

# 水害発生時における災害情報の到達率向上を目的とした 情報共通インタフェースの提案

廣井 慧<sup>1,a)</sup> 妙中 雄三<sup>2</sup> 砂原 秀樹<sup>1</sup>

**概要:** 短時間強雨や台風による洪水等、水害の発生時には河川管理者、自治体等の防災組織から観測値や警報のような災害に関わる情報（災害情報）が提供される。水害による被害を軽減するためにはこれらの災害情報を対象者に迅速に伝達することが必要となる。しかし現状防災組織では情報提供を行っているにもかかわらず、情報の受信は困難となっている。その理由として受信機器側の状況が挙げられる。PC、携帯電話、テレビ等様々な受信機器で災害情報を受信できるようになったことにより情報提供側である防災機関でもそれぞれの受信機器に合わせた情報提供が必要となる。しかし現状、迅速に複数の受信機器に向けて情報の提供を行える状況ではなく、情報提供時に遅延や漏れが生じる。そのため本研究では、災害情報の情報共通インタフェースを構築し、それぞれの防災情報システムで扱う情報の互換性を高めることで、システム間の情報流通を可能にする。これにより各防災機関に既設の情報システムを活用して、災害情報を同報配信することが可能となる。本稿では災害時に使用される受信機器を選定し、受信機器に合わせた情報形式の検討を行う。情報共通インタフェースにより様々な受信機器へ適する形式への変換を可能としたことで様々な受信機器への遅延ない情報提供を実現する。

**キーワード:** 風水害, 災害情報, 通信インタフェース

## A Proposal of Communication Interface for Improvement of Reachability in Flood Disaster Situations

**Abstract:** This research implements and evaluates communication interface for the purpose of rapid distribution of information in flood disaster situations. In flood situations, real-time information is important for people in affected areas to reduce damage. However there are some problems which prevent effective use of disaster information such as sensor data in disaster management networks. We focus on incompatibilities of channel's and tools of distribution and communication in flood situations. Although local governments deliver disaster information through the networks, people cannot receive the information. Because the channel's distribution does not work or local governments are sometimes in a situation where they cannot use their various communication tools. This problem leads to difficulty in distributing information rapidly to local residents who need immediate attentions in case of an emergency evacuation. Our proposed interface cooperate with disaster information systems which agencies currently use. In this paper, we shows proper channel's and tools of distribution and communication from surveys of heavy rains and flash floods. Compared to the time course of disaster, we confirmed the possibility that proposed interface enables residents to distribute disaster information in a timely manner.

**Keywords:** Flood Disaster, Disaster Information, Communication Interface

### 1. はじめに

災害情報は気象変化や災害の状況、危険を知るために欠かせない情報である。災害情報として短時間強雨や台風等の観測値や危険度合いを示すための警報、被災する地域で避難の必要があるかを示す避難情報が挙げられる。現在、これらの災害情報は気象庁、河川管理者、自治体等の防災機関が作成し、公共放送網やインターネット網を通じて

<sup>1</sup> 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

<sup>2</sup> 東京大学情報基盤センター

<sup>a)</sup> k.hiroi@kmd.keio.ac.jp

人々へ提供される。

観測値や警報等の情報を災害対応で役立てるためには、被害が拡大する前に身の安全を図るための行動をとることが必要となる。人々が水害の被害が大きい地域がどこであるか、いつ危険となるかを知れば、危険となる場所から事前に退避することができる。つまり迅速に災害情報を提供することで水害による被害の軽減が期待できる。

しかし現状、災害情報を生成、提供する防災組織では情報提供を目指しているにもかかわらず、情報を受け取る人々が迅速に情報を受信することが困難となっている。本研究ではその要因を分析し、多くの人々が災害情報を受信できる環境の構築を目的として情報共通インタフェースを提案する。情報共通インタフェースによって災害情報の到達率を向上させ、水害発生時の被害軽減を目指す。

## 2. 災害情報提供の現状

### 2.1 過去の災害事例からの災害情報提供の検証

通常、観測値、警報、避難情報等の災害情報は公共放送網、インターネット網を通じて提供される。利用者となる一般の人々はこれらの情報を、テレビ・ラジオ、防災行政無線、PC、携帯電話等の様々な受信機器を介して入手する。被災する可能性がある地域の人々はこれらの災害情報をもとにして、発生する被災状況や危険度合いを予想して自発的な防災対応を行うことができると期待されている。しかし、災害情報の提供が行われているものの、水害による死者・行方不明者は毎年、一定数発生し続けている [1]。その理由として提供された災害情報を被災地域にいる人々にとって災害情報の入手が難しいことが挙げられる。そのために、災害情報をもとにした防災対応を行うことができず被害の軽減に繋がっていない。

被災地域の人々が災害情報を入手するために災害情報の到達率を上げるには、どのような情報提供が必要であるか分析を行った。分析は過去に発生した水害の事例をもとに、各防災機関が実際に災害情報提供を行った時間、被災地域の人々が被災した時間を検証した。過去の災害事例として、平成 20 年 8 月末豪雨、平成 21 年台風 9 号における 8 月 8 日から 11 日にかけての大雨について気象・河川状況と自治体の対応、被害発生時の災害時系列を図 1、図 2 に示す。

はじめに、図 1 では 11:33、0:06 に大雨警報、2:10 に避難勧告の発表が行われた。このとき、実際に雨量が最大になった時刻は 2 時台だった。災害情報の提供が行われた時刻は、雨量が最大となった時間の 2 時間以上前、もしくは同時刻と考えられる。図 2 では 14:15 に大雨警報、洪水警報、21:20 に避難勧告が発表された。このとき、雨量が最大になった時刻は 21 時台だった。災害情報の提供が行われた時刻は、雨量が最大となった時間の 7 時間程度前、もしくは同時刻または最大となった時刻の後であったと考えら

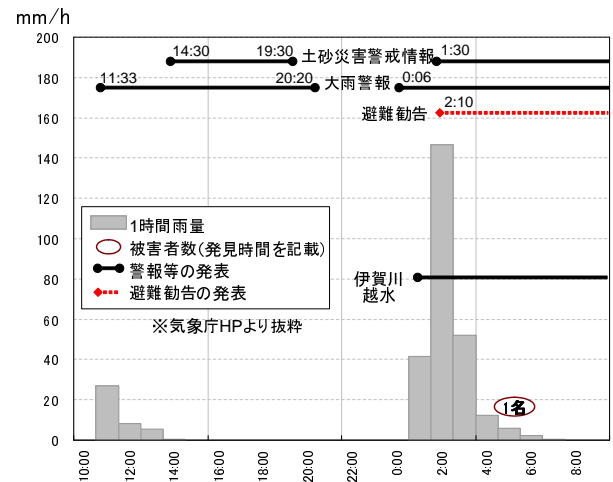


図 1 平成 20 年 8 月末豪雨 (愛知県岡崎市) の災害時系列

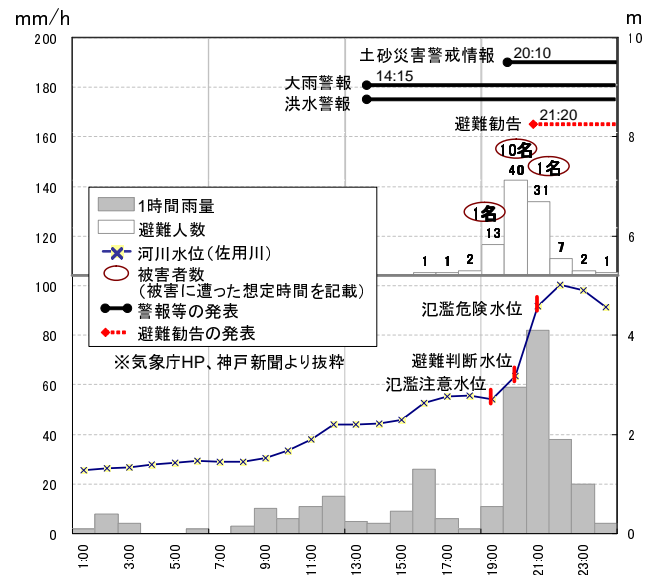


図 2 平成 21 年台風第 9 号による 8 月 8 日から 11 日にかけての大雨 (兵庫県佐用町) の災害時系列

れる。情報提供の時刻と雨量が最大となった時刻を比較すると、両者にはずれがあったことがわかる。つまり提供された情報から雨量がピークとなる時刻を判断することは難しい。

次に、図 1、図 2 で提供された情報をみると、雨量、河川水位のような観測値、大雨警報洪水警報、土砂災害警戒情報のような警報、避難勧告のような避難情報が提供されていた。観測値は設置されている観測地点の情報であり、警報は各都道府県ごとに発表される。提供された情報と情報を受信した地点で発生している被災状況が一致しているとは限らず、提供された情報から被災状況を判断することは難しいと考えられる。

### 2.2 災害情報提供に関する問題

2.1 節より、被災地域の人々が遅延、漏れなく災害情報を

入手することが難しい理由として次の問題点が考えられる。

### 2.2.1 問題点 (1) 災害情報の提供タイミング

一般に災害情報は、気象庁、河川管理者、自治体等の複数の組織で生成されている。これらの複数の防災機関で気象状況や被災状況を把握し、状況に合った適切な災害情報を生成する。迅速に情報提供を行うためには、これら複数の組織で情報を共有し、状況に即した災害情報を生成し、提供を行うことが重要となる。

しかし、水害が発生するような切迫した状況で迅速な情報提供を行うことは容易ではない。これらの組織はそれぞれ独自の観測網や情報システムを保有している。それぞれの防災機関が持っている情報の情報形式は異なっており、互いに連携が行われていない。そのため得られる情報を共有することが難しく、災害情報を生成するまでの処理に多くの時間を必要とする。このような情報形式の差が、迅速な情報提供を阻害する要因となっている [2]。

複数の防災機関で円滑に情報を共有する取り組みのひとつに、防災情報の共通フォーマットが挙げられる。複数の防災組織で共通の情報形式で災害情報を扱うことによって、災害情報の生成にかかる時間を短縮し、災害情報提供の迅速性を高めると期待される。この共通フォーマットによって災害情報を統一することで、防災機関が扱う観測網や情報システムで処理することが可能となる。

しかし、こうした共通フォーマットは防災機関で災害情報を迅速に共有することを目的としているため、実際に被災地域にいる人々に対して円滑な情報提供を行うことは難しい。近年では、PC、携帯電話、スマートフォン等、数多くの受信機器で災害情報を受信することができるようになった。災害情報を入力する受信機器は、年齢や状況によって様々である。それに伴い、災害情報を提供する防災機関も複数種類の受信機器に向けて災害情報の提供を行う必要に迫られている。共通フォーマットによって、防災機関同士が災害情報を共有化できるようになりつつあるが、こうした共通フォーマットは複数種類の情報提供に対応していない。このような情報受信側の変化に対応ができず、気象や水害の状況に応じた情報提供を行うことが難しい状況となっている。そのため、現在の災害情報提供では雨量が最大となる時刻に合わせた情報提供のような情報提供タイミングの制御を行うことが難しい。

### 2.2.2 問題点 (2) 実際の被災状況と異なる地点の情報提供

豪雨が発生した地域の人々が水害の危険を回避するためには観測値から実際の気象現象を把握し、被災状況やそれに伴う危険度合いを知ることが求められる。しかし、現在提供されている災害情報からその地点で発生している水害の程度を把握することは難しい。

水害による被災状況は場所により大きく異なる。土地の高低差や浸水のしやすい地形等の要素が被災状況に影響す

る。しかし、提供された災害情報は各都道府県につき数種類の情報である。観測値は設置されている観測地点の情報であり、各都道府県につき数地点となる。警報、避難情報は各都道府県を数個の地域に分割し、それぞれの地域について生成されるため数種類となる。場所によって大きく異なる被災状況を数個の情報で反映させることは難しいため、提供された情報が情報を受け取った人々のいる場所の被災状況と異なっている可能性が高い。

一方で気象現象を示す情報を生成、提供するための取り組みとして、ウェザーニューズによる被災状況の共有サービスがある [3]。ユーザ同士で地上で発生している気象現象を「雨が降ってきた」、「激しい雨が降っている」といった表現で記録し共有するものでユーザの数に比例した量の実際の被災状況を収集、共有することができる。しかし、収集、共有する情報の内容やタイミングがユーザの主観に依存しており正確性の保証や即時性のある情報の判断が難しい。従って、現状は被災地域の人々が入手できる実際の被災状況に合った情報が存在しておらず、被災状況、危険度合いを知ることは難しいといえる。

## 2.3 情報共通インタフェースに必要な要件

災害情報をもとに水害による被害を軽減するためには、被災地域の人々の状況に合わせた災害情報を迅速に提供することが必要である。問題点と関連研究から提供される情報の要件を以下のように設定した。

- (a) 災害情報の提供タイミングを制御すること
  - (b) 被災地域の人々の状況に応じた情報提供を行うこと
- (a) では、災害情報を様々な受信機器に対し同報する環境を構築する。同報を行うことで災害情報の生成から提供までにかかる時間を短縮し、意図したタイミングでの情報提供を実現する事で問題点 (1) の解決を図る。次に、(b) では特定の地点だけに限られていた既存の情報を面的な情報に変換する。被災地域の人々の状況に応じた災害情報を生成し、提供することで問題点 (2) の解決が期待できる。

## 3. 情報共通インタフェースの提案

### 3.1 情報共通インタフェースの概要

2.2 節で述べた問題を解決し被災地域への災害情報の到達率向上を実現するための情報共通インタフェースについて様々な受信機器への同報、提供、伝搬する手段の順に述べる。初めに実際の水害発生時に被災地域の人々が使用している受信機器の調査結果をもとに対象とする受信機器の選定を行う。次に、これらの選定した受信機器に対して到達率を向上させるために同報機能の構築を行う。同報機能によって情報提供の迅速性を高め、被災状況に見合ったタイミングでの情報提供が可能となる。災害情報は、位置情報に基づいて被災状況に応じた提供を行う。さらに災害情報を入力した人々から周辺に伝搬することで到達率を向上

させることができると考えられる。

本稿では、情報共通インターフェースを試作し、過去の水害事例における検証を行う。情報共通インターフェースで流通させる情報は、気象センサネットワーク、気象レーダネットワーク、河川監視ネットワークから災害情報を生成するシステムから情報の生成を行った [4]、[5]。被災状況に応じた情報生成については、ここでは省略する。

### 3.2 災害情報の受信機器

既往研究をもとに水害発生時に災害情報を入手するための受信機器を検討した [2]。使用した既往研究の調査概要は、前述した平成 20 年 8 月末豪雨、平成 21 年台風 9 号における 8 月 8 日から 11 日にかけての大雨で被害が発生した愛知県名古屋市、兵庫県佐用町の人々に対して実施した質問紙調査である。水害を経験した被災地の人々に各受信機器が災害情報の入手に適しているか調査した結果を表 1 に示す。

表 1 各受信機器が災害情報の入手に適しているか (名古屋市 N=1,600, 佐用町 N=613, 複数回答)

媒体	名古屋市 (%)	佐用町 (%)
テレビ・ラジオ	61.3	14.0
固定電話	18.3	-
インターネット・携帯電話	73.2	2.6
防災行政無線	16.3	15.2
自治会による情報伝達・声かけ	85.8	13.1

表 1 から名古屋市では声かけ、テレビ・ラジオ、インターネット・携帯電話が回答者数の多い受信機器となり、佐用町では、テレビ・ラジオ、声かけが回答者数の多い受信機器となった。調査結果から本研究で扱う受信機器の選定と情報共通インターフェースの検討を行った。本研究では、テレビ・ラジオ、携帯電話、PC/PDA、防災行政無線、音声による伝達を使用して災害情報の提供を行う。テレビ・ラジオは被災地域にいる人々が情報源として使用することが多く、災害情報の到達率できる可能性が高いため、受信機器として選定した。インターネットを介して災害情報を得るための PC/PDA、携帯電話も同様の理由で情報提供先として使用する。さらに調査結果から水害発生時には、声かけ等の音声による伝達も適していると考えられていることがわかった。そのため本研究では音声による伝達も有効に活用するよう情報提供手段として選定をした。

### 3.3 様々な受信機器への同報

選定した受信機器に対して災害情報の同報を行う。複数の受信機器に対して同時に情報提供が可能にすることで、災害情報の到達率を向上させると期待できる。これまでの災害情報は生成してから提供を行うまでに時間がかかり、被災地域の人々にとって情報を入手するまでの遅延や漏れ

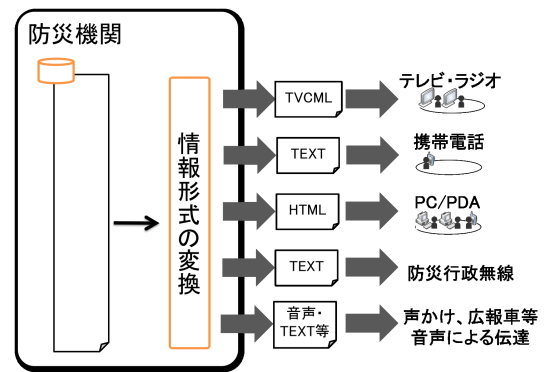


図 3 情報共通インターフェースの同報機能

となっていた。それは災害情報を扱う観測網や情報システムの情報形式に差があるため、情報提供には人的な作業が必要であることによる。本研究では、迅速な情報提供を阻害するこのような情報形式を統一し、複数の受信機器へ同時に情報を提供するための機能を提案する情報共通インターフェースに持たせる。

複数の受信機器への同報は、提供したい災害情報をそれぞれの受信機器の情報形式に変換することで行う。これらの変換を行うことによって同時に複数の受信機器に情報を提供することが可能になる。受信機器と情報提供先の情報形式を表 2 に示す。選定した受信機器に提供するために変換する情報形式を、TVCML、XML、TEXT、HTML とした。

表 2 選定した受信機器と情報形式

受信機器	情報形式
テレビ・ラジオ	TVCML、XML
携帯電話	TEXT
PC/PDA	HTML
デジタル防災行政無線	TEXT
音声による伝達 (声かけ、広報車等)	音声、TEXT 等

情報共通インターフェースの同報機能の詳細を図 3 に示す。同報は防災組織等が提供したい情報をそれぞれの受信機器の情報形式に変換することによって実現する。現在、災害情報を共通的に扱うために様々な共通フォーマットが存在する。代表的なものとして、Common Alerting Protocol、気象庁防災情報 XML、公共情報コモンズフォーマットが挙げられる [6]、[7]、[8]。本研究では、これらの共通フォーマットから受信機器へ見合った情報形式に変換することによって、現状流通している災害情報を様々な受信機器へ提供可能とする。

また、同報を実現することによって災害情報を提供するまでにかかる時間の短縮が見込める。従来まで情報の生成から提供までには多大な時間を要していた。同報によって迅速な情報提供を実現することで、被災状況の変化に応じて災害情報の提供タイミングを制御することが可能になる。

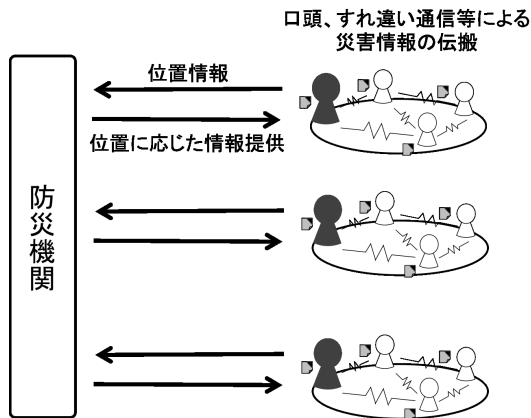


図 4 位置に応じた情報提供と伝搬

### 3.4 位置に応じた情報提供と伝搬

本研究では、被災地域の人々の位置情報に応じた災害情報の提供を行う。位置に応じた災害情報の生成については、既往研究の手法を用いる [4]、[5]。被災地域にいる人々の位置情報をもとに災害情報を生成し、対象者へ提供する。これまでの、都道府県や市町村ごとに一律の災害情報が提供されていた。本研究では、位置情報をもとに生成した災害情報を提供することによって被災状況に応じた情報提供を可能にする。

さらに、災害情報を受信した後、周辺の人々への伝搬を想定している。3.2 節の調査で、声かけ等の周辺の人々への情報提供が水害発生時には有効であることがわかった。本研究では、受信機器から情報を入手した人々が周辺の人々へ声かけ等の口頭伝搬やすれ違い通信等の情報通信機器を用いた伝搬を活用する [9]、[10]。口頭伝搬やすれ違い通信が可能な範囲では、水害による被災状況は同等と考えられるため、位置情報に基づいた災害情報が有効となる。この周辺への伝搬によって、従来よりも災害情報の到達率を向上させることができると考えられる。

## 4. 選定した受信機器への情報提供の比較

### 4.1 情報提供の比較の概要

本研究で提案する情報共通インタフェースを試作し、実際の災害時系列において情報提供にかかった時間を比較するシミュレーションを行った。時間の比較によって、本研究で提案する情報共通インタフェースが有効であるか検証する。シミュレーションにあたっては、過去の災害時系列から水害発生時の調査結果を用いて、2つの水害事例における避難情報の発表を想定した [2]。

比較に用いた情報は報道時間、観測情報(河川水位)とした。河川に定められている基準値を超える前に、情報提供が行えるか検証を行った。河川が氾濫し、河川洪水が起きる前に情報が提供できれば、災害時であっても比較的避難が行いやすいと考えられる。そのため、河川水位はそれぞれの観測地点ごとに定められた値を超えるかを比較の基準

とした。

### 4.2 情報提供の比較結果

調査結果から、災害情報の提供を決定してから実際の提供までにかかる時間はひとつの受信機器につき最短7分である。この内訳は、提供する情報の作成にかかる各2-10分、報道機関への情報提供に5分以上、その他の受信機器への情報提供に5-30分となっている。情報を提供する受信機器の数が増えるほど、情報の作成と情報提供の時間が必要となる。例えば、表2で選定した5種類の受信機器に情報提供を行うと最短35分かかる。

試作した情報共通インタフェースで5種類の受信機器に対して情報の作成、情報提供にかかった通信時間は、1分以下であった。ただし、テレビ・ラジオ、防災行政無線への情報提供は、該当の情報形式への変換にかかった時間を用いた。本シミュレーションでは、避難情報を提供することを想定しているため、ここに避難情報の発表判断にかかる時間として20分を加え、合計21分で情報提供が行えるものとした。

#### 4.2.1 報道時間との比較「平成20年8月末豪雨」

「平成20年8月末豪雨」時には避難勧告の発表基準を満たしていなかったが、岡崎市は避難情報の発表を行った。避難勧告発表時の判断は以下の要因により行われている [11]。

- 市で規定した避難情報の基準に達していなかった
- 異常な降水量が観測された
- 大河川の水位に異常がないなかで、複数の中小河川の氾濫、内水氾濫が同時多発的に発生した
- 市全域に土砂災害危険度情報が発表された
- 1時頃から全市域からの被害情報が殺到した

以上の条件を満たす1:30を避難情報の発表判断時間と仮定した。

シミュレーションの結果、1:51に避難情報の提供が完了することが想定される。実際の災害時、2:40頃から各報道機関が報道を開始している。報道機関への情報伝達を行えば、実際の災害時より49分早く避難情報の放送が行えると考えられる。

#### 4.2.2 河川の水位との比較「平成21年台風9号による大雨」

佐用川の水位が避難判断水位となった19:58を観測情報の生成時間と仮定した [12]。シミュレーションの結果、20:29に避難情報の提供が完了することが想定できる。実際の災害時には、20:40に佐用川の水位が氾濫危険水位に達している。氾濫危険水位となる11分前に情報を提供できると考えられる。

### 4.3 情報提供の考察

シミュレーションでは情報共通インタフェースを使用し

て情報提供を行ったときの時間を算出し、過去の水害時系列と比較した。シミュレーションの結果、実際の報道時間、河川が氾濫危険水位に達する時間より早く情報伝達を行える可能性が確認できた。つまり、情報共通インタフェースを用いることで、実際より早期に情報提供を行える可能性がある。これまで、一回の情報提供においても遅延、漏れがあったため、情報提供自体が困難であった。しかし情報共通インタフェースで遅延、漏れをなくすことにより、水害に関する災害情報の到達率を向上できると期待できる。

また、情報提供は情報提供を決定した直後に実施できることがわかった。被災状況の変化にあったタイミングでの情報提供が行えると可能性がある。このことにより、降雨が最大となる時刻の情報提供等、具体的な被災状況を被災する地域の人々へ提供することが期待できる。

## 5. まとめと今後の課題

水害の際に河川管理者、自治体等の防災組織から提供される災害情報は、被害の軽減に役立つと期待される。これらの災害情報を対象者に迅速に伝達することが必要となるが、現状、防災組織では情報提供を行っているにもかかわらず、遅延、漏れが発生し情報の受信は困難となっている。その理由として(1) 災害情報の提供タイミングと実際の被災状況にずれがあること、(2) 実際の被災状況と異なる地点の情報提供が行われているという問題に着目した。この2つの問題によって、迅速に複数の受信機器に向けて情報の提供を行うことが難しく、遅延や漏れが生じる。そのため本研究では、災害情報の情報共通インタフェースを構築し、それぞれの防災情報システムで扱う情報の互換性を高めることで、システム間の情報流通を可能にする。これにより各防災機関に既設の情報システムを活用して、災害情報を同報配信することが可能となる。本稿では災害時に使用される受信機器を選定し、受信機器に合わせた情報形式の検討を行った。情報共通インタフェースにより様々な受信機器へ適する形式への変換を可能としたことで様々な受信機器への遅延ない情報提供を実現する。これにより水害発生時のような状況でも、到達率の高い情報提供が期待できる。さらに、提供した災害情報を入手した人々が情報を伝搬することで、被災地域にいる多くの人々が災害情報を入手することが可能となる。提案する情報共通インタフェースを試作し過去に発生した実際の水害の時系列と比較したところ、実際より早期に情報提供を行える可能性が確認できた。情報提供は情報を生成した直後に実施できたため、本研究の情報共通インタフェースによって被災状況の変化にあったタイミングでの情報提供が行えると期待できる。今後は、被災地域にいる人々の位置情報をもとに被災状況にあった情報提供を検討し、情報共通インタフェースを構築する必要がある。さらに構築した情報共通インタフェースを用いて、実際の水害発生時の情報提供について

評価を行う。

## 参考文献

- [1] 内閣府防災担当, "平成 24 年防災白書," 内閣府, <http://www.bousai.go.jp/hakusho/h24/index.htm>, Jan.2013
- [2] 廣井慧, 山内正人, 何暢, 新堀賢志, 松尾一郎, 砂原秀樹, "インターネット基盤を用いた防災情報システムの提案," 電子情報通信学会技術研究報告インターネットアーキテクチャ, "109(438), pp.129-134, 2010
- [3] ウェザーニューズ, "ゲリラ雷雨メール," <http://weathernews.jp/>, ウェザーニューズ, Jan.2013
- [4] 廣井慧, 横山仁, 中谷剛, 瀬戸芳一, 安藤晴夫, 三隅良平, 妙中雄三, 中山雅哉, 砂原秀樹, "短時間強雨等の局地的極端現象に対する高校生の防災意識向上に向けた気象センサネットワークの活用," 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol.3, No.1, pp.10-20, Mar.2013
- [5] 廣井慧, 妙中雄三, 松井加奈絵, 横山仁, 砂原秀樹, "河川洪水の危険指標生成モデルの提案," 電子情報通信学会技術研究報告インターネットアーキテクチャ, Mar.2013
- [6] Federal Emergency Management Agency, "Common Alerting Protocol," <http://www.fema.gov/emergency-alert-system-participants>, "2013
- [7] 気象庁, "気象庁防災情報 XML フォーマット 情報提供ページ," <http://xml.kishou.go.jp/>, "2013
- [8] 一般財団法人マルチメディア振興センター, "公共情報コモンズ," <http://www.fmmc.or.jp/commons/>, "2013
- [9] 妙中雄三, 松井加奈絵, 山形与志樹, "都市のレジリエンス向上を目指したすれ違い通信基盤(SABA)の試作・動作実験," 情報処理学会研究報告インターネットと運用技術(IOT), "2013
- [10] 松井加奈絵, 妙中雄三, 山形与志樹, 砂原秀樹, "都市のレジリエンス向上のためのすれ違い通信型情報伝搬の分析手法の一考察," 情報処理学会研究報告インターネットと運用技術(IOT), "2013
- [11] 内閣府防災担当, "大雨災害における市町村の主な取組事例集," 内閣府, <http://www.bousai.go.jp/3oukyutaisaku/kentoukai/4/shiryuu9.pdf>, Mar.2010
- [12] 佐用町台風第9号災害検証委員会, "佐用町台風9号災害検証報告書," [http://www.town.sayo.lg.jp/kakuka/saigai\\_fukkotaisaku/kensyouiinkai/kensyuhoukokusyo.pdf](http://www.town.sayo.lg.jp/kakuka/saigai_fukkotaisaku/kensyouiinkai/kensyuhoukokusyo.pdf), Jul.2010