

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 28 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010 年度～2011 年度

課題番号：22760370

研究課題名（和文）流域治水のための高解像度多次元降雨流出・洪水氾濫モデルの開発

研究課題名（英文）Development of a Distributed Rainfall-Runoff/Flood Inundation Model for the Catchment Flood Control

研究代表者 小林健一郎（KOBAYASHI Kenichiro）

京都大学 極端気象適応社会教育ユニット・特定准教授

研究者番号：60420402

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は従来別々に扱われてきた流域での降雨流出計算、及び氾濫原での洪水氾濫計算を同時に実施することを可能とする統合型の高解像度多次元降雨流出・洪水氾濫モデル（分布型降雨流出・洪水氾濫モデル）を開発することであった。流域の降雨流出モデリングを分布型で行う場合、斜面流の計算は斜面上に擬河道網を構成し、空間一次元 kinematic wave 法を用いて追跡するということが常道であったが、この斜面流を空間 2 次元浅水方程式を用いて追跡することにより洪水氾濫及び降雨流出過程の同時追跡を可能にした。また、河道流追跡も Kinematic wave 法でなく Dynamic wave 法で実施することにより河川合流部や河口部における堰上げなども再現することができるようになった。このアプローチにより研究期間中に特に兵庫県佐用川流域及び関西地方の淀川流域の分布型降雨流出・洪水氾濫モデルを開発し、これらの成果を土木学会水工学論文集などで公表した。淀川流域は流域面積 8240km²である。このような広域流域を新たな方法論でモデル化したことは大きな成果であるといえる。この分布型モデルは地域ごとにキャリブレーションが必要であるものの、概念的には流域内のどの地点でも浸水深を計算できるため、例えば淀川流域全域で浸水深（ハザード）に基づいた洪水リスクの算定が可能になった。ここで洪水リスクには経済被害リスクも含む。またモデルではダム群のモデル化も行い、その洪水制御効果を検討することができるようになった。さらに降雨の空間分布も考慮できるため、気象庁レーダ・アメダス解析雨量、合成レーダ雨量、また伊勢湾台風時の地上観測雨量、疑似温暖化実験による降雨データ等を取り込んだ解析も実施し、報告書などにまとめた。避難モデルとのインターフェースも構築した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of the research is to develop, what we call, the Distributed Rainfall-Runoff/Flood-Inundation (DRR/FI) model which can simulate the rainfall-runoff and dike-break/inland flood inundation processes in an integrated/seamless manner. Until now, many physically-based rainfall-runoff models have been developed in such a way that the surface flow is routed with 1D kinematic wave model by deciding the flow direction a-priori of the simulation. However, in the model concept here, the surface flow is simulated with 2D dynamic wave model based on a Shallow Water equation, which thus enables the simultaneous routing of the runoff and flood inundation processes. Likewise 1D dynamic wave model is used with regard to the river flow instead of a 1D kinematic wave model. Thus the DRR/FI model can reproduce the backwater effect at the river confluences and outlets to the lake/ocean. Specifically, the Sayogawa river catchment model, Hyogo Prefecture, Japan and Yodogawa river catchment model in the Kansai area are developed with DRR/FI. These results are presented in e.g. Journals of Japan Society of Civil Engineers (JSCE). The catchment size of the Yodogawa river model is 8240km². The application of such model concept as DRR/FI for such a large river basin is seldom seen in Japan. The model can simulate the flood inundation depth anywhere in the catchment though it requests the local

calibration. In other words, after the calibration the model can estimate the flood hazard and risk based on the hazard anywhere in the catchment. The risk includes the economic losses due to the flood. Moreover, the dam operation rules are also incorporated in the DRR/FI model, thus the flood control capacity of the dam can also be considered. As the DRR/FI model can consider the spatio-temporal distribution of the rainfall, e.g. the Radar-Composite, Radar-AMeDAS and pseudo climate change experiment rainfalls are given to the DRR/FI model and the simulated results are summarized in the Journal papers. The interface with the evacuation model is also developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：流域治水，降雨流出・洪水氾濫，経済被害分析，避難モデル，気候変動

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初，水関連分野では，降雨流出モデルと洪水氾濫予測モデルの開発は概ね別々に実施されていた．各々のモデル開発には長い蓄積があり，また行政データもこれらのモデルに対応する形で蓄積されてきた．こうしてそれぞれのモデルの完成度が上がってきたものの，専門化，細分化が進み，全体を俯瞰することが難しくなってきた．また，モデル間の整合性についてはあまり考えられていない．個々のモデル開発の重要性は今後も不変であると考えられるが，申請者は統合型のモデルを開発することにした．

2. 研究の目的

本研究の目的は従来別々に扱われてきた流域での降雨流出計算，及び氾濫原での洪水氾濫計算を同時に実施することを可能とする統合型の高解像度多次元降雨流出・洪水氾濫モデル（分布型降雨流出・洪水氾濫モデル）を開発することであった．統合型モデルにより，全計算領域での水流動をシームレスに計算できる．これにより例えば山間居住地なども含めた広域領域で，統一基準に基づいた浸水リスクの算定が可能となった．モデル開発をGISを利用して実施することにより，気候モデル，避難モデルなどともデータ授受が容易なモデルを開発する．

3. 研究の方法

流域の降雨流出モデリングを分布型で行う場合，斜面流の計算は斜面上に疑河道網を構成し，空間一次元 kinematic wave 法を用いて追跡するということが常道であったが，この斜面流を空間2次元浅水流方程式を用いて追跡することにより洪水氾濫及び降雨流出過程の同時追跡を可能にした．また，河道流追跡も Kinematic wave 法でなく Dynamic wave 法で実施することにより河川合流部や河口部における堰上げなども再現することができるようにした．このモデルを分布型降雨流出・洪水氾濫モデル

(DRR/FI: Distributed Rainfall-Runoff/Flood Inundation model) と名付けた．このモデルで兵庫県佐用川流域，関西地方の淀川流域などをモデル化し，地上観測雨量，合成レーダ雨量，レーダ・アメダス解析雨量，気候変動の影響なども考慮した気候・気象モデルによる降水などを入力して，モデルの検証及び将来予測などを実施した．

4. 研究成果

研究実施期間中で，最初に2009年8月に洪水災害を経験した兵庫県佐用川流域，次に関西地方の淀川流域を対象に分布型降雨流出・洪水氾濫 (DRR/FI) モデルを構築した．

図-1 にレーダ・アメダス解析雨量と合成レーダ雨量を DRR/FI への入力値として再現した兵庫県佐用川流域の円光寺地点での水位ハイドログラフを観測値とともに示す．

図から DRR/FI モデルは円光寺地点での水位ハイドログラフを大変良く再現しているのがわかる。

また図-2 右には佐用川流域全体での DRR/FI による浸水計算結果を、左には兵庫県により作成された実績図を示す。右図中四角は凡そ実績図と対応する位置である。これから、浸水深についても DRR/FI による計算結果が実績によく一致しているのがわかる。

このように佐用川流域を対象に洪水実績が DRR/FI により良く再現できることが実証されたので、このモデルを広域の淀川流域に適用した。図-3 は伊勢湾台風時の地上観測雨量をティーセン法により淀川流域全体に与えた場合の計算浸水浸分布である。なお、この地上観測雨量は枚方上流域を対象に密な降雨データで、大阪市などでは観測が疎らである。当時の浸水実績図は残存していないため、実績と比べることはできないが、このように DRR/FI モデルにより当時の状況を類推することが可能となった。淀川 DRR/FI モデルの概要については土木学会水工学論文集などで公表した。

思考実験として伊勢湾台風の2倍程度の降雨を降らせた場合の寝屋川流域における浸水浸分布を図-4 に示す。図中の水色部は浸水深が 10cm 以上、紺色部分は 50cm 以上の部分である。このように各地域でキャ

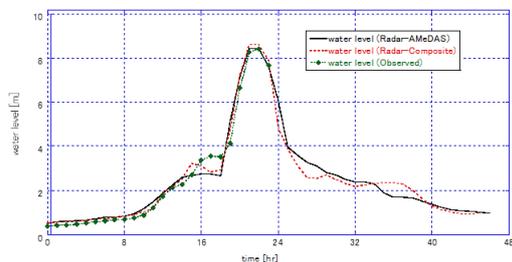


図-1:佐用川流域円光寺地点での計算・観測水位ハイドログラフ

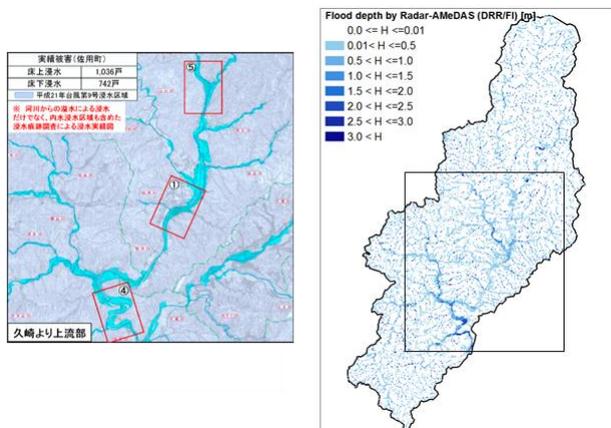


図-2:佐用川流域での計算・観測浸水深

リブレーションは必要であるものの、DRR/FI モデルにより淀川流域のどの地点においても浸水深分布をシミュレーションすることが可能となった。

淀川流域は流域面積 8240km² でこうした広域流域を新たな方法論でモデル化したことは大きな成果であるといえる。この分布型モデルで浸水深(ハザード)を推定し、これに基づいて洪水リスクの算定が流域全体で可能である。ここで洪水リスクには経済被害リスクも含む。またモデルではダム群のモデル化も行い、その洪水制御効果を検討することができるようにした。

また、図-5 に示すように、座標系が異なる避難モデルとの間でも座標変換に基づいて、DRR/FI モデルの計算浸水深を避難モデルの入力とすることが可能となった。このようにモデル開発を GIS を基礎とすることにより、レーダ降雨データ、気候モデル出力、Google earth、避難行動モデルなどとの間に適切なインターフェースを構築することが可能であり、モデルの普遍性、汎用性は非常に高いことが大きな成果であると言える。

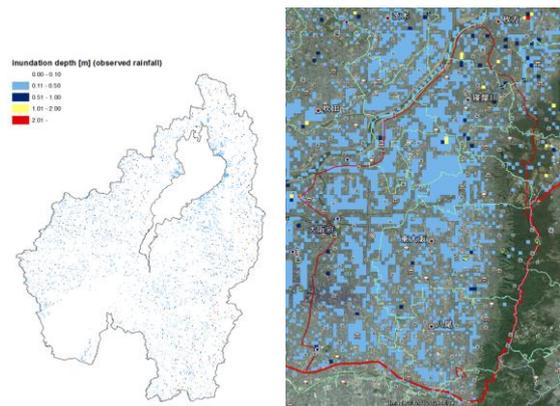


図-3:伊勢湾台風時の淀川流域浸水分布再現結果(左)

図-4: 仮想降雨による DRR/FI による寝屋川流域の計算浸水分布

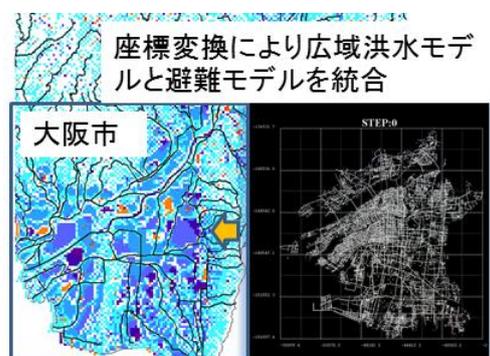


図-5: DRR/FI モデルと大阪市避難行動モデルの統合

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5件)

- ① 小林健一郎・寶馨・佐野肇・津守博通・関井勝善: 損害保険に応用可能な国土基盤情報準拠型の分布型降雨流出・洪水氾濫モデルの開発, 土木学会水工学論文集第56巻, I-1069-I-1074, 2012 (査読有)
- ② 小林健一郎・寶馨・佐野肇・津守博通・関井勝善: 淀川流域の分布型降雨流出・氾濫追跡モデルの開発と損害保険, 京都大学防災研究所年報, 第54号B, pp.129-135, 2011 (査読無)
- ③ 小林健一郎・寶馨・奥勇一郎: 統合型降雨流出・洪水氾濫モデルによる佐用町洪水災害分析と経済被害推定, 土木学会水工学論文集第55巻, pp. 949-954, 2011 (doi:10.2208) (査読有)
- ④ Kenichiro Kobayashi, Kaoru Takara, Mitsugu Funada and Yukiko Takeuchi: Development of a Framework for the Flood Economic Risk Assessment Using Vector GIS Data, Journal of Disaster Research, Vol. 5 No.6, pp.657-665, 2010 (査読有)
- ⑤ 小林健一郎・寶馨・中北英一: 全球気候モデル出力と洪水及び経済被害推定モデルを用いた中小河川の水害リスクの将来変動に関する研究, 土木学会河川技術論文集, 第16巻, pp.495-500, 2010 (査読有)

[学会発表] (計9件)

- ① Kobayashi, K. and Takara, K. : Best Practices of Flood Hazard Mapping in Japan, APEC Workshop on Facing Abnormal Flood Disaster (招待講演), 2011/7/28, Da Nang/Vietnam
- ② Kobayashi, K. and Takara, K. : Development of a Distributed Rainfall-Runoff/Flood-Inundation Simulation and an Economic Risk Assessment Model, The 2nd Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management, Reframing Disasters and Reflecting on Risk Governance Deficits, 2011/7/16, Los Angeles/USA
- ③ 小林健一郎・寶馨: 分布型降雨流出・洪水氾濫追跡モデルの開発, 第16回計算工学講演会, 2011/5/27, 東京大
- ④ Kobayashi, K., Takara, K. and Okada, N. : Development of an Integrated Model for Rainfall-Runoff/Flood Inundation

Simulation and Economic Loss Estimation Focusing on Sayo Town, Hyogo, Japan, Second Asian Heads of Research Councils (ASIAHORCs) Joint Symposium "Natural Disaster Management: Lessons Learnt & Shared Best Practices (招待講演), 2011/1/2, Kuala Lumpur/Malaysia

- ⑤ 小林健一郎: Flood disaster analysis of Japan using a distributed rainfall-runoff/flood inundation simulation, 京都大学グローバル COE プログラム「アジア・メガシティの人間安全保障工学拠点」防災研国際セミナー 最近の東アジアの水災害 (招待講演), 2010/12/7, 京都大学
- ⑥ 小林健一郎: 土木学会による佐用町水害調査に参加して, 第15回地域防災計画実務者セミナー (招待講演), 2010/11/17, 京都大学
- ⑦ Kobayashi, K. and Takara, K. : Climate Change Impacts on the Flood Hazard and Economic Risk In a Japanese River Catchment using GCM Precipitations Under the A1B Scenario, HydroPredict2010, 2010/9/23, Prague/Czech
- ⑧ 小林健一郎・寶馨・佐野肇・津守博通・関井勝善: 淀川流域の分布型降雨流出・氾濫追跡モデルの開発と損害保険, 極端気象現象とその気候変動による影響評価に関するシンポジウム (II), 2010/9/3 京都大学
- ⑨ 小林健一郎・寶馨・中北英一: 全球気候モデル出力と洪水経済被害推定モデルを用いた中小河川水害リスクの気候変動影響評価, 第15回計算工学講演会, 2010/5/28, 九州大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林健一郎 (KOBAYASHI Kenichiro)
京都大学・学際融合教育研究推進センター・極端気象適応社会教育ユニット・特定准教授
研究者番号: 60420402

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし