

73 GIS とリモートセンシングによるネパールシワリク地区の流出土砂量の推定

○ 日本工営株式会社 長山 孝彦
 日本工営株式会社 石橋 晃睦
 日本工営株式会社 馬淵 泰

1. 調査概要

ネパール国は、日本と同様に災害が多い国である。特に、1993年6月のネパール中央部のマハバラット山脈からシワリク丘陵にかけての豪雨災害は、日降雨量最大500mmという豪雨により死者行方不明1,460名、全壊半壊家屋39,495家屋という大惨事に見舞われた。しかし、ネパール国ではいまだ交通手段も未整備で災害の実態の把握が困難である。よって、広域的な土砂災害の発生域や分布とその実態を把握し、適切な砂防計画や流域管理計画を樹立するための効率的な手法が求められている。

本調査では、ネパール国シワリク地方のラトゥ川を対象に、1993年6月の土砂災害に、衛星リモートセンシング技術と地理情報システム技術を適用し、生産土砂など土砂災害の実態を把握する技術を開発した。

2. 調査項目及び解析データ

2.1 調査項目

本調査は、ラトゥ川流域において土砂侵食や堆積のメカニズムを解明する目的で、以下に示す解析をおこなった。

- ・ラトゥ川の河道変動状況
- ・ラトゥ川流域の年間生産土砂量の把握
- ・1993年豪雨災害によるラトゥ川流域の生産土砂量の把握

2.2 使用データ

土壌侵食量の推定、河道のモニタリング、土砂の生産・運搬・堆積等の物理現象の把握を目的として、対象地域のGISデータベースを構築した。

本調査で使用したデータを表-1に示す。

表-1 解析使用データ

GISデータ	標高(20m)	地形図(1/50,000)
	道路	地形図(1/50,000)
	河川網	地形図(1/25,000)
	土地利用	土地利用図
衛星画像	Landsat_MSS	1973.3.14 観測
	Landsat_MSS	1977.3.20 観測
	Landsat_TM	1993.3.16 観測
	Landsat_TM	1995.3.22 観測

3. ラトゥ川の河道変動状況

本調査では、複数時期の衛星データより土砂堆積域を分類し、土砂堆積域の経年的な変化を調査した。調査手順は以下のとおりである。

- 1) 空中写真やその他の写真から得た情報を用いて、流域内で明確に確認できる土地被覆項目を選定した。本調査では、森林、畑地、河道、下流部の氾濫域、過去の氾濫域の5項目を設定した。
- 2) 上記5項目について、解析対象域の衛星リモートセンシングデータを目視判読して抽出した。
- 3) 各分類項目のサンプルエリアにおける分光反射率データを取得し、統計量を算出した。
- 4) 土地被覆項目ごとの分光反射率の違いを解析し、土砂堆積域を抽出した。

その結果、年平均の河道面積変化率を比較すると、最近の1993から1995年を除いて20年間程度のスパンで考えると、年間約0.014km²と一定状態を示している。したがって、年

表-2 ラトゥ川における土砂堆積域変化状況

	1973-77	1977-93	1993-95	1973-1995
土砂堆積域変化(km ²)	0.054	0.255	-0.032	0.277
時間間隔(年)	4	16	2	22
年間変化率(km ² /年)	0.014	0.016	-0.016	0.013

間 0.014km² が、ラトゥ流域での洪水期を含む河道面積変化量であると考えられる。

4. ラトゥ川流域の年間生産土砂量の把握

Honda(1993年)は、山岳地における土壌侵食モデルに、表面勾配を取り入れることを提案し、栃木県足尾地区に応用し、その適用性を検証している。このモデルは、土の基本侵食量と斜面勾配の2条件で構成しており、降雨データの整備されていないネパールにおいては特に有効である。

そこで、Honda(1993年)モデルを用いて、ラトゥ川の年間の生産土砂量の推定を行った。なお、このモデルを適用するにあたって、パラメータの1つである土壌の侵食量は、衛星データから得られる植生指標(NDVI)を利用する手法をとった。

Honda(1993年)モデルを式-1に示す。

その結果、1993年の土地被覆から得た土砂生産量は、年間 321,156 m³ と算出された。なお、この値はラトゥ川流域での年平均侵食量、3.89 mm/year に相当する。

$$(V_{Total})_i = \sum_{allpixels} E_{30} \left(\frac{S}{S_{30}} \right)^{0.9} \quad (式-1)$$

$(V_{Total})_i$: 流域 I の土砂生産量
 E_{30} : 斜面勾配 30° における土壌侵食量
 S : 斜面勾配
 S_{30} : $\tan(30^\circ)$

5. 1993年豪雨災害によるラトゥ川流域の生産土砂量の把握

4. で算出した土砂量は年単位であり、一降雨あたりの土砂量ではない。そこで、式-1の土砂生産モデルを年平均土砂生産量の算式から、洪水イベント時での土砂生産量の算出式に修正した。なお、モデルの修正にあたっては、支流が豪雨時に生産土砂量を増加させることは明白であるため、支流の地形状況が反映できるようなパラメータを土砂生産モデルに含めることを検討した。

修正にあたっては、地形状況を反映させる手法として、流域面積に対する支流の流路長の比である支流密度の概念を加え、支流の分布と洪水による土砂生産量とを関係づけた。

式-2に、地形状況を反映させた土砂生産モデルを示す。

その結果、土砂生産量 1.98 百万 m³ と算出された。したがって、ある流域の洪水時土砂生産係数が把握されていると、リモートセンシングの NDVI から洪水時の土砂生産量を把握することができる。

$$(V_{Total})_i = \sum_{allpixels} E_{30} \left(\frac{S}{S_{30}} \right)^{0.9} \times S_i \times \alpha_i \quad (式-2)$$

$(V_{Total})_i$: 流域 I の土砂生産量
 E_{30} : 斜面勾配 30° における土壌侵食量
 S : 斜面勾配
 S_{30} : $\tan(30^\circ)$
 S_i : 洪水時土砂生産係数 ($L_i * L_i / A_i$)
 A_i : 流域面積
 L_i : 流域内の支川長
 α_i : 土地被覆係数

5. 結論

本報告では、土砂管理に衛星リモートセンシング技術を適用すると、土砂生産にかかわる河道の変化や森林状態の悪化を把握でき、地理情報システムと組み合わせることで、豪雨災害時の土砂生産量が推定可能であることを示し、基本図の整備が不十分な発展途上国において本手法が非常に有効であることを示した。

今後の課題として、今回検討した手法について、他の流域あるいは次の洪水で確認することが必要である。