防災・減災を支える 情報通信技術の課題と展望

畑山満則 Michinori Hatayama 京都大学防災研究所

1 はじめに

自然災害が発生した際に、最初にするべきことは、被災が激しい場所（激甚被災地）と、災害の影響のない場所（被災地外）を「つなぐ」ことである。「つなぐ」とは、人・もの・情報の流れを作ることであり、その目的は、情報を共有すること（情報共有）、被災地内で枯渇する人やものを適切に配分すること（資源再配分）、被災地外から必要な人やものを運び入れること（救援）である。情報共有が行われた上で、資源再配分を行い、その結果を見て必要に応じて救援活動を行うことが、最も効率的であるが、災害規模が大きくなるほど、資源再配分や救援に必要な情報を迅速に共有することは難しくなる。このため、十分な情報がなくても資源を再配分したり、物資を運び込んだりする計画が立てられ、実行されているのが現状であるが、災害後に振り返ってみると、情報共有の重要性を浮き立たせる結果となっている場合が多い。本稿では、災害時の通信に焦点を当て、現状での課題と今後の展望について考察することとする。

2 通信と災害対応

通信は、情報を「つなぐ」手段として、災害対応の初期には最重要視されるものの一つである。田原によると⁽¹⁾ 1923年に発生した関東大震災では、被災地域内の郵便局・電信局・電話局のほとんどが焼失、倒壊し、通信機関としての機能はことごとく壊滅した。救援・保安の要請のため被災地外部との連絡は、横浜港内外の船舶からの無線通信に始まり、電話が回復するまで無線通信が用いられた。ただ、無線通信は、当時、電力が弱く、電波が混信した状況下では情報の受信は可能であっても送信には電力が不足であったために、震災直後に十分な機能を発揮することができなかったことも指摘されており、その後の無線通信施設の一層の拡充につながってい

る。1959年に発生した伊勢湾台風を契機として1961年に災害対策基本法が制定され、最上位の計画である防災基本計画に、防災上必要な通信の状況に関する資料が求められることになった。これにより、災害時の通信への意識は向上した。

3 防災行政無線システム

3.1 全体概要

災害時での利用を第一義的な目的とした防災行政無線システムは、2.のような状況の下で整備が行われている⁽²⁾。まず、1964年に発生した新潟地震、1968年に発生した十勝地震を契機に消防庁と都道府県を結ぶ「消防防災無線」、都道府県と市町村を結ぶ「都道府県防災行政無線」が整備された。更に、1978年から、同報系の広域無線、移動系の地方行政無線を一本化し「市町村防災行政無線（同報系・移動系）」としての整備が開始され、国、都道府県、市町村を結ぶネットワークが確立された。更に整備が進み、中央防災無線、消防防災無線、都道府県防災行政無線、地域衛星通信ネットワーク、市町村防災行政無線、消防・救急無線、防災相互通信無線から構成される現在の防災通信網が形成されることとなった（図1）⁽³⁾。

この構成から、防災行政無線は、国、自治体、専門機関の情報共有、各種センサからの情報収集、地域住民への情報伝達の三つの目的を持つことが分かる。情報共有に関しては、関東大震災など多くの巨大災害の教訓から積み上げてきた知見があり、災害時に「確実につながる」ことを明確な目標としている。筆者の行った行政機関へのヒアリングでも、民間の通信がほとんど使えなかった東日本大震災（2011年）や熊本地震（2016年）であった災害直後から防災行政無線だけが生きており、行政間の情報共有に活用された事例が多くあった。また、各種センサからの情報収集についても、近年の豪雨災害の対

図1 防災行政無線システムの構成
(総務省 電波利用ホームページから転載)

策で、積極的に活用し効果を挙げている事例を多く耳にしている。しかしながら、情報伝達については、災害時に利用しなかった、できなかった事例が多く、情報共有、情報収集に比べて課題が多く残っている。被害を最小限に抑え、二次災害の発生を防ぐためには、被災地域で暮らす人々への迅速な情報の伝達は必須であるため、本稿では、この部分に、焦点を当てて考察を進めていく。

3.2 市町村防災行政無線

地域住民に対して直接情報伝達を行うことを目的の一つとして設置された市町村防災行政無線が、情報伝達機能を果たすこととなる。この通信網は、災害対策本部となる市町村役場庁舎に設置された統制局（親局）を中心に、市町村内の子局を結ぶ固定通信系（同報系）、車載形・可搬形・携帯形無線機との移動通信が可能な移動系、気象観測データを送信するテレメータ系により構成されている（図2）⁽³⁾。2001年度からデジタル方式の導入が許可され、多チャンネルでより高機能・高性能の通信が実現されている。2016年3月31日現在で、同報系78.3%（うちデジタル45.3%）、移動系75.1%（うちデジタル19.7%）で全体では91.4%（うちデ

ジタルは53.6%）という高い整備率となっており⁽⁴⁾、災害時の通信への期待は大きい。

図2から分かるように、同報系が主に地域住民への情報伝達を担うことになっている。同報系は、屋外拡声器（可聴範囲300m程度）と家庭内の戸別受信機というインタフェースを持っている。2001年から導入が開始されたデジタル方式では、文字情報やファクシミリなどのデータ伝送が可能になったが、普及率はまだ高くなく、特に、地方部では、1960～1970年代に設置された有線放送電話の代替として整備されたことから、地域住民（特に高齢者）にとっては屋外拡声器と戸別受信機への期待が高い。しかしながら、実際の災害時には、これらからの情報が役に立ったという報告は余りなく、役に立たなかったことがクローズアップされることがしばしばである。

3.3 市町村防災行政無線の課題と対策

地域住民への情報伝達を担う屋外拡声器と戸別受信機には、どのような課題があり、どのような対策が取られているのであろうか。屋外拡声器については、音が聞こえない、内容が聞き取れないという意見が大勢を占めている。また、電源設備や拡声器そのものが破損してしまったり、電力供給が妨げられたりすることで利用できないことも多い。これらに対する対策として、通信の質の向上や、設備の耐震化（主に電源設備）などが行われている。また、デジタル無線に移行することで、文字伝送が可能となるため、表示板を設置することで内容を目視でも確認できるようにするなどの対策も取られている。災害リスクの高いエリア（土砂災害警戒区域など）に住む人には、戸別受信機を配布したり、購入補助をしたりして、各世帯に情報が発信できるようにしている自治体もあるが、コストの問題もあり、普及率は高くない。また、筆者が行った被災地域での聞き取り調査では、戸別受信機を所持している世帯でも、機器の配置場所と時間帯によって、情報をタイムリーに取得できない場合があることが指摘されており、利用には工夫が求められる。

4 利用者視点の災害時通信

図3は、情報支援プロボノ・プラットフォーム（iSPP：information Support Pro bono Platform）が東日本大震災後に行ったインターネット調査の結果⁽⁵⁾の一部で

図2 市町村防災行政無線概念図
(非常通信確保のためのガイド・マニュアル(3)から転載)

図3 東日本大震災時に役に立った情報源

(iSP:東日本大震災 情報行動調査(速報版)から転載、縦軸は複数回答可としたときの選択割合(%))

ある。災害時に役立った情報源として、市町村防災行政無線を含む「町内などの防災放送」は、災害後から非常に低い割合となっており、情報源としての評価は低いと言わざるを得ない。しかしながら、防災行政無線は、東日本大震災時の津波避難の情報源として、大きな影響を残したことが、幾つかの調査において分かっている⁽⁶⁾。

なぜ、このように評価がばらつくのであろうか。この課題について考察するには、市町村防災行政無線に求められる「災害時における地域住民への情報伝達」とは何かについても一度見直しておく必要がある。情報伝達とは、情報を対象者に伝えることであるが、そのためには情報を送受信する装置だけでなく、伝達したい内容を

的確に表現し、かつ、利用者が伝達の意図を読み取る必要がある。更に、命の危険を知らせる情報であれば、その情報に基づいて適切な行動(避難など)を起こすことで初めて価値を持つ。東日本大震災での津波の避難に対して、防災行政無線が大きな効果を果たしたのは、システムが導入されていたことに加えて、経験や事前の啓発活動により、以下の条件がそろっていた結果であると言えよう。(ただし、これらの条件がうまくそろわず、情報を生かすことができなかった人もいた。亡くなられた人の意見や行動は分析されていないため、調査結果として表出しないことに留意する必要がある。)

- ・地域住民が地震をトリガとして津波が来るという知識を有していたこと。
- ・地震が発生してから津波が到達するまで時間が取れたこと。
- ・避難に関する情報が防災行政無線から発せられることを認識していたこと。
- ・津波による命の危険を感じたこと。
- ・津波避難のためにすべきこと(高台や高い建物に上る)が分かっていたこと。

本当の意味での情報伝達を実現するには、システムの導入側(通信技術者)、運用側(行政)の視点だけでなく、利用者側(地域住民)の

視点に立つて活用モデルを作ることが求められることになる。利用者の視点に立てば、情報を受け取ることができれば通信手段に固執する必要がないことから、防災行政無線以外にも情報伝達手段を多重化・多様化し、複数の情報源から情報を提供することで、そのとき利用者にとって最適な手段(ベストエフォート)で情報を獲得してもらうことが求められる⁽⁷⁾。

5 通信手段の多様化

放送も含めた通信手段の多様化は、阪神・淡路大震災(1995年)以降に進められており、現在では様々な手

段が使えるようになっている。以下に、防災行政無線、既存のテレビ・ラジオ以外の主な通信手段を示す。

○登録制メール

携帯電話の普及に伴い居住者向けに多くの自治体が登録制のメールサービスを行っており、防災情報も提供されている。登録制のため、全ての人へのサービスではないが、平常時から防犯や行政関連の情報を発信することで登録者を増やしており、災害時にも居住者への連絡窓口として期待されている。

○緊急速報メール

特定の領域に存在する携帯電話（スマートフォンを含む）に対して、一斉に速報メールをプッシュ型で送るサービスであり、NTT ドコモが2007年よりエリアメールとして開始した。東日本大震災以降は、ソフトバンク、auも同様のサービスを提供しており、総称して緊急速報メールと呼ばれている。気象庁からの情報をダイレクトに対象領域に発信するサービスと、自治体に設置された端末から発信するサービスがあり、前者では緊急地震速報、津波警報、特別警報が送られる。後者は、主に避難勧告や避難指示の情報が送られることとなっている。国内で扱われるほぼ全ての携帯電話、スマートフォンで特別な設定をすることなく受信することができ、自治体からの発信機能を用いて防災訓練に連動した利用も行っているため、認知度は高い。

○スマートフォンアプリ

スマートフォンの普及により、防災情報を扱うアプリ（Yahoo! 防災速報など）が、多数開発されている。気象情報に加えて、自治体からの緊急情報を扱うものもある。スマートフォンに事前にインストールしておく必要があるため、誰でもが使えるサービスではないが、災害に関する多くの情報を集めることに優れているため、今後の期待は高い。

○コミュニティ放送

阪神・淡路大震災発生後に、兵庫県の要請で臨時災害放送局の設置が認められ、1.5か月の短期間ではあるが「FM796 フェニックス」が行政情報や支援情報の発信を行った。臨時災害放送局の指定はなされなかったが、「FM わいわい」の行った外国人向けの多言語での情報発信は大きな注目を浴びた。中越地震（2004年）では、「FM ながおか」（既存のコミュニティ放送局枠を用いた最初の臨時災害放送局）がコミュニティFMの放送枠を用いて、緊急放送を行っている。これらの活動が先鞭となり東日本大震災では30を超える災害放送局が設置されたが、既存のコミュニティ放送局から移行したものが1/3近くあり⁽⁸⁾、コミュニティ放送が災害情報の伝達に寄与する可能性を示している。

6 利用者視点での活用モデル

利用者の視点で考えると、災害前あるいは災害発生時の適切な行動をとるためには、情報発信のタイミングと受け手である利用者の準備が重要である。

6.1 災害の種類とタイミングによる活用モデル

「災害時における地域住民への情報伝達」において最も重要な情報は、命の危険を回避するために利用が期待される警報や注意報などの早期警戒情報と、避難勧告や避難指示などの避難情報であろう。これらの情報は内容の理解に加えて、リードタイム（情報を発してから実際の災害が起こるまで）との連動を考えて活用する必要がある。リードタイムは災害ごとに違うため、以下では風水害・土砂災害と地震・津波に分けて考察する。

○風水害・土砂災害

風水害を見てみると、台風や予測可能な集中豪雨はリードタイムが長く行動に十分な余裕があるが、ゲリラ豪雨と呼ばれる予測困難な集中豪雨、土砂災害は、余裕を持って情報を発すると行動につながらないことが多いため、リードタイムが短くなる傾向にある。リードタイムが短いと命の危険が迫る中での情報伝達となってしまうが、タイミング良く情報を発信したとしても、災害の原因となる風や雨は音を遮る効果があるため、屋外拡声器からの情報を利用者が認識できるかには不安がある。また、近年は遮音性に優れた建物も多いため、屋内にいる場合には、屋外拡声器からの情報は届かないことも指摘されており、屋外拡声器のみで十分とは言えないことが分かる。より確実に情報を届けるためには、戸別受信機の利用が有効であるが、コストの問題もあり、普及が進んでいない。東日本大震災以降は、緊急速報メールの認知度が上がったため、これを用いることで、緊急性の高い情報の伝達は以前よりきめ細かく対応できるようになったが、特別警報以外は自治体の判断で情報を発信することになるため、情報提供のタイミングはまちまちである。また、情報を受け取っても行動に移さない人も多く、受け手の意識も必要となる。

○地震・津波

地震の警戒情報である緊急地震速報もリードタイムは長くて数十秒と非常に短い。しかしながら、テレビ放送に加え、気象庁から速報が発せられた際に自治体を介さず緊急速報メールが対象エリアの携帯電話に届けられるようになった。また、緊急地震速報に連動して同報系の市町村防災行政無線を自動起動させる全国瞬時警報システム（Jアラート）も整備が進んでおり、多様な通信手段からの情報は、自らの身を守るために効果的な情報源となっている。

地震に伴う津波のリードタイムは、震源からの距離と海底地形に依存する。日本では、海溝型（プレート型）地震に伴う津波は、数十分のリードタイムがある場所が多く、東日本大震災では、防災行政無線やそのほかの媒体を介した行政からの情報の伝達が大きな価値を持っていた。しかしながら、呼び掛けを行っていた行政職員が津波の犠牲になる事例もあり、課題も多かった。東日本大震災以後は、利用者の視点からの活用モデルが取り入れられた改善がみられる。具体的には、津波警報時の文言を避難行動に配慮したものに変更したことや、津波警報に関する緊急速報メールを、緊急地震速報と同様、気象庁発表から直接送信することとしたこと、などがある。

6.2 普段使いによる受け手の準備

災害情報の伝達が、結果として適切な行動に結び付くためには、受け手の準備として、①受信機器やサービスの存在を知り、②それを使えるようになっておくこと、③どのような情報が送られてくるのかを知ること、④それぞれの情報と情報を受け取ったときの状況に応じてどのような行動をとるべきかを考えておくということが求められる。①②は通信手段に付随する課題で、③④は受け手の意識に付随する課題と考えられる。「平常時から使っていないシステムは、いざというときに活用できない」との指摘は、文献（3）をはじめ多くのガイドラインや報告書でなされているが、どのようにすれば実現できるのだろうか。まず、考えられるのは防災訓練での利用である。これは、サービス提供側にとっては通信手段の動作確認としての効果があるが、受け手側にとっては、防災訓練へ参加しなければ通信手段を利用する機会とならないため、参加率が低い訓練では、大きな効果は期待できない。近年では、これを意識して、特定の時間に特定に地域にいる人全てを対象とした訓練を行うなど意識の低い人にも効果を上げる工夫がなされているが、④まで行うには、地域や世帯での努力が必要とされることを考慮しておく必要がある。地域によっては、行政関連だけでなく、地域のイベントなども防災情報無線を通じて広報するなど、常に防災情報の発信源に耳を傾ける姿勢を作るように利用しているところもある。このような地道な努力が災害情報の伝達には効果を持つことも指摘しておきたい。

6.3 多様な情報通信手段を組み合わせた対応事例

通信手段の多様化や受け手の準備が十分にできていない場合には、有効な災害時の通信は実現できないのであろうか。ここでは、東日本大震災において、複数の情報通信手段を用いて行われた災害情報通信の事例を紹介し、その可能性について考察を行う。

図 4 亘理町 臨時災害放送局「FM あおぞら」

考察の対象として紹介するのは宮城県亘理町の事例である。亘理町沿岸部は、東日本大震災において、津波被害を受けた。防潮堤が破壊されたため、震災以前は被害につながる可能性のなかった小さな津波であっても、沿岸域では危険な状態であった。しかしながら、津波被災域では、防災行政無線の屋外拡声器の多くは破損し動作せず、情報伝達の手段がない状態であった。災害後に臨時災害情報局として立ち上がり、行政情報の発信を中心とした放送を行っていた FM あおぞら（図 4）では、防災行政無線で発信される情報（動作している屋外拡声器のみで発信していた）を、発信後に数回放送で読み上げ情報伝達の手段とした。更に、沿岸部で後片付けなどの作業をする被災者に、支援団体から提供されたラジオを配布し、FM 放送を通じて災害情報を取得するように呼びかけていた。配布の際には、現状での余震により発生する津波の危険性と情報を得ることの重要性を説明した上で配布しており、受け手の準備についての配慮もあった。これは、災害前に通信手段が整備されていたわけではないが、そのときに使えるもので情報伝達のモデルを作っている例として、見習うべき事例であると考えられる。災害後の災害リスクは、これまで余り論じられて来なかったが、この例のように被災地では求められていることも多い。多様な通信手段が用意されていても、災害後に利用できるものはそのときになってみないと分からないため、この例のように利用者の視点に立って柔軟に情報伝達の活用モデルを再構築することも必要である。（この事例は、筆者が東日本大震災時に支援活動を行った際に遭遇した事例である。）

7 おわりに

防災・減災を支える情報通信の課題と対処方法について、技術だけでなく活用までを考慮して考察を行った。まず、災害時での利用を想定して整備された防災行政無

線について解説した。防災行政無線は、災害時でも確実に情報を届ける手段として整備されており、東日本大震災のような巨大災害でも通信の生命線として利用されることは珍しくなくなった。今後も確実につながるための技術革新は求められるが、整備目的の一つとして上げられている「災害時の地域住民への情報伝達」は通信技術だけでは実現できないことも事実である。本稿では、利用者の視点になった活用モデルの構築が必要なことを指摘し、その実現のためには、阪神・淡路大震災以降、多様化した通信手段を組み合わせた柔軟性ある活用モデルが必要であること、また、情報の受け手側にも準備が求められることを示した。一般的に、情報通信におけるラストワンマイル問題は、通信ケーブルが建物前まで来ているか否かの問題として捉えられ、そこに接続し、通信を利用することは利用者に委ねられる。しかし、被災した、あるいは、被災の可能性が高まった地域にいる人の目線に立つと、災害時の通信は、利用者まで情報が届き、結果として利用者が適切な行動をとることで初めて評価されることになる。これは、災害時通信のラストワンマイル問題は、平常時のラストワンマイル問題より一歩踏み込んだものになることを示している。また、本稿では早期警戒情報や避難情報に焦点を絞ったため触れなかったが、災害発生後の行政や支援者と被災者、被災者間での情報共有の実現にも課題は多い。本稿と同様に技術と活用の両面からの議論が求められる。

■ 文献

- (1) 田原啓祐，“関東大震災後における通信事業の復旧と善後策，”通信総合博物館研究紀要，no.4，pp.10-36，March 2013.
- (2) 総務省，電波利用ホームページ 防災行政無線，

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/system/trunk/disaster/>

- (3) 非常通信協議会，非常通信確保のためのガイド・マニュアル（2017年3月），<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/hijyo/manual/manual/>
- (4) 総務省，電波利用ホームページ 市町村防災無線等整備状況，<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/system/trunk/disaster/change/index.htm>
- (5) iSP 情報支援プロボノ・プラットフォーム，東日本大震災 情報行動調査（速報版），2011，<http://www.ispp.jp/archives/653>
- (6) 梅本通孝，“東日本大震災津波避難からの知見，”日本建築学会大会（東海），防火部門パネルディスカッション資料，pp.21-26，2012，<http://megaquake.tsukuba.ac.jp/pr/results/files/Paper-2-6.pdf>
- (7) 地方公共団体における災害情報等の伝達のあり方等に係る検討会，地方公共団体における災害情報等の伝達の在り方等に係る検討会報告書，2012，http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h24/tikoutai_saigaidentatsu/houkokusho.pdf
- (8) 地域社会と情報環境研究班編集，日本の地域社会とメディアⅤ 東日本大震災後27局誕生した「臨時災害放送局」の現状と課題，関西大学経済・政治研究所 研究双書，第154冊，pp.115-146，2012，http://www.kansai-u.ac.jp/Keiseiken/publication/report/asset/sousho154/154_05.pdf

畑山満則

1994 阪大大学院基礎工学研究科物理系専攻博士後期課程了。2000 東工大大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻博士後期課程了。工博取得。同年から京大防災研究所所属。COE 研究員，助手，助教授，准教授を経て，2017 から教授（現職）。時空間情報管理技術の開発と ICT/RT を用いた災害対応に関する研究に従事。著書「空間情報学」（コロナ社）など。