

人工衛星ステレオ画像からの3次元斜面崩壊地形モデルの自動抽出と性能評価

正会員 ○筒井健^{1,2} 宮崎早苗¹ 中川英朗³ 白石貴司³ 六川修一²

(1)(株)NTTデータ, (2)東京大学大学院 工学系研究科, (3)九州電力(株) 土木部

1. はじめに

近年の高解像度商用人工衛星の打ち上げにより衛星画像の空間分解能が飛躍的に向上したことから民間分野においてもその利用と普及が進んでいる。我が国においても、民間商用地球観測衛星データの受信・処理およびプロダクト配布に関する各種サービス⁽¹⁾が開始されており、約1-2m空間分解能の衛星画像による日本全国の新規画像撮影/データベース整備および画像更新が行われている。高空間分解能衛星画像を利用した国土デジタル情報としては、高精度のデジタル3次元地形モデル (DEM: Digital Elevation Model)の整備に関して、広域的な面情報を一度に取得できる衛星画像に対する期待が大きい。

筆者ら⁽²⁾は、高空間分解能の人工衛星ステレオ画像からの3次元地形モデル自動抽出手法を検討し精度検証を行った結果、2.5m分解能のSPOT5衛星画像を利用した場合、約2-3mの誤差で標高の算出が可能であった。

そこで本研究では、上記手法の実利用分野として、従来衛星画像からの計測は困難とされてきた急斜面崩壊地形における標高算出を検討し、その性能について地上水準測量および地上レーザスキャニング測量を利用して適用性評価を行った。

2. 観測機器

ステレオペア衛星画像としてSPOT5衛星HRGセンサ画像(表1)を利用した。地上レーザスキャニング測量に関してはRiegl社のLPM98-2Kシステムによる長距離レーザプロファイラ測定を利用した(表2)。

表1. SPOT5衛星HRGセンサ画像の仕様

地上分解能	2.5 m
画像撮影幅	60 km

表2. レーザスキャニングシステム仕様(本研究)

地上分解能	約 1m
測定精度	+/- 30cm

3. 3次元地形モデル作成方法

本検討の3次元地形モデル作成方法を図1に示す。ステレオペアSPOT5画像と制御情報を利用してステレオ幾何学モデルを作成した後に、画像間マッチングにより各画素の対応付けを行い、三次元座標計測を行った。計測結果を2.5mメッシュ間隔にリサンプリングすることによりDEMを作成した。

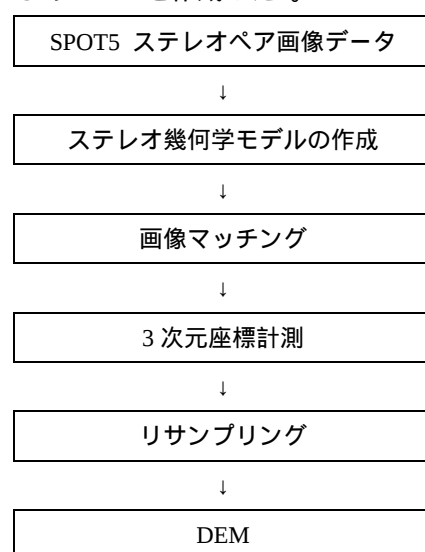


図1. 本研究における3次元地形モデル作成方法

4. 崩壊地形におけるDEM性能評価

4.1. 対象地域と検証データ

評価対象地域、利用衛星画像データ、地上水準測量数およびレーザスキャニング測量仕様に関して表3に示す。なお、レーザ測量による性能評価は対象地域内の斜面崩壊地約250m×100m×110mに関して行った。

表3. 対象地域と検証データ

対象地域	地域	台湾北東部
	面積	約5×5km ²
衛星画像	撮影日	2004/2/10、2004/2/21
	視差角度	20.9°
地上測量	測量日	2004/2/17-19
	水準測量	15点
	レーザ測量	約250m×100m×110m

キーワード：DEM, slope failure, stereo analysis, high-resolution satellite, SPOT5

株式会社NTTデータ 〒104-0044 東京都中央区明石町8-1 Tel:03-3248-9411 E-mail:tsutsuikn@nttdata.co.jp

4.2. 水準測量による DEM 標高精度検証

地上水準測量 15 点（内 1 点を座標補正用途に利用）による作成 DEM の標高精度検証を行った。作成 DEM 画像および水準測量点について図 2 に示す。検証方法は以下の通りである。

- (1) DEM 作成範囲内において検証用に水準測量による 3 次元座標測位を複数点行う。測定点の中には植生境界などの衛星画像から確認できる個所も含めた。
- (2) DEM について上述の衛星画像から確認できる測定個所を 1 点利用して絶対位置座標に補正する。
- (3) 水準測量点における Z 座標（標高値）について DEM と水準測量の測位値を比較する。

精度検証結果を表 4 に示し、標高値の比較図を図 3 に示す。標高精度は標準偏差(1σ)3.71m、平均偏差-1.94 mであった。

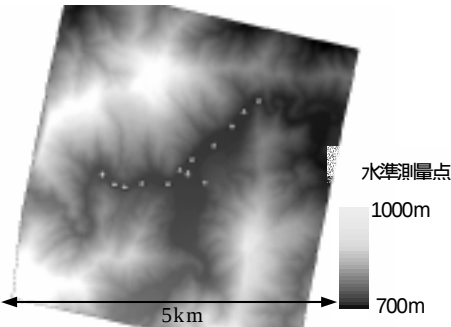


図 2. 作成 DEM と水準測量点

表 4. 水準測量による DEM 標高精度検証結果

検証値	標準偏差 1σ(m)	平均差 Δ(m)
精度	3.71	-1.94

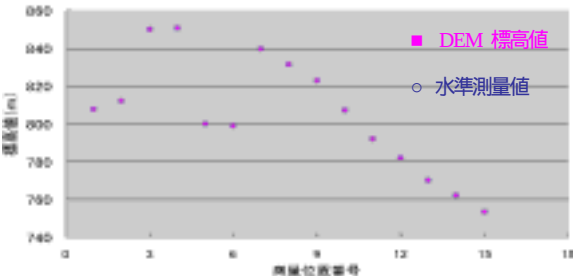


図 3. DEM 標高値と水準測量値

4.3. レーザスキャニング測量による崩壊面のDEM精度検証

斜面崩壊面においてレーザスキャニング測量データにより作成 DEM の精度評価を行った。崩壊面データを表 5 に示す。レーザ測量データおよび衛星 3 次元モデル（DEM + 画像）を図 4 に示す。検証方法は以下の通りである。

- (1) 崩壊面の傾斜角度をレーザスキャニング測量データから算出し、傾斜角 30 ° 毎に領域区分する。
- (2) 各傾斜角度の領域毎に、レーザスキャニング測量点における標高値と傾斜角度について、DEM とレーザスキャニング測量データの計測/算出値を比較する。

精度検証結果を表 6 に示す。全領域の精度は標高精度(標準偏差) 7.51m、傾斜角精度(標準偏差)17.3 °、傾斜角精度(平均)-3.22 °であった。

表 5. 崩壊地形データ（レーザスキャニング計測値）

項目	測定値
範囲 (m)	約 250 × 100 × 110（幅 × 奥行き × 高さ）
傾斜角 (°)	平均：47.1（最大：85.0 最小：0.3）

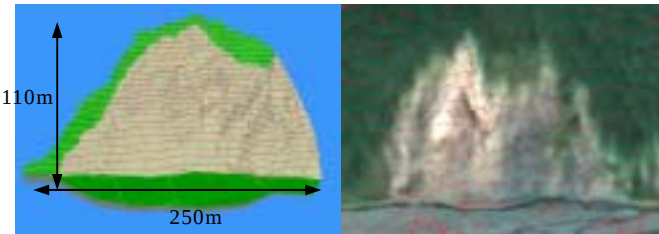


図 4. レーザ測量データ(左) と 衛星 3 次元モデル(DEM+画像)(右)

表 6. レーザ測量による崩壊面の DEM 精度検証結果

検証値	標高精度(m)	傾斜角精度(°)	
	標準偏差	標準偏差	平均差
領域			
傾斜 0 ～ 30 °	5.33	16.03	+14.00
傾斜 31 ～ 60 °	7.27	15.85	-0.94
傾斜 61 ～ 90 °	7.78	15.82	-17.55
全合計	7.51	17.33	-3.22

5. まとめ

本研究では、人工衛星画像を利用して斜面崩壊地形における 3 次元地形モデル自動抽出手法を検討し、その性能評価を行った。その結果、従来衛星画像からの計測は困難とされてきた急斜面に関して 10m 以内の精度で標高の推定が可能であった。この結果、実際の国土保全分野における実利用の可能性が示された。今後は、更に精度向上と検証を進めるとともに、本手法 3 次元データからの情報抽出に関する研究を行っていく。

【参考文献】1) <http://www.geocontents.jp>、(株)NTT データ
2) ステレオ画像解析による SPOT5 HRG 画像からの自動 DEM 抽出と性能評価
日本リモートセンシング学会第 36 回学術講演会、筒井健 宮崎早苗 他 (in press)