

平塚市を対象とした浸水被害予測に関する研究

史 中超 研究室

1861002 安福萌希

1861029 北村虎之介

1861092 乙須梨華子

1. 研究背景・研究目的

近年、地球温暖化を起因とした異常気象が世界各地で発生し、集中豪雨の被害が多く観測される。日本は、長い間台風などの豪雨、暴風、高波、高潮による被害を受け、その対策の繰り返しを行ってきた。文献[1]に示す統計結果では、1時間降水量 50 mm以上の発生回数が 2011 年から 2020 年では 334 回、1976 年から 1985 年では 226 回と 10 年間を比較すると 1.5 倍になっている。また、近年の豪雨、台風による被害地域に変化が見られている。豪雨の被害地域はこれまで西日本や東北地方に多くみられた。2019 年の台風 19 号被害地域がこれまであまり被害が見られなかった東京を中心とした関東南部であり、高層ビルや住宅地の増加、都市における土地利用の変化に伴う浸水被害が見られた。2021 年 7 月の豪雨では静岡県を中心に記録的な豪雨となり、熱海市では逢初川を南東方向に向かって海までおよそ 1km に渡って土石流が起き、26 名の死者と 1 名の行方不明者の被害が起きている。

今後大雨の頻度が増えていくと予測されており、台風による被害や豪雨による風水害や土砂災害の発生のリスクが高まっている。人々が快適に暮らすために都市化を進めてきたが、それにより新たな豪雨被害の原因が生まれたことで、私たちはさらなる対策を提案していかなければならない。

浸水被害は、主に内水氾濫、外水氾濫の 2 種類がある。外水氾濫とは、河川の水位が上昇し、堤防を越える、破堤するなどして堤防から水があふれることである。内水氾濫とは、河川の水位の上昇や流域内の多量の降雨などにより河川外にお

ける住宅地などの排水が困難となり浸水する現象のことである。内水氾濫は、現代社会の都市化により不浸透区域が増加し、地下鉄や地下街などの都市部で甚大な被害を引き起こしている。浸水被害の発生は、豪雨時に降った雨の総雨量、1 時間あたりの降雨量、地形、排水能力などの要素が深く関係している。

本研究では、関東南部に位置する神奈川県平塚市を対象とし、集中豪雨によって発生する内水氾濫の被害場所を予測し、浸水被害の危険性が高い避難所の選定を行う。平塚市の地域は花水地区、港地区、平塚地区、大野地区、豊田地区、神田地区、城島地区、岡崎地区、金田地区、金目地区、土沢地区、旭地区の 12 の地区によって形成されている。内水氾濫被害予測を行うために、既存の内水氾濫予測モデルを利用し、浸水被害場所を予測する。また、地域の土地利用別浸透率および浸透能に着目し、より精度が高い被害予測を行う。

これらの結果をもとに、既存の避難所の中で浸水被害の危険性が高い避難所の選定を行う。

2. GIS を用いた解析

本研究では雨水がどのように流れるのかを ArcGIS Pro を用いて以下のような手順で水文解析を行う。

- ①GIS データの収集と変換
- ②使用する標高データを 100 m²のセルに変換
- ③サーフェスの平滑化を行い、窪地を平滑化
- ④雨水が流れる方向を示す流向ラスタを作成
- ⑤各セルに流れ込む雨量を示した累積流量ラスタを作成

⑥累積流量に条件を付け、雨水の流れ方を示した河川図を作成

⑦土地利用を踏まえ1町丁分の雨量が流入する場所を特定

図1では表面流入がある場所(雨水が集まる場所)を水色、ない場所(雨水が集まらない場所)を白で示している。

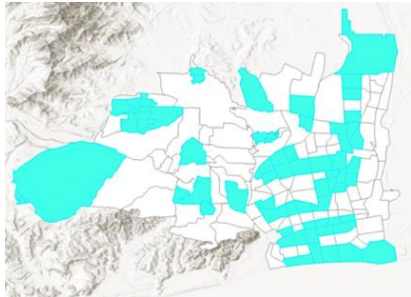


図1 表面流入の有無

3. 内水氾濫被害予測

本研究で使用する内水氾濫被害予測モデルは、浸水被害が発生する可能性がある降雨強度を求めるために利用し、各町丁から流れ込む表面流入量、各町丁から流れ出す表面流出量、雨水対策による地下浸透能力、下水道による雨水排出能力の4つが必要である(文献[2]を参照)。

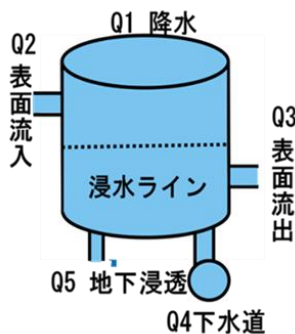


図2 内水氾濫被害予測モデル

Q1：町丁に降り注ぐ降水量(m³/s)

$$Q1 = (1000/3600) \times r \times A \quad (\text{式 1})$$

Q2：表面流入量(m³/s)

$$Q2 = (1000/3600) \times C \times r \times A \quad (\text{式 2})$$

Q3：表面流出量(m³/s)

$$Q3 = (1000/3600) \times C \times r \times A \quad (\text{式 3})$$

Q4：下水道による雨水排出量(m³/s)

$$Q4 = (1000/3600) \times d \times A \quad (\text{式 4})$$

Q5：地下浸透量(m³/s)

$$Q5 = (1000/3600) \times p \times A \quad (\text{式 5})$$

※1 A=対象町丁面積[単位：km²]

※2 r=降雨強度[単位：mm/h]

※3 C=流出係数(表3に示しているそれぞれの流出係数)

※4 d=下水道の雨水排水能力[単位：mm/h]
(各地区ごとに定めた)

※5 p=地下浸透能力[単位：mm/h]

(地区ごとに定めた値を参照、図2を参照)

このとき、 $Q1 + Q2 > Q3 + Q4 + Q5$ で求めるrが、内水氾濫被害が発生する可能性がある最小の降雨強度である。

4. 内水氾濫被害予測の結果と検証

平成24年7月14日、平成25年9月15日に起きた集中豪雨を内水氾濫被害予測モデルの結果と照らし合わせた。

表1に、3章の内水氾濫予測モデルにより予測した結果を示している。

表1 内水氾濫被害予測の結果

地区	最小降雨強度 (mm/h)
花水地区	107.7602954
港地区	166.6002215
平塚地区	29.01057836
大野地区	28.77547251
豊田地区	36.75793555
神田地区	90.02855511
城島地区	37.98697568
岡崎地区	36.12168054
金田地区	34.48377581
金目地区	34.22608525
土沢地区	80.7857811
旭地区	32.66323205

図3は平成24年7月14日に起きた浸水被害の場所を示したものである。図4に同日の被害場所と表面流入があると水文解析結果で出た地区の一致場所を示す。

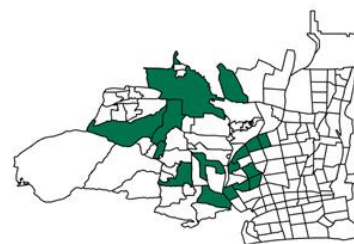


図3 被害場所 (平成24年7月14日)

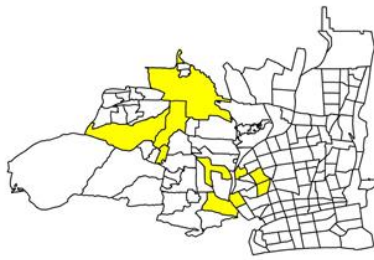


図4 被害場所と水文解析結果（表面流入あり）の一致場所（平成24年7月14日）

表2 平成24年7月14日観測所別最大時間雨量

観測所名	最大時間雨量
花水小（花水地区）	32.7mm
旭小（旭地区）	55.7mm
神田小（神田地区）	58.0mm
馬入橋（平塚地区）	52.0mm
平塚土木事務所（大野地区）	49.0mm
真田橋（金目地区）	66.0mm

表1の最小降雨強度と表2の最大時間雨量を比較した結果浸水被害が予測される地区は、平塚地区、大野地区、金目地区、旭地区であり、一致率は、77.9%となった。



図5 浸水被害場所と水文解析結果（表面入なし）の一致場所（平成24年7月14日）

図5は水文解析の結果、表面流入がない地区かつ、平成24年7月14日に浸水被害があった場所の共通している町丁目を示したものである。浸水被害が起きた場所は高確率で予測できたが、表面流入がない地区でも被害が発生してしまった地区があった。

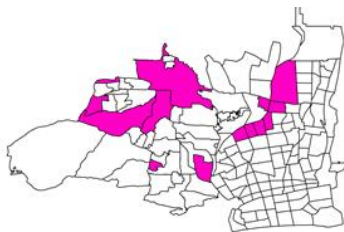


図6 被害場所（平成25年9月15日）

図6は平成25年9月15日に起きた浸水被害の場所である。図7は同日の被害場所と表面流入

があると水文解析結果で出た地区の一致場所を示したものである。



図7 被害場所と水文解析結果（表面流入あり）の一致場所（平成25年9月15日）

表3 平成25年9月15日観測所別最大時間雨量

観測所名	最大時間雨量
花水小（花水地区）	56.2mm
旭小（旭地区）	52.7mm
神田小（神田地区）	56.6mm
馬入橋（平塚地区）	58.0mm
平塚土木事務所（大野地区）	65.0mm
真田橋（金目地区）	44.0mm

表1の最小降雨強度と表3の最大時間雨量を比較した結果浸水被害が予測される地区は、平塚地区、大野地区、金目地区、旭地区であり、一致率は、89.1%となった。



図8 浸水被害場所と水文解析結果（表面流入なし）の一致場所（平成25年9月15日）

図8は表面流入がない地区かつ、平成25年9月15日に浸水被害があった場所の共通している町丁目を示したものである。浸水被害が起きた場所は高確率で予測できたが、平成24年7月14日の検証結果と同様、誤った浸水被害予測もあった。

2つの事例の検証の結果、浸水被害が起きた場所は高確率で予測することができたが、平成24年7月14日（図5）、平成25年9月15日（図8）の両日ともに誤った浸水被害予測結果もあった。その原因として平塚市を12地区に分け、広範囲で内水氾濫予測を行ったことが考えられる。

5. 浸水被害の危険性が高い避難所の選定

本研究では2章、3章のデータをもとに内水氾濫による浸水被害を受ける可能性がある避難所の選定を行う。

ArcGIS Pro を使用し以下の手順で浸水被害の危険性がある避難所の選定を行う。

- ①GIS のデータの収集と展開
- ②避難所と川との距離をバッファで表示
- ③表面流入の有無と土地利用の比較
- ④危険性の高い避難所の選定

表4 川と避難所までの距離（表面流入）

距離	避難場所		
100m	土屋小学校	八幡中学校	金旭小学校
200m			
300m	土沢中学校		
400m	山城中学校		
500m	旧平塚商業高校	大野中学校	

表5 川と避難所までの距離（表面流出）

距離	避難場所				
100m	金目小学校				
200m	山下小学校				
300m	吉沢中学校	松ヶ丘小学校	松原小学校	旭小学校	岡崎小学校
400m	旭陵中学校	金目中学校	松延小学校	金田小学校	南原小学校
500m	なでしこ小学校	平塚競輪場			

表4、表5はバッファを用いて川との距離を表にまとめたものである。

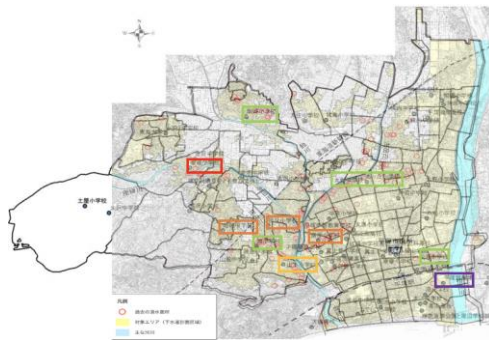


図9 避難所と土地利用の比較

解析した結果、図9に示すように11箇所の避難所が浸水被害の危険性が高い結果となった。その中でも川との距離に近い程（表6）浸水被害の危険性が高く、過去の事例と比較することで同様のことが言えることが分かる。

表6 浸水被害が予測される施設

距離	避難場所				
100m	金目小学校				
200m	山下小学校				
300m	大野中学校	松ヶ丘小学校	松原小学校	旭小学校	岡崎小学校
400m	旭陵中学校	松延小学校	南原小学校		
500m	平塚競輪場				

6. まとめ

本研究では、調査対象地を神奈川県平塚市とし、集中豪雨による内水氾濫被害予測を行った。ArcGIS Pro を使い、表面流入、表面流出を算出したうえで、内水氾濫被害予測モデルを用いて最小降雨強度を算出した。過去の浸水被害の事例がある場所と今回の予測結果が一致した場所はそれぞれ、77.9%、89.1%であった。誤った予測になってしまった原因として、予測する際の地区分けの範囲が大きくなったことが考えられる。

また、現在の平塚市が設定している避難所と今回行った内水氾濫被害予測の結果から浸水被害の危険性が高い避難所の選定を行った。その結果、現在避難所に指定されている金目小校、岡崎小学校、旭陵中学校、旭小学校、松延小学校、南原小学校、山下小学校、大野中学校、松ヶ丘小学校、松原小学校、平塚競輪場11箇所の避難所が浸水被害に遭う危険度が高いことが分かった。また、11の避難所の中でも川からの距離が近いほど浸水被害が起きる危険性が高いことも分かった。

本研究では、土地利用別浸透率を考慮し研究を行ったため、既存の研究に比べより精度の高い浸水被害予測を行うことができた。一方、平塚市を12の地区に分け内水氾濫被害予測を行ったが、その地区分けの範囲を大きくしてしまったことにより誤差が生まれてしまった。さらに地区を細分化し、より正確な浸水被害予測を行うことが必要である。

7. 参考文献

- ① 気象庁
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html
- ②GIS を用いた集中豪雨による浸水被害予測に関する研究（小池 晶夫 著）
- ③ 平塚市総合浸水対策基本計画
<http://www.city.hiratsuka.kanagawa.jp/common/100057342.pdf>