

II-38

定山溪ダム10mメッシュ地形情報と 国土数値情報を用いた河道網と流出解析

北海道開発局 正員 中村 興一
北海道大学 正員 道口 敏幸
秋田工業高等専門学校 正員 榎 国夫
北海道大学 正員 藤田 睦博
北海道開発局 正員 村上 泰啓

1.はじめに 近年、レーダー雨量計による降雨の空間分布情報が得られるようになってきている。流出解析において降雨や流域特性が空間的に変動している場合、分布定数型の流出モデルの確立が急がれている。流域特性要因を総合的に反映した結果が流域内河道網であるとして著者らは国土数値情報のメッシュデータを用いた模擬河道網により流域特性解析を行ってきた^{1)・2)}。さらに、メッシュサイズの細分化にともなう観測データ等の時間スケールについても周波数特性から検討を加えてきた³⁾。これまで、国土数値情報を用いた解析をしてきたが、最小のメッシュサイズが250mであり、このスケールが流出解析に充分であるか否かについては問題がある。

本報告は豊平川上流部定山溪ダム流域(104km²)において10mメッシュ標高値を作成し、国土数値情報との河道網形状比較、10mメッシュを基準とした種々メッシュサイズ河道網からのハイドログラフ計算手法の確立と検討を行ったものである。

2. 国土数値情報との比較 図-1に定山溪ダムを下端として10mメッシュサイズから作成した250mメッシュ標高値と国土数値情報を用いた模擬河道網形状比較を、図-2に両者の河道網特性を比較を示す。閾値が小さいときにマグニチュード(水源)の数が250mメッシュに比べ多くなる傾向は、国土数値情報を利用して河道網を作成する際、流域を国土数値情報の流域位置ファイルにより分解し、個々の流域内で予め模擬河道を作成し、その後合成する手法を用いているためである。このため作成された河道網形状(図-1)を見ると同一地点から二本の河道(峰上の点)が発生することがあり、これによりマグニチュードが増大しているものと考えられる。しかし、図-2を見ると両者の特性はほぼ同じと見なすことができる。閾値とマグニチュードの関係は理論河道網(河道発生確率が空間的に一様)を用いた解析結果⁴⁾と一致したものとなっている。

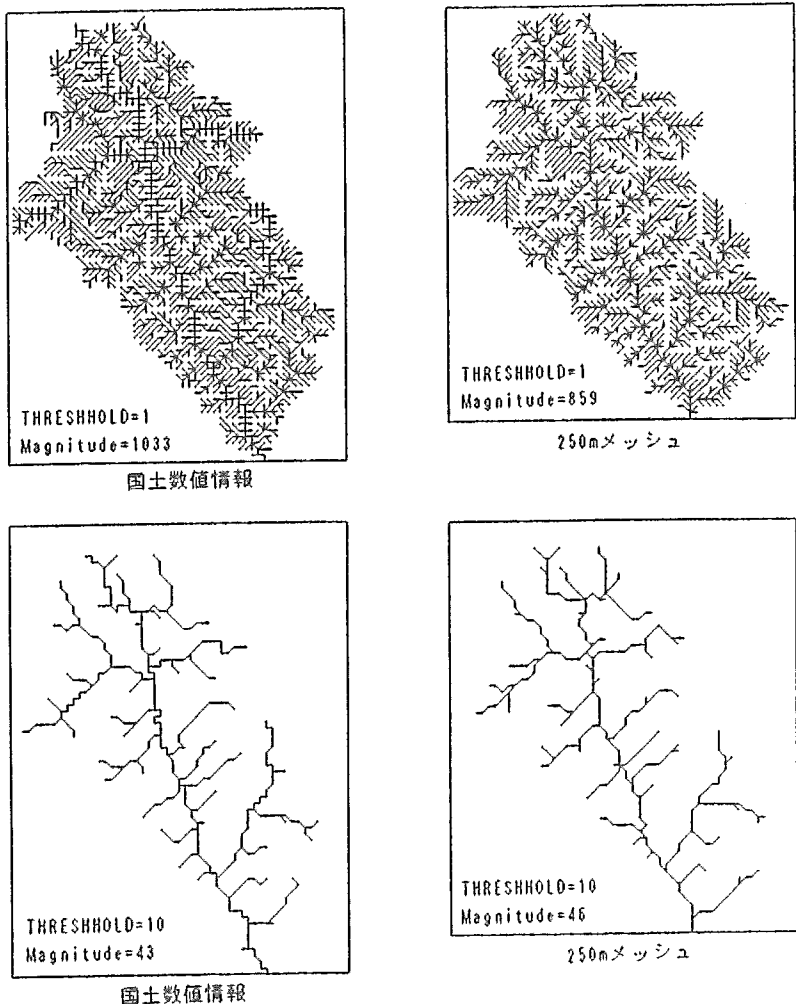


図-1 国土数値情報と10mメッシュ基準の250mメッシュ河道網比較

Relationship between Runoff Characteristics and River Network due to DTM Data at Jouzankei-Dam Basin
by K. NAKAMURA, T. MICHIGUCHI, K. ENOKI, M. FUJITA and Y. MURAKAMI

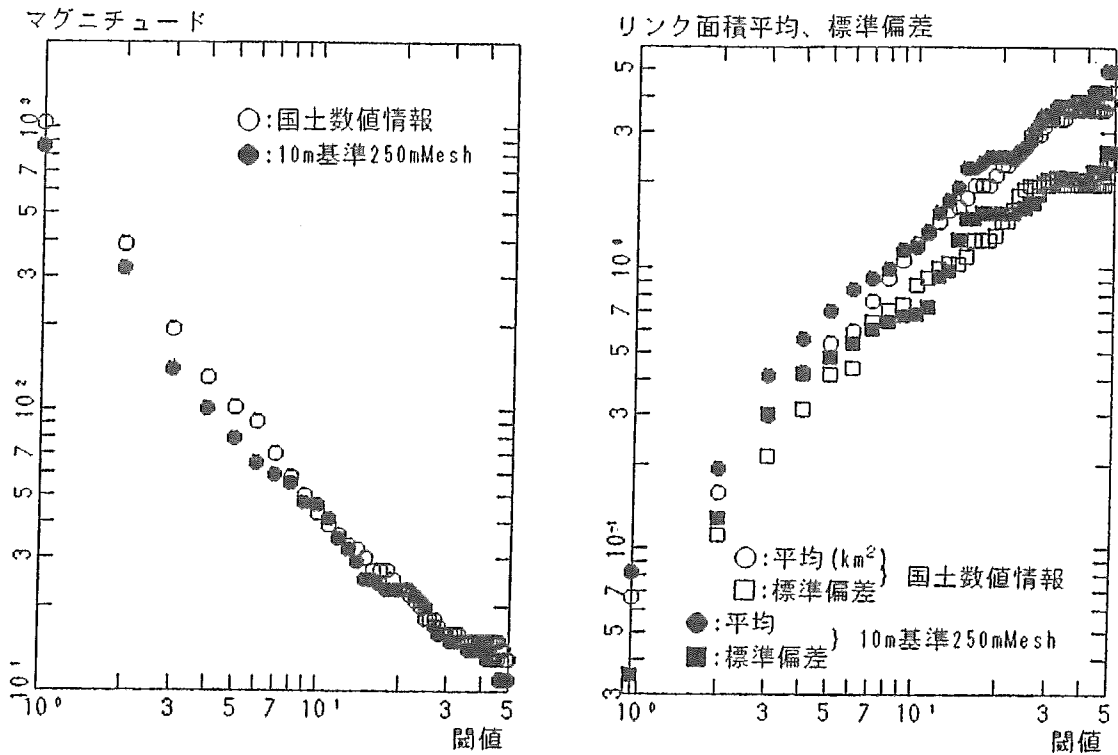


図-2 国土数値情報と10mメッシュ基準の250mメッシュ河道網特性比較

3. 各メッシュサイズの河道網と流出 10mメッシュ標高値を用いた流出計算を定山溪ダム流域全体で行うことは大型計算機でもかなり難しい事から、解析の対象地域を流域内の流量観測点のある滝の沢流域 (14.65km²) として、メッシュサイズについて検討を加えることにした。流量観測点を中心に10, 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500m各メッシュ標高データを作成し、これより落水線図を作成した。10mメッシュの落水線図は論文に載る程度に縮小することが不可能であるため20mメッシュの落水線図を図-3に示す。表-1に各メッシュサイズ河道網特性の一覧と図-4にメッシュサイズとマグニチュード、リンク面積およびリンク河道長の変化を示す。メッシュサイズとマグニチュードの関係は図-2の閾値とのそれに比べ急になっていることが分かる。

表-1 各メッシュサイズ河道網特性値

Mesh size (m)	link num.	magnitude	\bar{L}_N (km)	\bar{A}_N (km ²)	\bar{S}_N (m)
10	40456	26917	0.0497124	0.0003623	3.644
20	15643	10395	0.0631208	0.0009370	7.422
50	3679	2457	0.1041315	0.0039793	19.107
100	1086	727	0.1729159	0.0134715	38.954
150	520	341	0.2363963	0.0279519	59.121
200	293	194	0.3127399	0.0498294	79.666
250	187	124	0.3855936	0.0768717	99.680
300	125	85	0.4800336	0.1144800	119.242
400	76	52	0.6010421	0.1915789	159.372
500	46	33	0.7655000	0.3152174	205.890

\bar{L}_N : 平均リンク河道長 \bar{A}_N : 平均リンク面積 \bar{S}_N : 平均リンク斜面長 ($\bar{A}_N/2\bar{L}_N$)

ここで示す分布型の流出モデルは、図-3に示すような落水線図を河道網と見なして河道網の内外リンク長と各リンクに付随している面積を測定する。これらの小流域をサブ流域と定義し、各サブ流域はリンク両側に大きさの等しい長方形斜面で近似する。斜面長は、リンク長とサブ流域の面積から機械的に求めた。従って、全流域のマグニチュードが大になる (メッシュサイズが小さくなる) ほど、当然のことながら斜面長が短くなる。

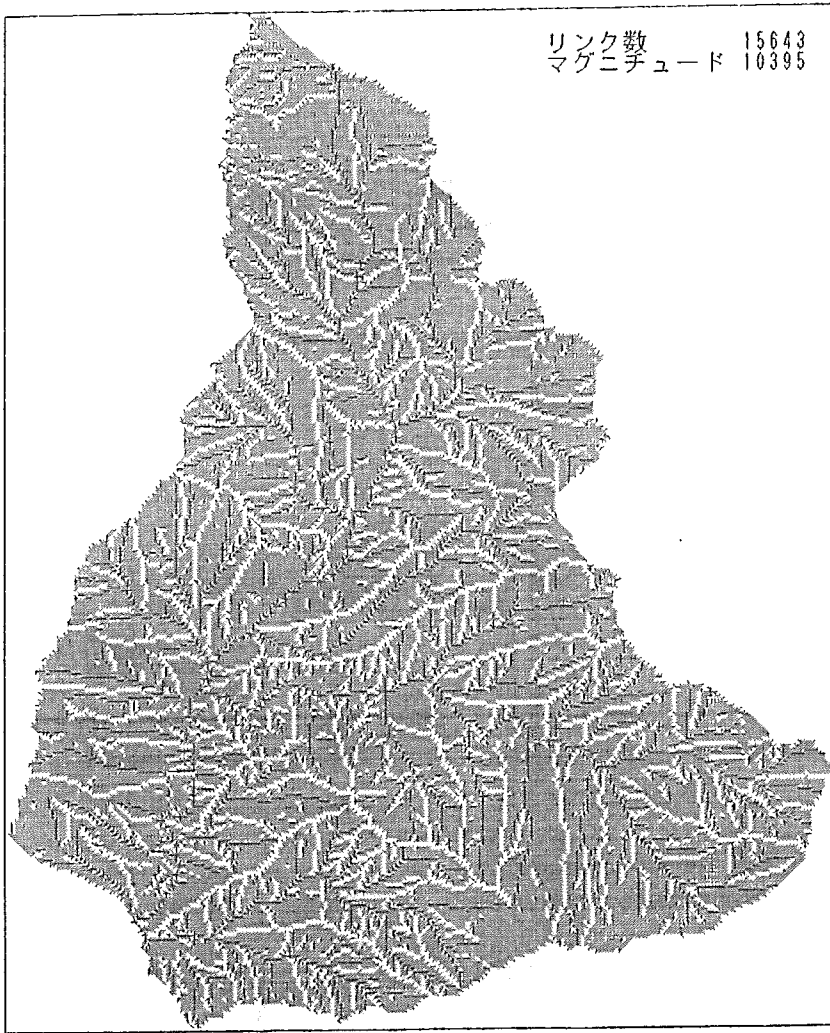


図-3 滝の沢流域(14.65km²)20mメッシュ落水線図

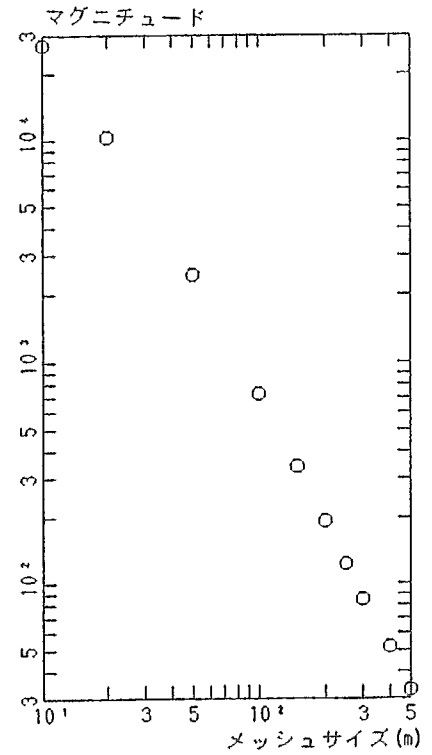


図-4(a) メッシュサイズと
マグニチュード

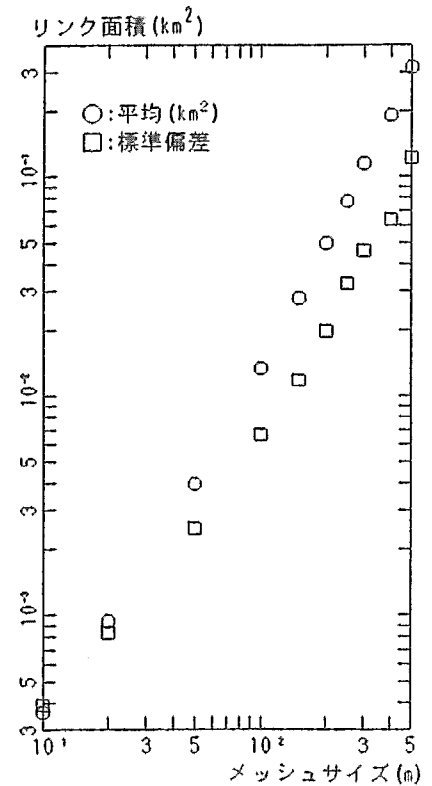


図-4(b) メッシュサイズとリンク面積

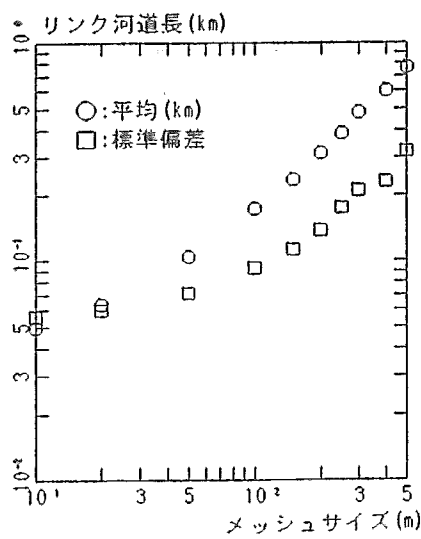


図-4(c) メッシュサイズとリンク河道長

図-4 滝の沢流域における各メッシュサイズ河道網特性

一定勾配斜面の一定強度の降雨 r に対する到達時間 t_c は、次式で与えられる。

$$t_c = \left(\frac{L r^{1-m}}{\alpha} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (1)$$

L : 斜面長 m, α : kinematic wave 定数

図-5は、 t_r (降雨の継続時間) $> t_c$ 、 $t_r < t_c$ の場合について斜面末端における流出ハイドログラフを示している。当然のことながら、 t_r 、 t_c の大小関係によって斜面末端のハイドログラフが異なっている。上述したような落水線図から得られるサブ流域は様々な規模の斜面から構成されているので、図-5に示す二つのタイプのハイドログラフが混在していることになる。

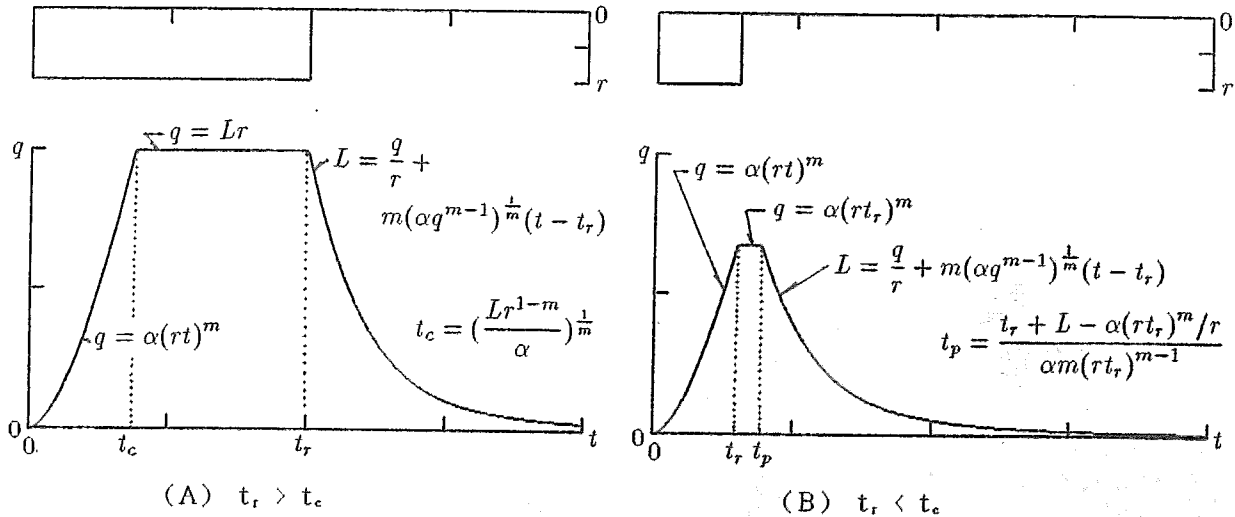


図-5 斜面末端でのハイドログラフ

サブ流域のスケール(規模)と時間スケール(観測時間間隔)の関連については、既に藤田らにより報告されている³⁾。これによると二つのスケールは独立ではない。すなわち、流域のスケールが定めれば、このスケールに対応する時間スケールが存在している。一定強度の降雨を対象に理論的にその対応関係を求めているが、実測降雨は時間的に変動しており、必ずしもこの理論を直接実流域の解析に応用できない。ここで解析の対象としている滝の沢流域では時間降雨の資料しか入手できないので、この時間スケールに対応する流域スケールについて考察する。

式(1)において、後述するように星の総合貯留関数から与えられるパラメータ値、 $m=0.6$ 、 $\alpha=0.475$ (メートル、秒単位)と実測降雨の平均値 r および斜面長 L が与えられると到達時間を計算できる。表-2は到達時間の計算結果をまとめたものである。表は、各メッシュサイズごとに得られるサブ流域の平均斜面長を用いてcase1~3の観測例について、到達時間を示している。例えば、case1について説明すると、メッシュサイズが50m以上になると到達時間が降雨の観測時間間隔の1時間以上となり、図-5に示した(B)タイプの流出が卓越するようになる。したがって、メッシュサイズが20mと50mとを境に流出の形態が大きく異なることが予想される。case3になると、平均降雨強度がcase1, 2に比較して大きいので、メッシュサイズが50mと100mを境に流出の形態が異なることが予想される。実際の流出計算にあたっては、星の総合貯留関数法⁵⁾を用いた。表-3にモデル式を示す。総合貯留関数法のパラメータである f_c には道内流域平均値の1.564を用いた。また、予想される平均降雨強度には昨年最大洪水時観測雨量の約2倍である2mm/hrの値で全ケース固定している。実測のハイドログラフの立ち上がり部と第二折曲点を直線で結び直接流出量とした。また、有効雨量はエントロピー法を用い分離した。本計算手法で重要な要素である河道伝播速度は流

表-2 各メッシュサイズにおけるサブ流域平均到達時間

Mesh size (m)	到達時間 t_c (sec)		
	case1	case2	case3
10	2234.480	2974.400	1376.090
20	3424.160	4558.030	2108.750
50	6038.780	8038.430	3718.940
100	9258.970	12325.000	5702.080
150	11892.600	15830.700	7323.980
200	14223.100	18932.900	8759.230
250	16270.300	21658.000	10020.000
300	18117.100	24116.300	11157.300
400	21561.500	28701.400	13278.500
500	25142.800	33468.500	15484.000
平均降雨強度	0.324mm/hr	0.158mm/hr	1.091mm/hr
洪水発生日時	21/Aug. 5	28/Sep. 6	17/Oct. 18

表-3 総合貯留関数モデル式

$\frac{ds}{dt} = r - q$ $s = k_1 q^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt}(q^{p_2})$ $k_1 = 4.5934(n/\sqrt{i})^{0.6} (A/L_M)^{0.6}$ $k_2 = 0.2835 k_1^2 r_b^{-0.2648}$ $p_1 = 0.6$ $p_2 = 0.4648$	<p>s:貯留量 (mm) r:有効雨量 (mm/hr)</p> <p>q:流出高 (mm/hr)</p> <p>k_1, k_2, p_1, p_2:モデルパラメータ</p> <p>A:流域面積 (km²) L_M:河道長 (km)</p> <p>r_b:平均有効雨量強度 (mm/hr)</p> <p>$f_c = (n/\sqrt{i})^{0.6}$:未知定数 n:等価粗度</p> <p style="text-align: right;">i:斜面勾配</p> <p>$f_c = 1.564$:北海道内流域平均値</p>
--	---

域内1.3m/s一定としている。この値は昨年報告した定山溪ダム流域全体で国土数値情報模擬河道を用い、斜面、河道ともキネマテックウェーブ法によってシミュレーションした計算結果による。流出計算結果と実測値を図-6~8に示す。図中に太い三点鎖線で示した線は流域分割しない場合である。流域をサブ流域に分割することより実測値との再現性が増加していることを示している。メッシュサイズとの関係を見ると10mと20mでは計算結果が一致しており、メッシュサイズの増加に従い、ハイドログラフの偏平化が見られ、先に示した理論的考察と符合する結果が得られている。昨年観測された洪水はここで用いた3例のみであり、各ケースの洪水期間中の平均雨量強度 r_b はそれぞれ0.32、0.16、1.09mm/hrであり、この値と表-1の各メッシュサイズの斜面長を用いて到達時間を求めたものが図-9である。この図を見ると最大規模のケース3でも本手法が適用できるメッシュサイズは50mであることが分かる。図中二点鎖線で示すように国土数値情報と同等な250mを用いた場合、適用できる洪水規模は平均雨量強度が14.1mm/hr以上の場合である。

4. おわりに 以上のように定山溪ダム流域10mメッシュ標高値を用いた河道網特性と滝の沢流域での種々の河道網から得られるハイドログラフの比較を行った。今後、サブ流域での流出モデルパラメータ値の検討、河道でのハイドログラフの伝播速度の再検討や、定山溪ダム流域全体、他流域での評価を行う必要がある。

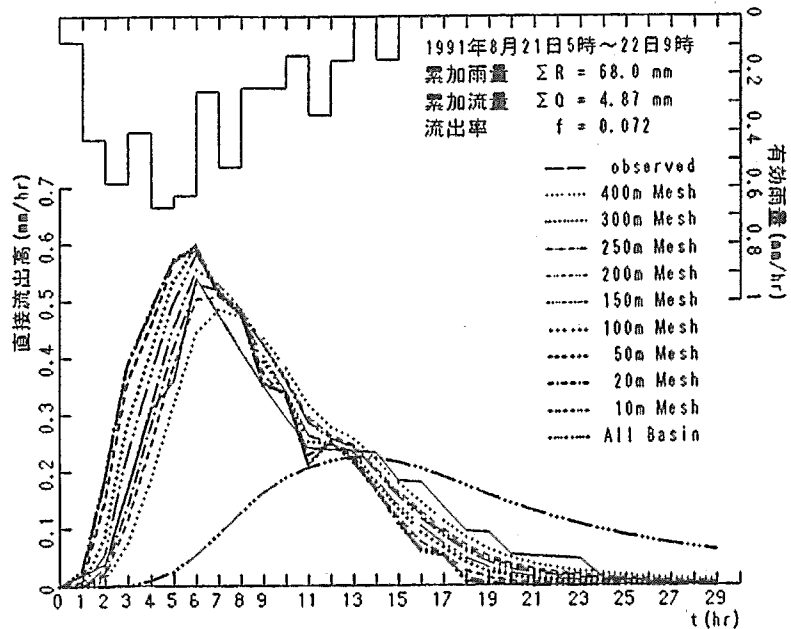


図-6 滝の沢流域における各メッシュサイズ河道網による流出計算結果と実測値との比較(case1)

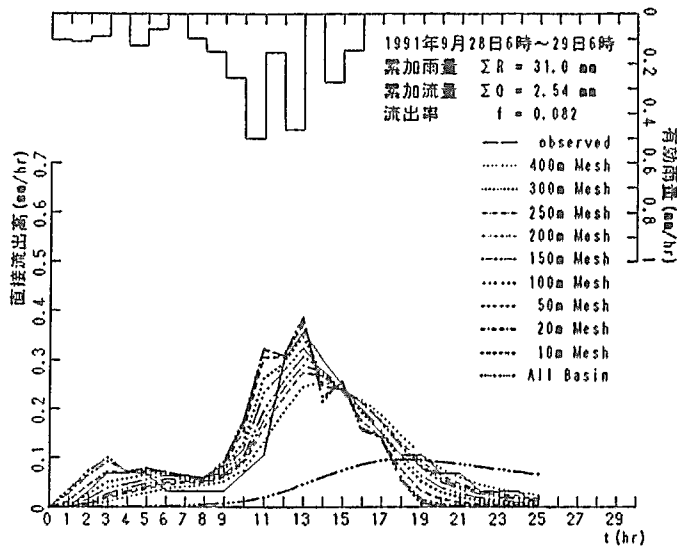


図-7 滝の沢流域における各メッシュサイズ河道網による流出計算結果と実測値との比較(case2)

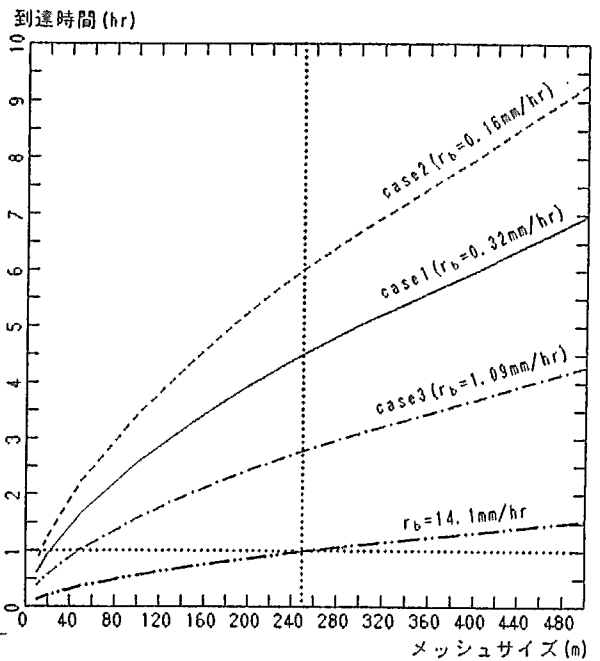


図-9 各メッシュサイズ斜面長と到達時間

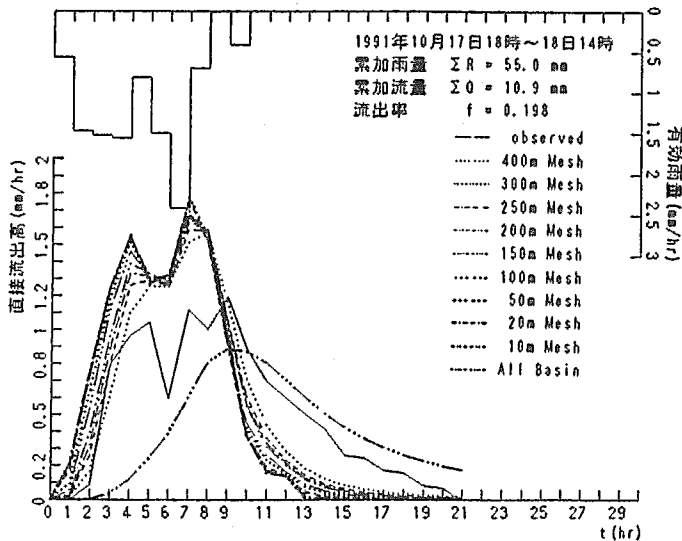


図-8 滝の沢流域における各メッシュサイズ河道網による流出計算結果と実測値との比較(case3)

【参考文献】

- 1) 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
- 2) 道口・藤田：国土数値情報による模擬河道網発生手法について、土木学会道支部論文報告集、第46号、pp. 275~280、1990
- 3) 藤田・道口・榎：小流域における降雨流出の時間応答特性、土木学会第46回年次学術講演会、II、pp. 130~131、1991
- 4) 道口・藤田・榎：模擬河道と閾値特性について、土木学会第45回年次学術講演会、II、1990
- 5) 星：実用的な洪水流出計算法、北海道開発局開発土木研究所河川研究室編、1987
- 6) 藤田：斜面長の変動を考慮した貯留関数法に関する研究、土木学会論文報告集、pp. 75~86、1980