

大規模崩壊地の遠隔画像モニタリング

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: 奥山, 武彦, 黒田, 清一郎, 有吉, 充, 林田, 洋一 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002001113

大規模崩壊地の遠隔画像モニタリング

奥山武彦*・黒田清一郎*・有吉 充*・林田洋一**

目 次

I 緒 言	77	III 中越地震被災地における運用	79
II 画像伝送システムの構成	77	1 固定システムによる融雪期のモニタリング	79
1 設計コンセプト	77	2 携帯システムによる現地調査の支援	81
2 画像伝送装置	77	IV 結 言	82
3 カメラ	78	参考文献	82
4 伝送回線	78	Summary	83
5 電源	79		
6 受信システム	79		

I 緒 言

災害対策において現場の状況が最も有用な情報であることは言うまでもない。地すべり等斜面災害は突発的に発生し、長期にわたって活動が続くことが多い。また、新潟県では地すべり発生の50%が3～5月の融雪期に集中している（高見，1986）。多雪地帯では変位量などの観測や監視に困難を伴う場合が多く、山間地は電話回線などの通信手段が不便な場所であることが多い。画像による監視は安全な場所に設置したカメラを使用して、随時視覚的に状況を把握できる点で有用である。災害対応の強化のために開発した小型画像伝送システム（防災カメラシステム）を使用して、2004年新潟県中越地震で発生した大規模農地崩壊現地で融雪期に行った遠隔画像モニタリングと、ため池等の現地調査の際に農工研に画像を伝送した事例について報告する。

II 画像伝送システムの構成

1 設計コンセプト

本システムは、災害発生時に要監視個所に設置して遠隔操作で撮影を行うための固定システム、現地調査時等に現地の画像を研究所に送ってリアルタイムで研究所から支援を受けるための携帯システムと、農工研における受信システムとから構成されている。

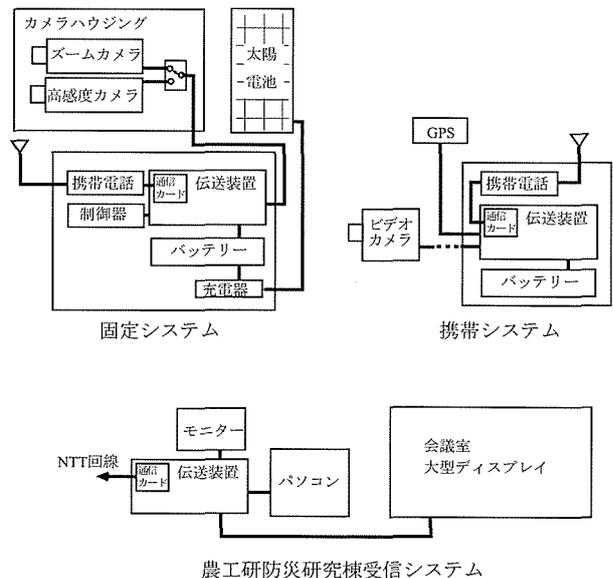
不特定の場所で臨機応変に使用できるように、装置は小型軽量化、低消費電力であることを最優先に設計した。

また、撮影した画像を研究所まで伝送する手段も携帯電話回線をはじめとして多様な回線を使用できるようにするため、画像は静止画を繰り返し伝送することを前提とした。

全体の構成をFig.1に示す。固定システムは3つのパッケージで輸送可能であり、総質量は約24kgである。携帯システムは携行しやすい小型トランクに収納されている。

2 画像伝送装置

研究所の受信システムと電話回線などで接続し、ビデオカメラ等からの画像信号をデジタル化してJPEG形式に圧縮して送出する。画像とともに、音声通話、カメラ



農工研防災研究棟受信システム
Fig.1 画像伝送システムの概要
Remote camera system

* 造構部土地質研究室

** 造構部構造研究室

平成18年2月28日受理

キーワード：画像伝送，遠隔監視，斜面崩壊

のズーム制御やGPSによる位置データ等のシリアル信号2系統、カメラの切り換えや照明の点滅などに使用できる接点信号4系統を多重伝送する機能を有する機種(フォニクス社PW2100)を使用している。多重伝送を行うと送画速度が低下するが、1本の回線の占有で済むので、回線数の限られた状況での輻輳対策として有効である。回線の伝送速度に応じて画面サイズと画質を9段階で選択可能であり、画像ファイルの容量も変わる。9段階の解像度の比較をFig.2に示すが、概ね、10kB以上の容量であれば良好な解像度が得られるようである。

3 カメラ

固定システムではズーム(16倍)、パン・チルトを遠隔操作できるカラーカメラと、蓄積型高感度カメラをカメラハウジングに収めて使用する。ズームカメラは41万画素CCDカメラで、最低照度が6 lxである。蓄積型高感度カメラも41万画素CCDカメラであるが、最大256倍の感度増加が可能で、Fig.3のように月明かりの下のような0.005 lxの照度でもカラー撮影が可能である。この場合、1枚の画像を撮るのに約4秒を要する。感度を低下させないように、F1.0、f=3.3~8mmのバリフォーカルレンズを使用している。2台のカメラは、前面にガラス窓が付き、上面、側面は外側に遮熱板がついたハウジングケースに收容した。

携帯システムでは小型ビデオカメラを手持ちで使用する。

伝送装置のビデオ入力はNTSC規格であるので、ボーリング孔内カメラやビデオの再生画像、デジタルカメラのビデオ出力等を入力することができ、また、無線画像

中継器を使用することもできる。

4 伝送回線

データ伝送は有線電話回線、携帯電話回線、衛星携帯電話等の全国的に利用可能な公衆通信回線の使用を前提としている。伝送装置はモデムカードの交換によってこれらの回線に対応する。また、データをIPプロトコルに変換することによって通信衛星回線を利用することも

Table 1 伝送回線の通信速度
Data transmission rate

種別	通信速度 (kb/s)
有線電話回線	33.6
”(ISDN)	64~ 128
携帯電話 (PDC)	9.6
”(DoCoMoFOMA)	64
PHS	32 ~
衛星電話回線	4.8
通信衛星回線	64

注) パケット通信は使用しない

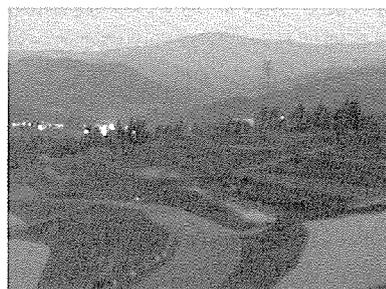


Fig.3 蓄積型高感度カメラによる夜間の画像
Night image by extra high sensitivity camera

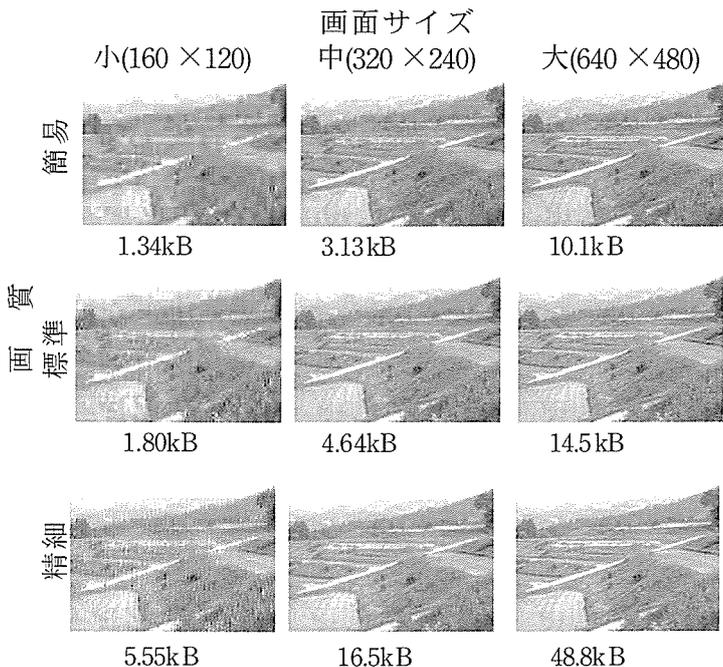


Fig.2 画面サイズと画質による解像度の違い
Image resolution due to size and quality

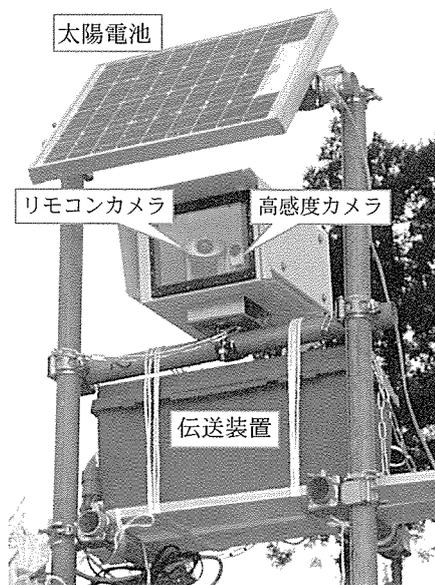


Fig.4 固定カメラシステム
Fixed camera system

きる（奥山ら，2003）。回線種によってTable 1のように伝送速度が異なり，携帯電話（9.6kb/s）は高速でないが，サービスエリアの広さと使いやすさの点で標準的な伝送手段と考えている。Fig.2で最もデータ量が多い画像（48.8kB）の場合の伝送時間は，

$$48.8 \div (9.6 \div 8) = 40.6 \text{ (s)}$$

となるが，実際には1分程度を要する。従って，撮影範囲やズーム倍率を決める段階では粗い画像を用い，保存用の画像は精細画像で取り込むようにする。64kb/sの通信速度が得られる第3世代の携帯電話（DoCoMo FOMAなど）の使用が望ましいが，高い周波数を使用しているために，山間部では不感地帯が多いと思われる。

5 電源

伝送装置，CCDカメラ，携帯電話が作動した際の消費電力はDC12V約7Wである。固定システムを無人独立運用するために24Wの太陽電池で電力を供給するが，太陽電池が発電しない天候が続いても，1日3時間程度の運用を1週間続けられること，あるいは連続的に24時間運用を可能にすることを想定して，12V24AHの蓄電池を使用している。

待機期間中の消費電力を削減するために，常時は携帯電話のみが給電を受けて待受状態にあり，他の機器は停止状態にしてある。受信システムから携帯電話を呼び出すと，呼び出し音によって電源リレーを作動させて伝送装置やカメラに給電を開始する。この状態では伝送装置と携帯電話の接続が成立しないので，一旦呼び出しを中断して再度呼び出し操作を行うことによって受信システムとの接続が成立して遠隔操作が可能になる。伝送装置等への給電はタイマーによって所定時間（1，9，40分）経過後に遮断する。

6 受信システム

農業工学研究所防災研究棟に設置した受信システムは，画像伝送装置と制御用パソコンで構成されている。電話回線によって固定システム，携帯システムと接続し，撮影画質の選択および画像の取り込み，ズームカメラの設定は制御用パソコンから操作する。受信した画像は会議室の大型ディスプレイへの上映，JPEG形式でパソコンへの保存，ビデオ録画などを行える。携帯システム使用時にGPSによって取得した撮影位置データはリアルデータとして多重伝送し，地図ソフトウェア上に表示することができる。

III 中越地震被災地における運用

1 固定システムによる融雪期のモニタリング

2004年10月23日17時56分に新潟県魚沼市（当時川口町）を震源として発生したM6.8の地震により，各地で斜面崩壊が起きて大きな被害が発生した。小千谷市街

地南西方の遡入地区では，東西方向のやせ尾根の北斜面が高さ約70m，幅約600mにわたって崩壊し，下方の棚田や農道，河川が被災した。一帯は砂岩～泥岩主体の魚沼層群からなり，航空写真からは崩壊地形が見て取れる。

崩壊斜面の状況を監視するために，2004年12月に斜面北方200mの地点に固定システムを設置した。現地は積雪が極めて多いことを考慮して，単管パイプで高さ3.5mのはしご形やぐらを組み，Fig.4のように最上部から太陽電池，カメラハウジング，機器収容箱を設置した。しかし，2005年春にかけて最大約4mの積雪があり，やぐらの上端まで雪に埋まったために，その間の運用はできなかったが，機器に異常はなかった。

2005年3月から撮影を再開し，ほぼ1日1回ずつ撮影を行った。逆光になるために，撮影条件は良くないが，対象斜面を左右に重複部をとりながら4～5分割して撮影し，画像接合ソフトウェア（キャノン株，Photo Stitch）を用いて接合してパノラマ写真を作成した。1～4月の画像と，ズームアップして撮影した画像をFig.5に示す。画像ファイルは随時，電子メールに添付するなどの方法で関係行政機関に提供を行った。

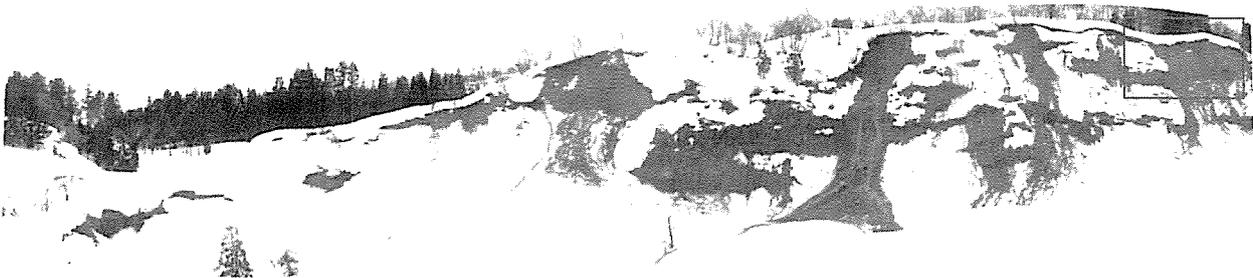
Fig.5では，3月20日に斜面中央より右側で大きな崩落が3箇所発生していることが見える。尾根肩の木の根本から土砂が剥落しており，滑落面には削痕が見える。4月8日には斜面中部より上の残雪はなくなっているが，幾本もの浸食筋ができ，斜面下に多量の雪混じり崩土がたまったことがわかる。4月16日には中央より左側で規模の大きな崩落跡ができており，その左側の沢には融雪水が流れ出ている。4月30日には中央より左側の崩落跡の中央に流路ができ，斜面下の雪混じり崩土の量も減っている。

融雪深を0℃以上の日平均気温の積算値に基づくディグリー・デイ法を用い，現地に行った際に確認したカメラ設置地点の積雪深に合うように係数を調整する方法で推定した。気温は現地の南方約15kmに位置して標高が類似している（170m），十日町市のアメダスを使用した。3～4月の気温と推定積雪深をFig.6に示す。融雪は3月中旬に気温が上がった頃に始まり，第3旬期には1日平均4cmの融雪深が推定された。4月に入って平均気温が5℃を上回るようになると融雪は急速に進み，融雪深は1日あたり第1旬期9cm，第2旬期10cm，第3旬期13cmが推定された。長岡市周辺で測られた雪の密度5kN/m³（小川ら，1986）を用いて水量に換算すると，20～65mm/日の流出高になった。

地震による大規模崩壊の後も余震を受けて緩み，多量の融雪水を供給されて土塊の密度増加，間隙水圧上昇が生じた斜面では特に急傾斜部で土砂雪崩が相次いだ。さらに，流出水が崩落土や棚田の跡を浸食しながら流下したことにより，深いガリが発達した。

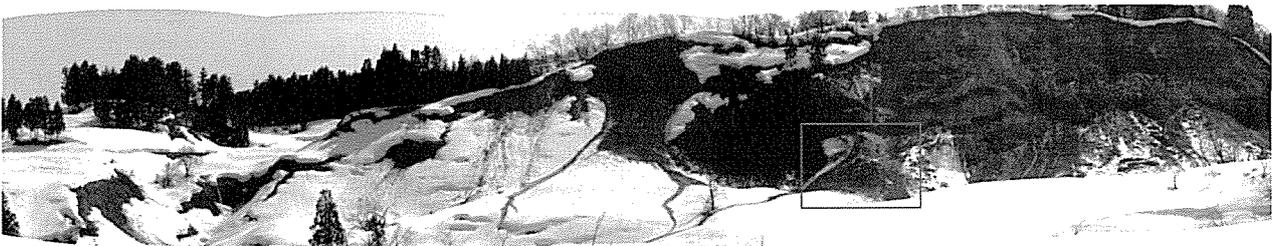


(a) 2005年1月29日 10時30分



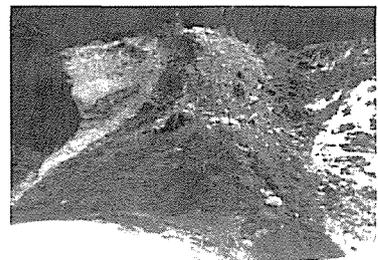
(b) 2005年3月20日 13時15分

※赤枠部分のズームアップ
(c) 斜面上部



(d) 2005年4月08日 13時36分

(e) 崩落土





(f) 2005年4月16日 14時16分



(g) 融雪水の流出



(h) 2005年4月30日 10時24分

Fig.5 融雪期の崩壊斜面の変化

Collapsed slope in snow melting season

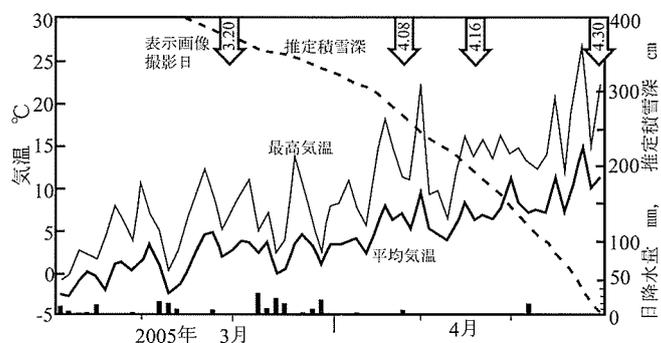


Fig.6 推定積雪深

Estimated snow depth

2 携帯システムによる現地調査の支援

2004年11月1～2日にため池等の被災状況の調査のために農業工学研究所から第7次派遣を行った際に携帯システムを携行した。ため池は山間部に多いので衛星携帯電話も準備したが、携帯電話が使用可能な現地からFig.7のような状況画像を農工研へ伝送し、それに基づいて農工研から支援を行うことができた。画像は解像度がやや劣るが、JPEGファイルで24.5kBの画質を選択するとともに、会話には別の携帯電話を使用して、スムーズな伝送の確保に努めた。



Fig.7 ため池の現地調査から農工研に送られた画像

Picture of damaged irrigation pond survey sent to NIRE

IV 結 言

災害対応を目的として、機動性に富む画像伝送システムを開発し、中越地震で大規模な崩壊が発生した斜面の融雪期のモニタリングと被災現地調査の際の研究所からの支援の手段として活用することができた。画像伝送システムは、災害以外にも水路取水口のモニタリングに活用したこともあり、汎用性が高い。限られた通信容量のもとでは画像の解像度を高めたり、動画にすることは制約が大きい。本事例では画像モニタリングとしての使用にとどまったが、今後は画像計測手法の応用などについて検討を進めたい。

参考文献

- 1) 小川正二・亀井健史・和田 正・橋本正樹 (1986)：融雪期における地すべり地の間隙水圧、地下水位・地温の変動特性，地すべり，23(3)，p.21-27
- 2) 奥山武彦・中里裕臣・古谷 保・森田靖彦 (2003)：小型画像伝送システムの開発と衛星中継実験，第42回日本地すべり学会講要，p.69-70
- 3) 高見 寛(1986)：新潟県中西部の地すべりと融雪水，水利科学，30(3)，p.21-49

Monitoring of a Large Scale Slope Collapse Using a Remote Camera System

OKUYAMA Takehiko, KURODA Seiichiro, ARIYOSHI Mitsuru and HAYASHIDA Yoichi

Summary

Several landslides occurred during the Mid Niigata Prefecture Earthquake on October 23, 2004. A large scale slope failure, height of 70 m and width of 600 m struck terrace paddies, farm roads and a river at the lower area of the slope in Ojiya City. A remote camera system was set up under the control of NIRE to take pictures of the slope. Camera angle, zoom movable camera and an extra high sensitivity camera were used to take pictures. Image files were sent through a mobile phone service system and the equipment was powered by a photovoltaic panel. Panoramic pictures covering the wide slope were prepared by connecting several pictures. Pictures were taken almost every day during the snow melting season in 2005.

A portable camera system was used during survey of damaged irrigation ponds on November 2, 2004. The surveying team sent pictures of damage to the conference room of NIRE and received suggestions from NIRE specialists.

Keywords : image transmission, remote monitoring, slope collapse