

II-19

国土数値情報による模擬河道
発生手法について北海道大学工学部 正員 道口 敏幸
同 上 正員 藤田 睦博

1.はじめに 流出解析にあたって、対象流域の特性を把握する事は最重要問題である。流域の特性は地形、地質、地被物に大別され、これらは量的特性と質的特性に分かれている。著者らは河道網がその流域特性を総合的に表現しているものと考え、河道網理論を用いた解析手法の開発や解析結果について報告している。

1)2)3)4) これらの研究の特徴は、国土地理院が編集した「国土数値情報」をデータベースとして流出に関する情報のハンドリング手法を確立し、多くの流域での特性量の抽出を可能としていることである。研究の中で国土数値情報の河道位置ファイルに登録されている原資料の縮尺に問題があり、このため最終結果にばらつきの生じることが分かっている。国土数値情報に示される河道網は1/20万地図上の河道で、一、二級河川の直轄、指定区間では3km(図上1.5cm)以上、それ以外の一般河川では5km(図上2.5cm)以上の河道のみが抽出されている。このことは一つの流域内の上下流域での縮尺が一致していないことになる。図-1に本流と支流合流点の上流域の源泉数(マグニチュード1)について、横軸にその点までの面積、縦軸に国土数値情報と1/5万地形図における源泉数の比を示す。高山⁵⁾は水流次数と地図縮尺について「マグニチュードNは縮尺母数をSとすると次式で表せる」としている。

$$\log N = \log K - \log \sqrt{S} \quad K : S=1 \text{ の時のマグニチュード}$$

図-1において式で国土数値情報の縮尺を推定するならば空知川、夕張川では1/20万、鶴川、渚滑川、留萌川では1/125万、その他の河川は1/55万の地図を使った事になる。また、図から上流域(200km²)までは河道数が粗いことがわかる。

本論文は、この問題の解決と小流域での河道網理論による流出解析適用のために1/4細分メッシュ(250mメッシュ) 標高データを用いた模擬河道発生手法について検討した報告である。

地形図のNとの比

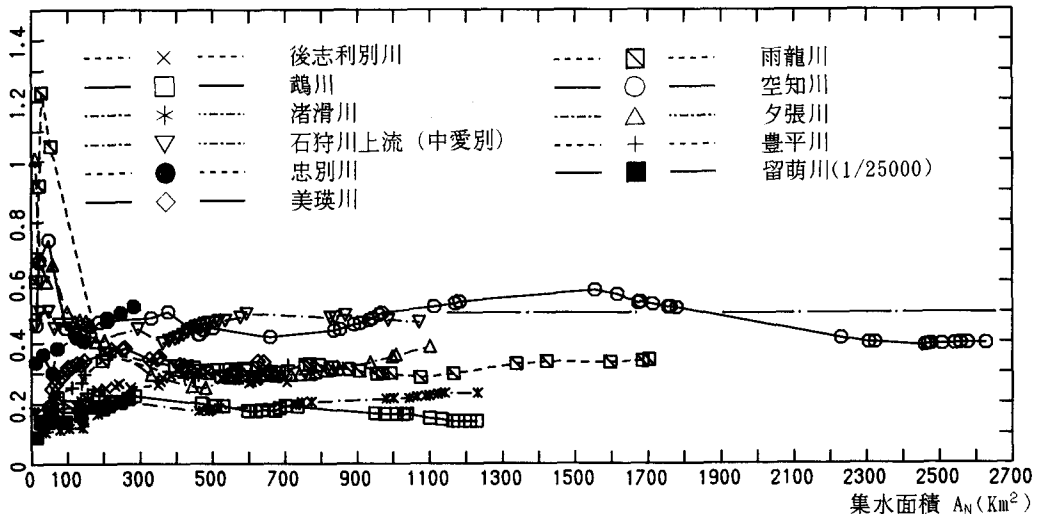


図-1 国土数値情報と1/5万地形図のマグニチュードの比較

2. 国土数値情報処理手順 模擬河道発生までの手順を以下に述べる。

1) 国土数値情報のオリジナル磁気テープ入手する。

2) 解析対象流域をカバーする矩形範囲でデータを抽出し、圧縮してFD（フロッピーディスク）に入れる。

a) 表層地質・土壌分類・植生分布等のメッシュデータは一次メッシュ（約80Km*80Km）単位

b) 標高データ（1/4細分メッシュ）は二次メッシュ（約10Km*10Km）単位

c) 河道位置、流域界位置の点列データは水系コード単位

3) 解析対象河川をカバーする範囲でデータを抽出する。

この場合、2)-aのファイルは基準メッシュ（約1Km*1Km）単位、2)-bは1/4細分メッシュ（約250m*250m）単位で行う。2)-cファイルは河道コードによる。

4) 単位流域（河道単位の流域）毎の河道位置、流域界位置ファイル点列データを最近の250mメッシュ点に落とす。この際、連続する二点のデータが同じメッシュ点に落ちる場合は、一方を削除する。また、変換した二点のデータが縦横1メッシュを越える場合は、二点間を直線補間する。データ形状がくびれた形をして空間が閉じている場合は強制的にどちらか一方を外側に移動する。流域界データが下流端で連続するようにする。

5) 4)で作成した単位流域流域界250mメッシュデータにより、3)で作成したファイルから単位流域毎の250mメッシュ表層地質、土壌分類、植生分布、標高データファイルを作成する。

6) 5)の単位流域標高データファイルから模擬河道を発生させる。

a) メッシュ点において周囲8点の内、最も低いメッシュに現在のメッシュから雨水が流れるとした落水方向ファイルを単位流域毎に作成する。この際、一本の落水線が同じメッシュを通過しないようにする。

b) 落水方向ファイルで流域出口まで落水線を追跡し、メッシュ通過数が設定した閾値を越えた場合は河道とした単位流域河道網ファイルを作成する。

c) 単位流域河道網ファイルを使って、単位流域内の河道リンク毎の集水面積を求める。この場合の面積とは、点列データ流域界ファイルから面積を求め、リンクに落水するメッシュの数と単位流域内総メッシュ数の比により決定した。

d) 単位流域毎のファイルを合成し、全流域の河道網図、河道合流情報ファイル（リンケージファイル）を作成する。

手順の1)、2)は大型機での処理となるがその他はパソコンで行うことができる。このことは、グラフィックを使ったデータ処理が可能であり、空間的情報である河道、流域データ処理には大変有利である。模擬河道発生を単位流域単位で行い、その後合成するのは、全流域で行うと隣接した単位流域に落水線が入り込み、この結果落水線がループ状態に陥ってしまうことと全流域対象では一回に処理するファイルが大きすぎ、グラフィックで各段階の処理を確認することが不可能なためである。

留萌川流域において単位流域模擬河道の一例を図-2に、また、全流域模擬河道網を図-3に示す。

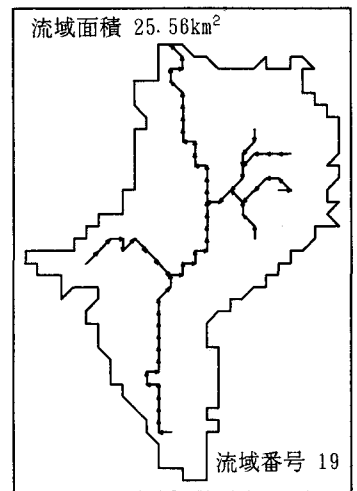


図-2 単位流域内模擬河道

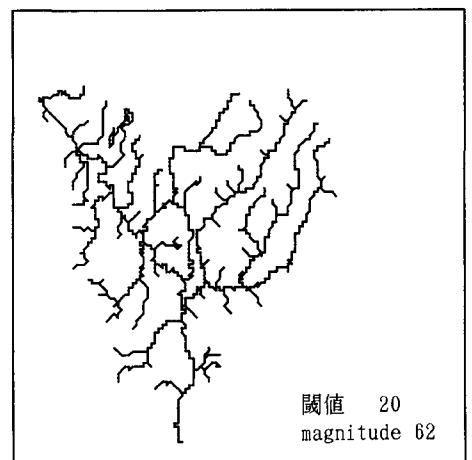


図-3 留萌川模擬河道網

3. 模擬河道検定 模擬河道は前出の閾値により、異なった形状を示す。このため、ここでは本流合流点において、上流域のマグニチュード N と集水域面積 A_N の関係($A_N \sim N$ 関係)について1/5万地形図と比較を行う。国土数値情報の河道、流域界位置ファイルを用いた $A_N \sim N$ 関係で示される勾配と流域内1Kmメッシュデータ(表層地質、土壌分類、植生分布)については既に報告しており、この関係が直線なら流域特性が均一であり、途中に屈曲点が存在する場合、その前後での流域特性変化が考えられる。また、この直線の勾配が流域特性を総合的に示す事が分かっている。図-4、5、6に後志利別川、鷗川、石狩川最上流中愛別地点までの国土数値情報、閾値を全域20に固定した模擬河道、1/5万地形図の $A_N \sim N$ 関係を示す。図において発生した模擬河道のマグニチュードについて見ると後志利別川では全域で小さく、石狩川では逆に大きい。鷗川は上流域では一致しているが下流域で小さい。また、流域特性変化位置を示す屈曲点は後志利別川では表現できるが、鷗川では全域直線、石狩川では逆方向に曲がっている。このように、一定の閾値では流域の特性を十分に表す模擬河道の発生は難しいことが分かる。そこで、流域内の表層地質、土壌分類、植生分布、起伏量を用い、閾値を合理的に求める方法を検討する。

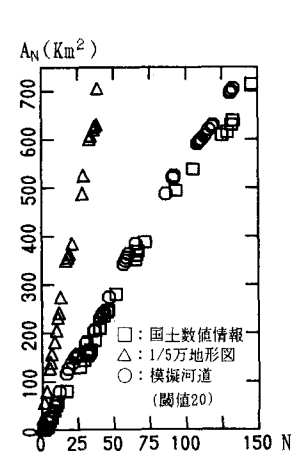


図-4 後志利別川の $A_N \sim N$ 関係

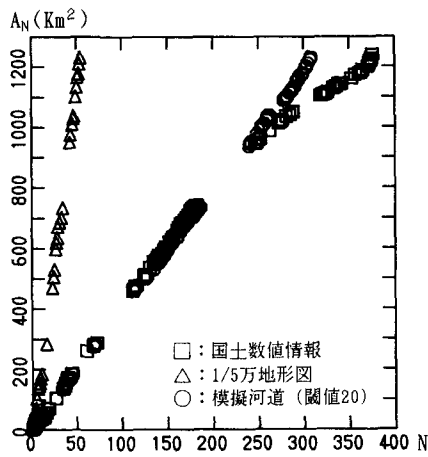


図-5 鷗川の $A_N \sim N$ 関係

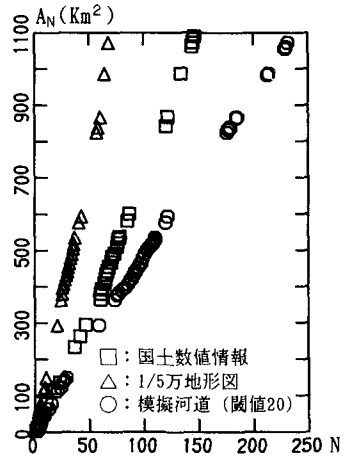


図-6 石狩川最上流(中愛別)の $A_N \sim N$ 関係

4. 閾値決定法 閾値によって模擬河道がどのような変化するかを見るために、留萌川流域において閾値を1から50まで変化させた。図-7に閾値と模擬河道網のマグニチュードの関係、図-8に $A_N \sim N$ 関係(N は途中まで)を示す。両図から閾値のとマグニチュードの関係が指数関数的であり、特に閾値が10以下になると $A_N \sim N$ 関係の勾配が大きく変化するのが分かる。1/5万地形図の $A_N \sim N$ 関係に屈曲点がある場合でも、閾値の変化によって $A_N \sim N$ 関係を再現することが可能になる。1/5万地形図の $A_N \sim N$ 関係で勾配が変化している部分に最適な閾値を求め、再現した模擬河道の $A_N \sim N$ 関係を図-9～11に示す。図から明らかなように両者は完全に一致している。採用した閾値と地質などの流域特性値の関係を明かにできれば、1/5万地形図の計測無しで、同等の河道網を推定できることになる。

国土数値情報の表層地質(北海道I)は岩石区分コードで36に分かれている。これらを表-1に示すような関係が深いと思われる11のグループに分類した。同様に土壌分類(北海道I)45コードを15、植生分布は自然度毎に10、起伏量は20m毎に15分類した。分類した各項目について、図-9～11で示した閾値変化域での流域内面積支配率 x_i と閾値 α との間に次式を仮定し、線形回帰法によりパラメータ a_i を求める。

$$\alpha = a_0 + \sum a_i \cdot x_i \quad a_0: \text{定数項}$$

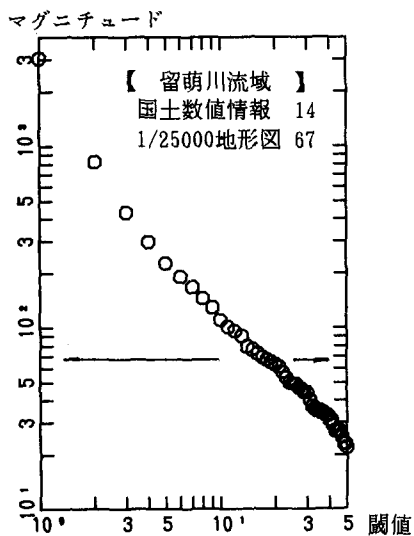


図-7 閾値とマグニチュード

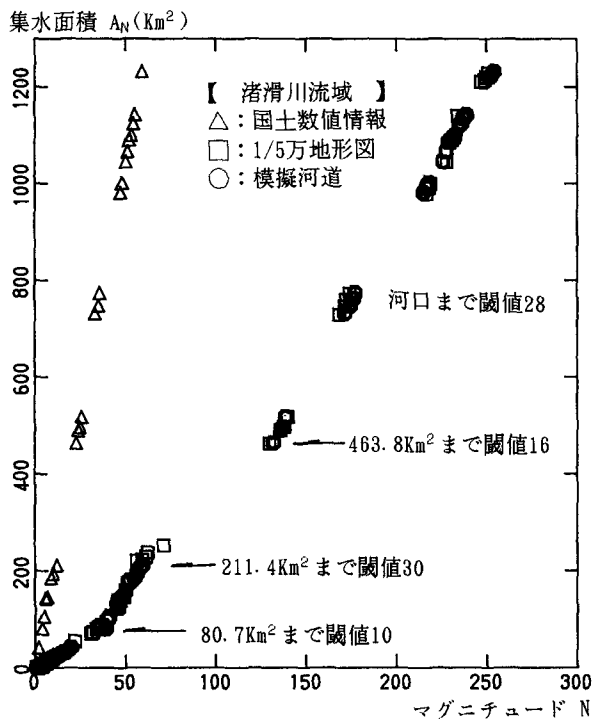


図-9 最適閾値適用の $A_N \sim N$ 関係

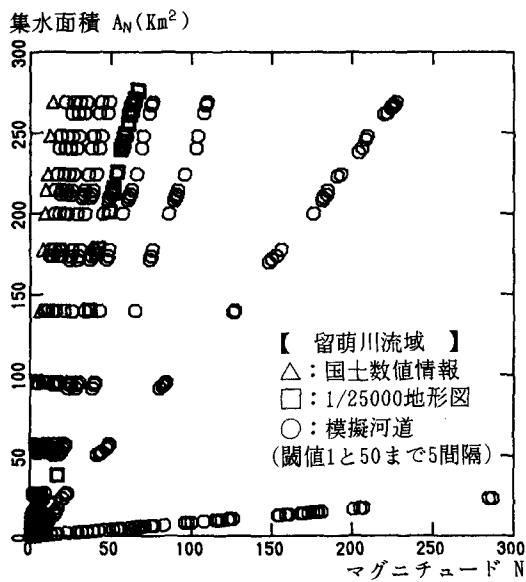


図-8 閾値と $A_N \sim N$ 関係

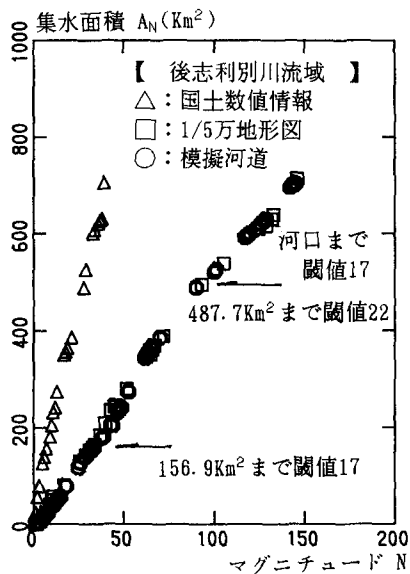


図-10 最適閾値適用の $A_N \sim N$ 関係

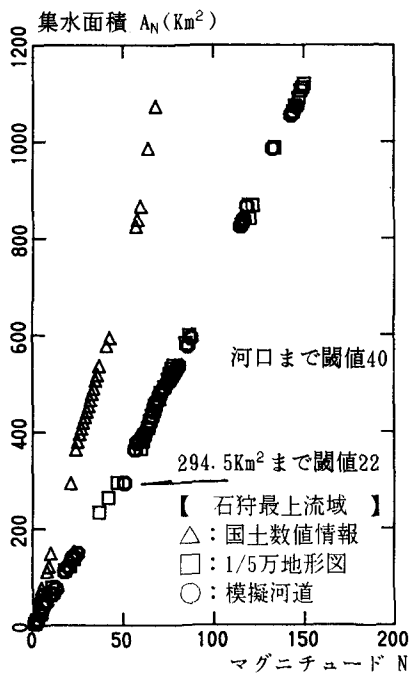


図-11 最適閾値適用の $A_N \sim N$ 関係

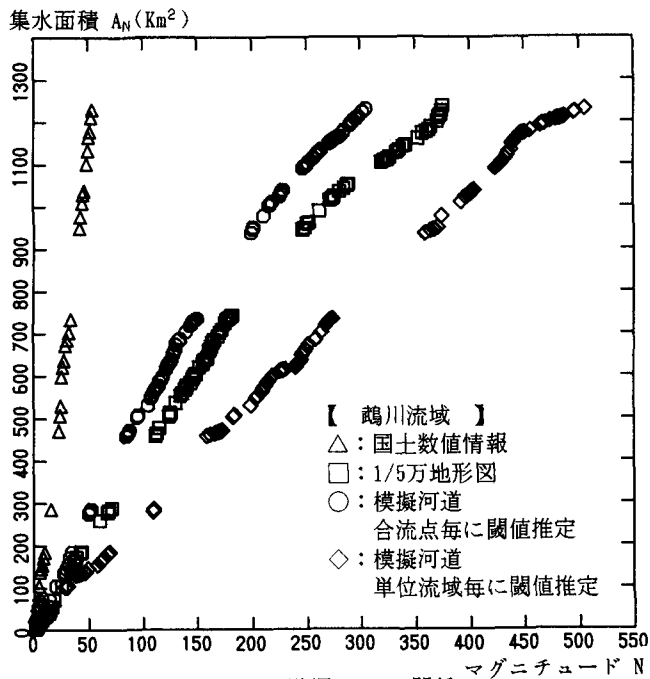


図-12 推定河道網の $A_N \sim N$ 関係

表-1 表層地質分類（北海道 I）

岩 石 区 分			code	岩 石 区 分			code	
未 固 結 堆 積 物	礫 砂 礫・砂 砕屑物	分類 1	11	火 山 性 岩 石	ローム 火山灰	分類 7	45	
			12				46	
			14					
			21					
	砂・礫・粘土 礫・砂・粘土	分類 2	17		火山砕屑物 軽石流堆積物 火山角礫岩・凝灰角礫岩	分類 8	42	
			23				47	
粘土 泥炭	分類 3	24	凝灰岩質岩石 流紋岩質岩石 安山岩質岩石 玄武岩質岩石	分類 9		52		
		25				53		
				54				
				55				
半 固 結 — 固 結 堆 積 物	礫岩 砂岩 珪岩質岩石 砂岩・礫岩	分類 4	31	深 成 岩 類	斑岩 花崗岩質岩石 ハンレイ岩質岩石 蛇紋岩質岩石 輝緑岩質岩石	分類 10	61	
			32				62	
			35				63	
			93				64	
	石灰岩 泥岩 粘板岩	分類 5	38		変 成 岩 類	ホルンフェルス 結晶片岩質岩石 片麻岩質岩石	分類 11	71
			91, 94					77
			95	78				
	砂岩・泥岩互層	分類 6	92, 96				00	

パラメータ推定に留萌、渚滑、後志利別、石狩最上流部の4流域を用い、鶴川流域に適用する。閾値の異なった区間数は4流域で11であるために、最初に地質、土壤等毎に分類した特性項目全ての組合せ支配率と閾値の相関を求め、最大相関を示す特性項目組合せを決定する（この組合わせた項目の支配率を今後、特性支配率と呼ぶ）。本流上の各合流点毎に合流域と本川合流部での特性支配率を求め、条件式を決定しパラメータ a_i を求める。

鶴川流域で各合流点で a_i により閾値を決定し、模擬河道を発生する。（各単位流域の特性支配率を用いて閾値を求めると、面積が小さいため特性支配率が0となり、この結果、マグニチュードの数が大きくなる）

以上の方法を適用した結果を図-11に示す。模擬河道のマグニチュードがやや小さいが、図-5で示した全流域一定閾値では表現できなかった下流部の屈曲がみられる。表-2に使用した特性支配率項目と回帰係数、閾値との相関係数を示す。

表-2 選択した特性支配率項目、回帰係数、閾値との相関係数

種 別	表層地質（11分類）	土壤分類（15分類）	起伏量（15分類）	植生分布（11分類）
選 択 項 目	砂・礫・粘土 石灰岩・泥岩等 火山砕屑物等 火山性岩石	未熟度土 火山抛出物未熟土 累層くろぼく土 湿性くろぼく土 森林土くろぼく混合 泥炭土 砂礫・市街地等	20m以上 40m未満 120m以上140m未満 140m以上160m未満 220m以上240m未満 280m以上	自然度4（雑草群落） 伐採跡地群落 路傍雑草群落等 自然度10（自然草原） 高山草原 ササ自然草原 自然裸地
回帰係数	0.07884	-0.09458	0.21973	0.01327
相関係数	0.504483	-0.54419	0.47184	0.17893

※回帰に使用した条件式数は89（4河川本流合流点数）、回帰係数定数 14.7846

5. おわりに 模擬河道発生のための国土数値情報のハンドリングを確立するとともに重要なパラメータである閾値を決定する手法を提示した。特に閾値を流域内の種々の特性パラメータから推定する手法は、最近、多くの報告がなされている模擬河道網雨水追跡法による流出解析には重要なものとなる。今後、データ量を増やし、推定精度の向上をはかるとともに、閾値と流域特性値についても検討を加える。

【参考文献】

- 1) 藤田・山田・道口：国土数値情報の水文地形解析への適用について、土木学会北海道支部論文報告集 第45号、pp. 305～310、1989
- 2) 館谷・藤田・道口：河道網理論に基づく流域特性について、第44回土木学会年次学術講演会概要集Ⅱ 1989
- 3) 館谷・藤田・道口：国土数値情報を用いた流域特性の評価について、水文・水資源学会講演要旨集、1989
- 4) 館谷・藤田・道口：流出解析における国土数値情報の利用について、第8回日本自然災害学会学術講演会 1989
- 5) 高山茂美：地形図の縮尺が水流の次数区分に及ぼす影響について、地理学評論、45-2、1972