

第3回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト グランプリ受賞

「砂防 with 折紙」の グランプリ受賞にあたって

福井工業高等専門学校 環境都市工学科 教授 の のむら よしたみ 野々村 善民

1. はじめに

福井工業高等専門学校の本チームでは3年間にわたって、図-1に示す福井県福井市の一乗谷をテーマとして、インフラマネジメントテクノロジーコンテスト(以下、「インフラテクコン」という)に取り組んできた。研究では、「大雨と歴史的事象の解明」を最終目標としている(研究の詳細は、

文末の【参考・引用文献】1), 2) に記述)。これまでに取り組んだ研究内容は、①一乗谷川の氾濫解析、②写真測量を用いて城壁として建造された上城戸の3Dモデルの再現、③3次元の流体数値シミュレーションSTREAMのMARS法を用いた氾濫解析である。

前回、2021年12月のインフラテクコン2021の表彰式において、上城戸が日本最古の砂防堰堤である可能性について審査員から指摘を受けた。



図-1 福井市の一乗谷の配置図



写真-1 グランプリを受賞したメンバーたち

それを受け、今回のインフラテクコン2022では、日本最古の透過型砂防堰堤の発見と折紙を用いた新しい遊水池の計画手法の提案を行い、グランプリを受賞するに至ることになった。実際には前回の表彰式の直後から上城戸の氾濫解析に取り組みながら、まずチーム「砂防 with 折紙」のメンバーが確定した（写真-1）。2022年5月頃、STREAMの解析条件などが確定、主な研究成果が得られ、同年7月に日本建築学会 第45回情報・システム・利用・技術シンポジウムの査読論文としてまとめた。その作成と同時に、受賞チームの学生たちは各自で取り組む研究の成果を同学会全国大会で発表している。

このような体制は2018年から継続しており、インフラテクコンのような学外コンペの応募作品を作成する過程で明らかとなった研究課題は、学生たちによって発表されている。

2. 問題意識と着想

2017年から2019年までの主要な研究は、神戸市灘区の都賀川の流出解析であり、目標は流出解析と確率降水量の関係を解明することであった。これに加えて、複数の専門分野を横断する研究テーマを見出すことも目標としていた。なお今回、一乗谷を研究テーマとして選んだ経緯については、現在の福井県立一乗谷朝倉氏遺跡博物館（以下、「博物館」という）から福井工業高等専門学校に対して、2019年に遺跡調査後の保存方法について技術相談があったことから始まる。

1573年に織田信長によって、城下町一乗谷が滅ぼされた。その直後、焼け跡となった一乗谷のほとんどは一向宗によって土で埋め立てられた。その結果、現在でも遺跡調査によって、一乗谷から考古学的に貴重な資料が発見されている。また、戦国時代の人口が約1,000万人に対して、一乗谷における最盛期の人口は約1万人であった。

このように狭い谷間において、大きな城下町が築かれたことを知ったことが本テーマのきっかけとなっている。また、戦国時代の日常生活の燃料

は薪であり、国内の城下町周辺の山は禿山^{はげやま}であったことが分かった。つまり、戦国時代の一乗谷では、降雨による土砂崩れが頻繁に発生していたことが想定できた。以上の理由から、自然災害から一乗谷を守る何らかの都市インフラが建造されていたことが分かった。

その後、図-2に示すように美濃国の戦国大名の斎藤龍興の館（以下、「龍興館」という）が、一乗谷の外れにあったことが分かる資料が博物館から入手できた。なお、龍興館の位置は城壁として建造された上城戸の川上側であった。斎藤龍興は当時の朝倉氏の客将であり、城下町には建設できなかったことによる。また、上城戸の川上側において、過去に何度も氾濫が起きていた形跡が残っていた。

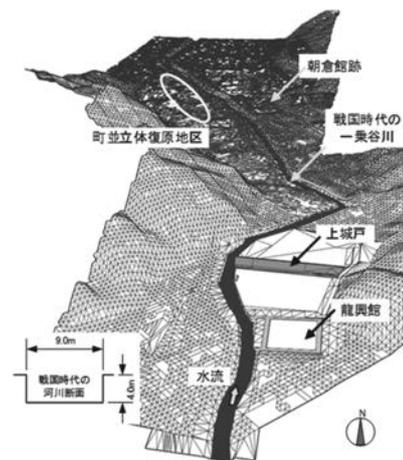


図-2 戦国時代の一乗谷のようす

このように、考古学において明らかになった歴史的な事象について、工学的アプローチによって部分的かつ定量的に解明することが本テーマの着想である。

また、折紙を用いた新しい地下貯水工法の着想については、2019年6月に福井新聞社の主催による「ふくい宇宙アイデアソン」が開催され、当時の本校の女子学生たちが提案した「ちぢまる一む」が1位を獲得したことに始まる。この「ちぢまる一む」は、宇宙ステーションに越前和紙の折紙を施してプライベート空間を創出するものである。当時の開発過程で、過酷な宇宙空間におい

て、福井県内の民間企業による折紙の技術が太陽パネルに利用されていたことを知った。この経緯を踏まえて、折紙が地下空間でも利用できることを確信した。

3. 提案のポイント

本テーマは三つのサブテーマから構成されている。一つ目は、博物館によって発見された戦国時代の一乗谷川（以下、「旧一乗谷川」という）の河川断面を用いて、上城戸を含む一乗谷地域を3Dモデルに再現したことである。二つ目は、iRICを用いた流出解析により、1時間降水量の違いによる旧一乗谷川の流量の関係を明らかにしたことである。三つ目は、図-3に示すように、STREAMを用いた氾濫解析に前記の戦国時代の一乗谷の3Dモデルを入力し、大雨時の旧一乗谷川からの氾濫水の流れを予測したことである。

以上の三つのサブテーマによって、上城戸の川上側と川下側において、外水氾濫が発生することが明らかになった。これによって、城下町中心部における旧一乗谷川の外水氾濫が抑制されていたことが分かった。図-4に示すように、上城戸は透過型砂防堰堤であり、その周辺は遊水池であることが明らかとなった。龍興館の建設時期は1571年であり、一乗谷滅亡の2年前であった。また、1571年頃には外水氾濫による大きな被害がなかったため、広い遊水池に龍興館が建設されたものと想定できた。

以上のように、外水氾濫から城下町を守るために、戦国時代の先人たちは城壁を兼ねた透過型砂防堰堤を建造し、その周辺に遊水池を設けていたことが分かった。現在の土木技術である地下貯水工法を活用することで、図-5に示すように遊水池の貯水量が増加する。これによって、大雨に対する防災が実現できることが分かった。

4. 期待される効果

国内において、内水氾濫の発生が危惧される市



図-3 氾濫解析による水深分布
(1時間降水量は50mm/h)

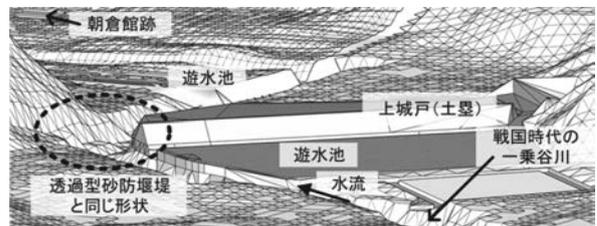


図-4 上城戸の周辺状況

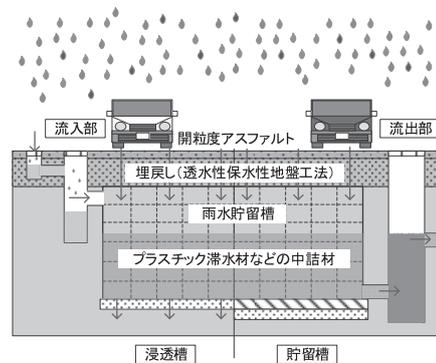


図-5 本テーマで提案した地下貯水工法

街地は多数あり、大雨時における雨水の一時貯留の機能が必要とされている。しかし、既存の市街地において、広大な遊水池を計画することは困難であるため、道路および公園の地下空間が雨水の一時貯留の機能を担うことになる。今後、地下貯水工法はさまざまな地域で実施され、新たな工夫が開発されるものと考えられる。

そこで、本テーマで提案した折紙を用いた中詰材は、将来の土木施工の省力化を実現するツールとなる。なお、中詰材は地下貯水工法の貯水機能

を果たす材料である。そのため、常に水に触れるため、耐腐食に富んだ塩化ビニルを材料として選定した。塩化ビニルは上下水道の配管に利用され、地下に埋設される。この塩化ビニルの新しい利用用途が展開できるものと期待できる。以上から、折紙を用いた建設構造物の実用化は地球上の地下空間から宇宙空間にまで及ぶことになる。

5. おわりに

昨今、市街地の開発が山間部に迫っている地域では外水氾濫、既存の市街地では内水氾濫の対策がそれぞれ必要となっている。今後、限られた面積の中で、大雨によって発生するさまざまな都市洪水の対策技術が計画される。安全安心な街づくりを実現するためには、行政の計画段階において本テーマで取り組んだ流出解析と氾濫解析の必要性は高まる。ここでいう流出解析は、降水量と地

表面を流れる水量の関係を予測することであり、氾濫解析は河川の水流を予測することである。

今後の展望については、行政機関に属する一般ユーザーに対して、気軽に流出解析と氾濫解析を利用できるようにすることである。そのためには、分かりやすい操作マニュアルの開発が必要となる。さらには、流出解析の入力データとなる降水量について、将来の予測手法の開発が期待されている。

【参考・引用文献】

- 1) 野々村善民：写真測量とCFDを用いた戦国時代の一乗谷における外水氾濫に関する研究，一般財団法人経済調査会 建設マネジメント技術 2022年10月号，pp.77～81
- 2) 野々村善民，寺前海斗，萩原春親：戦国時代の城下町の水害対策に関する研究 城壁として建造された上城戸による治水効果，日本建築学会・情報システム技術委員会 第45回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2022 論文集，pp.260-265，2022年12月