

平成 21 年 4 月 30 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18560502
 研究課題名 (和文) 都市流域の集中豪雨、洪水流出、浸水氾濫に関する統合予測モデルの構築
 研究課題名 (英文) Development of Integrated Prediction Model of Torrential Rain, Storm Runoff and Flooding for Urban Catchment
 研究代表者
 河村 明 (KAWAMURA AKIRA)
 首都大学東京・大学院都市環境科学研究科・教授
 研究者番号：10177735

研究成果の概要：近年頻発している都市型洪水被害の低減を目的として、洪水流出予測モデルのための高度な地物データ GIS を構築し、降雨の流出経路を物理的に忠実に表現可能な精緻な都市型洪水流出予測モデルを提案開発し、これを実流域に適用し本モデルの特性について検討を行った。また、都市中小河川における実時間洪水予測に適した集中型概念モデルの精度向上に向けて、合流式下水道の流出特性を考慮した二価関数の貯留関数モデル提案構築し、その適合性について検討を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,800,000	0	1,800,000
2007 年度	700,000	210,000	910,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	480,000	3,880,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：地物データ GIS, 都市流域, 流出解析, 分布型モデル, 貯留関数法, 洪水氾濫, 神田川, 予測モデル

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、都市域において水害が頻発している。これは、宅地化の進行や河川の直線化などによって洪水到達時間が短縮され、洪水ピーク流量が増加し、下水道から河川への排水不良が引き起こされることによる、いわゆる内水氾濫による浸水被害の拡大が主な原因である。このような状況を受けて 2001 年 7 月に水防法の一部が改正され、国土交通大臣ならびに都道府県知事が指定する洪水予報河川において、浸水想定区域の指定・公表が

義務づけられるようになった。さらに 2003 年 6 月には特定都市河川浸水被害対策法が公布され、特定都市河川の都市洪水想定区域、都市浸水想定区域の指定・公表が順次なされることになっている。そのような体制は取られたものの、都市河川における水害対策は現在も十分とは言えず、より精度の高い水害予想や現状の浸水ハザードマップの作成そして種々の浸水対策を施した場合の浸水域の減少予測シミュレーションが今後の最重要課題となっている。

(2) 都市流域では自然の山地流域と異なり、道路や建物や下水道施設などの人工物が流水の経路となっており、洪水流出過程が非常に複雑である。そのため、洪水流出過程や氾濫のメカニズムやその範囲を精度よく再現・予測するためには、これら複雑な道路や建物の形状や流出ネットワークを可能な限り忠実に表現することが必要となる。すなわち都市流域の場合、従来の山地流域でよく用いられているようなメッシュで流域を矩形に区切り、そのメッシュ内で流域性状が同一とするグリッド型モデルでは不十分であり、流域地表面の土地利用情報や道路・建物などの形状に関する地物情報、そして地下に設置されている下水管網などの要素を用いて流域を正確にモデル化する必要がある。

(3) 時々刻々観測される水文諸量の情報を活用して実時間で洪水流出を予測する場合は、洪水予報・水防警報などの情報を的確かつ迅速に伝達することを目的としていることから、避難・水防活動などの緊急性を考えると計算時間がかかりすぎる複雑なモデルは好ましくなく、比較的単純なモデルで氾濫浸水の主要素である河川水位を短時間で精度良く予測する必要がある。

2. 研究の目的

(1) 具体的に東京都の都市流域を取り上げ、人工的に形成された非常に複雑な都市型洪水流出に対し、従来の土地利用情報のみならず、東京都が独自で作成しているビルや家屋の地物データに、1/2500 地形図から得られる個々の土地利用要素の情報を抽出し、さらにマンホール、雨水・下水道網、河道網の情報を付加して洪水流出予測モデルのための高度な地物データ GIS を構築する。そして、正確な流出要素毎に流出の水力・水文モデルを適用し、それらを積み上げて全体として降雨の流出経路を物理的に忠実に表現可能な精緻な都市型洪水流出予測モデルを開発する。

(2) 都市中小河川における実時間洪水予測に適した集中型概念モデルの精度向上に向けて、多くの大都市で採用されている合流式下水道の流出特性を考慮した二価関数の貯留関数モデルである都市洪水貯留関数モデルを構築し、これを都市型洪水氾濫被害が頻繁に発生している東京の代表的中小河川である神田川の上流域に適用し、その適合性及び特性について検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 対象都市流域の基礎的地物データ GIS

の収集・加工を行い、このデータに土地利用種別に関する情報を加え、さらに対象都市流域全体を土地利用種別毎に微小要素に分割する作業を行う事で、高度な地物データ GIS を構築する。次いで、この高度な地物データ GIS から街区要素および街区内土地利用地物要素、道路要素および河道要素を抽出し、雨水・下水道管路要素を加えて都市流域のモデル化を行い、さらに、各地物要素の雨水流出過程を表現する水力・水文モデルを組み込み洪水流出解析モデルの構築を行う。次に、モデルパラメータと初期値を設定し、対象降雨を入力して洪水流出解析を実行したのち、流出量分布の結果を出力する。

次に、頻繁に都市型洪水氾濫が発生している東京都内の代表的都市中小河川である神田川流域内の小流域を取り上げ、具体的に高度な地物データ GIS を作成する手順を示し、これに基づき対象都市流域のモデル化を行う。そして、本洪水流出解析モデルを用いて実際の集中豪雨データを対象に洪水流出解析を行い、河川水位の解析結果と観測値を比較することにより構築したモデルの妥当性について評価を行うと共に、流域内の要素別貯留量変化、河川水位変化、雨水・下水道管路からの流出量変化について検討する。

(2) 合流式下水道の流出特性を考慮し、その効果を概念的に二価関数の貯留関数モデルに組み込むことを提案し、具体的に定式化を行うことで新たな都市洪水貯留関数モデルを構築する。次いで、本モデルを都市型洪水氾濫被害が頻繁に発生している東京を代表する中小河川である神田川の上流域に適用し、その適合性及び基礎的特性について検討する。具体的には、実際の洪水イベントを対象に、合成合理式、星らの貯留関数モデル及び構築した都市洪水貯留関数モデルの3種類の集中型概念モデルを流域面積が異なる3地点の実測洪水流量観測データに適用し5種類の誤差評価関数に対してパラメータ同定を行う。そして、同定されたパラメータを用いてハイドログラフを作成して観測値と比較することにより各モデルの流出特性について検討する。また、都市洪水貯留関数モデルにおける合流式下水道の最大雨水排出量と流域外に接続する下水道によって排出される最大雨水量を比較し、本モデルによる合流式下水道の流出特性を評価する。

4. 研究成果

(1) 流域面積約 1 km² の試験小流域を対象に、建物や道路などの基礎 GIS データをベースに、駐車場、農地、林地などの土地利用分類に関する情報および流出予測で重要となるマンホール、雨水・下水道網、河道網等の情報を、

紙ベースの地形図や行政データより抽出して GIS データベース化し高度な地物データ GIS 構築した (図-1, 図-2 参照)。さらに、各流出要素毎に独自にプログラミングした水理・水文モデルを組み込み、精緻な都市型洪水流出予測モデルのプロトタイプを開発した。このような精緻な洪水流出モデルは現在世界でもまれで、インパクトが大きいと考える。

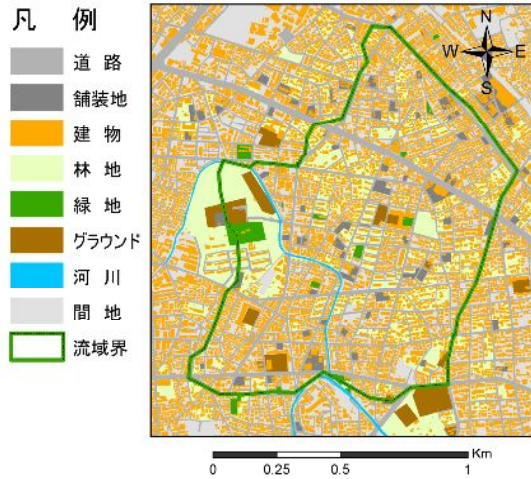


図-1 高度な地物データ GIS による土地利用要素

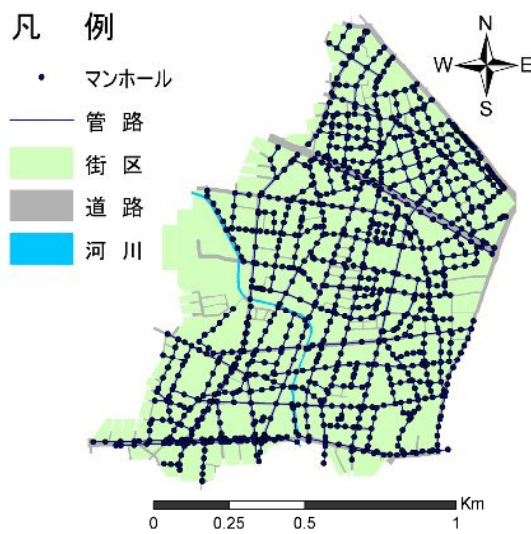


図-2 下水道管路要素

(2) 上記の精緻な都市型洪水流出予測モデルを用いた仮想豪雨によるシミュレーション結果より、図-3に示すように本モデルにより豪雨の進行と共に、その浸水状況が詳細な空間分布として表現できることを示した。

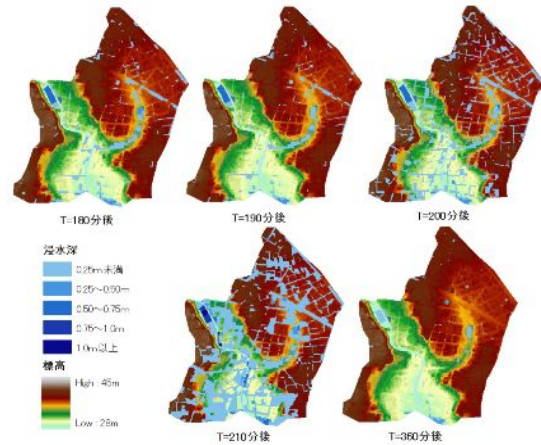


図-3 浸水状況図

(3) 流域の市街化が進行した都市中小河川における水防活動や調節池堰高操作を支援する実時間洪水予測に適した集中型概念モデルの精度向上に向けて、多くの大都市で採用されている合流式下水道を考慮するため、直接流出を河川へ流出する成分と合流式下水道により流域外へ排出される成分に分け、この特性を二価関数による貯留関数モデルに組み込むことを提案し、定式化を行うことにより都市洪水貯留関数モデルを構築した。そして、本モデル、合成合理式、星らの貯留関数モデルを、合流式下水道の普及した都市中小河川である神田川上流域の1洪水イベントに適用し、5種類の誤差評価関数を用いてこれらのモデルの適合性及び基礎的特性について検討した結果、構築した都市洪水貯留関数モデルは誤差評価関数に拘らず観測ハイドログラフを良好に再現し、ピーク流出高及び総流出高の双方の精度が従来の集中型概念モデルに比べ格段に向上することを示した。

また、流域内の不浸透面積率を検討した結果、本モデルによる流出率は星らの貯留関数モデルよりも実際の流出率に近い値となっていることを示した。さらに、本モデルにより得られた合流式下水道の最大雨水排出量は、下水道によって流域外へ排出される概略の最大雨水量と概ね一致することが示され、構築したモデルにより合流式下水道による流域外への流出も推定することが可能と考える。今後、検証事例を増やし複数の洪水イベントや他流域へ本モデルを適用することにより、都市中小河川の洪水流出現象に対する本モデルの適用性を確認すると共にパラメータの分布特性などを把握していく必要がある。

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11件)

① 荒木千博・河村 明・天口英雄・高崎忠勝 :

地物データGISを用いた新たな都市流域地下水涵養モデルの提案, 水工学論文集, 第53巻, pp.493-498, 2009. 査読有り

- ② Hentati, A., Kawamura, A. and Amaguchi, H. : Regional geomorphological characterization of small hillside river basins in semiarid region of Tunisia. *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE, Vol. 53, pp. 43-48, 2009. 査読有り
- ③ Hentati, A., Kawamura, A. and Amaguchi, H. : Physiographic characterization of small hillside semiarid catchments of Tunisia. *Proc. of IAHS-PUB-China2008*, CD-ROM:NP021, 2008. 査読有り
- ④ Amaguchi, H., Kawamura, A., Olsson, J. and Takasaki, T. : Urban runoff analysis by the Tokyo storm runoff model based on advanced GIS delineation. *Proc. of the 4th Conf. of APHW*, CD-ROM S1_17, 2008. 査読有り
- ⑤ Kawamura, A., Hentati, A. and Amaguchi, H. : Geomorphological Characterization of Small Hillside River Basins in Semiarid Region of Tunisia for Reducing Uncertainties in Water Resources Management. *Proc. of the International Conference on Uncertainties in Water Resource Management: Causes, Technologies and Consequences*, pp. 67-73, 2008. 査読有り
- ⑥ 高崎忠勝・河村 明・天口英雄 : 合流式下水道の流出特性を考慮した都市洪水貯留関数モデルの構築, 水文・水資源学会誌, Vol. 21, No. 3, pp. 228-241, 2008. 査読有り
- ⑦ Iseri, Y., Satomura, D., Jinno, K. & Kawamura, A. : Evaluation of relationships between precipitation, temperature in Fukuoka and climate patterns. *Proc. International Congress on Modelling and Simulation*, pp. 1533-1539, 2007. 査読有り
- ⑧ Kawamura, A., Amaguchi, H., and Takasaki, T. : Comprehensive flood control measures in Tokyo and advanced GIS-based urban catchment runoff model. *Proc. of the International Conference on Hydrology and Water Resources Management for Hazard Reduction and Sustainable Development*, pp. 91-96, 2007. 査読有り
- ⑨ Iseri, Y. Satomura, D., Jinno, K. and Kawamura, A. : Evaluation of relationship between climate change and monthly rainfall, temperature in the city of Fukuoka Japan, using self-organizing map. Proc. of Workshop on “Changes to Hydrological Extremes

and Water Quality”, IHAS Scientific Program, p.4828, 2007. 査読有り

- ⑩ Kawamura, A., Amaguchi, H. and Takasaki, T. : Reduction of uncertainty in urban catchment by physically based distributed flood runoff model using geographical feature data. Proc. of Workshop on “From measurements and calibration to understanding and predictions”, IHAS Scientific Program, p.4703, 2007. 査読有り
- ⑪ 天口英雄・河村 明・高崎忠勝 : 地物データGISを用いた新たな地物指向分布型流出解析モデルの提案, 土木学会論文集 B, Vol. 63, No. 3, pp. 206-223, 2007. 査読有り

[学会発表] (計25件)

- ① 鈴木 陽介(2009年3月14日)グリッド型洪水流出モデルの構築と神田川上流域への適用. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ② Hentati, A. (2009年3月14日) Geomorphological characteristics of small hillside reservoir catchments in semiarid region of Tunisia. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ③ 岡崎 貴徳(2009年3月13日) チュニジア半乾燥域の山地小流域における降雨流出現象の基礎的特性について. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ④ 須藤 正大(2009年3月13日) 地物データGISを用いた神田川上流域の地下水涵養モデルについて. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ⑤ Bui, D.D. (2009年3月13日) The Red River delta, Vietnam: An overview of groundwater resources. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ⑥ 垣迫雄斗(2009年3月13日) 高度な地物データGISを用いた神田川上流域の洪水流出解析. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ⑦ 岡元宏薫(2009年3月13日) 一級代表観測点における流量年表データベースの信頼性について. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ⑧ 荒川大樹(2009年3月13日) 東京都水防災総合情報データに基づく降水の時空間分布特性. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ⑨ 坊田裕美(2009年3月13日) 東京都水防災データシステム1分間降水量の補正および欠測値時空間特性. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.
- ⑩ 梶井 剛(2009年3月13日) 自己組織化マップを用いた全国一級水系の濁水流況パタ

ーン分類. 第36回土木学会関東支部研究発表会, 千葉工業大学.

- ⑪ 荒木千博 (2009年8月26日) 地物データGISを用いた国分寺試験流域の地下水涵養モデル. 水文・水資源学会2008年度研究発表会, 東京大学生産技術研究所.
- ⑫ Hentati, A. (2009年8月26日) Hypsometrical characteristics of small hillside reservoir catchments in semiarid region of Tunisia. 水文・水資源学会2008年度研究発表会, 東京大学生産技術研究所.
- ⑬ 高崎忠勝 (2009年8月26日) 神田川における近年の浸水被害発生時の豪雨特性について. 水文・水資源学会2008年度研究発表会, 東京大学生産技術研究所.
- ⑭ 高崎忠勝 (2008年9月25日) 中小河川感潮域における河川流量の連続計測. 土木学会第63回年次学術講演会, 東北大学.
- ⑮ 村松健司 (2008年3月11日) 神田川上流域を対象とした都市洪水流出モデルに対する地物データGISの構築. 第35回土木学会関東支部研究発表会, 芝浦工業大学.
- ⑯ Hentati, A. (2008年3月11日) Geomorphological characteristics of small hillside reservoir catchments in semiarid region of Tunisia. 第35回土木学会関東支部研究発表会, 芝浦工業大学.
- ⑰ 梶井 剛 (2008年3月11日) 四国における一級河川の流況変動特性について. 第35回土木学会関東支部研究発表会, 芝浦工業大学.
- ⑱ 入田昂浩 (2008年3月10日) 地物データGISを用いた国分寺試験流域の地下水涵養モデルについて. 第35回土木学会関東支部研究発表会, 芝浦工業大学.
- ⑲ 盛 耕平 (2008年3月10日) 東京都日の出町 (多摩川水系平井川流域) における降雨・流況特性について. 第35回土木学会関東支部研究発表会, 芝浦工業大学.
- ⑳ 趙 仁寛 (2008年3月10日) 東京における気象庁降水データの統計的特性解析. 第35回土木学会関東支部研究発表会, 芝浦工業大学.
- ㉑ 天口英雄 (2007年7月25日) 東京都水防災システム降水データの特性. 水文・水資源学会2007年度研究発表会. 名古屋大学.
- ㉒ 高崎忠勝 (2007年3月13日) 野川上流域における水涸れの発生と無降雨期間の関係について. 第34回土木学会関東支部研究発表会, 茨城大学.
- ㉓ 井芹慶彦 (2007年3月10日) 福岡市における日降水特性の長期変動と太平洋の気候偏差との関連評価. 土木学会西部支部研究発表会, 九州共立大学.
- ㉔ Amaguchi, H. (2006年9月27日) Integrated flood control measures in

Tokyo and GIS-based inundation prediction model. *3rd International Symposium on Integrated Water Resources Management*. IAHS, Ruhr-University Bochum, Germany.

- ㉕ 高崎忠勝 (2006年8月30日) 二価関数による貯留関数法を用いた都市小流域の洪水流出特性. 水文・水資源学会2006年度研究発表会, 岡山大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河村 明 (KAWAMURA AKIRA)

首都大学東京・大学院都市環境科学研究科・教授

研究者番号: 10177735

(2) 研究分担者

天口 英雄 (AMAGUCHI HIDEO)

首都大学東京・大学院都市環境科学研究科・助教

研究者番号: 40326012