

地すべり素因としての地形・地質

千木良雅弘

京都大学防災研究所



近年の斜面災害

- 20??年 南海 - 東南海??
- 2016年熊本地震
- 2014年広島 - 花崗岩
- 2013年伊豆大島 - 火山灰
- 2012年阿蘇カルテラ - 火山灰
- 2011年東日本大震災時の福島県白河市の崩壊性地すべり
- 2011年台風12号による深層崩壊(紀伊半島)
- 2010年庄原(広島県) - 風化土(+黒土)
- 2009年防府(広島県) - 花崗岩
- 2008年岩手宮城内陸地震
- 2008年中国汶川地震
- 2006年岡谷(長野県) - 火山灰土
- 2005年台風14号による深層崩壊(宮崎県)
- 2004年新潟県中越地震

目次

- 雨による崩壊
 - 表層崩壊
 - 深層崩壊
- 地震による崩壊
 - 重力変形による準備
 - 対岸衝突下部切断型
 - 化学的風化による準備

急激な動きで、
移動体のほとん
どが原位置から
外に移動してし
まう 地すべり

目次

- 雨による崩壊
 - 表層崩壊
 - 深層崩壊
- 地震による崩壊
 - 重力変形による準備
 - 対岸衝突下部切断型
 - 化学的風化による準備

雨による表層崩壊と深層崩壊の癖

表層崩壊

斜面表層の風化物や堆積物の崩壊
雨や地震によって多数発生して、土石流に移り変わることが多いが、1か所あたりの被害は小さい



深層崩壊

斜面深部の地質構造に起因する崩壊
発生頻度は低いが、被害は甚大
ハード対策で避けることはむずかしい

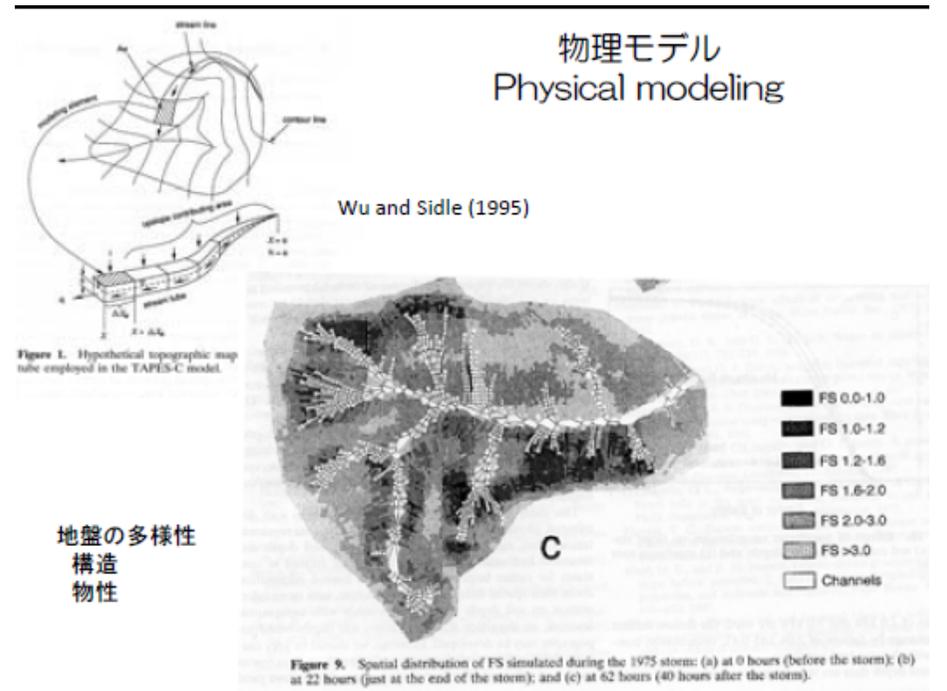


近年の雨による斜面崩壊		場所	地質	深層崩壊	表層崩壊群発
1999/6/29	雨(梅雨前線)	広島市	花崗岩	—	○
1999/7/28-29	雨(前線)	北海道留萌	堆積軟岩	—	○
2000/7/1-9	地震と雨	神津島	流紋岩質火砕物	—	○
2000/9/11-12	雨(前線+T14)	東海地方	花崗岩	—	○
2003/7/20	雨(前線)	水俣、菱刈	安山岩溶岩	△	○
2003/8/9-10	雨(T10)	北海道日高	第三紀堆積岩剥離砂岩と礫岩	—	○
同上		同上	メラングジュ	—	○
2004/7/13	雨(梅雨前線)	新潟県長岡西方	泥岩	—	○
同.	古い堆積岩は深層崩壊	福井足羽川	火山岩地帯?	—	○
20(火山灰や花崗岩類は	三重県宮川村	硬質の堆積岩	○	△
20(群発する表層崩壊	徳島県木沢村	硬質の堆積岩と緑色岩	△	△
2004/9/29	雨(T21)	愛媛県西条～香川県	硬質の砂岩	—	○
2004/9/29	雨(T21)	愛媛県西条	片岩	○	○
2005/9/6	雨(T14)	宮崎県耳川流域	硬質の堆積岩	○	△
2006/7/19	雨(梅雨前線)	長野県岡谷	火山灰	—	○
2009/7/21	雨(梅雨前線)	山口県防府	花崗岩	—	○
2009/8/9	台風モラコット	台湾	堆積岩	○	○
2010/7/16	雨(前線)	広島県庄原	風化土、黒土	—	○
2011/9/3-4	雨(T12)	紀伊山地	硬質の堆積岩	○	—
2012/7/12	雨(梅雨前線)	阿蘇	火山灰	—	○
2013/10/16	雨(T26)	伊豆大島	火山灰	—	○
2014/8/20	雨(前線)	広島	花崗岩	—	○

崩壊発生場所の予測

広い範囲の中から危険斜面を探し出す。あるいは、危険な領域を探し出す
詳細な地質条件がわからなくても可能な方法であることが必要

- 物理モデル
- 統計モデル
- 地質・地形的特徴
- Physically based model
- Statistical model
- Geology-geomorphology



物理モデル

- 定量的で説得力がある
- 必要な情報
 - 地質構造
 - 地盤物性（強度定数分布）
 - 水理特性（透水係数分布）
- 詳細に調べてみないとわからない
- 無い袖は振れない
- 結局実用化されていない

統計モデル

- 今までの崩壊実績から
- 発生に関連する要因を多変量解析によって求め
 - 地質，地質構造，傾斜，植生，土地利用，など
- 今後発生する確率を求める
- 表層崩壊のように多数の事例を処理する場合には有効
- 局所的条件に左右される深層崩壊には不向き

崩壊発生場所の予測

- 物理モデル • Physically based model
- 統計モデル • Statistical model
- 地質・地形的特徴 • Geology-geomorphology

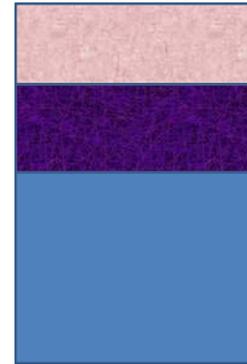


2012年九州北部豪雨災害(7月12日)

NHKヘリより(2012年7月17日)



火山灰の降雨時崩壊



- 崩れる物がなくなるまで続く
- 物がなくなれば、崩壊は発生しない

花崗岩類 Granitic rock

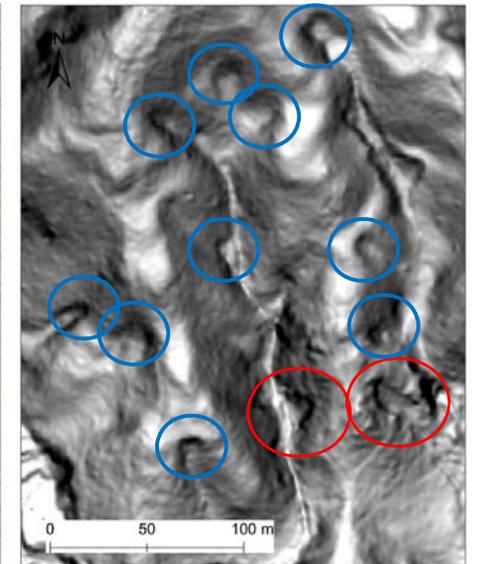
2014年広島豪雨災害 死者72名、不明2名



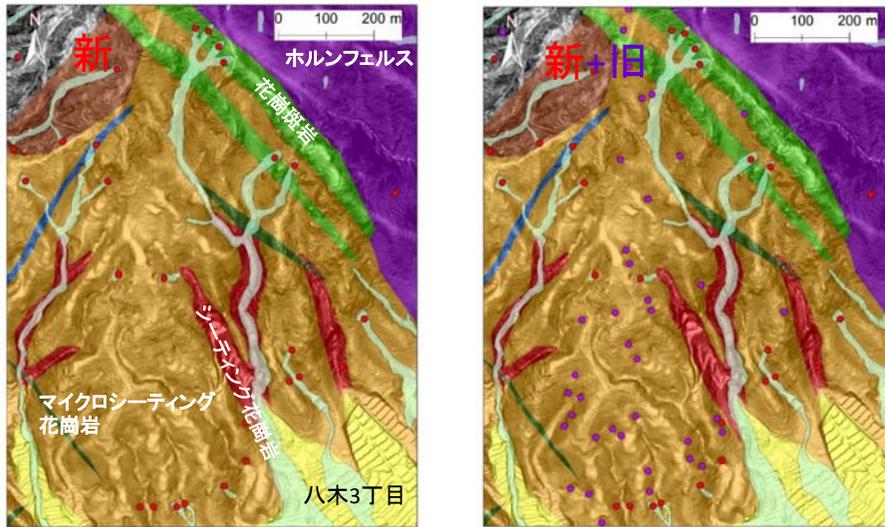
2014年災害後の空中写真
古い崩壊地が隠れている。



2014年災害後のLiDAR DEMから作成した傾斜図



安佐南区八木3丁目と緑井8丁目背後の地質と新旧の崩壊



繰り返された斜面崩壊と土石流は地形に記録されている

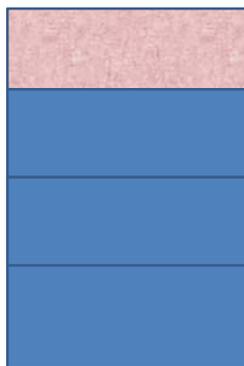
ニュージーランドクック山近くの沖積錐

安佐南区の沖積錐



造成されると地形が隠れてしまう。

風化花崗岩では風化と崩壊が繰り返す

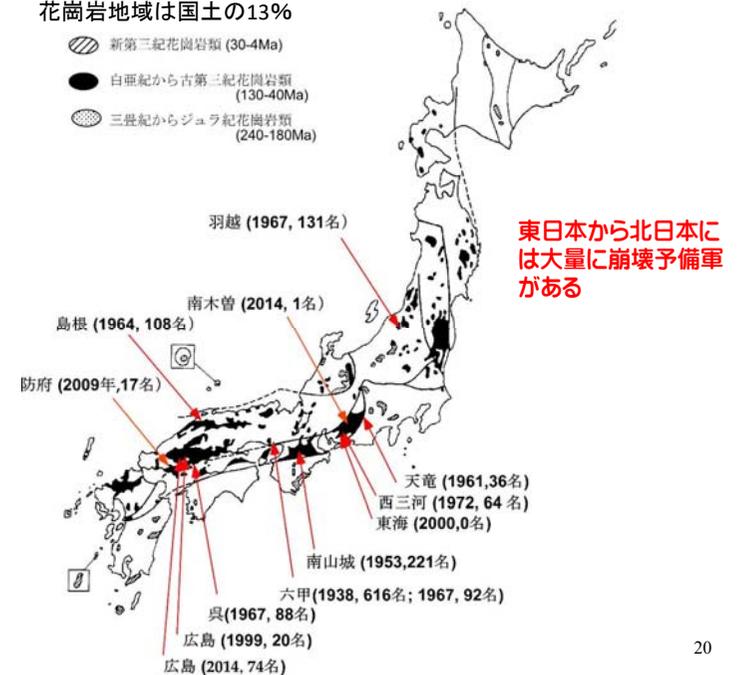


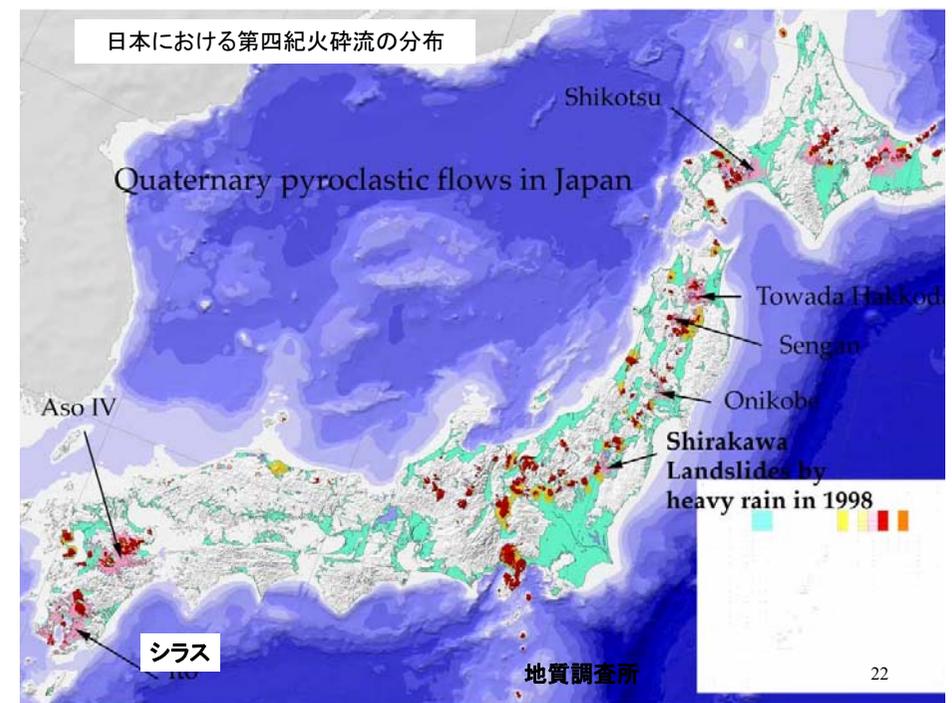
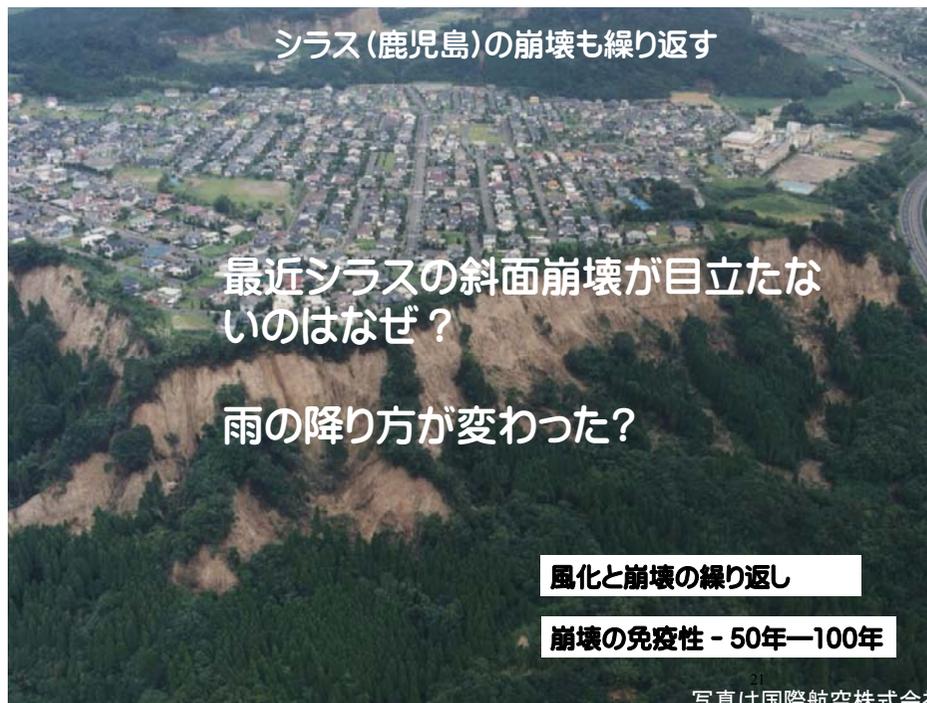
50年後くらいには再風化が進み、次の崩壊の準備ができる

花崗岩地域の降雨土砂災害

花崗岩地域は国土の13%

- 新第三紀花崗岩類 (30-4Ma)
- 白亜紀から古第三紀花崗岩類 (130-40Ma)
- 三疊紀からジュラ紀花崗岩類 (240-180Ma)





雨による表層崩壊

- 発生場所を特定することはむずかしいが、
- 発生しやすい地質がある(風化花崗岩, 火山灰, シラスなど)
- 同じ場所で繰り返す場合と, 繰り返さない場合がある。(崩れる物の再生産の有無)
- 現在の土砂災害防止法では、急傾斜地の崖崩れ - 傾斜 30° 以上で高さ5m以上 全国一律
- 実際には発生しやすいところとしにくい所とがある。

目次

- 雨による崩壊
 - 表層崩壊
 - 深層崩壊
- 地震による崩壊
 - 重力変形による準備
 - 対岸衝突型
 - 化学的風化による準備

深層崩壊

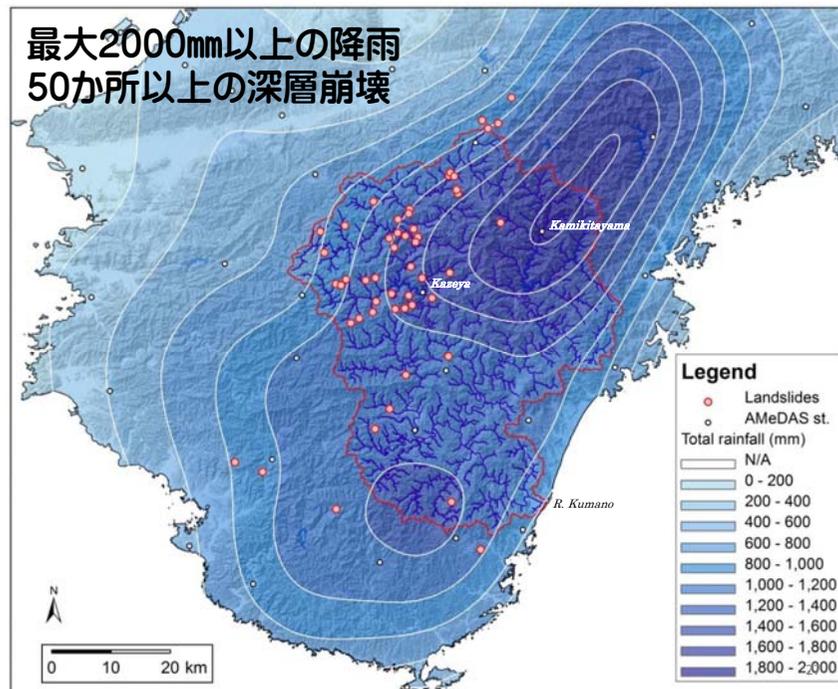
Deep-seated catastrophic landslides (rock or soil-slide avalanches)

- 高速移動
(>100 km/hも普通)
- 長距離移動
- 天然ダムを作る
- Move extremely rapidly
(commonly >100 km/h)
- With long runout
- Makes landslide dams

災害軽減のためには、備えることが最も重要

To mitigate the devastating disaster induced by them, preparedness is the most important

25



2011年台風12号による深層崩壊

- 39か所で発生前の詳細地形データが取得されていた (国土交通省近畿地方整備局, 奈良県)
- 発生前の詳細分析が可能
- 発生前に地形的前兆がある
- 場所予測研究に飛躍的な進歩

28

深層崩壊発生前に斜面が変形して、上部に小崖が形成されていた⇒発生場所予測



NHK

29

急激な崩壊の前に Before catastrophic slide

- | | |
|-----------|----------------------|
| • 斜面が変形して | • Slope deformed |
| • ひずみが累積し | • Strain accumulated |
| • 限界状態 | • Critical state |
- ↓
- | | |
|-----------|------------------------|
| • 降雨時に崩壊し | • Rain induced failure |
| • 大きな応力降下 | • Large stress drop |

小崖 Scarplet

30

航空レーザー計測を活用すれば
少なくとも
深層崩壊の発生候補箇所
は見つけられる
危険度のランキングが必要
⇒地形と内部構造による

Chigira, M., et al. 2013. Geomorphology 201, 479-493.

31



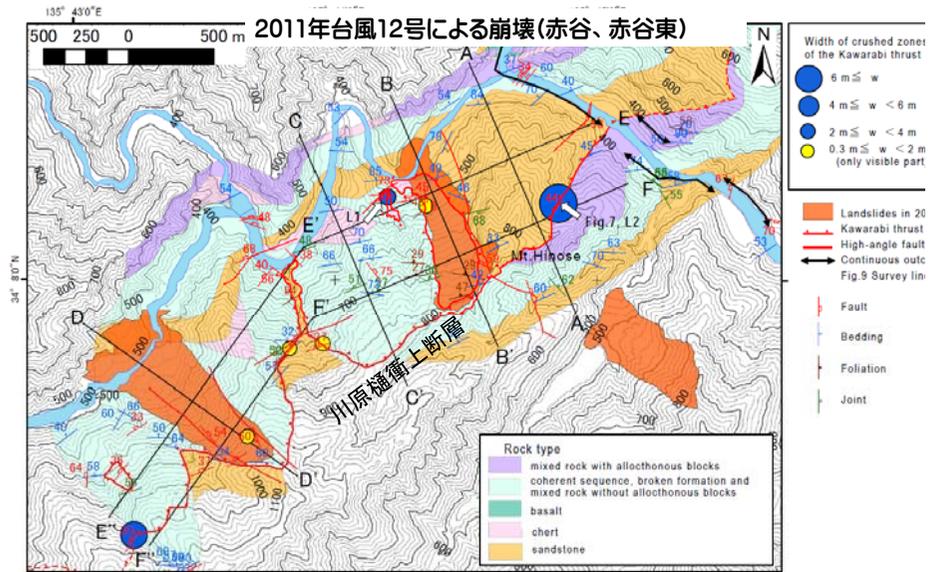
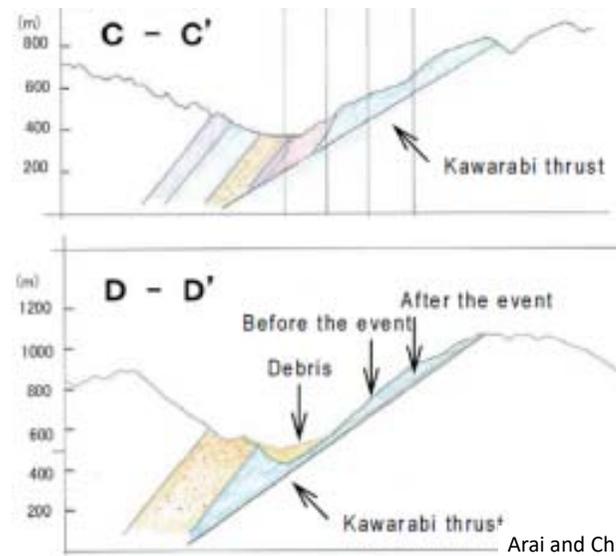


Fig. 4 Geological map of the study area. Solid lines (A~E) show the locations of the geologic sections. Blue circles show the maximum width of the crush zone of the Kawarabi thrust, and yellow circles show the widths of only visible parts. Along the continuous outcrops a cumulative distribution curves of the widths low-angle thrust faults were made (Fig. 9).

Arai, N. & Chigira, M. 2015. Rain-induced rock avalanches with a sliding surface along an out-of-sequence thrust. 10th IAEG Asian regional conference, Kyoto, 6p.

幅の広い破砕帯を持つ衝上断層 → 遮水層



Arai and Chigira (2015, IAEG-Asia)

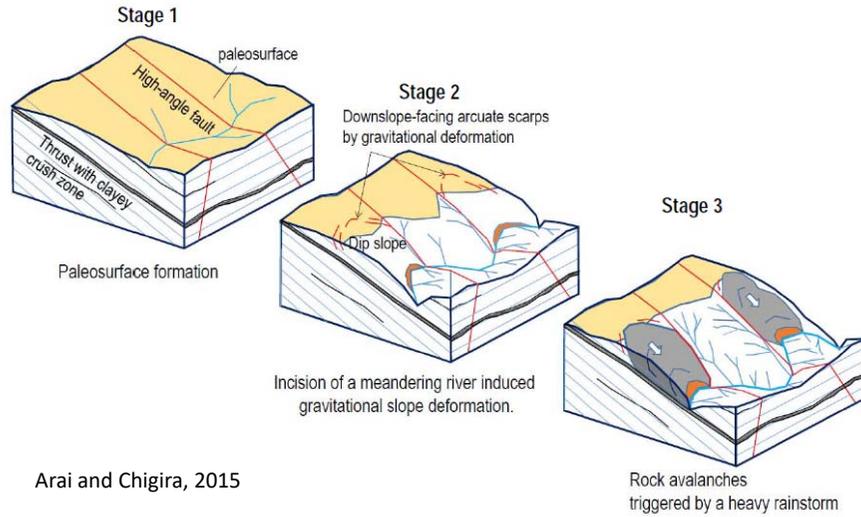
衝上断層にすべり面



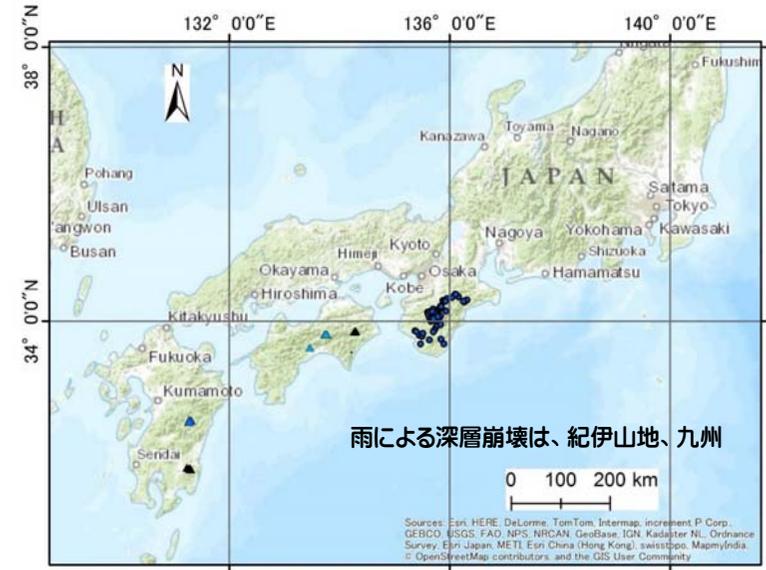
密なガウジは弱く、低透水なため、降雨による崩壊の原因にはなるが、
地震の崩壊の原因にはならない？



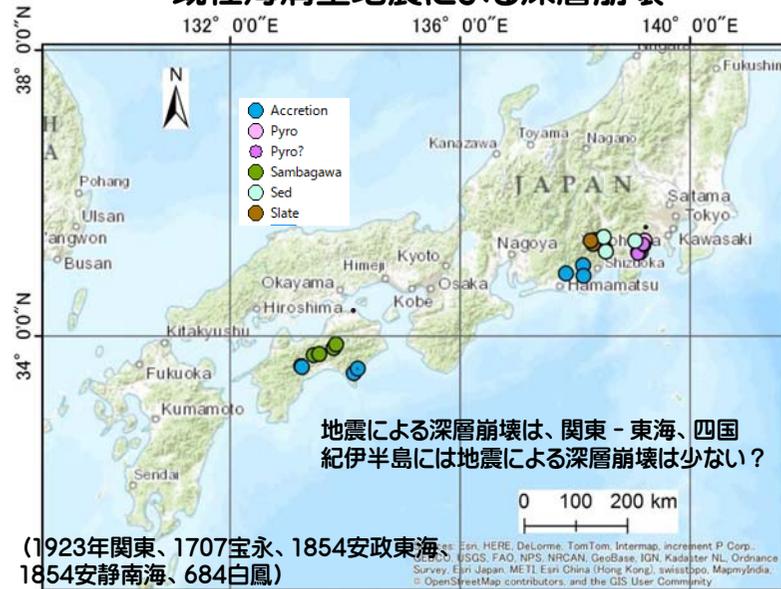
河川の下刻と攻撃斜面での侵食による斜面の不安定化と重力斜面変形、深層崩壊の発生



雨による深層崩壊



既往海溝型地震による深層崩壊



崩壊の位置は日本地すべり学会の地震地すべりカルテ等による

目次

- 雨による崩壊
 - 表層崩壊
 - 深層崩壊
- 地震による崩壊
 - 重力変形による準備
 - 対岸衝突型
 - 化学的風化による準備

地震による深層崩壊

Deep-seated catastrophic landslides induced by eq.

mechanical processes
(gravitational slope
deformation)

機械的準備

Topographic
features as a
precursor
前兆地形

chemical processes
(weathering)

化学的準備

No precursory
topographic
features
前兆地形無

41

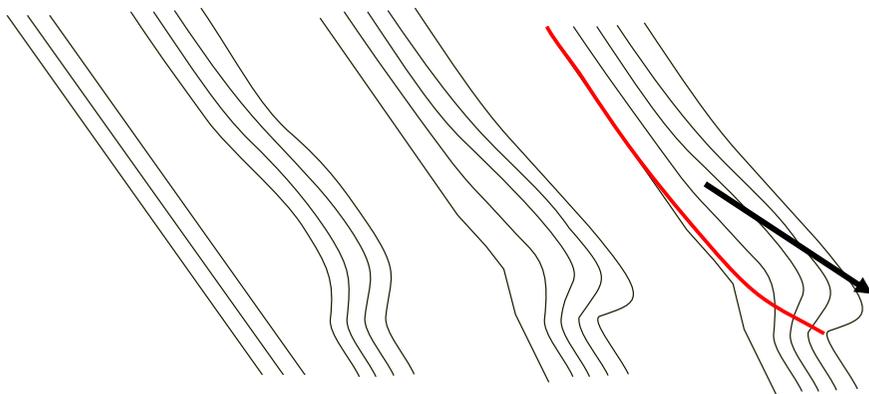
機械的準備

重力斜面変形による準備

42

斜面の重力変形の模式図 (座屈)

Schematic sketch of the gravitational deformation (buckling)



座屈は、重力変形の内最も不安定なものひとつ

Buckling may be

one of the most unstable gravitational slope deformation

九分二山(1999年集集地震) Chiu-fen-erh-shan landslide
induced by the 1999 Chi-Chi earthquake

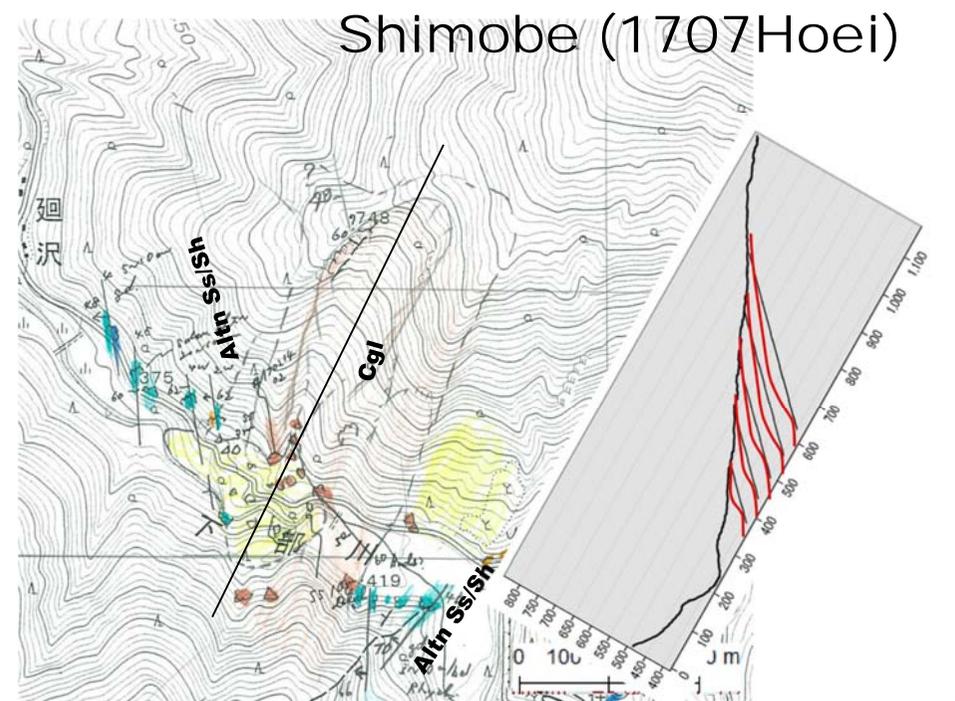
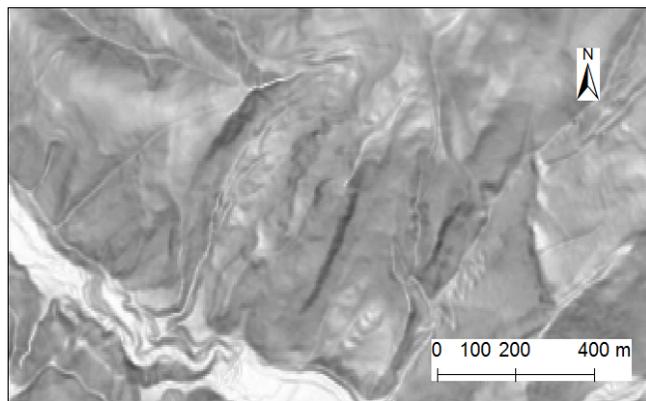
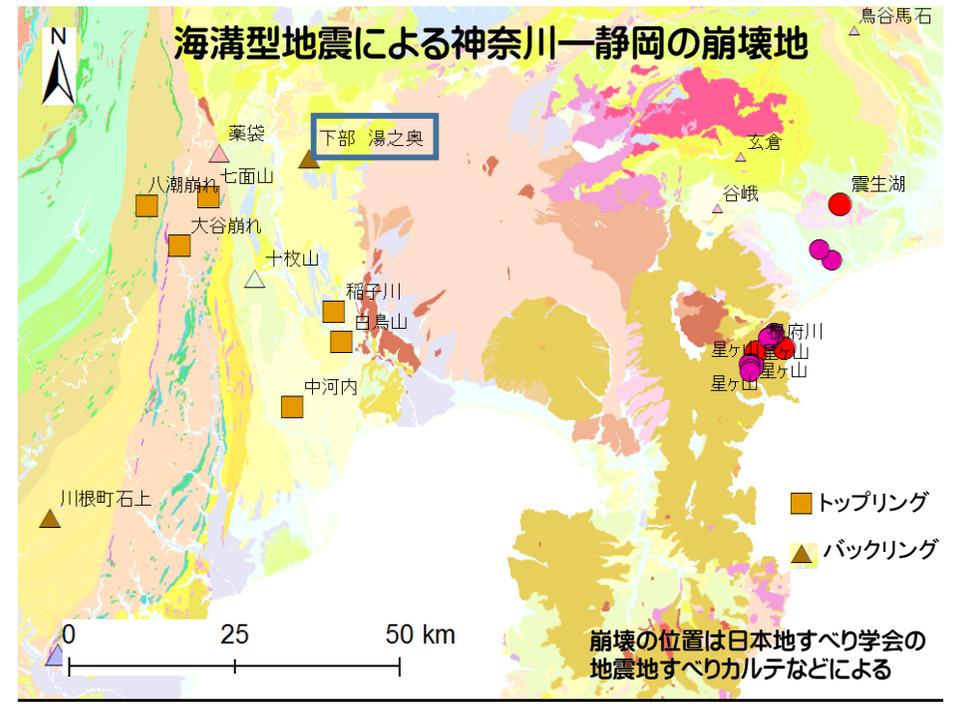
39 killed

6km North. Max. acceler.

E-W: 465.3gal, N-S:370.5gal,

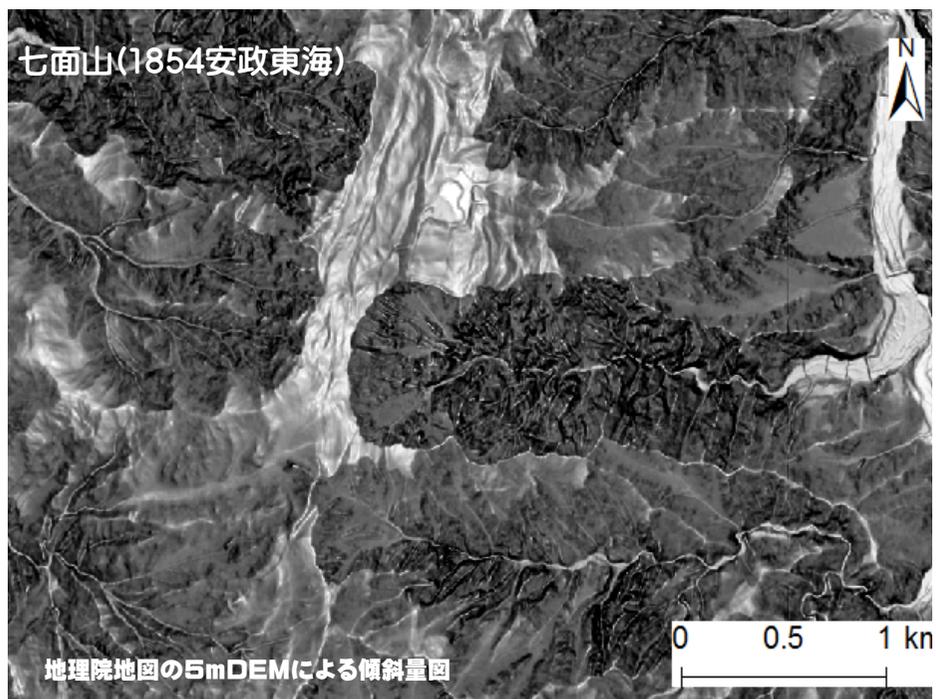
Vertical: 274.7gal

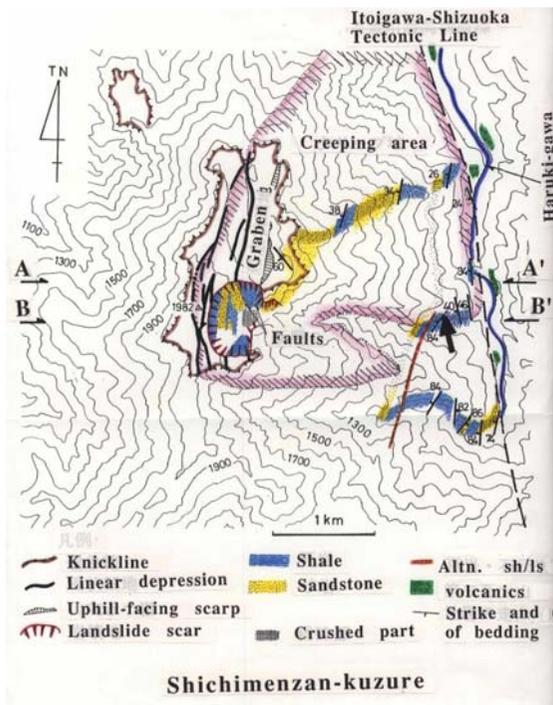
Photo by H. Suwa



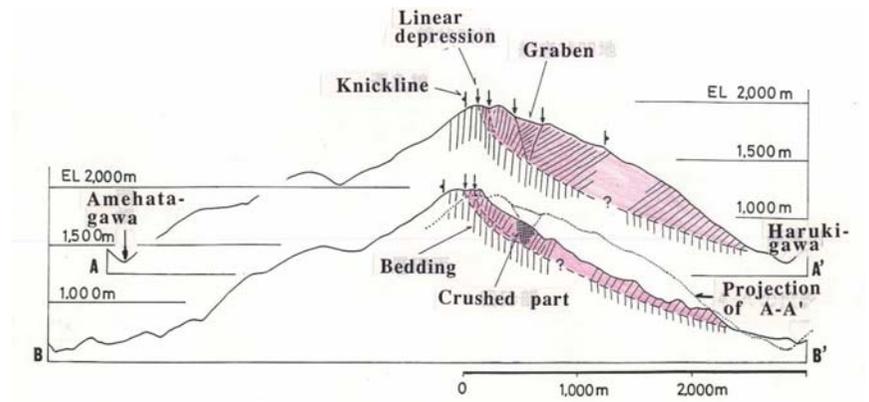


白鳥の崩壊：1707年宝永地震で発生，22名死亡。3日後決壊し，洪水被害
1854年安政東海地震時にも崩壊（土層，2000 地震砂防）



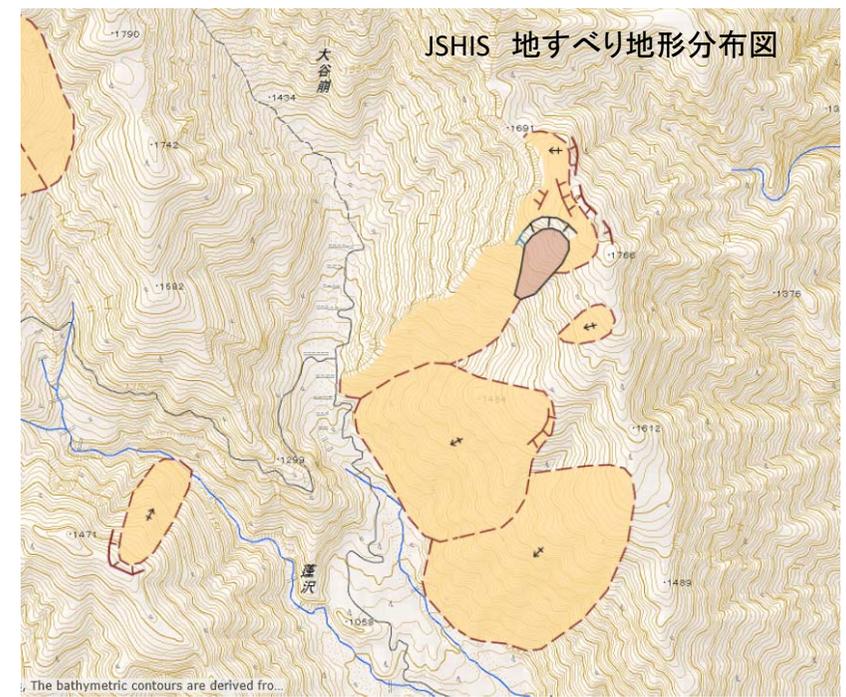
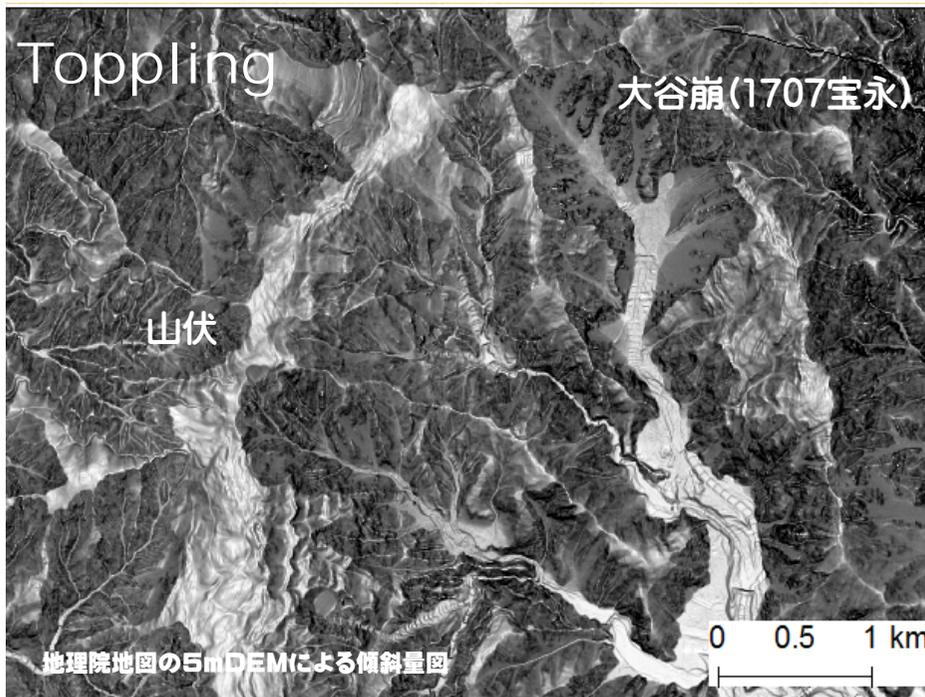


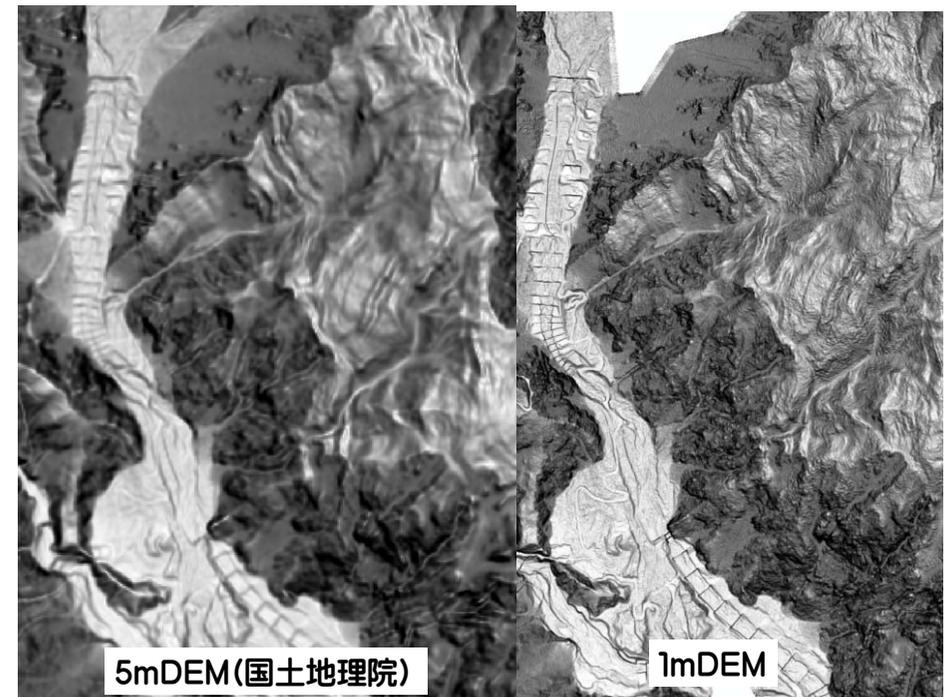
Chigira, M. 1992. Engineering Geology, 32, 157-184.



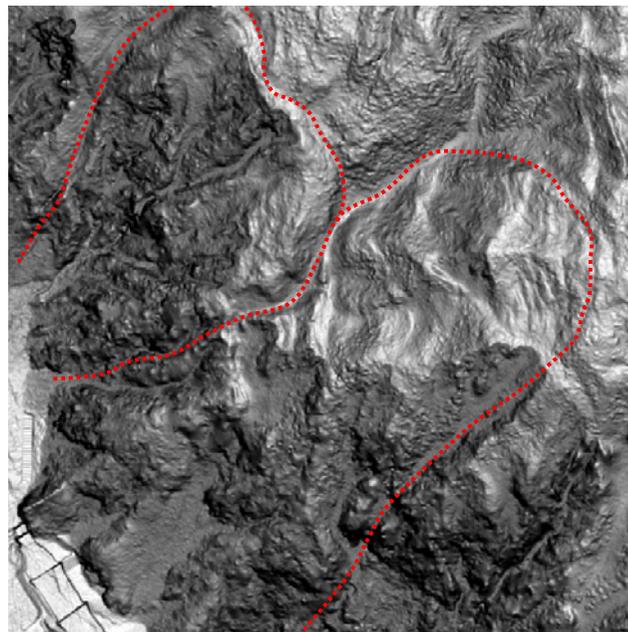
Toppling

Chigira, M. 1992. Engineering Geology, 32, 157-184.





空中写真から1mDEMへの移行時期



地震による崩壊と地質構造・重力斜面変形との関係

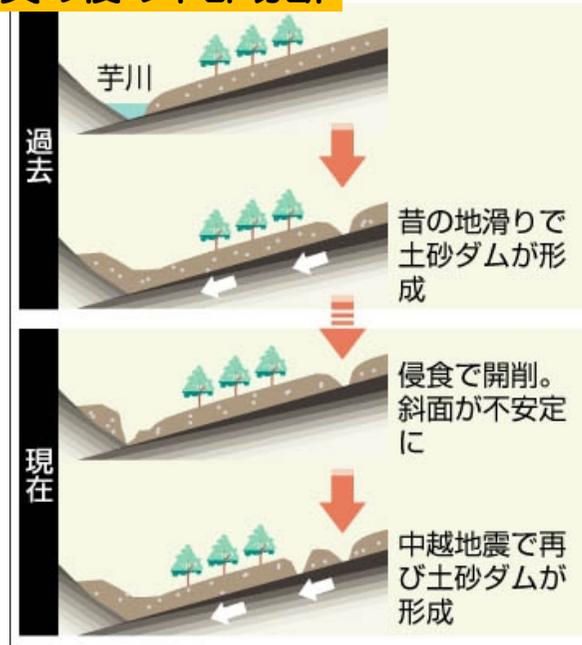
地震	マグニチュード	地すべり	体積 (10 ⁶ m ³)	岩石タイプ	傾斜 (°)	構造*	前兆地形	
715年の地震	M 6.5-7.5**	池口	93	砂岩, 混在岩, 緑色岩	50-60	UC	Bt	滑落崖
1707年宝永	M 8.4	カナギ	8.5	砂岩, 泥岩	60-90	A	FT	線状凹地
1985/バアニューギニア	M 7.1	バイラマン (Bairaman)	200	石灰岩	8	OC	U	線状凹地
1999集集	Mw 7.6	九分二山	50	砂岩, 泥岩, 頁岩	20-36	UC	B	線状凹地 段差
		草嶺	125	同上	14	OC	U	平面図でV型の線状凹地
2004新潟県中越	Mw 6.6 (Mj 6.8)	東竹沢	2	砂岩, 泥岩	20	OC	CU	滑落崖
		塩野	5	同上	14	OC	CU	滑落崖
		寺野	0.5	同上	14	OC	CU	滑落崖
		風吹峠	0.09	同上	30-42	UC	B	不明
2005年パキスタン北部	Mw 7.6	ダンベ (Dandbeh)	65	砂岩, 泥岩	20 (向斜軸のプランジ)	OC	CU	小崖
		ピアバンディワラ (Pir Bandiwala)	1	砂岩, 泥岩	不明	不明	CU	滑落崖
2008年汶川	Mw 7.9	大光包 (Daguanbao)	837	炭酸塩岩	35-38 (斜め)	UC	B	線状凹地
		銀杏溝 (Yinxingou)	100?	炭酸塩岩	25?	OC	U	不明
2008年岩手・宮城内陸	Mw 6.9 (Mj 7.2)	荒砥沢	67 million	砂岩, シルト岩, 凝灰岩, 溶結凝灰岩	0-2	OC	CU	線状凹地

*: OC: 柱目盤; UC: 逆目盤; A: 受け盤; Bt: バットレス; B: 座屈; FT: 曲げトップリング; U: 下部切断; CU: 対岸衝突・下部切断

目次

- 雨による崩壊
 - 表層崩壊
 - 深層崩壊
- 地震による崩壊
 - 重力変形による準備
 - 対岸衝突下部切断型
 - 化学的風化による準備

対岸衝突の後の下部切断



朝日新聞66



中日本航空

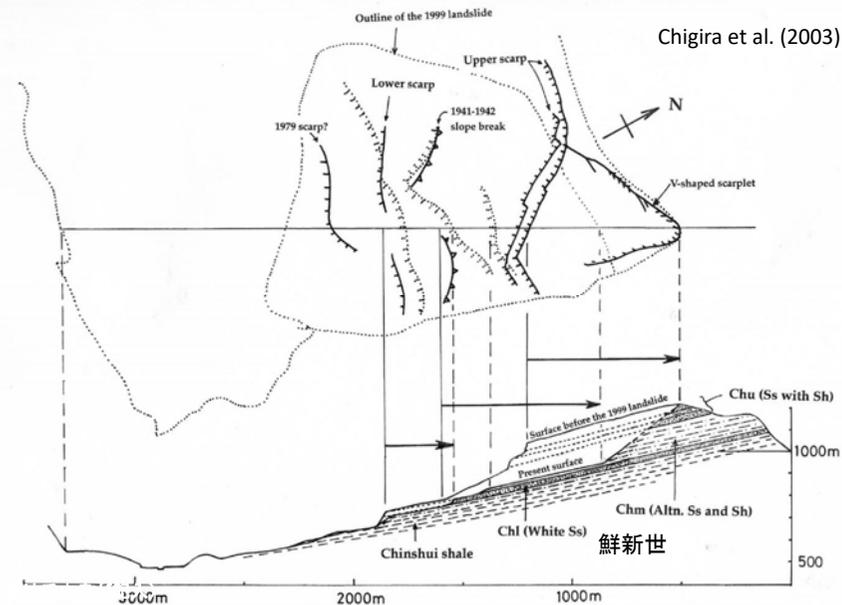
地震による崩壊と地質構造・重力斜面変形との関係

地震	マグニチュード	地すべり	体積 (10 ⁶ m ³)	岩石タイプ	傾斜 (°)	構造*	前兆地形	
715年の地震	M 6.5-7.5**	池口	93	砂岩, 混在岩, 緑色岩	50-60	UC	Bt	滑落崖
1707年宝永	M 8.4	カナギ	8.5	砂岩, 泥岩	60-90	A	FT	線状凹地
1985年バファニューギニア	M 7.1	バイラマン (Bairaman)	200	石灰岩	8	OC	U	線状凹地
1999集集	Mw 7.6	九分二山	50	砂岩, 泥岩, 頁岩	20-36	UC	B	線状凹地 段差
		草嶺	125	同上	14	OC	U	平面図でV型の線状凹地
2004新潟県中越	Mw 6.6 (Mj 6.8)	東竹沢	2	砂岩, 泥岩	20	OC	CU	滑落崖
		塩野	5	同上	14	OC	CU	滑落崖
		寺野	0.5	同上	14	OC	CU	滑落崖
		風吹峠	0.09	同上	30-42	UC	B	不明
2005年パキスタン北部	Mw 7.6	ダンベ (Dandbeh)	65	砂岩, 泥岩	20 (向斜軸のプランジ)	OC	CU	小崖
		ピアバンディワラ (Pir Bandiwala)	1	砂岩, 泥岩	不明	不明	CU	滑落崖
2008年汶川	Mw 7.9	大光包 (Daguangbao)	837	炭酸塩岩	35-38 (斜め)	UC	B	線状凹地
		銀杏溝 (Yinxingou)	100?	炭酸塩岩	25?	OC	U	不明
2008年岩手・宮城内陸	Mw 6.9 (Mj 7.2)	荒砥沢	67 million	砂岩, シルト岩, 凝灰岩, 溶結凝灰岩	0-2	OC	CU	線状凹地

*: OC: 柱目盤; UC: 逆目盤; A: 受け盤; Bt: バットレス; B: 座屈; FT: 曲げトップリング; U: 下部切断; CU: 対岸衝突・下部切断

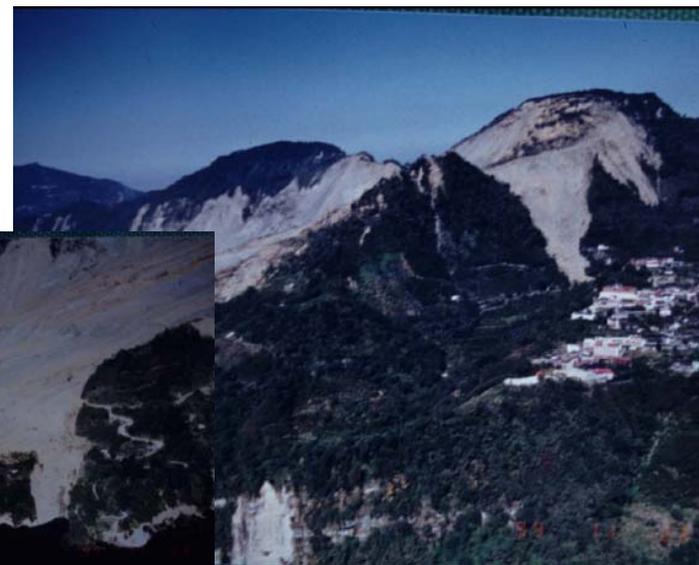
草嶺 (1999年台湾集集地震)

下部切断と
わずかなすべり



Tsaoling

草嶺



29名死亡
29 killed

Max. acceler. N-S: 842gal, E-W: 793gal, Vertical: 716gal

地震による崩壊と地質構造・重力斜面変形との関係

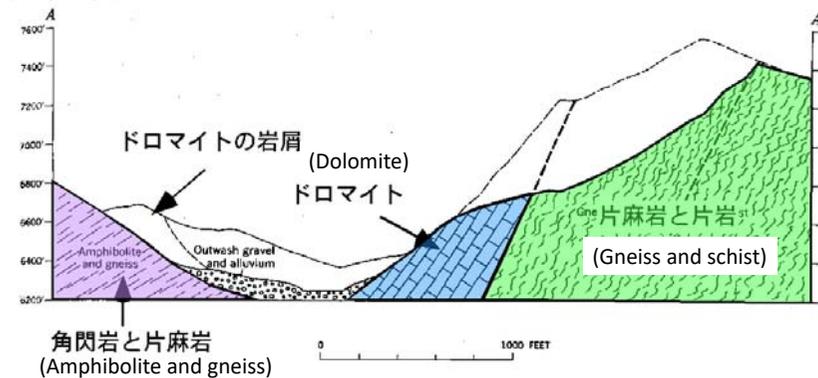
地震	マグニチュード	地すべり	体積 (10 ⁶ m ³)	岩石タイプ	傾斜 (°)	構造*	前兆地形	
715年の地震	M 6.5-7.5**	池口	93	砂岩, 混在岩, 緑色岩	50-60	UC	Bt	滑落崖
1707年宝永	M 8.4	カナギ	8.5	砂岩, 泥岩	60-90	A	FT	線状凹地
1985バファニューギニア	M 7.1	バイラマン (Bairaman)	200	石灰岩	8	OC	U	線状凹地
1999集集	Mw 7.6	九分二山	50	砂岩, 泥岩, 頁岩	20-36	UC	B	線状凹地 段差
		草嶺	125	同上	14	OC	U	平面図でV型の線状凹地
2004新潟県中越	Mw 6.6 (Mj 6.8)	東竹沢	2	砂岩, 泥岩	20	OC	CU	滑落崖
		塩野	5	同上	14	OC	CU	滑落崖
		寺野	0.5	同上	14	OC	CU	滑落崖
		風吹峠	0.09	同上	30-42	UC	B	不明
2005年パキスタン北部	Mw 7.6	ダンベ (Dandbeh)	65	砂岩, 泥岩	20 (向斜軸のプランジ)	OC	CU	小崖
		ピアバンディワラ (Pir Bandiwala)	1	砂岩, 泥岩	不明	不明	CU	滑落崖
2008年汶川	Mw 7.9	大光包 (Daguanbao)	837	炭酸塩岩	35-38 (斜め)	UC	B	線状凹地
		銀杏溝 (Yinxingou)	100?	炭酸塩岩	25?	OC	U	不明
2008年岩手・宮城内陸	Mw 6.9 (Mj 7.2)	荒砥沢	67 million	砂岩, シルト岩, 凝灰岩, 溶結凝灰岩	0-2	OC	CU	線状凹地

*: OC: 柱目盤; UC: 逆目盤; A: 受け盤; Bt: バットレス; B: 座屈; FT: 曲げトッピング; U: 下部切断; CU: 対岸衝突・下部切断

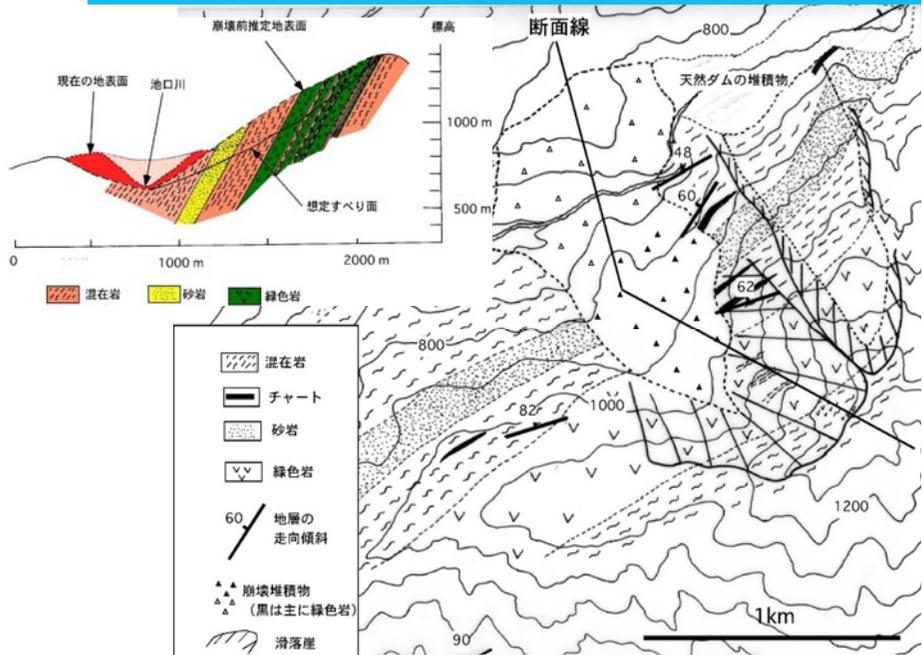
バットレス (Buttress)

マディソンの崩壊 (1959ヘブゲンレーク地震)
Madison slide (1959 Hebgen lake earthquake, USA)

標高 (フィート)



池口崩れ(長野県、715年の地震)



池口崩れ東方

地震による崩壊と地質構造・重力斜面変形との関係

地震	マグニチュード	地すべり	体積 (10 ⁶ m ³)	岩石タイプ	傾斜 (°)	構造*	前兆地形
715年の地震	M 6.5-7.5**	池口	93	砂岩, 混在岩, 緑色岩	50-60	UC Bt	滑落崖
1707年宝永	M 8.4	カナギ	8.5	砂岩, 泥岩	60-90	A FT	線状凹地
1985ババアニューギニア	M 7.1	バイラマン (Bairaman)	200	石灰岩	8	OC U	線状凹地
1999集集	Mw 7.6	九分二山	50	砂岩, 泥岩, 頁岩	20-36	UC B	線状凹地 段差
		草嶺	125	同上	14	OC U	平面図でV型の線状凹地
2004新潟県中越	Mw 6.6 (Mj 6.8)	東竹沢	2	砂岩, 泥岩	20	OC CU	滑落崖
		塩野	5	同上	14	OC CU	滑落崖
		寺野	0.5	同上	14	OC CU	滑落崖
		風吹峠	0.09	同上	30-42	UC B	不明
2005年パキスタン北部	Mw 7.6	ダンベ (Dandbeh)	65	砂岩, 泥岩	20 (向斜軸のプランジ)	OC CU	小崖
		ピアバンディワラ (Pir Bandiwala)	1	砂岩, 泥岩	不明	不明	CU
2008年汶川	Mw 7.9	大光包 (Daguanbao)	837	炭酸塩岩	35-38 (斜め)	UC B	線状凹地
		銀杏溝 (Yinxingou)	100?	炭酸塩岩	25?	OC U	不明
2008年岩手・宮城内陸	Mw 6.9 (Mj 7.2)	荒砥沢	67 million	砂岩, シルト岩, 凝灰岩, 溶結凝灰岩	0-2	OC CU	線状凹地

地震の前の降雨

過去の事例は,

地震の先行降雨が, 崩壊発生の多寡に影響する

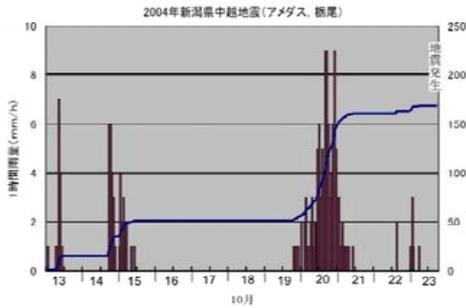
ことを示唆

実績に基づいてハザードマップを作成する場合, 特に注意

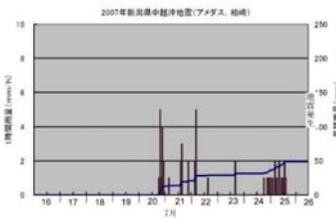
*: OC: 柱目盤; UC: 逆目盤; A: 受け盤; Bt: バットレス; B: 座屈; FT: 曲げトッピング; U: 下部切断; CU: 対岸衝突・下部切断

堆積性軟岩地域に生じた3つの地震と先行降雨 (10日間)

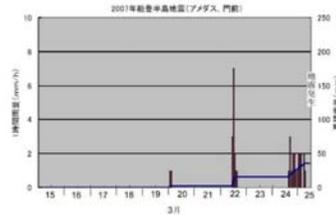
2004中越地震(M6.8)



2007中越沖地震(M6.8)



2007能登半島地震(M6.9)



ほとんど同じ強さだが、崩壊は先行降雨の多かった中越地震で圧倒的に多く発生した

目次

- 雨による崩壊
 - 表層崩壊
 - 深層崩壊
- 地震による崩壊
 - 重力変形による準備
 - 対岸衝突下部切断型
 - 化学的風化による準備

化学的準備が重要なのは

- 火山碎屑物
- 炭酸塩岩
- 軟質海成泥岩

Chemical processes is important for earthquake-induced landslides of

- Pyroclastics,
- Carbonate rocks,
- Soft marine mudstone,

化学的準備が重要なのは

- 火山碎屑物
- 炭酸塩岩
- 軟質海成泥岩

Chemical processes is important for earthquake-induced landslides of

- Pyroclastics,
- Carbonate rocks,
- Soft marine mudstone,

2011 Tohoku earthquake

12 killed, 1 missing



すべり面は粘土質火山
灰土(古土壤)
ハロイサイト

、国土技術政策総合研究所・土木研究所

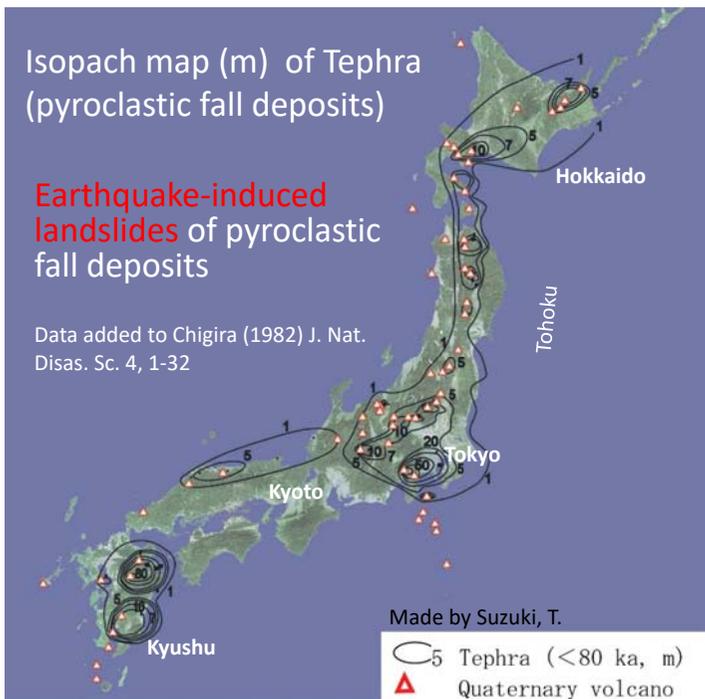


(C)国際航業株式会社・株式会社バスコ

Isopach map (m) of Tephra (pyroclastic fall deposits)

Earthquake-induced landslides of pyroclastic fall deposits

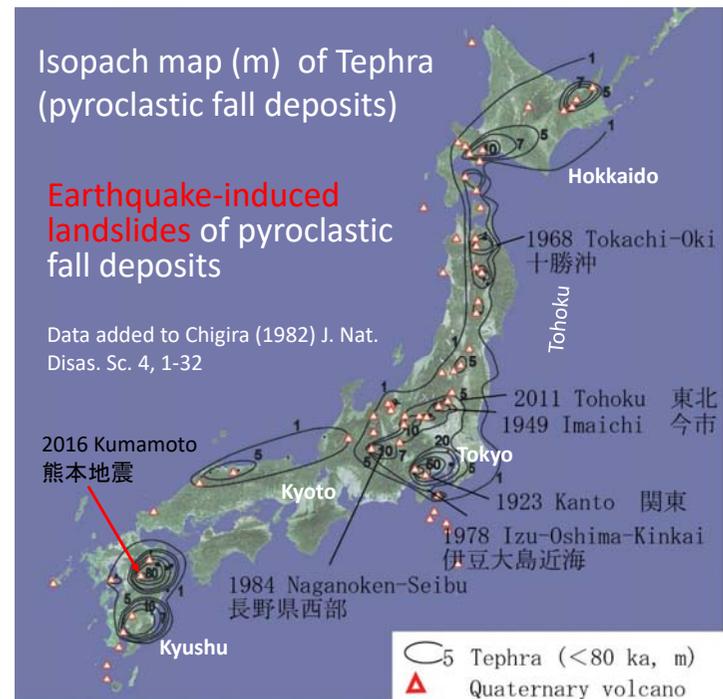
Data added to Chigira (1982) J. Nat. Disas. Sc. 4, 1-32



Isopach map (m) of Tephra (pyroclastic fall deposits)

Earthquake-induced landslides of pyroclastic fall deposits

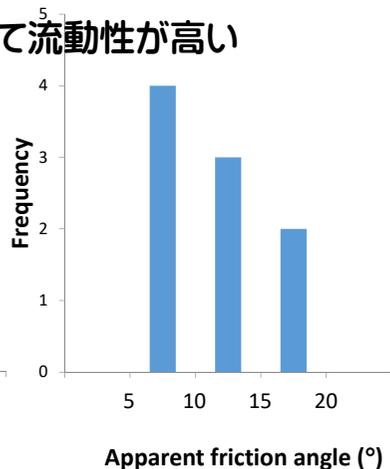
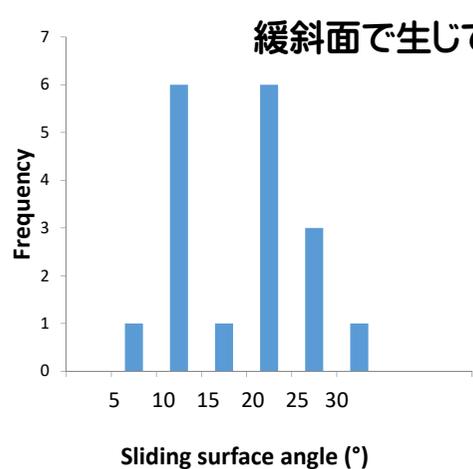
Data added to Chigira (1982) J. Nat. Disas. Sc. 4, 1-32



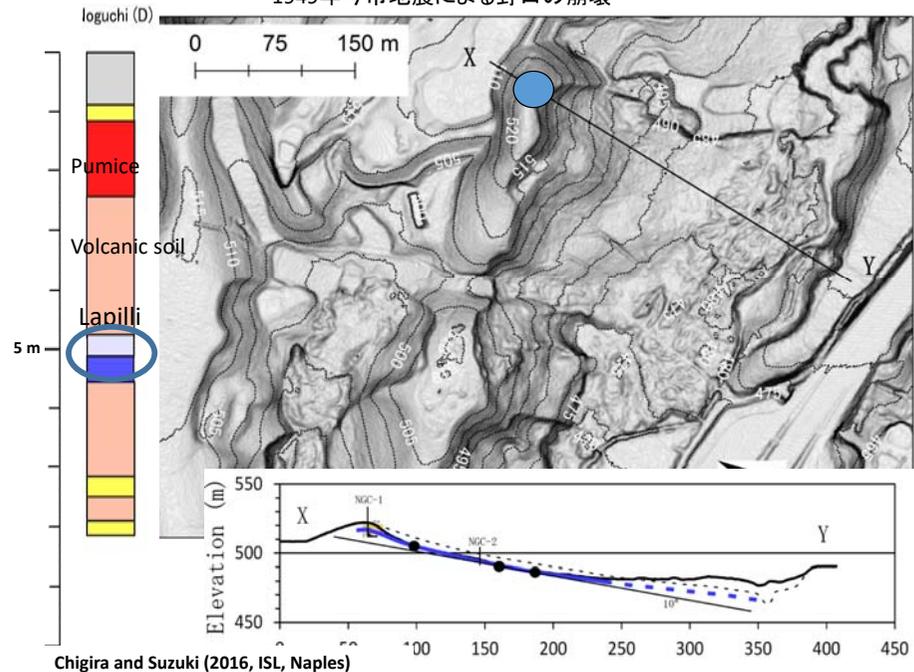
Sliding surface angles
of the landslides of pyroclastic
fall deposits
すべり面傾斜

Mobility shown by apparent
friction angles
見かけの摩擦角

緩斜面で生じて流動性が高い



1949年今市地震による野口の崩壊



Padang earthquake,

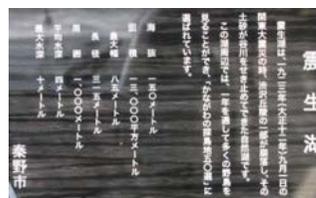
Sumatra
Sep 30, 2009, Mw=7.6
豪雨時に発生
1村壊滅(160名以上死亡)



Photo: ©AP Photo/Dita Alangrara



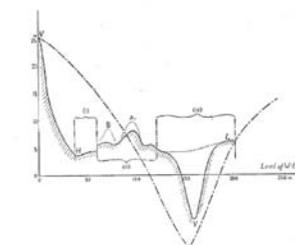
1923年関東地震による震生湖地すべり



秦野に於ける山崩



寺田・宮部(1932、地震研彙報)



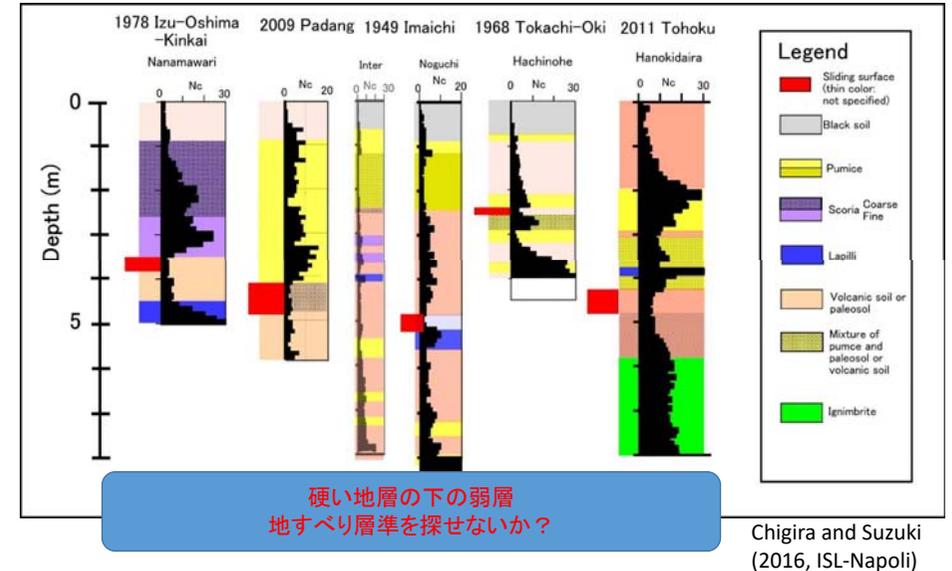
寺田・宮部(1932、地震研彙報)
Fig. 5. Profile of the Section I'Q of Fig. 3. (Chain Line shows the Profile of the Valley before the Landslide.)

降下火砕物の地震時地すべり

- 降下火砕物は地震動に対して大変弱い
- 崩壊は何の前兆もなく起こる
- しかし、我々は崩れるものがどこにあるのか知ることができる
- 地質的観点から
- もっと正確に知りたい
- Pyroclastic fall deposits are very susceptible to earthquake shaking
- They occur without any precursor
- However, we can know where the materials are
- From the view points of geology
- Need to be more precise

93

降下火砕物の地震時地すべりには地すべり層準がある



化学的準備が重要なのは

Chemical processes is important for earthquake-induced landslides of

- 火山砕屑物
- 炭酸塩岩
- 軟質海成泥岩
- Pyroclastics,
- Carbonate rocks,
- Soft marine mudstone,

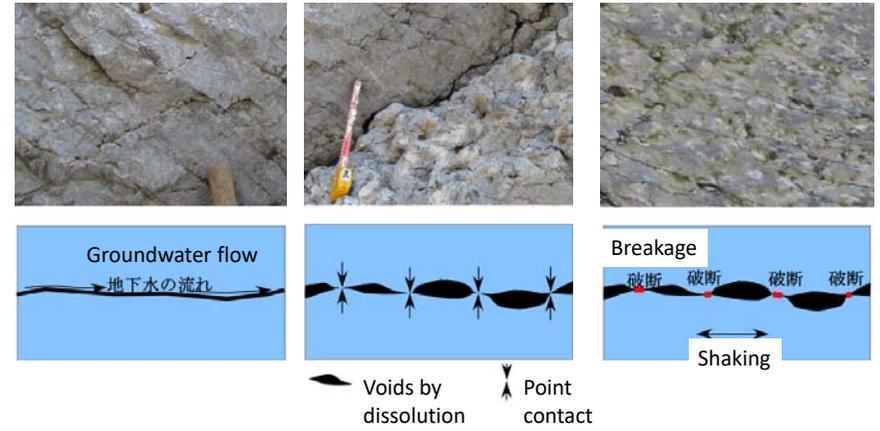
95

Landslide of carbonate rocks by the 2008 Wenchuan earthquake (汶川地震)

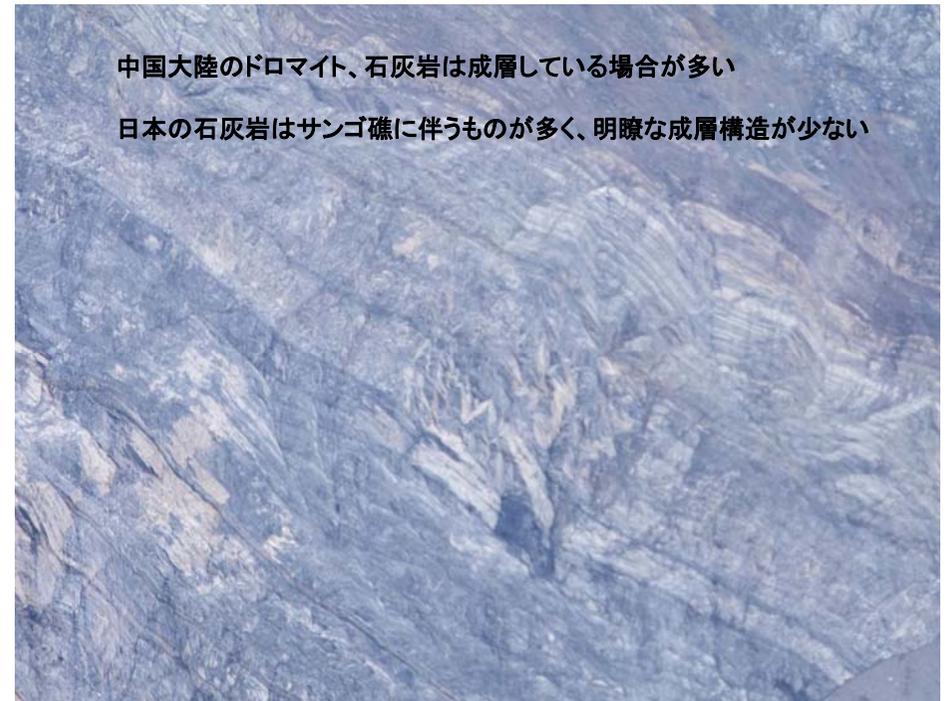


Chigira et al. (2010) Geomorphology

96



Carbonate rocks are susceptible to earthquake because of the decrease of contact areas,
But not to rainfall because of high permeability

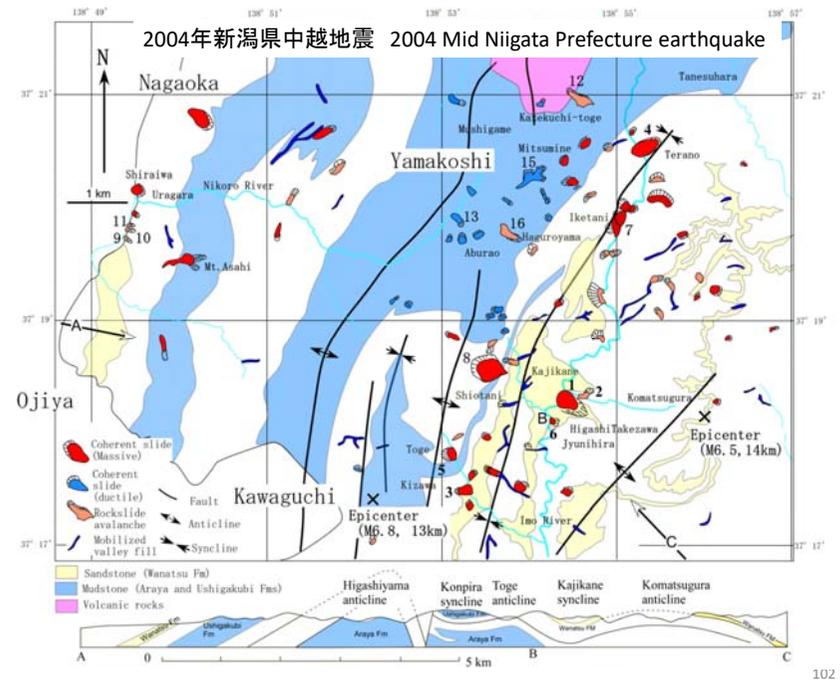


中国大陸のドロマイト、石灰岩は成層している場合が多い
日本の石灰岩はサンゴ礁に伴うものが多く、明瞭な成層構造が少ない

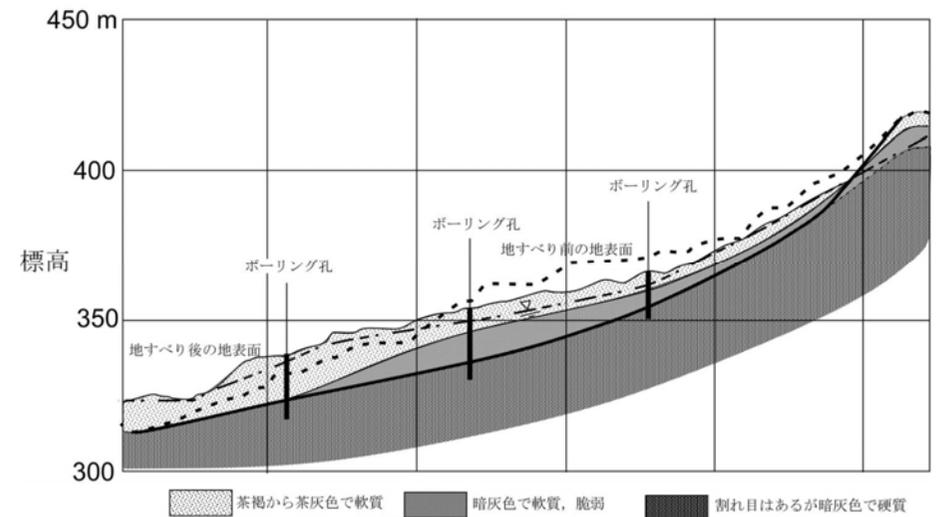
化学的準備が重要なのは

Chemical processes is important for earthquake-induced landslides of

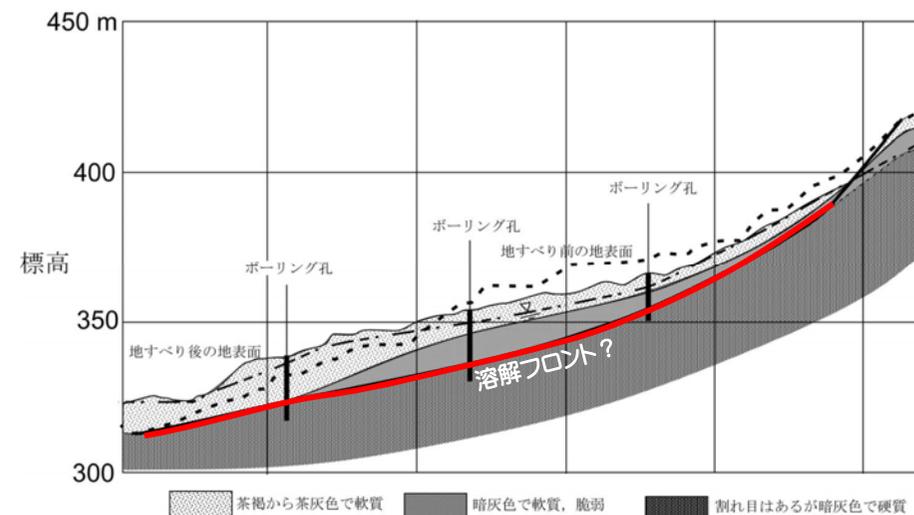
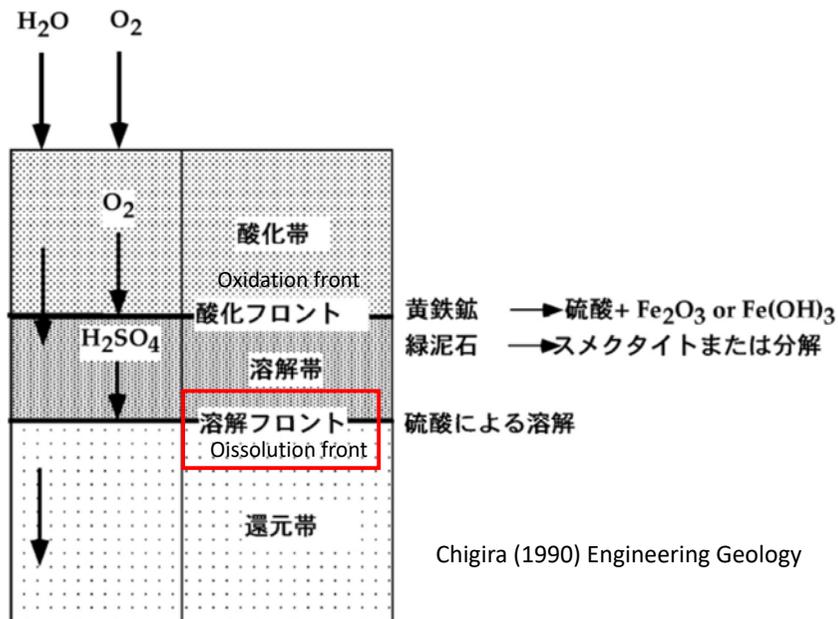
- 火山砕屑物
- 炭酸塩岩
- 軟質海成泥岩
- Pyroclastics,
- Carbonate rocks,
- Soft marine mudstone,



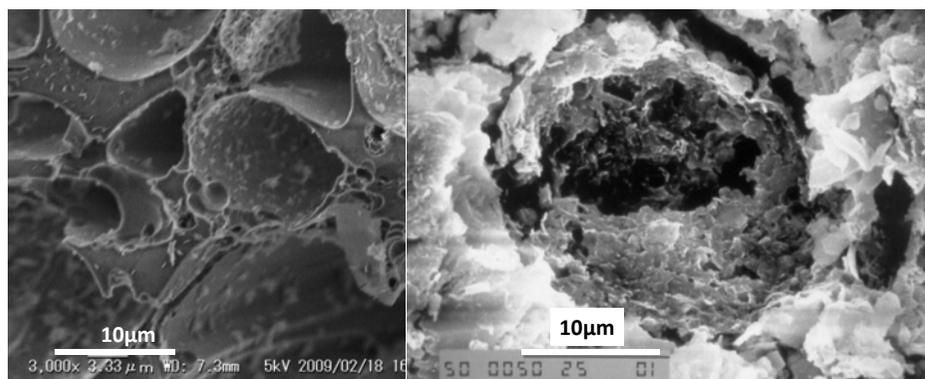
2004年新潟県中越地震
尼谷地地すべり
2004 Mid Niigata Prefecture eq. Amayachi slide



尼谷地地すべりの断面図 (新潟県)
千木良(2007)崩壊の場所



尼谷地地すべりの断面図 (新潟県)
 千木良(2007)崩壊の場所



エッチピットのあいた軽石
 Pumice with etch pits

溶解帯で化石が溶解して孔になっている
 A fossil is dissolved to form a void

泥岩の溶解帯の岩石と風化軽石は似た挙動?

Dissolved mudstone and weathered pumice may behave similarly?

目次

- 雨による崩壊
 - 表層崩壊
 - 深層崩壊
- 地震による崩壊
 - 重力変形による準備
 - 対岸衝突下部切断型
 - 化学的風化による準備

ご清聴ありがとうございました

