

長野県神城断層地震に伴う斜面崩壊・地すべり発生分布特性

桂 真也・木村 誇・丸山清輝・石田孝司

1. はじめに

2014年11月22日22時8分ごろ、長野県北部の深さ5kmを震源とするマグニチュード6.7の地震が発生し、長野県長野市、小谷村、小川村で最大震度6弱を観測した¹⁾。この地震により、小谷村や白馬村を中心に多数の斜面崩壊や地すべり等が発生した。本研究では、長野県の命名に従い、この地震を「長野県神城（かみしろ）断層地震」と呼ぶこととする。

近年、日本では、長野県神城断層地震をはじめとして各地で大規模な地震が頻発しており、多数の斜面崩壊等が発生して大きな被害をもたらしている。大規模地震による土砂災害を防止・軽減するには、地震調査研究推進本部地震調査委員会の公表する全国地震動予測地図等に基づいて想定する地震により斜面崩壊等が発生する可能性が高いエリアを予め把握し、必要に応じて斜面監視等を行うことや、地震発生後に斜面崩壊等が発生している可能性が高いエリアをただちに抽出し、被害状況の調査や二次災害防止のための緊急対応を行うことが重要である。そのためには、地震による斜面崩壊等の発生箇所の分布特性を明らかにする必要がある。

以上を踏まえ、本研究では、長野県神城断層地震に伴う斜面崩壊等の発生箇所の分布と地震の諸元（震源、震度など）との関係を整理し、既往研究を踏まえながら考察を加えた。

2. 方法

2.1 データの収集

2.1.1 地震に関するデータ

本研究の解析に用いるため、今回の地震（本震）の震央、震度、最大加速度（3成分合成）、震源断層に関するデータを収集した。

震央は、長野県北部の北緯36度41.5分、東経

137度53.4分である¹⁾（図-1）。震度は気象庁の推計震度分布図（図-2a）を用いた。最大加速度（3成分合成）は、資料¹⁾に記載されている各観測点の値から、GIS上でクリギング法により補間して作成した分布図（図-2b）を用いた。

震源断層については、本震の発震機構と余震分布から、ほぼ南北方向に延びる東側隆起の逆断層と推定され¹⁾、糸魚川-静岡構造線活断層系の一部である神城断層沿いの約20kmにわたって大きな地殻変動が見られた。このことから、地震調査研究推進本部地震調査委員会は、今回の地震は神城断層が活動したことによるものと評価している。本研究では、産業技術総合研究所の活断層データベースに記載されている神城断層のうち、地殻変動が見られた範囲に相当する部分を震源断層とした（図-1）。

2.1.2 斜面崩壊等の発生箇所データ

今回の地震により多数の斜面崩壊等が発生した姫川沿い（図-1；約37.1km²）を地震発生翌日に撮影した空中写真を用いて斜面崩壊等の判読を行い、GIS上で発生域の重心点のポイントデータを作成した。判読にあたっては、移動土塊の原型がある程度保持されているものを「地すべり」とし、移動土塊が完全に乱されて原型をとどめていないものを「斜面崩壊」とした。判読の結果、斜面崩壊89箇所と地すべり4箇所が認められた（以下「写真判読データ」という。）。

空中写真判読範囲外で発生した斜面崩壊等を補完するため、長野県が取りまとめた今回の地震に伴う土砂災害報告資料もあわせて用いた。写真判読データと同一のものは除外した上で、発生域の重心点のポイントデータを作成した。災害報告資料を精査したところ、上述の「斜面崩壊」「地すべり」のほかに、斜面にクラックが発生したものの、顕著な土塊の移動は見られなかった土砂災害も含まれていた。これらは「クラック」と分類した。得られたデータ数は、斜面崩壊11箇所、地すべり4箇所（ともに空中写真判読範囲外で発生したもの）、クラック16箇所（空中写真判読範囲内

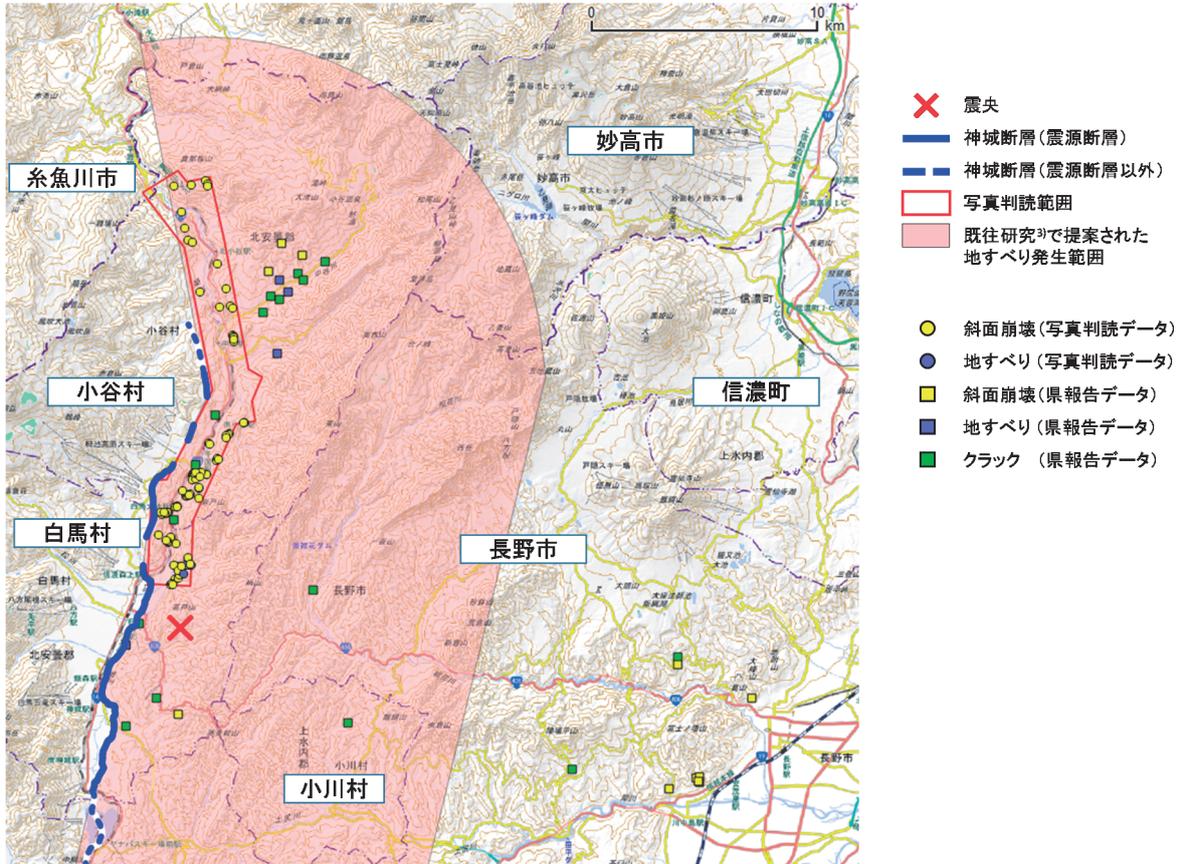
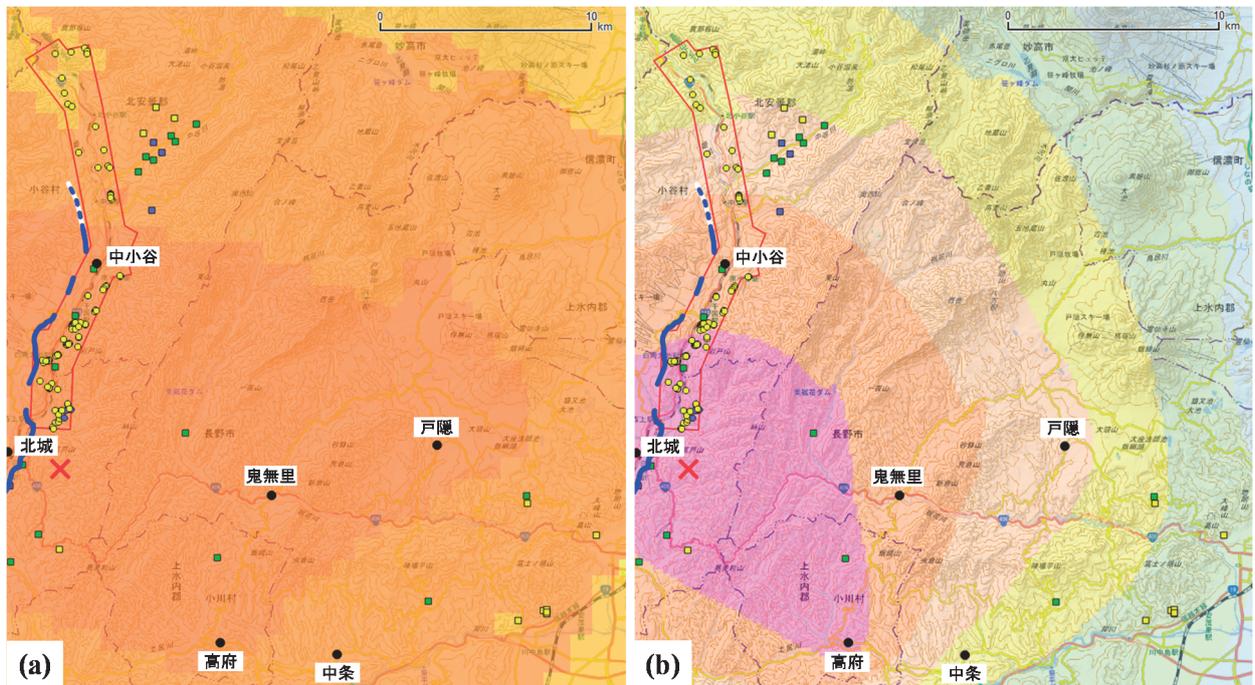


図-1 位置図（地理院タイルに加筆）



<図a, b共通>

- × 震央
- 斜面崩壊(写真判読データ)
- 地すべり(写真判読データ)
- 斜面崩壊(県報告データ)
- 地すべり(県報告データ)
- クラック(県報告データ)
- 神城断層(震源断層)
- - 神城断層(震源断層以外)
- 写真判読範囲
- 震度観測点

<図a>震度

- 5弱
- 5強
- 6弱

<図b>最大加速度

- <300gal
- 300~350gal
- 350~400gal
- 400~450gal
- 450~500gal
- >500gal

図-2 (a) 震度、(b) 最大加速度の分布（地理院タイルに加筆）

で発生したもの3箇所、範囲外で発生したもの13箇所)である(以下「県報告データ」という)。

なお、こうして得られた発生箇所データは、筆者らが得られた情報に基づくものであり、今後の調査により修正される可能性があることに留意する必要がある。

2.2 解析

こうして得られた全124箇所(斜面崩壊100箇所、地すべり8箇所、クラック16箇所)を対象に、GISを用いて震央および震源断層から各発生箇所までの距離を求めた。また、GIS上で発生箇所と震度分布、最大加速度分布を重ね合わせることで、発生箇所の震度および最大加速度を求めた。

3. 結果と考察

3.1 震央および震源断層からの距離

全発生箇所の分布を図-1に、震央および震源断層から各発生箇所までの距離を図-3に示す。発生箇所は、震央から26kmまで、震源断層から28kmまでの範囲に分布しているが、詳細に見ると、震央からの距離では26kmの範囲までまんべんなく発生箇所が分布しているのに対し、震源断層からの距離では全発生箇所の92%が10km以内に集中していることが分かる。図-1からも、発生箇所の大半が震源断層に沿って分布していることが読み取れる。近年の大規模地震に伴う斜面崩壊²⁾や地すべり³⁾でも同様の傾向が報告されており、地震による斜面崩壊等は震央の近傍ではなく、震源断層沿いに多く発生すると言える。

発生箇所の分布範囲については、2004~2008年に発生した4つの逆断層地震(マグニチュード6.8~7.2)による地すべりが震源断層の上盤側に多く分布していたことが既往研究³⁾で指摘されている。図-1を見ると、多くの発生箇所データが得られた写真判読範囲のほぼ全域が震源断層の上盤側(東側)に位置しているため、上盤側に多く分布する傾向が見られるものの、下盤側には県報告データも含めて発生箇所が全く存在しないことは注目される。この傾向は、地すべりのみならず、斜面崩壊やクラックについても同様である。発生箇所が上盤側に集中するのは、下盤に乗り上げた上盤のほうが激しい揺れに見舞われる「上盤効果」によるものと考えられ、震源断層の両側に発生箇所が分布する横ずれ断層地震²⁾とは対照的

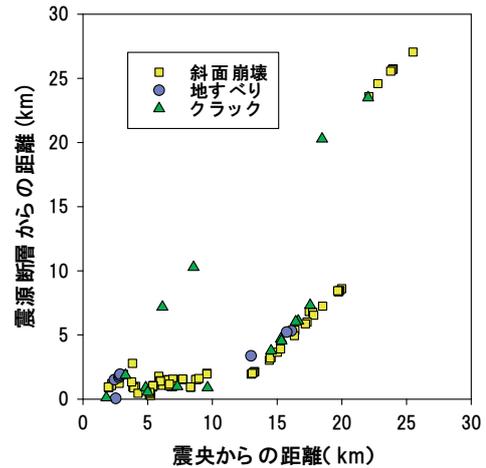


図-3 震央および震源断層から各発生箇所までの距離である。

さらに、逆断層地震による地すべりが多発する範囲として、震源断層から上盤側方向へ距離15kmの範囲および震源断層両端を走向方向にそれぞれ15km延長してできた範囲が既往研究³⁾により示されている。この範囲を、今回の地震に即して図-1に示す。今回の地震により発生した地すべりは、この範囲内にすべて含まれていることが分かる。今回の地震の規模(マグニチュード6.7)は、既往研究³⁾が対象とした地震の規模とほぼ同程度であったため、適合性が高かったものと考えられる。また、斜面崩壊やクラックを含めても、今回の地震による全発生箇所(124箇所)の93%がこの範囲に含まれている。このことから、既往研究³⁾により示された範囲は、逆断層地震による地すべりだけでなく、斜面崩壊やクラックの発生箇所も含んでいる可能性があり、今後さらに事例を蓄積して検証する必要がある。

3.2 震度

震度別の発生箇所数を図-4に示す。今回の地震による斜面崩壊は震度5弱以上、地すべりとクラックは震度5強以上で発生していた。既往研究では、斜面崩壊や崩壊性地すべりは震度5程度に達すると発生し始めること⁴⁾や、逆断層地震による地すべりは全て震度5強以上の分布域で発生していること³⁾が報告されている。さらに地震による土砂災害(表層崩壊、地すべり、土石流等)は震度4では発生せず、震度5弱以上で発生し始めることも示されている⁵⁾。本研究の結果は、これら既往研究の結果と調和的である。

3.3 最大加速度

最大加速度別の発生箇所数を図-5に示す。

今回の地震による斜面崩壊は最大加速度 300gal 以上、地すべりは 400gal 以上、クラックは 350gal 以上で発生していた。既往研究では、斜面崩壊を発生させる加速度の下限值はほぼ 200gal であること⁶⁾や、逆断層地震による地すべりは 200gal 以上で発生していたこと³⁾が報告されている。本研究の結果も踏まえると、地震による斜面崩壊等は、最大加速度が概ね 200～300gal 以上の地域で発生するものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、長野県神城断層地震に伴う斜面崩壊等の発生箇所に関する解析を行った。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 斜面崩壊等の発生箇所は震源断層に沿って上盤側に分布していた。これは、上盤のほうが激しい揺れに見舞われる「上盤効果」によるものと考えられ、逆断層地震の特徴が明瞭に表れていた。
- 2) 震源断層から上盤側方向へ距離15mの範囲および震源断層両端を走向方向にそれぞれ15km延長してできた範囲に、斜面崩壊等の全発生箇所の93%が含まれていた。
- 3) 斜面崩壊等は震度5弱以上、最大加速度300gal以上の範囲で発生していた。

今後は、大規模地震による斜面崩壊等の分布特性や発生箇所に関する知見をさらに蓄積し、断層の特徴をも踏まえた土砂災害危険斜面の抽出・監視や、地震発生後の土砂災害発生箇所の早期把握などに生かしていくことが重要である。

最後になりましたが、本研究にご協力いただいた長野県建設部砂防課、アジア航測（株）のハスバートル博士に謝意を表します。

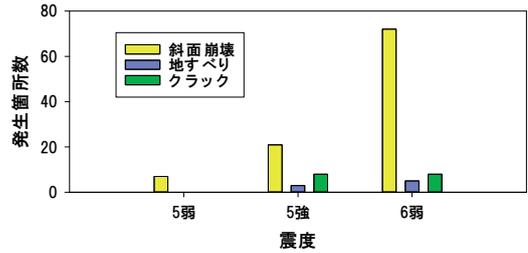


図-4 震度別の発生箇所数

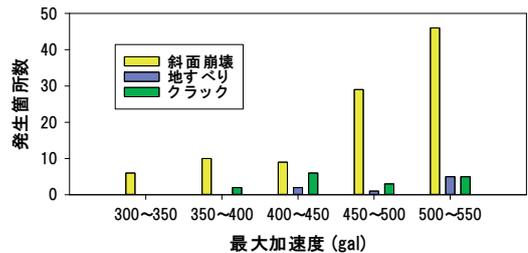


図-5 最大加速度別の発生箇所数

参考文献

- 1) 気象庁：平成26年11月地震・火山月報（防災編）、102p、2014
- 2) 地頭菌隆、下川悦郎、松本舞恵、寺本行芳：1997年鹿児島県北西部地震による斜面崩壊の分布と地形的特性、砂防学会誌、Vol.51、No.1、pp.38～45、1998
- 3) ハスバートル、石井靖雄、丸山清輝、寺田秀樹、鈴木聡樹、中村明：最近の逆断層地震により発生した地すべりの分布と規模の特徴、日本地すべり学会誌、Vol.48、No.1、pp.23～38、2011
- 4) 阿部真郎、高橋明久：東北地方・グリーンタフ地域における地震発生時の地すべり挙動—主として秋田県、陸羽地震・仙北地震での検証—、応用地質、Vol.38、No.5、pp.265～279、1997
- 5) 伊藤英之、小山内信智、西本晴男、臼杵伸浩、佐口治：地震による崩壊発生箇所と震度分布との関係、砂防学会誌、Vol.61、No.5、pp.46～51、2009
- 6) 山口伊佐夫、川邊洋：地震による山地災害の特性、新砂防、Vol.35、No.2、pp.3～15、1982

桂 真也



研究当時 土木研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター研究員、現 北海道大学大学院農学研究院、博(農)
Dr. Shin'ya KATSURA

木村 誇



研究当時 土木研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター専門研究員、現 国立研究開発法人防災科学技術研究所、博(農)
Dr. Takashi KIMURA

丸山清輝



土木研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター 特任研究員、博(学)
Dr. Kiyoteru MARUYAMA

石田孝司



土木研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター 上席研究員
Koji ISHIDA