

早期実装にむけた先進的技術やデータを活用した  
スマートシティの実証調査（その5）  
報告書

令和4年3月  
国土交通省 都市局  
藤枝 ICT コンソーシアム

# 目 次

<b>1. はじめに</b>	<b>4</b>
1.1. 都市の課題について	4
1.2. コンソーシアムについて	5
<b>2. 目指すスマートシティとロードマップ</b>	<b>6</b>
2.1. 目指す未来	6
2.2. ロードマップ	6
2.3. KPI	6
<b>3. 実証実験の位置付け</b>	<b>8</b>
3.1. 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ上の位置付け	8
3.2. ロードマップ達成に向けた課題	8
3.3. 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置付け	8
<b>4. 実験計画</b>	<b>9</b>
4.1. 実験での実証仮説	9
4.1.1. 仮説背景	9
4.1.2. 水位予測に関して本実験で実証する仮説	11
4.1.3. 冠水検知に関して本実験で実証する仮説	12
4.2. 実験内容・方法	13
4.2.1. 全体構成概略	13
4.2.2. 実施地点	14
4.2.3. センサ	15
4.2.4. 利用データ	17
4.2.5. 水位予測システム	17
4.2.6. 浸水検知システム	19
4.2.7. 水位予測手法	19
4.2.8. 水位予測のUI	21
4.2.9. 浸水検知のUI	26
4.2.10. 実施体制	27
4.2.11. スケジュール	28
4.3. 仮説検証方法	28
4.3.1. 水位予測検証	28
4.3.2. 冠水検知	31
<b>5. 実施結果</b>	<b>31</b>
5.1. センサ情報	31
5.2. データ	32
5.2.1. 気象データ	32
5.2.2. 水位計データ	34
5.2.3. 冠水計データ	35
5.3. 水位予測結果	37
5.3.1. 実証実験での予測結果	37
5.3.2. 精度分析結果	44
5.3.3. 実績雨量による精度分析結果	48
5.3.4. 考察	50
5.3.5. 昨年度との結果比較	50
5.4. 水位予測の導入効果	54
5.4.1. 評価結果	54
5.4.2. 評価考察	54
5.5. 冠水検知の導入効果	62

5.5.1.	評価結果	62
5.5.2.	評価考察	62
5.6.	水位予測実装に向けた技術課題	63
5.6.1.	予測モデルに関する課題	63
5.6.2.	雨量予報精度誤差に関する課題	63
5.6.3.	今後の開発方向性	64
5.7.	河川水位と冠水の関連性課題	64
<b>6.</b>	<b>横展開に向けた課題</b>	<b>65</b>
6.1.	水位予測の一般化に向けた諸課題	65
6.2.	冠水検知の一般化に向けた諸課題	67
<b>7.</b>	<b>まちづくりと連携して整備することが効果的な施設・設備などの提案</b>	<b>67</b>
7.1.	スマートシティの取組と併せて整備することで効果的、効率的に整備できる施設・設備	67
7.2.	施設・設備の設置、管理、運用にかかる留意点	67
7.3.	地域特性に合わせた提案	67
	<b>付録</b>	<b>68</b>

# 1. はじめに

## 1.1. 都市の課題について

藤枝市は、中心市街地の活性化基本計画に基づくまちづくりに取り組み、居住者数や従業者数の増加に寄与してきたものの、中小企業が9割を占める産業構造や中山間地域が7割を占める地勢の中にあり、若い世代の流出をはじめ、南海トラフ地震など自然災害リスクへの対応や公共インフラの維持管理、郊外・中山間地の交通対策、交流人口の創出等、地方都市における課題が山積している。

これらの課題を解決するために、施策横断的な先端技術活用や、それに伴う収集データをEBPMに役立てることにより、藤枝市が重点的に進めている4K施策（健康・教育・環境・危機管理）における効果の最大化を図る。

### 【現状・今後の課題と求められるもの】

現状・今後		求められるもの
① 人口減少社会への対峙	→	根拠に基づく政策立案・施策展開
② 郊外・中山間の交通弱者増加	→	移動支援・安全モビリティ
③ 産業の持続性・担い手減少	→	生産性と企業価値の向上、人材育成と雇用確保
④ 若い世代(特に女性)の流出	→	安心・柔軟に働き、活躍できる環境
⑤ 自然災害リスクの拡大	→	都市防災対策・ライフライン、集落対策

この中でも、取組の前提である背景となる「①人口減少社会への対峙」と、本取組が対応する課題「⑤自然災害リスクの拡大」について以下に記す。

#### (1) 人口減少社会への対峙

人口減少を和らげる「抑制」と人口減少を前提に対応するまちづくりを行う「適応」の両方の視点から人口減少への対応に取り組む。人口減少を見越すまちづくりは非常に難しく、経験則的な説明が通用しなくなるため、根拠に基づく政策立案・施策展開に対応していく。

「抑制」の視点としては、4K施策（健康、教育、環境、危機管理）をはじめとする市民生活に直結する施策の効果を高めるため、積極的にICTを活用し、安心・快適・便利な暮らしの実現を図ると共に、産業の振興においてもサービスや技術の革新に向けたICT導入を推進し、生活の場・働く場の魅力向上による人口の誘導を進める。

これと並行し「適応」の視点として、上記のように地域課題解決に向けたICT活用を進め、個別課題の解決（＝最適化）を積み重ねることにより全体の最適化を図ると共に、業務における代替労働力としてのAIやロボティクス等ICT導入が進むことで、業務効率の向上＝労働力の減少の補完を図り、長期的な人口減少に対応する。

これら「抑制」と「適応」の取組に対して、ICT・デジタル活用を分野横断的に取組むことで、人の流れを生み出すとともに、不足する人手を補う生産性が高くスリムでスマートな生活環境を創り出す。

○人口減少の「抑制」の視点

社会が安定する静止人口状態の緩やかな実現に向け、自然減、社会減対策に取り組む。  
 (移住定住の促進、若者の定着、結婚・出産・子育て支援、雇用創出 など)

両面の視点から、ICT活用で相乗的な効果を発揮→スマート・コンパクトシティの実現

○人口減少の「適応」の視点

人口減少に適応した安全・快適で持続可能なまちづくりを行う。  
 (ICT活用、コンパクトなまちづくり、全世代活躍 など)

(2) 自然災害リスクの拡大

本市は、30年以内の発生確率70~80%と言われる南海トラフ巨大地震による被害が想定されるエリアであるとともに、瀬戸川などの河川沿いへの集落形成・宅地化により、市街化区域における大雨・洪水による浸水が想定されている。

また、人口密集地の点在や市域の約7割が中山間地域を占めていることから、大規模災害発生時には被害が広範囲に及ぶことが予想される。土砂災害の危険性がある場所は中山間が多く存在するが、市街化区域においても一部存在している。

また本市においては、主要河川以外に県管理河川である二級河川が17河川、市管理河川である準用河川が69河川あり、近年、雨の降り方が局地化・集中化・激甚化し、主要河川以外の中小河川においても浸水被害が発生する危険性が高まっていることから、これら河川に対する浸水対策が必要となっている。災害に対応する都市基盤整備と、行政・市民の災害対応力の向上が今後の課題である。

1.2. コンソーシアムについて

平成29年4月、市内外の大学・企業など100を超える産学官の参画により「藤枝 ICT コンソーシアム」を設立。ICTを活用して市内産業の活性化、相互の成長・発展を目的に事業に取り組んでいる。

企業が求める情報活用スキルを身に付ける未来型人材の育成、テレワークなどの多様な働き方を実現するクラウドソーシングの推進等により、地元産業の成長支援、競争力向上を図っている。藤枝 ICT コンソーシアムの運営体制について以下に記す。

取組		実施主体	役割
全体 (事務局・支援)		藤枝 ICT コンソーシアム事務局	事務局、ファシリテーション
		藤枝市	事務局支援
		ソフトバンク株式会社	技術支援
個別最適	人流解析	藤枝市	事務局・事業管理
	オープンイノベーション推進 (課題解決の仕組づくり)	藤枝 ICT コンソーシアム事務局	ファシリテーション
		藤枝市	事務局・事業管理
	公共交通・次世代交通 (地域の足の課題)	藤枝市	事務局・事業管理
		公共交通事業者 (Monet Technologies 株式会社)	ソリューション提供
	AI 河川水位観測・冠水との因果関係分析による水防体制の効率化	藤枝市	フィールド提供・事業評価
株式会社イトラスト		水位監視ソリューション提供	
株式会社ウェザーニューズ			
ソフトバンク株式会社			
全体最適	データ連携基盤 (都市 OS) ※現在、都市 OS のあり方を含めて検討中のため座組は仮定。	藤枝 ICT コンソーシアム事務局	ファシリテーション
		藤枝市	事業管理
		ソフトバンク株式会社	技術支援
その他		藤枝 ICT コンソーシアム参加企業 (約 100 団体)	適宜

## 2. 目指すスマートシティとロードマップ

### 2.1. 目指す未来

令和3年3月に藤枝市が策定した第6次藤枝市総合計画において、10年後の目指す姿、都市像を次の通り掲げている。

**“幸せになるまち”藤枝づくり ～まち・自然・文化と共生 未来へ飛躍～**

この実現に向けて、全ての政策・施策の構築・推進にあたり、社会の動きを先取りし、人口減少社会を切り拓くため、市民の暮らしに直結する4K施策（健康、教育、環境、危機管理）や、本市独自の都市戦略である「コンパクト+ネットワーク」のまちづくりに、ICTを取り入れ、掛け合わせた「スマート・コンパクトシティ」の形成を進め、安全・快適・便利な市民生活の実現と持続可能な社会の形成を目指す。

**安全・快適・便利な「スマート・コンパクトシティ」の形成**

### 2.2. ロードマップ

<b>ステップ1</b>	2017 (H29) 年度～2019 (R1) 年度 ・LPWA 環境における IoT 活用実証実験、AI 活用実証実験等
↓	
<b>ステップ2</b>	2020 (R2) 年度～2023 (R5) 年度 ・オープンイノベーションの推進。4K 施策におけるデジタル活用の推進 先端技術を持つベンチャー・スタートアップ企業との関係構築
↓	
<b>ステップ3</b>	2022 (R4) 年度以降 ・デジタル田園都市の実現に資するデジタル実装の推進。これまでの取組を受け、データ連携実需を踏まえたデータ連携の検討
↓	
<b>ステップ4</b>	2024 (R6) 年度以降 ・まちの全体最適化を推進するデータ連携基盤（都市 OS）の活用

### 2.3. KPI

1章において提示した地域の課題に対して以下のKPIを設定し、事業評価を実施する。KPI設定に関しては基準年を平成30年度とした場合に達成目標値を令和6年度に設定する。

第2期ふじえだ健康都市創生総合戦略における中期的目標 ※いずれも2019年を基準とした2029年目標値

- 25歳～29歳のUIJターン者数 100人増
- 子育て世代の転入者数 250人増
- 街なかへの居住人数 1,000人増
- 関係人口 500人増

課題	KPI	基準年 H30		目標値 R6
①人口減少社会への対峙	施策推進におけるデータ活用（EBPM実践）件数	—	→	20件
②郊外・中山間の交通弱者増加	路線バスと乗合タクシーの利用者数	1,385千人	→	1,400千人
③産業の持続性・担い手減少	ICT人材と市内企業のマッチング数	—	→	50件
	ICTを新たに導入した企業数	—	→	25件
④若い世代の流出	子育て世代（20～40代）の転入者数	3,153人	→	3,309人
⑤自然災害リスクの拡大	災害時情報配信システム登録人数	6,751人	→	9,000人
	藤枝市水位・雨量観測システム利用件数	2,152件	→	10,000件

【参考】

※⑤自然災害リスクの拡大における KPI の実績値

災害時情報配信システム登録件数 7,783 人 (2019/4/1～2020/3/31)  
9,138 人 (2020/4/1～2021/3/31)  
9,519 人 (2021/4/1～2021/11/30)

藤枝市水位・雨量観測システム利用件数 5,919 件 (2019/4/1～2020/3/31)  
5,837 件 (2020/4/1～2021/3/31)  
2,132 件 (2021/4/1～2021/11/30)

### 3. 実証実験の位置付け

#### 3.1. 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ上の位置付け

行政サービスやまちづくりの様々な領域においてICT、デジタル活用が求められている中、藤枝市では特に市民の暮らしに直結する4K分野において、重点的にデジタル活用を進めることで、市民の暮らしがより便利で豊かになり、本市ならではの安全・安心なスマートシティを目指している。

その実現に向けて、地域課題を先端技術で解決するオープンイノベーションを推進することで個別最適化を進めた後に、その中で得られたデータ利活用を推進し、データ連携実需を踏まえてデータ連携基盤（都市OS）の活用によるスマートシティを形成していく。

今回4K分野の「危機管理」への対応として、「自然災害リスクの拡大」における防災観点での課題解決に向けて、河川の水位予測及び河川水位と冠水（内水氾濫）との因果関係を分析することにより、水防業務の効率化と市民への的確な避難指示に関して検証するものである

#### 3.2. ロードマップ達成に向けた課題

データ連携基盤（都市OS）の活用によるスマートシティ形成に向けては、デジタル田園都市国家構想においても言及がある通り、市域のあらゆる情報のデータ化が不可欠であることから、まずは個別最適化を行うサービスの実装を進めることで、データ収集を行う事業展開が望ましい。デジタルを活用したサービスの実装に向けては、単なる実装の実現だけでなく、受益者であり生活者である市民の年代やスキルに応じたレクチャーやサポートなど、きめ細やかな配慮を伴う必要がある。

藤枝市では実証実験というプロセスを経ることで、デジタル化（実装）へのスムーズな移行を目指しているが、サービス実装における分かりやすさを求めることには限界もあることから、高齢者向けにレクチャーを行う支援員を配置するなど、デジタルデバインド対策を行っている。

また、今後、パーソナルデータ取得にかかる市民個人の許諾（オプトイン）は、何らかの課題が解決することや、利便性が向上するといった要素を伴うことが求められると同時に、個々のリテラシーにも左右されることから、4K施策の中でも、より分かりやすい「健康」や「危機管理」といった社会課題から取り組むことにより、市民の共感を得るデジタル実装を考えている。

#### 3.3. 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置付け

水位データと気象データを活用して水位予測が可能か、水位データと冠水データを活用して浸水が始まる水位の設定が可能か、実現したサービスに基づいて将来的に職員の負担軽減、迅速な避難行動に貢献できるか、局所的な雨でも予測がしっかりできるかの観点から記述する。



## 4. 実験計画

### 4.1. 実験での実証仮説

#### 4.1.1. 仮説背景

##### (1) 中小河川の特徴

本報告書における、中小河川とは二級河川または準用河川を指す。中小河川は氾濫頻度が高いという課題と氾濫までの時間が非常に短いという特性がある。

##### ・氾濫頻度

中小河川は、流域面積が狭いため、局所的な降雨が対象中小河川水位に、大河川と比較して大きな影響を及ぼすという特性がある。そのため、一般的に大河川は氾濫した際の影響がより大きいものの、氾濫が発生する頻度は低く、中小河川は、氾濫した際の影響は大河川と比較して小さいものの、氾濫が発生する頻度が高いといえる。

##### ・氾濫までの時間

また、中小河川は氾濫までの時間が短いという特性がある。降雨量と、時間、流量との関係性のイメージを図 4-1(信濃川大河津資料館ホームページより引用)に示す。

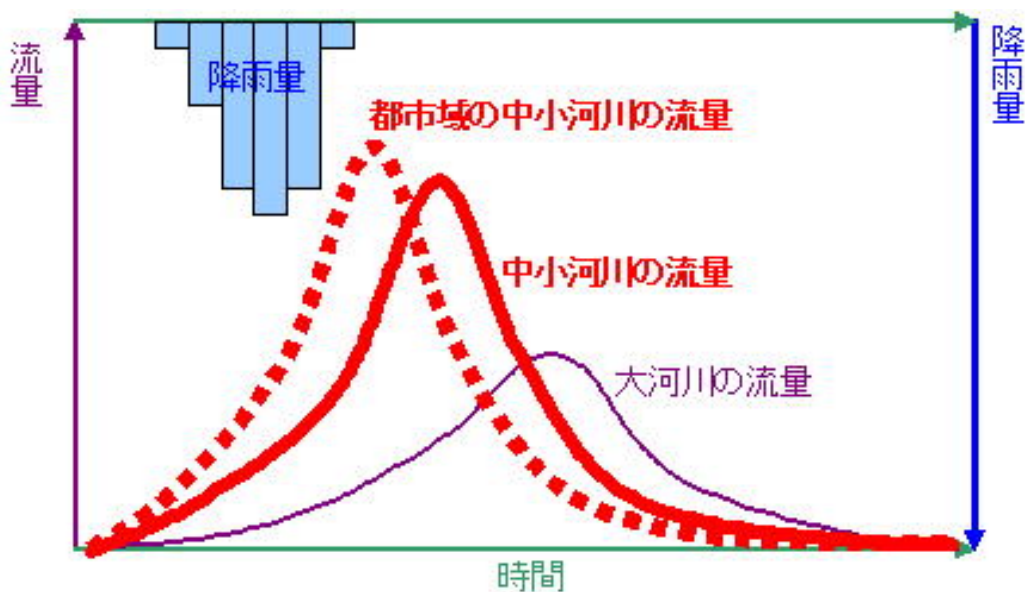


図 4-1：降雨と河川流量の相関性に関するイメージ

特に都市を流れる河川では、雨が土壌を浸透して時間をかけて河川に注ぎ込むのではなく、アスファルトや下水を通して短時間に河川へ到達するため、河川への流出時間が短い。そのため、ゲリラ豪雨や台風など、短時間にまとまった降雨がある場合に、市街化されていない流域の中小河川と比較して短時間で氾濫する傾向がある。

##### ・危険水位設定

一級河川および二級河川のうち、水位周知河川に指定される河川は、水位計の設置地点において避難準備・高齢者等避難開始、避難勧告、避難指示（緊急）の3段階の避難指示発令目安となる危険水位の設定がある。それぞれの水位は目安として、越水まで約3時間・2時間・1時間の時間的余裕があることを示している。

この3段階の水位目安に応じて、管轄の行政は避難指示の発令の検討や各種必要な防災対策の検討を行っている。ただし、多くの中小河川では、目安を設定するための十分な過去水位のデータがないこと。局所的な豪雨の影響が大きく、越水までの時間が雨量によって大きく変化するため、水位目安の設定が困難であること。詳細な河道断面の測量が必要となるため、コスト負担が大きいことなどの理由

によって水位目安の設定ができない。

(2) 藤枝市における浸水被害

藤枝市における床上浸水を含む直近の浸水被害が発生したのは、2019年の令和元年台風第19号によるものである。藤枝市内の浸水被害地域は、準用河川沿いが3箇所、二級河川沿いが1箇所、一級河川沿いが0箇所となっており、中小河川の特長にも記述した通り中小河川沿いの被害が起きている。



図 4-2：令和元年台風第19号における、藤枝市内の浸水被害地域

準用河川法の川・八幡川流域では、豪雨による河川氾濫によって、21棟の床上浸水と19棟の床下浸水および、複数道路での冠水など、大きな被害をもたらした。

(3) 防災対策における藤枝市が抱える課題

藤枝市では、行政行動の迅速化と住民の自主避難を促すため、河川水位計および雨量計の設置と、水位計と雨量計のデータを公開するウェブサイトの整備を2017年より行ってきた。(図 4-3)

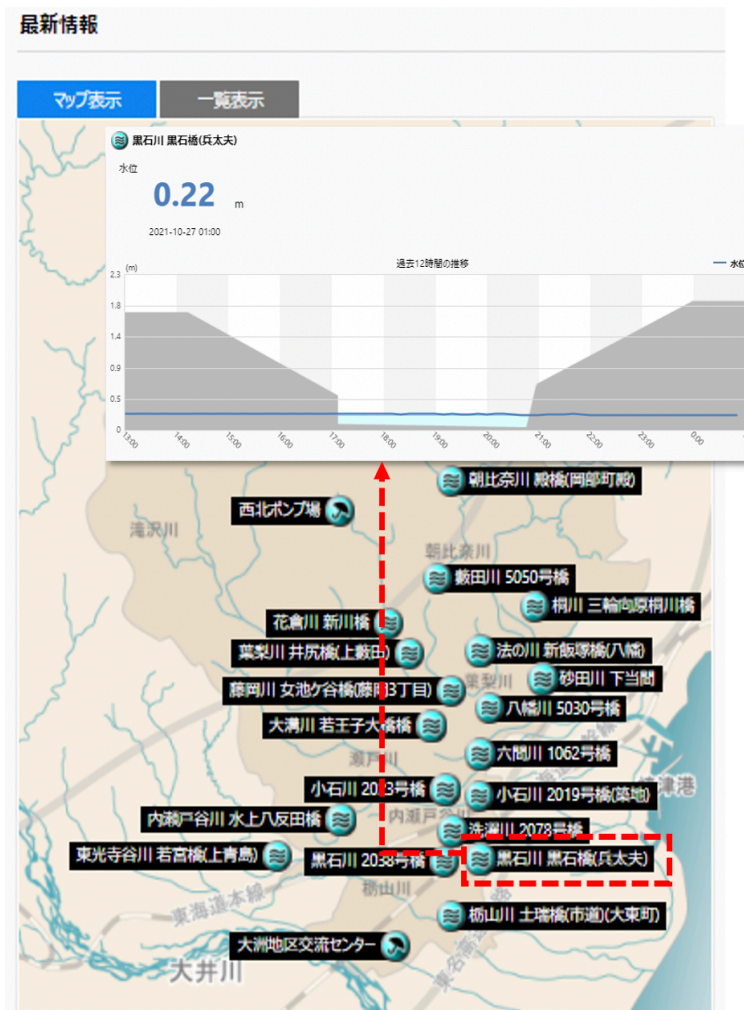


図 4-3 : 法の川・八幡川流域における被害状況

しかしながら、(1)で記述したとおり特に都市部を通る中小河川は氾濫までのスピードが非常に早く、また局所的な豪雨によってそのスピードが変化すること。危険水位設定がないため、氾濫までの目安がないことから、現状の水位ができて、氾濫するのか、またそれはいつ起こるのかを知ることができなかった。さらに、内水氾濫の発生は河川の氾濫前に起こることも多く、結果として、浸水の発生を周辺住民の通報を受けて検知し、事前の道路封鎖や排水作業などが行えず被害が拡大してしまっているため問題が発生している。

今回の実証実験における課題設定は、被害が拡大する前に道路封鎖や排水作業などの然るべき対応を行うため、河川水位の予測と冠水の検知という手法によって解決を試みることにある。

#### 4.1.2. 水位予測に関して本実験で実証する仮説

中小河川は、氾濫頻度が高いこと、氾濫までの時間が短いこと、危険性を判断するための有効な指標がないという問題がある。そのため、排水作業や通行規制などの防災活動を事前に実施するための手法が課題として生じている。

本実証実験では、これら課題を解決する手段として、水位予測が有効であるとの仮説を立てている。具体的には、水位予測を導入することで以下の4つの効果があると仮説を立てた。昨年度の実験では、実証期間中に豪雨が発生せず、今年度は仮説効果に対しての実証を行う。

##### (1) 河川監視の人員効率化

未来の河川水位がわかることによって、現地に出向いて河川状況を調査する必要性や監視の負担が削減され、水位及び冠水状況監視に要する人員の最適化が図れる。

(2) 排水作業の早期着手

事前に越水を検知できることで、排水作業の早期着手が図れる。

(3) 通行規制の早期着手

事前に越水を検知できることで、道路封鎖の早期着手が図れる。

(4) 避難呼びかけの早期着手・正しい情報発信

河川の越水危険性を検知することで、確度の高い避難呼びかけの発令が図れる。

#### 4.1.3. 冠水検知に関して本実験で実証する仮説

4.1.2 に記述したとおり、中小河川については、氾濫までの時間が短く、現状は地区の浸水が発生してから住民が避難行動をとっている。そのため、浸水地区に冠水検知のための浸水センサを設置し、センサにより地区の浸水が始まる時間と、その時間の河川の水位が判明し、水位予測の効果促進に繋がると仮説を立てている。具体的には、冠水検知を導入することで、以下の3つの効果があると仮説を立てた。

(1) 排水作業の早期着手

河川水位予測と氾濫が始まる時間の河川水位から、排水作業の早期着手が可能となる。

(2) 通行規制の早期着手

河川水位予測と氾濫が始まる時間の河川水位から、通行規制の早期着手が可能となる。

(3) 避難呼びかけの早期着手・正しい情報発信

河川水位予測と氾濫が始まる時間の河川水位から、迅速な避難の呼びかけが可能となるとともに、避難を判断する「浸水開始水位（仮称）」の設定ができ、住民の避難のタイミングが定められ、迅速かつ確かな避難行動が可能となる。

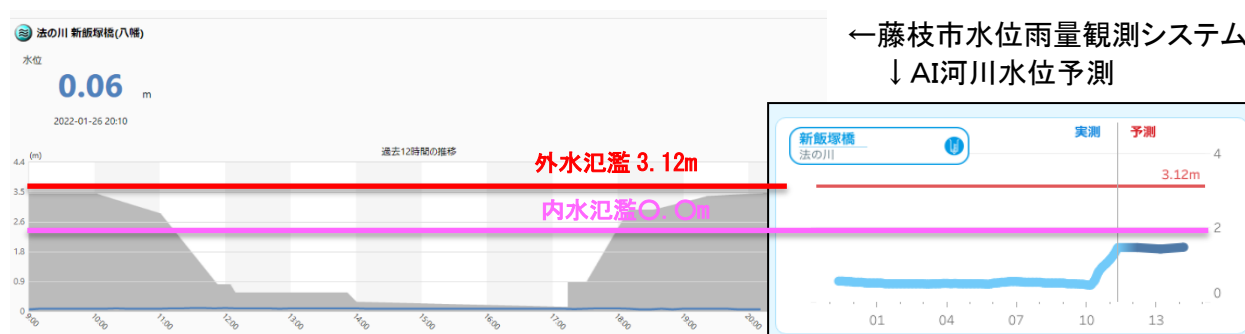


図 4-4：藤枝市水位・雨量観測システムとAI河川水位予測の関係性

## 4.2. 実験内容・方法

### 4.2.1. 全体構成概略

本実証実験の、構成の概略を図 4-5 に示す。

イトラストが運用する水位計および雨量計、冠水計が観測したデータは、イトラストが運用するテレメータシステムを経由して、ウェザーニューズのストレージシステムに全期間保存されている。ウェザーニューズで保存運用される過去水位データをソフトバンクへ提供を行い、そのデータを利用してソフトバンクは対象河川の水位予測モデルの開発を実施した。ソフトバンクでは開発評価した水位予測モデルを、クラウド環境に実装を行い、各種データ連携および表示システムの開発を行った。藤枝市は、web ブラウザを経由してソフトバンクの表示システムへアクセスし、河川水位の監視業務に利用した。昨年度からの変更点として、予測システムの改良を実施し、また浸水計を追加することで、河川の越水後の浸水状況の可視化が可能となっている。

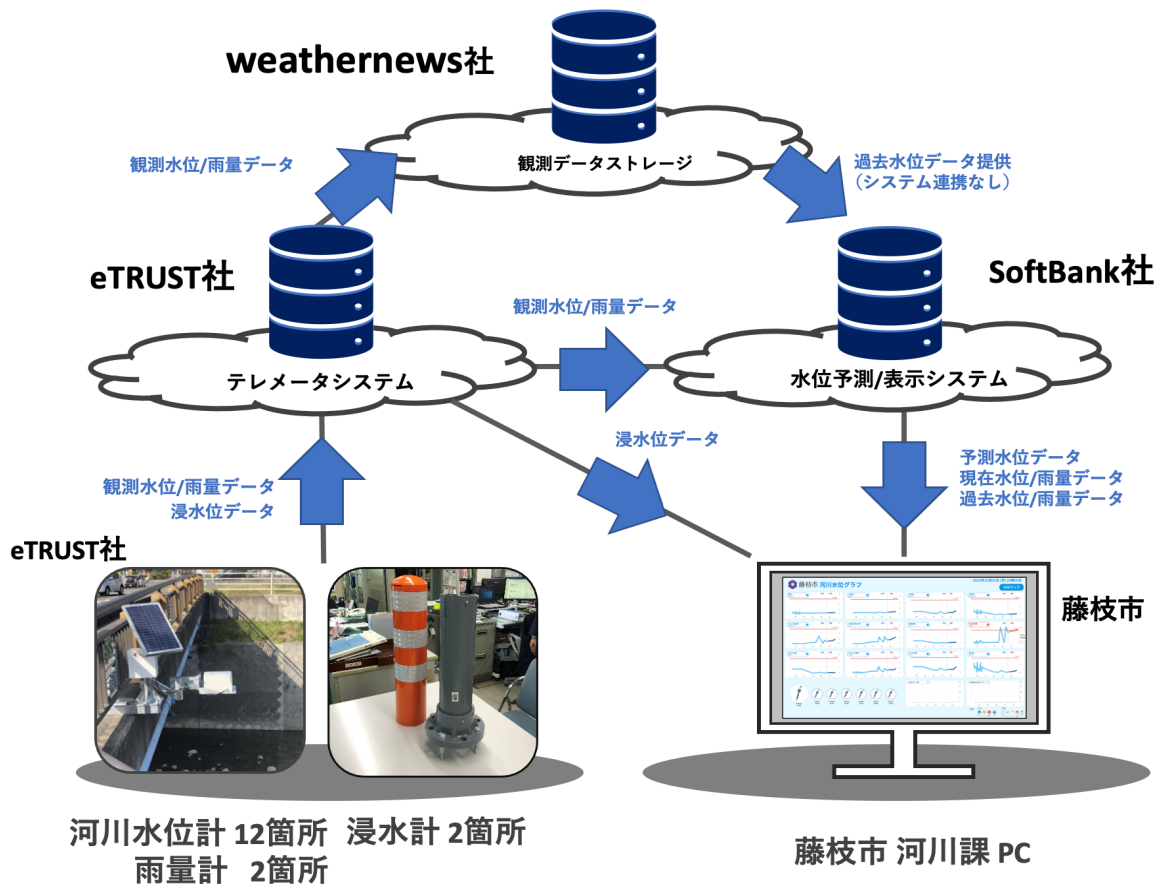


図 4-5 : 構成概要図

#### 4.2.2. 実施地点

実施地点については、過去の住民からの通報や土のう設置、通行規制、強制排水ポンプ設置箇所など、水防活動上注視している地区を対象とする。また、冠水検知については、内水氾濫及び道路冠水による浸水常襲地区の法の川地区（藤枝市潮地内）、八幡川地区（藤枝市八幡地内）を対象とする。

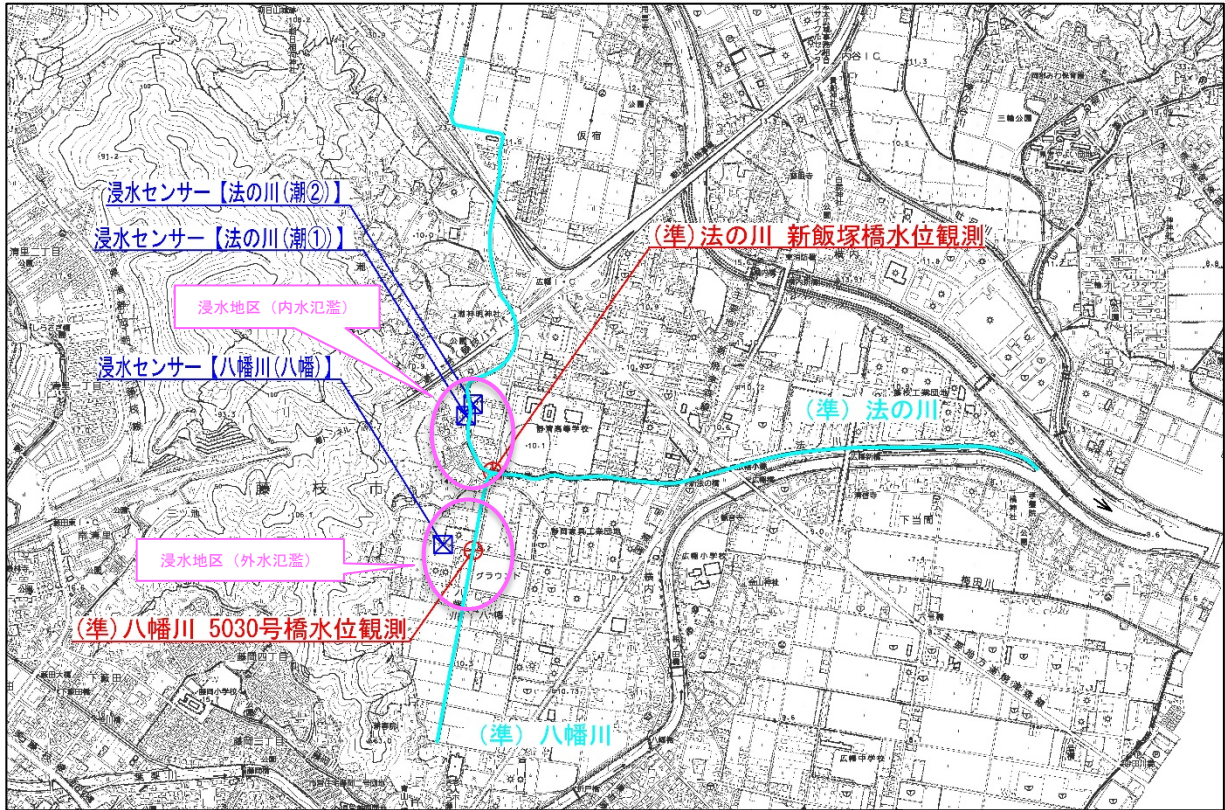


図 4-6：潮、八幡地区水位計・浸水センサ設置状況



図 4-7：潮地区浸水センサ



図 4-8：八幡地区水位計、浸水センサ

### 4.2.3. センサ

#### (1) センサー一覧

本実証実験で使用したセンサの設置箇所と種別を表 4-1 に示す。

表 4-1：センサー一覧

設置箇所	センサ種別
小石川 2019 号橋 (築地)	超音波水位センサ
黒石川 黒石橋 (浜太夫)	超音波水位センサ長距離型
藤岡川 女池ヶ谷橋 (藤岡 3 丁目)	超音波水位センサ
東光寺谷川 若宮橋 (上青島)	超音波水位センサ長距離型
法の川 新飯塚橋 (八幡)	超音波水位センサ長距離型
葉梨川 井尻橋 (上藪田)	超音波水位センサ長距離型
栃山川 土瑞橋 (大東町)	電波式水位センサ
朝比奈川 殿橋 (岡部町殿)	電波式水位センサ
桐川 三輪向原桐川橋	超音波水位センサ長距離型
大溝川 若王子大橋橋	超音波水位センサ長距離型
八幡川 5030 号橋	超音波水位センサ長距離型
内瀬戸谷川 水上八反田橋	超音波水位センサ長距離型
法の川 潮①	浸水センサ
八幡川 5030 号橋	浸水センサ

#### (2) 超音波水位センサ

##### 一般仕様

- 電源条件 塩化チオニルリチウム電池、3.6V 19Ah
- 標準電池寿命 1 年 (測定・送信間隔=10 分)
- 質量 約 1kg
- 筐体 硬質ポリ塩化ビニル、防水仕様
- 外形寸法 直径 60mm × 長さ 451mm (突起部除く) (最外径 72mm)

##### 測定部

- 方式 超音波パルス方式
- 測定範囲 0.5m ~ 5.0m
- 分解能 1mm
- 精度 ±5%RS (1.0m ~ 5.0m)、±5cm (0.5m~1.0m)

##### LPWA 無線機部

- 送信出力 10mW
- 変調方式 LoRa
- 周波数 429.25~429.7375MHz
- チャンネル数 40ch CH 間隔 12.5kHz のうち 1ch を使用
- 規格 ARIB STD-T67 準拠

#### (3) 超音波水位センサ長距離型

##### 一般仕様

- 電源条件 塩化チオニルリチウム電池、3.6V 19Ah
- 標準電池寿命 1 年 (測定・送信間隔=10 分)
- 質量 約 1kg
- 筐体 硬質ポリ塩化ビニル、防水仕様
- 外形寸法 直径 60mm × 長さ 451mm (突起部除く) (最外径 72mm)

#### 測定部

- 方式 超音波パルス方式
- 測定範囲 0.5m ~ 5.0m
- 分解能 1mm
- 精度  $\pm 5\%RS$  (1.0m ~ 5.0m) 、 $\pm 5cm$  (0.5m~1.0m)

#### LPWA 無線機部

- 送信出力 10mW
- 変調方式 LoRa
- 周波数 429.25~429.7375MHz
- チャンネル数 40ch CH間隔 12.5kHz のうち 1ch を使用
- 規格 ARIB STD-T67 準拠

#### (4) 電波式水位センサ

##### 一般仕様

- 電源条件 公称電圧 DC12V、ソーラー独立電源、密閉型鉛蓄電池
- 無日照動作 5日
- 質量 測定部：約 3kg、ソーラーパネル：約 2.6kg、ソーラー電源部：約 12kg
- 筐体 測定部：ポリカーボネート、防水仕様 IP65
- 外形寸法 測定部：W250 x H150 x D175 mm  
ソーラーパネル：W350 x H538 x D35 mm  
ソーラー電源部：W232 x H240 x D150 mm

#### 測定部

- 方式 FMCW 反射検知式
- 測定範囲 0.8m ~ 10.0m
- 分解能 1mm
- 精度  $\pm 5\%RS$  (1.0m ~ 10.0m) 、 $\pm 5cm$  (0.5m~1.0m)

#### LPWA 無線機部

- 送信出力 10mW
- 変調方式 LoRa
- 周波数 429.25~429.7375MHz
- チャンネル数 40ch CH間隔 12.5kHz のうち 1ch を使用
- 規格 ARIB STD-T67 準拠

#### (5) 浸水センサ

##### センサ部

- 方式 液面検知
- 使用温度範囲  $-10^{\circ}C \sim +80^{\circ}C$  (結露なきこと)
- 対象液 水、油
- 接点部使用電圧 Max, AC100V, DC100V
- 接点部開閉容量 Max, 10VA, 100W
- 接点部開閉電流 0.5A
- 耐熱貯蔵  $80 \pm 2^{\circ}C$ 、48h
- 質量 約 200g

#### IoT 無線ユニット

- 通信方式 Sigfox



- 通信回数制限 140 回/24 時間
- 入力仕様 2ch 接点入力、max 1mA
- 保護等級 IPX5
- サイズ W70×H134×D33mm(突起部除く)

#### 4.2.4. 利用データ

本実証実験で行った水位予測のインプットデータは、河川水位データの他に、速報版降水短時間予報、速報版解析雨量の2種類を利用している。それぞれの雨量情報は表 4-2 の通りで、速報版降水短時間予報は 1km 四方のメッシュで 6 時間先までの雨量予報を配信し、速報版解析雨量は同メッシュ単位で実績雨量の配信を行っている。

表 4-2：速報版洪水短時間予報、速報版解析雨量の情報

	速報版降水短時間予報	速報版解析雨量
配信情報	雨量予報 (mm/時間)	実績雨量 (mm/時間)
時間範囲	後 60~360 分	前 60 分
配信間隔	10 分毎	10 分毎
メッシュサイズ	1km 四方	1km 四方
主管省庁	気象庁	気象庁
解析に用いるデータ	レーダー・アメダス・解析雨量 全国の雨量計	レーダー・アメダス 全国の雨量計

#### 4.2.5. 水位予測システム

本項では、データ処理を行ったシステムについて記述する。本実証実験のために、以下のシステム構成図で表現できるシステム開発及び提供を行った。システム構成図及びデータフロー図を記載する。

##### (1) システム構成図

システム構成図および主な装置を図 4-9 に示す構成で、パブリッククラウド上で構築を行った。各システムコンポーネントの役割と詳細を表 4-3 に示す。

## 河川水位予測システム

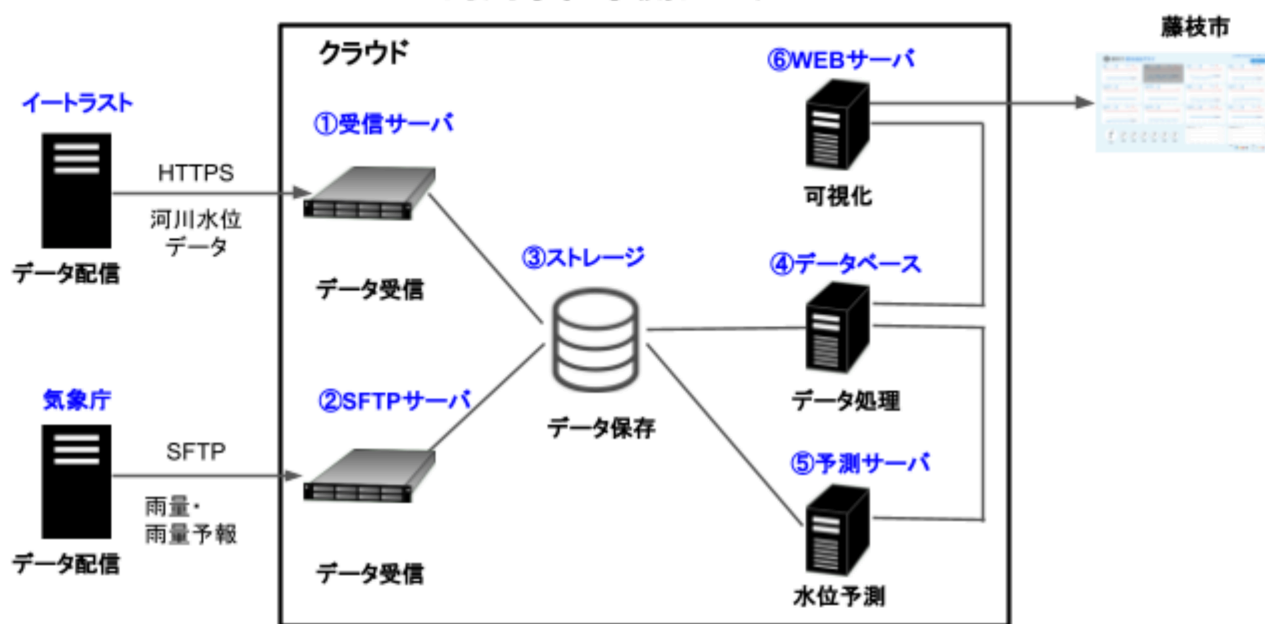


図 4-9 : システム構成図

表 4-3 : システムコンポーネントの役割と詳細

No.	役割	詳細
①	受信サーバ	イトラストのデータ配信サーバから河川水位データを HTTPS にて受信する Gateway サーバ
②	SFTP サーバ	気象庁のデータ配信サーバから気象データ(速報版降水短時間予報、速報版解析雨量)を SFTP にて受信するサーバ
③	ストレージ	外部入力された RAW データおよび整形済データの保存、各サーバとのデータ連携のためのストレージ
④	データベース	データの抽出、変換、整形、統合処理を行うデータベース
⑤	予測サーバ	河川水位予測を行うサーバ
⑥	WEB サーバ	現在水位・水位予測の可視化画面提供するサーバ

### (2) データフロー図

データフロー図および主なプロセスは図 4-10 の通りであり、10 分間隔で一連の処理を行った。

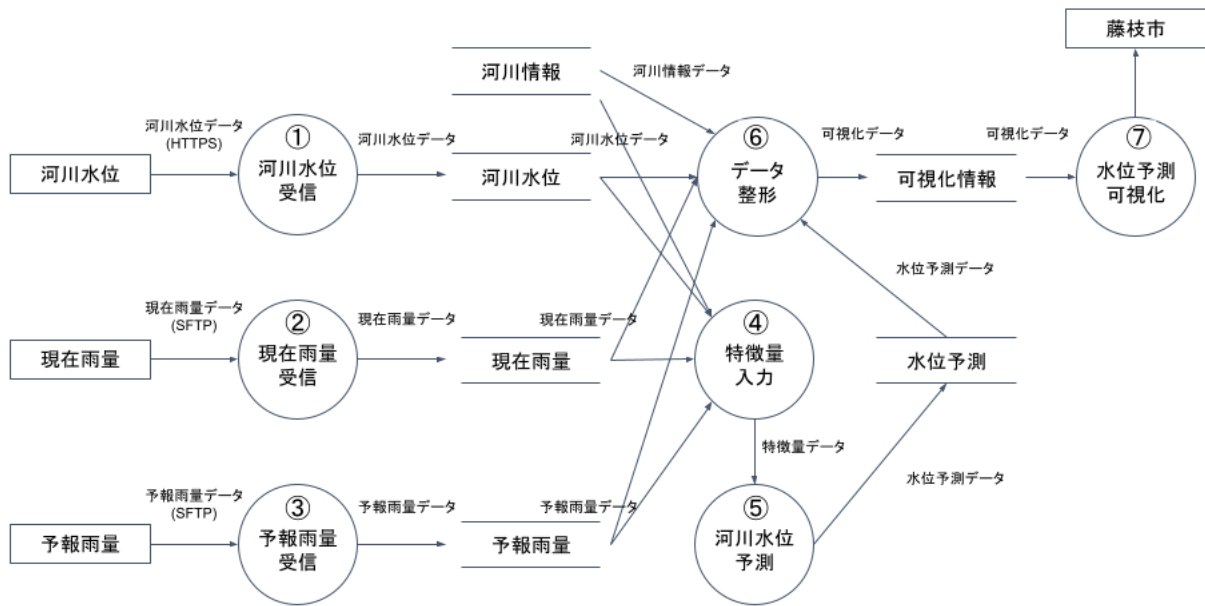


図 4-10 : データフロー図

#### 4.2.6. 浸水検知システム

浸水検知システムの構成図及びデータフロー図を図 4-11 に示す。

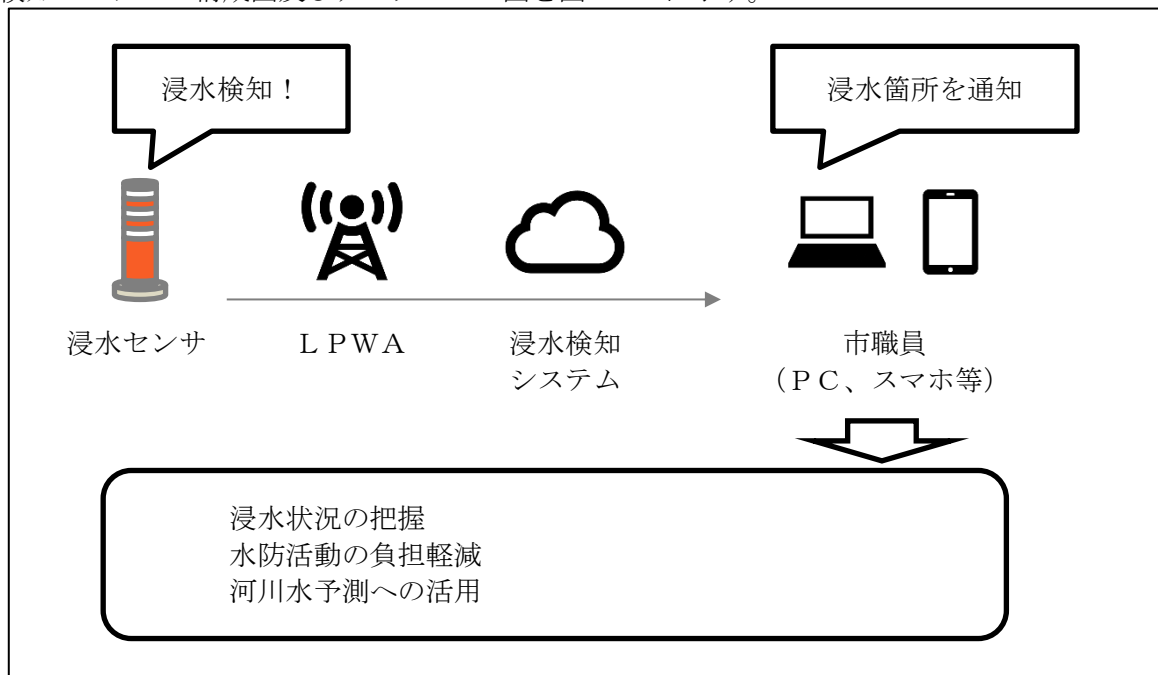


図 4-11 : 浸水検知システムの構成と流れ

#### 4.2.7. 水位予測手法

本実証実験で開発した水位予測システムは、現在時刻から 1,3 時間先の予測水位を出力するものである。水位予測に用いる入力情報は、水位、実績雨量、雨量予報に計測時間を加えた 4 種類であり、予測対象地点毎に予測モデルを生成する。なお、AI アルゴリズムは図 4-12 の中央の水位予測システムの中に組み込まれる。



図 4-12：水位予測システム概略図

(1) 実証実験における予測モデル

昨年度は、時系列的な水位変化を学習することで、水位変動の要因として雨量・水位以外を考慮した時系列解析モデルにて実証実験を行った。時系列解析モデルは過去の水位変動との因果関係を元にして予測をするモデルであり、過去の計測期間が短い河川には不向きであるため、データの補正を行い精度の向上を図っている。昨年度のレポート内では、開発中であった計測期間が短期間でも予測可能な別モデルであるデータ解析モデルから算出した水位予測結果との比較も行った。その結果、データ解析モデルの方が優れていることが判明したため、本年度はデータ解析モデルにて実証実験を行った。

データ解析モデルは、急激な水位上昇を予測することに焦点を当てたモデルである。学習データにおいても、昨年度の河川水位、雨量を追加し、より精度の高いモデルとなっている。

(2) データ解析モデル

特に降雨時の急激な水位上昇を予測することに焦点を当てて開発した。具体的には、各河川3時間前から3時間後の雨量の中から、水位急上昇への影響が高い要素を分析・抽出し、回帰分析などの手法を用いることで河川ごとに適切なモデルを構築した。これにより、予測が難しいと言われている中小河川の水位の急上昇を予測できるようにした。また、3時間予測においては、図 4-13 のように1時間後、2時間後の水位予測値を入力値とすることで予測の精度向上を図った。

なお、本モデルの長所は、比較的短い期間の学習データでも効率よく予測ができること、雨量が要因となる急激な水位の急上昇を予測できることである。短所は、雨量予報の精度により依存してしまうことである。雨量を大きな要素として予測しているため、雨量予報が外れたとき、予測水位への影響は大きくなる。

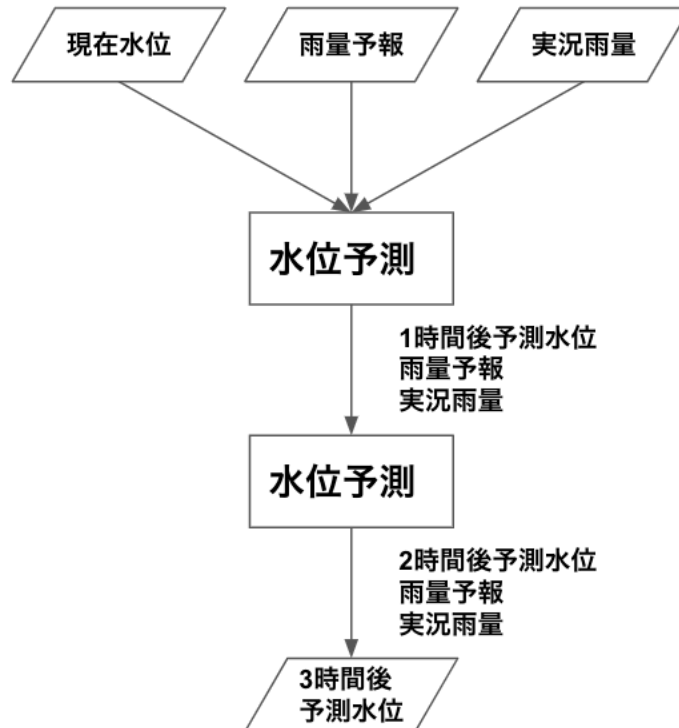


図 4-13 : 水位予測システム概略図

#### 4.2.8. 水位予測のUI

本項では、ユーザが監視および操作を行う画面について記述する。

本実証実験のために、5種類の画面を藤枝市河川課職員に提供した。それぞれの画面について以下に詳細を記述する。

##### (1) 一覧表示画面

###### ・対象データ

本画面での表示対象は水位計 12 箇所、雨量計 2 箇所、雨量予報データ 1 箇所である。

###### ・確認可能なデータ

本画面では、水位計の最終取得時から 12 時間前までの実測データと 3 時間先までの予測データ、雨量計の最終取得時から 15 時間前までの実測データ、雨量予報の最終取得時の実測データと 6 時間先までの予測データが確認可能である。

###### ・目的

本画面では、藤枝市河川課職員が一度に市内センサの状況と 3 時間後までの予測河川水位情報、6 時間後までの雨量予報情報を視認できることで、緊急時対応の情報確認時間の短縮を目的として提供を行った。

###### ・手法

本画面では、グラフを一つの画面に並べて表示を行い、最新の実測値と予測値を比較、最大の値について閾値と比較し、河川/橋名のアイコンに色をつけることで強調表示を行った。また、雨量予報については、観測値/予測値をもとに傘のアイコンを用いて強度がひと目でわかるような表示を実装した。

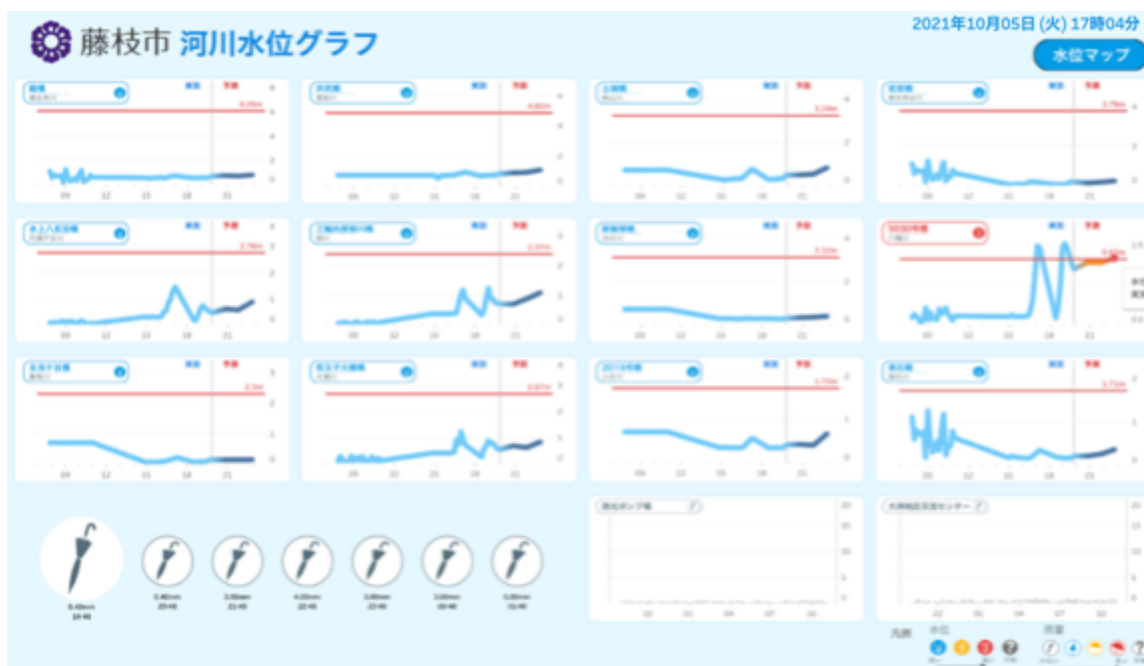


図 4-14 : 一覧表示画面

## (2) 水位マップ画面

### ・対象データ

本画面での表示対象は水位計 12 箇所、雨量計 2 箇所である。

### ・確認可能なデータ

本画面では、水位計の最終取得時の実測データと 3 時間先までの予測データ、雨量計の最終取得時の実測データ、水位計と雨量計ごとに設定した閾値を超えているかどうかを確認可能である。

### ・目的

本画面では、藤枝市河川課職員が一度に市内センサの設置位置と 3 時間後までの河川最高水位情報、現在の雨量情報を視認できることで、緊急時対応の情報確認時間の短縮を目的として提供を行った。

### ・手法

本画面では、現在水位と 1, 2, 3 時間後の 3 つの予測水位の中で 3 段階ある警戒水位を超えているものがあれば、河川/橋名のアイコンの色を該当する警戒段階に色付けする強調表示を行った。また、水位計または雨量計のアイコンをマウスオーバーすることで、河川名と数値がポップアップされるよう表示した。

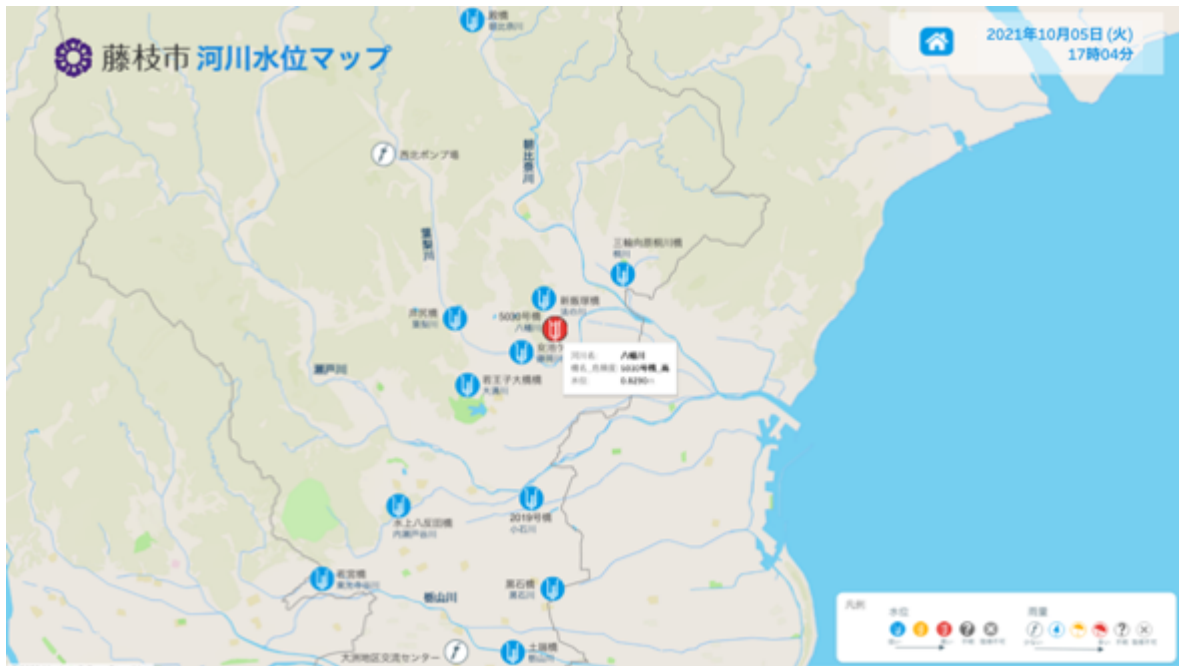


図 4-15 : 水位マップ画面

### (3) 現在水位表示画面

- ・対象データ

本画面での表示対象は水位計 12 箇所である。

- ・確認可能な内容

本画面では、水位計の最終取得時から 12 時間前までの実測データと 3 時間先までの予測データ、最終取得時のタイムスタンプ、水位計ごとの河川断面図が確認可能である。

- ・目的

本画面では、藤枝市河川課職員が水位計の最終取得時から 12 時間前までの実測データと 3 時間先までの予測データ、河川断面図情報を重ねて表示することで、藤枝市河川課職員が水位のトレンドを確認し、危険を未然に知得できることを目的として提供を行った。

- ・手法

本画面では、一つの画面に線グラフとエリアグラフをならべて表示、エリアグラフの下には対象河川の断面図を配置。グラフを透過させることで断面図上と水位の関係が明確になるよう表示を行った。また、現在水位と 1, 2, 3 時間後、3 つの予測水位の中で 3 段階ある警戒水位を超えているものがあれば、河川/橋名のアイコンの色を該当する警戒段階に色付けする強調表示を行った。

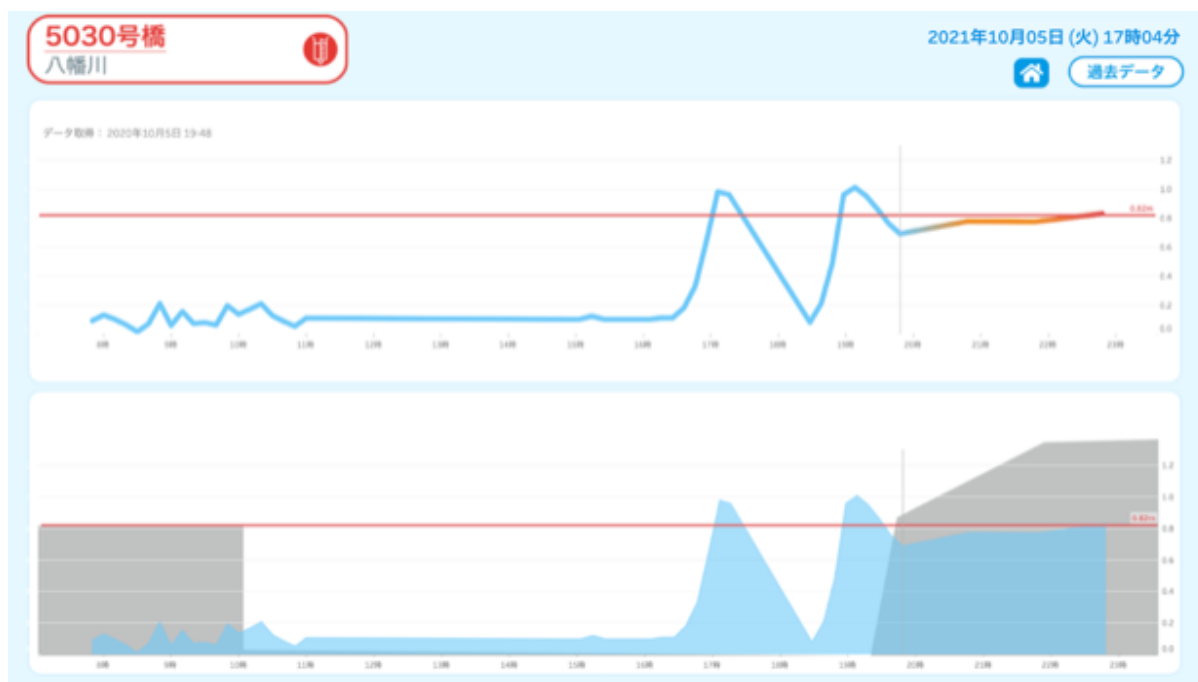


図 4-16：現在水位表示画面

#### (4) 過去水位表示画面

- ・対象データ

本画面での表示対象は水位計 12 箇所である。

- ・確認可能な内容

本画面では、水位計の取得している全期間の実測データ、水位計ごとの河川断面図が確認可能である。

- ・目的

本画面では、水位計で取得している全期間の実測データを、表示期間を指定して確認することで、藤枝市河川課職員が河川ごとに特定期間の水位分析を行うことを目的として提供を行った。

- ・手法

本画面では、一つの画面に線グラフとエリアグラフをならべて表示を行い、エリアグラフの下には対象河川の断面図を配置。グラフを透過させることで断面図上と水位の関係が明確になるよう表示を行った。そして特定期間のデータのみを表示するため、期間を指定可能なタイムスケールの設置を行った。また、現在水位と 1, 2, 3 時間後の 3 つの予測水位の中で 3 段階ある警戒水位を超えているものがあれば、河川/橋名のアイコンの色を該当する警戒段階に色付けする強調表示を行った。



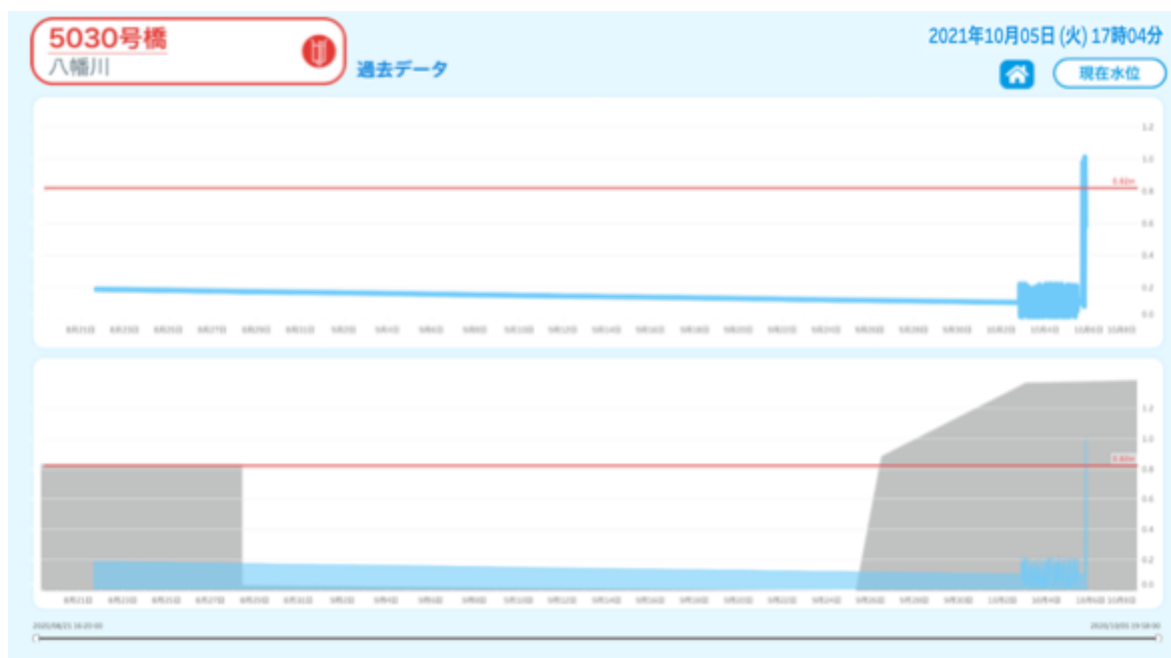


図 4-17 : 過去水位表示画面

#### (5) 過去雨量表示画面

- ・対象データ

本画面での表示対象は雨量計 2 箇所である。

- ・確認可能な内容

本画面では、雨量計が取得している全期間の実測データ、積算雨量データ(6 時間以上雨量が 0mm の場合は値を 0 にする)が確認可能である。

- ・目的

本画面では、雨量計で取得している全期間の実測データと積算雨量データを、表示期間を指定して表示して確認することで、藤枝市河川課職員が特定期間の雨量分析を行うこと目的として提供を行った。

- ・手法

本画面では、一つのグラフに棒グラフ(右軸:10 分間雨量)と線グラフ(左軸:積算雨量)をならべて表示。特定期間のデータのみを表示するため、期間指定が可能なタイムスケールの設置を行った。また、最新の実測値について閾値と比較し、河川名のアイコンに色をつけることで強調表示を行った。(積算雨量については、降水があった場合は積算を行い、6 時間以上雨量が 0mm のデータが続いた場合に、0 にリセットする。)

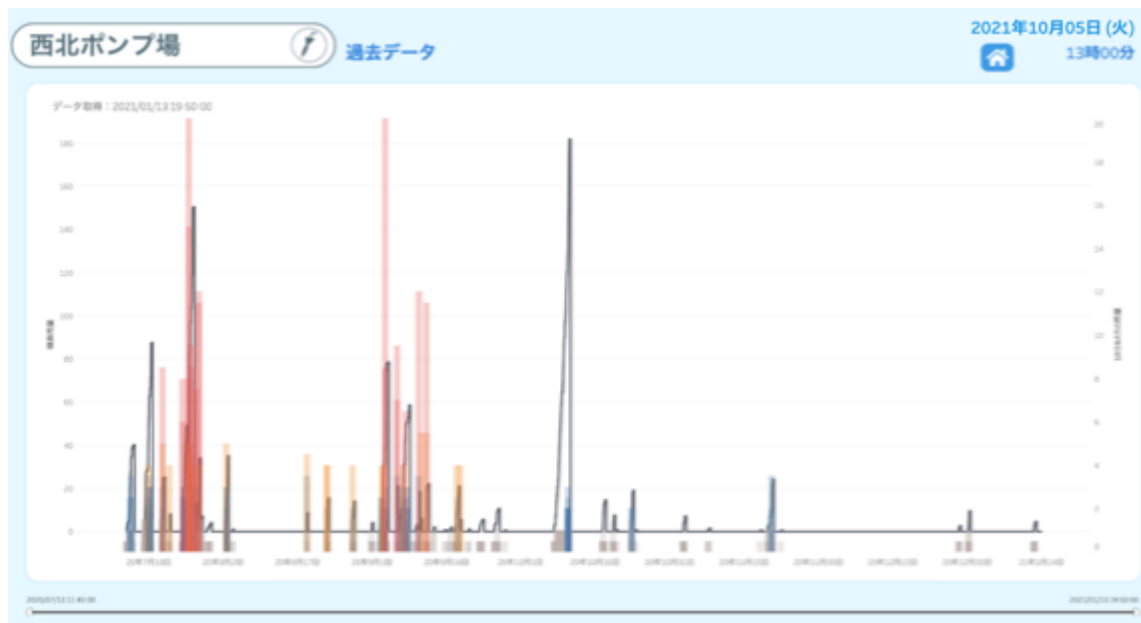


図 4-18 : 過去雨量表示画面

#### 4.2.9. 浸水検知のUI

浸水検知システムの管理画面を図 4-19 に示す。

- 対象データ  
本画面での表示対象は、令和3年度に設置した浸水センサ8箇所を含め10箇所である。
- 確認可能なデータ  
本画面では、地点の浸水センサの現在の作動状況、異常などをアイコンで確認できるとともに、作動状況の詳細を時間軸で確認することができる。
- 目的  
本画面では、水防活動に携わる職員誰もが操作・確認できるシステムとしている。



図 4-20：浸水検知システムのUI

#### 4.2.10. 実施体制

本実証実験にあたって、参加する構成員と各役割を表 4-4 に示す。

表 4-4：実施体制表

構成員名称	役割
ソフトバンク株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体業務遂行管理（PM）</li> <li>水位予測システムの開発、運用、評価</li> </ul>
藤枝市	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証フィールドの提供</li> <li>水位予測システムの評価</li> <li>内水氾濫と河川水位との関係性分析、評価</li> </ul>
株式会社イトラスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>治水コンサル</li> <li>水位計、冠水計の準備および設置</li> <li>水位監視システム、冠水監視システムの運用</li> </ul>
株式会社ウェザーニューズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水位、雨量のデータ提供</li> </ul>

#### 4.2.11. スケジュール

本実証実験の実施スケジュールを水位予測と冠水検知、全体に分けて図 4-21 に示す。水位予測は、出水期に合わせて6月から11月の期間、システムを稼働した。4月から6月中旬はシステムの一部改良と、予測モデルの開発を実施。システム稼働期間後に予測結果の評価を行った。冠水検知は、令和2年度に2箇所設置した浸水センサに加え、新たに8箇所設置、9月より運用を開始し、台風シーズンを経験した。渇水期に水位計と浸水センサのデータから関連性を分析する。

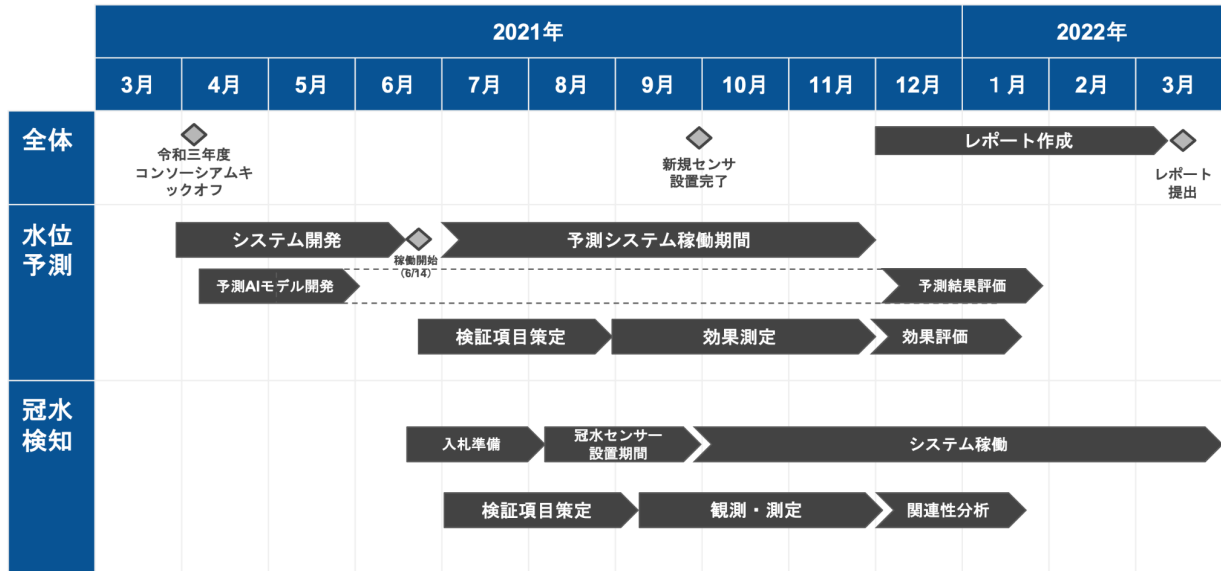


図 4-21：実施スケジュール

### 4.3. 仮説検証方法

#### 4.3.1. 水位予測検証

本項では予測モデルの評価方法について記述する。以下2種類の評価手法により評価値を算出する。

##### (1) RMSE による評価

RMSE（平均平方二乗誤差）によって、実測値と予測値の誤差平均を算出する。RMSE は、回帰モデルの最も一般的な性能指標の1つであり、以下の式で表される。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (pred_i - act_i)^2}$$

ここで、i は予測対象時点、n は予測対象時点の総数を示し、pred、act はそれぞれ予測値と実測値を表す。この指標によって、各アルゴリズムによる予測値と実測値の二乗誤差の平均を算出する。二乗誤差を使うことによって、予測値が大きく外れた場合の影響が大きく反映される。RMSE 値は、0 以上の値を取り、0 に近いほど予測誤差が小さく予測精度が高いことを示す。河川水位予測に関する他論文の研究でも、評価指標に RMSE を採用しているため、本取り組みでも利用する。

本評価では、評価期間を予測期間の中でも豪雨時に絞り、RMSE を算出する。豪雨時において予測値が活用されるためである。豪雨時は気象庁の情報を参考に 10mm/h 以上の降雨量の時間とした。

##### (2) MAE による評価

MAE（平均絶対誤差）によって、実測値と予測値の誤差の絶対値を計算し、その総和をデータ数で割った値（=平均値）を算出する。

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |pred_i - act_i|$$

MAE の利点として、RMSE のように誤差が大きくてもそれほど過大には評価しないため、外れ値の影響を受けにくい。逆に MAE の欠点として、絶対値は数学計算で条件分岐が発生して数式が2つ（予測値 > 正解値の場合の微分係数は1、予測値 < 正解値の場合は-1）に分かれてしまう問題がある。そのため、今回は RMSE と併用してモデル評価を実施することとする。

本評価では、評価期間を予測期間の中でも豪雨時に絞り、MAE を算出する。豪雨時において予測値が活用されるためである。豪雨時は気象庁の情報を参考に 10mm/h 以上の降雨量の時間とした。

### (3) 避難水位到達時の事前予測有無

実水位が避難判断水位に到達時、避難判断を超える水位値の予測有無を評価軸とする。それは、河川ごと深さが異なり、予測の誤差の影響も河川ごとに異なるため、RMSE や MAE だけでは、一概に実用を考えた際に、精度が十分か不十分かの評価が難しいためである。図 4-22 に評価例を示す。図 4-22 の左側の図は、実測値の危険水位超過時に、予測値も超過した値を出しているため、正解した例である。一方右側の図は、実測値の危険水位超過時、予測値が危険水位より低い値を出しているため超過の予測を失敗した例である。

本実証実験では、越水ライン 80% の水位をこの評価の基準水位として用いる。本実証実験での予測対象河川では、避難判断水位といった基準水位は設定されていない。そこで藤枝市河川管理担当者に判断基準の水位を確認した結果、越水ラインのおよそ 80% あたりを基準としている話があったため、越水ライン 80% を本評価の基準水位とする。

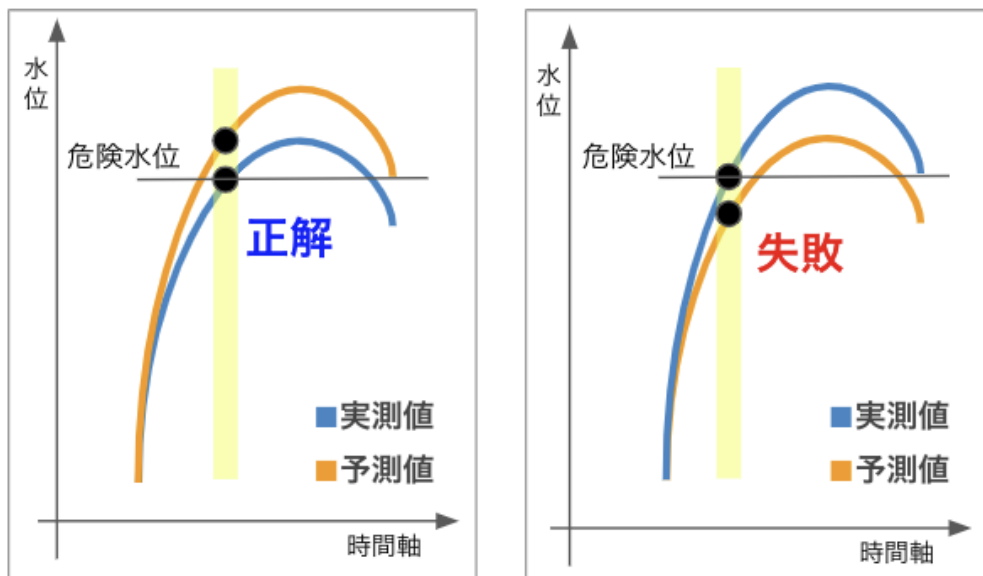


図 4-22 : 避難判断水位超過予測有無による評価

これら 2 つの指標を用いて 4.2.7 項にて前述したデータ解析モデルによる予測結果を評価し、各地点結果を表 4-5 : 評価結果の整理の形式で整理する。

表 4-5 : 評価結果の整理

		全期間				10mm/h 以上の降雨			
		MAE		RMSE		MAE		RMSE	
河川名	地点名	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後
小石川	2019 号橋								
八幡川	5030 号橋								
葉梨川	井尻橋								
黒石川	黒石橋								
桐川	三輪向原桐川橋								
大溝川	若王子大橋橋								
東光寺谷川	若宮橋								
藤岡川	女池ヶ谷橋								
法の川	新飯塚橋								
内瀬戸谷川	水上八反田橋								
朝比奈川	殿橋								
栃山川	土瑞橋								
平均値									

河川名	地点名	基準水位 (cm)	3h 予測	1h 予測
小石川	2019 号橋	137.6		
八幡川	5030 号橋	65.6		
葉梨川	井尻橋	388		
黒石川	黒石橋	136.8		
桐川	三輪向原桐川橋	189.6		
大溝川	若王子大橋橋	213.6		
東光寺谷川	若宮橋	303.2		
藤岡川	女池ヶ谷橋	184		
法の川	新飯塚橋	249.6		
内瀬戸谷川	水上八反田橋	220.8		
朝比奈川	殿橋	484		
栃山川	土瑞橋	259.2		

### 4.3.2. 冠水検知

浸水センサが検知した時間とその時の河川水位を記録し検証を行うものとする。浸水開始と浸水終了の時間を記録することで、浸水が始まる時の河川水位を特定する。

表 4-6 : 冠水検知の評価結果整理

八幡川 5030号橋

日時	水位[m]	浸水高さ[cm]

法の川 新飯塚橋

日時	水位[m]	浸水高さ[cm]

## 5. 実施結果

### 5.1. センサ情報

センサ毎の2021年4月1日から12月末までのLPWA欠測回数および欠測率は表 5-1 の通り。

表 5-1 : センサ LPWA 欠測状況

設置箇所	LPWA 欠測数	LPWA 欠測率
小石川 2019号橋（築地）	333	0.8%
黒石川 黒石橋（浜太夫）	944	2.3%
藤岡川 女池ヶ谷橋（藤岡3丁目）	8041	19.4%
東光寺谷川 若宮橋（上青島）	1493	3.6%
法の川 新飯塚橋（八幡）	1167	2.8%
葉梨川 井尻橋（上藪田）	659	1.6%
栃山川 土瑞橋（大東町）	374	0.9%
朝比奈川 殿橋（岡部町殿）	408	1.0%
桐川 三輪向原桐川橋	1718	4.1%
大溝川 若王子大橋橋	1624	3.9%
八幡川 5030号橋	1081	2.6%
内瀬戸谷川 水上八反田橋	198	0.5%

女池ヶ谷橋の水位センサにおいて顕著に欠測率が高い状況について、2021年9月に現地調査を実施したところ LPWA 無線通信がつながりにくい状況であったため調整を実施。以降は下表の通り改善した。

## 5.2. データ

### 5.2.1. 気象データ

#### (1) 降雨

本実験の評価期間である2021年6月から2021年11月の降雨量について、表5-2に示す。尚、藤枝市中心部から最も近いアメダス静岡空港観測所の観測情報を参照しており、比較として2020年および2019年における同期間の降雨量を合わせて示す。

表 5-2 : 2019 年、2020 年、2021 年の 6 月から 11 月までの降雨量

月	降水量の合計 (mm)			日降水量の最大 (mm)			1 時間降水量の最大 (mm)		
	2021 年	2020 年	2019 年	2021 年	2020 年	2019 年	2021 年	2020 年	2019 年
6 月	166.0	149.5	125.0	77.5	96.5	91.0	12.0	22.5	19.5
7 月	430.0	784.0	418.0	164.0	133.5	86.0	88.0	86.0	75.0
8 月	304.5	56.5	185.5	58.0	36.0	72.0	39.5	36.5	25.0
9 月	196.5	139.5	81.5	46.0	35.0	51.0	18.0	16.5	21.5
10 月	77.5	209.0	572.5	22.0	88.0	375.0	18.0	12.5	54.5
11 月	94.0	33.0	113.5	45.0	14.0	49.5	15.0	5.5	8.5

本年度は7月において、日降水量の最大が164.0mm、1時間降水量の最大値88.0mmと強い雨を記録した日があった。しかしながら、2019年の台風第19号での日降水量350mmを超えるような、河川水位に大きな影響を与える気象変化はなかった。

#### (2) 台風

実証実験期間中、静岡県に3つの台風が接近した。接近した3つの台風について、そのカテゴリ、静岡県への最接近日、アメダス静岡空港観測所で観測した日降水量を表5-3に示す。また、進路を図5-1および5-3(気象庁台風経路図より引用)に示す。

実証実験期間中、カテゴリ5の台風は2つ接近したものの、台風第14号は接近時すでに温帯低気圧へ変化し、台風第16号は大きな降雨範囲に入らなかったため、河川水位には大きな影響を与えることはなかった。

表 5-3 : 2021 年静岡県に接近した台風の名称、カテゴリ、最接近日、日降水量

台風名称	カテゴリ	最接近日	日降水量 (mm)
令和3年台風第10号	-	2021年8月8日	12.5
令和3年台風第14号	5	2021年9月18日	46.0
令和3年台風第16号	5	2021年10月1日	19.5



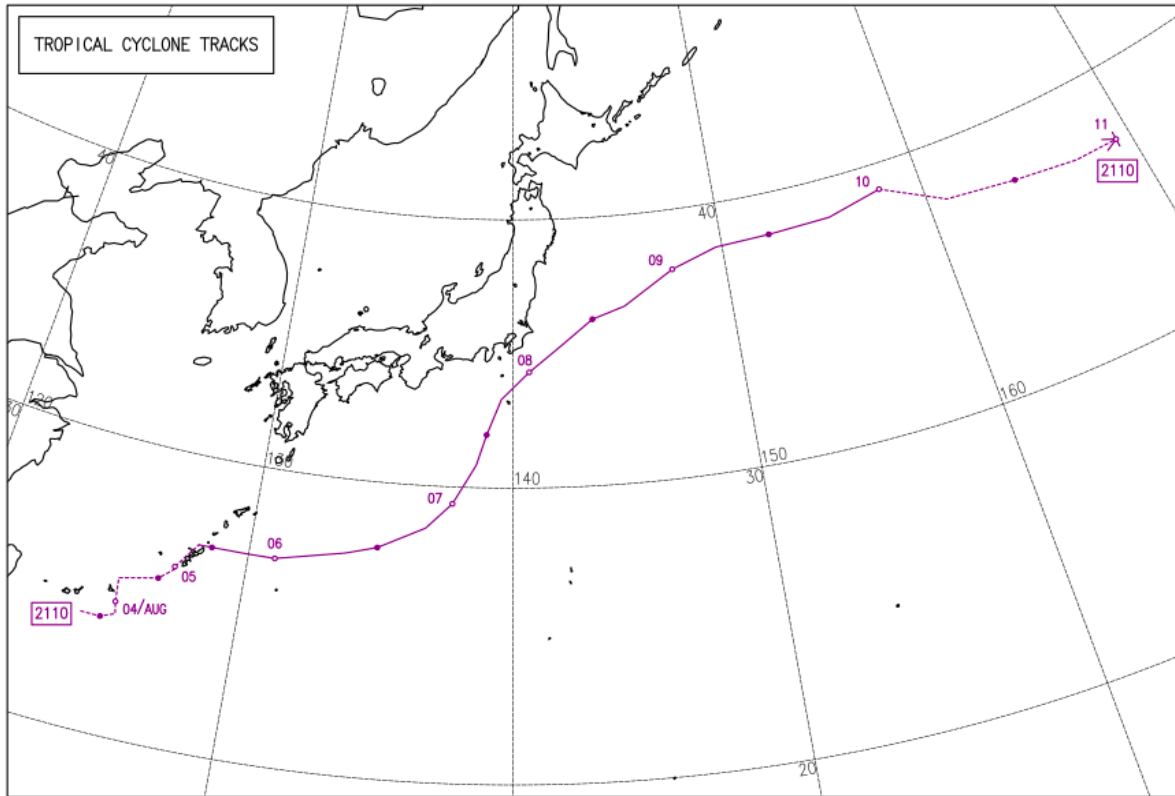


图 5-1：令和 3 年台風第 10 号進路

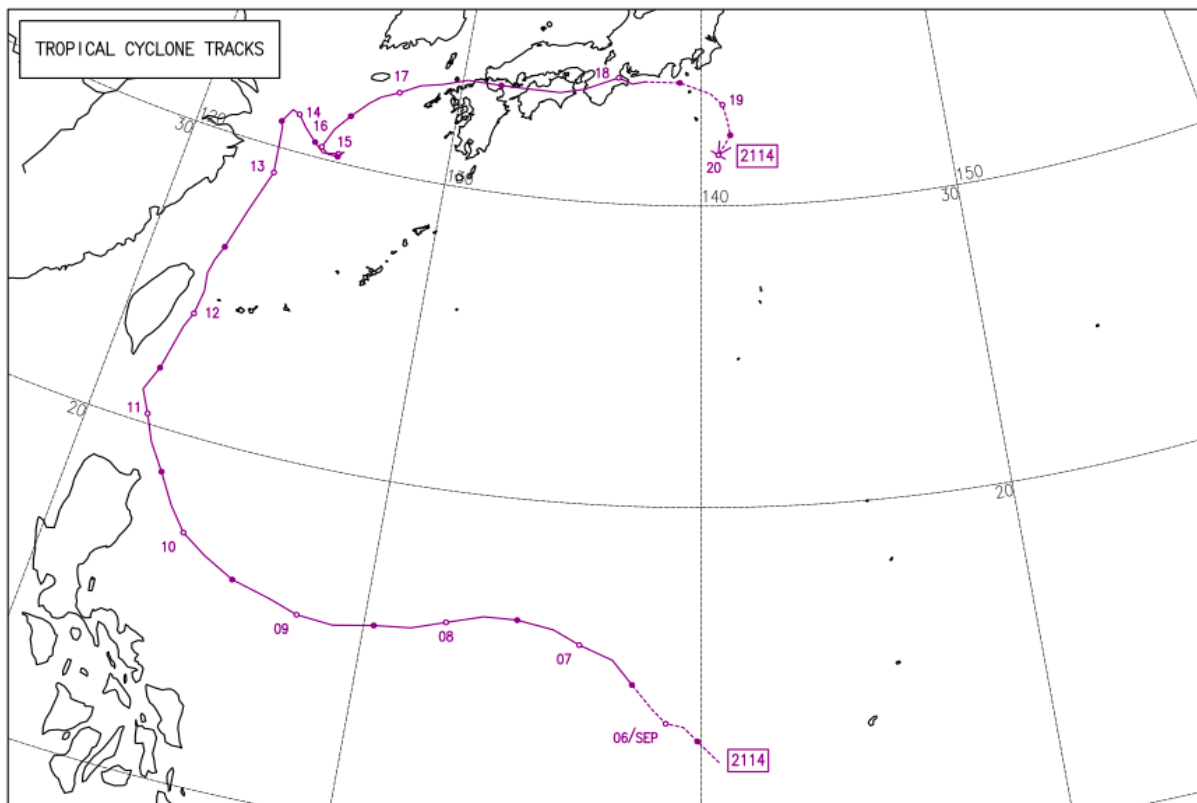


图 5-2：令和 3 年台風第 14 号進路

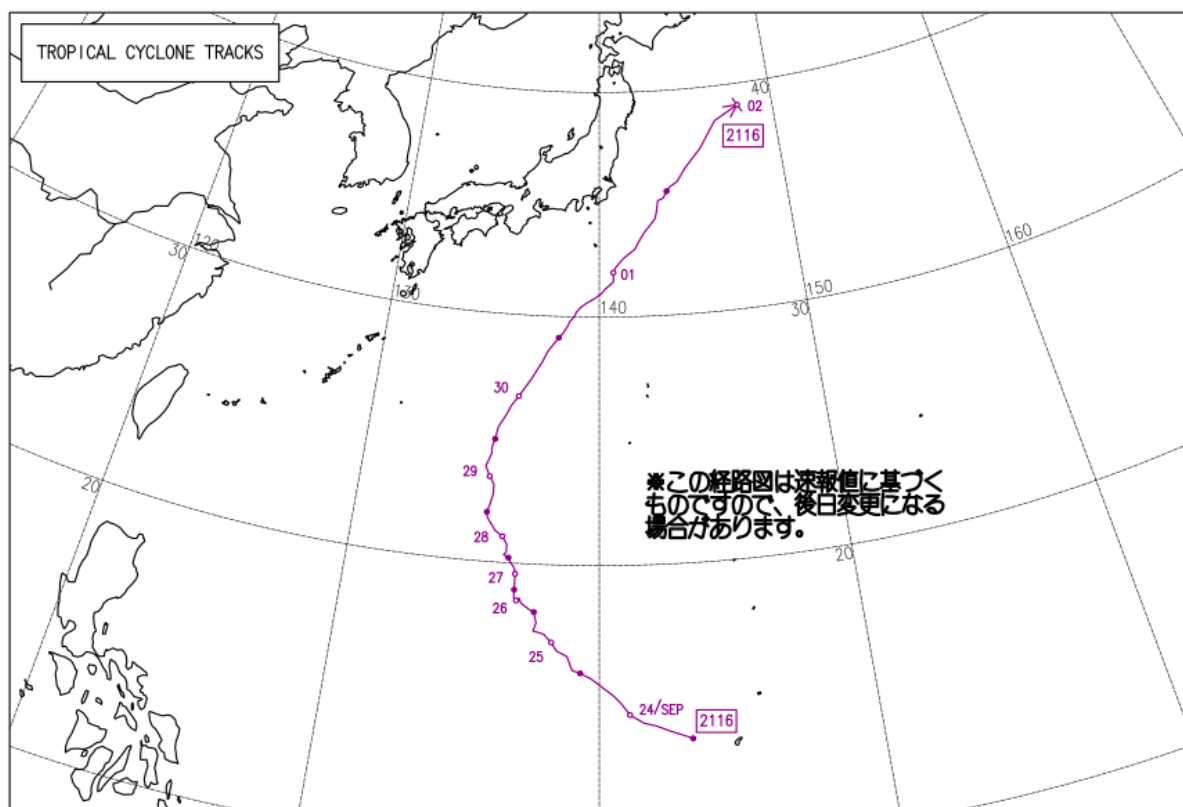


図 5-3 : 令和 3 年台風第 16 号進路

### 5.2.2. 水位計データ

実証実験予測対象地点と水位計データ利用期間を表 5-4 に示す。本実証実験で用いる水位予測システムでは、各水位計測地点の 1, 2, 3 時間後の水位をリアルタイムで予測する。この水位予測実施のために、あらかじめ過去計測データを学習データとして学習し、各地点の水位予測モデルを生成する。水位計既存設置箇所 12 地点は、設置以後の計測データを学習データとして利用した。表 5-4 内赤枠部分が用いた過去データである。

表 5-4 : 実証実験予測対象地点と水位計データ利用期間

等級	河川名	場所	学習期間	予測対象期間
準	小石川	2019 号橋	2018/7/4 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
準	黒石川	黒石橋	2018/7/4 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
準	藤岡川	女池ヶ谷橋	2018/7/4 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
二	東光寺谷川	若宮橋	2018/7/4 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
準	法の川	新飯塚橋	2018/7/4 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
二	葉梨川	井尻橋	2018/7/4 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
二	栃山川	土瑞橋	2018/7/4 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
二	朝比奈川	殿橋	2018/7/4 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
準	桐川	三輪向原桐川橋	2020/6/13 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
準	大溝川	若王子橋橋	2020/6/13 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
準	八幡川	5030 号橋	2020/6/13 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31
二	内瀬戸谷川	水上八反田橋	2020/6/13 ~2021/2/28	2021/6/14 ~2021/11/31

本年度の予測対象期間内の実証実験期間内計測データの欠測割合を表 5-5 に示す。対象期間内に計測対象回数は各地点 24426 回あった。女池ヶ谷橋を除く 11 地点において、10%を下回る欠測の割合で計測ができていた。

女池ヶ谷橋地点では欠測割合が 20.58%と多い結果となったが、水位予測には大きな影響はなかった。

表 5-5：予測対象期間の欠測割合

水位計設置地点名	欠損数	総数	割合[%]
2019 号橋	330	24426	1.35
5030 号橋	752	24426	3.08
井尻橋	596	24426	2.44
黒石橋	458	24426	1.88
三輪向原桐川橋	1081	24426	4.43
若王子大橋橋	835	24426	3.42
若宮橋	627	24426	2.57
女池ヶ谷橋	5026	24426	20.58
新飯塚橋	519	24426	2.12
水上八反田橋	142	24426	0.58
殿橋	367	24426	1.50
土瑞橋	126	24426	0.52

### 5.2.3. 冠水計データ

5.2.1 に記述したとおり、令和 3 年度は豪雨が少なく、法の川地区（藤枝市潮地内）では、浸水センサが検知することはなく、内水氾濫は発生しなかった。一方で、八幡川地区（藤枝市八幡地内）では、浸水センサが検知し、道路冠水が発生した。

八幡川は堀込構造であることから、“護岸高＝氾濫開始水位”となる。右岸が道路、左岸が民地であり、浸水センサは左岸に設置してあることから、浸水センサの検知が道路冠水とはならない。

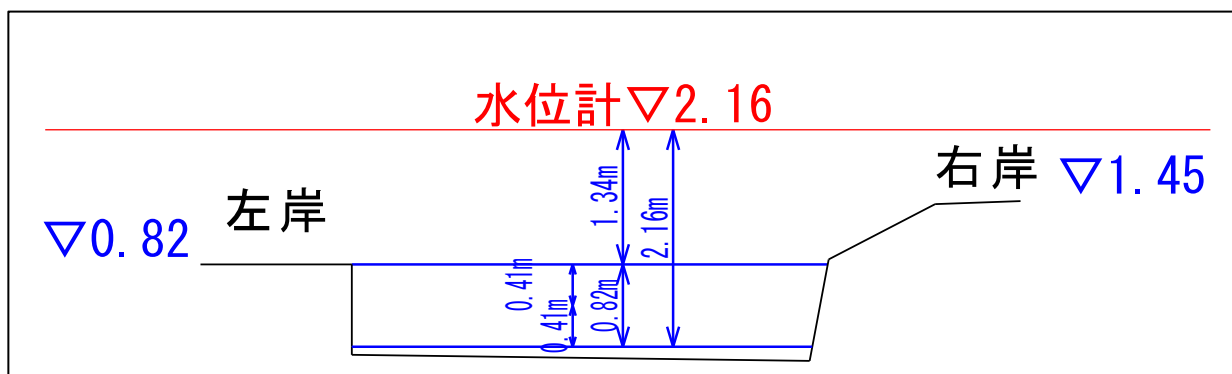


図 5-4 : 八幡川断面図

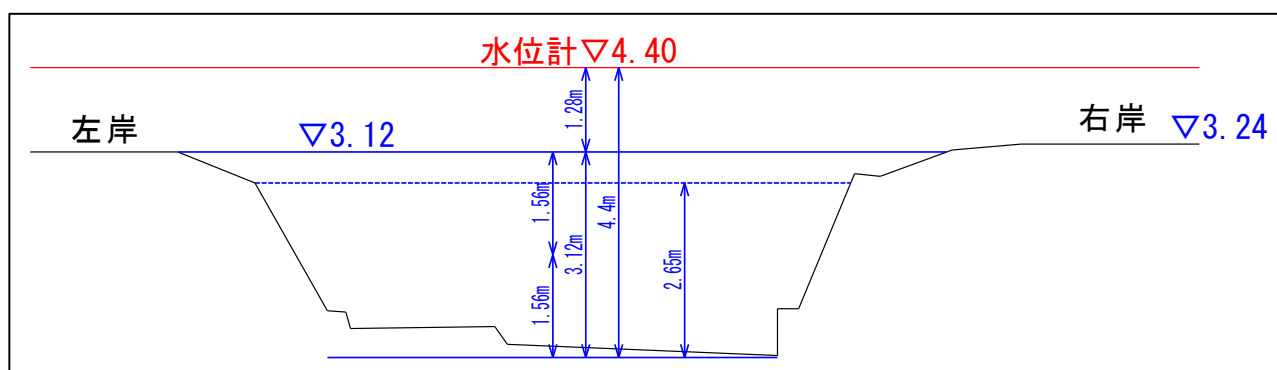


図 5-5 : 法の川断面図

冠水を検知した時の八幡川地区の通行規制時の水位計と浸水センサの値を表 5-6 に示す。

表 5-6 : 通行規制時の水位計および浸水センサの測定値

【冠水開始】

【冠水終了】

日時	水位 [m]	浸水高さ [cm]	日時	水位 [m]	浸水高さ [cm]
2021/7/2 3:10	0.77	0	2021/7/2 12:20	0.9	6
2021/7/2 3:20	0.83	0	2021/7/2 12:30	0.88	6
2021/7/2 3:30	0.87	3	2021/7/2 12:40	0.87	3
2021/7/2 3:40	0.9	6	2021/7/2 12:50	0.86	3
2021/7/2 3:50	0.93	9	2021/7/2 13:00	0.83	0
2021/7/2 4:00	0.95	12	2021/7/2 13:10	0.8	0

【冠水開始】

【冠水終了】

日時	水位 [m]	浸水高さ [cm]	日時	水位 [m]	浸水高さ [cm]
2021/7/2 18:20	0.75	0	2021/7/2 21:40	0.77	0
2021/7/2 18:30	0.82	0	2021/7/2 21:50	0.79	0
2021/7/2 18:40	0.86	3	2021/7/2 22:00	0.79	0
2021/7/2 18:50	0.9	6	2021/7/2 22:10	0.78	0
2021/7/2 19:00	0.91	9	2021/7/2 22:20	0.77	0
2021/7/2 19:10	0.89	6	2021/7/2 22:30	0.76	0

## 【冠水開始】

## 【冠水終了】

日時	水位 [m]	浸水高さ [cm]	日時	水位 [m]	浸水高さ [cm]
2021/8/18 11:10	0.64	0	2021/8/18 12:50	0.99	15
2021/8/18 11:20	0.8	0	2021/8/18 13:00	0.96	12
2021/8/18 11:30	0.87	3	2021/8/18 13:10	0.92	9
2021/8/18 11:40	0.89	6	2021/8/18 13:20	0.89	6
2021/8/18 11:50	0.9	6	2021/8/18 13:30	0.84	0
2021/8/18 12:00	0.89	6	2021/8/18 13:40	0.82	0

また、市民からの通報により、道路冠水が発生した時間の水位計の値を表 5-7 に示す。

表 5-7：道路冠水時の水位計および浸水センサの測定値

日時	水位 [m]	浸水高さ [cm]
2021/7/2 6:20	1.11	27
2021/7/2 6:30	1.15	30
2021/7/2 6:40	1.18	30
2021/7/2 6:50	1.23	30
2021/7/2 7:00	1.3	30
2021/7/2 7:10	1.35	30
2021/7/2 7:20	1.38	30
2021/7/2 7:30	1.4	30
2021/7/2 7:40	1.42	30
2021/7/2 7:50	1.43	30
2021/7/2 8:00	1.43	30
2021/7/2 8:10	1.43	30
2021/7/2 8:20	1.43	30
2021/7/2 8:30	1.41	30
2021/7/2 8:40	1.41	30
2021/7/2 8:50	1.41	30
2021/7/2 9:00	1.41	30
2021/7/2 9:10	1.41	30
2021/7/2 9:20	1.38	30

←7：25 市民からの道路冠水の通報

本実証実験では、外水氾濫が冠水原因の八幡川地区、内水氾濫が冠水原因の法の川地区において、検証してきた。冠水検知により、外水氾濫が発生する時の河川水位が判明したことで、水位予測を活用した外水氾濫のタイミングが確立された。そのことから、内水氾濫においても、同様に河川水位を判明させることで、水位予測を活用した内水氾濫のタイミングが確立されるものである。

### 5.3. 水位予測結果

#### 5.3.1. 実証実験での予測結果

本項では実証期間内にリアルタイムで提供した水位予測結果について記述する。学習データの水位計測期間が 2018 年からの水位計（グループ 1）と 2020 年からの水位計（グループ 2）の 2 グループが存

在する。学習データの計測期間の違いは、予測精度にも影響があるため、それぞれのグループで比較評価することとする。なお今年度は予測対象期間に関しては、全12地点同様で2021年6月14日から2021年11月30日である。まず、グループ1の水位計の水位予測結果について述べる。本項では実証期間内にリアルタイムで提供した水位予測結果について記述する。

(1) グループ1の水位計8地点

グループ1の水位計8地点は2018年7月4日から2021年2月28日までを学習データの水位計測期間とした。実証実験期間内の水位予測は、気象庁からの実績雨量・雨量予報と水位計からの計測水位の3種類のデータを入力として、各水位計測時に1, 2, 3時間後の水位を予測した。グラフ化した結果を次に示す。

2019号橋地点の実水位と3時間後の予測水位を図5-6に示す。横軸に日時、縦軸に水位（単位：cm）を示す。青線が実測水位、橙線が対象時刻を3時間後に予測した水位を表す。実測水位と予測水位の詳細を確認するため、期間内で雨量が比較的多かった2021年7月2日周辺と2021年8月14日周辺の結果を整理する。

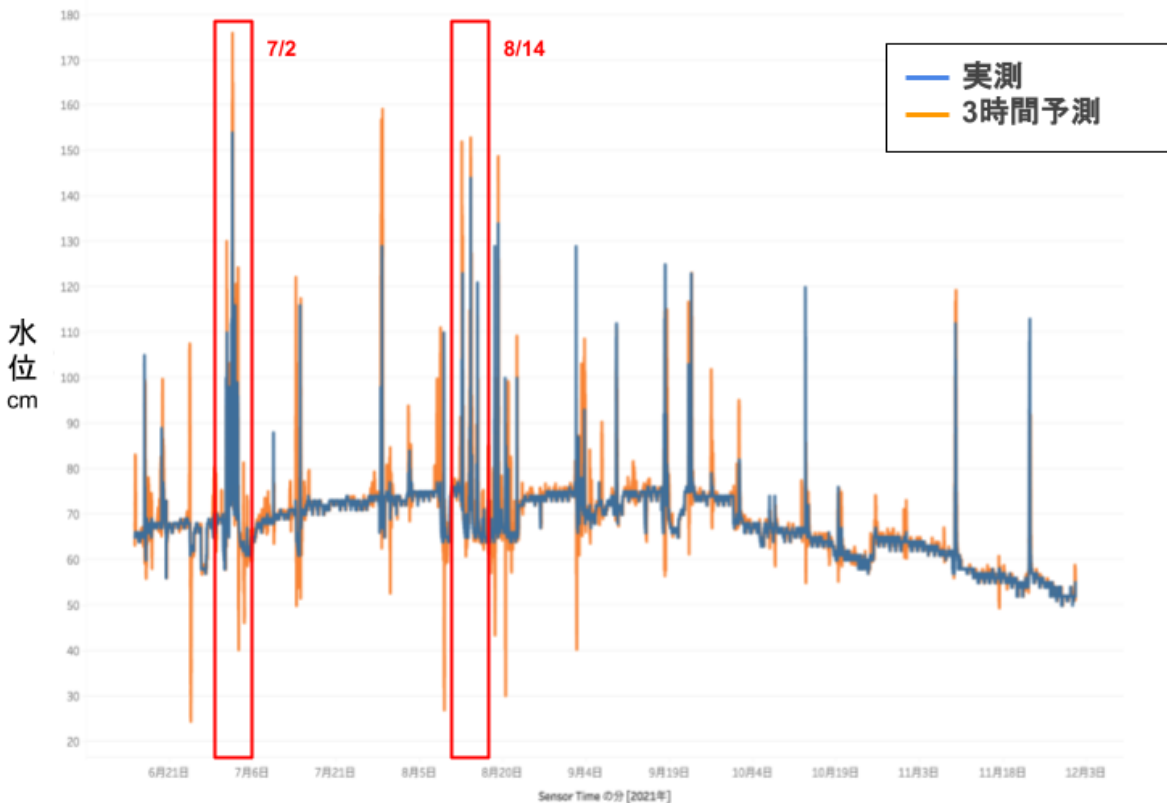


図 5-6 : 2019 号橋地点の予測結果

図 5-7 上図に 2019 号橋地点の 2021 年 7 月 2 日周辺の実測水位と 3 時間後の予測水位、図 5-7 下図に実測水位と 1 時間後の予測水位を示す。3 時間後の予測では、水位のピークはほとんど遅れずに予測している結果を確認できた。3 時間後の予測と 1 時間後の予測共に、水位のピークはほとんど遅れずに予測している結果を確認できた。ただ、実測水位のピーク時である 2021 年 7 月 2 日 7:20 の 154cm に対して、3 時間後の予測は 160cm、1 時間後では 153cm とわずかながら 1 時間後予測の方が精度の良い結果となった。またその他の時間においても全体的に 3 時間後の予測よりも 1 時間後の予測の方が高い精度であることが確認できたが、2021 年 7 月 2 日 8:00 のみは実測水位が 133cm に対して 1 時間後では 183cm と大きく予測が異なる結果となった。

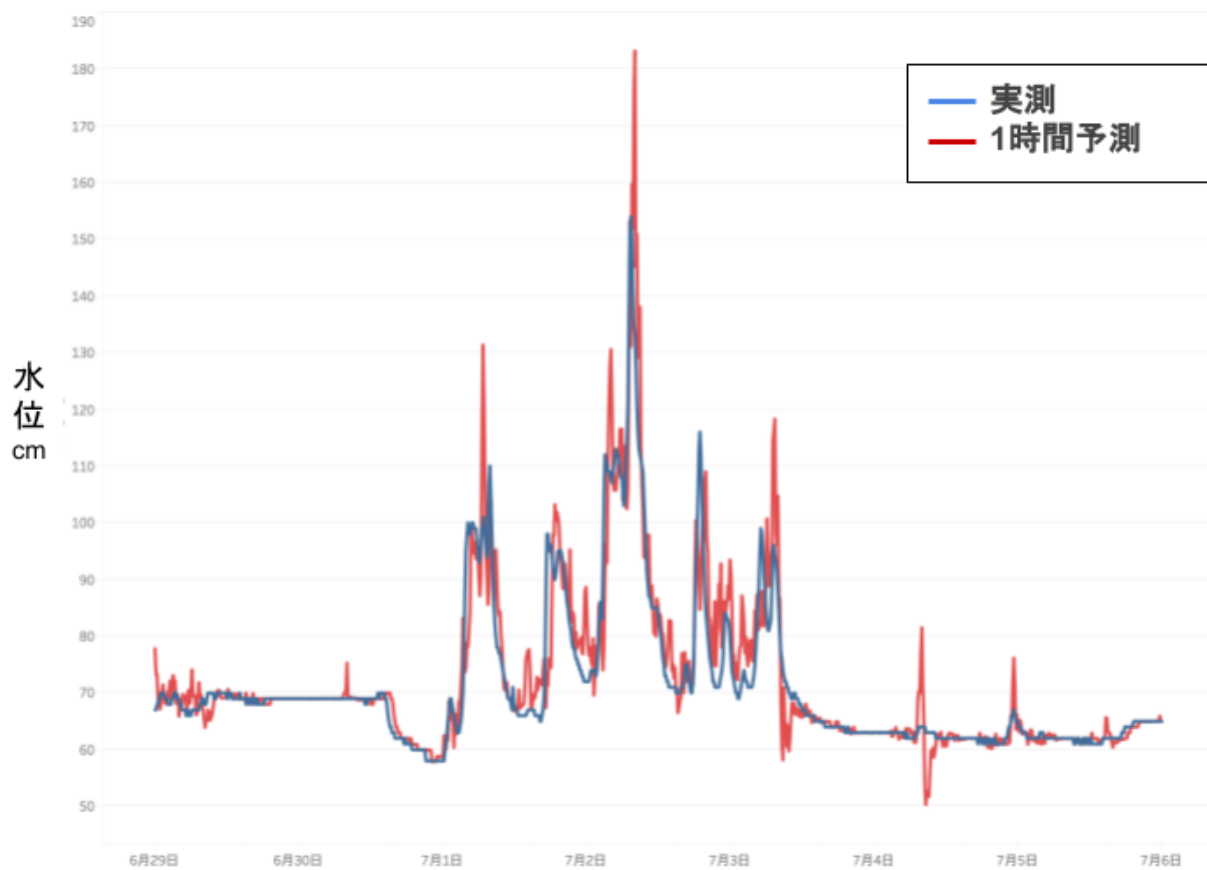
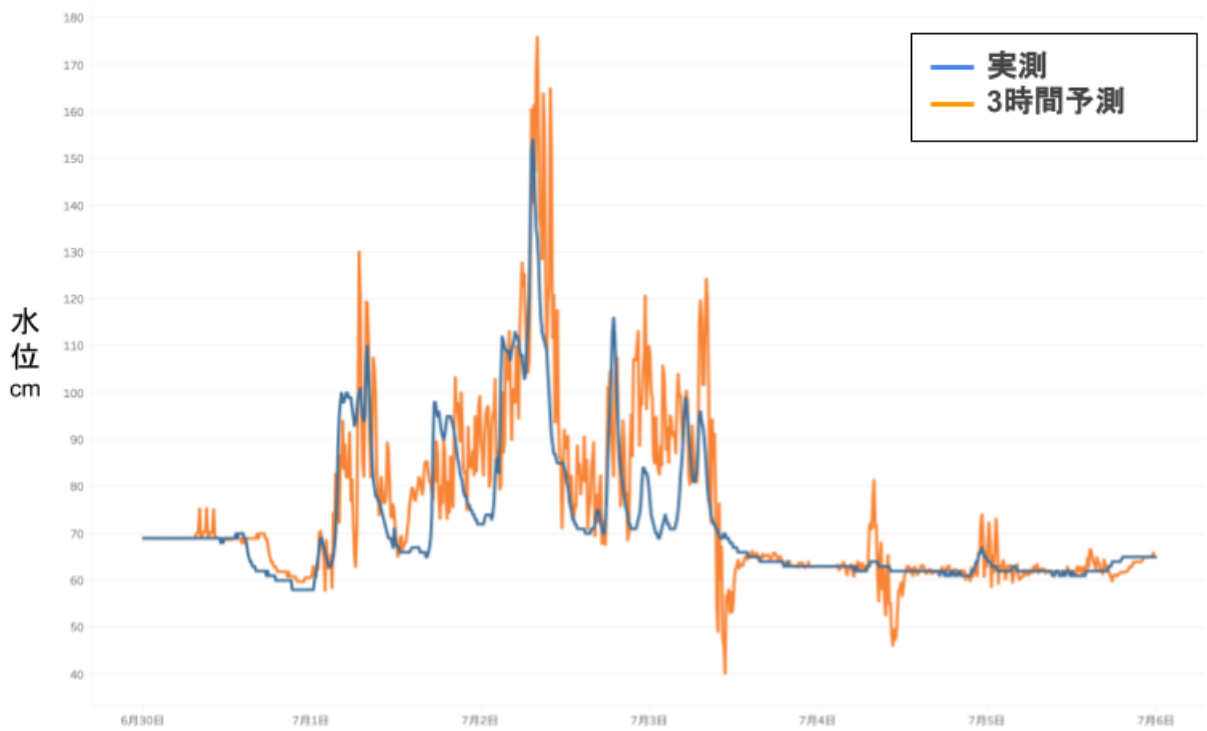


図 5-7 : 2019 号橋地点の 7 月 2 日周辺の予測結果

図 5-8 上図に 2019 号橋地点の 2021 年 8 月 14 日周辺の実測水位と 3 時間後の予測水位、下図に実測水位と 1 時間後の予測水位を示す。3 時間後の予測と 1 時間後の予測共に、水位のピークはほとんど遅れずに予測している結果を確認できた。ただ、実測水位のピーク時である 2021 年 8 月 14 日 4:10 の 144cm に対して、3 時間後の予測は 153cm、1 時間後では 146cm と 1 時間後予測の方が精度の良い結果となった。またその他の時間においても全体的に 3 時間後の予測よりも 1 時間後の予測の方が高い精度であることが確認できた。



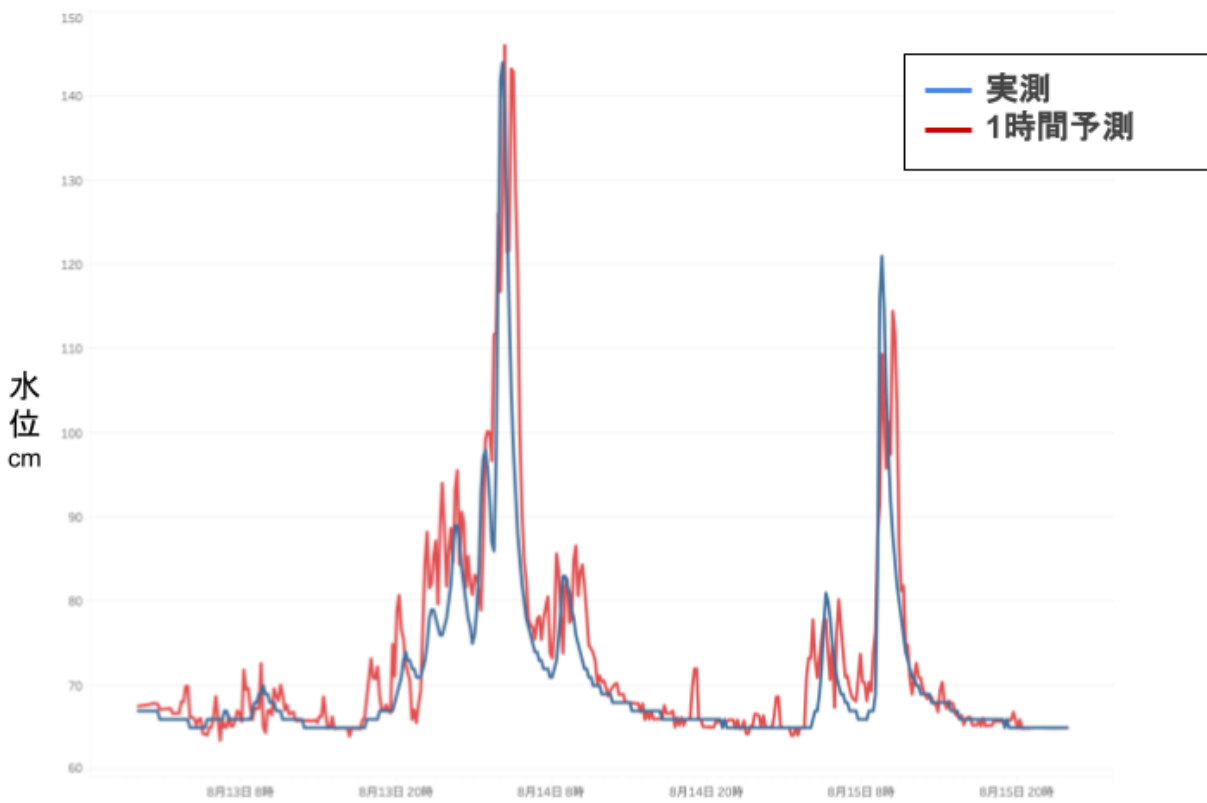
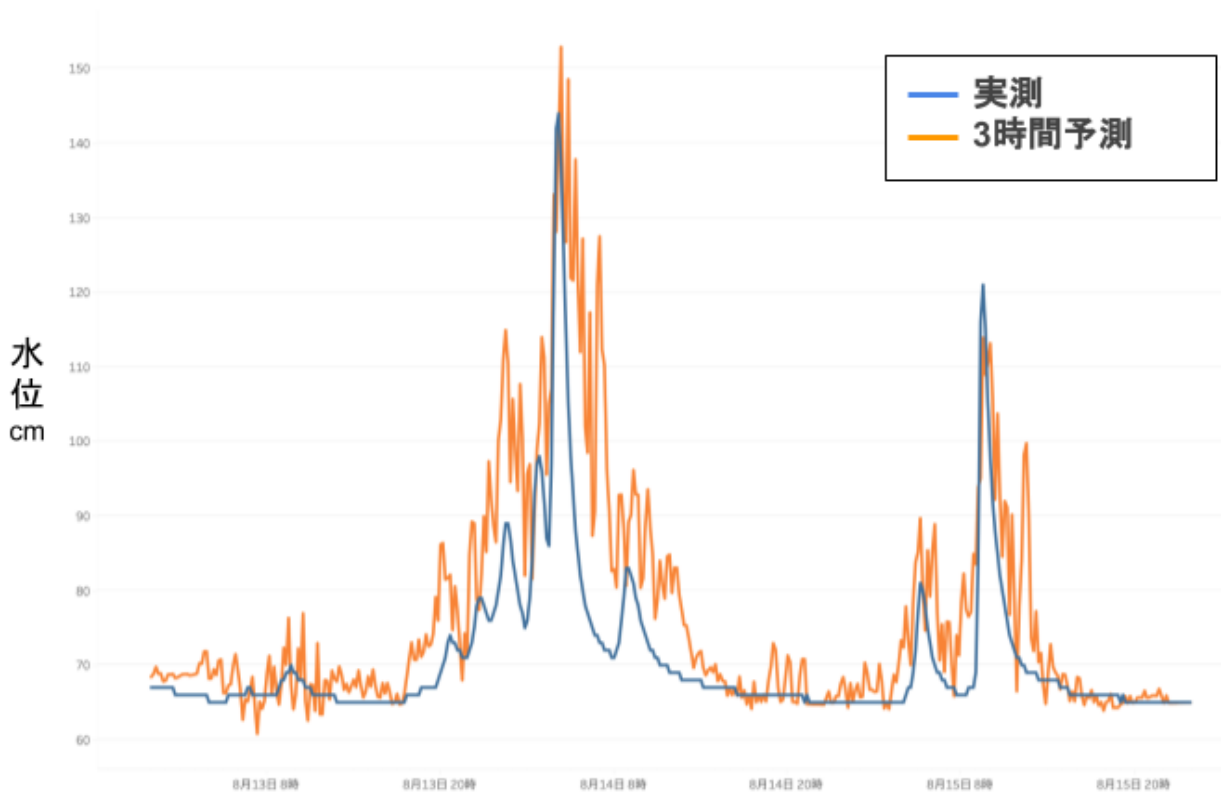


図 5-8 : 2019 号橋地点の 8 月 14 日周辺の予測結果

(2) グループ 2 の水位計 4 地点

グループ2の水位計4地点は2020年6月13日から2021年2月28日までを学習データの水位計測期間とした。実証実験期間内の水位予測は、気象庁からの実績雨量・雨量予報と水位計からの計測水位の3種類のデータを入力として、各水位計測時に1, 2, 3時間後の水位を予測した。グラフ化した結果を次に示す。

水上矢八反田地点の実水位と3時間後の予測水位を図5-9に示す。横軸に日時、縦軸に水位（単位：cm）を示す。青線が実測水位、橙線が対象時刻を3時間後に予測した水位を表す。実測水位と予測水位の詳細を確認するため、期間内で雨量が比較的多かった2021年7月3日周辺の結果を整理する。

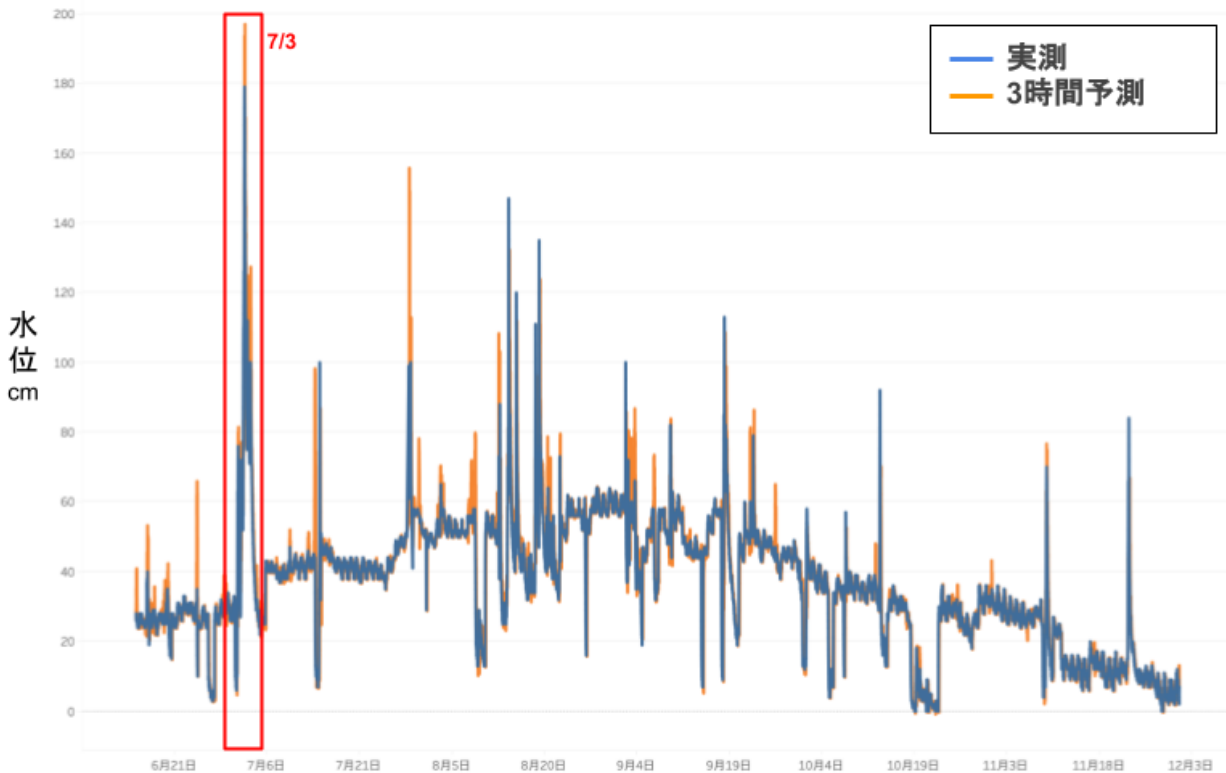


図 5-9：水上八反田橋地点の予測結果

図5-10上図に水上矢八反田地点の2021年7月3日周辺の実測水位と3時間後の予測水位、下図に実測水位と1時間後の予測水位を示す。3時間後の予測では、水位のピークはほとんど遅れずに予測している結果を確認できた。3時間後の予測と1時間後の予測共に、水位のピークはほとんど遅れずに予測している結果を確認できた。また全体的に3時間後の予測よりも1時間後の予測の方が高い精度であることが確認できた。上述グループ1と比較しても、グループ2の方が学習データ期間は短いものの他地点も含め予測精度に有意的な差は確認できなかった。

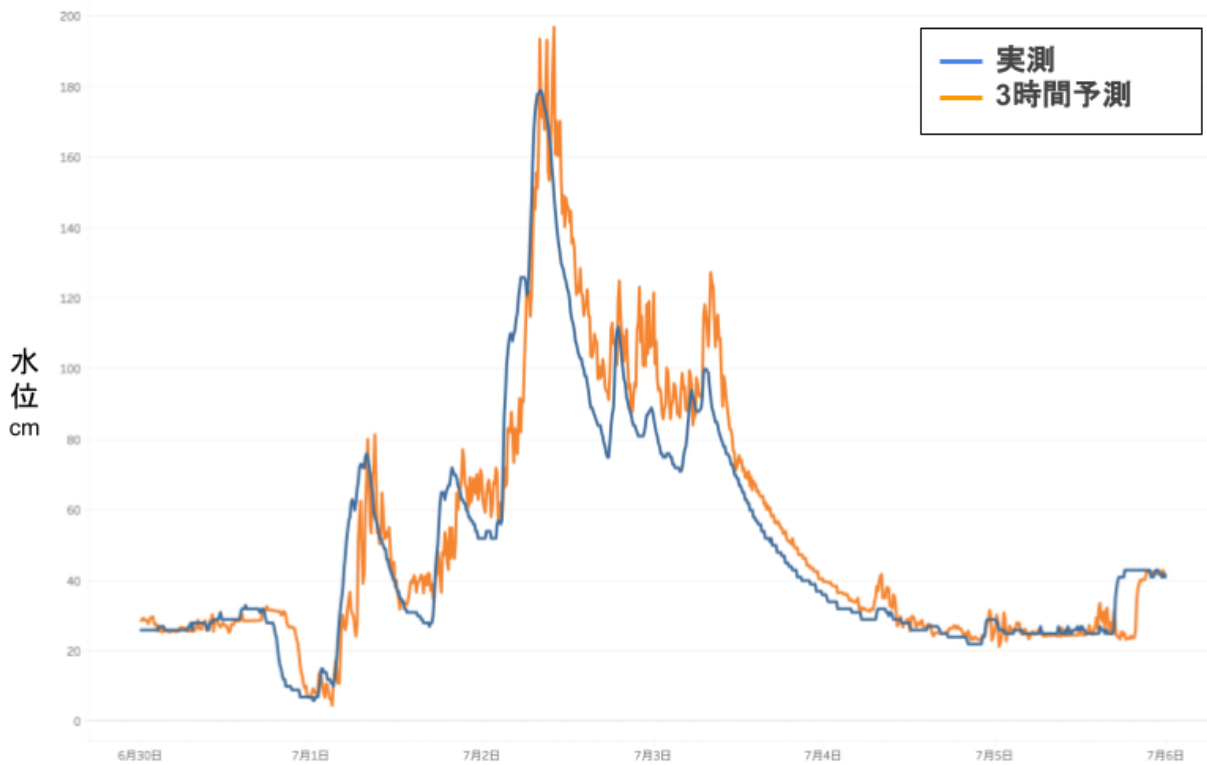


図 5-10 : 水上八反田橋地点の 7 月 3 日周辺の予測結果

### 5.3.2. 精度分析結果

#### (1) RMSE による評価

本項では、4.3.1 項にて述べた RMSE/MAE を用いた評価結果を整理する。表 5-8 に、まとめた結果を示す。前述の通り、RMSE は予測誤差を計測する評価指標であり、0 に近づくほど予測値が実測値に近いことを示している。単位は m で算出している。全期間と 10mm/h 以上の降雨時に絞った期間で RMSE を算出した。

各手法の平均値より、1 時間後の予測結果より 3 時間後の予測結果の数値が高く、予測が難しいことがわかる。また、全期間を対象とした時よりも 10mm/h 以上の降雨時の RMSE が高く、予測の難易度が高いことが分かる。

表 5-8 : 実証実験予測評価 雨量予報を用いた全期間と 10mm/h 以上の降雨時の RMSE

		全期間				10mm/h 以上の降雨			
		MAE		RMSE		MAE		RMSE	
河川名	地点名	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後
小石川	2019 号橋	0.01	0.02	0.03	0.05	0.16	0.17	0.2	0.21
八幡川	5030 号橋	0.01	0.03	0.03	0.07	0.13	0.18	0.18	0.24
葉梨川	井尻橋	0.02	0.04	0.04	0.07	0.19	0.23	0.27	0.3
黒石川	黒石橋	0.02	0.03	0.05	0.09	0.2	0.21	0.25	0.27
桐川	三輪向原桐川橋	0.02	0.03	0.04	0.07	0.2	0.25	0.27	0.32
大溝川	若王子大橋橋	0.02	0.03	0.04	0.07	0.19	0.21	0.27	0.28
東光寺谷川	若宮橋	0.01	0.03	0.03	0.05	0.1	0.14	0.13	0.17
藤岡川	女池ヶ谷橋	0.01	0.02	0.02	0.04	0.1	0.13	0.14	0.17
法の川	新飯塚橋	0.02	0.04	0.05	0.09	0.21	0.28	0.26	0.35
内瀬戸谷川	水上八反田橋	0.02	0.03	0.04	0.07	0.16	0.22	0.19	0.27
朝比奈川	殿橋	0.05	0.1	0.07	0.15	0.09	0.13	0.11	0.16
栃山川	土瑞橋	0.06	0.13	0.16	0.24	0.11	0.14	0.15	0.18
平均値		0.06	0.13	0.16	0.24	0.15	0.19	0.20	0.24

(2) 基準水位超過時の事前予測

本項では、4.3.1 項にて述べた基準水位到達の事前予測回数を用いて評価を行う。予測対象地点では避難判断水位が未設定のため、ヒアリングに基づき越水ラインの 80% を基準水位として評価を行った。表 5-9 に予測結果をまとめる。予測対象 12 地点の内、2019 号橋、5030 号橋の 2 地点でしか基準水位に達しなかったため、残り 10 地点では評価を行うことができなかった。

2019 号橋 2 回の基準水位超過の内、基準水位超過を事前予測できた回数は 3 時間後予測、1 時間後予測共に 0 回であった。次に 5030 号橋では 12 回の基準水位超過の内、基準水位超過を事前予測できた回数は 3 時間後予測では 4 回、1 時間後予測では 5 回となり、予測難易度が低い 1 時間後予測の方が良好な結果となった。

表 5-9：実証実験 基準水位超過の予測評価

河川名	地点名	基準水位 (cm)	3 時間後予測	1 時間後予測
小石川	2019 号橋	137.6	0/2	0/2
八幡川	5030 号橋	65.6	4/12	5/12
葉梨川	井尻橋	388	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
黒石川	黒石橋	136.8	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
桐川	三輪向原桐川橋	189.6	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
大溝川	若王子大橋橋	213.6	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
東光寺谷川	若宮橋	303.2	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
藤岡川	女池ヶ谷橋	184	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
法の川	新飯塚橋	249.6	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
内瀬戸谷川	水上八反田橋	220.8	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
朝比奈川	殿橋	484	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
栃山川	土瑞橋	259.2	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし

図 5-11 に 2021 年 7 月 2 日前後の 2019 号橋地点 3 時間後予測結果を示す。2019 号橋地点では上記のように 3 時間後予測、1 時間後予測共に 0/2 と結果のみを評価すると危険水位超過予測が機能していないように見えてしまうが、実際の予測水位波形を見るとかなり実測水位と近い結果となっていることがわかる。今回の基準水位超過の予測評価は、実測値が基準水位を超過した時間に予測値が基準水位以上の値となっているかをカウントしている。実際のデータを確認したところ、確かに実測値が基準水位を超過した時間に予測値は基準水位以下となっていたがその水位差はグラフからも分かる通りほとんどなく、また 10 分後の予測では基準水位以上を予測できていた。これは、他の基準水位を超過した時点である 8 月 14 日周辺でも同様な結果である。そのため、今回の評価方法では良好な結果とはならなかったが、実際の利用を想定した場合、基準水位超過を予測できないモデルではないと考える。

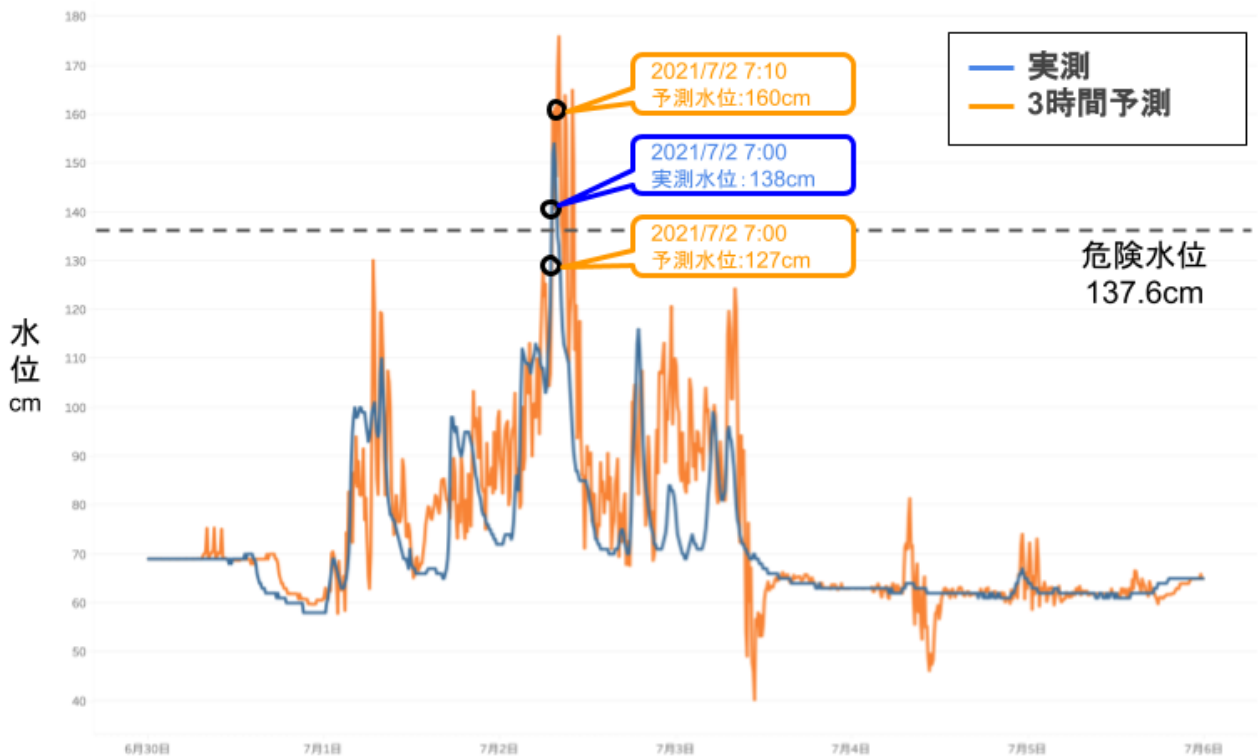


図 5-11 : 2019 号橋地点の 7 月 2 日周辺の予測結果

図 5-12 に 2021 年 8 月 14 日前後の 5030 号橋地点 3 時間後予測結果を、図 5-13 に 2021 年 8 月 18 日前後の 5030 号橋地点 3 時間後予測結果を示す。5030 号橋地点では上記のように 3 時間後予測は 4/12、1 時間後予測は 5/12 と危険水位超過予測の結果があまり良好ではなかった。ただ実際の予測水位波形を見るとかなり実測水位と近い結果となっていることがわかる。今回の基準水位超過の予測評価方法は、上記 2019 号橋で記載した内容の通りである。危険水位を同時刻に予測できたケースである 2021 年 8 月 14 日前後と、同時刻に予測できなかったケースである 2021 年 8 月 18 日前後を比較するとグラフとして予測ができていないとされている 2021 年 8 月 14 日前後の方がむしろ実績水位に近い予測ができていたことが確認できる。また、2021 年 8 月 14 日前後において、確かに実測値が基準水位を超過した時間に予測値は基準水位以下となっていたがグラフからも分かる通り 10 分後の予測では基準水位以上を予測できていた。これは、他の基準水位を超過した時点でも同様な結果である。そのため、2019 号橋同様、今回の評価方法では良好な結果とはならなかったが、実際の利用を想定した場合、基準水位超過を予測できないモデルではないと考える。

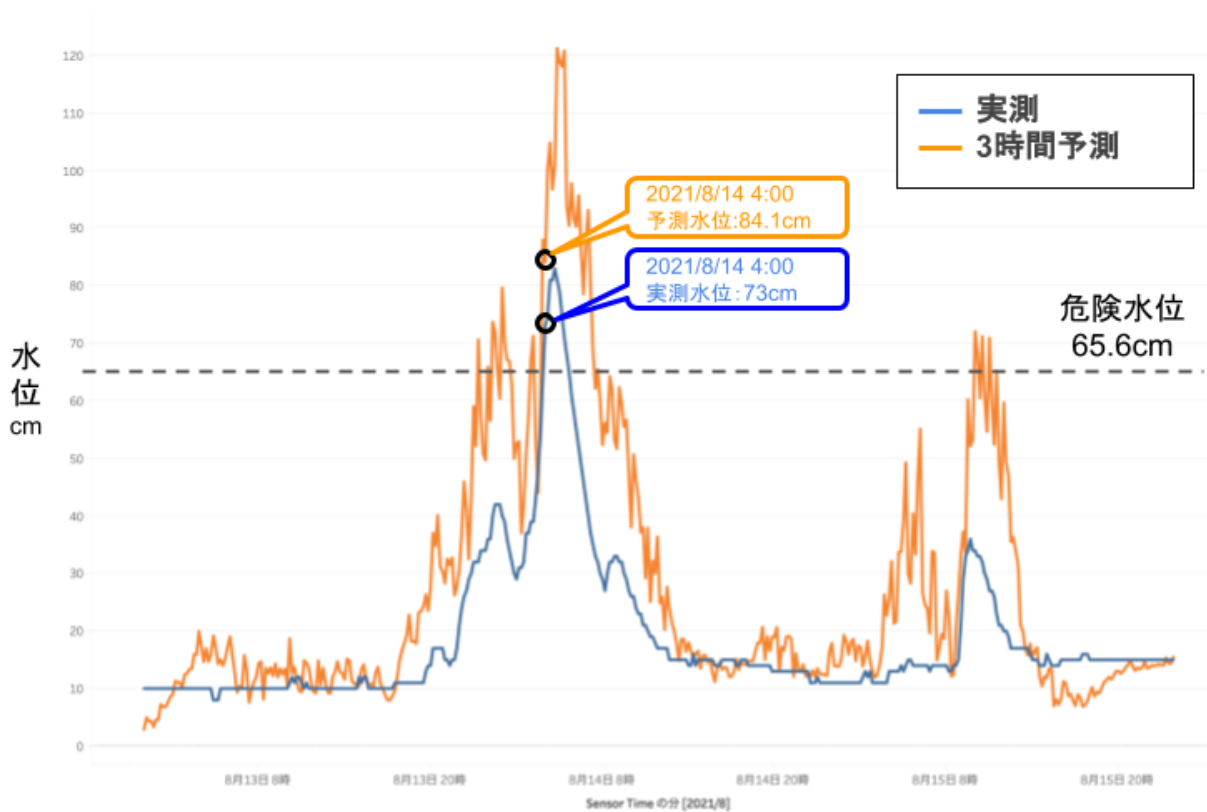


図 5-12 : 5030 号橋地点の 8 月 14 日周辺の予測結果

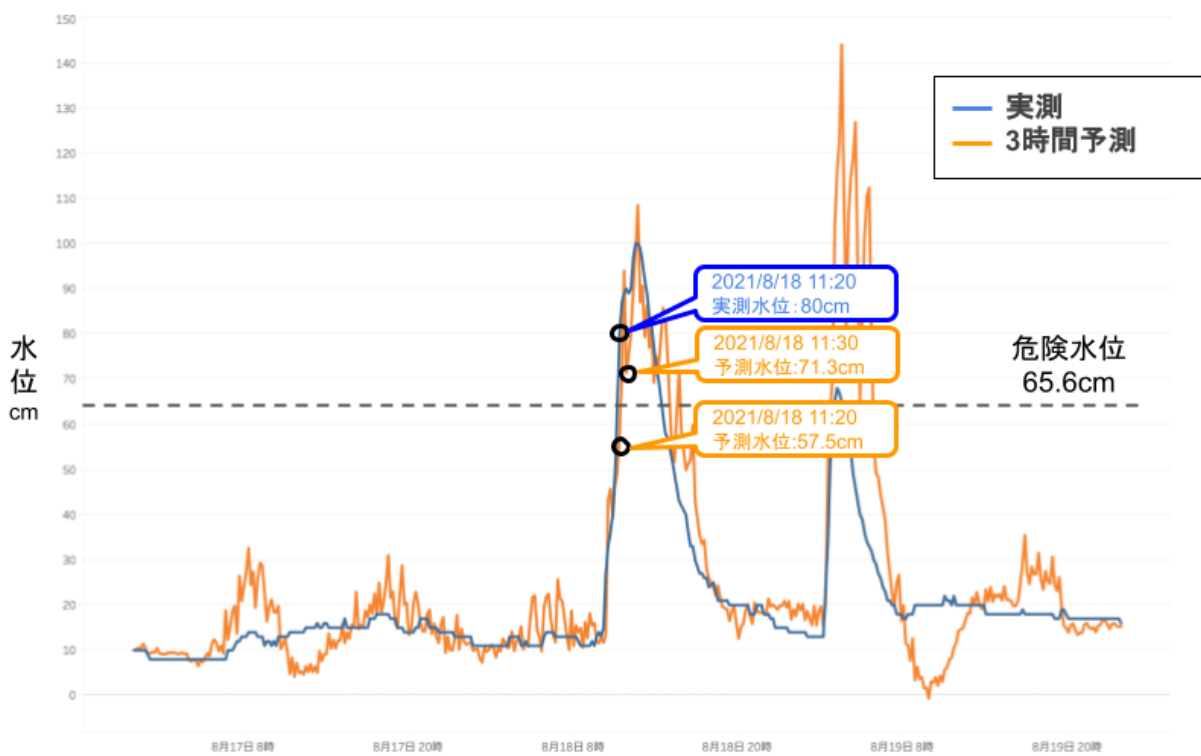


図 5-13 : 5030 号橋地点の 8 月 18 日周辺の予測結果

### 5.3.3. 実績雨量による精度分析結果

#### (1) RMSE による評価

本項では独自に開発したモデルの予測精度評価を実績雨量にて実施する。雨量予報を用いた場合、雨量予測精度の誤差が要因となり水位予測の精度に影響する可能性があるため、モデル自体の精度評価が正確にできないためである。

表 5-10 に実績雨量を用いた予測結果の MAE と RMSE を示す。こちらも 5.2.2 項の評価と同じく全期間と 10mm/h 以上の降雨時に絞った降雨期間の 2 つを対象とした。また結果をわかりやすく見るために、MAE と RMSE の平均値について前項の雨量予報を用いた予測より、平均値のみ良好な結果を青字で示す。

前項の雨量予報を用いた場合と比較すると、全期間と 10mm/h 以上の降雨時共に MAE/RMSE の平均値が小さく、高い精度で予測ができていることが確認できた。ここから、雨量予測精度の誤差が水位予測の精度に影響を与えていることがわかる。

表 5-10 : 実績雨量を用いた水位予測 MAE/RMSE 評価結果

		全期間				10mm/h 以上の降雨			
		MAE		RMSE		MAE		RMSE	
河川名	地点名	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後
小石川	2019 号橋	0.01	0.01	0.02	0.03	0.12	0.13	0.16	0.17
八幡川	5030 号橋	0.01	0.02	0.02	0.04	0.12	0.15	0.15	0.19
葉梨川	井尻橋	0.02	0.03	0.04	0.06	0.17	0.19	0.22	0.23
黒石川	黒石橋	0.01	0.03	0.04	0.07	0.13	0.13	0.17	0.17
桐川	三輪向原桐川橋	0.01	0.02	0.03	0.04	0.15	0.2	0.21	0.27
大溝川	若王子大橋橋	0.01	0.02	0.03	0.04	0.12	0.13	0.17	0.17
東光寺谷川	若宮橋	0.01	0.02	0.02	0.04	0.11	0.12	0.14	0.15
藤岡川	女池ヶ谷橋	0.01	0.01	0.02	0.02	0.07	0.1	0.1	0.13
法の川	新飯塚橋	0.02	0.03	0.04	0.06	0.17	0.22	0.23	0.32
内瀬戸谷川	水上八反田橋	0.01	0.03	0.03	0.06	0.13	0.17	0.18	0.22
朝比奈川	殿橋	0.05	0.1	0.07	0.15	0.07	0.13	0.09	0.15
栃山川	土瑞橋	0.06	0.13	0.16	0.24	0.12	0.15	0.16	0.19
平均値		0.02	0.04	0.04	0.07	0.12	0.15	0.17	0.20



(2) 基準水位超過時の事前予測

次に基準水位超過時の事前予測の評価結果を述べる。表 5-11 に実績雨量を用いた水位予測の基準水位超過予測評価結果を示す。また雨量予報を用いた予測より良好な結果を青字で示す。

前項の通り実証実験の予測期間では、予測対象 12 地点の内、2019 号橋、5030 号橋の 2 地点で計 14 回しか基準水位に達しなかった。2019 号橋 2 回の基準水位超過の内、雨量予報では基準水位超過を事前予測できた回数は 3 時間後予測、1 時間後予測共に 0 回であったが、実績雨量では 3 時間後予測で 1 回予測することができた。次に 5030 号橋では 12 回の基準水位超過の内、雨量予報では基準水位超過を事前予測できた回数は 3 時間後予測では 4 回、1 時間後予測では 5 回であったが、実績雨量では 3 時間後予測で 6 回、1 時間後予測では 7 回と共に 2 回多く予測することができた。

しかしながら、今回の検証可能地点が 12 地点中の 2 地点と不十分であること、前項で記述した通りグラフから俯瞰して見ると、予測と実績の差がほとんどないことから、今回の結果が優位的な差であるかは今後継続して検証が必要であると考えている。

表 5-11：実績雨量を用いた水位予測 基準水位超過時の事前予測

河川名	地点名	基準水位 (cm)	3 時間後予測	1 時間後予測
小石川	2019 号橋	137.6	1/2	0/2
八幡川	5030 号橋	65.6	6/12	7/12
葉梨川	井尻橋	388	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
黒石川	黒石橋	136.8	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
桐川	三輪向原桐川橋	189.6	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
大溝川	若王子大橋橋	213.6	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
東光寺谷川	若宮橋	303.2	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
藤岡川	女池ヶ谷橋	184	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
法の川	新飯塚橋	249.6	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
内瀬戸谷川	水上八反田橋	220.8	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
朝比奈川	殿橋	484	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし
栃山川	土瑞橋	259.2	実水位の危険判断水位超過なし	実水位の危険判断水位超過なし

#### 5.3.4. 考察

本実証実験で得られた予測結果から、水位予測精度の向上を図るために必要なデータの条件について考察する。

本実証実験では、学習データの水位計測期間を2018年から約2年半の水位計（グループ1）と2020年から約8ヶ月の水位計（グループ2）の2グループで検証した。予測対象期間は、2グループとも約6ヶ月（2021/6/14～2021/11/30）であった。各地点名と期間は5.2.2項に示す。

昨年度の結果では、グループ1と2で精度に差が生じており、仮説としてグループ1の学習データ期間に平均約3回のやや強い雨が続く期間を記録していたが、グループ2では学習期間に雨季が含まれおらず、学習期間に10mm/h以上の豪雨期間が3回以上必要ではないかと考えていた。

今年度の結果を確認すると、5.3.1項にも記載した通り、グループ1と比較しても、グループ2の方が学習データ期間は短いものの予測精度に有意的な差は確認できなかった。学習期間を確認すると、今年度は2020年秋の雨季のデータが学習データとして増えていることが確認でき、昨年度仮説通り学習データに10mm/h以上の豪雨期間が含まれることで雨量予測精度が向上したと考えられる。

#### 5.3.5. 昨年度との結果比較

本項では昨年度の予測精度評価と今年度の予測精度評価を比較する。表5-12に雨量予報を用いた予測のRMSE評価結果の昨年度比較を示す。こちらも5.3.2、5.3.3項の評価と同じく全期間と10mm/h以上の降雨時に絞った降雨期間の2つを対象とした。また昨年度はRMSEのみで評価を行っていたため、本項ではRMSEの比較のみ実施する。

表から分かる通り、10mm/h以上の降雨時はほとんどの河川で今年度の方が良好な結果となった。全期間においても多くの河川で今年度の方が良好、もしくは同程度の予測評価結果であったが、平均値を比較すると昨年度の方がやや良い結果が確認できる。これは土瑞橋のRMSEが昨年度の精度よりも大きく悪化しているためである。そのため、土瑞橋の水位波形のグラフを確認することとした。

図5-14、図5-15に土瑞橋での雨量予報を用いた全期間での水位予測結果を示す。図から確認できる通り、1時間/3時間予測どちらも実績に近い予測ができていると考えられる。ただ1日での水位変化が激しいため予測が難しく、実績と予測に少しの誤差があっても全期間で集計すると差が大きくなり、RMSEの値で比較すると昨年度よりも悪い結果となってしまったと考えられる。

表 5-12 : 雨量予報を用いた水位予測 RMSE 評価結果 昨年度比較

		全期間				10mm/h 以上の降雨			
		昨年		今年		昨年		今年	
河川名	地点名	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後
小石川	2019 号橋	0.04	0.07	0.03	0.05	0.26	0.33	0.20	0.21
八幡川	5030 号橋	0.01	0.02	0.03	0.07	-	-	0.18	0.24
葉梨川	井尻橋	0.07	0.12	0.04	0.07	0.19	0.27	0.27	0.30
黒石川	黒石橋	0.06	0.10	0.05	0.09	0.34	0.45	0.25	0.27
桐川	三輪向原桐川橋	0.02	0.03	0.04	0.07	-	-	0.27	0.32
大溝川	若王子大橋橋	0.02	0.03	0.04	0.07	-	-	0.27	0.28
東光寺谷川	若宮橋	0.03	0.06	0.03	0.05	0.19	0.19	0.13	0.17
藤岡川	女池ヶ谷橋	0.03	0.04	0.02	0.04	0.23	0.23	0.14	0.17
法の川	新飯塚橋	0.06	0.12	0.05	0.09	0.45	0.52	0.26	0.35
内瀬戸谷川	水上八反田橋	0.01	0.03	0.04	0.07	-	-	0.19	0.27
朝比奈川	殿橋	0.07	0.13	0.07	0.15	0.16	0.20	0.11	0.16
栃山川	土瑞橋	0.08	0.15	0.16	0.24	0.18	0.22	0.15	0.18
平均値		0.04	0.07	0.05	0.09	0.25	0.30	0.20	0.24

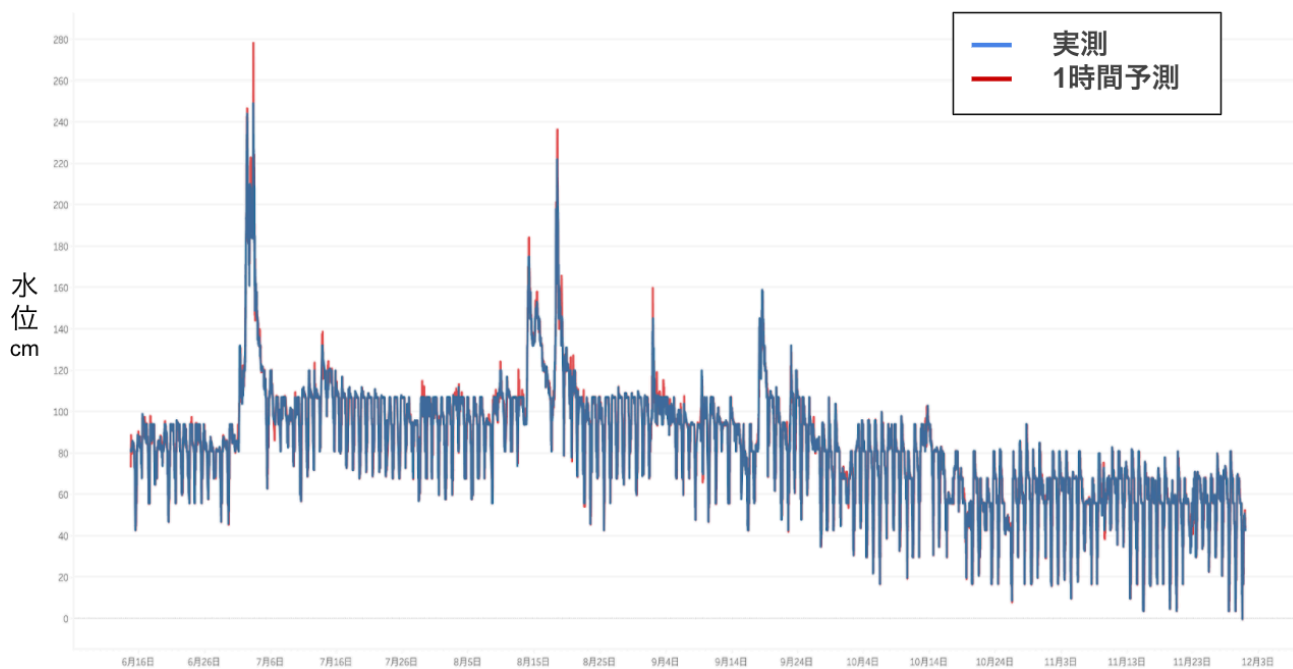


図 5-14 : 雨量予報を用いた 1 時間後水位予測結果 土瑞橋

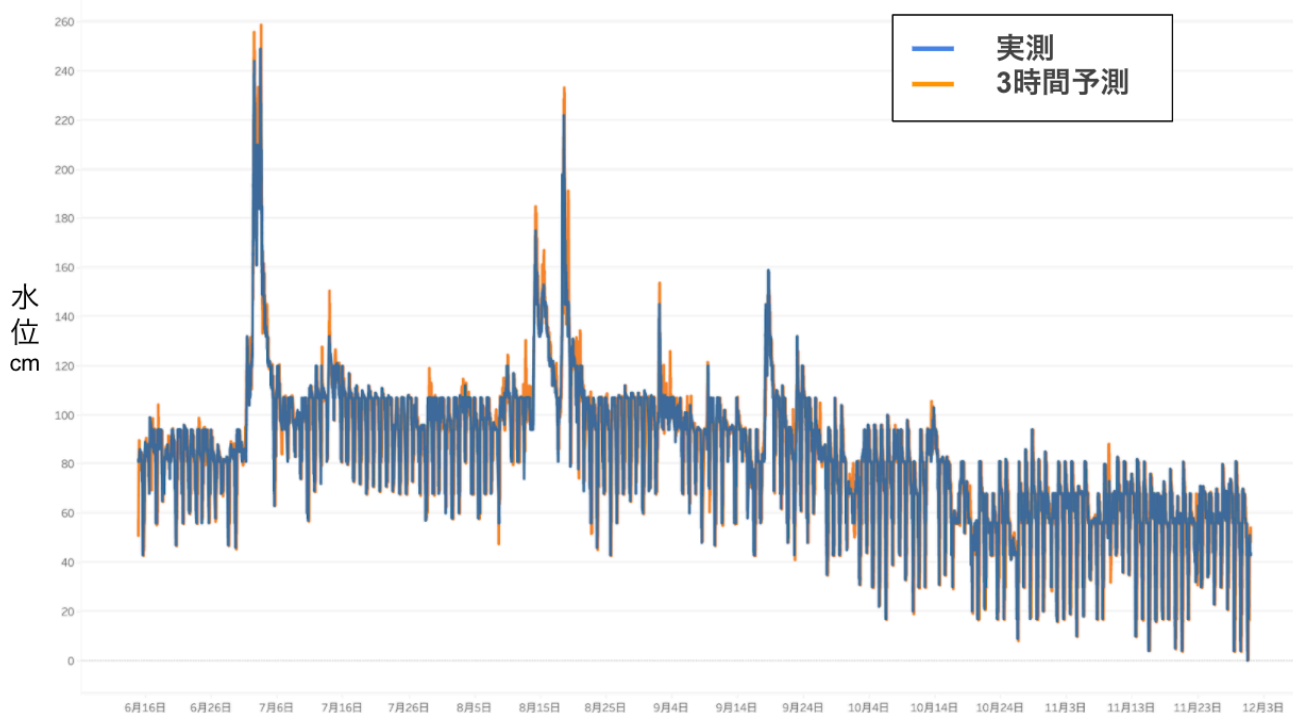


図 5-15 : 雨量予報を用いた 3 時間後水位予測結果 土瑞橋

次に表 5-13 に実績雨量を用いた予測の RMSE 評価結果の昨年度比較を示す。こちらも昨年度は RMSE のみで評価を行っていたため、本項では RMSE の比較のみ実施する。

実績雨量においても上記雨量予報時同様、10mm/h 以上の降雨時はほとんどの河川で今年度の方が良好な結果となった。全期間においても多くの河川で今年度の方が良好、もしくは同程度の予測評価結果であったが、平均値を比較すると昨年度の方がやや良い結果が確認できる。原因についても、雨量予報同様で、土瑞橋の RMSE が昨年度の精度よりも大きく悪化しているためである。土瑞橋の水位波形のグラフを確認したところ、予測に有意的な差は確認できず、両年度とも 1 日での水位変化が激しいため予測が難しく、全期間での RMSE の差が生じたと考えられる。

表 5-13 : 実績雨量を用いた水位予測 RMSE 評価結果 昨年度比較

		全期間				10mm/h 以上の降雨			
		昨年		今年		昨年		今年	
河川名	地点名	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後	1 時間後	3 時間後
小石川	2019 号橋	0.04	0.06	0.02	0.03	0.23	0.28	0.16	0.17
八幡川	5030 号橋	0.01	0.01	0.02	0.04	-	-	0.15	0.19
葉梨川	井尻橋	0.06	0.11	0.04	0.06	0.18	0.23	0.22	0.23
黒石川	黒石橋	0.05	0.08	0.04	0.07	0.28	0.35	0.17	0.17
桐川	三輪向原桐川橋	0.02	0.02	0.03	0.04	-	-	0.21	0.27
大溝川	若王子大橋橋	0.01	0.02	0.03	0.04	-	-	0.17	0.17
東光寺谷川	若宮橋	0.03	0.05	0.02	0.04	0.19	0.21	0.14	0.15
藤岡川	女池ヶ谷橋	0.03	0.03	0.02	0.02	0.18	0.17	0.10	0.13
法の川	新飯塚橋	0.05	0.08	0.04	0.06	0.32	0.34	0.23	0.32
内瀬戸谷川	水上八反田橋	0.01	0.03	0.03	0.06	-	-	0.18	0.22
朝比奈川	殿橋	0.07	0.13	0.07	0.15	0.15	0.17	0.09	0.15
栃山川	土瑞橋	0.08	0.15	0.16	0.24	0.21	0.29	0.16	0.19
平均値		0.04	0.06	0.04	0.07	0.22	0.26	0.17	0.20

## 5.4. 水位予測の導入効果

### 5.4.1. 評価結果

本項では、河川水位予測がもたらす河川課職員の業務効果として、システムを利用した河川課職員とのインタビューを通して確認できた結果を述べる。

本実証実験において、仮説としていた防災行動への効果を利用者に確認した結果を表 5-14 に示す。河川監視の人員効率化については、水位予測があることで配備体制の最適化が図れ、全体的な人員最適化への効果が確認できた。また、通行規制の早期実施についても、具体的な行動まで起こせており、効果を確認できた。

排水作業の早期着手と、避難呼びかけの早期着手・正しい情報発信については、実証実験期間中にはそれらが必要な場面がなかったため、効果が期待できるだろうという回答であった。特に、水防業務における通行規制など市民に直接的な効果を及ぼすことが可能なアクションについて、水位予測結果と冠水検知の結果と組み合わせることによって先回りで実施することができるようになり、大きな効果を確認することができた。

表 5-14：水位予測の導入効果に関する検証結果

項	評価対象	結果	理由
1	河川監視の人員効率化	効果あり	特に夜間の人員不足時において、今まで見過ごしていた河川の氾濫危険性に気づくことができ、経験の浅い人員でも水防業務に当たることができ、結果として人員効率化、配備体制の最適化をはかることが可能となった。
2	排水作業の早期着手	効果が期待される	実証期間中、排水作業が必要になるような浸水被害は発生しなかった。インタビューにおいて、効果の期待が確認できた。
3	通行規制の早期実施	効果あり	実証期間中に3回の道路冠水が発生、うち2回について水位予測を用いて事前の道路封鎖を実施することができた。
4	避難呼びかけの早期着手・正しい情報発信	効果が期待される	実証期間中、避難呼びかけが必要になるような被害は発生しなかった。インタビューにおいて、効果の期待が確認できた。

### 5.4.2. 評価考察

本実証実験における水位予測の導入効果における評価を、4つの仮説について図 5-16 に示す論点を設定して検証を行った。論点の1つ目は、既存のオペレーションの分析を通じて、問題点が解決された姿はなにかを検証する。2つ目は、理想となるオペレーションを実施するために、必要となるKSF（Key Success Factor）として、システムにおける機能などの能力と、情報などモノはなにかを検証する。最後に、実証実験で稼働した水位予測がKSFを満たしていたのか、実際の効果は観測できたのかを検証し、それぞれの課題が解決できるのかを確認した。

# 検証する仮説

# 大論点

# 小論点

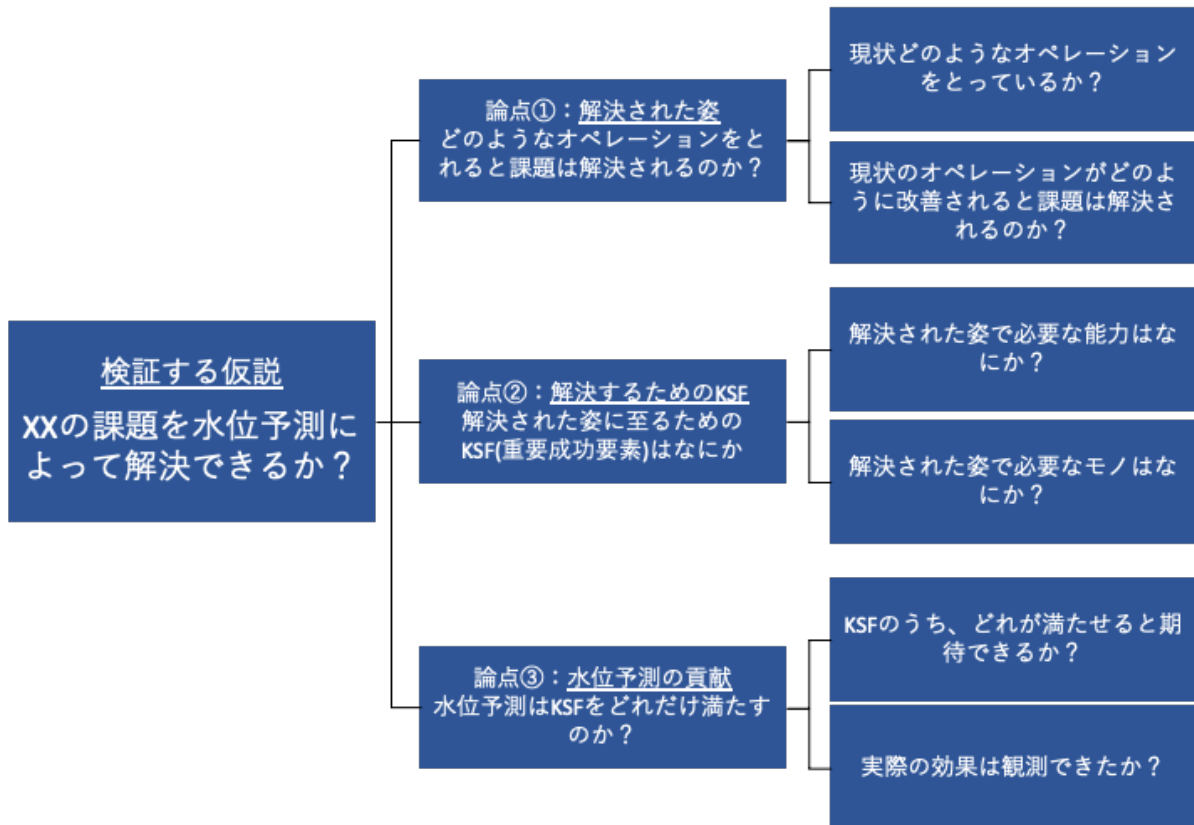


図 5-16 : 仮説検証の論点

## (1) 河川監視の人員効率化

現状（水位予測導入前）の河川監視のオペレーションと、解決された姿を図 5-17 に示す。河川防災業務に従事する藤枝市職員とのインタビューを通じて、人員効率化を図るために目指すべき姿と、実現に目指すべき必要な要素、水位予測がどれほど貢献できるかを調査した。

現状のオペレーションでは、警戒時は夜間でも現在水位と気象予報を定期的（およそ1時間ごと）に確認しており、警戒するべき水位の上昇や大雨などの気象予報が発表された場合に、過去の前例などから職員が氾濫危険性を判断し、必要な対策があるか検討をし、実行に至っている。現状では、日中夜間に関わらず、頻繁に水位を確認しなければならず、職員の負担になっている。また、適切な判断を行うためには、実際に水害を経験していることが重要であり、およそ10回以上の水害対応の経験が必要である。その場合、年間2回水害があったとしても、5年程度の年数が必要である。今回実証実験を行った藤枝市河川課では、課員の3分の1程度のみ判断を行える。そのため、判断を行える人員に、災害対応時の業務負荷が偏ってしまうことや、夜間など人員の配備が整っていない時間帯に、急な対策を行う必要が出た場合など、対応の遅れが発生してしまうリスクがあり、人の経験に頼った現状の判断では人員観点での問題がある。また、対策を実行するまでの確認プロセスが多く、必要な対策を決定する場合の根拠を示すための資料作成なども負担になっている。

解決された姿は、河川の氾濫危険性を、職員の情報収集を通じて判断されるのではなく、受動的に気付き、それに応じた対策を職員が検討し、事前に実行することである。

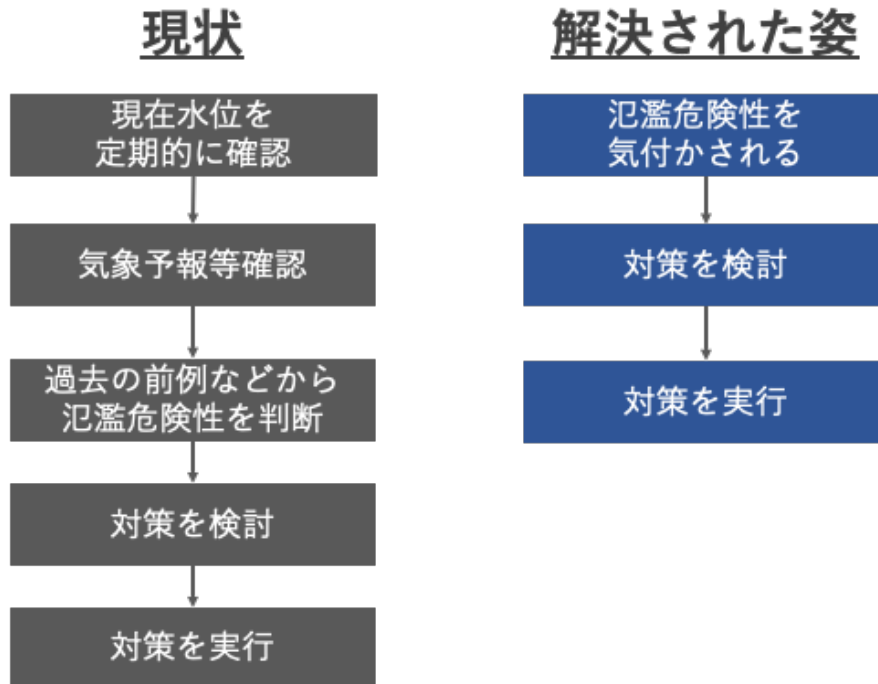


図 5-17：河川監視における現状のオペレーションと解決された姿

解決された姿を実現するためには、人間に代わって、現状水位と気象予報等を加味した氾濫危険性を予測し、危険性が高い場合に職員に気づかせることが必要である。

今回の実証実験で利用した水位予測システムは、氾濫危険性の予測情報として、水位予測値と雨量予報を基に10分毎に配信を行っているが、河川毎に予測水位または現在水位が設定値を超えた場合に、通知する機能を実装している。実際に実証実験期間中に、氾濫危険性を通知したメールを、図 5-18 に示す。これによって、職員が事務所にいない場合でも、携帯電話などを使用して危険性に気づくことが可能であり、即座の対策実行を可能としている。



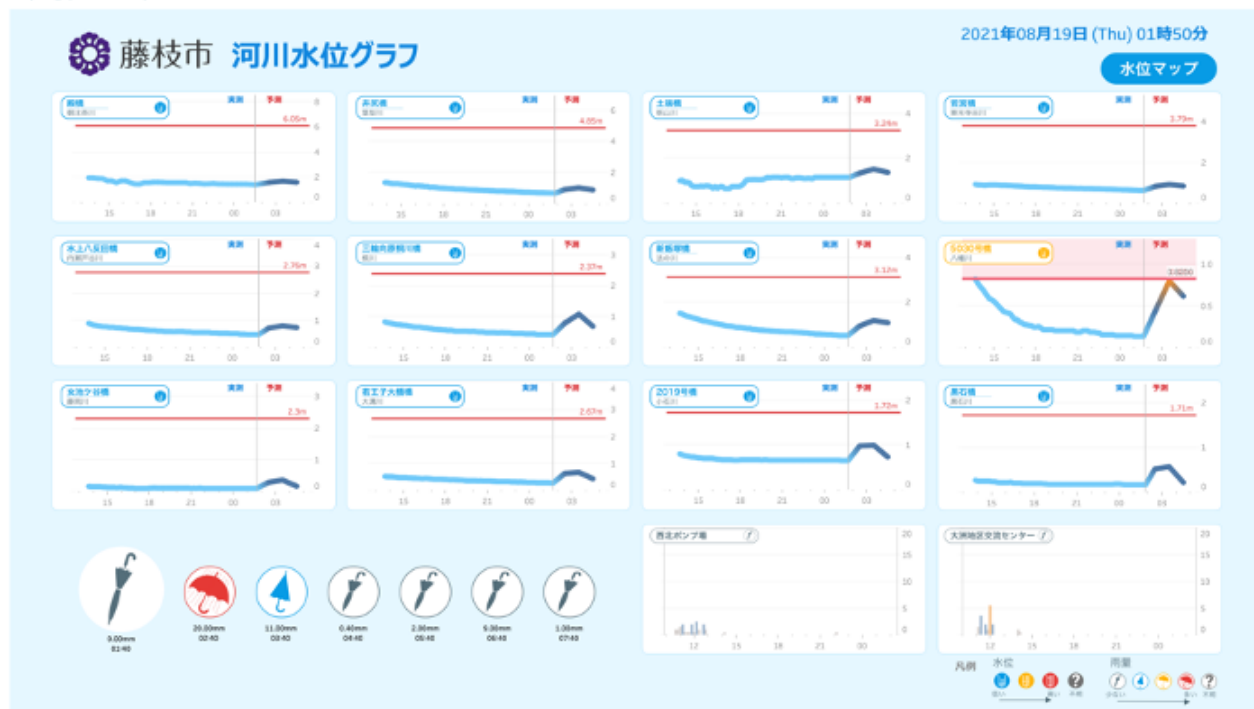


図 5-18： 氾濫危険性を通知するために自動配信されたメール

実際に、実証期間中に夜間において、予測によって河川越水に気づくことができたとのインタビュー結果を得ることができた。ただし、現状の水位予測システムでは、水位予測結果にも記述の通り、今回の実証実験において 100%の精度で事前の予測を出せていないこと、直前の越水予測になるなど、精度上の問題点があるため、改善の余地が残る。また、通知機能についても、現状はメールでの自動配信になるため、夜間などは気づきにくいという問題点がある。SMS など PUSH 通知を利用した、よりユーザーに気づかせる仕組みを整備することが改善点である。

## (2) 排水作業の早期着手

現状（水位予測導入前）の排水作業を行うまでのオペレーションと、解決された姿を図 5-19 に示す。河川防災業務に従事する藤枝市職員とのインタビューを通じて、早期の排水作業実施を図るために目指すべき姿と、実現に目指すべき必要な要素、水位予測がどれほど貢献できるかを調査した。

現状のオペレーションでは、気象予報等から住民への水害危険性を判断し、河川氾濫に備えて市が管轄する拠点から地元の建設協同組合などの拠点に排水ポンプや土嚢などの設備を移す。その後越水が起きた場合には、周辺住民から通報や、現地調査を行っている市職員や建設協同組合からの報告もしくは、現在水位から知得して、越水地点に対して排水設備を配備し、配備完了後に排水作業に移る。

現状のオペレーションでの問題は、越水が発生してから、事前配備拠点から排水設備を移設し、排水作業に取り掛かることから、排水作業を行う人員を事前配備拠点に移動させ、それを越水地点に移設する時間が必要になってしまうため、越水した直後に認識できた場合でも、約 2 時間から 3 時間経過してから作業を開始することである。それによって、被害の拡大や、越水地点に到着した時には、すでに水が捌けており、無駄な対応も発生している。

解決された姿は、越水が発生してから、排水設備を越水地点に配備するのではなく、事前に越水地点に配備し、越水を行う人員も近くに待機し、越水後即座に作業を行えるようにすることである。

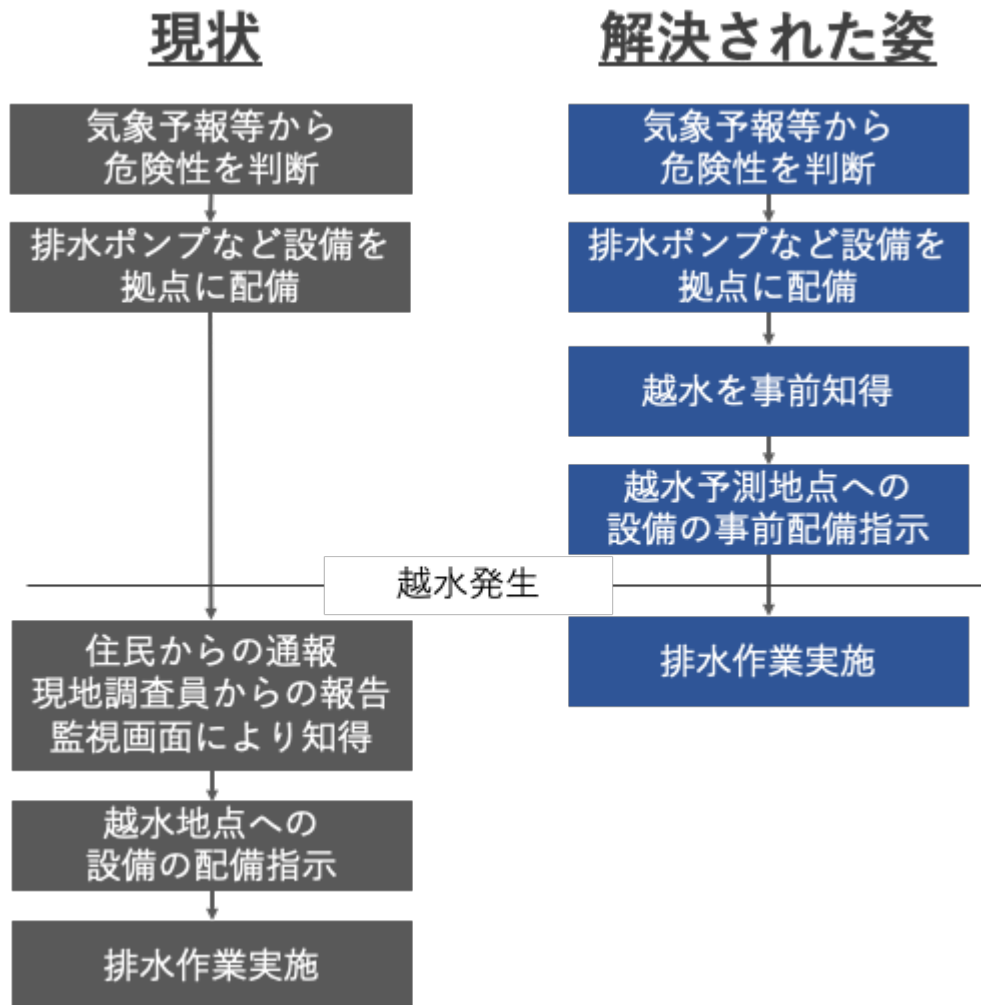


図 5-19：排水作業における現状のオペレーションと解決された姿

解決された姿を実現するためには、越水の地点と、予想される越水時間を高い精度で予測し、事前に越水地点に排水配備を配備できるようにすることが必要である。

今回の実証実験で利用した水位予測システムは、水位計のデータを入力値とし、水位を予測する地点は水位計の設置地点となる。そのため、水位計が設置してある地点以外の、越水を予測することができない。水位計の設置場所は、過去に越水した地区、破綻した場合の被害影響が大きいと予想される地点の近隣を選ぶため、原則リスクが高い場所であるが、河川を面で予測し、とりこぼれがないような仕組みが必要となる。また、(1)で記述したとおり、現状の水位予測は、十分前に越水を予測できないケースもあるため、予測精度向上の課題がある。今回の実証実験期間中、排水ポンプが必要となる越水被害が発生しなかったため、実際に水位予測システムを用いて、解決ができたのかの検証を行うことはできなかった。今後、実際に水位予測システムが排水作業の早期着手に理論上ではなく、具体的に行えるのかの検証を行う必要がある。

### (3) 通行規制の早期着手

現状（水位予測導入前）の通行規制を行うまでのオペレーションと、解決された姿を図 5-20 に示す。河川防災業務に従事する藤枝市職員とのインタビューを通じて、早期の通行規制実施を図るために目指すべき姿と、実現に目指すべき必要な要素、水位予測がどれほど貢献できるかを調査した。

現状のオペレーションでは、道路冠水が起きた場合には、周辺住民から通報や、現地調査を行っている市職員や建設協同組合や警察消防などによる報告もしくは、現在水位からなど知得して、対象の道路の封鎖を指示し、バリケードなどを設置して道路を通行できないようにしている。

問題は、冠水が発生してから、通行規制に取り掛かることから、冠水した直後に認識できた場合で

も、1時間から2時間経過してからの道路封鎖になってしまうことである。それによって、誤って通行した車両が浸水によって立ち往生する場合や、避難時に誤って通行した住民に思わぬ怪我やトラブルになる場合や、緊急車両の時間ロスにつながってしまうなどの危険性がある。

解決された姿は、冠水が発生してから、対象道路の通行規制を行うのではなく、事前に冠水が予想される道路の通行規制を行うことである。

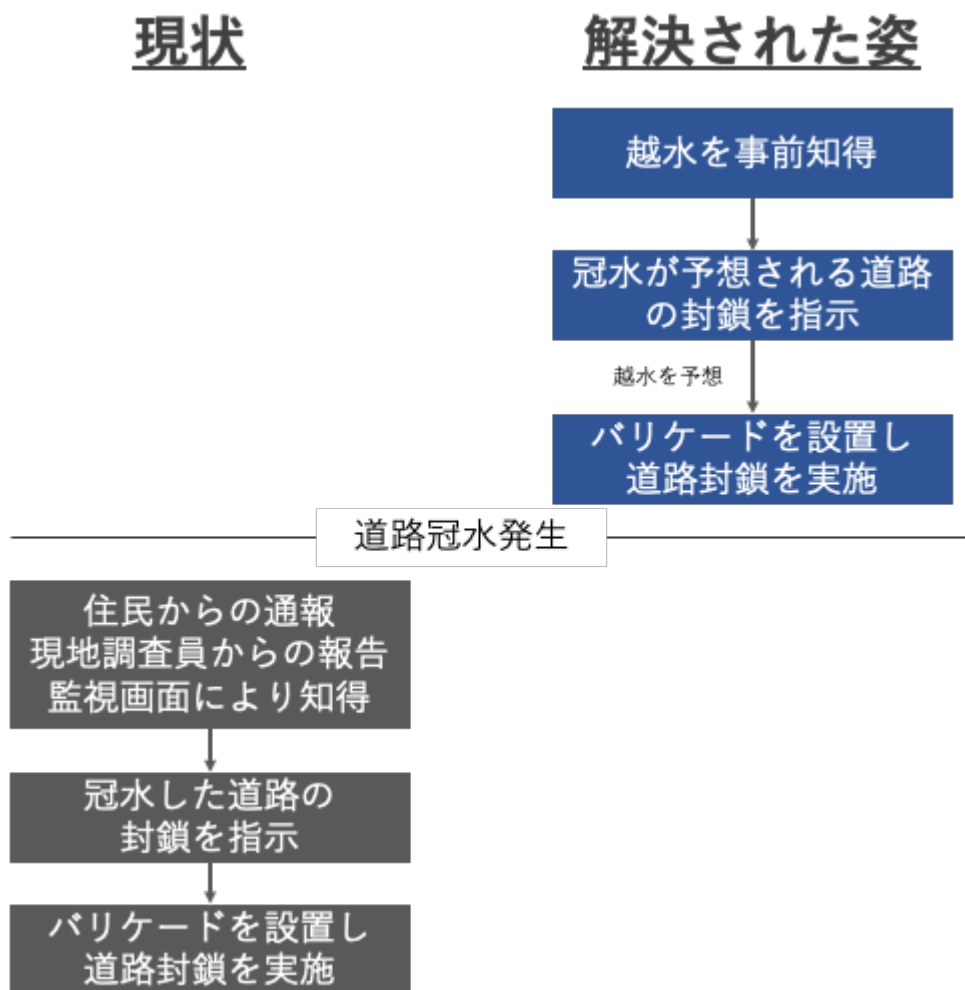


図 5-20 : 通行規制における現状のオペレーションと解決された姿

今回の実証実験で利用した水位予測システムは、(2)で記述した通りの面予測に対する機能や、さらなる精度向上が求められる。今回の実証実験期間中、表 5-15 の示す通り、3度通行規制が必要となる冠水被害が発生した。うち2回について水位予測システムを用いて事前に通行規制を行うことができた。7月2日7:25の通行規制指示に水位予測が活用されなかったのは、越水した時刻が夜間かつ初動対応体制であり、まだ十分な人員を確保できておらず、現地対応する人員が配備できず、通行規制を実施することができなかったことが理由である。

表 5-15 : 通行規制指示における水位予測の活用有無

通行規制指示日時	発生河川	水位予測活用有無	越水の予測を初めて出した時間	実際の越水時間
7月2日 7:25	八幡川	×	2:20	3:40

7月2日 19:25	八幡川	○	19:20	22:00～ 翌朝まで断続的に 越水
8月18日 9:50	八幡川	○	9:30	11:30

#### (4) 避難呼びかけの早期着手・正しい情報発信

現状（水位予測導入前）の避難呼びかけおよび避難指示発令までのオペレーションと、解決された姿を図 5-21 に示す。河川防災業務に従事する藤枝市職員とのインタビューを通じて、正確性の高い避難呼びかけの実施を図るために目指すべき姿と、実現に目指すべき必要な要素、水位予測がどれほど貢献できるかを調査した。

避難呼びかけとは、藤枝市内の特に過去に水害が多く発生している地区、地形的に水害影響を受けやすい地区（以後、総称して常襲地区と呼ぶ）の住民に対して、水害リスクが高い状況に、事前の避難準備などを行うよう、地区長に対して、市から電話などを通じて呼びかけを行うものである。

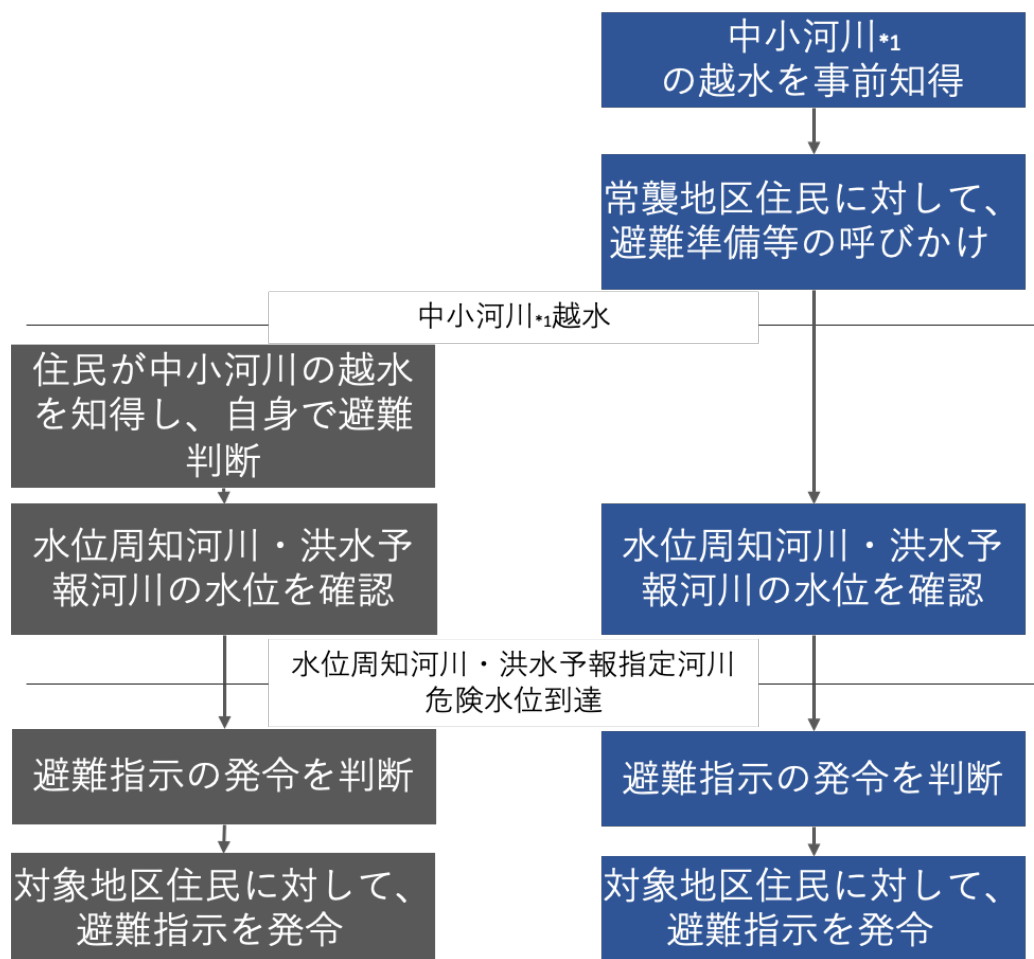
現状のオペレーションでは、避難に関わる住民への情報は避難指示という発令によって行われる。河川氾濫における避難指示は、原則として国または都道府県が指定する水位周知河川の現在水位が避難指示判断の奇人水位に到達した場合、もしくは国または都道府県が指定する洪水予報指定河川の予報水位が避難指示判断の基準水位に到達した場合などにおいて、基礎自治体における判断によってなされる。水位周知河川または洪水予報指定河川に含まれない、その他の二級河川や準用河川においては、避難指示を判断するための基準水位がないため、原則として避難に関わる情報の提供はできておらず、多くが周辺住民の自主的な避難判断に任せられ、多くの場合越水してからの住民は判断することとなる。

以上から、現状のオペレーションでの問題は、そもそも中小河川に関して危険性の判断が住民に任せられており、常襲地区に対して避難準備の必要性などの示唆も提供できていないことにあり、その原因は避難準備等の判断が可能な基準がないためである。

解決された姿は、事前に越水の危険性を把握し、十分前に呼びかけを行い住民の自助を促すことである。

## 現状

## 解決された姿



\*1:ここで指す中小河川は水位周知河川、洪水予報河川ではない二級河川または準用河川

図 5-21 : 避難の呼びかけにおける現状のオペレーションと解決された姿

解決された姿を実現するためには、越水の発生を事前に予期でき、それが高齢者等避難指示の避難時間にあたる3時間以上前に知得できる必要がある。

本実証実験期間中は、藤枝市内で避難指示は2021年7月2日に一度実施されている。しかしながら、土砂災害警戒情報の発令に伴うものであり、河川の氾濫ではなく、土砂崩れ等の土砂災害に備えてのものだったため、本実証実験で意図する河川水位を基にした避難呼びかけの判断は行われなかった。

5.3で記載した通り精度面での課題がある一方で、(3)と同様に効果の期待ができる。

## 5.5. 冠水検知の導入効果

### 5.5.1. 評価結果

本項では、冠水検知がもたらす河川課職員の業務効果として、結果を述べる。

本実証実験において、仮説としていた防災行動への効果について表 5-16 に示す。外水氾濫が原因の八幡川地区については、通行規制の早期実施については、実際に通行規制を行うことで、効果があった。

内水氾濫が原因の法の川地区については、実証実験期間中に排水作業と避難の呼びかけが必要な場面がなかったため、効果が期待されると考えられる。

表 5-16 : 冠水検知の導入効果に関する検証結果

項	評価対象	結果	理由
1	排水作業の早期着手	効果が期待される	実証期間中、排水作業が必要になるような浸水被害は発生しなかった。
2	通行規制の早期実施	効果あり	実証期間中に3回の道路冠水が発生、うち2回について水位予測を用いて事前の道路封鎖を実施することができた。
3	避難呼びかけの早期着手・正しい情報発信	効果が期待される	実証期間中、避難に繋がるような浸水被害がなかった。

### 5.5.2. 評価考察

#### (1) 排水作業の早期着手

5.4.2 水位予測の効果における評価考察と同様となるため、本項の記述は割愛する。

#### (2) 通行規制の早期実施

5.4.2 水位予測の効果における評価考察と同様となるため、本項の記述は割愛する。

#### (3) 避難呼びかけの早期着手・正しい情報発信

水防本部においては、5.4.2 水位予測の効果における評価考察と同様となるため、割愛するが、住民の避難行動について変革が起こることから、本項では住民からの視点で考察し、その現状と解決された姿を図 5-22 に示す。

現状では、住民が自ら河川水位を「藤枝市水位・雨量観測システム (WEB)」や現地確認により、自主的に避難行動を行う仕組みとなっている。特に情報難民者については、情報端末が使用できず、豪雨時に河川の水位を確認するため川へ近づき、亡くなるといった事故が多発している。

解決された姿は、避難に必要な情報をいち早く提供することで、避難に必要なリードタイムを長くとることである。

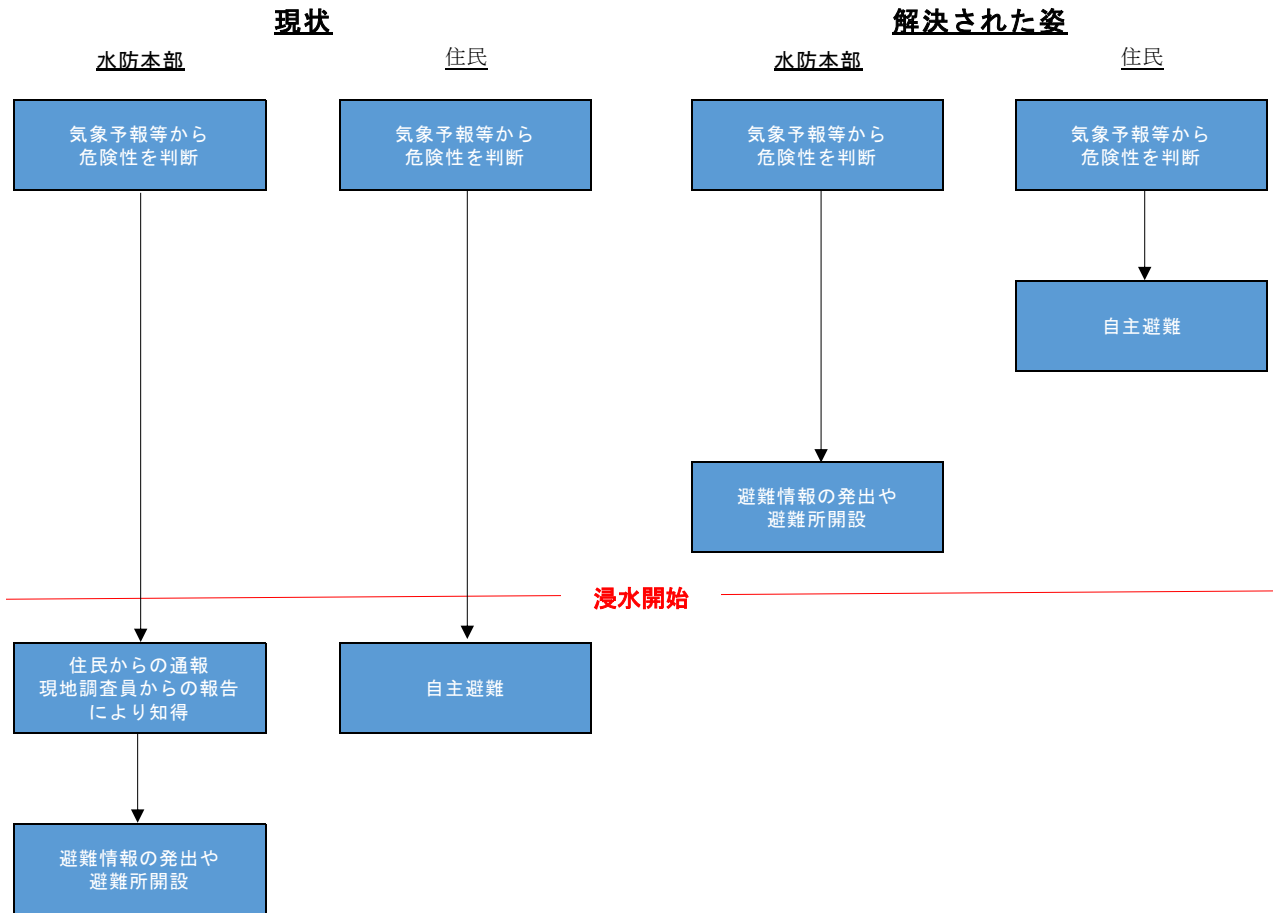


図 5-22：避難行動に対する住民視点での効果

解決された姿を実現するためには、「藤枝市水位・雨量観測システム」の現状水位の情報提供に加え、水位周知河川や洪水予報河川と同様に避難判断基準となる水位「浸水開始水位（仮称）」を設定することで、住民がその状況を知り得て、早期の自主避難が可能となる。

## 5.6. 水位予測実装に向けた技術課題

### 5.6.1. 予測モデルに関する課題

本実証実験では、藤枝市内の12の河川において1時間後、3時間後の水位予測を実施した。この結果から予測モデルの課題として、水位予測による予測誤差への対応を挙げる。近年、情報技術の向上によりAIによる予測手法も数多く提案され、予測精度は高くなっている傾向にある。しかし、AIによる100%正確な予測は既存の技術では不可能であり、予測と実測に誤差が生じる。水害対策の現場での実用化に向けて予測誤差も生じることを認識した上での対策が必要と考える。

加えて、学習データ期間が長いグループ1と、学習データ期間が短いグループ2を比較しても予測精度に有意的な差は確認できなかったことから、一定量の雨季のデータが学習データに含まれていれば、データ量を増加しても大きな精度改善に繋がりにくいと考えられる。そのため、1地点の水位や雨量データ量の拡充ではなく、他種別のデータを追加していくことでモデル精度の向上が期待できると考える。例えば、上流域の水位データ、近隣の山、森林、海などの状態を示すデータ、ダム の管理データなどが考えられる。ただ他種別のデータが水位予測のノイズとなる可能性もあるため、データ毎の詳細な検証が継続して必要と考える。

### 5.6.2. 雨量予報精度誤差に関する課題

本予測モデルは、入力値の1つとして現在時刻より1時間から6時間先の雨量を利用している。1時間から6時間先の雨量に雨量予報を用いない理由は、雨量予報を利用すると河川水位予測の精度が雨量

予報の精度に影響をされるためである。しかしながら実際の水位予測においては、1時間から6時間先の雨量については雨量予報を利用せざるを得ない。そのため、雨量予報と実雨量の間で誤差がある場合、予測結果にも大きな影響を与える。

特に、線状降水帯のような断続的に雨が振り続く場合は、一般的に雨量予報が難しいとされ、雨量の予測誤差も大きくなる傾向がある。本実証実験期間でも例外でなく、雨量予報の予測誤差が水位予測の精度に影響があることが実証された。

### 5.6.3. 今後の開発方向性

本項では前項で述べた予測モデルと雨量予報誤差に関する課題を踏まえ、今後のモデルの開発方向性を述べる。開発方向性として、予測誤差への対応、短期間データによる学習の対応、そして上流下流を考慮した算出手法の改良の3点を挙げる。

#### (1) 予測誤差への対応

水位予測に利用する雨量予報の誤差により、河川水位予測の精度に影響を受けることを5.6.2項で述べた。この対策として、予測結果から上下に一定の幅を持たせた水位予測値の提供が必要と考える。具体的には、予測水位の誤差を考慮して最小値と最大値から示される予測値の提供である。これにより、予測値の不正解率を抑えることができる。しかしながら、河川水位予測に一定の幅を持たせることにより、利用者が判断しにくくなるというデメリットもある。ユーザ視点を考慮した予測誤差に対する対策も引き続き検討していきたい。

#### (2) 短期間データの学習

予測モデル作成時に学習させる河川水位データは、可能な限り長期間であることが望ましい。しかしながら、実際の中小河川においては、長期間の河川水位データを持ち合わせないことが多い。本実証実験で新規設置した水位計地点4箇所がこれにあたる。今後は短い学習データ期間でも高精度な水位予測を実現させるため、効率の良い学習手法を検討・開発する。

#### (3) 上流・下流地点の水位を考慮した算出手法の改善

本実証実験で用いた水位予測では、水位計測地点のみの水位と雨量に焦点を当てて予測を行った。河川水位は上流や下流の影響に応じて変化するため、上流下流の水位や雨量を考慮するのが望ましい。今後は水工学の観点も含め、上流および下流の情報を加えた予測モデルの開発を検討していきたい。

## 5.7. 河川水位と冠水の関連性課題

河川水位の上昇に伴い、内水や外水氾濫が発生していることを確認できた。しかしながら、特に検証を行いたかった内水氾濫が発生する時の河川水位については、事象が起きず浸水開始水位が確認できなかった。そのため、河川水位と冠水の関連性については、引き続き浸水の発生時の数値をと河川水位の関連性を確認していきたいと考える。

また、冠水の発生メカニズムは、護岸構造や地形に大きく起因することから、地区により異なる。そのため、引き続き他地区においても検証を行っていきたい。併せて、水位予測の精度向上が図られることで、よりリードタイムが長くとれ、早期避難に繋がることが期待される。



## 6. 横展開に向けた課題

### 6.1. 水位予測の一般化に向けた諸課題

一般化に向け、基礎自治体へのインタビューを実施し、水位予測 AI の必要性や求める要件について確認し、一般化に向けた課題を抽出した。確認プロセスと、結果の概要を図 6-1 に示す。

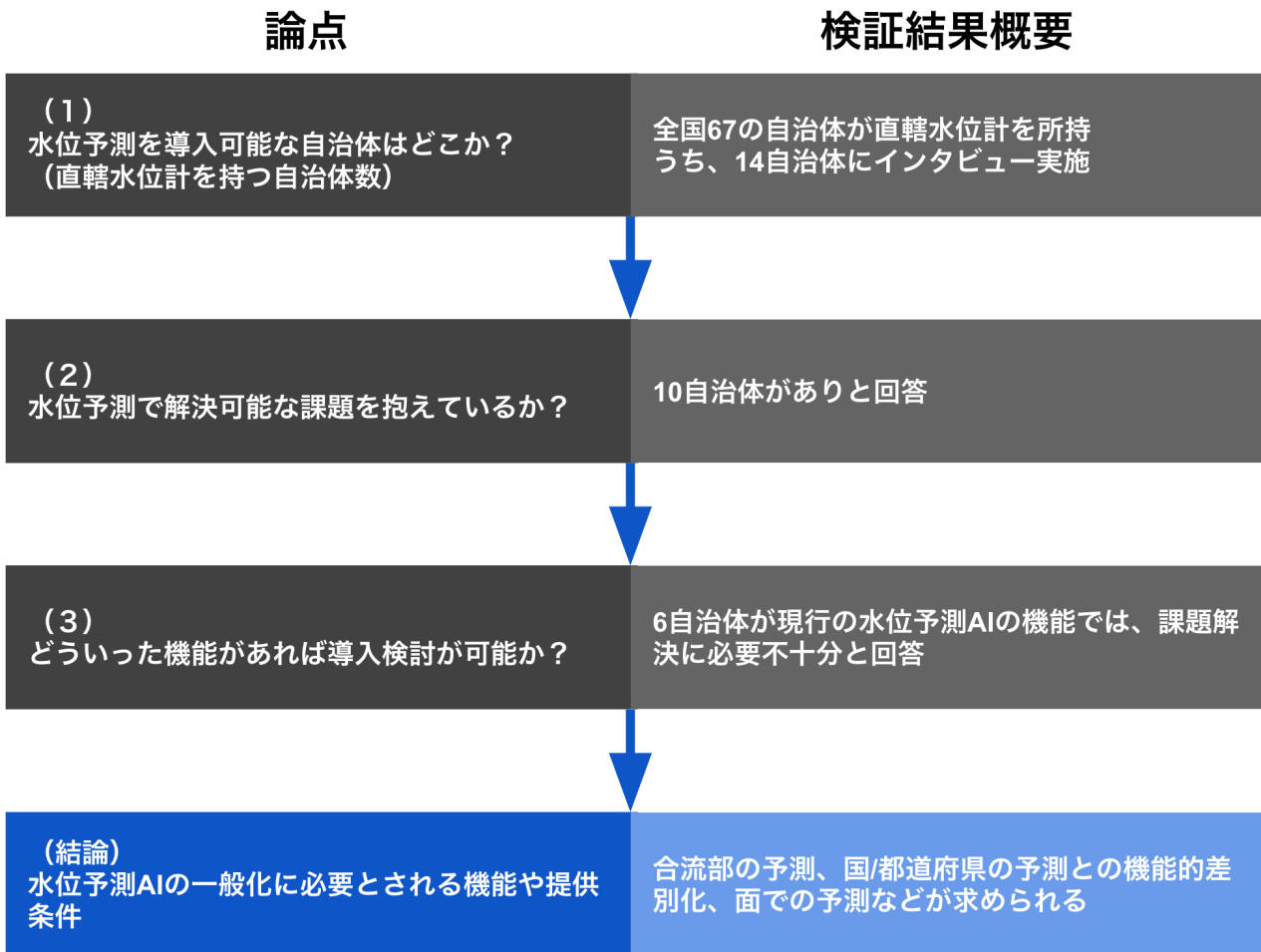


図 6-1：一般化に向けた課題検証の論点と結果の概要

#### (1) 対象自治体

現状の水位予測手法では、水位計がインプットデータとして必要になるため、自治体が直接管轄する水位計が必要となる。そのため、全国の自治体について直轄の水位計を配備する自治体を調査した。

調査の結果、67の自治体が直轄水位計を持ち、配備する水位計の合計は665台、平均数は約9.9台で、中央値は6台であった。

#### (2) 課題有無の確認

直轄で水位計を所持する自治体のうち、14の自治体にインタビューを実施した。自治体によって、異なるが代表的なインタビュー項目を表 6-1 に記載する。インタビューの中で、自治体が 4.1 に記述する水位予測によって解決可能な課題を抱えているかを確認した。10の自治体では想定した課題があったが、4の自治体では課題はないとの回答であった。その理由としては、水位予測がなくても、現状の水防体制や国・都道府県から提供される情報で対処可能、課題感がもしくは近年被災しておらず課題感がないためであった。

表 6-1：他自治体へのインタビュー項目

課題感の確認	現在の河川洪水と、その対策について教えてください。
	過去に起きた洪水はありますか？ 具体的に特定の河川や場所で、洪水が起こりやすいところなどありますか？
	(上記の質問の深掘り) 起こりやすい理由などありますか？
	日常の洪水対策として、どのような取り組みや対策をなされているでしょうか？
	水位センサの導入はありますか？
	(上記の質問の深掘り) 教えていただいた取り組みについて、始めたきっかけは何でしょうか？
	(上記の質問の深掘り) 現在の洪水対策全体について、課題に感じているところはありますか？
	(対策してない場合) なぜか、どういう理由で対策できない/しないのか
	洪水対策を重点的に行っている、もしくはこれから行いたいと考えている地域はありますか？ また、どのような対策を行いたいですか？
	(行う予定がない場合) リスクの高い場所がない/あってもなぜ行わないのですか？
洪水対策で重視されるポイントは何でしょうか。順位付けがあればそれも教えてください。	
必要機能の確認	実証実験の取り組みを紹介したうえで、洪水予測 AI について、率直に導入したいと思いますか？
	(導入したい場合) どのようなところに魅力を感じましたか？ (導入したくない場合) それはなぜですか？
	(導入したい場合) いつから導入したいなど、導入時期の希望はありますか？
	価格としていくらなら導入できそうですか？
	(導入したくない場合) どのような機能、製品であれば導入したいと思いますか？

### (3) 必要機能の確認

課題感を抱えている 10 の自治体について、現状の水位予測の機能や提供する情報について伝えたいうえで、現行機能にて課題解決に至るか。至らない場合は、どのような機能が必要かの確認を行った。4 の自治体については、現行機能にて課題解決に至ると回答を得て、6 の自治体には機能として不十分であるとの回答を得た。不十分である理由として、最も多かった回答が合流部の予測手法に関する機能の不足であった。合流部とは、国や都道府県が管理する一級河川と、自治体が管轄する河川との合流部を指す。合流部での課題は、氾濫時に自治体の管轄河川水が一級河川に流れなくなり、バックウォーターが発生することで合流部付近から越水または破堤に至るため、危険性の検知を行い、水門や樋門の開け閉めに関して適切なタイミングで操作を行いたいという課題である。現行の水位予測手法では、合流部の予測機能は備えていないが、多くの自治体で必要とされる優先順位の高い機能であることが分かった。他の意見として、国や都道府県が提供する情報との差別化がされないと、導入に必要な具体的な理由が語れないとの理由で、3 時間以上先、1 日後の予測が必要との意見があった。

### (結論)

14 の直轄水位計を導入する自治体への水位予測に関して、必要機能の調査を行った。今後、更にインタビューや他都市での導入試験を通じて、更なる詳細な要件の確認と具体的な開発内容の精査の実施が必要となる。

## 6.2. 冠水検知の一般化に向けた諸課題

冠水検知については、冠水した情報を速やかに受信することで、職員の現地調査を省き、直接排水作業への移行が可能となることから、迅速な水防活動が図れるものとして大変有効である。しかしながら、避難行動を促すには、タイミングが遅く、事後対応となってしまう。そのため、今回の実証で判明した、避難判断基準「浸水開始水位（仮称）」を設定することで、リアルタイム水位情報と今後の気象予測から、予め水位上昇を予見し、事前の避難行動に繋げることが理想であるとする。今回同時に取り組むA I 河川水位予測との連携により、その効果が促進されるものであるとする。しかしながら、この水位については、水防法で規定されたものではなく、その水位設定について法的に支障がないか確認が必要であるとともに、その水位の扱いについても整理する必要がある。

## 7. まちづくりと連携して整備することが効果的な施設・設備などの提案

### 7.1. スマートシティの取組と併せて整備することで効果的、効率的に整備できる施設・設備

利水、治水では考え方が異なり、共存していくためには、流域のあらゆる関係者が協働で取り組む「流域治水」の考えでなくてはならないことから、利水、治水としてそれぞれの効果的な施設・設備などの提案について記述する。

#### (1) 浚渫の実施

治水上、河川内の堆積土砂の浚渫は管理者として必要な作業である。そのことから、本取組みを通し、河川水位予測の精度維持のためにも浚渫を行う必要があるとともに、予測の精度低下が生じたときには、河川水の流下に影響する阻害物があることが判明する。河川管理者として、水害リスクを低減や適正な管理が可能となる。

#### (2) 利水施設の管理

利水者は、河川内に構造物を設置し、流れを阻害させ水を利用している。それは河川水位予測に大きく影響を与える。そのため、適正な水管理を行うための施設整備が必要となる。本取組みを通し、河川の水位上昇に大きく影響を与えている利水施設が判明することで、そこを重点的に点検し、更には水利施設の自動化（水門の自動化）が必要な箇所が判明する。そのことから、効果的な施設の整備などの指標となる。

#### (3) マイ・タイムラインの効果促進

新たに浸水が始まる河川水位を知ることで、避難に関する情報が拡充される。マイ・タイムラインでは、水防法に基づく河川を対象として住民に対し作成支援を行っているが、中小河川などの地域特性に応じたマイ・タイムラインの作成が可能となり、的確かつ迅速な避難行動に繋げることが可能となる。

### 7.2. 施設・設備の設置、管理、運用にかかる留意点

配備する水位計、冠水センサを増設することにより、水防体制や避難体制の強化は図れるものの、増設に伴う保守費の増額が課題となる。施設・設備の設置については、真に必要な箇所を選定した上で、設置をする必要がある。また、増設に伴い情報量も増えることから、その情報を的確に理解し、水防体制をコントロールするスキルが職員に求められる。更には、その情報を整理した上で、迅速かつ正確に住民に情報を提供する体制を構築することも必要となる。

### 7.3. 地域特性に合わせた提案

河川水位予測の精度は、河川の状況により大きく左右されるものである。特に中小河川においては、大きな河川と比較し、河道条件や占用物件など、様々な条件があることから、河川水位予測は難しい。そのため、現場において、実際のデータを蓄積することで、河川水位予測の技術が成り立つものである。更にはそのデータ量とそれを解析するA Iにより、地域の特性に合わせた河川水位予測が可能となる。

## 付録

本検証を実施した全河川の雨量予報を用いた水位予測結果を以下に示す。

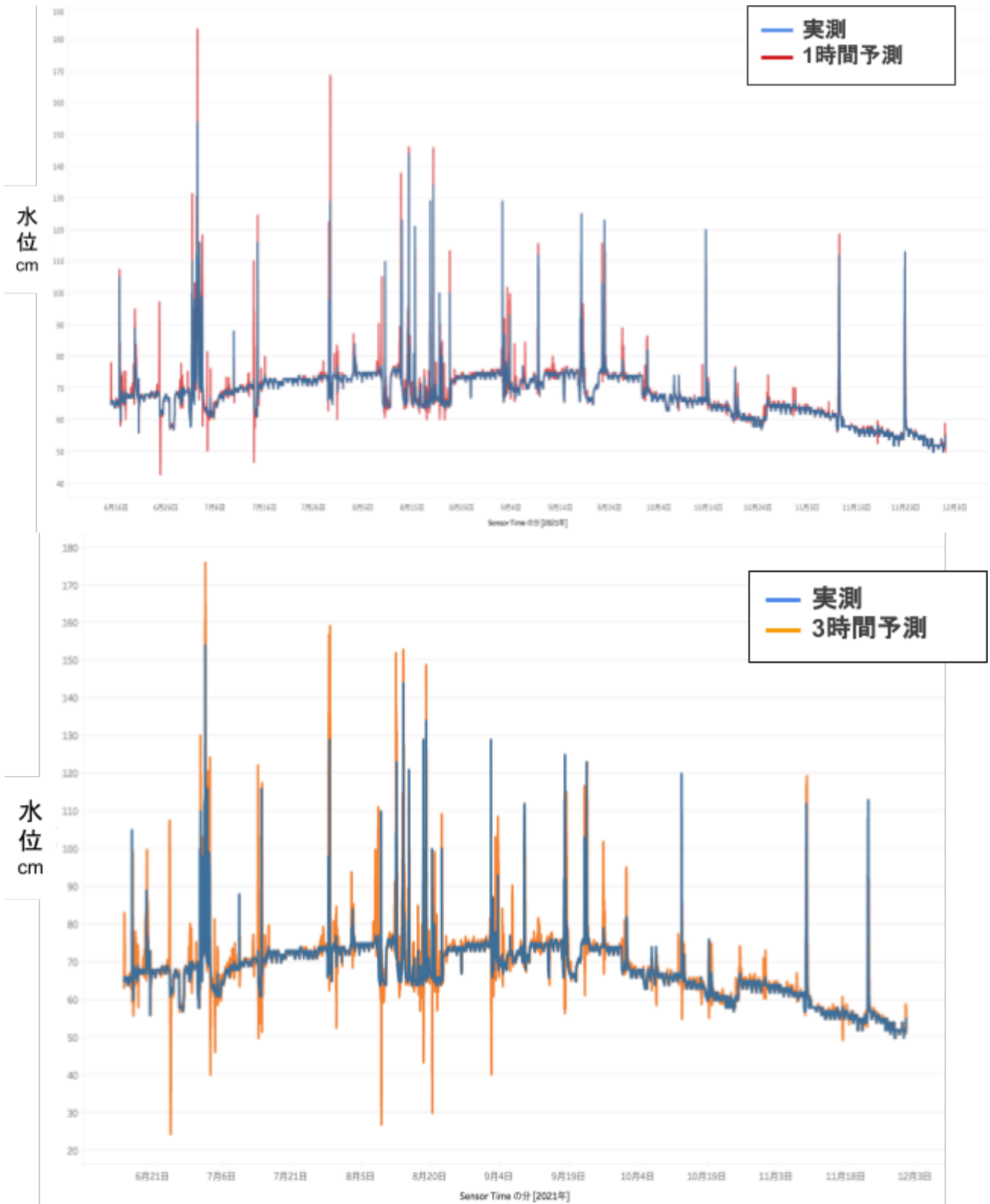


図 A-1 : 雨量予報を用いた水位予測結果 2019 号橋

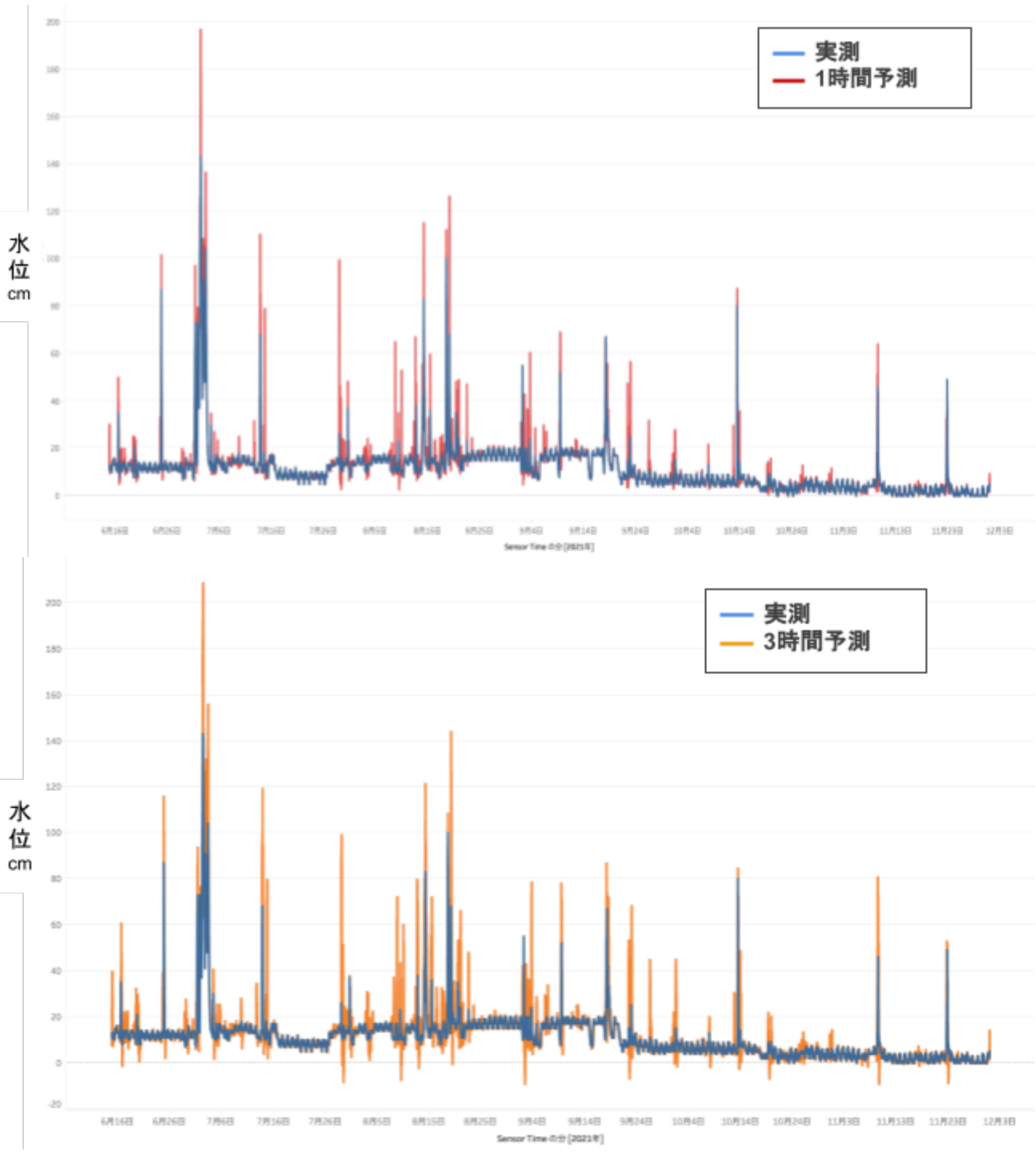


図 A-2 : 雨量予報を用いた水位予測結果 5030 号橋

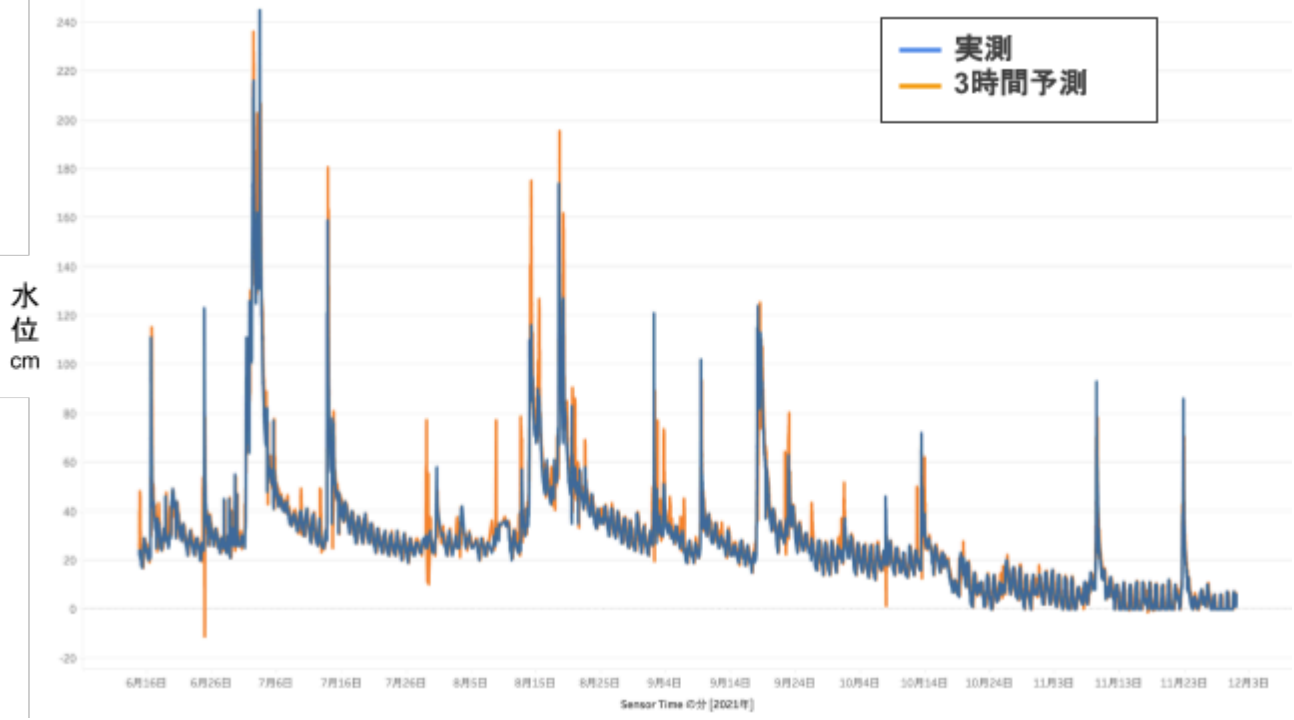
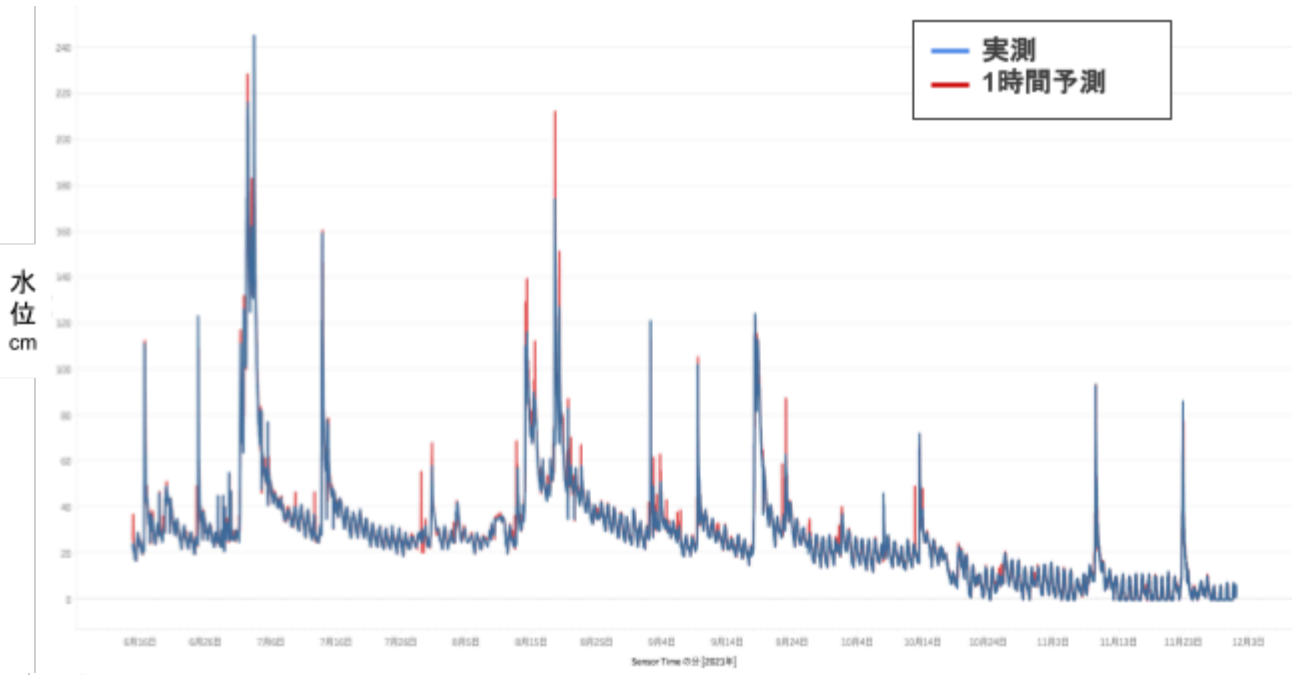


図 A-3 : 雨量予報を用いた水位予測結果 井尻橋

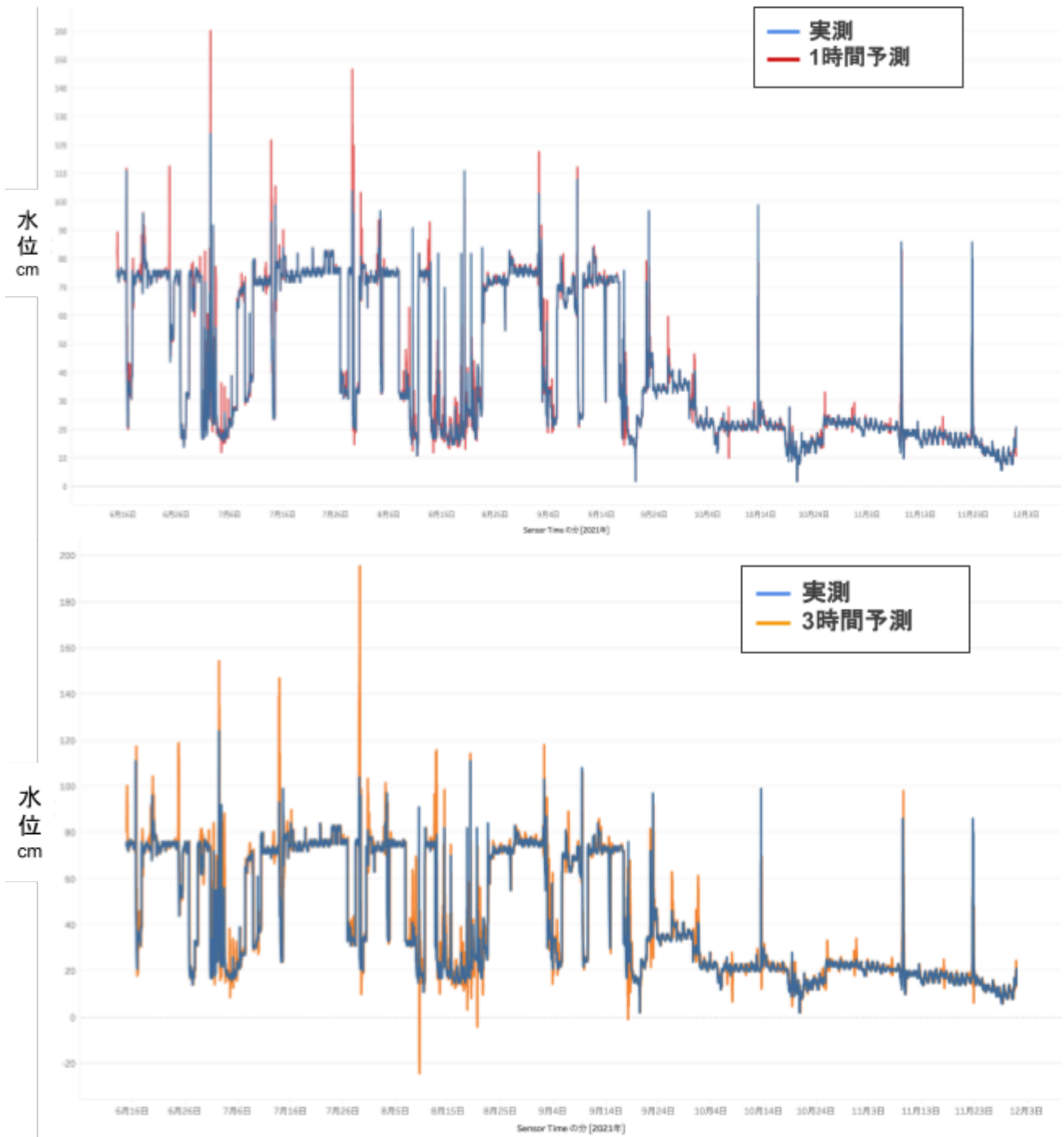


図 A-4 : 雨量予報を用いた水位予測結果 黒石橋

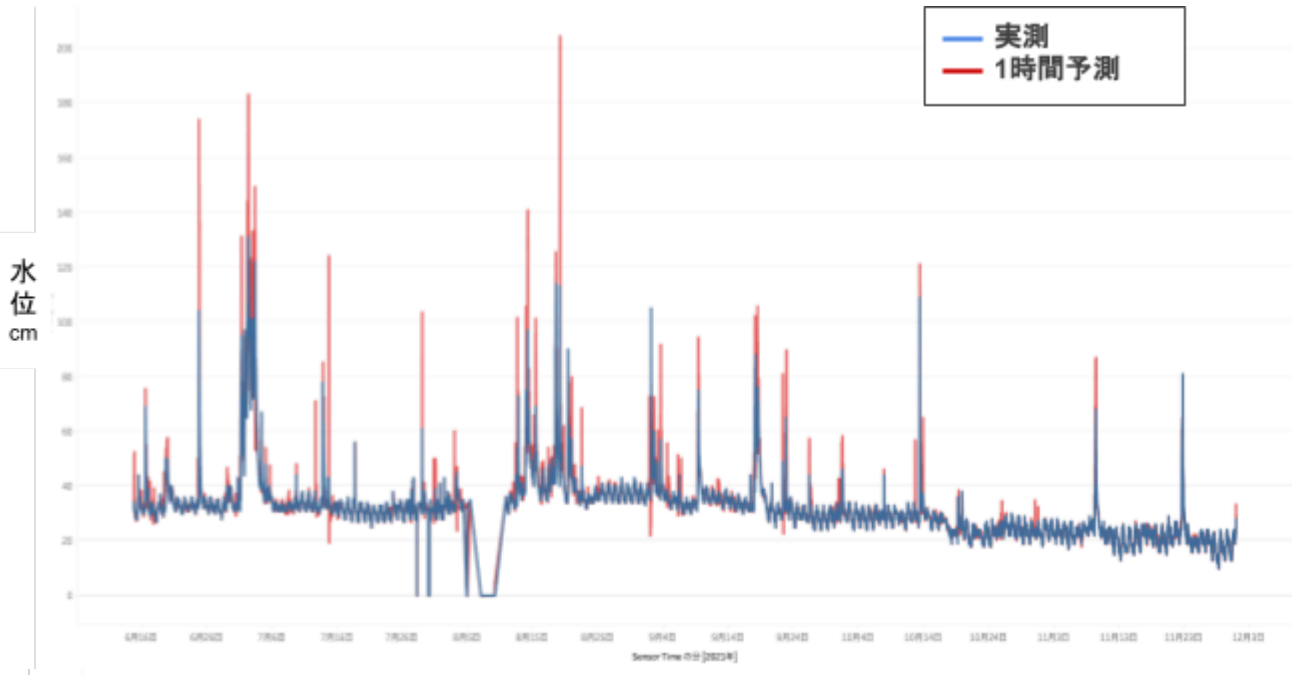


図 A-5 : 雨量予報を用いた水位予測結果 三輪向原桐川橋



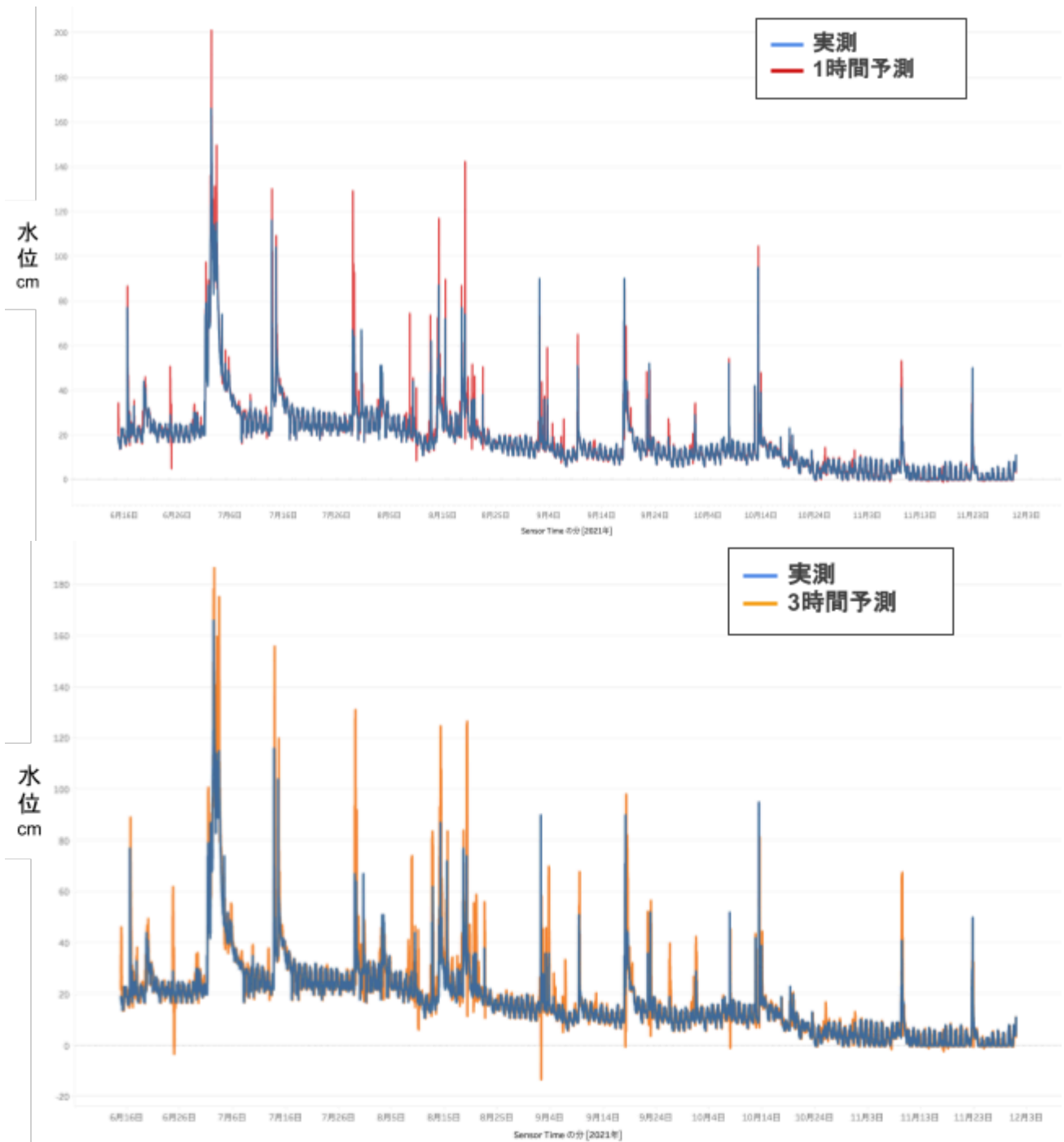


図 A-6 : 雨量予報を用いた水位予測結果 若王子大橋橋

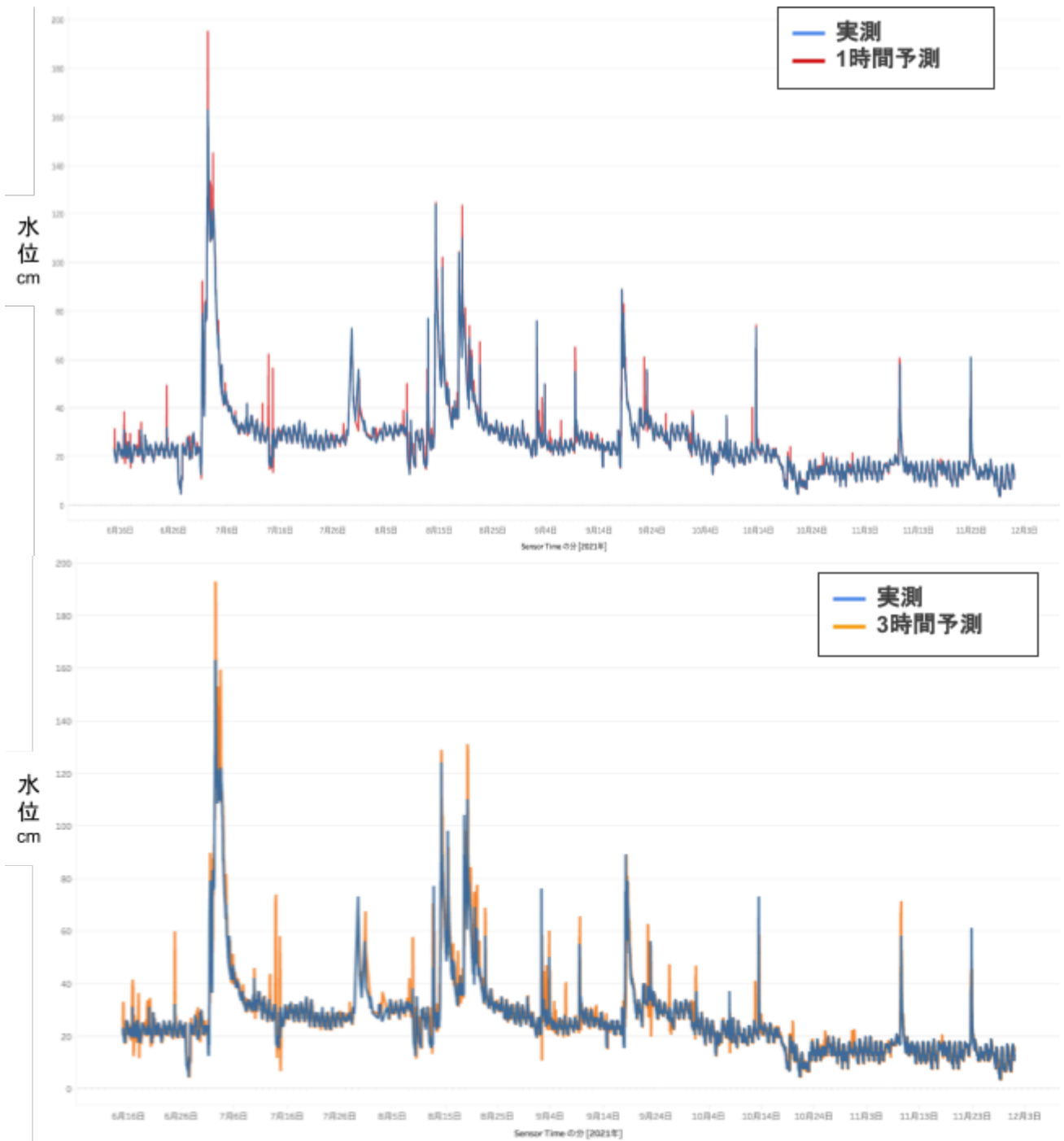


図 A-7 : 雨量予報を用いた水位予測結果 若宮橋

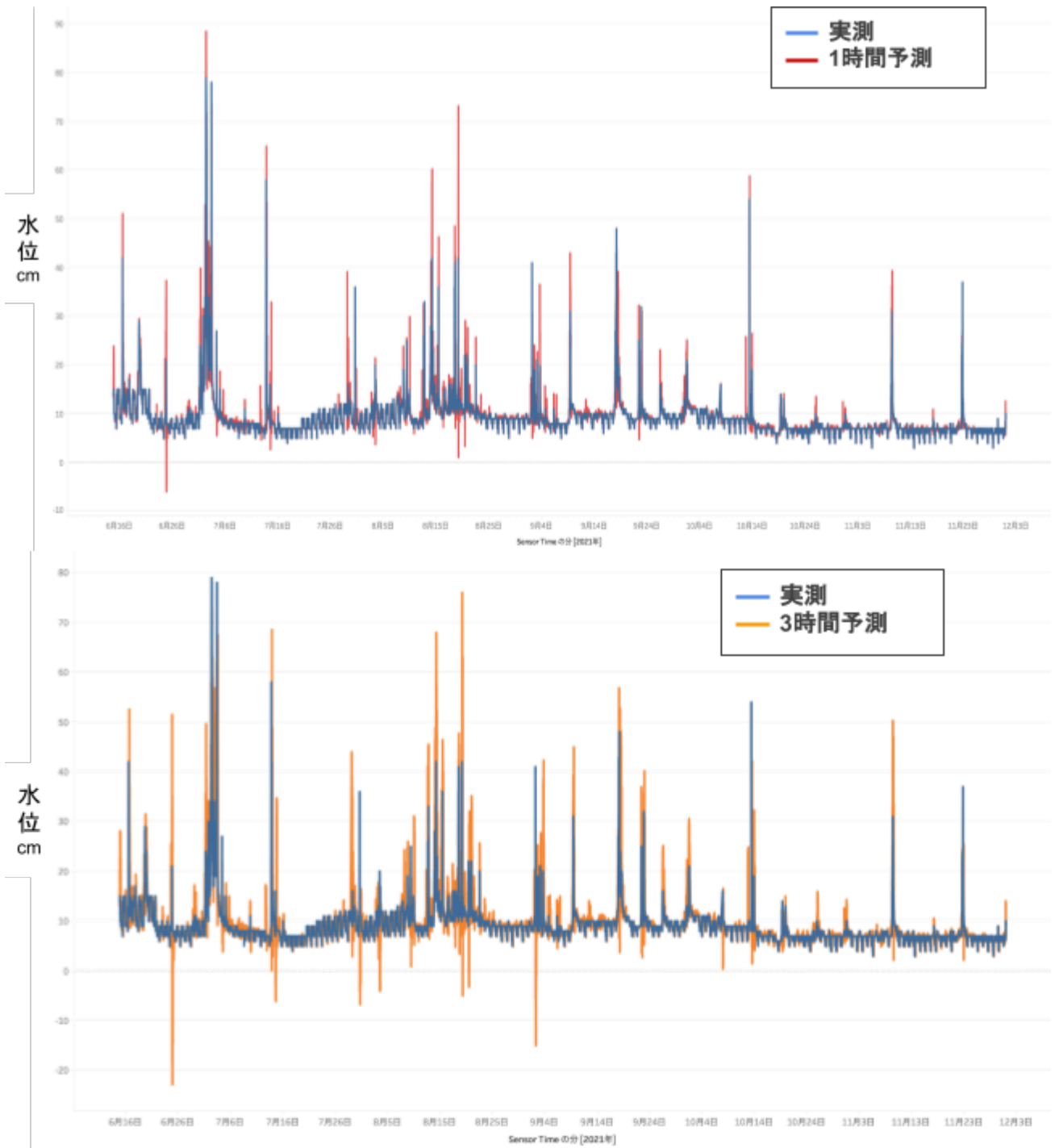


図 A-8 : 雨量予報を用いた水位予測結果 女池ヶ谷橋

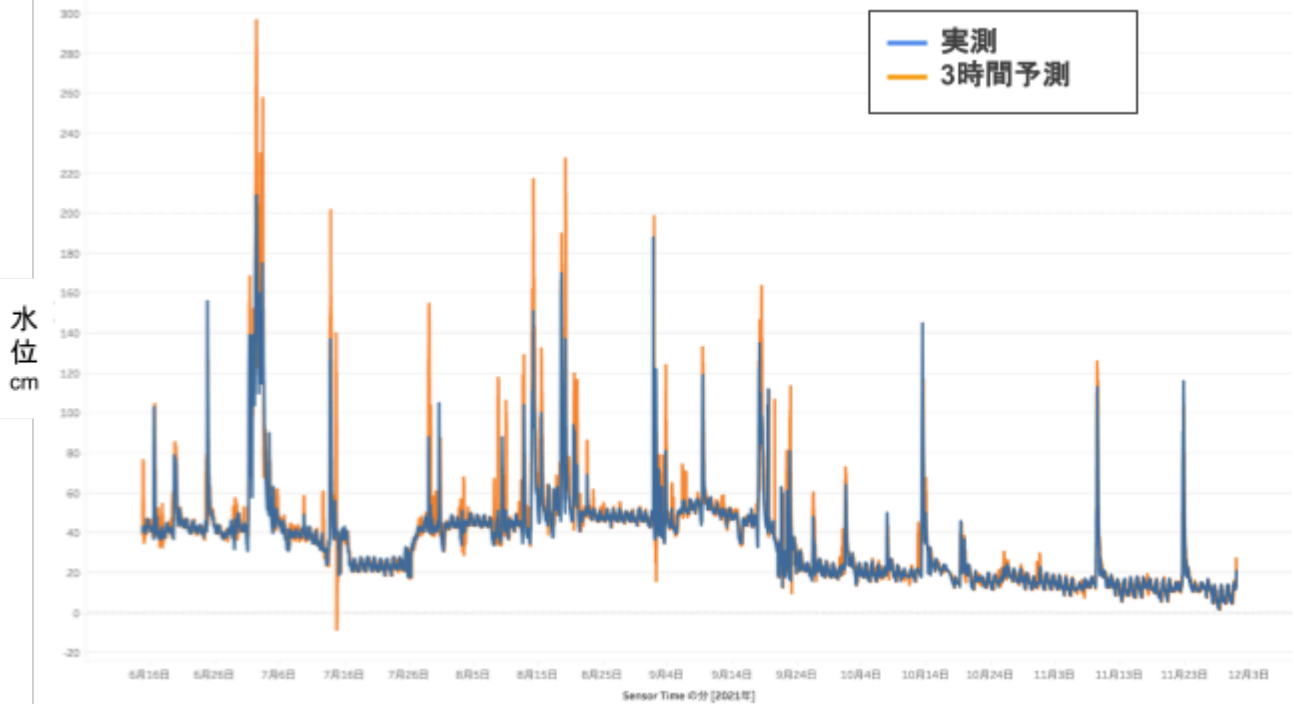
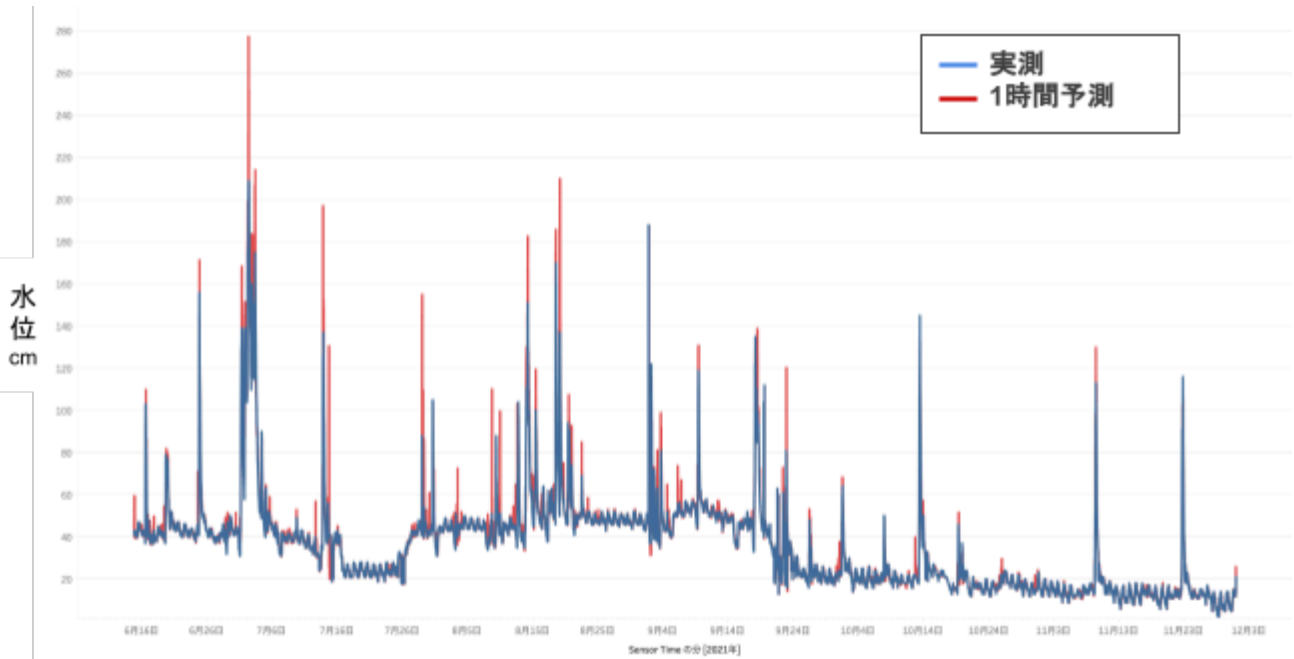


図 A-9 : 雨量予報を用いた水位予測結果 新飯塚橋



図 A-10 : 雨量予報を用いた水位予測結果 水上八反田橋

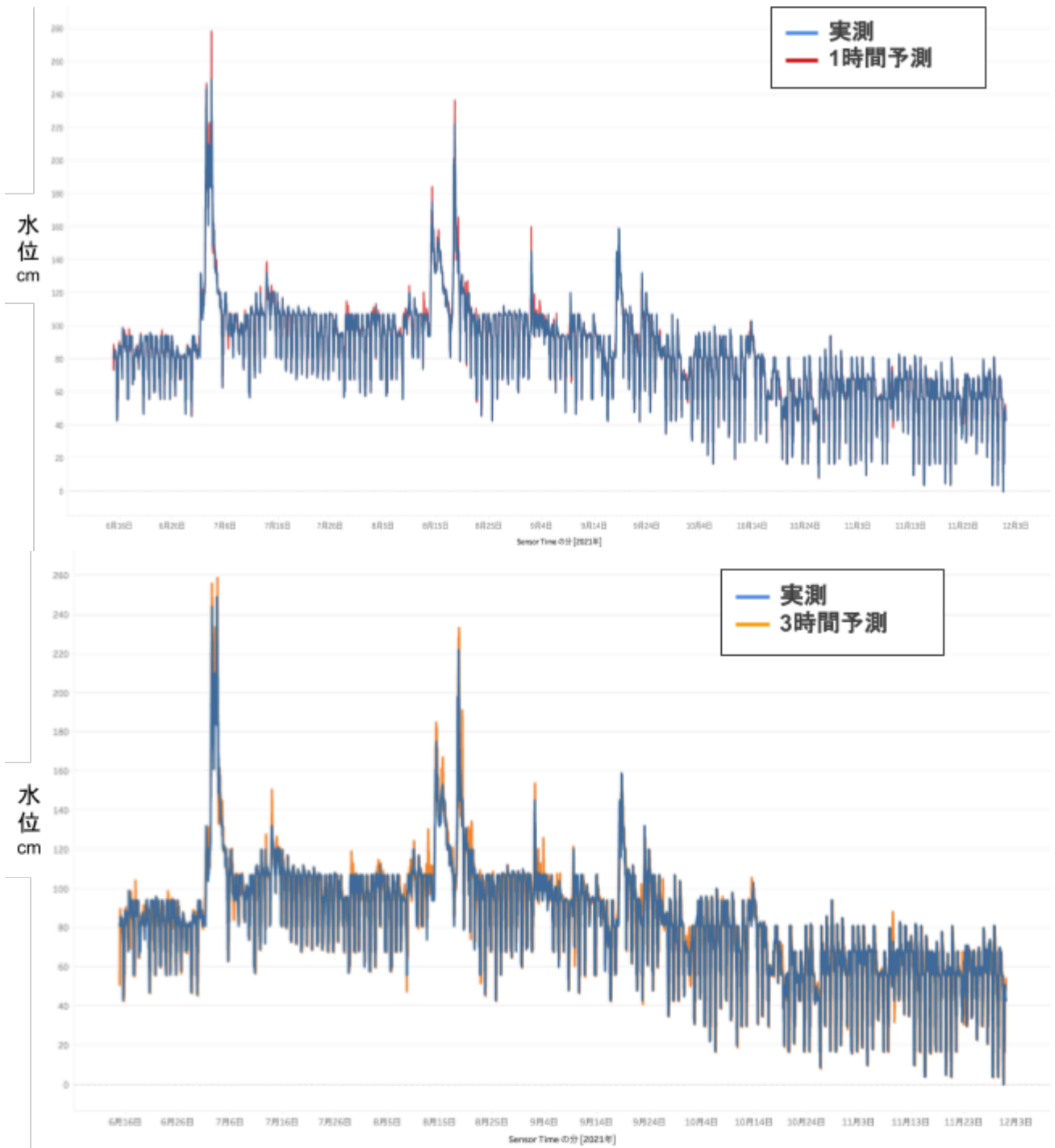


図 A-11 : 雨量予報を用いた水位予測結果 殿橋

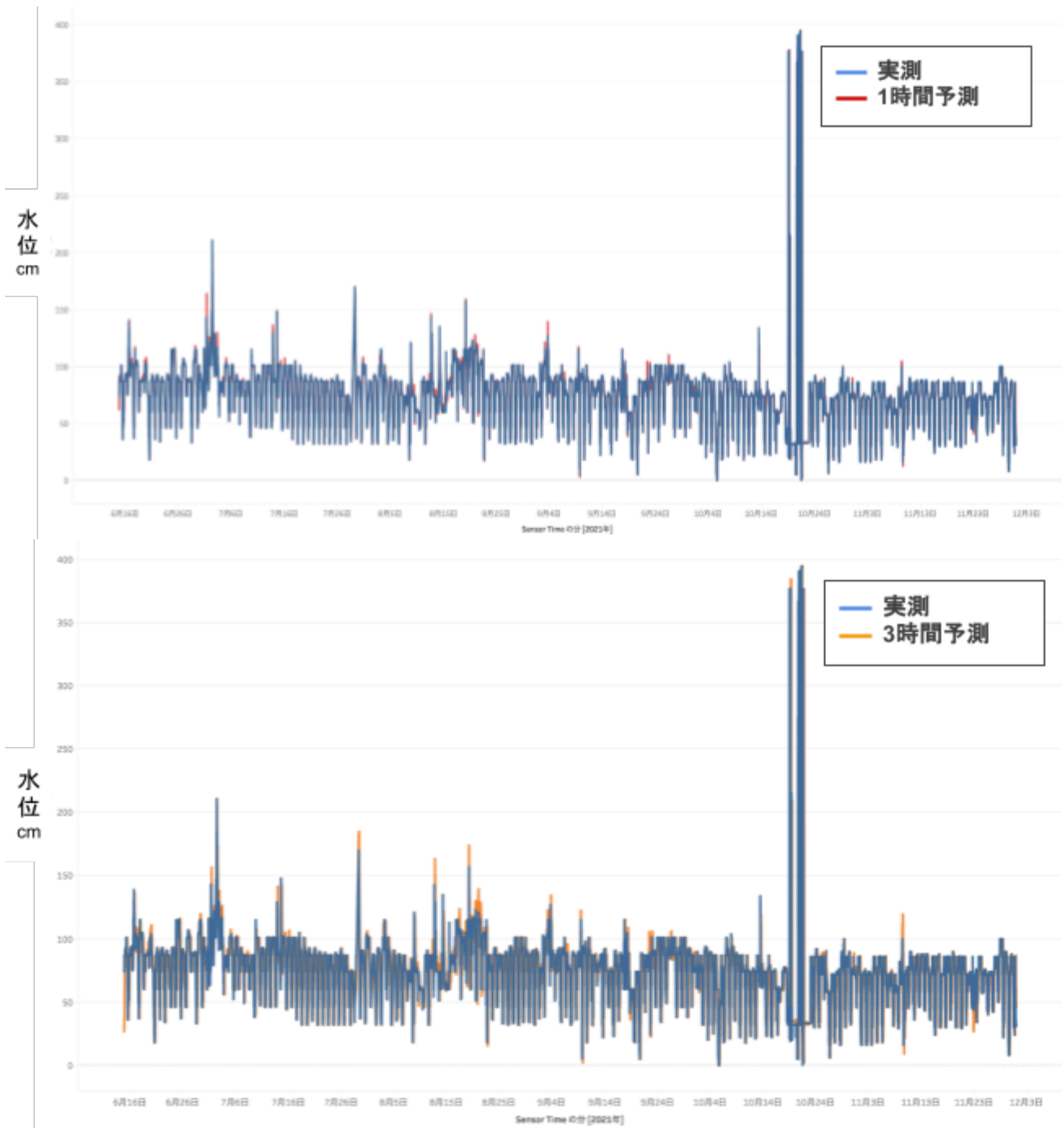


図 A-12 : 雨量予報を用いた水位予測結果 土瑞橋

早期実装にむけた先進的技術やデータを活用した  
スマートシティの実証調査（その5）  
報告書

令和4年3月

国土交通省 都市局

藤枝 ICT コンソーシアム