

防災気象情報に対応した洪水ハザードマップの検討

Study on Flood Hazard Map Linked with Disaster Prevention Weather Information

本間基寛

Motohiro HONMA

Synopsis

This study showed the development method of the flood hazard map linked with the disaster prevention weather information to be provided at the time of heavy rain as a case study in Kameoka city in the Katsura-river basin. It is hoped that this flood hazard map helps citizens remember the inundation situation easily at the time of heavy rain. In consideration of the characteristics between a spatial-temporal scale and a strength of rainfall, multiple rainfall scenarios were generated by combining various patterns of the rainfall area, duration and strength. Each rainfall scenario has been categorized as disaster prevention weather information related to an inundation disaster. Then, the distribution of inundation depth predicted in each disaster prevention weather information was calculated by RRI model. The developed map could provide the disaster prevention weather information which citizens should pay their attention according to the difference in precipitation characteristics.

キーワード: 防災気象情報, 洪水ハザードマップ, 複数の降水シナリオ, DAD解析, 避難計画

Keywords: disaster prevention weather information, flood hazard map, multiple rainfall scenario, DAD analysis, evacuation planning

1. はじめに

豪雨災害時に地域で予想される浸水範囲や浸水深の程度を示した情報として、洪水ハザードマップがある。洪水ハザードマップは、洪水予報等の伝達方法、避難場所その他洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保を図るための必要な事項などとともに、浸水想定区域及び想定される水深を表示した図面（浸水想定区域図）を記載したものである（国土交通省, 2013）。浸水想定区域図は、河川整備の基本となる降雨を想定外力とし、この外力条件をもとに河川が氾濫した場合に浸水が予想される区域及び水深を示している。

一方、豪雨による災害の発生危険度が高まっている際には、気象庁から大雨警報や大雨特別警報、記録的短時間大雨情報、土砂災害警戒情報といった防災気象情報が発表される。ただし、これらの防災気

象情報はあくまで外力（降雨量）に関する情報であり、浸水や土砂災害等の被害の程度を予測した情報とはなっていない。そのため、発表された防災気象情報がその地域にどのような災害をもたらすことを示唆しているのかのイメージが地域の住民に理解されていない可能性がある（本間, 2014）。豪雨時に住民や自治体が適切な防災対応行動をとるためには、豪雨時に得られる防災気象情報と浸水状況を表す洪水ハザードマップが対応したものとなっていることが望ましい。

そこで本研究では、防災気象情報や洪水ハザードマップに関する現状と課題について整理するとともに、地域住民が防災気象情報から容易に浸水状況を想起することができることを目的とした「防災気象情報対応型洪水ハザードマップ」の開発手法について提案する。

2. 防災気象情報や洪水ハザードマップに関する現状の課題と解決の方向性

洪水ハザードマップを平時から整備しておくことにより、住民の避難の際のマニュアルとして有効活用されるとともに、自治体での事前の避難計画の検討及び豪雨時における避難勧告・指示のための基本資料としての活用が期待される。しかしながら、洪水ハザードマップに関してはいくつかの問題点が指摘されている。ここでは、洪水ハザードマップを活用し避難する立場の住民と、住民への危険度周知や避難誘導を的確に実施する立場である河川管理や自治体のそれぞれの視点から、洪水ハザードマップに関する問題点を整理する。

2.1 災害イメージの固定化

住民の立場からは、浸水リスクの理解に関する問題がある。一般的に、洪水ハザードマップに示される浸水想定区域図は、河川整備基本方針にもとづいて定められた計画降雨を想定降雨シナリオとし、その降雨が発生した場合の降雨流出、河道洪水追跡、氾濫・浸水状況を数値シミュレーションによって予測し、その結果を想定浸水区域及び浸水深分布として地図上に表記したものである。片田ら（2007）が指摘しているように、洪水ハザードマップに示される予想浸水深は、ある条件に基づく一つの氾濫シミュレーションの結果に過ぎない。ところが、想定を上回るような降雨となった場合には、浸水深が浅いところ、または浸水想定区域外でも大きな浸水深となる可能性が考えられるが、受け手の住民は洪水ハザードマップで示された予想浸水深が将来の洪水で発生するものと認識され、災害イメージの固定化をもたらす可能性がある。

2.2 「想定」と比較できない防災気象情報

浸水リスクの理解に関しては、洪水ハザードマップで想定している計画降雨と比較するための防災気象情報や降雨量情報の提供が不十分である点も挙げられる。前節で述べたように、浸水想定区域図の作成にあたっては想定降雨シナリオを定めているが、豪雨時において現在進行中の降雨が洪水ハザードマップでの想定降雨と同程度なのか、あるいはそれを上回る降雨となっているのかを容易に判断することができる情報は今のところ存在しない。そもそも、住民の中でも「どのような防災気象情報が発表されたら、自宅が危険な状況になる可能性があるか理解している」という人は決して多くはない（本間, 2014）。牛山（2014）は、浸水想定区域内あるいはその周辺に居住しているにも関わらず、大雨特別警報の発表

を聞いたとしても、避難や自家用車移動の対応を「確実に実行する」のは約1割、「実行する可能性はある」でも最大4割程度に止まることを報告している。つまり、避難等の対応行動を促すための防災気象情報が発表され、住民がそれを取得したとしても、その情報が地域や自らの居住地にどのような浸水被害をもたらす可能性があるのかを十分にイメージできていないことが考えられる。

2.3 住民の水害イメージとのギャップ

想定浸水区域は、洪水予報河川及び水位周知河川での計画降雨を想定している（国土交通省, 2014）ため、低頻度かつ大規模な水害での浸水イメージを提示していることが多く、支派川など中小河川の氾濫や内水による氾濫の浸水状況が示されていないこともある。このような中小河川での氾濫や内水氾濫は、局所的な短時間強雨によってもたらされることが多い。気象庁アメダスにおける1時間降水量50mmあるいは80mm以上の発生回数は最近40年間で増加傾向にあることが報告されており（気象庁, 2014）、内水氾濫や中小河川での氾濫の発生頻度が高くなっていることが考えられる。したがって、洪水ハザードマップに示された浸水状況と住民の水害イメージとの間にギャップが生じている可能性がある。

2.4 流域上下流の洪水特性の違いの問題

次に、河川管理の立場から見ると、同一の河川においても上流域と下流域では洪水の特性が異なる問題点がある。河川整備基本方針では、計画基準点での基本高水のピーク流量や主要地点での計画高水流量を設定することを目的として計画降雨が作成されている。このような計画降雨で洪水氾濫解析を行った場合、計画基準点や主要地点の下流側と上流側では出水特性が大きく異なるため、下流域では危険性が高い降雨シナリオであっても、上流域では危険性が高いとは限らない、といったことが起こり得る。

2.5 避難計画の検討に関する課題

最後に、災害時に避難勧告・避難指示を発表する自治体の立場からみた問題点を考えてみる。近年の洪水や土砂災害において避難行動の問題や避難の遅れ等により多くの犠牲者が出ていることを踏まえ、内閣府（2014）では「空振りをおそれず、早めの避難勧告を出す」ことを呼びかけている。その結果、気象警報や土砂災害警戒情報の発表を受けて、早めの避難勧告を出す事例も多く見られるようになってきている。その一方で、対象地域を明確にせず市内全域に避難勧告を出す自治体も見受けられ、住民からは「どこへ行けばよいのか」といった問い合わせが

相次いだ事例もあった（山口，2014）。

大雨特別警報や記録的短時間大雨情報などの防災気象情報は、市町村またはそれ以上の単位で発表されることが基本である。しかし、その防災気象情報が発表された地域では、地域全体で様に災害発生リスクが高まっているわけではなく、地形によって浸水リスクの高まりには空間的な違いが生じてくる。防災気象情報の内容や観測または予測される降水量の程度によってどのような浸水状況が予測され得るのかを面的に把握しておくことにより、豪雨時の避難勧告発令範囲を事前に整理しておくことが可能になると思われる。また、実際に避難する立場の住民も、どの情報が発表されたときに避難等の対応行動をする必要があるのかがわかりやすくなり、「避難勧告待ち」といった過剰な情報依存の解消に繋がることも期待できる。

2.6 防災気象情報に対応した洪水ハザードマップの必要性

以上のような洪水ハザードマップに関する現状の課題から、豪雨時における住民避難を的確なものにするためには、洪水ハザードマップや避難計画を気象庁から発表される防災気象情報に対応したものとする必要があると考える。次章以降では、淀川水系桂川流域の亀岡市街地周辺（Fig. 1）をケーススタディの対象地域として、防災気象情報対応型洪水ハザードマップの開発手法について説明する。本研究での開発手法のフローをFig. 2に示す。

3. 降水シナリオの設定

3.1 DAD 解析の実施

従来の浸水想定区域図の作成では、流域の下流側や基準点での流量が最大となる降雨シナリオを念頭に置いており、流域内に様な降雨を与えて降雨流出・氾濫解析を行っていた。しかしながら、上流域での局所的な豪雨では、下流の基準点でみればそれほど危険でない雨であっても、上流域で局所的な浸水被害が発生する可能性もある。すなわち、氾濫形態（大河川外水、中小河川外水、内水）によって、浸水被害をもたらす降雨特性（継続時間、降雨面積）が異なる。一般的な傾向として、いわゆる「ゲリラ豪雨」と呼ばれるような短時間強雨は狭い範囲で集中的に発生することが多く、雨量強度も大きくなる。一方で、台風などに伴う長時間（例えば、24 時間、48 時間）にわたる大雨では、広域においてやや強い雨が降り続けるが、1 時間雨量では短時間強雨ほどの強さではないことが多い。本研究では、降雨強度（Depth）、降雨面積（Area）、降雨継続時間（Duration）

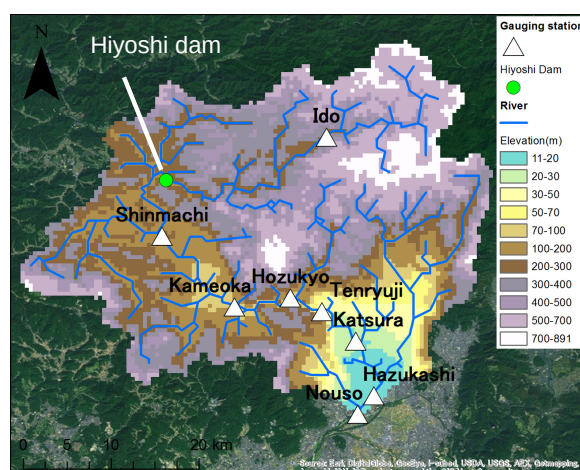


Fig. 1 The area of case study.

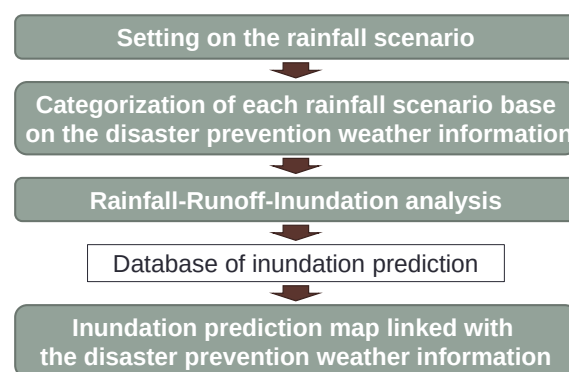


Fig. 2 Flow of the method.

の関係を分析する DAD 解析を行い、降雨の時空間スケールを考慮した降雨シナリオを設定する。

本研究の対象流域である桂川流域（流域面積 1,100km²）には、気象庁アメダス及び国土交通省の降水量観測点がそれぞれ、4点、19点存在している。しかし、これらの降水量観測点は均等に分布しているわけではないため、降雨面積10km×10kmのような局所的な強雨の降雨強度を正確に把握することができない。本研究では、面的な降雨データである気象庁のレーダー・アメダス解析雨量を使用した。使用したデータの仕様をTable 1に示す。レーダー・アメダス解析雨量のデータ期間は、1988年から2013年の26年分であるが、降雨データのメッシュサイズ、観測時間間隔及び測地系が観測時期によって異なっている。そこで、全期間の降雨データを5.0kmメッシュ及び旧日本測地系のメッシュサイズに統一し、5.0km未満メッシュサイズの降雨データは、5.0kmメッシュに平均化した。5.0kmメッシュの配置図をFig. 3に示す。観測時間間隔についても、2003年6月1日以降の降雨データは、30分雨量を合算して1時間雨量として扱うこととした。

DAD解析では、降雨面積は5km×5kmを1単位とし

Table 1 Specifications of the radar-AMeDAS analysis precipitation.

Term	Mesh size	Interval	Geodetic datum
01 Apr. 1988- 31 Mar. 2001	5.0km	1hour	Tokyo Datum
01 Apr. 2001- 31 May 2003	2.5km	1hour	Tokyo Datum
01 Jun. 2003 - 31 Dec. 2005	2.5km	30min	JDG2000
01 Jan. 2006 - 31 Dec. 2013	1.0km	30min	JDG2000

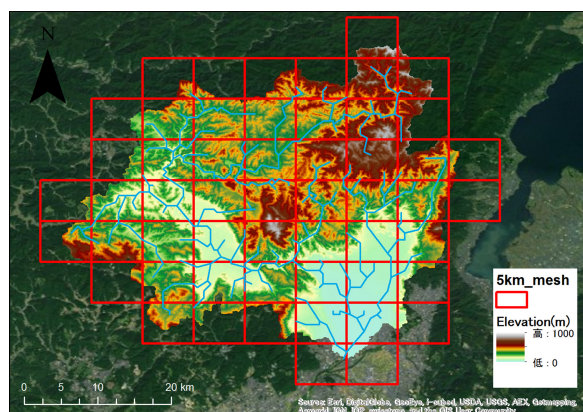


Fig. 3 Arrangement of 5km mesh.

て、25km²、100km²、225km²、400km²、625km²、桂川全流域(1350km²)の6パターン、降雨継続時間は1、2、3、6、12、24、48時間の7パターンを設定した。全期間(26年間)における年最大降雨強度(mm/hr)を降雨面積、降雨継続時間の組み合わせ別に算出した。

降雨面積、降雨継続時間の各組み合わせでの年最大降雨強度から確率規模別降雨強度を算出し、4パターン(1/30、1/50、1/100、1/200)の生起確率を設定した。確率規模別降雨量の推定にあたっては、水文統計ユーティリティVer.1.5(財団法人国土技術研究センター、2003)を使用した。毎年値13種類のモデルのうち、SLSC $\leq$ 0.04以下となるモデルの推定値を平均し確率紙にプロットした。どのモデルもSLSC $\leq$ 0.04以下に該当しない場合は全モデルの推定値の平均をプロットした。降雨面積別、降雨継続時間別の確率降雨強度の算出結果をFig. 4に示す。降雨継続時間が1～12時間の短時間降雨では、降雨面積が小さいほど降雨強度が大きくなる傾向にあり、降雨継続時間が短くなるほど降雨強度も大きくなる傾向がわかる。24時間以上の長時間降雨では、降雨面積による降雨強度の違いがほとんど見られなくなる。

3.2 降雨波形の作成

Fig. 4のDAD解析結果から降雨面積別に4パターンの確率規模別の48時間降雨波形を作成した。降雨波形のピークは中央集中型を仮定し、降雨継続時間(48時間)の中心から前後に1時間降雨量を割り当てて、

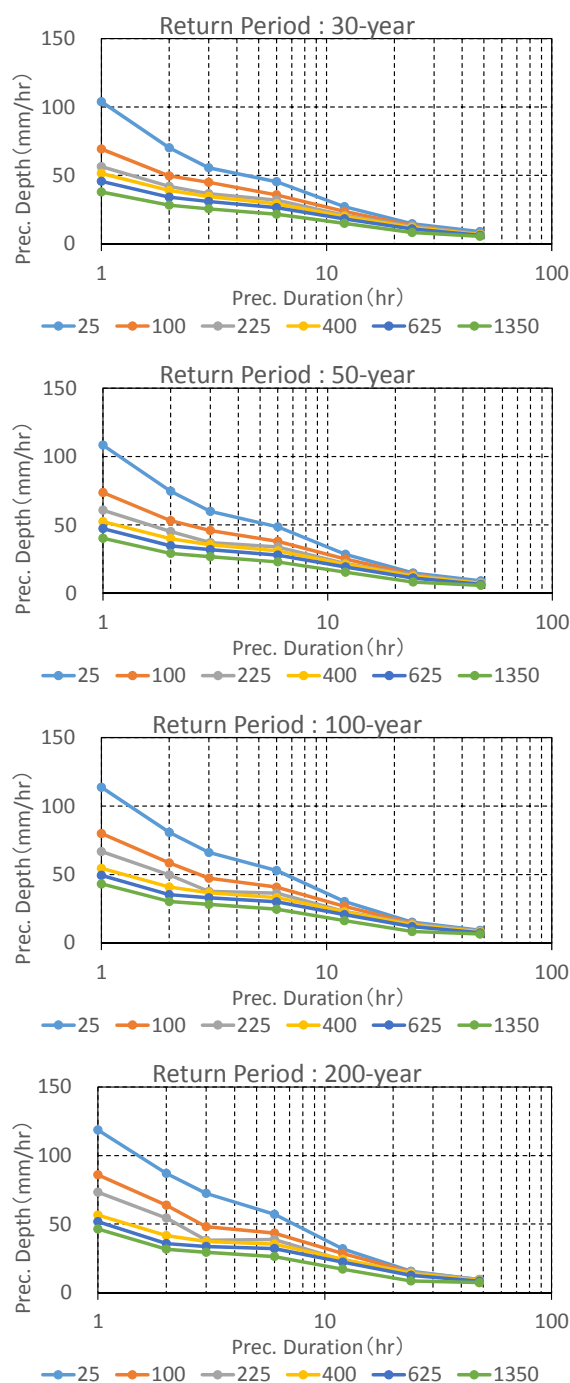


Fig. 4 Probability rainfall strength of each rainfall area (km²).

いずれの降雨継続時間に対してもFig. 4の降雨強度の値を満たすように定める。流域内の降雨域では同一の降雨波形としている。作成した降雨波形の例をFig. 5に示す。同一の確率規模でも、降雨面積が小さくなるにつれて、ピークの降雨強度が大きくなっている。なお、「15km四方、48時間、200年確率」で、26～27時の時間雨量が小さくなっているのは、DAD解析で算出した2時間雨量と3時間雨量の差が小さく(109mmと114mm)、5mm程度の雨量となってしまう

ったためである。

3.3 降雨シナリオの設定

3.2で作成した降雨波形をもとに、降雨シナリオを設定した。降雨面積は3.1で示した6パターンを設定し、面積内では空間的に一様の降雨量を与えた。桂川全流域（1350km²）よりも小さい面積スケールの降雨シナリオについては降雨範囲の位置を5kmメッシュ単位で東西方向、南北方向にずらし、複数パターンの降雨シナリオを設定した。ただし、1つの降雨シナリオの降雨継続時間内（48時間）では降雨域の移動は考慮していない。

4. 各降雨シナリオで発表が想定される気象情報のカテゴリー化

3.で設定した降雨面積、確率規模の組み合わせ別の降雨シナリオから、浸水害に関連する防災気象情報（大雨警報、記録的短時間大雨情報、大雨特別警報）の基準にもとづいてカテゴリー化を行った。京都府亀岡市での浸水害に関連する防災気象情報の基準値をFig. 6に示す。大雨警報及び大雨特別警報では、複数の降雨継続時間での降雨量が基準値となっている。同一の防災気象情報であっても、降雨継続時間が異なると洪水特性も異なることが考えられるため、ここでは降雨継続時間が異なる大雨警報あるいは大雨特別警報を別々の防災気象情報として扱うこととした。

なお、大雨特別警報は一市町村での基準で発表されるのではなく、「府県程度の広がり範囲内で50格子以上（48時間降雨量）または10格子以上（3時間降雨量）」で降雨量が基準値を超えた場合に発表される。したがって、大雨特別警報の基準値は、亀岡市の基準値をそのまま使うのではなく、桂川流域内の市町村での基準値を平均したものを使うこととした。また、大雨特別警報は「府県程度の広がり」で基準値を満たしたときに発表されるので、48時間降雨量では400km²（4格子×4格子）以上、3時間降雨量では100km²（2格子×2格子）以上の降雨面積のシナリオについてのみ、降雨量の基準値を満たした場合に大雨特別警報として分類することとした。

5. 浸水予測計算の実施

5.1 モデル構築と計算条件の設定

カテゴリー化された降雨シナリオの降雨データを入力値として、浸水予測計算を実施する。浸水予測計算では、土木研究所で開発された降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）（Sayama et. al, 2012）を使用し

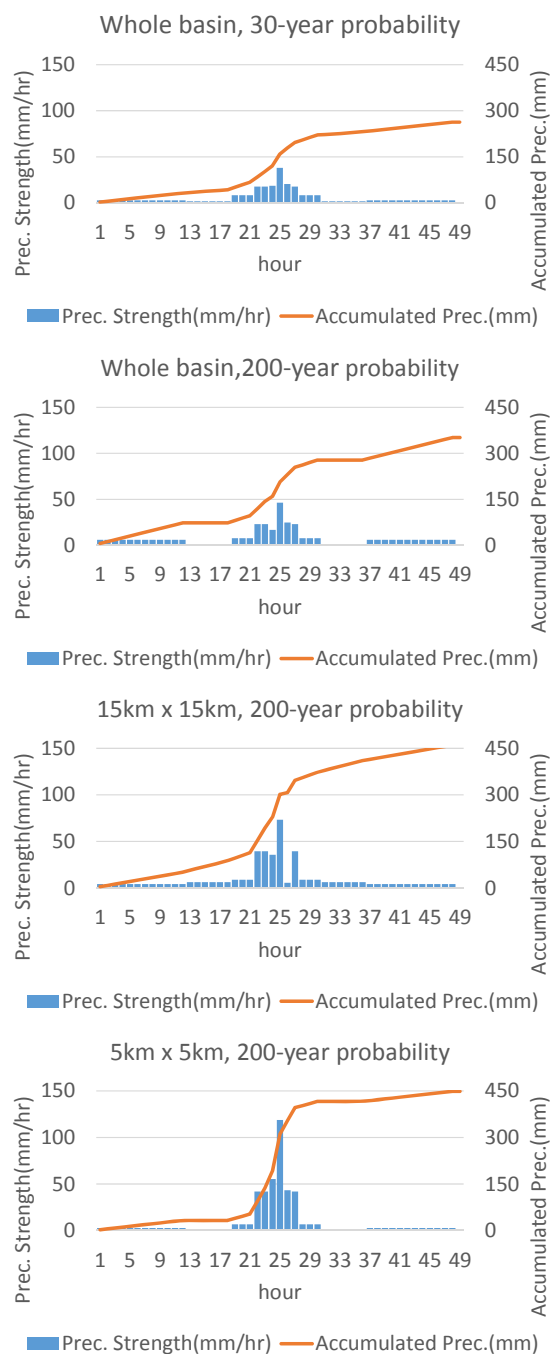


Fig. 5 Examples of hyetograph.

(Threshold of Kameoka city)

- Heavy Rain Warning Flat area: R01=50mm
（大雨警報） The others: R03=80mm
- Record short-time heavy rain information
（記録的短時間大雨情報） R01=90mm
- Heavy Rain Emergency Warning
（大雨特別警報） R03=140mm
 R48=350mm

Fig. 6 The threshold of disaster prevention weather information (flood disaster).

た．RRI モデルでは，運動方程式の解法に拡散波近似を用いることで，降雨流出と氾濫を同時に解いている．斜面での降雨流出過程を物理的に表現し，地中の側方中間流と地表面流をシミュレーションしている．1 次元河道を Diffusive Wave モデルで解いており，河道流下計算において洪水時における狭窄部や低勾配地域での湛水の影響を考慮できる．河道と斜面の間での水の移動もモデル化されており，河川堤防の高さも考慮した越流・氾濫が計算されている．RRI モデルの模式図を Fig. 7 に示す．

RRI モデルでは，山地流出・河道追跡と氾濫原解析を一体的に解析することができるため，河川からの外水氾濫や当該地域での内水氾濫を同一のモデルで評価することができる利点がある．これにより，降雨範囲が異なる複数の降雨シナリオにもとづく浸水予測結果（外水・内水）を統一的に比較することができる．

RRI モデルの計算条件について説明する．斜面・氾濫原セルのメッシュサイズは約 90m とした．標高データは，United States Geological Survey (USGS) の HydroSHEDS の 3 秒格子データを使用した．斜面での流出シミュレーションで設定したパラメータの一覧を Table 2 に示す．パラメータは，Fig. 8 に示す土地利用分布に応じて設定した．斜面・氾濫原セルのうち，集水域メッシュ数 400 以上のセルを河道セルとして設定した．河道の粗度係数は 0.040 としている．河道については，河川測量データなどを元にして，河道幅，河道深さ及び河川堤防を設定している．ただし，河川堤防の高さは左右岸で同一としている．また，河川堤防の破堤は考慮していない．

5.2 パラメータの検証

設定したパラメータの検証事例として，近年桂川流域で比較的大きな出水となった平成 25 年台風 18 号と平成 26 年台風 11 号を取り上げる．

平成 25 年台風 18 号では，桂川上流の日吉ダム（（独）水資源機構 1997 年完成）で大きな洪水流入量（最大流入量 1,694m³/s）を記録し，保津峡狭窄部の上流側である亀岡市街地では，霞堤からの氾濫により約 1m の浸水となったところもあった（角ら，2014）．一方で，日吉ダムでは，洪水調節操作により最大約 1,500m³/s のカットを行い，亀岡盆地，嵐山および桂川下流域に対して洪水水位の低下に大きく貢献した（国土交通省近畿地方整備局河川部，2014）．日吉ダムによる洪水調節効果がなければ，洪水水位は約 1.5m 上昇していた可能性があり，堤防の越流量が増大して大規模な破堤氾濫による甚大な被害が生じたりしていたことが懸念される事例であった．

平成 26 年台風 11 号では，桂川流域の京都市嵐山

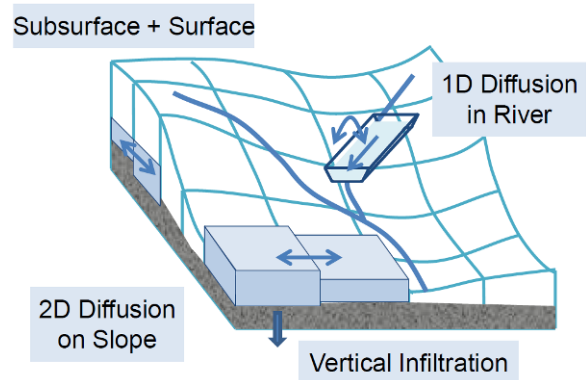


Fig. 7 Structure model of RRI model (Sayama et. al., 2012).

Table 2 Parameter of RRI model.

	Paddy	Field	Forest	Wild	Urban	Water
n Roughness	0.40	0.40	2.50	0.30	0.40	0.40
$d(m)$ Soil depth	0.00	0.00	0.35	0.10	0.00	0.00
γ_a Effective porosity	0.10	0.10	0.20	0.30	0.30	0.30
$k_s(m/s)$ Saturated permeability coef.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
γ_m Porosity of Matrix	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10
b	4	4	4	4	4	4

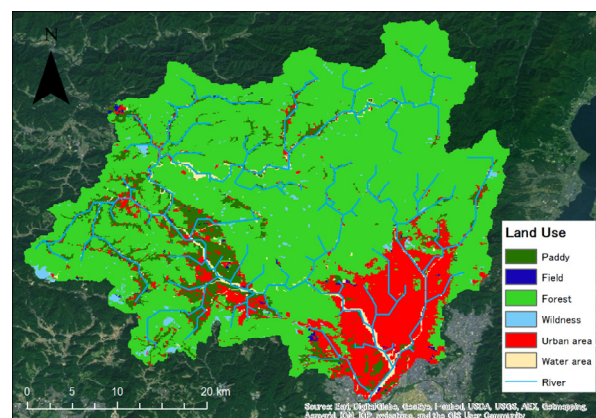


Fig. 8 Distribution of land use.

地区では道路などについて溢水が発生し，京都市では桂川周辺の地域に避難勧告等を発表した（京都市，2014）．

日吉ダムへの流入量，井戸，新町，保津峡での水位，亀岡での水位及び流量の再現計算結果を Fig. 9，Fig. 10 に示す．なお，Fig. 9 の平成 25 年台風 18 号の事例では，日吉ダムにおいて洪水調節（防災操作）が行われており，シミュレーション上でも洪水調節を再現している．水位及び流量の計算結果を観測値と比較すると，下流側の地点では洪水のピークのタイミングが若干早めになる傾向が見てとれる．ただ

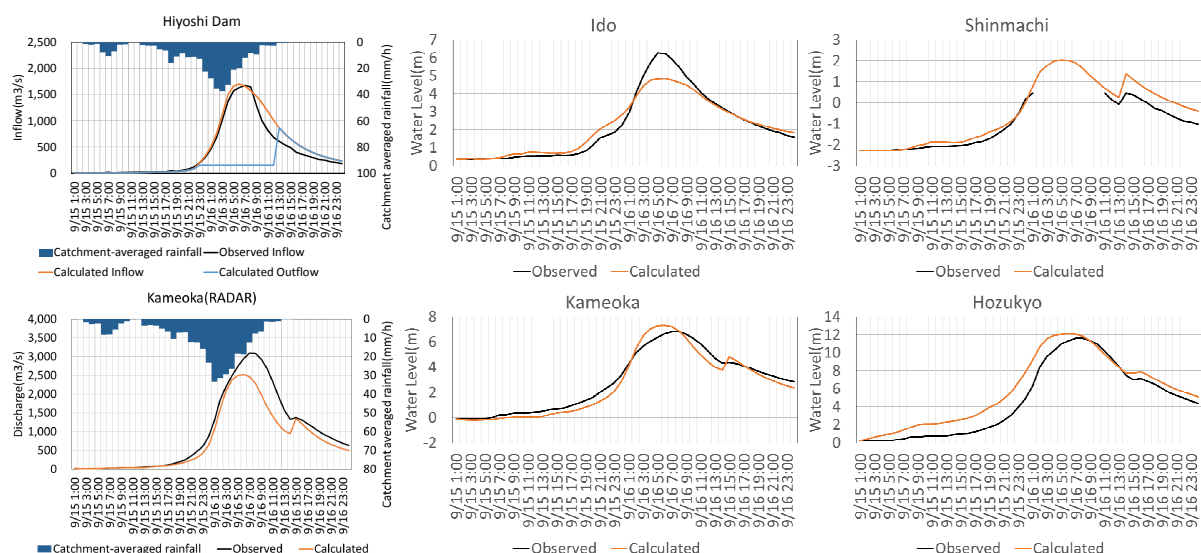


Fig. 9 Verification result of T2518.

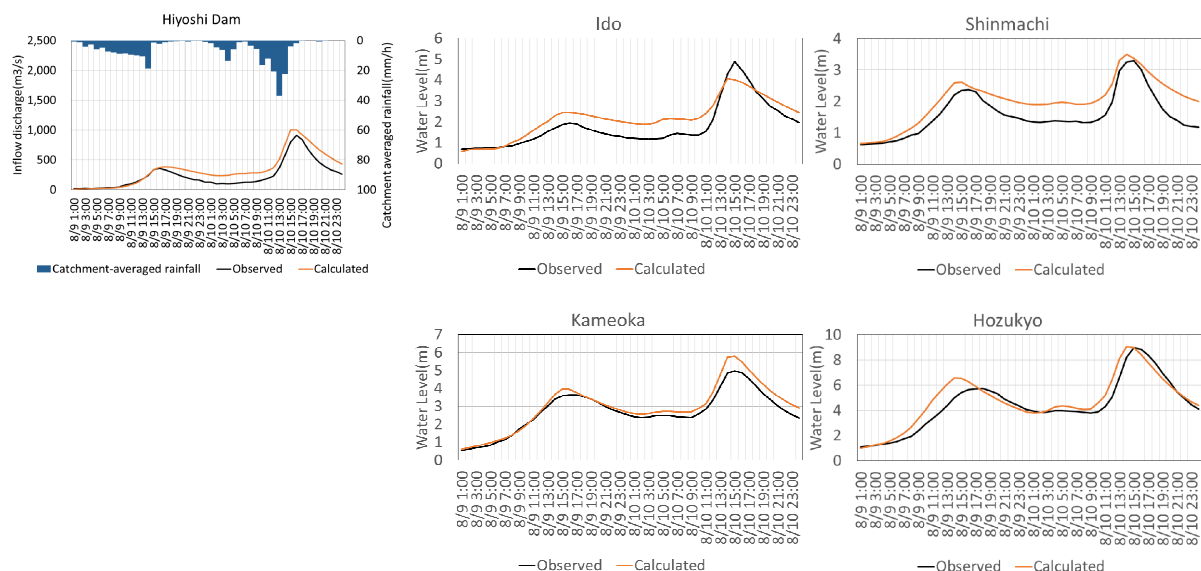


Fig. 10 Verification result of T2611.

し、本研究で主に浸水評価を行う亀岡市周辺の亀岡地点、保津峡地点では、洪水ピークの水位の高さはおおむね一致している結果が得られている。このことから、設定したパラメータを用いて、各降雨シナリオでの浸水予測計算を行った。

5.3 浸水予測計算の結果

亀岡市街地周辺における浸水予測計算の結果を Fig. 11 に示す。亀岡市街地周辺には桂川が図の左上（北西方向）から中心を経て右側（東方向）へ流れている。市街地周辺の亀岡盆地から下流は保津峡の狭窄部となっており、狭窄部の上流側は氾濫が生じやすい地形となっている。また、図の右下（南西方向）からは曾我谷川、下側（南方向）からは雑水川

といった小河川が流れている。

各降雨面積での 200 年確率降雨強度の降雨シナリオにおける最大浸水深分布図を Fig. 11 に示す。降雨面積が 25km×25km 以下のシナリオでは、降雨域をずらして複数パターンでの浸水予測計算を行っているため、Fig. 11 は各パターンでの最大浸水深をメッシュ毎に抽出した結果を示している。

降雨面積が 20km×20km よりも大きい降雨シナリオでは、桂川の保津峡狭窄部付近の氾濫原で浸水深が深くなっており、25km×25km 及び桂川全流域のケースでは特に深くなっている。桂川流域の広い範囲で降雨となるシナリオでは、大河川である桂川の流量が多くなり、狭窄部の流下能力を超えた流量が溢水することによって氾濫した結果であると考えら

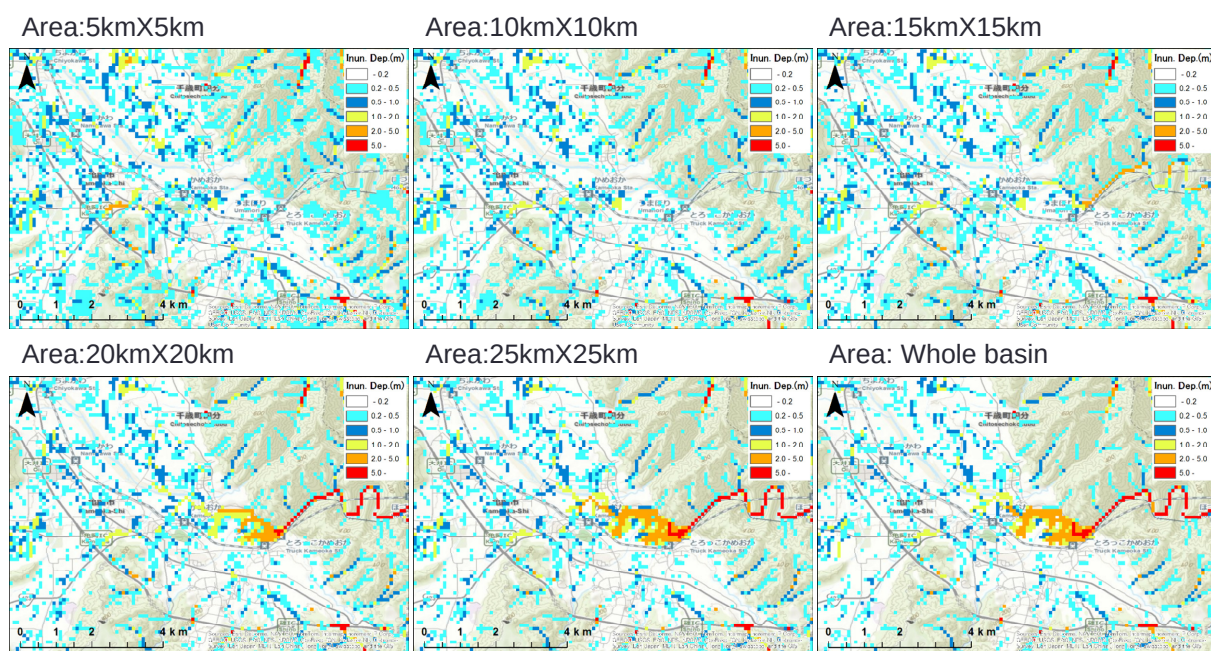


Fig. 11 The distribution of maximum inundation depth in the scenario of the 200-year probability rainfall strength in each rain-area.

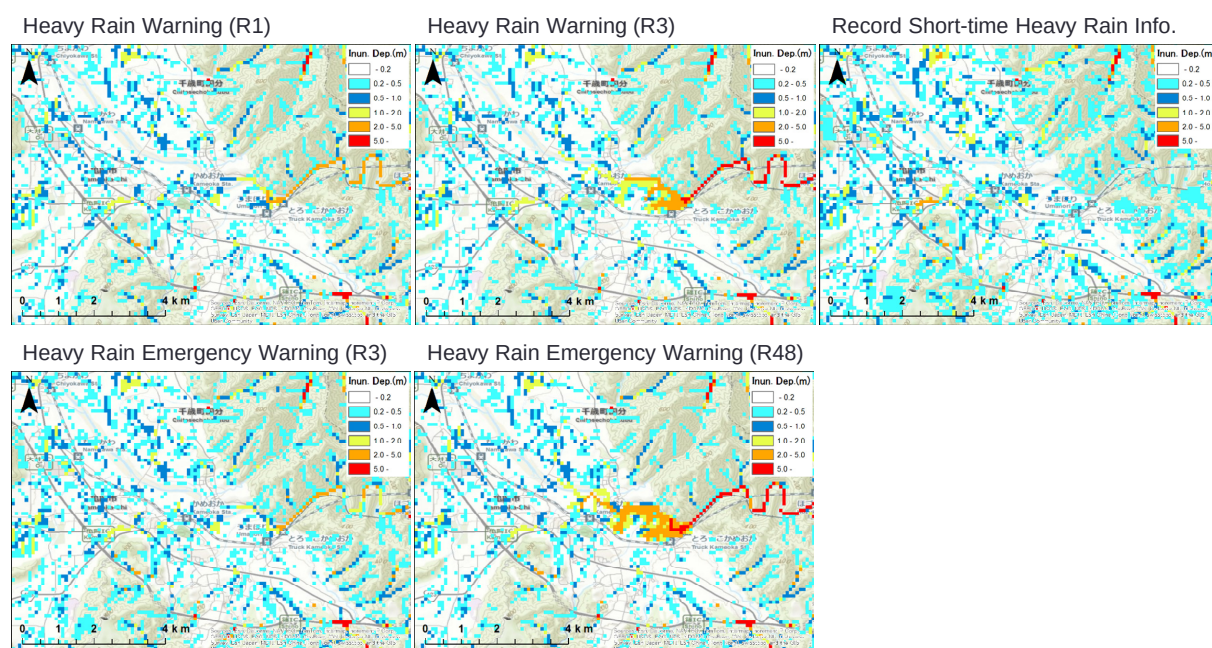


Fig. 12 Maximum inundation distribution in each disaster prevention weather information.

れる。また、桂川沿い以外の地点の多くでは、降雨面積が大きいシナリオにおいて最大浸水深が 0.5m 以下となっている。一方、降雨面積が 15km×15km 以下のシナリオでは、桂川沿い以外の地点での最大浸水深が深くなる傾向にあり、曾我谷川付近では、降雨面積が 5km×5km のシナリオで最大浸水深が 2m を超えているところもある。桂川のような流域面積が大きい河川と異なり、小河川の周辺や低地では局所的な強雨において浸水が生じやすいことを示した

ものである。

このように、降雨面積に応じた降雨シナリオを設定することで、出水特性の異なる洪水の浸水予測を評価できることを示した。

6. 防災気象情報別の浸水予測図の作成と活用方策

6.1 防災気象情報別の浸水予測図の作成

5.の浸水予測計算結果を踏まえ、Fig. 6 に示した防災気象情報別に整理した浸水予測図の作成を試みる。結果を Fig. 12 に示す。

「大雨特別警報（48 時間降雨量）」に該当する降雨シナリオでは、桂川の保津峡狭窄部上流側の広い範囲で最大浸水深が 2～5m になる可能性があることが示されている。また、大雨特別警報に至らない「大雨警報（3 時間降雨量）」であっても狭窄部上流側では大きい浸水が生じることが示されている。このような水害危険地域では、大雨特別警報の発表を待つのではなく、早めの避難を心がける必要があることがわかる。

曾我谷川などの小河川付近や低地では、「大雨警報（1 時間降雨量，3 時間降雨量）」に該当する降雨シナリオでも 1～2m の浸水深が予測されているところがあり、地点によっては「記録的短時間大雨情報」で 2m 以上の浸水深が予測されている。このような地点では、「大雨特別警報（3 時間降雨量，48 時間降雨量）」よりも「記録的短時間大雨情報」に該当するシナリオで浸水規模が大きくなる可能性が示されている。前述のように、大雨特別警報は、強雨域が府県程度など一定の広がりをもっている際に発表されることとなっているため、局所的な集中豪雨では発表されないこともあり得る。本研究で提案している浸水予測図では、記録的短時間大雨情報の発表時には局所的に大きな浸水となり得る地域を示すことができている。

各地点について、最大の浸水深となる降雨シナリオで発表が想定される防災気象情報を示したものが Fig. 13 である。桂川の保津峡狭窄部上流側では「大雨特別警報（48 時間降雨量）」で最も浸水深が深くなることが予測される一方で、それ以外の地点では「記録的短時間大雨情報」で最も浸水深が深くなることを示している。これによって、それぞれの地点において最も警戒すべき防災気象情報を確認することができる。

各地点において浸水深が初めて 0.5m または 1m 以上となる防災気象情報の分布を Fig. 14 及び Fig. 15 に示す。桂川の保津峡狭窄部上流側では、「大雨警報（3 時間降雨量）」でも浸水深が 0.5m または 1m 以上となる可能性が示されている。このような整理をすることによって、それぞれの地点において、移動が困難になり得る、あるいは避難が必要になる可能性がある防災気象情報は何か、ということを確認することができる。

6.2 防災気象情報別の浸水予測図の活用方策

最後に、防災気象情報に対応した浸水予測図を作

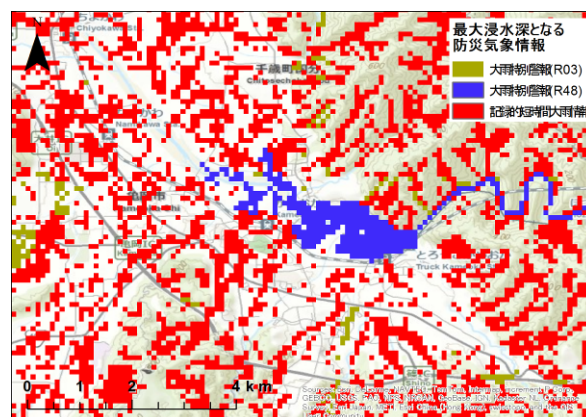


Fig. 13 The distribution of disaster prevention weather information that the inundation depth becomes maximum at each mesh.

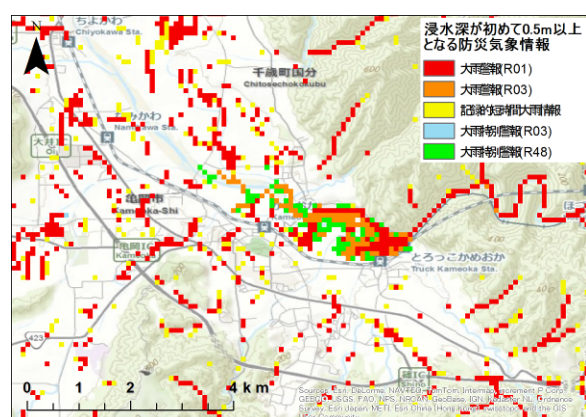


Fig. 14 The distribution of disaster prevention weather information that the inundation depth exceeds 0.5m first at each mesh.

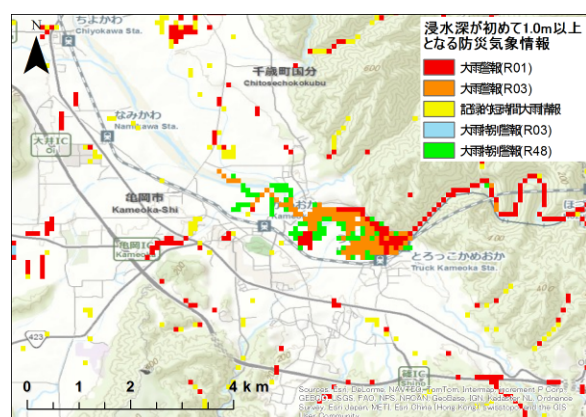


Fig. 15 The distribution of disaster prevention weather information that the inundation depth exceeds 1.0m first at each mesh.

成することによる行政及び住民のそれぞれの視点からの利点を述べる。

本研究で提案した浸水予測図は、浸水害に関する防災気象情報が発表された場合には最大でどの程度

の浸水範囲及び浸水深となる可能性があるのかを示したものである。したがって、地域防災計画において、防災気象情報が発表された際に避難等が必要となる地域を事前把握することができるため、迅速な避難勧告や避難指示の発表に資することができる。防災気象情報の内容によって避難勧告等が必要な範囲を事前に把握しておくことは、近年の豪雨災害時に見られるような「市内全域避難勧告」を回避することにもつながり、住民における誤報効果（オオカミ少年効果）の軽減に繋がることが期待される。

住民の立場から考えると、住民の避難判断の迅速化に繋がることも期待される。過去の災害時には、行政からの「避難勧告待ち」によって住民の避難が遅れた事例が数多く報告されている（例えば、片田ら、2005；片田、2006）。本研究で提案する浸水予測図を活用することで、住民は豪雨時において得られる防災気象情報の内容から避難の必要性を検討することができ、避難勧告等の発表及び取得を待たずして避難を判断することが期待される。

7. まとめと今後の課題

本研究では、防災気象情報が発表された際に考え得る最大の浸水状況を示した「防災気象情報対応型洪水ハザードマップ」の作成手法を提案し、淀川水系桂川流域の亀岡市街地周辺を対象地域としたケーススタディを行った。

本手法ではまず、降雨強度、降雨面積及び降雨継続時間の関係を分析する DAD 解析を行い、降雨の時空間スケールを考慮した降雨シナリオを設定した。設定した各降雨シナリオを、発表が想定される防災気象情報別にカテゴリー化し、それぞれの防災気象情報の発表時において予測される最大浸水深の分布図を作成した。その結果、主要河川である桂川の沿川では、長時間での大雨の際に発表が想定される「大雨特別警報（48 時間降雨量）」において浸水規模が大きくなる可能性が示された。一方、小河川の沿川やその近傍の低地に関しては、局所的な短時間強雨の際に発表される「記録的短時間大雨情報」に該当する降雨シナリオの方で浸水深が深くなる地点があることを示した。このように、様々な降雨面積及び降雨継続時間を考慮することで、出水特性の違いに応じた浸水予測を行うことができるとともに、雨の降り方に応じた防災気象情報の発表内容に対応した浸水予測情報を提示できることを示した。

本研究で提示した手法では、降雨面積内で降雨を一樣に与えている。実際の降雨では、強雨域の中心ほど降雨強度が大きいなど、雨量分布は不均一となることが多い。また強雨域も移動することなく、設

定した降雨シナリオでは降雨域が移動しないこととなっている。降雨データの作成においては現実的な雨域の移動、時空間的な変化を考慮することの必要性について、検討していく必要がある。

本稿での浸水予測計算では、溢水・越水が生じても河川堤防は破堤しない条件としている。破堤の有無あるいは破堤条件によって外水氾濫の浸水状況は大きく異なることが考えられるので、破堤シナリオの設定方法についても今後検討していく予定である。

実用化に向けては、試作した浸水予測図を一般市民や地方自治体防災担当者へ実際に提示してアンケート調査を行い、防災対応行動のイメージのしやすさや地方自治体での運用上の課題を把握する予定である。また、現在気象庁が導入を検討している「防災気象情報のレベル化」に関連し、防災気象情報の各レベルで想定される浸水予測情報の提示方法についても検討する予定である。

謝 辞

京都大学防災研究所の堀智晴教授、井上直哉氏からレーダー・アメダス解析雨量の集計データをご提供頂いた。ここに記して、謝意を表す。

参考文献

- 牛山素行（2014）：大雨特別警報に対する洪水浸水想定区域付近の住民の認識，自然災害科学，Vol. 33，特別号，pp.75-85.
- 片田敏孝（2006）：災害調査とその成果に基づく Social Co-learning のあり方に関する研究，土木学会調査研究部門平成17年度重点課題研究（研究助成金）成果報告書，http://www.jsce.or.jp/committee/jyuten/files/H17j_04.pdf
- 片田敏孝・木村秀治・児玉真（2007）：災害リスク・コミュニケーションのための洪水ハザードマップのあり方に関する研究，土木学会論文集D，Vol. 63，No. 4，pp.498-508.
- 片田敏孝・児玉真・桑沢敬行・越村俊一（2005）：住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題—2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から—，土木学会論文集，No. 789／Ⅱ-71，pp. 93-104.
- 気象庁（2014）：気候変動監視レポート2013，p.32.
- 京都市（2014）：台風11号の接近に伴う被害状況について（第11報），<http://www.city.kyoto.lg.jp/gyoza/cmsfiles/contents/0000171/171158/osirase-11hou.pdf>.
- 国土交通省（2013）：洪水ハザードマップ作成の手引き（改定版），p.2.
- 国土交通省（2014）：浸水想定区域図作成マニュアル

- ル（改訂版），p.1.
- 国土交通省近畿地方整備局河川部（2014）：平成25年9月台風18号洪水の概要，<http://www.kkr.mlit.go.jp/river/saigai/20130916typhoon18/saigaihoukoku04.pdf>.
- 財団法人国土技術研究センター（2003）：水文統計ユーティリティーVersion 1.5 操作マニュアル.
- 角哲也・田中茂信・本間基寛（2014）：京都・滋賀における2013年台風18号の豪雨の特徴と桂川流域被害調査，京都大学防災研究所年報，No. 57A，pp. 1-16.
- 内閣府（2014）：避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン，p.1.
- 本間基寛（2014）：情報利用者の立場から見た防災
- 気象情報の「改善」，災害情報，No.12，pp.35-40.
- 山口勝（2014）：台風18号で約360万人に避難勧告“空振りをおそれず”住民に混乱も，放送研究と調査（月報），2014年12月号，p.122.
- Sayama, T., G. Ogawa, T. Kawakami, N. Nabesaka and K. Fukami (2012): Rainfall-runoff-inundation analysis of the 2010 Pakistan flood in the Kabul River basin, Hydro. Sci. J, Vol. 57, No. 2, pp. 298-312.

（論文受理日：2015年6月11日）