

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01295

研究課題名(和文) 津波避難における自転車活用の効用と車道走行ネットワークの有効性に関する研究

研究課題名(英文) Study on Benefits to Promote Bicycle Usage and Bike Lane Networks for Tsunami Evacuation

研究代表者

村上 ひとみ (Murakami, Hitomi)

山口大学・大学院創成科学研究科・准教授

研究者番号：10201807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：想定南海トラフ地震の大津波に対して、沖積平野に市街地が広がり、自転車ネットワーク整備を進める宮崎市を主なフィールドに、自転車避難に関するアンケート調査を実施し、住民参加の自転車活用避難訓練を実施し、以下のことが明らかになった。

自転車通学の生徒は登下校時の津波避難に自転車活用したい割合が高い。住民アンケートでは避難の移動手段として、徒歩・自動車・自転車が想定されている。避難訓練では、内陸避難先が遠い地域に比べ近い地域で自転車避難が有効との回答が多い。GPSログより、避難速度は自転車専用レーンで生活道路より25%高い。自転車ネットワーク整備が津波避難での自転車有効活用と車を減らすと期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

南海トラフの大津波など、津波危険地域からの安全かつ迅速な避難は死者数を大きく左右する。東日本大震災にみるように自動車避難の増加は渋滞を招く恐れがあり、海岸沖積平野に広がる都市部では、避難距離が長くなることから、自転車による避難速度を上げ、避難所要時間の短縮を図ることが期待される。本研究は、自転車避難の有効性と自転車レーンなど道路条件の関係、住民の日常自転車利用促進の効果を検討することで、防災への実践的かつ社会的な意義を有する。

研究成果の概要(英文)：In this study, questionnaire survey on means of transport for tsunami evacuation was conducted and tsunami evacuation drill using bicycles was investigated in Miyazaki city located in coastal alluvium plain facing Nankai trough mega tsunami hazard. High school students commuting by bicycles intend to ride bicycles in case of a large earthquake to evacuate from tsunami. Inhabitants in tsunami hazard area intend to evacuate either on foot, by car or by bicycles. Results of tsunami evacuation drill suggest that participants of communities closer to inland tsunami security area tend to support evacuation using bicycles than those of communities which depend tsunami evacuation buildings or designated schools for evacuation. GPS log records of bicycles indicate that velocity running along bicycle lanes is 25% higher than that running community narrow streets. It is important to extend bicycle lane network to support and increase bicycle evacuation in coastal plane tsunami hazard area.

研究分野：都市防災学

キーワード：津波避難 自転車避難 アンケート調査 宮崎市 自転車ネットワーク 自転車レーン 避難速度 津波避難ビル

1. 研究開始当初の背景

2011年東日本大震災における津波避難に自転車を用いた割合は数%に留まるものの、リアス海岸部より海岸平野部で利用率が高かったこと、また自動車避難と自転車避難との間には、移動速度や避難距離に大きな差がなかったことが判明している(国土交通省「東日本大震災復興支援調査研究報告書」より)。村上・他(2016)は、南海トラフの大津波に備えて避難訓練に取り組む愛知県田原市において、避難訓練時の自転車の利用実態調査を行い、自転車の移動速度等の観測結果から、避難手段としての自転車の有用性を示している。加えて高田・他(2013)は、気仙沼市で避難行動のアンケート調査を行い、その結果を反映した避難シミュレーションを構築し、自動車避難の危険性を示している。

一方、我が国の自転車利用環境の整備に目を向けると、これまでは歩道を自転車歩行者道として指定し、自転車を歩道へ誘導する形で走行空間が確保されてきた。しかし2016年には「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン(警察庁・国土交通省)」が改訂され、自転車ネットワークの整備を進める環境が整いつつある。こうした背景から、土木計画学分野では、自転車走行空間の整備方法、交通事故分析、ルール啓発手法等について多くの研究成果が蓄積されてきた。しかしながら災害時の自転車利用については、未だ研究成果の蓄積が少ない状況の中、2017年施行の自転車活用推進法により、自転車活用の柱として、健康・環境・観光に加えて、防災面の効用が注目されている。

津波避難時に、自転車の歩道通行を抑制して歩行避難者の安全性を確保し、さらに車道上で自動車と自転車が共存して円滑な避難を実現するには、平常から自転車の通行ルールを遵守させるためのソフト・ハードの対策が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、上記の背景をもとに、自転車走行環境ネットワークを推進して津波危険度の高い都市部(宮崎市等)について、自転車避難のポテンシャルを有する地区や学校のひなん環境をヒアリング調査する。自治会を介した住民アンケート調査により、津波ハザードマップの知識と備え、津波避難時の交通手段や避難先、津波避難ビルへの関心を調査し、津波避難で自転車・自動車共存の可能性、問題点などについて、意識調査を行う。さらに自転車・歩行者を含めた避難訓練を測定することで、自転車レーンと自転車活用の効果を検証するとともに、自転車津波避難対策に役立つ条件等を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

自転車活用の津波避難訓練に取り組む学校(静岡県浜松市)の事例を調査し、想定される津波規模と避難距離など地理的条件から課題を明らかにする。

自転車ネットワーク整備が進む宮崎市において自転車避難ポテンシャルの環境ヒアリング調査・避難訓練測定を行う。津波リスクを元に自転車レーン整備有無の地区で、自転車利用者・車運転者への住民アンケートにより、交通手段意向と道路共存意識を解明する。宮崎を対象に、自転車と歩行による避難訓練の経路軌跡とアンケート結果をもとに、自転車レーンの有無が避難速度や所要時間に及ぼす影響を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 津波避難ビルの地理的分布と避難先・移動手段の課題を考える ―宮崎市の事例―

① 宮崎市の津波リスクと被害想定

宮崎県は南海トラフ巨大地震や日向灘地震(想定はM9.1)による津波被害が想定されており、津波避難ビルの設置や海洋構造物の強化はもちろんのこと、住民の防災意識の向上が喫緊の課題である。宮崎市が2013年(平成25年度)に公表した被害想定によると、市全体の死者は3,000人、建物被害は2万9,000棟に上る。最大級津波想定は、浸水面積が4,010ha、津波到達時

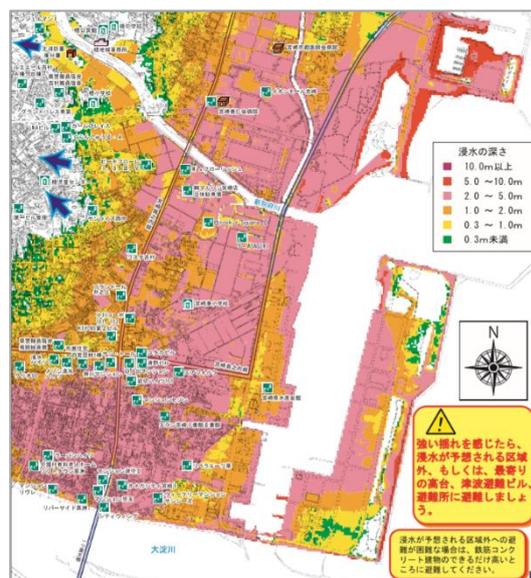


図1 宮崎市檜地域の津波ハザードマップ(宮崎市HPより)

間が最短で18分、津波高さが16mとされている1)。宮崎市櫛地域は沿岸からの津波浸水のほか、大淀川や新別府川から津波が遡上する可能性がある(図1)。なお、宮崎市は自転車ネットワーク計画を推進しており、自転車の防災活用にも言及している。津波対策について宮崎市へのヒアリング調査、情報収集(2017年7月)をもとに、津波避難ビルの地理的分布と要避難人口の分布を調べ、移動手段としての自転車利用の可能性を検討する。

表1 宮崎市の津波避難ビル区分と収容人数

区分	箇所数	収容人数計	平均収容人数
県(旧避難ビル)	1	17500	17500
県営	9	11040	1227
県警	6	2591	432
国(九州財務局)	4	788	197
市	1	540	540
市営	13	3277	252
民間	224	43524	194
民間(旧避難ビル)	4	39316	9829
総計	262	118576	453

② 宮崎市の津波避難施設の地理的分布と人口

2017年8月現在の津波避難ビルリストを宮崎市危機管理課より提供して頂いた。リストは、住所、施設名、階数、構造、予測浸水深さ、収容人数、他、が記載されたエクセルデータであり、262箇所(避難タワーを含む)が載っている(表1)。合わせて、国交省の国土数値情報サイトより、宮崎県の津波ハザードマップの浸水エリアポリゴン・シェープファイル、統計GISデータをダウンロードした。

収容人員は計118,576人となり、要避難人口の10万人より多いが、避難ビル分布の偏りは大きい。櫛地区のイオンモールに38,500人、木花地区のサンマリスタジアムに17,500人など大型施設で収容人数が極端に大きくなっている。避難ビルの住所をジオコーディングにより緯度・経度に変換し、ArcGIS8.1にマッピングした。図2に櫛地区と赤江地区の避難ビル分布を示す。円の大きさが収容人数を示しており、著しい偏りがわかる。

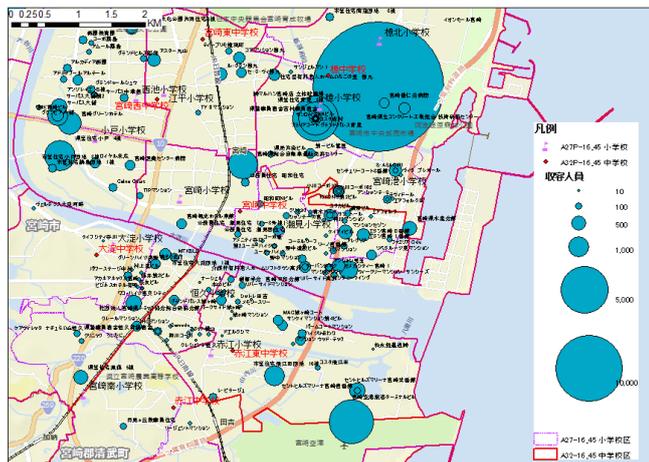


図2 宮崎市の津波避難ビル分布

③ 自転車ネットワーク計画

宮崎市の通勤・通学の自転車利用は15%(2010年国勢調査)、市のアンケート調査によれば、通学の自転車利用が70%と高い。自転車安全利用促進計画のネットワーク計画路線と津波浸水危険エリアを重ね合わせた図が市の計画に掲載されている(図3)。

車道の自転車レーンや路面表示(車道混在)推進が自転車避難にもたらす効用、期待される効用として以下が挙げられる。自転車が車道进行することに自動車運転者が慣れ、配慮した運転が浸透する。自転車左側通行ルールの徹底、車から信頼される、出会い頭事故防止。歩道より平滑で速度が上がる。避難ビルへの負荷軽減、車避難の渋滞軽減。歩道の安全向上。



図3 宮崎市の自転車ネットワークと津波浸水危険エリア(出典:宮崎市自転車安全利用促進計画、2014.3)

④まとめ

宮崎市における津波防災に関するヒアリング調査を行い、津波避難ビルの地理的分布を調べ、人口との比較、自転車安全利用促進計画のネットワーク計画との比較より以下のことがわかった。津波避難ビルの分布には偏りがあり、すべての浸水区域住民の収容は難しい。自転車ネットワーク路線は海岸に並行及び直行しており、避難に望ましい北西への対角路線は少ないが、市道の路面表示、車道混在も有効と考えられる。浸水エリア外周内陸側については、避難距離も比較的短くなるため、自転車・徒歩の併用での避難作戦が検討できると思われる。

(2) 宮崎海洋高校生徒と櫛地域住民への避難意向アンケート結果

① 高校の立地とアンケート概要

宮崎港から約 500m、標高 2.5m と津波危険地域に立地する宮崎県立宮崎海洋高校の生徒を対象に、津波避難の備えと自転車通学に関するアンケート調査を 2018 年 5 月に行った。生徒の通学方法では自転車が 72% を占める。避難先として、近くの 11 階建て A マンション (550m の距離、徒歩 10 分弱) と協議し、そこを避難先としている。宮崎市の津波避難ビルリストでは、収容人数 200 人と記載されており、近隣住民や事業所から職員が避難してくると、階段での渋滞も懸念される。対象は 3 学年 285 人であり、回収率 100% である。

アンケートは A4 版 3 頁 (全 22 問) で、属性・住まい・通学、登下校時の避難、防災意識・備え、自転車走行位置、ヒヤリ・ハット、自転車レーンについてなどを問う。地図をつけ、自宅の位置、通学経路、危険箇所の記載を求めた。

② 登下校時の避難

通学手段 (図 4) は「家から学校まで自転車」、「駅から学校まで自転車」を合わせると、72%~85% の生徒が自転車を利用している。図 5 に津波避難時の自転車利用を示す。「行けるところまで自転車を使いたい」が 44% から 62% と多く、次いで、「場所と被害状況による」が 19% から 44% となっている。津波避難時の移動手段は徒歩が原則であるが、低平な地形条件での避難手段として、自転車利用の注意点・道路条件を検討し、備えを進めることが大切である。

津波危険地域において、登下校時に地震が発生した場合の避難先・方法について、及び、平常の自転車交通について、宮崎海洋高校生徒へのアンケート調査を実施し、学年別集計の結果を報告した。登下校時の地震では避難ビルに逃げる、または自宅に帰る意向が高いが、自宅が浸水危険エリア内外かわかっていない生徒も多い。自転車での対車や対歩行者のヒヤリ・ハットも割合が高い。避難時に自転車利用を望む回答も 44%~62% と多数あり、自転車レーンやナビマーク整備が望ましい。

③ 憶地域の住民アンケート結果、避難の交通手段

住民アンケート調査は、津波避難行動選択や避難意向から、交通手段と経路の課題を明らかにすることを目的に、2018 年 11 月に宮崎市憶地区の 5 自治会 (出来島、中西、中原、北中、西中) を対象に実施した。配布数 1109 部、回収数 667 部 (回収率 62.6%) である。アンケート項目は、全 20 問、津波避難行動、防災意識・備え、津波ハザードマップ、属性・住まいから成る。

日常生活の移動手段 (2 つまで選択) (図 6) では自動車 (自分が運転) が 64.4%、次いで徒歩、自転車が多い。津波避難時の移動手段 (図 7) 「徒歩」が 75.3% と多く、次いで、自動車、自転車となっており、自転車は首位ではないが、日常活用され、避難時の利用意向が 25% あることがわかる。

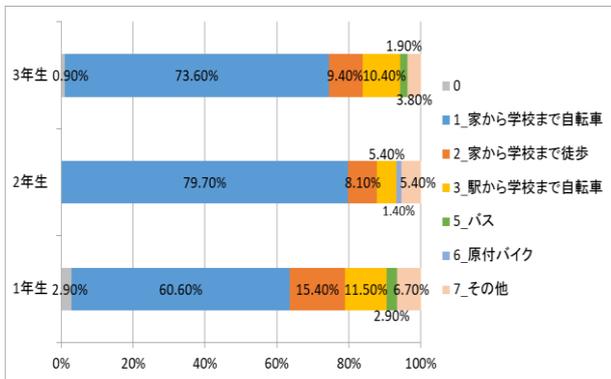


図 4 高校生通学手段、問 6 (n=285)

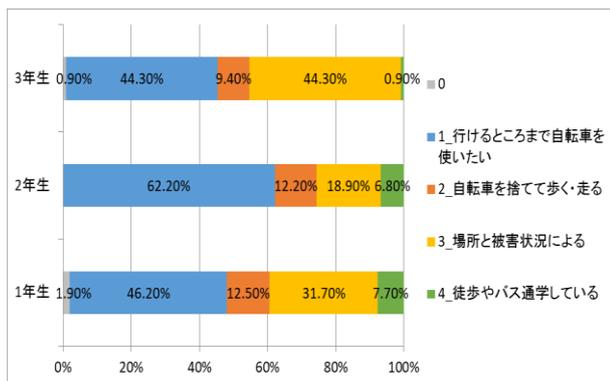


図 5 津波避難時の自転車利用、問 12 (n=285)

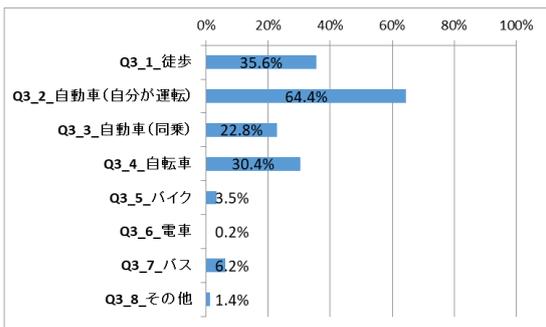


図 6 日常生活の移動手段、多項目選択 (n=661)

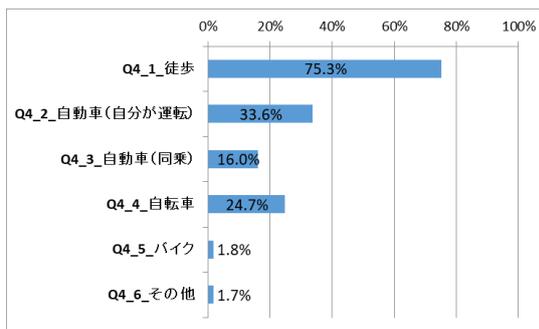


図 7 津波避難時の移動手段、多項目選択 (n=655)

(3) 自転車利用の津波避難社会実験にみる道路条件の影響

表2 津波避難社会実験概要

実験日	2019年10月6日（日）10：00～12：00
実験場所	宮崎市檜地区
対象者	檜地区住民及び実施主体関係者
対象自治会	中原、出来島、中西、潮見、北中、西中
主催	宮崎大学 地域資源創成学部 熊野研
共催	山口大学 村上研・東京電機大学 高田研
協働・後援	宮崎市

①実験概要

2019年10月、宮崎市檜地域を対象に、自転車利用の避難社会実験を実施した(表2)。被験者へのアンケートとGPSロガーから自転車津波避難の有効性を検討する。

社会実験では、津波発生を想定し、参加者は自転車または徒歩で指定した出発点から避難場所まで避難し、避難終了後に社会実験に関するアンケートに記入した。図8にルートA、B、Cのスタート・ゴール、推奨経路と自転車レーン・自転車ナビマーク整備箇所を示す。

被験者は住民49人、学生9人、その他3人の計61人であり、内、16名は2つのルートで避難・アンケート回答を行った。アンケート回収計77件である。参加者は、GPSロガーで避難経路や時間、速度を測定した。

参加者住民を、内陸安全地帯への距離が近い地区(1: 中原・北中・西中)と津波避難ビルや学校など指定避難場所への避難を前提とする地区(2: 中西・出来島・潮見町)に分類する。

「津波自転車避難は有効か」の問に対して地区別クロス集計(図9)より、地区1において、「有効だと思う」の割合が高い。自転車利用頻度と自転車避難の有効性については、毎日利用で「有効だと思う」割合が高い。社会実験の合間に住民同士が自転車点検を行った。



図8 宮崎市檜地域の避難実験スタート・ゴール

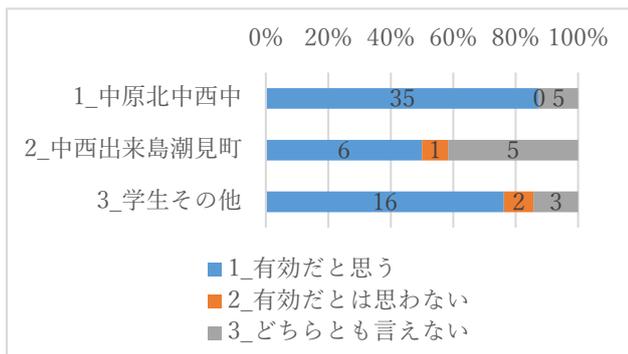


図9 地区別と学生の自転車避難有効性

② GPSロガー測定と道路整備条件

GPS避難ログ測定数37件のうち自転車避難が31件、徒歩避難が4件、バイク避難が2件である。ルートAにおいてGPSログによる各被験者の移動速度を比較すると、推奨ルートを通じた被験者(n=7)の移動平均速度は、自転車専用レーンで12.8km/h、生活道路区間で10.2km/hとなり、前者の方が約25%速い。アンケートでも自転車専用レーン区間は走り易いとの回答が多い一方、自転車ナビマーク区間の評価は専用レーンより低い傾向にある。

③まとめ

本研究では、南海トラフ地震の津波に備える宮崎市檜地域において実施された自転車津波避難社会実験のアンケートとロガー測定結果を活用し、自動車および徒歩に代わる避難手段としての自転車の有効性について検討した。自転車避難が有効と答えた割合は、内陸への避難距離が比較的近い自治会住民がより遠い立地条件の住民より高いこと、自転車利用頻度が多い方が高いことが明らかになった。GPSロガーの記録から、自転車専用レーン区間は生活道路区間より速度が速いこと、また、アンケートから専用レーンは車道混在ナビマーク区間より走り易いことも示された。自転車避難の促進に自転車レーンなどネットワーク整備が重要である。今回の社会実験では、日常的に自転車を利用し、自主的に津波避難社会実験に参加した住民に焦点を当てた。日常の自転車利用率向上で道路整備が進めば、非常時の避難も容易になると期待される。

参考文献

村上ひとみ、脇浜貴志、小山真紀、奥村与志弘：津波避難における移動手段と自転車活用に関する研究—南海トラフ地震に備える愛知県田原市の訓練事例—、地域安全学会論文集 No. 28, 2016. 3, 1-9. 高田和幸、藤生慎、小野村広平：東北地方太平洋沖地震時の自動車による津波避難の状況再現手法に関する研究—宮城県気仙沼市街地を対象として—、土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 69 (2013), No. 4, p. I_973-I_979. 宮崎市津波ハザードマップ, 宮崎市 HP <http://www.city.miyazaki.miyazaki.jp/fs/2902/52aac781002.pdf>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 村上ひとみ・野崎紘平・熊野稔・阿部郁男・高田和幸・小山真紀	4. 巻 43
2. 論文標題 高校生の自転車通学与登下校時の津波避難備えに関するアンケート調査 宮崎市の事例ー	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地域安全学会梗概集	6. 最初と最後の頁 -
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 野崎紘平・村上ひとみ	4. 巻 42
2. 論文標題 南海トラフ地震における指定避難所・津波避難ビルの立地分析と住民避難意向に関する研究 宮崎市檉地域を事例に	5. 発行年 2019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 959-962
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 阿部郁男・重川希志依	4. 巻 44
2. 論文標題 浜松市雄踏地区における自転車を活用した津波避難対策の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地域安全学会梗概集	6. 最初と最後の頁 -
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 村上ひとみ, 熊野稔, 阿部郁男, 野崎紘平	4. 巻 41
2. 論文標題 津波避難ビルの地理的分布と避難先・移動手段の課題を考える 宮崎市の事例	5. 発行年 2018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 785-788
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 村上ひとみ, 高田和幸, 小山真紀, 菱川恵加	4. 巻 41
2. 論文標題 津波避難に備える地域の街路ブロック塀調査－愛知県田原市の事例	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地域安全学会梗概集	6. 最初と最後の頁 199-202
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 村上ひとみ, 菱川恵加, 高田和幸, 小山真紀	4. 巻 4
2. 論文標題 街路のブロック塀調査に基づく津波避難路の信頼性評価の試み 愛知県田原市の事例	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 自然災害研究協議会中国地区部会研究論文集	6. 最初と最後の頁 29-32
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 Kazuyuki TAKADA, Kentaro IKEDA, Kei AOKI, Hitomi MURAKAMI, Maki KOYAMA	4. 巻 12
2. 論文標題 Experimental Study on the Effectiveness of Bicycle Use for Tsunami Evacuation - Case Study of Horikiri District in Tahara City-	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies	6. 最初と最後の頁 158-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.11175/easts.12.158	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 霜村航平・村上ひとみ・熊野稔・多賀明・高田和幸	4. 巻 6
2. 論文標題 自転車利用の津波避難社会実験にみる道路条件の影響について-宮崎市の事例-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 自然災害研究協議会中国地区部会研究論文集	6. 最初と最後の頁 59-62
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 H. Murakami, M. Kumano, K. Takada, I. Abe, K. Shimomura, A. Taga	4. 巻 17
2. 論文標題 Study of mobility conditions and potential use of bicycles for tsunami evacuation in Miyazaki city, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. 17th World Conf. on Earthquake Engineering, Paper No. C004037	6. 最初と最後の頁 -
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1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 熊野稔、村上ひとみ、平岡透
2. 発表標題 公民館活用のサイクルシェアシステムと自転車による津波避難の社会実験に関する研究－宮崎市を事例として－
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2020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	高田 和幸 (Takada Kazuyuki) (30282867)	東京電機大学・理工学部・教授 (32657)	
研究分担者	阿部 郁男 (Abe Ikuo) (30564059)	常葉大学・大学院・環境防災研究科・教授 (33801)	
研究分担者	小山 真紀 (田原真紀) (Koyama Maki) (70462942)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授 (13701)	

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 協力者	熊野 稔 (Kumano Minoru)	宮崎大学	