

国土数値情報とレーダー雨量情報を用いた流出解析の自動化

Use of digital map for a radar rainfall-runoff model

伊藤 晃・笹本 誠・堺 茂樹・平山健一

by Akira ITO, Makoto SASAMOTO, Shigeki SAKAI, Ken-ichi HIRAYAMA

When a radar rainfall information is available, the distributed rainfall-runoff model should be used. However a construction of the model includes a tedious procedure to construct a channel network from many corresponding maps.

In this study a method to obtain the channel network automatically from the digital map based on simple principles is proposed. Then a distribution of radar rainfall can be superimposed on this channel network to calculate the run-off by the kinematic wave model.

Thus a distributed radar rainfall-runoff model could be easily established in any river basins.

keywords : radar raingauge, digital map, channel network,
rainfall-runoff, kinematic wave model

1 はじめに

レーダー雨量計の開発により面的な雨量分布を観測することが可能となり、これに対応して、いわゆる分布型流出モデルがいくつか提案されている。この場合、流域を小流域に分割することになるが、従来は地形図を用いて手作業的に行われてきたが、作業が非常に煩雑であるなどの難点があった。一方、国土数値情報など地形データが整備されつつあることを背景に、計算機を利用した水文地形解析の自動化が研究されているが、現在は全面的な自動化には到っていない。

本研究では北上川水系四十四田ダム流域を例として、以下の点について検討する。

- ① 国土数値情報を用いた擬河道網作製の自動化
- ② 擬河道網とレーダー雨量データを組み合わせたkinematic wave法による流出解析法の開発
- ③ 流出量計算結果への自動化の影響の評価

学生員 岩手大学学生 工学部土木工学科
(〒020 盛岡市上田4-3-5)

正会員 岩手大学技官 工学部土木工学科 (同上)
正会員 岩手大学助教授 工学部土木工学科 (同上)
正会員 岩手大学教授 工学部土木工学科 (同上)

2 対象流域の概要と解析手法

本研究の対象流域は図-1に示す北上川上流域の四十四田ダム流域で、流域面積は1196km²である。擬河道網の作成に使用する国土数値情報は、四十四田ダム流域が含まれる、東経140度51分0秒、北緯40度5分45秒の地点から東へ60km、南へ43kmの部分を使用した。

雨量データは、建設省物見山レーダーで観測された1989年9月4日午前0時から9月7日午前3時（9月上旬に秋雨前線が東北地方に停滞し大雨をもたらした。）までの5分ごとのデータを用いた。

解析は図-2に示すフローチャートの様な手順で行った。

3 国土数値情報を用いた擬河道網の作製

3.1 擬河道網作製の自動化

国土数値情報より対象流域の標高データを作製し、標高が与えられた各点での最急勾配方向を求め、流域全体での落水線図を描く。落水線図作成にあたって問題となるのは周囲8点での標高がいずれもその地点より高い場合に、落水線が停止することである。この原因は、おもに標高データが離散的に与えられているためである。そこで、停止した場合は、その地点の標高を周囲8点の標高の最小値より少しだけ高くすることにより落水線の停止は解消できる。また、その地点周辺全体が大きな窪地になっている場合は、前述の処理を何度か繰り返すことによって、解消することができる。¹⁾

メッシュ交点間の最急勾配方向を決定する際に、水流は流入してきた方向に流れ易いと考えて、直進する方向の勾配に重みをつけた。また、最急勾配方向が複数存在する場合には、その上流方向の勾配の大きい方向を選ぶこととした。四十四田ダム流域について作成した落水線図の一部が図-3である。このようにして完成した落水線に、何地点からの水流を集めたかを表す番号（集水地点数）をつける。最上流点は1となり、この番号は下流へいくほどに大きくなる。擬河道網は、落水線図の中で適当なしきい値を決め、この値より小さな番号の落水線を除いて得られるものである。しきい値を大きくしていくと、細流は省かれていき、実際の河道に近いものが得られる。

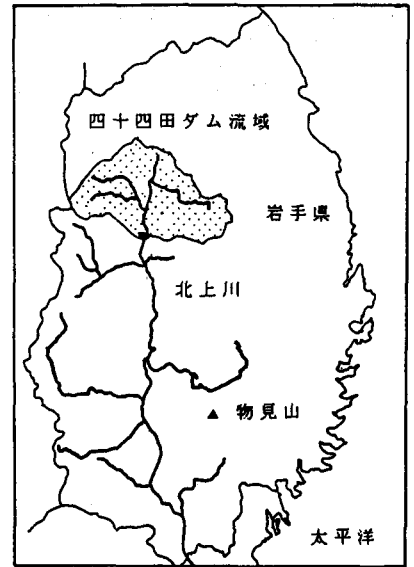


図-1 四十四田ダム位置図

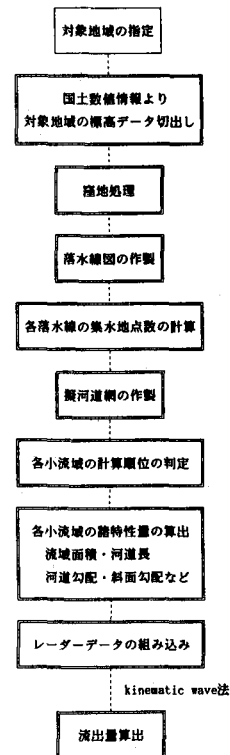


図-2 フローチャート

3. 2 地形図に基づく小流域分割法との比較

擬河道網と5万分の1地形図に基づく河道網との量的比較を行うために、Strahlerの河道位数(Horton-St rahler位数)の概念に基づいた分岐比 R_b 、河道長比 R_L 、集水面積比 R_a 、河道勾配比 R_s 、最大位数 k の5つの河道特性量²⁾を比較したものが表-1である。

5万分の1地形図に基づく四十四田流域の河道の最大位数は6で、擬河道網では最大位数が6であるのはしきい値15までである。分割された小流域の数が最も近かったのはしきい値19の場合であったが、河道形状、河道特性量が近かったのはしきい値15の場合であり、その結果を示す擬河道網は図-4である。また、流域面積は地形図での1196km²に対し、擬河道網では1175km²であり、2%弱の差である。50万分の1地形図に示された主要流路としきい値200の場合の擬河道網を比較したのが図-5であり、全体的河道配置が極めてよく一致しているのが認められる。

表-1 河道特性量の比較

しきい値	R_b	R_a	R_L	R_s	k
10	4.0131	2.5994	4.4872	1.8350	6
11	3.9601	2.6476	4.4788	1.8238	6
12	3.8742	2.6123	4.3816	1.7973	6
13	3.7913	2.5880	4.2954	1.7886	6
14	3.7846	1.9617	4.1039	1.8200	6
15	3.7523	1.9728	4.0583	1.8143	6
16	4.3348	2.5682	4.8399	1.9713	5
17	4.6960	2.9779	5.3599	1.8411	5
18	4.6194	3.0459	5.2918	1.8327	5
19	4.5781	3.1591	5.1963	1.8074	5
実河道	3.5625	1.8634	3.7877	1.6796	6

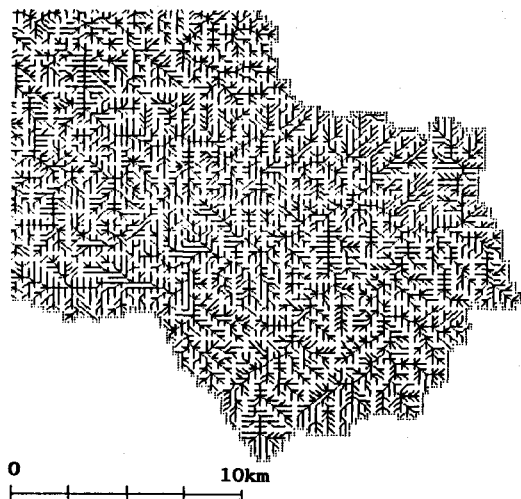


図-3 落水線図

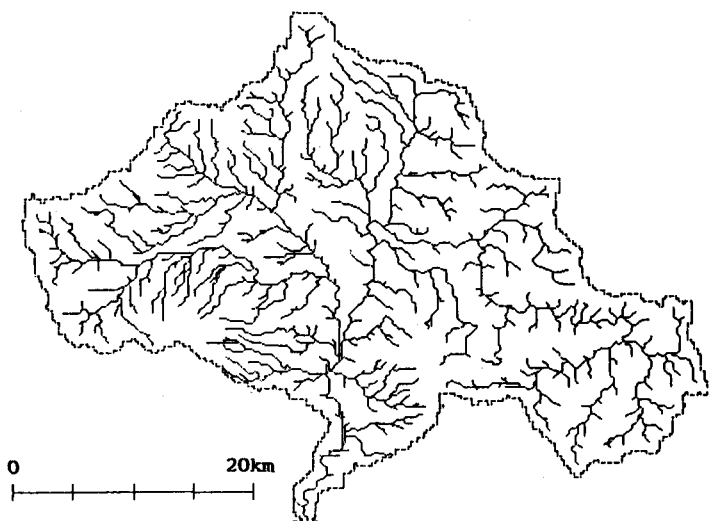


図-4 擬河道網(しきい値15)

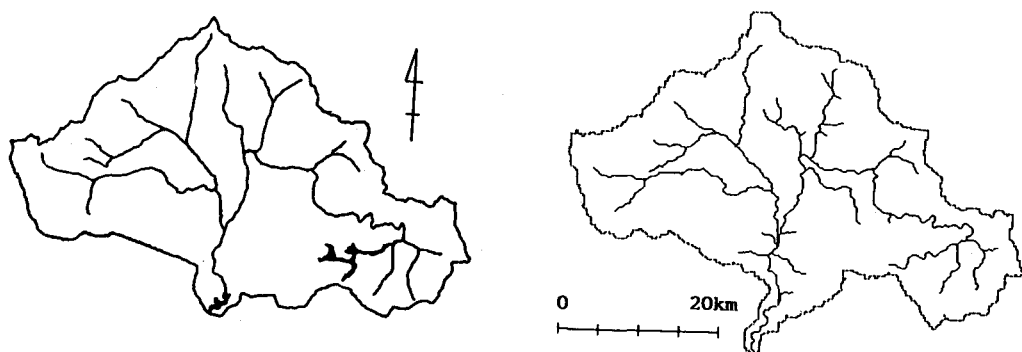


図-5 50万分の1の地形図による主要河川網としきい値200の擬河道網

3・3 小流域の計算順序の判定法

流域のナンバリング及び計算手順はつぎの通りである。

- ① 河道の流下方向を図-6-1に示す8方向のいずれかで表す。(6-2 (a))
- ② 河道が合流した場合は、合流後の河道が次に合流する点での方向の番号を合流前の番号の上位につける。(6-2 (b))
- ③ 流出計算では、各河道についての番号の大きい方から計算し(図-6-2 (c)では812, 811, 87, 81, ... の順)、合流部での境界条件は合流後の番号を先頭にもち、一桁大きい番号の全ての河道の下流端での値を用いる。(例えば、81の上流境界条件は811と812となる)

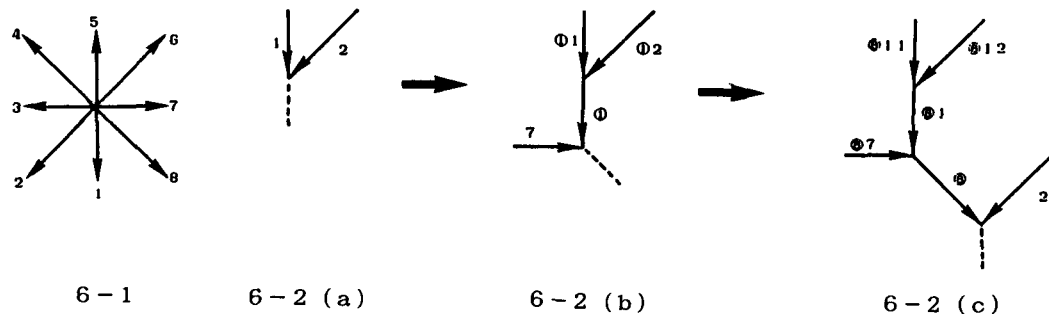


図-6 小流域の計算順序の判定

4 小流域へのレーダーデータの対応

レーダー雨量計のデータは、円周方向に128分割、半径方向に3kmのメッシュ上で得られている。これに対して、小流域の平均面積は地形図に基づく2.6km²、擬河道網では1.7km²といずれもレーダーメッシュより小さい。そこで、小流域での降雨強度は小流域の中心が位置するレーダーメッシュでの値を用いることにした。

地形図に基づく方法では、地形図とレーダーメッシュマップを重ね合わせ、小流域の中心位置のレーダーメッシュの番号を読み取る必要があったが、国土数値情報を用いると、レーダーサイトの経緯度を与えるだけで自動的に小流域での降雨強度が得られる。

5 解析結果

斜面及び河道に対して、kinematic wave法を適用し、斜面及び河道の等価粗度係数をそれぞれ0.2, 0.02として流出計算を行った。計算での降雨特性は、ハイトグラフとして5分毎の流域平均雨量を図中に示した。図-7は小流域分割を地形図に基づいて行った場合と擬河道網(しきい値15)による場合の流出量を比較したものである。立ち上がりとピーク流量に多少の差はあるものの等価粗度係数を若干補正することによって、容易に解消できる程度のものであり、擬河道網による小流域分割は地形図に基づくものと実用的には差がないといえる。

ここでの最適しきい値は地形図に基づく河道特性量との比較によって決定されたが、このような作業が常に必要であるならば自動化とは言えない。そこで、しきい値によって流出特性がどの程度変化するかを検討する。図-8は小流域数が地形図に基づくものと最も近いしきい値19, 河道特性量が最も近い15, しきい値の低い例として10の場合をそれぞれ比較したものである。しきい値の小さい程ピーク流量がわずかに大きいものの、その差はピーク流量に対して無視しうるものである。以上のように、流出特性に対するしきい値の影響は小さく、ある程度広い範囲でしきい値を選択しても、実用的にはさしつかえないことがわかる。

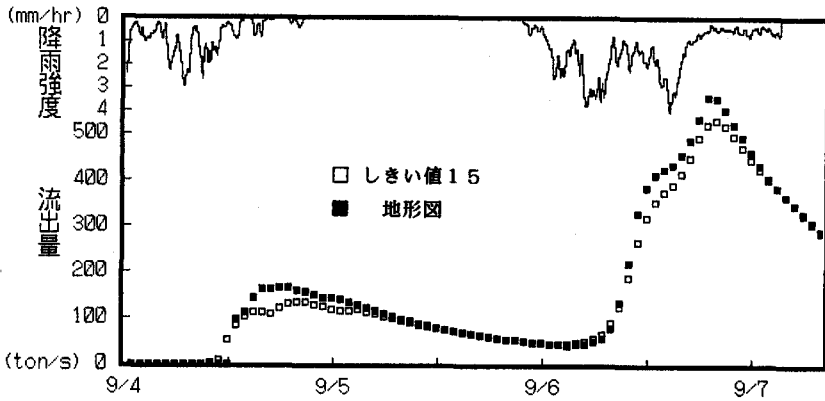


図-7 地形図と擬河道網の解析結果の比較

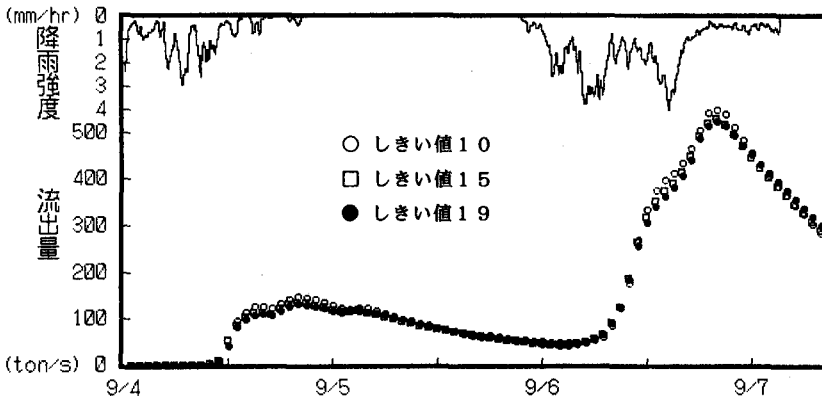


図-8 擬河道網のしきい値による解析結果の比較

6 おわりに

以上のように、国土数値情報の標高データのみを用いて、擬河道網の作製、各小流域の計算順序の判定、河道網とレーダーデータの対応の自動化を行った。また、地形図に基づく従来の手法による流出計算の結果と比較すると、自動化による誤差はきわめて小さく、また河道特性量を決定する擬河道判定のしきい値は流出特性には影響しないことが明かとなった。

本研究では、自動化の手法の開発と自動化の影響に関して検討し、上記のような成果が得られたが、レーダーデータを用いる場合の有効雨量の概念の確立、及びkinematic wave法での諸係数の検討などが今後の課題である。

最後に、本研究を進めるに当たり、建設省東北地方建設局北上川ダム統合管理事務所から貴重なデータを提供して頂いたことを記し、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) David G. Tarboton: The analysis of river basins and channel networks using digital terrain data, Sc. D. Thesis, Dept. of Civil Eng, MIT, 1989
- 2) 宝・高棹・溝淵: 水文地形解析の自動化の試み, 第32回水理講演会論文集, 1988