

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510176

研究課題名(和文) 土砂氾濫を伴う浸水被害の早期警戒避難システム構築に関する研究

研究課題名(英文) Early Warning and Evacuation System for Flood Disasters

研究代表者

橋本 晴行 (HASHIMOTO HARUYUKI)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70117216

研究成果の概要(和文)：

本システムは、全体で9個のサブシステムの構成となることを示した。中でも、浸水被害予測と住民の避難行動のサブシステムが主要部分を形成している。そこで、まず、浸水被害予測のサブシステムとして、福岡市の那珂川下流域を事例として、家屋が密集した河岸における越流量公式の提案、及び、地上・地下空間に対する平面2次元浸水被害予測シミュレーション手法の構築を行った。これに基づく予測情報を住民に提供して早期避難を図るため、次に、避難のサブシステムについて、豪雨時における住民の予測・避難情報に対する危険性の認識と避難行動との関係性などを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：

The present study deals with a system for early warning and evacuation of inhabitants during flood events. This system is composed of 9 sub-systems. Prediction of inundated areas and evacuation behavior of inhabitants plays major role as the sub-systems. As the former one, two-dimensional flood model are proposed for a dense urban area with underground spaces. As the latter one, evacuation behavior of inhabitants is examined during flood events.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：危機管理、自然災害、洪水、水災害、防災

1. 研究の背景

福岡都市圏流域では、この10年の間に3度も洪水氾濫が発生した。まず、御笠川と宇美川が、1999年と2003年の短期間に2回も洪水氾濫を引き起こし、次に、都心部を流れる那珂川と樋井川が2009年7月に洪水氾濫を発生させた。いずれの水害に対しても、防災関係機関の対応は遅れ、“危機管理システム”の弱点を露呈させた。御

笠川など福岡都市圏流域は比較的小流域であるため、浸水防御、避難などの余裕がない。従って、それらの早急な準備を行うためには、浸水被害の早期警戒避難システムの構築が必要である。

2. 研究の目的

浸水被害の早期警戒避難システムは、全体で9個のサブシステムの構成となる。中でも、

浸水被害予測と住民の避難行動のサブシステムが主要部分を形成している。従って、本研究は、まず、(1) 浸水被害予測システムの開発と、(2) 住民の避難行動について調査研究を実施し、最後に (3) 早期警戒避難システムの構築について考察した。

3. 研究の方法

浸水被害予測システムについては、事例解析を通じて浸水被害予測シミュレーション手法の完成度を上げていく必要がある。対象地域は氾濫の危険性が以前から指摘されてきた那珂川下流域である。

一方、住民の避難行動については、2009年に浸水被害があり、2010年には避難勧告発令があった福岡市郊外の那珂川町を対象とし、アンケート調査により研究を実施した。

4. 研究成果

(1) 浸水被害予測システムの開発

①目的 那珂川は、福岡市の中心部を流れ、治水安全度が極めて低いと言われている。特にその下流域には、九州最大の商業地域の天神・中洲地区があり、ビル、店舗が密集するとともに、地下街、地下鉄駅、個別ビルの地下店舗など大小の地下空間が複雑に展開している。このような地域にひと度、洪水氾濫が起これば、福岡市の中心部は甚大な物的・人的被害が予想される。

ここでは、事例解析として、那珂川下流域を対象とし、ある想定降雨のもと、天神・中洲地区における地上・地下空間の平面2次元浸水予測シミュレーションを行った。

②方法 那珂川下流には左から薬院新川が合流するとともに、右からは博多川が分岐・合流している。河岸沿いにはビルが密集するとともに、支川の薬院新川左岸側には天神地下街や地下鉄駅の出入口が近接している。また、博多川左岸側の中洲地区には密室性の強い地下店舗をもった個別ビル群が密集している。

想定降雨は、御笠川流域で浸水被害を発生させた1999年6月29日気象庁福岡管区気象台の観測降雨とする。その降雨が那珂川流域に一樣に降った場合を想定した。

河道部では洪水流の1次元不定流解析、氾濫場では橋本ら(2003)の市街地氾濫解析モデルを適用した氾濫解析、地下空間の浸水では平面2次元浸水解析をそれぞれ行った。ここに、河道部からの越流量の評価は建物群の影響を考慮し、市街地氾濫解析では密集した建物群の面積密度と形状抵抗を考慮した点が、本シミュレーション手法の特徴である。また、この手法は土砂氾濫を伴う場合についても有効である。

③研究結果

本想定降雨の場合、まず内水氾濫が先行し、その後、本・支川からの洪水氾濫が発生した。従って、内水氾濫に外水氾濫が重畳した複合型水害となった。

図-1に9時00分における天神地区の浸水深分布の計算結果を示す。

まず、降り始めからすぐに今泉地区など流域各地において内水氾濫が生じた。

次に、那珂川本川では、春吉橋、住吉橋付近の左岸において越流が発生した。春吉橋付近では、9時00分頃に浸水のピークを向かえ、最大浸水深は0.93mにも及んだ。



図-1 9時00分における天神地区の浸水深分布 (矢印：河川からの氾濫地点)

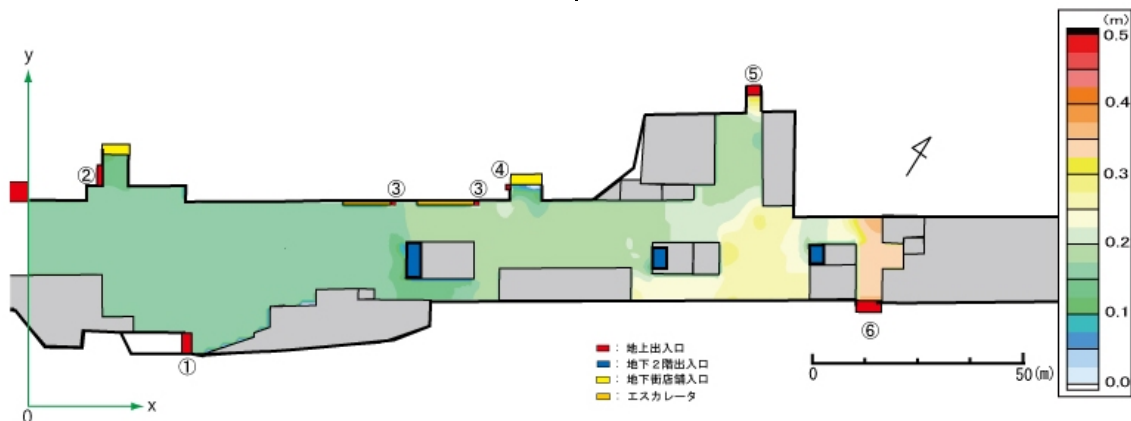


図-2 9時00分における地下鉄駅コンコースでの浸水深分布

博多川では、キャナルシティ博多付近の両岸から越流が発生した。この付近の中洲地区には地下店舗を有する個別ビルが多くあり、危険性が高いことが予測された。

さらに、薬院新川では、新川橋付近（左岸）、新開橋～姿見橋間（右岸）から氾濫が発生した。新川橋付近の左岸からの氾濫流は、近接の地下鉄駅出入口にも流下していった。天神地区では9時00分頃に浸水のピークを迎えた。このとき地下鉄駅出入口付近では最大浸水深が0.49mにも及んだ。

地下鉄駅出入口では地盤から高さ約80cmの止水版が準備されている。想定される洪水氾濫に対しては、所定の止水版を設置することで地下浸水を防ぐことは可能である。しかし、降雨開始から浸水のピークに達するまでには約1時間20分しかなく、止水版設置に時間的な余裕がない。従って、止水版の設置が間に合わないと仮定すると、氾濫流は地下空間に流入することとなる。流入量が最も多いのが地下鉄の5番、6番出入口である（図-2）。

従って、次に、浸水の危険性の高い地下鉄駅コンコースについて平面2次元浸水解析を行った。図-2は、地下鉄駅コンコース（地下1階）での9時00分における浸水深分布のシミュレーション結果である。8時00分頃、6番出入口より浸水が始まり、駅ホーム（地下2階）への浸水が始まった。その23分後にはコンコース一体が浸水した。コンコース部において9時00分頃ピークを迎え、最大水深48cm、平均水深は19cmとなった。

地下鉄駅コンコースから各エリアへの流入量を求めると、地下鉄駅出入口からの総流入量の約70%が地下鉄駅ホーム（地下2階）に流れ込んだ。地下鉄駅ホームへの浸水により、地下鉄の運行に支障をきたすが、一方で、地下街は軽微な浸水被害で済むこととなった。

(2) 住民の避難行動に関する調査研究

①目的 前節の浸水被害予測システムを用いると、浸水の予測情報を地域住民に提供し、早期避難を実行するシステム構築が可能となる。そのためには、事例調査により、水害時の住民の避難行動を調べる必要がある。

2009年7月24日から26日にかけて、総雨量が最大で613mmもの豪雨が九州北部を襲い、福岡県全体で、死者10名、浸水被害5,222棟、土砂災害1,126件におよぶ甚大な被害が発生した。さらに、翌年の2010年7月12日から14日にかけて再び豪雨が襲い県内各地で被害が発生した。福岡都市圏流域では、2009年に水害のあった地域を中心として、2010年も、樋井川、那珂川などの各流域で水害の発生が懸念され避難勧告が発令された。

ここでは、住民にアンケート調査を実施し、豪雨時における地域住民の対応・意識や避難行動を明らかにしたものである。研究対象は、

福岡都市圏流域において、2009年に激甚な水害を経験し、2010年の豪雨時には再びその発生が心配された那珂川流域とした。

②調査の方法

アンケート調査は2010年11月22日から12月20日にかけて行った。設問は、2009年および2010年水害時の被害内容と災害対応・意識など42項目について選択方式と記述方式とから構成された。対象地区は、2009年に甚大な洪水氾濫被害が発生し、2010年には避難勧告が発令された那珂川町西隈地区とした。配布数は107件、回答件数は95件、回収率は88%であった。回答者の性別は男性53%、女性46%であった。回答者の年代は、60歳代が35%で最も多く、70歳以上の高齢者は26%も占める。居住条件は、平屋に住んでいる住民が17%、2階建以上または高台に住んでいる住民が82%であった。

③調査結果

1) 豪雨情報の収集

2009年の豪雨時に、テレビ・ラジオやインターネット等を通して、自ら情報を得た住民は回答者の内60%で、受動的に情報を得た住民は27%であった。一方、2010年の豪雨時に、自ら情報を得た回答者は46%、受動的に情報を得た回答者は22%であった。情報を求めなかったという回答者は、2009年は9%、2010年は8%程度であった。

図-3に、2009年、2010年豪雨時に回答者の住民が災害情報を得ようとしたきっかけを示す。ここに、Nは回答者数、 N_i は回答総数である。両年とも、情報を得た回答者の6~8割が、雨の降り方や河川水位などのリアルタイムの現象に異常を感じ、情報を得るきっかけとしていた。2009年水害の場合、住民は8時半~11時に集中して水害情報を求めた。災害の経過から見ると、危険水位突破後の水位上昇や、時間雨量60mmを越える降雨に異常性を感じたことが伺える。

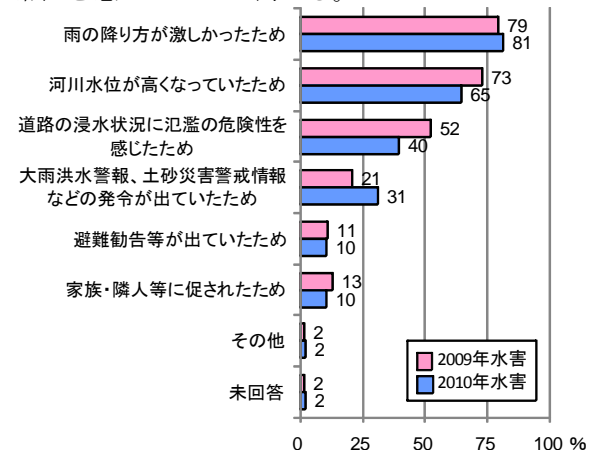


図-3 情報を得ようとしたきっかけ（複数回答）

{2010年(N=48, $N_i=116$), 2009年(N=63, $N_i=159$)}

一方、2010年水害の場合、情報収集を行った時刻は、6時から9時に集中した。降雨ピークの時刻が早朝であったため、起床時刻が影響していることも考えられた。

2) 豪雨時の避難の呼びかけ

2009年の豪雨時に、回答者の44%が避難を呼びかけられたが、31%は避難を呼びかけられなかった。一方、2010年の豪雨時には、回答者の25%が避難を呼びかけられ、35%が呼びかけられていなかった。

避難の呼びかけを受けた住民に対して、避難の呼びかけがどこからあったかを尋ねると、2009年、2010年ともに組長・区長から最も多く、それぞれ56%、77%であった。次いで、隣近所からそれぞれ33%、31%であった。避難の呼びかけの伝達手段は戸別訪問によるものが最も多く、次いで電話による伝達であった。

3) 住民の避難行動

回答者の住民の避難率は、2009年では22%、2010年では7%であった。一方、避難しなかった住民は2009年で67%、2010年で66%であった。

図-4に、回答者の住民が避難を決断した理由を示す。これより、2009年、2010年ともに自宅前の道路が浸水したため避難した住民が最も多く、次いで、雨の降り方の激しさや、川の水位によって避難を判断していた。また、避難の呼びかけをきっかけに避難した住民は2009年では29%であったが、2010年では0%であった。

図-5に回答者が避難をしなかった理由を示す。2009年では、避難をしなかった回答者のうち過半数の55%の住民が「避難する方が危険だと判断した」と回答した。次いで、40%の住民が「自宅の2階以上に避難すれば大丈夫と判断した」と回答した。2010年では、43%の住民が「避難する程の状況ではないと思ったため」と回答した。

従って、2009年水害では、避難した住民の多くは、危険が目前に迫りあわてて避難し、避難しなかった住民の多くは、避難判断が遅れ、屋外が危険な状態となってしまったため、避難するよりも自宅待機をより安全と考えた。一方、2010年水害では、避難するほどの危険性を感じなかったと考えられる。

2010年豪雨時に危険を感じたかどうか尋ねた。その際、住民が実際に避難行動を起こしたかどうかとも尋ねた。回答者の過半数の56%は危険を感じたが、その内わずか6%の住民しか実際に避難行動を起こしていない。

住民は雨の降り方、川の流れ、道路の浸水状況などに危険性を感じ、水害発生の可能性を考えていた。しかしながら、危険性を感じ水害発生の可能性を考えたとしても、当時の

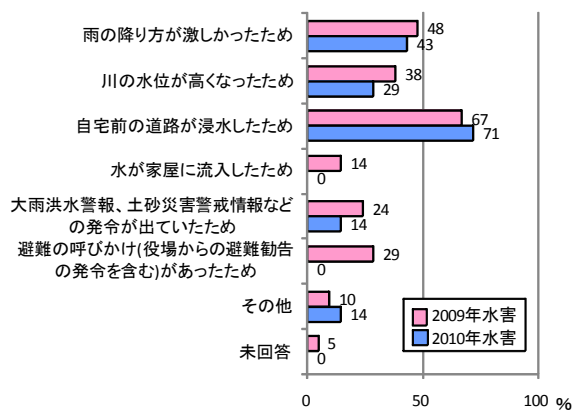


図-4 避難を決断した理由 (複数回答)

{2010年(N=7, N_t=12), 2009年(N=21, N_t=49)}

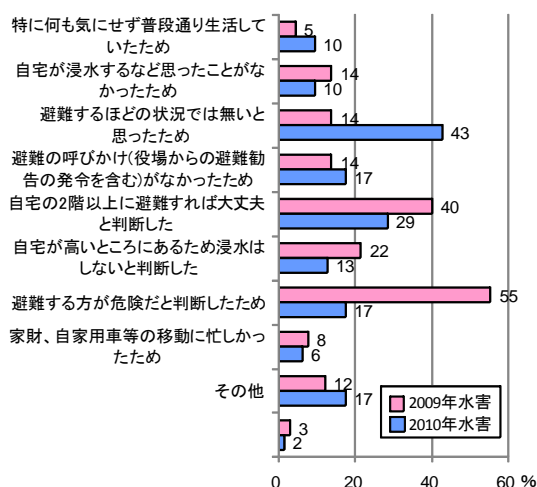


図-5 避難しなかった理由 (複数回答)

{2010年(N=63, N_t=63), 2009年(N=65, N_t=121)}

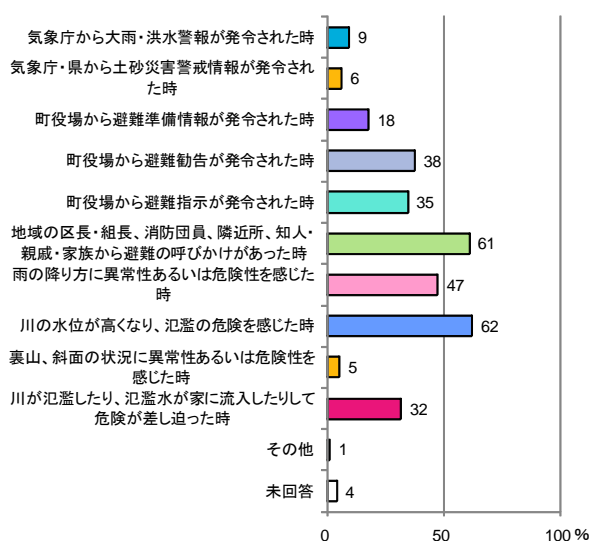


図-6 避難行動のタイミング (複数回答)

(N=95, N_t=303)

それらの危険性の程度では実際に避難行動に移す住民は少なかった。

4) 災害後の住民の意識

住民に「今後もし避難するとしたら、どのような時に避難しますか」と尋ねた。図-6にその回答の結果を示す。大雨・洪水警報や土砂災害警戒情報など予警報の発令をきっかけとして避難する住民は少なく、降雨の異常性や河川氾濫・斜面崩壊の危険性を感じた時、あるいは家屋の浸水などをきっかけとして避難を決断するとした住民が多くいる。一方で、多くの回答者が役場や地域からの避難の呼びかけがあれば避難するとしている。

道路の浸水や雨の降り方、川の流れの異常性など目前の現場の状況から判断される危険性の感知だけでは、その危険性の程度により、避難行動の判断が大きく分かれる。従って、役場や地域からの避難の呼びかけなどを工夫し、住民が感知する危険性のレベルを底上げして避難行動に移させる仕組みが必要である。

(3) 早期警戒避難システムの構築

本システムは、浸水被害予測のサブシステムに基づく予測情報を地域に提供し、地域住民の早期避難を図るものである。

しかしながら、住民の実際の避難行動は、気象警報等の予測情報や地域からの避難の呼びかけではなく、道路の浸水や雨の降り方、川の流れの異常性など目前の現場の状況から判断される危険性の程度に基づいていた。市町村や地域からの避難の呼びかけを工夫するなどして、地域住民が感知する危険性のレベルを底上げし、予測情報を利用した避難判断を行えるようなシステム構築が必要である。

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6件)

- ① 橋本晴行・内村圭佑・齊藤美咲：2009年7月福岡都市圏における豪雨災害の特性と行政機関、住民の対応、九州大学西部地区自然災害資料センターニュース、査読無、No. 43、2010、8-11.
- ② 齊藤美咲・橋本晴行・野中洋佑：2009年7月福岡都市圏における豪雨災害の特性と住民の対応、自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集、査読無、34巻、2010、73 - 7.
- ③ 横田尚俊：地域資源と災害・防災、都市社会研究、査読有、No. 2、2010、33 - 45.
- ④ 横田尚俊：豪雨災害における地域住民の避難行動とその特質、第8回都市水害に関

するシンポジウム講演論文集、査読無、2009、39 - 44.

- ⑤ H. Hashimoto、Y. Nonaka and M. Saito：Flood-risk assessment of the Naka River in Fukuoka city, Japan、The 8th International Conference on Urban Drainage Modelling、Tokyo、Japan、CD-Rom、査読有、2009.
- ⑥ 橋本晴行・野中洋佑：福岡市那珂川の洪水氾濫予測について－氾濫地点の検出と地下街の浸水可能性について－、都市水害の複雑さに挑む - その予測と対策 - 、京都大学防災研究所、査読無、2008、19 - 24.

[学会発表] (計5件)

- ① 齊藤美咲：2009年7月福岡都市圏で発生した豪雨災害における行政機関と被災住民の対応、第29回日本自然災害学会学術講演会講演概要集、2010年9月16日、岐阜大学工学部.
- ② 齊藤美咲：2009年7月福岡都市圏で発生した豪雨災害における被災者の対応、平成21年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、2010年3月6日、崇城大学.
- ③ 野中洋佑：福岡市那珂川下流域における浸水予測シミュレーション、第28回日本自然災害学会学術講演会講演概要集、2009年9月29日、京大会館.
- ④ 齊藤美咲：福岡市天神地区における浸水被害予測と地下空間管理者の対応、第28回日本自然災害学会学術講演会講演概要集、2009年9月29日、京大会館.
- ⑤ 野中洋佑：福岡市那珂川下流域における市街地の洪水氾濫解析、平成20年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、2009年3月、九州大学工学部.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 晴行 (HASHIMOTO HARUYUKI)
九州大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：70117216

(2) 研究分担者

横田 尚俊 (YOKOTA NAOTOSHI)
山口大学・人文学部・教授
研究者番号：10240194