学　位　審　査　報　告　書

（ふりがな） 氏　　名	（ゴラムレザ　　ショアイ） Gholamreza Shoaei
学位（専攻分野）	博　士　（　理　学　）
学位記番号	理　博　第　　号
学位授与の日付	平成 22 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科　地球惑星科学　専攻
（学位論文題目） The effect of soil layer heterogeneity and historical land use on landslide initiation （土層の不均質性と歴史的土地利用が斜面崩壊の発生に及ぼす影響）	
論文調査委員	（主査）　釜井俊孝　教授 岩田知孝　教授 寺嶋智巳　准教授

理　学　研　究　科

（ 続紙 1 ）

京都大学	博士（　　理学）	氏名	Gholamreza Shoaei
論文題目	The effect of soil layer heterogeneity and historical land use on landslide initiation （土層の不均質性と歴史的土地利用が斜面崩壊の発生に及ぼす影響）		

（論文内容の要旨）

降雨時における山地斜面の崩壊の研究において、降雨浸透に対する土層の不均質性の影響とそれを反映した斜面安定度の時間的変化はほとんど明らかになっていない。本研究では、2006 年に長野県岡谷市で発生した大規模な土石流災害の際、山頂付近で発生した斜面崩壊に注目し、山地斜面の水文地形構造の詳細な調査、降雨流出特性の観測、土壌の物理的性質の把握、降雨浸透解析、崩壊の安定解析等を組み合わせた統合的なアプローチによって斜面崩壊現象の解明を目指した。岡谷災害で生じた崩壊は、崩壊発生前の降雨の時間降雨強度が比較的小さく、地形も山地としてはなだらかな斜面で発生し、しかも降雨のピークから若干遅れて発生した特異な斜面崩壊である。本研究では、そうした特異性の原因が、広義の土地利用史を反映した斜面の土層構造にあることを明らかにした。すなわち、挟在される黒色有機質土（以下、クロボク）がもたらす異方的な土層構造の影響と、人工的な平坦面化による地表流の停滞がもたらす降雨浸透能の増加である。

崩壊源から上流の集水域に向かって、岩盤の上面は箱形の谷状凹地を形成しており、クロボクは主にこの凹地で厚く堆積している。原位置透水試験によって求めたクロボクの飽和透水係数は上下の土層よりも１オーダー小さい。さらに、水分保持特性について見ると、毛管水・吸着水等の水分貯留に関わる間隙量が多く、かつ重力排水可能な圃場容水量も多い。これらの結果は、クロボクでは浸透した水分量に応じて多量の水分貯留または排水が可能であり、この事が遅い流出とその後の大量の水の移動の要因となり得る事を示している。土壌水分量の原位置降雨応答観測でもこれを支持する結果が得られ、降雨応答はクロボクを境に上下で大きく異なり、クロボクを含む下位の土層の応答は上位のローム層に比べてかなり遅れることが確認できた。

以上の結果を基に、２次元非定常飽和不飽和浸透流解析を行った。まず、土壌水分の現地観測結果を的確に再現できる様、van Gnuchten モデルの水理定数のフィッティングを行い、最適な水理定数の組み合わせを求めた。次に、クロボクと平坦面の有無の４パターンについて、災害時の降雨を入力とした解析を行い、静水圧水頭の時空間分布を求めた。その結果、クロボクと平坦面の両方が存在する現実のケースでは、実際の崩壊発生時刻付近で、崩壊源の背後に最大 3m に達する高い静水圧水頭の分布域が形成された。これに対し、クロボクや平坦面が存在しない条件では、発生する静水圧水頭は半分以下であり、高い静水圧水頭の分布域も現実の崩壊とは一致しなかった。次に、浸透流解析で求めた間隙水圧分布を入力として、２次元斜面安定解析を行った。その結果、クロボクと平坦面の両方が存在する現実のケースでは、崩壊の発生時刻付近で斜面が不安定化する事が確かめられた。一方、それ以外のケースでは実際の崩壊時刻に斜面が不安定化する結果は得られなかった。これらの結果は、歴史的土地利用を反映したクロボクと人工平坦面の存在が、斜面崩壊の発生に重要な影響を与えたことを示すものである。

（続紙　２　）

（論文審査の結果の要旨）

研究対象地域に分布するクロボクは、その絶対年代から見て縄文時代に形成された有機質土壌である。SEM 画像では微粒の炭化物を含む事から、考古学的には狩猟を目的とした人工的な森林火災によって形成された可能性が高いと言われている。また、集水域内に見られる平坦面は江戸時代の集約的な農地形成を反映する地形改変であり、水文学的には地表流の停滞による浸透能の増加をもたらすと考えられる。これらは、広義には歴史的土地利用と言えるものであるが、申請論文はこれらが 2006 年 7 月 19 日に長野県岡谷市で発生した、やや特異な斜面崩壊の重要な要因であった事を実証的に示そうとした試みである。

この崩壊が特異な点は、時間降雨強度が最大でも約 20mm/h と、一般的に崩壊が多発すると考えられている閾値よりも小さかったこと、崩壊は時間的に降雨のピークから遅れて発生したこと、また斜面の傾斜が 18°～24°と山地としては緩傾斜であった事の 3 点である。したがって、上記の目的のためには崩壊の発生時刻と場所の両者について検討する必要がある。

そこで申請者は、まず集水域での稠密な土層調査を行い、土層厚と構造を明らかにした。次に、原位置での透水試験、サンプリングと室内透水試験、テンシオメーターによる土壌水分の長期にわたる降雨応答観測を行い、種々の土壌水理定数を土層毎に求めた。これらの結果を総合すると、崩壊地点よりも上部の斜面にはクロボクが厚く堆積する谷状凹地が埋没しており、クロボクの土壌水理特性を反映してこの凹地の地下水貯留機能は周囲の斜面に比べて高く、流出遅れの原因となっている事が判明した。

次に申請者は、非定常の飽和不飽和浸透流解析とその結果を用いた斜面安定解析を行い、降雨浸透によって斜面崩壊に至る過程を再現しようと試みた。すなわち、現地観測結果を利用して土壌水理定数をフィッティングした後、2006 年の崩壊時における降雨を入力し、崩壊発生時の静水圧水頭と斜面安定度の時空間分布を求めた。その結果、崩壊発生時刻の付近では、クロボクが堆積している凹地の土層下部、特に崩壊源の背後に極めて高い静水圧が発生する事が示された。この時点における斜面安定度の分布を調べると、現実の滑落崖を通る崩壊源上部のすべり面で斜面が不安定化する事が説明できた。一方、クロボクと平坦面をそれぞれ取り去った解析では、静水圧の発生は抑制されるため、現実と解析における崩壊時刻の一致は見られなかった。

すなわち、申請者は、土層構造の不均質性・異方性が斜面崩壊の発生に及ぼす影響を具体的かつ詳細に明らかにすることに成功していると言える。この土層構造は、歴史的土地利用を反映したものであり、同様の地形・地質・水文条件を有する斜面は我が国のみならず国外にも広く分布していることから、本研究の適用性は高いものと考えられる。以上の諸点から、申請論文は当該分野の進展における重要な一歩を印したものと評価できる。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 21 年 11 月 12 日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。