

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2021

課題番号：20K21034

研究課題名（和文）豪雨災害を想定した流域土地利用計画：「まもる」「さける」「つきあう」の戦略的配置

研究課題名（英文）Watershed Land Use Planning with Heavy Rain Disaster: Strategic Planning of "Prevent", "Avoid", and "Be with"

研究代表者

田中 貴宏（Tanaka, Takahiro）

広島大学・先進理工系科学研究科（工）・教授

研究者番号：30379490

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,100,000円

研究成果の概要（和文）：近年、我が国は毎年のように豪雨災害に見舞われ、河川氾濫により、多くの被害（人的被害、建物被害）が発生している。そこで、将来的な土地利用再編を視野に入れ「豪雨災害適応型流域土地利用計画」のシナリオを描いた後に、従来の河川水害対策を続けた際のシナリオとの比較を通して、災害リスク軽減、およびコストの観点から「豪雨災害適応型流域土地利用計画」の有効性を示した。具体的には「河川氾濫からまもるべき区域」「河川氾濫をさけるべき区域」「河川氾濫とつきあうべき区域」の戦略的配置を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の河川氾濫による水害の対策は、土木的ハード整備とソフト対策が中心で、流域土地利用計画検討の必要性が指摘されることはあるものの、実際に「豪雨災害適応型流域土地利用計画」を描くような研究は見られない。実現に困難を伴うため、これまで避けられてきた「将来の土地利用再編の提案」が、本研究成果の意図であり、建築・都市計画分野の挑戦的研究として社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In recent years, Japan has been hit by heavy rainfall disasters every year, and flooding has caused much damage (human casualties and building damage). In this study, a scenario of "adaptive watershed land use planning for heavy rainfall disasters" was developed with a view to future land use changes, and the effectiveness of "adaptive watershed land use planning for heavy rainfall disasters" was demonstrated in terms of disaster risk reduction and cost through comparison with a scenario in which conventional river flood countermeasures are continued. Specifically, the study strategically allocated "areas that should be protected from flooding," "areas that should be protected from flooding," and "areas that should be protected from flooding."

研究分野：都市計画

キーワード：豪雨災害 土地利用 流域 気候変動適応 GIS

1. 研究開始当初の背景

近年、我が国は毎年のように豪雨災害に見舞われ、河川氾濫により、多くの被害（人的被害、建物被害）が発生している。例えば、2015年以降だけを見ても、平成27年9月関東・東北豪雨、平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨、令和元年台風19号による豪雨など、ほぼ毎年、国内のいずれかの地域において、豪雨災害が発生している。実際に、気象庁アメダスのデータを見てみると、日本国内の1時間降水量50mm以上の年間発生回数は、この40年間で増加している（図1）。このような状況を受け、例えば社会資本整備審議会（国土交通省）の「大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方について（2018年12月）」においても、河川水害対策の方針が示されている。しかし、その中で対策として挙げられているものは、土木的ハード整備（堤防強化対策、堤防かさ上げ等）とソフト対策（地区の避難計画策定等）であり、流域の土地利用再検討の必要性は指摘されていない。しかし、土木的ハード整備に要するコストと時間を考慮すると、日本国内の河川水害対策（ハード面）を土木的ハード整備のみに依存することは困難と考えられる。

一方「危険な区域には居住しない」もしくは「計画的に氾濫させる区域を設定し、そこでは居住しない」という選択肢もあり得る。また「危険な区域に、居住せざるを得ない場合は、リスクを低減する建築物を建てる」という選択肢もあり得、これらは土地利用計画が担うべき分野と考えられる。そのため、土木的ハード整備に加え「将来的な流域の土地利用再編」もあわせて検討し、その方向性を示すことが学術分野（特に、建築・都市計画分野）に課された課題と考えられる。

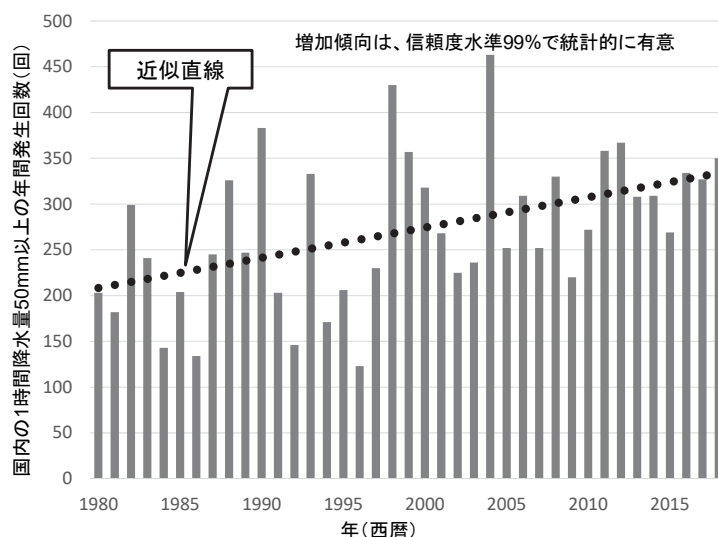


図1 1時間降水量50mm以上の年間発生件数（日本国内）
（国内のアメダス1300地点における発生回数）

2. 研究の目的

以上のような状況を踏まえ、本研究では、将来的な土地利用再編を視野に入れ「豪雨災害適応型流域土地利用計画」のシナリオ（2040年を目標年）を描き、従来の河川水害対策を続けた際のシナリオとの比較を通して、災害リスク軽減、およびコストの観点から評価を行うことを目的とした。なお、対象地は広島県の沼田川流域とする（理由は後述）。また「豪雨災害適応型流域土地利用計画」の作成にあたっては「1. 研究開始当初の背景」で述べたような問題意識から「まもる」「さける」「つきあう」の戦略的配置を行うこととした（内容は以下）。

(1) 「まもる」区域

都市機能や人口が集積する区域は、従来どおり、主として土木的ハード整備により豪雨災害から守るべき区域と考えられる。そこでこのような区域を「まもる」区域として位置づけた。

(2) 「さける」区域

前述のとおり、国内の全河川に対して、土木的ハード整備を進めることは、現実的に困難と考えられる。一方、河川は上流から下流まで繋がっており、どこかで氾濫すれば、他の区域は助かるという側面もある。そこで、流域内に意図的に氾濫させる区域を設定し、そこでは居住を制限するという方向性も考えられる。さらに、元々危険な区域の居住を制限することもあり得、これらの区域を「さける」区域として位置づけた。

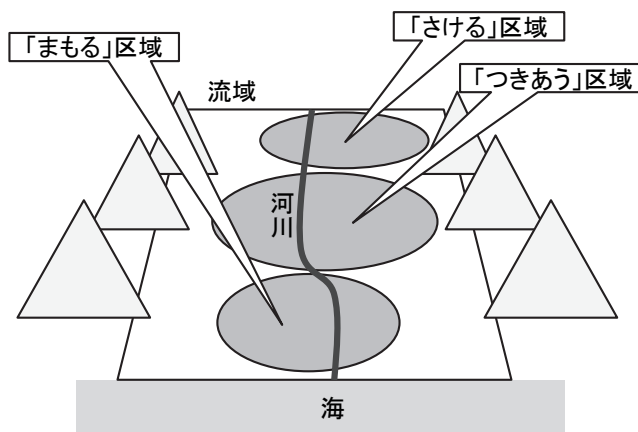


図2 「豪雨災害適応型流域土地利用計画」のイメージ

(3) 「つきあう」区域

河川氾濫のリスクを一定程度受容し、建築物の建て方による対策(居室の床面高さを上げる等)で、リスク低減を図る区域を「つきあう」区域として位置づけた。

3. 研究の方法

本研究課題は、複数の対策メニュー(2050年を想定)を作成し、それら対策の実施によって生じる費用と便益(水害被害軽減費)をそれぞれ算出することで費用便益評価を行った。なお、対策メニューの費用と便益はエリア特性(人口、建物、浸水深さ等)によって異なると考えられることから、GISを用いて100mメッシュ単位で算出することとした。本研究課題の手順を以下に記す。

- (1) 河川氾濫対策メニューの検討
- (2) 各対策メニュー実施による便益の算出
- (3) 各対策メニュー実施による費用の算出
- (4) 各対策の費用便益評価と各対策の適正配置の検討
- (5) 「災害にも強い地域支え合いマップ」の作成(追加項目)

なお、研究対象地は、下流域に都市機能および人口の集積地、中流域に人口減少が見られる住宅地や農地、上流域に農村集落と、多様な土地利用を有する沼田川流域の三原市域を対象とした。

4. 研究成果

(1) 河川氾濫対策メニューの検討

本研究では、2050年を想定し、河川氾濫対策メニューとして、①土木インフラ整備(まもる)、②高床化(つきあう)、③建物移転(さける)、④立地適正化(建築規制+誘導)(さける)、⑤立地適正化+高床化(さける+つきあう)の5つをそれぞれ検討することとした。

①土木インフラ整備(まもる):沼田川水系の河川激甚災害対策特別緊急事業(以後:激特事業)を参考に、対象地の河川(沼田川、梨和川、天井川、菅川)における河道掘削及び堰改築・撤去による河積の確保と築堤・護岸の整備を土木インフラ整備による対策とした。激特事業では、これら対策によって平成30年7月豪雨相当の流量に対して家屋浸水被害が0戸となることを想定しており、本研究ではこれを採用することとした。

②高床化(つきあう):浸水エリア内の建物を対象に、建物の床基礎を持ち上げることを対策とし、これにより浸水被害が生じないこととした。また木内らの研究5)を参考に、非耐水化建築の床基礎を0.5mとし、非耐水化建築から1.0m(1階床高:GL+1.5mm)持ち上げた建築様式を基本とした。これをもとに、建物が立地するエリアの浸水深に応じて、浸水被害が生じないように床の高さを変更することとした。

③建物移転(さける):浸水エリア内に立地する建物を浸水エリア外へ移転させる対策とし、これにより浸水による建物被害が生じないこととした。

④立地適正化(建築規制+誘導)(さける):浸水エリア内における新規建築と更新を規制し、浸水エリア内の建物を三原市設定の居住誘導区域に誘導することとした。なお、浸水エリア内の建物(延床面積:775,487m²)を誘導する際には、2050年までに人口減少によって居住誘導区域内に生じる居住スペース(延床面積:931,242m²、1人あたりの延床面積に2050年までに減少する人口を乗じて算出)を活用することとした。

⑤立地適正化計画+高床化(さける+つきあう):④立地適正化計画と②高床化の対策を組み合わせた対策で、2050年に耐用年数を超える浸水エリア内の建物は④立地適正化(建築規制+誘導)、2050年に耐用年数を超えない浸水エリア内の建物は②高床化を適用することとした。

(2) 各対策メニュー実施による便益の算出

本研究課題では、河川氾濫対策実施により削減できる資産被害額(浸水被害軽減費)を便益とし、(1)の各対策の浸水被害軽減費を算出した。具体的には、対象地における浸水エリア及びその浸水深(A)と浸水により被害が想定される資産額(B)を100mメッシュ単位で算出し、浸水深に応じた資産被害率を乗じることで河川氾濫対策実施前の被害額を算出した(C)。最後に、各対策により削減される被害を設定し、浸水被害額を算出した(D)。

(A) 浸水エリア及び浸水深の設定

本研究課題では、激特事業を参考に平成30年7月豪雨相当の流量を想定していることから、浸水エリアを平成30年7月豪雨浸水実績エリアとし、そのエリア内のメッシュを浸水メッシュとして設定した。浸水深については、三原市の浸水想定区域(計画規模)の浸水深を用いて各メッシュの平均浸水深を算出し、これを各メッシュの浸水深とした。なお、平成30年7月豪雨の浸水エリアのうち約85%が浸水想定区域に指定されているものの、15%程度は浸水想定区域外で浸水がみられた。そのため、浸水エリア内かつ浸水想定区域外の浸水深については、罹災証明書データを用いて推定した。具体的には、三原市は罹災証明書データ作成時に、内閣府指定の調査票第一次A(浸水深をもとに被害判定)を使用しており、浸水深に基づき、建物被害の判定を行った(全壊:床上1.8m以上の浸水、大規模半壊:床上1m以上1.8m未満の浸水、半壊:床上1m未満の浸水、半壊に至らない:床下浸水)ため、本研究ではこの被害判定から浸水深を推定した。

(B) 資産額の算出

浸水により直接被害が想定される「家屋」、「家庭用品」、「事業所資産」、「農漁家資産」、「農作物」を対象とし、これらの資産額を100mメッシュ単位で算出することとした。なお間接被害として、商業・業務施設の営業停止やインフラ被害、精神的被害等が考えられるが、これら被害を評価するために必要なデータは入手困難であるため、本研究課題では、直接被害のみを扱うこととした。各資産の評価額については、治水経済調査マニュアル(案)の各種資産評価単価及びデフレーター(令和2年評価額)の値を用いた。家屋資産は、住宅地図を用いて、建物の延床面積(建物面積と階高から算出)を把握し、延床面積あたりの評価額を乗じて算出した後、100mメッシュ単位で集計した。家庭用品資産は、世帯数(平成27年国勢調査)に1世帯あたりの家庭用品評価額を乗じて算出した。事業所資産は、産業分類ごとに、産業分類別従業者1人あたりの償却及び在庫資産評価額を乗じて算出した。なお、事業所従業者数は経済センサス(平成28年)の産業(大分類)別事業所数及び従業者数を用いた。農漁家資産は、農漁家世帯数(平成27年国勢調査)に農漁家1世帯あたりの償却及び在庫資産評価額を乗じて算出した。農作物資産は、国土数値情報の農業地域ポリゴンデータと衛星画像から水田と畑面積を算出し、平年収量及び単位収量当たりの農作物価格を乗じることで算出した。なお、平年収量及び農作物価格については、三原市の代表作物が米である(2020年農林業センサス)ことから、米の値を用いた。

(C) 浸水被害額の算出

(B)で算出した各資産に対して、(A)で設定した浸水エリアと浸水深をもとに、浸水深別被害率を乗じて、浸水被害額を算出した。「家屋」、「家庭用品」、「事業所」、「農業家資産」の浸水深別被害率については、治水経済調査マニュアル(案)を参考にそれぞれ項目別に設定した。農作物については、同マニュアルに、作物種類、浸水深、浸水日数、土砂堆積深別の被害率が示されているが、推定が困難な項目(浸水日数や土砂堆積深等)もあるため、本研究では、浸水エリアには一定程度の土砂が堆積すると考え、0.5m未満の土砂堆積深の値(米:0.7)を用いることとした。また、本対象地の浸水深はそのほとんどが5m以下であるため、3階以上の建物は浸水による被害を受けない階もあると考えられる。そこで、平均階数3階以上(メッシュ平均)の場合は、治水経済調査マニュアルを参考に補正を行い、建物高さを考慮した被害額を算出した。

(D) 便益の算出

対策別に被害軽減対象と被害軽減効果を設定し、便益(浸水軽減費)を算出した。例として土木インフラ整備の便益分布図を図3に示す。

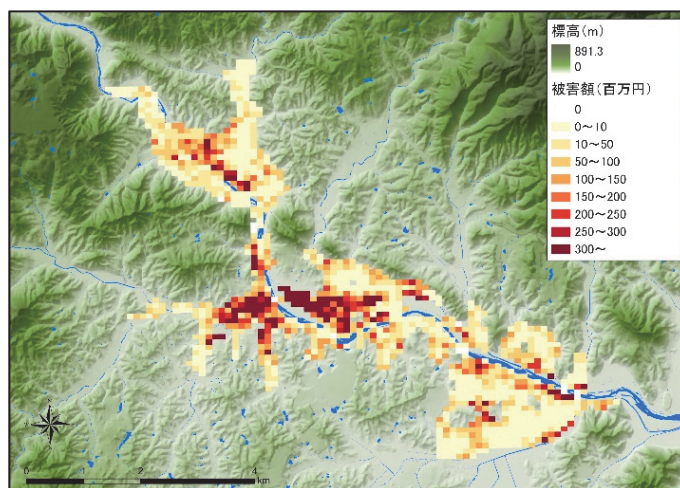


図3 便益分布図(①土木インフラ整備)

(3) 各対策実施による費用の算出

①土木インフラ整備

激特事業によると、土木インフラ整備の事業費は約53億円とされているため、本研究ではこの値を建設費として用いることとした。また土木インフラは、性能劣化を防ぐために維持管理・更新が必要であることから、その費用算出について検討した。文献12によると、建物のライフサイクルコストのうち、建設費は全体の14.8%、維持更新費は27.2%を占める。そこで、建設費に対する維持更新費の割合(183.78%)に建設費(53億円)を乗じ、維持更新費(97.41億円)を算出した。以上から、土木インフラ整備の総事業費(建設費+維持管理費)を150.41億円と設定した。

②高床化

高床化は床基礎を持ち上げる工事費が生じると想定し、浸水深別床面積あたりの工事費に床面積を乗じることで算出した。

③建物移転

建物移転によって、宅地造成費、建物建設費、インフラ整備費、移転跡地解体費が生じるとし、広島県の値を用いて単位面積あたりの費用を設定した。

④立地適正化

2050年に耐用年数を超える建物と超えない建物をそれぞれ分けて算出した。2050年までに

耐用年数を迎える建物は、移住跡地建物解体費のみ生じることとした。2050年までに耐用年数を超えない建物は、居住誘導時に補助金等も生じると考え、がけ地近接等危険住宅移転事業を参考に除却費等に加え建設助成費が生じることとした。また居住誘導区域内の浸水想定区域の平均浸水深が約0.5mであったことから居住誘導区域内の浸水被害防止対策として、0.5m分の高床化を行うこととした。

⑤立地適正化+高床化

2050年までに耐用年数を超える建物は④立地適正化、2050年までに耐用年数を超えない建物は③高床化を適用することとした。

(4) 各対策の費用便益評価と各対策の適正配置の検討

氾濫原エリア別に各対策の総便益、総費用を集計し、費用便益比を算出、比較した(図4)。その結果、エリア「ウ」、「オ」では、その他の対策に比べ、土木インフラ整備の費用便益比が最も大きく、特にエリア「オ」で費用対効果が大きい。これは、他の氾濫原エリアに比べ、浸水深が小さいため、浸水被害が小さいこと、また氾濫原エリアの河川が短く、土木インフラ整備量も少ないことが要因と考えられる。最後に、各対策の費用便益比を比較し、費用便益比が最も高い対策メニューの抽出を行った(これを「豪雨災害適応型流域土地利用計画」とする)。

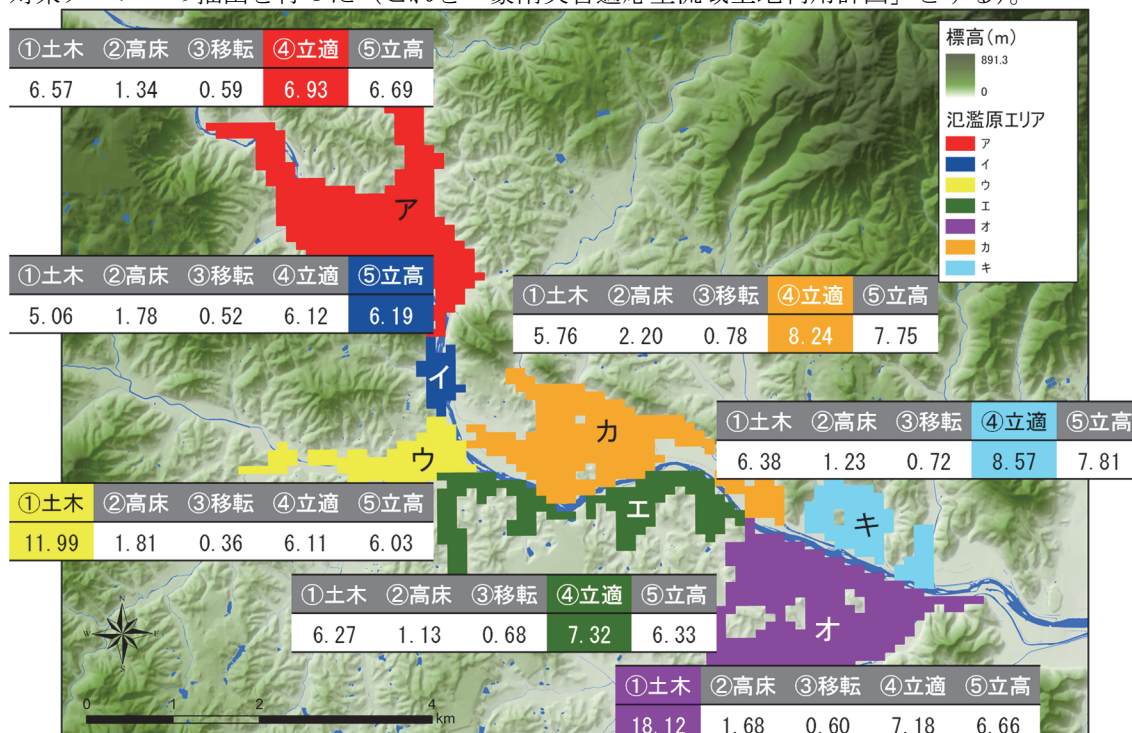


図4 氾濫原エリア別費用便益比

(5) 「災害にも強い地域支え合いマップ」の作成(追加項目)

(4)の「豪雨災害適応型流域土地利用計画」は中長期的な視点に基づくものだが、短期的には避難行動の効率化が、費用便益の観点から有効であるため、最後に「災害にも強い地域支え合いマップ」を作成した。これは、住民ワークショップにより作成したもので、河川氾濫等の災害時の、避難計画をマップ化したものである(図5)。



図5 「災害にも強い地域支え合いマップ」の作成

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 2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 押領司大輝・田村将太・田中貴宏	4. 巻 44
2. 論文標題 広島県における将来の災害リスク曝露人口・資産分布の分析 - 人口減少を背景とした将来の集約型都市構造の検討に向けて -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会中国支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 705-708
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 Yuki Katano, Izumi Akamatsu, Shota Tamura, Takahiro Tanaka	4. 巻 17
2. 論文標題 Study on the Characteristics of Damaged Buildings Caused by Sediment and Flood Disasters due to the July 2018 Heavy Rainfall -Analysis Using Disaster Victim Certificate Data of Mihara City in Hiroshima Prefecture-	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 17th International Conference on CUPUM - Computational Urban Planning and Urban Management	6. 最初と最後の頁 1201
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 片野裕貴・田中貴宏・横山真	4. 巻 都市計画
2. 論文標題 「災害にも強い地域支え合いマップ」づくりワークショップに関する研究 - 広島県三原市久井町中野地区を対象として -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 851-852
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 荒木良太・山鹿力揮・片野裕貴・田村将太・田中貴宏・金井れもん	4. 巻 45
2. 論文標題 都市環境改善・減災のための人口減少適応型グリーンインフラ計画に関する研究 - その2 雨水流出抑制機能に着目して -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会中国支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 731-734
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 片野裕貴・田村将太・田中貴宏	4. 巻 45
2. 論文標題 人口減少を考慮した洪水対策の費用便益評価に関する研究 - 複数の対策メニューの適正配置に向けて -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会中国支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 739-742
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 片野裕貴・田村将太・田中貴宏・横山真	4. 巻 39
2. 論文標題 要配慮者の避難支援を主目的とした「災害にも強い地域支え合いマップ」づくりの実践と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地域安全学会論文集	6. 最初と最後の頁 419-428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11314/jiiss.39.419	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5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 押領司大輝・田村将太・田中貴宏
2. 発表標題 広島県における将来の災害リスク曝露人口・資産分布の分析 - 人口減少を背景とした将来の集約型都市構造の検討に向けて -
3. 学会等名 2020年度 日本建築学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Katano, Izumi Akamatsu, Shota Tamura, Takahiro Tanaka
2. 発表標題 Study on the Characteristics of Damaged Buildings Caused by Sediment and Flood Disasters due to the July 2018 Heavy Rainfall -Analysis Using Disaster Victim Certificate Data of Mihara City in Hiroshima Prefecture-
3. 学会等名 17th International Conference on CUPUM - Computational Urban Planning and Urban Management (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片野裕貴・田中貴宏・横山真
2. 発表標題 「災害にも強い地域支え合いマップ」づくりワークショップに関する研究 - 広島県三原市久井町中野地区を対象として -
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒木良太・山鹿力揮・片野裕貴・田村将太・田中貴宏・金井れもん
2. 発表標題 都市環境改善・減災のための人口減少適応型グリーンインフラ計画に関する研究 - その2 雨水流出抑制機能に着目して -
3. 学会等名 日本建築学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片野裕貴・田村将太・田中貴宏
2. 発表標題 人口減少を考慮した洪水対策の費用便益評価に関する研究 - 複数の対策メニューの適正配置に向けて -
3. 学会等名 日本建築学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2021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
---------	---------