

GeoEye-1 画像と 航空レーザー測量データを用いた 三次元計測による変化抽出

1130083 杉野 恭平

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

2008年, 商業用高分解能衛星GeoEye-1は運用開始した. GeoEye-1画像の分解能は0.5mで商業用高分解能衛星では最も高い分解能である. GeoEye-1は同一軌道上でほぼ同時にステレオ画像を取得することができる. ステレオ画像を用いればステレオマッチングにより三次元データを生成することが出来る. 本研究では画像相関法と最小二乗マッチングを使った手法を開発した. その手法を用いて, 広域のDSM(Digital Surface Model)を作成し, 作成されたDSMから市街地の変化抽出を行った. 変化抽出の結果, 体積が増加した場所の正解率は70%, 体積が減少した場所の正解率は90%となった. 正解率を下げた原因として考えられるのは, 点群データ変換時に建物の境界で誤差が生じることによっておこる水平方向の位置精度が悪くなったのが原因だと考えられる. 今後グリッド変換時の誤差を少なくする手法を考えていきたい.

Key Words : GeoEye-1, 三次元計測, ステレオマッチング, 変化抽出

1. はじめに

2008年, 商業用高分解能衛星 GeoEye-1 は運用開始した. GeoEye-1 は地上分解能 0.41m のパナクロマティック画像と地上分解能 1.64m のマルチスペクトル画像が取得可能である. GeoEye-1 画像の分解能は 0.5m のパンシャープン画像で商業用高分解能衛星では最も高い分解能である. GeoEye-1 は 0.5m と高分解能でありながら, 観測幅が約 15km×15km と広域の画像を取得可能である. GeoEye-1 は同一軌道上で角度を変えることによって, ほぼ同時にステレオ画像を取得することができる. 取得されたステレオ画像を用いればステレオマッチングにより三次元データを生成することが出来る. 主に生成された三次元データは防災, インフラ整備, 様々な分野に応用される.

本研究の目的は, GeoEye-1 画像と航空レーザーデータを用いたステレオマッチング手法の開発. そして GeoEye-1 画像を用いて対象地域である高知県香美市周辺の広域の DSM(Digital Surface Model)の作成. 及び作成された DSM を用いて変化抽出を行う.

2. 使用データ

2.1 使用衛星画像

GeoEye-1 分解能 0.41m のパナクロマティック画像
(2010年3月22日撮影)

2.2 航空レーザー

精度検証とステレオマッチングの画像相関法に使うためのデータとして, 国際航業株式会社より購入した航空レーザーデータの DSM を用いる. DSM は分解能 1.0m のグリッドデータである.

(2003年10月観測)

2.3 地上基準点

今回は 21 点の地上基準点を使用した. 対象地域及び基準点の場所は図 2.1 に示す. この基準点を使い幾何モデルの変換係数を算出した. 幾何モデルは地上座標から画像座標に変換する関数である.



図 2.1 地上基準点

2. 三次元計測

三次元計測とは違うポイントから同じ場所を撮影した2つの画像から対応点を算出し、対象物の高さを求めることをいう。本研究では直下視と後方視の画像を用いた。三次元計測の概要図を図3.1に示す。

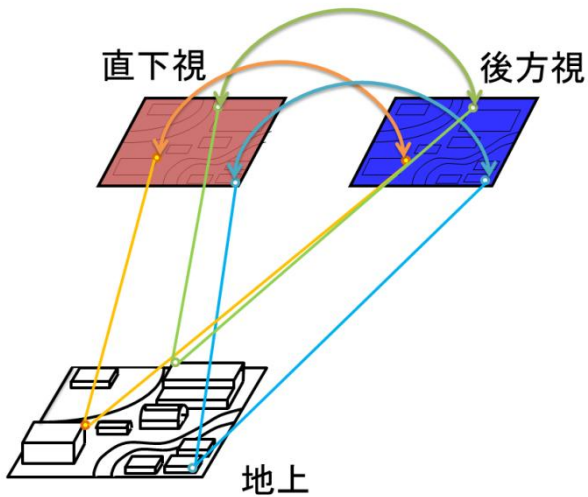


図 3.1 三次元計測

3.1 幾何モデル

今回使用した幾何モデルは独立三次元射影変換¹⁾である。

基準点を用いて幾何モデルを構築した結果、最小二乗誤差であるRMSEは表3.1となった。

表3.1 幾何モデルの精度

RMSE	u (pixel)	v (pixel)
直下視	0.51	0.49
後方視	0.39	0.40

3.2 ステレオマッチング

2つの画像から対応点を算出することをステレオマッチングと言い、それを画像処理により自動で行った。本研究ではステレオマッチングを最小二乗マッチングで行う。最小二乗マッチングは、高精度のマッチング手法であるが、初期値を必要とする。そこでまず、画像相関法を用いて初期値を求める。

3.2.1 画像相関法による初期値計算

初期値を画像相関法によって求める。幾何モデルを用いれば、あるXYZからそれぞれのUVが算出できる。今回は処理時間の短縮の為、航空レーザーの値を変動させる。航空レーザーによって算出された三次元座標(X,Y,Z)から幾何モデルを用いて直下視と後方視それぞれの画像座標(u,v)を算出し、算出された点を中心として切り出された画像同士の相関を求める。XYを固定し、Zを変化させていくと、画像座標が図3.2のように変化する。Zを少しずつ変動させ、その中で一番相関の高かった値を用いれば、ステレオマッチングの誤差が少ない。

今回はZを-10mから+30mの間を1mずつ変動させた。

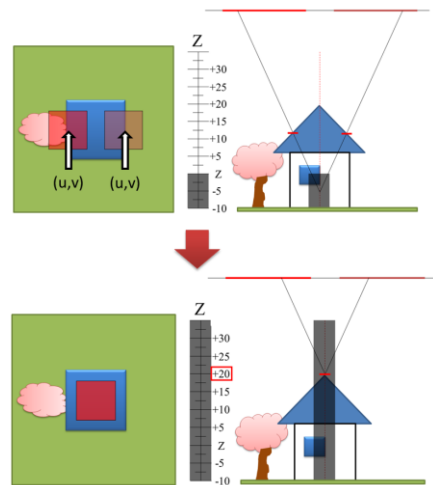


図 3.2 画像相関法

画像相関を行う際に切り出す画像のサイズを決めなければならない。今回はサイズを 41×41 pixel, 21×21 pixel, 11×11 pixel とサイズを変化させて精度を検討した。図 3.3 のようにサイズが大きいと建物の形状が丸みを帯びる。小さくすると作業時間が早くなり、形状がシャープになるがノイズも多く発生してしまう。今回は 11×11 pixel のサイズを採用し、ノイズを取り除くメディアンフィルタ²⁾をかけることで対応した。なお 11×11 pixel より小さいサイズはノイズが多く、メディアンフィルタでも取り除くことが出来なかった。

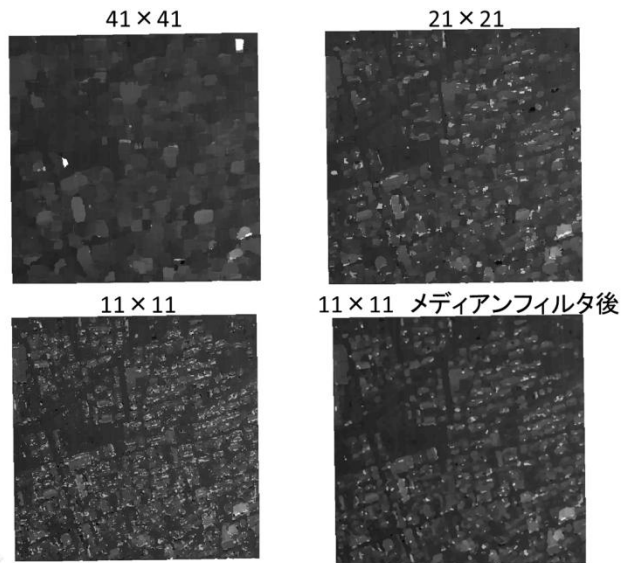


図 3.3 テンプレートサイズの検討

3.2.2 最小二乗マッチング

最小二乗マッチング³⁾はスキャン画像を濃度変換・幾何変換により逐次計算を行い、テンプレート画像に最も近似したパラメータから対応点を探索する手法でサブピクセルの精度で対応点を抽出することが出来る。また、初期値から 3pixel 以上動いたものはミスマッチングとして以降の処理は実行しないようにした。

3.3 三次元計測結果

ステレオマッチングによって生成された直下視と後方視の対応する画像座標を幾何モデルと変換係数を用いて三次元座標に変換する。この三次元データから高知工科大学の三次元モデルを作成した。図 3.4

が本研究で作成した三次元モデルとなる。なお、航空レーザーのデータは 2003 年のもので、高知工科大学の C 棟は存在しない。しかし図 3.4 を見て分かるように C 棟を含め高知工科大学の形状を表すことに成功している。この結果から画像相関法と最小二乗マッチングを使ったステレオマッチング手法を用いて、変化の抽出を行えると判断した。この手法を使って、広域の DSM の作成を行った。

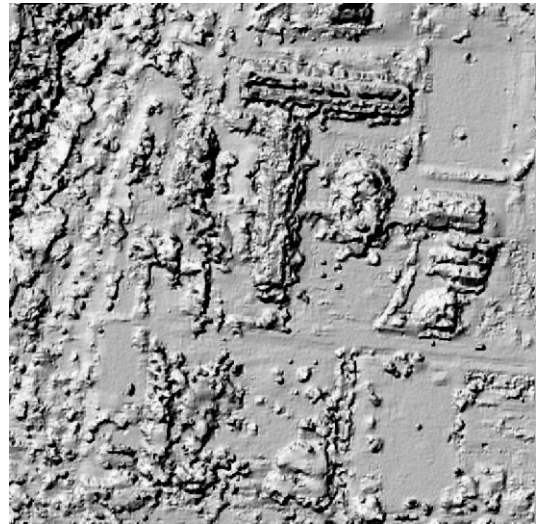


図 3.4 高知工科大学 三次元モデル

3.4 三次元計測の精度検証

生成された三次元データの精度検証を行った。航空レーザーのデータを最確値とした場合の RMSE を算出した。算出した RMSE を表 3.2 に示す。精度検証を行う場所は目視で確認して、変化のない場所を選んで検証を行った。森林の精度が他と比べて悪いのは、類似点が多いことでのミスマッチングと水平放置精度が原因だと考えられる。

以上の結果をもとに、RMSE より大きい値を変化とみなして、変化抽出を行う。

表 3.2 RMSE

場所	RMSE (m)
平地 A	0.724
平地 B	1.089
市街地 A	1.272
市街地 B	1.765
森林 A	3.790
森林 B	2.735

4. 変化抽出

4.1 変化抽出手法

三次元計測で求められた値は、ランダムに配置された点群データとなっている。これを1mに格子化し、航空レーザーの値と比較する。5m以上変化があったものを本研究では変化として扱う。変化のあった格子データをポリゴン化し、ポリゴン毎の面積を求めた。画像関連の指定したピクセルサイズが11×11pixelで、画像の分解能が0.5mであることから、30m²以下の面積はノイズとして、除外した。

4.2 抽出結果

香美市のあけぼの街道沿いの市街地で変化抽出を行った。図4.1は本研究で作成した三次元データから、航空レーザーの三次元データを引いたものである。赤色は体積が増加、青色は体積の減少、白色は変化なしを表している。

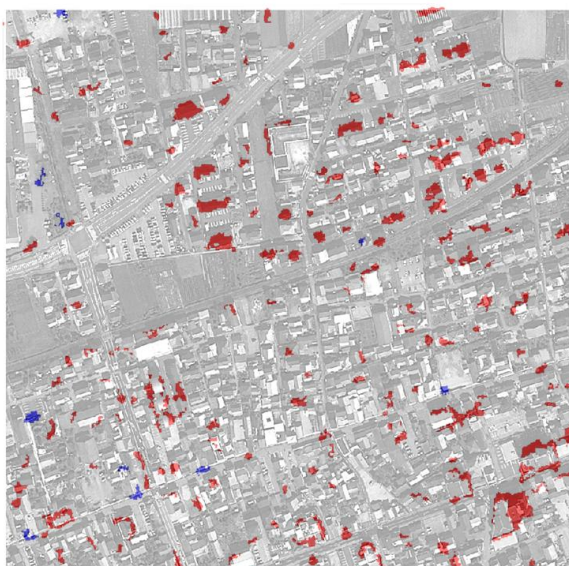


図 4.1 変化抽出

変化抽出の結果が正しいか目視で確認した。結果を表4.1にまとめる。

表4.1 変化抽出

抽出場所	あけぼの街道
体積増加 (赤色)	170箇所
体積減少 (青色)	10箇所
目視による確認(赤色)	119箇所
目視による確認(青色)	9箇所
正解率 体積増加	70%
正解率 体積減少	90%

体積が増加した場所の正解率は70%、体積が減少した場所の正解率は90%となった。

5. 考察

GeoEye-1 画像を用いた三次元計測のためのステレオマッチング手法の改善を行った。画像関連法と最小二乗マッチングを使った手法により、精度が向上し改善された。ここから広域の DSM の作成し、作成された DSM であけぼの街道沿いの市街地の変化抽出を行った。変化抽出の結果は体積の減少の正解率は90%に対して、体積の増加の正解率は70%という結果になった。

正解率を下げた原因として考えられるのは、点群データ変換時に建物の境界で誤差が生じることによっておこる水平方向の位置精度が悪くなったのが原因だと考えられる。今後グリッド変換時の誤差を少なくする手法を考えていきたい。

謝辞

本研究におけるGeoEye-1画像を提供して頂いた日本スペースイメージング株式会社に深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 芝床仁志, 高分解能衛星画像における適応可能な幾何モデルの検討, 高知工科大学 2011 年 学士論文
- 2) 高木方隆, 国土を測る技術の基礎
- 3) 宇田幸司, GeoEye-1 画像を用いた三次元計測の精度検証, 高知工科大学 2010 年 修士論文