

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

首都大学東京 都市基盤環境工学専攻 学生会員 ○村松 健司
 首都大学東京 都市基盤環境工学専攻 正会員 天口 英雄
 首都大学東京 都市基盤環境工学専攻 正会員 河村 明

1. はじめに

近年、都市流域では集中豪雨による内水氾濫や中小河川からの外水氾濫による浸水被害が頻発している。都市流域では、雨水が浸透しない家屋やビルの屋根、道路、駐車場など人工的に整備された地物の錯雑な分布、道路の側溝や下水道等の雨水排水施設など河川に至る流出経路、さらには、貯留・浸透施設等の流出抑制施設や治水施設の整備など、非常に複雑な都市流出システムが人工的に形成されると共に、絶えずその形態が変化している。著者らは、このように非常に複雑な都市型洪水流出過程のモデル化として、人工的に形成された、個々の建物、駐車場、道路等の実際の不透透域を正確に抽出できる地物データ GIS（地理情報システム）を用いた、既往のグリッド型モデルとは異なる地物指向分布型都市洪水流出モデルを提案している¹⁾。本モデルでは豪雨の流出経路を物理的に忠実に再現することが可能となっている。本モデルを実流域へ適用するには、入手可能な基礎的地物データ GIS を基に高度な地物データ GIS を、現時点では手作業で構築していく必要がある。そこで本研究では、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上流域を具体的に取り上げ、高度な地物データ GIS を構築し、都市流域の雨水流出過程をモデル化していく上で解決すべき種々の問題点について検討を行っている。

2. 地物指向分布型都市洪水流出解析モデル¹⁾

本研究で用いる都市洪水流出解析モデルを都市流域に適用する際の全体ワークフローを図-1に示す。また、本モデルが対象とする雨水流出過程を図-2に示す。代表的な雨水流出過程について述べると、流域内への降雨は高度な地物データ GIS から作成される街区内地利用地物要素、道路要素および河道要素の微小要素に対して与えられる。街区内では、土地利用地物要素が持つ浸透・不透透特性に関する情報を基に、不透透域の降雨および浸透域の浸透能を超えた雨水を直接流出として計算し、近傍の微小道路要素への流出量を算定する。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、マンホールが存在しない場合には道路を流下する。こうして、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、流域外へと流去する。

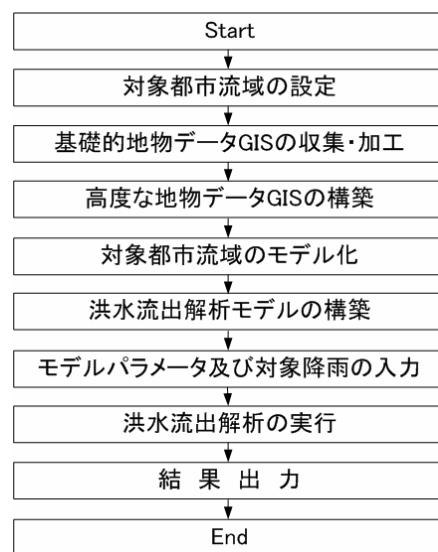


図-1 地物データ GIS を用いた洪水流出解析の全体ワークフロー

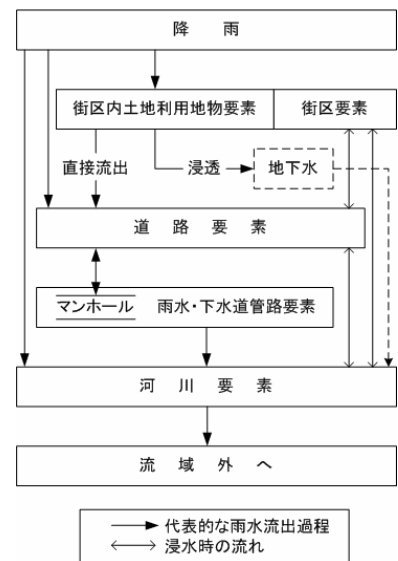


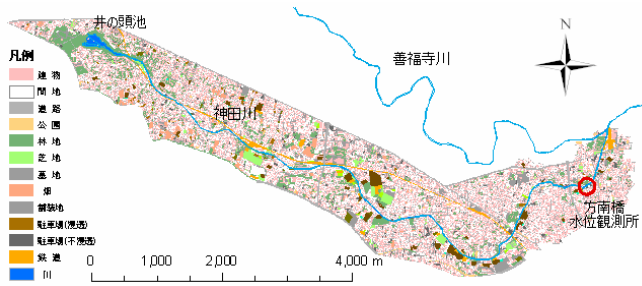
図-2 都市洪水流出解析の雨水流出過程

3. 対象流域の概要

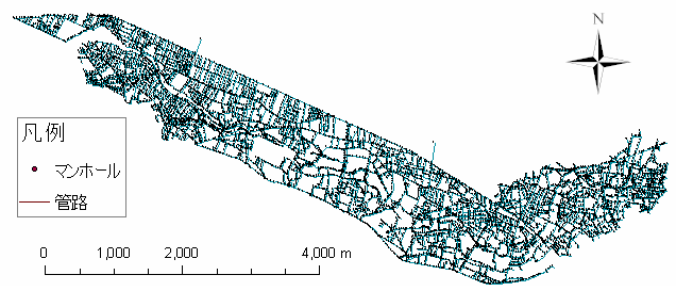
神田川は三鷹市の井の頭池にその源を発し、善福寺川と妙正寺川という支川を合流して隅田川に流入する流域面積 105km²、流路延長 25km の東京都内の代表的な中小河川である。本研究では、図-3(a)に示す神田川の井の頭池から方南橋水位観測所までの上流域（流域面積約 11.8km²、流路延長約 9km）を対象流域として設定した。対象流域界は、図-3(b)に示した雨水・下水道管路による河川への雨水排水区域を考慮し、境

キーワード 地物データ GIS、洪水流出解析、都市中小河川、神田川上流域、地理情報システム

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1-1 首都大学東京 都市基盤環境工学専攻 E-mail: muramatu-kenji@ed.tmu.ac.jp



(a) 対象流域内の土地利用地物要素



(b) 対象流域内の雨水・下水道管路要素

図-3 神田上流域内で構築した高度な地物データ GIS

界外より雨水・下水道管路を通じて雨水が入り込まないように設定している。なお、図-3は基礎的地物データ GIS を基にして高度な地物データ GIS の構築を完了した流域図を示している。

4. 高度な地物データ GIS の構築および都市流域のモデル化

(1) 基礎的地物データGISの収集・加工

神田川上流域のモデル化に必要な基礎データ一覧を表-1に示す。本研究では、建物の境界線、道路と街区の境界線および河道の境界線など、一次元で表される線(ポリライン)データとしてのポリライン型基礎的地物データ GIS (以下、L 型 BF-GIS と略記する)を収集した上で、これらのデータを GIS ソフト (ArcGIS) を用いて図-4(a)に示すポリゴン型基礎的地物データ GIS (以下、G 型 BF-GIS と略記する)へ加工する。そして、この G 型 BF-GIS に対し、新たに様々な情報を付加する事で各要素を作成し、これらを合成することで高度な地物データ GIS(AF-GIS)を構築する。なお、以下の地物データ GIS の作成に関する作業は全て GIS ソフトウェアを用いて、現時点では手作業で行う必要がある。今回は L 型 BF-GIS を収集した上で G 型 BF-GIS へ加工したわけではなく、もともと都市の土地利用情報を把握するために整備された G 型 BF-GIS を用いた。この G 型 BF-GIS はポリゴン間に微小間隙が多数存在し、これを本モデルに適用可能なデータへ加工する作業には多大な尽力を費やした。

(2) 街区内土地利用地物要素の作成

図-4(a)に示すG型BF-GISで表現される各街区要素を対象に、図-4(c)に示す 1/2500 地形図や図-4(d)に示す航空写真を参考に街区内の浸透・不浸透特性を考慮し、既に地物データGIS化されている建物を除く表-2に示すような浸透・不浸透性の駐車場、グラウンド、テニスコートそして林地、芝地、畑、公園、墓地等々といった土地利用種別に関する情報を一つ一つ手作業で新たに付加し、図-4(b)に示す街区内土地利用地物要素を作成する。上記のように区分することが困難であった区域を間地に設定した。作成した街区内土地利用地物要素は 54,229 要素となった。このうち街区内土地利用地物要素における建物と間地以外の 4,000 以上の要素は一つ一つ手作業で作成したものであり、この作業はとても根気のいる地道な作業であった。また、地形図や航空写真を用いて土地利用種別を判断する際に、地物の浸透・不浸透特性を正確に見分けることが難しい区域もあり、土地利用種別は作成者の主観によって判断せざるを得ない。正確な街区内土地利用地物要素の作成には、土地

表-1 地物データ GIS を用いた都市洪水流出解析モデルに必要な基礎データ

基礎データ	抽出するデータ
東京都基礎的地物データGIS	建物・街区・河道データ
東京都地形図1/2500	街区内土地利用地物データ
河道の縦横断面図	河道データ
国土地理院5mメッシュ (標高)	道路要素、街区要素の地盤高データ
下水道台帳	雨水・下水道管路データ

表-2 地物データ GIS の要素数および総要素面積

		要素名	要素数	面積 (㎡)
高度な地物データGIS	道路要素	道 路	45,874	1,877,041
	河道要素	河 道	315	102,565
	街区内土地利用要素	建 物	40,241	3,449,181
		駐車場 (浸透)	97	60,428
		駐車場 (不浸透)	363	213,180
		グラウンド (浸透)	211	228,939
		グラウンド (不浸透)	16	23,280
		テニスコート (浸透)	42	54,512
		テニスコート (不浸透)	27	30,383
		林 地	1,667	1,069,471
		芝 地	207	172,545
		畑	229	188,616
		公 園	146	95,676
		墓 地	73	70,612
		池	52	50,402
		舗装地	564	384,139
		プール	17	10,570
		裸 地	67	52,707
		鉄 道	435	149,388
		間 地	9,775	3,518,916
	合 計	54,229	9,822,944	
合計	地表面地物要素	100,418	11,802,550	
雨水・下水道管路要素	マンホール	9,638		
	管 路	9,909		
	合 計	19,547		
合計	高度な地物データGIS	119,965		
地表面境界要素	地表面境界要素	街区-街区間	20,074	
		街区-道路間	106,367	
		街区-河道間	108	
		道路-道路間	48,351	
		道路-河道間	1,629	
		河道-河道間	314	
		合 計	176,843	

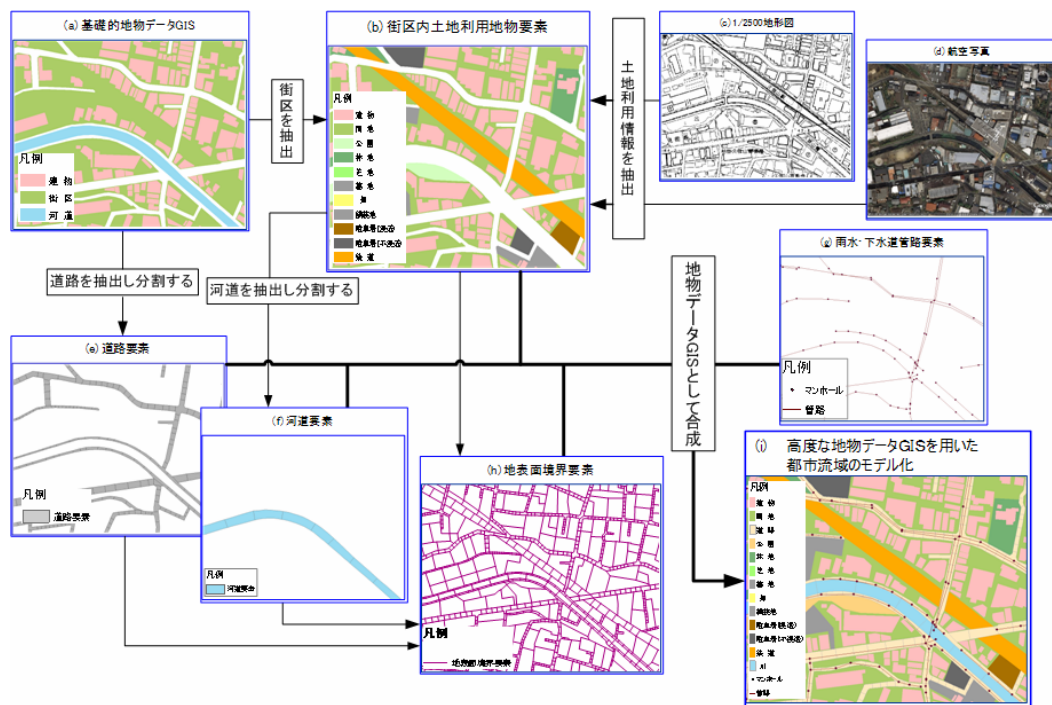


図-4 高度な地物データ GIS の構築および都市流域のモデル化

利用種別を判断する際の基準を確立させていく必要がある。

(3) 道路要素の作成

図-4(a)に示すG型BF-GISには道路に関するデータは含まれていないが、流域界を表すポリゴンデータから街区要素領域と河道要素領域を除外する事で道路領域を表すポリゴンデータを作成することができる。しかし、作成される道路要素データは連続した一要素のデータとして表現されているため、洪水流出モデルに適用するには微小道路要素への分割が必要となる。道路要素を単なる不浸透域として取り扱う場合には任意の微小要素形状としても良いが、本論文では道路を水路と見なして流出計算を行うため、次に示す手順により道路要素分割を行う。はじめに街区のL型BF-GISを収集し、このライン上に等間隔にポイントデータを追加する。このポイントから対面する街区のL型BF-GISに向かって垂線を引き、これを道路分割線とする。道路分割線は流域全体を対象に道路幅の間隔で作成する。最後にこれら道路分割線と街区のL型BF-GISを用いてG型BF-GISへ加工することで、微小道路要素を作成する(図-4(e))。対象流域の道路面積は1.8km²と多く手作業での分割は困難であるため、独自に作成した道路分割線を自動的に生成するプログラムを用いた。この手順により作成された微小道路要素のうち、面積の大きい要素はさらに手作業により分割した。この結果、表-2に示すように、作成した道路要素数は45,874要素で、1要素の当たりの平均面積は約41m²となった。

なお、道路要素および街区要素の地盤高は、地盤高情報に関するGIS(国土地理院5mメッシュ標高)を用いて対象要素内の平均地盤高として求める。

(4) 河道要素の作成

BF-GISの河道要素も道路要素と同様に連続した領域となっているので、手作業で要素分割を行う。河道要素は河道計算に利用される横断特性との整合性を保つように設定する必要があるため、河川縦横断平面測量図において河道の横断形状が測量されている位置(約100m間隔)で分割する。100m間隔での分割では他の道路要素や街区内土地利用地物要素の大きさと比較すると大きいため、さらに約30m間隔で分割し、分割した位置に線形補完した断面特性情報を加える(図-4(f))。作成した河道要素数は315要素となった(表-2)。

(5) 雨水・下水道管路要素の作成

雨水・下水道管路要素は管路特性を表現するエッジ(線)データ、マンホールの特性を保持するノード(点)データとして構成する。神田川上流域の雨水・下水道管路要素の作成に当たっては、まず流域内の下水道台帳約400枚をPCにスキャンし、取り込んだ画像ファイルに位置情報を付加する。さらに、それらの画像ファイルをGISソフトウェアに取り込み、手作業でマンホールと管路の図形データをトレースし、各管路、各マンホールに対し水理解析に必要な属性情報を一つ一つ下水道台帳から読取り手入力した(図-4(g))。そして、作成し

データのチェック・補正・補完を行った。
下水道台帳から雨水・下水道管路要素を作成する過程はほとんど手作業であるために多大な労力を費やした。作成した管路要素は9,909要素、マンホール要素は9,638要素となった(表-2)。

(7) 高度な地物データGISの構築

上記の街区内土地利用地物要素、道路要素、河道要素および雨水・下水道管路要素を合成することで図-4(i)に示すようなAF-GISの構築を行う。

対象とした神田川上流域における地表面地物要素数はおよそ10万要素となり、雨水・下水道管路要素数はおよそ2万要素となった(表-2)。

(8) 高度な地物データGISを用いた都市流域のモデル化

AF-GISを用いて都市流域の雨水流出過程をモデル化するためには、AF-GISを基に、さらに地表面地物要素(街区内土地利用地物要素、道路要素、河道要素)間の隣接関係の設定、街区内土地利用地物要素からの流出先である道路要素への接続関係の設定、そして雨水・下水道管路要素およびその河道要素への接続関係の設定などを行う必要がある。本解析モデルに必要な街区内土地利用地物要素、地表面地物要素そして地表面地物要素間の隣接関係を規定する地表面境界要素に関する属性情報を図-5に示す。対象流域においてこれらの属性情報を設定し、都市流域の雨水流出過程をモデル化していく。

a) 地表面境界要素の作成

図-5(h)で示した地表面境界要素は、地表面地物要素内の水がどの要素種別のどの要素番号に流れるかを指定するのに利用される。まず地表面境界要素の作成については、GISソフトウェアを用いてポリゴン型の地表面地物要素(街区内土地利用地物要素、道路要素、河道要素)をポリライン型の地物に変換し、隣接する地表面地物要素が互いに共有する線分に分割することで、ポリライン型の地表面境界要素を作成する。そして作成した地表面境界要素に対し必要な属性情報を設定する。作成した地表面境界要素は176,843要素となった(表-2)。

b) 街区内土地利用地物要素の直接流出先の設定

本研究においては街区内土地利用地物要素の直接流出量の流出先は近傍の道路要素に流れるものと仮定する。ここでは、各地物要素データの取り扱いを簡便にするために、土地利用地物要素の位置情報から重心点を計算し、この重心点に新たにポイント型データを作成する。次に、作成したポイント型の街区内土地利用地物要素から道路要素への流出先を決定するには道路要素を活用する。すなわち、各道路要素の支配領域は、微小道路要素の重心点から作成されるティーセンポリゴンを用い、街区内土地利用地物要素がどの道路要素の支配領域内に存在するかを設定した。

5. まとめ

本研究では、神田川上流域を具体的に取り上げ、地物指向分布型都市洪水流出モデルに適用する高度な地物データGISを構築し、構築過程での問題点や課題について検討を行った。神田川上流域の面積は11.8km²と全流域面積105km²と比較して小さいものの、高度な地物データGISの構築には膨大な時間と労力を費やした。本モデルを用いた洪水流出解析を迅速に行うには、浸透・不浸透性地物を考慮した高度なデータGISの整備が望まれる。

参考文献

- 1) 天口英雄, 河村明, 高崎忠勝(2007): 地物データGISを用いた新たな地物指向分布型都市洪水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.

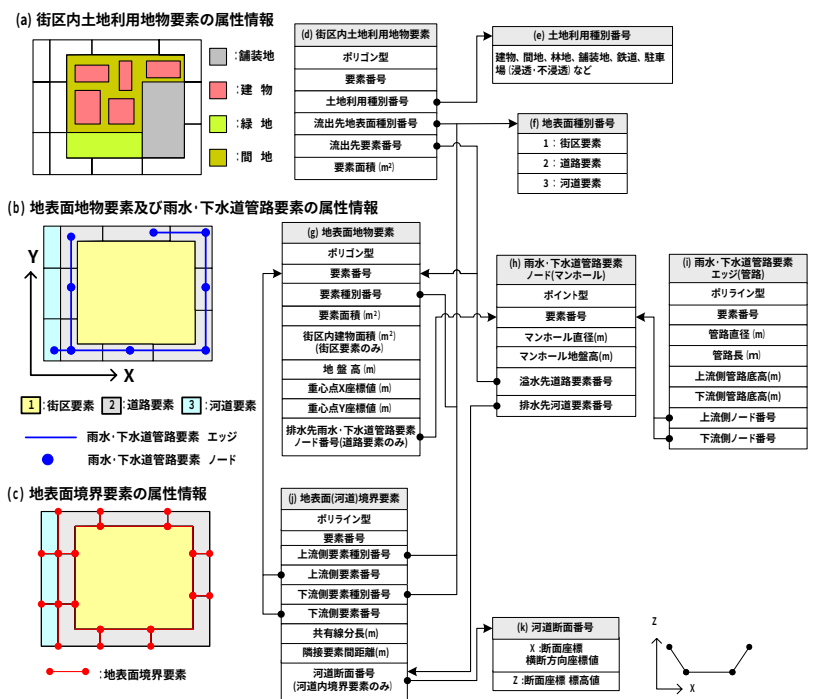


図-5 都市流域のモデル化に必要な地物データGIS要素とその属性情報