

# 高解像度WorldView 3/4ステレオ衛星画像を用いた大規模空中三角測量のGCP要件

ステレオ衛星画像の大規模空中三角測量

キーワード：空中三角測量, 衛星ステレオ画像, 3次元測定

社会インフラマネジメント事業部 寺田 常夫・ラムサール・ダモダール・志茂野 孝

## はじめに

地形図作成の工程において空中三角測量を行う場合、要求精度を確保するためには、地上標定点 (GCP) の配置とその点数が最大の要素になります。アジア航測を幹事会社とするヤンゴンマッピング協同企業体は、国際協力機構 (JICA) からミャンマー国における「ヤンゴン・マッピング・プロジェクト」を受託し、Digital Globe 社の World View 3/4 により新規撮影されたステレオ衛星画

像を使用したデジタル地形図を作成しました。

業務内容としては、対象面積 2,604 km<sup>2</sup>における地形図データ、オルソフォト、三次元建物データの作成です。本稿ではその中で縮尺 1 : 5,000 地形図データ作成を目的に作業した範囲 1,504 km<sup>2</sup>を対象として、作業で得たデータを基に、地上標定点の配置と点数について検討した結果について報告します。

## 対象範囲と標定点の配置

対象地域は図 1 に示すように、衛星画像は 4 パスのストリップでカバーされています。使用した衛星画像は地上解像度 0.31m (直下視)、幅約 13.1km で撮影されたものです。この画像とともに、RPC パラメータ (合理的多項式係数) が付属しており、同時に入手できます。

また、地上標定点は図 2 に示すように、地域を 4 ブロックに分けて、均等に分布するように計画し、19 点を配置しました。

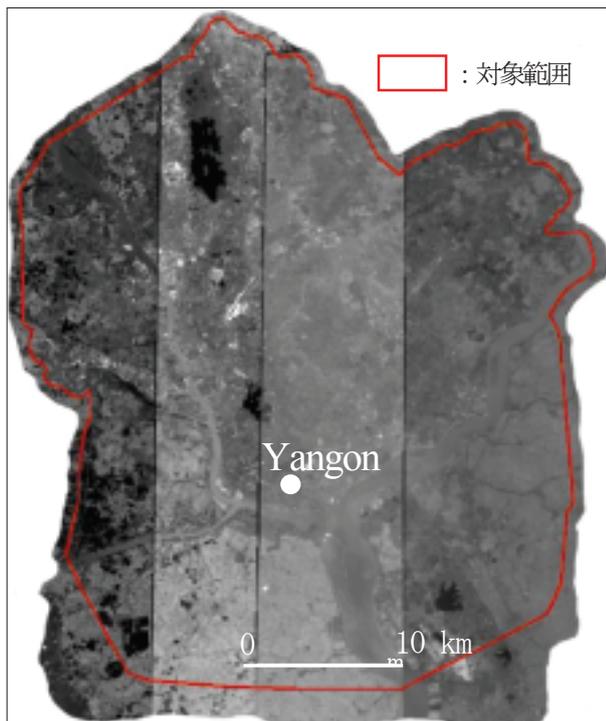


図1 対象範囲と衛星画像

Image © Digital Globe Inc.

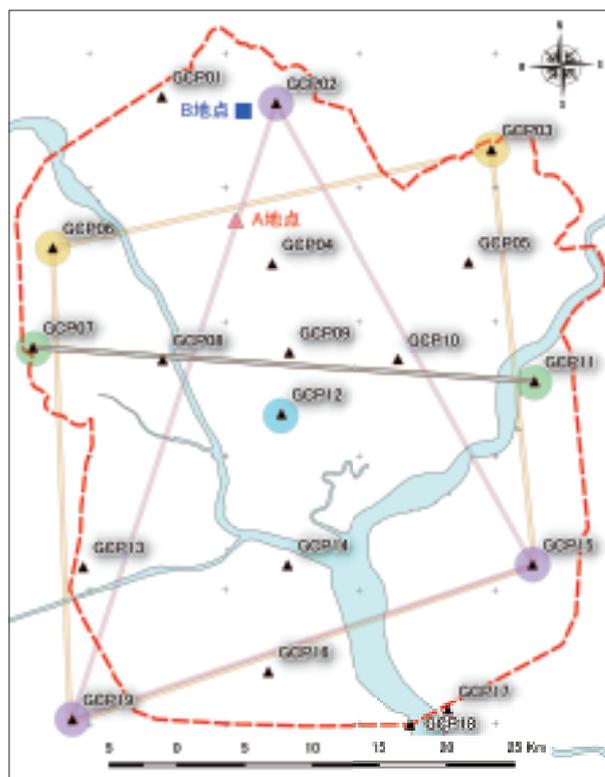


図2 地上標定点の配置

## GNSS測量と直接水準測量による標定点測量

地上標定点は、平面位置を GNSS 測量で行い、WGS-84 楕円体上の地理座標を求め、これを UTM/47N 投影法により平面座標に変換して X、Y 平面座標を求めました。また、Z（標高値）は、国家水準点を基に直接水準測

量を行い求めています。なお、対象地域内に設置した地上標定点は平面座標 19 点、標高点は 89 点でした。採用したジオイドモデルは EGM2008 です。

## 空中三角測量の結果と標定点数の検討

4 パスのストリップ・ステレオ衛星画像を使用して、合理的多項式係数 (RPC) およびバイアス補正 (シフトと回転) による空中三角測量を実施した結果は、X、Y の各座標で標準偏差は 0.18m、0.18m、そして標高成分は 0.29m となり十分な結果を得ることができました。

本稿では、設置した標定点のうち、GNSS 測量で求めた標定点のみを使い、任意の数の標定点を選び、他の標定点を検証点として、バイアス補正付き RPC 法により同次調整を実施して、各検証点上の残差から、平均二乗誤差を求め精度を検証したものです。

最初に地上標定点なしで同次調整を行いました。即ち、購入したデータのみで同次調整した結果です。表 1 の GCP 点数 0 で示してあります。平面 X、Y 座標が各々約 1.5 ピクセル (0.47m)、2.5 ピクセル (0.78m)、標高成分 Z 座標 15.5 ピクセル (4.86m) の残差となり、Z 残差は XY 残差に比べて大きな値となりました。平面位置は縮尺 1:5,000 地形図作成では十分に利用できる値でした。

次に、標定点 1 点使用の場合は地域内で最も代表的な中央位置にある GCP12 を選択し、標定点数 3 点使用の場合は GCP02、GCP15、GCP19 を選択しました。それぞれの場合において同次調整を行い、検証点の残差の平均二乗誤差を計算しております。図 3 は標定点数と得られる精度をまとめたものです。

結論としては、平面位置は購入したデータで、十分な精度で結果を得ることができるとは分かりましたが、十分な高さの精度を得る必要がある場合は、3 点ほどの地上標定点が必要という結果になります。

表1 空中三角測量における検証点の残差

GCP 点数	dx (m)	dy (m)	dz (m)	3D 残差 (m)	RPC モデルと共に使用した GCP 点名
0	0.47	0.78	4.86	4.94	GCP なし (RPC モデルのみ)
1	0.59	0.72	1.88	2.09	12
2	0.46	0.42	1.02	1.18	07, 11
3	0.41	0.32	0.65	0.83	02, 15, 19
4	0.49	0.31	0.58	0.82	03, 06, 15, 19
5	0.41	0.32	0.52	0.74	03, 06, 12, 15, 20
6	0.40	0.38	0.59	0.80	03, 06, 07, 11, 15, 19
7	0.42	0.30	0.55	0.76	03, 06, 07, 11, 12, 15, 19
8	0.44	0.31	0.55	0.76	02, 03, 06, 07, 11, 12, 15, 19
19	0.38	0.29	0.40	0.62	すべて (19 点)

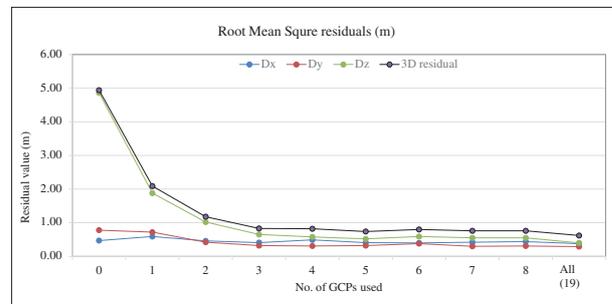


図3 標定点の数と得られる精度

## おわりに

衛星画像を使用した都市計画マスタープラン用の簡易地形図作成など、これまで経験がありますが、基本図となる地形図作成を行ったのは初めての業務でした。また、本プロジェクト範囲は、既存撮影画像が存在しなかったことから、新規撮影を実施しました。そのため当初予定したブロックに分け、分割して処理し、その後の数値図化、数値編集を効率よく進めるといった計画が、実際には衛星画像の撮影が天候に依存して、断片的に行われ、地域としてまとまらないなど、多くの困難な点があり、そのための予備として多くの標定点を設置する計画・実

施となってしまいました。また一方、この地域は洪水の被災が恒常的であり、高精度の高さのデータが求められていることもあり、理論上から推定する最低限の標定点を設置することが困難であったことも条件でした。

今回の実証データは、標定点設置が非常に困難な国・地域において、必要最低限の標定点の数について、検証した有意義な資料であり、今後のプロジェクトへも活用して行きたいと考えております。本技術紹介の場をご提供くださった国際協力機構に感謝いたします。