

卒業研究

前橋市における災害別避難所配置に対する数理的評価

文教大学 経営学部経営学科

根本研究室

鈴木里彩

概要

災害は一瞬にして多くの人命や建物、道路などの財産に多大な影響を与える。加えて、事前に予測することが難しい。そのため、災害が発生した際に自分がどこの避難所を利用するのか事前に確認するなど備えておく必要があると言われている。群馬県前橋市でも災害ごとに避難所が設けられている計画になっているが、災害ごとに数や配置が異なる。この災害によって変わる避難所の配置はわかりづらさがあるとも考えられる。そこで本研究では、災害によって異なる避難所配置に注目し、その長短所を踏まえた上で、住民がすぐに避難できるような避難所の配置を評価し考察を加えたい。まず、現在の地震発生時と洪水発生時に開設される避難所を比較すると避難所が異なってしまう地域が前橋市を 500m メッシュに分割した場合に生じる 1320 メッシュ中 811 メッシュで確認された。約 60% の地域でまた約 54% の住民が災害に応じて異なる避難先への移動が求められていることが把握できた。また、洪水発生時の避難を考えると河川の氾濫などを考慮した場合、さらに避難所が異なってしまう地域があることが考えられる。そこで、河川の氾濫などを考慮した上で、洪水発生時の避難所の配置についてさらに評価した。方法としては、地理情報システムソフトウェア QGIS を使用し、主要な河川を境に洪水の影響を受けると予測されている地域を区切り、洪水時に河川を横断しない 2 つのエリアを作った。その各エリア内で 500m メッシュを設定し、メッシュの重心から一番近い避難所までの距離を計測した。成人は 30 分で約 2.4km 移動できると言われているので、一番近い避難所を各メッシュの重心から 2.4km 圏内に収めることを考えたが、2.4km 圏内に属していない地域が存在することが明らかになった。この点を補うため、その地域から 2.4km 圏内に新たな避難所の設置を提案する。

目次

| | |
|----------------------------------|---|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 災害によって異なる避難所配置についての現状分析 | 2 |
| 2.1 分析方法 | 2 |
| 2.2 分析結果 | 3 |
| 3 洪水発生時の避難所配置の分析と提案 | 5 |
| 3.1 分析方法 | 6 |
| 3.2 分析結果 | 7 |
| 謝辞 | 8 |
| 参考文献 | 9 |

1. はじめに

災害は一瞬にして多くの人命や建物、道路などの財産に多大な影響を与える。加えて、事前に予測することが難しい。そのため、災害が発生した際に災害の危険から命を守るために緊急的に避難をする指定緊急避難場所（以後、避難所）の場所を事前に確認するなど備えておく必要があると言われている。その具体策として住民には自身の避難所を日頃確認しておくことが求められたり、地域の避難所案内の表示が街頭になされたりしている。そのため避難所はシンプルに認識しやすいことが求められていると考えられる。しかし、実際には地域で指定されている避難所が必ずしもわかりやすい設定にはなっていない。

例えば群馬県前橋市では、災害発生時に開設される避難所が指定されている。しかし、災害によって開設される避難所の数や配置が異なる。この災害によって変わる避難所の配置はわかりづらさがあるとも考えられる。具体的には、前橋市が指定する避難所の総数は80か所だが、地震の場合はその中から67か所、洪水の場合は34か所が開設される¹。このように、災害ごとに開設される避難所が異なると避難時に混乱を招くのではないかと考えた。そこでここでは、群馬県前橋市を対象にし、災害によって異なる避難所配置の長短所を踏まえた上で、災害によって異なる避難所配置について現状を定量的に評価する。さらに、現状分析の中から明らかとなってきた課題の一つである洪水時の避難所配置の適正化について提案する。これらの取り組みを通じ、住民が混乱少なく避難できるような避難所の配置を評価し考察を加えたい。

避難所の配置については、過去にたくさんの研究がされており、田中・関口・秦・高野[1]では「最寄りの避難所については、場所も名前も知っている」と回答した者は全体の約66%を占めた一方で、約24%は場所も名前も知らなかった」とあり、災害に対しての意識調査や対策を提案し研究している。また、前橋市の元総社町では地区住民を対象²とした防災講演会などが行われており、地震と水害への備えについて、地域に想定されているリスクの程度に応じた実行可能な対策を具体的に提案するなど活動はしているが、いずれも災害別の異なる避難所配置について言及はされていない。そこで、前橋市の災害別避難所配置について分析し、研究していきたい。

本論文では、まず2節で対象とした群馬県前橋市における避難所の配置について現状を把握し、その特徴を定量化してとらえたい。つぎに3節で現状分析から明らかとなってきた課題の一つである洪水時の避難所配置に関する課題を提示し、その改善策を示したい。さいごに4節でまとめと今後の課題を述べる。

¹ 令和5年12月7日 指定一般避難所一覧

<https://www.city.maebashi.gunma.jp/material/files/group/5/siteiiltupannhinannjyo1297.pdf>

² 群馬大学 社会連携・地域貢献活動

<https://www.st.gunma-u.ac.jp/contributions/contributions-23147>

2. 災害によって異なる避難所配置についての現状分析

ここでは、群馬県前橋市を対象として災害によって異なる避難所配置についての現状分析を行う。

まず、前橋市における災害の危険から命を守るために緊急的に避難をする指定場所である指定緊急避難場所（以後、避難所）の配置について把握したい。ここで、災害とは一般的に、洪水・津波・地震・大規模火災等を指すが、前橋市では地震・洪水・土砂の3つの災害の種別ごとに指定している。前橋市における避難所のリストはHP³等で確認できる。まず、前橋市が指定する避難所は80か所である。そのうち、地震の際の避難所が67か所、洪水の際の避難所が34か所、土砂の際の避難所が5か所となっている。数が異なることから災害により避難所が異なることはすぐにわかるが、具体的にどの災害の時にどの避難所が開設されるかはリストを確認するほかない。そこで、そのリストの一部を図1に示す。

| No | 施設名 | 所在地 | 連絡先 | 地震 | 洪水 | 土砂 |
|----|-------|-----------|--------------|----|----|----|
| 1 | 桃井小学校 | 大手町2-16-4 | 027-221-3466 | ● | ● | ※ |
| 2 | 中川小学校 | 三河町2-1-3 | 027-224-3819 | ● | ● | ※ |
| 3 | 敷島小学校 | 昭和町1-22-8 | 027-231-2634 | ● | × | ※ |
| 4 | 城南小学校 | 六供町1-13-2 | 027-221-2789 | ● | × | ※ |

図1 前橋市指定避難所リスト

前橋市の指定避難所リスト¹の一部を示す図1において、●が災害発生時に開設されるという意味であり、×が開設されない、※が被害の大きさによって開設されることもあるというのを表している。前橋市では地震や洪水、土砂災害が起きた際に避難所が異なることが図1を見るとわかる。なお、土砂災害の場合には開設されることもあるというあいまいな設定のため、以後は地震と洪水の災害にのみ議論を絞りたい。

地震と洪水の災害ごとに避難所が異なってしまうと避難する際に混乱を招いてしまう可能性や、避難に遅れが出てしまう可能性があり必ずしも好ましくない。好ましくないことはリストでわかる。しかし、その好ましくない状態がどの程度の住民に影響を及ぼしているかはリストからは読み取れない。そこで次に、前橋市全体で地震発生時と洪水発生時で避難所が異なることで影響をこうむる住民数や面積などを求め、その影響を定量的に確かめたい。

2.1 分析方法

ここではどれだけの住民が地震と洪水の災害ごとに避難所が異なってしまうのかを確かめたい。住民一人一人の自宅からその住民が避難する避難所までの距離をすべて出し分析したいが、住民の位置情報を詳細に得ることも各住民がどこの避難所に実際に避難するのかを把握すること

³ 前橋市 HP <https://www.city.maebashi.gunma.jp/index.html>

は難しく現実的に不可能に近い。そこで次善の策として、今回は前橋市全体を細かくエリア分けをし、エリアごとにそこから一番近い避難所を住民は利用すると仮定する。その仮定の下で地震発生時と洪水発生時のエリアから最近接避難所への距離をそれぞれ求め、比較し分析していきたい。

この分析を実施するには、(1)前橋市を細かなエリアに分ける、(2)各エリアから各避難所までの距離を測る、(3)各エリアから地震(洪水)発生時の最近接避難所を特定することが必要になる。(1)～(3)の手順について説明したい。

まず、(1)前橋市を細かなエリアに分けるについては前橋市全体を 500m メッシュに分割し各メッシュの重心に該当するメッシュ内の全住民がいるとモデル化した。この場合、前橋市は 1320 か所の 500m メッシュに分割できた。なお、500m メッシュは地理情報システムソフトウェア「QGIS」⁴を用いて整備し、そして、そのメッシュ内の人口は 2020 年の国勢調査データ⁵を入手し整備した[2]。より細かなメッシュに分割することで精緻になるが、1320 か所に住民がいるとの精度で問題ないと考えた。

次に、(2)各エリアから各避難所までの距離の計測にも QGIS を使用した。まず、QGIS を利用し、500m メッシュの重心を定め住民の位置とした。一方で、各避難所の場所は前橋市が掲示している避難所リストの住所から CSV アドレスマッチングサービス⁶を利用して位置情報に変換し定めた。住民の位置（1320 か所）と避難所の位置（地震時 67 か所、洪水時 34 か所）間の距離は QGIS のツールの一つである 2 点間距離の測定機能を用いて計測した。なお、今回は 2 点間の直線距離を用いた。より情報に 2 点間の道のりを採用することも可能だが、直線距離と道のり間の相関は強いと知られているため、分析の結論には影響ないと考えた。

さいごに、(3)各エリアから地震(洪水)発生時の最近接避難所を特定は、住民の位置ごと測定した各避難所までの距離を比較して地震（洪水）で指定されている避難所までの最も近い避難所を特定し把握した。

このステップによりエリアごとに最近接の避難所を地震発生時と洪水発生時のそれぞれ求めることができた。さらに、前橋市の人口データを取り込むことにより、指定されている最近接の避難所が異なってしまう人口も算出した。

2.2 分析結果

ここではエリアごとに最近接の避難所を地震発生時と洪水発生時のそれぞれ把握できたことから得られた数値について紹介する。まず、1320 か所の 500m メッシュの中で 811 か所の 500 メッシュにおいて避難所が災害により異なることが把握できた。その配置を図 2 に示す。図 2 にお

⁴ QGIS <https://www.qgis.org/project/visual-changelogs/visualchangelog338/>

⁵ e-Stat <https://www.e-stat.go.jp/>

⁶ CSV アドレスマッチングサービス <https://geocode.csis.u-tokyo.ac.jp/home/csv-admatch/>

いて赤色のメッシュは地震時でも洪水時でも同じ避難所が最近接であることを示し、一方で紫色のメッシュは異なることを示している。

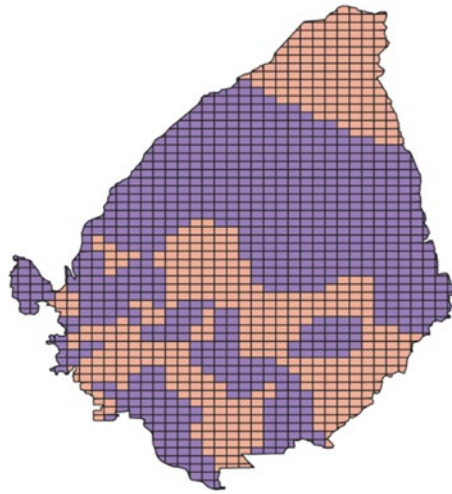


図 2 前橋市における地震と洪水で異なる避難所を利用する地域(紫色が異なる地域)

この結果は、面積でいうと前橋市全体の 61.4%の地域の住民は地震か洪水かによって避難所が異なることになる。また、住民数で比較すると、前橋市の総人口 356,195 人中異なる最近接な避難所利用が強いられる住民は 193,432 人になった。割合でいうと 54.3%にあたる。面積でも住民数でも前橋市の半分以上が異なる避難所を災害によって指定されている現状が確認された。これは、災害によって避難所が異なる面積、人口が多いと考える。

次に、地震と洪水の時の最近接避難所までの距離の差を出し、ヒストグラムにしたものも図 3 に示す。図 3 は、縦軸がメッシュの個数を表しており、横軸が 0、1~199、200~399、400~599・・・というように 200m ごとの距離の差を表している。一番左は地震と洪水で避難所が変わらない(差が 0 の)メッシュを表している。災害により異なる避難所までの距離の差が 1200m 以内になる場合が多く、3000m~3599m の差になる場合も観察された。

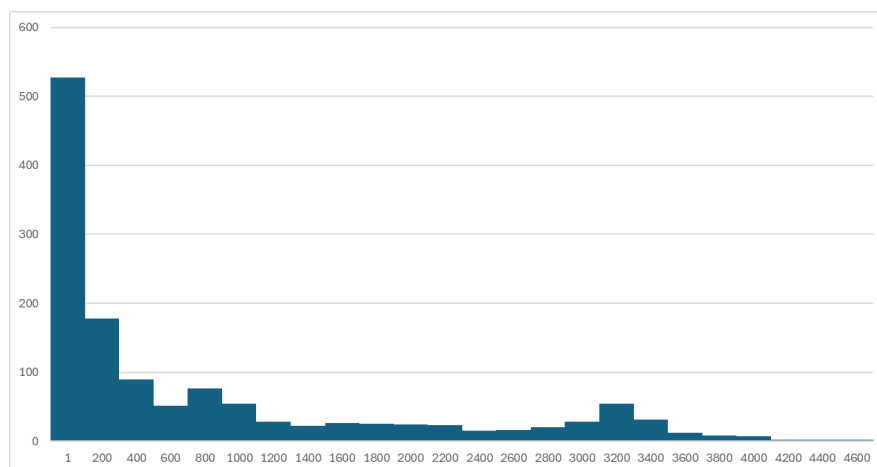


図 3 地震と洪水の避難距離の差

全体で一番差が大きかったメッシュは 4490m であった。この一番大きな差が生まれたメッシュがどこの位置にあるのか確認したところ、市街地ではなく比較的山の方であり周辺に河川などは無いところだった。災害により異なる避難所までの距離の差は数百メートルの場合もあるが 3000、4000m と大幅に差が生まれている場合もある。災害によって避難所が異なるだけでも混乱を招く可能性があるのに、さらに避難距離も遠くなり、住民がすばやく安全に避難するためには改善が必要であろう。

ここまでの現状分析の中から明らかとなった課題の一つが洪水時の避難所配置の適正化についてだ。地震と洪水で開設される避難所の数は地震の時の方が多く、差が生まれる場合洪水の時の方が比較的避難距離が遠くなる。また、洪水時の河川の氾濫により通行止めなどの影響でさらに避難所が異なってしまう可能性が考えられる。洪水発生時の方がより避難が難しく、混乱を招く可能性が高いと考えた。河川の氾濫などに考慮した洪水発生時の避難所配置についてさらに詳しく分析していきたい。しかし、先ほどの一番差が生まれた地域は 4490m という差が生まれているものの、周辺に河川がないことから洪水発生時にあまり影響がないと考えた。そこで次に、洪水発生時にあまり影響がない地域は分析対象外とし、より影響のある地域に範囲を狭めて分析を試みたい。

3 洪水発生時の避難所配置の分析と提案

ここでは、洪水時の河川の氾濫などの影響を考慮した上での避難所配置についての分析を行う。前橋市には河川がいくつか流れており、特に大きな河川だと利根川と桃ノ木川がある。その周辺には住宅が建ち並んでいる。このエリアは、洪水が起きた際に河川の氾濫の影響で通行止めなどが起きる地域と考えられる。その影響で最近接避難所を利用できない可能性がある。地震と洪水の災害別で避難所が異なるだけでも混乱を招く可能性があるが、洪水時の予測不可能な被害によっても避難所が異なると避難時はさらに混乱するのではないかと考えた。そこでここでは、分析するエリアを河川に近接し被害を受けやすいエリア(図 4)に限定し洪水の影響を加味した分析に取り組む。その上で、河川の氾濫を考慮した洪水発生時の避難所配置を分析し新たな避難所の提案を行う。

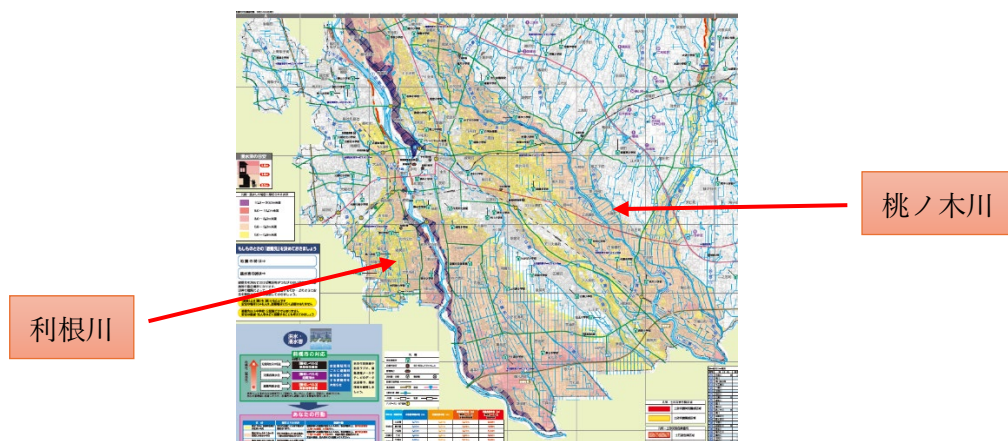


図 4 前橋市において洪水の影響を受けやすいエリア(前橋市 HP)

3.1 分析方法

ここでは、前橋市の中でも大きな河川が近くを流れているエリアに範囲を限定し、河川の氾濫の影響を考慮した上での分析、そして新たな避難所の提案をしたい。今回はより河川に近接しているエリアに範囲を狭め分析する為、まずは前橋市でも特に大きな利根川と桃ノ木川の2つの河川を境に2つのエリアに分ける(図5)。図5において緑のエリアをAエリア、紫のエリアをBエリアと呼ぶことにする。また、Aエリア内の避難所を赤い点、Bエリア内の避難所を青い点で示した。次に2節同様の手順でAエリアとBエリアにおいて各メッシュからの最近接避難所を把握し、その距離を計測した。この場合、Aエリアでは120か所、Bエリアでは260か所の500mメッシュに分割できた。ところで、成人が徒歩30分で約2.4km進むと言われている。避難開始から30分以内には避難所に到着したいと仮定すると、各メッシュの重心から最近接避難所までをすべて2.4km圏内に収める必要がある。この条件で分析するとどれだけのメッシュが2.4km圏外になってしまうのか確かめ、必要に応じて新たな避難所を提案していく。

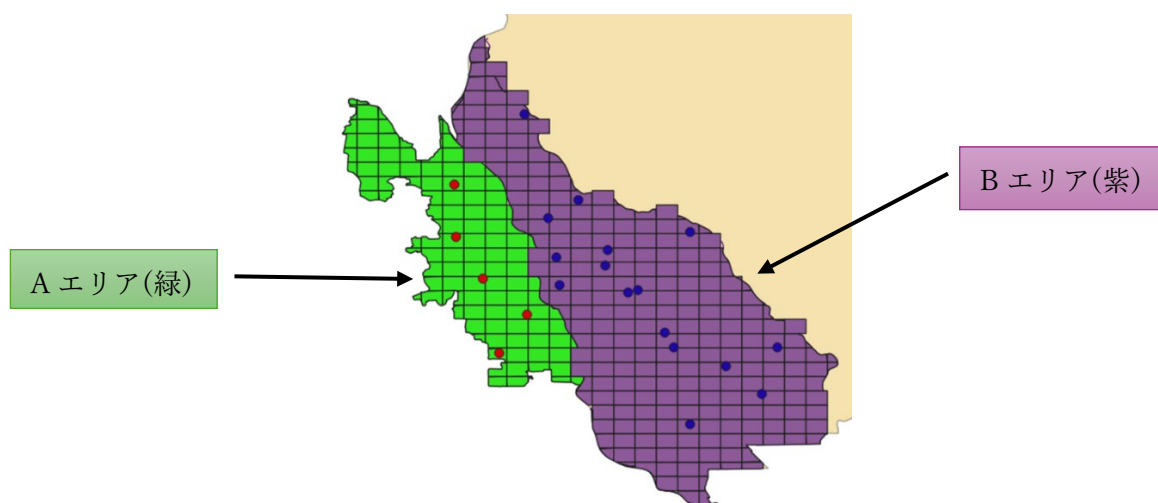


図 5 前橋市南部(洪水の影響が予見される)エリアを河川で分割

3.2 分析結果

ここでは、A エリア、B エリアそれぞれでどれだけのメッシュが 2.4km 圏外になってしまったのか、そして必要に応じて新たな避難所の提案をしていく。

まず、対象エリアにおいて 2.4km 圏外になる地域を図 6 で示す。図 6 において赤色になっているメッシュが 2.4km 圏外を示している。2.4km 圏外となったメッシュは、A エリアが 120 か所の中で 11 か所のメッシュ、B エリアが 260 か所中 9 か所のメッシュが把握できた。ここに人口データを取り込み、人口で表すと A エリアは総人口 79,141 人中 3,499 人、B エリアは総人口 164,183 人中 2,667 人となる。つまり、A エリアでは 4.4% が、B エリアでは 1.6% の住民が洪水時に徒歩 30 分以内に避難できないことが明らかになった。

割合で見ると少なく感じるが今回はすべての住民が 30 分以内に避難所にたどり着くことが目的の為、このエリアがすべて 2.4km 圏内になるように新たな避難所を考えてみたい。前橋市の指定避難所はほとんどが小、中、高等学校である。そのため、まずは新設定する避難所の候補としても小、中、高等学校を選定した。このエリアで避難所となっていない学校施設の存在が確認された。その中で図 6 に示した 2.4km 圏外エリアをカバーする学校施設は 3 つ把握できた。その 3 つの学校を追加した状況を図 7 で示す。A エリア内は前橋西高等学校を、B エリアでは前橋南高等学校と下川淵小学校を新たな避難所に設定することですべて 2.4km 圏内になる。よって以上の 3 つの学校を新たな避難所に提案する。

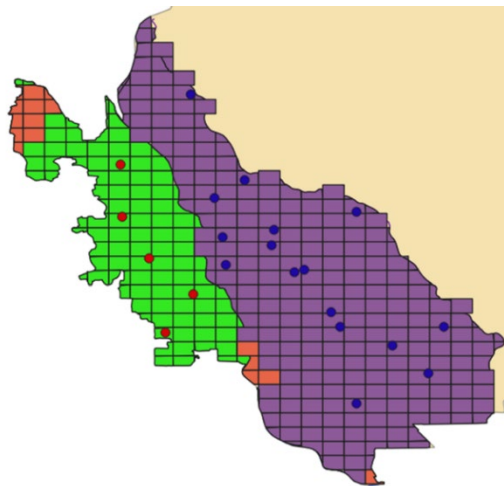


図 6 避難所から 2.4km 圏外のエリア(オレンジ部分)

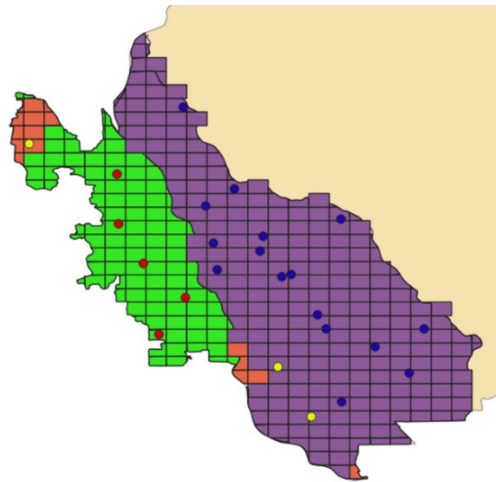


図 7 提案する新たな避難所(黄色の●印)※2.4km 圏外エリア(オレンジ部分)はなくなる

提案する新たな3つの避難所を設置したことで、すべての住民が2.4km 圏内となり30分以内に避難所にたどり着くという目的は達成された。しかし、今回は距離だけを考えて分析したため、避難所の利用人数を考えると現実的ではないことがわかる。例えば A エリアで見ると、164,183 人に対して新設後でも6施設しかない。1つの施設に約27,000人集まってしまう。このように、利用する人数に関して新たな課題が見つかった。

4 おわりに

ここでは、群馬県前橋市を対象に災害によって異なる避難所配置について現状評価をし、問題解決可能部分は適切な提案をした。前橋市では、災害によって避難所が異なる人が半数以上いることをまずは定量的に示した。次に、河川の氾濫などの洪水発生時の避難所についてエリアを狭め評価した。一番近い避難所から2.4km 圏内に収めるという条件を設定したが、2.4km 圏外になってしまうエリアが対象地域の2.5%で確認された。さらに、2.4km 圏外となった地域に対する対策として、新たな避難所3か所の増設を提案した。ただし、今回の取り組みでは隣の市町村の避難所の活用は考慮していない。住民にとっては行政区にとらわれず安全に避難したいとのニーズもあると思われる。近隣市町村も考慮した再分析や距離だけでなく避難所を利用する人数を考慮した提案を今後の課題としたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻を賜りました。根本俊男教授からは多大なご指導を賜り、研究方法についてご教示いただき感謝の念に堪えません。ありがとうございました。また、根本研究室の皆さんから多くのアドバイスやコメントを頂くことができ、感謝いた

します。

参考文献

- [1] 田中耕市・関口豪之・秦朋弘・高野宗弘,自然災害からの住民の早期避難を促進させる要因の分析-ソーシャル・キャピタルの影響に注目して,日本地理学会発表要旨集,104 号(2023)130 ページ.
- [2] 半井真明,まちの課題・資源を可視化する QGIS 活用ガイドブック,学芸出版社(2022).