

ICT と防災

防災・減災への適用が期待される ICT の必要条件

山梨大学 地域・防災マネジメント研究センター センター長（教授） 鈴木 猛康

Director & Professor, DESIRE, University of Yamanashi SUZUKI Takeyasu

災害多発国であるとともに ICT の先進国である我が国では、ICT の防災分野への利用がさらに促進されることが、我が国の国土ならびに国民の生命、身体、そして財産の保護に貢献することが大いに期待される。本稿では、土砂災害と水害に焦点を絞り、ICT を用いた災害対策の現状を示した上で、筆者の研究についてまとめている。また、気象災害への展開が期待される ICT について展望を述べている。

Japan is a disaster-prone country and is one of the advanced countries in ICT. Therefore, a vigorous expansion for the application of ICT to disaster management can highly contribute to the protection of national land as well as citizens' lives, livelihoods, and property from natural disasters. In this paper, the author issues actual condition in disaster countermeasures using ICT and the research works conducted by the author, focusing on sediment disasters and flooding disasters. Then, the author looks forward future development in countermeasures using ICT for meteorological disasters.

1. はじめに

日本は災害多発国（Disaster-prone Country）である。近年では、2014 年の長野県南木曽町の土石流災害、広島土砂災害、御嶽山噴火、神城断層地震、2015 年の関東・東北豪雨（写真 1）、2016 年の熊本地震など、地震災害、豪雨災害、火山災害が入れ替わり立ち替わり発生している。

災害対策には災害予防、準備、対応、復興の 4 段階がある。施設の耐震化や砂防堰堤の建設等のハード対策によって災害の発生を抑止することができることから、かつては公助としての災害予防、災い防ぐ「防災」が主体的に行われてきた。しかし、異常気象によりこれまで経験した事のない豪雨が発生し、東北地方太平洋沖地震のようにマグニチュード 9 を超える超巨大地震が現実化するなど、ハード対策にはきりがないため、災害の発生を前提として、被害を軽減する「減災」が重要視されるようになった。減災にはソフト対策である準備が災害対策の要となり、あまり目立たない対策であるが、災害時に円滑な災害対応が行われるように計画、訓練、教育・研修が行われている。災害が発生した際の応急対策である対応も、その後もとの都市生活に戻す復興も、備えがあるからこそ円滑に行われる。

災害対策に ICT が必要とされる段階が二つある。一つは災害の発生の事前段階で、気象や斜面の挙動を検知し、関係者に伝達すること、もう一つは災害が発生してから応急対応段階で、被害状況、対応状況等の情報収集、情報の一元化による意思決定の迅速化、支援の効率化を図る段階

である。後者の緊急対応段階で必要な ICT は、日ごろの訓練で使われて初めて緊急時に使える。したがって上記の準備段階で導入され、訓練に使用されなければならない。

地震の予知は困難なことから、本稿では、土砂災害と水害を対象として、事前の観測や巡視、災害発生からの情報共有や情報伝達の観点から、ICT と防災についてまとめることとした。



写真 1 関東・東北豪雨の爪痕（常総市 筆者撮影）

2. 土砂災害軽減対策と ICT

2.1 土砂災害警戒情報の現状

2014 年広島土砂災害で被災した地区は、土石流危険渓流として土砂災害警戒区域に指定される予定となっており、

8月の土石流発生後の同年12月に指定が行われた。通称「土砂災害防止法」は1999年広島（土砂）災害を契機として制定され、2001年に施行された「土砂災害警戒区域等における土砂災害の防止対策の推進に関する法律」である。この法律に基づいて、土砂災害の危険性の高い区域に対して土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の指定を行い、危険の周知、警戒避難体制の整備、一定の開発行為の規制、建築物の構造規制、既存住宅の移転促進等のソフト対策が推進されている。

危機の周知のため、都道府県と気象庁が共同で災害警戒情報を発表し、市町村が避難情報を発令する判断材料を提供することを、2008年より全国で行っている。図1に示すように、土砂災害警戒情報は60分積算雨量（短期雨量強度指標）と土壌雨量指数、すなわち土中にしみ込んだ雨量の程度によって表される2次元座標上で、Critical Line（CL）を超える危険性があると判断された場合に発表され、都道府県ではCLを超過するまでの時間に応じて危険度レベルを発表している。

土壌雨量指数は、個々の傾斜地（崖）の危険度ではなく、5km四方のメッシュの周辺を含む広い範囲の危険度を示している。土壌雨量指数は雨量を入力とした物理モデル（タンクモデル）によって算定される。物理モデルには地形、地質、斜面の風化の程度や植生等によって異なるパラメータが設定できるが、気象庁では広島県の斜面を構成する花崗岩に相当するパラメータを、全国一律で用いている。

一方、60分積算雨量とは、気象庁の発表する解析雨量で、ナウキャスト降水レーダーによって1kmメッシュで推定した降水量分布を、全国約17km毎に設置されたアメダス観測点での観測雨量に、国土交通省の雨量観測ならびに都道府県による雨量観測データを一部加えて補正したもので、

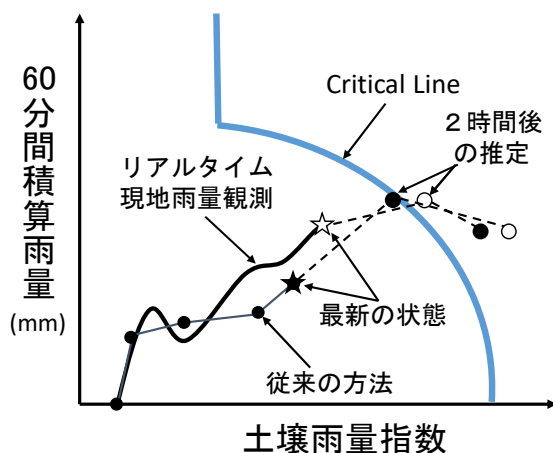


図1 土砂災害警戒情報に用いる2次元座標の模式図

2.3 住民の警戒避難に資する情報提示

一方、住民の警戒避難については、防災無線の音声は雨

降水量分布を1km四方の細かさで解析したものである。なお、雨量観測は転倒マス式雨量計を用いて観測しており、30分間の降水量を0.5mm単位で測定するものである。一方、降水レーダーは上空の雨滴を観測しているのであって降水量を実測しているのではなく、したがって解析雨量に1kmの分解能があるわけでない。

土砂災害警戒情報は市町村の警戒避難の重要な指標であり、市町村には土砂災害警戒区域内の集落に対して避難勧告等を発令することが期待されている。しかしながら、土壌雨量指数はある意味では目安であり、解析雨量には土砂災害警戒区域内の集落レベルの分解能はないため、避難勧告等を発令しても崖崩れや土石流は発生しない「空振り」が多くなる。また、市町村では1、2kmしか離れていない2集落で、雨の降り方がまったく違うことを経験的に知っており、土砂災害警戒情報のみに基づいて自動的に避難勧告等を発表するのではなく、土砂災害警戒区域の現況を確認しながら避難勧告等の発令の判断を行っている。

2.2 円滑な警戒避難に有効なセンシング

土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の円滑な警戒避難を推進するためには、現地の雨量情報と土中の水分をセンシングし、そのピンポイントでリアルタイムの観測データに基づいて市町村が円滑な避難情報を発令できるとともに、住民が避難情報に従って適切な避難行動を執る必要がある。さらに、夜間でなければ、住民が自主的に早い段階で立ち退き避難を開始することが望ましい。

当該地区でリアルタイムに雨量強度を観測できれば、図1に示す通り、縦軸の雨量強度が解析雨量ではなく現地での実測雨量となるだけでなく、観測時間間隔が30分からリアルタイムへと変わる。この実測雨量に基づいて土壌雨量指数もほぼリアルタイムに解析できる。図1の曲線あるいは折れ線がスネークラインと呼ばれる。現状の危険度を従来の方法に比べて、正確かつ迅速に把握することができるため、市町村による円滑な警戒避難の判断が期待できる。土壌雨量指数が必ずしも当該地点の地形、地質、斜面の風化の程度や植生等を反映させていないことを考えると、土砂災害発生 の閾値とされている積算雨量200mmを当該地区の避難勧告発令基準に設定することもできる。

ただし、雨量センサーの設置される場所は集落のさらに上流で、電源ならびに通信の確保が極めて困難な場所も多い。したがって、雨量計は省電力かつ通信機能を有することが必要条件である。

音に打ち消されて避難情報が届かない避難情報が空振りになることのみならず、正常化の偏見が相まって、早めの立ち退き避難が進まないのが実情である。確実な情報提供と

ともに他人事ではなく我事として、迫っている危険に気づいてもらうために、前述の観測データは有効となる可能性がある。

積算雨量 200mm の意味は土砂災害の発生する目安であり、単純明快であるので、リスクコミュニケーションを通して住民に理解してもらうことは比較的容易と思われる。現在の降雨強度 (mm/h) と積算雨量 (mm) を提示すると、積算雨量 200mm に対する現状ならびに 200mm 到達までの時間を住民が自ら確認でき、自主避難の判断を助けることに繋がる。また現在の雨量強度とともに「強い雨」、「激しい雨」等の気象用語ならびに雨の降り方の解説を提示することにより、住民が普段より雨の降り方をイメージでき、雨量情報に敏感になることが期待できる。このような観測情報の提示画面のイメージを図 2 に示す。

もちろん、スマートフォンで容易に雨量情報を入手できる環境を構築するだけで、住民が雨量情報に敏感になる訳ではない。雨量情報の重要性に気づき、雨量情報に基づいた警戒避難の有益性を理解し、自主避難や避難情報に基づいた立ち退き避難を受け入れ、実際に避難を実施できるように、住民と行政によるリスクコミュニケーションは欠かすことができない。

2.4 通信の確保

土砂災害から命を守るためには、早期の立ち退き避難が原則であるが、高齢化の進んだ山間集落では、独居高齢者が多く、支援なしでは麓までの立ち退き避難はままならず、せいぜい立ち退き避難といっても地区内でもっとも安全な施設へ移動することとなる。したがって、土砂災害の発生によって集落が孤立する。

図 3 はこのような集落の孤立を前提とし、市川三郷町八之尻地区で実施した孤立対策を示している^[1]。インターネットの途絶を想定し、山梨大学のサーバーと役場、消防本部、集落間に無線ネットワークを構成し、集落と役場、消防本部でテレビ電話、スマートフォンによる情報伝達を可能としたものである。市川三郷町は総合防災情報システムである災害対応管理システム (MuDIn)^[2]によって、情報の一元化が行われている。写真 2 は集落内で行われた安否確認の様子である。高齢者でも、スマートフォン・アプリを用いて集落の住民の安否を登録することができた。

3. 水害対策と ICT

3.1 洪水予報と避難情報発令の現状

河川の増水やはん濫などに対する水防活動の判断や住民の避難行動の参考となるように、水防法では、国土交通省または都道府県と気象庁が共同で、あらかじめ指定した河



図 2 雨量情報の住民向け提示画面の例



図 3 ICT 街づくり事業で取り組んだ孤立対策



写真 2 スマホ・アプリを用いた安否確認

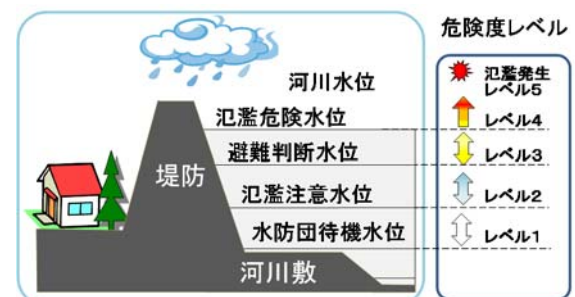


図 4 河川水位と危険度レベル

川について区間を決めて水位または流量を示した予報として洪水予報を発表することを定めている。図4に洪水予報と危険度レベルの関係を示す。これらの水位は、危険度レベルと共に、量水標や橋脚に色付けして提示されている。内閣府は避難判断ガイドラインを提示し、市町村がはん濫危険情報（はん濫危険水位到達）に基づいて避難勧告を発令する等、洪水予報を市町村の避難判断の基準とすることを提案している。洪水予報には、水位観測所の現在の水位、流域の雨量の現況と今後の見通し、それに伴う水位の見通しとともに、とるべき行動が示されている。洪水予報は市町村に伝達されるとともに、メディアを通して住民にも知らされる。

河川の水位のセンシングには、フロート式、リーダタイムスイッチ式、水圧式、超音波式などの水位計が用いられている。これらの水位計を用いた観測では、河床に至る大掛かり施設が必要となる。その結果、水位観測所の数は極めて少なく、大規模河川でも数箇所あるに過ぎない。したがって、5km以上、場合によっては10kmも上流の河川水位に基づいた洪水予報であることから、市町村が避難判断に躊躇するのはもっともと言える。そこで、国土交通省では河川事務所長が直接、市町村長に対して上記の河川水位に応じた注意喚起をホットラインによって行うようになった。鬼怒川の氾濫時においても、事務所長からのホットラインはしっかり市長に伝達されていた。

国土交通省では、移設が可能な簡易水位計を開発し、豪雨の際に市町村と共同で水位観測を行う仕組みも構築しているが、この試みもまだ一部の河川で運用が始まったばかりである。なお、流域の降雨については、前述の解析雨量が用いられるが、降雨より各地点の河川流量、水位の予測を正確に行うまでには至っていない。

洪水時に危険が予想され重点的に巡視点検が必要な箇所を重要水防箇所という。河川管理者は堤防高や堤防幅が設計値に満たない箇所や、過去に氾濫が発生した箇所等であり、重要水防箇所では、水防団と連携した巡視が行われることが期待されている。また、国土交通省は堤防の浸透・侵食の監視を強化するため、予め重点的に浸透・侵食による変状の監視を行う区間として「重点監視区間」を設定した。水位だけでなく、重点監視区間における浸透・侵食の状況把握及び情報伝達が重要されている。このように河川管理者や水防組織（水防団や消防本部）による河川巡視も円滑な避難判断、早期の避難情報発令には欠かすことができないのが現状である。

3.2 河川巡視と支援システム

「河川管理者のための浸透・漏水に関する重点監視の手引き（案）（国土交通省）」によれば、河川堤防の浸透・浸

食について、河川巡視者は管理区間の全延長に亘って自動車などで移動しながら目視により広範囲を概括的に確認し、堤防の変状（漏水、すべり等）、水防団の活動状況を河川管理者に報告することとされている。また、水防団員は、重要水防箇所を目視により、堤体およびその周辺で生じる変状を市町村および河川管理者に報告する、とされている。一方、河川管理者は重点監視区間を、のり尻またはのり面まで移動して確認し、確認した変状を市町村（水防団）へ連絡することとされている。ところが連絡、報告に用いる情報伝達手段は携帯電話や無線であるため、河川管理者、河川巡視者、水防団、市町村の情報共有に多大な時間を要するだけでなく、変状の内容とその発生した場所の特定、共有が困難である。

国土交通省における平常時の河川巡視では、河川巡視員は情報端末を用いて現地で巡視結果の登録を行うと、国土交通省では巡視結果報告を確認できるようにシステム化されている。ところが、この巡視報告システムは災害時の状況報告には対応していない。また、河川管理者、河川巡視者とともに、水防団、消防本部や市町村、そして都道府県と巡視結果が共有されることが、迅速な避難判断、円滑な対策実施に必要である。

3.3 河川巡視システムの開発

大災害時には、自治体は災害対策本部を設置し、平常時とは異なる全庁体制にて、災害対応業務を実施する。また、中央省庁、都道府県、市区町村、指定公共機関、警察、消防本部、消防団などがすべてステークホルダーとなるので、庁内のみならず、多機関間での情報の一元化、情報共有の推進が、災害対応の円滑化に資することから、筆者は災害対応管理システムを基本とした MuDIn（Multi-organizational Disaster Information System）を開発しており、既に一部の市町村では実災害で運用され、その他では訓練に用いている^図。

MuDIn のスマートフォン・アプリである災害対応管理システム for Android の被害報告機能に、河川巡視に特化した報告機能（河川巡視機能、ここでは河川巡視システムと呼ぶ）を追加している。MuDIn では異なる機関の災害情報の共有が可能となるため、異なる機関によって登録された河川巡視の結果をマッシュアップし、全巡視区間に亘って河川の状況を共有することができる。

河川巡視機能の開発で配慮したことは、土木工学、河川工学の専門知識を有さない消防団員が、河川の状況を正しく報告できること、報告された状況から河川管理者や市町村の危機管理部局が円滑な判断ができることであった。前者については、堤内地、堤外地、護岸、法面等の専門用語を用いることなく、水位や堤防の損傷状況を登録できる

ように、甲府市消防団、新潟県見附市消防団に対するヒアリングを行い、表1に示す分類と評価項目を決定した。後者については、各評価項目が示す危険度レベル1～3を、避難情報の3類型（避難準備情報、避難勧告、避難指示）に対応させて、表のように設定した。スマートフォン・アプリは、図5に示すように表1の分類と評価項目より、河川の状況に相当するものを選択・タップし、さらに状況の写真を撮影するだけで、送信できるように設計した。音声入力によって詳しい状況を報告することもできるが、まずは上記2点のみで1分程度で送信を可能とした。

表1 河川巡視評価項目

分類	評価項目	危険度レベル	避難勧告等
水位	—	1	避難準備情報
	・水位が堤防頂部まで2m程度	2	避難勧告
	・水があふれる恐れ	3	避難指示
住宅側	・堤防斜面から水漏れ	1	避難準備情報
	・堤防下から水漏れ		
	・堤防斜面に亀裂		
	・堤防斜面の一部で崩壊	2	避難勧告
	・堤防頂部に達する崩壊・陥没	3	避難指示
河川側	・河川敷が削られている	1	避難準備情報
	・堤防の一部が崩壊	2	避難勧告
	・護岸の破損		
	・堤防頂部に達する崩壊	3	避難指示
	異常なし	0	

3.4 河川巡視システムの実証実験

開発した河川巡視システムを用いた災害時河川巡視実証実験を実施した。参加者は国土交通省甲府河川国道事務所、山梨県境南建設事務所、甲府市、甲府市消防本部、甲府市消防団、市川三郷町、市川三郷町消防団である。山梨県の笛吹川、荒川、芦川に、各機関の巡視担当区間を設定し、一斉に巡視をしてもらった。写真3は甲府市消防団による巡視の様子である。各機関による巡視の結果は、図6に示すようにマッシュアップされ、直ちに甲府市と市川三郷町の避難判断に活用された。

4. まとめと展望

近年、これまで経験したことのない豪雨が多発するようになった。気象庁は特別警報を発表し、自分の身を守る行動を促しているものの、降雨や河川の流量推定には技術的、経済的に限界がある。通信機能が備わった安価なセンサーが密に配置され、リアルタイムで実雨量や土壌水分がセンシングできれば、ICT防災からIoT防災への展開が可能となり、気象災害による人的被害軽減に大いに貢献できると期待している。



図5 スマホ画面



写真3 河川巡視（甲府市消防団）

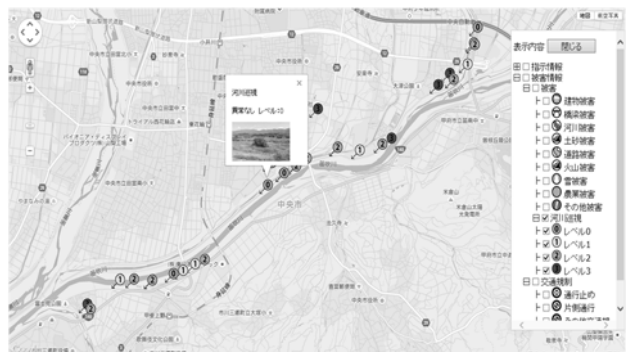


図6 河川巡視結果の地図表示画面

5. 参考文献

- [1] 鈴木猛康:巨大災害から命を守る知恵、術、仕組み ～実話に基づいて綴る避難の現状と対策～, 静岡学術出版, 2014.
- [2] 鈴木猛康:災害対応管理システム 実災害対応に使える情報システムの開発と普及展開, 情報処理学会デジタルプラクティス, Vol.3, No.3, pp.193-200, 2012.
- [3] 鈴木猛康:大規模災害時の広域連携を目指した体制作りと情報共有環境:大規模河川氾濫に伴う広域避難実証実験を通して, 都市計画, 第316号, pp.64-67, 2015.

筆者紹介



鈴木 猛康 (1956-, 昭31-)
山梨大学大学院総合研究部 教授
地域防災・マネジメント研究センター長
工学博士
平14 防災科学技術研究所減災情報共有技術研究チーム長
平19 山梨大学大学院医学工学総合研究部 教授

平23 地域防災・マネジメント研究センター長