

RTK-GPS 測量成果を利用した ALOS/PRISM DSM の作成と評価

日大生産工	正会員	○朝香智仁
日大生産工	正会員	工藤勝輝
日大生産工	正会員	藤井壽生
日大生産工	フェロー	西川 肇

1 緒言

陸域観測技術衛星 ALOS に搭載された PRISM (パンクロマチック立体視センサ) は, 地表を 2.5m の分解能で観測し, 高精度の数値標高モデルを作成するために用いられている. PRISM データから抽出した DSM が DEM の代替データとして利用できれば, 最新の数値地形モデルが得られることになる. このことは, 土砂崩れ等が発生した後など大規模な地形改変があった地域において, 数値標高モデルの更新ができることを意味する.

本研究では, 既存の地形図を用いずに, ALOS/PRISM データから高精度の数値地表モデル (DSM: Digital Surface Model) を生成することができるか検証した. なお, 既存の地形図を用いない代わりとして, ネットワーク型 RTK-GPS 測量成果を外部標定の GCP に用いることにした.

研究対象地域は, GPS 衛星の最低高度角 15 度が常に確保できることを前提にするため, 平坦地と丘陵地が含まれる地域であり, 且つ現地調査へのアクセスの良さから千葉県九十九里町の周辺地域とした.

2 研究手法

DSM の作成に使用した ALOS/PRISM データは, 2007 年 8 月 15 日 (パス: 67, フレーム: 2885) に 3 方向視モードで観測された L1B1 データである (図-1). 本研究の標定モデルは, RPC モデルを用いない, 汎用プッシュブルーム方式のラインセンサモデルとした.

まず, PRISM の直下視画像のシーン内 (約 35km 四方) に RTK-GPS 測量を実施する現地調査地点を選定した. 現地調査地点は, 画像から判読できる道路の交差点隅角部とし, 配置は画像中に疎らになるような 8 地点とした. 8 地点は, PRISM のシーン内を一日で観測できるおおよその数として考えている.

次に, 前方視, 直下視, 後方視画像に 8 地点の GCP 配置した後, 画像マッチングによって 22 点のタイポイントを取得して空中三角測量を実施した. 空中三角測量の成果は, 画像空間座標系 x, y, z の多項式次数, 回転角 ω, ϕ, κ の多項式次数を変化させて地上座標系 X, Y, Z およびピクセル座標系 c, r の RMSE を評価し, 最も精度の良いものを採用して外部標定要素を決定した. 内部標定要素は, 文献値²⁾を使用した.

標定後は, 写真測量の原理により画像位置が特定された地上ポイントの三次元座標を算出し, それらを TIN 形

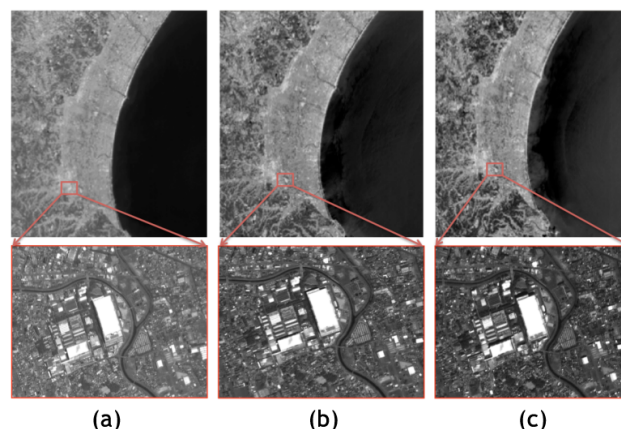


図-1 本研究で使用した ALOS/PRISM L1B1 データ:(a) 前方視画像 (b) 直下視画像 (c) 後方視画像

式にした. DSM は, TIN から空間内挿によってグリッドデータとした. なお, DSM は国土地理院発行の 50m メッシュ DEM を用いて精度を評価するため, 50m メッシュとしている.

2.1 ネットワーク型 RTK-GPS 測量

本研究では, VRS 方式のネットワーク型 RTK-GPS 測量を行った. VRS (Virtual Reference Station) 方式は, 配信事業者で算出された補正データを移動局で受信すると同時に, 移動局において GPS 衛星から信号を受信して基線解析を行う動的干渉測位方式である.

器機は, トプコン社製の GPS アンテナ (PG-A1) およびトプコン社製の受信機 (GB-500GD) を用いた. いずれも, GPS 測量機検定証明書を 2009 年 8 月 11 日に受けたものである. 観測時にはデータコレクタ (FC-100) に測定結果を保存し, 後日, UTM 座標系に変換した. なお, データ取得間隔は 1 秒, アンテナ高は 1.8m, 使用した周波数は L1・L2 とした.

2.2 DSM の精度評価

DSM の精度は, 公共測量作業規定の準則より三次元計測データの点検として用いられている算定方法を用いることにした¹⁾. 算定方法は, 調整用基準点と三次元計測データの較差から, 標準偏差を算出して求められる. 標準偏差は (1) 式および (2) 式によって計算できる.

キーワード: 空中三角測量, 写真測量, 3 方向視, 標準偏差

連絡先: 〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部 E-mail: asaka.tomohito@cit.nihon-u.ac.jp

表- 1 ネットワーク型 RTK-GPS 測量結果一覧 (観測日: 2009 年 8 月 24 日)

Survey point	Antenna height (m)	Start time (JST) Finish time (JST)	Number of GPS satellite	DOP	RMS	X coordinate (m) Y coordinate (m)	Ellipsoidal height (m)
1	1.8	10:25 10:28	8	2.1	0.019	-62648.164 51323.661	34.6
2	1.8	11:28 11:30	7	2.1	0.019	-68566.936 50616.236	35.362
3	1.8	12:50 12:54	7	2.1	0.02	-72253.568 41951.204	54.289
4	1.8	13:30 13:32	6	2.6	0.025	-69565.533 38458.173	58.774
5	1.8	14:56 14:59	9	1.8	0.051	-62558.917 38773.828	65.538
6	1.8	16:09 16:15	6	3.6	0.033	-45264.184 42438.249	91.669
7	1.8	16:50 16:53	8	2.1	0.022	-38731.855 43294.455	79.481
8	1.8	17:40 17:42	8	2.2	0.019	-41542.421 62705.588	38.699

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i}{n} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta H_i - m)^2}{n}} \quad (2)$$

ここで, ΔH_i は調整用基準点の標高値と三次元計測データとの較差, n は計算に使用する点数, m は平均値, σ は標準偏差である. 本研究では, 調整用基準点の標高値と三次元計測データとの較差を i 番目の画素における DEM と DSM との較差に読み替えて, 国土地理院発行の 50m メッシュ DEM を用いた標準偏差によって評価することにした. よって, n は画像の画素数となる.

3 結果と考察

表-1 は, 2009 年 8 月 24 日にネットワーク型 RTK-GPS 測量を実施した成果をまとめたものである. 表中の X coordinate (m) および Y coordinate (m) は, UTM 座標系に変換した位置座標, Ellipsoidal height (m) は楕円体高である. 全ての地点において FIX 解が得られ, 水平方向および垂直方向の最小二乗誤差は 0.019-0.051m であり, DOP (Dilution of Precision) は 1.8 から 3.6 といずれの点も 4 以下の測位精度の低下率であった. 測位時間も, 1 地点につき 10 分以内で終わることができ, 現地調査地点すべてを 1 日で観測することができた. よって, いずれの地点も非常に高い精度で緯度経度および楕円体高を測定することができたと思われる.

また, 画像空間座標系 x, y, z の多項式次数を 1 から 3 次, 回転角 ω, ϕ, κ の多項式次数を 0 から 3 次まで変化させて地上座標系 X, Y, Z およびピクセル座標系 c, r の RMSE を評価した結果, x, y, z の多項式次数は 3 次, 回転角 ω, ϕ, κ の多項式次数は 1 次に設定した組み合わせにおいて, 最も RMSE が小さいことがわかった. この組み合わせの RMSE は, 地上座標系 X: 1.971m, 地上座標系 Y: 1.066m, 地上座標系 Z: 1.239m, ピクセル座標系 X: 0.694px, ピクセル座標系 Y: 0.529 px であり, 地

上座標系の誤差は PRISM の空間分解能 2.5m 以内, ピクセル座標系の誤差は 1 ピクセル以内に収まっていることも確認した.

標定が完了したモデル用いて, 写真測量の原理によって地上ポイントの TIN を作成し, TIN をラバーシェーディング法によって空間内挿して 50m メッシュの DSM を生成した. 生成した DSM の Z 方向の精度について (2) 式で示した標準偏差を算出したところ, 12.354m であることがわかった. なお, サンプル数は 531,876px であった. 図-1 の拡大画像 (下部) からわかるように, DSM は地表面の地物の高さを含んでいるため, 地盤高のモデルである DEM と比較した場合, おのずと誤差が生じている可能性はある. よって, 本研究で作成した DSM は, 比較的, 高精度の地表面高さを推定できたと考えられる.

4 結言

本研究は, ネットワーク型 RTK-GPS 測量成果を GCP に用いて ALOS/PRISM の 3 方向視画像から DSM を生成し, その精度を DEM によって評価した. ネットワーク型 RTK-GPS 測量は PRISM の空間分解能を考慮すると短時間で高精度の位置情報が取得できることから, 結果として既存の地形図がなくとも DSM を生成できることを明らかにした. 今後は, 山岳地域でも同様な手法が適用できるか検討する予定である.

謝辞: 本研究の一部は, ALOS データ利用公募型共同研究 (PI: 朝香智仁) により実施したものです. 関係各位に謝意を表します. また, ネットワーク型 RTK-GPS 測量の実施にあたり, 株式会社新星コンサルタントの中島英敬氏に技術的なアドバイスをいただきました. ここに記して謝意を表します.

参考文献

- 1) 社団法人 日本測量協会: -公共測量- 作業規定の準則, 日本印刷株式会社, pp.9-29, 2008.
- 2) Tianen CHEN, et al.: DEM GENERATION WITH PRISM, ALOS SIMULATION DATA A Case Study using Air-Borne Three Line Scanner Imagery, Asian Conference on Remote Sensing(ACRS2005), Ha Noi(VN), 20051107-11.