

流出モデルのパラメータによる洪水流出特性の比較について

Comparison of the flood runoff characteristics by the parameters of a river runoff model

○庄司 諭¹⁾ 倉島栄一²⁾ 工藤 明³⁾

Shoji Satoshi Kurashima Eiichi Kudou Akira

1.はじめに

ダムに関する議論の活発化とともに、森林が水源涵養機能と洪水防止機能を有するという『緑のダム』に関する議論が過熱化している。このような背景の中、客観的にこれらの議論を評価する必要性も増している。本研究は、自然林が優勢な流域と高度に農地開発された流域にセル分布型 Kinematic wave 法を適用し、同定されたパラメータによる流出特性の比較を試みたものである。

2.解析対象流域と資料の概要

解析対象流域としては、極端に地覆状態が異なる暗門川流域と平糠川流域を選定した。流域の地形・植生などの情報は、ESRI社のArcGISによって50mメッシュごとに抽出した。暗門川の流域面積は22km²で、世界自然遺産の白神山地を流域とし、流域の74%をチシマザサ-ブナ群落が占めている。植生は1.8%と少なく、近代以降の森林状態としてはきわめて特異である。標高の範囲は250~870mに分布し、図-1に示すように傾斜角20°以上の斜面が60%を占める。また、地質は、第三紀層中新世に属する。

平糠川流域の流域面積は26km²で、畑地・牧草が約60%を占める開発の進んだ流域である。標高は400~990mまで分布するものの、傾斜角が10°未満の斜面が85%以上を占め、地覆状況とともに暗門川流域と対照的である。地質は第四紀更新世-完新世に属する。

暗門川流域の雨量と流量は、暗門大橋直上流で観測された¹⁾ものである。また、平糠川流域の雨量と流量は、東北農政局馬淵川沿岸農業水利事業所によって観測されたものである。解析対象洪水は日雨量50mm以上とし、暗門川は2005年9月14日の洪水(総雨量104mm)、平糠川は2004年9月21日洪水(総雨量72mm)を対象とした。なお、有効雨量は各流域とも一定比損失にて算出した。

3.分布型流出モデルの概要

両流域の洪水応答を調べるために、セル分布型 Kinematic wave 法を適用した。計算にあたり、落水方向データ・累積セル数データ・傾斜角データ・斜面長データを必要とするが、数値地図50mメッシュデータを利用して、基本的にはArcGISによってこれらの地形データを作成したが、一部は京都大学防災研究所の公開プログラム(mkbsn.f90)を利用した。Kinematic wave法の連続の式は、地表流、地中流とも(1)式で示される。運動の式は、立川ら²⁾が示した(2)式を用いた。h(m)は水深、q(m²/s)は単位幅流量、t(s)は時間、x(m)は距離、r(m/s)は降雨強度、 $\alpha = \sqrt{i/n}$ として、i(rad)は斜面勾配、n(m^{-1/3}s)は等価粗度、m(-)は流量流積パラメータ、 $\gamma(-)$ は有効空隙率、 $k_a(m/s)$ は大空隙での飽和透水係数である。d(m)はA層厚と有効空隙率の積で、 $a = k_a i$ とした。解法は、直接差分法³⁾を採用した。適用にあたって、モデルのパラメータを飽和透水係数、土層厚、等価粗度として、対象とした洪水のパラメータを探索した。探索方法は、試算によって大まかな値を定めた後、DFP法を適用した。

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

$$q(h) = \begin{cases} ah & (0 < h < d) \\ ah + \alpha(h-d)^m & (d \leq h) \end{cases} \quad (2)$$

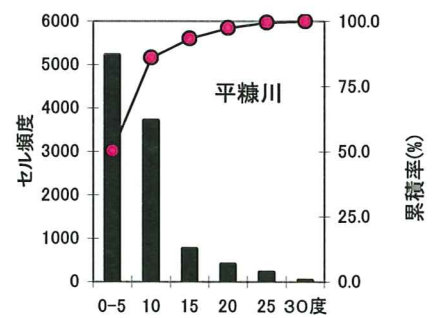
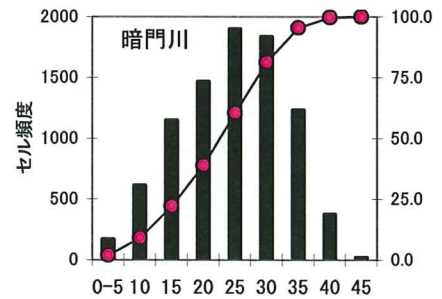


図-1 傾斜区分図

Slope distribution of the object basins

1)岩手大学大学院連合農学研究所(The United Graduate School of Agricultural Sciences,Iwate University)

2)岩手大学農学部(Iwate University) 3)弘前大学農学生命科学部(Hirosaki University)

キーワード: 洪水流出特性, セル分布型 Kinematic wave 法, 白神山地

目的関数はJとして、(3)式に示した χ^2 基準を採用した。

$$J = \frac{1}{N} \sum \frac{(Q_0 - Q_c)^2}{Q_0} \rightarrow \min \quad (3)$$

ここで、 Q_0 (mm/h)実測流出高、 Q_c (mm/h)計算流出高、 N はデータ数である。

4.解析結果

前節まで示した手法により、2つの流域でのパラメータを同定した。同定されたパラメータを表-1に示すとともに、計算値と実測値を比較した(図2-1,3-1)。等価粗度の値として、牧野・畑地で0.3~0.5、丘陵山地で0.6~1.2、山地で1.0~2.0などの値⁴⁾をとると言われている。畑地が多い平隴川では0.39となり、これらの範囲にあるが、暗門川では0.47が得られ、必ずしも地覆状態がそのまま等価粗度に反映されるとは限らないようである。両者の土層厚には大きな差が認められないもの、平隴川の飽和透水係数0.015は、暗門川のおよそ5倍であり、両者の流域の土壌の差に起因するものと思われる。暗門川では、洪水開始から3~5時間は計算値がやや大きく推移したが、13~16時間ではその関係が逆転している。相対誤差は0.10、決定係数は0.96であり、再現性は良好である。平隴川での解析結果も再現性は良好で、相対誤差は0.14、決定係数は0.99である。平隴川の相対誤差が暗門川より劣るのは低水部分の影響で、本質的な差ではない。1例のみで言及するのは困難であるが、平隴川の洪水にかかわる流出率は、0.6と大きく、この値は流域の貯留能力と関連すると考えられる。流出率を反映し、平隴川のピーク流出高は大きくなっている。

5.まとめ

本研究は、洪水モデルのパラメータによって流域の洪水特性を比較することを目的としたもので、セル分布型Kinematic wave法を、白神山地を流域とする暗門川と畑地・草地開発の進んだ平隴川流域に適用した。

その結果、両流域とも再現性は良好であった。両流域における等価粗度は大きな差はなく、計算上の地表流に関しては、両者の差は少ない。しかし、平隴川の飽和透水係数は暗門川に較べて大きく、この差は地覆状態の違いに起因するものと考えられる。

参考文献：

- 1)管 化水, 工藤明, 泉 完(2006):循環灌漑地区における降雨の有効利用に関する研究, 雨水資源化システム学会誌, 12(1), pp.25-30.
- 2)立川康人, 永谷言, 寶馨(2004):飽和・不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, 水工学論文集, 48, pp.7-12.
- 3)Beven, K., (1979):On the generalized kinematic routing method, Water Resources research, 15(3), pp.1238-1242.
- 4)農林水産省農村振興局, 社団法人農業土木学会(2006):土地改良事業計画設計基準及び運用・解説, 計画(排水), pp.230.

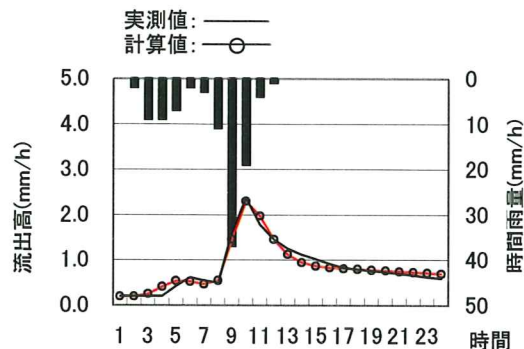


図2-1 暗門川2005年9月14日流出解析結果
Observed and calculated value of a flood of Anmon basin

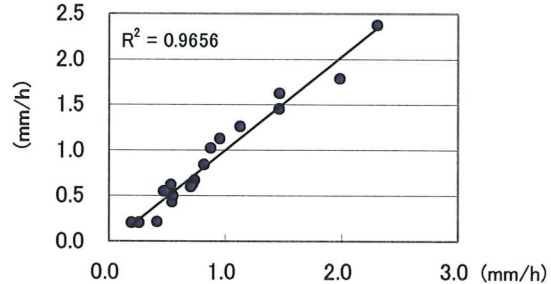


図2-2 回帰分析による計算値の評価
Evaluation of the calculated value by regression analysis

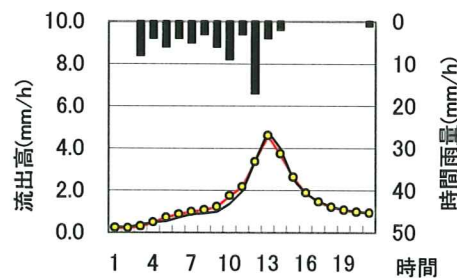


図3-1 平隴川2004年9月21日流出解析結果
Observed and calculated value of a flood of Hiranuka basin

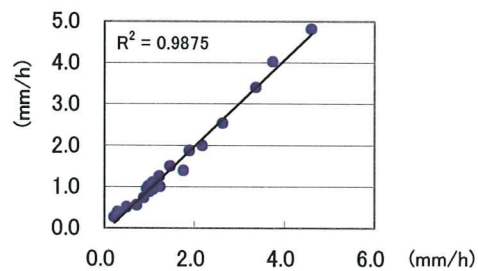


図3-2 回帰分析による計算値の評価
Evaluation of the calculated value by regression analysis

表-1 同定されたパラメータ

Identified values of model parameters

	暗門川	平隴川
等価粗度係数 $n(m^{-1/3}s)$	0.47	0.39
大空隙部土層厚 $d(mm)$	42	30
飽和透水係数 $ka(m/s)$	0.003	0.015

表-2 流域別解析結果

Analyzed results in the both basin

	暗門川	平隴川
最大時間雨量(mm/h)	37.0	17.0
実測最大流出高(mm/h)	2.4	4.8
計算最大流出高(mm/h)	2.3	4.6
流出率	0.35	0.60
相対誤差	0.10	0.14
決定係数 R^2	0.97	0.99