻 78
2. 論文標題 ANALYSIS OF FLOODING IN UNDERGROUND SPACE USING 1M MESH ELEVATION DATA AND STUDY OF EVACUATION RISK	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_415 ~ I_420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_I_415	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Kenichiro KOBAYASHI, Yuiko KAWABE, Atsushi TAMURA, Satoshi WATANABE, Toshikazu KITANO
2. 発表標題 Estimation of the Climate Change Effect on the Discharge for Sayogawa River by Multi Rainfall-runoff Models
3. 学会等名 AOGS 2021 virtual conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Bae Chang Yeon, Kobayashi Kenichiro
2. 発表標題 Study on the Evacuation Time for Vulnerable People Considering Flooding
3. 学会等名 AOGS 2021 virtual conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丸山 恭介, 小林 健一郎, 田中 規夫, 渡辺 哲史, 北野 利一
2. 発表標題 荒川流域における気候変動による確率水文量の変化分析
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北田雄広, 小林健一郎, 渡辺 哲史, 北野 利一
2. 発表標題 気候変動の影響を考慮した淀川流域を対象とした洪水リスク評価
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kobayashi Kenichiro
2. 発表標題 Consideration of the advantages to use a supercomputer for flood risk management
3. 学会等名 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nanako INOKAWA, Kenichiro KOBAYASHI
2. 発表標題 A Basic Study on the Optimal Evacuation Method Considering the Exit Blockage in Underground Space
3. 学会等名 AOGS 2022 virtual conference, 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenichiro KOBAYASHI
2. 発表標題 Development of a Numerical Model to Simulate Human/automobile Movement in Flooding
3. 学会等名 AOGS 2022 virtual conference, 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
インドネシア	BRIN		