

豪雨災害における住宅への経済的被害評価

吉成翔*・武田直弥**・秋山祐樹***・古谷貴史****

Assessment of Economic Damage to Housing in Heavy Rain Disasters

Sho YOSHINARI*, Naoya TAKEDA**, Yuki AKIYAMA***, Takafumi FURUYA****

In recent years, torrential rains have caused damage in many areas in Japan. In 2019, the amount of damage caused by heavy rainfalls, excluding tsunamis, was the largest since statistics began in 1961, and local governments are required to take measures against flood damage. In this study, we calculated the amount of damage per residential building based on the assumed inundation depth for the Tama River. In addition, we estimated the savings of region based on various statistics and compared this to the amount of damage per house to assess the economic damage in the region. The results showed that in the Tama River basin and large cities, the ratio of the amount of damage to the amount of savings was very small because the amount of savings was large in relation to the economic damage. On the other hand, in mountainous areas far from the central city, economic damage accounted for more than 20% of savings in many areas.

Keywords: 豪雨災害 (heavy rain disaster), 損害額 (amount of damage), 経済的被害推定 (economic

1. はじめに

国土の7割以上を山地が占める山国である我が国では、標高の高い上流から河口までの距離が短く、河川の勾配が急なため、我々は洪水や土砂災害と共存共栄する必要があった。しかし、近年では、大規模な豪雨災害の発生頻度は上がっており、中でも令和元年台風第19号による豪雨は、長野県の信濃川水系や福島県の阿武隈川水系をはじめとする多くの河川で、氾濫やがけ崩れなどの大規模な水害が発生した。

国土交通省水管理・国土保全局(2021)の試算によれば、令和元年度の水害被害額は全国でおよそ2兆1,800億円であり、これは、新潟・福島豪雨が発生した平成16年の水害被害額を上回り、昭和36年の統計開始以来最大の水害被害額となっている。また、津波を除く単一の水害による水害被害額についても、およそ1兆8800億円と、統計開始以来最大の被害額となっている。水害被害額の内訳は一般資産と公共土木施設、公共事業に分かれるが、令和元年の水害被害額のおよそ7割は一般資産等の被害額が占めており、その中でも家屋被害額は6,400億円と、

全体の3割程度を占めている。このように、住宅は水害の経済的被害全体に占める割合が大きいため、水害による被害額を小さくするためには、住宅の経済的被害額を広域に評価し、地域の特性に応じた対策を行うことで、流域全体での経済被害を最小化することが重要である。

1.1 関連する既存研究

岩橋ほか(2005)は、奈良県大和川流域の氾濫について、地価と土地利用に着目し、被害額の推計を行っている。しかし、同研究では50mメッシュ集計の土地利用詳細メッシュデータ(国土数値情報)から得られる土地利用用途で被害額のシミュレーションを行っていることから、住宅単位の被害推定は成されていないという課題がある。また、箭内ほか(2017)は被害額が既知である1959年に発生した伊勢湾台風における高潮浸水の水害被害額について、3次メッシュ集計の土地利用メッシュデータを用いた推計を行っているが、家屋被害額については、3次メッシュ単位の土地利用情報を用いた計算では、住宅以外の被害額が含まれた結果となってしまうこと

* 学生会員 東京都市大学工学部都市工学科 (Tokyo City University)
〒158-0087 東京都世田谷区玉堤1丁目28-1 Tel : 31-5707-0104 E-mail : g1918100@tcu.ac.jp
** 学生会員 東京都市大学院総合理工学研究科 (Tokyo City University)
*** 正会員 東京都市大学建築都市デザイン学部都市工学科 (Tokyo City University)
**** 非会員 日本工営株式会社 CIM 推進センター (Nippon Koei Co., Ltd.)

1 が課題であることを指摘している。

2 1.2 本研究の目的

3 そこで本研究では、地域の水害危険度をより精緻
4 に推計するために、想定される最大の深水深を与え
5 たときの住宅1棟あたり被害額を住宅ごとに推計す
6 る手法を開発する。この際に建物ごとの構造や築年
7 代、貯蓄現在額なども推定することで、単に建物に
8 対する物理的な被害額を推定するだけでなく、貯蓄
9 現在高に占める被害額の割合である「経済的被害」
10 を評価できるようにする。また、その結果を小地域
11 (町丁字等)で集計することで、小地域ごとの被害
12 額や経済的被害を評価できるようにする。すなわち、
13 以上のデータを用いることで、任意の空間単位にお
14 ける水害による建物への被害額や、経済的被害を推
15 定できるデータ環境を構築することを目的とする。

17 1.3 研究対象地域

18 本研究では研究対象地域として、まず流域全体で
19 地価が比較的高く、世帯の貯蓄額が大きくなると考
20 えられる多摩川流域を選定した。また、多摩川とは
21 対象的に都市部だけでなく中山間地域が流域の多く
22 を占めており、さらに吉井川や旭川といった、複数
23 の一級河川の水系が県内で完結する地域として、岡
24 山県を選定した。

26 2. 研究方法

27 本研究では住宅の中でも戸建て住宅を対象に、水
28 害被害額を推定する。水害による被害推定には浸水
29 想定区域データ(国土数値情報)を使用する。建物
30 の構造の推定と築年代の推定におよび、貯蓄高の推
31 計は、古谷ほか(2021)の手法を参考にした。そし
32 て以上の推計により得られた建物ごとの構造と築年
33 代に基づき、住宅ごとの損害額を推計し、さらに小
34 地域(町丁字等)ごとに、河川の氾濫によって想定
35 される家屋被害額を集計することで、水害による地
36 域の経済的な負担を明らかにする。

37 2.1 本研究で使用するデータ

39 (1) 住宅地図

40 戸建て住宅の空間分布を把握するために、本研究

41 ではデジタル住宅地図(Zmap TOWN II:2016年)
42 の建物ポリゴンデータを使用した。デジタル住宅地
43 図の建物ポリゴンデータには建物ごとの用途が格納
44 されているが、本研究では建物用途が「個人家屋等」
45 となっているものを抽出し、これらを戸建て住宅と
46 した。また、後述するように様々な統計情報を戸建
47 て住宅に空間結合するために、建物ポリゴンデータ
48 をポイントデータに変換した、建物ポイントデータ
49 を作成した。そして建物ポイントデータに対して、
50 後述する様々な統計情報を空間結合することで、建
51 物ごとの構造や築年代を推定する。

53 (2) 浸水想定区域データ

54 本研究では国土数値情報の浸水想定区域データ
55 (平成24年度)を使用した。同データは河川管理者
56 (国土交通大臣、都道府県知事)から提供された浸
57 水想定区域図を、浸水深ごとのポリゴンデータとし
58 て、都道府県別に整備したデータである。本研究で
59 使用したデータからは浸水範囲だけでなく浸水深も
60 把握可能である。後述の通り、浸水深により建物ご
61 との被害額が異なってくるため、浸水深の情報は重
62 要である。

64 3. 小地域単位の水害被害額の推定

65 本研究では、建物の構造を機械学習により推定す
66 る。そこで、まず推定に必要な特徴量を小地域(丁
67 町字等)単位で推定し、建物1棟1棟に付与する。
68 その後に機械学習により建物ごとの構造、築年代、
69 貯蓄額などを推定する。さらに浸水深の情報を与え
70 ることで、最終的に建物ごとの水害による被害額を
71 明らかにする。

73 4.1. 建物の構造推定に用いる情報の付与

74 まず、国勢調査(2015年)の小地域集計を使用し、
75 小地域ごとの年齢人口割合を算出した。次に、住宅・
76 土地統計調査(2018年)と国勢調査(2015年)の小
77 地域集計を組み合わせることで、小地域単位の世帯
78 数を推計した。さらに、住宅土地統計調査(2018年)
79 の建物階級別および、構造別の建物数と国勢調査
80 (2015年)の小地域集計を組み合わせ、小地域単位

1 で建物階級別の構造割合を推計した。表 1 に以上の
 2 処理で建物に与えられた特徴量を示す。本研究では
 3 これらの特徴量をもとに、機械学習によって建物の
 4 構造を推定した。

5 表 1 建物データに付与した特徴量

作成した特徴量	使用した統計資料
1. 年齢階級別人口割合 (3 区分)	国勢調査小地域集計 (2015 年)
2. 居住期間別世帯割合 (6 区分)	国勢調査小地域集計 (2015 年)
3. 年収階級別世帯割合 (9 区分)	国勢調査小地域集計 (2015 年) 住宅・土地統計調査 (2018 年)
4. 建て方別構造割合 (3 区分)	住宅・土地統計調査 (2018 年)
5. 用途地域 (13 区分)	用途地域ポリゴン (国土数値情報)

6
 7 4.2 建物構造の推定

8 機械学習により建物構造を推定するには、建物 1 棟
 9 1 棟の構造が分かる情報（教師データ）が必要であ
 10 る。そこで本研究では、建物ごとの構造情報が公開
 11 されている東京都世田谷区、足立区、渋谷区を対象
 12 に教師データを作成した。具体的には、先に挙げた
 13 3 区から住宅用途の建物を各区 1,500 棟ずつランダム
 14 に抽出し、それぞれの地域の建物現状構造図を目
 15 視で確認し、抽出した建物 1 棟 1 棟の構造に関する
 16 情報を取得することで教師データを作成した。

17 また、本研究では教師あり学習モデルの一つであ
 18 る XGBoost (Chen and Guestrin, 2016) を用いて構
 19 造推定を行った。説明変数に用いる建物へ付与する
 20 情報は、地域によっては欠損地が生じてしまう。そ
 21 のため欠損値が含まれるデータに対しても適用可能
 22 な機械学習モデルである XGBoost を採用した
 23 (Rusdah et al., 2020)。また、4,500 棟のうち 20% をテ
 24 ストデータに用いて機械学習モデルを評価した。テ
 25 ストデータに対する推定結果を表 2 に示す。

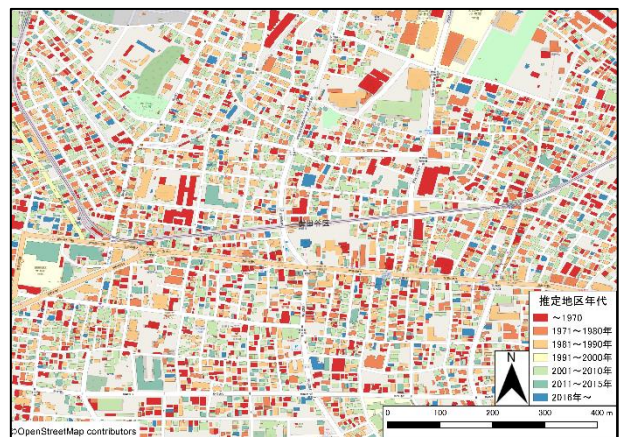
26
 27 4.3 築年代の付与

28 築年代は、住宅・土地統計調査 (2018 年) と国勢
 29 調査 (2015 年) の小地域集計を組み合わせ、市区町
 30 村単位で集計されている建物用途別・構造別・階数

31 表 2 建物構造の推定結果

検証データ		推定構造数		
		非木造 [棟]	木造 [棟]	合計
正解値	非木造 [棟]	261	134	395
	木造 [棟]	45	455	500
	合計 [棟]	306	589	895

32 別の築年代ごとの建物数を町丁字単位で推定し、割
 33 合に変換した。次に、変換した割合に基づき、建物
 34 1 棟 1 棟に対して確率的に築年代（～1970 年、1971
 35 ～1980 年、1981～1990 年、1991～2000 年、2001 年
 36 ～2010 年、2011 年～2015 年、2016 年～現在まで）
 37 の 7 区分を付与した。世田谷区において推定した築
 38 年代を図 1 に示す。



40 図 1 世田谷区における築年代推定の結果

41
 42
 43 4.4 建物単位の損害額の推計

44 戸建て住宅の水害被害額の推計は、浸水想定区域
 45 データ (平成 24 年度) より、浸水が想定される住宅
 46 を推計対象とし、東京都と神奈川県で戸建て住宅 1
 47 棟 1 棟を対象に実施する。損害額の推計は、「被災し
 48 た住宅、家財等の損失額の計算書 (以下「損失計算

書」(国税庁, 2022)」を参考に, 式 (1) および式 (2) を用いて推計を行った.

$$M_i = (C_i \times A_i) \times 0.9 \times D_i \times Y_i \quad (1)$$

$$L_i = M_i \times P_i \quad (2)$$

M_i , C_i , A_i , D_i , Y_i はそれぞれ建物 i の被災直前の時価総額 (円), 建物 1 m^2 あたりの工事費用 (円), 総床面積 (m^2), 償却率, 築年数を示す. また, L_i と P_i はそれぞれ建物 i の損害額 (円) と損害率を示す.

なお C_i , D_i は損失計算書の値を用いた. これらの値は, 対象となる住居の構造及び築年代に基づき, 決定される. なお, C_i は損失計算書に掲載された工事費用であるが, 非木造建築の工事費用は, 鉄骨鉄筋コンクリート造, 鉄筋コンクリート造, 鉄骨造の 3 種類である. 本研究の構造推定では木造, 非木造の 2 種類の分類を対象としているため, 非木造については, 鉄骨造の工事費用を用いた. また, D_i も木造は損失計算書の木造または合成樹脂造の値を, 非木造は鉄骨鉄筋コンクリート造または鉄筋コンクリート造の値を用いた.

P_i は損失計算書の被害割合表をもとに, 対象となる住居の階数と想定浸水深により決定をした. ただし, 浸水想定区域データの浸水深は提供元の河川管理者により 5 段階で評価されたものと, 7 段階で評価されたものに分かれている. そこで, 本研究では想定浸水深については階級値を使用している. また, 本研究で対象とする水害は豪雨による河川の氾濫を想定するため, 一律に土砂による被害も伴うことを想定するものとした.

4.5 小地域単位の被害額推計

建物ごとに推定した水害による被害額を用いて, 小地域ごとの被害額を評価した結果を図 2 および図 3 に示す. 図 2 は多摩川の評価結果であり, 図 3 は岡山県全域の評価結果である. まず, 多摩川が氾濫した場合, 流域に広く被害が出るが, その中でも, 特に上流部と下流部で被害額が大きくなる地域が多くなることが分かった. また, 岡山県では, 浸水が想定される区域の多くで大きな被害が想定され, 特

に吉井川, 旭川, 高梁川といった一級河川の下流部に位置する岡山平野や, 以上の一級河川に沿って分布する盆地で大きな被害を受ける地域が広く広がっていることが分かった.

5. 世帯ごとの貯蓄現在高の推計

本研究では, 地域の経済力を考慮した被害の評価を行うため, 世帯ごとの貯蓄現在高を推計した. なお図 1 や図 2 で示した被害額の推定結果は, 小地域の被害額の総和である. そのため, 小地域の面積が広い, あるいは建物数が多い地域の方が, より大きい金額となりやすい. そのため, この値を小地域全体の貯蓄現在高と比較することで, 災害発生時における小地域ごとの負担度を計算する.

以上の計算を行うためには, 世帯ごとの貯蓄現在

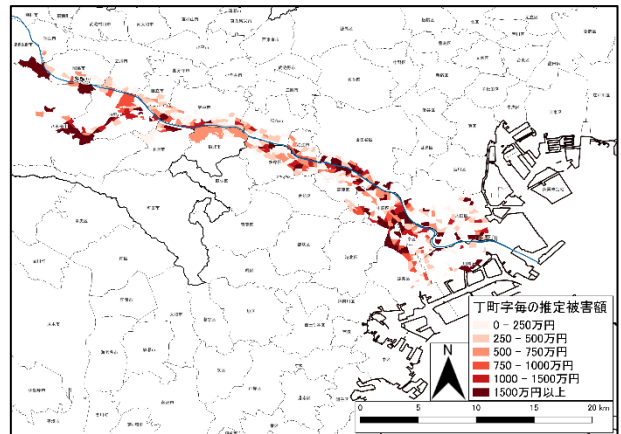


図 2 多摩川流域における小地域単位の総被害額

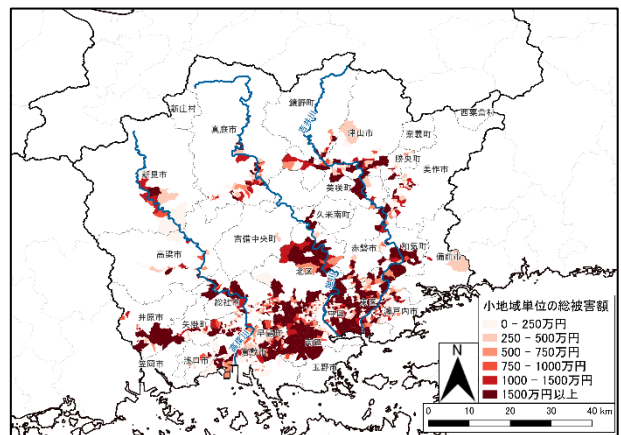


図 3 岡山県全域・小地域単位の総被害額

高を知る必要がある. そこでまず, 世帯ごとの貯蓄

1 現在高を推計した。4章の4.1節で推計した小地域
2 単位の年収階級別世帯数と、家計調査(2019年)か
3 ら得られる全国集計の世帯年収階級別・貯蓄現在高
4 階級別世帯数を用いることにより、小地域単位の貯
5 蓄現在高階級別(18区分)の世帯数を推計した。
6 ただし、ここで貯蓄現在高は、全国集計の結果から
7 得られる各世帯が占める割合を元に推計を行って
8 るため、推計結果に地域による違いが現れにくい。

9 そこで、全国消費実態調査(2014年)における都
10 道府県別の15万人以上の市区町村および経済圏の
11 貯蓄現在高階級別世帯数を用いることで、対象の市
12 区町村および経済圏について、以上の推計によっ
13 て得られた貯蓄現在高階級別世帯数と比較し、全
14 国消費実態調査との誤差が大きい階級同士で世帯を
15 入れ替えることにより、誤差の最小化を図った。以
16 上の処理を行うことで、小地域ごとの貯蓄現在高の
17 推計が実現した。この結果を建物ごとに与えること
18 で、その建物が分布する地域の貯蓄現在高の推定が
19 可能となった。

21 6. 経済的被害の評価

22 6.1 建物ごとの経済的被害の評価

23 まず、4章で得られた建物ごとの被害額と、5章で
24 得られた建物ごとの貯蓄現在高を用いて、建物ごと
25 の経済的被害を評価した。なお、本研究における「建
26 物ごとの経済的被害」とは、各建物における貯蓄現
27 在高に対する被害額の割合を意味する。建物ごとの
28 経済的被害を評価する方法は(3)式の通りである。

$$29 \quad R_i = \frac{L_i}{S_i} \times 100 \quad (3)$$

30 L_i は4章で得られた建物*i*の損害額を、 S_i は建
31 物*i*の貯蓄現在高をそれぞれ示し、 R_i は貯蓄高に占
32 める損害額の割合となる(以下、建物の経済的被害
33 割合とする)。すなわち、災害発生後、各建物は貯
34 蓄現在高のうち建物の経済的被害割合分経済的被害
35 を受けることになる。

36 6.2 小地域ごとの経済的被害の評価

37 次に、小地域ごとの経済的被害を評価した。なお、
38 本研究における「小地域ごとの経済的被害」とは、
39 小地域ごとにそこに分布する建物の貯蓄現在高の合

40 計に対する被害額の割合を意味する。小地域ごとの
41 経済的被害を評価する方法は以下の通りである。

$$42 \quad R_{ki} = \frac{L_{ki}}{S_{ki}} \times 100 \quad (4)$$

43 L_{ki} は小地域*k*における建物*i*の被害額の総和を、
44 S_{ki} は小地域*k*における建物*i*の貯蓄現在高の総和を
45 示しており、この値は、浸水被害を受けない建物の
46 貯蓄高も含んだ値となっている。 R_{ki} は小地域*k*の被
47 害額が貯蓄全体に占める割合を示している。

49 6.3 結果

50 図4に多摩川流域の、図5に岡山県の小地域ごと
51 の経済的被害の評価結果を示す。多摩川の場合、ほ
52 ぼ全ての地域で経済的被害が1割を下回っていた。
53 すなわち、これらの地域の多く住民にとっては、水
54 害による経済的被害が貯蓄現在高の1割未満に収ま
55 ることが期待される。これは多摩川周辺の場合、比
56 較的所得の高い世帯の割合が大きいことや、高層の
57 集合住宅が多いため、浸水範囲に対する被災人口が
58 多いことが原因である考えられる。また、岡山県の
59 結果でも県南部の岡山市や倉敷市などの規模の大き
60 い都市の都市域や、県北の中心都市である津山市や
61 新見市などの中心市街地などでは経済的被害が小さ
62 くなっ

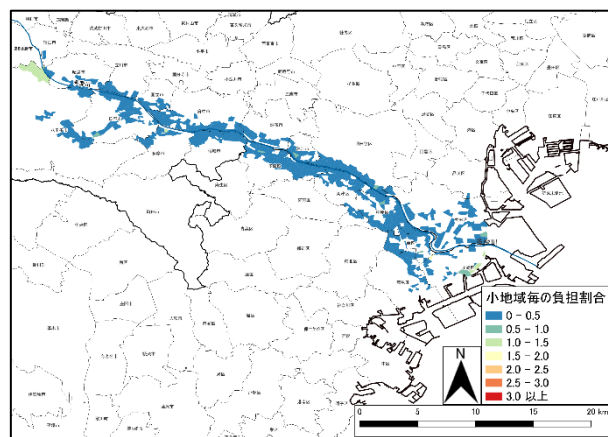


図4 多摩川流域・損害額の負担度

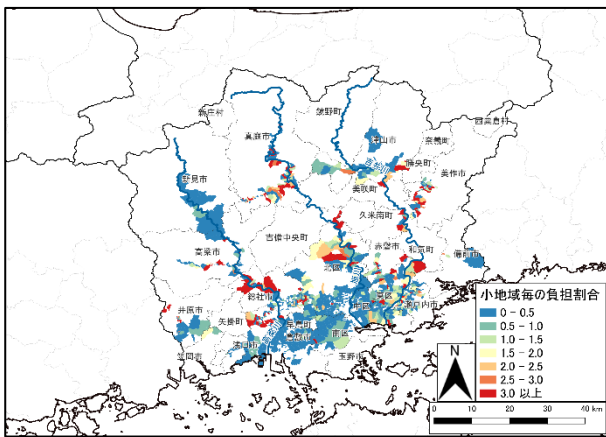


図 5 岡山県全域・損害額の負担度

ているのに対し、中山間地域では経済的被害が 2 割を上回る小地域も存在し、中には貯蓄の 7 割以上の被害が出る地域も存在した。

6.4 本成果の活用方法

近年の自然災害の激甚化を受けて、豪雨による河川の氾濫の危険性に対しては、これまでも降水量が多かった自治体、あるいはこれまで豪雨災害をあまり想定していなかった自治体にとっても、今後向き合い続ける必要がある問題となった。その際に、本成果を用いて、経済的被害が大きくなる地域に対して治水事業の優先度を上げることで、より経済性の高い減災政策につなげられることが期待される。また、流域治水の観点からは、より被害額の小さい地域に水を逃がすことや、より経済的被害が小さい地域の治水事業の優先度を下げることにより、結果的に流域全体で住民が平等に負担できる仕組み作りを支援できるものと考えられる。

7. おわりに

本研究では、水害発生時の住宅 1 棟あたりの損害額および世帯ごとの貯蓄現在高を推計することで、小地域単位の経済的被害の評価を行う手法を開発した。その結果、地域の経済的被害の大きさを比較することにより、治水事業の優先度を検討するなど、流域全体の水害に対するレジリエンス向上に向けた活用方法の提案を行うことができた。

本研究の課題としては、まず本研究で推定した被

害額がどの程度現実の被害に即したものであるかを検証することにより、より正確に負担度を推計できる手法を開発することがあげられる。具体的には、本研究で使用した損失計算書は、耐用年数を超えた住居については資産価値が 0 円として計算を行っているが、実際にそこに住む住民は、被害を受けた際に必ずしも家屋を手放すというわけではない。そのため、被害額が小さくなる場合には、治水経済マニュアルをはじめとする別の計算手法にて被害額の推計を行う必要がある。また、今回は、3 都県について推計を行ったが、より広域を対象に本研究の手法を適用することで、被害額と経済的被害に何が大きく影響しているかを確認していきたいと考えている。

謝辞

本研究は東大 CSIS 共同研究 No.1049 による成果の一部です (利用データ: Zmap TOWN II (2016 年))。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 岩橋裕・平松敏史・塚井誠人・奥村誠 (2006) 地価・土地利用モデルを用いた水害リスクの影響分析, 「土木計画学研究・論文集」, **23**(2), 291-297.
- 国税庁 (2022), 被災した住宅、家財等の損失額の計算書, <https://www.nta.go.jp/taxes/shiraberu/saigai/h30/0018008-045/pdf/10_03.pdf>. (最終閲覧日 2022 年 8 月 26 日)
- 国土交通省 (2021), 令和元年東日本台風の発生した令和元年の水害被害額が統計開始以来最大に令和元年の水害被害額 (確定値) を公表. <https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_001056.html>, (最終閲覧日 2022 年 8 月 26 日)
- 箭内春樹・熊野直子・田村誠・横木裕宗・桑原祐史 (2017) 伊勢湾台風を事例とする高潮浸水被害額推計手法の検証, 「土木学会論文集 G (環境)」, **73**(5), 361-367.
- Chen, T. and Guestrin, C. (2016) Xgboost: A scalable tree boosting system. "Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining", 785-794.

1 Latief, M. A., Bustamam, A. and Siswantining, T. (2020)
2 Performance Evaluation XGBoost in Handling Missing
3 Value on Classification of Hepatocellular Carcinoma Gene
4 Expression Dat. "2020 4th International Conference on
5 Informatics and Computational Sciences (ICICoS)", 1-6.
6
7