

## IoT (Internet of Things) を活用した都市浸水過程の監視と 内水氾濫解析の精緻化による減災シナリオの構築

Monitoring of Urban Flooding Based on Internet of Things and Their Applications in Improvement of Inner Flood Modelling for Risk Reduction Strategies

名古屋大学 特任教授 田代 喬

### (研究計画ないし研究手法の概略)

近年、ゲリラ豪雨などに見舞われた都市域では、下水道の雨水排除能力を超過して内水氾濫に至る事例が散見される。本研究は、合流式下水道が整備された低平地都市域における内水氾濫について、IoT (Internet of Things) を活用した現地観測により浸水過程を考察したうえで、汎用水理解析モデルの適用性を検証して精緻化を図るとともに、減災シナリオの構築を試みるものである。

調査地とした津島市は、名古屋市の北西、伊勢湾沿岸部から広がる日本最大の海拔ゼロメートル地帯に位置し、面積25.09 km<sup>2</sup>、人口約6万5千人を抱える海部地域における中核都市である<sup>1)</sup>。1959年の伊勢湾台風襲来以来、外水氾濫は生じておらず、1964年以降に中心市街地に合流式下水道が整備されてきたが(2015年4月時点の普及率: 32.5%)<sup>1)</sup>、都市化した現状には見合わないため、内水氾濫が頻発している。

全国各地に大きな被害をもたらした平成29年台風21号は、愛知県内では10月22日から23日にかけて大雨や強風による被害があった<sup>2)</sup>。本研究では、この台風が調査地に接近した際の豪雨(22日0時~23日6時、図1)による内水氾濫過程に着目することとした。現地観測は、下水管と接続する水路からその流出先に当たる日光川水系善太川に至る約1.5 km長の流程において、動画および静止画像の撮影と水位計による水深の連続観測を並行して複数地点で行い、開水路の隔壁高さを超過した時点で内水氾濫が発生したと判断した。この観測を準備するに当たり、遠隔操作可能なIoT技術を適用した設計を行い、4G回線に接続したラズベリーパイ端末に赤外線カメラと圧力センサーを接続した観測システムを開発・構築した。ただし、私有地を含む調査地への設置機器については、近隣住民へのプライバシー保護の観点から行政の許認可が得られなかったため、遠隔地でモニターするIoT方式から設置機器にデータ収集するスタンドアロン方式に切り替え、インターバルレコーダー(KING JIM, Recolo IR5)と自記式水位計(HOBO, U20)を併用してデータ収集を行った。

氾濫過程の解析はGUIにより操作が可能で、下水道管路内の水流を解析しながら地表の氾濫流を追跡可能な都市域氾濫解析モデルNILIM (The New Integrated Lowland Inundation Model, ver. 2.0)<sup>3)</sup>を内装した氾濫解析ソフトウェアAFREL (Application of Flood Risk Evaluation, ver.3.0, 五大開発株式会社)を用いた。NILIMは、1次元不定流による河道モデル、下水道モデル、平面2次元氾濫流モデルによって構成されたオープンソース・モデルであり、河川洪水による外水氾濫と合わせた解析が可能である(ただし、本研究では外水氾濫は非対象)。一方、AFRELはNILIMを解析に利用したうえで、計算条件の入力と計算結果の出力手続きをGUI化した汎用ソフトウェアである。計算領域(面積101.12 ha)は、津島市上下水道部への聞き取り調査をもとに、津島駅とその西側に位置する主要な市街地を含み、内水氾濫常襲地域を含む下水道供用区域から抽出した。図1には、計算領域とそこに位置する下水道施設、水路の配置を示す。



図1 解析領域と下水道施設，水路の配置  
(ただし，背景は道路ラインデータ<sup>4)</sup>)

地表モデルは，国土交通省国土地理院が公開する基盤地図情報<sup>4)</sup>から，「5mメッシュ（標高）」、「建築物ポリゴン」を入手し，20 m×20 mの解像度で建物占有率と地盤標高の分布データを作成し，各メッシュの粗度はマンング則で設定した．地上のマンホール・水路と地下の管路網は，主要なものに限り，津島市上下水道部提供データを利用し設定した．

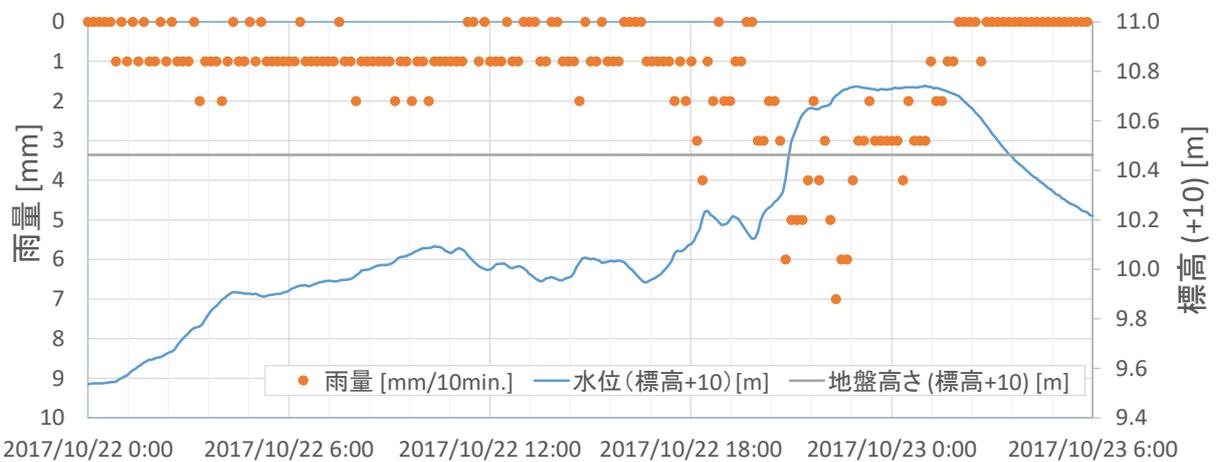


図2 平成29年台風21号接近時の津島市雨量（愛知県提供）と同市藤里町地先を流れる水路の水位

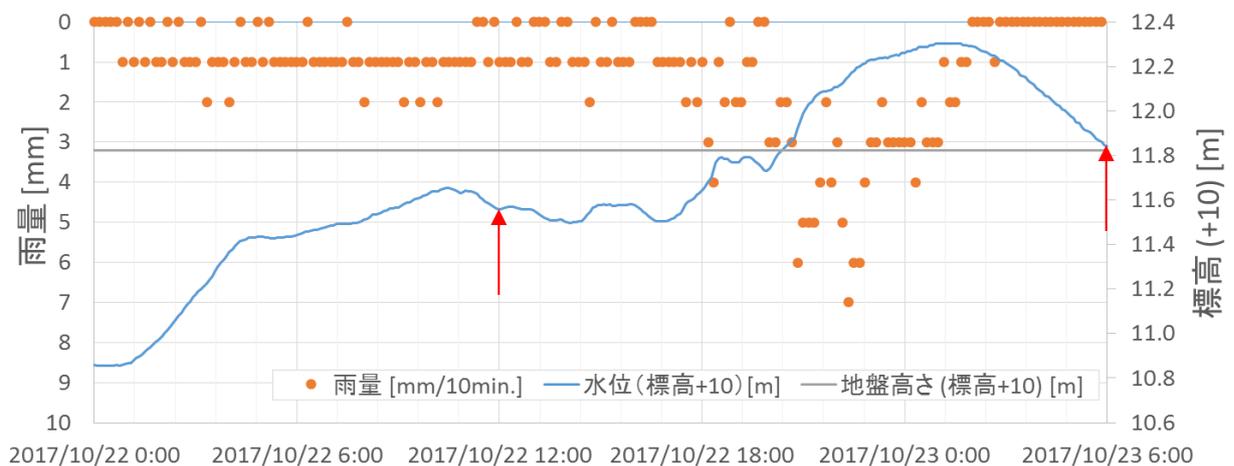


図3 平成29年台風21号接近に伴って生じた津島市東柳原町地先を流れる善太川の様子  
 (上段：水位変化，下段：10月22日12時(左)，および23日6時(右)における撮影画像)

### (実験調査によって得られた新しい知見)

#### (1) 平成29年台風21号接近時の豪雨に伴う内水氾濫の現地観測

図2には、平成29年台風21号接近時の愛知県海部総合庁舎（津島市西柳原町）における観測雨量（10分値，愛知県河川課提供）と同時期の近傍水路（同市藤里町地先）内の水位変化（5分値）を標高（+10）[m]で示す。図中に併記した地盤高さから、10分雨量で約5 mmを上回った22日21時頃～翌23日4時頃にかけて、水路から越水して内水氾濫が生じた様子が見受けられた。図3には、水路流出先の善太川上流（津島市東柳原町）における水位変化と、そこから推測される氾濫時間帯前後の2時点において撮影された画像を示す。図より、この善太川周辺では22日20時半頃～翌23日6時頃にかけて河川からの越水が生じており、図中写真のように、浸水前に見られなかったゴミが浸水後には川沿いに設置されたフェンスの陸地側に存置しているのは、水位上昇時に越水した流水が周辺市街地のゴミを流送し、水位低減時に川に戻る際にトラップされたことによると考えられた。また、図2、3に示した地点以外で計測した水位でも、22日夜から23日未明にかけて相対値ながら周辺地盤高さを上回っていたことから、この期間、調査地のかなり広域にわたって浸水が生じたものと推察された。さらに、図2の藤里町より図3の東柳原町は下流に位置するにも拘らず、相対的に標高が高くなっていることから、調査地は全体的に排水されにくい特性を有する可能性も示唆される。なお、ここでの標高値は、超音波流速計（Xylem, Sontek RiverSurveyor M9）に付帯されたRTK（Real Time

Kinematics) 方式のGPS (Global Positioning System) による計測結果から求めた。

以上から、水路に設置した自記式水位計とインターバルレコーダーにより、台風接近時における内水氾濫過程について部分的に記述するとともに、10分雨量値で最大7 mm (約40 mm/hr) の降雨によって深刻な内水被害が生じ得る可能性を示すことができた。

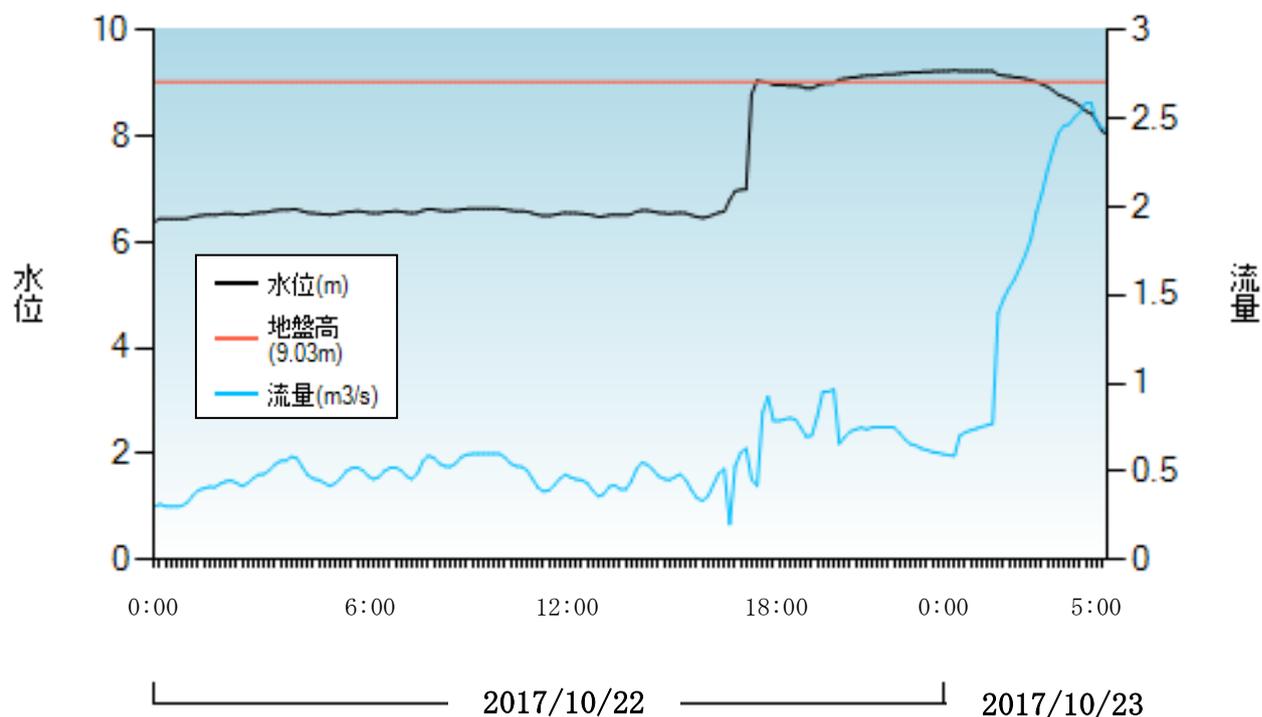


図4 内水氾濫解析によって推定された人孔81内の水位と流量の変化

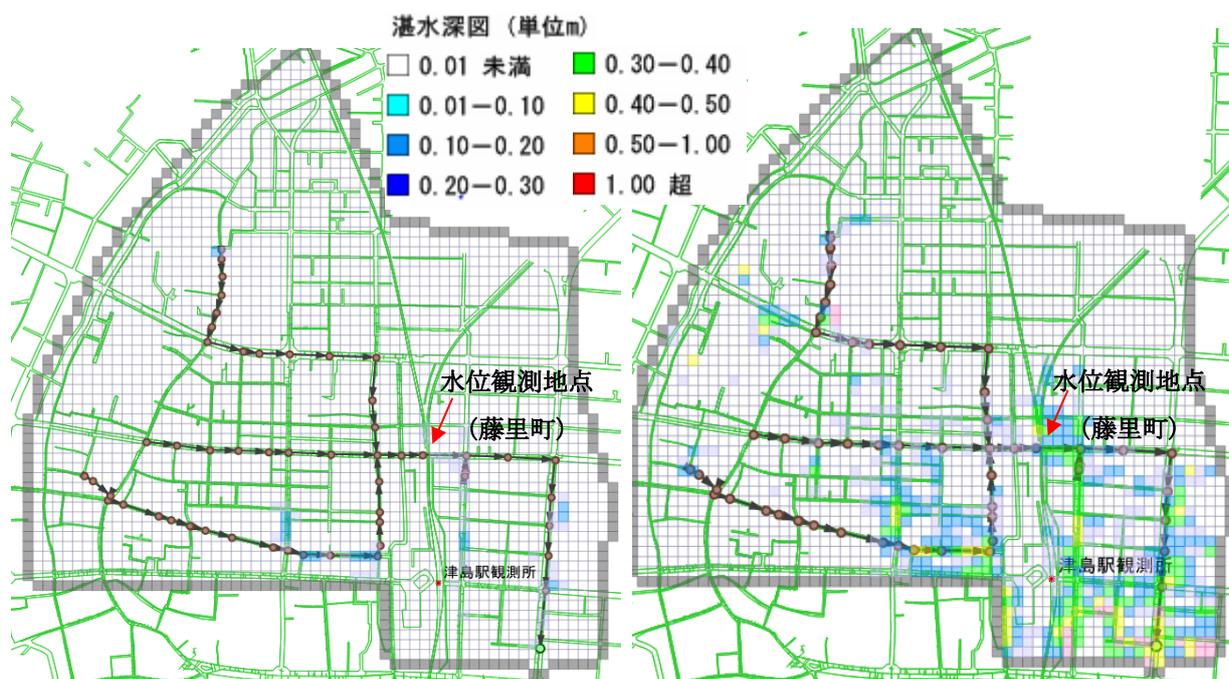


図5 内水氾濫解析によって推定された湛水深分布

(左：平成29年10月22日21時時点，右：各メッシュにおける最大湛水深)

## (2) AFREL / NILIMによる内水氾濫解析：平成29年台風21号接近時の豪雨条件への適用

図4には、平成29年台風21号接近時のマンホール（人孔）内の水位と流量の変化を示す。図には、1回目の降雨量ピーク（18:50, 4 mm / 10min, 図2, 3）に至る過程で水位が急上昇し、18:20に地盤高を上回る越水（マンホールを介した下水道からのオーバーフロー）が生じたほか、その後の一時的な水位低減を経て、2回目の降雨量ピーク（20:50, 6mm / 10min, 図2, 3）に合わせて20:50頃より翌2:40頃まで再び越水が生じて長時間継続した様子が窺える。図5には、計算領域内における湛水深分布について、この領域内の藤里町観測地点において水路からの越水が観測された（図2）、21時時点の解析結果と各メッシュにおける最大湛水深についての解析結果を併せて示す。

観測結果は地上部水路内の水位分布であり局所的なものしかないが（図2）、図4のマンホール内水位変化の挙動と良好に対応していることから、調査地における内水氾濫過程を概ね妥当に表現し得たものと言えよう。Tashiro & Min<sup>5)</sup>は、平成24年9月30日の台風17号襲来時の降雨（12時～21時、最大約50 mm / hr, 期間総降雨量146 mm）をもとに、同計算領域を対象に内水氾濫解析を実施した結果、最大20 haを上回る浸水域が生じた可能性を示した。本解析では、平成29年7月台風21号接近時の降雨（10月22日00時～23日05時、最大約40 mm / hr, 期間総降雨量224 mm）により約30 haの浸水域が生じており、部分的ながら観測結果との対応も良好であったことから、Tashiro & Min<sup>5)</sup>における推算もおおよそ妥当であった可能性が高い。彼ら<sup>5)</sup>の試算では、調査地における氾濫低減に対しては、道路、緑地、農地など、建物によって占有されていない領域における雨水浸透を促進させる方策が効果的であることが示されている。こうした方策を適用するには、本調査地における地理条件を改めて精査する必要は否めないが、将来的な内水氾濫低減策として一考の価値があると言えよう。

## 参考文献

- 1) 津島市：津島市市勢要覧2013 資料編。
- 2) 名古屋地方気象台：平成29年台風第21号に関する愛知県気象速報，2017。
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所水害研究室：NILIM2.0 都市域氾濫解析モデルマニュアル，2012。
- 4) 国土交通省国土地理院：基盤地図情報サイト，<http://www.gsi.go.jp/kiban/>。
- 5) T. Tashiro & A. K. Min: Flood Risks and Their Management in Urban Japan - Modeling Inner Flooding in Tsushima City, Tokai Region: Towards the Implementation of the New Urban Agenda, Müller, B. and Shimizu H. (eds), pp.117-126. Springer. 2018.

## (発表論文)

T. Tashiro & A. K. Min: Flood Risks and Their Management in Urban Japan - Modeling Inner Flooding in Tsushima City, Tokai Region: Towards the Implementation of the New Urban Agenda, Müller, B. and Shimizu H. (eds), pp.117-126. Springer. 2018.

田代喬・Aung Khain Min：合流式下水道が供用された低平地市域における豪雨時の内水氾濫過程の解析：平成29年台風21号接近に伴う津島市市街地における汎用モデルの適用，土木学会第73回年次学術講演会，北海道大学，札幌市，2018年8月。