

機関番号：22604

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760389

研究課題名 (和文) 密集都市流域に対応した分布型洪水流出モデルの開発

研究課題名 (英文) Development of Distributed Storm Runoff Model for Populated Urban Catchment

研究代表者

天口 英雄 (AMAGUCHI HIDEO)

首都大学東京・都市環境科学研究科・助教

研究者番号：40326012

研究成果の概要 (和文)：都市流域の土地利用形態を詳細に表現することができる地物データ GIS を用いて、密集市街地に対応した分布型洪水流出モデルの開発を行った。これを東京都内の代表的な都市中小河川である神田川流域の一部に適用を行った。洪水流出解析では従来から多用されている土地利用情報として細密数値情報との比較、グリッド型洪水流出解析モデルとの比較などにより、本モデルの特性および有用性を明らかにした。

研究成果の概要 (英文)：The Tokyo Storm Runoff model is developed and tested. The set-up of this urban catchment-based model is based on so-called urban landscape GIS delineation that faithfully describes the complicated urban land use features in detail. The flow between single spatial elements is based on established hydraulic and hydrological models with equations that describe all aspects of storm runoff generation in an urban environment. The model thus simulates both the conceptually different flooding processes related to overflow from a river and surcharge from a sewer system, respectively. The model was set up and evaluated for the lower Ekota catchment and the upper Kanda catchment in Tokyo Metropolis, Japan. the results show that the suggested approach, based on a detailed reproduction of all relevant elements in an urban catchment, is able to simulate all aspects of urban flooding with high accuracy.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

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：密集都市流域, 地物データ GIS, 洪水流出解析, 分布型モデル

1. 研究開始当初の背景

都市流域は、雨水流出の観点からみると人工的な土地利用と人工的な排水路から構成されている。都市環境は土地利用の観点からみて非常に異質であり、これは水循環を構成する素過程の全てに影響を与えている。特に建物や道路などの不浸透域からの流出は雨

水・下水道管路を通じて河川に排水されているため、不浸透域からの流出が洪水時のピーク流量を形成するプロセスを支配している一方で、平常時には河川流量が非常に少なくなっている。

このような都市流域に対する雨水流出モデルは、対象とする規模や目的、そして水文

量の有無により集中型モデルと分布型モデルがある。集中型モデルは流域内の特性を概念的に表したパラメータや変数を用いて表現されるもので、合理式、タンクモデル、貯留関数法などがある。一方、分布型モデルは地形情報、土地利用情報そして下水道管路特性などから得られる空間情報を基に、雨水流出プロセスに含まれる物理過程を考慮してモデル化するものである。山地流域など人工物の少ない自然流域に適用されるモデルとしてはDEM (Digital Elevation Model) を利用して雨水の流出経路を決定するグリッド型モデルが数多く提案されている。本来、都市流域は山地流域と異なり自然要素だけでなく多くの人工的要素を含んでおり、このような複雑な空間情報の記述にはグリッド型は適さない。グリッド型の分布型流出モデルは流域を格子状に区分することで、データ処理の視点からは非常に効率が良い事などから非常に多く利用されているが、グリッド型データは本来地上の人工物が持っている流出特性を正確に反映することは困難な構造となっている。例えば、個別建物の面積や地上の地物と地下の雨水・下水道管路の対応関係を明確に指定することは困難である。近年、GIS(地理情報システム)の技術的進歩やGISデータ整備が進み、都市流域では道路ネットワーク、街区データなどのデジタル情報が容易に入手できるようになった。さらに、東京都などにおいては、グリッド型土地利用情報だけでなく、建物や道路などの地物を的確に表現出来るポリゴン(多角形)型を用いた地物データの作成が行われており、今後各都市において、このような基礎的地物データGISの普及が進展するものと考えられる。これまで、都市流域は自然要素だけでなく多くの人工的要素を含むため詳細な空間情報の記述が容易ではなかったが、これらの地物データを利用したポリゴン型土地利用情報を用いることで、特定の建物、道路といった詳細な空間情報を抽出することが可能となっている。このように、都市流域の分布型流出モデル構築にはGISと様々な空間データが必要不可欠となっている。

都市流域の地表面の流出と雨水・下水道管路を取り扱った総合的な分布型流出モデルとしては、グリッド形式を用いたメッシュ法やGIS型の流出モデルの他、多くのグリッド型の流出モデルが提案されている。一方、地物データGIS形式を用いた研究事例としては都市域の単位図を作成しているほかはみあたらない。また、都市域の雨水流出の中で得に雨水・下水道管路のモデル化に特化したものとしてSWMMやMouseなどが既に一般的に用いられているが、流域情報に関しては従来から用いられているグリッド型が基本となっている。一方、著者らは地物データ

GISを用いた新たな都市域の雨水流出モデルとして地物試行分布型都市洪水流出解析モデルの提案を行い、東京都内の実流域に対し地物データGISの構築方法と都市洪水流出モデル構築および雨水流出解析について評価・検討を行っている。この雨水流出モデルの水理・水文モデルはこれまで提案されている一般的な手法を用いてはいるものの、これまでの総合的な都市域の雨水流出モデルとは異なり各要素の水位を基に流出量を算出している点にある。このため、都市中小河川に見られる内外水による複合的な浸水状況のシミュレーションを行うことも可能である。しかし、地物データGISを用いて都市流域をモデル化する場合には、計算要素の形状が一樣であるグリッド型の流出モデルとは大きく異なり、道路などの連物や街区内をどのようにして計算要素に分割していくかなど課題も多い。

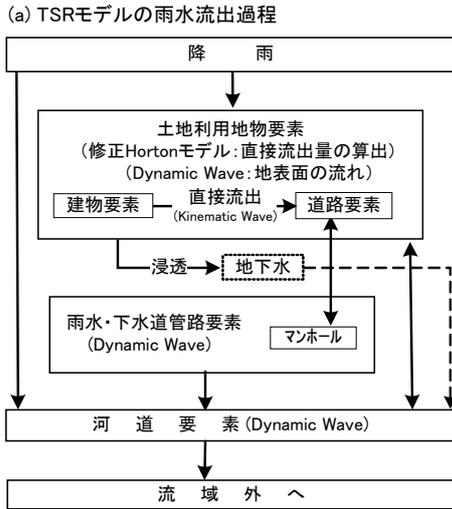
2. 研究の目的

本研究では、都市流域の複雑な土地被覆状況を詳細に表現することができる地物データGIS(ポリゴン型土地利用情報)と雨水・下水道管路データを用いて、密集市街地に対応した洪水流出解析モデルとして、TSR(Tokyo Storm Runoff)モデルを構築する。そして、東京都内の代表的な都市中小河川である神田川流域の一部小流域を対象にモデルデータの作成を行うとともに、洪水流出解析モデルを適用して本手法の有用性を確認する。

3. 研究の方法

図-1は構築した洪水流出解析モデルの雨水流出過程を示したものである。流域は土地利用要素および河道要素で構成される。また、管路とマンホールにより構成される雨水・下水道管路要素があり、マンホールは道路要素と、管路は河道に接続している。道路上の雨水は、道路の側溝を通じて雨水・下水道管路に排水されているのが現状であるが、雨水流出のモデル化においては道路の側溝データの収集が困難であるため、マンホールを通じて雨水・下水道管路に雨水が排水されるものとする。流出過程において、流域内への降雨は土地利用要素および河道要素の微小要素に与えられる。

直接流出成分に寄与する有効雨量は、不透流域(河道、道路、舗装地、建物)では降雨量を、浸透流域(林地、緑地、グラウンド、間地)では修正Hortonモデルにより表面流出に寄与する水量を算定する。街区内土地利用要素から近傍の微小道路要素への流出量はKinematic Wave法により算出する。微小道路要素の水は、その要素内にマンホールが存在する場合には雨水・下水道管路に流下し、マ



(b) 土地利用地物要素および雨水・下水道管路要素 (TSRモデル)

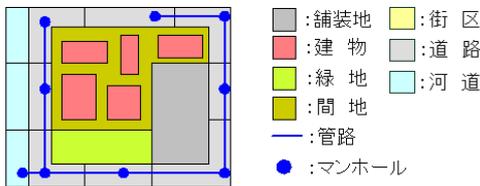


図-1 対象とする雨水流出過程と高度な地物データ GIS の構成要素

マンホールが存在しない場合には道路要素を流下する。雨水・下水道管路要素に対しては、まず微小道路要素との流入出力および接続管路からの流入出力によりマンホール部においてその水位を算出し、次いでマンホール部の水位と管路断面特性から流量をスロットモデルにより計算する。この計算過程において、マンホール内の水位が上昇して道路の地盤高にまで達すると、マンホール内の水は道路要素上に溢水する。このように、雨水・下水道管路内の水は数々の管路網を合流して最終的には河道要素に流出し、河道を流下する。本モデルの計算フローを図-2に示す。

対象とする神田川は三鷹市の井の頭池にその源を發し、途中善福寺川と妙正寺川を合流して隅田川に流入する流域面積 105km²、流路延長 25km の東京都内の代表的な中小河川である。本研究では、流域として江古田川下流域(流域面積は約 1.2km²、対象区間の河道延長は約 1km)および神田川の井の頭池から善福寺川合流地点までの上流域(流域面積約 11.8km²、流路延長約 9km)を設定した。

4. 研究成果

(1) 地表面を忠実に表現可能な地物データ GIS を用いた密集市街地に対応した分布型洪水流出解析モデルを構築し、神田川上流域への適用を行った。河道の溢水氾濫が生じていなかった中小洪水を対象に、中小河川流域への適用可能性とその洪水流出過程のメカニ

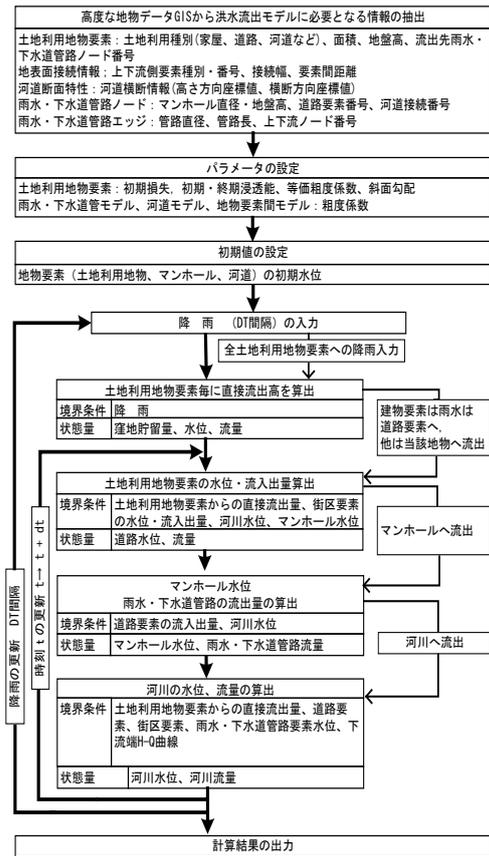


図-2 計算フロー

ズムの把握を行った。その結果、ハイドログラフの形状は概ね再現できたものの、計算流量の河川流量増加率は若干観測流量のそれを下回る結果となっているので、降雨強度が増加した時に対応する雨水流出過程のモデル化についての改良が課題となった。

(2) 本モデルと従来から多用されているグリッド型流出モデルを都内中小河川である江古田川下流域に適用(図-3)し、降雨強度一定の降雨波形を用いた洪水流出解析を行い、両モデルの流出特性の比較について検討を行い、以下に示す知見が得られた。

① 都市流域では、地表面流から河道に至るまでの流出経路において雨水・下水道管路の流れを考慮した分布型洪水流出モデルの構築に当たっては、流域要素スケールは地表面要素の大きさだけでなくマンホールの配置が流出特性に大きな影響を与えている。② 都市流域においてグリッド型流出モデルを適用する場合、地表面要素が小さくなるほど地盤高の窪地処理が重要となる。③ 本モデルでは、街区要素、道路要素、河道要素など明確に区分した地表面要素により構成されているので、街区内土地利用地物要素の雨水の流出先を柔軟に設定することができ、流出率に影響する窪地処理の必要性が低いことが明らかとなった。

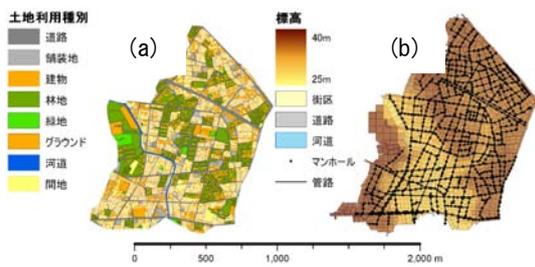


図-3 対象流域の地物データ GIS によるモデル化。
(a)土地利用地物要素, (b)地表面地物要素と雨水・
下水道管路要素

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 荒木千博、河村明、天口英雄、高崎忠勝、須藤正大、神田川流域の地物データ GIS を用いた地下水涵養モデルの構築とその適用、河川技術論文集、査読有、第 15 巻、pp371-376 (2009 年 6 月)
- ② 天口英雄、河村明、荒木千博、高崎忠勝、神田川上流域の地物データを用いた洪水流出モデルの構築とその適用、河川技術論文集、査読有、第 15 巻、pp377-382 (2009 年 6 月)
- ③ 天口英雄、河村明、高崎忠勝、荒木千博、中川直子、分布型都市洪水流出モデルの流域要素形状が流出応答に与える影響について、水工学論文集、査読有、第 54 巻、pp. 493-498 (2010 年 2 月)
- ④ 荒木千博、天口英雄、河村明、高崎忠勝、土屋大、個別の浸透施設の効果を組み込んだ地下水涵養モデルの構築、水工学論文集、査読有、第 54 巻、pp. 559-564 (2010 年 2 月)
- ⑤ AMAGUCHI, H., KAWAMURA, A., OLSSON, J. and NAKAGAWA, N., Analysis of climate change impact on urban runoff in Arvika, Sweden by the Tokyo Storm Runoff Model. Proc. Fifth APHW Conf. on Hydrological Regime and Water Resources Management in the Context of Climate Change (IHP-VII Technical Documents in Hydrology No.4), pp.192-198 (November 2010), 査読有
- ⑥ 天口英雄、河村明、高崎忠勝、中川直子、個別の地物情報を考慮した密集市街地における Tokyo Storm Runoff Model の提案水工学論文集、査読有、第 55 巻、pp. S517-S522 (2011 年 3 月)

[学会発表] (計 8 件)

- ① 高木雄介、天口英雄、河村明、鈴木陽介、神田川上流域における分布型流出モデル

の地表面形状が流域応答に与える影響評価、土木学会第 37 回関東支部研究発表会講演集、CD-ROM 版 (II-010)、2010 年 3 月 12 日、日本大学理工学部

- ② 土屋大、荒木千博、天口英雄、河村明、個別の浸透施設を組み込んだ地物データ GIS による神田川上流域の地下水涵養量の推定、土木学会第 37 回関東支部研究発表会講演集、CD-ROM 版 (II-049)、2010 年 3 月 12 日、日本大学理工学部
- ③ Olsson, J., Dahné, J., German, J., and H. Amaguchi: Urban hydrological climate change impact assessment: some Swedish experiences, Proceedings of XXVI Nordic Hydrological Conference, pp151-152, 10th August 2010, Riga, Latvia.
- ④ 須藤正大、天口英雄、河村明、荒木千博、中川直子、高崎忠勝、神田川上流域における雨水流出抑制施設の設置状況とその効果量試算に関する一考察、水文・水資源学会 2010 年度研究発表会要旨集、pp.136-137、2010 年 9 月 8 日、法政大学
- ⑤ 鈴木陽介、河村明、天口英雄、中川直子、都市流域を対象としたグリッド型洪水流出モデルの空間解像度が流域応答に与える影響について、水文・水資源学会 2010 年度研究発表会要旨集、pp.128-129、2010 年 9 月 8 日、法政大学
- ⑥ 鈴木陽介、河村明、天口英雄、中川直子、都市分布型洪水流出モデルの流域要素形状が流出応答に与える影響評価、第 38 回土木学会関東支部研究発表会講演集、CD-ROM 版 (II-43)、2011 年 3 月 11 日、法政大学
- ⑦ 戸辺裕、天口英雄、河村明、中川直子、TSR モデルを用いた保水セラミックスによる雨水流出抑制効果の評価、第 38 回土木学会関東支部研究発表会講演集、CD-ROM 版 (II-49)、2011 年 3 月 11 日、法政大学
- ⑧ 須藤正大、荒木千博、天口英雄、河村明、高崎忠勝、中川直子、地物データ GIS を用いた都市流域地下水涵養モデルによる神田川上流域に設置された雨水浸透施設の効果について、第 38 回土木学会関東支部研究発表会講演集、CD-ROM 版 (II-50)、2011 年 3 月 11 日、法政大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天口 英雄 (AMAGUCHI HIDEO)

首都大学東京・都市環境科学研究科・助教
研究者番号：40326012