

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 (第一報)

A Study on Integration of Remote Sensing with Geographic Information System (No. 1)

村井俊治*・越智士郎*

Shunji MURAI and Shiro OCHI

1. 研究の背景

リモートセンシングの研究が始められて約20年経過した。この間、LANDSAT, SPOT, スペースシャトルなど数多くの衛星とセンサーにより、地球に関する映像が取得され、地球の実態が明らかにされた。2つの大きな潮流が見られる。一つは、より詳細に見るために高分解能化する傾向であり、現在は地上分解能5mが最大の分解能である。他の一つは、より広く地球全体をグローバルに見るために高頻度化する傾向である。

いずれの方向にしても、最近明らかにされていることは、衛星の画像のみでは利用に限界があることである。衛星画像データそのものはデジタルに与えられているが、大気、太陽光、センサー、地表状態など多くのパラメータに影響され、絶対的に物理尺度になりえない。そこで、地上における測定値をもってキャリブレーションする必要がある。さらに、地形データ、地質データ、土壌データ、行政界などいわゆる地理情報を組み合わせることによって、新たな情報加工が可能になることが指摘された。地理情報システム (Geographic Information System; GIS) とリモートセンシングの結合が新たな研究課題となったのである。本研究は、地理情報を利用したリモートセンシングの応用例をシリーズとしてまとめようとしたものである。

第一報として、「リモートセンシングと地形データを利用した洪水流出モデルの開発」を掲載する。

2. 地形データを利用した洪水流出モデル

近年東南アジアにおいて森林伐採による保水機能の損失による洪水が多発している。1988年11月南部タイで生じた洪水は1,000人の死者を出したが、典型的な森林伐採による鉄砲水による土砂流型の洪水であった。

従来の洪水流出モデルは、雨量と河川流量を関連づけるモデルで、タンクモデルが代表的であるが¹⁾²⁾、地形斜

面やそこに生育している森林や他の被覆に関して詳細に考慮されているモデルはほとんどないといつてよい。本研究では次の2点を考慮した洪水流出モデルを開発し、その流域の土地被覆が変動した時に洪水の危険性を予測できるように配慮した。

(1) 地形による流向

地形図から地形標高グリッドを計測し³⁾、8方向の流向を考慮し、雨が斜面を流下する状態を計算機の中に再現できるようにする。

(2) リモートセンシング画像による流出率

雨が地表に降ったとき、一部は地下または森林等に保水され、一部が表面を流出する。これを流出率というが、計算機で再現される流出モデルでは、各グリッドの流出率の入力が必要となる。本研究では、大胆に正規化植生指標 (Normalized Vegetation Index; NVI) が流出率を与えると仮定し、リモートセンシングデータから各グリッドの流出率を算出する。

2.1 流出モデル

基本的に3×3のグリッドを考え、中央のグリッドから最急下り勾配となる他のグリッドの方向を流向とする。このようにして全グリッドの流向を求めておく。

次の各グリッドに単位1の雨を与えると、ある単位時間に流向のグリッドにこの雨が移動する。本来流れは地形勾配、水深および粗度係数によって到達時間が異なるが、すべてのグリッドについて到達時間を考慮するのは大変なので将来の課題としておき、本研究では、すべての雨が1グリッド間隔分だけ流下するものとした。

グリッド1だけ動いたらまた単位1の雨を与え、同様の操作を繰り返す。この操作を繰り返してゆくと定常状態になる。

実際には、雨の量の単位を雨量データに合わせて変化させる。また、単位1の雨に対して流出率 α を乗じて、流下する量を流出率に合わせて調整させる。

図1は、実験に用いた地形を示しており、タイ国チェ

*東京大学生産技術研究所 第5部

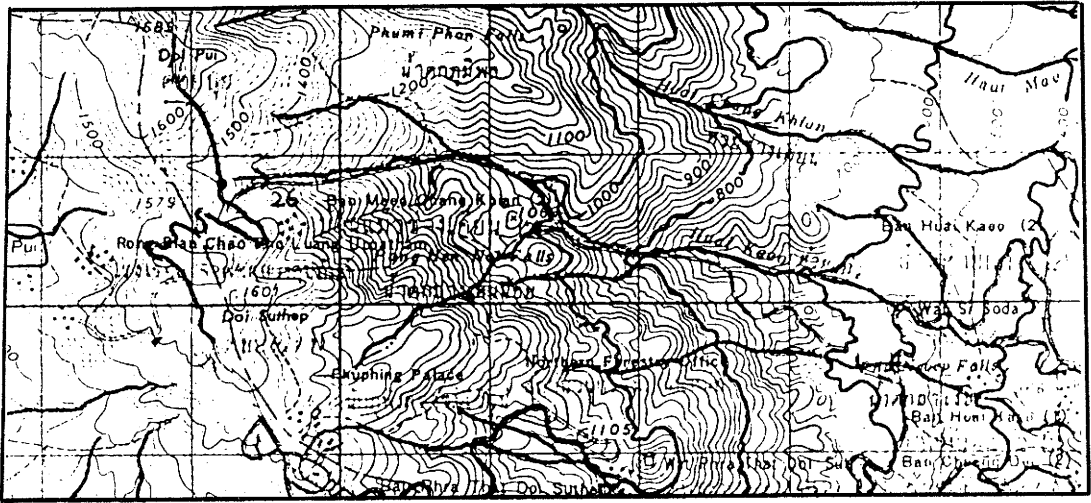


図1 実験に用いた地形図

ンマイ市の山岳地の一部である。図2は、単位1の雨を与えた時、計算機の中で定常状態に至るまでの流量の変化を4段階で示したもので、流量が大きくなるほど流線を太くして表現してある。

2.2 流出率の算定

従来流出率に関しては多くの測定例はないが、公表されているもののなかで、比較的詳細なものが表1に示すものである。この表では、土地被覆を森林、疎林・耕地、草地、不毛岩石地の4つに分け、さらに地質を大きく浸透能が不良、普通、良好の3つの母材に分け、さらに斜面勾配が急、緩、平の3つに分けている。正規化植生指標NVIは、次の式のように赤のバンドと近赤外バンドから求められる比で、NVIが大きい値が森林、次に大きい値が疎林・草地であり、小さな値が市街地であることが明らかとなっているので、土地被覆のかわりにNVIを用いることができる。

$$NVI = \frac{(\text{近赤外バンド} - \text{赤バンド})}{(\text{近赤外バンド} + \text{赤バンド})}$$

表2は、タイ国チェンマイ周辺を撮影したLANDSAT TMデータ(1988年2月9日)を用いて、NVIと土地被覆の対応を調べたものである⁴⁾。実験地域は浸透能不良母材で構成されており、表1と表2の対応から、流出率 α を、勾配(p 度)、NVI(q)の関数として次のように推定した。

$$\alpha = 0.01p - 0.5q + 0.675$$

本研究では、勾配が $0^{\circ} \sim 8^{\circ}$ を平、 $8^{\circ} \sim 20^{\circ}$ を緩、 20° 以上を急な斜面と考えている。図3はNVIと流出率の関係を示したものである。図4は実験地域の流出率の大小を画像化したものである。白い色ほど流出率が高いことを示している。

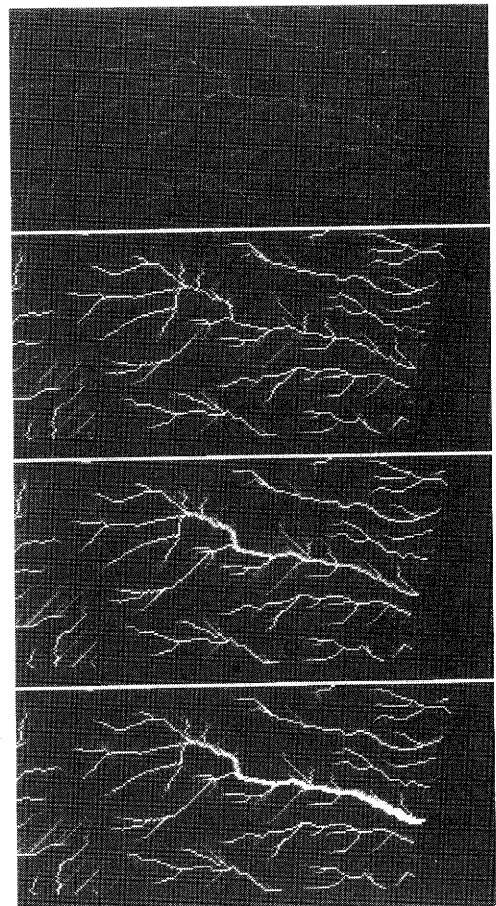


図2 流出のシミュレーション過程

表1 各種条件に対する流出率の概算値

地質地形 土地被覆	浸透能不良母材			浸透能普通母材			浸透能良好母材		
	急	緩	平	急	緩	平	急	緩	平
森林	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35	0.45	0.45	0.25
疎林耕地	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35
草地	0.85	0.75	0.65	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45
不毛岩石地	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.60	0.70	0.60	0.50

表2 NVIと土地被覆の関係
(1988年2月9日LANDSAT TMデータ)

NVI	土地被覆
~(-0.074)	道路、鉄道、裸地
(-0.074)~0.071	草地、水田
0.071~0.45	疎林
0.45~	森林

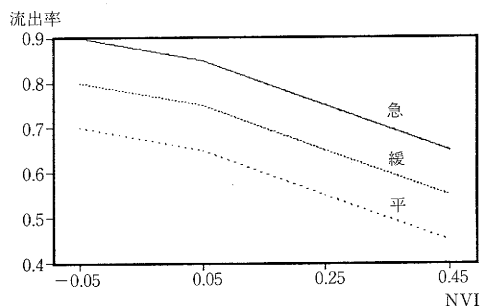


図3 NVIと流出率の関係

3. シミュレーション

森林が伐採された場合、流出特性がどう変化するかについて実験地域について次の5つのケースに対してシミュレーションを行ってみた。

- (1) ケース1：全流域が森林に被覆されている場合
- (2) ケース2：上流域半分の森林が伐採された場合
- (3) ケース3：下流域半分の森林が伐採された場合
- (4) ケース4：全流域の森林が伐採された場合
- (5) ケース5：現状(図4参照)の土地被覆の場合

シミュレーションはある雨が降り続き、流出が定常状態になるまで行った。図5はシミュレーションの結果を示している。図からわかるように、森林を伐採すると、洪水流量のピークが高くなることがわかる。このモデルは、流速あるいは到達時間を考慮していないので、ピーク時間が森林の伐採により早くなる様子は若干見られるものの、十分でない欠点があり、今後モデルの改良が必要である。しかし、森林の伐採の影響が顕著に見られる

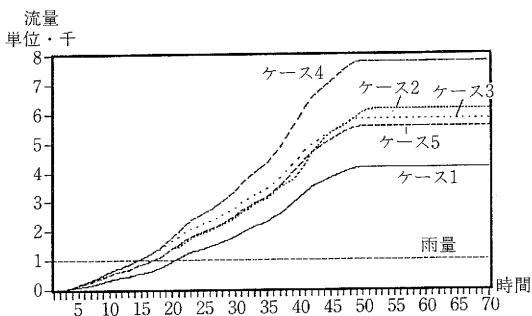


図5 シミュレーションによる流出解析

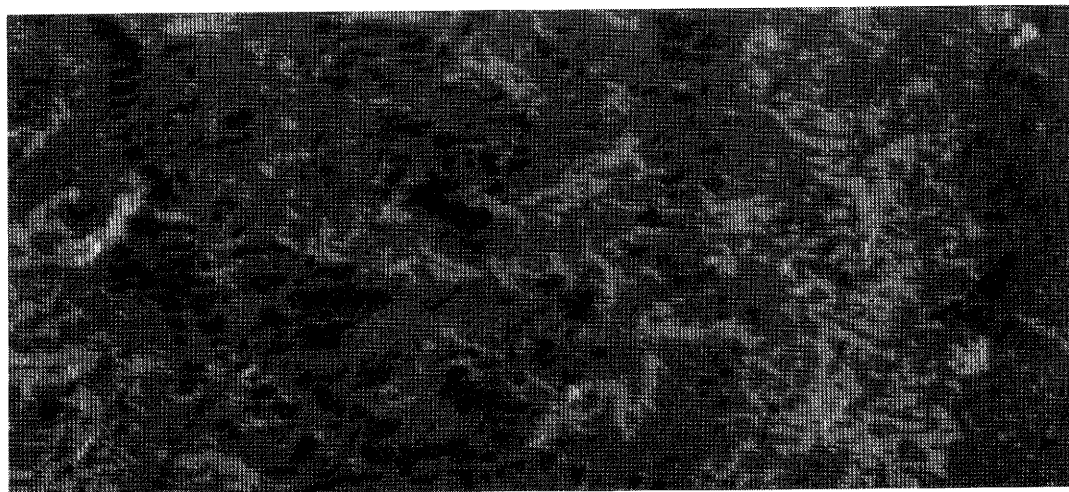


図4 流出率の画像化

研 究 速 報

ことから、土地被覆の変化による洪水危険度の予測には
 十分利用できる。

4. 結 論

リモートセンシング画像データから算出される正規化
 植生指標 (NVI) から流出率を大胆に推定し、地形標高
 グリッドデータを利用して、山岳斜面の洪水流出モデル
 を開発し、これが相対的に洪水危険度を予測する方法に
 なりうることを明らかにした。将来、勾配、水深、粗度
 係数、貯留効果等を考慮した流出モデルに改良する必要
 がある。
 ((1989年 5 月24日受理)

参 考 文 献

- 1) 山口伊佐夫：砂防工学，地球社，1985
- 2) 荒木正夫・椿東一郎：水理学演習，森北出版，1978
- 3) Sukit Viseshsin, T. Hashimoto, S. Murai: Interactive
 System for Automated Generation of DTM from
 Existing Topographic Map of Thailand, Proc. Asian
 Conference on Remote Sensing 1988. S51-56
- 4) S. Ochi, Suvit Vibulsresth, S. Murai: Geographic
 Information System for Suitability Study on
 Agroforestry with Use of Remote Sensing Imagery,
 Proc. Asian Conference on Remote Sensing 1988.
 A26

