

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：32644

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2016

課題番号：25630251

研究課題名(和文) 集中豪雨による住宅地の内水氾濫を解消する雨水排除モデルの構築

研究課題名(英文) Inland flood disaster due to heavy rainfall and its disposal

研究代表者

鹿田 光一 (SHIKATA, Koichi)

東海大学・熊本教養教育センター・准教授

研究者番号：50243902

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：内水氾濫に対し、経時変化観測装置開発、交渉を試みたが設置不許可であった。地形解析と現地調査から被害箇所を確認した。直接観測方式からドローン遠隔観測へと方針を変更した。航空法の改訂への対応に時間を要した。GISを用い、平成27年集中豪雨に伴う内水氾濫の簡易連関モデルを提案し、内水氾濫発生の日安を特定した。改訂航空法への対応条件を整えデータ蓄積の必要性から研究期間の延長申請した。平成28年内水氾濫の発生は1回かつ夜間であり、改正航空法により観測不可能であった。しかし現地にて発生終息に至る内水氾濫の観測に成功、シミュレーションを行った。

研究成果の概要(英文)：It is very difficult to cope with long term changes in runoff characteristic, and also hard to estimate drainage ability which will change in various related conditions. A lack of knowledge about this type of flooding will delay the countermeasures used to address the disasters. A simple model to estimate this type of flood is proposed, which is composed of three steps. As a result, the difference is the roughly estimated drainage ability for the basin, which must be an important factor to address the flood disaster itself as a next step. Furthermore, the field observations on a series of flooding phenomena that occurred in June of 2016 were achieved. The inland flooding simulations based on the results of fieldwork have been created using a geographic information system.

研究分野：測量

キーワード：内水氾濫 地理情報システム

1. 研究開始当初の背景

各地で内水氾濫現象が報告され、その広がりと同規模は深刻化している。集中豪雨に伴う内水氾濫については、都市中心市街地を対象にした研究は進んでいるものの、住居エリアについては進展していない。特に農業用水路が長年に亘って増設・延長を繰り返してきた住居エリアにおいては、地域全体の排水能力、浸水被害メカニズムを捉えることが極めて困難な状況にある。

2. 研究の目的

内水氾濫現象は、エリア排水能力不足が原因であり、特に住宅地における氾濫被害は、排水方法自体が十分に計画されていない事に起因する。気候変動・ヒートアイランド現象に伴い、今後も頻発すると予想される集中豪雨による、住宅地における内水氾濫現象に対して、従来困難であった被害状況の把握、モニタリングに基づく浸水メカニズムの解明、適切な雨水排除モデルを構築し、内水氾濫現象の解消のための具体的提案を行う事を目的とする。

3. 研究の方法

4段階からなる問題解決型モデルの実施を行った。

- 1) 住宅地の歴史的・地理的状況及び内水氾濫の状況（浸水箇所・規模）を正確に特定する。
- 2) 住宅地における内水氾濫の経時変化を水位観測装置により継続測定する。
- 3) 住宅地における内水氾濫の周辺水位（河川・湖等）の影響を考慮したメカニズムを解明する。
- 4) 住宅地における内水氾濫を解消するための指針を提言する。

本研究は、住宅地における内水氾濫被害に対して、アンケート調査に基づく被害状況の把握ではなく、広域に発生する浸水被害を計測によりその現状を面的に捉え、その本質である非正常現象を境界条件となる周辺水域との相関メカニズムとして解明し、長年放置されてきた実問題を解決し、住民不安を具体的に解消する事を目指すものである。

4. 研究成果

(1) 対象エリア歴史的・地理的状況調査

集中豪雨に伴い高確率で内水氾濫現象が発生する

本対象域は、北部の居住エリアには、住宅のほか、保育園・幼稚園・小学校・中学校が存在し、南部エリアには、高層マンション・ショッピングモール・総合病院が集中するなど、住民生活にとって重要な役割を果たしている。しかしながら、豪雨時には、特に南部エリアの道路が全面冠水し、“陸の孤島”状態となり、地域基幹総合病院へのアクセス道路が通行止めとなり、救急搬送・血液輸送が出来ない状況に至ることもある（図1）。



図1 調査対象エリア全景

対象地域には、奈良時代に肥後国の国府が建設されたものの、その後は近世までは農村（出水村）であった。熊本市へ編入後、宅地化が進み、現在は、マンション・住宅などが立ち並び、長溝団地などを抱える東部地区有数の住宅街にいたる土地利用形態の経年変化を示す（図2）。



昭和 37 年



昭和 51 年



平成 24 年

図2 土地利用状況の変遷

基盤地図情報（国土地理院提供）より対象地域の図郭データ集から水路・道路情報を抽出し、数値標高レベル（5mメッシュデータ）をラスタ変換し同一座標系に重ね合わせることで、図3に示す通りの水路—土地標高の相関図が得られた。土地形状の可視化により次の点が明らかになった。

- ① 対象地域はすり鉢状の地形底部にあたる。
- ② 東西両方向へは帯状にマウンドが存在する。



図3 水路と土地標高の相関図

(2) 内水氾濫内水氾濫状況調査

対象エリアの水路と地図を照らし合わせ水流を把握し、同エリア(2300m×1600m)を20の区画に分割し、エリア全域の踏査および調査表を用いて対象エリア住民へ聞き取り調査を行った(図4)。



図4 対象エリア

現地視察調査結果から図5中のマーク箇所において氾濫が多く見られる等、浸水状況を確認した。



図5 調査結果 氾濫ポイント

(3) 内水氾濫観測システム

(2)の結果、同エリアに多数存在する水路においても、住民の日常生活に支障が生じる浸水被害は、特定系列の水路に起因していること、および、ある貯水池(民間所有)の排水管理が十分で無い為、その周辺における被害を拡大していることなど対象

エリア全域における面的な被害の状況を特定することが出来た。上記の通りこのエリアの内水氾濫現象は、幾つかのパターンの組み合わせからなる現象であるが、発生的事实は確認できたものの、その現象のメカニズムが不明なままである。この為、行政側との打ち合わせの後、用水路における水位観測の検討を行った。しかしながら、このエリアにおける用水は非常に複雑な形状で分布し、また用水路は幾つかの系統に分類できることがわかった。

観測対象となる用水路を系統分類した結果、その系統毎の水位観測ポイントの総計は23ヶ所となった。この為、高価な観測機器の導入は困難と判断し、簡易水位計の設計を試みた。各人がそれぞれに案を出し合う形で検討を行い、その集合体として、図6に示す簡易水位計が完成した。特徴としては、円柱型発砲スチロールをフロートとして利用、水位上昇時にその浮力でウレタンスポンジを持ち上げ、水位低下時にはフロートは降下するもののウレタンスポンジは最高水位のマーカースとして残存するものとした。ウレタンの加工では、手で加工することが難しく、金属加工業者に依頼する形となった。

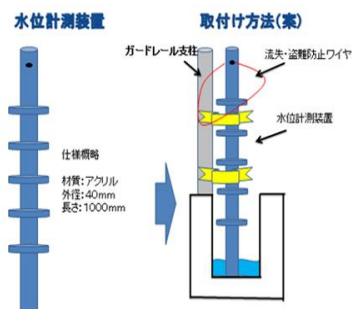


図6 水位計測装置

水路流量の特定の為、水路の断面形状計測を実施し、水路の高さ・幅・流速を測定した(図7)。



図7 水路断面形状の計測

上記に示す準備を整え、簡易水位計を設置する為のガードレールの使用許可を行政側に申請した。

しかしながら、提案した水位計測装置の設置方法が、熊本市法定外公共物管理条例 第3条4号の、

「法定外公共物の保全又は利用に支障を及ぼすおそれのある行為をすること。」に抵触するとの判断が下された。その為、水位観測方法自体を間接観測方式への変更を検討したが、設置用ガードレールの使用許可申請が認められなかった。

(4) 内水氾濫現象の簡易連関モデル

内水氾濫を、一つの水系を形成するもので、その範囲の地表水はその水系に流れ込むものとする（井上ら 2009）。降雨は、降雨遮断、土地利用状況による蒸発散・地下浸透、表面流出など形を変え、また地表水も道路・水路等を通じて貯水施設や河川に合流するが、水路・貯水施設は貯水状況により、河川も下流側水位等によりその排水能力が異なる。このような複雑な現象の為、蒸発散・浸透・貯水・排水の総水量を概算排水量として算定を試みる。

浸水現象自体の解消を目的とした場合、そのエリアの排水能力の不足量を特定し、早期に過剰な雨水の排除対策が行うことが重要である。その為、内水氾濫現象発生エリアにおける、概算排水能力の特定および排水能力不足量を特定することを目的とし、1. に述べた簡易連関モデルの適用を行う。

ステップ1として、浸水エリア周辺の集水域を特定する（山内ら 2012）。標高データとして、国土地理院作成 数値標高モデル 5m メッシュ DEM を用いる。雨水の浸水エリアへ至るネットワーク領域を集水域として特定する為、[サーフェスの平滑化]ツール→[流向ラスタの作成]ツール→[流域ラスタの作成]ツール→[累積流量ラスタの作成]ツール→より、浸水エリアに至る集水域を判別、ポリゴンを抽出する。

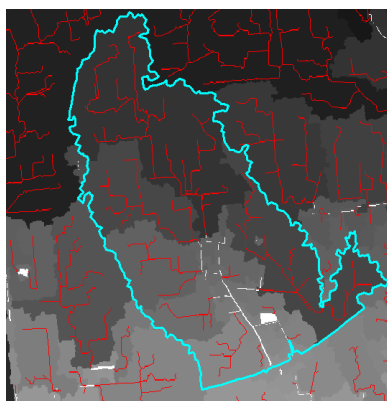


図8 集水域と抽出例

ステップ2として、事前調査により氾濫状況の概略を把握、発生可能性のある浸水分布・浸水深さのシミュレーション数例（図9：浸水分布例、図10：浸水深さ例）を用意し、近隣住民の方への聞き取り調査を行った。この際に得られた知見として、浸水分布のみによる聞き取り調査では、住宅・建造物の多い本エリアでは周辺への見通しが利かず、浸水の面的な広がりについては個人的なバラつきが見られたが、水深分布について概ね近い状況が得られた。



図9 浸水分布シミュレーション例

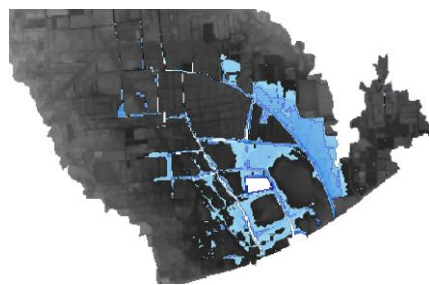


図10 水深分布シミュレーション例

ステップ3においては、概算排水量（定義は2.2 前述）の算定を式（1）に沿って行う。

$$\begin{aligned} Q_{flood} &= Q_{rain} - Q_{sat} - Q_{stra} - Q_{drain} \\ &= Q_{rain} - (Q_{sat} + Q_{stra} + Q_{drain}) \quad (1) \\ &= Q_{rain} - Q_{DRAIN} \end{aligned}$$

ここに、 Q_{flood} ：浸水水量、 Q_{rain} ：雨水量、 Q_{sat} ：浸透量、 Q_{stra} ：貯水量、 Q_{drain} ：排水量、 Q_{DRAIN} ：概算排水量である。但し、 Q_{rain} ：雨水量は、時間あたりの降水量データ（図-5）に3.2で抽出した集水域面積を掛けた水量であり、 Q_{flood} ：浸水水量は、聞き取り調査により得られた浸水分布をポリゴン化、浸水水深フィールド設定後、[ポリゴン→ラスタ変換]ツール→[サーフェスの体積]ツールにより算出した水量である。

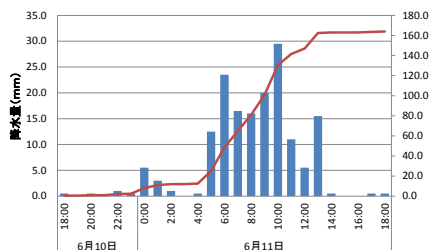


図 1.1 2015年6月11日雨量データ

時間降水量による内水氾濫発生の目安作成の為、概算排水能力を時間降水量相当量により表示した。

結果より、2015年6月11日の集中豪雨においても、20 mm/h の排水能力を有すれば、短時間且つ小規模の浸水への収束が見込まれる。

しかしながら、概算排水能力としては、算出された浸水水量より、凡そ 16mm/h 相当と判明した。

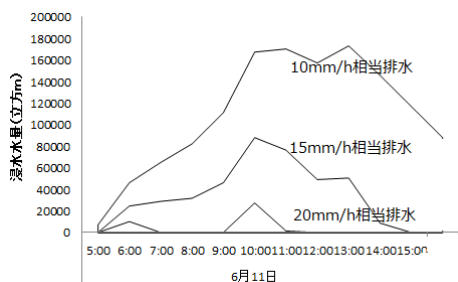


図 1.2 概算排水能力の推定例

植物・建造物からの蒸発散量、地下水浸透、下水道設計・用水路設計などの特定の目的には至らないが、対象エリアの概算排水量を特定、雨水排水能力の不足量を特定し、排水能力増設計画に向け迅速に有効な結果を与える事が可能と思われる。

(5) 内水氾濫観測とシミュレーション

2016年6月20～21日、内水氾濫の発生から終息に至る一連の現象について観測を行った。

この観測結果に基づき、地理情報システム (GIS) を用いて、経時変化を考慮したシミュレーションを行い、エリア的な排水能力について検討する。

対象とする内水氾濫現象は、2016年6月20日深夜における降雨 (図 1.3) に伴って発生したものである。尚、雨量データは、熊本県統合型防災情報システム 雨量情報(10 分間隔)に基づきグラフ化した。

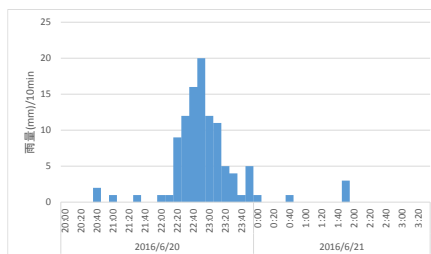


図 1.3 降雨量 (10 分間隔)

図 1.4 に示す観測現場中央、マンション入口における内水氾濫状況 (図 1.5) に伴う浸水深の経時変化を図 1.6 に示す。降雨がピークを過ぎた頃、時間遅れを有して浸水が発生した。



図 1.4 観測現場



図 1.5 内水氾濫状況 (2016/06/21 0:00)

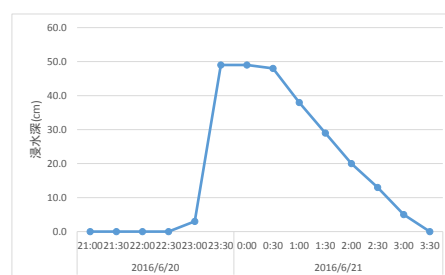


図 1.6 浸水深観測結果 (2016/06/20～21)

先述の (4) に示した手法により、観測時間における浸水深 (図 1.6) に基づき、浸水シミュレーションを実施した。6月20日23:30時点、6月21日3:00時点におけるシミュレーション結果を図 1.7、図 1.8 にそれぞれ示す。また発生から終息に至る内水氾濫現象の浸水量シミュレーション結果を図-8 に示す。浸水深の観測値: 図 1.6 は直線的に回復するが、

浸水量シミュレーション（図19）では、排水能力が水深回復に伴って減少していることが判明した。

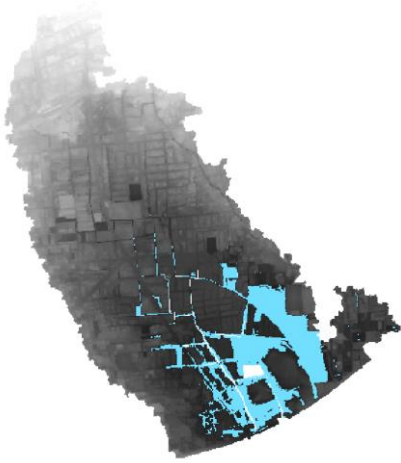


図17 浸水シミュレーション(2016/06/20 23:30)



図18 浸水シミュレーション(2016/06/21 3:00)

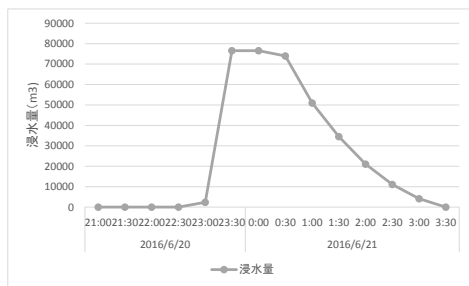


図19 浸水量シミュレーション

<引用文献>

- ① 熊本市法定外公共物管理条例（条例第60条）
- ② 井上薫・清水裕之・大月淳・村山顕人（2009）：
GISを用いた市街地の「水みちネットワーク」把握手法の開発
—愛知県愛知郡長久手町を事例として—，日本建築学会計画系論文集，635，
107-112.
- ③ 山内悠生・清水裕之・村山顕人・宮本将門（2012）：

名古屋市山崎川流域における内水氾濫の発生要因エリアの特定，日本建築学会東海支部研究報告書，50，665-668.

5. 主な発表論文等

[学会発表]（計2件）

- ① 内水氾濫現象に対する簡易連関モデルの適用性についての検証、第24回地理情報システム学会研究発表会、2015年10月10～11日、慶応義塾大学三田キャンパス、
- ② 発生～終息に至る内水氾濫観測結果にもとづくGISシミュレーションとエリア排水能力評価、第25回地理情報システム学会研究発表会、2016年10月15～16日、立正大学品川キャンパス、

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鹿田 光一 (SHIKATA Koichi)

東海大学・熊本教養教育センター・准教授

研究者番号：50243902