

II-16

流域地形が流出過程に与える影響

東北大学大学院 学生会員○横尾善之
東北大学大学院 正会員 風間 聡
東北大学大学院 フェロー 沢本正樹

1. はじめに

横尾ら(1999)は、図 1.1 に示す長期流出解析用の直列型 4 段タンクモデルを流域の地理的特性値から決定する方法を提案した。しかし、この方法はタンクモデル定数と地理的特性値の統計的關係に基づいており、物理的根拠に乏しい。そこで本研究は、横尾ら(1999)の統計的手法の物理的根拠を検証するため、流域面積および斜面勾配が流出過程およびそれを再現するタンクモデルの定数に与える影響を調べた。

2. 流域数値モデル

本研究で構築した流域数値モデルは、図 2.1 のように斜面要素モデルおよび河道流モデルで構成される。斜面要素モデルは図 2.2 のように表面流モデル、飽和側方流モデル、地中流モデルで構成される。表面流モデルの支配方程式は、連続式と Manning の平均流速公式である。飽和側方流モデルの支配方程式は連続式と Darcy 則である。地中流モデルの支配方程式は、鉛直 2 次元断面内の Rihards 式である。

3. 流域面積に関する数値実験

流域数値モデルの流域面積 BA を 50 km^2 から 250 km^2 の範囲で変化させて数値実験を行った。流域面積の増減は斜面長を変化させて表現した。図 3.1 に数値実験結果を示す。流域面積の増加に伴いピーク流量が減少し、流出波形が平均化されている。

各数値実験結果を直列型 4 段タンクモデルで再現し、各タンクモデル定数と流域面積の関係を調べた。その結果の一例として、図 3.2 に A_{11} と流域面積の関係を示す。同様の関係図から得られた各タンクモデル定数と流域面積の関係式は以下の通りである。なお、 R^2 は各関係式適合度を示す決定係数である。

$$A_{11} = -0.0992 \ln(BA) + 0.747 \quad R^2 = 0.939 \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$A_{12} = 0.436 \exp(-0.00542BA) \quad R^2 = 0.911 \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$$A_3 = 0.101 \exp(-0.0100BA) \quad R^2 = 0.988 \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$B_3 = 0.00931 \exp(-0.00966BA) \quad R^2 = 0.897 \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

$$Z_2 = 3.22 \exp(0.00439BA) \quad R^2 = 0.500 \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

$$Z_3 = -0.0180BA + 6.50 \quad R^2 = 0.750 \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

各関係式より、流域面積が大きい流域では A_{11} , A_{12} , A_3 , B_3 , Z_3 が小さいことがわかる。これは、大流域では表面流および遅い中間流の割合が減少する傾向を示している。

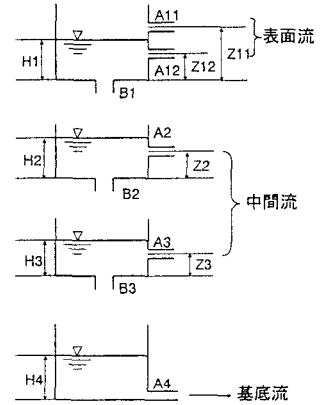


図 1.1 タンクモデル. A, B, Z, H はそれぞれ流出係数, 浸透係数, 流出口高さ, 水深である。

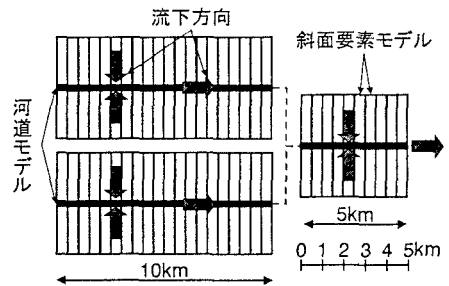


図 2.1 流域数値モデルの構造。

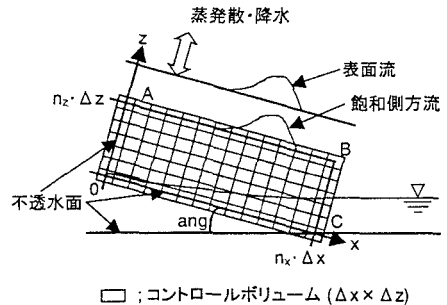


図 2.2 斜面要素モデルの構造。

4. 勾配に関する数値実験

流域数値モデルを構成する斜面要素モデルの勾配を 5deg から 45deg までの範囲で変化させて数値実験を行った。図 3.3 は、その数値実験結果である。勾配の減少につれてピーク流量が減少し、流出波形全体が平均化されている。

各数値実験結果を直列型 4 段タンクモデルで再現し、各タンクモデル定数と流域面積の関係を調べた。その結果、両者を関係付ける以下のような関係式が得られた。なお、RG は横尾ら(1999)が用いた流域代表勾配を本実験の条件下で算出したものである。

$$B1 = 0.224RG + 0.864 \quad R^2 = 0.752 \quad \dots\dots (3.7)$$

$$A2 = 10.7RG^{1.93} \quad R^2 = 0.934 \quad \dots\dots (3.8)$$

$$B2 = 0.161\exp(-22.4RG) \quad R^2 = 0.626 \quad \dots\dots (3.9)$$

$$Z11 = -112RG + 66.8 \quad R^2 = 0.752 \quad \dots\dots (3.10)$$

各関係式より、勾配が大きな流域では B1, A2 が大きく、B2, Z11 が小さいことがわかる。これは、急勾配流域においては、地表付近は貯留能が小さく浸透しやすい傾向にあることを示している。また、速い中間流の割合が増加する傾向にあることもわかる。

5. 流域地形が流出過程に与える影響

流域面積および勾配に関する数値実験結果から、急勾配の山地小流域では表面流および中間流の割合が卓越することがわかる。逆に、緩勾配の大流域では、表面流および中間流の割合が減少することがわかる。これらの数値実験結果から得られた知見は実流域のデータからも経験的に知られているため、式(3.1)から(3.10)は物理的にも経験的にも妥当な式であると言える。

6. おわりに

本研究は、流域の様々な地理的特性のうち流域面積と勾配が流出過程およびそれを再現するタンクモデルの定数に与える影響を評価したものである。今後は、流域に分布する土壌や地質に関する特性についても同様の検討を進め、流域の様々な地理的特性値が流出過程に与える影響を物理的かつ総合的に評価することを目指す。

謝辞

日本学術振興会特別研究員研究奨励金および平成 13 年度科学研究費補助金からの助成に感謝致します。

参考文献

横尾善之・風間聡・西村仁嗣・沢本正樹(1999)：国土数値情報に基づくタンクモデル定数の推定，水文・水資源学会誌，Vol.12，No.6，pp.481-491.

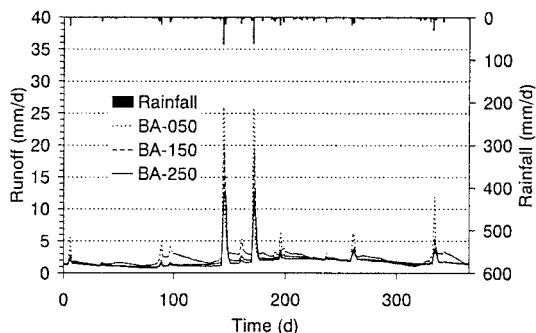


図 3.1 面積に関する数値実験結果。BA-050, 150, 250 はそれぞれ流域面積が 50, 150, 250km²のときの結果。

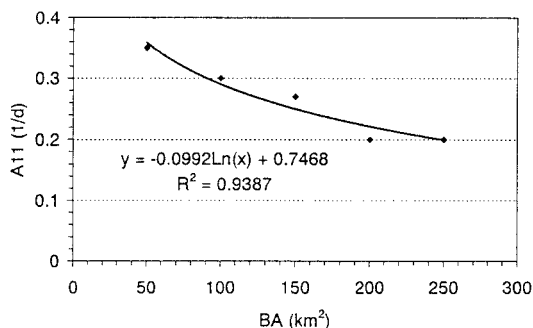


図 3.2 流域面積 BA と A11 の関係。回帰式の y は A11 に、x は流域面積 BA に相当。

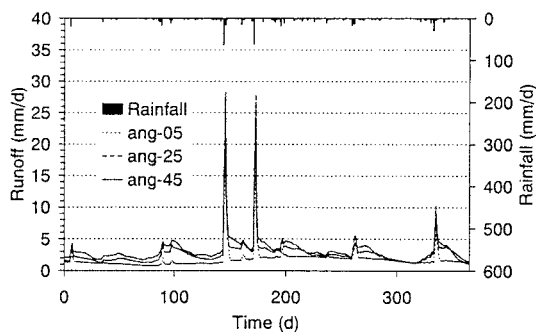


図 3.3 勾配に関する数値実験結果。ang-05, ang-25, ang-45 はそれぞれ勾配が 5, 25, 45deg のときの結果。