

## 学位論文の要旨

中世山城跡の地形改変が土砂移動に与える影響

—広島花崗岩地域を中心として—

論文題目 The influence of the artificial terrain alterations of medieval mountain castle sites on mass movements: examples in the area of Hiroshima granite

広島大学大学院総合科学研究科

総合科学専攻

学生番号 D196043

氏名 猪股 雅美

### 論文の要旨

本研究は、前近代の人為的な地形改変である中世山城跡が土砂移動に与える影響について明らかにすることを目的としたものである。広島花崗岩地域の東広島市を中心に、GIS（地理情報システム）による分析と現地調査や土壌分析、モデルによるシミュレーションなどをおこなうことで、研究の結論を得た。

第1章ではまず近年の気候変動による大雨発生回数の増加や、それに伴う土砂災害の増加、そして人為的な地形改変が土砂災害の要因となる事例を挙げた。地形改変履歴の公表対象外である中世山城跡が山中に多く残る東広島市は、人口の急増に伴う住宅地の拡大により、山城跡の近接地域付近にまで宅地開発が進みつつある。それゆえに既存の宅地に対する警戒区域の指定や災害履歴の把握のみでは、新規の開発地や避難経路の安全を十分に考慮できない現状がある。数 m～数十 m の切土や盛土を伴う山城の構造と、東広島市に立地する中世山城跡の過去の土砂移動履歴を示すことで、中世山城跡と土砂移動の関係について研究をおこなう必要性を述べた。

第2章では東広島市の分析範囲内について、GISを用いて平成30年7月豪雨で発生した土砂移動の崩壊箇所（土砂移動現象の崩壊源）の地質、傾斜・曲率といった地形の特徴について、50mmごとに雨量を区分した分布図を作成し、雨量別に分析した。その結果、総雨量が増加するほど崩壊密度も大きくなったことから、崩壊密度と総雨量には関連が見られた。また、これまで災害に脆弱とされていた花崗岩だけではなく、流紋岩が分布する地域でも、総雨量が350mmを超えるような豪雨の場合で土砂移動が多く発生することがわかった。さらに、尾根型の地形での土砂移動発生が、総雨量400mm以上の地域で多発していたこともわかった。これらの現象は先行研究（松下ほか、2010）より、多量の降雨によるものだと考えられる。雨量別に分析をおこなったことで、今後の豪雨時に東広島市の分析範囲において土砂移動が発生する大まかな雨量の指標を、地質や地形別に示すことができた。

第3章では、東広島市の分析範囲内において流域界を作成し、遺跡範囲とされる位置を含む下部斜面の流域界で、平成30年7月豪雨で土砂移動が発生していた遺跡を抽出した。その結果、下部斜面で土砂移動が発生していた遺跡の中でも特に中世山城跡が、分析範囲内の城跡124件のうち51件と突出して多く抽出された。51件の城跡の8割以上が広島花崗岩類に立地し、比高の大きい山城が多かった。そのため、土砂移動の要因として、花崗岩の山体であることが考えられた。しかし、抽出された城跡下部での崩壊箇所について、第2章と同様に傾斜・曲率といった地形の特徴を雨量別に分析し、分析範囲全域と比較した結果、城跡下部では、分析範囲全域と比較して、雨による影響をより大きく受けていた。さらに地形改変の影響を把握するために崩壊面積比を算出し、比較した結果、350mm以上400mm未満の総雨量地域において城跡下部斜面の崩壊面積比は分析範囲全域の約3倍であった。城跡の下部斜面での崩壊面積比が大きい事は、崩壊土砂量が増大していることを示しており、地形改変の影響が考えられる結果といえる。つまり、平成30年7月豪雨において下部斜面で土砂移動が発生していた遺跡の中でも特に中世山城跡が突出して多く抽出されたのは、花崗岩の山体であることだけでなく、城跡の地形改変が影響しているという結果となった。これは、降雨の流下が遅くなる平坦部の郭や、集水の際に流入速度が大きくなると考えられる急傾斜の切岸、集水しやすい窪地である堀切や堅堀などといった空堀部などの、数m～十数mの高低差を持つ切土・盛土の人為的地形改変を伴う山城遺跡の特徴が要因と考えられる。

第4章では、城跡のどのような地形改変が土砂移動に影響しているかを調べるため、城跡遺構と平成30年7月豪雨における城跡下部斜面での土砂移動について、城跡の略測図である遺構図(村田・服部, 2003)を用いて崩壊箇所上部遺構を調査した。さらに、遺構図に記載された過去の土砂崩れの跡についても同様の調査をおこなった。その結果、平成30年7月豪雨での土砂移動と遺構図に記載された過去の土砂崩れ跡の崩壊箇所上部遺構は、堀切などの空堀下部が最も多かった。城跡の地形改変で特に空堀が土砂移動に影響していることが判明したことは、崩壊源の予測につながる結果といえる。

第5章では、GISの分析では把握することができない山城跡の下部斜面について、東広島市西条町の、鏡山城跡、ががら山城跡(鏡山城ががら地区)、八幡山城跡、陣ヶ平城跡、二神山城跡、阿瀬地城跡、卯月城跡で現地調査をおこなった。山城跡7件全ての崩壊斜面周辺で、土砂災害の素因とされる広島花崗岩のマイクロシーティング構造が確認されていることから、調査地域では上部からの集水の増加で容易に土砂移動が発生する地質であると考えられた(千木良, 2002)。さらに空堀の位置を確認した山城跡では、各空堀から平成30年7月豪雨で発生した土石流の崩壊源にかけての斜面には、流路の痕とみられる1m程度の深さの溝状の窪地形が続き、土中の湿度が保たれた水分が多い場所に生育する多年生シダ植物のウラジロ(村田・谷城, 2006)

が繁茂していたため、周辺よりも集水していることがわかった。また、遺構図が存在する各山城跡の空堀位置の土壌硬度は 1.3~8.2 [mm] (0.01~0.09 [MPa]) の測定値であり、「超軟弱地盤」と評価される値であった。一方、遺跡内の空堀ではない地点での表土の土壌硬度は、各山城跡の空堀位置平均値と比較して 4.43 倍の支持強度であった。7 件の山城跡のうち、ががら山城跡と二神山城跡については空堀内部の土壌を検土杖により採取して粒度分析をおこなった。その結果より、空堀内は透水性の大きい粗粒砂や中粒砂で構成されていることがわかった。以上の空堀部の土壌硬度と粒度分布による土壌特性の分析より、空堀部が超軟弱地盤であり、深部まで透水性の大きい粗粒砂や中粒砂で構成される未固結の土壌で埋まっていることが確認できた。

第 6 章では地形改変が土石流流路に与える影響について確認するため、災害前の地形データを用い、地形データのみを用いた土石流シミュレーションと、遺構図に基づき設定した城跡遺構の地形改変部が反映したモデルに **Augmented Reality** (拡張現実) の技術を用いて実施した降雨シミュレーションの結果を比較した。その結果、城跡遺構が反映したモデルでは、平成 30 年 7 月豪雨時と流下方向が一致した。地形データのみを用いた土石流シミュレーションの結果は実際の流下方向とは異なったことから、城跡の空堀部が周囲よりも透水性が大きい地盤となっているなど、土質が大きく異なるにもかかわらず、地形に大きくは反映していないことが影響していると考えられた。集水域と流下方向が可視化されたことにより、空堀部が未固結堆積土で埋まり、周囲の土壌と比較して透水性が大きいことが示された。

第 7 章では、遺構図による過去の崩れ跡調査、平成 30 年 7 月豪雨における東広島市分析範囲内の城跡での崩壊面積比の地質別比較、立地する地質が異なる城跡の空堀内部土壌分析、空堀下部斜面の窪地形内部に混在した岩石の地質別分析、の 4 つの手法で地質が城跡下部での土砂移動に与える影響の程度を検討した。それぞれの結果は、城跡の立地する地質で過去の土砂崩れ跡数に大きく違いがあり、特に花崗岩に立地する城跡で多いこと、中世山城跡の空堀下部斜面で発生した土砂移動は花崗岩と流紋岩では同程度に地形改変の影響があること、しかし風化による生成物の違いにより空堀内土壌の透水性が異なり、花崗岩類に立地する山城跡の空堀のほうが流紋岩類に立地する城跡より、豪雨の際に下部斜面への排水量が増えること、を示した。これらの結果から、花崗岩地域に立地する山城跡に土砂移動発生の危険性が高いことがわかった。

第 8 章では、比高が 20m と低丘陵に立地する、藤が迫城跡（八本松正力）の発掘現場を調査した。平城に分類されるような比高の小さい城跡でも、堀切部下部で土砂の流出を確認できたことなどから、城跡下部の土砂移動には人為的な地形改変が影響しており、山中に立地する城跡に限ったリスクではないと考えられる。低丘陵の城跡でも空堀が下部斜面への流路となっていることが確認できたため、山麓で住宅地開発が進む地域においては山城跡と同様の土砂災害リスクとして注意が必要であること

がわかった。

各章の結果より、城跡の空堀内部の土壌が未固結で透水性が大きいこと、空堀から崩壊源まで窪地形が続き、窪地形にウラジロが群生していること、などにより、豪雨時に透水性が大きい山城跡の空堀に集まった水が流下し、流れ込んだ先の斜面で土砂移動を発生させたことがわかった。空堀遺構が流路となっていることは、ARによる降雨の流下方向の可視化などからも確認ができた。城跡下部斜面の土砂移動は土砂移動事例の一部ではあるが、中世山城跡の下部斜面で土砂移動が発生するメカニズムや、土砂災害リスクとなる危険箇所を特定したことは、将来発生する土石流流路の予測を可能にし、城跡下部において、新規住宅の開発や今後の避難計画等の立案といった防災に役立てることができると考えられる。

本研究では、前近代の人為的な地形改変である中世山城跡が土砂移動に与える影響について調査・分析をおこなった。その結果、地形を改変して造られた山城遺構の空堀が、豪雨時の流路となり、空堀下部斜面での土砂移動の発生に影響していることを確認した。特に花崗岩地域に立地する山城跡に、土砂移動発生リスクが高いことが判明した。