

高分解能衛星画像を用いた地形図作成・修正に関する調査研究（第5年次）

実施期間 平成10年度～

測図部写真測量技術開発室 小林 大介 飯田 洋
野口 真弓

1. はじめに

センサ地上分解能(直下)61cmのQuickBird2号衛星、同82cmのIKONOS衛星、同1.8mのEROS-A1衛星、プロダクト画像分解能2.5mのSPOT5衛星など、近年次々と高分解能衛星が打ち上げられている。衛星画像は、高高度から撮像しているために空中写真と比べて撮影範囲が広範囲かつ歪みが少ないこと、定期的に目的の場所を撮像できること等の理由から、地形図作成・修正の情報源として期待が高まっている。本研究は、これら高分解能衛星画像の判読性の検討及び衛星画像を用いて作成した地形図の位置精度検証を行い、地形図の作成・修正の分野に衛星画像がどの程度適用可能かを判断することを目的としている。

2. 研究内容

前年度までに、IKONOS デジタルジオ画像及びデジタルオルソ・ライト画像が2万5千分1地形図の作成・修正の情報源となりうるかの研究を行い、高さ情報及び送電線等の一部の地物を除き充分に使用できることがわかった。本年度は、ステレオペアのIKONOS デジタルジオ画像を用いてステレオ図化を行い、地物の判読性の検証及び位置精度検証を行った。対象地区は静岡県裾野地区(山間部及び平野部各1km×1km)である。また、高分解能衛星画像としてSPOT5 オルソ画像を用いて単画像図化を行い、地物の判読性及び位置精度検証を行った。対象地区は岐阜県大垣地区(郊外部及び都市部各1km×1km)である。使用したSPOT5 画像は近赤外域バンドデータも有しているため、トゥルーカラー画像及びフォルスカラー画像の違いによる判読性の相違についての検討も行った。表-1 に本研究で使用したIKONOS 画像及びSPOT5 画像の仕様を示す。

表-1 使用した衛星画像の仕様

	IKONOS 画像(前方視)	IKONOS 画像(後方視)	SPOT5 画像
データ取得日時	2000年2月23日 10:21	2000年2月23日 10:22	2002年8月6日 10:32
種類	パンシャープン	パンシャープン	パンシャープン
オフナディア角	29.2°	22.5°	26°
製品分解能	1m	1m	2.5m

3. 得られた成果

1) ステレオペア IKONOS デジタルジオ画像を用いた2万5千分1地形図の作成

デジタル図化機上で、2万5千分1地形図図式で規定されている対象地物について、判読可能なもの

をステレオ図化した。図-1,2 に図化結果を示す。IKONOS 画像と共に配布される RPC ファイルのパラメータを用いて自動的に標定させ、対象地域のステレオ図化を行った場合は、パラメータ算出に用いられる外部標定要素の誤差のため、相対的な精度に比べて絶対的な精度が低いという特徴が確認された。このため、付加的なパラメータを導入して誤差の影響を除去する方法（山川他，2002）を採用した。具体的には、地上基準点として IKONOS 画像の四隅及び中心付近から 5 点を選点し、GPS 測量による現地測量の成果をパラメータとして導入した。以下に、判読性及び位置精度検証結果を詳述する。

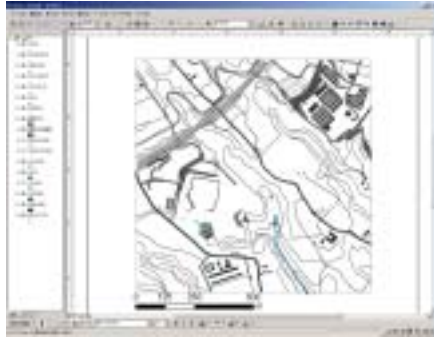


図-1 山間部の図化結果



図-2 平野部の図化結果

判読性

判読性及び図化結果を表-2 に示す。ステレオ図化であることにより高さ情報を得ることが可能となり、また、分解能 1m のカラー画像をデジタル図化機上で任意の倍率で編集できることから 2 地区における判読性は全体的にかなり良好であった。しかし、田と畑が混在している場合は、判読が困難であった。また、他の地物と比べて植生の判読性は、地表状況の周期的な変化や植生の混在のため、画像の撮像時期や作業者の熟練度によりかなり左右されると思われる。

以上から、IKONOS 画像を利用してステレオ図化することにより、2 万 5 千分 1 地形図図式で図化すべき対象地物については、ほぼ全て判読及び図化が可能であると判断できる。

表-2 対象地物の判読性及び図化結果

	判定	地物名
判 読	十分可能	土がけ, 河川, 湖・池等, 道路橋, 鉄道, 鉄道橋, 独立建物, 建物類似の構造物, 擁壁, 坑口, ダム
	可能(一部困難)	記号道路及び街路, 分離帯等, 高塔, 広葉樹林, 針葉樹林, 田, 畑
	困難	徒歩道
	不可能	送電線
図 化	十分可能	土がけ, 河川, 湖・池等, 道路橋, 鉄道, 鉄道橋, 独立建物, 建物類似の構造物, 擁壁, 坑口, ダム
	可能(一部困難)	等高線, 記号道路及び街路, 分離帯等, 高塔, 広葉樹林, 針葉樹林, 田, 畑
	困難	徒歩道
	不可能	送電線

水平及び垂直位置の精度検証

画像上で明瞭に識別可能な道路や駐車場の白線の角等、山間部 47 点、平野部 26 点の検証点を設けて、デジタル図化機上でステレオ画像計測を行った。また、現地で同一地点の RTK-GPS 測量を行った。現地測量成果を正解値とし、画像計測値との較差からステレオ図化時の水平及び垂直位置の精度検証を行った。結果を表-3 に示す。ここで表中の値は、現地測量成果から画像計測値を引いた値の絶対値の平均である。

水平及び垂直成分ともこの較差の平均は 1m 以内であり、非常に良好な位置精度であった。基本図測量作業規程において基本図の精度は、水平位置は 2 万 5 千分 1 地形図上で 0.7mm 以内（地上で 17.5m 以内）、垂直位置で標高点は、主曲線間隔の 1/3 以内（地上で 3.33m 以内）と規定されている。本研究では、水平位置誤差は 0.83m、垂直位置誤差は 0.73m であり、IKONOS ステレオペア画像を用いて 2 万 5 千分 1 地形図を作成した場合、十分な水平及び垂直位置の精度を有していることが判った。

表-3 画像計測値と現地計測値のずれ

地区	南北成分 (m)	東西成分 (m)	水平成分 (m)	高さ (m)
山間部	0.47	0.52	0.70	0.99
平野部	0.70	0.67	0.97	0.47
平均	0.58	0.60	0.83	0.73

2) SPOT5 オルソ画像を用いた 2 万 5 千分 1 地形図の作成

NTIS 背景画像にオルソ画像をインポートし、2 万 5 千分 1 地形図図式で規定されている対象地物について、判読可能なものを単画像図化した。重ね合わせるために行った変換は、平行移動、拡大・縮小及び回転である。図-3, 4 に図化結果を示す。また判読性及び位置精度検証結果について以下に示す。



図-3 郊外部の図化結果



図-4 都市部の図化結果

判読性

本研究で図化した 2 地区における判読性及び図化結果について表-4 に示す。オルソ画像を用いた単画像図化のため、高さ情報を持つ地物（土がけ、鉄塔等）の判読は困難であった。植生についての判読性は、田や畑が混在している場合、IKONOS 画像と同様、画像の撮像時期や作業者の熟練度により大きく左右されると思われる。また、郊外部及び都市部共に建物密集地における 1 車線道路（3.0～5.5m）以下の道路の判読は一部困難であった。SPOT5 画像が分解能 2.5m のカラー画像であり、NTIS 上で任意の倍率で編集できることを考慮に入れても、SPOT5 画像の判読性は 2 万 5 千分 1 地形図の新規作成の情報源として、一部の地物については困難であると判断される。しかし、部分修正の対象となる大型の対象地物（幅員の広い道路や鉄道の新設等）の判読性に関しては概ね良好であるので、SPOT5 画像は 2 万 5 千分 1 地形図の修正の情報源として十分に適用可能であると考えられる。また、判読性を向上させるために様々な対象地物について、トゥルーカラー画像とフォルスカラー画像を各々用いて検証を行ったところ、以下に示す様に判読の一助となった。

- ・水田と茶畑に関して、トゥルーカラー画像よりもフォルスカラー画像を用いた方が輝度値の差が大きく、区別が容易であった。これは茶畑特有の葉の形状により、近赤外線を反射しやすく、輝度値に大きな差が出たためであると考えられる。また、針葉樹林と広葉樹林にも輝度値の差が多少あった。以上から、フォルスカラー画像を使用することにより植生の区別ができる可能性が示されたといえる。

- ・市街地における並木道等の植生エリアの特定に効果があった（トゥルーカラー画像では、植生と陰影の判別が困難）。

表-4 対象地物の判読性及び図化結果

	判定	地物名
判 読	十分可能	4車線道路
	可能(一部困難)	田・畑, 湖沼・河川, 独立建物, 1~2車線道路, 普通鉄道, 側線
	困難	針葉樹林, 広葉樹林, 土がけ, 道路橋, 鉄道橋, 鉄塔, 中高層建物, 軽車道, 徒歩道
	不可能	送電線
図 化	十分可能	4車線道路
	可能(一部困難)	田・畑, 湖沼・河川, 独立建物, 2車線道路, 普通鉄道, 側線
	困難	針葉樹林, 広葉樹林, 土がけ, 道路橋, 鉄道橋, 鉄塔, 中高層建物, 1車線道路, 軽車道
	不可能	送電線, 徒歩道

位置精度

道路の白線の角や建物角等、20点の検証点を設けて、正解値である空中写真での画像計測値と SPOT5 画像での画像計測値との較差を求めた。その結果を表-5 に示す。なお、較差は画像計測値から正解値を引いて求めた。その結果、水平方向の較差の平均値は 7.1m で、標準偏差は 3.3m であった。基本図測量作業規程において基本図の精度は、水平位置は 2 万 5 千分 1 地形図上で 0.7mm 以内（地上で 17.5m 以内）と規定されているので、水平位置の誤差はこの制限内に収まっており SPOT5 画像を用いて 2 万 5 千分 1 地形図を新規作成した場合、十分な水平位置精度を有していることが判った。

表-5 正解値と SPOT5 画像計測値との較差（南北方向、東西方向の値は絶対値平均）

南北方向(m)	東西方向(m)	水平方向(m)	標準偏差(m)
4.5	5.2	7.1	3.3

4. 結論と今後の課題

高分解能衛星画像として IKONOS デジタルジオ画像を用いて 2 万 5 千分 1 地形図のステレオ図化を行った。その結果、2 万 5 千分 1 地形図図式で表示すべき対象地物については、送電線等を除きほぼ全て判読及び図化が可能であることが判った。また、ステレオ図化した地物の水平及び垂直位置精度は、2 万 5 千分 1 地形図を作成する情報源として十分な精度を有していることが判った。以上より、IKONOS 画像を利用してステレオ図化を行えば、2 万 5 千分 1 地形図を新規に作成できる可能性が示されたと言える。また、高分解能衛星画像として SPOT5 オルソ画像を用いて単画像図化を行った。その結果、高さを有する地物や幅員が狭い道路等、一部の地物に関しては判読及び図化困難な地物があることが判った。しかしながら水平位置に関しては十分な精度を有していることが判明した。今後は EROS-A1 や QuickBird 等、他の高分解能衛星に関しても同様の研究を行う必要がある。

（参考文献）

山川 毅, Clive S. Fraser, Harry B. Hanley (2002), 「高解像度 IKONOS 衛星画像を用いた精密 3 次元計測」, 写真測量とリモートセンシング, VOL.41, No.2, pp.36-43