

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19560510

研究課題名（和文）洪水氾濫計算とインテリジェント画像処理を融合した洪水時の住民避難システムの構築

研究課題名（英文）Development of evacuation system in flood disaster with numerical simulation and image processing technology

研究代表者

細山田得三 (HOSOYAMADA TOKUZO)

長岡技術科学大学 工学部 准教授

研究者番号：70262475

研究成果の概要

洪水氾濫のソフト対策として、洪水氾濫計算の高度化と画像処理技法を融合した住民の避難システムを構築のための要素技術を確立した。洪水氾濫計算の高度化として堤防の崩壊過程を考慮できる計算技法を新しく提案するとともに、河川水の上昇をリアルタイムにモニタリングできる画像処理システムを開発した。住民の避難行動の解析にはマルチエージェントシミュレータを用いて避難状況を視覚的に表現した。

交付額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2008年度	509,000	141,000	650,000
総計	3,509,000	1,041,000	4,550,000

研究分野

科研費の分科・細目：水工水理学

キーワード：数値計算, 画像処理, 河川災害, 防災, 洪水

1. 研究開始当初の背景

都市域において地球温暖化に起因すると思われる水害の危険性は増加していると考えられる。その対策として河川改修などのハード面の他に情報技術によるソフト的な対策が重要である。近年、洪水災害の中で河川にどの

ような現象が生じているかをリアルタイムにモニタリングできるシステムが開発されてきている。その1つの方式である、自立式インテリジェント画像処理システムは、安価でランニングコストが安いため、試験的に中越地区に設置されている。本研究では、この画像

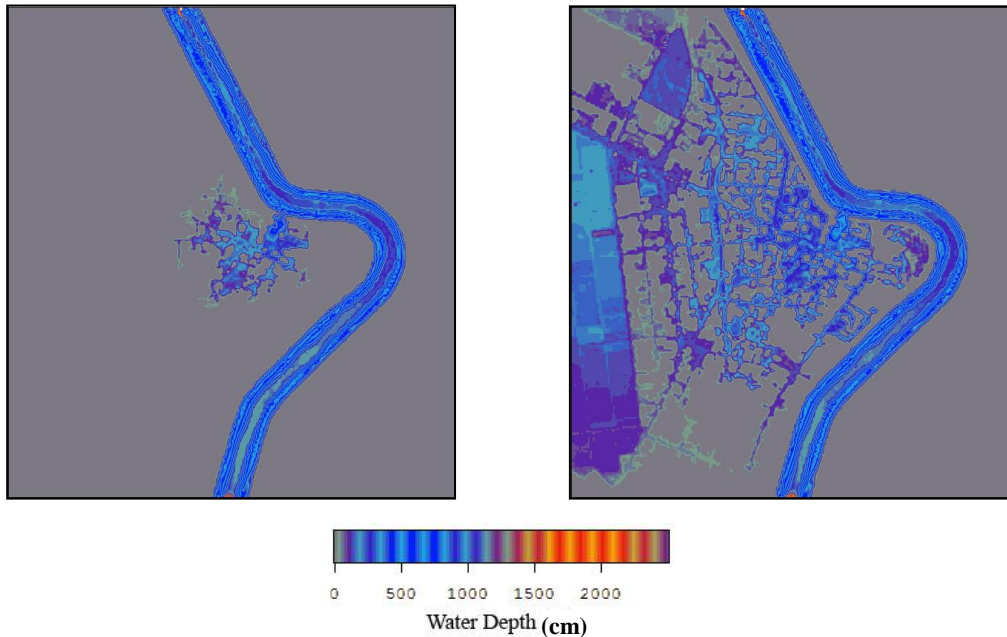


図1 氾濫水の水深分布変化

左側：12時45分、右側：13時30分

処理システムと洪水氾濫数値計算とを融合し、洪水による破堤氾濫に先立って洪水氾濫の数値計算を実行できるシステムを構築するための要素技術の確立を研究当初の目的とした。

2. 研究の目的

都市域での水害の危険性が引き続き増加していることは近年、頻発している水災害の実体からも推測できる。その対策として河川改修などのハード面の他に情報技術によるソフト的な対策が重要であることが再認識された。災害をソフト面で捉える場合、

- (1) 洪水氾濫数値計算の高度化
- (2) 画像処理を用いた河川水位のリアルタイムモニタリングシステムの開発
- (3) 地域住民の水害時の避難行動

の3つが挙げられる。本研究では、この3つ

の項目について焦点を絞り、新たな技法を提案していくことを最終的な目的とした。

3. 研究の方法

全節で述べた3つの目的に対応し、以下にその研究方法を示す。

(1) 洪水氾濫数値計算の高度化

洪水氾濫数値計算の高度化として堤防の崩壊過程を考慮できる計算技法を新しく提案した。このモデルは河川水位が上昇して堤防天端上を越水した場合、それに応じて堤防上から浸食が進行し堤防の破壊に至るというモデルある。これを新潟福島豪雨災害(平成16年)の刈谷田川に適用して妥当性を検討した。本研究では平面2次元の非定常流の氾濫流計算、土砂輸送計算、底面での沈降・再浮遊過程、地形変化計算を組み合わせることによって越水が先行する場合の堤防の崩壊過程について検討した。あわせて堤内地に広がる土砂の分

布についても検討を行った。

これまで河川堤防の破堤地点の予測については過去の記録や伝承によるものが多く、河道管理が行われない自然状態での河川が自由に河道変動を起こす際の土砂の堆積位置である自然堤防が安全地帯であると見なされている。河川堤防の崩壊について力学モデルを用いて事前に予測することは極めて困難である。しかしながら、大別すれば河川堤防の崩壊には以下の2つの道筋が考えられる。

- ①. 越水が先行し、河道内から堤内地へ流出する洪水流によって堤防の天端・法面などの表面から徐々に崩壊するケース（河川浸食）
- ②. 越水が生じる前に堤防の裏と表の法面の圧力差によって堤防内部に破壊が生じ、抵抗力が急激に減少して堤防全体が崩壊するケース（パイピング）

河川浸食に関する数値モデルについては浮遊砂・掃流砂の挙動を介して河道内部の地形変化の計算に数多く用いられた実績がある。本研究では河川浸食のパラメータを操作することによって河川堤防の崩壊を表現することとした。

(2) 画像処理を用いた水位のリアルタイムモニタリングシステムの開発

河川水の上昇をリアルタイムにモニタリングできる画像処理システムを開発した。これは太陽光の自然エネルギーを利用した自立式インテリジェント画像処理システムであり、安価でランニングコストが安く、試験的にパイロット的に中越地区の中小都市河川に設置した。防災活動にあたっては環境監視システムの日頃からの利用が、緊急時の円滑な運用においては極めて重要である。また、全ての判断を行政に任せるのではなく、各個人自ら

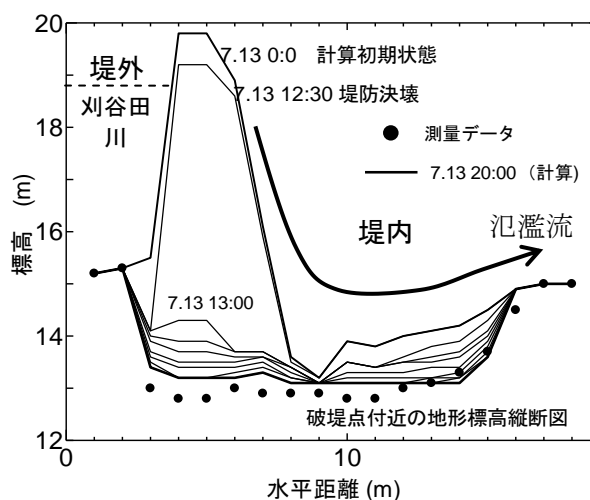


図2 破堤点付近の地形変化
実線：計算値 12:30～20:00, 1時間間隔
●：洪水後の実測値

が身近な環境を監視して避難などの判断を下す必要がある。そのためには個人で設置できて使いやすい監視システムが有効である。昨今のデジタル映像通信技術の発展により、遠隔映像監視システムの個人レベルでの設置が容易となった。更に河川映像から水位を自動判断できれば、各個人と関係の深い小規模河川、用水路、調整池の日常監視が可能となる。

(3) 地域住民の水害時に非難行動

住民の避難行動の解析にはマルチエージェントシミュレータを用いて避難状況を視覚的に表現することを試みた。平成16年の福井豪雨時を対象として災害時の人間の避難行動についてシミュレーションを行った。このときの入力条件としては河川の氾濫シミュレーションの結果を用い、これをマルチエージェントシミュレータ(Artisoc)へ反映させた。洪水・避難シミュレーションでは氾濫解析結果と避難シミュレーションを重ね合わせることで、以下のようなことが期待できる。

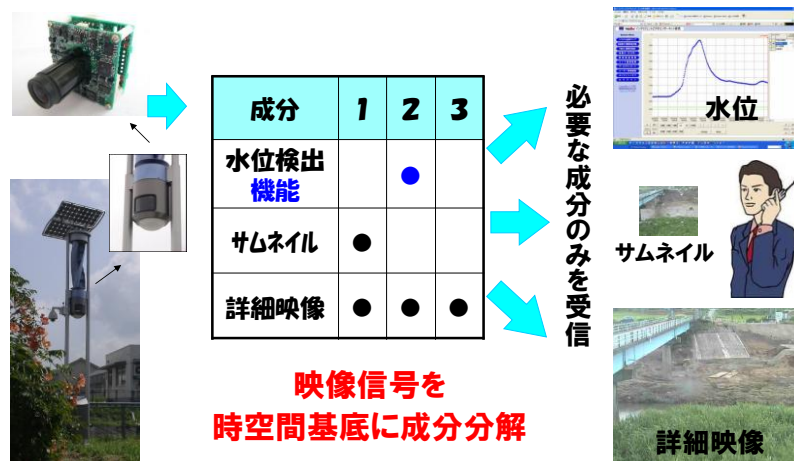


図3 河川に特化したスケーラブル符号化

- ・シミュレーションの結果を視覚的に表現することで住民の災害に対する理解が深まり、避難行動に結びつけることができる。
- ・浸水域と避難者の分布状況から、洪水氾濫時に発生が予想される人的被害の規模が推定できる。
- ・時間経過とともに変化する結果を視覚的に確認できることで、より安全な避難経路の確保と避難所の適正な配置を検討することができる。

4. 研究成果

研究成果についても3つの研究目的について以下に個別に記述する。

(1) 洪水氾濫数値計算の高度化

本研究により、越水が先行すると仮定した場合の堤防の浸食による決壊過程と破堤点付近の住宅地区への氾濫水と土砂の輸送過程を計算できる可能性を示すことができた(図1)。また、堤防の崩壊が越水後に急激に進行することが分かった。計算において破堤点を仮定することは行わず、堤防の強度が冠水に応じて現象するというモデルを仮定することによ

って実体と同様の破堤が生じる結果となった。

堤防の崩壊は、抵抗力を失った地盤が流動化するという固体力学と流体力学の境界の問題と位置づけられ、解析的な取り扱いが難しい。本研究で示した計算方法はパラメータを氾濫の状況の合わせて動的に変動させるということでそれに対応させた。それによって地盤高の変位や“おち掘れ”のような現象を再現できる可能性が示せた(図2)。しかしながら、パラメータの変動のさせ方については実現象に一致させるように試行錯誤した感は否めない。今後はそれらのパラメータの与え方について検討していきたいと考えている。

(2) 画像処理を用いた水位のリアルタイムモニタリングシステム

本課題では、まずは映像による水位の自動検出方法を開発した。従来より、傾斜量水板やバーコードなどを陸水境界部に設置し、その映像から水面を検出する方法がある。しかし、流水の妨げとなる物体の設置は好ましくない。その場合、垂直方向の線分である水面を、水平方向の微分処理やハフ変換により検出する方法が提案されている。フレーム間差

分を併用して水路壁汚れを誤検出しない方法も提案された。しかし、降雪時の誤動作を回避できない。

本課題で開発した方法は、時間方向の低域通過フィルタと空間方向の高域通過フィルタを、陸部分と流水部分の各クラス間の距離が最大となるように設計する。結果として、降雪時やレンズへの水滴付着がある場合でも、安定した水位検出が可能となった。また、降雪粒子が消え陸領域のエッジ成分が特徴量となり水位を検出できることが確認できた。更に、処理を水位検出に特化して簡素化することで DSP によるリアルタイム処理が可能となった。

また、映像からの水位判別に加え、映像信号の圧縮伝送をも考慮することで、新しいタイプの階層符号化方法を提案した。この方法は時空間基底分解により映像信号を各種の成分に分割し、水位検出に必要な成分のみを基本レイヤとして圧縮符号化する(図3)。通常はこの成分のみを受信して判別処理を行うことで、極めて少ないデータ通信量で水位を得て変位履歴を記録することができる。

しかし、水位判別の全てを機械に任せただけでは誤った避難行動を招く恐れがあり、実際の河川映像を閲覧して現状を確認する必要がある。この際、全映像データを新たに受信するのではなく、既に送られた基本レイヤに対

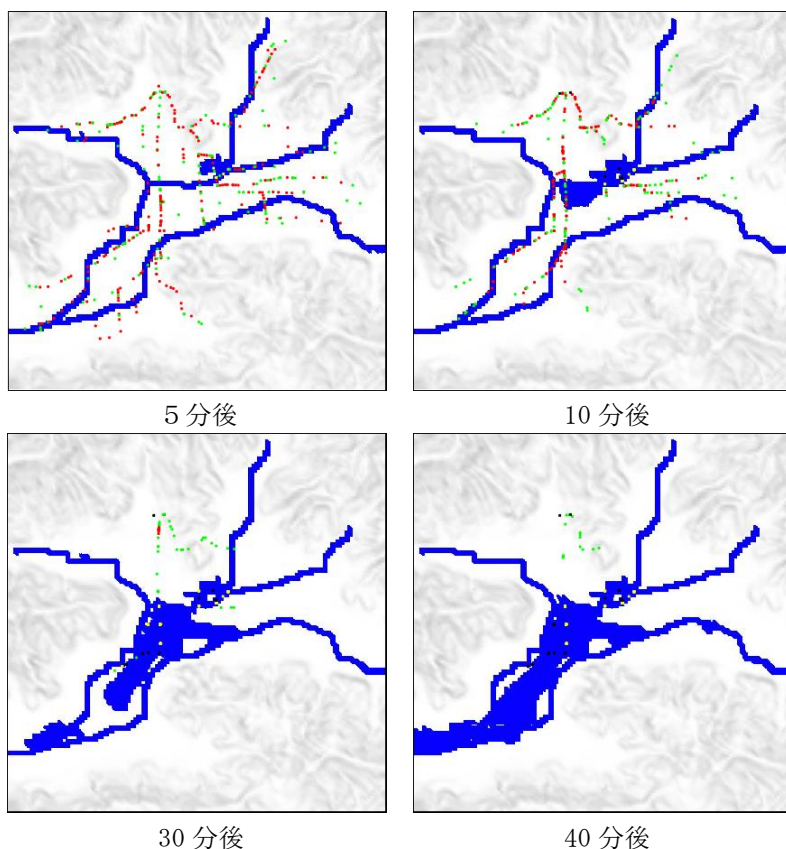


図4 避難経過図

福井豪雨(平成16年7月)での河和田地区

する追加成分のみを拡張レイヤとして受信する。これによりデータ通信量の無駄なく現場の河川映像を確認できる。

(3) 地域住民の水害時に非難行動

避難開始10分後には小学校の東側の道路で避難経路を変更するエージェントが発生し、避難開始20分後には被害を受けるエージェントも発生した。避難開始30分後には氾濫地点よりも北側に向かうことができなくなり、行き場を失うエージェントが続出した。このことより、破堤の30分前に避難行動を起こすことができれば、災害による人的被害は減少すると考えられる。さらには、被害者エージェントが続出した地点の河川整備や避難路整備が重要であることが分かる(図4)。

5. 主な発表論文

[雑誌論文] (計5件)

1) 沿岸海域における流出重油の実態とその広がりに関する数値計算法 -1997年ナホトカ号重油流出事故を対象にして, マリンエンジニアリング学会誌, Ser.466 Vol.43, No.1 2008 JAN. pp.95-100, 細山田得三, 犬飼直之 査読有.

2) 海岸地形に依存した離岸流の発生機構の基礎的数値実験, 海岸工学論文集 55 巻, pp. -, 2008 (印刷中), 細山田得三, 大橋俊樹 査読有

3) 不規則波によるフィルター層を有する海浜断面の可逆性から見た安全性について, 海岸工学論文集 55 巻, pp. -, 2008, 辻本剛三・細山田得三・柿木哲哉・宇野宏司, 査読有.

4) 新潟県中越沖地震における津波に関する避難状況などの聞き取り調査, 海洋開発論文集,

第24巻 pp.153~157 (2008), 犬飼直之, 杉本高志, Alwafi Pujiraharjo, 細山田得三, 査読有

5) “人と機械が混在する映像センサネットワーク ~河川監視編~”, 画像電子学会誌, vol.36, no.6, pp.894-899, 岩橋政宏, Nov. 2007 査読有.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

細山田得三 (HOSUYAMADA TOKUZO)
長岡技術科学大学工学部・准教授
研究者番号: 70262475

(2) 研究分担者

岩橋政宏 (IWAHASHI MASAHIRO)
長岡技術科学大学工学部 准教授
研究者番号: 30251854
田安正茂 (TAYASU MASASHIGE)
福井工業高等専門学校 助教
研究者番号: 60353273