

土層の形成と輸送シミュレーションに基づいた表層崩壊の再現周期の推定 Estimation of recurrence interval of shallow landslides using a simulation for soil layer development

○渡壁卓磨・松四雄騎

○Takuma WATAKABE, Yuki MATSUSHI

The spatiotemporal development of the soil layer was simulated to estimate the soil layer recovery time in the hollows where shallow landslides occur, as well as the rates of elevation change, along granite and hornfels hillslope in Shirakawa watershed in Kyoto city, Japan. The soil recovery time after a soil removal event in the hillslope hollows is estimated to be 500–600 years along the granite hillslope and 8000–10000 years along the hornfels hillslope. Similarly, the hillslope lowering rates are about ten times higher along the granite hillslopes than along the hornfels hillslopes. Rapid hillslope lowering and soil accumulation along the granite hillslope cause a larger volume of soil evacuation from the watershed through soil production, transport, and shallow landslides, which leads to rapid hillslope denudation. These interactions result in the formation of contrasting soil-mantled landscapes in areas underlain by granite and hornfels bedrock.

1. はじめに

土層に覆われた丘陵地斜面において、表層崩壊の発生周期を明らかにすることは、土砂災害の発生による被害を軽減するために重要である。近年、宇宙線生成核種の分析手法や航空レーザー測量を用いた地形解析手法の発展により、土層の形成速度や輸送に関わる係数を定量化することができるようになった。これらの結果を組み込んだ土層発達のシミュレーションにより、丘陵地斜面で土層発达到に要する時間を推定することが、可能となる。そこで本研究では、花崗岩とホルンフェルスを基盤とする斜面において、土層の形成と輸送のシミュレーションに基づいて、表層崩壊の再現周期を推定した。

2. 研究対象地域

研究対象地域は、京都市東山の白川流域内にある花崗岩とホルンフェルスの丘陵地斜面である。ジュラ紀の付加体は、白亜紀の花崗岩の貫入に伴ってホルンフェルス化しており、相対的に標高の高い稜線を呈する。白川流域の出口には、過去の土石流イベントにより形成された扇状地が発達している。そのため、この流域内で表層崩壊が、過去に何度も発生している。それぞれの地質から、崩壊発生の危険性の高い土層厚を示す斜面を選定した。

3. 研究方法

土層直下のサブロライト中に蓄積されている宇宙線生成核種 ^{10}Be の分析により、土層の形成速度を決定した。高解像度の数値地形モデルを用いて、土層厚と地形曲率の関係性を明らかにした。

土層の発達のシミュレーションには、Arc GIS のモデルビルダー機能を用いて、丘陵地斜面における土層の形成と輸送を一年ごとに繰り返し計算した。この計算によって出力される地形変化は、基盤岩の風化による土層の形成と斜面下方への土砂輸送によるものであり、河川による下刻や遷急線の後退による影響は考慮されていない。

4. 結果

土層の形成速度は、両方の斜面で土層厚の増加とともに指数関数的に減少し、どの深度でも花崗岩斜面のほうが速かった。いずれの地質の斜面でも、尾根から谷頭凹地に向かって土層は厚くなったが、花崗岩斜面の土層厚は相対的に薄かった。花崗岩斜面では 0.16–1.17 m の土層厚であるのに対して、ホルンフェルス斜面は 0.15–2.36 m の土層厚であった。土層の形成速度と土層厚の空間分布の関係から推定される土層の輸送係数は、ホルンフェルス斜面と比べると花崗岩斜面のほうが約 4

倍も大きかった。

地形曲率と土層厚の関係から推定される谷頭凹地の平均的な土層厚は、花崗岩斜面で 0.8–1.2 m、ホルンフェルス斜面で 1.4–1.9 m であった(図 1)。表層崩壊の発生場となる谷頭凹地から、花崗岩斜面では 80%, ホルンフェルス斜面では 60% の厚さの土層を人為的に取り除き、花崗岩斜面では 0.2–0.3 m、ホルンフェルス斜面では 0.6–0.8 m の土層厚になった。この状態から土層の形成と輸送のシミュレーションを行い、現状の土層にまで回復する時間と土層の形成に伴う尾根の低下速度を推定した。

花崗岩斜面では 500–600 年で元の状態までに土層厚が回復するのに対して(図 1A)、ホルンフェルス斜面の回復時間は 8000–10000 年を要した(図 1B)。また、土層の形成と輸送によって生じる尾根の低下速度は、花崗岩で 1.2 m/kyr であるのに対して、ホルンフェルス斜面では 0.1 m/kyr であった。

の形成が速く、ソイルクリープによる土砂輸送の効率性が高いため、土層の回復時間および斜面の低下速度に 10 倍以上の差が生じた。ある花崗岩の小流域では、数百年間隔で表層崩壊が発生していることが報告されている。本研究で得られた 500–600 年という個々の谷頭凹地での土層発達に要する時間は、花崗岩小流域内において数百年間隔で表層崩壊が発生するという事実と整合的である。それに対して、ホルンフェルス斜面では、谷頭凹地での土層の集積に 8000 年以上の時間を要するため、降水量が増加したとされる完新世において、表層崩壊が一度程度しか発生していないことが示唆される。花崗岩斜面で土層の形成に伴う斜面の低下と谷頭凹地への土層の集積が速く起こるため、多量の土砂が流域内から排出されているであろう。それゆえ、土層の形成・輸送および表層崩壊による土層の除去といった地形削剥速度の差異が、花崗岩とホルンフェルスの差別削剥地形の形成に関与している可能性が示唆される。

5. 考察

花崗岩斜面はホルンフェルス斜面よりも、土層

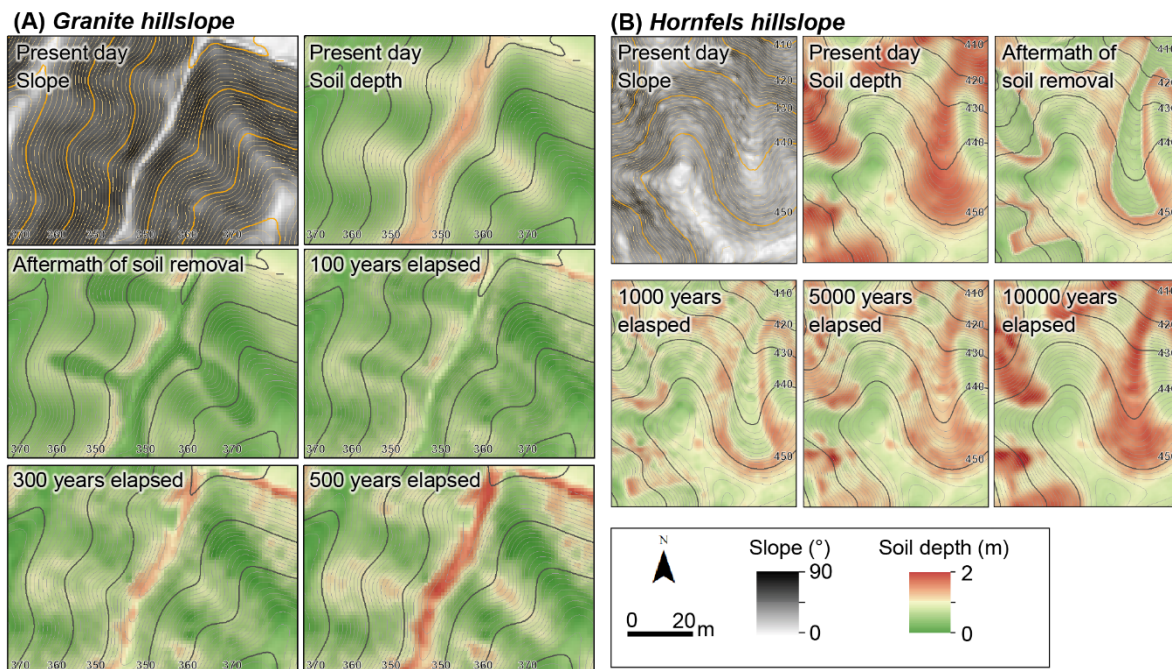


図 1 京都市東山白川流域内の花崗岩とホルンフェルス斜面の土層厚の時空間変化