

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06707

研究課題名(和文) 農地の持つ洪水調整機能に着目した土地利用計画策定手法の開発

研究課題名(英文) A Study on Land Use Planning Method Considering Flood Control Capability by Farmland

研究代表者

渡辺 公次郎 (WATANABE, Kojiro)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・助教

研究者番号：30372717

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、災害危険性を抱え、人口減少が続く地方都市である徳島都市圏を対象に、グリーンインフラストラクチャ(GI)の観点を組み込んだ土地利用計画策定手法を開発した。ここでは土地利用をGIと考え、その防災特性に応じた災害リスクを評価した。H29年度は農地の雨水調整機能を評価し、H30年度は農地の転用を予測するMaxentモデルを開発した。H31年度は、土地利用データを用いて流域別の洪水リスクを評価した。いずれもオープンデータを用いた都市圏レベルの評価手法であり、その結果から、土地利用の方針を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、土地の持つ防災特性をグリーンインフラと捉え、その防災性能を評価する手法を開発した。具体的には流域単位で農地の洪水被害を軽減する機能を評価するとともに、農地の宅地化の可能性を予測、これらの結果から、土地利用規制の方向性を示した。災害に強い都市構造を実現するためには、農地や緑地の災害軽減効果を評価することが必要である。本研究はこの部分に関連するものである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the study is to develop the land use planning method considering Green Infrastructure (GI). Target area is Tokushima urban area in Japan which has continuing population decrease, and with various disaster risks. The planning method includes the evaluation model for land use as a GI, and an estimation model of farmland changes. GI about disaster mitigation is evaluated in the study. In the first year (2017), I developed the evaluation model for flood disaster risk using the volume of remained surface water from rainfall and the number of elderly household. In the second year (2018), I developed the estimation model for farmland changes to urban area by Maxent model. In the last year (2019), I developed flood disaster risk model for each basin using land use data. I proposed the land use control policy from the results of the study.

研究分野：都市計画

キーワード：地方都市 グリーンインフラストラクチャ Eco-DRR 土地利用 流域 農地 農地転用 洪水調整機能

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年の災害は、都市部、中山間地域の区別なく、また、過去の災害経験にかかわらず発生している。災害が発生しない地域がほとんどない我が国では、何らかの形で災害と共存しながら暮らしていくことが求められる。そのためには、どこで、どういった種類の災害危険性があるのかを事前に評価し、被害を最小限にとどめるための土地利用計画が必要である。ハード面の整備による防災対策に加え、防災に配慮した望ましい土地利用計画に近づけていくための土地利用規制、誘導方を検討すること。さらに、今後、人口減少が加速することが予測される地方都市では、限られた社会資本を有効に活用し、災害時の被害を最小にとどめ、地球温暖化を防止するためにも、コンパクトな市街地形成を実現する方策も求められる。そのためには、事前に災害危険性を評価し、起こりうる災害に対応できる土地利用の種別を検討し、密度に応じてそれらを配置することで土地利用計画を策定し、規制、誘導によりその実現を図る必要がある。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、災害危険性を抱え、人口減少が続く地方都市である徳島都市圏を対象に、グリーンインフラストラクチャ(GI)の観点を組み込んだ土地利用計画策定手法の開発を目指す。具体的には、農地をGIと考え、その洪水氾濫調整効果に着目し、これを活用するための評価手法を開発し、評価結果を用いて土地利用計画図を作成する手法を開発する。当初、研究目的を以下3点としていた。

#### (1) GIとしての農地の評価

洪水氾濫調整機能を持つ農地に着目し、土地利用計画で用いるための効果を評価する手法を開発する。その際に、農地は都市的土地利用に転換されやすいことから、場所ごとに異なると考えられる農地の転換傾向をデータ化し、その要因を分析し、評価に組み込む。

#### (2) 世帯の関係を組み込んだ市街化予測モデル

世帯、事業主の立地行動をモデル化し、地方都市の市街化を、250mメッシュ程度の空間単位で予測するモデルを開発する。

#### (3) バックキャストイングアプローチによる調整サービスを反映させた土地利用計画策定手法の開発

調整サービスを最大に、災害発生時の復旧コストを最小に、住民の居住に対する利便性・快適性を最大にする土地利用配置を導出、これを目標とし、市街化予測を行いながら現在行うべき土地利用規制を調整することで、土地利用計画図を作成する。最後に、土地利用計画策定の実務についている方にこの結果を提示し、結果の妥当性ならびに実現可能性について意見をいただく。

期間中、この目的を一部変更しながら進めてきたため、その理由と用いた方法、成果を以下で説明する。

### 3. 研究の方法

#### (1) H29年度の研究方法

目的(1)の農地の調整機能評価手法の開発を行った。具体的には、徳島東部都市計画区域を対象に、農地の雨水調整機能評価手法の開発(研究1)を行った。

この研究では、土地利用データを用いて豪雨時に浸透、貯留せず、地表面に残る雨水量を推計した。この結果と、2040年の高齢世帯数を用いて、4つのシナリオ別に、災害リスクを評価した。H29年度は、ほぼ当初の目的に沿って研究を進めた。

#### (2) H30年度の研究方法

目的(2)の世帯の関係を組み込んだ市街化予測モデルを行う予定であった。しかし、市街化そのものではなく、農地の転用(変化)確率を推計するモデル(研究2)開発と、徳島県における洪水リスク評価(研究3)を行った。

市街化の多くは農地が宅地などへ変化することで生じる。そのため、研究2では、農地転用申請データを用いて、農地の宅地への転用ポテンシャルを推計するモデルを開発した。ここでは、在データのみでその分布確率が推計できる、Maxentモデルを用いて、メッシュ単位で農地転用ポテンシャルを推計した。

もう一つの研究(研究3)では、H31年度の内容にも関連するが、土地利用データを用いて洪水リスク評価を行った。具体的には、メッシュごとに雨水流出ポテンシャルを求め、そこから浸水深を推計し、この値を基に避難困難性を設定し、この値に高齢世帯率を掛け合わせて、災害リスク評価値とした。

#### (3) H31年度の研究手法

目的(3)の土地利用計画策定手法の開発を行った。ここでは、市街化要因の決定木分析(研究4)、流域別の土地利用評価(研究5)、災害激甚化に伴う災害リスクの評価(研究6)を行った。当初は、調整サービスを最大に、災害発生時の復旧コストを最小に、住民の居住に対する利便性・快適性を最大にする土地利用配置を導出する予定であった。これに対して、コストは原単位のばらつきが大きく、地域間の比較に難があったため、利用できなかった。これ以外の項目は評価手法に反映させている。

研究4は、研究2(H30年度)に関連するもので、2時点の市街地データを用いて、決定木分

析によりその変化要因を分析した。徳島都市圏は、公共交通の利用が少なく車中心の社会である。さらに、市街化調整区域における開発規制も緩く設定されているため、分散的な市街化が都市部周辺で生じている。よって、様々な市街化パターンを分析するために、決定木を用いた。

研究5は、研究3の発展である。研究3は4次メッシュ別に評価したが、研究5は、流域別に洪水リスクを評価した。具体的には、合理式法により流出量を、マニング式により河川流量を求め、豪雨時の流出量と河川流量の比に、人口密度を掛け合わせた値を洪水リスク評価値とした。

研究6も研究3の発展であり、徳島都市圏を対象に、2050年を想定し、オープンデータを組み合わせ、災害激甚化に起因する津波、洪水、土砂災害のリスク評価を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 研究1の成果 (H29年度・雨水調整機能評価手法の開発)

研究1では、豪雨時に浸透、貯留せず、地表面に残る雨水量を4次メッシュ別に推計した。次に、LCM法により、2040年の高齢(75歳以上)単身、高齢夫婦世帯数を推計した。この値を基に、ある時間に地表面に残る水量が100mm/h以上になるメッシュを取り出し、そこに住む高齢世帯数を用いて災害リスクを評価した。

ここでは、4つのシナリオを想定した。シナリオ1(現状維持型)は、現状の土地利用が2040年まで維持される場合、シナリオ2(市街化進行型)は、市街化調整区域内の大規模既存集落で、2040年までに市街化により水田、畑の面積が半減する場合、シナリオ3(都市内農地消滅型)は、市街化区域内で開発が進み、2040年までに水田・畑が全て市街地に転換される場合、シナリオ4(雨量増加型)は、2040年の台風期の降雨量が1.5倍になる場合である。

各シナリオの結果を図1に示す。シナリオ1の結果より、徳島市、小松島市、北島町、鳴門市、阿南市、石井町の中心部でリスクが高くなる。調整区域で市街化が進むシナリオ2の結果と比べると、若干ではあるが、シナリオ1に比べ、吉野川の近くで災害リスクが高くなっている。市街化区域の農地が市街地に転換されるシナリオ3の結果を見ると、もともと高齢世帯が多いこともあり、シナリオ1、シナリオ2よりも、市街化区域内の災害リスクが高くなる。降雨量が増加したシナリオ4の結果を見ると、他のシナリオよりも、全域に渡って災害リスクが高くなっている。シナリオ4では、土地利用が現状のままとしたため、今後、雨量が増加すると、現状の下水道に加え、土地の雨水貯留、浸透能力だけでは対応できなくなることが考えられる。

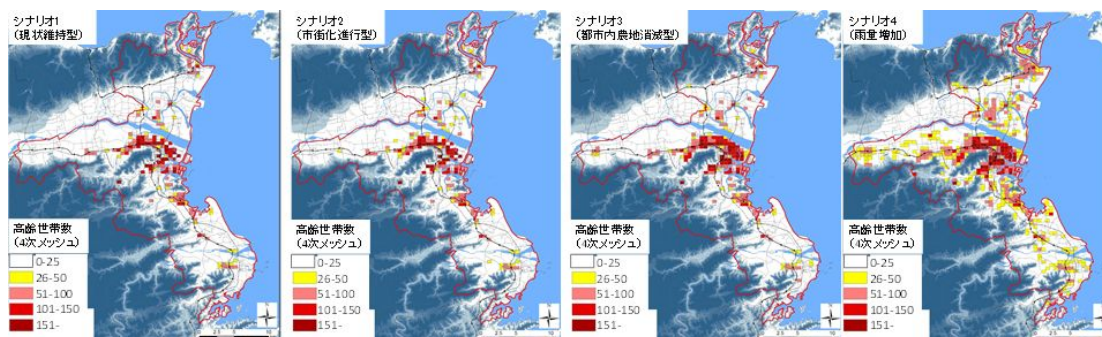


図1 シナリオ別のリスク評価結果

##### (2) 研究2の成果 (H30年度・農地の転用確率の推計)

研究2では研究1に引き続き、農地転用申請データを用いて、農地の宅地への転用ポテンシャルを推計するモデルを開発した。ここでは、在データのみでその分布確率が推計できる、Maxentモデルを用いて、メッシュ単位で農地転用ポテンシャルを推計した。

目的変数は、2006~2012年の農地転用データ、説明変数は、地形的要因として標高を、土地利用規制として市街化調整区域を、生活利便性として中心駅、小学校、幹線道路、スーパーマーケット、市街化区域からの距離を用いた。Maxentモデルにより分析した結果を表1に示す。分析の精度を示すAUC値は0.866であった。このモデルにより推計した、市街化調整区域の農地転用ポテンシャルを図2に示す。ポテンシャルが高い地域は、洪水浸水が予測されており、現在のように今後も分散的な市街化が進むと、洪水による被害が拡大する可能性がある。

##### (3) 研究3の成果 (H30年度・土地利用データを用いた洪水リスク評価)

もう一つの研究(研究3)では、H31年度の内容にも関連するが、土地利用データを用いた洪水リスク評価を行った。具体的には、4次メッシュごとに、合理式法により6時間降雨が続いた場合の雨水流出量、この値から水深を求め、「水害ハザードマップ作成の手引き」(国土省)を基に、この水深に応じた避難困難性を設定した。この値に、高齢単身・高齢夫婦世帯率を掛け合わせ、洪水リスク評価値とした。徳島県全域で計算したところ(図3)、徳島東部都市圏の市街化調整区域など、分散的な市街化が続いている地域で、加えて中山間地域では、点在する小規模集落が存在する地域で、リスクが大きくなった。徳島東部都市圏の周辺が含まれる、吉野川中下流域では、リスクが高いメッシュと、洪水浸水域が重複しており、GIとしての農地を維持する重要性が示された。

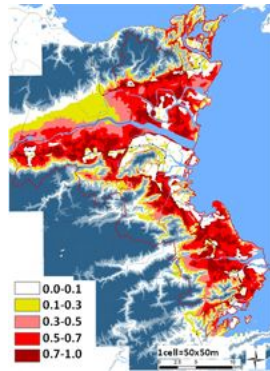


図2 市街化調整区域の農地転用ポテンシャル

表1 Maxent モデルの結果

変数	寄与率	重要度
標高	50.2	61.3
市街化調整区域(ダミー変数)	27.3	2.6
市街化区域都市計画区域からの距離	18.7	22.8
スーパーマーケットからの距離	2.8	0.4
幹線道路からの距離	0.6	5.4
小学校からの距離	0.4	5.9
中心駅からの距離	0	1.7

(4) 研究4の成果 (H31年度・市街化要因の決定木分析)

ここでは、市街化として戸建て住宅立地のパターンを、決定木により分析した。空間単位は5次メッシュ(250mメッシュ)である。目的変数は、2003年から2013年の戸建て住宅の軒数変化、説明変数は、居住利便性として小学校、医療施設、スーパーマーケット、徳島駅、郵便局までの距離、交通利便性として幹線道路までの距離、地形条件として標高、居住者属性として世帯年収、年齢別人口、土地利用規制として用途地域を用いた。フリーウェアの統計ソフトR上で稼働する、CARTによる決定木分析モジュールを用いた。分類結果は、市街化区域で83%、市街化調整区域で84%が合致していた。詳細な数値は省略するが、分類結果から、市街化区域で市街地が増加するパターンとしては徳島駅から離れた郊外、生産年齢人口が高い地域、減少は徳島駅から近く、住居系用途地域が少ない地域、市街化調整区域で増加するパターンは買い物施設や病院からの距離が近い地域、減少はその逆の地域で発生していた。

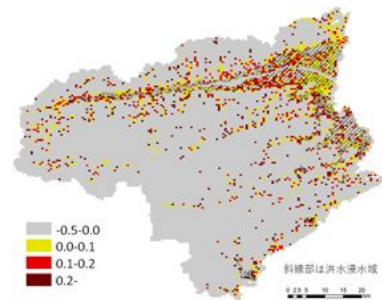


図3 4次メッシュ別洪水リスクの評価結果

(5) 研究5の成果 (H31年度・流域別の洪水リスク評価)

研究3の発展として、流域別に洪水リスクを評価した。具体的には、合理式法により流出量を、マンニング式により河川流量を求め、豪雨時の流出量と河川流量の比に、人口密度を掛け合わせた値を洪水リスク評価値とした。流域と土地利用は国土数値情報で整備されたものを用いた。

2006年と2014年の土地利用データを用いて洪水リスク評価値を計算し、その差を求めた(図4)。図4によると、徳島都市圏では、徳島市西部、石井町、吉野川市、北島町、藍住町など、郊外部で都市的土地利用が増えているが、そういった地域で洪水リスク評価値が上がっている。これらの地域の大半は市街化調整区域である。今後、市街化が進んだとしても、水田や農地、森林など、雨水貯留、低減機能が高い土地利用を、流域内に一定割合残すことで、ある程度は洪水リスクを低減できる。そのためには、土地の防災性能を活用できるように、分散的な市街化を抑制するとともに、GIとしての農地や森林などを維持することも必要である。

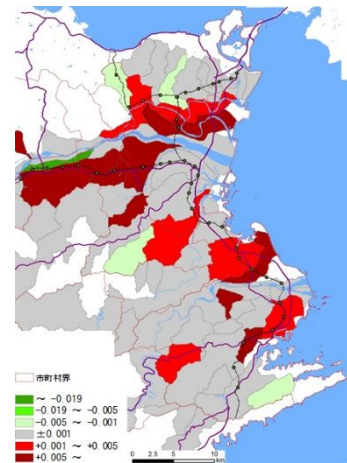


図4 流域別に計算した洪水リスク評価値の変化

(6) 研究6の成果 (H31年度・災害激甚化に伴う災害リスクの評価)

研究6では、洪水、津波、土砂災害の災害リスクを評価した。具体的には4次メッシュ別に、各ハザードが想定される面積、被災確率、被災する建築物と世帯数を掛け合わせて災害リスク評価値とした。ここでは、津波浸水深2m以上の割合、外水氾濫による浸水深2m以上の割合、土砂災害警戒区域の割合をハザードが想定される面積とした。災害による被災確率は、ハザードの発生が予測されるエリアで実際に被害が発生する可能性である。外水氾濫の場合、ハザードマップに示された地域が、一度に全て被災する可能性は低い。そこで、複数の河川による浸水域が重複する数に応じて、被災確率を想定した。次に、65歳以上の高齢単身、高齢夫婦世帯の割合と、木造建築割合を掛け合わせて脆弱性の指標とし、リスク評価で用いた。災害激甚化前後の評価結果を図5に示す。

津波リスクは、各市町の中心部で高くなっている。リスク評価値に応じた防潮堤建設やRC建築物などの誘導に加え、避難環境の整備が必要である。洪水リスクは、激甚化後で増加している。吉野川北岸地域では、現在でも市街化圧力が高いことから、避難対策の充実や浸水深以上の高さ

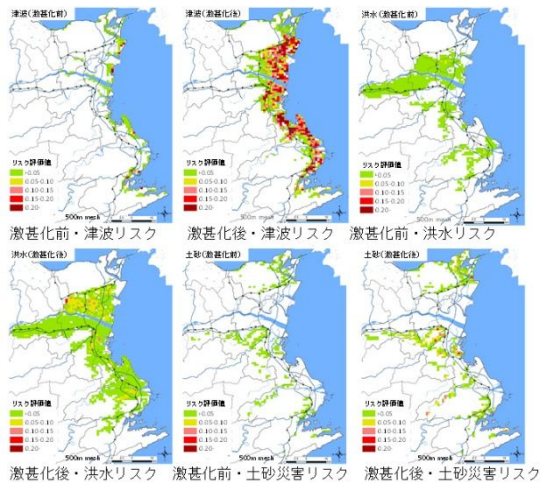


図5 激甚化前後の津波・洪水・土砂災害リスク

を持つ建築物の誘導が必要となる。対象地域西部の石井、鴨島では、評価値は低いものの、調整区域に指定されていることから、災害リスクを踏まえた立地規制も検討すべきである。土砂災害リスク評価値を見ると、0以上の場所に大差はないが、激甚化後の評価値が上がっている。徳島市の眉山周辺、八万地区は、人口が集積しており、リスク評価値が高くなっている。今後は、リスクが高い傾斜地の建築規制を検討する必要がある。

H31年度は、土地利用の最適配置を行い、専門家への結果の提示および妥当性の検証までを予定していた。土地利用の最適配置までは行き着かなかったが、いくつかの側面から評価を行った結果、GIを防災で利用するための、土地利用配置に関する知見は得ることができた。また、結果の整理が遅れたこともあり、専門家への提示ができなかった。これについては、今後の課題としたい。

以上、本研究では、徳島都市圏を対象に、グリーンインフラストラクチャ(GI)の観点を組み込んだ土地利用計画策定手法の開発を行った。当初、掲げていた目標とは一部を変更して実施したが、本研究で開発した評価手法を用いて、対象地域の土地利用の方針を明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 渡辺 公次郎, 石田 和之	4. 巻 2018
2. 論文標題 徳島県における農地の変化と災害リスクへの影響に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 資産評価政策学会2018年度研究大会発表論文集	6. 最初と最後の頁 38-43
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 渡辺 公次郎	4. 巻 F-1
2. 論文標題 土地が持つ雨水貯留・浸透機能に着目した洪水災害リスク評価	5. 発行年 2018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 907-908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) AA12344046	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 渡辺 公次郎, 徳田 進, 上田 崇史	4. 巻 16
2. 論文標題 徳島都市圏における土地の雨水浸透機能を考慮した土地利用に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 都市計画研究講演集	6. 最初と最後の頁 35-38
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 渡辺 公次郎	4. 巻 1
2. 論文標題 徳島都市圏における土地の雨水浸透・貯留機能に着目した洪水災害リスクに関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 福島復興の環境都市計画の視点からの検証および災害復興準備に関する公開研究会	6. 最初と最後の頁 45-48
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kojiro WATANABE, Hideo Yamanaka and Masashi Okushima	4. 巻 -
2. 論文標題 Disaster Risk Evaluation Considering Climate Change for Land Use Planning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Conference on Climate Change, Disaster Management, and Environmental Sustainability	6. 最初と最後の頁 573-578
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 該当する

1. 著者名 渡辺 公次郎	4. 巻 F-1
2. 論文標題 災害の激甚化を想定した災害リスク評価に関する研究	5. 発行年 2019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 371-372
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 渡辺 公次郎, 栗川 智成, 山中 英生, 奥嶋 政嗣	4. 巻 19
2. 論文標題 災害の激甚化を想定した災害リスク評価と土地利用の方向性に関する研究・その1 評価の考え方	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会四国支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 89-90
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 栗川 智成, 渡辺 公次郎, 山中 英生, 奥嶋 政嗣	4. 巻 19
2. 論文標題 災害の激甚化を想定した災害リスク評価と土地利用の方向性に関する研究・その2 徳島都市圏における評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会四国支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 91-92
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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 渡辺 公次郎
2. 発表標題 徳島県における防災の観点からみた農地の変化に関する研究
3. 学会等名 第12回四国GISシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kojiro WATANABE
2. 発表標題 Flood Disaster Risk Evaluation for Land Use Planning in Tokushima Urban Area, Japan
3. 学会等名 International Conference on Earth Observations and Social Impacts & The 3rd IAG' i Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗川 智成, 渡辺 公次郎
2. 発表標題 地方都市における災害リスクを反映した土地利用計画策定に関する基礎的検討
3. 学会等名 第13回四国GISシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡辺 公次郎
2. 発表標題 流域を空間単位とした土地利用の評価に関する研究
3. 学会等名 第13回四国GISシンポジウム
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Kojiro WATANABE and Yasunori Muto
2. 発表標題 An Evaluation of the Living Environment with Flood Disaster Risk in the Lowland of Japanese Depopulation Area
3. 学会等名 The 4th IAG'i Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kojiro WATANABE
2. 発表標題 A Study on Farmland Change with Flood Disaster Mitigation
3. 学会等名 16th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (国際学会)
4. 発表年 2019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