

GIS を用いた災害時の避難所圏域の分析手法

An analysis method of evacuation area in disaster using GIS

山本 裕貴 ・ 岩崎 一孝

Hiroki Yamamoto ・ Kazutaka Iwasaki

静岡大学 情報学部, 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

Shizuoka University, 3-5-1, Johoku, Naka-ward, Hamamatsu, Shizuoka

概要：近年、「想定外の」豪雨災害が頻繁に発生し、多くの犠牲者を出している。そこで既存の避難所の圏域を、避難所のポイントデータの作成、避難所圏域の定義方法、圏域内人口の求め方と順を追って説明し GIS を用いた分析手法を示す。また、圏域の定義の際に利用するボロノイ分割や圏域に人口を割り振る際に利用する面積按分法といった GIS 特有の手法も加えて説明している。活用例には、浜松市の実際の避難所圏域の分析を示した。具体的には馬込川・芳川といった河川氾濫の危険性が高い河川を採用し、河川氾濫等で河川を横断できなくなった場合を想定し圏域内人口の変化という視点から避難所圏域の変化をみた。浜松市においては、馬込川・芳川の両河川に挟まれた地域の避難所圏域が河川の影響を大きく受けて変化していることがわかる。

Abstract： In recent years, heavy rain disasters "unexpected" occur frequently, and many victims are issued. Therefore, I will explain the scope of existing evacuation centers in order of creating point data of evacuation centers, defining evacuation area, and finding the population in the area in order, and show analysis methods using GIS. It also explains GIS specific methods such as Voronoi division to be used when defining a coverage area and Area Proportioning Method to be used when allocating population to a coverage area. In the application example, I showed the analysis of the actual evacuation area of Hamamatsu City. Specifically, I adopt a river with high risk of river flooding, such as Magome River and Hou River, assuming the case that we can not cross the river due to river flooding or the like, and change the evacuation area from the viewpoint of the change of population within the area saw. In Hamamatsu City, it is understood that the evacuation zone area of the area sandwiched between the rivers of Magome River and Hou River changes greatly due to the influence of rivers.

キーワード：GIS、避難所、河川氾濫、空間データ、浜松

Keywords：GIS, evacuation area, river flooding, spatial data, Hamamatsu

I. はじめに

近年「ゲリラ豪雨」と呼ばれる集中豪雨が日本各地で発生する中、「平成 26 年 8 月豪雨による広島市の土砂災害」では 77 名、「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」では鬼怒川の氾濫等で 20 名が死亡し、

「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」や「平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）」でも多くの死者を出している。東日本大震災以来、地震や津波といった災害への備えは政府をはじめ地方自治体や企業で広く進められているが、ここ数年では水害対策はなされていない。

豊田(2017)によると整備が進み水害が減少すると住民の意識も低下すると言われている。そんな中、近年は堤防の決壊や砂防ダムの決壊など想定範囲外の水害の危険性が高まっているのが現状である。

そこで本投稿では地理情報システム(以下、GIS)を用いて、避難所の圏域分析の手法を紹介していく。この手法の活用例として、静岡県浜松市における災害時とりわけ河川洪水といった水害に着目した避難所圏域の変化の分析を行ったものを紹介する。

II. 本投稿の位置づけ

データベースシステムについて藤田(2015)は、データを統合して共有し、効率的に管理し、高度に利用することを目的としたシステムである、と述べている。GISにおいて扱うデータは一般的に空間データと呼ばれるものが主流であり、空間データを運用していくためさまざまな属性が付与されているのが一般的である。データベースに関する議論のひとつに「実世界の情報を目的に応じて適切にモデル化する方法」がある。この方法によるモデル化は、概念モデル→論理モデル→物理モデルという段階に分けて考えることができる。実際に空間分析を行う際には空間オブジェクト(地物型の概念でくくられる個々の存在の表現)のデータベース、いわゆる空間データベースにおける情報が重要である。

概念モデルとは、目的に応じて実世界の対象を抽象化した概念と、概念と概念間の関係を記述したモデルである。たとえば、概念モデルのレベルにいては「川」という概念における空間オブジェクトが「荒川」や「利根川」になるということである。

論理モデルのレベルでは、ポイント(点)やライン(線)、ポリゴン(多角形)などを座標値のリストとして表す型を提供し、少なくとも空間索引とオーバーレイが実装されたデータベースシステムのことに近いといえる。

同様に「川」を例にすると、川をしめす具体的な座標値の設定、およびそれにしがったラインデータ(またはポリゴンデータ)を実装したものということである。

次章ではこれらの空間データにおける空間データベースの概念に従い、本投稿の主題でもある「避難所圏域の分析手法」に関して述べていく。

III. 分析手法

本投稿において空間データの処理、および空間分析をおこなうにあたって、「QGIS」と呼ばれる地理情報システムソフトを用いる。

1. 避難所の場所の定義

本投稿で避難所の圏域を分析するにあたり、まずどの避難所がどこにあるかを指定する必要がある。避難所の住所はタウンページおよび各地方自治体の公式ホームページにより公表されている。GIS上に示すためまず、ジオコーディングとよばれる住所データからなる各種情報に緯度・経度の情報を付与する作業を行う。続いて、避難所ナンバー(num)、避難所名(name)、緯度(ido)、経度(keido)をスキーマとし、「QGIS」において出力する(括弧内の表記は QGIS で利用する際に定義したフィールド名)。こうすることで住所という文字列で表されただけの任意の地点に、ナンバー・避難所名・空間座標・ポイントデータという意味付けがされる。(図 1)



num	name	keido	ido
285	浜松市立美西小学校校舎・グラウンド	137.710022...	34.7680170...
286	浜松市立積志中学校校舎・グラウンド	137.758575...	34.7644390...
287	浜松市立有玉小学校校舎・グラウンド	137.750168...	34.7578889...
288	浜松市立和田東小学校校舎・グラウンド	137.789153...	34.7207950...
289	浜松市立飯田小学校校舎・グラウンド	137.774582...	34.7060320...
290	浜松市立東部中学校校舎・グラウンド	137.774124...	34.7026139...
291	浜松市立伊佐見小学校校舎・グラウンド	137.655395...	34.7454490...
292	浜松市立泉小学校校舎・グラウンド	137.721084...	34.7384410...
293	浜松市立与進北小学校校舎・グラウンド	137.765944...	34.7465249...
294	浜松市立与進中学校校舎・グラウンド	137.778136...	34.7435150...
295	浜松市立入野小学校校舎・グラウンド	137.686371...	34.6987949...
296	浜松市立入野中学校校舎・グラウンド	137.676895...	34.7019499...
297	浜松市立神久呂中学校校舎・グラウンド	137.666091...	34.7248150...
298	浜松市立大瀬小学校校舎・グラウンド	137.768753...	34.7590140...
299	浜松市立笠井小学校校舎・グラウンド	137.795165...	34.7717699...
300	浜松市立笠井中学校校舎・グラウンド	137.793396...	34.7715490...
301	浜松市立神久呂小学校校舎・グラウンド	137.669510...	34.7273250...
302	浜松市立上島小学校校舎・グラウンド	137.741210...	34.7361560...
303	浜松市立江西中学校校舎・グラウンド	137.726166...	34.6879080...
304	浜松市立西部中学校校舎・グラウンド	137.714675...	34.7022780...
305	浜松市立西小学校校舎・グラウンド	137.721587...	34.7049480...
306	浜松市立蒲小学校校舎・グラウンド	137.754288...	34.7168660...
307	浜松市立和地小学校校舎・グラウンド	137.666228...	34.7661969...
308	浜松市立萩丘小学校校舎・グラウンド	137.725861...	34.7466620...

図1 避難所ごとに避難所ナンバー(num)、避難所名(name)、緯度(ido)、経度(keido)をスキーマした避難所ポイント

2. 避難所圏域・及び圏域内人口の定義

作成された避難所のポイントデータの圏域を定義するため、本投稿では「ボロノイ分割」を用いる。「ボロノイ分割」とは、ある任意のポイントが最寄りとなるような領域を画定する際に用いられる手法であり、商圈分析などに用いられることが多い手法である。

図2はボロノイ図の描画手順を示したものである。仮に100個の母点におけるボロノイ図を描写する場合、 $4950(= {}_{100}C_2)$ 通りの二等分線を描く必要がある。一般に、母点の数 n に対する垂直二等分線の本数は $n^2/2 - n/2$ であるため、 n の値が大きくなればなるほど膨大な数になってしまう。こうなると手作業での描画はきわめて困難であるため、コンピュータやGISソフトウェアを用いることが有効となる。またGISソフトウェアにおいてボロノイ図作成の処理を行うと、作成されたボロノイ領域(ポリゴンデータ)に避難所のポイントデータのスキーマが引き継がれ、避難所ナンバー(num)、避難所名(name)、緯度(ido)、経度(keido)をスキーマとして持つ避難所圏域のポリゴンデータが生成される。

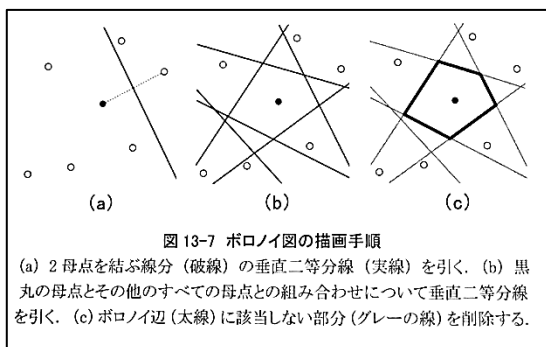


図2 ボロノイ図の描画方法・手順
(出典：地理情報科学 GISスタンダード 古今書院 p.82)

上記の方法で生成された圏域ポリゴンに、人口・面積がスキーマされた500m×500mのメッシュをQGIS上で「交差」する。GISソフトウェアにおける「交差」の処理では、地物の属性が引き継がれるため、圏域ポリゴンに人口と面積のスキーマが引き継がれ、同様にメッシュの一つ一つにも避難所ナンバーや避難所名、緯度・経度といったスキーマが引き継がれる。ボロノイ辺によって細切れに分けられたメッシュについては、「面積按分法」と呼ばれる、面積比率に応じて人口データを配分する手法を用いることで避難所圏域内人口を算出することが出来る。こうして得られたメッシュ一つ一つの人口の値を、避難所ナンバーごとに集計し総和を、新たなスキーマ

マとして避難所圏域のポリゴンに定義する。そうして、避難所圏域内人口の定義付けがされたことになる。

一方で避難所圏域は「交差」の段階で避難所圏のポリゴンの内部はメッシュによって網目状になってしまう(図3)。

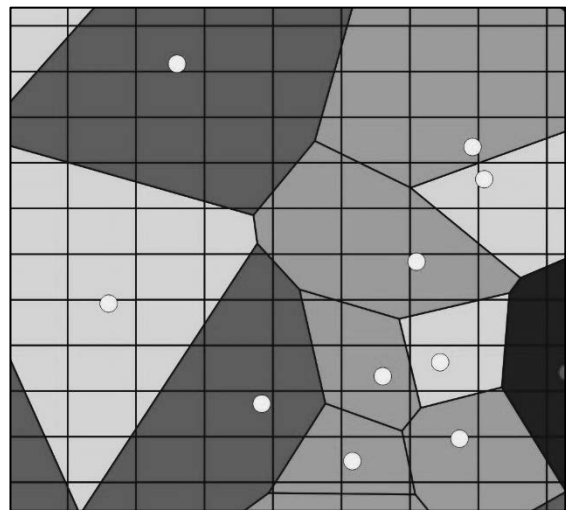


図3 メッシュ状の圏域ポリゴン

しかしながらメッシュにはそれぞれ、避難所の避難所ナンバー(num)が付与されているため、GISソフトウェアの「ディゾルブ」という機能を使い、同じ避難所ナンバーの値を持つ複数のメッシュを一つにまとめる。この際、避難所ナンバーの値が同じメッシュの枠線はなくなり、メッシュという概念もなくなる。

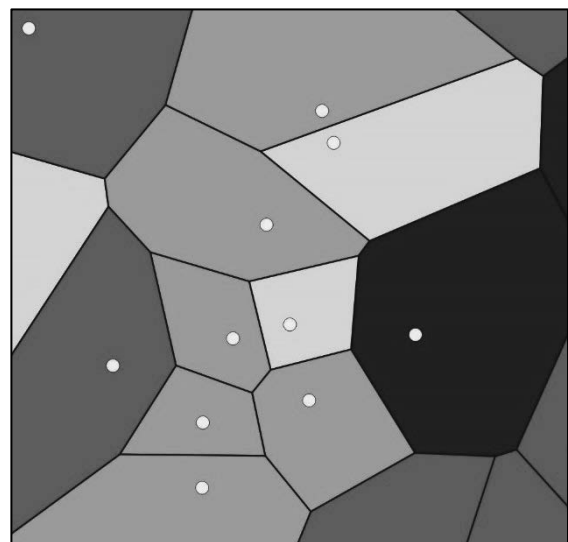


図4 ディゾルブ処理により一つのポリゴンとなった避難所圏域。避難所圏域内人口の人数ごとに色分けされている。

IV. 活用例

本章では、前章まで紹介してきた分析手法を用いた活用例を、山本(2019)の「GISを用いた浜松市における避難所の圏域分析-浜松市中心部の河川を考慮して-」から紹介する。山本(2019)では近年の「想定外」の豪雨及びその被害を背景に、天竜区を除いた浜松市を研究対象地域として河川氾濫を考慮した際の避難所圏域の変化を明らかにすることを目的としており、氾濫の可能性のある河川として馬込川・芳川(東芳川を含む)を採用している。前章までで述べたような、ボロノイ分割、面積按分法といった手法を用いて、河川を考慮しないボロノイ図と河川で土地を区切った後に作成したボロノイ図との避難所圏域内人口の違いから河川が及ぼす浜松市の避難所圏域の変化についての分析を行った。何かしらの外的要因により、河川を横切れなくなった場合を想定した上で、最寄り避難所が河川を隔てた向こう側の場合、土地を河川で区切ることでその避難所が最寄りにならないように設定した。

1. 対象地域の概要

研究対象地域は浜松市で、国土数値情報より取得した浸水想定区域データ¹において洪水浸水想定区域には含まれていない天竜区を除いた浜松市中区、南区、東区、西区、北区、浜北区とする。研究対象地域の総人口は 775,935 人(平成 31 年 1 月 1 日現在)。地形は、天竜川中流域の急峻な中山間地、扇状地に広がる下流域の平野部、河岸段丘の三方原台地、そして浜名湖から太平洋の沿岸部によって構成されている。

浜松市内において平成 29 年 6 月から平成 30 年 10 月までの間に河川氾濫の危険性から発表された避難情報の件数は述べ 6 件に及び、集中豪雨や台風による河川氾濫の危険性が高い地域であると言える。加えて、浜松市内の平地を流れ、氾濫に関する緊急情報が度々発せられている「馬込川」「芳川」は氾濫の危険性が高いといえる。したがってこれら 2 つの河川と芳川の支流である「東芳川」を、土地を分断する要因となりうる河川として採択した。

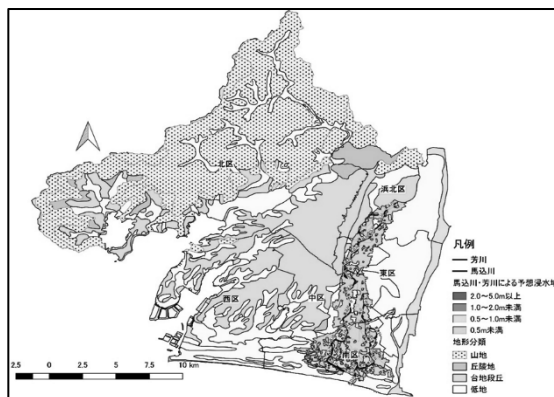


図5 浜松市の地形分類、馬込川・芳川の位置、および両河川による予想浸水域

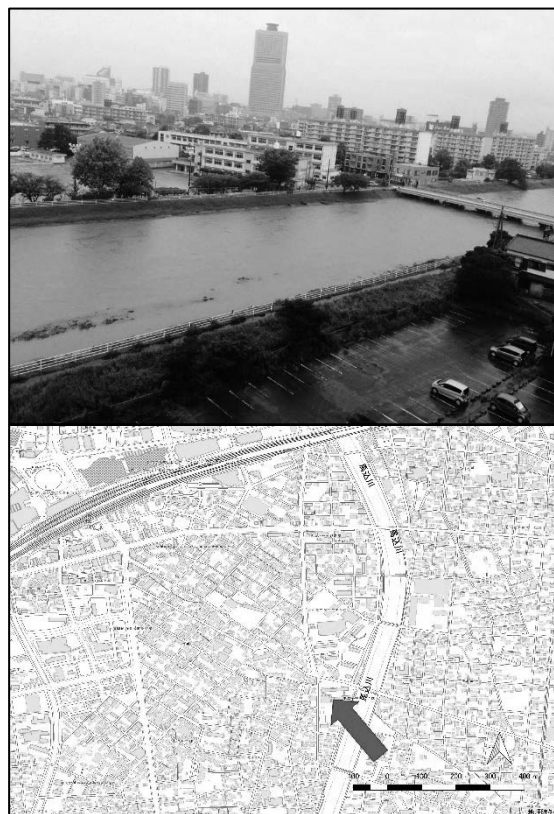


図6 2015 年台風 18 号により増水した馬込川
(下図、撮影地点及びアングル 撮影・提供：静岡文化芸術大学 平塚氏)

2. 使用データ、及び手法

避難所データは「NTT タウンページ 2018 年浜松市版」から入手した浜松市避難所 171 ヶ所を浜松市が自治体連合会ごとに指定した緊急避難場所の住所と照会し、その住所をジオコーディングにより緯

¹ 予想浸水域は国土交通省国土政策局国土情報課の GIS ホームページより国土数値情報ダウンロードサ

ービスを利用し、馬込川・芳川による浸水データを抽出し利用している(平成 24 年度作成データ)

度経度に変換した。人口データは総務省統計局 e-Stat から「国勢調査世界測地系 500 メッシュ」により取得した。また、予想浸水域は国土交通省国土政策局国土情報課の GIS ホームページより国土数値情報ダウンロードサービスを利用し、静岡県全域での予想浸水域データを取得した。それらのデータより、馬込川・芳川による浸水データを抽出し利用している。地形分類図、水害地系分類図に用いたデータは同じく国土交通省国土政策局国土情報課より国土情報の GIS のデータダウンロードサービスから取得し、同様に必要な分類のみを抽出・加工したデータを用いている。

分析手法は前章に述べたボロノイ分割、及び面積按分法を用いて避難所圏域を定義した。ボロノイ図を作成する上で、河川を考慮しないパターンと土地を河川によって分割してからボロノイ領域を作成する 2 パターンを行い、避難所圏域内人口の増減をみた。

3. 避難所圏域の変化

河川を考慮しない場合と河川を考慮し土地を分割した場合の 2 パターンで、処理したボロノイ図を示す。

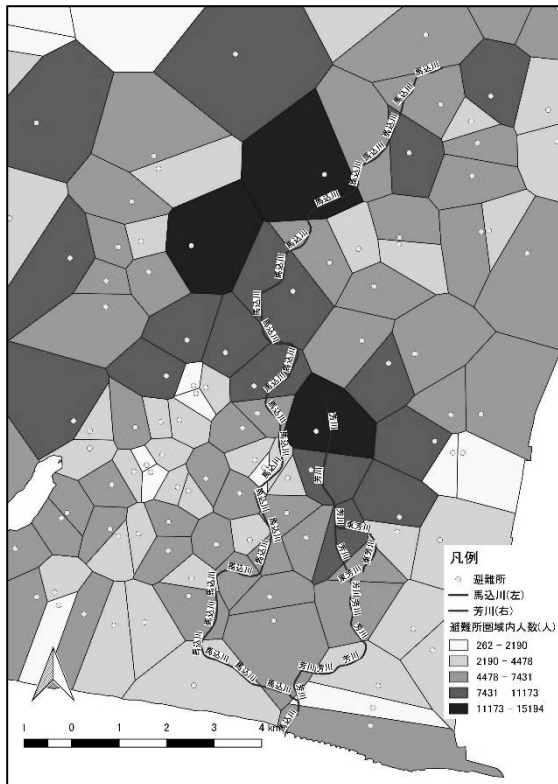


図 7 河川を考慮しない場合のボロノイ図（一部抜粋）

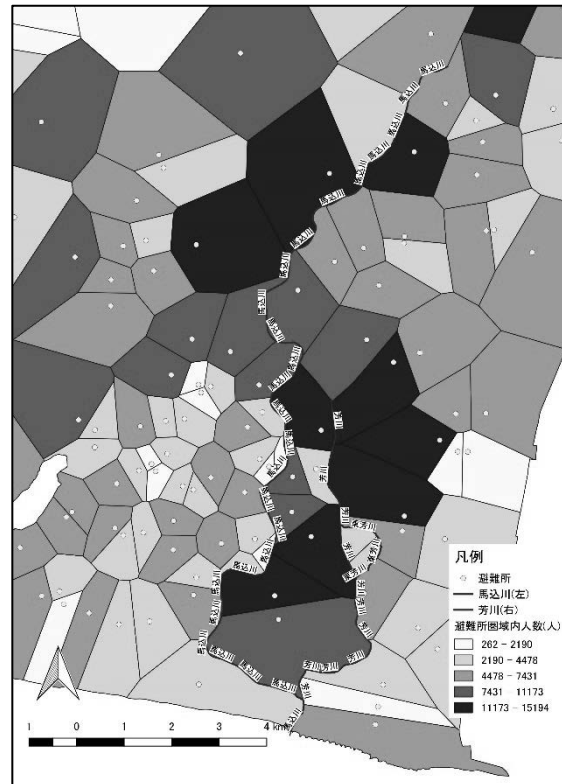


図 8 馬込川・芳川によって土地を分断させたボロノイ図（一部抜粋）

上の二つの図からも視覚的にわかるが、馬込川を境に西側の避難所圏域内人口は比較的減少傾向、馬込川と芳川に挟まれた地域の避難所圏域内人口は増加傾向にある。実際に数値の比較を行うと、馬込川よりも西側の地域においては約 7 割の避難所において避難所圏域内の人口減少が見られ、馬込川・芳川両河川に挟まれた地域においては、逆に 3 割近くの避難所において避難所圏域内人口は減少せず、7 割近くの避難所において避難所圏域内人口が増加した。また、両河川に挟まれている地域の避難所圏域内人口の増加幅も大きくなっている。

したがって、浜松市の避難所圏域は馬込川や芳川といった河川による影響を受け大きく変化し、なかでも馬込川と芳川に挟まれている地域の避難所圏域は圏域内人口が大きく増加したことから、馬込川・芳川両河川による影響が最も大きい地域であるといえる。

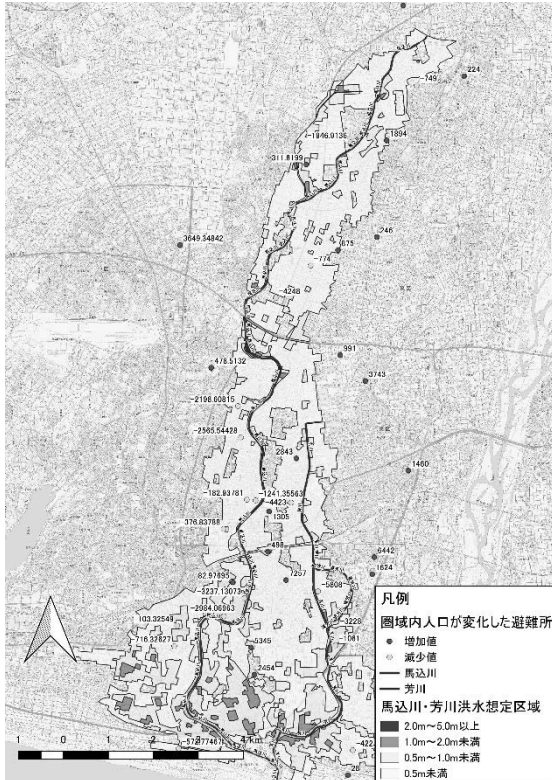


図9 圏域内人口が変化した避難所と変化数

V. 結びに代えて

本投稿では空間データベースの概要を記し、それに基づき実際に空間データを運用していく過程を論じた。具体的には、避難所圏域の空間としての定義付けや、その空間データに圏域内人口のデータを付与する過程を、ボロノイ分割や面積按分法などのGISソフトウェア上での処理を付け加えながら説明した。続いて、浜松市を対象とする「災害時の避難所圏域の分析」における実際の避難所圏域の分析手法や、用いたデータ、及び河川氾濫といった自然災害を考慮した際の圏域の変化の様子などを山本(2019)の論文から活用例として挙げた。浜松市においては、馬込川・芳川の両河川に挟まれた地域の避難所圏域は河川の影響を最も受けて変化したといえる。

しかしながら、活用例の事例は圏域変化の可能性の一つに過ぎない。実際の避難所の分析は人の動きをより考慮する必要があるため、活用例で得た結論は本来の避難所分析や避難方法の検討に考慮する必要がある一条件に留まる。活用例での結果を踏まえ、現実的な避難方法の検討及び提言を行っていくための研究につなげていく必要があると考えている。

謝辞

本投稿執筆において、浜松市・馬込川の増水の様子を記録した貴重な写真の提供、及び使用の承諾をくださった静岡文化芸術大学 平塚氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

- [1] 浅見泰司・矢野桂氏・貞広幸雄・湯田ミノリ 編 2015. 地理情報科学-GIS スタンダード : p.54-59 p.82. 古今書院
- [2] 牛山素行 2012. 防災に役立つ 地域の調べ方講座. 古今書院
- [3] 川村壮・橋本雄一 2017. 積雪寒冷地の港湾都市における建物立地と津波からの避難行動に関する空間分析. 地理要旨集 2017a(0) : 100150.
- [4] 北島理司 2015. オープンソース GIS を用いた避難所配置に関する研究—大阪市住吉区を事例として—. 情報地質 26 巻 2 号 : 94-95.
- [5] 鈴木康弘編 2015. 防災・減災につなげるハザードマップの活かし方. 岩波書店
- [6] 豊田瑞穂 2017. 天井川・草津川流域の土地利用変化と災害脆弱性 : 流域変化の防災活動に与える変化に着目して. 地理要旨集 100042.
- [7] 内藤健裕・橋本雄一 2018. 積雪寒冷都市における津波災害時避難困難人口の変化. 地理要旨集 2018s(0) : 000309
- [8] 橋本雄一 2017. 二訂版 QGIS の基本と防災活用. 古今書院
- [9] 浜松市ホームページ 過去の緊急情報. <https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/choihama/kinkyu/kako.html> (最終閲覧日 : 2018 年 10 月 07 日)
- [10] 山本裕貴 2019. GIS を用いた浜松市における避難所の圏域分析-浜松市中心部の河川を考慮して-. 静岡大学情報学部卒業研究
- [11] e-Stat 政府統計の総合窓口 統計データダウンロード. <https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?type=1> (データ取得日 : 2018 年 4 月 13 日)
- [12] NTT タウンページ 浜松市版 2018. 防災×医療. H29 広表第 781 号 : 10-17.