

河川砂防技術研究開発

【成果概要】

①研究代表者	氏 名 （ふりがな）	所 属	役 職
	猪村 元（いむら はじめ）	東京大学大学院情報学環	特任講師
②技術研究 開発テーマ	名称	低コスト浸水センサーの開発・活用による居住者への緊急通知、および面的な浸水情報による防災活動支援方策に関する研究	
③研究経費 （単位：万円）	令和 年度	令和 年度	令和 年度
※端数切り捨て。	310万円	178万円	万円
			総 合 計
			488万円
④研究者氏名 （研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）			
氏 名	所属機関・役職（※令和 年3月31日現在）		
宗 聡	光陽無線株式会社 経営企画室 室長		
⑤研究の目的・目標 （様式地河-1、地河-2に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。）			
（背景・課題） 近年、西日本豪雨等のゲリラ豪雨において逃げ遅れや屋内等の死者が多数発生したことなどから内水時にリアルタイムで浸水の切迫性を伝え避難を促すために低コストの浸水検出方法、伝達の仕組みや方法が求められている。時々刻々と変化する広域的な外水・内水による面的な浸水状況や、これによる人的被害や重大な施設被害を把握する方法が無いことが課題である。 （目的） 低コストの浸水センサーの開発を行い、流域内の低い土地や浸水が懸念される箇所に面的に設置し、内外水の面的な情報活用方策を検討する。 （成果目標） 1) <u>浸水を段階的に検知するためのセンサーの開発・改良</u>：現在開発済みの浸水の有無を検出可能な浸水センサーを改良し、電磁波特性から洪水流の接近を把握する機器を開発する。 2) <u>複数センサーデータの統合分析による検出精度向上、可視化技術の開発</u>：複数のセンサーデータの統合的分析処理によるエラー除去等の情報処理技術の開発を行う。 3) <u>流域内への浸水センサーの配置、及び、情報ネットワーク・システム構築</u>：浸水の恐れがある地点にセンサーを面的設置し、浸水情報を三次元的・リアルタイムに把握するためのネットワーク・システムを構築する。 4) <u>各利用者へのヒアリングによる情報提供の方法の検証</u>：防災訓練等での活用を通じて、各利用者にヒアリングを実施し、情報の分かり易さ等の観点から表現・提供方法を検討する。 5) <u>スマホアプリを活用した自律的かつ持続可能な防災支援の仕組みの検討</u>：浸水情報や避難方法が把握できる自助防災に資するスマホアプリ、ポータルサイトへの情報提供等を検討する。			

⑥研究成果

(具体的にかつ明確に記入下さい。4ページ程度。)

令和2年度の研究開発においては、前節における5課題のうち、過年度に実施した①～③に加えて、④・⑤の課題を中心として取り組んだ。④においては、過年度より実証フィールドとして協力を得ている、さいたま市、土浦市、および、他の利用想定者（自治体関係者、建設コンサルタント等）へ試作画面を提示、現場におけるニーズの把握を行い、必要とされる利活用プラットフォームについて検討、設計を行った。また、⑤については、スマホアプリを活用した浸水状況の把握のため、スマートフォン端末とセンサーの接続方式、電波受信に関する課題の洗い出しと対策について整理を行った。

①については Bluetooth 5 方式のセンサーの検討、②、③に関しては、過年度からの設置箇所の実験継続を維持しつつ、④で得られた主な課題を踏まえて、敷設センサーの管理システムとセンサーデータ利活用プラットフォームの検討等を進めた。それぞれの概要は以下に示すとおりである。

① 浸水を段階的に検知するためのセンサーの開発・改良

・過年度から継続して Bluetooth 5 方式によるセンサーの改良を進めた。

② 複数センサーデータの統合分析による検出精度向上、可視化技術の開発

・特に④で得られた、ニーズへの対応として、多数のセンサーデータの管理、および、可視化手法についての改修について設計・検証した。

③ 流域内への浸水センサーの配置、及び、情報ネットワーク・システム構築

・不具合対応等の運用を継続しつつ、大規模センサー敷設のための方式について検討した。

④ 各利用者へのヒアリングによる情報提供の方法の検証：

・昨年度実証フィールドとして設置したさいたま市、土浦市へのヒアリングを実施し、情報の分かり易さ等の観点から表現・提供方法を検討した。

・また、現場での運用を考慮して、敷設展開に向けたセンサ運用・管理フロー、センサーモデルの設計と運用のための管理システムについての検討と試作評価を行った。

⑤ スマホアプリを活用した自律的かつ持続可能な防災支援の仕組みの検討

・浸水情報や避難方法が把握できる自助防災に資するスマホアプリの検討として、家屋内部から外部に設置したセンサーの電波検出に際して、センサー設置環境による受信電力の低下検証、および、電力低減の軽減に関する検討を行った。

・また、ポータルサイトへの情報提供については、④による結果を考慮してプラットフォームへ統合する方針で進めた。

【成果詳細】以下に成果の詳細について述べる。

① 浸水を段階的に検知するためのセンサーの開発・改良

過年度から継続して Bluetooth 5 方式によるセンサーの改良を進めた。特に、Bluetooth5 を用いた方式について、フィールドテストでの結果を踏まえて、設置のためのハウジング、設置向き、及び、設置位置等の検証を行った。以下に検証結果を示す（、図 2）。

これらの検証、改修を行ったセンサーをさいたま市の実証現場に敷設したが、令和2年度においては少雨のため浸水が発生せず、浸水時の実測データの取得には至らなかった。

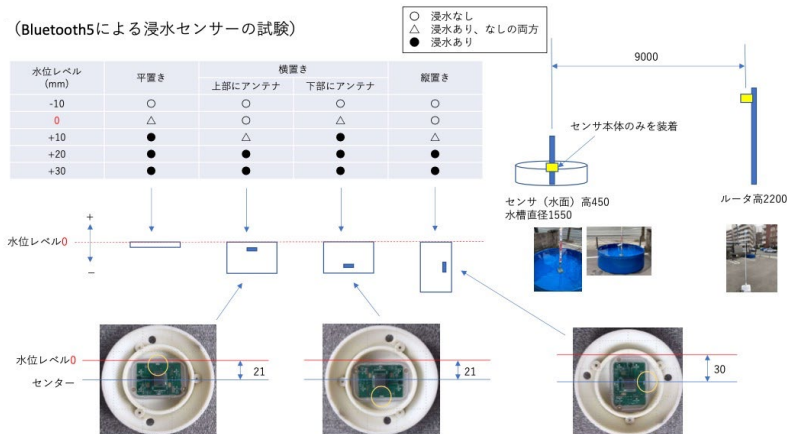


図 1 BT5 方式浸水センサーの設置方式による水検出の試験結果



図 2 BT5方式浸水センサーのフィールド設置のためのハウジング等検討

② 複数センサーデータの統合分析による検出精度向上、可視化技術の開発

④で得られた課題より、実用化のために必要な以下の課題について設計と検証を行った。

(1) 敷設展開に向けたセンサ運用・管理フロー、センサーモデルの設計

センサーデータの収集・加工・蓄積・管理のためのプラットフォームとして以下の図 3に示す構成を設計、試作構築、動作の検証を行った。

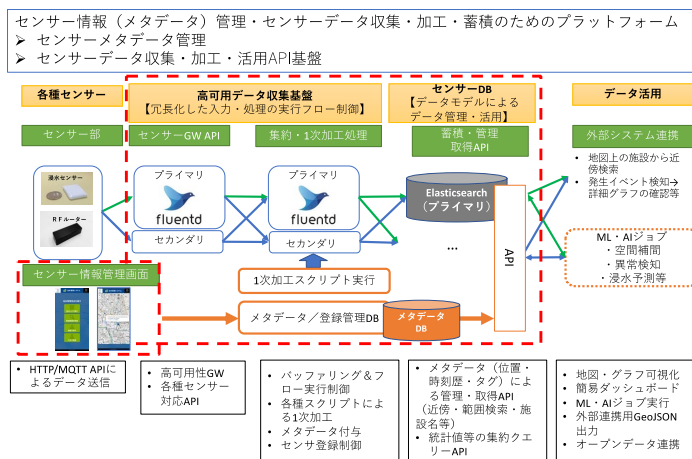


図 3 センサーデータ管理プラットフォーム構成図

また、大量のセンサー管理フローの簡素化のためのプラットフォームとして、センサーの不具合故障に関しては交換対応を基本とした運用を考慮し、以下の図 4に示すフローにて、図 5に示すメタデータを設置時にセンサー情報管理画面を用意して入力することにより、効率的かつ簡素に管理が可能と

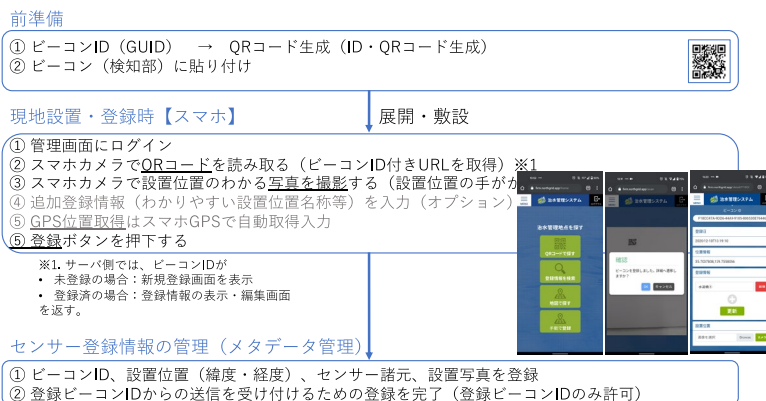


図 4 センサー管理を考慮した設置フロー

なるよう設計し検証を行った。

メタデータ管理

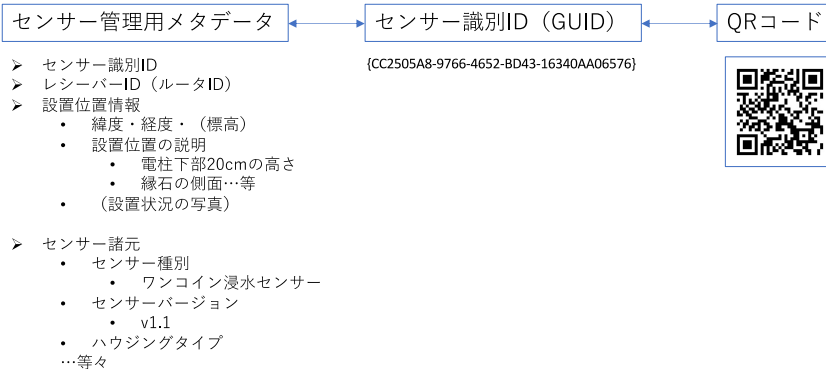


図 5 センサー管理用メタデータ例

③ 流域内への浸水センサーの配置、及び、情報ネットワーク・システム構築

過年度より継続して、土浦市アンダーパス、さいたま市徳力地区、荒川ロックゲートの運用対応を継続して行った。

④ 各利用者へのヒアリングによる情報提供の方法の検証

過年度において実証フィールドとして設置したさいたま市、土浦市へのヒアリングを実施し、情報の分かり易さ等の観点から表現・提供方法を検討した。特に、ヒアリングから得られた重要課題として以下を整理した。

(1) 自治体管理の防災情報システム（オンプレミスシステム）との連携

- ・ 既に自治体（県）で構築運用している防災情報ネットワークにおける可視化システムがあり、一箇所で見れるようにすることが重要であるとの要望があった。既に複数の情報を見比べる形となっており、なるべく一箇所で見られることが利便性の向上に繋がる。
- ・ 既存のシステムを構築した建設コンサルタントへのヒアリングでは、自治体への導入システムにおいて、今後は GeoJSON やタイルマップシステム (TMS) 等のオープンフォーマット を利用した表示システムへの刷新統合の計画があるとのことであった。

(2) 特にリアルタイムかつ面的な情報の把握のために地図上にオーバーレイ表示できる可視化の方法が重要である

- ・ 密度の低いサンプル点に比べて面的な浸水情報は災害時の状況把握のために理解しやすく有用である。
- ・ リアルタイム性については、即時（＜数秒）は不要であり、10 分前程度の情報が必要である。

(3) (1)において現在の状況だけではなく、直近数時間程度の情報を時系列で見る機能が必要である

- ・ 過去履歴を全て見られる必要は無いが、直近数時間の推移を見られる程度の過去履歴の参照機能が必要である。

(4) 面的に設置展開する場合に設置位置や当該センサーを特定する仕組みが必要である

- ・ 多くのセンサーを設置管理する場合に管理・運用における時間・コストの低減のための管理の仕組みが必要である。

(5) マイ・タイムライン（防災行動計画）等との連携

- ・ 自治体によっては国交省 関東地方整備局等で進めているマイ・タイムライン等の防災行動計画との連携、避難トリガーとして浸水状況を利用できると有用である。

これらから、(1)、(2)、(3)、(4)については、②のプラットフォーム検討試作において設計、検証を行った。(5)については、本事業の範囲を超えるため、今後の課題とした。

⑤ スマホアプリを活用した自律的かつ持続可能な防災支援の仕組みの検討

浸水状況や避難方法が把握できる自助防災に資するスマホアプリの検討として、家屋内部から外部に設置したセンサーの電波検出に際して、センサー設置環境による受信電力の低下検証、および、電力低減の軽減に関する検討を行った。また、ポータルサイトへの情報提供については、④による結果を考慮して、可視化・画面を増やすことはせずに、プラットフォームへ統合し、統一的に処理し配信等他システムと連携することとした。

スマホアプリによる一般住宅での浸水検知のために利用を想定しているBluetoothメッシュは、ビルオートメーション、ファクトリーオートメーションの産業分野で今後の普及が予想されているプロトコルであるが、浸水センサーにおいても、これを利用することで、家の床下や床上、敷地、道路などにおいてスマホと直接連携した浸水監視が可能とすることを目標とする。スマホアプリによる浸水検知の概念図を以下に示す。

2. スマホ連動システム信号処理検討
(Bluetooth5浸水センサーネットワーク)

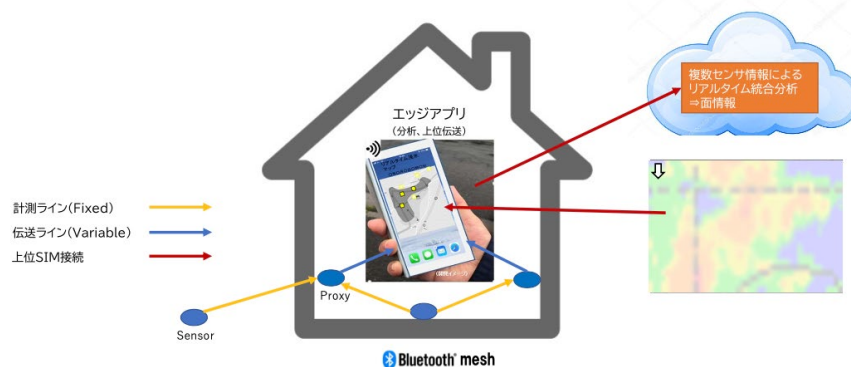


図 6 スマホアプリによる浸水検知概念図

メッシュ通信の方式として、Bluetoothメッシュで代表的なルーテッド型メッシュとフラッド型メッシュを検討した。前者は相互に接続されたルーターネットワークを介して、デバイス間の通信を行うものであり、通信の仕組みとしてはシンプルではあるが、センサーの故障や追加の際に、ネットワーク上のデバイスに情報を送り込む必要があるため、保守が煩雑となる。後者はルーティングを行わないが、あるデバイスがブロードキャストでデータパケットを送出すると、これを受信したデバイスが周囲のデバイスにパケットを行き渡らせる。このため保守運用は簡略化でき、前者の欠点は補えるが、中継デバイス（Proxy）が常時働く必要がありの電力消費が大きくなる。よって、Sensorは電池、Proxyは AC アダプタによる電源が最適と考えられる。また、SensorとProxy間は電磁波観測による浸水検知のために固定の必要があるが、Proxyとスマホ間はその必要が無く、Bluetoothの電波が届く限りにおいてスマホを自由に移動できる。

また、この際のBluetoothビーコンの設置方法に関して、装着対象物によっては電波減衰が発生することが明らかとなった。この電波減衰を極力少なくする方法についても電波暗室における実験を行い検討した。

⑦研究成果の発表状況・予定

（本研究の成果について、論文や学会への投稿等又はその予定があれば記入して下さい。）（以下記入例）

- ・これまでに発表した代表的な論文
- ・著書（教科書、学会抄録、講演要旨は除く）
- ・国際会議、学会等における発表状況
- ・主要雑誌・新聞等への成果発表
- ・学術誌へ投稿中の論文（掲載が決定しているものに限る）
- ・研究開発成果としての事業化、製品化などの普及状況
- ・企業とのタイアップ状況
- ・特許など、知的財産権の取得状況
- ・技術研究開発成果による受賞、表彰等

[1] ○湧田 雄基, ○猪村 元, 石川 雄章, 「インフラマネジメントにおけるデータサイエンスとその迅速化を支援するデータ利活用基盤」, AI・データサイエンス論文集, 2020, 1 巻, J1 号, p. 25-34, 2020 年 11 月 18 日（口頭発表・論文誌掲載）。

⑧研究成果の社会への情報発信

（ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。）

- [1] 日経コンストラクション紙 2019.11.25号 pp24—25
- [2] 朝日新聞（朝刊） 令和元年9月21日（土） 25面（茨城）
- [3] 日刊建設工業新聞（朝刊） 令和元年9月25日（水） 5面（工事総合・首都圏）
- [4] 建設通信新聞（朝刊） 令和元年 9 月 25 日（水） 5 面（関東欄）

⑨表彰、受賞歴

（単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。）

なし

⑩研究の今後の課題・展望等

（研究目的の進捗状況・達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や河川政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。）

組織を超えたデータ利活用を見据えたデータ流通フォーマット・API等の標準化

・河川管理者へのヒアリングからも、センサーデータ、解析結果データの他のシステムとの連携、活用のための標準的なフォーマットの採用は重要である。国土地理院 地理院地図等でも活発に利用されているGeoJSON形式によるタイルマップサービスでの提供のためメタデータ設計等を進めている。

・各河川管理者においては、防災情報システムを既に構築済みであったり、防災科学技術研究所によるSIP4D等の取り組みの普及を見据えていたりと個別の情報可視化や利用のためのシステムの乱立は望ましくないため、これらシステムとデータ連携可能な形で整備してゆくのが重要である。

スマホアプリを活用した自律的かつ持続可能な防災支援の仕組みの継続検討

・R F ルータによるピンポイントでの浸水検出機能はスマホアプリでも実現でき、ビーコンのみを購入し床下や玄関先など自宅周辺に設置すれば直接の自助防災の観点から重要である。

・技術的観点からの評価検証は行ったが、これらのピンポイント情報の集約によって面的状況を共有し、安全な避難方法を提示するアプリの開発と市場展開を各利用者とともに検討してゆく必要がある。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、河川政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

今後、温暖化や気候変動によって2℃上昇した場合の降雨量は1.1倍、河川の流量は1.2倍、洪水の発生頻度は2倍と試算されている。これにより、各地域に災害をもたらすような降雨の発生頻度の増加、激甚化が予測される中、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じて、氾濫をできるだけ防ぐ対策、被害対象を減少させるための対策、及び、被害の軽減・早期復旧・復興のための対策を一体的、かつ、多層的に進める流域治水の考え方が重要視されている。

このためには、氾濫域を含めた面的な浸水状況をリアルタイムに取得し、これを元に現在の状態を即時性高く伝達、利用可能とすることが重要であり、今後も自治体等とのフィールド展開を継続していく方針である。

さらには、これら面的な浸水状況のデータを他の降水量や地理的環境データと融合した高精度な将来予測が、予防的な避難等の判断支援や避難誘導に重要であると考えられる。これに関しては、国土技術政策総合研究所 水害研究室とのリアルタイム浸水予測システムの参照データとしての活用等について意見交換等を進めている。また、マイ・タイムラインに代表される防災行動計画における判断時の情報源としての活用等についても、地方自治体等への地域が一体となった流域治水展開では重要となってくると考えられる。これらを踏まえて、氾濫域を含めた面的な浸水状況のリアルタイム把握、河川管理者、地域住民の活用に繋がる形でデータ利活用のためのプラットフォームを整備運用していくことが重要であると考えられる。