

大起伏山地における大規模岩盤崩壊の発生場と誘因：地形解析と露出年代測定からの推定
Locations and Triggers of Large-scale Bedrock Landslides in High-relief Mountainous Terrains:
Insights from GIS-based Topographic Analysis and Exposure Dating

○松四雄騎・松崎浩之・吉田英嗣・金田平太郎

○Yuki MATSUSHI, Hiroyuki MATSUZAKI, Hidetsugu YOSHIDA, Heitaro KANEDA

Several recent heavy rainfall events in Japan reveal the sensitive nature of deep-seated landslide occurrence to rainfall anomaly, which invokes potential influence of both of natural and anthropogenic climate change on such catastrophic mass movements in mountainous terrains. A combination of gravitational deformation of hillslopes under long term tectonic activity and episodic deep-seated landsliding by climate forcing may progress the mountainous landscape evolution. The present study attempts to verify the role of climate change in shaping the mountainous landscapes by dating of paleo bedrock landslides using terrestrial cosmogenic nuclides in Japanese Alps. Samples for exposure dating were collected from top of a boulder on landslide deposits or bare rock slip surface exposed since the landslide. Effect of snow shielding on nuclide production were corrected for accurate determination of exposure ages, and the correction procedure was calibrated by ^{14}C dating for some deposits yielded by the identical event for cosmogenic exposure dating. The ages of landslide deposits concentrated in Holocene especially at just after the Termination I (transition from the last glacial to present inter glacial era) and also recent period during the last 3 kyr. These results imply that climate change has potentially instigated the landslide occurrence and thus contributed to form and maintain bedrock dominated steep topography adjacent to incised valleys in mountainous ranges.

1. はじめに

隆起量が大きく侵食の活発な山地では、一般に急傾斜の長大な直線斜面が発達し、いわゆる谷の切り合いが発生して、稜線の尖った、大起伏な山岳地形が出現する。このような地形は、河川の下刻とそれに対する斜面の応答としての岩盤崩壊の繰り返しによって形成され、隆起と侵食が釣り合った動的平衡状態にあるものと考えられているが、その検証は十分でない。

山岳の発達過程を理解し、それに基づく山間地集落の斜面防災を考える上では、過去の斜面変動が、どこで、どのような引き金によって発生してきたのかを復元することが重要となる。本研究では、日本の中部山岳地帯を対象に、地理情報システム (GIS: Geographic Information Systems) 上での地形解析、単純化した力学モデルによる斜面発達過程の検討、造岩鉱物中の宇宙線生成核種 (TCN: Terrestrial Cosmogenic Nuclides) を用いた岩盤崩壊の発生年代の復元を行う。これにより、斜面地形の空間的分布とそれを作り上げてきた斜面変動プロセスのメカニズムと時間的な履歴

を解明し、岩盤崩壊が山岳地形の形成にどのような役割を果たしているのかを明らかにすることが重要である

2. 調査地域および方法

日本の中部山岳全域を対象とし、GIS による崩壊地形の解析、代表的な地点の現地地形・地質踏査、TCN による崩壊発生年代決定のための崩壊堆積物の採集を行った。

GIS 上での解析にあたっては、防災科学技術研究所の発行する地すべり地形分布図を援用して規模や頻度を解析するとともに、個別崩壊地に対して詳細な地形構造の分析を行った。崩壊の力学的モデリングでは、河川の下刻による斜面の下部切断とそれに伴う不安定化をカップリングさせ、谷密度や岩盤強度などのパラメータに規定されて岩盤崩壊が発生するモデルを構築し、GIS から得られる実際の地形データに照らして妥当性の検証を行った。

TCN 年代測定では、崩壊によって露出した岩盤面や、その際に生産された岩屑を分析対象とする

ことで、その崩壊の発生年代を推定した。崩壊堆積物上の巨礫の頂部あるいは給源である露岩斜面の表面から試料を採取し、化学処理を行って石英を抽出し、その中に含まれる宇宙線由来の ^{10}Be を加速器質量分析によって定量した。試料採取地点の緯度、高度、周囲の地形および積雪による遮蔽を考慮して ^{10}Be の年間生成率を推定し、試料となった岩石の露出年代を算出した。

3. 結果および考察

中部山岳地域には全域にわたって岩盤崩壊の痕跡地形が分布し、その規模-頻度分布曲線はべき関数で近似できる。ただし、崩壊の規模が大きくなるほど頻度の減少が顕著になり、崩壊の規模が斜面長の制約を受けていることを示す。また崩壊によって更新された斜面は、傾斜が $30\text{-}40^\circ$ で、少なくとも中腹が一様勾配となることが多い。この勾配は斜面を構成する岩盤の強度を反映しているものと考えられる。

河川の下刻と斜面の岩盤崩壊をカップリングさせたモデルでは、実際の崩壊地形を説明するため

には、小さな岩盤強度を想定する必要があることが明らかとなり、岩盤中に存在する不連続面が岩盤強度を規定していることが示唆された。モデルの出力として得られる斜面勾配の統計的空間分布を、実際の地形データに照らして検証を行ったところ、山岳地形を構成する斜面は、下刻に伴う遷急線の形成と岩盤崩壊による全面更新を繰り返す準動的平衡状態にあると解釈できることが明らかとなった。

中部山岳に遍在する崩壊堆積物の TCN 露出年代からは、多くの岩盤崩壊が完新世に発生していることが明らかとなった。このことは岩盤崩壊の引き金として、地震動よりもむしろ降水量の増加や山岳永久凍土の消失などの気候変動の影響が強く働いていることを示唆している。

以上のことから、大起伏山地での岩盤崩壊は、河川の下刻の進行に伴って不安定となった部位を除去し、一様急勾配の動的平衡斜面を維持する役割を担っており、その作用の強弱は、氷期-間氷期サイクルとともに周期変動しているものと考えられる。