

豪雨災害時の災害通報の特徴及び
土砂災害警戒情報発表基準等との関連に関する研究
-平成21年中国・九州北部豪雨災害における山口県防府市を対象に-

Analyzing the Emergency Call that is Caused by Heavy Rainfall and
Investigation of Relationship to the Sediment Disaster Warning
-Learned in Hofu City at the Chugoku, North Kyushu Heavy Rainfall in 2009-

北田 聡¹, 林 春男², 田村 圭子³, 井ノ口 宗成⁴, 元谷 豊⁵

Satoshi KITADA¹, Haruo HAYASHI², Keiko TAMURA³,
Munenari INOBUCHI⁴ and Yutaka MOTOYA⁵

¹ 京都大学大学院 情報学研究科

Graduate School of Informatics, Kyoto University

² 京都大学 防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

³ 新潟大学 危機管理室

Emergency Management Office, Niigata University

⁴ 新潟大学 災害復興科学センター

Research Center for Natural Hazards & Disaster Recovery, Niigata University

⁵ 株式会社 サイエンスクラフト

Science Craft Co., Ltd.

Public sectors should take advantage of intelligence for evacuation at a disaster. Yet, it is difficult due to unclear needs from residents and insufficient administrative resources. In this study, we collected the emergency calls published by Hofu city during the Chugoku, North Kyushu heavy rainfall in 2009. We found that it is hard for evacuees to predict the landslide. For this issue, we also collected the meteorological data associated with the landslide risk, and made a time-series comparison with the emergency calls. The method is suggested to improve the evacuation.

Keywords: Evacuation, Soil Water Index, Hofu city, heavy rainfall, emergency call, Sediment Disaster Warning.

1. 研究の背景と目的

(1) 背景

災害が発生すると、住民から消防や役場などといった行政機関に対し、被災を告げる連絡や、応急対応の要望などといった様々なものが寄せられる。こういった通報に対して、行政機関としては、住民の命や資産を守るため、適切な対応を取ることが求められる。この時、災害の規模が小さければ、それぞれの通報に1件ずつ対応していくことにより、解決を図ることが可能である。ところが、大規模な事案になってくにつれ、通報件数は増加するため、それぞれの案件ごとに対応していくことが事実上不可能となる。また、そのような災害通報に対応する職員が自然災害の発生プロセスについて理解しているとは限らない。こうした理由から、豪雨災害の発生前後において住民からどのような通報が来るのかをあらかじめ分析・把握しておくことは、災害時に行政としてどのようなことを求められるかを事前に知る上できわめて重

要であるし、そのニーズに応えられるような有用な情報提供の在り方を検討しておくことは必要であると考えられる。

(2) 豪雨災害時の災害通報と対応に関する既往の研究

これまでに、災害における被害の発生そのものに関する研究は古くから数多くなされてきた。一方で、そういった被害の発生に対して、住民がどのような反応を示し、自治体などに対して通報を行ったかという部分に関する研究は非常に少ないといえる。例としては、被災地の住民からの通報の内容を分析したものとして、細野(1983)の研究¹⁾が挙げられる。この研究では、消防署に寄せられた住民からの災害通報を崖崩れ、出水及び浸水、ガス漏れなどといったものに分類し、時系列による変化を見ている。つまり、被害を発生させたハザードという単一の視点から、その結果を時間経過と重ね合わせることで、分析を試みている。ただし、このような災害時における住民からの通報内容を被害を発生させたハザード

のみならず、被害発生箇所の土地利用区分や災害通報が行われた段階、質問及び要望の有無などといった複数の視点により分類し、その結果を組み合わせながら分析しているものや、その通報内容の全体像から浮かび上がってくる問題点を指摘し、その具体的な解決手段にまで踏み込んでいる研究はなされていないのが現状である。

(3) 本研究の目的

本研究では以下の手順を用いて、最終的に自治体などが災害発生直前までの段階で持ち合わせている情報資源を最大限に活用し、住民に対し、避難などの行動を判断していく上で有効となる情報を提供していけるような方策を見出すことを目指す。

- ・ 住民から寄せられた災害通報の結果を分析することで、通報内容の全体像を明らかにする。
- ・ 次に、役場に寄せられている災害通報から、災害発生当時に住民側が抱えていた問題点について分析する。
- ・ さらに、その問題の解決策として気象観測値を用いた土砂災害警戒情報の発表基準に着目し、その相関関係について考察を加える。
- ・ 最後に、気象予測値を用いて計算された土砂災害警戒情報の発表基準を、観測値によるものと比較し、その再現性について検討する。

2. 研究対象事例とした山口県防府市について

(1) 山口県防府市での被災事例

山口県防府市では、平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨において、7 月 21 日に気象庁の防府観測所では 1 時間雨量 72.5mm/h、24 時間雨量 275.0mm/h を観測するなど、いずれも観測史上 1 位となる記録的な大雨に見舞われた。この影響で、市内の各地で多数の土石流やがけ崩れ、河川の氾濫などが発生し、最終的にこの豪雨災害によって、19 名の方が犠牲となった。このうち、災害関連死として認定された 5 名を除く 14 名は、山崩れや土砂崩れ、土

石流といった土砂災害に巻き込まれたことが直接の死因とされている。また、その他にも重傷者が 12 名、軽傷者が 22 名、家屋全壊が 30 棟、床上浸水が 113 棟と、市内に大きな被害をもたらした²⁾。

図 1 は当日の気象庁防府観測所における時間降水量の推移及び主な出来事を時系列であらわしたものであるが、ここからも見て取れるように、防府市には、朝早くから大雨・洪水警報や土砂災害警戒情報といった各種気象警報が発令されていた。しかし、市内に避難勧告が出され始めたのは、一地区では最多となる、7 名の犠牲者が発生した真尾地区にある老人介護施設への土石流災害が発生したおよそ 2 時間後となる、14 時 10 分からであった。このことから、メディアなどでは避難勧告発令の遅れを指摘する声もあがり、最終的には市長が対応の遅れを謝罪する一幕も見られた。

とは言え、当時の記録によると、7 月 21 日の 8 時から 23 時までのおよそ 15 時間の間に 773 件という、大量の市民からの災害に関する通報が市役所に寄せられていたことがわかっている。このような事情を鑑みると、当日の市役所は住民による大量の災害通報への対応に追われている状況下であり、そういった中で住民に対して、適切なタイミングで避難勧告を発令することが容易ではなかったことが考えられる。また同時に、市民からこれだけの数の通報が寄せられているにも関わらず、その通報内容や件数に基づいて避難勧告を発令することができなかったという点に関しては、防府市における危機管理体制に問題があった可能性も考えられる。

(3) 災害通報受信票の存在

防府市では、この平成 21 年 7 月中国・九州豪雨災害に見舞われた際、先に紹介した市民から寄せられた大量の災害通報の内容を、災害通報受信票というものに記録し、保存していた。この災害通報受信票には、通報の受付時間、発信先の地域・場所、通報された被害内容、対応部署が記録されている。表 1 は、この災害通報受信票の内容を集約したものの記載例である。

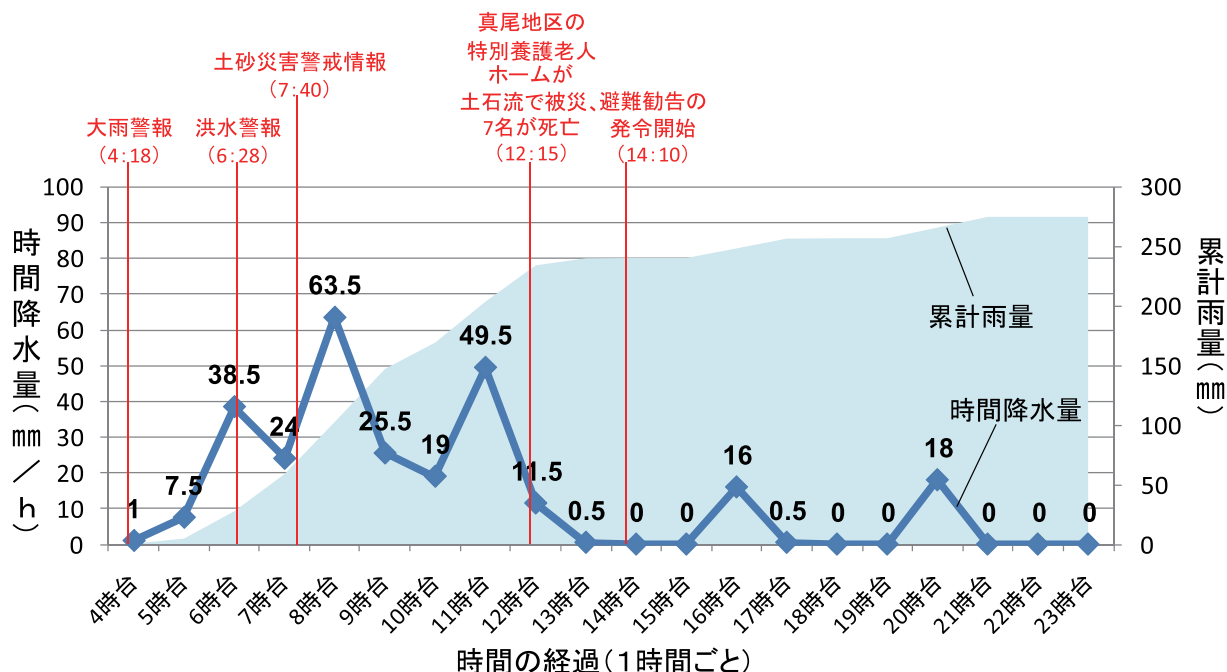


図 1 2009 年 7 月 21 日の気象庁防府観測所における時間降水量・累計雨量の推移と主な出来事

表 1 災害通報受信票を集約したもの記載例

受付時間	地域・場所	被害状況	対応部署
8:00 (2件)	牟礼(上木部) 佐波二丁目	・水路越流し家屋内に流れ込み ・用水溢水により宅内床下浸水	河川港湾課
8:05 (1件)	平和町	・床下浸水、消毒依頼	河川港湾課
8:15 (3件)	上右田(2) 平和町	・阿部谷川が溢れている(2) ・床下浸水	河川港湾課
8:30 (8件)	南松崎町 高倉(2) 敷山町 江泊(2) 久兼 桑山二丁目	・水路氾濫 ・床下浸水 ・道路へ溢水、まだ家に入っていない ・久兼川の越流と裏山からの出水で孤立 ・水路が溢れ道路が冠水、一部民家に浸水(2) ・山から水が来ている、現場を見てほしい(2)	河川港湾課 農業農村課 林務水産課

本研究ではこの災害通報受信票を、災害時における住民の反応を示している情報資料であると定義し、内容を時系列に沿って分析していくことによって、豪雨災害の発生した7月21日に、市民からどのような情報が寄せられていたかを読み解くことを試みる。ただし、これらの通報の中には、警戒巡視などを実施している防府市の関係者からの通報内容が、情報が錯綜する中で紛れ込んでいることに留意する必要がある。分析の対象とするのは、当日の8時から23時までの間に寄せられた773件の通報のうち、発信時刻が判明していない188件を除く585件である。災害通報受信票の分析手法については、次章で述べる。

3. 災害通報受信票データの分類・整理

災害通報受信票の記述は、精度、形式などの点で統一されていないため、ここでは分析に適するように受信票データを分類・整理する

(1) 災害通報受信票の分類結果

表1は災害通報受信票を集約したものの一例を取り出したものであるが、これを見ると、通報の受付時間ごとに、通報のあった地域・場所、被害状況、対応部署が記録されていることが分かる。ただし、同一時間に複数の通報が寄せられた場合については、地域・場所と被害状況、対応部署がどのようにつながっているかが分からない。そこで、本研究では、災害通報受信票の項目における対応部署と被害状況の2項目を、それぞれについて時間経過に沿って分析していくことを試みる。

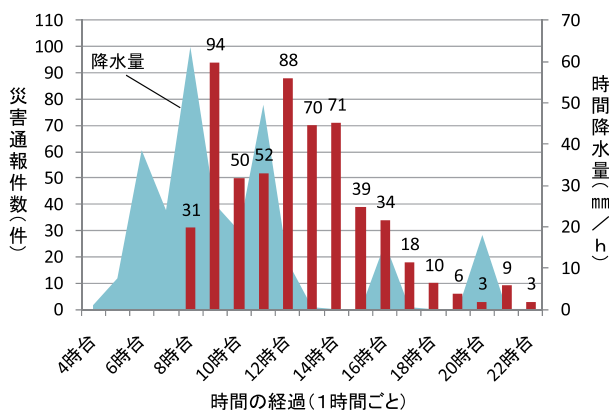


図2 災害通報件数の時間推移

まず、全体の通報件数推移としては、図2のように展開された。ここから、市民による災害の通報件数は9時台の94件を筆頭に、12時台、14時台、13時台の順に多かったことが見てとれる。このうち、最も通報の多かった9時台は、時間雨量が25.5mm/hと、当日の中では4番目に雨量の多い時間帯であった。ただし、他に通報の多かった12時台から14時台の雨量などを見てみると、決して雨は多くない時間帯であったことがわかる。この理由としては、以下の2つが考えられる。

- ・ 気象庁の観測所は防府市内に1つしか設置されておらず、市内でも雨量の分布に差異が見られる可能性が大きいこと
- ・ 豪雨災害の発生は必ずしもその時点での時間降水量と密接な相関関係にあるとは言えず、それまでの累計雨量などといった、別の要素が相関関係を示す可能性があること

次に、対応部署に関しては、災害通報受信票においては、課単位で表記されている。ここで、それぞれの課の対応について見られれば良いが、表1からもわかるように対応件数として集計することは不可能である。そこで、対応件数ではなく、災害通報受信票を集約したものに対応部署として登場した回数（以下、対応回数）として集計した結果、河川港湾課、道路課、林務水産課、農業農村課、消防が上位5部署であることが分かった。この5部署及び全体の対応回数と当日の降り始めからの雨量の推移を表したものが図3である。この時、消防は消防本部及び出張所、分団により対応したものを合わせて集計している。

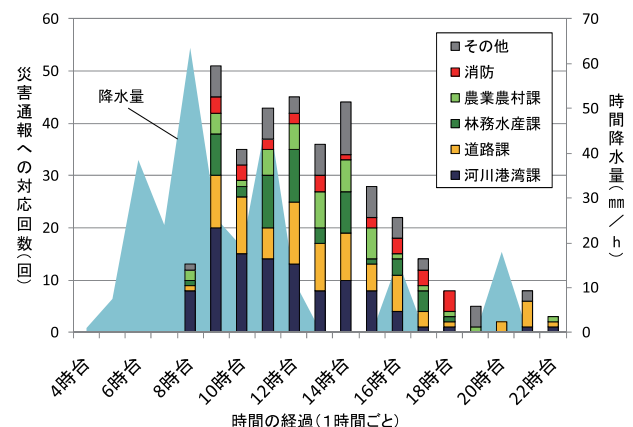


図3 部署ごとの対応回数の時間推移

図 3 からは、対応回数のうち、およそ半数が河川港湾課と道路課といった、土木都市建設部にあたる部署によって占められていることがわかる。また、次いで、林務水産課や農業農村課といった、第一次産業について担当している産業振興部にあたる部署も、災害時には多くの対応を求められていることが見てとれる。

被害内容については、「道路の冠水」と「市道の冠水」、あるいは「川の氾濫」と「河川の氾濫」といったように、内容が非常に近いものが多数現れた。また、「裏山が崩れそう」と「裏山崩れた」のように、被害を引き起こすハザードは同じだが、崩れた前か後かが違っているようなものなど、その表記にはさまざまな特徴が見られた。そこで、本研究では、被害内容を 4 つの分類軸を用いて分析している。この 4 つの分類軸の詳細については、次節にて触れることとする。

(2) 被害内容のカテゴリ分け

被害内容をカテゴリ分けするにあたっては、被害の発生した場所の土地利用区分、災害通報が行われた段階、被害を引き起こしたハザード（外力）、質問及び要望内容の明記の有無という 4 つの分類軸を用いた。その分類結果の一例が表 2 である。

被害の発生場所の土地利用区分としては、ため池、河川、用水路、山地、住宅、道路、農地、判別不能の 7 種類に分類することとし、いずれとも判断できないものは判別不能とした。この時、「山崩れで道が塞がれている」といったように、複数の部分が記述されているものに関しては、被害の到達地点（この場合では道路）を被害発生場所として定義した。これは、ハザードの発生地点ではなく、被害の発生場所としていることがポイントとなっている。

災害通報が行われた段階としては、「ため池決壊しそう」など、危険性実害の発生前である災害発生のおそれの段階でのもの、実害の発生を伝えるような被害発生段階でのもの、「園児 女 4 男 3 人搬送」など、被災者の安否確認などについて知らせているような救助活動段階でのものといった 3 つの時期区分を設け、いずれにも分類することができなかったものについては、判別不能とした。

被害を引き起こすハザード（外力）については、第 1 階層として、洪水災害と地盤災害、火災、停電の 4 つに分類し、特定できないものは判別不能とした。

このうち、洪水災害はさらに第 2 階層で氾濫と浸水の 2 種類に大別された。前者は河川やため池、用水路の状況について示されているもの、後者では単純に浸水の状況のみが記されたものである。また、地盤災害については、第 2 階層で土砂災害、法面崩壊、鉄砲水、道路の崩壊、地盤の緩みによって引き起こされる倒木の 5 種類に分類した。さらに、それより下の階層についても、必要に応じて分類を実施した。

また、質問及び要望内容の明記の有無については、「消毒希望」や「住宅が流されたと聞いたが状況は」など、質問及び要望の内容が明記されているものを「あり」、その他のものを「なし」として扱うこととした。

4. 災害通報受信票の分析結果

(1) 災害通報内容の全体像

前章で述べたような形式で、災害通報受信票における被害内容を分析するという作業を実施した。ここでは、通報内容の全体像と、時間による移り変わり、あるいは

表 2 防府市役所に寄せられた被害状況についての分類例

件数	詳細内容	被害を発生させたハザード				土地利用区分	災害通報が行われた段階	質問及び要望
		第1階層	第2階層	第3階層	第4階層			
107	床下浸水	洪水災害	浸水	屋内		住宅	被害発生	なし
18	土砂崩れ	地盤災害	土砂災害	がけ崩れ		山地	被害発生	なし
17	道路の冠水	洪水災害	浸水	屋外		道路	被害発生	なし
15	床上浸水	洪水災害	浸水	屋内		住宅	被害発生	なし
10	土嚢要望	判別不能				判別不能	災害発生のおそれ	あり
8	川の氾濫	洪水災害	氾濫	外水氾濫	判別不能	河川	被害発生	なし
7	裏山崩れた	地盤災害	土砂災害	がけ崩れ		山地	被害発生	なし
7	山崩れ	地盤災害	土砂災害	がけ崩れ		山地	被害発生	なし
7	水路氾濫	洪水災害	氾濫	内水氾濫		用水路	被害発生	なし
6	道路陥没	地盤災害	道路崩壊			道路	被害発生	なし
4	床下浸水、消毒希望	洪水災害	浸水	屋内		住宅	被害発生	あり
3	市道の冠水	洪水災害	浸水	屋外		道路	被害発生	なし
3	道路崩壊	地盤災害	道路崩壊			道路	被害発生	なし
3	河川氾濫	洪水災害	氾濫	外水氾濫	判別不能	河川	被害発生	なし
3	ため池決壊しそう	洪水災害	氾濫	ため池氾濫	破堤	ため池	災害発生のおそれ	なし
2	裏山から水が出ている	地盤災害	鉄砲水			山地	被害発生	なし
2	山から水が来ている、現場を見てほしい	地盤災害	鉄砲水			山地	被害発生	あり
2	床下浸水、消毒依頼	洪水災害	浸水	屋内		住宅	被害発生	あり
2	農道が崩れた	地盤災害	道路崩壊			道路	被害発生	なし
2	裏山が崩れそう	地盤災害	土砂災害	がけ崩れ		山地	災害発生のおそれ	なし
2	阿部谷川が溢れている	洪水災害	氾濫	外水氾濫	越水	河川	被害発生	なし
2	三谷川決壊	洪水災害	氾濫	外水氾濫	破堤	河川	被害発生	なし
2	護岸の崩壊	洪水災害	氾濫	外水氾濫	護岸崩壊	河川	被害発生	なし
2	河川護岸崩壊	洪水災害	氾濫	外水氾濫	護岸崩壊	河川	被害発生	なし
2	水路が溢れ道路が冠水、一部民家に浸水	洪水災害	氾濫	内水氾濫		住宅	被害発生	なし
2	家から出られない	判別不能				住宅	被害発生	なし
2	消毒依頼	判別不能				判別不能	被害発生	あり

降雨量との関連性の有無を明らかにする。

1 つ目の評価軸である被害の発生場所の土地利用区分について分類すると、被害を受けた場所として最も多いのは、住宅における被害を伝えるものであり、全体のうちでも 1/3 を上回る 205 件であることが分かった。また、2 番目に多かったのは道路であり、120 件であった。この住宅と道路での発生件数を足し合わせると 325 件となり、全件数の過半数を占める。このように、人々の生活領域に近いところでの被害ほど、通報件数も多いということがわかる。ただし、山地や河川、用水路にため池といった森林や水辺のような箇所における被害状況も全体の 3 割ほどを占めており、一概に生活領域に近いところにしか着目していなかったというわけではないことも見て取れる。また、雨量とともに時間の推移に従ってまとめると図 4 のようになった。時間の移り変わりによる変化としては、住宅や道路が通報件数の多かった 9 時台から 14 時台にかけて、変化が穏やかであるのに対し、山地や河川といった部分は急激な増減を繰り返している。特に、雨量が非常に高い数値を記録した直後の時間帯である 9 時台と 12 時台で件数が急増しており、このことから雨量の変化はとりわけ山地や河川などといった自然に近い部分に大きな影響を与えていると言える。

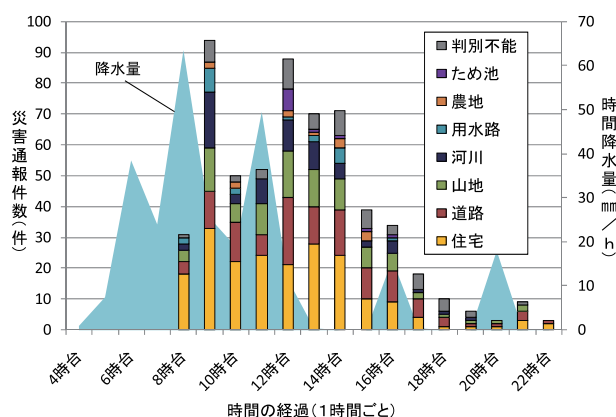


図 4 被害の発生場所の土地利用区分の移り変わり

次に、災害通報が行われた段階としては、全体の通報のうち、85%近くとなる 503 件が被害発生段階での通報となっていることが分かった。また、その一方で災害発生前に災害発生のおそれの段階であることを知らせる通報は 65 件と全体の 1 割程度にとどまっており、何らかの形で災害が発生する予兆を感じての通報というものもある程度は存在はしているものの、かなり少数派であることがうかがえる。また、この災害通報が行われた段階の時系列的な変化を現したものが図 5 である。この結果からは、この災害発生のおそれを知らせる通報については、11 時台、あるいは 12 時台に多少全体に占める割合が高くなってはいるものの、いずれも全体の 2 割以下となっている。このことから、災害発生のおそれを伝える通報件数は全ての時間帯を通して少ない傾向にあることが明らかとなった。

被害を引き起こすハザードを第 1 階層で分類すると、被害内容の半数を上回る約 6 割となる 339 件が洪水災害によるものであり、約 3 割にあたる 184 件が地盤災害によるものであったことがわかった。他にも、約 1 割にあたる 58 件が判別不能と分類された。この主な例として

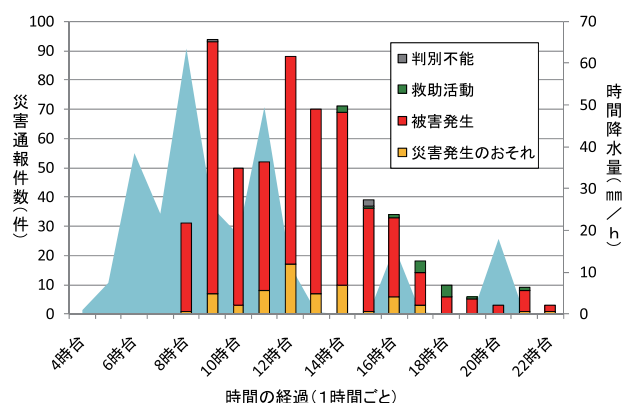


図 5 災害通報が行われた段階の移り変わり

は、「土嚢要望」、「家から出られない」といったような、どのようなことが起こっているかをある程度想像することはできるものの、文章からは被害を引き起こしたハザードを特定するには至らなかったものも多く含んでいる。

また、これを更にもう 1 段階掘り下げ、第 2 階層で分類すると、洪水災害による被害の通報のうち、6 割以上の 214 件が家屋や道路、農地などといった浸水を伝える通報であり、残りの 125 件が河川やため池、用水路の氾濫を伝えるものであった。また、地盤災害による被害の通報としては、その 2/3 近くにあたる 119 件が、がけ崩れあるいは土石流といった土砂災害の発生を伝えるものであることが明らかとなった。

この被害を引き起こしたハザードの時間ごとの推移を第 1 階層のものであらわしたものが図 6 である。この図からは、時間が遅くなればなるほど、洪水災害よりも地盤災害の割合が大きくなっていくことがわかる。また、双方のピークにも差がみられ、洪水災害は降雨のピークと同じく、9 時台に件数が最大となっているのに対し、地盤災害は決して雨が強いとは言えない 12 時台から 14 時台にかけてピークが現れている。このことは、豪雨災害において、被害を引き起こすハザードは時間の移り変わりと共に特徴が変わりゆくことを示しているとみることができる。

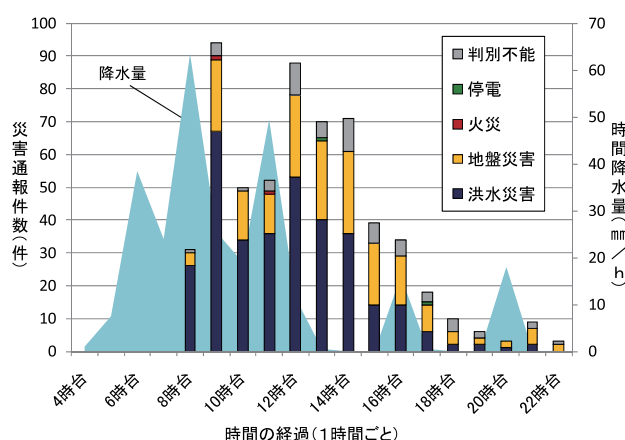


図 6 被害を引き起こすハザード（第 1 階層）の移り変わり

4 つ目の軸である、質問及び要望の有無によって通報件数をまとめると、全ての通報のうち、質問あるいは要望内容がきちんと記録されているものは約 1 割にあたる 59 件であることが分かった。つまり、残る 9 割にあたる 526 件については状況の報告しか記録されていない。

表 3 被害を引き起こすハザードが氾濫か土砂災害かによる災害通報が行われた段階の違い

		災害通報が行われた段階		合計
		災害発生のおそれ	被害発生	
被害を引き起こすハザード	氾濫	34	91	125
	土砂災害	10	104	114
合計		44	195	239

(2) 災害通報が行われた段階による通報内容の違い

前節において、被害を引き起こすハザード、被害発生場所の土地利用区分、災害通報が行われた段階、質問及び要望の有無の内訳及び時系列に伴う変化の特徴が明らかとなった。この際に明らかとされたことの 1 つとして、時間が過ぎていくにつれて、被害を引き起こすハザードの特徴が移り変わっていくことが挙げられる。

そこで、被害を引き起こすハザード別に、災害通報が行われた段階を整理してまとめた。この際、被害を引き起こすハザードとしては、より詳細に見るため、第 2 階層のものをを用いた。すると、表 3 のように被害を引き起こすハザードによって、とりわけ氾濫と土砂災害において、どのような災害通報が行われた段階で災害通報がされているかについての大きな違いが見られた。そこで、被害を引き起こすハザードのうち、ため池や河川、用水路などの状況を示すものが主となる氾濫と、自然斜面における土砂の状況を示しているものが大半の土砂災害に絞って、災害通報が行われた段階における災害発生のおそれと被害発生段階の分布に有意差があるかどうかを検証する。

検証に際しては、この差が有意であるかどうかを、ピアソンのカイ二乗検定を用いる。まず、帰無仮説を「ハザードが氾濫と土砂災害であることによって、災害通報が行われた段階に差は発生しない」として、有意水準 1% の下に検証した。そうしたところ、カイ二乗値は 13.48 を示し、帰無仮説は棄却された。このことから、本研究の対象事例である平成 21 年中国・九州北部豪雨災害においては、ハザードが氾濫か土砂災害かであることが、山口県防府市における災害通報が行われた段階に影響を与えていると言える。ただし、このような結果となった背景には、河川などの監視が容易な日中に災害通報が集中していることを考慮する必要がある。

つまり、今回の山口県防府市におけるケースのような条件下では、土砂災害による災害は氾濫による災害に比べ、被害が発生する前にあたる災害発生のおそれの段階での通報が統計的にも少ないことが確認できたのである。このことは、住民にとって、土砂災害が氾濫に比べて、被害の発生予測が困難であったか、あるいは引き起こす被害の規模が小さいといういずれかの可能性を提示していると考えられる。しかし、この豪雨災害においては、防府市での 19 名の犠牲者のうち、災害関連死と認定された 5 名を除く 14 名全員が、山崩れやがけ崩れ、土石流と

いった土砂災害によって亡くなっていることから、決して引き起こす被害の規模が小さいとは言えない。かねてから、目視による監視が容易な河川の増水による浸水などに対して、土砂災害の予測が困難であることは指摘されていた³⁾。加えて、災害通報を用いた分析によっても、従来から指摘されている土砂災害による被害の発生予測の困難さが再確認されたと言える。

5. 気象観測値との比較検討

本章では、ここまでの災害通報受信票の分析によって得られた、現時点での課題を解決する方策を検討する。更にはそこでの結果を踏まえ、考えられる解決策の有効性について検証を実施し、考察を加える。

(1) 土砂災害の発生予測の現状

災害通報受信票の分析から、土砂災害による災害は氾濫災害に比べて、住民にとっては被害の発生予測が困難であることが分かっている。こうした問題を解決すべく、土砂災害を予測するような技術は現時点でも存在している。3 章にもあるように、当日朝 7 時 40 分の時点で、下関地方気象台と山口県からは急傾斜地の崩壊と土石流の発生の危険性を知らせる、土砂災害警戒情報が発表されていたのである。この土砂災害警戒情報は、2005 年 9 月に鹿児島県で発表を開始したのを皮切りに、2008 年 3 月以降は全国で提供されているものであり、市町村長の避難勧告の判断や、住民による自主避難の判断に資することが主な目的とされている。

ここからは、この土砂災害警戒情報の発表基準と、市民からの土砂災害の発生を知らせる通報件数とを重ね合わせ、比較することによって、その相関関係を解明することを試みる。

(2) 土砂災害警戒情報の発表基準

山口県においては、土砂災害警戒情報の発表は、図 7 のように土壌雨量指数と 60 分間積算雨量という、2 つの要素によって決められている。土壌雨量指数とは、土壌中に貯留されている水分量をあらわす指数のことであり、その数値が土砂災害の発生件数と深い関連性を持っていることは、岡田ら(2001)の研究⁴⁾によって明らかにされている。また、60 分間積算雨量とは、その時間までの直近 60 分間の雨量を足し合わせたもののことを指す。この 2 つの要素のうち、土壌雨量指数を X 軸に、60 分間積算雨量を Y 軸とし、過去の土砂災害の発生した際のデータを座標上に入力し、その実績に応じて、図 7 のように危険度の判定基準となる線（クリティカルライン：CL）などといった様々な基準を設定している。そして、数時間先の降雨予測データ、あるいはその時点での状況を用いてそれぞれの軸の値を算出した結果、基準線を超えると予測された場合には、都道府県及び気象台によって土砂災害警戒情報が発表されることとなっている。

(3) 土砂災害の通報件数と気象観測値との時間的な推移の比較

本研究では、実測値として気象庁の防府気象観測所の降雨量データを、予測値として山口県土砂災害警戒情報システムが使用している 3 時間先までの予測雨量（防府気象観測所にもっとも近い地域メッシュのもの）を用い

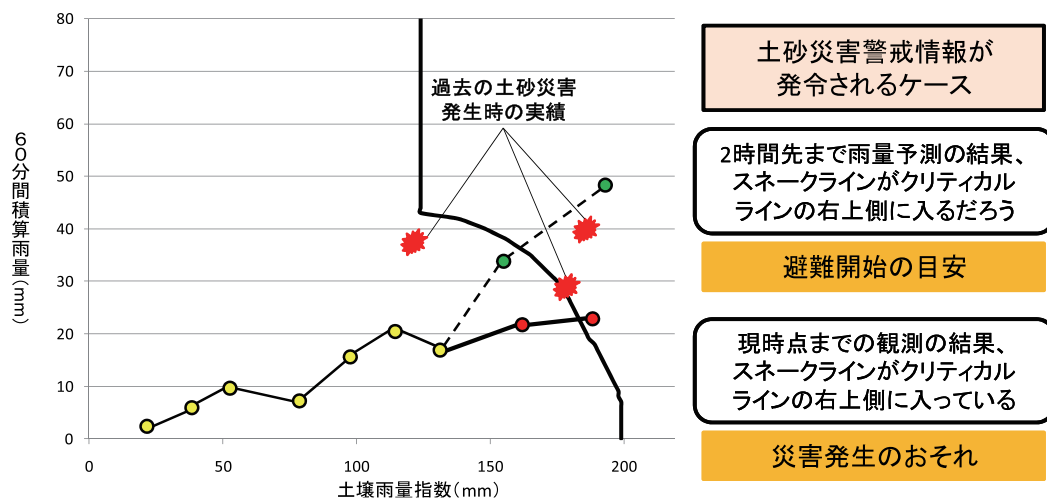


図7 山口県における土砂災害警戒情報の発表基準

て、土壌雨量指数及び60分間積算雨量を算出し、実際にスネークラインを作ることとした。この際、土壌雨量指数の算出に際しては、最低2週間以上の先行降雨を考慮する必要がある⁴⁾が、本研究ではそれよりも十分に長い約4週間前の雨量から考慮した。土壌雨量指数の計算式¹⁾については、気象庁が用いているタンクモデルと同様の、Ishihara & Kobatake(1979)によるモデル⁵⁾を用いた。以上のような手法によって計算し、初めに土壌雨量指数のみを、土砂災害、そして氾濫の発生通報件数とを重ね合わせた結果、図8のようになった。この結果によると、土壌雨量指数のピーク値と土砂災害の発生を通報する件数のピーク値はきれいに合致している。一方で、氾濫の発生を通報する件数とは、ピークも一致せず、数値との関わりもあり見られない。この結果から、土壌雨量指数という指標は、土砂災害という自然現象の発生件数のみならず、土砂災害の発生を目撃した住民による、被害発生の通報件数に対しても、強い相関関係を示しているということが確認できる。

次に、このようにして土壌雨量指数との深い相関性が確認できた土砂災害の発生を通報する件数の大小を、図7のような土砂災害警戒情報の発表基準の座標上に表示することを試みる。この際、土壌雨量指数と60分間積算雨量の推移をあらわす線(スネークライン)を、通報件数の数値によって色分けすることとした。色分けする上では、当日の雨が降り初めである5時台から23時台までの土砂災害の1時間ごとの発生通報件数を、四分位法によって多い時間帯から表4のようにレベルIVからレベルIまで分類した。

こうして設定された通報件数のレベルを用いて土砂災害警戒情報の発表基準となる座標に実況値による雨量から算出したスネークラインに色を付けたものが図9である。図9を見ると、最も通報件数の多かった時間帯は、ほぼ土砂災害警戒情報の発表基準線よりも右上の危険な状態にあることが分かる。また、レベルIVとされる最も

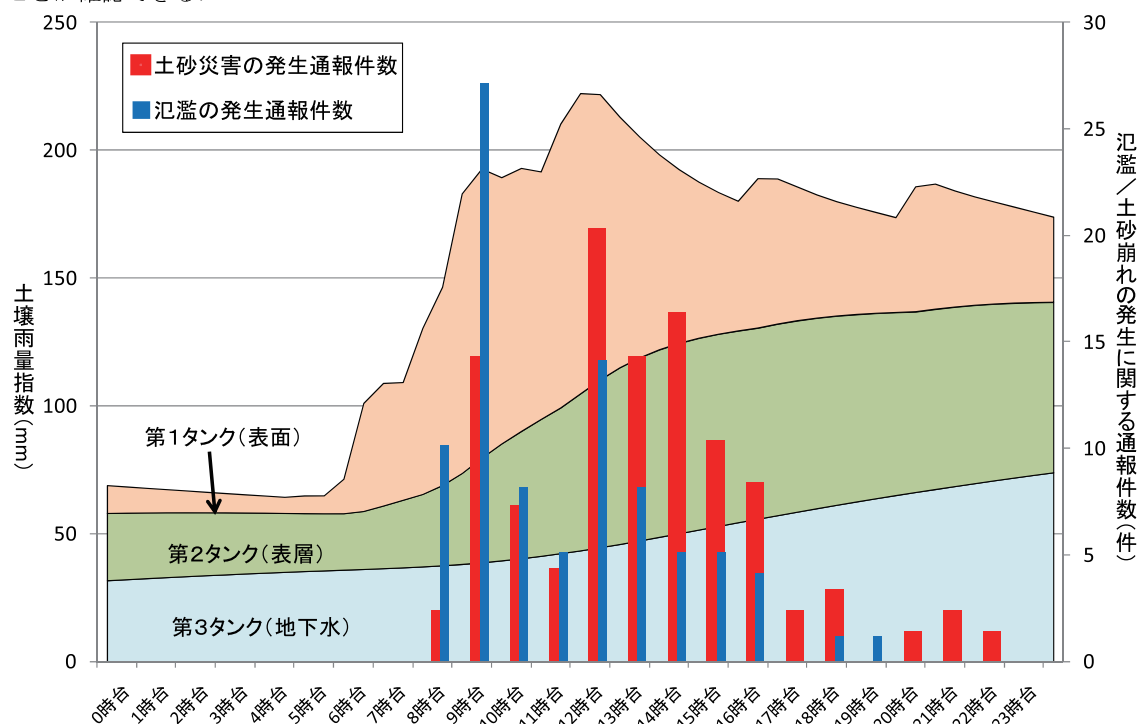


図8 土壌雨量指数と氾濫あるいは土砂災害の発生に関する通報件数の推移の比較

表 4 土砂災害の発生通報件数のレベル付け

	件数	レベル		件数	レベル
5時台	0	I	15時台	10	Ⅲ
6時台	0	I	16時台	8	Ⅲ
7時台	0	I	17時台	2	Ⅱ
8時台	2	Ⅱ	18時台	3	Ⅲ
9時台	14	Ⅳ	19時台	0	I
10時台	7	Ⅲ	20時台	1	Ⅱ
11時台	4	Ⅲ	21時台	2	Ⅱ
12時台	20	Ⅳ	22時台	1	Ⅱ
13時台	14	Ⅳ	23時台	0	I
14時台	16	Ⅳ			

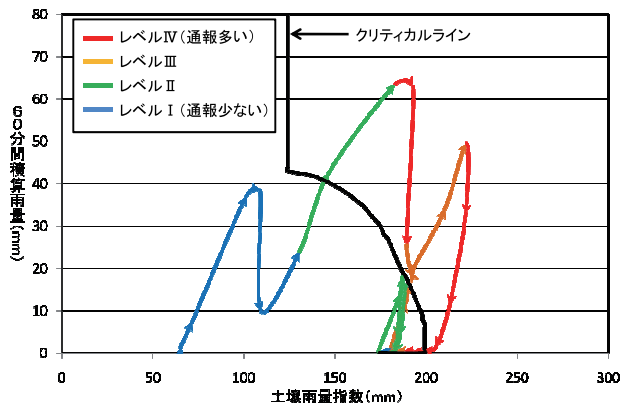


図 9 実況値によるスネークラインの動きと土砂災害発生通報件数の大小

通報件数の多い時間帯のタイミングは、スネークラインが右上に放物線を描き終わり、ちょうど急激に落下しはじめるあたりからとなっていることが分かる。このことから、行政に対して土砂災害による被害の発生を訴える内容の通報件数は、土砂災害警戒情報における発表基準と非常に大きな関係性を持っていることが明らかとなった。

次に、予測雨量による 60 分間積算雨量及び土壌雨量指数のおおよその挙動と、実測雨量によるクリティカルライン（以下、実測 CL）を比較し、その挙動の再現性を検討することを試み、図 10～12 を作成した。図 9 と図 10～12 の関係は以下の通りである。

図 9：7 月 21 日 5 時から 24 時までの実測 CL

図 10：7 月 21 日 4 時から 23 時までの、各時点における 1 時間予測雨量を用いて算出した土壌雨量指数及び 60 分間積算雨量をプロットし、つなぎ合わせた上で実測 CL と比較したもの

図 11：7 月 21 日 3 時から 22 時までの、各時点における 2 時間予測雨量を用いて算出した土壌雨量指数及び 60 分間積算雨量をプロットし、つなぎ合わせた上で実測 CL と比較したもの

図 12：7 月 21 日 2 時から 21 時までの、各時点における 3 時間予測雨量を用いて算出した土壌雨量指数及び 60 分間積算雨量をプロットし、つなぎ合わせた上で実測 CL と比較したもの

本研究では便宜上、予測雨量を用いて算出した土壌雨量指数及び 60 分間積算雨量をプロットし、つなぎ合わせたこれらのラインを図 10 から順に 1 時間予測ライン、2 時間予測ライン、3 時間予測ラインと名付ける。

こうして図 10～12 から予測値の再現性を見てみると、

1 時間予測ラインは実測 CL と非常に近い動きを見せているのに対し、2 時間予測ライン及び 3 時間予測ラインは実測 CL と比較すると大きくかけ離れた動きをしている部分が見受けられる。実測 CL を見ると、2 度クリティカルラインを大きく右上側に超えていった危険な時間帯が存在していたことが分かる。それぞれの予測値によるラインを見てみると、1 時間予測ラインでは、2 度の危険な時間帯の存在をともに予測できている。しかし、2 時間予測ラインでは、1 回目の予測に失敗している。さらに 3 時間予測ラインとなると、2 回目の予測をきょうじて予測できたにすぎないことがわかる。このようなことから、少なくとも今回の大雨の場合においては、1 時間予測雨量を用いていけば、危険な状態が発生するかどうかについては、かなり正確に現実を予測できていたといえる。

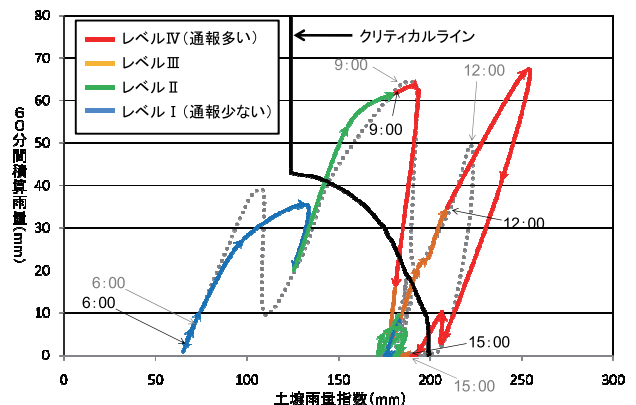


図 10 1 時間予測ラインと実測 CL との比較

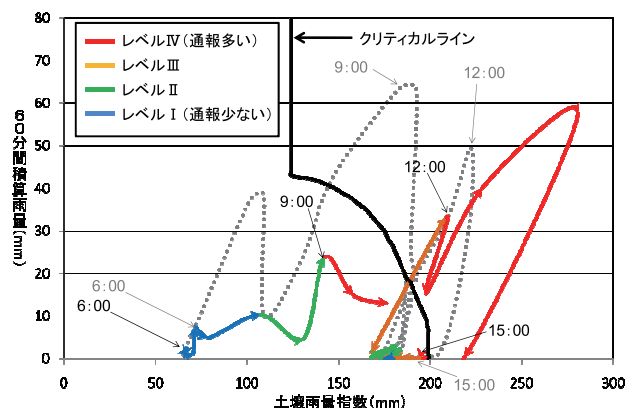


図 11 2 時間予測ラインと実測 CL との比較

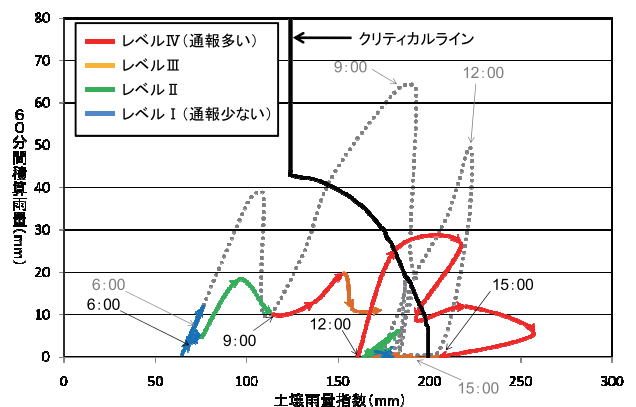


図 12 3 時間予測ラインと実測 CL との比較

この結果は土砂災害警戒情報の仕組みを現在以上に活

用することが出来る可能性を示すものであると考えられる。現在、山口県では住民に対して、土砂災害警戒情報に関する情報としては、

危険度レベル1：今後の雨量に注意

危険度レベル2：避難準備開始の目安

危険度レベル3：避難開始の目安

危険度レベル4：土砂災害発生のおそれ

といった4段階で発表されており、スネークラインについては原則として非公開の形式をとっている。今回の災害通報を用いた研究からは、土砂災害警戒情報における実況雨量、あるいは1時間後の予測雨量から描かれたスネークラインの動きが、土砂災害の発生予測に有効であることが明らかとなった。それならば、住民の方々に対してもこの実況値及びおよそ1時間程度までの予測値に基づいたスネークラインの動きを公開することによって、短期間でかつ局所的な大雨による危険な状態の推定が可能になると考えられる。

6. まとめ

本研究では、平成21年中国・九州北部豪雨災害における山口県防府市での住民からの災害通報受信票を分析することによって、豪雨災害に対して住民が一体どのような反応を示していたかといったことについて、複数の視点からの分析を行った。このようにして、通報内容の全体像を分析する中で、被害の発生要因となったハザードが土砂災害である場合、氾濫の場合と比較するとその発生を事前に予測することは、非常に難しいことが災害通報を用いた今回の研究でも先行研究と同様に確認することができた。

そこで、この土砂災害の発生を予測することが難しい中で、自然災害の発生プロセスを理解してない職員でも災害対応に従事し、適切な情報発信を行うための指標として、土砂災害の発生危険度を表す土砂災害警戒情報の発表基準に着目し、その上で土砂災害の発生被害の通報件数の推移と重ね合わせてみたところ、両者には相関関係が見られるということが分かった。

このような分析結果を踏まえて、現在は土砂災害警戒情報の発表判断材料として用いられており、土壌雨量指数と60分間積算雨量の推移をXY平面上にあらわしているスネークラインの動きを、実況値あるいは信頼できる範囲での予測値によるものに限定して、住民の方たちに対しても常時モニタリングが可能となるようなシステムを構築していくことにより、住民への適切な情報提供を人的・物的資源が限られている中で実施していくことに対する、1つの有効なアプローチ方法であるという結論にたどり着いた。

7. 今後に向けて

本研究では、あくまでもその地域に住む住民に向けた、情報提供という視点から論じたが、今後の展開としてはその地域に本来住んでいる人と併せて、自動車などの移動中にその地域を通りがかったような人々に対しての情報提供も人々の安全を守るという視点から考えると、非常に重要となってくる。

そのような視点を持って考えると、本研究の成果については、Hayashi(2010)らの研究⁷⁾で提案されているような極めて狭いエリアであったり、あるいは車のような移動媒体に対しての災害時の情報提供に十分応用しうることが可能と考えられる。このようにして、通報内容の分析によって得られた知見を、他の既往研究などとも組み合わせながら、人々にとって災害による危機を予測し、回避する行動がとれるような仕組みづくりを目指していくことが重要となると考える。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(A)「福祉防災学の構築(研究代表者：立木茂雄 同志社大学)」で得られた成果の一部である。また、災害発生当日における予測降雨データをご提供いただきました山口県土木建築部砂防課の職員の方々には、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 細野義純：長崎水害時における災害通報記録の分析，火災，33(4)，pp12-17，1983.
- 2) 防府市ホームページ：豪雨による被害状況について，<http://www.city.hofu.yamaguchi.jp/1511bousai/210721/index3-higai.htm> (最終アクセス 2010.05.)
- 3) 水山高久：土砂災害の防止，軽減，自然災害科学，25-4，pp421-422，2007.
- 4) 岡田憲治，牧原康隆，新保明彦，永田和彦，国次雅司，斉藤清：土壌雨量指数，天気，48(5)，pp349-356，2001.
- 5) Ishihara, Y. and S. Kobatake：Runoff Model for Flood Forecasting, Bull.D.P.R.I., Kyoto Univ., 29, pp27-43, 1979.
- 6) 山口県ホームページ：土砂災害警戒情報や土砂災害降雨危険度の発表の目安について，<http://d-keikai.pref.yamaguchi.lg.jp/dosya/help/meyasu.html> (最終アクセス 2010.08.)
- 7) H.Hayashi, K.Tamura, S.Kitada and M.Sutoh：Smart Disaster Reduction Against Torrential Downpours: Micromedia Creation, Journal of Disaster Research, No.5-2, 2010.

(原稿受付 2010.5.29)

(登載決定 2010.9.12)