

# 修正型 TOPMODEL による青ナイル川流域の流出解析

## Runoff analysis of the Blue Nile basin with modified TOPMODEL

○藤井暁彦\* 多田明夫\* 田中丸治哉\*

Akihiko FUJII, Akio TADA, Haruya TANAKAMARU

1. はじめに 青ナイル川はエチオピア・スーダンにとって非常に重要な水源である。この水資源を有効に利用するためには、流域からの流出量を精度良く推定する必要がある。青ナイル川の水源地はその上流域であり、その流域面積は 175,000km<sup>2</sup> である。日本の面積の約 1/2 という大流域にも関わらず、雨量等の水文資料は不足している。本研究では、この青ナイル川上流域を対象に、GIS データを利用しながら、分布型モデルの一つである TOPMODEL を用いて旬単位の長期流出解析を行った。TOPMODEL は Beven ら<sup>1)</sup>によって提案された準分布型モデルである。本研究では、大流域の土壌の不均質を考慮するために、TOPMODEL を数百 km<sup>2</sup> から数万 km<sup>2</sup> の大流域に適用できるように、竹内ら<sup>2)</sup>が拡張・提案した BTOPMC を参考に、修正を施したモデル（修正型 TOPMODEL）を適用した。BTOPMC では全流域を矩形ブロックに分割しているが、修正型 TOPMODEL では、HydroSHEDS データを ArcHydro ツールによって解析して得られた支流域単位で分割する。以下に、各モデルに含まれる土壌に関する未知パラメータおよびその内容を要約する。

Table 1 各モデルの土壌に関する未知パラメータ

未知パラメータ	パラメータの内容	分布型モデル		
		TOPMODEL	BTOPMC	修正型TOPMODEL
$m$	透水量の変動速度	全流域で一定	ブロック毎に設定	全流域で一定
$T_0$	飽和透水量係数			支流域毎に設定
$SRMAX$	根群域貯留可能量			

2. GIS データの利用 異なるモデルパラメータの値を支流域毎に設定することで、大流域の流出特性の空間的不均一性を反映できる。そこで、対象流域の GIS データ (Fig.1) に基づいて、パラメータを設定することにした。まず、Global Distribution of Plant-Extractable Water Capacity of Soil (Dunne)<sup>3)</sup> のデータから、 $SRMAX$  の値を推定した。Plant-extractable water capacity of soil (以下 PWC と略す) とは、土壌からの蒸発散量を負担しうる土壌中の水分容量のことである。

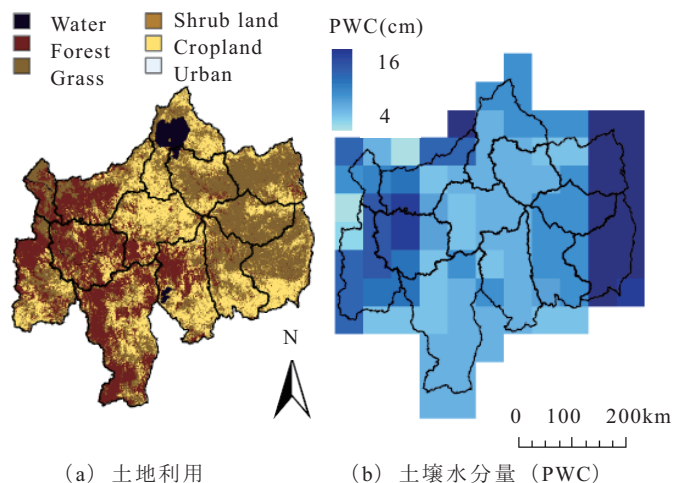


Fig.1 対象流域の GIS データ<sup>3)5)</sup>

TOPMODEL では蒸発散量は根群域でのみ生じるとされており、 $SRMAX$  と PWC の支流域平均値は等しいと仮定した。また、風間ら<sup>4)</sup>は植生被覆データを用い BTOPMC に関するパラメータを同定している。これを参考に飽和透水量係数  $T_0$  の値を推定した。土地被覆データ

\* 神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, 【キーワード】TOPMODEL, GIS, Global Distribution of Plant-Extractable Water Capacity of Soil, AVHRR Global Land Cover, 青ナイル

としては、WEB上で公開されている AVHRR Global Land Cover<sup>5)</sup>を用いた。6通りの土地被覆分類毎に  $T_{0,k}$  ( $k=1\sim 6$ ) 値を定める。この値を元に、支流毎の土地被覆面積割合より支流流域平均の  $T_0$  を求めた。観測流出量に対する計算流量の RMSE (平均二乗誤差平方根) の値が最小になるように、基準化 Powell 法<sup>6)</sup>を用いて  $T_{0,k}$  および  $m$  を決定した。

**3. 適用結果** 本研究では、流域を 13 支流域に分割し支流域毎にパラメータを設定する修正型 TOPMODEL と、全流域でパラメータを均一とする TOPMODEL (以下均一型モデル) によ

モデル	RMSE ( $10^6\text{m}^3/\text{d}$ )	RE (%)
均一型モデル	87.1	53.7
修正型TOPMODEL	76.7	45.1
VICモデル	73.9	61.2

て流出解析を行った。気象資料として、観測データから線形補間法により求めた旬平均日降水量および月平均日蒸発散量を用いた<sup>7)</sup>。観測流量は流域末端の Roseires ダム地点での旬平均日流量を用いた。モデルの計算時間ステップは日単位であり、1982年～1997年の16年間を同定期間とした。誤差評価関数として RMSE と RE (相対誤差) を用いた。Table 2 にその結果を示す (同流域において VIC モデルを用いて流出解析を行った結果<sup>7)</sup>も示した)。均一型モデルと修正型 TOPMODEL の比較では、修正型の方がより再現性が高い。これは土壌の空間分布の不均質性をモデルパラメータに反映した結果であると考えられる。VIC モデルと修正型 TOPMODEL を比較すると、修正型 TOPMODEL の RE が大きく減少している。これも低水時の再現性の改善に起因している。Fig.3 は修正型 TOPMODEL の適用結果である。ピーク流出量の計算誤差が大きい年については、モデルの構造よりも入力データ (雨量) に問題があったと考えられる。流域内に気象観測点数がわずか 10 点であることなど水文・気象資料の質や量を考慮すると、概ね良好な計算結果が得られたと言える。

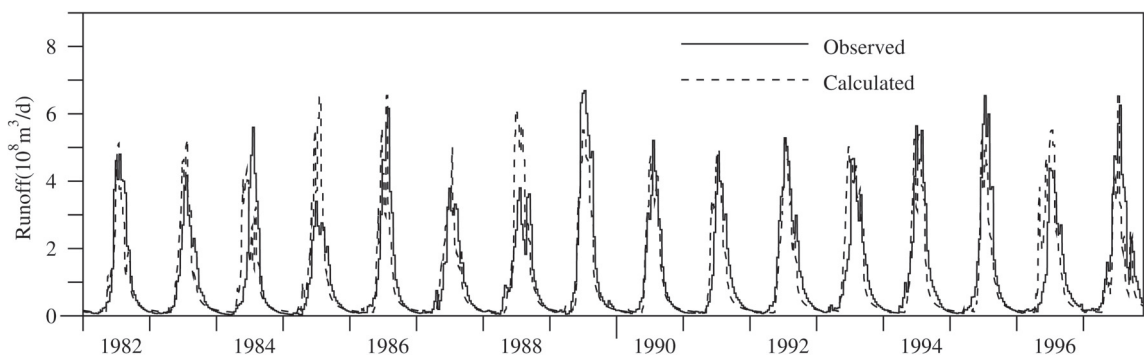


Fig.2 シミュレーション結果

**4. おわりに** 修正型 TOPMODEL を青ナイル川上流域に適用し、旬単位の長期流出解析を行った。その結果は概ね良好であり、水文資料が乏しい地域の情報抽出において、GIS データの利用が有効であることが確認された。

**引用文献** 1) Keith J Beven (1997) : Distributed Hydrological Modelling Application of the TOPMODEL Concept, pp.31-39, 2) Ao, T. Q., K. Takeuchi and H. Ishidaira (2000) : Hydrological simulation of the Mekong basin by BTOPMC, Proc. Workshop on Hydrologic and Environmental Modelling in the Mekong Basin, Mekong River Commission, Phnom Penh, 11-12 September 2000, pp.1-12, 3) ORNL DAAC. URL : <http://daac.ornl.gov/>, 4) Nmns Bandara Nawarathna, So Kazama and Masaki Sawamoto (2002) : Improvement of calibration procedure of the block wise TOPMODEL with Muskingum-Cunge routing method using sub basins simulated results: Application to part of the lower Mekong river basin, Proc. 13th congress the APD/IAHR, 1, pp. 540-545 5) Global Land Cover Facility URL : <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/landcover/>, 6) 永井明博, 角屋睦 (1979) : 流出モデル定数の最適化手法, 京都大学防災研究所年報, 第 22 号, B2, pp.209-224, 7) 松本傑 (2007) : 青ナイル川上流域を対象とした分布型水収支モデルに関する研究, 神戸大学修士論文