

数値地理情報と試行円弧安定解析を用いた土砂生産量予測

福島大学共生システム理工学類 学生会員 泉田隆治

福島大学共生システム理工学類 非会員 江坂悠里

福島大学大学院共生システム理工学研究科 正会員 川越清樹

1. はじめに

日本の国土は、環太平洋造山帯に属し地震活動が活発であることに起因し、急峻かつ複雑な地形、脆弱な地質から形成されている。そのため土砂生産が活発である。これに加え、気候システムの変動に伴い豪雨発生頻度の増加や融雪量の加速により、生産土砂量の増加が予想される¹⁾。福島県を流下する阿武隈川でも、近年、土砂生産増加に伴う河床変動や海浜の不安定化等の土砂に関わる利水、治水、環境問題が着目されており、総合的な土砂管理体制の整備が望まれている。こうした総合的な土砂管理を計画する上で、土砂生産量のポテンシャル量を求めることが必要である。以上の背景をふまえ、本研究では、阿武隈川流域における斜面崩壊危険度、土砂生産量のポテンシャルを明らかにするため、土砂生産モデルと土砂生産ポテンシャルマップの開発に取り組んだ。本研究の内容は以下、①、②に示すとおりである。

①試行円弧すべりを基とした土砂生産モデルの開発
②阿武隈川流域における土砂生産ポテンシャルマップの開発

先行研究として、統計的なアプローチによる土砂生産モデル¹⁾、無斜面限長安定解析による土砂生産モデル²⁾も開発されているが、本研究では、すべり面形状が明らかとなり生産土砂量が定量化できる試行円弧法による解析手法でモデルを検討した。

2. データセットおよび解析方法

2.1 データセット

数値地理情報として、地質データに数値地質地図 G20-4 20 万分の1 数値地図数値図幅(独立行政法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター 発行)、地形データに数値地図標高 50m メッシュ(国土交通省国土地理院 発行)を利用した。いずれも解像度 50m×50m の空間情報である。またポテンシャルの検討を行うために河床変動データ(国土交通省福島河川国道事務所 提供)も利用した。

2.2 解析手法

土砂生産および斜面安定度のポテンシャルモデル

表-1 モデル構築における設定パラメータ

粘着力C	0～25[kN/m ²]
内部摩擦角φ	5°～55°
斜面角度	5°～55°
水位変動	飽和水位から1mピッチの変化

を開発するため、試行円弧解析手法を利用し、最大抑止力を示す最少安全率と最少安全率を示す円弧より生産土砂量を求めた。安全率 F_s は抵抗力と滑動力の比として式(1)を用いて物理的に求められる。式(1)は円弧の計算式である。

$$F_s = \frac{\sum s}{\sum \tau} = \frac{\sum \{cl + W \cos \alpha \tan \phi\}}{\sum W \sin \alpha} \quad \dots (1)$$

ここで F_s :安全率, s :抵抗力, τ :滑動力, c :粘着力, ϕ :内部摩擦角, α :傾斜角, l :部分長さ, W :単位体積重量である。

この試行円弧解析を、粘着力、内部摩擦角、斜面傾斜度、水位に示される各パラメータの値に応じて実施した。各パラメータ条件に応じた最少安全率、生産土砂量を求め、パラメータ条件と関数化を測ることでモデルは構築される。この関数を、地形、地質の数値地理情報、そして降雨により変化する地下水に当てはめることで流域のグリッドセルに応じた安全率、生産土砂量を定量的に示すこととした。また、阿武隈川流域の土砂生産ポテンシャルマップはこのモデルのアルゴリズムから求める。モデル検討パラメータ条件を表-1 に示す。

3. 解析結果

3.1 土砂生産モデルの開発

試行円弧安定解析による安全力の出力は、パラメータは斜面傾斜度をベースに線形式で統計的に関連づけられることが明らかにされた。また、斜面傾斜度に応じてほぼ最少安全率を示す円弧が同一形状を示すことが明らかにされ、同一形状のすべり層厚から土砂生産量も定量的求めることができる。(図-1 参照)。なお、円弧すべり形状より本モデルが捉える土砂生産は、すべり層厚 10m 程度の浅層すべりであることが明らかにされた。以上の過程に従い各情報の線形関係を数値地理情報に当てはめることで土砂

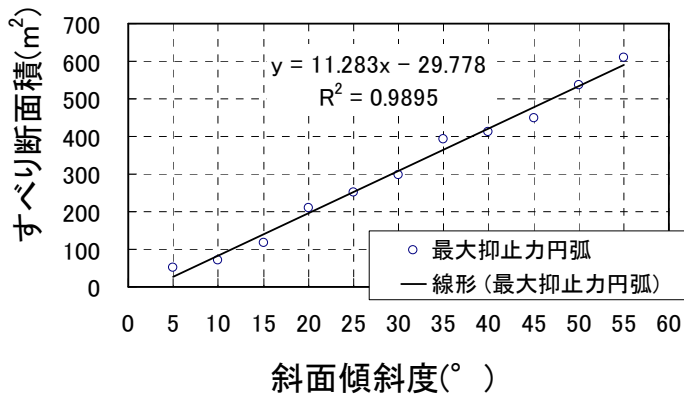


図-1 円弧すべり断面積と斜面傾斜度

生産モデルは開発されている。

3.2 マップによる解析結果

a) 安全率

土砂生産の前段となる解析結果として安全率の空間情報(図-2 阿武隈流域の水位 GL-1m と水位なしの安全率のポテンシャル分布参照)を示す。水位なしの結果では、阿武隈流域の広い範囲で安全率 $F_s=1.00$ 以上の安定度の高い地域が分布する。安全率 $F_s=1.00$ 以上となる地域では、福島県域では二本松市西方の安達太良山・箕輪山周辺、吾妻山東麓、福島市の摺上山周辺、宮城県域では七ヶ宿町周辺である。水位 GL-1m の結果では、流域全体で水位なし時と比較すると安全率が低下する地域の拡大が見られる。福島市南部吾妻山周辺、那須岳東麓甲子地域や宮城県蔵王山周辺地域を中心に安全率 $F_s=1.00$ を下回る地域が拡大する。また、山岳地域以外にも福島県二本松市西部の山裾部など比較的市街地に近い地域でも低い安全率分布を示した。

b) 土砂生産

図-3 に地表面飽和時の土砂生産ポテンシャル分布を示す。土砂生産量が多く見込まれる地域としては阿武隈川左岸に位置する蔵王連峰、吾妻連峰、安達太良山、那須岳らの奥羽山脈側となった。また、阿武隈河川沿いの福島県と宮城県の県境地域でも比較的高い土砂生産ポテンシャルを持つことが明らかにされた。

4. 考察および結論

本研究を通じて、試行円弧すべりを基とした土砂生産モデルと阿武隈川流域における土砂生産ポテンシャルマップを開発した。マップの解析結果より、土砂生産ポテンシャルの高い地域は、主に火山帯地域に属し脆弱な地質を有している奥羽山脈周辺の場合が多いことが明らかにされた。河床変動データから福島市内から伊達市内の河床上昇が認められて

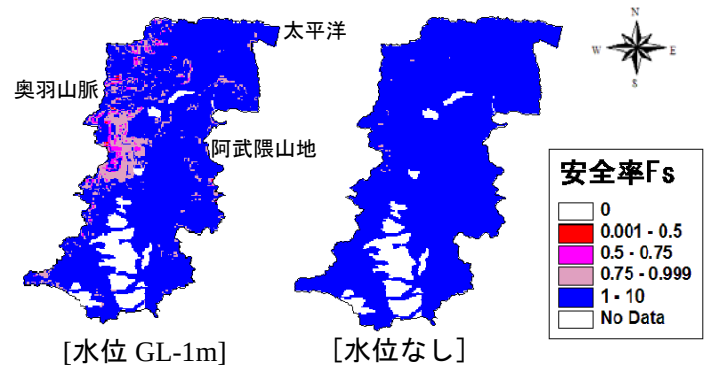


図-2 阿武隈川流域 斜面安全率分布

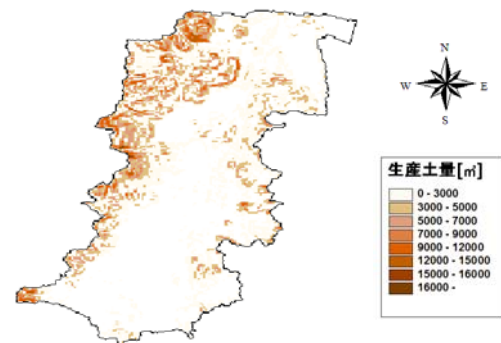


図-3 阿武隈川流域土砂生産量ポテンシャルマップ

いるが、これは吾妻連峰を水源とする松川、荒川の土砂生産の影響が大きいと推測される。また、奥羽山脈の地域は社会基盤が乏しく直接的な被害が生じにくいものの、今後の豪雨頻発や融雪加速の影響による地下水帯の変化による土砂生産の増加が見込まれ、土砂生産による河床上昇や河川構造物の堆砂が危惧される。そのため、洪水リスクや河道の環境変化も予測される。本研究より土砂生産のポテンシャルを示すモデルが開発されたが、今後の課題として、降雨分布、地下水分布状況のデータも考慮しながら流砂、堆積の予測を行うことが必要である。これらを考慮することで総合的な流域に対する土砂管理への貢献が期待できる。

謝 辞: 阿武隈川河床変動データは国土交通省福島河川国道事務所提供を受けた。福島本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (S-8)、東京都の気候変動の影響に関する連携研究の支援により実施された。ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) K. Ono et al, Distributed specific sediment yield estimation in Japan attributed to extreme rainfall induced slope failures under a changing climate Hydrology and Earth System Sciences, Vol.15, pp.197-207, 2011.
- 2) Iida, T: A stochastic hydro geomorphological model for shallow landslide due to rainstorm, CATENA, Vol.34, Issues 3-4, pp.293-313, 1999.