

# 防災意識向上のための災害可視化コンテンツの開発

Development of disaster visualization contents to raise disaster prevention awareness

室蘭工業大学 ○学生員 西村洋輔 (Yosuke Nishimura)  
室蘭工業大学 正 員 中津川誠 (Makoto Nakatsugawa)  
室蘭工業大学 学生員 山洞智弘 (Tomohiro Sando)

## 1. はじめに

近年日本では豪雨災害が頻発している。2020年の令和2年7月豪雨では、7月3日から7月31日にかけて日本付近に停滞した前線の影響により日本各地で大雨となり、球磨川や筑後川、最上川などの大河川での氾濫が相次ぎ、人的被害や物的被害が数多く発生した<sup>1)</sup>。2018年の西日本豪雨では、6月28日から降り始めた大雨で岡山県、広島県、愛知県などで河川の氾濫、浸水害、土砂災害等、甚大な災害が発生した<sup>2)</sup>。2016年8月の北海道豪雨では、8月中の2週間で4つの台風が接近し、十勝川や常呂川、空知川などで堤防が決壊したことにより多くの家屋や農地の浸水、橋梁損壊など、甚大な被害が発生した<sup>3)</sup>。このように、北海道を含む全国のいずれかで毎年のように大規模な水害が発生している。

水害の被害を軽減するためにはハード対策の必要とともにソフト対策の必要性が指摘されている。特に、いざという時に住民が主体的に避難行動につながるような危機意識の醸成が必要である。片田ら<sup>4)</sup>は「住民の避難行動とその意識的背景を分析した結果、避難の意思決定を外部の情報に過度に依存する姿勢や、正常化の偏見による危険性の楽観視、過去の経験によるイメージの固定化といった住民意識の問題点が明らかとなった」と述べており、避難情報が出ていても避難しないという事例の分析に取り組んだ。矢守ら<sup>5)</sup>は「専門機関や地元自治体を提供する防災気象情報は有効活用されねばならないが、最終的には、個人、地域社会、組織（学校など）が、早期避難のタイミングや基準を「マイスイッチ・地域スイッチ」として自ら設定し行動することが重要である。」と述べ、避難スイッチにより早期の自主避難、人的被害が出なかった事例を紹介した。田中ら<sup>6)</sup>は「安全度が上がっている今の状況から経験したことがない災害をイメージすることが難しい。」と述べており、拡張現実（Augmented Reality、以下 AR）を用いて洪水時の状況をGoogle Earth<sup>7)</sup>に投影することにより三次元で可視化する手法を提案した。

以上より、住民一人一人が危機意識を持ち、主体的に避難行動を起こすには、災害可視化コンテンツが有効と考える。中でも、模型は地域のイベント等の場においてライブで実験を行い、解説をすることで実体感のある水害の危険性を伝えることができる。さらに、ARを用いることで洪水時の状況を三次元で可視化すれば流域全体や街区という多様なスケールで災害を再現することができる。さらに従来のハザードマップより災害にリアリティを持たせることができ、避難行動の促進への活用が期

待できる。

本稿では、模型とARを用いたコンテンツの開発を行った結果を紹介する。模型では実験の様子を撮影し、説明を付け加えた解説動画の作成を試みた。ARでは室蘭市を流れる知利別川の洪水氾濫計算を行い、その結果を三次元で可視化する「3D 浸水想定画像」の作成を試みた。その目的はこれらによって地域住民の防災意識の向上を目指すことにある。

## 2. 研究方法

### 2.1 模型実験を用いた動画コンテンツの作成

本稿で解説動画を作成した3種類の実験概要を以下に記す。

#### (1) 河岸侵食実験

河岸侵食実験で用いた模型を写真-1に示す。この実験模型はLittle River Research & Design社製のEMRIVER EM3（以下、Em3）であり、河川のダイナミックな水の流れや河道の形成過程を実験で再現することが可能な、研究や教育に有用な装置である。実験は写真-2のように河川とその付近の町を再現した。河床材料は通常の砂とは異なり流出しやすく、軽い素材（メラミンプラスチック）であり、土砂移動による侵食や堆積、蛇行といった川の基本原則を可視化できる材料を用いた。流量は、最初は20 ml/sと小さくし、洪水時に100 ml/sと大きくすることで侵食作用が顕著に発生するように設定する。以上の条件で2019年に佐藤ら<sup>8)</sup>が実験を行った。

#### (2) 破堤実験

破堤実験で用いた模型と実験前の様子を写真-3に示す。この実験模型は国立研究開発法人寒地土木研究所の模型にヒントを得て作成したもので、河川の水位が上昇するに従い、浸透、越流、（裏法尻の）侵食などの作用により堤防が破壊する様子を見ることができる装置である。川の左岸側にはプラスチック製の堤防のうち、延長50 cmの開口部を設け、この区間は土（脱水ケーキ焼却材）を使用して天端幅5 cm、堤防高10 cm、堤防敷13 cmの4分勾配の堤防を作成する。水路の下流側にプラスチックのせき上げ板を設置し、川の水位が堤防の高さと等しくなるように設定する。本実験では高さ8 cmの板を用いた。以上の条件で2019年に佐藤ら<sup>8)</sup>が実験を行った。

#### (3) 斜面災害実験

斜面災害で用いた模型を写真-4に示す。この実験模型は斜面勾配、降雨、地下水等を調整することにより地すべりとがけ崩れを再現することができる装置である。

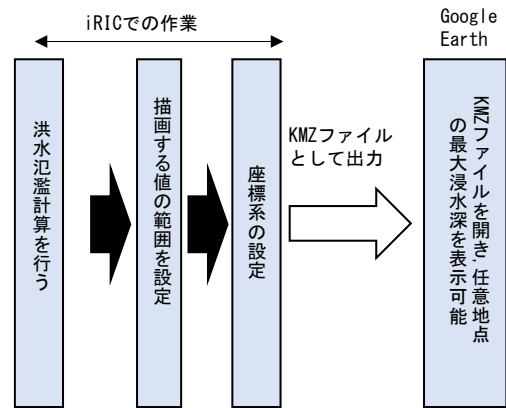
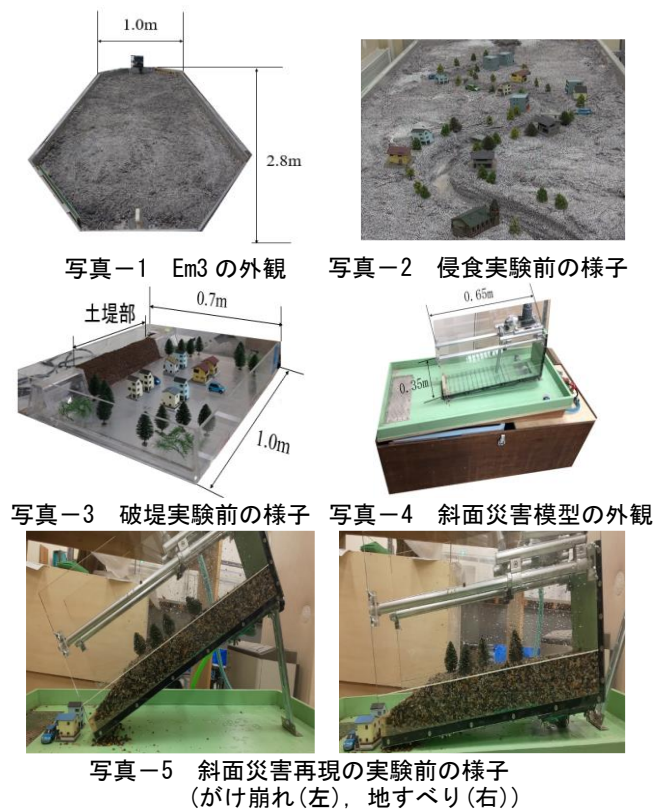


図-1 3D 浸水想定画像作成までの流れ

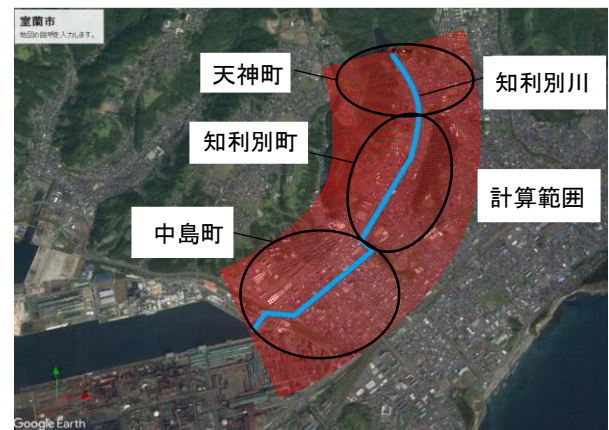


図-2 知利別川と周辺の町の位置図

## (2) 知利別川の洪水氾濫計算

本研究では、方針規模（50 年確率）と想定最大規模（1,000 年確率）の場合における洪水氾濫計算を行う。なお、知利別川の治水計画の基本となる流量は最大値しか示されていないので、以下のような手順で氾濫計算に必要な流量の時系列情報（ハイドログラフ）を推算した。

「方針規模」の流量は、室蘭市における日降雨量データが既往最大事例（170 mm/24 h，1975 年 11 月 7 日）の時間降雨量データ（気象庁<sup>11)</sup>）を用い、iRIC SRM<sup>9)</sup>（1 段タンク型貯留関数モデル）を用いて計算した。実際の計算手順を以下に示す。

- ・対数正規分布（クオントイル法，星<sup>12)</sup>を参照）を当てはめて、1/50 の日降雨量を算出する。この際、146 mm/24 h と既往最大事例より過小となったので、既往最大事例の時間降雨量をそのまま使用する。
- ・ピーク流量が基本高水流量の 50 m<sup>3</sup>/s となるように、モデルパラメーターを表-2 のように設定する。

次に、「想定最大規模」の流量は、日降雨量とピーク流量を北海道庁建設部河川砂防課から提供いただいたデータを基に設定する。実際の計算手順を以下に示す。

- ・日降雨量は「浸水想定（洪水，内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法<sup>13)</sup>」17 頁の「地域ごとの最大降雨量（②北海道南部）」より設定されている知利別川の地域区分，流域面積，降雨継続時間に基づく 666 mm/24 h を用いた。
- ・既往最大事例の日降雨量（170 mm/24 h）が 666 mm/24 h となるように、引き伸ばし率 3.92 で既往最大事例の

| 実験条件 | がけ崩れ                               | 地すべり                    |
|------|------------------------------------|-------------------------|
| 河床材料 | 3層3号珪砂と5mm 砂利を1:2の割合で混ぜたもの         |                         |
| 斜面の土 | 長さ65cm，幅20cm，高さ7cm                 |                         |
| 斜面勾配 | 40°                                | 20°                     |
| 発生条件 | 土を十分に飽和させた後，約20 mm/hの降雨強度を数秒間作用させる | 土を十分に飽和させた後，地下水を作用させ続ける |

斜面災害実験は写真-5 のように斜面を再現し，その下に模型の家屋を配置した。実験条件を表-1 に示す。

## 2.2 AR を用いた 3D 浸水想定画像の作成

3D 浸水想定画像を作成する手順は iRIC ユーザーマニュアル<sup>9)</sup>を参考にし，図-1 に示した手順で作成する。iRIC Nays2DFlood<sup>9)</sup>を用いて洪水氾濫計算を行い，その計算結果を KMZ 形式ファイルに出力する。KMZ とは，Google Earth<sup>7)</sup>で表示可能な地図を格納できるファイルであり，Google Earth<sup>7)</sup>を用いて KMZ ファイルを開くことで洪水氾濫計算結果を三次元で可視化することができる<sup>9)</sup>。本稿では，室蘭市を流れる知利別川を対象河川とし，3D 浸水想定画像を作成した。

### (1) 対象流域の概要

知利別川と付近の町を図-2 に示す。知利別川は鷺別岳の南側山腹を源として室蘭市街を流下しながら室蘭港に注ぐ流域面積 9.7 km<sup>2</sup>，流路延長 6.5 km の 2 級河川である。昭和 55 年 8 月の集中豪雨により浸水面積 96 ha，床上浸水 238 戸，床下浸水 663 戸の多大な被害が発生した。これを機に昭和 56 年から河口より 143 m 区間において準用河川改修工事が行われ，平成 3 年からは河口から 3.1 km 上流までを改修計画区間とした。施工計画のピーク流量を，計画高水流量は 35 m<sup>3</sup>/s，基本高水流量は 50 m<sup>3</sup>/s とし，掘削，護岸等を実施している<sup>10)</sup>。

時間降雨量をそれぞれ引き伸ばす。

- ・ピーク流量は北海道庁建設部河川砂防課が設定している  $224 \text{ m}^3/\text{s}$  となるように、モデルパラメーターを表-2のように設定する。

得られたハイトグラフとハイドログラフを図-3, 4に示す。

以上で設定した方針規模及び想定来大規模の流量を用い、iRIC Nays2DFlood<sup>9)</sup>で洪水氾濫計算を行う。計算条

表-2 iRIC SRM の各パラメーター

|        | モデル定数 $C_{I1}$ | モデル定数 $C_{I2}$ | モデル定数 $C_{I3}$ | 減衰定数 $\lambda$ |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 方針規模   | 10.897         | 0.135          | 0.654          | 0.019          |
| 想定最大規模 | 12.907         | 0.135          | 0.864          | 0.019          |

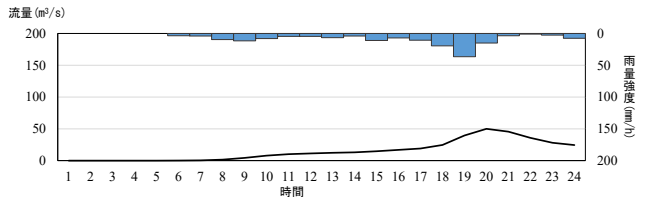


図-3 方針規模のハイト・ハイドログラフ

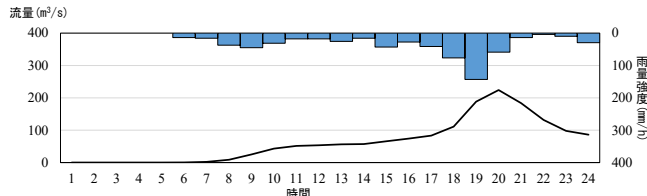


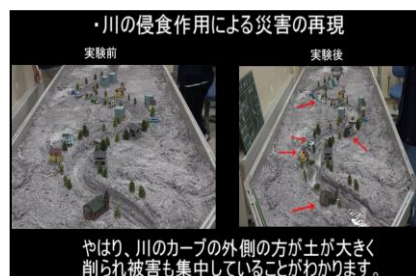
図-4 想定最大規模のハイト・ハイドログラフ

表-3 知利別川氾濫計算における計算条件

| 計算条件  | 使用データ                                                                                                                                                                          |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地勢データ | 基盤地図情報 <sup>14)</sup> 10m メッシュ標高データ                                                                                                                                            |
| 粗度係数  | 山地 $0.060 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$<br>水域 $0.025 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$<br>市街地(天神町) $0.056 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$<br>市街地(知利別町, 中島町) $0.084 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ |
| ピーク流量 | 方針規模 $50 \text{ m}^3/\text{s}$<br>想定最大規模 $224 \text{ m}^3/\text{s}$                                                                                                            |
| 河道データ | 平成18年測量区間データ (SP0~1500, 3100~3949),<br>平成27年計画区間データ (SP1600~2950)                                                                                                              |
| 計算範囲  | 知利別川を中心に河口から上流に5.4 km,<br>横方向に1.4 km, 計算格子25 mメッシュ                                                                                                                             |



写真-6 侵食実験後の様子 写真-7 破堤実験後の様子



件を表-3に示す。粗度係数の市街地の値は福岡ら<sup>15)</sup>が設定した建物占有率によって図-2に示す3つの町ごとに設定した。河道データは胆振総合振興局室蘭建設管理部事業室治水課より提供いただいた河川改修後の計画河道データを使用した。

### (3) 洪水氾濫計算の三次元可視化

洪水氾濫計算の結果を三次元で可視化する手順を図-1に示す。最大浸水深の値の範囲は方針規模と想定最大規模で統一し、最大値を4mに設定する。座標系は日本の19座標系のうち室蘭市が該当する EPSG:2454:JGD-2000/Japan Plane Rectangular CS XII に設定した。以上の条件で、KMZ形式で出力されたファイルを Google Earth<sup>7)</sup>で表示することにより、三次元で可視化する。

## 3. 結果と考察

### 3.1 模型を用いた動画コンテンツの開発

#### (1) 侵食実験の結果

実験後の様子を写真-6に示す。実験開始後数分で川のカーブの外側が内側と比べて大きく削られていき、基礎地盤が失われたことにより川の付近の木や家屋が次々と倒れた。実験後は川幅が侵食により広くなり、川のカーブの外側が内側よりも被害が多いことが確認された。

#### (2) 破堤実験の結果

実験後の様子を写真-7に示す。水を流し、水位が上昇すると堤防の堤内地側の法尻(裏法尻)から漏水が始める。さらに水位が上昇することで天端からの越水が始まり、越流水は裏法部を侵食して一気に決壊していく。決壊した堤防から流出した水は、濁流となって住宅地へ流れ込む。そのエネルギーは非常に大きく、家屋や車を流すほどである。

#### (3) 斜面災害実験の結果

がけ崩れと地すべりについて、実験後の様子を写真-8に示す。がけ崩れは、地下水をある程度上昇させ、そこに雨を作用させてからまもなく、斜面上の土砂が安定性を失い一気に崩落した。崩落する速さはとても早く、一瞬にして住宅街まで到達し、車や家が押し流された。地すべりは、地下水を流し続けることで斜面上の土が飽



写真-8 斜面災害再現の実験後の様子  
(がけ崩れ(左), 地すべり(右))



写真-9 実験動画に解説、避難方法等を付け加えて編集した動画(侵食実験, 破堤実験, 斜面災害実験)

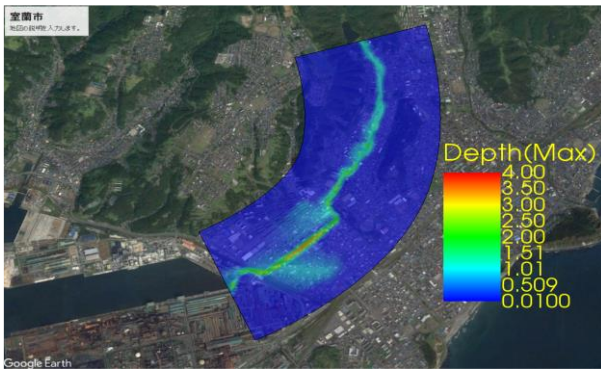


図-5 想定最大規模の洪水氾濫計算結果

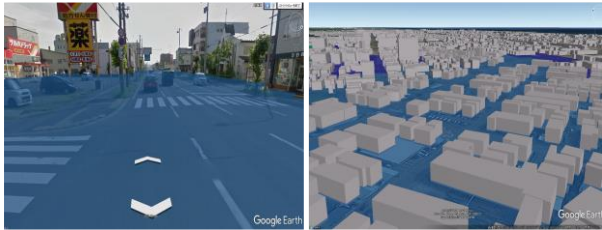


写真-10 中島大通地点での三次元表示例

和し、さらに時間の経過とともに土砂がゆっくりと動き始め、最終的には家屋や車が押し流された。

#### (4) 実験に解説を加えた動画コンテンツの作成

写真-9のように、本稿で行った侵食実験、破堤実験、斜面災害実験について、土木の専門知識を有しない人が見ても自然災害の現象や避難行動について解説を付け加えた動画コンテンツを作成した。これらを一般公開やインターネット上で公開することで、より多くの人に災害の危険性を認知させることができると考える。

### 3.2 ARを用いた3D浸水想定画像の作成

#### (1) 知利別川の洪水氾濫計算

洪水氾濫計算の結果を図-5に示す。方針規模の場合は、河川改修によりほぼ浸水範囲が解消されるが、想定最大規模の場合は河川改修後でも知利別町の河川の付近や中島町市街地の広い範囲において大きな被害が出てしまい、避難行動が必要となる。

#### (2) 洪水氾濫計算結果の可視化

作成した3D浸水想定画像を写真-10に示す。俯瞰図やストリートビュー表示などで計算範囲内の任意地点の最大浸水深を表示することが可能である。Google Earth<sup>7)</sup>が使用できる環境であれば誰でもダウンロードができ、閲覧することができる。今後、3Dハザードマップとして実装されれば災害時の状況をよりイメージしやすく、住民が危機感を持つようになり主体的な避難行動につながる効果が期待できる。

### 4. まとめ

本稿で得られた結果を以下に記す。

- 1) 侵食、破堤、斜面災害の模型実験を行い、それに解説を加えた動画コンテンツを作成することができた。
- 2) iRIC<sup>3.0)</sup>を用いて知利別川の洪水氾濫計算を行い、方針規模と想定最大規模の浸水深を計算することができた。
- 3) 知利別川の洪水氾濫計算結果をGoogle Earth<sup>7)</sup>で表

示することにより、よりリアリティを持った3D浸水想定画像を作成することができた。

今後、本稿で作成した動画コンテンツや3D浸水想定画像を市民に公開し、ハザードマップの改善などにも役立てることで防災意識の向上に寄与していきたい。

**謝辞:** 本稿を進めるにあたり、胆振総合振興局室蘭建設管理部事業室治水課ならびに北海道庁建設部河川砂防課にはデータを提供して頂いた。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 国土交通省気象庁：令和2年7月豪雨，  
[https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/11d/20200811\\_sai\\_mota.html](https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/11d/20200811_sai_mota.html) (2020.11.17 閲覧)
- 2) 国土交通省気象庁：平成30年7月豪雨，  
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/20180713.html> (2020.11.17 閲覧)
- 3) 国土交通省北海道開発局：平成28年8月北海道豪雨災害被災とその影響，そしてこれから，  
<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/splaat000000otsjatt/splaat000000ougk.pdf> (2020.11.17 閲覧)
- 4) 片田敏孝，児玉真，桑沢敬行，越村俊一：住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題-2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から-，土木学会論文集，No.789，H-71，pp.93-104，2005.5
- 5) 矢守克也，竹ノ内健介，加納靖之：避難のためのマイスイッチ・地域スイッチ，  
[https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/232525/1/20180330\\_kyusyu\\_99.pdf](https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/232525/1/20180330_kyusyu_99.pdf) (2020.12.6 閲覧)
- 6) 田中甫幸，井上卓也，清水康行：KMLを用いた氾濫計算可視化の高度化，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.73，No.4，I\_331-I\_336，2017。
- 7) Google Earth，<https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/> (2020.12.11 閲覧)
- 8) 佐藤京弥，中津川誠，清水皓太，寺岡侑紀：洪水被害を可視化できる小型模型実験を用いた学習教材の開発，令和元年度土木学会北海道支部論文報告集，vol.76，B-22，2019。
- 9) iRIC Software，<https://i-ric.org/ja/> (2020.11.17 閲覧)
- 10) 知利別川水系河川整備基本方針，  
[http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kss/ksn/grp/H130717t\\_iribetu.pdf](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kss/ksn/grp/H130717t_iribetu.pdf) (2020.12.10 閲覧)
- 11) 気象庁：過去の気象データ検索，  
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html> (2020.11.17 閲覧)
- 12) 星清，水文統計解析，開発土木研究所月報，技術資料，No.540，pp.41-49，1998。
- 13) 国土交通省水管理・国土保全局：浸水想定(洪水，内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法，pp.17  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/pdf/shinsu\\_isoutei\\_honnbun\\_1507.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/shinsu_isoutei_honnbun_1507.pdf) (2020.12.10 閲覧)
- 14) 国土地理院：基盤地図情報サイト，  
<https://www.gsi.go.jp/kiban/> (2020.9.15 閲覧)
- 15) 土木学会：水理公式集(2018年版)，pp.243，2019。