

# 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

林 春男<sup>1</sup>・牧 紀男<sup>1</sup>・浦川 豪<sup>2</sup>・鈴木 進吾<sup>1</sup>・井ノ口 宗成<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京都大学防災研究所 (〒611-0011京都府宇治市五ヶ庄)

<sup>2</sup>兵庫県立大学総合防災教育センター (〒651-0073 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通1-5-2) .

<sup>3</sup>新潟大学 災害・復興科学研究所 (〒950-2181 新潟県新潟市西区二の町8050)

これまでの気象情報を中心とした国民への情報伝達は、マスメディアを通じて自宅や職場で情報収集する方法が主であり、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。本研究では、局所的豪雨を対象とし、携帯電話（スマートフォン）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GPS付きの端末に対して、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）を開発した。

キーワード 局所的豪雨、スマートフォン、カーナビゲーション、GPS、マイクロメディア

## 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<sup>1)</sup>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、日降水量のみ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<sup>2)</sup>。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。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）<sup>3)</sup>となっている。

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。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。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。

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<sup>4)</sup>。

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<sup>5)</sup>。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ゲリラ豪雨発生地点・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、局所的豪雨に直面した国民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<sup>6)</sup>、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<sup>7)</sup>。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 局地的大雨（ゲリラ豪雨）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<br>自動車が走行不能、水没もありうる<br>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<br>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

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。

### ②地域メディア

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。これらの情報は、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。

### ③マイクロメディア

局所的豪雨の発生地域を徒歩または自動車移動している個人に対して、当該地域のきめの細かい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、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。



図-1 マイクロメディアの位置づけ

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。

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した。

### 3. 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等を知らせ、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-2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（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。

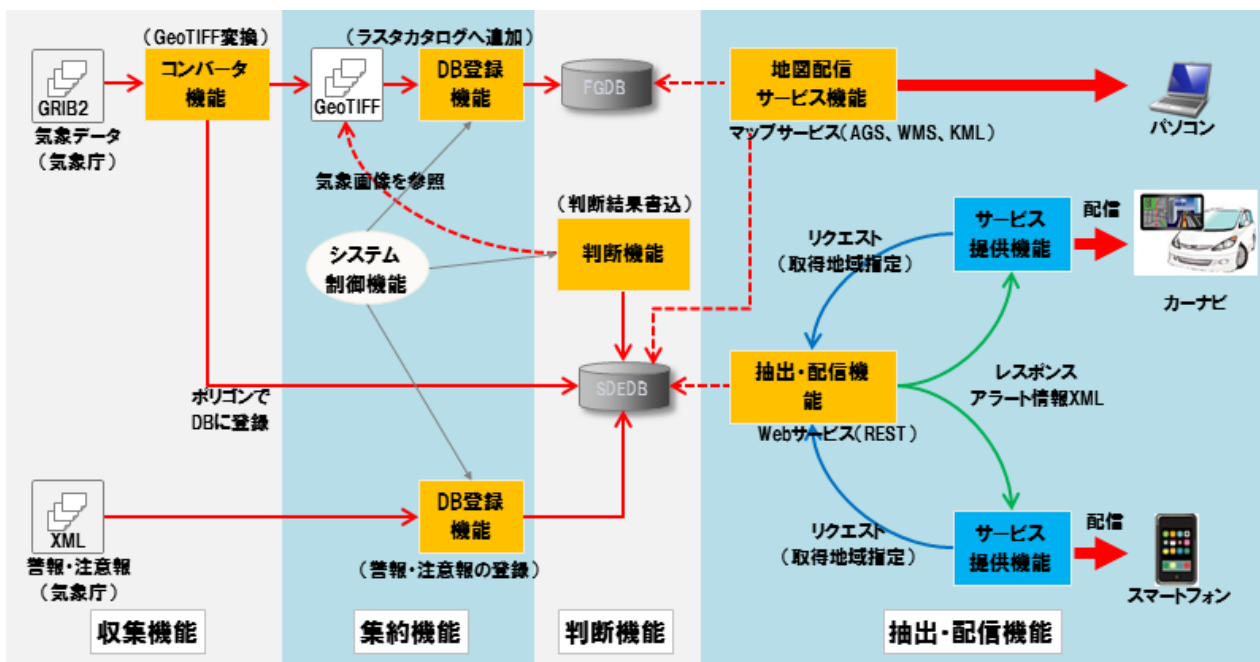


図-2 マイクロメディアの仕組み



## (2) 判断機能

判断機能は、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。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<br>間隔   | 予報期間<br>(予報間隔) | メッシュサ<br>イズ |
|------------------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| 現時刻お<br>ける降雨量<br>(観測値) | 合成レーダ<br>ー  | 5分<br>(10分) | -              | 1km         |
|                        | 解析雨量        | 30分         | -              | 1km         |
| 予測雨量                   | ナウキャス<br>ト  | 5分<br>(10分) | 1時間<br>(10分毎)  | 1km         |
|                        | 降水短時間<br>予報 | 30分         | 6時間<br>(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
- 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。これらの気象データを用い、1km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現することができる。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。长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。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に返すこととした。

図-3に佐用町2009年8月9日の20時、20時30分、20時50分の実時間のアラート結果および予測値の分布図をしめす。図-3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。

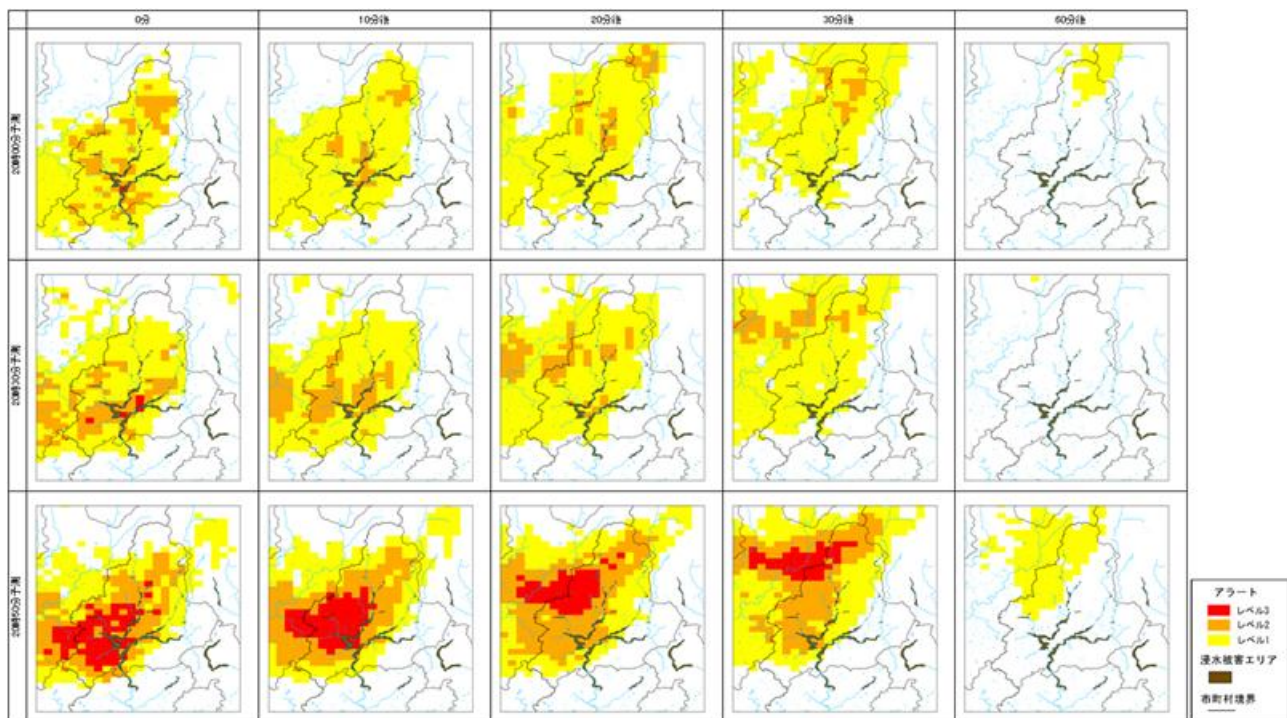


図-3 アラート結果および予測値の分布図(佐用町2009年8月9日20時、20時30分、20時50分の例)

図4に佐用町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。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。

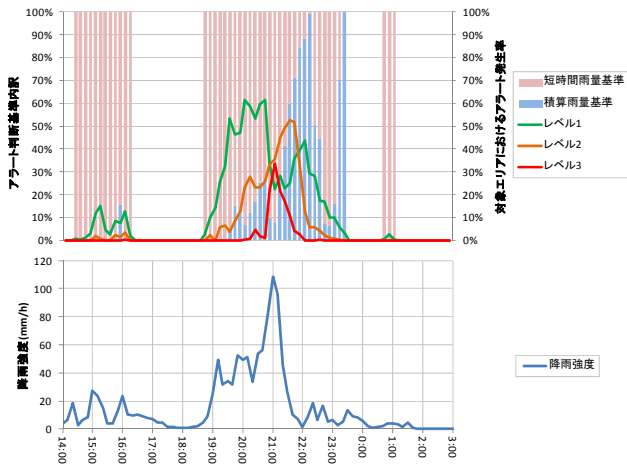


図4 アラート発令結果と降雨量の関係 (佐用町)

#### 4. 移動体端末での情報受信

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5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き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

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。

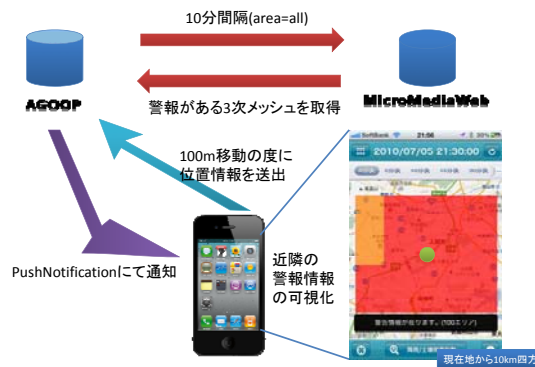


図5 スマートフォンアプリケーションへの情報提供の仕組み

#### 5. 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。

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仕組みを検討する。

**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。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。

#### 参考文献

- 1) 環境省: 気候変動 2007 統合報告書: [http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr\\_spm.pdf](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, [http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/ooametebiki\\_shiryu.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/ooametebiki_shiryu.pdf)
- 3) 社団法人電気通信事業協会ホームページ: <http://www.tca.or.jp/database/2012/04/1>
- 4) 林春男他: 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.
- 5) 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 [http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/hakusho/2009/HN20\\_09topics.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/hakusho/2009/HN20_09topics.pdf)
- 6) 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
- 7) 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.