

地すべり体の3次元挙動把握技術

2012年11月2日

共同研究者
株式会社パスコ 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
株式会社パスコ
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. 3次元連続撮影システム
3. 3次元モデル化および挙動把握技術
4. 適用事例
5. 今後の展開

1. 開発のねらい

- 近年、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・処理システムを開発した。

1. 開発のねらい



2. 3次元連続撮影システム

項目

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

2. 3次元連続撮影システム

撮影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

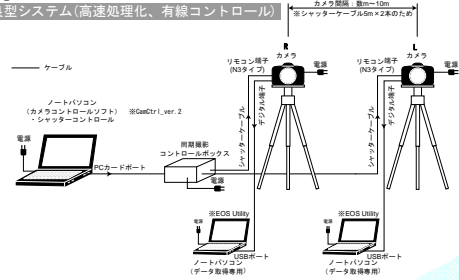
6

2. 3次元連続撮影システム

撮影システム構成 :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

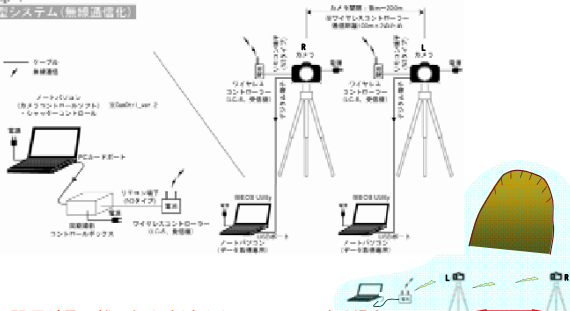
7

2. 3次元連続撮影システム

撮影システム構成 :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

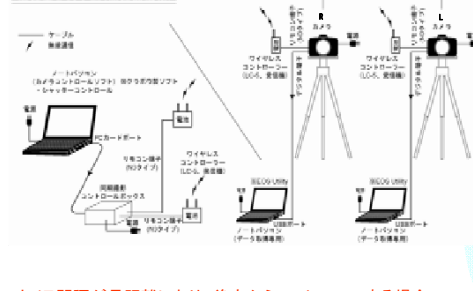
8

2. 3次元連続撮影システム

撮影システム構成 :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

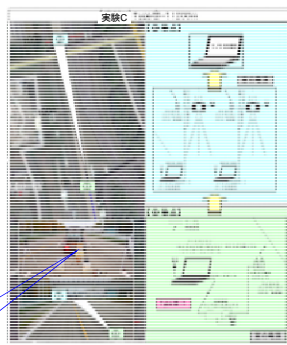
2. 3次元連続撮影システム

同期撮影・連続撮影技術の精度

- 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

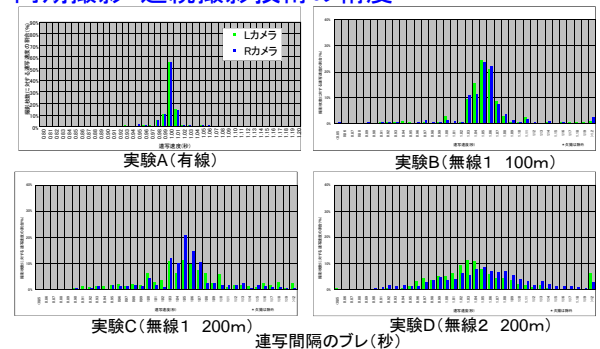
GPSによる電子時計



10

2. 3次元連続撮影システム

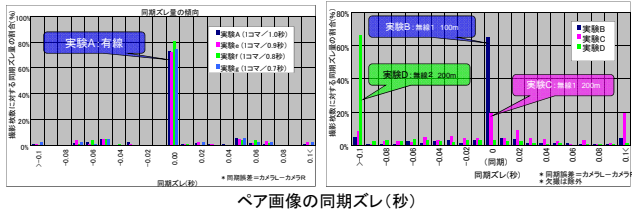
同期撮影・連続撮影技術の精度



11

2. 3次元連続撮影システム

同期撮影・連続撮影技術の精度



ペア画像の同期ズレ(秒)

- ・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

2. 3次元連続撮影システム

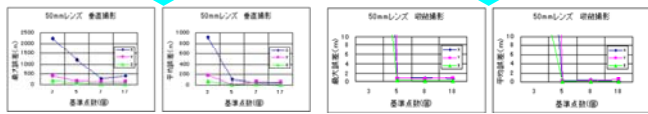
ステレオ画像マッチングの精度



- ・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

2. 3次元連続撮影システム

ステレオ画像マッチングの精度



標定基準点数の違いによる最大・平均誤差

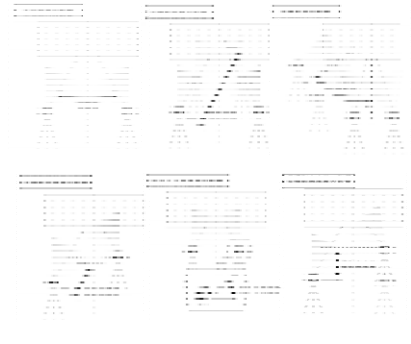
収斂撮影画像を用いて標定基準点を5点以上設けると高いマッチング率となる

2. 3次元連続撮影システム

撮影条件による地形解析精度への影響

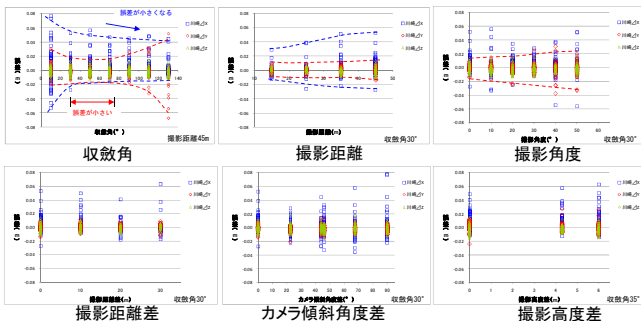
撮影条件

- 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



2. 3次元連続撮影システム

撮影条件による地形解析精度への影響



・収斂角、撮影距離、撮影角度は解析精度に影響を与える

2. 3次元連続撮影システム

3次元連続撮影システムの性能・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	最高速連写: 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

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
- 3次元CGモデル作成ソフトウェア
- 連続画像の3次元移動ベクトル解析技術

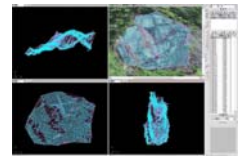
18

3. 3次元モデル化および挙動把握技術

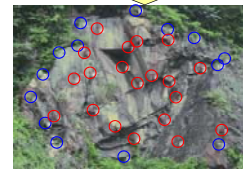
3次元地形モデル化



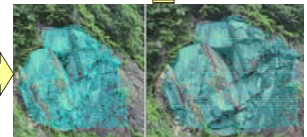
収斂角10°のステレオ画像



3次元地形モデル(TIN)の作成



標定用対応点の設定

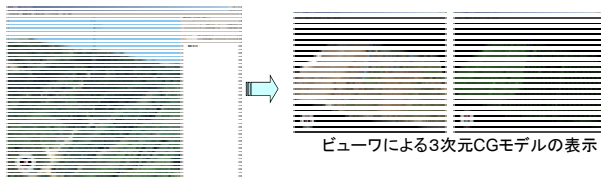


解析ソフトによる自動生成メッシュ

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



ビューフによる3次元CGモデルの表示

3次元ソフトウェアのユーザーインターフェイス



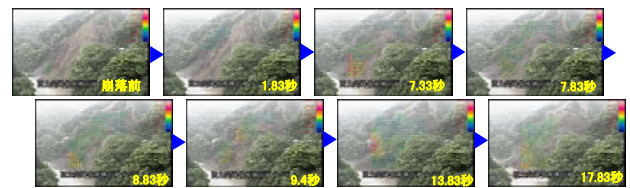
アニメーションの作成

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

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

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

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



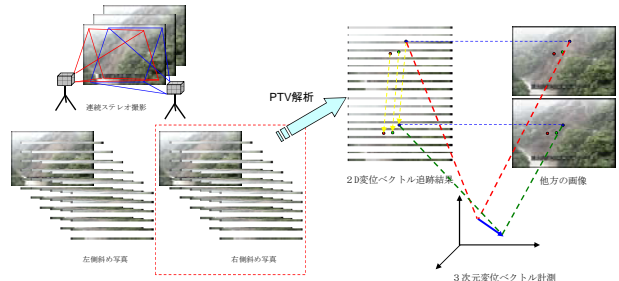
岐阜県東横山地すべりにおける2次元ビデオ映像を用いた移動ベクトル解析(PTV)

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

3次元連続画像の移動ベクトル解析方法 **新技術**



片方の時系列画像を用いたPTV・PIVベクトルから、3次元変位ベクトル算出

23

4. 適用事例

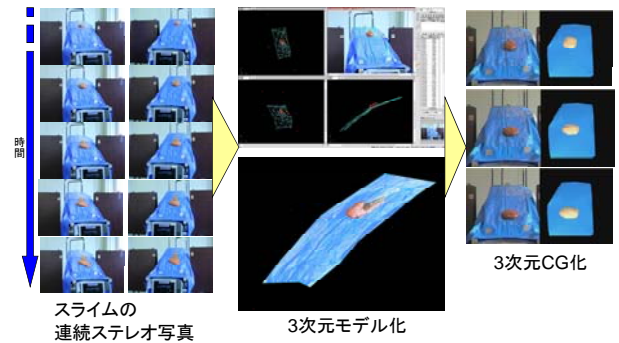
試験事例

- 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. 適用事例

変動体(スライム)を用いた3次元解析の室内試験



25

4. 適用事例

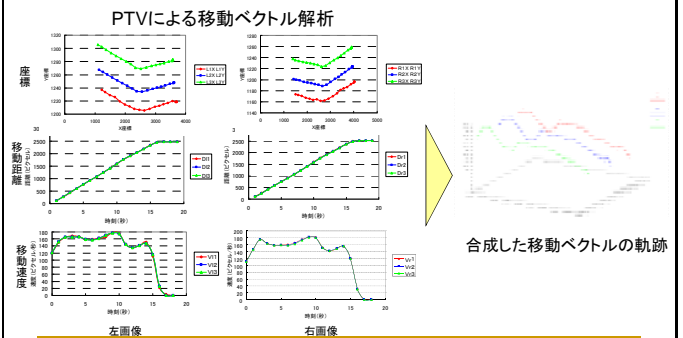
移動体(車両)を用いた3次元解析の屋外試験



26

4. 適用事例

移動体(車両)を用いた3次元解析の屋外試験



27

5. 今後の展開

地すべり災害における適用

- 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。
- 適用できる現象: 地すべり、地すべり性崩壊等の前兆がみられ、崩落・大移動の可能性が予想されるもの
- 観測における条件: 対象範囲が目視できること(機器配置等)についての制限は少ない
- 該当する適地があれば、逐次ご連絡・ご紹介ください。
連絡先: (独)土木研究所 土砂管理研究G 地すべりチーム

28

5. 今後の展開

他方面への応用活用

- 本技術は、地すべり計測以外にも各種の変動現象に適用可能である。
- とくに、連続画像(映像)を3次元で処理・解析する技術は、今後様々な方面で応用活用が考えられるため、技術開発を進めていく予定である。

29