

越前市における水害シミュレーション FloodEye 導入に向けた調査研究 —ネットワーク調査と越前市の水害事例インタビューから—

安彦 智史^{*}・加藤 菜摘子^{**}・廣井 慧^{***}

^{*}仁愛大学人間学部・^{**}越前市役所総務部・^{***}京都大学防災研究所巨大災害研究センター

A Research Study Aimed at Introducing Flood Simulation “FloodEye” in Echizen City, a Local Town in Fukui Prefecture (Japan) :

Focusing on Network Research and Interview-Based Case Studies of Flood Damage in the Local Town

Satoshi ABIKO^{*}, Natsuko KATO^{**} and Kei HIROI^{***}

^{*}Faculty of Human Studies, Jin-ai University・^{**}Echizen city office General Affairs・^{***}Disaster Prevention Research Institute Kyoto University

近年、地球温暖化の影響により、集中豪雨の発生から河川の氾濫が多発している。河川の氾濫による被害は甚大であり、各地で水害の対策が急がれている。しかし、水位観測のコストの高さから多くの地域で水位計の設置が遅れている。福井県越前市も水位計の設置が遅れている地域の1つである。現在越前市では、著者らが研究開発している水位提供システムである「FloodEye」の試験導入を試みている。「FloodEye」とは、シングルボードコンピュータである armadillo の中にプログラムを組み込み、IP カメラを用いて水位を1分間撮影し、画像を圧縮してサーバーに転送されるシステムのことである。このシステムを導入することで災害時に越前市民が効率的に避難することへ繋がると考える。そこで、「FloodEye」の導入に向けて、越前市のネットワーク環境調査と越前市民への情報提供の現状を調査する。

キーワード：災害、Wi-SUN FAN, FloodEye, 水害, シミュレーション

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響により集中豪雨や台風が起こり、河川の氾濫が多発することで洪水被害が深刻化している。2022年8月4日から5日にかけて福井県の短期集中豪雨では、記録的な大雨により10万世帯に避難勧告が出され、南越前町今庄地区では鹿藪川が氾濫し、大きな被害をもたらした。2021年6月末には、西日本から東日本へと停滞した梅雨前線の影響により集中豪雨が起こった。数日間の断続的な雨により、複数の地点で72時間降水量の観測史上1位の値を更新した。また、2020年7月の集中豪雨では、約1か月の総降水量が約2000ミリを記録した地域もあり、多くの地点で24、48時間降水量が観測史上1位の値を

超えた。この集中豪雨により、大川での氾濫が相次ぎ、土砂災害や低地の浸水を引き起こし、人的被害や物的被害が多発した。さらに、2020年9月には台風10号による大雨により、3日間で約600ミリを超える降水量が記録された。また、過去には「平成30年7月豪雨」や「平成29年7月九州北部豪雨」などの集中豪雨により、甚大な被害が発生している。そのため、各地で集中豪雨や洪水への対策が急がれている。

一般的に風水害対策では、ハード対策とソフト対策の2種類を組み合わせられている。災害対策といえば、ダムや水門などのハード対策が中心的であったが、ハード対策のみに頼るだけでなく、ソフト対策であるメディアや自治体が提供する災害に関する情報

を上手く収集し、危険な状況になる前に避難することが重要であるとされている。越前市では、2本の準用河川と100本以上の普通河川の管理が行われている。しかし、複数の河川を管理しているにも関わらず、自記観測が行われている場所は1カ所もない。設置が遅れている原因として、水位観測のコストの高さが挙げられる。越前市で使用されている水位計は約8万円、市内を流れる8つの河川にしか設置されていない。そのため災害時の越前市では、現地に行って水位を目視で確認後に避難すべき地域に指示を出さなければならない。

そこで現在、越前市では災害時の避難において Kei Hiroi ら (2016) が開発した浸水モニタリングシステム「FloodEye」の試験的導入を検討中である。「FloodEye」はシングルボードコンピュータである armadillo の中にプログラムを組み込み、IP カメラと呼ばれるネットワークに繋がる赤外線カメラを用いて水位を1分間撮影し、画像を圧縮してサーバーに転送されるという仕組みのシステムである。このシステムを導入することでサーバーを通じて水害に関する情報を収集する事業者が水位の画像データが届き、担当者は現地に行かずに素早く避難指示を出すことができる。システムを設置後はネットワークを通してデータを市役所へ転送し、行政の業務効率化に繋げるため、低コストでの水位観測のシステムの設置が望まれる。そのため、地形に合ったネットワーク構築が必要になる。さらに今後、「FloodEye」を使って情報提供していくと想定した場合、越前市にはどういった情報提供の場があるのかの現状を知る必要がある。

2. 研究の概要

これらの背景から、越前市の水害対策の遅れを問題点と定義する。そこで、本研究では越前市における水害シミュレーション FloodEye 導入に向けた調査研究を行っていく。具体的には以下の2つを進める。まず、越前市独自のネットワーク環境構築を目指して、Wi-SUN FAN の電波到達実験を行う。加えて、災害時の越前市の行政の動きと越前市民への情報提供の現状、特に外国人への情報提供の現状を知るため、インタビュー調査を行うことで越前市の災害時の避難効率化に繋げる。

3. 電波到達実験

(1) 事前実験

持続的なインフラを構築する上で、耐久性などハードウェア要因の他に、導入した機器のメンテナンスコストや継続的にかかるコストは重要な問題である。そのため、持続的な仕組みに繋げるためにも、低コストでのシステム導入が望ましい。

現在、LPWA (Low Power Wide Area) というなるべく消費電力を抑えて遠距離通信を実現する通信方式が、IoT の構成要素の1つとして注目されている。この LPWA は、「Low Power」という言葉が示すように、一般的な電池で数年から数十年稼働可能である省電力という特徴をもっている。加えて、一部 LPWA の規格は、「陸上無線技術士」の資格が無くても自由に基地局を作り、ネットワークを構築することができる。また、「Wide Area」という言葉が示すように、現在我々の日常生活で使われている Bluetooth, Wi-Fi, LTE (Long Term Evolution) と比べて、稼働通信距離が非常に広い特徴がある。2019年に著者らが LPWA の1つである LoRaWAN を用いた電波到達実験を行った。しかし、越前市での LoRaWAN を用いたネットワーク環境は電波強度が弱く、本来可能とされている LoRaWAN の飛距離には及ばず、低コストでのシステム導入が厳しいという結果に終わった。

そこで、今回は Wi-SUN FAN (Wireless Smart Utility Network for Field Area Network profile) を使用する。Wi-SUN とは、日本の電力会社のスマートメータ通信に採用されたことにより、大きく注目が集まっている無線通信規格である。屈折率の高い 920MHz 帯で使用され、2.4GHz や 5GHz 帯を使用する Wi-Fi と比べると、通信速度は遅いが、通信距離は約 1km、障害物にも強いためつながりやすい。その中でも、Wi-SUN FAN は、「Wi-SUN」の最新規格で、電気・ガス・水道のメータリングのほか、高度道路交通システムなど、スマートシティやスマートグリッドを構築するさまざまなシステムにおいて、IoT 社会を実現する通信ネットワーク技術として期待されている。Wi-SUN FAN は省電力であることに加えて、マルチホップにも対応し、ネットワークに持続費用がかからないことから本研究に使用するには最適といえる。

(2) 本実験の目的

本実験の目的は、Wi-SUN FAN サーバー 1 台でカバーできる越前市のネットワーク環境を知ることである。低コストでの情報提供を目標としているため、低コストで実現可能な画像データ転送方法を見つけ出したい。そこで、2021 年度は LoRaWAN に代わって Wi-SUN FAN を使用して電波到達実験を行う。

(3) 実験方法

実験方法としては、福井県越前市にある村国山の 238m 地点にある電波塔 (3m) に MORIoT の親機を設置し、MORIoT の子機に Wi-SUN FAN の電波を飛ばしてデバイス間の電波到達距離と通信強度の計測を行う。ここで使用する MORIoT とは、Wi-SUN FAN を送受信できる機器のことである。3 秒ごとに図 1 にある MORIoT の親機から電波が送信され、図 2 にある MORIoT の子機が受信できているかどうか Slack に表示される仕組みになっている。送受信が可能であった距離での Slack の画面は図 3 に示す。Slack の画面にて電波強度を確認することができた。電波強度と状態の関係については表 1 の通りである。

計測する際の高さは約 2m とし、徒歩や自転車で越前市内を回り、電波到達範囲を探る。2021 年 10 月 8 日 (金) に徒歩で、同年 10 月 21 日 (木) に自転車で越前市内を回った。両日とも晴天であり、風も少ない状態での計測日であった。

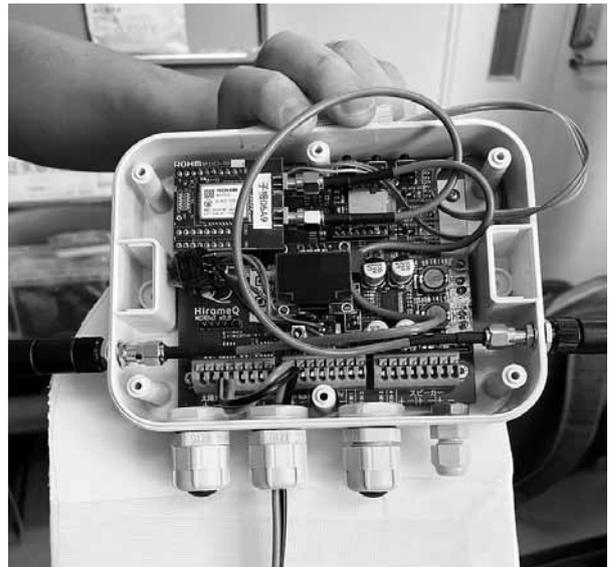


図 2 親機からの電波を受信する子機



図 3 Slack に表示した計測値 (例)



表 1 電波強度

電波強度 (dBm)	状態
-40	強
-60 ~ -80	普通
-90	弱

(4) 電波到達実験結果

村国山の 238m 地点にある MORIoT の親機から MORIoT の子機への電波到達範囲を以下の図 4 に示す。



図4 電波到達範囲 (地図データ ©2022 Google)

図4にあるように最大の電波到達距離地点は約3.3kmであった。しかし、山の真下の近距離でも木で遮られていると電波は届かず、木や住宅等の障害物が無ければ長距離まで電波は届くことが分かった。住宅街でも設置してある親機が見える位置で見晴らしがよければ電波が届いた。つまり、越前市でのWi-SUN FANを用いたネットワーク構築には高さが重要であることが分かり、2回のホップを行うことで村国山から越前市役所までデータの転送が可能であることが分かった。

(5) 考察と今後について

越前市のネットワーク環境でWi-SUN FANの電波は最大約3.3km飛ぶことが判明した。電波到達の条件として、親機と子機の間木や住宅街等の障害物と被らないこと、つまり高さが非常に重要であることが分かった。また、小林ら(2021)のWi-SUN FANを用いた研究では約190mまでしか電波の到達が確認できなかったが、本実験の越前市でのネットワーク環境下では約3.3kmも電波を飛ばすことが証明でき、小林ら(2021)の実験結果とは違った結果に終わった。また、高さが必要であるという観点から、2022年度は県が管理する村国山の頂上にある防災無線の塔(中

継機)への親機の設置を県や越前市役所の防災危機管理課と話し合い、検討中である。

4. インタビュー調査

(1) 調査目的

本調査の目的は、越前市役所の防災危機管理課と都市整備課にインタビュー調査を行い、災害時の業務手順や越前市の市民への情報提供の仕方、業務に関するICT化についての現状を明らかにすることである。調査結果を元に、著者らのシステム改善、改良やICT化できる業務の有無を見つけ出すことで行政の業務効率化へと繋げる。また、市民への情報提供の現状を知ることによって今後の最適な情報提供方法を見つける。特に外国人市民の多い越前市にはどういった場があるのか、どういった情報提供の場がより良いのかを知り、外国人が多い地域における最適な情報提供方法を探る。

(2) 調査課題

調査課題として以下の3つを挙げる。

- ① センサが必要な場所やセンサを設置する基準とは
- ② 災害時に市役所の方はどのように動いているのか
- ③ 災害時にどのようにして市民に情報を提供しているのか

(3) 調査方法

調査方法としては、越前市役所の都市整備課と防災危機管理課にインタビュー形式で調査を行う。

2021年10月14日(木)に越前市総務部防災危機管理課の大谷芳範氏(以下大谷氏と記述)、同課の乗名宏佳氏(以下乗名氏と記述)、また2021年10月20日(水)に越前市建設部都市整備課ダム・河川管理室の竹内真一氏(以下竹内氏と記述)にインタビュー調査を行った。

(4) 調査結果

① センサが必要な場所やセンサを設置する基準とは

内水氾濫が起きやすいと言われている小規模河川や農業用水路の近くにセンサがあると、今以上に被害を減らすことができよいかという大谷氏の意見に対して実際に現場に出ている竹内氏のお話によるとプライバシーの問題から厳しいことが分かった。竹内氏が現段階でセンサが必要であると感じている箇所は吉野瀬川と小松川の合流地点のところである。この地点には著者らが開発した「FloodEye」を設置予定であるが、この地点は5年後に県の方で治水ダムの設置が完了する予定であることも分かった。もちろんダムができたからといって必ず溢れないわけではないため、ハード対策のダムとソフト対策のカメラでの水位観測という両方あると良い。また、センサを置く基準や溢れやすい箇所の詳細については明白ならず、過去の経験上で溢れやすい場所を見定めていると分かった。

② 災害時に市役所の方はどのように動いているのか

まず、水害に関する災害は大雨警報を元に市役所は動いている。越前市では大雨警報が発令されると、職員が庁舎で待機し、大雨を記録していく。最初に動くのは主に防災危機管理課と建設部である。これらは1つの課が指示を出して動くのではなく、災害時に一気に動き出すことが3人のお話から分かった。まず、全体の動きとしては大雨警報が出ると警戒本部というのが立ち上がる。防災危機管理課は市民への情報提供をし、建設部は現地へパトロールに出かける。災害や被害が起きなければそのまま解散の流れとなるが、さ

らに雨がひどくなるということであれば、今後災害対策本部を立てる必要があるかを事前に検討する会議を経て災害対策本部が立ち上がる。この災害対策本部が立ち上がると全部局が動くことになる。

災害対策本部が立ち上がる基準としては、越前市での基準となる川の水位が上昇することである。例えば、基準の川の1つである吉野瀬川では氾濫注意水位を2.4m、避難判断水位を2.7mと決められている。避難判断水位である2.7mを超えると警戒本部から災害対策本部を立ち上げる必要になり、本部が立ち上がると市役所の全ての部署が動き出す。この大雨警報を受けてからの動きは、平日と休日では少し違う。平日の開庁時は館内放送で連絡を行い、関係者部員で情報を共有する会議が開かれる。休日や夜間はメールにて情報の共有を行っている。天気予報やアメダスレーダーを確認し、大雨や台風等の予報が出れば事前に休日に情報を受ける体制をとっておくように指示や連絡を行うことでいつでも災害時に対応できるようにしている。ただ、休日や夜間の災害時はメールという手段を使っているが、実際に情報が届いているのか確認する方法を現在模索中であることが分かった。

ここでは、大雨警報後の防災危機管理課が市民に情報を提供するまでの動きと建設部である都市整備課の動きをそれぞれ下記に記す。

【防災危機管理課の動き】

防災危機管理課では、大雨警報を受けるとすぐに市民に避難指示の発令の判断に入る。大谷氏のお話によると、判断基準となるのは指定されている河川の水位であると分かった。

例えば、越前市での基準となる川の1つである吉野瀬川の水位が2.7mにまで上昇すると基本的には避難指示が発令される。また、災害対策本部も同時に立ち上がり、避難所を開設する体制も取れている。雨の状況によっては、災害対策本部を立ち上げる前に避難所を開設して受け入れ体制をとり、避難指示を待つ場合もある。しかし、例外に基準の水位を超えても避難指示が発令されない場合もある。直近の2021年8月14日(土)の大雨では、吉野瀬川の水位が2.8mを超えたため、避難所が開設された。しかし、吉野瀬川の水位が2.8mを超えたにも関わらず避難指示は出さ

なかった。これは2.8mを超えた時、雨が収まってきたからである。降雨のレーダーであまりひどくならないという見込みが立てられれば避難指示は出さない。一概にこの水位だから避難指示を出すのではなく、あくまでも水位は目安であり、今後の状況がどうなるかまで見越して指示を出すことを大事にしている。

【都市整備課の動き】

都市整備課は大雨警報を受けると通常のマニュアルに従って水害が起きそうな箇所をパトロールし始める。竹内氏のお話によると、過去の災害時に内水氾濫により宅地が低く水に浸かってしまった箇所を水害が起きそうな要注意の箇所として現場をパトロールしているとのことだった。パトロールしていく中で、宅地が水に浸かってしまっている箇所は県に電話やFAXで連絡し、さらに業者と連携してポンプを設置する。ポンプ設置を行うことで内水排除を行うことができる。過去に業者と連携した内水排除が失敗した例はないそうだが、激甚災害が起きればいつもはパトロールしない場所や予想できない場所まで水に浸かってしまうため、建設部だけでなく全庁態勢で動く。

2018年に起きた「平成30年豪雪」のように著しい被害を及ぼし、国が被災者や被災地に対して助成金で援助しなければならないような災害のことを激甚災害というのだが、こういった災害は予測ができない。そのため、通常のパトロールのマニュアルではなく、全庁態勢でパトロールを行うそうだ。全庁態勢で動く際のマニュアルもグループ分けができており、いつどんな災害が起きても万全に対応できる体制ができていたようだった。さらに、災害対策本部が設置された場合、建設部の職員が雨量やアメダス等の情報を収集する。

③災害時にどのようにして市民に情報を提供しているのか

まず、避難情報発令時や高齢者等避難発令時、避難指示発令時、避難場所が開設時に市役所からは越前市民に対して主に防災行政無線や広報車、電話、メールという手段で災害の情報提供を行っていることが明らかになった。

防災行政無線とはそれぞれの地域における防災、応

急救助、災害復旧に関する業務に使用することを主な目的とした無線の通信システムのことである。越前市では村国山の頂上に防災行政無線の中継局が設置されており、中継局から越前市内の43カ所に設置されたスピーカーに音声が行き渡る仕組みになっている。スピーカーに流れる音声から越前市民は情報を得ることができる。また、避難すべき地区では、市役所職員が広報車に乗って避難の呼びかけを行っている。電話での情報提供に関しては、相手が決まっており一斉に電話をかける。電話をかける相手は、町内会長と土砂災害特別警戒区域に住む住民である。町内会長には電話に加えて緊急連絡メールもしている。また、町内会長には高齢者が多い。そのため、防災行政無線のラジオ版みたいなものを設置しているところもある。いずれにせよ、町内会長には2種類の方法で情報が提供される仕組みになっている。町内会長に連絡が入れば、各町内の連絡網に従って情報が伝達されていく。

さらに、市民が災害に関する情報を受け取れるものとして市役所以外からの手段もあることが分かった。例えば、丹南CATVのサービスであるライフラインメールとも連携している。このサービスは会員登録すると災害時の情報が届く仕組みになっているので、登録者のみではあるが災害に関する情報をメールで受け取ることができる。さらに、避難情報発令、避難指示、避難場所の開設情報を県のシステムに流すことで、テレビのテロップで流れ、Yahoo!防災にも流れる仕組みになっている。

では、越前市に住む日本語が苦手、もしくは分からない外国人市民にはどうやって情報を提供しているのか。外国人への情報提供の仕方としては、外国人市民防災リーダーにメールすることが主である。外国人市民防災リーダーとは、災害時や緊急時に外国人市民を避難誘導したり、外国人の中で先頭をきって避難を指示したりする役割を持つ人たちのことである。防災危機管理課が行っている「外国人市民防災リーダー研修会」に参加し、水害や火災、AEDを使用した心肺蘇生法等のいくつかのプログラムを受けることで越前市から「外国人市民防災リーダー」として認定される。栗名氏のお話によると今まで認定された外国人市民防災リーダーは25人おり、災害時には外国人市民防災

リーダー各々の SNS, 特に Facebook で広報してもらっているようだ。外国人市民防災リーダーの家族や知り合い等の近い人には個別で連絡してもらおうが、外国人市民防災リーダーとしての役割は Facebook のみとされている。その他にも外国人の方が緊急時に見ることができる情報として、越前市のホームページがある。ホームページには市が発令する情報である避難情報や避難所開設情報等を翻訳した言語で流している。

(5) 考察と課題

① センサが必要な場所やセンサを設置する基準とは

近年、災害が増加し続ける影響もあってしっかりとした対策が練られており、災害時のマニュアルも作成されていた。竹内氏の現段階でさらにセンサが必要であると考えている場所もダムが設置されるというお話から現段階で他にセンサを設置すべき場所は見つからない。しかし、災害時には実際に現場に足を運ぶというお話から、現場の周辺の様子も知りたいのではないかと感じた。さらに、過去の災害の経験を活かしてセンサの置く場所を決めているようだったが、今後さらにセンサを設置するということになり、センサの数が多数になった場合は本当に必要な情報のみの管理をすることはできるのだろうか。また、センサが故障した場合はどのような対応を取るのか。今回のインタビュー調査からは故障した場合のお話は聞けなかったので今後更に深く調査することで、故障した場合の解決策もさらに見出せるかもしれない。

② 災害時に市役所の方はどのように動いているのか

災害時の市役所内の動きはどんな災害においてもマニュアルによって動いていることが分かり、非常に効率的であると感じた。大谷氏の話にあった休日や夜間時の情報共有の際に相手に本当に連絡が届いているのか確認ができるようになりたいという要望は ICT を活かした仕組みで解決することが可能であると考えられる。

③ 災害時にどのようにして市民に情報を提供しているのか

市民への情報提供に関しては、著者らが思っていた

以上の手段が存在していた。特に町内会長は高齢者が多いという現状から必ず情報が届くように 2 種類の方法で情報を届けており、非常に現状に寄り添った方法だと感じた。しかし、越前市に住む外国人への情報伝達は現状の方法では足りないと感じた。ホームページに載る災害に関する情報もリアルタイムで翻訳されているのだろうか。翻訳に関してはさらに調査する必要があると考える。リアルタイム且つ言語の壁を考慮したシステムとしては、画像や映像に加えて簡単な文言や言葉を分かりやすく表示できるものがあるのではないかと考える。このシステムがもし実現可能となった場合は、同システムを越前市に住む外国人にどうやって認知してもらおうか、いかに多くの人に使用してもらおうか等の広め方についても考えていかなければならない。さらに、越前市に住む外国人への情報提供として、「えっつぶ」や越前市にある国際交流協会と連携した取り組みが、何かできるのではないかと考える。今後はこういった越前市の外国人が関わる団体や機関を調査し、何か連携した取り組みについて考え、実際に声を聞きに行き、実現可能性が高そうな取り組みを実行していく必要がある。

5. 今後の展望

今後の展望として、今年実際に設置した「FloodEye」から得られる画像データは本当に行政の業務効率化に繋がったのかをさらに調査していく必要がある。

また山本ら (2010) は、「行政と住民との水害に対する意識や知識にはかなりの開きがあり、これが地域内での防災活動や情報伝達の阻害要因の一つになっている」と述べている。このように近年では、市民の災害に対する危機感が問題視されている。しかし、災害は市民自身が実際に身をもって体験しなければ危機感を持つのは難しい。ここ数年で日本人は多くの災害を体験し、危機感が高まっている人は増えていると考えられるが、外国から移住してきた外国人の危機感は低いといえる。特に雨がほとんど降らない国や水害が少ない国から日本に移住してきた外国人に災害の恐ろしさや避難の仕方を体験せずに教えるのは至難の業である。しかし、被害を市民自身がシミュレーションすることができれば災害に対する危機感が高まるのではと

著者らは考えた。そこで「ARIA」という著者らのシミュレーターが役に立つと考える。ARIAはシミュレーション・エミュレーション連携基盤を利用して、氾濫解析シミュレーター、避難シミュレーター、通信シミュレーターなどの複数シミュレーションを連携動作させ、被害量を算出するシステムである。降雨や河川水位など実際の観測データを取り入れつつ浸水拡大過程を予測し、浸水により被害を受けた道路や住民の避難行動をリアルタイムでシミュレーションする。さらに、浸水による通信障害をシステム上にエミュレートし、人的被害軽減のための情報提供タイミングやそれに応じた被害量を算出する。被害量が算出されることにより、行政は早い段階で指示を出すことができ、市民は早く避難でき、自然災害も軽減することができる。このシステムを活用させる場としてまずは外国人市民防災リーダー研修会が最適な場であると考えている。この研修会に参加した際、言語の壁を未だに感じている人も参加しているように見受けられた。このシミュレーターを使って視覚的に災害での被害規模が分かれば今以上に災害時に自信を持って外国人市民を避難誘導できるのではないだろうか。この先の研究で外国人市民に実際にシミュレーションの実施を行い、ニーズの確認やさらなる改善点の調査などを行っていければ、より外国人市民に寄り添ったニーズの高いシステムになると考える。

また、越前市にある国際交流協会でも外国人が日本の文化に、日本人が外国人の文化に触れるワークショップの開催を行っている。そういった場でも使えるよう、シミュレーターをもっと簡単なゲーム形式にしてみると災害時の避難について簡単に学ぶことができるのではないかと著者らは考える。さらに、災害時の避難を簡単に学ぶことのできるアプリケーションを作成できればもっと身近に学ぶことができる。例えば、既に越前市の情報アプリケーションとして使用されている「越前市公式LINE」のコンテンツに入れられたら生活に関する情報も合わせて確認することができ、今以上に便利になると考える。その他にも、外国人が災害時の避難に関することについて学んでいる機会や学ぶ場について調査していく必要がある。

6. おわりに

近年、集中豪雨による洪水被害は年々深刻化しており、市町村が管理する河川への対策を国や多くの企業はICTを活かした仕組みで解決しようとしている。しかし、氾濫時における水没や土石流、電力問題など、それぞれの地域の特性や事情によりICT機器を実導入するには多くの課題がある。そこで本研究では、実際のニーズに合ったシステム構築と災害時の越前市民の避難効率化を目指して電波到達実験と行政にインタビュー調査を行ってきた。電波到達実験では、Wi-SUN FAN 1台のサーバーで最大約3.3kmの地点まで通信可能であることが分かった。木や住宅等の電波を遮る障害物がなければ遠くの地点まで通信可能であることが分かったため、今後は県や越前市と相談し、越前市の村国山の頂上に設置してある防災行政無線の塔に親機を設置し、実験を行う予定である。また、インタビュー調査では、災害時の行政側の動きや市民への情報提供の仕方についてのお話をお聞きすることができた。現時点での課題としては、センサが増えた場合の管理の仕方やセンサが故障した場合の対応、業務の更なるICT化、外国人への情報提供等が挙げられた。これらは今後の課題とし、2022年度からの研究にて解決策を見出していく必要がある。

最後に、今後の最終目標は越前市民が災害時に避難する必要性について自分事化でき、避難できることである。今後は、本研究によって明らかになった課題やシステムの実用化に向けた課題の解決に向け、これから行われる実証実験に取り組んでいきたい。その際には社会のニーズに本当に合っているか確認、調査することを重視し、実験を繰り返していくことにより社会で本当に使えるシステムを構築していきたいと考えている。

謝辞

本研究を作成するにあたり、越前市役所総務部防災危機管理課大谷芳範氏、同課栗名宏佳氏、建設部都市整備課ダム・河川対策室竹内真一氏には、越前市の水害時の対策や業務手順について教えていただきました。ここで、謹んで感謝の意を示します。本論文の研究を進めるにあたり、多くの関係者の皆様のご協力を

頂きました。深く感謝いたします。また、本研究は、仁愛大学共同研究費とJSPS 科研費 19K14160, FAA 学ぶなら福井！応援事業, IO データ財団の助成を活用しています。

参考文献

Kei Hiroi, Nobuo Kawaguchi : FloodEye: Real-time flash flood prediction system for urban complex water flow, In Proceedings of IEEE SENSORS 2016 Conference(SENSORS2016), Nov.2016

総務省, 「LPWAに関する無線システムの動向について」, (取得日 2021年9月24日, https://www.soumu.go.jp/main_content/000543715.pdf)

総務省, 「平成29年度版 情報通信白書」, (取得日 2021年9月24日, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc133220.html>)

ローム株式会社, 「国際無線通信規格Wi-SUN FANとは」, (取得日 2021年9月24日, https://www.rohm.co.jp/news-detail?news-title=2021-01-26_news_wi-sun-fan&defaultGroupId=false)

小林秀幸・横田憲史・権根相, 2021, 「Wi-Sun FANを用いた水位データ計測の一検討」, 『2021年電子情報通信学会総合大会』, 77, D-9-7

山本幸・山田文彦・柿本竜治・田中健路・藤見俊夫, 2010, 「地域の防災ニーズを考慮した水害リスクマネジメント支援システムの提案と有効性の検証」, 『土木計画学研究・論文集』 Vol.27, No1, 81-90

廣井慧・井上朋哉・明石邦夫・廣中颯・菅野洋信・湯村翼・宮地利幸・篠田陽一, 2020, 「ARIA: シミュレーション・エミュレーション連携基盤を利用したインタラクティブな都市型水害の被害予測システム」, 『情報処理学会論文誌』 Vol.10, No.2, 11-25

