

熊本地震 地盤災害からの復旧とこれから



はじめに

地質学、地震学、断層学

- 地質構造の成り立ち、断層の動きによる地震の発生メカニズム(地球規模の学問)
- 地球誕生からのストーリー
- 地球の核にまでせまる深い位置までが学問対象範囲

自然現象を追求する学問

地盤工学、岩盤工学

- 基本的に人間の生活環境に影響する範囲における地盤材料を対象とした材料力学
- インフラ整備に伴って発生しかねない災害に立ち向かう学問
- 迫りくる自然災害に対し、立ち向かう学問

挑戦と応戦の学問

講演内容

1. 阿蘇地域の被害

H29年7月28日 現場見学のおさらい

(陥没現場、高野台、阿蘇大橋崩落現場)

2. 益城町周辺の被害

3. これから考えるべきこと

地盤工学会平成28年熊本地震地盤災害調査団 斜面災害調査班

平成28年熊本地震 阿蘇地域の被害

平成28年熊本地震による阿蘇地域で生じた斜面崩壊について

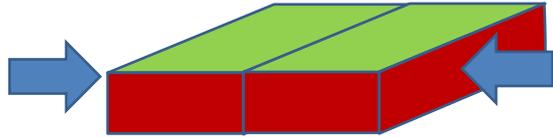
斜面災害調査:

笠間主査(九州大学), 北園芳人(熊本大学),
池見(九州大学), 矢ヶ部(ジオセーフ), 棕木俊文(熊本大学)

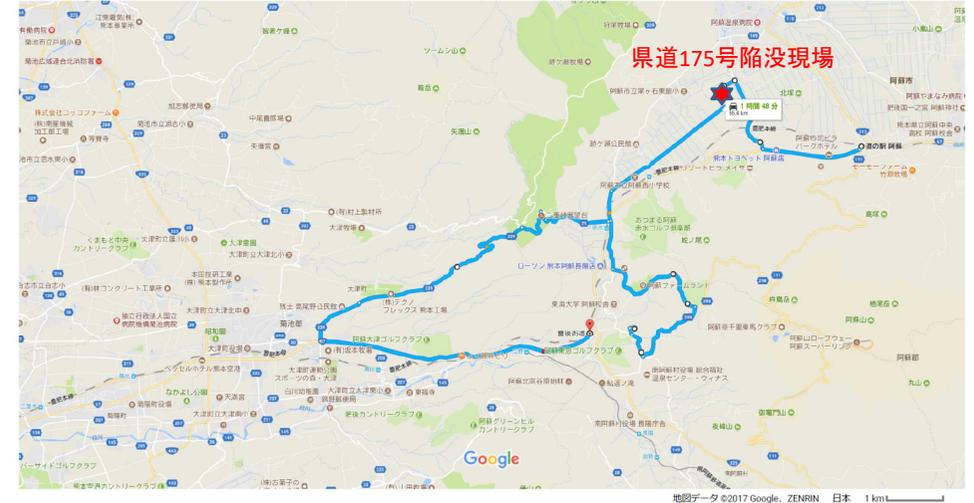
液状化調査:

村上哲(福岡大学), 永瀬英夫(九州工業大学)

布田川断層は横ずれだった。



阿蘇地域には陥没現場がたくさんあった。
初めは、正断層？逆断層？によるものか？と考えたが・・・



地震前

Google Mapの
Street View



地震後

2016/4/24撮影



村上教授作製

県道175号の陥没



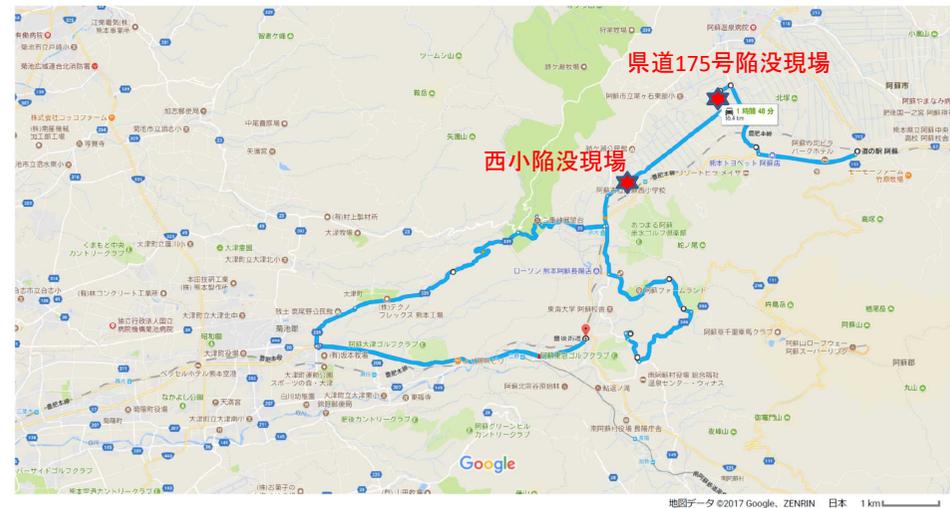
これだけ陥没したのに、屋根瓦が落ちていない！！
つまり、益城で生じたような振動はなかったと考えるべきでは？

2016/4/24の写真
永瀬教授撮影

手前の地盤だけが大きく陥没



2016/4/26の写真
永瀬教授撮影



西小前陥没(2016/6/6)



2016/6/6の写真
熊大グループ撮影

西小前陥没(2016/6/6)



2016/6/6の写真
熊大グループ撮影



陥没被害の特徴

- 4/16の地震(本震)により生じた。
- 地表面に多数の段差を伴う深い亀裂。
- ある幅を持って段差が生じており、また幅の内部が陥没している。
- 周囲に液状化の痕跡(噴砂)があるものは比較的小さな陥没(せいぜい0.1~0.3m程度)
 - 東日本大震災の鹿嶋市や神栖市で液状化層厚が極端に変化する場所で見られた状況と酷似
- 液状化の痕跡(噴砂)がないものの最大で0.7m~1.3m陥没している場所もある。
- 陥没部分上の家屋は、段差になっていなければ被害はほとんど無いように見える。

なぜ陥没したのか？

- 断層？
 - 建物の被害は段差によるもの。
 - 地震動による建物被害はほとんど見受けられない。
- 液状化？
 - 噴砂は確認できない場所は深い層の液状化？
 - 段差が生じる理由:液状化層厚が不連続に変化している理由は？
- 空洞圧潰？
 - 地盤内に空洞があり、地震により圧潰した。
 - 阿蘇山やカルデラの形成によるものか？

高野台地すべり性崩壊(2016/4/21)
安福教授撮影(ヘリコプター)

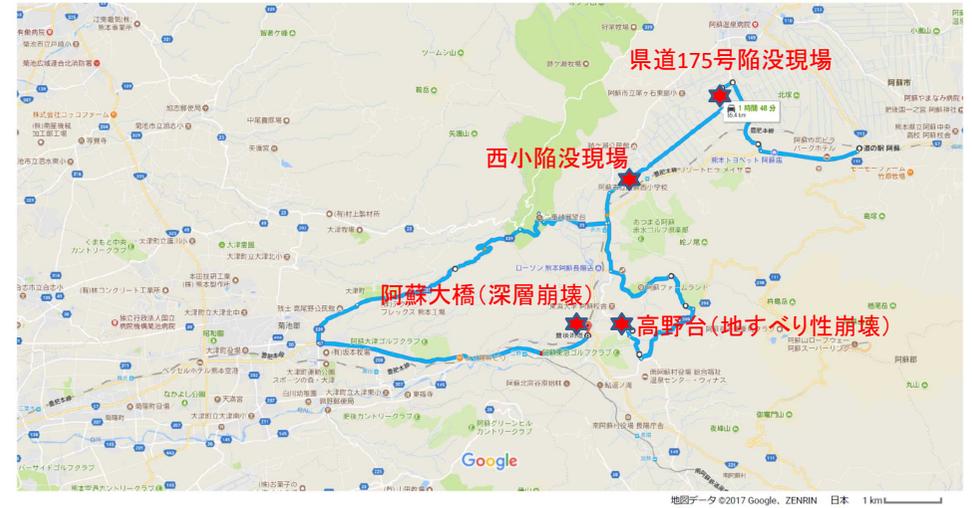


高野台地すべり性崩壊(2016/4/24)
笠間准教授撮影



高野台地すべり性崩壊(2016/4/24)
笠間准教授撮影





2016/6/6
熊大グループ撮影



2016/6/1 笠間准教授撮影
(7/28の現場見学の時にブルーシートがかかっていた場所)



2016/6/1
笠間准教授撮影



2017/7/28
熊大グループ撮影



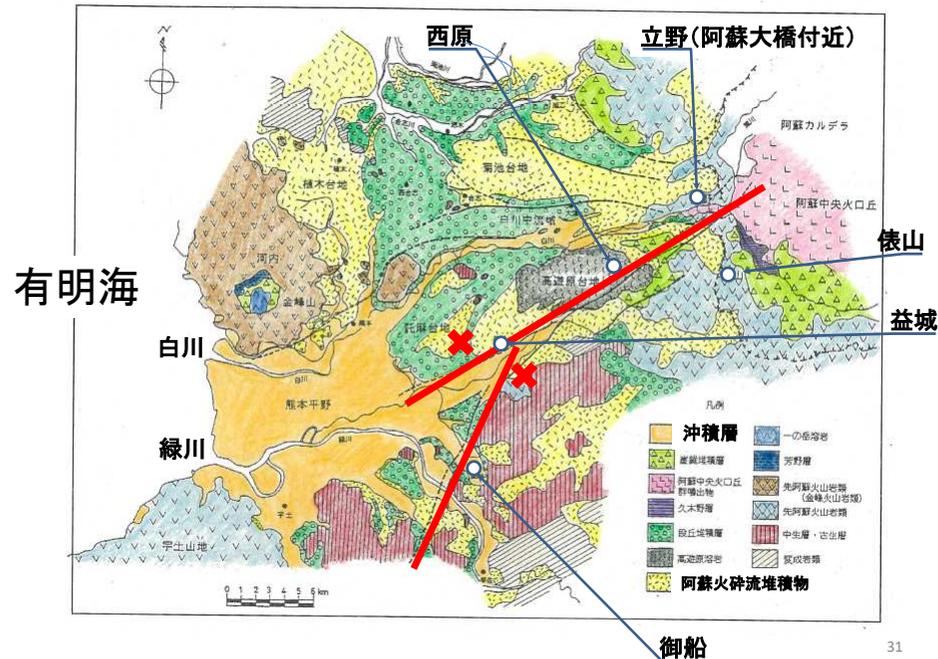
2016/6/1
笠間准教授撮影



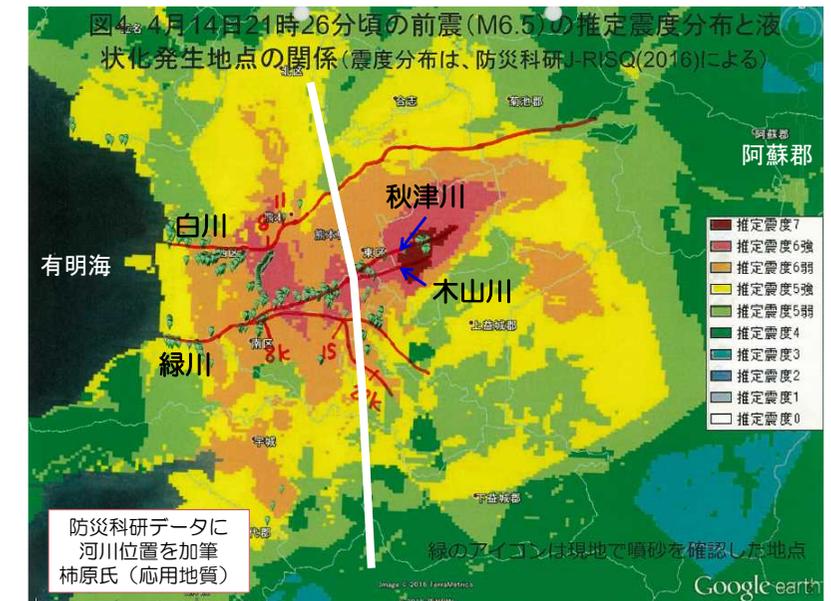
阿蘇大橋付近から高野台の方に 向かって斜面崩壊は、 活断層の活動によるもの

今まで確認(目視)されていなかった
活断層が明確になった。

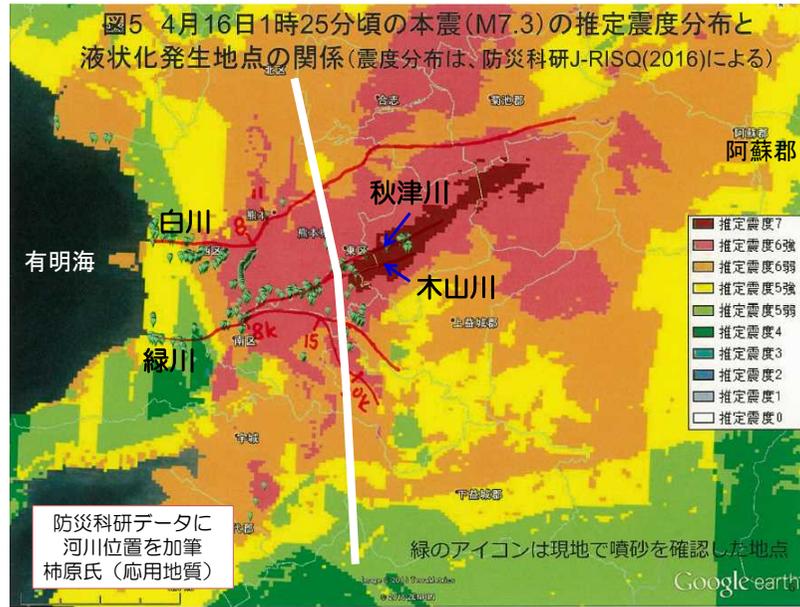
沖積層と火山灰に起因する地盤が広く分布(そしてそこが被害大) 熊本市周辺地盤図(2003)



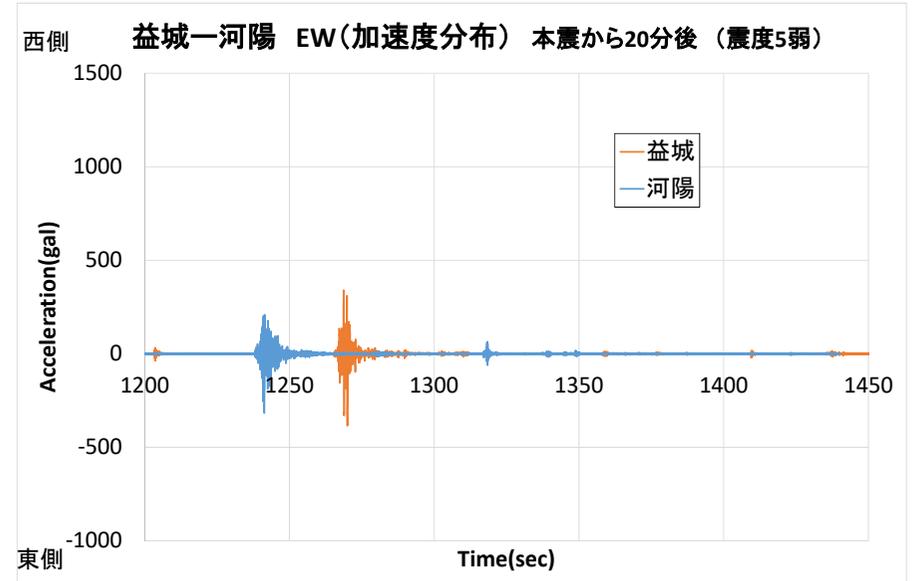
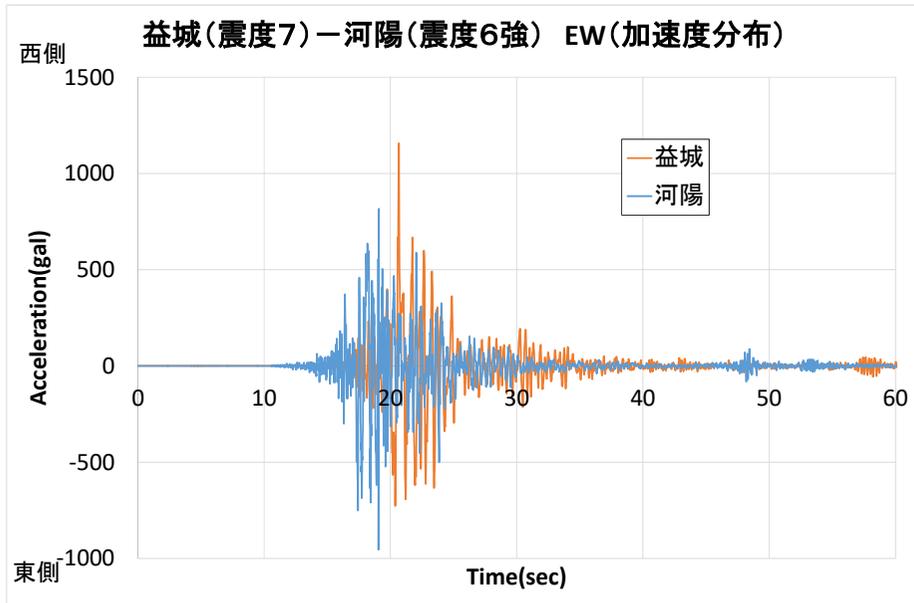
前震の震度分布



本震の震度分布



4月16日 午前1時25分



斜面災害の崩壊形態と規模

発生源	主たる誘因	崩壊形態と崩壊規模	代表的な崩壊地
火山岩類(岩盤)	地震動による慣性力	①落石・トッピング・岩盤崩壊	白川・黒川合流部付近の両岸
		②深層崩壊	阿蘇大橋上の大規模崩壊
火山灰質地盤	地震動による慣性力	③表層崩壊	火の鳥温泉地区 蘇峰温泉地区
		④連続的な表層崩壊	烏帽子岳 小烏帽子
	地震動による強度低下と水圧上昇	⑤地すべり性崩壊	高野台地区
崩壊土砂	河川水, 降雨	⑥土石流	山王谷川 国道57号

注) 表層崩壊: 斜面の表層をおおっている土の層だけが崩壊する現象
 深層崩壊: 斜面表層だけでなく深い位置にある岩盤の層まで含んで崩壊する現象

熊本地震地盤災害調査団 斜面災害報告, 2017

過去の土砂災害との比較

▶ 用いたデータ

- ✓ 土砂分布移動図のKMLデータ (防災科研)
- ✓ 国土技術総合研究所の資料* (1972年~2007年)
 - ・ 降雨 13291 件 地震 220 件

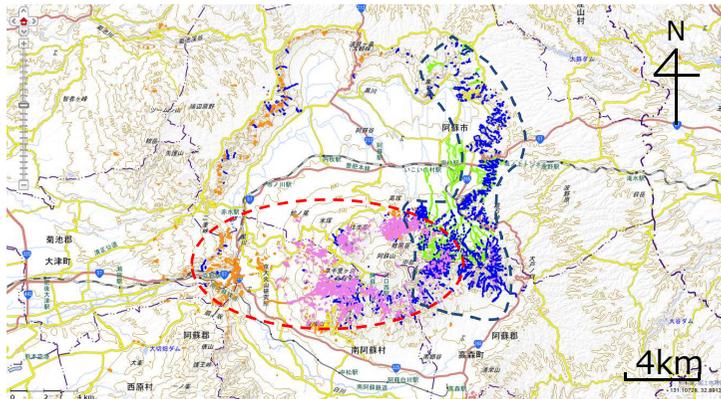
▶ 崩壊総数

- ✓ 100m² 以下の崩壊斜面を除外
- ✓ 崩壊高 0m, 傾斜角 0° の崩壊斜面も除外
 - ・ 熊本地震 1587 件
 - ・ 平成2年豪雨 248 件
 - ・ 平成24年豪雨 4037 件

※小山内信智, 富田陽子, 秋山一弥, 松下智祥: かけ崩れ災害の実態, 国総研資料第530号, pp.1-210, 2009

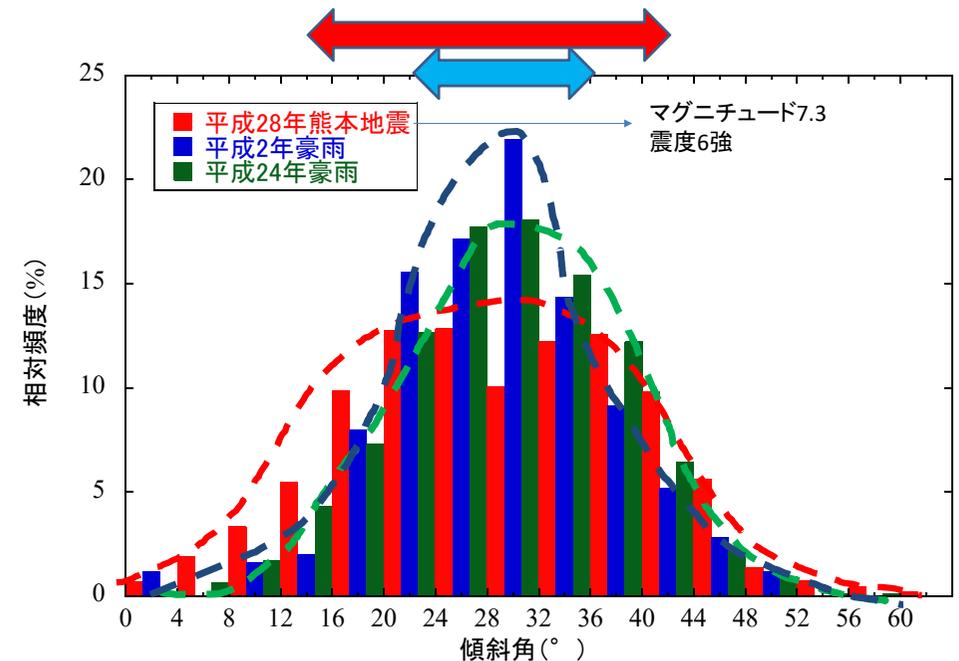
調査対象地域図

▶ 阿蘇市, 南阿蘇村, 高森町を中心とした地区



■ 熊本地震
 ■ 平成2年豪雨
 ■ 平成24年豪雨

九州大学 笠間准教授作製



熊本地震地盤災害調査団 斜面災害報告, 2017

九州大学 笠間准教授作製(棕木加筆)

斜面災害の崩壊形態と規模

発生源	主たる誘因	崩壊形態と崩壊規模	代表的な崩壊地
火山岩類(岩盤)	地震動による慣性力	①落石・トップリング・岩盤崩壊	白川・黒川合流部付近の両岸
		②深層崩壊	阿蘇大橋上の大規模崩壊
火山灰質地盤	地震動による慣性力	③表層崩壊	火の鳥温泉地区 蘇峰温泉地区
		④連続的な表層崩壊	烏帽子岳 小烏帽子
	地震動による強度低下と水圧上昇	⑤地すべり性崩壊	高野台地区
崩壊土砂	河川水, 降雨	⑥土石流	山王谷川 国道57号

注) 表層崩壊: 斜面の表層をおおっている土の層だけが崩壊する現象
 深層崩壊: 斜面表層だけでなく深い位置にある岩盤の層まで含んで崩壊する現象

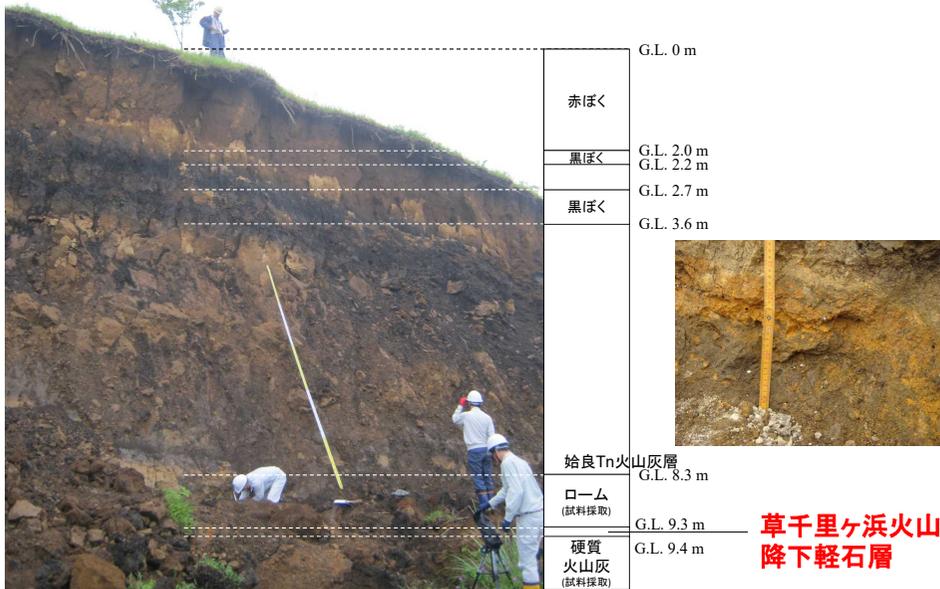
熊本地震地盤災害調査団 斜面災害報告, 2017

⑤地すべり性崩壊(高野台)



熊本地震地盤災害調査団 斜面災害報告, 2017

京都大学火山観測所斜面の滑落崖



○調査ボーリングではオレンジ色の軽石層とその下に黄褐色の火山灰層のペアで出現する。上下は濃褐色の赤ぼく(火山灰質粘性土)であり容易に区別がつく。軽石層はこの丘陵の頂上付近で厚く脚部ほど非常に薄く堆積した状況である。
 九州地盤情報共有データベースから

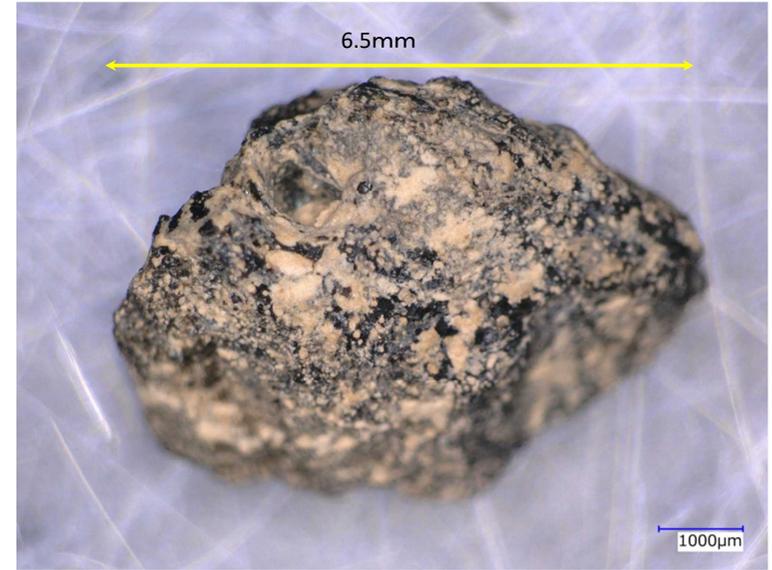
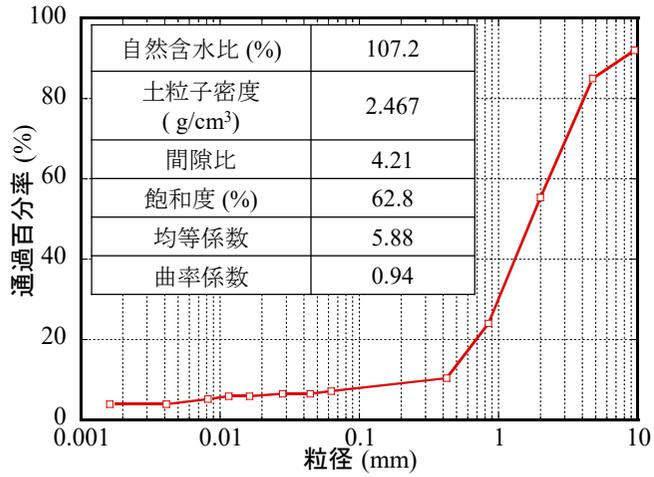


物理試験結果

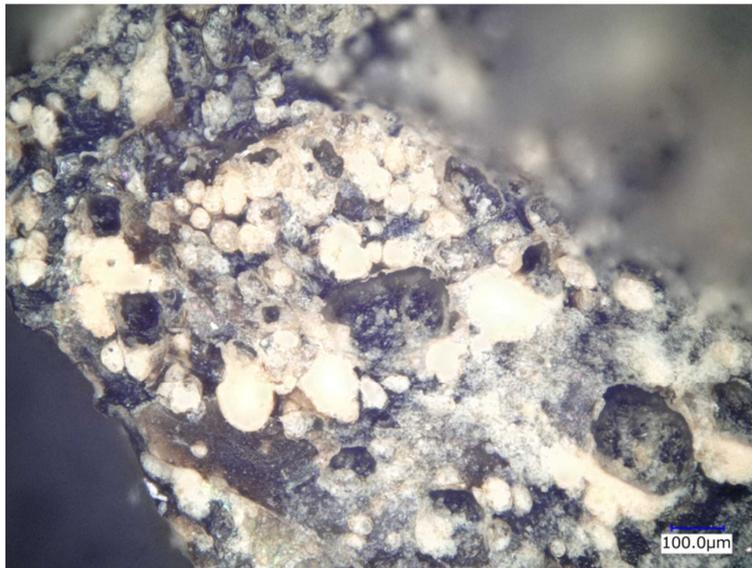
地名	採取位置	種類	含水比(%)	コンシステンシー(%)			土粒子密度 (g/cm ³)
				w _p	w _L	I _p	
阿蘇	京大火山研究所	赤ぼく	140.72	93.3	140.5	47.2	2.481
阿蘇	京大火山研究所	黒ぼく	250.64	64.2	106.4	42.2	2.846
阿蘇	京大火山研究所	白ローム	68.572	39.9	66.7	26.8	2.676
阿蘇	京大火山研究所	降下軽石	94%	NP	NP	NP	2.452

草千里ヶ浜火山降下軽石

九州大学G

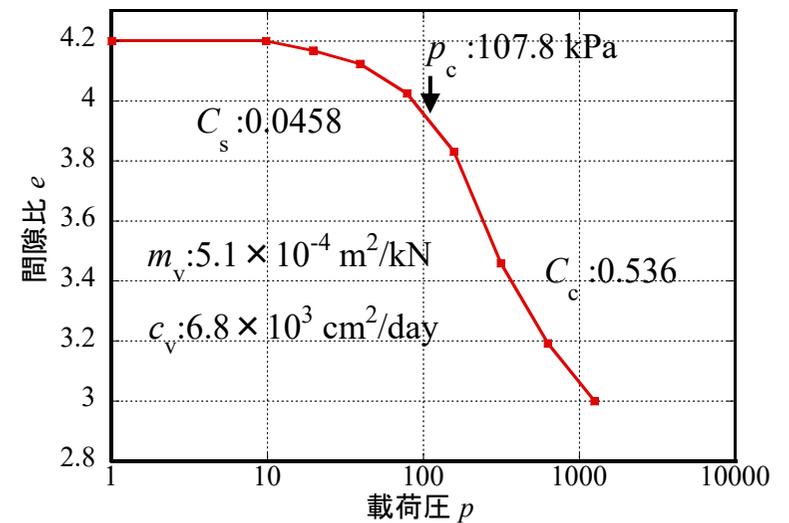


マイクروسコープ写真



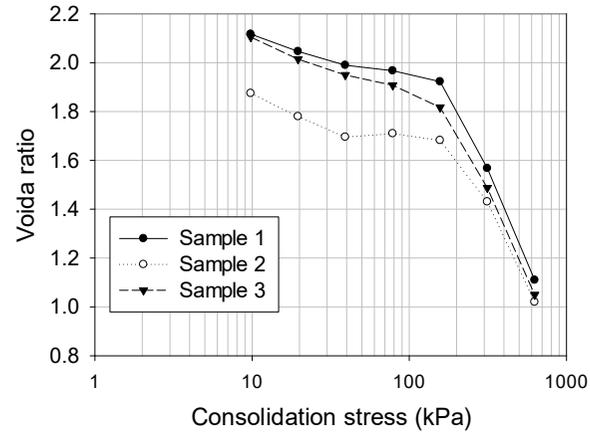
マイクروسコープ写真

不攪乱圧密試験 (e-logp 曲線)



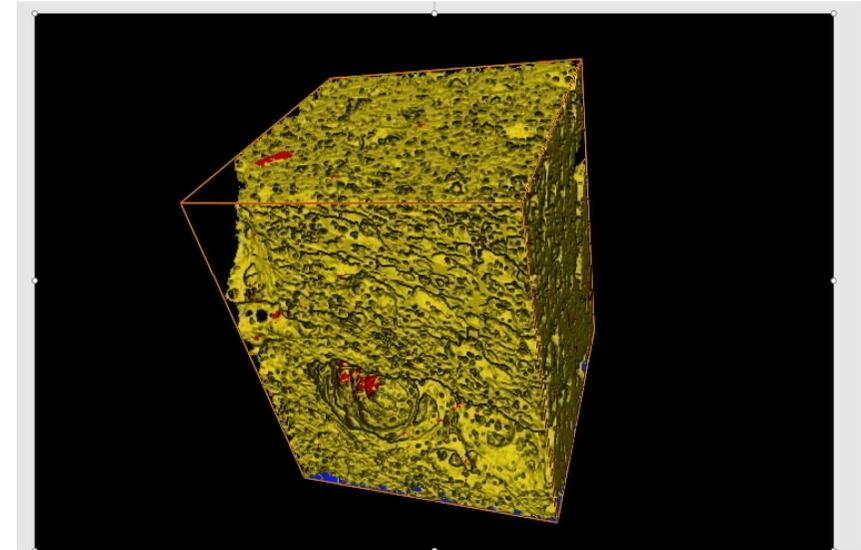
九大実験データ

攪乱圧密試験(e-logp曲線)

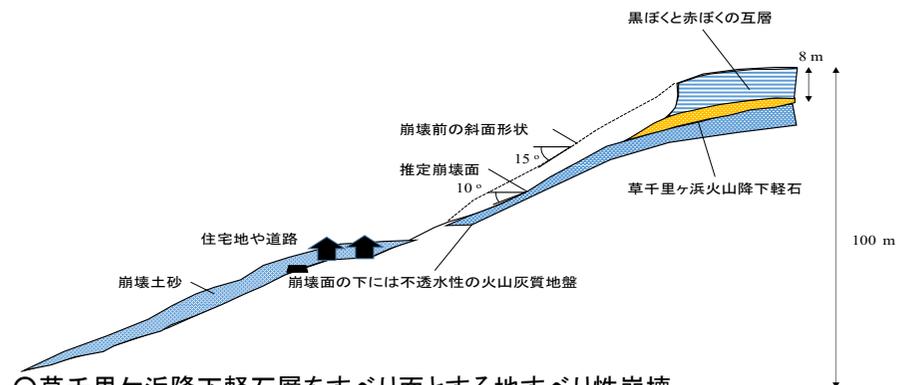


降伏応力が100-200kPaの間にありそう。粒度調整はしていない

熊大実験データ



草千里ヶ浜降下軽石の3次元CT画像(3.5mm³)



- 草千里ヶ浜降下軽石層をすべり面とする地すべり性崩壊
- すべり面の勾配は平均10°と極めて緩い
- 高含水比の軽石層が、繰返しせん断による強度低下ならびに間隙水圧上昇による強度低下を起こした。
- 降下軽石層(すべり面)は丘陵の地下にある層厚で平面的に連続して分布していた
- 集中豪雨等の斜面崩壊では、このタイプのすべりは発生しておらず地震動による特異な崩壊である。狩尾地区とも異なる地盤の動き。

斜面災害に対するハード対策への提言

- (5)地震時における火山灰質地盤の力学特性の解明と評価法の確立が不可欠である。特に、阿蘇周辺の地盤を構成する火山灰質粘性土は、液性限界を超える高含水比かつ不飽和状態にある場合も多い。したがって、火山灰質粘性土地盤を評価するためには、不攪乱試料を用いるだけでなく、原位置と同じ状態で実験・解析することが重要である。(学術機関への提言)
- ソフト対策については、報告書をご参照ください。