

# リモートセンシングと地理情報システムの結合に関する研究 (第二報)

A Study on Integration of Remote Sensing with Geographic Information System

村 井 俊 治\*・越 智 士 郎\*  
Shunji MURAI and Shiro OCHI

## はじめに

前回報告した洪水流出モデルでは、数値化標高データより各グリッドの流向を求めておき、各グリッドが持つ水量が1単位時間内に流向の方向に、1グリッド分だけ流下するものとした。さらに単位時間ごとに各グリッドに降雨量に流出率を乗じた水量を加えることによって、下流に流れるに従って水量が増大されるようにした。流出率はLANDSAT-TMデータより求めた正規化植生指標 (NVI; Normalized Vegetation Index) と数値化標高データより求められる各グリッドの勾配から算出することを試みた。これにより、森林伐採などによって流出率が変化した場合、同一の降雨量であっても流出率の変化の度合によって最大流量に差ができることをシミュレーションによって明らかにした。しかしこのモデルでは流出率の増加による最大流量の増加は見られるものの、最大流量に到達する時間がすべての場合で同一であるという欠点があった。つまり最大流量が増加すれば流速が増大し、到達時間も早くなるという実際の現象を再現していない。そこで本研究では流速および到達時間を考慮した洪水流出モデルを開発し、前回のモデルに改良を加えた。

グリッドの持つ水量に応じて変化させることを考えなければならない。すなわち水量の大小により到達時間が変化することになる。

## 2. 各グリッドにおける流速の求め方と到達時間の計算

定常状態においては、各グリッドの水量は1単位時間内に1グリッド分だけ流下するものとし、これを基底状態と呼ぶことにする。本報告では各グリッドに1の降雨量を与えて定常状態を作り、これを基底流量とした。

一方従来の研究によると流速を与える式としては Manningの式が代表的である。

## 1. 到達距離の概念と到達時間

本研究では流量観測地点を流域最下流部に設定し、その流域に属するすべてのグリッドから観測地点までの距離を到達距離と呼ぶ。到達距離は図1に示すように各グリッドから流向に従い流下し、観測地点に到達するまでに通過するグリッドの数を数えることにより求められる。前報告で示した流出モデルでは、1単位時間に1グリッド分だけ流下すると仮定したので、到達距離はすなわち到達時間と言い換えられる。この場合、各グリッドの水量が持つ速度は1である。しかし実際には単位時間に常に1グリッドだけ流下するわけではなく、この速度を各

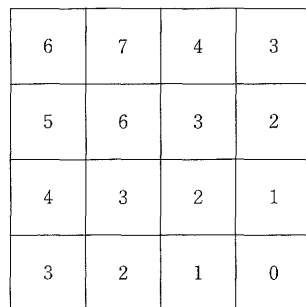
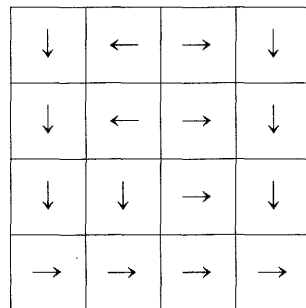


図1 到達距離の概念

\*東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

$$v = \frac{1}{N} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (1)$$

- $v$  : 流速
- $N$  : 粗度係数
- $R$  : 径深
- $I$  : 勾配

この式から各グリッドにおける流速を次のように算出する。

いま水路の断面を図2のようなV形であると仮定すれば断面積  $A$ 、径深  $R$  は

$$A = h \cdot h \cdot \tan \alpha \quad (2)$$

$$R = \text{断面積} / \text{潤辺} = A \cos \alpha / 2h = h \sin \alpha / 2 \quad (3)$$

$h$  : 水深

またグリッドの一边を  $\ell$  (本研究では30m) とすればこのグリッドの持つ水量  $V$  は次のように与えられる。

$$V = A \cdot \ell = h^2 \cdot \ell \cdot \tan \alpha \quad (4)$$

すなわち水量  $V$  を持ったグリッドの流速  $v$  は

$$v = \frac{1}{N} \cdot \left( \frac{V \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{4 \cdot \ell} \right)^{1/3} \cdot I^{1/2} \quad (5)$$

となる。

いま降雨による増水のため水量が  $V'$  となったときの流速  $v'$  は

$$v' = \frac{1}{N} \cdot \left( \frac{V' \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{4 \cdot \ell} \right)^{1/3} \cdot I^{1/2} = \left( \frac{V'}{V} \right)^{1/3} \cdot v \quad (6)$$

となり、基底状態では、 $v = 1$  とすると、流速は水量の比の1/3乗に比例して増加する。

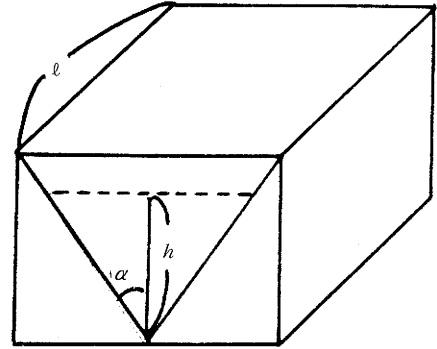


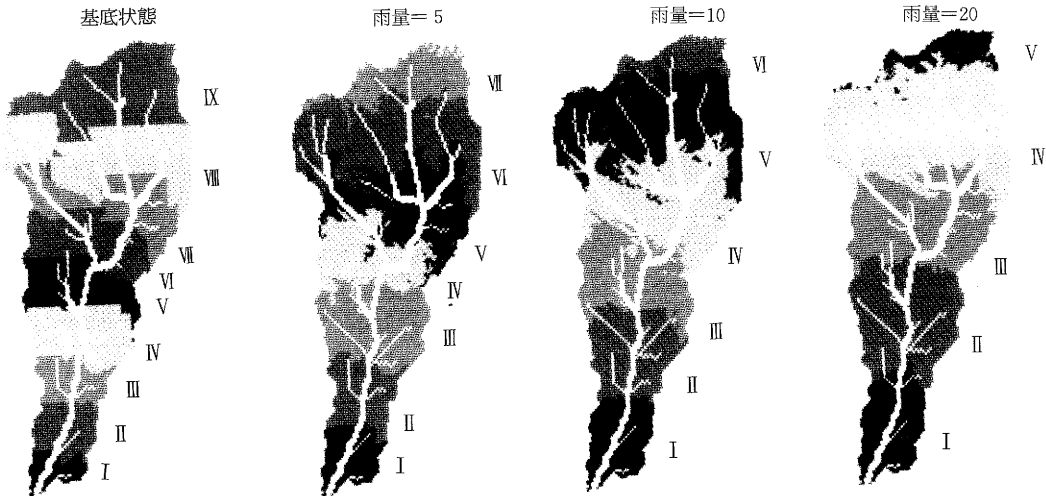
図2 仮定断面

$$v' = \left( \frac{V'}{V} \right)^{1/3} \quad (V : \text{基底状態}) \quad (7)$$

各グリッドから観測点までの到達時間は前に求めた到達距離をこの増水時の流速で割ることで近似的に求めることができる。図3は基底状態(雨量1)、雨量5、10、20でそれぞれ定常状態となったときの到達時間帯を示したものである。水量の増加に従い到達時間が短縮される様子がわかる。

3. シミュレーションによるハイドログラフの作成

雨が降り始めてから時間  $m$  での観測点における流量は、基底状態より  $m$  グリッドだけ流下させた時点で求めた到達時間が  $m$  以下であるすべてのグリッドの雨量の総和としてもとめる。



到達時間 I : 1~20 (単位時間), II : 21~40, III : 41~60, IV : 61~80, V : 81~100, VI : 101~120, VII : 121~140, VIII : 141~160, IX : 161~180

図3 雨量変化に伴う到達時間帯の分布

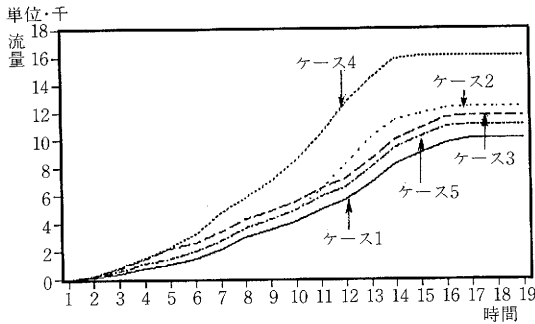


図4 シミュレーションによる流出解析

$$Q_{OB} = \sum \alpha_{ij} \cdot P$$

ただし  $T_{ij} \leq m$

$T_{ij}$  : 位置 (i・j) の到達時間

$\alpha_{ij}$  : 位置 (i・j) の流出率

P : 降雨量

$Q_{OB}$  : 観測地点での流量

前報告と同様、流域植生が以下の5ケースを想定し、  
 ハイドログラフ作成のシミュレーションを行った。

ケース1: 全流域が森林に覆われている場合

ケース2: 上流域半分の森林が伐採された場合

ケース3: 下流域半分の森林が伐採された場合

ケース4: 全流域の森林が伐採された場合

ケース5: 現状 (LANDSATから求めた流出率の場合)

図4は一定の降雨を与えたとき、上記の5ケースに対応するハイドログラフを求めたものである。

森林の伐採をするほど最大流量が増大するとともに、その到達時間も早くなることが確認できる。図5に本研究で行ったハイドログラフシミュレーションにおける

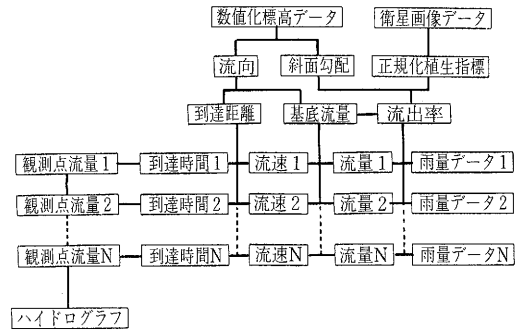


図5 データ処理のフロー

データの処理フローを示す。

ま と め

前回、および今回の研究により、次の特徴を有する洪水流出モデルの開発を達成することができた。

(1) 数値化標高データを用いることにより地形の起伏を考慮した流出モデルを作成した。

(2) 衛星の画像データから正規化植生指標 (NVI) を求め、さらに地形勾配を加味して、流域各地点の流出率を推定し、森林伐採などによる流出率の変化が流出に及ぼす影響が見られる流出モデルを開発した。

(3) 水量の大小による流速の変化を考慮し、流出率が増加すると到達時間、あるいは洪水ピーク時刻が実際の洪水現象のように早くなり、かつ最大流量も大きくなるような流出モデルを開発した。(1989年7月5日受理)

参 考 文 献

1) 水理学公式集, 土木学会編