

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01294

研究課題名（和文）超多数アンサンブル将来気候予測情報を用いた水災リスクの確率評価と最大規模評価

研究課題名（英文）Probabilistic and the largest-class evaluation of water-related disaster risk using large ensemble of future climate projections

研究代表者

立川 康人（Tachikawa, Yasuto）

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：40227088

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 18,900,000円

研究成果の概要（和文）：日本全国の一級河川109流域を対象として、アンサンブル気候変動予測データベースd4PDFに含まれる降水データのバイアス補正手法を開発して補正雨量データを得た。次に、全国一級水系を対象とする分布型降雨流出モデルを開発し、補正した雨量データを用いて極値流量と洪水同時発生確率の将来変化を分析した。さらに淀川および庄内川流域を対象として浸水リスクカーブを推定し、水害による経済的損失額の将来変化を確率的に分析した。またインドシナ半島全域を対象とし、d4PDFを用いて水文気象学的な指標の将来変化を統計的に分析するとともに、ハノイ市およびバンコク市を対象として再現期間1000年規模の洪水リスクを分析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本全国の一級河川109流域の河川流域を対象として、降水および河川流量の年最大値を現在気候および4度上昇シナリオの下で推定するとともに、洪水が複数の河川流域で同時に発生する同時発生確率の将来変化を分析した。また、淀川流域および庄内川流域を対象として浸水リスクカーブを推定し、現在気候と4度上昇シナリオのもとでのそれらと比較して、水害による経済的損失額の変化を確率的に分析した。また、東南アジア域の河川流域で再現期間1000年相当の最大クラスの洪水強度を推定した。これらは我が国および東南アジア河川流域の地球温暖化適応策を立案する上での基本的な資料となることが期待される。

研究成果の概要（英文）：We developed a bias correction method for precipitation data contained in the Ensemble Climate Change Prediction Database d4PDF for all the river basins of Japan's first-class 109 rivers and obtained corrected rainfall data. Next, we developed a distributed rainfall-runoff model for the 109 first-class river basins in Japan and analyzed future changes in extreme rainfall, river discharge, and flood co-occurrence probability using the corrected rainfall data. Furthermore, we estimated flood inundation risk curves for the Yodo River basin and the Shonai River basin, and probabilistically analyzed future changes in the economic loss due to flood damage. In addition, for the entire Indochina Peninsula, we statistically analyzed the future changes of hydrometeorological indicators using d4PDF, and analyzed the flood risk with a return period of 1000 years in Hanoi and Bangkok.

研究分野：水文学

キーワード：気候変動 地球温暖化 水災害リスク d4PDF 河川流量 洪水 確率評価 最大クラス洪水

1. 研究開始当初の背景

全球大気大循環モデルの著しい進展により、全球モデルが出力する気象・水文情報の空間分解能が向上している。本研究グループでは、気象庁気象研究所によって提供された 20km 空間分解能の温暖化気候推計情報を用いて日本列島全域を対象とした流出シミュレーションを 1km 空間分解能の分布型流出モデルを用いて実施し、将来の河川流量の変化は一様に現れるのではなく大きな地域性が見られること、近未来気候実験で変化が見られ 21 世紀末気候実験では一層その変化が明瞭となる傾向にあることを見出した。さらに同様の分析をインドシナ半島全域で実施し東南アジア域での将来の流量変化特性を分析した。こうした流量シミュレーションによって将来の流況変化の可能性を広域かつ高分解能で分析できるようになったが、これらの変化に対する具体的な適応策を考えるためには、洪水の発生頻度が確率分布としてどのように変化するかを把握する必要がある。さらに、河川流量の変化だけではなく、洪水氾濫域の広がりやそれによる被害額の確率的な変化を推定することが要求される。これまで、気象庁気象研究所は世界最高の空間分解能 20km の MRI-AGCM3.2S による出力データを公開してきたが、1 アンサンブル 30 年間の将来気候推計データであり、低頻度現象の確率的な評価に用いるにはデータ数が少なすぎた。

これを改善するために、気象庁気象研究所などが協力して、空間分解能 60km の MRI-AGCM3.2H を用いた世界で最初の超多数のアンサンブル気候予測データベース d4PDF(2015)が作成され、2016 年から一般公開が開始された。このデータベースには RCP8.5 シナリオの 21 世紀末時点に相当する 4 度上昇実験 (60 年分のデータ×90 アンサンブル、合計 5400 年分のデータ)と現在気候を再現する過去実験 (60 年分のデータ×100 アンサンブル、合計 6000 年分のデータ)が含まれる。さらに、日本域では力学的なダウンスケーリングが施された 4 度上昇実験 (合計 5400 年分のデータ)と過去実験 (合計 3000 年のデータ)が含まれる。この超多数アンサンブル地球温暖化情報を流量シミュレーションの入力データとすれば、低頻度の洪水現象の頻度・強度の変化を確率分布の変化として捉えることができる。また、再現期間 1000 年といった最大クラスの洪水規模も外挿推定計算でなく、データ年数の範囲内で分析することができる。このように、これまでになく超多数アンサンブルデータと高空間分解能の分布型降雨流出モデルを広域に展開することで、低頻度の洪水・氾濫の頻度・強度の変化、さらに浸水被害額の変化を確率分布の変化として分析することができるようになってきた。

2. 研究の目的

気象庁気象研究所などによって開発された「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース d4PDF」を用い、日本全国の一級河川 109 流域およびインドシナ半島全域を対象として、気候変動による低頻度の洪水流出現象の変化を流量の確率分布の変化として捉え、再現期間 1000 年を指標とする最大規模の洪水流量の変化を定量的に分析することを目的とした。次に、水害リスクの確率的な変化を明示的に示すために、わが国や東南アジアの大都市圏流域を対象として浸水リスクを分析し、年最大浸水被害額とその年超過確率との関係 (浸水リスクカーブ)を推定して、水害による経済的損失額の変化を確率的に分析することを目的とした。

3. 研究の方法

日本全国の一級河川 109 流域を対象として、アンサンブル気候変動予測データベース d4PDF に含まれる降水データの極値雨量の再現性を統計的に分析した。その結果、再現性の高い流域がある一方で低い流域も存在することを見出し、新たなバイアス補正手法を開発して補正雨量データを作成した。一方で、一級河川全 109 流域を対象として、ダムによる流水制御の効果を導入した分布型降雨流出モデルを開発し、全流域を対象としてモデルパラメータを同定した。この分布型降雨流出モデルにバイアス補正を施した雨量データを入力し、過去実験 3000 年、4 度上昇実験 5400 年の年最大雨量に対する降雨流出計算を実施して年最大流量の確率分布の変化を分析した。次に、淀川流域および庄内川流域を対象として浸水リスクカーブを推定し、過去実験と 4 度上昇実験のもとでのそれらと比較して、水害による経済的損失額の変化を確率的に分析した。また、インドシナ半島全域を対象とし、d4PDF を用いて水文気象学的な指標の将来変化を統計的に分析するとともに、ハノイ市およびバンコク市を対象として再現期間 1000 年規模の洪水リスクを分析した。

4. 研究成果

(1)d4PDF 降水データのバイアス補正手法の開発と降水極値の変化分析

日本全国の一級河川 109 流域を対象として、d4PDF 領域気候実験 (20km 空間分解能)で算出された全 50 メンバにおける過去 60 年分の極値雨量データと 1988 年から 2016 年までの計 29 年分の気象庁解析雨量とを比較し、d4PDF 領域気候実験の極値雨量の再現性を確率・統計的に評価した。2 標本 K-S 検定による流域ごとの p 値の値を図 1 に示す。関東地方、中部地方、近畿地方、中国地方の多くの流域で、有意水準 5%で両者の頻度分布が適合するという帰無仮説が棄却されない一方で、九州地方、四国地方、紀伊半島のほぼすべての流域では有意水準 1%で棄却され、解析雨量に比べて d4PDF の方が小さな極値雨量を示した。これらの地域は年最大雨量が台風性豪雨に支配される地域であり、d4PDF の極値雨量に地域的なバイアスが存在している

可能性がある。図2に流域面積とp値の関係を示す。流域面積3000km²以上の流域で極値雨量の確率分布の適合度が高く、流域面積が小さい場合は適合度がばらつく結果が得られた。九州地方、四国地方、紀伊半島での再現性の低さは流域面積が小さいためではなく、d4PDFの雨量データに地域的なバイアスが含まれるためであると考えられる。また、2標本K-S検定で、1%有意水準で棄却されない流域の多くは分布の裾の再現性を重視した2標本A-D検定でも1%有意水準で棄却されず、分布の裾も観測データに近いことが分かった。

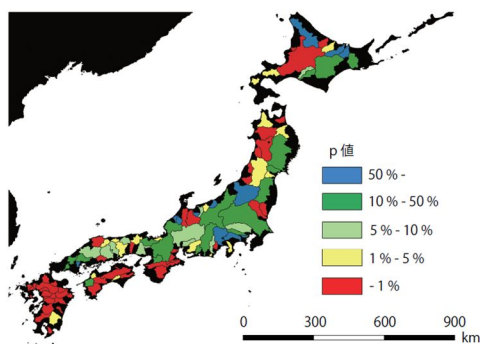


図1 2標本K-S検定による流域ごとのp値の値。

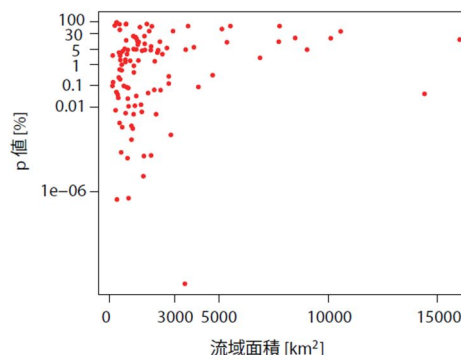


図2 流域面積とp値の関係。

有意水準5%の2標本K-S検定で棄却され、極値雨量データの確率分布に大きな乖離がみられた67流域を対象に、解析雨量を用いてd4PDF降雨データのバイアス補正手法を開発した。d4PDFは過去実験で3000年分のデータをもつ一方、バイアス補正に用いる解析雨量は高々29年分のデータであり、実験データ期間が観測期間よりも極めて長期間であることに留意する必要がある。ここでは両データに確率分布モデルを当てはめ、同じ非超過確率では両者の降水強度が同じとなるように補正比率を定めて、この関係を4度上昇実験の降水量データにも適用する。このとき、解析雨量のデータ年数が短いことによって発生する外れ値とみなされる観測値により、解析雨量に当てはめた確率分布モデルが極端な外挿値を与える可能性がある。この解析雨量データへの確率分布モデルのオーバーフィッティングを回避するため、大規模アンサンブルメンバーを有するd4PDF過去実験にGEV分布を当てはめて得られる形状母数の範囲を形状母数の取り得る範囲と考え、解析雨量に当てはめたGEV分布の形状母数がその範囲内にある場合はGEV分布を採用し、そうでない場合はグンベル分布を採用した。図3はそのようにして定めたGEV分布の形状母数の範囲である。白抜赤丸は解析雨量にGEV分布を当てはめたときの形状母数がこの範囲外にあり、グンベル分布を採用したことを示す。図4はグンベル分布を採用することで不適切な補正を回避することに成功した大淀川流域の補正例である。

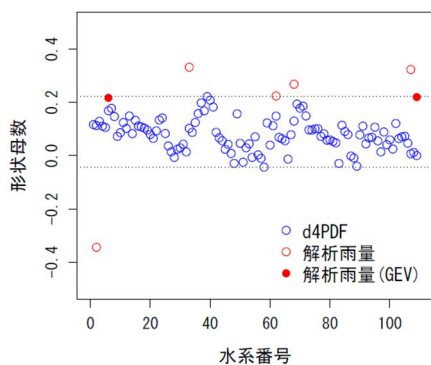


図3 GEV分布の形状母数の分布。

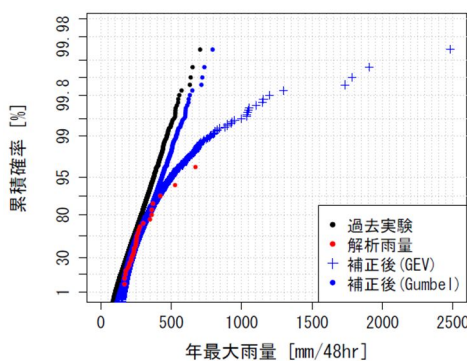


図4 大淀川でのd4PDF過去実験のバイアス補正。

(2) 日本列島全域における河川流量極値の確率分布と最大規模洪水の変化の分析

全国一級河川109流域の極値流量の将来変化を定量的に分析することを目的とし、集水面積が流域面積の5%以上となる主要ダムの操作を導入した1km空間分解能の分布型降雨流出モデルを構築した。パラメータ同定計算時の109流域のピーク流量の観測値と計算値との比較を図5に示す。すべての流域でNash指標は0.7以上であり約7割の流域で0.9以上となった。また、全流域でピーク流量の推定誤差は±20%の範囲に収まり、ピーク流量の再現性を確認した。この分布型降雨流出モデルに、補正済みの20km空間分解能d4PDF降水データ(過去実験1951年~2010年の60年分×50アンサンブル合計3000年分と将来実験2051年~2110年の60年分×90アンサンブル合計5400年分、合計8400年分の年最大降水量を含む降水データ)を入力し、109河川流域の年最大流量を算定した。次に、各流域での流出計算によって得られた過去実験3000年分、4度上昇実験5400年分の年最大流量データを用いてワイブル公式を用いて年最大流量の確率分布モデルを経験的に求め、河川整備基本方針で定められる計画規模の再現期間に対応するピーク流量(計画規模計算流量)を算定した。各河川流域で設定された計画高水流量とd4PDF

過去実験の計画規模計算流量の散布図を図6に示す。両者は計算方法や計算に用いた降雨データが異なることから厳密に一致するものではない。しかし、多くの水系で両者が整合的でありd4PDF 過去実験の計算流量が適切に求められていることがわかる。

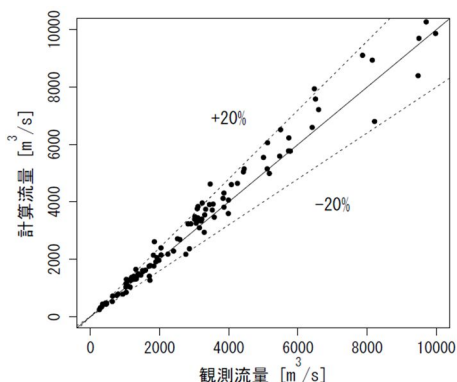


図5 同定計算での洪水ピーク流量の比較。

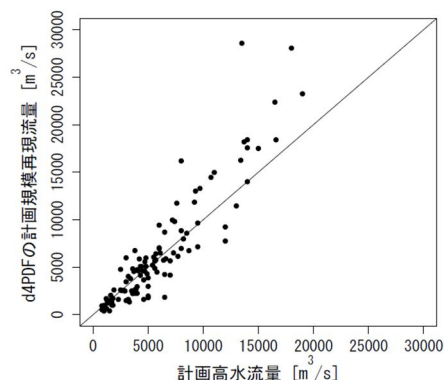


図6 計画高水流量と計画規模計算流量の比較。

計画規模として多く用いられる再現期間100年に対応する流量を計算し、過去実験に対する4度上昇実験での年最大流量の増加率を各流域で算出して地域差を分析した。100年確率年最大流量の将来変化率をそれぞれ図7に示す。4度上昇実験では6種類の海面水温 (Sea Surface Temperature, SST) 予測アンサンブルが存在する。SSTアンサンブル間での100年確率年最大流量の増加率の平均値は、もっとも小さい流域で1.11、最大で2.32である。全流域で1を超えており、すべての流域で100年確率年最大流量が増加することが分かる。北海道では特に増加率が大きく、次いで東北地方、北信越地方、九州地方南部で増加率が大きい。この特徴は100年確率流量と900年確率流量の両方で共通しており、同じ地方の中では、流域面積の小さい流域で特に増加率が大きいことを見出した。また、洪水同時発生確率の将来変化を分析した結果、6水系以上で氾濫が同一年に発生する確率は、過去実験で再現期間400年程度であるが、4度上昇実験では再現期間20年から30年で発生する可能性があることを見出した。

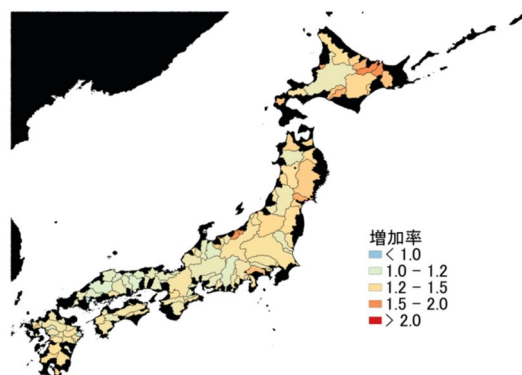
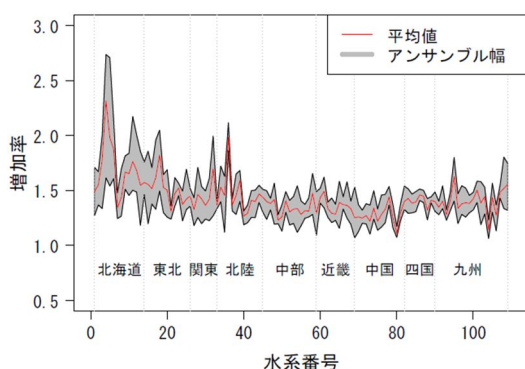


図7 100年確率年最大流量の変化率(左)とその全国分布図(右)。左図の赤線は過去実験と4度上昇実験の増加率の平均値を表し、SST分布の違いによるばらつきを灰色の領域で示す。

ダムの有無によるピーク流量の変化率の違いを分析した例を示す。図8は、大淀川におけるピーク流量比(ダムあり/ダムなし)を、ダムがない場合のピーク流量をもとに整理したものである。過去実験、4度上昇実験に関わらず、ダムによるピーク流量低減効果はピーク流量に対応して決まり、大淀川ではピーク流量8000m³/sから20000m³/sで流量低減効果が発揮され、20000m³/sを超えると両者の差が縮まる傾向にあることがわかる。これは20000m³/sを超える極めて大きな洪水では洪水ピーク時刻より前にダムが満水となり、洪水ピーク流量の減少量が小さくなるためと考えられる。結果として、過去実験では再現期間500年程度の洪水まで治水効果がみられること、4度上昇実験では再現期間100年以上の洪水については治水効果が減じられる可能性があることがわかった。

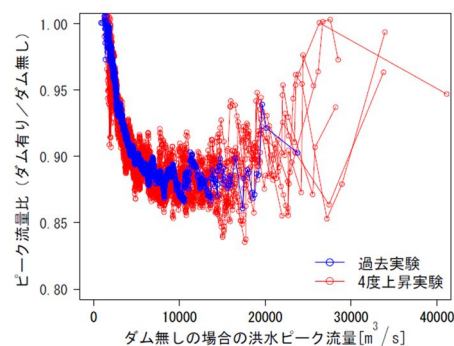


図8 大淀川における過去実験と4度上昇実験でのピーク流量の比(ダム有り/ダム無し)の関係。

(3) インドシナ半島における河川流量極値の確率分布と最大規模洪水の変化の分析

インドシナ半島全域を対象とする分布型流出モデル(10km空間分解能)に、60km空間分解能

の d4PDF 流出発生量データ(過去実験 6000 年分と将来実験 5400 年分、合計 11400 年分)を入力し、過去実験と 4 度上昇実験との年最大流量の分布の違いを統計的に分析した。過去実験と 4 度上昇実験の年最大日流量の頻度分布の違いを U 検定により分析した結果を図 9 に示す。インドシナ半島南部のメコンデルタ地帯とベトナム紅河で年最大日流量の頻度分布の違いが統計的に有意であることがわかった。

(4)日本および東南アジアの大都市圏流域における水害リスクの分析

上記の結果をもとに、紅河流域(168,700km²)およびバンコク市を含むチャオプラヤ川流域(160,000km²)に着目して、洪水災害リスクを分析した。紅河流域を対象に 30 秒(約 1km)空間分解能の降雨流出モデルを構築し、d4PDF を用いて過去実験 6000 年、4 度上昇実験 5400 年の年最大流量を計算した。ハノイ市上流のソントイ地点でのピーク流量と再現期間の関係を図 10 に示す。4 度上昇実験では年最大流量が増大することがわかる。1971 年に発生した既往最大洪水(ソントイ付近でのピーク流量 30000m³/s)は過去実験で再現期間 3000 年以上に相当する大洪水であったことがわかった。現地では、同じ規模の洪水が発生しても氾濫が発生しないように治水整備が進められており、4 度上昇実験下でも再現期間 600 年に相当する治水レベルを有していることがわかった。一方で、チャオプラヤ川流域では、2011 年に発生した既往最大洪水の再現期間は 150 年程度であり、ハノイ市に比べて浸水リスクが高いことがわかった。図 11 に 2011 年洪水の氾濫の再現計算と過去実験 6000 年分における最大氾濫量での氾濫計算の結果を示す。このときの最大氾濫量は 2011 年洪水の最大氾濫量の 1.5 倍、最大氾濫面積は 1.1 倍程度となり、より浸水深の大きな洪水氾濫が発生するリスクがあることがわかった。

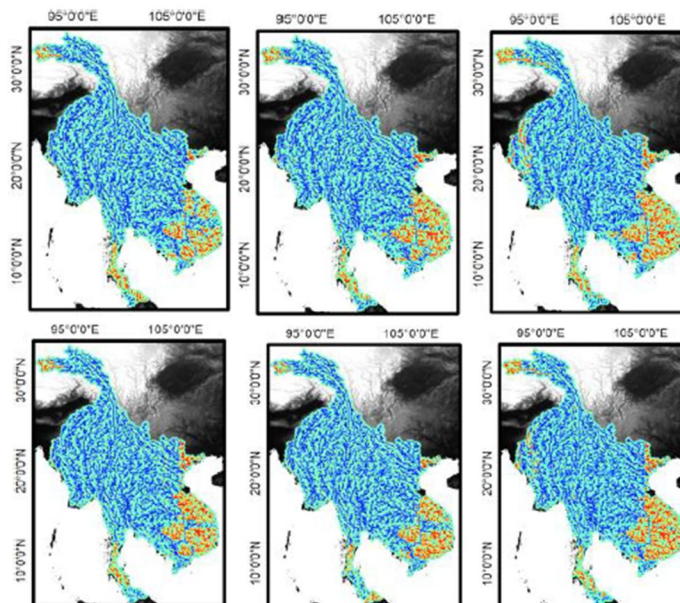


図 9 U検定による過去実験と4度上昇実験との年最大日流量の分布の違いの分析(6種類のSSTごとの結果)。赤は5%有意で帰無仮説が棄却される領域。

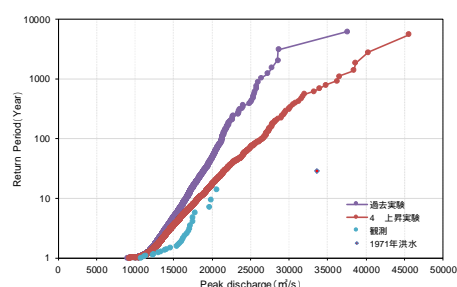


図 10 紅河(ソントイ地点)での確率流量の変化。

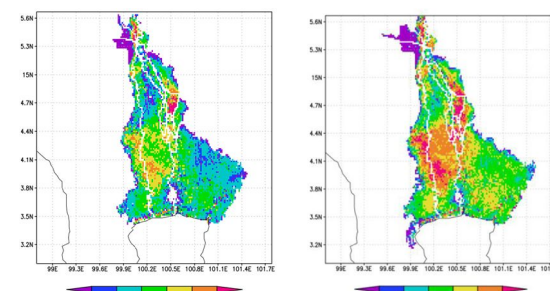


図 11 バンコク周辺の氾濫(左)2011 洪水の再現計算、(右)過去実験での氾濫体積最大の例。

洪水氾濫による浸水被害額の将来変化を分析するために、淀川流域の三川合流地点を含む領域と名古屋市域を対象に、d4PDF データを用いて洪水流量計算、氾濫計算、さらに浸水被害額を算定し、年最大浸水被害額とその年超過確率との関係(水害リスクカーブ)を得て、その変化を分析した。図 12 は淀川流域で得られた浸水リスクカーブである。4 度上昇実験の方が同じ超過確率でも被害額が大きくなることを定量的に示すことができた。

以上、超多数アンサンブル気候予測データベース d4PDF を用い、わが国の全国一級河川 109 流域およびインドシナ半島全域を対象として、気候変動による低頻度の洪水流出現象の変化を確率分布の変化として定量的に分析することができた。

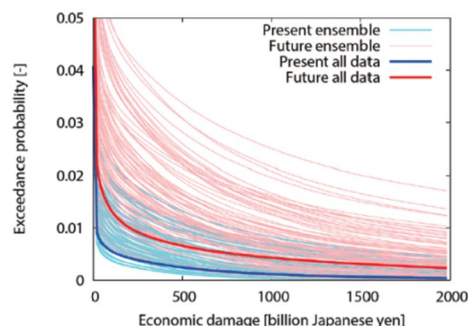


図 12 d4PDF 過去実験と 4 度上昇実験での浸水リスクカーブの違い。細線は各アンサンブル、太線は全アンサンブルを使って得られたリスクカーブ。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Tanaka Tomohiro, Kiyohara Keiko, Tachikawa Yasuto | 4. 巻 584 |
| 2. 論文標題 Comparison of fluvial and pluvial flood risk curves in urban cities derived from a large ensemble climate simulation dataset: A case study in Nagoya, Japan | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Hydrology | 6. 最初と最後の頁 124706 ~ 124706 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124706 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Hanittinan Patinya, Tachikawa Yasuto, Ram Indra Teerawat | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 Projection of hydroclimate extreme indices over the Indochina region under climate change using a large single model ensemble | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Climatology | 6. 最初と最後の頁 2924 ~ 2952 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/joc.6374 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 田中智大, 市川温, 横松宗太, 立川康人 | 4. 巻 75 |
| 2. 論文標題 一雨雨量と降雨の空間的集中度の関連を考慮した水害リスクカーブの推定精度向上 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集, B1(水工学) | 6. 最初と最後の頁 112 ~ 121 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejhe.75.112 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 田中智大, 河合優樹, 立川康人 | 4. 巻 75(2) |
| 2. 論文標題 d4PDFによる全国一級水系河川流域の年最大流域平均雨量の再現性評価 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集, B1(水工学) | 6. 最初と最後の頁 I_1135-I_1140 |
| 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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Tanaka Tomohiro, Tachikawa Yasuto, Ichikawa Yutaka, Yorozu Kazuaki | 4. 巻 116 |
| 2. 論文標題 An automatic domain updating method for fast 2-dimensional flood-inundation modelling | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Environmental Modelling & Software | 6. 最初と最後の頁 110 ~ 118 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.02.018 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Patinya Hanittinan, Teerawat Ram-Indra, and Yasuto Tachikawa | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Assessment of runoff sensitivity to changes in precipitation at the Indochina region | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proc. of THA2019, International Conference on Water Management and Climate Change towards Asia's Water-Energy-Food Nexus and SDGs, 23-25 January 2019, Bangkok, Thailand | 6. 最初と最後の頁 TA101-1 |
| 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 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Teerawat Ran-Indra, Yasuto Tachikawa, Yutaka Ichikawa, Kazuaki Yorozu, and Patinya Hanittinan | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Assessment of runoff generation using the simple biosphere model with urban canopy for upper Chao Phraya River basin, Thailand | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proc. of THA2019, International Conference on Water Management and Climate Change towards Asia's Water-Energy-Food Nexus and SDGs, 23-25 January 2019, Bangkok, Thailand | 6. 最初と最後の頁 TA106-1 |
| 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 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Yusuke Mizushima, Kazuaki Yorozu, Yutaka Ichikawa, Yasuto Tachikawa | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 A study on bias correction method for runoff generation data based on reference data created by land surface model | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proc. of THA2019, International Conference on Water Management and Climate Change towards Asia's Water-Energy-Food Nexus and SDGs, 23-25 January 2019, Bangkok, Thailand | 6. 最初と最後の頁 TA111-1 |
| 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 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Keita Kobayashi, Tomohiro Tanaka, Kazuaki Yorozu, Yutaka Ichikawa and Yasuto Tachikawa | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Estimating probability distribution of benefit from flood control projects | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proc. of THA2019, International Conference on Water Management and Climate Change towards Asia's Water-Energy-Food Nexus and SDGs, 23-25 January 2019, Bangkok, Thailand | 6. 最初と最後の頁 TA129-1 |
| 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 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 萬 和明, 黒崎直哉, 市川 温, キムスンミン, 立川康人 | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 大気場の組み替えと分布型水循環モデルによる多数年におよぶ河川流量データ作成の研究 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学) | 6. 最初と最後の頁 I_127-I_132 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejhe.74.I_127 | 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 田中智大, 市川 温, 萬 和明, 立川康人 | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 浸水被害確率マップ作成手法の開発と宅地かさ上げによる便益評価への応用 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学) | 6. 最初と最後の頁 I_1477-I_1482 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejhe.74.I_1477 | 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 Patinya HANITTINAN, Yasuto TACHIKAWA, Yutaka ICHIKAWA, Kazuaki YOROZU | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 Future river discharge projections at the Indochinese peninsula using large ensemble climate dataset | 5. 発行年 2018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_193-I_198 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejhe.74.I_193 | 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 Tanaka Tomohiro, Tachikawa Yasuto, Ichikawa Yutaka, Yorozu Kazuaki | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Flood risk curve development with probabilistic rainfall modelling and large ensemble climate simulation data: a case study for the Yodo River basin | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Hydrological Research Letters | 6. 最初と最後の頁 28 ~ 33 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3178/hrl.12.28 | 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 立川康人, 宮脇航平, 田中智大, 萬和明, 加藤雅也, 市川 温, キムスンミン | 4. 巻 73 |
| 2. 論文標題 超多数アンサンブル気候予測実験データを用いた極値河川流量の将来変化の分析 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論 文集B1(水工学) | 6. 最初と最後の頁 77 ~ 90 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejhe.73.77 | 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24件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 13件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 A.F. Anwar Tinumbang, K. Yorozu, Y. Tachikawa, Y. Ichikawa |
| 2. 発表標題 Analysis of the Effectiveness of Dynamically Downscaled Climate Data for River Discharge Estimation |
| 3. 学会等名 The 27th IUGG General Assembly (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Yorozu, Y. Mizushima, Y. Tachikawa, Y. Ichikawa |
| 2. 発表標題 Bias Correction for Runoff of GCM Output Based on Reference Data Created by Land Surface Model and Atmospheric Reanalysis |
| 3. 学会等名 The 27th IUGG General Assembly (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Keita Kobayashi, Tomohiro Tanaka, Kazuaki Yorozu, Yutaka Ichikawa and Yasuto Tachikawa |
| 2. 発表標題 Estimating probability distribution of benefit from flood control projects |
| 3. 学会等名 The 8th International Conference on Water Resources and Environment Research (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Aulia Febianda Anwar Tinumbang, Kazuaki Yorozu, Yasuto Tachikawa and Yutaka Ichikawa |
| 2. 発表標題 Upper Chao Phraya River flow simulation using MRI-AGCM 3.2S |
| 3. 学会等名 The 8th International Conference on Water Resources and Environment Research (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tomohiro Tanaka, Daisuke Kato, Mizuki Shinohara, Masaya Kato, Min Yan and Yasuto Tachikawa |
| 2. 発表標題 Impact assessment of climate change on flood frequencies in Southeast Asia using d4PDF: A case study of Red River Basin |
| 3. 学会等名 The 8th International Conference on Water Resources and Environment Research (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kazuaki Yorozu, Yusuke Mizushima, Yutaka Ichikawa and Yasuto Tachikawa |
| 2. 発表標題 Applying bias correction for runoff based on reference data created by land surface model and atmospheric reanalysis data |
| 3. 学会等名 The 8th International Conference on Water Resources and Environment Research (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 河合優樹、田中智大、萬和明、KIM Sunmin、市川 温、立川 康人 |
| 2. 発表標題 d4PDFによる全国109水系の年最大流域平均雨量の再現性評価 |
| 3. 学会等名 水文・水資源学会2018年研究発表会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Teerawat RAM-INDRA, Yasuto TACHIKAWA, Kazuaki YOROZU |
| 2. 発表標題 Regional effect of soil datasets on land surface model simulation for the upper part of Chao Phraya River basin in Thailand |
| 3. 学会等名 水文・水資源学会2018年研究発表会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuto Tachikawa |
| 2. 発表標題 Future change analysis of extreme floods using large ensemble climate simulation data |
| 3. 学会等名 THA2019, International Conference on Water Management and Climate Change towards Asia's Water-Energy-Food Nexus and SDGs, 23-25 January 2019, Bangkok, Thailand (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuto Tachikawa |
| 2. 発表標題 Future change analysis of extreme floods using large ensemble climate simulation data |
| 3. 学会等名 The 8th Global FRIEND-Water Conference, Hydrological Processes and Water Security in a Changing World, Beijing, China, November 6-9, 2018 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Anwar Tinumbang Aulia Febianda, 萬 和明, 立川 康人, 田中 智大, Kim Sunmin, 市川 温 |
| 2. 発表標題 Evaluation of river discharge simulated by a distributed hydrologic model utilizing NHRCM 5km data |
| 3. 学会等名 水文・水資源学会2018年度研究発表会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 水島 悠輔, 萬 和明, 田中 智大, Kim Sunmin, 市川 温, 立川 康人 |
| 2. 発表標題 陸面過程モデルを用いた参照データ作成に基づくGCM流出発生量のバイアス補正に関する研究 |
| 3. 学会等名 水文・水資源学会2018年度研究発表会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 萬 和明, 黒崎 直哉, 立川 康人, 田中 智大, 市川 温, Kim Sunmin |
| 2. 発表標題 分布型水循環モデルで作成した疑似流量データによる確率流量の推定可能性 |
| 3. 学会等名 水文・水資源学会2018年度研究発表会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小林 敬汰, 田中 智大, 萬 和明, Kim Sunmin, 市川 温, 立川 康人: |
| 2. 発表標題 治水投資便益の確率分布の推定 |
| 3. 学会等名 水文・水資源学会2018年度研究発表会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuto TACHIKAWA, Tomohiro TANAKA, , Kohei MIYAWAKI, Kazuaki YOROZU, ICHIKAWA |
| 2. 発表標題 Prediction of extreme rainfall events and floods under a changing climate using d4PDF |
| 3. 学会等名 AOGS2017, August, 2017, Singapore (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tomohiro Tanaka, Yasuto Tachikawa, Yutaka Ichikawa, Kazuaki Yorozu |
| 2. 発表標題 Validation of a rainfall-based approach for flood frequencies and a flood risk curve estimations using super multiple ensemble rainfall data by d4PDF |
| 3. 学会等名 AOGS2017, August, 2017, Singapore (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuto TACHIKAWA |
| 2. 発表標題 Future Change Analysis of Extreme Rainfall and Floods Using Large Ensemble Climate Simulation Data |
| 3. 学会等名 International Symposium of the 11th SSMS and the 5th RCND 2017 20-21 September, 2017, Bangkok, Thailand (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuto TACHIKAWA, Patinya HANITTINAN, Kazuaki YOROZU, Yutaka ICHIKAWA |
| 2. 発表標題 Future Change Analysis of Extreme Floods in the Indochinese Peninsula Using Large Ensemble Climate Simulation Data |
| 3. 学会等名 UNESCO-JASTIP Joint Symposium on Intra-Regional Water Security and Disaster Management, SEDA Hotel, Quezon Philippines, November 15-16, 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 清原桂子, 田中智大, 立川康人, 宮脇航平, 市川温, 萬和明, 2017 |
| 2. 発表標題 d4PDFを用いた庄内川流域での最大クラスの 外水氾濫の分析 |
| 3. 学会等名 水文・水資源学会2017年総会・研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 立川 康人, 宮脇 航平, 田中 智大, 萬 和明, 加藤 雅也, 市川 温, キムスンミン |
| 2. 発表標題 超多数アンサンブル気候予測実験データを用いた極値河川流量の将来変化の分析 |
| 3. 学会等名 第62回水工学講演会, 2018年3月5日~7日、岡山大学津島キャンパス |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 萬 和明, 黒崎直哉, 市川 温, キムスンミン, 立川康人 |
| 2. 発表標題 大気場の組み替えと分布型水循環モデルによる多数年におよぶ河川流量データ作成の研究 |
| 3. 学会等名 第62回水工学講演会, 2018年3月5日~7日、岡山大学津島キャンパス |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田中智大, 市川 温, 萬 和明, 立川康人 |
| 2. 発表標題 浸水被害確率マップ作成手法の開発と宅地かさ上げによる便益評価への応用 |
| 3. 学会等名 第62回水工学講演会, 2018年3月5日~7日、岡山大学津島キャンパス |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Patinya HANITTINAN, Yasuto TACHIKAWA, Yutaka ICHIKAWA, Kazuaki YOROZU |
| 2. 発表標題 Future river discharge projections at the Indochinese peninsula using large ensemble climate dataset |
| 3. 学会等名 第62回水工学講演会, 2018年3月5日~7日、岡山大学津島キャンパス |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Patinya HANITTINAN, Yasuto TACHIKAWA, Yutaka ICHIKAWA, Kazuaki YOROZU |
| 2. 発表標題 Statistical Analysis of Differences Between Probability Distribution of the Annual Maximum Daily Discharge Derived from Multiple SSTs Scenarios of the d4PDF Datasets at the Indochinese Peninsula |
| 3. 学会等名 AOGS2017, August 11, 2017, Singapore (国際学会) |
| 4. 発表年 2017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 |
|-------|--|---------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 市川 温 (Ichikawa Yutaka) (30293963) | 京都大学・工学研究科・准教授 (14301) | |
| 研究分担者 | Kim Sunmin (Kim Sunmin) (10546013) | 京都大学・工学研究科・准教授 (14301) | |
| 研究分担者 | 萬 和明 (Yorozu kazuaki) (90554212) | 京都大学・工学研究科・助教 (14301) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------------------|---|--|----|
| 研究 分 担 者 | 田中 智大 (Tanaka Tomohiro) (20793798) | 京都大学・地球環境学堂・助教 (14301) | |
| 研究 分 担 者 | 椎葉 充晴 (Shiiba Michiharu) (90026352) | 京都大学・工学研究科・名誉教授 (14301) | |