

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25年3月31日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560512

研究課題名（和文） 小規模貯留施設制御による小河川の流出抑制と災害時水資源確保のための基礎的研究

研究課題名（英文） A basic analysis for flood control of small rivers and securing water resources under post disaster condition by using optimized control of reservoirs

研究代表者

大石 哲 (OISHI SATORU)

神戸大学・自然科学系先端融合研究環都市安全研究センター・教授

研究者番号：30252521

研究成果の概要（和文）：本研究で小規模貯留施設を用いて洪水時における都市の急激な流出を低減させる方法の基礎となる手法・アルゴリズム・コンピュータシステムを開発した。特に、洪水時の都市流出低減の研究として、レーダーから得られる降水量誤差を考慮した降水情報と分布型流出モデルを用いた流出計算を行う水文シミュレータを開発し、それによって確率的に流出予測を行うことができるシステムを開発し、その入力値から最適化手法によって貯留施設制御を支援するシステムを開発した。まず、Xバンド偏波ドップラーレーダーを用いて降雨情報を測定し、それを入力値として移流モデルにもとづいた降雨予測を行った。その際、予測誤差を考慮するために特異ベクトル法を用いた確率的降雨予測手法を開発した。さらにその予測降雨量を入力値として、いくつかの河川流域で流出モデルを作成した。流出モデルのパラメータを一般化最尤不確定推定法によって決定する方法で、確率的流出予測手法を行うことができるようにした。また気象庁が提供するアンサンブル週間予報情報を用いて気象予測の確率分布を考慮して、貯留施設を用いて洪水制御する方法を構築した。具体的に確率動的計画法によって、基準地点の水位を目的関数として、それが小さくなるような貯留施設操作方法のアルゴリズムを定式化して、それをコンピュータプログラムとして実装した。アルゴリズムを大規模貯留施設に適用すると、事前放流により下流水位を低減できることが示された。以上の研究によって、気象庁の週間アンサンブル予報とレーダーから得られる降雨情報をもとづく短時間降雨予測を用いた事前放流支援環境を開発することができた。

研究成果の概要（英文）：In the present study, we developed methods, algorithms and computer systems which reduce floods in urban area by optimizing the releasing discharge from smaller reservoir. Specifically, we developed hydrological simulators based on distributed hydrological model in which rainfall information from radar with some extent of error which was quantitatively utilized for giving probabilistic flood forecasting. Then, an optimized method was applied for flood control using reservoir with stochastic flood forecast.

First, a probabilistic method for short term rainfall forecast was achieved by using radar echo extrapolation method with singular vector for making probabilistic ensembles. Then, a hydrological model which also deals with probabilistic spread based on generalized likelihood uncertainty estimation (GLUE).

Second, an optimized control algorithm using Dynamic Programming has been applied for flood control by using reservoir. In the present study, we use Stochastic Dynamic Programming (SDP) for dealing with weekly ensemble weather forecasting issued from Japan Meteorological Agency (JMA). In the SDP, objective function was minimizing the water level at a point in lower river basin. The result of the SDP with weekly ensemble weather forecasting made water level reduced and the objectives of the present study has been achieved.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：レーダー・雨水貯留制御・早期予測・減災

1. 研究開始当初の背景

頻発する局地的豪雨によって都市域では

極端に早い流出立ち上がりが起こっており、都市の浸透能力不足がそれを増長している。一方で無降雨時の都市では、上水道から下水

道に直行しているだけのような水循環になっている。すなわち、文学的に用いられてきた「都市沙漠」という言葉は現代の都市の水循環を言い当てているのである。そこで、ひとたび地震災害などが生起すれば上水道管が機能を失ってしまい、都市の水循環は完全に寸断されることになる。

しかし、日本の都市は本当の砂漠とは異なっており十分な降水量をもっている。したがって、降雨を適切に貯留しておくことによって地震災害時などの生活用水資源とすると同時に都市の一時雨水貯留能力を向上して急激な流出の立ち上がりを抑えることが解決策の一つとしてあげられる。

このような中で、洪水時における流出と大規模災害時における生活用水の不足を小規模貯留施設によって同時に解決しようとするのが本研究の主目的であり、その中で、レーダーによる降雨情報を取り入れたダムなどの貯留施設の洪水時の予備放流の導入を目指した。

申請者はこれまでに、洪水制御を行うためには詳細な気象現象の解明と予測が重要であると考えて、気象数値計算モデルの開発などを行ってきた。これらの基礎研究を山梨県の甲府盆地地域の防災に活用するために氾濫過程の数値モデルをGISと結合して家1軒ごとを非浸水域として考慮して、氾濫水の水位や流速を求める詳細な氾濫解析も行ってきた。また、Xバンドレーダの問題点である降雨減衰と降水量推定誤差を克服する鍵が降水粒子判別、降水粒子粒径分布算定、レーダーの位相データ利用にあると考え、降水粒子観測と偏波パラメータの利用によってその解決を図っている。

一方で、神戸大学都市安全研究センターでは阪神・淡路大震災以降の種々の震災とその後の生活に関するデータを収集・解析してきた。その中の重要な項目として災害発生後に生起する水資源問題が挙げられており、その種別・時系列的変化や特殊性について解析してきた。

さらに研究分担者が所属する山梨大学には、偏波ドップラーレーダー（山梨大学レーダー）が2009年4月より設置されており、都市型豪雨や台風のデータを取得しており、レーダーデータから偏波パラメータを利用してより精度が高い雨量に変換するアルゴリズムも開発しているところである。

そこで、これまでのこのような研究成果を土台にして、豪雨災害の軽減と非常時の水資源問題を着想するに至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は小規模貯留施設を用いて

洪水時における都市の急激な流出を低減させる方法を開発する。同時に、震災などの災害時においては貯留した水を緊急生活用水として用いる場合の効率的運用方法を探ることである。特に、洪水時の都市流出低減の研究として、レーダーから得られる降水量誤差を考慮した降水情報と分布型流出モデルを用いた流出計算を行う水文シミュレータを開発し、小規模貯留施設からの予備放流とその後の貯留が流出にあたえる影響を検討することを目標としていた。

3. 研究の方法

研究方法は、以下のような予測及びその伝達に関する方法論の開発を行うことである。

まず、レーダーから得られる降水量を元にした降雨予測を元にして分布型流出モデルを開発し、かつ氾濫モデルも介した氾濫予測モデルを開発し、さらに降雨予測の初期値誤差の伝搬を移流モデルの特異ベクトルを用いて考慮して、アンサンブル氾濫予測を行う。

さらに、レーダーを用いた降雨量推定精度を向上させるために修正ガンマ分布を用いた降水粒子粒径をレーダーだけから算出する手法を開発し、また、山梨大学レーダーのデータを用いてレーダーデータからの降雨強度の推定精度を検証する。

続いて、水文シミュレータに小規模貯留施設の仮想的導入を行い、事前放流が貯留水量と流出に与える影響を調査する。さらに、既往降雨系列と貯留施設の活用形態をシナリオとして与えて最適な事前放流の計算手法を開発する。最後に偏波レーダーによって得られる降雨量情報の誤差が事前放流タイミングの設定や貯留量推定に与える影響について考察を行う。

4. 研究成果

本研究では小規模貯留施設を用いて洪水時における都市の急激な流出を低減させる方法の基礎になる手法・アルゴリズム・コンピュータシステムを開発した。特に、洪水時の都市流出低減の研究として、レーダーから得られる降水量誤差を考慮した降水情報と分布型流出モデルを用いた流出計算を行う水文シミュレータを開発し、それによって確率的に流出予測を行うことができるシステムを開発し、その入力値から最適化手法によって貯留施設制御を支援するシステムを開発した。

まず、Xバンド偏波ドップラーレーダーを用いて降雨情報を測定し、それを入力値として移流モデルにもとづいた降雨予測を行

った。その際に、予測誤差を考慮するために特異ベクトル法を用いた確率的降雨予測手法を開発した。

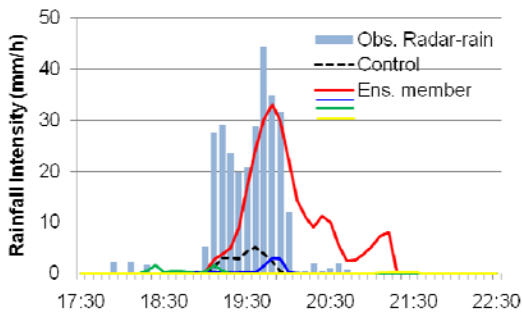


図1：特異ベクトルを用いた確率的な短時間降雨予測手法の結果

さらにその予測降雨量を入力値として、いくつかの河川流域で流出モデルを作成した。流出モデルのパラメータを一般化最尤不確定推定法によって決定する方法で、確率的流出予測手法を行うことができるようにした。

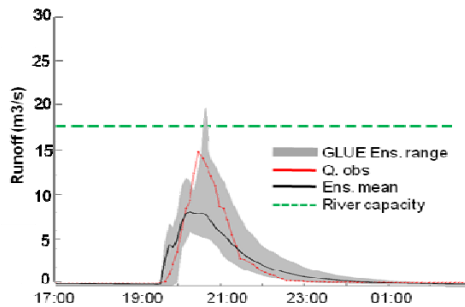


図2：一般化最尤不確定推定法による確率的流出予測手法の結果

また気象庁が提供するアンサンブル週間予報情報を用いて気象予測の確率分布を考慮して、貯留施設を用いて洪水制御する方法を構築した。具体的には確率動的計画法によって、基準地点の水位を目的関数として、それが小さくなるような貯留施設操作方法のアルゴリズムを定式化して、それをコンピュータプログラムとして実装した。アルゴリズムを大規模貯留施設に適用すると、事前放流により下流水位を低減できることが示された。

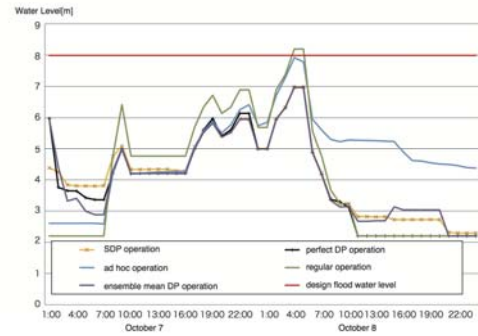


図3：アンサンブル予報を利用して貯水池操作を最適化する手法の結果。グラフが赤より低ければよく、また、X軸に近い方がよい。SDP（アンサンブルを使った確率的な手法）は完全予測と同程度の結果をもたらしている。

小規模潮流施設を用いる際には貯留施設の操作に人為的なミスや操作指示無視が入ることを考慮すべきであると考えたが、流出の変動範囲内に収まるものとして、そのゆらぎは陽に考慮しなかった。以上の研究によって、気象庁の週間アンサンブル予報とレーダーから得られる降雨情報にもとづく短時間降雨予測を用いた事前放流支援環境を開発することができた。

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 Hapsari, R. I., Oishi, S., Sunada, K., Sano, T. and Sisingsih D.: Ensemble short-term rainfallࢣrunoff prediction and its application in urban flood risk mapping, IAHR Red Book, 2013. 査読有
- ② Hapsari, R. I., Oishi, S. and Sunada, K.: Ensemble Flood Prediction by Cascading the Uncertainty from Rainfall to Runoff Short-term Prediction, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 68, No. 4, I_139-I_144, (2012), 査読有
- ③ Oishi, S.: Advanced Usage of GPS Slant Delay for Detecting Water Vapor Variation Over the Osaka bay, Proceedings of ION GNSS 2012, pp. 3392-3397, 査読有
- ④ Sano, T., Oishi, S. and Sunada, K.: Structure, Maintenance and Development of a Stationary Convective

System Generated over a Mountain Slope Adjoining a Bay in Summer, Journal of Meteorological Society of Japan, Vol.90, No.5, 2012, pp. 791-806, 査読有

- ⑤ Hapsari, R. I. Oishi, S., Sunada, K. and Nakakita E. : Singular Vector Method on Short Term Rainfall Prediction Using Radar And Distributed Hydrological Model Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE 55. S_109-S_114 (2011), 査読有
- ⑥ Sano, T. Oishi, S. and Sunada, K. : Structure of a Cumulonimbus Cloud Maintained for a Long Time over a Slope between Mountains in Summer Season, International Conference on Meso Scale Convective System (Online). (2011), 査読無
- ⑦ Tran V.T. Babel, M.S., Sunada K. and Oishi S. : Evaluation of the state of water resources using Modified Water Poverty Index : a case study in the Srepok River basin, Vietnam-Cambodia, International Journal of River Basin Management Vol.8 No.3. 305-307 (2010), 査読有

[学会発表] (計5件)

- ① 永瀬 慎 : 雷探知装置によるゲリラ豪雨発生予測に関する研究, 水文・水資源学会 2012 年度研究発表会, (20120926), 広島市
- ② 梶田ひろこ : アンサンブル予報を利用した名張川上流ダムの統合操作の最適化に関する研究, 水文・水資源学会 2012 年度研究発表会, (20120926), 広島市
- ③ Oishi, S. : Advanced Usage of GPS Slant Delay for Detecting Water Vapor Variation Over the Osaka bay, 25th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation, Nashville TN, September 17-21, 2012, (20120917), Nashville, TN, USA
- ④ Oishi, S. : Estimation of rainfall intensity by using X-Band Polarimetric Radar with raindrop falling trajectory, The 34th IAHR World Congress, (20110628), Brisbane Australia
- ⑤ 佐野哲也 : X-バンド二重偏波ドップラーレーダーで観測された強雨域の偏波間位相変化率の分布の特徴, 水文・水資源学会 2010 年度研究発表会. (20100907). 法政大学(東京都)

[図書] (計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大石 哲 (OISHI SATORU)

神戸大学・自然科学系先端融合研究環都市

安全研究センター・教授

研究者番号 : 30252521

(2) 研究分担者

砂田 憲吾 (SUNADA KENGO)

山梨大学・医学工学総合研究部・教授

研究者番号 : 20020480