

平成16年(2004年)新潟県中越地震における農地地すべりとその調査観測手法について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 独立行政法人農業工学研究所 公開日: 2024-08-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 黒田, 清一郎, 奥山, 武彦, 有吉, 充 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002001114

{ 農工研技報 205 }
{ 85~93, 2006 }

平成16年（2004年）新潟県中越地震における 農地地すべりとその調査観測手法について

黒田清一郎*・奥山武彦*・有吉 充*

目 次			
I はじめに	85	1 小千谷市A地区大規模崩壊	86
II 地震直後からの調査状況について	85	2 旧山古志村B地区崩壊性地すべり	89
1 民間航測会社等による斜面災害情報について	85	3 旧栃尾市C地区大規模地すべり	89
2 農業工学研究所における地すべり関連の調査対応状況	86	4 旧栃尾市D地区徐動性地すべり	91
III 大規模地すべり等の事例について	86	IV おわりに	92
		Summary	93

I はじめに

2004年10月23日の中越地震によって、長岡市、旧山古志村、小千谷市、川口町、広神村、旧栃尾市等に数多くの斜面崩壊、地すべりが発生した。震源および強震域が我が国でも有数の地すべり地帯であったこともあり、甚大な地盤災害を引き起こした。農林水産省農村振興局所管の地すべり防止区域等においても被害が見られた。

このような状況を受け、農業工学研究所では、北陸農政局、新潟県等と共同で農地地すべりの調査を実施した。また今後2次災害が懸念される融雪期に向けて監視観測を行っている。本報では筆者らが実施した中越地震によって発生した農地地すべりの調査について、特に大規模な崩壊や地すべりについて代表的な事例を報告するとともに、今回の調査やその後の観測において筆者らが採用した調査観測手法について紹介する。

現地調査およびその後の観測においては、新潟県農地建設課および長岡地域振興局農林振興部の方々の多大なる協力を賜った。また本報の執筆にあたっては北陸農政局資源課を中心にまとめられた調査報告書等を参考にさせていただいた。被災地のデジタル航空写真の3次元図画にあたっては農業工学研究所資源部土地資源研究室の協力のもと実施した。ここに記して謝意を表します。

II 地震直後からの調査状況について

1 民間航測会社等による斜面災害情報について

震災直後から国土地理院や航測技術を有する民間各社等が空中撮影および計測等を精力的に実施し、斜面災害状況に関する情報配信が行われた。Table 1に、中越地震による斜面災害状況に関する情報の収集および公表を行った機関・民間会社の動向を時系列に記した。全てを網羅したわけではないが、主要なものを抽出した。

今回の特筆すべき点としては、従来の空中写真撮影の他に、航空レーザ測量あるいはマルチラインフォトセンサによる空撮等、デジタル標高モデル（DEM）等地形情報が直接的に取得できる計測手法が多く実施されたことが挙げられる。これらの情報は被災状況をわかりやすく3次元表示できるという利点だけでなく、移動土塊のボリュームや滑動状況を定量的に把握することができ、緊急の対策工検討等にも活用が期待できる。またIKONOS等に代表される高分解能衛星画像も積極的に中越地域において撮影を行っている。

もう一つの特徴としてはWebを活用した情報発信が挙げられる。国土地理院では10月23日に既にホームページ上で災害対策用地形図、災害状況図を掲載している。また10月29日には、それまでに実施した現地調査および震災直後に撮影した航空写真による判読等を元に災害状況図を発表している。民間航測会社も3社が自社の空撮、空中計測結果を元に独自に災害状況図を作成するとともにWeb上で配信している。地震の直後は、多くの地点で道路が寸断され、また一部旧山古志村等では入村制限が行われ、地すべりに関する詳細な情報を得ることが困難な場合もあった。そのような状況では上記に示したような情報は有益である。

また「新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト」のような情報収集と配信をWeb上で統合化する試みもみられた。今後、災害時の調査対策に携わる者には、こ

*土地地質研究室

平成18年2月28日受理

キーワード：地すべり、地震、大規模地すべり、斜面崩壊

のような公的情報を利用するだけでなく、現地踏査で得た情報を逆にこのようなプロジェクトにフィードバックすることが求められるようになると考えられる。

一方、ユーザの側からみた問題点としては、航空レーザ測量等の高精度な計測技術が適用された範囲が、1社で複数回にわたって

計測を実施した企業もあるにも拘わらず、全ての計測が限られた領域に集中したことが挙げられる。また同一の日に2社が計測を行っている場合もみられる。実施されたのは主に旧山古志村、川口町魚野川以北、小千谷市の信濃川以東等であったが、後に述べるように、それ以外の比較的震源から離れた地域でも大規模な崩壊や地すべりが多く見られた。今後は航空各社の協議等によって広範囲な情報を取得できるように調整されることが望まれる。また各社の精度、分解能等を管理した上で、時期をずらした計測を行い、震災後の中期長期的な時間変化が追跡できるような方向を期待したい。

2 農業工学研究所における地すべり関連の調査対応状況

地震後の農地地すべりに関する農業工学研究所の調査および災害対応については主に広域防災研究室および土木地質研究室によって行われた。まず上越地域の大規模地すべり地において自動観測を行っているGPS移動量データに地震直後から変位が認められたことから、同地区での観測機器等の点検を10月28日に行った。そのような状況をふまえ翌29、30日には、基幹対策工である排水トンネル周辺の変状監視のために敷設している、光ファイバセンサ歪み分布観測システムの計測を実施した。

11月5-7日には京都大学、森林総合研究所、国土地理院などの諸機関と合同で、旧山古志村の主要な地すべり災害地の現地調査を行った。また独自に十日町市願入地区、旧栃尾市蛇崩地区、半蔵金周辺の農地地すべり地の調査を行った。11月10-12日には農林水産省、北陸農政局、新潟県の担当官とともに旧山古志村西部の農村振興局所管地すべり防止区域の調査を行った。

12月2-3日には北陸農政局、新潟県の担当官とともに旧山古志村、川口町、小千谷市、旧栃尾市の農村振興局所管地すべり防止区域の調査を行った。このとき踏査した小千谷市、旧栃尾市で生じた大規模な地すべりについて、12月10-12日に詳細な調査を実施するとともに降雪、

Table 1 中越地震直後からの民間航測会社等による斜面災害情報
Information about landslides in Chuetsu Earthquake from private companies and national institutes

平成16年10月23日	17時56分地震発生
	国土地理院 HPに災害対策用地形図、災害状況図を掲載
10月24日	2社空中レーザ計測実施、全社空中写真撮影、高分解能衛星画像撮影
10月25日	3社空中写真(斜め)撮影、民間1社災害状況図発表
10月26日	民間1社災害状況図発表
10月27日	民間1社災害状況図発表
10月28日	2社空中レーザ計測実施、3社空中写真撮影
10月29日	国土地理院災害状況図発表、3社空中写真撮影、高分解能衛星画像撮影
11月07日	1社マルチラインセンサによる計測
11月08日	1社空中写真撮影実施
11月10日	1社空中レーザ計測および空中写真
11月14日	1社空中写真撮影
11月下旬	「新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト」HP上で始動
11月26日	1社空中レーザ計測
平成17年2月18日	レーザ計測による芋川流域における積雪状況の把握

融雪期に向けた観測態勢について検討を行い、積雪前の同16-20日に地すべり観測監視システムを設置し運用開始した。

III 大規模地すべり等の事例について

本章では実際の大規模地すべりの調査観測事例について述べる。写真、図については末尾にまとめて掲載する。

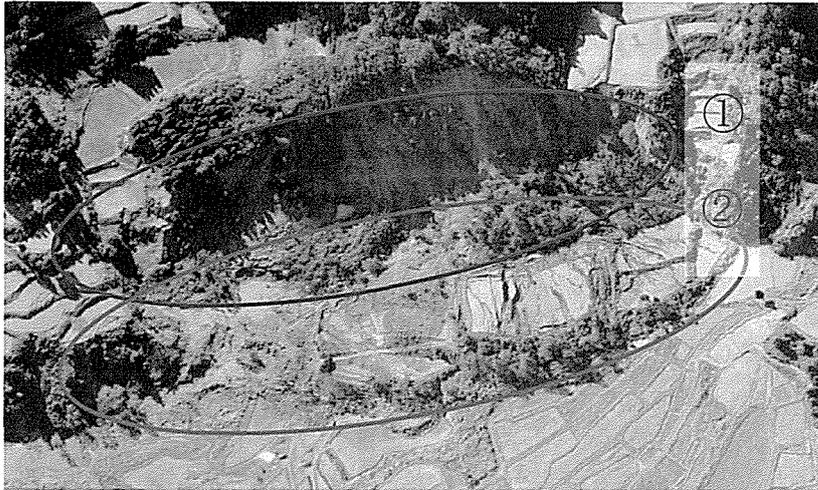
1 小千谷市A地区大規模崩壊

本震震央からの距離、約10kmの位置に生じた大規模崩壊で、幅約450mにわたり崩壊が生じた(Photo 1の①)。下方には農地の大規模な崩壊が発生した(Photo 1の②)。災害前の状況との比較と正確な移動量の把握は現在検討中であるが、農地については亀裂や段差、下方へのすべりの発生だけではなく、水平方向へのスライドも見られる。

地質図によれば本地区は鮮新・更新統魚沼層群砂シルト層に属する。崩壊後の斜面の表面は主として砂質であり、砂層の崩壊と推定されるが、部分的あるいは斜面側方の露頭にはシルト質あるいは粘土質の部分も見られた。崩壊要因や実態把握、そして今後の危険度の評価や対策検討のためにも、不均一性の把握が必要と考えられる。

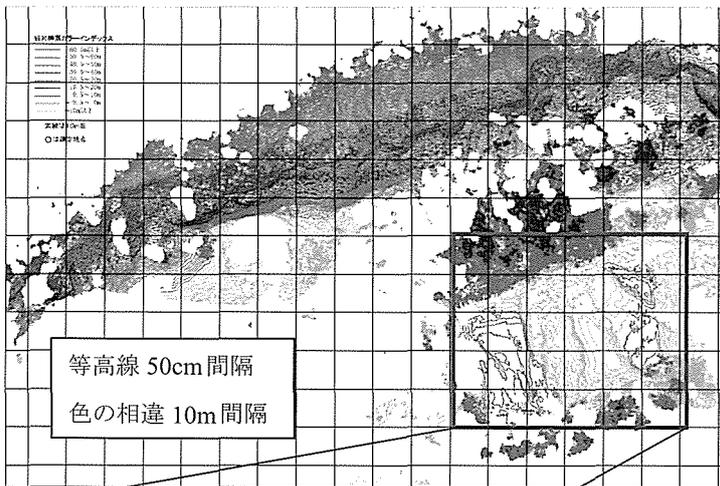
下方の農地については、変状は表面に見られるものだけではなく、深部にも及んでいるものと考えられる。その変状により地盤中にすべり面や弱部が形成されている可能性が高い。本地区の農地復旧にあたってはそのような地中深部での変状状況を把握する必要がある。

来春以降の本格的な調査対策の段階ではボーリング等による詳細な調査も必要と考えられるが、現時点としては詳細な被災後の地形情報を取得することが肝要と考え、3Dレーザスキャナによる3次元地形計測を実施した(Fig.1)。この計測結果は、上部斜面および下部農地の土塊の変状状況の把握だけではなく、今後積雪融雪や降雨によってさらなる変状やすべりが進行した場合の兆候や傾向を捉えるにも有効と考えられる。

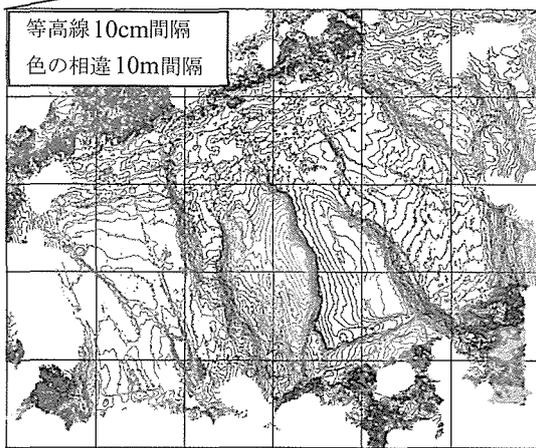


- ①大規模な斜面崩壊
- ②農地の崩壊

Photo 1 小千谷市A地区における大規模崩壊と農地の崩壊
A collapse of agricultural fields caused by a large landslide in Chuetsu Earthquake



3Dレーザスキャナによる崩壊地形の計測



20m 3Dレーザスキャナによる農地崩壊状況の把握

崩壊土砂に起因する農地の崩壊

Fig.1 地上設置型3Dレーザスキャナによる崩壊状況の把握
Quantitative evaluation for a collapse situation by 3D laser scanner

その他、農地については移動杭を設置しVRS-RTK方式GPS（仮想基準点リアルタイムキネマティック方式GPS）を導入して測位を行った。同手法は10秒以下の観測時間で±2cm程度の精度で測位ができるとされている。干渉測位方式のGPSに比較すれば精度は劣るものの、2次的な崩壊や大きなすべりが生じた場合の状況把握には有効と期待される。また同手法は携帯電話を通

じてリアルタイムで電子基準点観測網による仮想基準点を用いた測位を行うので、通常の測地系上で座標が同定できる。この特長は上記のレーザスキャナデータ等現地の計測結果をGIS上へ取り込み、震災前の既往の地形データと比較する際に活用できるものとする。

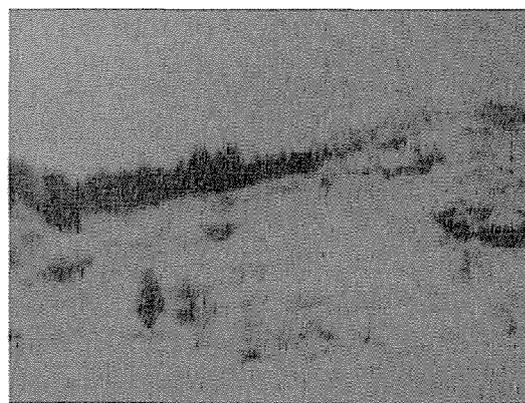
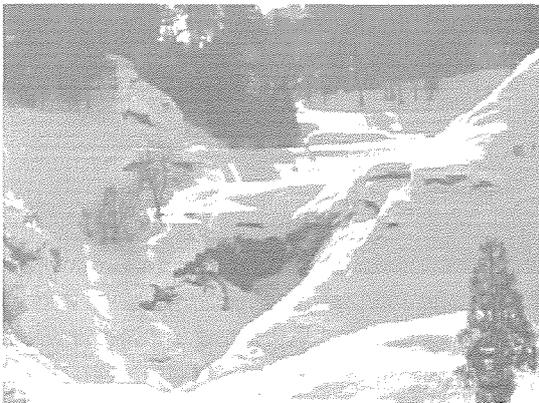
また同地区では崩壊後の残留した斜面の安全監視のため、小型画像転送システムによる定点監視カメラを設置



崩壊斜面の定点監視カメラの設置。積雪時対策として高さ約4mに設置



1月29日の斜面の状況。積雪深約2m。画像は携帯電話を通じて農工研に伝送される。



現地のカメラは農工研からの通信によってパン・ズームの制御が可能（左）
高感度蓄積型カメラも併設し夜間の状況を把握（右）

Photo2 小千谷市A地区（大規模斜面崩壊）における定点監視カメラの設置
Monitoring for a collapsed slope by a fixed observation camera

（参考：奥山武彦他「小型画像転送システムの開発と衛星中継実験」地すべり学会研究発表会講演集,pp.347-348,2003）

した(Photo 2)。同システムは農工研から遠隔操作で、カメラの向き、ズーム等を制御しながら、同地区の監視を行うことができる。

2 旧山古志村B地区崩壊性地すべり

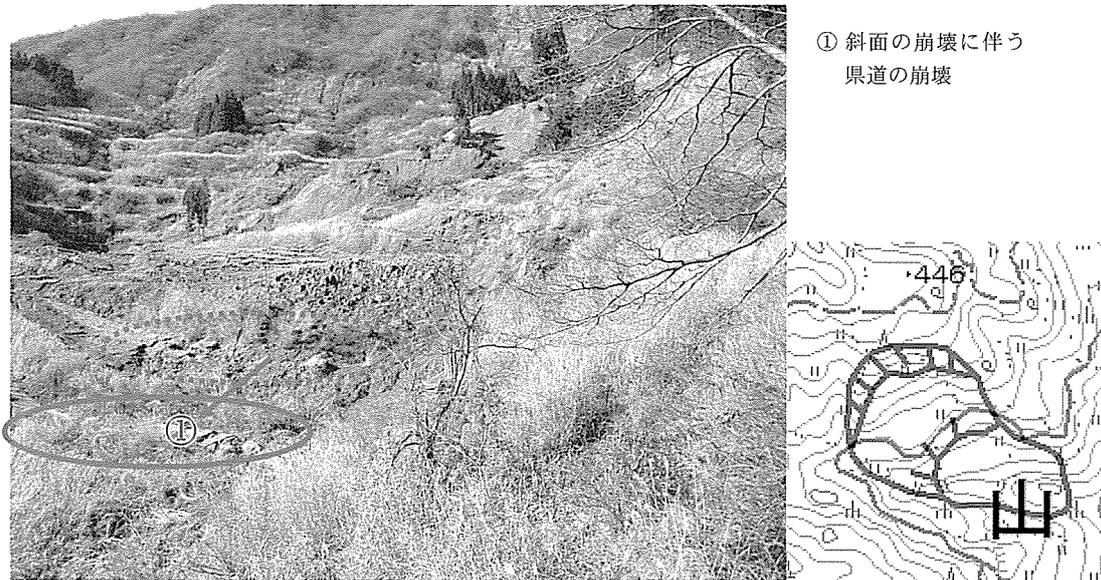
旧山古志村芋川流域にあり、地質については1/5万地質図「長岡」図幅によれば中新世荒谷層暗灰色塊状泥岩(細粒砂層を含む)となっている。

国土地理院の「新潟県中越地震災害状況図(10月29日)」では記載されている地点で、幅150m×長さ200mと幅70m×長さ120mの2つのブロックが隣接している。崩壊性の地すべりの発生に伴いブロック内の農地が崩壊した。また重要な幹線道路である県道が崩壊した。

同地区は旧山古志村内にありレーザスキャナやマルチラインフォトセンサ等による崩壊後の高精度の地形データや高分解能の画像データが得られている。崩壊状況の把握のため、それらのデータを取得した。そのうちマルチラインセンサの例をPhoto 4に示した。このような地形情報および画像情報は、震災前の地形情報との比較等によって、土塊移動状況の定量的な検討のために活用できる。

3 旧栃尾市C地区大規模地すべり

1/20万地質図「新潟」図幅によると鮮新世シルト質泥岩および細粒砂岩が分布する地域にある。幅約200m、長さ約400m、段差約20mの滑落崖(Photo 5-b)が形成された大規模地すべりである(Fig.2,3)。



① 斜面の崩壊に伴う
県道の崩壊

Photo 3 旧山古志村B地区における崩壊性地すべりの状況
Situation of a large landslide with a collapse in late Yamakoshi village
(右は国土地理院災害状況図より)

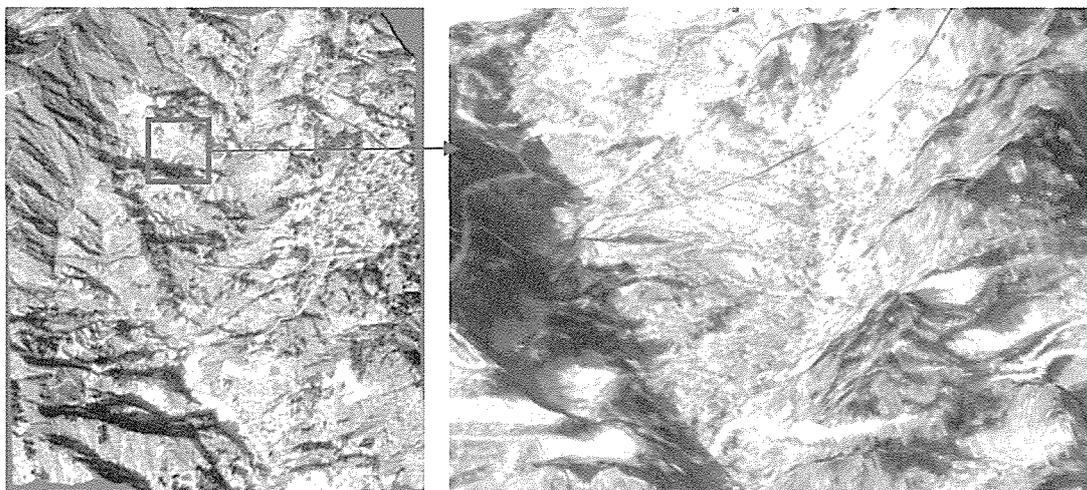


Photo 4 旧山古志村B地区における崩壊性地すべりの状況
Situation of a large landslide with a collapse in late Yamakoshi village shown by 3 line photo sensors
(マルチラインフォトセンサによるDSM(Digital surface map)および写真情報(Pasco社撮影)より作成)

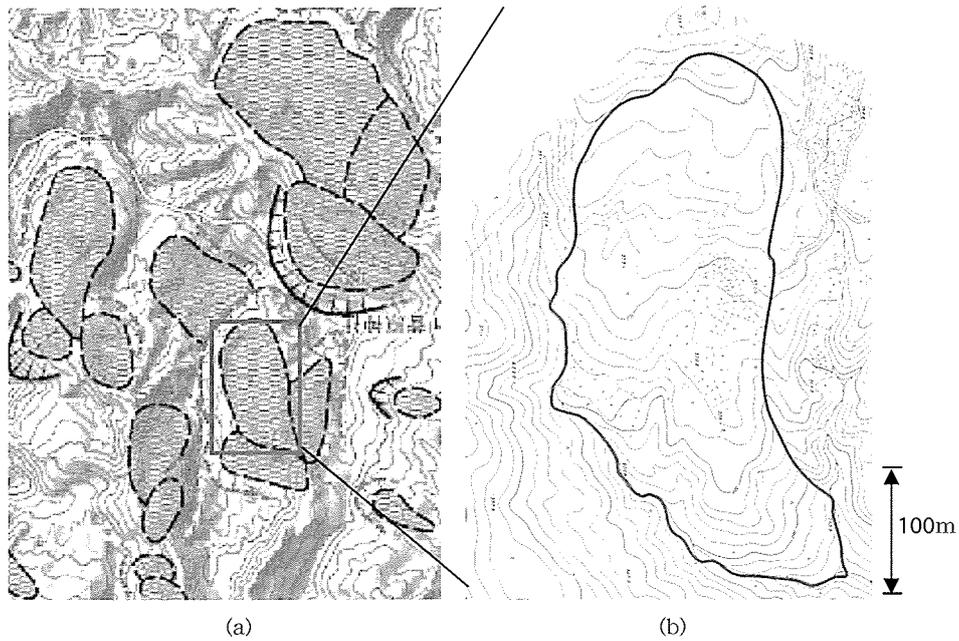


Fig.2 旧栃尾市崩壊性地すべりC地区の概況

Situation of a large landslide with a collapse in late Tochio city

- (a)周辺の状況。防災科学研究所「地すべり地形分布図」ラスタデータより引用
 (b)1/2,000の地形図(新潟県提供)に中越地震による変状が生じたブロックを記入(赤線)



Fig.3 旧栃尾市C地区の地すべり(空中写真より3次元計測・図化を行ったもの)

3D model of a land slide in late Tochio city with an ortho-photo and digital surface model
 空中写真はナカノアイシステム株式会社撮影。青線は地すべり地形(地すべり地形分布図ベクタデータを利用)。

同地区は震源から離れており航空レーザ等の詳細な被災状況のデータはないが、震災直後の1/5,000の航空写真が撮影されていた。そこでこのブロックを含む航空写真をデジタルデータにしたものと、同区域での地すべり対策工実施の際に作成された1/2,000図から3次元計測・図化を行った(Fig.3)。この図より明瞭な滑落崖と頭部の陥没、そして側部、末端部での部分的な崩壊と土砂の堆積等を見て取ることができる。また同図上に地すべり地形ベクターデータ（防災科学研究所「地すべり地形分布図」）を示した（青線）。今回滑動したと考えられる地すべりブロックの範囲を赤線で示したが、両者は完全には一致しないものの、今回の活動ブロックは旧地すべり地形として認識されていたブロック内にあることがわかる。特に今回の震災で生じた滑落崖については、旧滑落崖が進行したのではなく、それより内側の標高の高い頂部に滑落崖が形成されたことがわかる。

同地区内にある圃場の状況としては、いたるところに亀裂、圧縮性亀裂、段差等が見られ、最も顕著なところでは一筆の水田の中に3～4m程度の緩やかな段差が生じた(Photo 5(a))。これはブロック左岸側の側部における状況であるが、側部よりも中央が滑動量が大きく沈下も進んだため、側部が取り残され中央側線に近い領域が陥没したような状況になったものと考えられる。以上のように、頭部や中央部に陥没がみられ、大きな変状がいたるところで見られたが、完全な崩壊には至らず原型はある程度とどめており、旧地すべりブロックの地震時再活動型地すべりと考えられる。

同地区では下流に比較的規模の大きいため池が位置しており、さらにその下方に集落が存在する。地すべりブロックのさらなる滑動とそれに伴う崩壊土砂の発生等のため池およびその下流に影響を与えることから、同地す

べりブロックの詳細な調査と、現況および融雪期の安定度の評価が必要と判断された。

そこで新潟県と協議の上、GPSによる地すべり移動量の観測システムおよび積雪量・雨量や間隙水圧の観測システムを設置した(Photo 6)。間隙水圧については、スウェーデン式サウンディングによって掘削した孔に、内径20mmの中空の金属管（ガス管）を設置し、外径10mmの小型水位センサを挿入して観測を行った。本方法は測水管内径が十分小さく実際の周辺地下水位とのタイムラグが少ない。また一般的な地盤調査法を用いるため簡易かつ迅速に設置が可能である。また積雪計、雨量計、気温計も設置し携帯電話網を通じて遠隔監視を行っている。間隙水圧観測結果については降雨や融雪に対応した応答がみられている。同斜面の安定度評価の資料となるよう、上記の観測を今後融雪期から梅雨の時期等も含め継続的に実施している。GPS観測については、周囲が地すべり地に囲まれ、また震災直後に崩壊が多発していることから、近隣に基準点を確保することは困難と考えられたため、約6km離れた栃尾の電子基準点を利用した。安価な1周波受信器を用いた1時間の干渉測位結果は、水平方向の標準偏差で0.5cm以内に収まり、震災後の地すべりの滑動状況把握には十分な精度と考えられた。

4 旧栃尾市D地区徐動性地すべり

3.のC地区と同じ旧栃尾市において、概ね土塊の形状を保ったまま滑動した大規模な地すべりブロックが見られた。市道を横切るように滑動が起きたと考えられるその地すべりブロック内、および近傍において、測位用の鉤を5点市道上に設置しGPS測位を行った(Photo 7)。今後、融雪後に測位を行い、滑動の有無や、滑動が確認



(a)一筆の水田に数mの段差が生じた

(b)頭部滑落崖の状況

Photo 5 旧栃尾市C地区の崩壊状況（現地調査の際の写真）

Situation of a land slide in late Tochyo city



Photo 6 緊急時にも対応可能な地すべり地土塊移動量および間隙水圧の連続観測システム (旧栃尾市C地区)

A monitoring system for displacement and pore pressure set up in landslide in late Tochio city

できた場合はその規模を検討する資料とすることができる。

IV おわりに

新潟県中越地震によって発生した、大規模な斜面崩壊とそれに伴う農地の崩壊、および大規模な農地地すべり

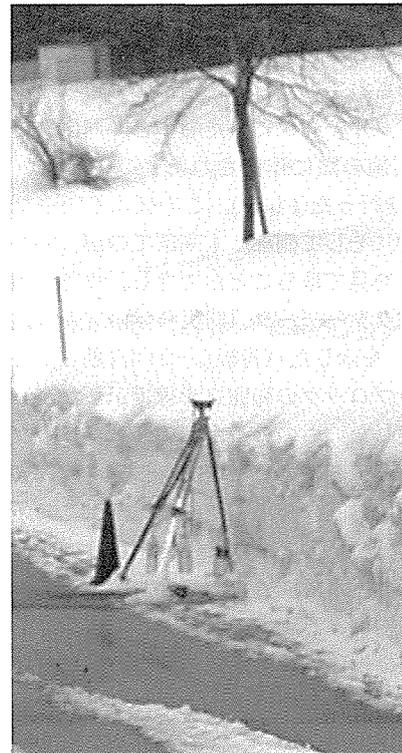


Photo 7 融雪期に備えたGPS測位 (旧栃尾市徐動性地すべりD地区)
Measurement for displacement by GPS in landslide in late Tochio city

について、その被災状況を可能な限り定量的に把握する目的で情報収集した。また今後の融雪期や降雨によってさらなる崩壊や滑動が生じた場合に、その機構や動態を把握しその後の対策に活用できるよう、連続観測を行ってきた。現地踏査から積雪までの限られた時間の中で実施したものであり、十分とはいえない部分もあるが、今後も観測を継続していく。

Landslides in Agricultural Area induced by the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004

KURODA Seiichiro, OKUYAMA Takehiko, and ARIYOSHI Mitsuru

Summary

A lot of slope collapses and landslides were caused by the Chuetsu earthquake on October 23, 2004 in Nagaoka City, the past Yamakoshi-Mura, Ojiya City and etc. The Chuetsu earthquake in representative landslide area caused not only a lot of slope collapses but also landslides in relatively loose slope. We, Laboratory of Engineering geology in National Institute for Rural Engineering, conducted the investigation of the landslide in agricultural area and the monitoring to estimate the risk of the disaster by the second will be feared in the future during the melting of snow period in cooperation with Hokuriku Agricultural Administration Bureau and Niigata Prefecture. This report introduces the lands slides induced by Chuetsu earthquake, especially focused on the large landslides with its area of more than 1ha, and the investigation and observation technique that we applied for those.

Keywords : Mid Niigata Prefecture Earthquake, land slide, slope failure