

令和 3 年 4 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13837

研究課題名（和文）経済的リスク分散策の評価に向けた三大都市圏の水害同時発生リスクの定量的評価

研究課題名（英文）Quantitative assessment of simultaneous flood risk among three major metropolises in Japan toward economic flood risk sharing

研究代表者

田中 智大（Tanaka, Tomohiro）

京都大学・地球環境学堂・助教

研究者番号：20793798

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：近年，毎年のような豪雨によって河川の堤防を超える洪水が頻発化し，甚大な被害が発生している．今後の気候変動によりさらに甚大な被害が予想されることを見据え，本研究では，特に甚大な経済的損失が予想される関東・中部・関西圏の主要都市を含む荒川流域，庄内川流域および淀川流域を対象に洪水流と洪水被害金額をコンピュータシミュレーションするプログラムを構築した．特に，淀川では流域面積が大きさを考慮して，降雨の空間的な分布を考慮して豪雨の発生頻度を設定するモデルを構築し，庄内川では下水氾濫の頻度が高い名古屋市の下水道モデルを構築するなど，各流域の特性を反映した洪水被害算定モデルを構築した．

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後，南海トラフと同様に大型台風による複数都市の氾濫リスク評価へのニーズがさらに高まることが予想される．本研究で構築したモデルは，最新の気候変動予測データを活用して大都市圏の洪水氾濫リスクを評価する手法として活用が期待される．大都市圏の洪水氾濫リスクモデルは，従来の河川整備による治水だけでなく自然災害保険を含めたリスクファイナンスによる洪水リスク管理に向けた基礎資料を提供することが期待できる．

研究成果の概要（英文）：In recent years, Japan has experienced devastating flooding almost every year, which will further increase in a changing climate. This project developed a flood-inundation-damage model in three river basins Ara, Shonai and Yodo River basins having a mega city of Tokyo, Nagoya and Osaka, respectively. In particular, the model for the Yodo River basin with the large basin size considered dependence between heavy rainfall and its spatial distribution; the one for the Shonai River basin with lowland prone to high pluvial flood risk considered sewage pipe flow and its overflow. The developed system would be beneficial for extreme flood risk assessment including climate change conditions.

研究分野：水工学，水文学

キーワード：洪水リスク評価 三大都市圏 荒川流域 庄内川流域 淀川流域 気候変動

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候変動により治水施設の設計値を超える洪水がより高頻度で発生することが指摘されている¹⁾。総合的な水害リスク管理を実現するには、治水施設整備や都市計画、経済リスク分散策といった複数の対策を統一的に評価する必要がある。研究代表者は、これらを統一的に評価する指標として外水氾濫による浸水被害金額の確率分布を表す水害リスクカーブ作成手法を開発してきた。作成したリスクカーブから算定した被災頻度が過去の統計資料と整合することを明らかにし²⁾、流域内の外水氾濫に対する合理的なリスク評価手法の開発に成功した。さらに、リスクカーブの低減からダム建設による治水経済効果を評価した⁴⁾。

一方、治水整備が進んだ都市部では上記対策の実施が難しく、経済的リスク分散策(例えば損害保険や証券等)によって複数の流域で貯蓄した資金から被害を補てんする対策が重要となる。ただし、主要な経済圏である三大都市(東京23区、名古屋市、大阪市)で同時に被害が発生すると補填額が大きくなり対策を持続することができない。そこで、経済的リスク分散策の実現可能性を評価するには、三大都市圏の同時被災リスクをどのように定量化するのかということが問いになる。地震災害に対しては、地震発生モデルを用いて地震保険のリスク分散効果が評価されてきた⁴⁾。一方、台風や前線による複数の流域での豪雨の発生は、既往手法による確率的なモデル化が困難である⁵⁾。そこで本研究は、上記の問いに答えるため申請者のリスクカーブ作成手法の拡張により複数の流域の同時豪雨発生の確率モデルを開発する。また、治水施設の評価とは異なり、経済的リスク分散策では下水管等からの雨水(内水)の氾濫と外水氾濫を区別しないため、多数の豪雨シナリオ下で内外水氾濫を一体的に計算できる安定かつ高速な数値モデルを併せて開発する。

2. 研究の目的

都市における経済的リスク分散策の導入可能性を評価するため、東京23区、名古屋市、大阪市を含む荒川・庄内川・淀川流域の内外水氾濫による同時水害リスクを評価することを目的とする。

3. 研究の方法

1) 対象流域群における洪水氾濫モデルの開発と検証

運動波式による下水排水過程を既開発の外水氾濫モデルに組み込んで(図3)一体型モデルを開発する。各格子点で与える最大浸透能以下の降雨強度の雨水の河川までの排水を、数値標高データの低標高の方向に沿って運動波式で計算する。浸透能を超えた雨水の内水氾濫流は、河川からの越水による外水氾濫流とともに平面2次元解析により計算する。ポンプの排水能力はデータから組み込み、複雑な管路網による流れの遅れの空間的ばらつきは運動波式の粗度係数を空間分布させて表現する。粗度係数を空間分布させると調整するパラメータ数が膨大となるが、大域的パラメータ探索法であるSCE-UA⁶⁾を用いることで同定を実現する。過去数十年以内に内水氾濫事例が複数回発生している名古屋市を対象に、1事例で粗度係数を同定し、他の氾濫事例に対してモデルの再現性を検証する。

2) 3流域の同時豪雨発生確率の推定

同時豪雨発生確率の推定には2通りのアプローチがある。1つは閾値超過分布を基礎とした確率モデルを構築する方法であり、もう1つは気候モデルによる気候シミュレーション結果を活用して同時に豪雨が発生したサンプルを抽出する方法である。近年、気候モデルのアンサンブル数が増加してきており、後者のアプローチが有効となってきた。本研究では、気候シミュレーション結果を用いつつ、得られたデータに閾値超過分布を当てはめることで豪雨発生モデルを構築する。

4. 研究成果

1) 対象流域の洪水氾濫モデルを構築した。荒川では既往研究で開発した降雨流出モデルの再現性を確認し、それを活用した。庄内川では内水氾濫が多く発生することから、内外水氾濫一体型モデルを構築し、過去に最も甚大な被害をもたらした東海豪雨事例を対象に構築したモデルを検証した。最大浸水深分布の計算値と浸水範囲図を図1に示す。浸水範囲の計算結果は実績浸水範囲をおおむね再現している様子が見られる。また、河川水位についても観測値の時系列を良く再現することを確認した。同事例による洪水被害額の計算値と報告結果を表1に示す。両者のオーダーがおおむね整合することを確認することができた。淀川では、既往研究において下流の大阪市街地よりも中流域の京都市周辺域の方がリスクが高いことがわかっており、本研究でも同地域を対象とした。対象地域で重要となる一級河川

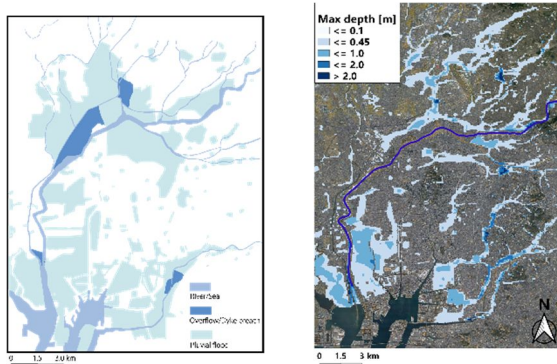


図 - 1: 東海豪雨による (左) 実績浸水範囲 (右) 最大浸水深の計算値

表 1: 東海豪雨による被害

	被災従業員数 (千人)	事業所被害額 (億円)
報告値	355	2740
計算値	317	3300

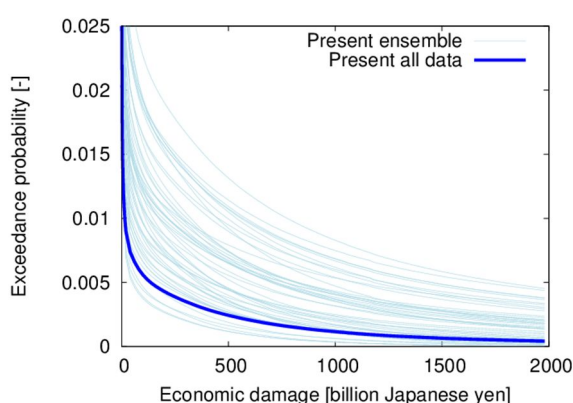


図 2: 淀川流域の洪水被害金額 (横軸) の年間超過確率 (単位は 10 億円)

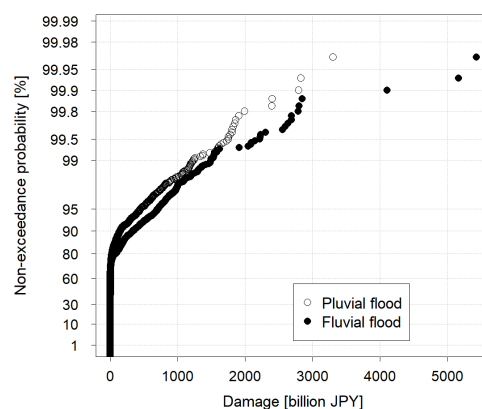


図 3: 庄内川流域の内水 (白丸), 外水 (黒丸) 氾濫による被害金額 (横軸) の年間超過確率 (単位は 10 億円)

の鴨川を河道計算モデルを構築した。同地域で大きな洪水をもたらした平成 25 年台風 18 号事例を対象に、計算水位と観測水位を比較し、モデルを検証した。

- 淀川流域を対象に、気候予測モデルによる降水量データと閾値超過分布に基づく豪雨発生確率モデルを組み合わせ、1) で構築した洪水氾濫モデルに入力して現在および将来の洪水被害金額の確率分布 (リスクカーブ) を算定した (図 2)。気候予測モデルのアンサンブルを活用することにより、アンサンブルリスクカーブを算出することができた。また、庄内川流域では気候予測データを 1) で構築した洪水氾濫モデルに入力して内水外水氾濫によるリスクカーブを作成した (図 3)。両者のリスクカーブを分けて表示することにより、要因別のリスクの違いを定量化し、大都市圏の洪水リスク評価における下水道からの氾濫の重要性を定量的に示すことができた。

以上により、大都市圏での広域的な洪水氾濫リスクをリスクカーブとして定量的に評価する枠組みを構築することができた。

< 引用文献 >

- 国土交通省: 水害対策を考える 1-1-5 10 年間で水害被害 2.6 倍に、災害の記録, 2007.
- 田中智大, 立川康人, 市川温, 萬和明: 降雨継続時間に対する総降雨量の条件付き確率分布を用いた水害リスクカーブの作成, 土木学会論文集, B1(水工学), Vol. 72, No. 4, I_1219-I_1224, 2016.
- 田中智大, 立川康人, 萬和明: 降雨の時空間分布を考慮した浸水・氾濫に対する水害リスクカーブの作成, 土木学会論文集, B1(水工学), Vol. 71, No. 4, I_1483-I_1488, 2015.
- 多々納: 自然災害保険の設計, 防災の経済分析 (高木, 多々納編) 第 16 章, 276-292, 2005.
- 左藤ら: 台風に伴う将来の降水量極値の推定-高知市鏡川の治水計画への利用-, 土木学会論文集 B1(水工学), 69(4), I_379-I_384, 2013.
- Duan et al.: Optimal use of the SCE-UA global optimization method for calibrating watershed models, Journal of Hydrology, 158, 265-284, 1994.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 田中智大, 河合優樹, 立川康人	4. 巻 75
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 1135, 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 Tomohiro Tanaka, Keiko Kiyohara, Yasuto Tachikawa	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
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 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 Tomohiro Tanaka, Yasuto Tachikawa, Yutaka Ichikawa, Kazuaki Yorozu	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) 10.3178/hrl.12.28	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田中智大, 河合優樹, 立川康人
2. 発表標題 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
3. 学会等名 水工学講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tanaka T., Kiyohara, K., Tachikawa, Y., Ichikawa, Y., Yorozu K
2. 発表標題 Fluvial and Pluvial Flood Risk Curve and Its Future Changes in Urban Areas: a Case Study of the Shonai River basin, Japan.
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 15thAnnual Mee
4. 発表年 2018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
---------	---------