

細密数値情報の活用による土地利用変化を考慮した流出解析

酒井 健博
法政大学大学院工学研究科

小寺 浩二
法政大学文学部地理学科
法政大学 IT 研究センター

岡 泰道
法政大学工学部土木工学科

本研究では、地理情報システム (GIS) を用いて、国土地理情報のひとつである細密数値情報を分布型流出モデルに適用し、鶴見川上中流域を対象として流出解析を行った。有効降雨の推定方法や流出抑制効果の評価の検討が必要であるものの解析値は実測値とほぼ符合する結果となった。さらに、1974年から1994年の5年毎の細密数値情報 (10mメッシュ土地利用) データを用いた結果、不浸透域の拡大に伴う流出量の変化を確認することができた。

1. はじめに

水文流出解析において、膨大で複雑な地理情報を活用するためには、計算機の利用が不可欠であり、1980年代後半から急速に発展してきたGISが、空間構成データの解析や計算ツールとして、その役割を担うこととなった。さらに、計算機を用いた水文モデルは広範囲に及びつつあり、水文学とGISの融合は必然であるといえる。

また、2000年12月、河川審議会の中間答申では、河川は氾濫することを前提として流域全体で総合的に治水対策を行うとする提言がまとめられた。都市河川流域においては、地表面の改廃や転圧、不浸透域の拡大などに伴って土壌の浸透能が低下し、降雨時に雨水が急速に河川へ流出して下流域に短時間に集中するようになり、洪水ピーク流量の増加をもたらしている。

本研究では、地理情報システム (GIS) を用いて、国土地理院が作成した細密数値情報を分布型流出モデルに適用し、鶴見川上中流域を対象とした流出解析を行った。さらに、5年毎の土地利用を比較し、都市化による河川への流出の影響を試算した。対象は、落合橋より上流の鶴見川上中流域 (114km²) とした。

2. GIS 利用の利点とソフトウェア

水文流出解析では、土地利用、地形などの空間的に分布した膨大な地理情報を扱う必要があるが、GISの使用により、多様な水文情報を統一した形式で蓄積し、データの入力から解析、結果の表示までを一括して行うことができるようになってきた。さらに、土地利用などのデータが更新された場合にも容易に対応することができるため、分布型流出モデルを構築利用するには有効な支援ツールとなる。

本研究ではGISソフトウェアとしてインフォマティクス社のSIS.Ver5.0を用いた。ソフトウェアの操作は他のWindows対応のソフトウェアと同様に、GUIで行う。特徴的な機能としては、幾何補正、タイリング、スナップグリッドがある。幾何補正は、画像データを仮想的な弾性シートに貼り付け、伸縮、回転などを行う機能であり、タイリングは、データファイルの座標を自動判別して表示する機能である。スナップグリッドは、作図や距離の目安にするために、仮想的な格子を生成する機能である。

3. 細密数値情報の利用

土地利用情報は国土地理院発行の「細密数値情報 (10mメッシュ土地利用) 首都圏版 1974、1979、1984、1989、1994」を用いた。細密数値情報は、約5年毎に行われた過去4回の宅地利用動向調査をもとに作成された土地利用に関する数値情報である。第1回調査では昭和49年 (1974年) 時点と昭和54年 (1979年) 時点について、第2回調査では昭和59年 (1984年) 時点、第3回調査では平成元年 (1989年) 時点、第4回調査では平成6年 (1994年) 時点について、首都圏整備法に基づく約8.3千平方kmの地域を対象に、土地利用の現況及びその変化状況について調査が行われた。合計839ファイルで構成されている本データは、10mメッシュで、空中写真から判読した土地利用情報を15種類の土地利用分類にコード化し、平面直角座標系のもと、3km×4kmを1ファイルとしてテキスト形式で整備されている [1]。

ラスター型数値情報である細密数値情報を用いる際に、ベクタ型データである流域界との対応づけが問題となる。そこでSIS上でエリア属性のベクタデータを数値情報と同じグリッドのラスターデータに変換し、流域内の各土地利用別の面積を算出した。

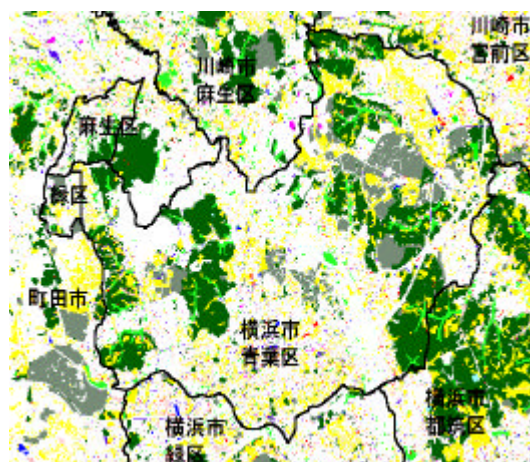


図1. TDViewによる土地利用変化の表示 (横浜市青葉区)

細密数値情報（10m メッシュ土地利用）には土地利用を表示するソフト（TDView）が添付されている。TDViewは、ある調査年の土地利用データを表示するだけでなく、異なる調査年の間の土地利用の変化を表示することもできる。図1は横浜市青葉区周辺において1974年から1994年の間に土地利用が変化した場所を土地利用区分別に示したものである。

4. モデルの構造

本研究における分布型流出モデルは、松浦ら[2]のモデルに基づいている。有効降雨分離、斜面流、河道流のサブモデルからなり、土地利用区分毎に流出計算を行う。ここで、モデルの構造について概要を述べる。

4.1. 有効降雨分離モデル

有効降雨は土地利用区分ごとに流出係数を与え推定した。現時点では土地利用区分毎の損失率の決め方はないが、便宜的に表.1の値[3]を与えている。

4.2. 斜面流モデルおよび河道流モデル

斜面流モデルおよび河道流モデルは、kinematic wave法に基づき、Crank-Nicolson型4点差分法により離散化を行なった。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r \quad \dots (1)$$

$$q = \mathbf{a} h^m \quad \dots (2)$$

ここに、 x ：距離、 t ：時間、 h ：雨水流の水深、 q ：単位幅あたりの流量、 r ：横流入量。雨水および河川の流下を等流と仮定すると、斜面流および河道流は、 $\mathbf{a} = \sqrt{L/N}$ 、 $m = 5/3$ となる。ここに、 I ：斜面または河道勾配、 N ：等価粗度である[4]。

5. 鶴見川流域への適用

5.1. 対象流域の概要

鶴見川は、東京都町田市の北西部、多摩丘陵内の町田市と八王子市が境界をなすところを水源とし、途中、恩田川、鳥山川、早淵川、矢上川等を合流して、横浜市鶴見区で東京湾に注ぐ、流域面積 235km²、幹線流路延長 42.5kmの一級河川である（図2）。

本研究で解析の対象とする地域は、落合橋より上流の鶴見川の上中流域である。流域面積は 114km²、流路延長は 22.1kmである。

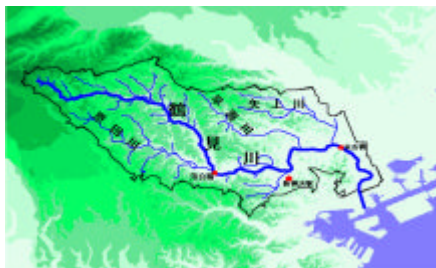


図2. 鶴見川流域

5.2. 土地利用の変化

鶴見川上中流域を対象に、1974年から5年毎に1994年まで、細密数値情報から14種類の土地利用区分に分けて面積を算出した（図4、表1）。土地利用の変化をみると、1974年から1994年の間に、流出に寄与する土地区分の増加が明らかになり、特に山林・荒地の減少と、一般低層住宅の増大が顕著である。さらに、公共用施設、工業用地、商業・業務地、道路用地も年々増加する傾向にあり、流域全体で不浸透域の拡大が進んでいることが明らかになった。

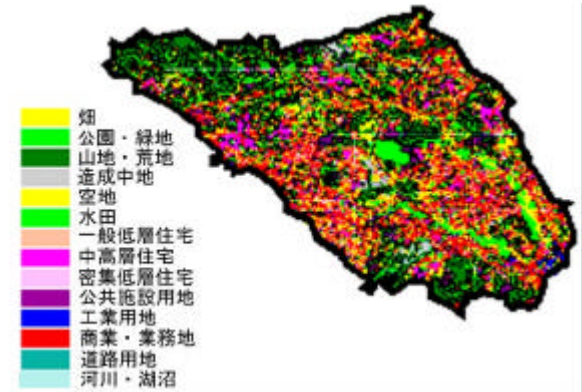


図3. 鶴見川上中流域の土地利用状況（1994年時点）

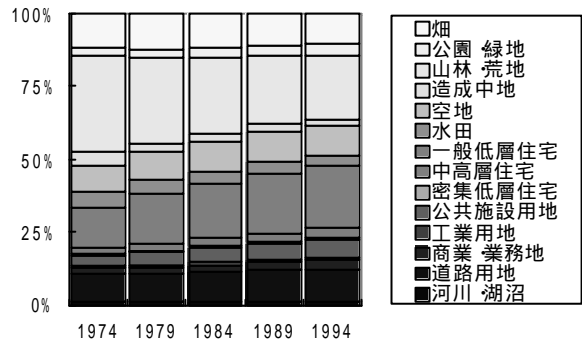


図4. 各年の土地利用状況

表1. 各年の土地利用(%)と流出係数

	1974	1979	1984	1989	1994	流出係数
畑	11.9	12.3	11.9	11.1	10.4	0.1
公園・緑地等	2.4	2.6	2.8	3.2	3.7	0.1
山林・荒地等	33.5	30.1	26.1	23.3	22.1	0.2
造成中地	4.6	2.5	3.3	2.8	2.5	0.3
空地	9.0	9.7	10.2	10.7	9.9	0.3
水田	5.3	4.8	4.0	3.8	3.5	0.4
一般低層住宅	13.9	17.2	18.8	20.4	21.6	0.4
中高層住宅	2.1	2.4	2.8	3.2	3.5	0.4
密集低層住宅	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7
公共施設用地	3.7	4.4	5.1	5.7	6.0	0.7
工業用地	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8
商業・業務地	2.0	2.1	2.4	2.7	3.2	0.8
道路用地	9.4	9.9	10.3	10.9	11.2	0.9
河川・湖沼等	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

5.3. 流出解析

5.3.1. 降雨・流量データ

降雨は、6地点（鶴川、寺家橋、本町田、長津田、荏田、都田）の雨量観測所のデータをSISのポロノイ分割機能によりティーセン分割して与える（図5）。次に、解析結果と落合橋水位観測所の流量データとの比較検討を行う。流量データは京浜工事事務所が観測水位から算定したものである。



図5. ティーセン分割

5.3.2. 実測値と解析結果の比較

鶴見川上・中流域を対象に各年の土地利用状況を考慮し、洪水流出解析を行った。

1979年については実測値のデータがないため、1979年の土地利用を用い1980年の実測データで比較検討した。

1980年9月10日の洪水では、解析値の波形は実測値との一致が見られないものの降雨と符合する結果となっている（図6）。

1984年6月22日の洪水では、解析値は降雨の時間的な変化に伴ったハイドログラフを描いている。一方で、実測値のピーク流量とは一致しなかった（図7）。

1989年7月26日の洪水では、解析値が実測値を上回る結果となっているものの、波形においては良好な結果を得た（図8）。

1994年7月18日の洪水では、解析値のハイドログラフの波形は実測値とほぼ符合している。1994年を対象とした他の解析結果でも妥当な結果を得ることができた（図9）。

以上の解析結果から、計算値のハイドログラフは降雨波形とほぼ対応する結果であるといえる。

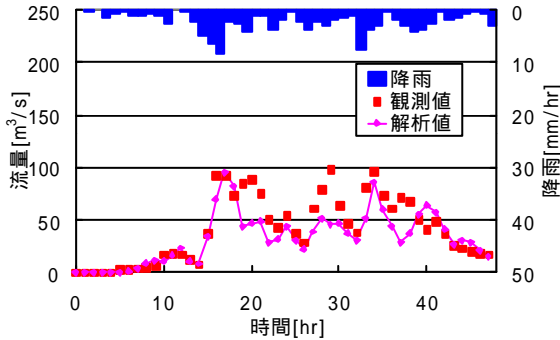


図6. 計算値と実測値の比較(1980年9月10日)

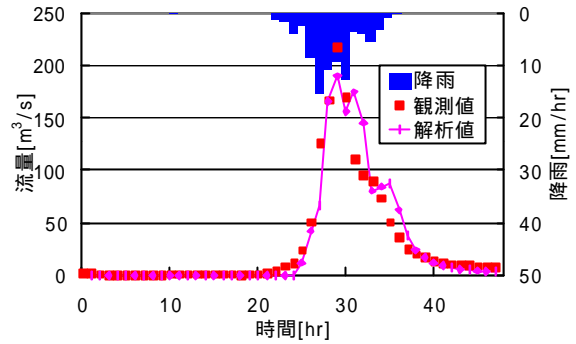


図7. 計算値と実測値の比較(1984年6月22日)

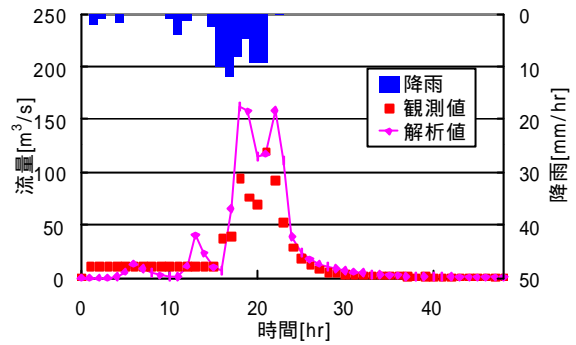


図8. 計算値と実測値の比較(1989年7月26日)

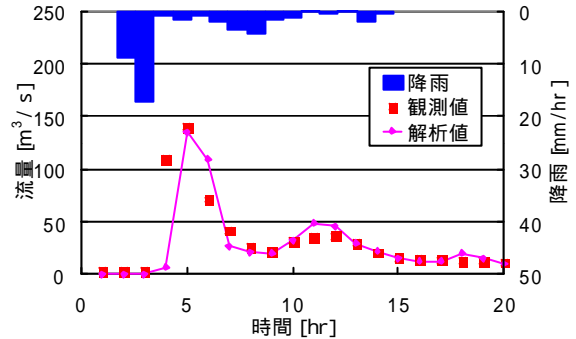


図9. 計算値と実測値の比較(1994年7月18日)

5.3.3. 土地利用の変化による流出への影響

1974年から5年毎の土地利用状況を流出モデルに反映させ、1994年の50年確率降雨を与えたときの解析結果を示す（図10）。都市化に伴う不浸透域の拡大により、1974年から1994年の20年間で総流出量は20.6%増加したことがわかる。特に1974年から1979年にかけて流出量の増加が多く見られ、この期間に土地利用の変化が大きかったことが推測される。

また、直接流出成分が増大するとともに流出速度の増加もみられ、洪水到達時間が年々短縮している様子も確認できる。

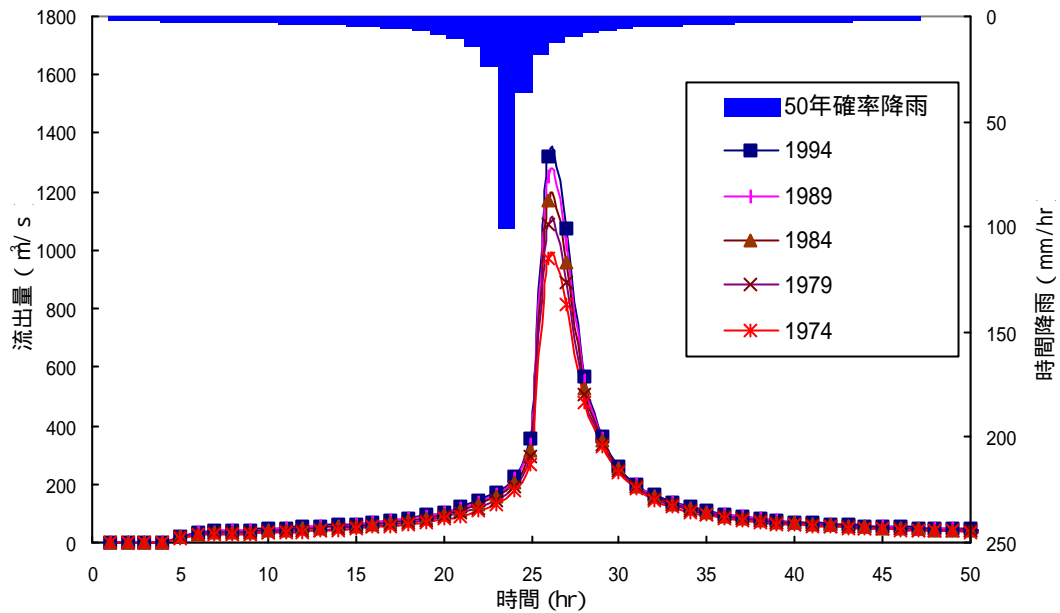


図 10. 土地利用変化による流出への影響

6. 考察

鶴見川上中流域の土地利用の変化をみると、流域の都市化にともなう不浸透域の拡大が明らかである。都市化は雨水流出機構を変化させ都市型洪水を頻発させている。これらは河川改修・ポンプ場の整備・遊水地の配置などによって対処されてきたが、このような大規模なハード的対策は、用地難のため困難になりつつある。このため、ソフト的対策も加えた流域全体の総合的な治水が考えられるようになり、透水性舗装、浸透マス、浸透トレンチなどの雨水浸透施設や、棟間貯留、地下貯留などの貯留施設の整備が進められている。

本研究では、細密数値情報（10mメッシュ土地利用）を活用するという趣旨から、便宜的に文献[3]の値を用いて有効降雨を算定し、流出解析を行った。解析結果と実測値はほぼ符合するものの、対象洪水によって多少のばらつきがみられる。上記のような流出抑制施設や、浸透能の時間的な変化を考慮すると、流出係数による有効降雨の推定方法にはさらなる検討が必要であると考えられる。一方で、流域の都市化に伴う流出量の増加を評価するうえで、細密数値情報による土地利用区分ごとに流出係数を用いる有用性が確認された。1974年から1994年の土地利用変化を考慮した解析結果から、不浸透域の拡大に伴う流出量の増大と洪水到達時間の短縮が確認できる。今後、このような流出量の増加に対する対策として整備されつつある流出抑制施設の現状を把握するとともに、それらのデータを組み込む物理モデルの作成を行っていく予定である。

7. 結論

(1) 流出解析の結果と実測値との比較結果は対象洪水によって多少のばらつきがあり、流出係数の値のさらなる検討が必要である。

(2) GIS ツールを用いて細密数値情報を適用し、鶴見川流域の土地利用の変遷をまとめたことにより、1974年から1994年の流出解析の結果を直接比較することが可能となった。

(3) 都市化に伴う不浸透域の拡大により、流出量の増大と、流出速度の増加が確認できた。

参考文献

- [1]建設省国土地理院監修、“数値地図ユーザーズガイド”、財団法人日本地図センター、1992年。
- [2]松浦祐樹、小寺浩二、岡泰道、“流出解析における細密数値情報の活用に関する基礎的研究”、法政大学計算科学研究センター研究報告、第14号、2001年
- [3]市川新、C. マキシモヴィッチ、“都市域の雨水流出とその抑制”、鹿島出版会、1988年。
- [4]井幡英紀、松浦祐樹、岡泰道、“分布型流出モデルを用いた雨水貯留浸透施設設置効果の定量化”、土木学会第28回関東支部技術研究発表会講演概要集、2001年。
- [5]中村衆栄、岡泰道、西谷隆巨、小寺浩二、“GISを用いた浸透能力マップの作成および分布型降雨流出モデルの構築”、法政大学計算科学研究センター研究報告、第12巻、1999年
- [6]賈、仰文、倪、広恒、河原能久、末次忠司、“都市河川流域の水循環と雨水浸透施設の効果の評価”、水工学論文集、第44巻、2000年

キーワード.

細密数値情報、流出解析、地理情報システム、分布型流出モデル、都市化

Summary.

Runoff Analysis Considering Land Use Change
with Detailed Digital Information

Takehiro SAKAI

Civil Engineering Major, Division of Engineering, Graduate School, Hosei University

Koji KODERA

Department of Geography, Faculty of Letters, Hosei University
Information Technology Research Center, Hosei University

Yasumiti OKA

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Hosei University

In this study, by applying Detailed Digital Information to distributed runoff model, stormwater runoff is analyzed in upper and middle Tsurumi River basin. The obtained result shows that the simulated hydrograph agrees well with the measured one, although further examination of the method for estimating effective rainfall and the evaluation of runoff control effect is needed. Furthermore, the result shows a change in the discharge with the expansion of the impervious area by using the 1974-1994 Detailed Digital Information land use data in every 5 years.

Keywords.

Detailed Digital Information, Runoff Analysis, GIS, Distributed Runoff Model, Urbanization