

速報

# 平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震による斜面災害

釜井 俊孝\*

## Landslides induced by The Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008

Toshitaka KAMAI\*

### Abstract

The brief report on landslides by the 2008 Iwate-Miyagi Naoriku earthquake (M7.0) was made. Deep seated landslides of the Neogene volcanic successions, landslides with debris flows of the Quaternary volcanic rocks, and shallow landslides of weathered rock were distributed on the mountainous slope of 750 km<sup>2</sup> wide around the Kurikoma yama (1627 m). The landslide of the artificial valley fill occurred again on the series of developed slope which has the collapse of valley fill in the 2003 earthquake. The largest landslide of the Arato-sawa, 1.3 km of length, 0.9 km of width, 150 m of depth, was known as the old landslide topography before the earthquake. It occurred on the gently sloping bedding planes, and controlled by the surface rupture of the earthquake fault on the left side of the landslide. The strong motion records around the landslide newly show the seismic characteristics of landslides on the mountainous slope.

キーワード：平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震, 地すべり

Key words: The Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008, Landslides

### 1. 斜面変動のタイプと分布

平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震は、2008年6月14日、土曜日の8時43分45秒に発生した。震源は、岩手県内陸南部の地下約8 km、地震の規模は、マグニチュード7.2(気象庁暫定値)、モーメント・マグニチュードは6.8であった。

CMT解では、震央から見て西北西-東南東方向に圧縮の力が加わる逆断層型で、横ずれを伴っている<sup>1)</sup>。震源断層の上盤側では、極めて強い揺れが観測され、KiK-net一ノ関西(岩手県一関市巖美町祭時)では、三成分合成値が、4022 Galに達し、日本国内観測史上最大値が記録された<sup>2)</sup>。

\* 京都大学防災研究所  
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

本速報に対する討論は平成21年2月末日まで受け付ける。

この強い震動により、多くの斜面災害が、主に花山ダムから石淵ダムにかけての栗駒山とその周辺、長さ約50km、幅約15kmの地域に発生した(図1)<sup>3)</sup>。震源インバージョンによると、断層の破壊は、震央（破壊開始点）から南側の浅い方に進展したため、すべり量は南側で大きかったと推定されている<sup>4)</sup>。斜面災害は、これに対応する様に分布しており、震央の南側の余震域で顕著な地すべり・斜面崩壊が発生して、ダム貯水地、温泉施設、河川、道路等に被害を与えた。

発生した斜面災害は、地質（岩質+構造）に深く関係している。これらは、地質との関係から、A：深い岩盤地すべり、B：大規模な山腹崩壊、C：浅い崩壊に分類する事が可能である。Aの多くは、

新第三系中にすべり面が形成され、地質構造（層理）に規制された岩盤地すべりである（写真1）。この地域には、大規模な地すべり地形が広く分布しているが、これらの深い地すべりも、多くが過去の地すべりの痕跡（地すべり地形）の上で発生した。Bは、新第三系の岩盤や第四紀火山噴出物の急斜面（山腹斜面）で発生したやや深い崩壊である。耕英地区の溶結凝灰岩の崩壊（写真2）や、駒の湯土石流の崩壊源となった栗駒山溶岩の崩壊（写真3）が代表的な事例である。Cは、主として風化層の浅い崩壊で、尾根筋や伐採痕に集中的に発生するなど、地形効果や植生の影響が顕著である（写真4）。

以上は、自然斜面の斜面災害であるが、この他



写真1 荒砥沢ダム貯水池上流の大規模岩盤地すべり。末端部は、手前の尾根に衝突した後、向きを変えて、貯水池に流入した（撮影：王功輝）。



写真3 駒の湯温泉土石流の崩壊源。溶岩の下底部から地下水が流出している。残雪も含めて豊富な水の存在が崩壊の流動化、土石流化に繋がった（撮影：王功輝）。



写真2 耕英の崩壊。溶結凝灰岩の台地を侵食する谷に沿って崩壊が発生した。



写真4 浅い崩壊。急斜面の風化層が滑り落ちている。伐採後の斜面に集中的に発生した。

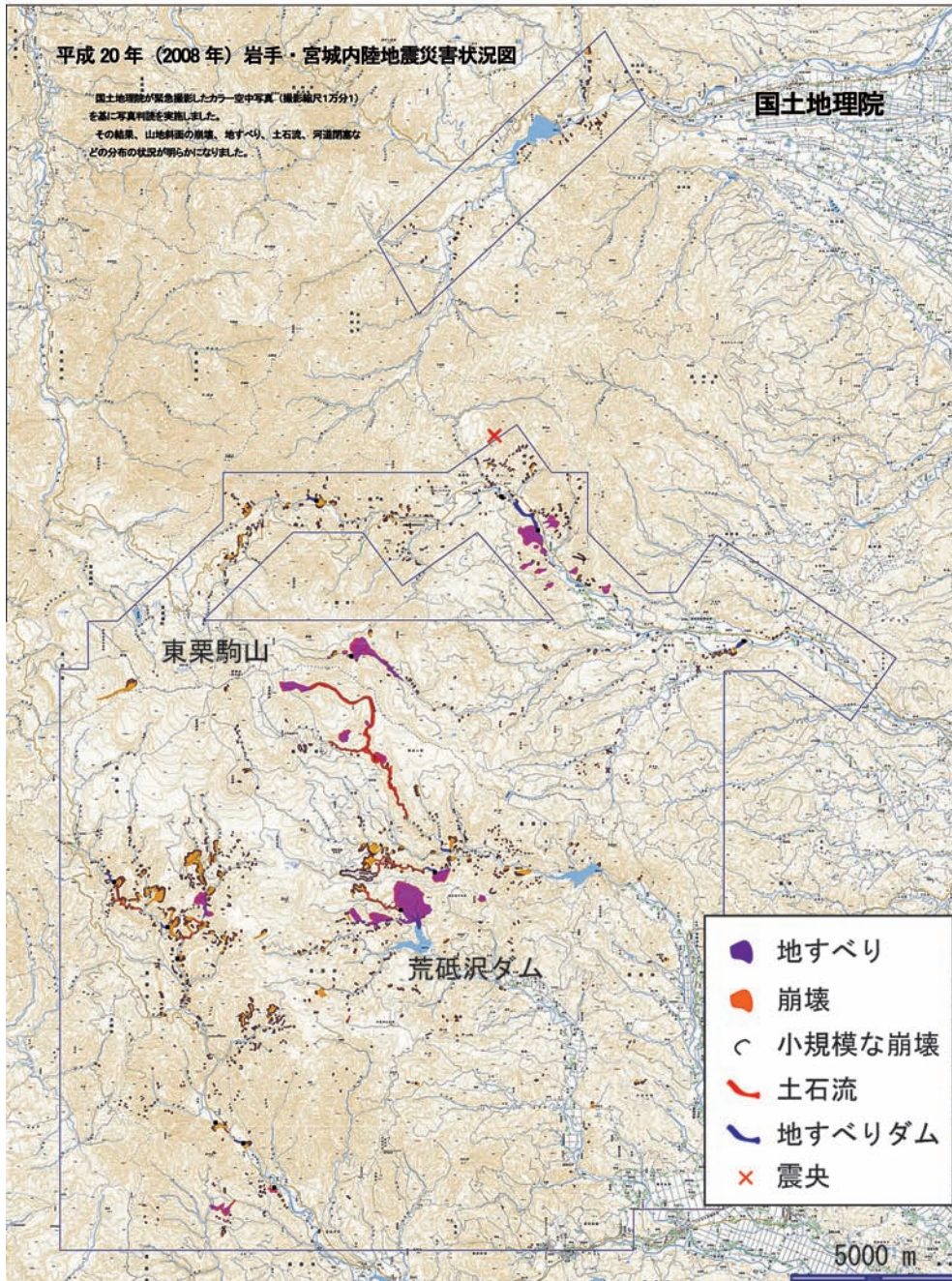


図1 斜面災害の分布。国土地理院「災害状況図」<sup>3)</sup>を加筆、簡略化。

に人工の斜面でも鶯沢、築館等で大規模な盛土斜面が崩壊した(写真5)。地震が山間地で発生したため、これら人工斜面の災害の発生数は、それ程多く無かったが、今後の被害軽減策を考える上では重要な事例である。

## 2. 荒砥沢地すべり

荒砥沢ダム貯水池の上流では、大規模な岩盤地すべりが発生した。全長約1.3km、幅約900m、最大深さ150mに達し、現代のわが国で発生した地すべりとしては最大規模の事例である。土塊の一部が貯水池に流入したため、津波が発生した。幸い、流入した土砂量がわずかであった事、流入した場所の水深が浅かったため、津波の高さはダムの位置で約2.5mほどであり、堤体を越流するには至らなかった(写真6)。

今回の地すべりは、典型的な岩盤すべりであり、緩傾斜の層理面に沿った地すべりと考えられる。地すべりの移動層は、新第三系の溶結凝灰岩、軽石凝灰岩から成る一連の火山噴出物と半固結のカルデラ湖底堆積物(砂岩、泥岩、凝灰岩のリズミカル互層)である。地すべりが発生した場所では、以前からより広範囲に地すべり地形が発達しており、今回の地すべりはその一部が再活動したとも考えられる。

形態的特徴から、地すべりは、最初、ほぼ一体として発生したが、その後、各部分の移動速度に相違が発生したため、複数のブロックに分離しつ



写真5 旧築館町館下で発生した谷埋め盛土の崩壊。

つ、運動したと考えられる。主要部は、南東～南南東に移動し、その末端は、深さ約70mの谷を埋めて対岸の尾根を切断し、更に数10m南東に移動して二番目の尾根に衝突した。大部分はそこで停止したが、流動化した一部の土塊は、この尾根の側壁に沿って移動し、貯水池に流入した。この尾根の側壁に残された、ほぼ水平の擦痕がその経過を物語っている(写真7)。

頭部滑落崖から移動体主部までは、幅の広い陥没帯であり、この内部に2列のナイフリッジが形成された。このナイフリッジは、緩傾斜のすべり



写真6 荒砥沢ダムの貯水池側斜面に残された津波の痕。地震発生前に湖面に浮いていた流木やゴミが、津波によって持ち上げられた。高さは、約2.5m。



写真7 荒砥沢地すべりの対岸の尾根に残された水平な擦痕。地すべり本体がこの尾根に衝突した後、一部の土塊が向きを変えて貯水池方向(右方向)に向かった。その結果、この尾根自体も数m水平に移動した。

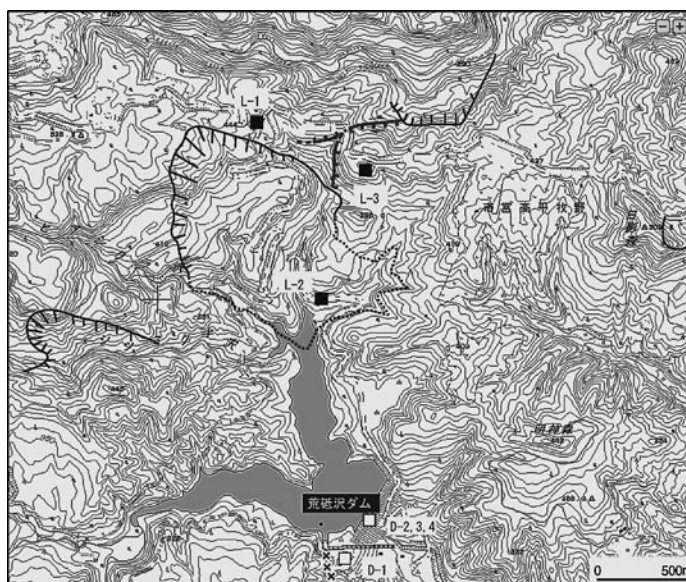


図2 荒砥沢地すべり周辺の活断層と強震動観測点。基図は、産総研(2008)によるトレース図<sup>6)</sup>を使用した。



写真8 荒砥沢地すべり東方の稜線で発見された地表地震断層(活断層)。数mの右横ずれと北西側隆起を伴っている。

面に沿って底面で移動しつつある土塊が、上下流両方向(移動体主部の前進、後退方向)のスランブ(回転すべり)で削られた結果、形成されたものと考えられる<sup>5)</sup>。

稜線で発見された活断層(写真8)は、地すべりの東で分岐し、一端は、荒砥沢地すべりの左側方滑落崖に連続するように認められる(図2)<sup>6)</sup>。左側方滑落崖は、他の部分に比べて、明瞭でしか

も直線的である事から、荒砥沢地すべりの左側部は、活断層系の一部によって規制されていたと考えられる。

### 3. 荒砥沢上流域の地震動と地すべり

#### 3.1 地震観測

余震活動の観測を、荒砥沢上流部における斜面上の3箇所(L1, L2, L3)で実施した(図2)。L1は、荒砥沢地すべりが発生した斜面の稜線付近の地すべり滑落崖から約100m背後に位置する。道路建設に伴う切土域であり、表土は厚さ1m以内と薄く、固い岩盤(溶結凝灰岩)が地表に露出している。L2は、荒砥沢地すべりの末端部に位置する。地すべりで移動した半固結凝灰岩の岩塊上であり、南～南西方向に開けた急斜面でダム貯水池に面している。L3は、荒砥沢地すべりに東に隣接する古い岩盤地すべりの分離小丘上に位置し、厚い表土層が溶結凝灰岩を欠いて、半固結の新第三系(凝灰岩、泥岩、砂岩)を覆っている。L3が位置する岩盤地すべりでは、今回の地震による顕著な変動は認められなかった。L1とL2の観測は、2008年6月19日～6月25日、L1

とL3の観測は、2008年6月27日～7月9日に行った。また、宮城県荒砥沢管理事務所より、荒砥沢ダムとその周辺における強震動観測結果の提供を受けた。

### 3.2 本震と地すべり

本震における斜面上の震動は、観測されていない。しかし、荒砥沢ダムでは、ダム基礎岩盤中（底面）で、ダム上下流方向（水平）に最大加速度1024 Gal、右岸地山では上下方向に最大加速度1024 Galの地震動が記録されている。ダムが位置する谷底で、これら1000 Gal超の地震動が岩盤中

で発生した事は、地形的に高所に位置し、風化層が厚くなる山腹斜面では、1Gを越える加速度が作用した事を意味する。事実、谷底（地すべり末端）に位置するL2と稜線（地すべり背後）に位置するL1では、谷底に比べて稜線部での三成分合成加速度（最大値）が、余震観測開始当初には約2.5倍に増幅されていた。したがって、単純に計算すると、基盤に1000 Galの入力があった本震の際には、2500 Galに達する大きな加速度が斜面に作用した可能性が高いと言える。

周波数特性を見ると、荒砥沢ダムとKiK-net一ノ関西の岩盤中における本震では、5 Hz付近の高

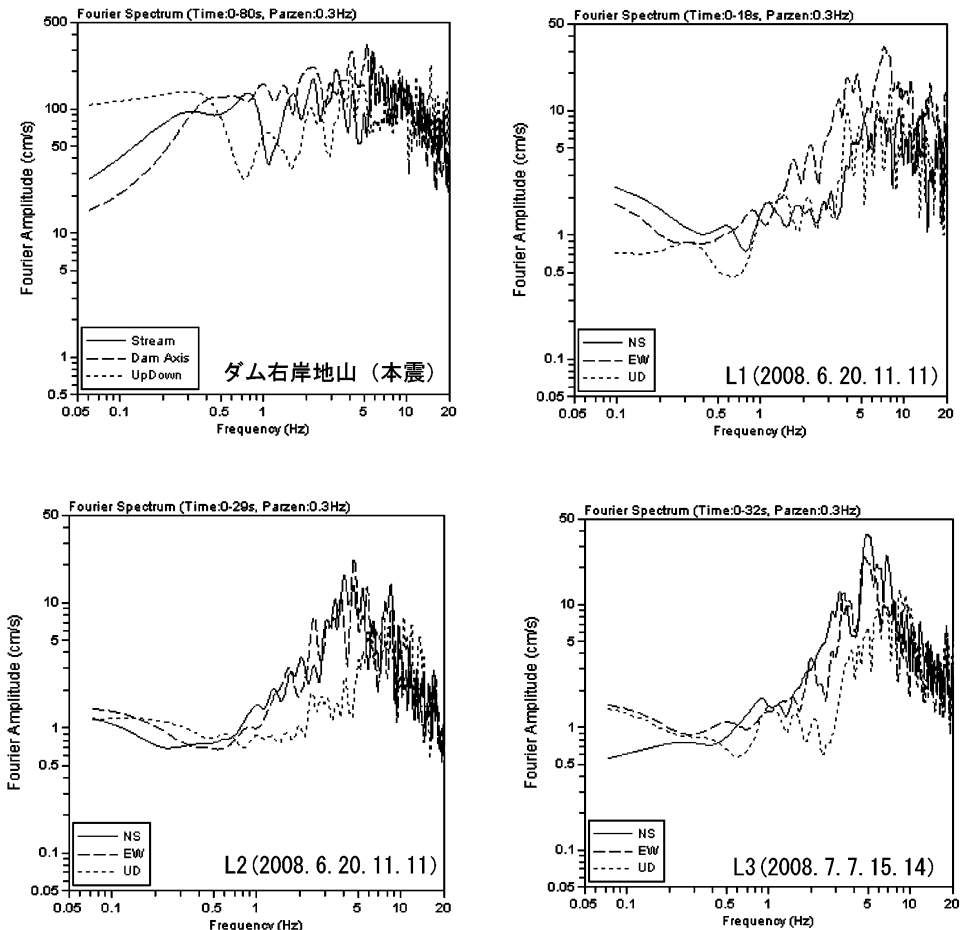


図3 本震と余震の代表的な加速度フーリエスペクトル。L1, L2, L3に関する括弧内の数字は、余震発生時刻。

周波数領域のパワーが大きい。余震のピーク周波数は、L1で8Hz、L2で5Hz、L3で5Hz付近に見られる(図3)。また、荒砥沢ダムの記録でも、小規模な余震の場合、ピーク周波数は、5Hz付近に見られた。表層の軟弱層が薄い岩盤斜面では、これらのピーク周波数は、基盤特性を反映した一次の固有モードを反映していると考えられるので、荒砥沢地すべり(大規模な岩盤地すべり)の発生要因の一つとして、山地斜面の固有周波数と地震のピーク周波数がほぼ一致したことが挙げられる。

### 3.3 余震と地すべり活動

余震観測開始当初に見られた、谷底(L2)に対する稜線(L1)での顕著な増幅傾向は、時間的に変化していった(図4)。すなわち、6月19日の時点で、2.5倍の開きがあった両者(L1とL2)の三成分合成加速度(最大値)は、6月21日以降、次第に接近し、6月22日にはほぼ一致するようになった。この原因は、現時点では不明である。しかし、余震観測開始当初、比較的等方的であったL2(荒砥沢地すべり末端部)における速度粒子軌跡は、次第に北東-南西方向(局所的な最大傾斜方向)や東西方向(地すべり本体の移動方向)に卓越するようになった(図5)。また、増幅が見られなくなった時点でのL1の記録(6月22日11時8分)に2Hzのローパスフィルターで高周波数成分を除去した結果、北東-南西方向(滑落崖に直

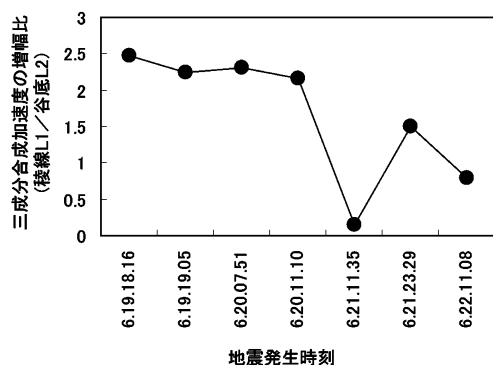


図4 L2(谷底)に対するL1(稜線)の三成分合成加速度(最大値)の比(増幅率)の変化。

交する方向)に卓越する速度軌跡が現れた。これらの事から、L1、L2に関連する荒砥沢地すべりの活動は、緩やかではあるが地震後も継続していると推定され、上記の増幅傾向の変化は、地すべり現象の拡大を反映している可能性がある。

### 3.4 「動かなかった地すべり」での地震動

今回、顕著な変動が発生しなかった岩盤地すべりL3における加速度波形を、同じ余震について、荒砥沢地すべり背後のL1も記録と比較した。その結果、L3での加速度振幅は、L1での1~4.3倍の大きさであった。すなわち、単純に加速度振幅を比較すると、小さい順から、荒砥沢地すべり内部(L2) < 荒砥沢地すべり背後(L1) < 顕著な変動が発生しなかった岩盤地すべり(L3)となり、顕著な変動が見られなかった斜面の方が、地すべりが発生した斜面におけるよりも、余震による震動は大きい結果となった。この事は、荒砥沢地すべりの様に、大規模な岩盤地すべりが発生するためには、震動の大きさの他に、何らかの要因が必要であった事を示唆する。

図5に示した速度粒子軌跡を見ると、L3における軌跡では、南北、及び北西-南東方向が卓越し、斜面の最大傾斜方向、すなわち過去の地すべりの移動方向とほぼ一致する。これに対し、L1での速度粒子軌跡の卓越方向は、大部分の余震において、ほぼ東西であり、荒砥沢地すべりの左側方滑落崖の延長方向、及び活断層の延長方向に一致する。この傾向が、本震の際にも同様であったとすれば、活断層に沿った激しい震動による側部抵抗の減少が、荒砥沢地すべりを誘発した可能性を指摘する事ができる。

## 4. 築館の谷埋め盛土地すべり

築館の館下地区で谷埋め盛土の崩壊が発生した。この崩壊は、2003年三陸南地震の際に発生した谷埋め盛土崩壊箇所(幅約40m、長さ約200m)の西に隣接しており、その当時は滑らなかった谷埋め盛土が、今回のより強い地震動(K-net 築館で3ch合成約800Gal)によって、崩壊した事例である(図6)。

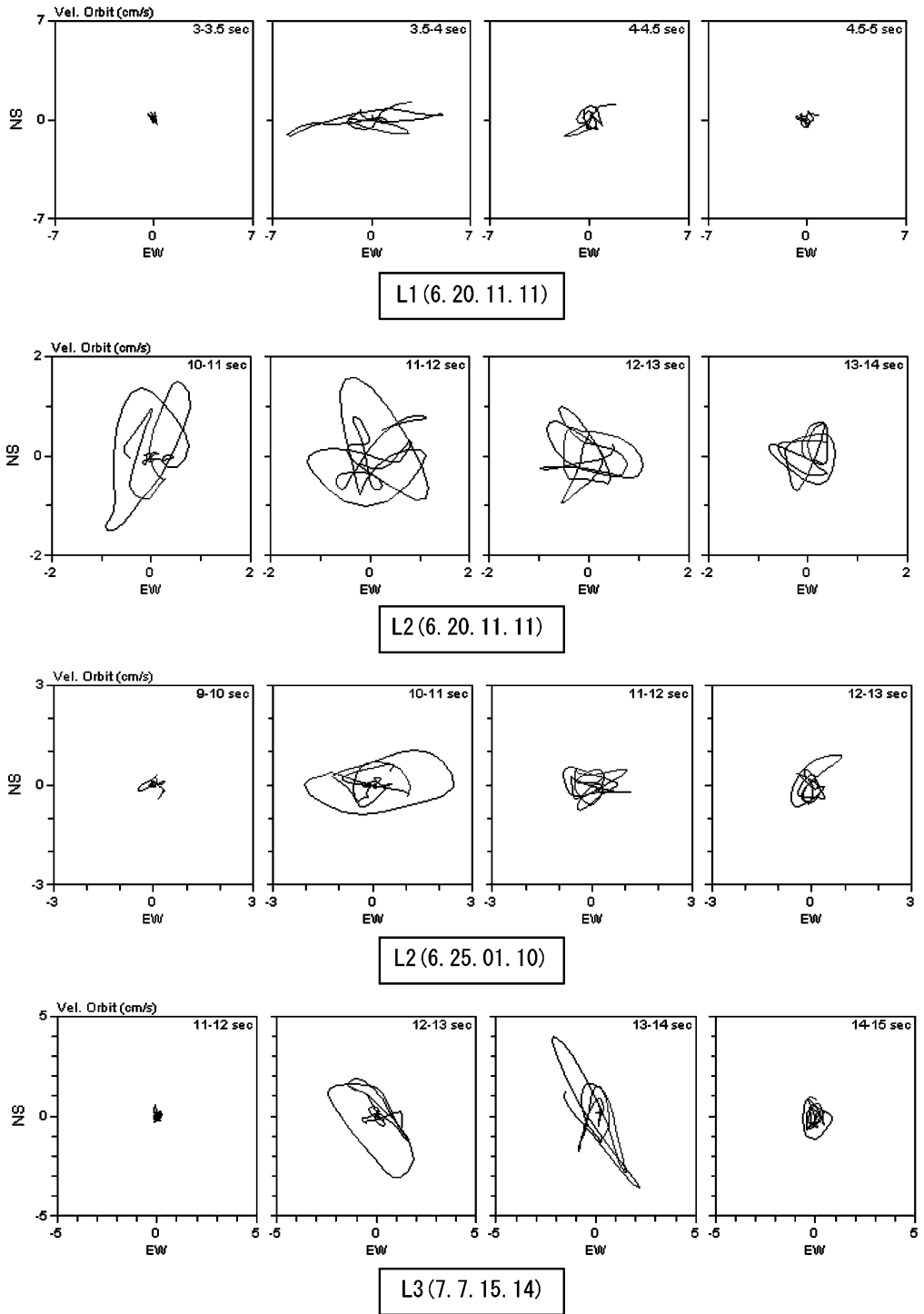


図5 代表的な速度粒子軌跡。0.5～1秒間隔で示す。四角内は、観測地点と余震発生時刻。





図6 旧築館町館下における谷埋め盛土の崩壊箇所。2003年撮影の斜め空中写真（撮影：パスコ）に加筆した。

この地区の斜面は、1970年代の農地改良事業によって造成された斜面である。造成の目的は畑地とも宅地への転用とも言われているが、結果的に造成後の利用が放棄され、長い間適切な維持管理がなされていない斜面であった。谷埋め盛土の材料は、尾根部を形成していた更新統の軽石流堆積物であり、多孔質なため土粒子の比重が軽く、有効上載圧が小さいうえ、地下水を貯留しやすい特徴がある。ただし、今回の事例では、2003年の崩壊よりも地下水の量が少なかったため、完全な流動化には至らなかった。転圧不足のため、盛土の締まりは悪く、大部分がN値3以下である。旧谷底付近の地盤強度は、特に小さく、しばしば、N値も測定不能（自沈）である。

2003年の崩壊箇所の盛土厚さ（旧谷地形の深さ）は、約4 mであった。隣接する谷埋め盛土の厚さは、これよりも厚く、今回崩壊した西側（向かって左）の盛土は約6 m、東側（向かって右）は約8 mである。すなわち、厚さの薄い谷埋め盛土ほど、不安定であり、順番に崩壊したといえる（但し、東側の盛土には排水施設が新設済）。この斜面の様に、盛土底面付近の地盤が液状化する場合、底面での抵抗はほとんど失われるので、崩壊の発生を左右するのは、側部抵抗の大きさであると考えられる<sup>7)</sup>。2003年と今回の地震によるこ

の地区での谷埋め盛土の崩壊事例は、そのメカニズムを実証した事例として貴重である。

## 5. 今後の問題

これまで、地震による地すべりは、特殊な事例であり、再活動型地すべりが地震によって変動する事は稀であるとされていた。しかし、中越地震から今回の岩手・宮城内陸地震に至り、地震と自然斜面の地すべりの関係について、われわれの理解は、極めて限定的なものであった事を認めざるを得ない。例えば、斜面の基本的な震動特性に関しても不明な点が多く、今後の研究の進展が待たれる。また、従来漠然と地殻変動との関係が想定されていた大規模な岩盤すべり地形に関しても、活断層による構造規制と地震動との関係で再検討されるべきである。この事は、山地の斜面防災という点だけでなく、断層の活動性評価（活断層の発見）という面でも貢献すると思われる。

## 謝辞

本報告では、防災科学技術研究所が運営しているKiK-net、及びK-netのデータを用いた。また、宮城県荒砥沢管理事務所より、強震動観測結果を提供いただいた。地震波形の処理には、ViewWave (ver. 1.50) を用いた。また、本報告の

一部は、日本地すべり学会、及び、土木学会斜面工学小委員会との合同調査の結果に基づいている。ここに、感謝します。

### 参考文献

- 1) 防災科学技術研究所：防災科研 F-net および Hinet による主な地震のメカニズム解, <http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/iwate-miyagi080614/>, 2008, 2008年6月27日.
- 2) 防災科学技術研究所：平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震において記録されたきわめて大きな強震動について, [http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/topics/Iwatemiyaginairiku\\_080614/IWTH25\\_NIED.pdf](http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/topics/Iwatemiyaginairiku_080614/IWTH25_NIED.pdf), 2008, 2008年6月25日.
- 3) 国土交通省・国土地理院：災害状況図, <http://www.lgsi.go.jp/geowww/saigaikiroku/0806-iwatemiyagi/index.html>, 2008, 2008年6月23日.
- 4) 防災科学技術研究所：近地震動記録による平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震の震源インバージョン（暫定版）, [http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/topics/Iwatemiyaginairiku\\_080614/inversion/](http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/topics/Iwatemiyaginairiku_080614/inversion/), 2008, 2008年6月26日.
- 5) 釜井俊孝・寒川・守随, 1596年慶長伏見地震による古墳の地すべり, 応用地質, Vol.48, No.6, pp.285-298, 2008.
- 6) 産業技術総合研究所・活断層研究センター：2008年岩手・宮城内陸地震速報, 緊急現地調査速報（第4報:2008.6.19）, [http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/iwate\\_miyagi/report/080619\\_2/index.html](http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/iwate_miyagi/report/080619_2/index.html), 2008, 2008年6月19日.
- 7) 釜井俊孝・守随・笠原・小林, 地震時における大規模盛土斜面の不安定化予測, 日本地すべり学会誌, Vol. 40, No. 5, pp. 29-39, 2004.

（投稿受理：平成20年7月18日）