

流域地形則モデルによる土地利用変化の流出特性に及ぼす影響解析

神戸大学大学院 学 生 員 ○石田 和也 神戸大学大学院 正 会 員 宮本 仁志
 神戸大学大学院 学 生 員 橋本 翼 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥 康治

1. はじめに

筆者らは、水系ネットワーク全体を考慮した流域環境の解析手法を検討している。前報では、土地利用・人口など社会環境状態の流域分布を表現する地形則モデルを開発し、それより日本の一級水系を合理的に分類した¹⁾。本報では、その社会環境状態の地形則モデル¹⁾(以下、社会地形則モデル)と既存の水文応答の地形則モデル²⁾(以下、水文地形則モデル)を単純合成することにより、都市化流域と自然豊かな流域の間での土地利用変化が流出特性に及ぼす影響評価を試みた。

2. 社会環境と水文応答の結合地形則モデル

地形則モデルの全体概要を図-1に示す。従来の河道地形則における流域面積比 R_a を介して社会地形則モデル¹⁾と水文地形則モデル²⁾を単純に結合し、解析モデルを構築する。流域面積比 R_a は、社会地形則モデルにおける土地利用面積比 $R_{LU\#}$ により次式で表わされる。

$$R_a = (\sum_{\#} A_{LU\#} / A \cdot R_{LU\#}^{1-k})^{1/(1-k)} \quad (1)$$

ここに、 A : 流域面積, $A_{LU\#}$: 流域の各土地利用面積であり、 $\#$ は土地利用の種類を表す。一方、水文地形則モデルは、単位図法に Horton-Strahler 比を理論的に組み入れたものであり、単位ピーク流量 q_p とピーク到達時間 t_p を与える。本報では、図-1中のピーク到達時間 t_p の式に(1)式を代入することで、 t_p を $R_{LU\#}$ の関数として表す。図中、水文地形則モデルの各式におけるギリシャ文字はモデル定数²⁾である。また、流速 v は Julien³⁾による式を用い、水深、流量、河床勾配、有効粒径の関数として与えた。有効粒径は試料粒度データ⁴⁾から GIS 解析により水系基準点における値を推定して求めた。流量は平成14年の年平均流量⁵⁾を用いた。

3. 対象流域と解析データ

解析対象は日本の109の一級水系である。土地利用は平成9年度のデータ⁶⁾を使用し、流域全体に対する面積占有率から判断して主要な、森林、田、農用地、建物用地、河川湖沼の5種類を用いた。図-2に富士川、天神川流域の土地利用分布を例示する。これらは後述のように、土地利用変化に伴うピーク到達時間の変化率をもっとも顕著な流域となる。図-2(a)に示す富士川は流域面積が3,990km²であり、土地利用に関しては中流域沿川に農用地や建物用地などが広く分布する。一方、図-2(b)の天神川は流域面積が490km²であり、土地利用としては左支川沿いに広範に田や農用地が分布し、その他の大部分は森林に覆われる。

4. 結果と考察

図-3に各流域基準点におけるピーク到達時間 t_p の日本分布を示す。図-1に示すように、 t_p は基準地点の平均流速 v と流域地形特性量 K より求められる。 t_p の平均値は約8.3時間である。面積が小さい流域で t_p が小さくなるといった予想される傾向を示す。しかし、流域面積が比較的小さい仁淀川(1,560km²)において t_p が約63

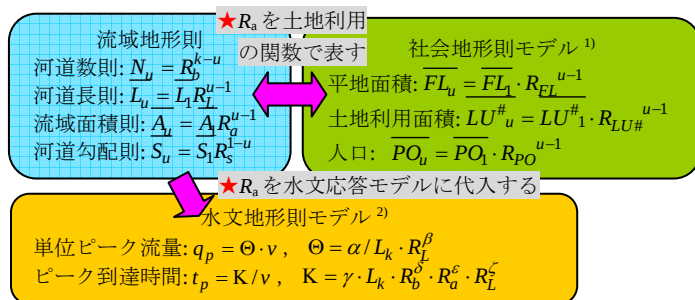


図-1 地形則モデルの全体概要

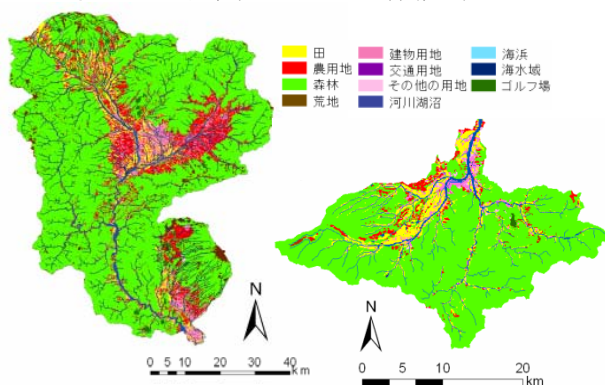


図-2 土地利用分布

キーワード 流域環境, 土地利用変化, 水文応答, 流出, 流域地形則

連絡先〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 宮本仁志 miyamo@kobe-u.ac.jp

時間と大きな値をとることから、水系ネットワークの幾何構造が流出特性に少なからず影響することがわかる。本報では、意図的に土地利用を変化させたときのピーク到達時間 t'_p を式(1)と水文地形則モデルを用いて算出する。図-3 に示される t_p を基準にしてその変化率 C_p 、

$$C_p = (t'_p - t_p) / t_p \times 100 \quad (2)$$

を算出することで土地利用の変化が流出特性に及ぼす影響を評価する。

土地利用の変化シナリオとしては前報¹⁾の流域分類を利用する。農地化・市街化された人工的な流域の土地利用分布形態と、森林や河川湖沼など自然豊かな流域の土地利用分布形態との置き換えを目論む。表-1 に、前報¹⁾で自然豊かな流域と評価された土地利用面積割合の平均値と、人工的な流域と評価された流域の例として、富士川の土地利用面積割合を示す。自然豊かな流域に比べ、富士川では森林の割合が小さく、建物用地や農用地の割合が大きくなる。表-2 は、人工的な流域の土地利用面積割合の平均値と、自然豊かな流域の例としての天神川の土地利用面積割合である。これからも、人工的な流域では、森林の割合がかなり小さく、人間活動の影響を反映する建物用地・田・農用地などの割合が大きくなることが確認できる。

図-4 に、人工的な流域から自然豊かな流域へと土地利用を仮想的に変化させた場合のピーク到達時間変化率 C_p を示す。人工的と分類評価される流域に対して自然豊かな流域の土地利用面積割合の平均値を与えてピーク到達時間 t'_p を計算し、 C_p を式(2)より算出した。また、 C_p が3%未満の流域は微小な変化と考慮して評価から除外した。富士川など12流域で C_p がプラス評価される。自然豊かな土地利用形態に変更することによってピーク到達時間が大きくなったことがわかる。それに対して肝属川など4流域では C_p がマイナス評価となった。これらの流域では現状での森林、河川湖沼の面積比 $R_{LU\#}$ が小さく、土地利用の割合を変化させても式(1)における森林、河川湖沼の項の値が相対的に小さく算出されるため、 t'_p が小さく評価されたと考えられる。

図-5 は逆に、自然豊かな流域から人工的な流域へと土地利用変化させた場合の C_p である。計算方法は図-4 のものと同じである。天神川など19流域で C_p がマイナス評価され、人工的な土地利用に変化させることによりピーク到達時間が小さくなったことがわかる。それに対して、宮川など4流域では C_p がプラス評価となった。これらの流域では、農用地と建物用地の面積比 $R_{LU\#}$ がほかの流域に比べて大きいため、農地化・都市化された土地利用への変化がピーク到達時間に反映されなかったためと考えられる。

参考文献 1) 宮本, 橋本, 道奥: 水工学論文集, 第53巻, pp.1105~1110, 2009. 2) Rodriguez-Iturbe, I. and Valdes, J.B.: *Water Resour. Res.*, 15(6), pp.1409~1420, 1979. 3) Julien, P.Y.: *River Mechanics*, p173, 2003. 4) <http://staff.aist.go.jp/a.ohata/MyHome.htm>. 5) 国土開発調査会: 河川便覧 2006(平成18年度版), pp.92~94, 2006. 6) <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>.

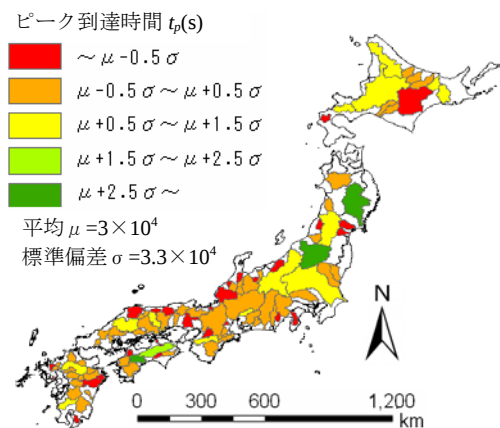


図-3 ピーク到達時間 t_p の日本分布

表-1 土地利用面積割合(%)(自然豊かな流域)

	森林	田	農用地	建物用地	河川湖沼
自然豊かな流域の平均値	80.9	5.9	1.6	1.7	2.2
cf. 富士川流域(人工的)	72.5	4.8	10.2	4.8	2.3

表-2 土地利用面積割合(%)(人工的な流域)

	森林	田	農用地	建物用地	河川湖沼
人工的な流域の平均値	56.4	14.2	11.3	8.2	2.4
cf. 天神川流域(自然豊)	78.9	10.5	3.7	3.3	2.1

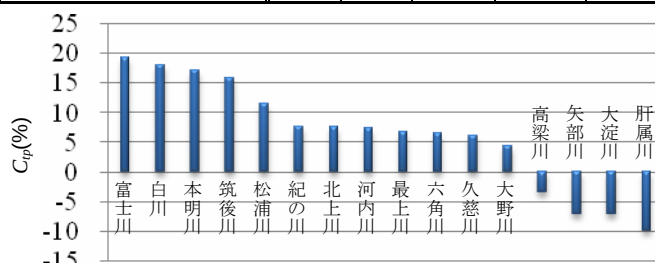


図-4 ピーク到達時間の変化率(%)(人工的→自然豊)

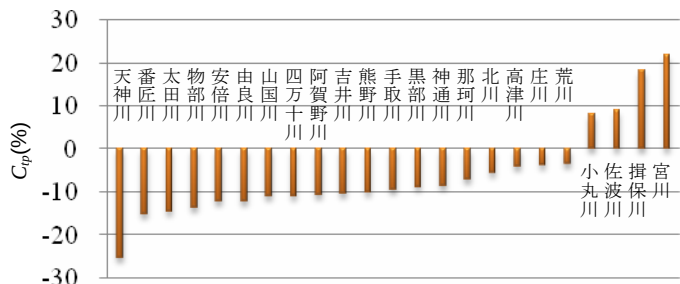


図-5 ピーク到達時間の変化率(%)(自然豊→人工的)