

浸水想定区域内における公的機関の分布状況と ネットワーク解析を用いた避難施設までのアクセス性評価

山口慎二*・洪志弦*・小林祐司**・鶴成悦久***

Evaluation of Accessibility to Evacuation Facilities using Network Analysis and Distribution of Public Institutions in Inundation Assumption Area

Shinji YAMAGUCHI*, Jihyeon HONG*, Yuji KOBAYASHI**, Yoshihisa TSURUNARI***

Abstract: Flood has occurred in the past along the Oita and Ono rivers that flow through Oita City, Oita Prefecture. Even with the recent flood damage, it is becoming intensify, and rapid evacuation behavior is required. By using GIS to understand the distribution status of the number of evacuation facilities located in the inundation assumption area and the issue of accessibility to the evacuation facility using network analysis. As a result, almost half of the evacuation facilities are included in the inundation assumption area, evacuation it makes clear that there are regional characteristics in the time required for. Therefore, it is necessary to take evacuation measures according to the actual conditions of the area, and the measures which are evacuation behavior and awareness of disaster prevention to realize them.

Keywords: 水害 (Flood), 避難行動 (Evacuation Behavior), ネットワーク解析 (Network Analysis), アクセス性 (Accessibility)

1. 背景・目的

大分県大分市を貫流する大分川・大野川においては、過去にも水害が発生している。現在は、堤防整備が進み、水害原因が外水氾濫から内水氾濫に変化することで被害が減少しているが、それとともに、住民の水害に対する意識の低下が懸念される。平成29年9月の台風18号による大野川の出水では、浸水面積や浸水家屋数が近年で最も少なかった。しかし、氾濫時に避難するタイミングや避難施設の場所を住民が把握できない場合、浸水によって使用可能な避難施設が減少する可能性を考えると、被害が大きくなるとは限らない。したがって、災害に対する意識向上、避難施設の配置、避難方法については今後も対策を取っていく必要がある。

また、平成31年8月の大雨による佐賀駅の浸水や令和2年7月の大雨による球磨川の氾濫など、昨今の水害をみてもその被害は激甚化しており、住民にはより迅速な避難行動が求められている。

そこで、本稿では地理情報システム（以下、GIS）を用いて、浸水想定区域内における学校・避難施設の分布状況を把握し、ネットワーク解析を用いて避難施設までのアクセス性の分析を行い、河川氾濫時の避難行動における地域的課題を把握する。

2. 既往研究と本研究の位置付け

気候変動の影響もあり、水害が増加している近年の日本において、ハード面だけでなく、避難を考慮した減災行動が重要である。嘉瀬川・城原川流域平野部において、人口分布の実態と水害の可能性、避難施設の配置の関係性を把握することで水害リスクの少ない集約的都市形態を考えていく上での基礎的知見を得た研究（酒井ら、2016）がある。しかし、避難施設の分布状況を把握する上で道路網を考慮しておらず、河川を横断しての避難であるかなどの考慮がされていない。また、大分川・大野川を対象とし、河川氾濫における災害リスクの危険度評価を浸

* 非会員 大分大学大学院工学研究科 (Oita University)
〒 870-1192 大分県大分市大字旦野原 700 番地 Email: v20e5019@oita-u.ac.jp
** 正会員 大分大学理工学部創生工学科 (Oita University)
*** 正会員 大分大学減災・復興デザイン研究教育センター (Oita University)

水想定区域内で行い、水害リスクの高い危険な地区を自治区ごとに抽出したと報告している（中湖ら，2019）。しかし，そのなかで避難施設以外に焦点を当てた分析や地区ごとの避難施設までのアクセス性に関する分析は行っていない。

そこで，本稿では，浸水想定区域内における学校・避難施設の分布を把握し，水害リスクの高い地区において避難施設までのアクセス性を分析する。

3. 研究対象地の概要

大分市は大分県の中部に位置し，九州でも有数の広い市域を有する県庁所在地であり，市域の約半分を森林が占めるなど緑豊かである（大分市，2012）。人口は 478,102 人（男：229,737 人 女：248,365 人 2020 年 7 月末日現在）であり，九州で人口が 5 番目に多い都市で，世帯数は 2020 年 7 月末日現在 224,210 世帯である（大分市，2012）。

大分川は，大分県由布市湯布院町の由布岳（標高 1,583m）に始まり，由布院盆地を貫流し阿蘇野川，芹川等と合流して中流部の峡谷を流下し，由布市狭間町において大分平野に入り，賀来川，七瀬川と合流し別府湾に注ぐ。表 1 に大分川の概要を示す（国土交通省九州地方整備局：河川部，2000）。

大野川は，宮崎県西臼杵郡高千穂町祖母山（標高 1,756m）に始まり，竹田盆地を貫流し，緒方川，奥岳川等と合流して中流峡谷部を流下し，大分市戸次において大分平野に出て，さらに判田川等と合流し，大分市大津留において乙津川を分流し，別府湾に注ぐ。表 1 に大野川の概要を示す（国土交通省九州地方整備局：河川部，2000）。

表 1 大分川・大野川の概要

河川	大分川	大野川
水系名	大分川水系	大野川水系
幹川流路延長 (km)	55	107
流域面積 (km ²)	650	1,465
流域内人口 (人)	約26万	約21万

4. 分析方法

本稿では，大分川と大野川の河川氾濫時におけるリスク評価を行うため，浸水想定区域内における公

的機関の分布状況を把握する。さらに，水害リスクが高い地区を対象を絞り，ティーセン分割により，対象とする避難所を定めた後，ネットワーク解析による避難施設までのアクセス性の分析を行うことで，河川氾濫時の避難行動における地域的課題を把握する。

5. 学校・避難施設の分布と考察

住民が避難する施設としての可能性が高い学校，避難施設の分布を，大分川・大野川の浸水想定深さの 100m メッシュに重ね合わせた上で考察する。

5.1. 学校の分布状況

大分市の小・中学校と浸水想定区域内における浸水想定深さを図 1 に示す。大分市全体で 129 校あり，

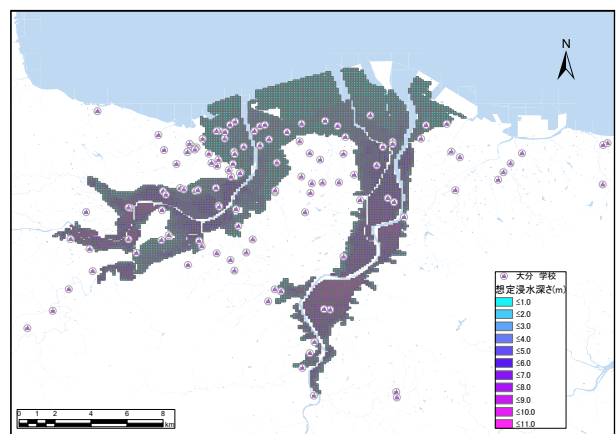


図 1 大分・大野川における浸水想定深さと学校の分布

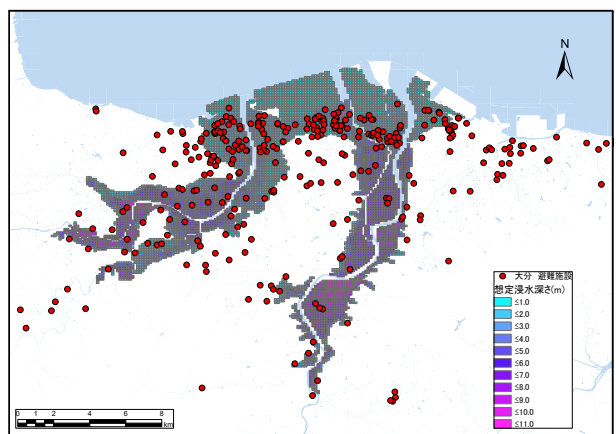


図 2 大分・大野川における浸水想定深さと避難施設の分布

そのなかの 37.2%にあたる 48 校が浸水想定区域内に含まれている。市内の中心部においても半分以上の学校が浸水想定区域に含まれるため、水害時に避難可能な施設は限られていると考えられる。文部科学省が「学校防災マニュアルの手引き」を示しているが、実際に近隣住民と話し合いながら、地域性を反映した学校独自のマニュアルづくりを行っている学校は少ないという現状がある（文部科学省, 2000）。

5.2. 避難施設の分布状況

大分市の避難施設と浸水想定区域内における浸水想定深さを図2に示す。大分市全体で354施設あり、そのうち 48.9%にあたる 173 施設が浸水想定区域に含まれる。約半数の避難施設が浸水想定区域に含まれており、分布が市街地に位置していることから、大規模な水害が発生した場合、多くの避難施設が使用困難となり人的被害が予想される。

また、この 354 施設のなかには津波避難ビル等も含まれるため、水害時の避難においては、多くの人数を収容できない施設も多い。避難施設の避難者一人当たりの面積については、各自治体で定めることが多いが、大分市の避難所運営マニュアルには示されていない。施設の許容人数については大まかに設定されているものの、平成 29 年度の水害時は、その許容人数を大幅に上回った避難施設が多く存在した。

6. 高田・賀来地区における避難施設へのアクセス性評価

本章では、大分川と大野川の河川氾濫による水害リスクが高いとされる地区のうち、高田、賀来地区を対象にネットワーク解析を用いて、徒歩による避難施設までのアクセス性を分析し、地域的課題を把握する。また、水害時は域外避難を基本とし、収容人数が多く、指定避難所にもなっている学校を避難施設と設定した。

6.1. 高田地区の避難施設までのアクセス性

高田地区は、周囲を河川が流れる「輪中」と呼ばれる特徴的な地形を持つ。図 4, 5 に大分市立大東中学校（以下、大東中）、大分市立川添小学校（以下、

川添小）へのネットワーク解析の結果をそれぞれ示す。表 2 に大東中、川添小のエリア別人口と地区内の住民が避難に要する時間のクロス集計をそれぞれ示す。図 4 より、大東中への避難時間分布は、31～40 分のエリアが大半を占めており、5 分以内に避難可能なエリアが地区内に存在しない。図 5 より、川添小への避難時間分布は、0～30 分の地域が川添橋を中心として同心円状に広く分布しており、31～40 分を要するエリアは少ない。また、表 2 より、どちらも避難に 21～30 分を要するエリアの人口が最も多く、人口割合は大東中で約 70%、川添小で約 60%と 10%上回る。20 分以内に避難可能なエリアの人口割合は、川添小で約 30%であり、大東中の約 13%と比較すると、2 倍以上である。したがって、川添小に避難する場合に比べ、大東中に避難する場合は避難に時間を要する人が多くなると考えられる。

6.2. 賀来地区の避難施設までのアクセス性

賀来地区は、周辺の浸水想定区域外に学校や避難所が少ないという特徴を持つ。図 6, 7 に大分市立宗方小学校（以下、宗方小）、私立別府大学短期大学部大分キャンパス（以下、別府短大）へのネットワーク解析の結果をそれぞれ示す。表 3 に宗方小、別府短大のエリア別人口と地域内の住民が避難に要する時間のクロス集計をそれぞれ示す。河川氾濫を想定した避難であるため、賀来地区においては橋を渡らないことを前提とし、右岸と左岸で最も近い学校を避難施設とした。図 6, 7 より、右岸は 30 分以内に宗方小への避難が可能であるのに対し、左岸は別府短大への避難に 31～40 分を要し、10 分ほどの差が生じている。また、表 3 より、宗方小（右岸）への避難に要する時間が 21～30 分のエリアの人口割合が最も大きい。別府短大（左岸）への避難では、41 分以上のエリアの人口割合が 41.1%と最も多い。したがって、宗方小（右岸）に避難する場合に比べ、別府短大（左岸）に避難する場合、避難に多くの時間を要する人が多くなると考えられる。

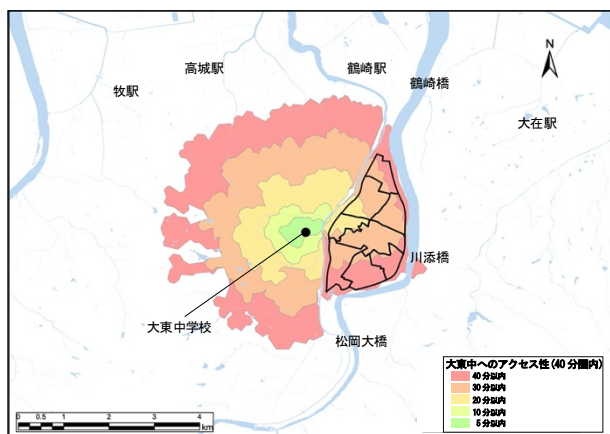


図4 大東中へのアクセス性 (40分圏内)

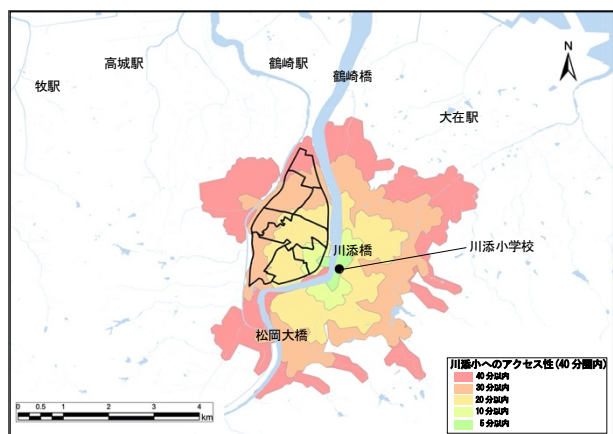


図5 川添小へのアクセス性 (40分圏内)

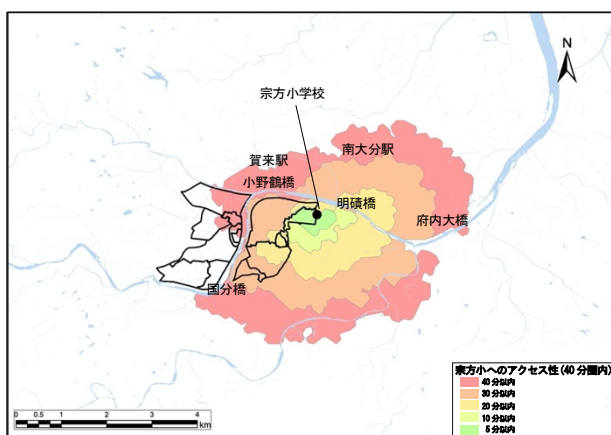


図6 宗方小へのアクセス性 (40分圏内)

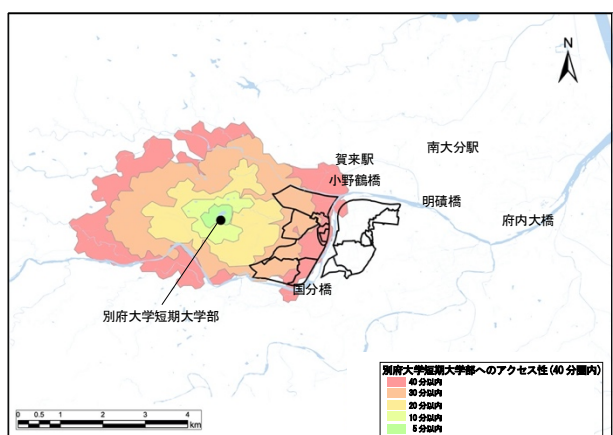


図7 別府短大へのアクセス性 (40分圏内)

表2 大東中・川添小エリア別のクロス集計

避難施設	大東中		川添小	
所要時間 (分)	人口 (人)	割合 (%)	人口 (人)	割合 (%)
0～5	0	0	5	0.1
6～10	0	0	130	2.8
11～20	587	12.7	1,262	27.3
21～30	3,271	70.6	2,747	59.3
31～40	772	16.7	480	10.4
41以上	0	0	6	0.1
合計	4,630	100	4,630	100

表3 宗方小・別府短大エリア別のクロス集計

避難施設	宗方小		別府大学短期学部	
所要時間 (分)	人口 (人)	割合 (%)	人口 (人)	割合 (%)
0～5	34	1.1	0	0
6～10	49	1.7	0	0
11～20	96	3.2	0	0
21～30	1,049	35.5	561	18.9
31～40	796	27.0	1,179	40.0
41以上	933	31.5	1,217	41.1
合計	2,957	100	2,957	100

7. 総括

本稿では、大分市を貫流する大分川・大野川を対象とし、浸水想定区域内における学校・避難施設の分布を把握した。さらに、ネットワーク解析を用いて避難施設までのアクセス性の分析を行い、河川氾濫時の避難における地域的課題を把握した。

浸水想定区域内に含まれる公的機関が多く存在し、避難施設は、その割合が 48.9%であった。学校においては、文部科学省が示しているマニュアルがあるが、近隣住民とのコミュニティをもとにしたマニュアルづくりを行えている学校は現状としては少ない。避難施設の避難者一人当たりの面積は、大分市の避難所運営マニュアルに示されておらず、河川氾濫時に避難できなくなる施設が増えることで、浸水想定区域外の避難施設に住民が集中し、施設の許容人数を上回ることが予想される。したがって、行政の防災マニュアルの見直しと、コスト面を踏まえた水害対策の強化など早急な対策が必要である。

高田地区においては、その地形上、避難時に橋を渡っての域外避難となるため、実際の避難では他の地域に比べ、迅速な避難行動を起こさなければならない。川添小に比べ大東中に避難する場合は、より多くの時間を要する地域が多いが、川添小へ向かうための橋が一箇所しかないことから、川添小に近い場合でも、状況に応じて大東中への避難を考えなければならない地域が存在する。その特徴的な地形を踏まえ、住民の意見等を取り入れた高田地区独自の防災タイムラインが必要だと考える。

賀来地区においては、左岸に浸水想定区域外の避難施設が少ないこともあり、右岸に比べ左岸は避難により多くの時間を要する。したがって、左岸の住民は、最寄りの避難施設への避難時間を考慮した行動が求められ、河川が氾濫する以前から、避難勧告が発令される以前からの早い段階で避難を開始し、橋を渡って右岸に避難するなど、状況に応じた行動も必要である。河川氾濫が起きる前に橋を渡る特徴的な避難行動のため、独自の防災タイムライン策定などの事前対策が重要である。

以上のとおり、2地区において避難施設までのアクセス性評価を行なったが、地域の実情に応じた避

難対策と、それを実現するためのソフト対策を持続的に進めていくことが必要である。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、国土交通省河川砂防技術研究開発公募・流域計画・流域管理課題分野に応募・採択された「河川整備が進んだ河川流域における復興デザインの研究と水害意識の再構築」(研究期間：H30～R2 年度、研究代表者：小林祐司)において取り組んだ研究成果の一部である。また、本稿は、本学卒業生(2019 年度)・井手洵也氏の卒業論文の成果を含んでいる。記して感謝の意を表する。

参考文献

- 酒井梨奈, 寺町雄太, 猪八重拓郎(2016) 水害リスクから見た人口分布と避難施設の配置に関する基礎的研究-嘉瀬川及び城原川流域平野部におけるケーススタディ-。「定平地研究」, **25**, 33-37.
- 中湖耕平, 吉村太良, 鶴成悦久, 小林祐司(2019) 大分川・大野川における河川氾濫を想定したリスク評価と都市計画状の課題(その1)-住居系用途地域を対象として-。「日本建築学会大会学術講演梗概集」, **2019**, 941-942.
- 大分市(2012)「大分市のあらまし」。
<<http://www.city.oita.oita.jp/o029/shisejoho/annai/1269431035754.html>>
- 大分市(2012)「大分市の面積・人口・世帯数」。
<<http://www.city.oita.oita.jp/o001/shisejoho/annai/1269847174200-2.html>>
- 国土交通省九州地方整備局：河川部(2000) 大分川。
<http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/r_oita/index.html>
- 国土交通省九州地方整備局：河川部(2000) 大野川。
<http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/r_oono/index.html>
- 文部科学省(2000) 文部科学省学校防災マニュアル
<http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/_icsFiles/afiel_dfile/2018/12/041323513_01.pdf>