

機関番号：17401  
 研究種目：基礎研究（C）  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20560492  
 研究課題名（和文）リスクコミュニケーションによる実践的地域防災教育システムの開発

研究課題名（英文）Development of Supporting System for Community-based Flood Risk Management

研究代表者

柿本 竜治（KAKIMOTO RYUJI）

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：00253716

研究成果の概要（和文）：熊本市壺川校区を対象に、PDCA サイクルに基づくリスクコミュニケーションを実施し、その中で把握された地域の防災ニーズに対応した地域防災支援システムと防災学習支援システムの開発を行った。そして、開発した地域防災支援システムの地域内での実用性を高め、要援護者の個別支援プラン作成と連動した取り組みを行った。また、他地域に開発したリスクコミュニケーション手法と防災支援システムを適用し、汎用性を検証した。

研究成果の概要（英文）：Custom-made supporting information systems for community-based flood risk management were developed. These systems were designed to satisfy the residents' demands through the implementation of risk communication. To extend this supporting system into integrated supporting system for community-based flood risk management, the systems were combined with an evacuation support plan for individual people requiring assistance.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：土木計画学

科研費の分科・細目：土木工学，土木計画学・交通工学

キーワード：地域防災教育，地域水害リスクマネジメント，リスクコミュニケーション，ワークショップ，地域防災支援システム，避難シミュレーション，水害リスクカーブ

## 1. 研究開始当初の背景

### （1）防災から減災へ

現在の河川計画においては、対象とする河川によって異なるが、数10年～100年に1度程度発生する洪水に対しても、十分な河道能力を確保できるような河道計画が盛り込まれている。整備計画が完了した地域では、被害抑止水準は向上し、これまでしばしば発生していたような軽度の水害はあまり発生しなくなってきた。しかしながら、被害抑止水

準の向上は、水災害経験を持つ人を減少させ、同時に地域住民に地域で災害が発生するかもしれないとの認識を低下させている。これまでの施設整備重視の防災施策は、被害抑止限界を超える外力の発生確率を減少させてはいるが、災害発生自体をゼロにすることはできない。一方、災害経験者の減少やもう災害は発生しないと錯覚している地域住民の増加は、地域で連携協力して災害に対応するシステムが機能しづらい状況を作り出して

いる。このような中で、もし被害抑止限界を超えた外力が発生した場合には、その災害の被害は極めて甚大になるであろう。そのため、防災対策において、防災から減災への方向転換が進められている。ここで、減災とは行政と地域住民が協調しながらハードとソフト（防災教育、避難方法や連絡体制の整備など）の整備を行い地域防災力の向上を目指すものである。地域防災力の向上には、地域住民や地域コミュニティが主体となって行政や専門家などと連携を取り、自助・共助・公助のネットワークを実効性のあるものとするとともに、相互補完による多様性を実現することが重要である。

## （２）洪水ハザードマップの課題

洪水ハザードマップは、2001年の水防法改正を受け多くの自治体で作成されているもので、2006年9月末現在、全国496市町村で公表されている。洪水ハザードマップの有効性については、1998年の東日本豪雨災害や2000年東海豪雨災害時では、ハザードマップを見た人は見ていない人に比べ避難率が10%高く、避難のタイミングも1時間早かったことなど、避難行動の迅速性に効果があったことが災害後のアンケート調査により示されている。しかし、その一方で、洪水ハザードマップ作成の根拠となる累積降雨量・降雨強度・降雨継続時間・堤防の破堤箇所等の条件が通常洪水ハザードマップには明記されておらず、また、行政側からもそれに関して十分な説明もないままに配布されるため、一方向の情報発信に終わっているケースが多い。そのため、住民のみでは洪水ハザードマップに示された有益な情報を読み取れず、有効な利用がなされないことが指摘されている。また、現状の洪水ハザードマップは、行政範囲全体での水害リスクを空間分布として把握するには非常に便利である反面、氾濫水の移動を含めた時間的な情報が不足しており、住民の立場からすると、氾濫状況に合わせてどのように避難経路を選択すればよいのか判断が難しい。また、氾濫計算の際に用いる地物情報や土地利用形態の再現性が低く、地域の実情を必ずしも正確には反映していないため、場所によっては2階付近まで水没する建物が避難場所として指定されている場合もある。このように、洪水ハザードマップを通じた災害情報をめぐる行政と住民との間には認識にずれが生じているのが現状である。

## 2. 研究の目的

「防災から減災へ」の転換や「洪水ハザードマップの課題」を解決するためには、行政と住民の双方向での情報共有と理解とが不可欠である。しかしながら、現状では両者の理

解度にはかなりの開きがあり、また、行政側には十分な説明の時間や余裕がないのが実情である。このような状況を踏まえて、本研究では大学・行政と地域住民が連携して行う洪水ハザードマップをベースとしたワークショップ（WS）と実践的洪水避難訓練を組み合わせた双方向型水害リスクコミュニケーションを内包した地域防災教育システムの構築を目的とする。以下の3点が提案する地域防災教育の主な内容である。

（１）洪水ハザードマップを活用したワークショップを複数回実施し、参加者に洪水ハザードマップの利点と欠点を理解させるとともに、地域に潜む水害リスクを認知させる。さらに、災害図上訓練などを通して地域独自の水害避難経路マップを作成させる。

（２）作成した水害避難経路マップの有効性について確認するために、想定水害シナリオを用いた社会実験を実施する。社会実験には、幼児から老人までできるかぎり多数の方に参加してもらい避難行動データを取得するとともに、参加者からの意見を反映し避難場所や避難経路の修正を行う。

（３）ワークショップや社会実験参加者の防災・減災意識の変化について継続的にアンケート調査を行い、地域コミュニティの合意形成における意識変化過程の基礎データを取得する。

## 3. 研究の方法

地域防災力の向上には、地域住民や地域コミュニティが主体となって行政や専門家などと連携を取り、自助・共助・公助のネットワークを実効性のあるものとすることが重要性である。さらに、21世紀型の総合防災計画論では先見的・事前警戒的な適用型マネジメントが重要であり、本研究ではその適用型マネジメントにPDCAサイクルの枠組みを採用する。研究目的でも述べているように本研究では、水害リスクコミュニケーションでのPDCAサイクルを、1)水害に対する防災対策や避難計画検討プロセス(Plan)、2)計画された対策や避難計画の導入を行うプロセス(Do)、3)対策や避難計画の導入後の観察・診断プロセス(Check)、4)対策や避難計画の変更・修正を行うプロセス(Action)、の4つのプロセスとして捉えている。本研究では、この4つのプロセスを具体的に以下のプロセスに置き換えて実施する。プロセス1：オリジナル防災・避難経路マップの作成(Plan)、プロセス2：災害図上訓練による水害避難経路マップの修正と社会実験の計画(Do)、プロセス3：社会実験の実施および避難行動データの取得・分析(Check)、プロセス4：社会実験結果の報告会と水害避難経路マップの変更・修正(Action)

(1) オリジナル防災・避難経路マップ作成  
住民・行政を交えたワークショップ (WS) を開催し、水害避難経路マップを作成する。  
①洪水ハザードマップの見方では、洪水氾濫シミュレーションの考え方や計算条件 (累積降雨量や破堤条件など) を説明するとともに、対象地域の河川が氾濫した場合の地域の危険度を洪水氾濫シミュレーションを用いて説明する。  
②オリジナル防災・避難経路マップ作りでは、WS に参加している住民を自宅の町内ごとのグループに分け、現在の避難場所、避難経路を地図上に復元させる。そして防災の視点から、普段危険に感じる場所や気づいた点をマップに書き込んでもらいオリジナルの防災・避難通路マップを作成する。

#### (2) 災害図上訓練による水害避難経路マップの修正と社会実験の計画

住民・行政を交えたワークショップ (WS) を開催し、オリジナル防災・避難経路マップを使用した災害図上避難訓練と水害避難訓練の社会実験計画を策定する。  
①WS を通して作成する防災・避難経路マップを使用して災害図上避難訓練を実施する。既往水害の記録や解析結果などを考慮した時間進行型のシナリオを作成し、そのシナリオにしたがった災害図上避難訓練を行い、そのときの住民の行動パターンを調査する。  
②災害図上避難訓練は、参加者が地図を囲んでお互いに議論し合うことで地域の災害弱点や災害時の対応策などについて、住民自らが発見・整理する教育訓練方法であり、地域防災力の高揚に効果が期待される。しかし、地図を見て考えるだけでは危険箇所を拾いもらす可能性があり、また、階段や坂道などを登る肉体的・時間的なコストについて具体的に考えることが難しい面も指摘されている。そこで、これらの問題点を解決するために、水害時に避難場所まで徒歩で避難する場合を想定し、時間的な氾濫水の広がりによる通路の遮断を考慮した避難訓練計画を地域住民とともに策定する。

#### (3) 社会実験の実施および避難行動データの取得・分析

時間経過に伴って避難経路が遮断される実践的洪水避難訓練を実施し、地域防災計画策定のための避難行動の基礎データの収集と分析を行う。  
①水害避難訓練のシナリオは、災害図上避難訓練と同様に既往水害の記録や解析結果などを考慮して時間進行型のシナリオを作成する。水害避難訓練では、洪水氾濫前に内水氾濫が発生することを想定し、内水氾濫水が時間的に広がり通路を遮断していくものとする。なお、内水氾濫水が時間的に広がり

については、レベル湛水法により、15 分ごとに計算シミュレーションで再現する。

②住民の避難行動データの取得は、1) 実験に参加する住民を、計測係が道路交差点を通過する住民の通過時間・進行方向等を記録、2) サンプリングされた住民にGPS機能付き携帯電話を事前配布し、実験開始後2分毎に位置情報を取得、3) 避難指示の連絡体制として電話連絡網を利用し、電話連絡を受けた時刻および避難を開始した時刻を各住民が記録、の3つの方法で行う。

#### (4) 社会実験結果の報告会

実践的洪水避難訓練結果の報告会を行い、訓練結果を踏まえて水害避難経路マップの変更・修正を行う。また、収集したデータに基づいて住民とともに地域防災計画を策定する。

#### (5) 提案する水害リスクコミュニケーション手法の有効性の検証

ワークショップや社会実験参加者の防災・減災意識の変化について継続的にアンケート調査を行う。それらのデータを用いて地域コミュニティの意識変化過程の分析を行い地域防災に関する自助や共助意識の醸成が図られたかを分析し、提案する地域防災教育システムの有効性を検証する。

### 4. 研究成果

#### (1) 水害リスクコミュニケーションによる地域防災力向上のための実践的研究

本研究で適用した双方向型水害リスクコミュニケーションによる地域防災教育のフレームは、PDCA サイクルに即した4つのプロセスにより構成されている。熊本市壺川校区のケーススタディでは、ワークショップの中でオリジナル防災・避難経路マップを作製するなど、各プロセスで大学・行政と住民の双方向での情報共有と理解を図っており、それが次のプロセスへの架け橋となり、継続的に地域防災力の向上が図られている。この活動を通じて、参加住民の地域防災対策について自助や共助の意識が醸成されていることが表-1の代表的な意識変化から確認される。

表中の+, ○, ▲は、WS参加前に該当項目に関し、それぞれ「自助」・「共助」・「公助」での防災対応の認識を持っている住民を表している。したがって、たとえばWS参加後に「自助」の欄に▲がある場合は、WS参加前はその参加者はその項目に関し防災対応は「公助」の認識であったものが、WSを経験することで「自助」に変化したことが確認できる。表-7より、注意報・警報発令時における対応では、「避難の判断」および「避難準備」への対応の認識について、WSに参加したことで、これらに対し「共助」や「公助」の意識だ

った人が「自助」へ意識が変化している傾向が確認できる。また、「公助」や「自助」から「共助」へ意識が変化した人も存在する。結果として、WS参加前と比較して「共助」の割合はあまり変化していないが、「自助」の割合が増え、「公助」の割合が減少している。災害時の対応でも「避難の判断」への対応の認識については、上記と同様の傾向が見られるが、「食料品などの物資の手配」については、WS参加後も「公助」でとの認識も強いが、「共助」で備えようとの認識も生まれてきている。このように地域防災教育の最初のプロセスにより、住民の地域防災への取り組みに対する「自助」や「共助」意識の醸成が見られることが確認できた。

この意識の向上が、他の地域住民の参加を導き、第3回WSの開催や86名の地域住民が自主的に参加した水害避難訓練の実施へ繋がっており、この防災教育フレームが継続的な地域防災力の向上に有用であることが分る。また、避難訓練シナリオに電話による情報伝達や時間的な氾濫水の広がりによる通路遮断を取り込んだことで、より現実の状況に近い避難時間や避難速度の観測が出来、地域防災計画策定のための基礎データの収集にも有用であった。

表1 WS参加による水害対策への意識変化

時期	項目	自助	共助	公助
発令時の対応	避難の判断	+++++++ ○○○○○ ○○▲▲	○○○○○ ▲▲++	▲▲
	避難準備	+++++○ ○○○▲ ▲▲▲▲	○○○○○ ○▲▲++	▲
災害時の対応	食料品などの物資の手配	+○○▲▲	○○○▲▲ ▲▲▲▲▲ ▲	▲▲▲▲▲ ▲▲○○
	避難の判断	+++++○ ○○○○○ ▲▲▲▲	○○○○○ ▲▲▲▲+	▲▲+

(2) 地域水害リスクマネジメント支援システムの開発

①地域水害情報収集・警報発令システム

熊本市壺川校区でのリスクコミュニケーションを通して、頻発する内水氾濫の情報収集と伝達不足という課題が把握された。それらの課題に対応するために、内水氾濫が起きやすい場所に水位計・雨量計・WEBカメラを設置した。これらで構築されたシステムは、水位や雨量の観測値が閾値を超えた段階で、警報メール・ミニFM・インターネットラジオ等で氾濫発生の可能性を警戒情報として事前に地区内の住民に自動伝達する(図1)。水位計および雨量計のデータは、データロガーに蓄積され、ftp機能を用いて高速ネットワークを利用して10分毎に熊本大学のサーバにデータを自動転送する。ミニFMは、ノートPCとFMトランスミッターを利用し、中継局なしで約400m半径の領域に音声放送を配信している。現在、本システムの計測データ

をインターネット上で一般公開している(図2)。

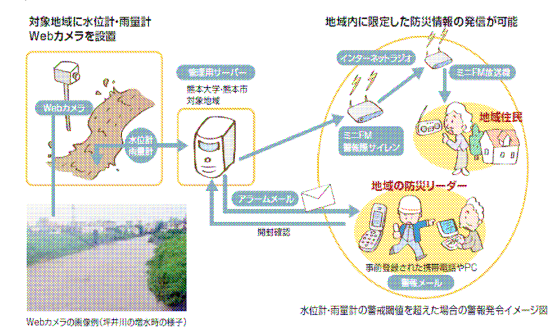


図1 地域水害情報収集・警報発令システムの概要

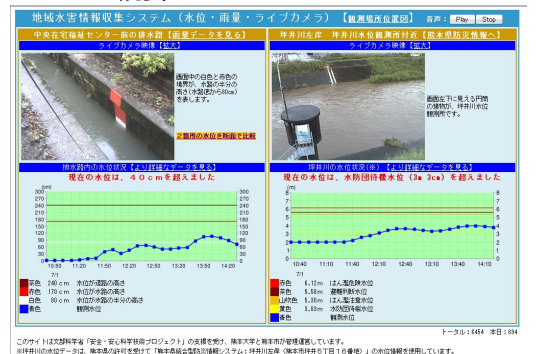


図2 地域水害情報収集システムのHP画面の一例

②災害時の避難状況・安否確認システム

本システムは、発災直前や災害時に、地区内の災害時要援護者の方の避難状況を行行政・地域・大学の担当者が迅速に確認できるよう開発を行っている。図3に示すように、現状では携帯電話と地理情報システム(GIS)をベースとした情報伝達・収集システムである。災害時要援護者の個別支援プランに準拠したシステムとなっており、発災直前や災害時に、個別支援プランに登録している一次支援者の方に災害時要援護者の安否確認および避難支援依頼メールを送信し、支援者はメール内に記載されているURLから支援状況を報告するwebページへアクセスし、支援状況を選択する。災害時に使用するので、すべての操作はクリックのみ行なえるように設計されている。選択した情報は、熊本大学のサーバへと送信され、サーバ内のデータベースと照合、個人の属性や避難状況が自動的に特定される。また、一次支援者が不在などで支援不能の場合、状況報告「対応できない」を選択もしくは一定時間報告が無かった場合は、個別支援プランに登録された二次支援者へと支援依頼のメールが自動送信される。安否が確認された災害時要援護者の方の位置情報は、熊本県が一般公開している無償のGIS地図データベース上に表示される。図4に表示例を示すが、個人情報保護の観点から個人宅ではなく、ブロック単位として複数の

住宅を含んだ状態であり、避難状況に合わせて色分けして表示される。

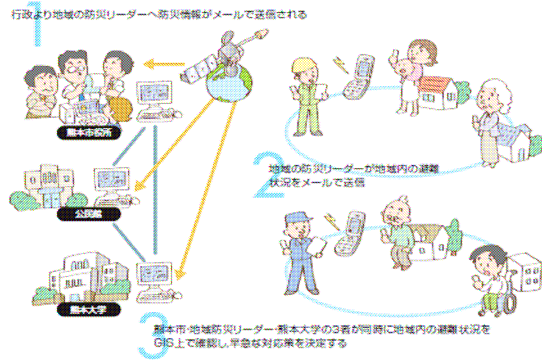
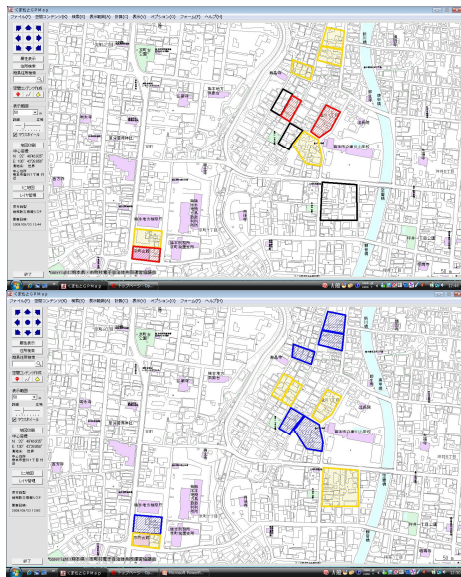


図3 避難状況・安否確認システムの概要



黒:支援前 赤:支援者不在 黄:支援開始 青:避難完

図4 避難状況・安否確認システムの表示例

(3) 防災学習支援システムの開発

①水害避難シミュレータの開発

水害リスクコミュニケーションを行っていく中で、水害シミュレーションや避難行動シミュレーションは、住民の水害リスクへの理解を深める学習支援ツールとして効果的である。しかしながら、水害リスクコミュニケーションを地域展開していく際に、地域毎にシミュレーションを製作するのはかなり負荷が多く、また、製作できる人材も限られている。そのため、シミュレーションを用いたリスクコミュニケーションの地域展開は容易ではない。そこで、本研究では、氾濫解析システムと洪水時の避難行動シミュレータのプラットフォームを統合し、一般に公開されているデータを入力しさえすれば、シミュレーションに必要なデータを生成するシステムを開発した。また、それと同時にシミュレータのインターフェイスにGUIを採用し操作性を向上させた。

②水害リスクカーブ生成システムの構築

河川堤防や遊水地といった治水施設の整備は、それまで洪水に対して脆弱だった地域の治水安全度を向上させ、都市的土地利用を進展させる。一方で、そのような地域で洪水は完全に防ぐことは出来ないため、過度に資産が集積すると、洪水が発生した場合、甚大な被害をもたらす。そこで、熊本市坪井川遊水地周辺地域を対象に、水害リスクカーブの時系列変化(図5)を検証することで水害リスクが低頻度大規模型へ変化していることを明らかにした。また、その原因として、遊水地整備により高頻度小・中被害の水害リスクが低下したことから、潜在的な浸水危険地域に住宅の立地が進み、低頻度大被害型の水害リスクへ変化したことが推察された。一方、水害リスクカーブは、作成するために詳細な土地利用データを必要としており、その適用が限られている。建物1件毎に評価するには、5mメッシュ程度の土地利用データが必要であり、その作成に多大なコストを要する。そこで、本研究では、既存の複数のデータを用いて比較的精度よくリスクカーブを生成するシステムの構築も行った。

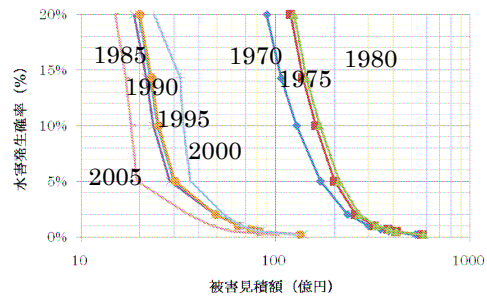


図5 壺川地区の水害リスクカーブの時系列

(4) 災害リスクマネジメントのフレームの汎用性の検証とWS継続上の留意点

熊本市壺川地区の水害リスクコミュニケーションで構築した災害リスクマネジメントのフレームを、熊本市向山地区での地震災害、山都町菅地区での土砂災害、人吉市温泉町・下林地区に適用した。その結果、これら3つの事例で継続的なWSと避難訓練の運営を効率的に行うことが出来た。異なる地域・災害で有用性が確認されたことで、提案する災害リスクマネジメントのフレームにある程度の汎用性が認められた。また、これらの取り組みを通じてWSによる地域防災学習を継続上で明らかになった留意点を以下に整理する。

①WSによる防災学習を継続的に運営していくには、WSの役割や位置付けの明確化が必要がある。

②地域のキーパーソン、WS参加者、避難訓練参加者、その他の住民のように地域住民の防災学習への関わり方の階層性を意識して、

防災学習の企画を立てると、防災学習の地域内への波及に効果的である。WSの参加者は、地域の中で限られた人である。その背後に無数の住民が存在することを意識する必要がある。継続的なWSの過程の中での避難訓練は、WS参加者から避難訓練参加者への防災学習で得られた知識の伝達の場となる。

③継続的なWSすべてに出席できる人は稀である。WSの内容やその他の活動内容をニューズレターとして地域の住民に配布することで、参加者以外の住民との情報の共有や欠席者の学習の継続性が確保できる。ニューズレターの配布により、WSへの参加の自由度を生むことで、継続参加や新規参加を促すことに繋がる。また、ニューズレターを配布することで、WSに参加していない住民にも取り組みの認知を高め、参加者からの学習効果が波及しやすくなるのが期待される。

④災害リスクコミュニケーションの事前準備は、効率的で効果的なWSの運営を助ける。対象地域の概況やこれまでの受けた災害の状況、地域の自治会等の組織、関係者の意図や特徴等を把握しておくことよい。

⑤WSでは、住民との間で情報提供と収集を繰り返すことによる双方向性の確保は、相互信頼の醸成に効果ある。そして、WSで出された意見や要望に対して、出来ること、出来ないことを確認することが必要である。

⑥WSでの議論を通じてオーダーメイドな地域防災システムを構築していく上で、地域のニーズとその効果の検証は不可欠である。また、地域防災システムの地域実装後、地域住民に活用してもらうには、システム構築にあたり、協働感を持たせる工夫が必要であろう。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計34件)

- ① 山本 幸、柿本竜治、山田文彦、災害リスクマネジメントフレームの中山間地域の防災力向上への適用性の検証～山都町菅地区における土砂災害への減災対策の実践～、都市計画学会学術研究論文集、査読有、第45巻、553-558、2010
- ② 藤見俊夫、柿本竜治、山田文彦、廣瀬健康、治水整備による水害リスクカーブの変遷に関する研究、土木計画学研究・論文集、査読有、第27巻、65-70、2010
- ③ 山本 幸、山田文彦、柿本竜治、田中健路、藤見俊夫、地域の防災ニーズを考慮した水害リスクマネジメント支援システムの提案と有効性の検証、土木計画学研究・論文集、査読有、第27巻、81-90、2010
- ④ Yamada, F., Kakimoto, R., Yamamoto, M., Fujimi,

T., and Tanaka, N., Implementation of Community Flood Risk Communication in Kumamoto, JAPAN, J. of Advanced Transportation, 査読有, DOI:10.1002/atr.119, 2010

- ⑤ 松尾和巳、山田文彦、柿本竜治、田中尚人、藤見俊夫、近世熊本城下町形成の水防の考え方と現代河川減災計画への応用、河川技術論文集第15巻、査読有、67-72、2009
- ⑥ 柿本竜治、山田文彦、田尻亮司、原田翔太、リスクコミュニケーションを通じた実践的水害避難訓練に基づく避難行動シミュレータの構築、土木計画学研究・論文集 Vol.26 no.1、査読有、113-122、2009
- ⑦ 山田文彦、柿本竜治、山本幸、迫大介、岡裕二、水害に対する地域防災力向上を目指したリスクコミュニケーションの実践的研究、自然災害科学 27-1、査読有、25-43、2008

[学会発表] (計8件)

- ① Kakimoto, R., Yamada, F., and Fujimi, T., Implementation of Disaster Mitigation in Mountainous Area Through Risk Communication, 2010 International Conference on Disaster Management, IIIRR, 2010.11.15, Univ. of Hawaii, Hawaii, USA.
- ② Tanaka, K., Yamada, F., Kakimoto, R., Matsuo, K., and Ohmoto, T., Development of Community Based Flood Risk Management System, Final Conference Cost Risk Management System, Urban Flood Management, 2009.11.26, Unesco hdqrs., Paris, France
- ③ Yamada, F., Kakimoto, R., Tanaka, K., Fujimi, T., Ohmoto, T., Mazada, T., Kitasono, Y., Enomura, Y. and Yatsuduka, I., Community-based flood risk management supporting system, The 9th IIASA-DPRI FORUM, 2009.10.14, Kyoto Univ., Kyoto, Japan

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

柿本 竜治 (KAKIMOTO RYUJI)  
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授  
研究者番号：00253716

### (2) 連携研究者

大本 照憲 (OMOTO TERUNORI)  
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授  
研究者番号：30150494  
山田 文彦 (YAMADA FUMIHIKO)  
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授  
研究者番号：60264280  
田中 尚人 (TANAKA NAOTO)  
熊本大学・政策創造研究教育センター・准教授  
研究者番号：60311742  
藤見 俊夫 (FUJIMI TOSHIO)  
熊本大学・大学院自然科学研究科・助教  
研究者番号：40423024