

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 11 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25289150

研究課題名(和文)洪水リスク時空間的相関性と治水安全度階層性を考慮した流域一体河川計画手法の構築

研究課題名(英文) Development of river planning tools considering large-scale spatial and temporal non-linear characteristics in flood risks

研究代表者

木村 一郎 (Kimura, Ichiro)

北海道大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60225026

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：流域スケールでの河川治水計画を可能とする新たなツール群の整備を実施し、これらのツールを用いた河川計画の有用性を例証した。既往の計画の問題点を具体的に指摘し、これらを克服するためのツールとして、洪水物理モデル、洪水経済モデル、洪水避難モデルの3つを新たに構築した。このうち、洪水物理モデルは計画の基盤となる部分であり、広域氾濫モデル、内水外水一体氾濫モデル、洪水局所流モデル、津波遡上モデルの4つから構成した。これらのツール群を種々のスケールの既往洪水に適用し、その有用性を例証した。また、研究成果の国内外への迅速な波及を図るため、成果の一部を汎用フリーソフトウェアの形で整備した。

研究成果の概要(英文)：To enable a large-scale river planning considered connections of whole river basin, we developed novel numerical and mathematical tools, and checked their validity by applying them to flood events with different temporal and spatial scales. The tools are composed of flood physics model, flood economic model and flood evacuation model. The flood physics model is the most fundamental part for the river planning, and is divided into 4 components, the large-scale inundation model, inner-outer inundation connected model, flood induced local flow model and tsunami model. Those tools were tested through the applications to past flood events with different scales, and the results were compared with observations. Such calibration process showed that the river planning aided by the proposed new tools are quite useful and practical. Some components of the results were assembled as free-software on an open-source platform to enable everyone in the world can use our result without limitations.

研究分野：水理学

キーワード：洪水 治水 氾濫 数値解析 河川計画

1. 研究開始当初の背景

近年の既往最大をはるかに超える降雨，巨大台風の頻発，台風来襲の連続化などは，河川の災害を急激に巨大化させ，既往の河川防災計画の脆弱性を露呈した．近年の河川災害の特徴として次のような点が挙げられる．

- ・計画を大きく超える降雨量．
- ・被災地の線的，面的広がり．
- ・災害スケールの局所的偏在．
- ・急激な流況変化，土砂流出，地形変動に伴う災害進行の不連続性で突発性．

このような河川災害の巨大化と時空間的複雑化は，災害シナリオを予測困難なものとしている．たとえば，平成23年の信濃川においては，上流側の氾濫が支川流出ピークを遅延させたことで，下流側本川ピークとハイドロクが重なり，被害を拡大させた．これは，上流の氾濫が下流側の被害を軽減するという従来の知見と相反するものである．また，治水に有益とされてきた河道内貯留効果が裏目に出て被害を拡大する事例も報告されている．これらの事例は，河川災害を単に個別事象の静的な重ね合わせで表し得るものではなく，動的災害シナリオを考慮した計画策定の必要性を如実に示している．確率降雨や既往最大流量に基づく河川計画手法は，複雑化する災害シナリオを過度に平滑化して扱うものにすぎず，加えて，流域の過密化・人工化，予算の緊縮化などを考慮すると，もはや既往の手法の延長上で河川防災を議論することは適切とはいえない．

一方，近年の衛星情報システムの高度化，超並列計算機による気象モデルの高精度化を背景に気象予測技術は急速に進歩している．これにより災害時における流域内の降雨の時空間分布をある程度予測できるようになってきた．残念ながら現在の河川管理計画は，このような降雨特定の時空間分布特性を反映させたものとはなっておらず，計画確率降雨に基づく比較的単純な流出解析により得られた支川流量の単純和として河道流量を評価する，旧態然とした手法に頼っている．流域を一体として捉え，想定される災害シナリオ群の包絡線として整備qq計画を決定する新たな計画手法の構築が必要で，そのためのツールの整備が急務となっている．

2. 研究の目的

巨大化・複雑化する河川災害に対応するため，流域全体を一体として捉えた新たな河川管理手法の構築を目指し，これに資する洪水物理モデル，洪水経済モデル，洪水避難モデルからなるツール群を開発する．

3. 研究の方法

研究期間は四年とし，三年目までは手法の構築を主に進め，最終年度はケーススタディとツールの汎用化に当てる．開発するツールは 広域洪水物理モデル， 氾濫経済モデル， 洪水避難モデルに大別され， はさらに4

種類のツールに細分化される．初年度はこれらの開発と並行して，近年の国内外巨大河川災害に焦点を当て，その災害シナリオの解明を行う．二年目，三年目はツール開発を継続するとともに実験スケール，実河川スケールで適用性を検証し，精度と安定性の向上を図る．最終年度はツール群を完成させるとともに，国内外河川を対象としたケーススタディを通じて本手法の妥当性を例証する．合わせて汎用プラットフォームへ成果を反映する．

4. 研究成果

4.1 洪水物理モデル

洪水物理モデルについては，既往のモデルの適用性検証，広域洪水氾濫モデル，内水外水一体モデル，洪水局所流モデル，津波遡上モデルの5つの視点で検討を実施した．

(1) 既往洪水物理モデルの適用性

ここでは，既往の汎用河床変動解析システムである iRIC に含まれる Nays2D 系のソルバーを用いたケーススタディに関する研究について成果を述べる．Nays2D 系のソルバーでは，河道および周辺の地形を区分無く取り扱い，共通して浅水流を仮定した流体解析を実施する．このため，地形情報の解像度が高い場合には両者の地形特性が十分に解像され，破堤や越流などの設定を適切に与えることが可能となる．近年は 5m メッシュ等の DEM データに代表されるラスタ形式の地形情報がインターネット上で取得可能であり，必要とされる地形データに容易にアクセス可能である．このような高解像度の地形データと Nays2D 系ソルバーである Nays2D Flood ソルバーを併用した大規模出水時の氾濫流解析の研究として，2013年山口・島根水害における氾濫流の解析を実施した．対象は阿武川流域での氾濫流であり，後背地の果樹園などの浸食が問題とされていた .5m メッシュデータの存在しない中山間地域を対象とした解析であり，当初は基盤地図情報の 10m メッシュデータを基とした河床変動解析を実施したが，氾濫流路の形成過程が現地での痕跡状況と一致せず，結果の再現性に問題を有していた．これは，10m メッシュデータが既往の地形測量結果に基づいており，農地の境界のような微地形を解像し得ていないことが理由と考えられた．このため，2014年に複数回の RTK-VRS による現地での測量を実施し，計 1360 点のポイントデータから GIS ソフト上で TIN により地形を作成した．この地形データを用いて改めて解析を実施したところ，推測される上記水害時の氾濫流路形成の再現性が向上した．この解析結果から，氾濫初期には比較的平坦な水田に氾濫流が滞留し，その後土地利用境界での標高差のような微地形に沿って流路が形成されていくこと，河道内に存在する構造物が，出水時の局所的な河床変動をもたらし，これにより生じた迂回流が側岸での浸食を発生させた可能性がある

ことなどが示唆された。この検討から、中山間地域での微地形の把握が後背地での浸食の検討に際し重要であることが改めて示された。また逆に 5m メッシュの DEM データのような航空レーザー測量に基く高解像度の地形データが予め入手可能であれば、Nays2D Flood 系統のソルバーが十分な再現性を有することが確認された。

また近年の河川管理では、河道内に進出した植生の管理が問題となることが多く、出水時の流れと植生生長の相互作用の解明が求められている。特に初期植生進出に関しては出水時に浮遊砂やウォッシュロードのような細粒土砂成分が局所的に堆積することがトリガーとなることが推測されるが、この現象には微地形に依存した精度の高い流れの解析が必要である。このような中小規模の出水時における河道内の流れへのモデル適用のケーススタディとして、2015 年から 2016 年に掛けて、庄内川における代表的な出水時の流れの解析を Nays2D ソルバーを用いて実施した。前述の研究から、解像度の高い地形情報が得られた場合には Nays2D 系ソルバーが高い再現性を有していることが確認されており、この検討では既往の 5m メッシュ DEM データと、近年利用が進みつつある SfM-MVS による写真測量的な手法により得られた高解像度地形情報を用いた解析を実施した。2015 年 9 月の出水を対象として、SfM-MVS により得られた 0.4m メッシュの地形情報に基いた解析では、出水時の流れが微地形及び草本の繁茂状況により強く影響を受けた様子を示すこと、およびその流れから推測される細粒土砂の堆積状況が、現地観測での分析と比較的同一の傾向を示すことが確認された。また既往の 5m メッシュの地形を用いた 2016 年 9 月出水を対象とした河床変動解析では、現地でも得られた SfM-MVS 結果の出水前後での変化が示す土砂の堆積および侵食傾向が、数値解析結果が示す傾向と良く一致することが確認された。

以上の成果から共通する結果として、既往ソルバーが氾濫流あるいは出水時の流れ及び河床変動に関して十分な再現性を有していること、但しその再現性には、高解像度の地形データに代表される正確な計算条件の設定に依存することが確認された。したがって、既往ツールは局所的な洪水現象の予測には適するが、本研究で目的とする流域一体型の治水計画には適用は困難と推測された。

(2) 広域氾濫物理モデルの構築

近年、地形情報における LP データ、降雨観測における X バンドレーダ MP データ等、高解像度地理、気象データの品質化が進みつつあるが、既往の数値シミュレーションモデルでは計算負荷の関係で、地理・気象データに対して大幅に解像度を落とした計算格子のもとで数値解析が実行されるのが通常である。本モデルは、高解像度地理、気象情報データを直接反映させ、かつ合理的な計算

機負荷で洪水氾濫シミュレーションを実施することを目的として、ダブルグリッドアプローチによる平面二次元モデルを開発した。ダブルグリッドアプローチでは、デカルト型計算格子系を採用し、地理情報は高解像度格子に格納し、連続式、基礎方程式の解析はこれより 1 オーダー以上粗い計算格子で実行する。このため、細かい計算格子の地理情報を、いかに精度を劣化させずに粗い格子に反映させるかが計算全体の精度を決定するポイントとなる。また、運動量の保存性や、将来的な流砂モデルの導入についても視野に入ると、移流項の保存性についても配慮することが望ましい。このような目的にかなうモデルとして、Volpらにより提案されたダブルグリッドモデルをベースに、いくつかの改良を施したモデルを提案した。

本研究で開発したダブルグリッドモデルの性能を評価するため、単純地形上でシミュレーションを実施し、実験結果と比較するなどしてその妥当性を示した。また、札幌、パキスタン、バンコク等の既往洪水に本モデルを適用し、実測結果や痕跡と比較することによりその精度を示した。また既往のソルバーと比較し、計算時間がほぼ 1 オーダー程度小さくなることを確認した。

(3) 外水・内水一体氾濫モデルの構築

河川の中規模なセグメント（一都市程度）を対象とし、内水と外水の水理を一体的に解析する手法の開発を行った。開発した解析手法の特徴は、河道内や氾濫原の地形起伏や中小河川の平面的な幾何学形状を忠実に水理解析に反映することを目的として、局所的に計算格子の辺長を自由自在に変化させることができる四分木構造格子を導入したことである。様々な辺長の矩形格子を組み合わせた格子構成となる四分木構造格子の導入により、解析対象の地形を柔軟かつ忠実に再現可能となると同時に、一様な格子辺長を用いる一般的な解析手法に比べて最大で 10 倍ほどの計算効率の向上を達成した。また、分流と合流を繰り返す複雑な河道網における洪水時の水理を把握することを目的とした水理解析に矩形格子を用い、複雑な河道網の格子構成に自動処理を導入することで格子構成が極めて容易となるとともに、一般化座標で見られるような計算点配置に由来する水理解析の不安定性を容易に回避が可能であることが分かった。この他、河道の複雑な平面形状を効率的かつ忠実に境界適合する方法として一般化座標がしばしば用いられる。一般化座標には計算点配置についての数学的な制限は存在しないものの、離散計算においては計算点配置毎に打切誤差の大きさが異なり、計算点配置次第では不安定な水理解析となるばかりか非物理的な解をもたらすことさえある。そこで、計算点配置がもたらす打切誤差の理論的な算定方法を確立するとともに、数学的に合理的な計算点配置の方法の開発を行い、非常に高い効果が得られるこ

とを確認した。さらに、洪水ハザードマップは、上記までに示した河道内と氾濫原における水理解析を基盤として製作されるものの、2015年の鬼怒川洪水では同流域ではハザードマップが公表されていたにもかかわらず、避難行動が遅れた4300人もの市民が自衛隊に救出される事態に陥り、ハザードマップの存在意義が見直されることになった。これに対し、まず鬼怒川破堤氾濫に関する河道氾濫原一体解析をこれまでの研究蓄積を活用して実施し、次に水理解析の結果と避難者に聞き取り調査をした結果得られた時刻毎の位置情報の重ね合わせを行った。水理解析と住民の避難行動の重ね合わせ表示は、住民が氾濫原における氾濫水の伝達速度や安全な避難経路を選択する教材として活用が可能であることなどの新しい知見が得られた。

(4) 洪水局所流3次元モデルの構築

本研究テーマは2016北海道水害被害状況を鑑み研究途中で新たに開始したテーマである。北海道水害では、橋脚や橋台付近の局所洗堀や、橋げた付近における流木の堆積などの局所的現象が被害を左右している箇所が多くみられた。特に、橋台付近の局所洗堀は、走行中の車両の落下による死亡事例が報告されており、きわめて緊急の課題といえる。これらの局所現象は流動の三次元性が極めて重要であることから、既往の三次元開水路解析モデルを洪水氾濫の追跡が可能なモデルへと改良した。すなわち、wet & dryセルの動的変化への対応、ハイドログラフによる流量変化設定機能の追加などを実施した。これらを実河川における急峻なハイドログラフを伴う洪水氾濫流に適用し、結果の妥当性と安定性を検証した。

(5) 津波遡上モデルの検討

津波遡上を想定し、鉛直壁から背後の水層へ越流する流れについて乱流計算を行い、背後域の流れと底面せん断力に対するパラメータスタディから水理モデルを構築した。背後域の水層厚、壁体の崩壊速度に応じて背後流れの応答は大きく異なり、独特な乱れ分布並びに渦構造が生じる一方、半解析的に導いたモデルにより底面せん断力は一意に決定できることが明らかになった。

斜面勾配に依存した遡上波水面形状、水層内流速及びせん断力の相互作用をLIF可視化実験、SRPIVによる流速計測そして気化させたドライアイス遡上波の可視化実験を通して調査した。LIF可視化実験によって得られた遡上波水面形状は、斜面勾配の急峻に伴い顕著な変化を示す。遡上波フロント先端の水面は高曲率化し、blob状に膨れ上がり、その背後の水層厚は低下し、また気液界面近傍に規則的に配列した猫の目状の渦列のパターンが形成される。急斜面の遡上においては、膨れ上がったフロント波頂部が下流側背後へ移流される。SRPIVによる遡上波水層内の流速、過度、せん断力分布から、遡上フロントから底面せん断力、過度の周期的反転が生

じ、その背後において極めて厚い境界層が発達することが明らかになった。フロント部では反時計回りの流れがblob状水面形の形成に寄与し、またネック部の水層上方に遡上進行方向に対して交互に反転するせん断力、過度分布が形成され、猫の目状の水面変動を支配する。相対的な重力加速度の影響を低減し、流況にパッシブに応答する波面の変動をドライアイスを使った可視化実験によって観察し、水面及び流速計測から議論した遡上波の流体運動機構を裏付けた。

2011年東北津波の釜石市街への浸水過程を模擬する都市浸水モデル地形における津波の防潮堤からの越流、街路への貯留に起因する段波の生成と伝播、不透過街区への衝突、さらに交差点での遡上波の合流、衝突過程の特徴を抽出した。特に、継続した越流に伴い、街路での越流水の貯留に伴う水位上昇は、街路に沿った高い圧力勾配によって段波を連続的に生成し、街路を駆け巡る非定常な流れが形成されることが明らかとなった。この街路を伝播する段波群の重畳に伴う非定常な波力振動が街中で継続し、建築物の安定、被害に影響を与えるだけでなく、段波内部並びに隅部を流れる遡上流れに有意な大規模渦分布が形成される。段波による急速な水位上昇並びに大規模渦の発生は、浸水域の力学的影響だけでなく避難を困難にするため、都市型被災シナリオとして提案する。

高解像地形データ上で一連の津波の遡上過程を一貫して解くAMR-CIP系遡上計算法を提案、解説すると共に、その優位性並びに計算結果の解像度依存性を模型実験並びに今次津波の再現計算を通して検証した。北上川流域を対象とした模型実験に対する本計算モデルによる再現計算を行い、追波湾から伝達する津波の河口堤防からの越流、河口砂州上の局所水位変動、河川堤防からの越流、そして用水路や道路など局所地形を遡上する津波を最高解像度で追跡し、その浸水過程を計算した。河道内における水位変動の実験結果、標準的非線形長波方程式モデルによる数値結果と本モデルの結果を比較し、提案するモデルは、両者の結果と矛盾なく津波の伝播を再現することを確認した。河川堤防の解像度に応じて越流氾濫のタイミング及び規模に差異が生じ、また起伏の大きい堤内地への浸水過程において地形の形状抵抗を反映する度合いが地形解像度に依存し、その浸水速度に影響を与える。

4.2 洪水経済モデルの構築

降雨被害リスクを抱える道路ネットワークを対象とする改修費用最適配分決定モデルを構築した。モデルの定式化に際して、ある強度を有する降雨の発生確率と、降雨発生時の移動時間の確率の変動を考慮し、リンクの確率的移動時間をガウス混合分布によって表現している。ガウス混合分布を適用することで降雨によりリンクが途絶する状態と連結されている2つの状態を考慮している。

また、河川の改修は降雨がネットワーク中の道路に与える影響を変化させるものとし、河川改修の規模に対応した確率的移動時間を想定した。以上の方法で表した確率的移動時間を用いて経路移動時間の平均と分散を推計し、それらで表される各経路の移動時間費用を指標とした確率的利用者均衡配分モデルを定式化した。改修費用最適配分決定モデルは、河川の改修費用とドライバーの移動時間費用の和で表現される総費用を最小にする改修費用配分を決定した。つまり、このモデルは確率的利用者均衡問題を制約条件とした均衡制約付き総費用最小化問題として定式化されている。

図1に示すテストネットワークを対象に、構築したモデルの検証実験を行った。青い曲線で示される河川付近にある①～⑤が修繕場所を示している。計画期間は5年、年間予算は200(万円/年)とし、感度分析法に基づいたアルゴリズムを適用して均衡制約付き総費用最小化問題を解いた。

表2は目的関数を最小化することによって得られる年度毎の最適な改修配分予算である。図2からは計画期間内で改修を加える事によって総費用が減少することがわかる。また、改修を全く行わなかった場合の5年分の総費用が34,664(万円/5年)と推計されるのに対し、最適に改修を行った場合の総費用は11,718(万円/5年)となり、大幅に費用削減が可能となることが確認できた。

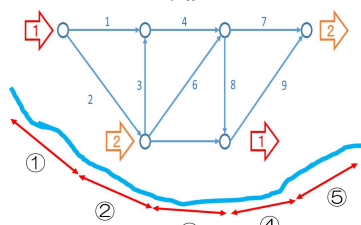


図-1 テストネットワーク
表2 改修時期と改修量(万円)

年	1	2	3	4	5
1	200	0	0	0	0
2	16	0	0	184	0
3	41	159	0	0	0
4	0	0	0	0	200
5	0	0	80	0	0
計	257	159	80	184	200

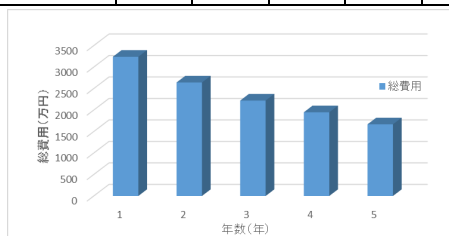


図2 総費用

4.3 洪水避難モデルの構築

水災害時の気象状況を考慮した避難行動モデルの定式化を行った。水害時においては、気象状況の変化が被害状況に大きく影響を

与える。避難行動モデルでは、住民が避難するかどうか、避難する場合どの避難所を選択するかを内生化した上で、住民の期待費用を最小化する一時避難所の配置計画を考えている。XバンドレーダとCバンドレーダにより推定される降雨情報(降雨発生確率分布)を想定し、最適配置問題の比較検討を行った。

図3に示す仮想地域に避難行動モデルを適用した計算例を示す。XバンドレーダとCバンドレーダの特性を反映するため、地域を4つの区域に分割して考える。また、それぞれの区域には、世帯が5つ、一時避難所が4つ存在すると設定した。CバンドレーダはXバンドレーダに比べ空間解像度が低いため、4つの区域に同一の降雨発生確率分布を設定した。それに対しXバンドレーダでは、4つの区域にそれぞれの発生確率分布を設定した。ここで、Cバンドレーダによる降雨発生確率分布は、Xバンドレーダによる4つの降雨発生確率分布の平均となるように設定している。以上の設定において、期待費用を求めた結果、図4に示す結果が得られた。Xバンドレーダによる降雨発生確率分布を用いることによって、期待費用分布のばらつきが減少し、不確実性が減少している。また、総期待費用の基準値が50億円であるのに対し、Xバンドレーダにより得られた値は57.6億円、Cバンドレーダにより得られた値は75.5億円となり、Xバンドレーダによる降雨発生確率分布を用いることで、より基準値に近い値を得ることが可能であることがわかる。ここで基準値とは、不確実性のない降雨量(事後的に得られる観測降雨量)を想定した場合の総期待費用であり、総期待費用の下限值と解釈することができる。

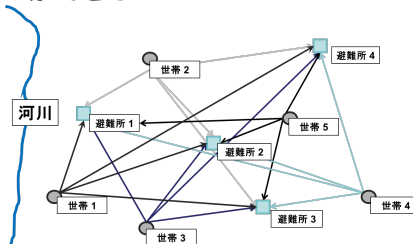


図3 対象地域

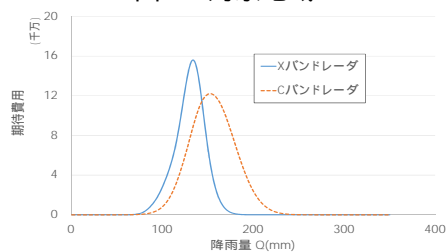


図4 期待費用

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 20 件)

M.A.Ali, I.Kimura & Y.Shimizu: Flood modelling using sub-grid based finite volume approach & constrained interpolation profile method, RiverFlow 2016, 1891-1895, 2016.査読有.

H.S.Kim, I.Kimura & Y.Shimizu: Experimental investigations of scour pools around porous obstructions, Water 2016, 8,1-11,doi:10.3390/w8110498, 2016,査読有.

S.Patsinghasanee,I.Kimura,Y.Shimizu & M.Nabi:Cantilever failure investigations for cohesive riverbanks, Water Management,1-16,doi:10.1680/jwama.15.00033, 2015.査読有.

Watanabe Y.,Sato S.,Niida Y.,Kimura I.,Yokota H.,Oyaisu H.,Oshima Y.,Saruwatari A.Splash, vortices and turbulent shears in partial dam-break flows—splash model of wave-breaking and overtopping, Int. Conf. Coast. Eng.,2014,1-8,査読有.

赤堀良介,赤松良久,岩崎理樹,乾隆帝,永野博之,上鶴翔悟:2013年山口島根水害における阿武川流域での氾濫流による後背地浸食に関する検討,土木学会論文集 B1, 71, 2015,1471-1476. 査読有.

Uchida, K. Estimating the value of travel time and of travel time reliability in road networks. Transportation Res. part B, 2014, doi.org/10.1016/j.trb.2014.01.002,査読有.

Uchida, K., Sumalee, A., Ho, W.H. A stochastic multimodal reliable network design problem under adverse weather conditions. Journal of Advanced Transportation ,2014, DOI: 10.1002/atr.1266.査読有.

Uchida, K. Travel time reliability estimation model using observed link flows in a road network, Computer-aided civil and infrastructure eng. ,2015, DOI: 10.1111/mice.12109.査読有.

Kato, T., Uchida, K. A study on benefit estimation that considers the values of travel time and travel time reliability in road networks, Transportmetrica A,2017,査読有. DOI:10.1080/23249935.2017.1321695.

諸岡良優,郷津勝之,寺井しおり,布村明彦,山田正,五十嵐拓実,安田浩保:2015年9月関東・東北豪雨における鬼怒川洪水時の避難情報及び浸水状況が住民の避難行動へ及ぼした影響に関する研究,土木学会 河川技術に関する論文集, 23, 2017,印刷中. 査読有.

星野剛,齊藤充紀,安田浩保:粒子フィルタを導入した河道網の水理解析,土木学会論文集 B1(水工), 73, 661-666, 2017,査読有.

星野剛,安田浩保:自然河川の水理解析における一般座標格子が有する打切り誤差の理論的評価とその緩和手法,土木学会応用力学論文集,16,573-582,2013,査読有.

星野剛,安田浩保,信濃川下流域河道網における河川の相互作用に着目した水理特性の把握,土木学会河川技術に関する論文集, 19, 289-294, 2013,査読有.

西家健宏,星野剛,小関博司,安田浩保:解析コストの効率化を目的とした河道・氾濫原一体型解析法の提案,土木学会河川技術に関する論文集, 19, 331-336,2013,査読有.

渡部靖憲,田中仁,三戸部佑太,渡辺一也:高解像地形データ上の AMR-CIP 系津波遡上計

算アプローチ,土木学会論文集 B2(海岸), 72, 2016,238-288,査読有.

渡部靖憲,佐々木理沙,小柳津遥陽,牧田拓也,森岡晃一,猿渡垂由未:遡上波先端モデルの 3次元 LES への導入と都市型浸水過程へ適用,土木学会論文集 B2,72,2016,67-72,査読有.

渡部靖憲,大島悠輝:ダムブレイク遡上波の水面形状と運動学的特徴,土木学会論文集 B2,71,2015,43-48,査読有.

喜岡信治,遠藤強,竹内貴弘,渡部靖憲:海水群を伴った遡上津波のピロティ形式の建築物への作用に関する研究,土木学会論文集 B2,71,2015,919-924,査読有.

Oshima Y.,Oyaizu H.,Watanabe Y. :Surface forms and local flows of runup waves,Int.Symp.On measurement tech. for multiphase flow, 9, 2015, 193, 査読有.

渡部靖憲,大島悠輝:水面 壁面相对衝突角に依存する遡上波の物理特性,土木学会論文集 B2(海岸),70, 2014, 186- 190,査読有.

〔学会発表〕(計 3 件)

新指公博,赤堀良介,赤松良久:中小河川を対象とした氾濫解析における地形データの特性に関する研究,平成 26 年度 土木学会中部支部研究発表会,2015.3.6,豊橋技科大.

赤堀良介,野田翔平,堀金広富貴,庄内川の河道内植生域における出水期前後での細粒土砂堆積の傾向について,H28 土木学会全国大会 71 回年講, 2016.9.9 日,東北大.

赤堀良介,石黒聡士,青島正和,中田詞也:SfM-MVS による河道微地形モデルの構築とその流れの解析への応用,H28 土木学会中部支部発表会,2017.3.3,金沢大.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木村 一郎 (KIMURA, Ichiro)

北海道大学・大学院・工学研究院・准教授
研究者番号: 94674428

(2) 研究分担者

内田賢悦 (Uchida, Kenetsu)

北海道大学・大学院・工学研究院・准教授
研究者番号: 90322833

赤堀良介 (AKAHORI, Ryosuke)

愛知工業大学・工学部・准教授
研究者番号: 50452503

渡部靖憲 (WATANABE, Yasunori)

北海道大学・大学院・工学研究院・准教授
研究者番号: 20292055

清水康行 (SHIMIZU, Yasuyuki)

北海道大学・大学院・工学研究院・教授
研究者番号: 20261331