

局所的豪雨を対象とした移動体に対する 災害関連情報の伝達のためのマイクロメディアの構築

The Development of Micromedia Transmitting the Disaster Related Information Against Torrential Downpours

須藤三十三¹, 浦川豪², 福重新一郎³, 濱本両太⁴, 林春男⁵

Satomi SUDO¹, Go Urakawa²,
Shinichiro FUKUSHIGE³, Ryota HAMAMOTO⁴, Haruo HAYASHI⁵

¹ グローバル・サーベイ株式会社 事業開発本部

Business Development Division, Global Survey Co.,Ltd

² 兵庫県立大学 防災教育センター

Education Center for Disaster Reduction, University of Hyogo

³ インプリメント・ピー株式会社

Increment P Co.,Ltd

⁴ ESRIジャパン株式会社

ESRI Japan Co.,Ltd

⁵ 京都大学 防災研究所 巨大災害研究センター

Research Center for Disaster Reduction Systems DPRI, Kyoto University

Recently, torrential downpours have happened frequently and caused damages in Japan. Japanese Meteorological Agency already has an observation system which covers each administrative boundary to provide the hazard information. However, it is impossible for us to know the risk coming "right here and right now" with this system. The purpose of this research is to develop "Micromedia", an information system utilized GIS and location information, which provides all individuals in Japan with real-time disaster information anywhere, anytime by using mobile phones (smart phones) and car navigation systems with GPS.

Keywords: *torrential downpours, Micromedia, GIS, GPS, mobile phones, car navigation systems*

1. はじめに

我が国では、地震災害、風水害や火山災害等の自然災害が頻繁に発生している。また、気象庁の報告書によると、「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」の第4次報告書¹⁾では、気候の温暖化が起こっていることを断定でき、日降水量の観測データの調査結果によると、大雨の頻度は世界のほとんどの陸域において増加していると記述されている。我が国においても、日降水量でみた大雨が長期的に増加していることが明らかになっており、最近30年間と1900年代初頭の30年間を比較すると、大雨の日数は約1.5倍に増加していると報告されている²⁾。集中的に大雨が発生することを集中豪雨と呼ぶが、近年では単位時間当たりの降雨量が多く、降雨の範囲が局所的であり、大雨の降雨時間が非常に短い、局所的豪雨による被害が全国各地で発生している。本研究における局所的豪雨とは、局地的大雨と長期間の雨量が記録される期間中、短期間で大雨が局地的に発生する豪雨ハザードとした。

大雨に関する国民への情報提供は、気象業務法3章に定

められ、第13条第1項、第14条第1項又は前条第1項から第3項までに規定されている¹⁾。つまり、気象庁から気象警報（暴風警報、暴風雪警報、大雨警報、大雪警報）や洪水警報等は、法令で定められている各関連機関に伝達され、テレビやラジオ、インターネット上のポータルサイト等のメディアを通して住民に伝えられることとなる。警報の対象エリアとなった自治体では、警報発令後、防災行政無線から住民へ避難勧告、避難指示が伝えられることになる。これらは、テレビやラジオ等のマスメディアを中心としたメディアを通して、自宅や職場で情報を入手する方法とすることができる。

これら情報伝達メディアに関しては、近年、GPS端末の普及によりカーナビゲーションや携帯電話が身近な存在となっている。2012年3月末現在、カーナビゲーションの出荷台数は5,301万台を超えており、携帯電話の契約数も124,829,000（2012年4月末現在）³⁾となっている。カーナビ（プローブ情報）の活用では2007年新潟県中越沖地震の際の活動⁴⁾、携帯電話では地震被害報告システムの開発⁵⁾等の研究報告がされている。特に、先に述べた、局所的豪雨は、局所的かつ短期間に大雨が発生すること

となり、いつ、どこで、どのような状況で災害に遭遇するかは分からない。局所的豪雨が発生すると、車では冠水したアンダーパスに突入する、また川の中州に居る人は中洲に取り残される危険回避行動を起こさせるのが重要である。これまでの気象情報を中心とした国民への情報伝達は、集中豪雨に対しても、マスメディアを通じて自宅や職場で情報収集する方法であり、局所的豪雨が発生し、自動車等で移動する人へのきめの細かい情報提供は想定されていないのが現状である。移動している人や自動車は、災害関連情報の伝達に関しては無防備な状態であると言えることができる。また、サービス提供会社では情報をテキストメールで提供するものと、地図で提供するものなど相違がある。後述する「ゲリラ雷雨メール⁶⁾」は気象庁の情報の他自社限定の民間のリポーターからの情報を加味して提供している。また、携帯キャリア各社の電波状況により通信圏外になり情報の取得に制限が発生する場合が想定される。移動体に対し、様々な災害関連情報を統合し、きめ細かく情報を届ける社会的な対応、仕組みが必要不可欠である。

本研究では、局所的豪雨を対象とし、携帯電話やカーナビゲーション等の移動中の個人への情報提供が可能な端末に対して、サービス提供会社等による情報の相違や制限がなされることなく、日本全国をシームレスに、必要な災害情報を必要なタイミングで提供するための情報伝達システムの仕組み（マイクロメディア）のプロトタイプシステムを構築し、個人（国民）の危険回避行動を支援することを目的とする。

2. 研究の概要

これまでの集中豪雨による洪水等の発生によって死者、負傷者等の被害が発生し、その対策に関する様々な課題も報告されている。2005年には、2004年新潟水害における人的被害の発生原因の究明をおこない、河川の破堤による家屋倒壊による被害、後期高齢者に対する避難支援者不在による被害、そして新しい知見として徒歩での避難中の被害、自動車で移動中の被害を指摘し、今後、移動中の個人に対する情報提供のあり方を検討することの重要性が指摘されている⁷⁾。また、局所的豪雨に関する対策を検討するために国土交通省交通政策審議会分科会が開かれ、自助、公助の骨子を提言している⁸⁾。「国民の防災と安全・安心に対する要請に応えるため、気象観測・予測システムの高度化や気象情報の改善を計画的に推進する。」に関して、気象庁では、高解像度な気象情報の高頻度な観測実現に向け、1km メッシュの気象レーダーの観測頻度を10分から5分に短縮し、局所的豪雨の可能性をより正確・早期に把握する取り組み等を推進している⁹⁾。民間企業では、気象予報会社が携帯端末を利用し、ユーザの投稿写真を利用した豪雨発生地点・情報提供するサービスを展開し、携帯電話会社、カーナビゲーション会社では天気や気温等基本的な気象情報を中心とした気象情報提供サービスが進められている。しかし、例えば、「ゲリラ雷雨メール」というサービスは、ユーザーからのレポートを元にテキストで提供するサービスであり、自分の居る位置において地図上で確認できるサービスではない。地図上で確認できるサービスとして個人やカーナビ利用者が、局所的豪雨に直面した場合の危機回避を支援する情報提供サービスが日本全国の標準的な枠組みで実現されていないのが現状である。

近年、局所的豪雨による被害に見舞われ、その対策は喫緊の課題である。平成21年7月21日豪雨により、山口県防府市では死者14名の被害を受け¹⁰⁾、平成21年8月9日台風9号発生により、兵庫県佐用郡佐用町では、死者18名（平成22年1月21日現在）の被害を受けた¹¹⁾。防府市では、最大時間雨量51mm（21日7:00～8:00）、連続雨量264mm、佐用町では、最大時間雨量89mm、最大24時間雨量326.5mm（既往最大187mm：平成16年台風第21号）の雨量を記録し、局所的豪雨による災害発生となった。また、佐用町では、住民の被害だけではなく、局所的豪雨により高速道路が通行止めとなり、町外からの自動車が佐用町に多数流入し、被害を受けたこともマスメディア等で報告された。

局所的豪雨によって起こりうる事態は表1で示す。特に、道路を移動する人や自動車は、側溝やマンホールに転落、自動車の走行不能、水没アンダーパスでの水没の危険性がある。

表1 局所的豪雨が引き起こす事態

場所	起こりうる事態
地下街、地下室、地下ガレージ	川や側溝から溢れた水が流入し、水没のおそれ
道路	冠水のため人や自転車が側溝やマンホールに転落 自動車が走行不能、水没もありうる アンダーパスでの水没
河原、溪流	釣りや川遊びの人が急な増水で流される 中州に取り残される
下水道管渠、用水路	急な増水で流される

前述のように、局所的豪雨発生に遭遇した道路空間上の移動体に対する災害関連情報の提供は従来のラジオ等による情報伝達となっており、現実に局所的豪雨発生地域に流入した移動体内の人が被害を受けている。本研究では、既に提供されているWebやテレビ・新聞等による広く一般に向けた気象に関する情報提供サービスとは異なり、携帯電話やカーナビゲーション等の移動体端末に対し「個人が、今そこで必要とする情報を、必要なタイミングで全国どこでもシームレスに提供するサービス」を「マイクロメディア」と定義する。図1に本研究で提案するマイクロメディアの位置づけを示す。縦軸にカバレッジ（対象範囲）、横軸に提供している情報の精度を示す。

①マスメディアおよび地域メディア

気象庁等からの信頼できる情報をテレビやラジオ等で情報提供するメディアである。マスメディアからの情報は、家庭や仕事場で収集することが主であり携帯電話等の移動携帯端末でも収集可能となったが、全国の国民を対象としたものであり、情報の精度が低いと言える。

地方自治体を中心とした住民への情報提供は、当該地域の雨量情報等提供される情報の精度が比較的低いWeb等の情報と防災行政無線等から発信される避難勧告や避難指示等の精度の高い情報が存在する。Webを介した情報は、移動携帯端末で収集可能であるが、地域に密着した情報は、そこで暮らす住民の生命・財産を守ることを目的として、家庭や仕事場において情報収集することが前提となっている。

②マイクロメディア

既存のサービスはオフィス・家庭を前提としたサービスであり、Push型になっていないため意識の高い人が自

ら情報を取得し解釈しないと身の危険を感じることに難しい。また、雨量だけの情報では、どのような危険が想定されているのかを想像できないと考えている。一部では1 km四方で公開されている情報もあるが、自分がいる位置との参照がし辛くどのような影響が自分にあるのか分かり難い。注意報・警報は市区町村を原則とした二次細分区域を最小単位として公開しているため自分のいる場所の危険性と感じにくい。つまり、局所的豪雨の発生地域を徒歩または自動車で移動している個人に対して、当該地域のきめの細かい防災情報を提供するサービスが存在していない。先に述べた、徒歩や自動車で移動中に犠牲になった被災者へ危機回避を支援できる情報提供メディアが存在しないことになる。本研究では、提供される情報の精度が高く、1 km四方単位の暴露エリアを対象に「今、ここで必要な防災情報」を提供する、徒歩や自動車の移動体も対象とした新しいメディアを「マイクロメディア」と位置づける。暴露エリアとは、図2で示すように、自分の位置から見える範囲1~2kmの範囲としている。マイクロメディアは、気象庁等からの信頼度の高い情報を素早く収集し、情報提供可能なデータ形式に変換し、日本全国シームレスに局所的豪雨の影響エリアに居住する個人、そのエリアで移動している、または、そのエリアに接近している個人に対して位置情報を利用し情報提供することで、個人に対するハザードによる危険性を知らせ、個人の被災回避行動をうながすことができる新しいメディアである。

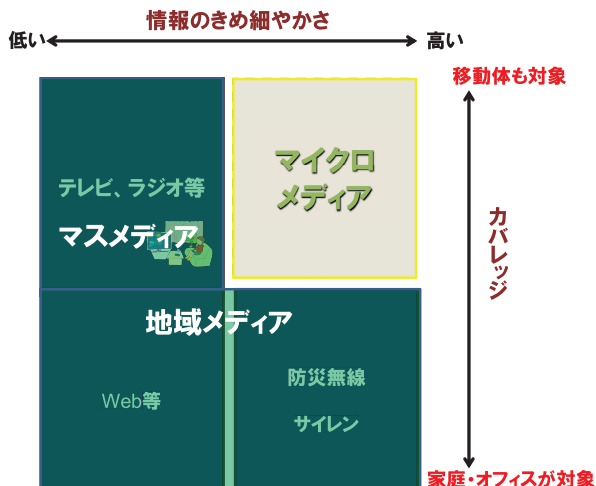


図1 マイクロメディアの位置づけ

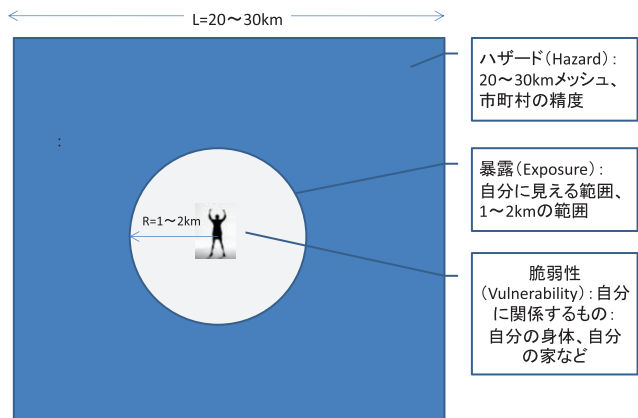


図2 本研究が対象とするスケール

本研究では、マイクロメディアを構成する機能要件を定義し、具体的な情報システム開発プロセス（システム設計、システム開発等）を行い、社会実装可能なプロトタイプを開発することを目的とする。また、これまでの災害事例の局所豪雨データと移動体端末により、情報システムの実効性と有効性を検証する。

3. 位置情報付き移動体端末とそのサービス

本章では、マイクロメディアからの局所的豪雨に関するアラート情報を受信する移動体端末の技術、係るサービス等について整理した。

(1) カーナビゲーションにおけるプローブ情報

現在、プローブ情報を自動取得し、様々な分野で活用する取り組みが積極的に進められている¹²⁾。プローブ情報を収集するシステムは、車一台一台をセンサーとし、車からの各種情報を収集し、精度高く各車両と車両群全体の振る舞いを把握すると同時に、センター側より解析情報、リアルタイム情報を提供することを目的とするシステムである。車から生成されるプローブ情報には走行履歴データを基本に通信により生成されるデータ、車両制御により生成されるデータなどがある。例えば、プローブ情報の活用に関して先進的な取り組みを行っている本田技研工業株式会社では、自社プローブ情報を交通渋滞情報に活用しVICS交通情報に加えることにより、精度の高い経路誘導情報の作成を行い、より早く目的地に到達する省燃費ルートをユーザに提供することにより、CO2の低減、エコ運転サービス等に活用されている。また、世界で初めて台風・豪雨情報をインターナビ交通情報で提供開始し、日本気象協会から提供される様々な防災・気象情報と、全国のインターナビユーザから収集、蓄積した情報を解析した結果から生成したインターナビ交通情報をもとに、地震・津波・路面凍結など、様々な防災情報を提供している¹³⁾。

(2) スマートフォン等（携帯端末）

携帯端末もGPS機能が普及しており、総務省によるとiPhoneやAndroid携帯に代表されるスマートフォンの出荷台数の携帯電話出荷台数における割合が平成23年度下半期には過半数を超えると予測している¹⁴⁾。

スマートフォンは全て通信機能として携帯電話ネットワークと無線LANとGPS機能を有している。取得した位置情報をセンターに送信することが可能であり、さらにTwitterでのつぶやきや店舗情報、商品やその他の情報を位置情報に付加してセンターに送ることも可能である。また、一部のスマートフォンでは、カーナビゲーションのアプリケーションを提供しており、Googleなどはアプリケーション上にスマートフォンより収集した移動情報より自動車より生成されるプローブ情報と同様な情報を生成し、渋滞情報などのサービスを提供している。

カーナビゲーション端末自体も、小型のカーナビゲーション装置であるPND（Portable Navigation Device）が普及していることを考えれば、それよりコンパクトであり、かつ通信機能を有するスマートフォンへのアラート情報提供は重要であると考えられる。

このような技術環境がありマイクロメディアの目指す、「今、ここで必要な防災情報」の提供を実現できる基盤

は整いつつあると言える。

4. マイクロメディアの開発

マイクロメディアは、気象庁、国土交通省、地方自治体や道路管理者等からの信頼性の高い情報を素早く収集し、移動する個人に対して、ハザードによる危険性を知らせ、個人の被災回避行動をうながすことを目指した情報提供システムである。

局所的豪雨の発生地域を徒歩または自動車で移動している個人に対して、危機回避を支援する仕組み構築のための各機能を検討する。気象庁、国土交通省、自治体、道路管理者、高速道路会社や主要カーナビゲーション会社等からの信頼できる情報は、これまで各組織の独自形式で情報が作成、発信されてきた。これらの情報を標準的なフォーマットに準拠し、変換・加工し、マイクロメディアのデータベースに格納する情報収集および集約機能が必要となる。次に、基礎情報収集機能により収集、集約したリアルタイム降水量等のデータを処理し、個人の危険回避を支援するアラート情報を算出する発令判断の機能が必要となる。最後に、個人に必要な情報を発令すべきエリア並びに当該エリアから 5～10 分程度で移動可能な範囲にいる GPS 付携帯端末所有者・車に情報配信するデータ抽出・配信機能が必要となる。

マイクロメディアは図 3 で示す「基礎情報収集・集約機能」、「判断機能」、「抽出・配信機能」からなる情報システムとし、情報システムのプロトタイプ開発をおこなった。

(1) 基礎情報収集・集約機能

本プロトタイプでは、気象庁が提供する気象情報¹⁵⁾（降水ナウキャスト、1km メッシュ解析雨量 GPV、1km メッシュ降水短時間予報 GPV、5 分毎（10 分毎）1km メッシュ全国合成レーダーエコー強度 GPV、土壌雨量指数）を対象し、GRIB2 形式のデータを、ネットワークを介して自動的に収集し、8bit 以上の数値を扱う必要があり、位置情報を格納でき画像形式の方が表示速度が早いという

理由から汎用性の高い GeoTIFF 形式を標準フォーマットとして定め、GRIB2 形式の様々な情報（雨量等）を各提供格子領域単位にを取り出し、それを画像の画素値に埋め込む変換をできるコンバーターを開発・実装した。また、気象庁が提供する XML 形式のデータ（気象庁注意報・警報）に関しては、XML 形式のデータそのものを標準フォーマットとして定め対象注意報、警報の抽出をおこなった。

各収集対象データに対して、空間情報 DB へ格納する機能、空間情報 DB 登録完了後、判断機能を起動するための制御機能を開発・実装した。

コンバーターからの出力ファイルは、出力先に指定されたフォルダに、ラスタ画像（GeoTIFF 形式）が出力される。出力されるラスタ画像のセルサイズ（解像度）は、15 秒×15 秒とした（変換前の気象庁データのセルサイズは 30 秒×45 秒）、また、出力ファイルの座標系は地理座標系（日本測地系 2000）とした。GeoTIFF 形式データは、FGDB⁽⁴⁾（ファイルジオデータベース）へ格納し、XML 形式データは、SDEDB⁽⁵⁾（Microsoft SQL Server 2008）へ格納される。なお、システム制御機能は各機能の処理の結果の受け渡しに関する実行命令を行う。

(2) 判断機能

判断機能は、図 3 のように基礎情報収集・集約機能で収集、DB 登録されたデータを用い、アラート情報発令アルゴリズムを検討し、その処理プログラムを搭載している。

判断機能は、コンバータにより変換され GEOTIFF 形式で登録された気象情報を読み込み、メッシュ単位（1km）でアラート発令の判断を行う。また、発令された情報は結果テーブルに出力される。

a) アラート情報発令判断に利用するデータの検討

局所的大雨を対象とした個人の危険回避行動をうながすためのアラート情報発令に利用するデータを検討した。マイクロメディアではリアルタイムに近い形で気象データを入手し、随時アラート情報を発令することを前提としている。

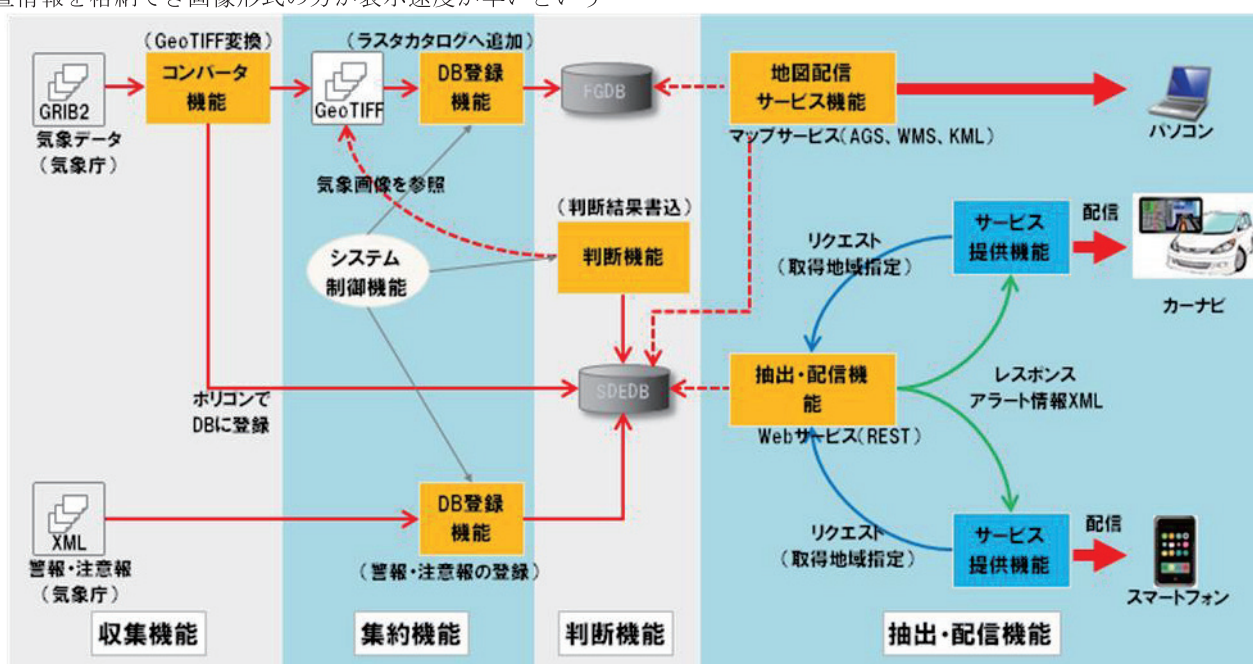


図3 マイクロメディアの仕組み

浸水深予測値を情報発信することも検討したが、浸水深を算出するには、通常流出計算や 2 次元不定流計算等を行う必要があり、一つの事象を検討するのに標高値や土地利用、流域界、河川、下水道等の詳細な情報が必要となる。これらの情報は日本全国で同等の情報を入手するのが難しく、地域間で精度が異なることが考えられ日本全国をシームレスに情報提供するマイクロメディアには不適當であると考え対象外とした。

マイクロメディアでは、ハザード情報となる降雨気象データ（表 2 参照）のみを指標とし、判断基準を設定した。降雨データはデータ種類によって配信時刻におけるデータ（実時間データ）と予測データに分けられる。

表 2 降雨データの概要

	データ名	データ 間隔	予報期間 (予報間隔)	メッシュ サイズ
現時刻における降雨量 (観測値)	合成レー ダー	5 分 (10 分)	—	1km
	解析雨量	30 分	—	1km
予測雨量	ナウキャ スト	5 分 (10 分)	1 時間 (10 分毎)	1km
	降水短時 間予報	30 分	6 時間 (1 時間毎)	1km

表 2 の降雨量から判断基準に用いることのできる指標は以下のものが考えられる。

- ・ 配信（予測）時刻における降雨量（短時間値）
5～10 分単位での降雨量
- ・ 一定期間における降雨量（積算値）
数 10 分～数時間単位での降雨量

図 4 で示すように最短 5 分間隔で更新される最も観測値で最も精度の高い合成レーダーを用い、短時間値と積算値を算出することとした。また、1 時間後迄の予測値にはナウキャストのデータ、それ以降 120 分後までは降水短時間予報を用いることとした。

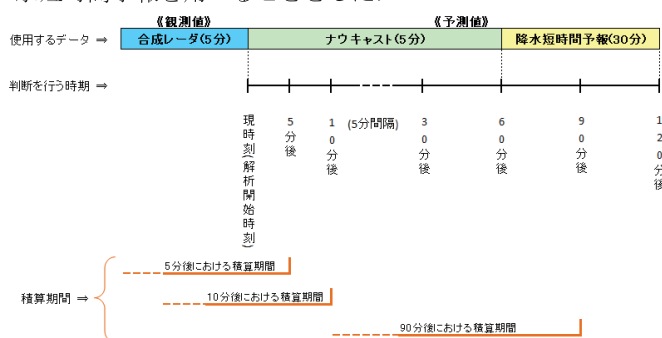


図 4 時間経緯を考慮した利用する気象データ

b) アラート情報発令アルゴリズムの開発

前述の利用する気象データをもとに、1 kmメッシュ単位でアラート情報発令の判断を行うこととした。短時間値の降雨データは、現在の瞬間的な降雨状況を表示することができる。積算値は、短時間降雨データの積み上げであり、1 時間の積算値とした。長期的降雨事象の危険性を表現することができると考えた。これまでの局所的豪雨災害の事例では、短時間に降雨量が集中する場合、継続的に降雨量が蓄積し、ある時間帯で降雨量が増加する場合に発生しており、短時間降雨データと積算値の両方を考慮することとした。

気象庁では、警報や注意報は、気象要素(雨量、風速、波の高さなど)が基準に達すると予想した区域に対して発表している¹⁰⁾。アラート情報は、気象庁が発令する注意報、

警報を考慮し、レベル 0（影響無し）、レベル 1（注意報レベル）、レベル 2（警報レベル）、レベル 3（警報レベル以上）の 4 段階のレベルを設定した。また、アラート情報は、短時間値と積算値でそれぞれ計算し、一番危険と考えられるレベルのアラートを結果テーブル（表 3 参照）に返すこととした。

表 3 アラート結果テーブル

論理名	物理名	説明	型
メッシュコード	meshcode_3m	3 次メッシュコード	Text(10)
実行日時	datetime_jst	判断機能実行日時	Date
種別	alert_type	アラートの種類 (A, B, C)	Text(20)
0 分後	time_0000	実行日時から 0 分後のステータス	ShortInteger
5 分後	time_0005	実行日時から 5 分後のステータス	ShortInteger
10 分後	time_0010	実行日時から 10 分後のステータス	ShortInteger
15 分後	time_0015	実行日時から 15 分後のステータス	ShortInteger
20 分後	time_0020	実行日時から 20 分後のステータス	ShortInteger
25 分後	time_0025	実行日時から 25 分後のステータス	ShortInteger
30 分後	time_0030	実行日時から 30 分後のステータス	ShortInteger
60 分後	time_0060	実行日時から 60 分後のステータス	ShortInteger
90 分後	time_0090	実行日時から 90 分後のステータス	ShortInteger
120 分後	time_0120	実行日時から 120 分後のステータス	ShortInteger

c) アラート情報発令結果

アラート情報発令を実際の降雨データを用いておこなった。対象期間、対象フィールドは、局所的豪雨被害が発生した、兵庫県佐用町、東京都北区とした（表 4 参照）。アラート判断の基準値は、気象警報の基準値を参考に設定した。降雨（積算値）は気象庁の基準に順じ、注意報が 1 時間雨量 30mm 前後、警報が 1 時間雨量 50mm 前後で設定されているケースが多いため、佐用町、東京都北区ともに共通の基準を設定した。また、降雨（短時間値）は積算値の 10 分間の降雨値に置き換え設定した。尚、社会実装においては気象庁警報・注意報発表基準一覧表¹⁰⁾を利用することを想定する。（表 5 参照）。表 6 には、アラート情報のステータス値を示す。前述のように、算出されたアラート情報は、一番危険と考えられるレベルのアラートを採用することとしている。例えば、当該メッシュにおいて降雨積算値ではレベル 1、降雨短時間値ではレベル 2 という結果が得られた場合、降雨短時間値が採用され結果テーブルには 2 桁のステータス値 20 が登録されることとなる。アラート情報のステータス値の概要は表 6 のように降雨積算値は 1 桁、降雨短時間値は 2 桁としている。これは、どのようなデータソースが採用されて当該アラートが発令されたか識別し易くするために桁数を変えた値で DB に登録した。アラート情報発令に利用するデータとして降った雨が土壌中に水分量としてどれだけ貯まっているか示す土壌雨量指数⁽²⁾も考慮したが、佐用町のケースのように降雨が長期化する場合、土壌雨量指数の影響が大きくなることがかかる。しかし、本研究では大雨の雨量に関する警報注意報に焦点をあてるため土砂災害に対する指数である土壌雨量指数はアラート発令情報のために利用するデータからは除外することとした。また、アラート情報の結果を図 5 のように整理した。縦軸がアラートの発令時刻を示す。横軸に 10 分間隔の予測結果を示す。例えば、当該メッシュについて 21 時に発令されたアラートは 21 時現在の降雨量（短時間値）が採用されレベル 3 となり、10 分後は短時間値に基づくレベル 3、20 分後は短時間値に基づくレベル 2、30 分後は積算値に基づくレベル 2 の結果を得られたことになる。図 6 に 2010 年 7 月 5 日の東京都北区の例を示す。対象メッシュにおける、実時間のデータに基づくアラート結果と予測値によるアラート結果

の時系列推移および採用された降雨データを一覧で確認することができる。アラート情報の時系列結果をもちい、対象フィールドにおいてアラートの分布状況、降雨との関連性、実時間のアラート結果と予測値のアラートの結果を検証した。

表 4 アラート情報発令結果の検証フィールド概要

ケース	日時	事象	判断実行期間
佐用町	2009/8/9	24 時間雨量 326.5mm、浸水被害	2009 年 8 月 9 日 13 時 00 分-8 月 10 日 3 時 00 分
東京都 北区	2010/7/5	1 時間雨量 107mm、 浸水被害	2010 年 7 月 5 日 16 時 00 分-7 月 5 日 22 時 00 分

表 5 アラート発令のための基準値

アラートレベル	降雨（積算 値）(mm/h)	降雨（短時間 値）(mm/10min)	土壌雨量指数 佐用町/北区
レベル 1	30.0	5.0	100/125
レベル 2	50.0	8.3	130/155
レベル 3	80.0	13.3	—

表 6 アラート情報のステータス値

アラートランク	降雨 (積算値)	降雨 (短時間値)	土壌雨量指数
レベル 1	1	10	100
レベル 2	2	20	200
レベル 3	3	30	300

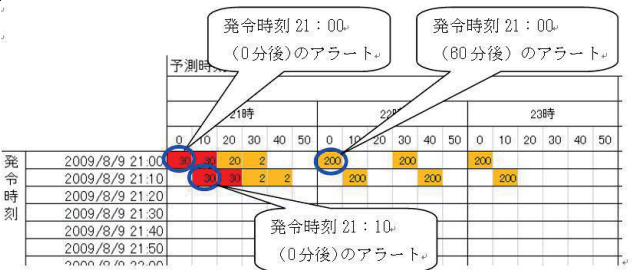


図 5 アラート情報の時系列結果表の例

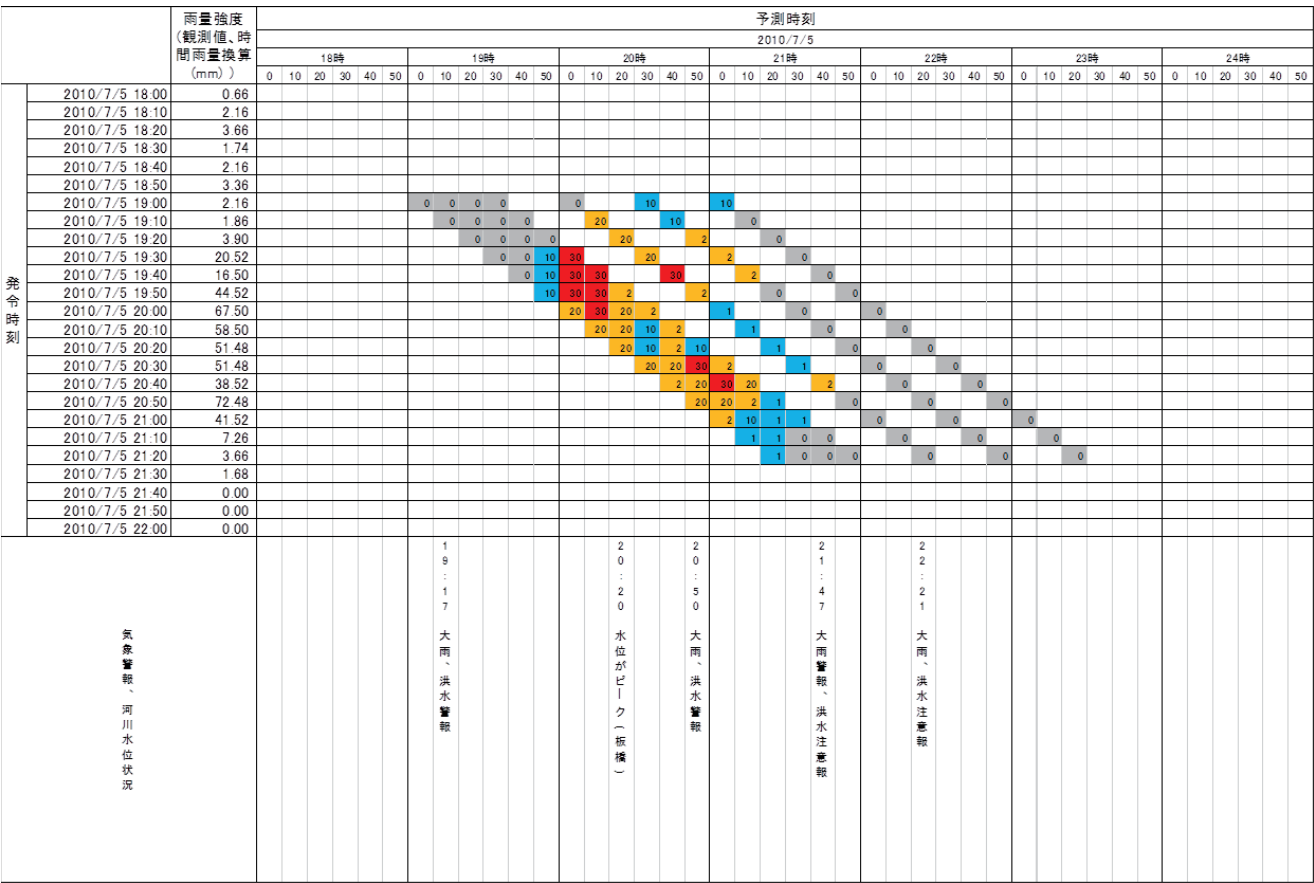


図 6 アラート情報の時系列結果表（東京都北区の例）

図 7 に佐用町 2009 年 8 月 9 日の 20 時、20 時 30 分、20 時 50 分の実時間の降雨とナウキャストによる予測値の分布図、図 8 にアラート結果および予測値の分布図をしめす。図 8 でしめすように、一番濃い色のメッシュからアラートレベル 3、レベル 2、レベル 1 のアラートを発令できたこととなる。既存の注意報、警報は行政界単位での粗い情報であるのに対し、移動する個人の場所ごとに 1km 単位でアラート情報を提供することができるアラート発令の仕組みを開発することができた。図 7 と図 8 から 20 時 50 分には強い降雨が記録されており、降雨量が大きいメッシュに危険度が高いアラート結果が付与されていることがわかるが、図 9 と図 10 に佐用町、東京都北区の行

政界にかかる全メッシュを対象としてアラート発令結果、採用された降雨データ、降雨量との関係をしめし、その傾向を考察した。2つのフィールドともに降雨量の増大にともないアラートの発生率も増加している。また、降雨増大時のアラート発令には短時間雨量基準に影響していることがわかり、一定期間の強い降雨後のアラートは積算雨量基準に影響していることがわかる。

マイクロメディアでは、ナウキャストおよび降水短時間予報の降雨予測値を利用し、アラート情報の予測値算出も検討した。アラート情報は、質的変数でありクラメールの連関係数⁽³⁾による分析を行った。

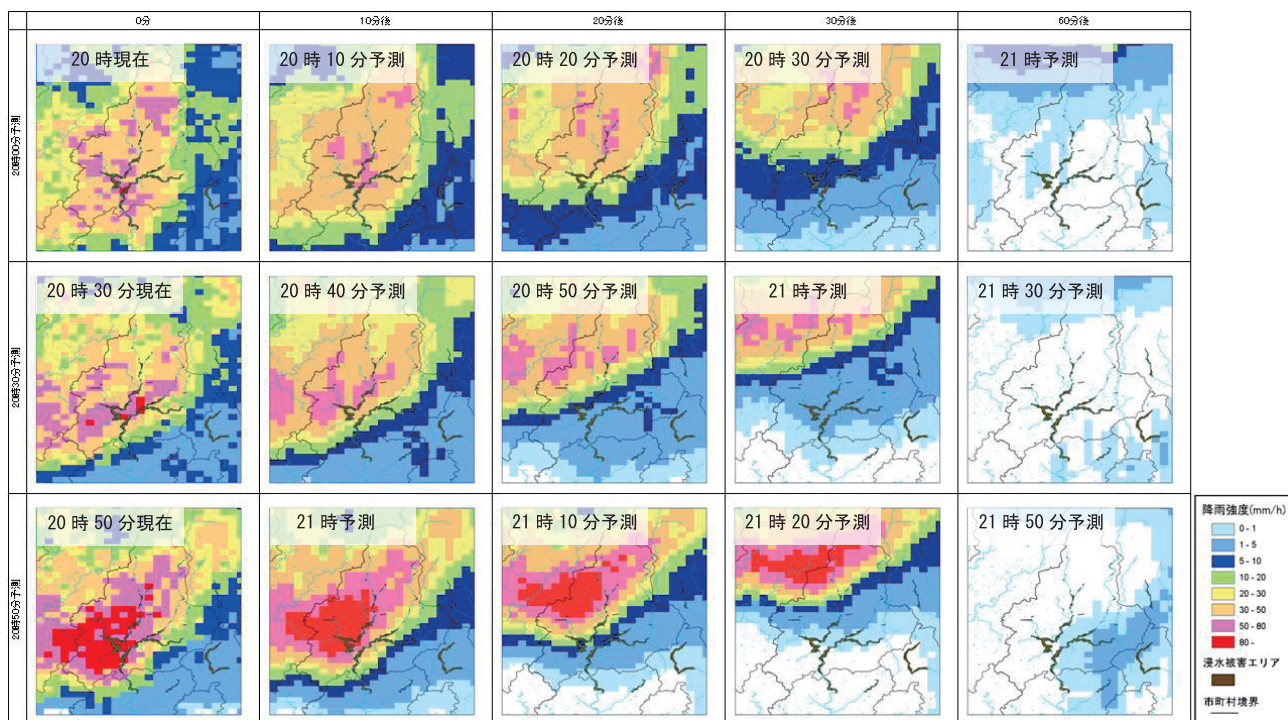


図7 降雨分布図（佐用町 2009 年 8 月 9 日 20 時、20 時 30 分、20 時 50 分の例）

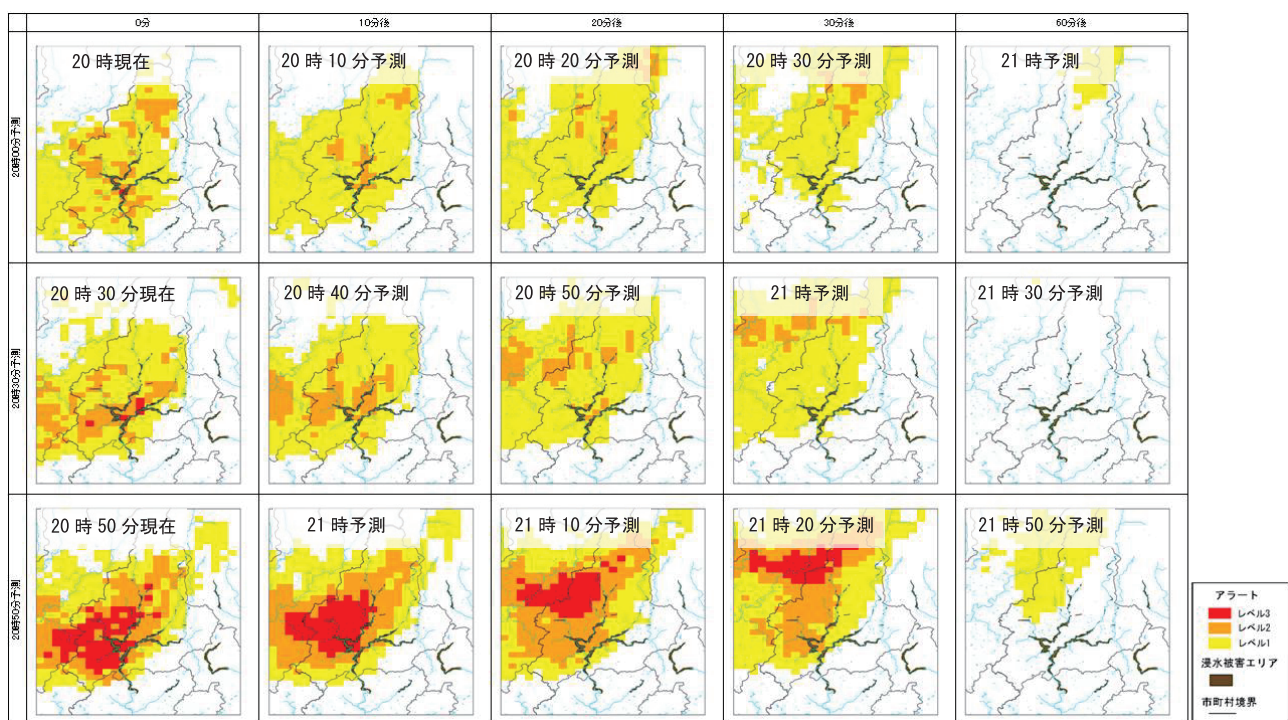


図8 アラート結果および予測値の分布図（佐用町 2009 年 8 月 9 日 20 時、20 時 30 分、20 時 50 分の例）

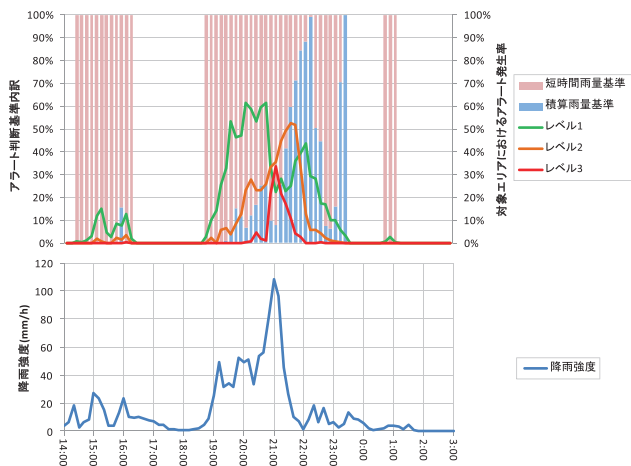


図9 アラート発令結果と降雨量の関係(佐用町)

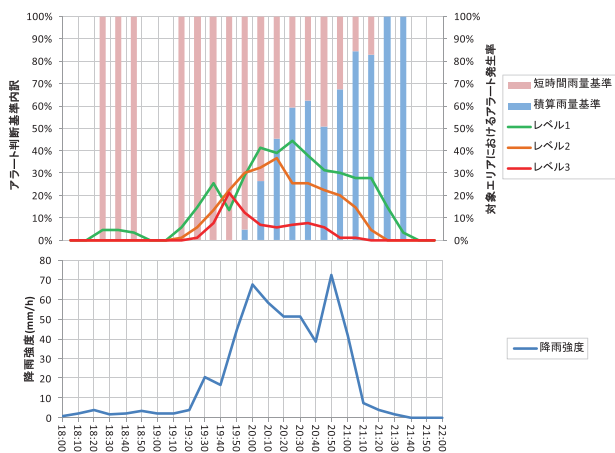


図10 アラート発令結果と降雨量の関係(東京都北区)

フィールドとした佐用町では、降雨増加時(20時20分)、降雨ピーク時(21時)、降雨減衰時(21時30分)とし、東京都北区では降雨増加時(19時30分)降雨ピーク時(19時50分)降雨減衰時(21時)とした。表7の見方であるが、佐用町20時20分を例にとると当該時刻の実際のアラート数を行の合計に示し、横方向に20時20分に対する10分、20分、30分、60分前の20時10分、20時00分、19時50分、19時20分時点でのアラートの予測数を列の合計に示す。縦軸、横軸の同じアラートが高い数値示せば相関が高い。表7佐用町、表8東京都北区ともに10分後予測値の連関係数は0.5-0.7程度となっている。東京都北区では、20分後予測値は0.5程度であり、それ以降はばらつきが大きくなる傾向が見受けられる。アラートの予測値は、利用する降雨データ(ナウキャスト)のデータと実測値の相関に依存することになるが、30分以降はばらつきが非常に大きい結果となった。今回は1km四方の解像度で実データ(リアルタイムデータ)を用いて情報提供できる情報システムの構築を目標とし、局所的豪雨の被害を受けた2地域での実データを使用し、1つの検討課題として予測値を算出した。予測値精度は気象庁降雨予測値(降水ナウキャストデータ)等の精度に依存することとなるため、実用化に向けては気象庁との連携が必要である。また、今回は10分、20分、30分、60分後予測結果を検討したが、どこまでの予測結果までを提供するのかについては気象庁と社会実装していく中で全国のデータで検討する予定である。マイクロでディアでは必要な時に、日本のどこにいても実時間におけるアラート情報を提供することを目的としている。予測値提供による利用者の誤った行動の促進等、アラート情報の予測値は、その信頼性と情報提供による影響等を考慮し、実用化に向けた際の検討課題とした。

表7 アラート情報とアラート予測値との関連性および連関係数(佐用町)

		20:10発表の10分後予測					20:00発表の20分後予測					19:50発表の30分後予測					19:20発表の60分後予測				
		アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計
20:20 発表の 現時刻	アラート無	77	43	0	0	120	69	48	3	0	120	78	37	5	0	120	120	0	0	0	120
	アラート1	5	104	45	0	154	19	118	17	0	154	37	114	3	0	154	154	0	0	0	154
	アラート2	4	45	18	0	67	10	56	1	0	67	22	45	0	0	67	67	0	0	0	67
	アラート3	0	8	5	0	13	1	12	0	0	13	3	10	0	0	13	13	0	0	0	13
	合計	86	200	68	0	354	99	234	21	0	354	140	206	8	0	354	354	0	0	0	354
		連関係数: 0.488					連関係数: 0.353					連関係数: 0.287					連関係数: -				
		20:50発表の10分後予測					20:40発表の20分後予測					20:30発表の30分後予測					20:00発表の60分後予測				
		アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計
21:00 発表の 現時刻	アラート無	83	6	0	0	89	81	8	0	0	89	79	10	0	0	89	83	6	0	0	89
	アラート1	15	44	5	1	65	21	40	4	0	65	38	21	6	0	65	55	10	0	0	65
	アラート2	3	30	47	23	103	10	74	19	0	103	20	81	2	0	103	94	9	0	0	103
	アラート3	0	15	43	39	97	8	86	3	0	97	17	80	0	0	97	96	1	0	0	97
	合計	101	95	95	63	354	120	208	26	0	354	154	192	8	0	354	328	26	0	0	354
		連関係数: 0.576					連関係数: 0.537					連関係数: 0.466					連関係数: 0.186				
		21:20発表の10分後予測					21:10発表の20分後予測					21:00発表の30分後予測					20:30発表の60分後予測				
		アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計
21:30 発表の 現時刻	アラート無	95	3	0	0	98	94	4	0	0	98	94	1	3	0	98	98	0	0	0	98
	アラート1	4	48	20	1	73	8	51	10	4	73	17	27	15	14	73	73	0	0	0	73
	アラート2	3	14	109	26	152	0	24	96	32	152	4	22	96	30	152	152	0	0	0	152
	アラート3	0	2	11	18	31	0	3	15	13	31	4	7	9	11	31	31	0	0	0	31
	合計	102	67	140	45	354	102	82	121	49	354	119	57	123	55	354	354	0	0	0	354
		連関係数: 0.672					連関係数: 0.634					連関係数: 0.524					連関係数: -				

表8 アラート情報とアラート予測値との関連性および連関係数（東京都北区）

		19:20発表の10分後予測					19:10発表の20分後予測					19:00発表の30分後予測					18:30発表の60分後予測				
		アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計
19:30 発表の 現時刻	アラート無	619	11	0	0	630	620	10	0	0	630	617	11	1	1	630	622	7	1	0	630
	アラート1	17	14	6	0	37	18	17	1	1	37	23	10	3	1	37	32	5	0	0	37
	アラート2	3	11	7	3	24	6	14	4	0	24	9	10	4	1	24	17	6	1	0	24
	アラート3	2	4	3	5	14	4	5	5	0	14	11	1	1	1	14	14	0	0	0	14
	合計	641	40	16	8	705	648	46	10	1	705	660	32	9	4	705	685	18	2	0	705
		連関係数: 0.501					連関係数: 0.456					連関係数: 0.328					連関係数: 0.247				
		19:40発表の10分後予測					19:30発表の20分後予測					19:20発表の30分後予測					18:50発表の60分後予測				
		アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計
19:50 発表の 現時刻	アラート無	595	3	4	1	603	592	7	4	0	603	592	8	3	0	603	593	8	1	1	603
	アラート1	15	14	12	7	48	11	24	12	1	48	18	20	8	2	48	41	7	0	0	48
	アラート2	5	7	16	12	40	1	16	16	7	40	6	17	13	4	40	36	4	0	0	40
	アラート3	1	3	4	6	14	1	3	5	5	14	4	6	1	3	14	14	0	0	0	14
	合計	616	27	36	26	705	605	50	37	13	705	620	51	25	9	705	684	19	1	1	705
		連関係数: 0.501					連関係数: 0.543					連関係数: 0.469					連関係数: 0.136				
		20:50発表の10分後予測					20:40発表の20分後予測					20:30発表の30分後予測					20:00発表の60分後予測				
		アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計	アラート無	アラート1	アラート2	アラート3	合計
21:00 発表の 現時刻	アラート無	626	7	2	0	635	620	12	2	1	635	596	27	12	0	635	581	42	8	4	635
	アラート1	5	38	7	0	50	10	30	8	2	50	9	32	8	1	50	21	24	5	0	50
	アラート2	1	5	11	1	18	1	6	10	1	18	0	6	10	2	18	7	8	3	0	18
	アラート3	0	1	1	0	2	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	0	2
	合計	632	51	21	1	705	631	48	22	4	705	605	65	32	3	705	609	76	16	4	705
		連関係数: 0.586					連関係数: 0.523					連関係数: 0.467					連関係数: 0.276				

(3) 抽出・配信機能

抽出・配信機能は、ユーザリクエストに対し、対象の位置情報に対する判断結果を XML 形式で提供する。ユーザは、メッシュコード（meshcode）、リクエスト日時（request_datetime）、検索範囲時間（interval）を指定して XML を取得する。ユーザに指定されたメッシュコードに一致し、対象時刻範囲内の最新の発令情報を取得し、ユーザに返す。対象時刻範囲は、リクエスト日時の検索範囲時間を遡った時刻～リクエスト日時までとする。地域の指定方法は、日本全国、1次メッシュコード、2次メッシュコード、3次メッシュコードで指定可能とした。利用者に配信される発令情報は、3次メッシュコード単位とした。

本章では、マイクロメディアを構成する「基礎情報収集・集約機能」、「判断機能」、「抽出・配信機能」の開発を行い、判断機能で算出されたアラート情報を 1km メッシュ単位で移動体端末に配信できる仕組みとなった。

5. 移動体端末での情報受信

移動体端末で急速に普及しているスマートフォンの特徴は、利用者のニーズに見合ったアプリケーションをダウンロードし、普段から使うことであり、現在様々な情報検索アプリケーション等が無料または有料でダウンロードし利用可能な状況である。ここでは、マイクロメディアから提供されるアラート情報を利用者が受信、利用できる仕組みを開発した。図 11 に、マイクロメディアで判断されたアラート情報を iPhone 端末へ情報提供する仕組みを示す。社会実装を考慮し、マイクロメディアは、全ての情報提供サービスを一元化するのではなく、各カーナビゲーション会社や携帯電話会社の既存のサービスを利用し、端末側からのリクエストを受けてアラート情報を提供する仕組みとしている。

スマートフォンを所持し、徒歩、自動車、公共交通機関、自動車で大きく移動した（100m）場合に新しい位置情報が端末側を運用するサーバに送られる。その場所にとどまる場合は、そのままの位置情報を保持す

ることになる。マイクロメディアサーバには、端末側のサーバで更新された位置情報に基づき 10 分間隔で情報提供のリクエストを行い情報が更新される仕組みとなる。また、専用アプリケーションを利用した際に位置情報が更新されることにしている。

- ・ 端末GPSが100m移動を検知した場合
- ・ 専用アプリをアクティブにした時

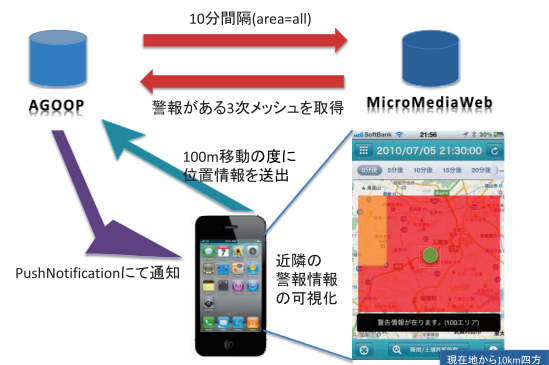


図 11 スマートフォンアプリケーションへの情報提供の仕組み



図 12 アラート情報の提供と専用アプリケーションの連携

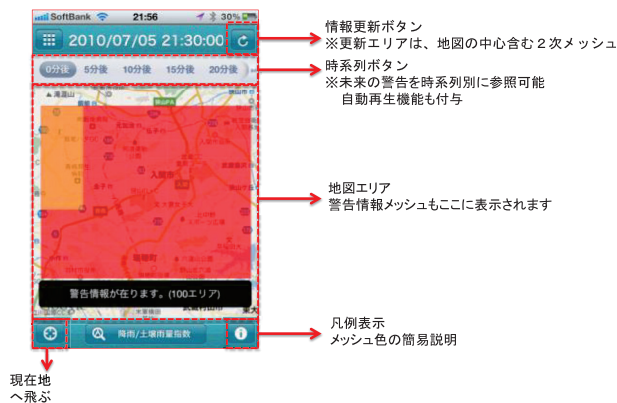


図 13 専用アプリケーションの画面と機能

随時、更新された位置情報に基づき、必要な時にマイクロメディアからのアラート情報を取得することができる。アラートが発令されているエリア内の端末に対し図12に示すように、端末の初期画面にテキスト情報で、警報種別、警告対象時刻：最も早い警報時刻、警報レベル：危険度に関する情報がプッシュ型で送られる。利用者がそのメッセージをタップすると地図をベースとした専用アプリケーションが起動する仕組みとしている。

端末側では、プッシュ型の情報受信に関する設定が可能であり、更新ボタンにより最新の設定をサーバに送信できる。プッシュ通知に関して、アラート情報のPush情報の受信の定期位置送信の開始・停止も可能である。アラート情報を受け取る時間範囲も最大120分まで可能としている。

図13には、専用アプリケーションの画面と機能を示す。現在所在する場所を中心として現在地から10km四方の情報が表示される。利用者の状況に応じて、移動先の情報は地図から検索できる仕組みとしている。また、時系列ボタンにより、予測情報を時系列別に参照可能である。アラート情報は、アラート1（注意報レベル）を黄色、アラート2（警報レベル）を橙色、アラート3（警報レベル以上（記録的短時間大雨情報等））を赤色で表示する。ここでは、実際の通信環境においてマイクロメディアサーバと端末側サーバの同期の仕組み、マイクロメディアサーバから提供されるアラート情報を利用者が受信、利用できる仕組み（専用アプリケーション）を開発し、iPhone端末を用いて利用可能なことが検証できた。

6. おわりに

本研究では、局所的豪雨を対象とし、携帯電話やカーナビゲーション等の移動中の個人への情報提供が可能な端末に対して、サービス提供会社等による情報の相違や制限がなされることなく、日本全国をシームレスに、必要な情報を必要なタイミングで提供するための情報伝達システムの仕組み（マイクロメディア）を構築した。

以下に本研究で得られた成果をまとめる。

- ・局所的豪雨を対象とし、個人への防災関連情報に関する既存のメディアの特徴を整理し、移動体に対するマイクロメディアの必要性を位置づけることができた。
- ・カーナビゲーション端末から取得できるプローブ情報を利用し、これまでの局所的豪雨災害において自動車が

道路冠水エリアに進入している状況が明らかになり、利用者が必要とするタイミングで移動体への情報提供の仕組みが命を守る個人の行動をうながすものとして必要であることが明らかになった。

・「基礎情報収集・集約機能」、「判断機能」、「抽出・配信機能」からなるマイクロメディアのプロトタイプ開発をした。気象庁から発信される警報や注意報は、市町村（東京特別区は区）を原則とした行政界が単位であり、個人の現在地やその周辺の状況をしめすには精度が粗く、本研究は現在地を中心に 1km 単位のアラート情報を提供できることとなる。

・スマートフォンを利用し、マイクロメディアが提供するアラート情報を利用者が受信、利用できる仕組み（専用アプリケーション）を開発し、iPhone 端末を用いて利用可能なことが確認できた。

今後は、アラート情報、予測情報の信頼性を確認し、気象庁等と連携し、利用者への発信方法を検討するとともに、社会実装・実用化へ向けてカーナビゲーション関連会社、携帯サービス会社等と連携し、カーナビゲーション端末への情報提供の枠組みを検討する。

また、スマートフォン専用アプリケーションは、普段使用する情報検索アプリケーションの拡張版として開発することにより、アラート情報着信後は、普段使い慣れた操作方法で公共施設情報なども検索できる。平常時との連続性を考慮した仕組みとすることが重要となり、平常時でのサービス提供者との連携が必要である。毎年、局所的豪雨被害が発生しており、マイクロメディアの早期社会実装に向けての取り組みを積極的に進めていくことが望まれる。

謝辞

本研究は、国土交通省建設技術研究開発費補助金「道路空間上の移動体に対する局所的大雨情報の伝達システムの開発」（研究代表者：林春男 京都大学）によるものである。技術的な支援を頂いた応用技術株式会社の齊藤憲一郎氏および本研究を進める上で協力して頂いた全ての方々に深く御礼申し上げます。

補注

(1) 気象業務法

気象業務法 3 章において気象庁は、政令の定めるところにより、気象、地象（地震にあつては、地震動に限る。第 16 条を除き、以下この章において同じ。）、津波、高潮、波浪及び洪水についての一般の利用に適合する予報及び警報をしなければならないとされている。また、第 13 条第 1 項、第 14 条第 1 項又は前条第 1 項から第 3 項までの規定により、気象、地象、津波、高潮、波浪及び洪水の警報をしたときは、政令の定めるところにより、直ちにその警報事項を警察庁、国土交通省、海上保安庁、都道府県、東日本電信電話株式会社、西日本電信電話株式会社又は日本放送協会の機関に通知しなければならないとされている。

(2) 土壌雨量指数

気象庁によると、土壌雨量指数は、降った雨が土壌中に水分量としてどれだけ貯まっているかを、これまでに降った雨（解析雨量）と今後数時間に降ると予想される雨（降水短時間予

報)等の雨量データから「タンクモデル」という手法を用いて指数化したもの。土砂災害の危険性を示す新たな指標として、各地気象台が発表する土砂災害警戒情報及び大雨警報・注意報の発表基準に使用している。

(3) クラメールの連関係数

$r \times c$ のクロス集計表における行要素と列要素の関連の強さを示す指標。0≤V≤1 の値をとり、1に近いほど関連が強い。

(4) FGDB

ArcGIS で新しく導入されたデータモデル。一つのデータベースに複数のレイヤを格納可能で、レイヤ間のリレーションシップやジオメトリックネットワーク、画像(ラスタ)などデータ自体に振舞いを持たせることが可能。ESRI 社独自のファイルフォーマットでデータを格納する。

(5) SDEDB

ArcGIS で新しく導入されたデータモデル。一つのデータベースに複数のレイヤを格納可能で、レイヤ間のリレーションシップやジオメトリックネットワーク、画像(ラスタ)などデータ自体に振舞いを持たせることが可能。凡例的な DBMS (オラクル、SQL サーバなど) にデータを格納する。

12) 前川誠: JARI ITS セミナー (2011年10月7日) :

プローブ情報の日本における方向性について

(2012年8月14日参照)

<http://www.jari.jp/resource/pdf/H23seminor/1007-2.pdf>

13) 本田自動車工業ホームページ:

防災情報 (2012年5月1日参照)

<http://www.honda.co.jp/internavi/service/disaster/>

14) 総務省ホームページ: スマートフォンをめぐる現状と課題

(2012年8月10日参照)

http://www.soumu.go.jp/main_content/000143085.pdf

15) 気象業務支援センター ホームページ:

Online DataService (2012年4月29日参照)

<http://www.jmbc.or.jp/hp/online/f-online0.html>

16) 気象庁ホームページ:

警報・注意報発表基準一覧表 (2012年8月15日参照)

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kijun/index.html>

(原稿受付 2012.5.26)

(登載決定 2012.9.8)

参考文献

- 1) 環境省: 気候変動 2007: 統合報告書 政策決定者向け要約,
(2012年8月14日参照)
http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf
- 2) 気象庁ホームページ: 資料5 地球温暖化と大雨, pp24-25,
(2012年8月14日参照)
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/ooametebiki_shiryo.pdf
- 3) 社団法人電気通信事業協会ホームページ:
携帯電話・PHS 契約数 (2012年5月11日参照)
<http://www.tca.or.jp/database/2012/04/>
- 4) 秦康範, 鈴木猛康, 下羅弘樹, 目黒公郎, 小玉乃子: 新潟県中越沖地震における通れた道路マップの提供と プローブカー情報の減災利用実現に向けた課題と展望, 日本地震工学会論文集 第9巻, 第2号 (特集号) 2009
- 5) 秋本和紀, 浦川豪, 佐土原聡, 西山寿美生: GPS 搭載の携帯電話による被害状況把握システムの開発, 地域安全学会論文集 No. 4, pp. 159-165, 2002. 11
- 6) ウェザーニューズホームページ:
ゲリラ雷雨メール (2012年8月10日参照)
http://weathernews.jp/door/html/guerrilla_mail.html
- 7) 林春男, 田村圭子: 2004年7月13日新潟水害における人的被害の発生原因の究明, 地域安全学会論文集, No. 7, pp. 197-206, 2005.
- 8) 国土交通省交通政策審議会ホームページ
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/kishou00_sg_000014.html
- 9) 気象庁ホームページ: 1-2 集中豪雨・局地的な大雨に対する気象庁の取り組み, pp35-37, 気象業務はいま 2009 (2012年8月12日参照)
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/hakusho/2009/HN2009topics.pdf>
- 10) 防府市豪雨災害検証委員会: 防府市豪雨災害検証報告書
~7. 21 豪雨災害の記録~, pp. 3-18, 2010
- 11) 兵庫県佐用町: 台風第9号災害の被害状況等について (速報), 2010.