

地すべり体の3次元挙動把握技術

2011年9月30日

共同研究者
株式会社ハスコ 下村 博之

本開発に関する共同研究

研究名

崩落に向かう地すべり体の挙動把握に関する共同研究

研究期間

平成19年度～平成20年度

研究者

独立行政法人 土木研究所
倉敷紡績株式会社
株式会社ハスコ
中日本航空株式会社
川崎地質株式会社
株式会社大興計測技術
株式会社ビジュアル・システムズ

目次

1. 開発のねらい
2. 連続画像による3次元計測システム
3. 3次元モデル化および挙動把握技術
4. 適用試験
5. まとめと今後の展望

1. 開発のねらい

- 近年、滑落の恐れのある地すべり地においてビデオカメラによる監視が行われ、滑落状況が撮影できた事例がみられる。それらの映像をもとに地すべり体の挙動が解析され、内部の応力状態の推定なども試みられている。
- ビデオ映像は2次元映像であるが、さらに地すべり挙動が3次元的に把握できれば、より正確に地すべり現象を理解できるようになり、被害軽減につなげることができる。
- そこで、地すべり体について3次元的な地表面変動状態を定量的に把握することができる自動データ取得・処理システムの開発を目指した。

1. 開発のねらい



2. 連続画像による3次元計測システム

項目

- 計測システムのコンセプト
- 計測システム構成
- 同期撮影・連続撮影技術の精度検証
- ステレオ画像マッチングの精度検証
- 撮影条件による地形解析精度への影響の検証
- 3次元計測システムの性能・特性

2. 連続画像による3次元計測システム

計測システムのコンセプト

- 地すべりの微小な変動をとらえることができること
- 解析処理により3次元的に変動が把握できること
- 崩落時期は不確かなため、長時間観測が必要
- 地すべり観測は安全確保のため遠隔地から実施
- 全国に普及可能なものであること



計測システムの形態

複数のデジタルカメラにより、ステレオ写真を連続的に遠隔地斜面を撮影するシステム

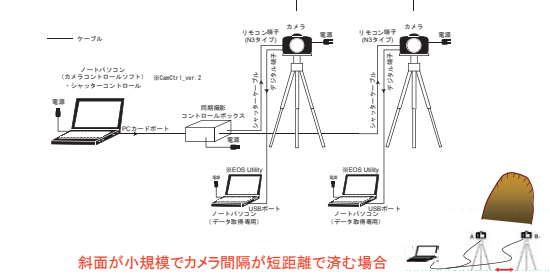
6

2. 連続画像による3次元計測システム

計測システム構成 : 有線コントロールタイプ

Type2)

改良型システム(高速処理化、有線コントロール)



斜面が小規模でカメラ間隔が短距離で済む場合

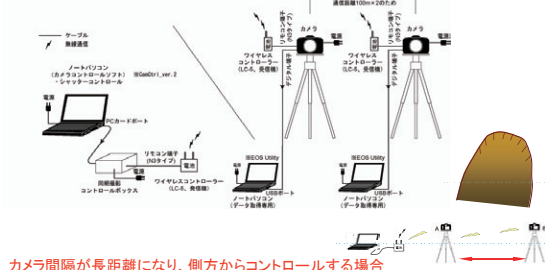
7

2. 連続画像による3次元計測システム

計測システム構成 : 無線コントロールタイプ1

TYPE3-1

改良型システム(無線通信化)



カメラ間隔が長距離になり、側方からコントロールする場合

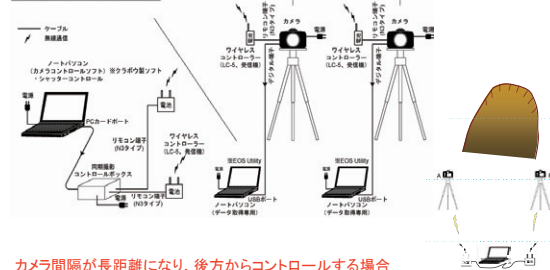
8

2. 連続画像による3次元計測システム

計測システム構成 : 無線コントロールタイプ2

TYPE3-2

改良型システム(無線通信化)



カメラ間隔が長距離になり、後方からコントロールする場合

9

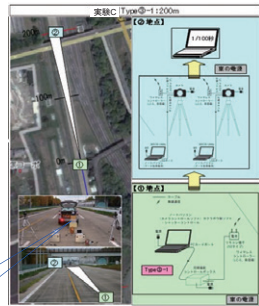
2. 連続画像による3次元計測システム

同期撮影・連続撮影技術の精度検証

- 実験A: 有線コントロールタイプ
- 実験B: 無線コントロールタイプ1
遠隔100m
- 実験C: 無線コントロールタイプ1
遠隔200m
- 実験D: 無線コントロールタイプ2
遠隔200m

いずれも1秒間隔で連続撮影

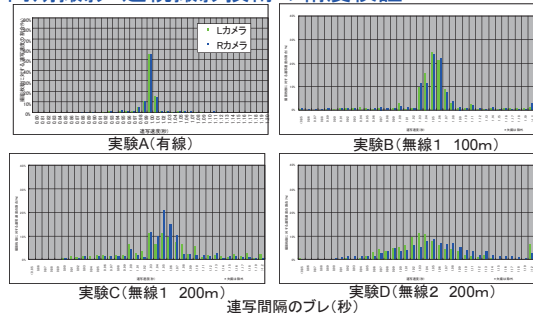
GPSによる電子時計



10

2. 連続画像による3次元計測システム

同期撮影・連続撮影技術の精度検証

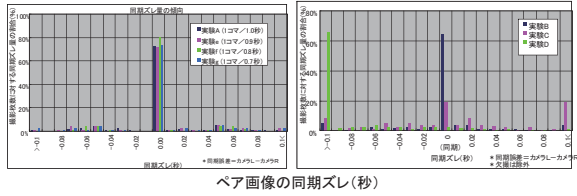


実験C(無線1 200m) 実験D(無線2 200m)
連写間隔のブレ(秒)

11

2. 連続画像による3次元計測システム

同期撮影・連続撮影技術の精度検証

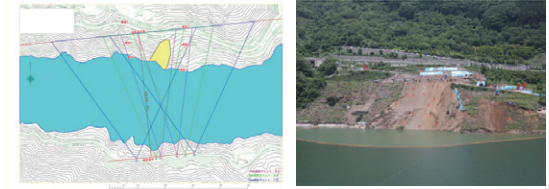


- 有線コントロールタイプはほぼ正確に一定間隔で撮影される
- 無線コントロールタイプは連写間隔にブレが生ずる
- 無線通信距離が長くなると連写間隔ブレ・同期ズレが大きくなる
- ペア画像の同期ズレは無線コントロール2タイプで大きい

12

2. 連続画像による3次元計測システム

ステレオ画像マッチングの精度検証

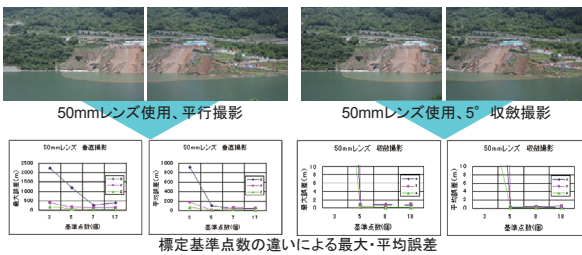


- 対岸450m地点から斜面の静止ステレオ画像を撮影
- 撮影時にカメラ間隔、収斂角度を変化させる
- 斜面内に検証点を設定し、現地測量値とステレオ画像マッチングによる取得座標値の差を比較検証

13

2. 連続画像による3次元計測システム

ステレオ画像マッチングの精度検証



収斂撮影画像を用いて標準基準点を5点以上設けると高いマッチング率となる

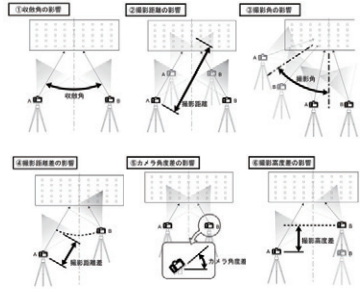
14

2. 連続画像による3次元計測システム

撮影条件による地形解析精度への影響の検証

検討する撮影条件

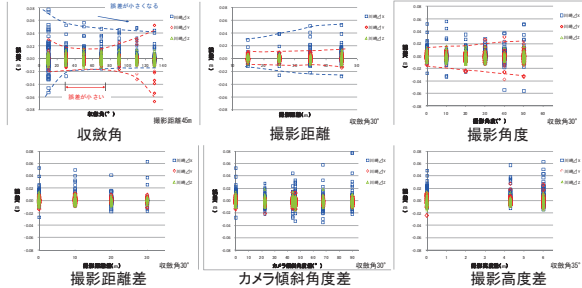
- 収斂角
- 撮影距離
- 撮影角度
- 撮影距離差
- カメラ傾斜角度差
- 撮影高度差



15

2. 連続画像による3次元計測システム

撮影条件による地形解析精度への影響の検証



収斂角、撮影距離、撮影角度は解析精度に影響を与える

16

2. 連続画像による3次元計測システム

3次元計測システムの性能・特性

部位	項目	性能
カメラ部	有効画素数	画素数1,000万以上を推奨
	連写速度	最高連写: 2コマ/秒で35秒間 推奨連写: 1コマ/0.8秒で10分以上可能
	レンズ焦点距離	28mm、50mm、100mm
カメラコントロール部	カメラコントロール	コントロールソフト(PC→デジカメ)
	同期コントロール	有線コントロールタイプ(推奨) 同期率72%以上、同期ズレ87%以上/0.05秒以内 無線コントロールタイプ(1通信機) 通信角度(2カメラ間)120°以内に適用 無線コントロールタイプ(2通信機) 通信角度(2カメラ間)120°以上に適用
データ記録部	画像転送	同時転送(デジカメ→PC)
撮影条件		カメラ軸は収斂、撮影距離・角度に留意 撮影距離450mで実験済

17

3. 3次元モデル化および挙動把握技術

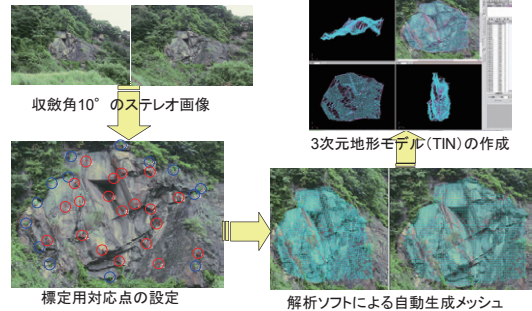
検討項目

- 3次元地形モデル化の検証
- 3次元CGモデル作成ソフトウェアの開発
- 連続画像の3次元移動ベクトル解析技術の開発

18

3. 3次元モデル化および挙動把握技術

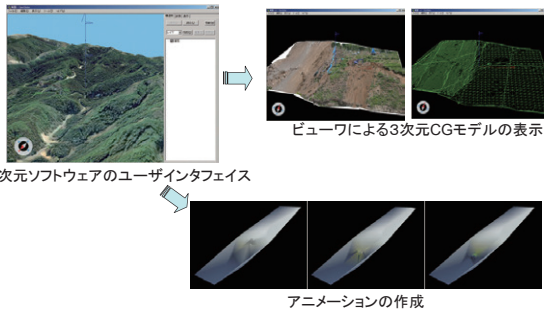
3次元地形モデル化の検証



19

3. 3次元モデル化および挙動把握技術

3次元CGモデル作成ソフトウェアの開発

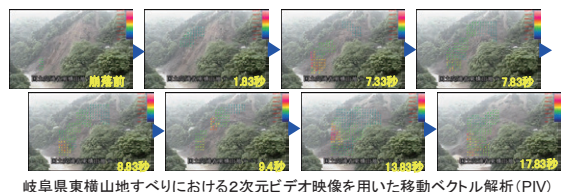


20

3. 3次元モデル化および挙動把握技術

連続画像の3次元移動ベクトル解析技術の開発

2次元連続画像の移動ベクトル解析方法(その1)
粒子画像流速測定法PIV: Particle Image Velocimetry

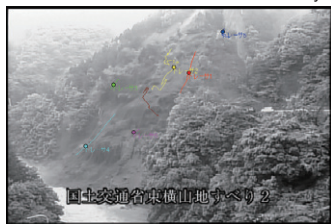


21

3. 3次元モデル化および挙動把握技術

連続画像の3次元移動ベクトル解析技術の開発

2次元連続画像の移動ベクトル解析方法(その2)
粒子速度測定法PTV: Particle Tracer Velocimetry



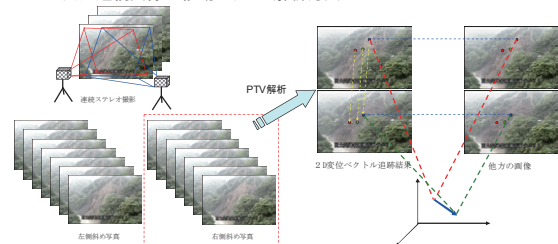
岐阜県東横山地すべりにおける2次元ビデオ映像を用いた移動ベクトル解析(PTV)

22

3. 3次元モデル化および挙動把握技術

連続画像の3次元移動ベクトル解析技術の開発

3次元連続画像の移動ベクトル解析方法



23

4. 適用試験

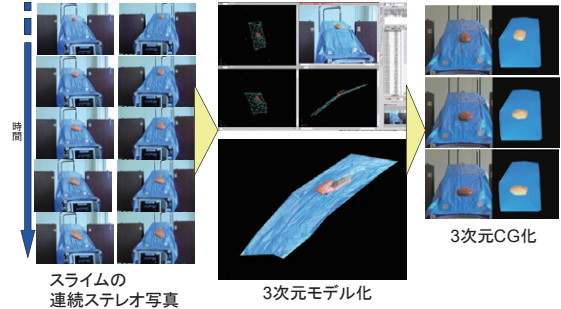
実施した試験

- 変動体を用いた3次元解析の室内試験
- 移動体を用いた3次元解析の屋外試験

24

4. 適用試験

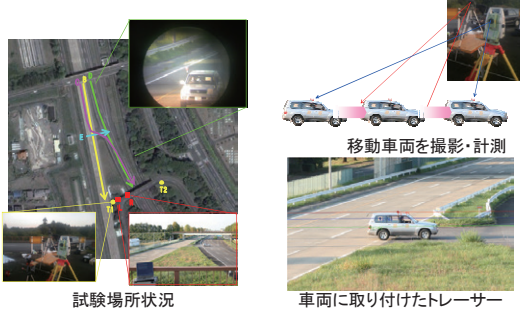
変動体(スライム)を用いた3次元解析の室内試験



25

4. 適用試験

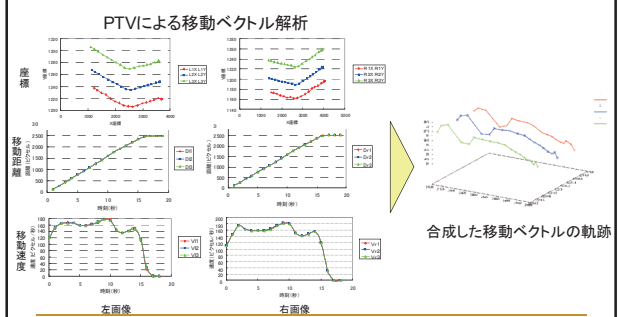
移動体(車両)を用いた3次元解析の屋外試験



26

4. 適用試験

移動体(車両)を用いた3次元解析の屋外試験



27

5. まとめと今後の展望

まとめ

- 2台のデジタルカメラにより、ステレオ写真を連続的に遠隔地斜面を撮影するシステムを構築した。
- 撮影したステレオ写真を用いて3次元地形モデルを精度よく作成する方法を検証した。
- 生成した3次元モデルを用いて立体的でアニメーション確認ができる3次元CG化システムを開発した。
- 2次元移動ベクトル解析手法を応用し、3次元の移動ベクトル解析技術を開発した。
- 移動体を用いて3次元解析の実験を行い、3次元CGや移動ベクトルで3次元変位が確認できることを実証した。

28

5. まとめと今後の展望

今後の展望

- 研究開発期間中に崩落が予兆された地すべりがなかったため、実際の地すべり地への適用は行っていない。
- 地すべり体の崩落に至る過程を計測し挙動を明らかにすることが、今後の二次災害の防止等に役立つ。本システムを用いて実際の地すべり変動の観測事例を増やしていくことが必要である。
- 本技術は、地すべり計測以外にも様々な変動現象に適用可能であるため、応用活用も積極的に考えていきたい。

29