

高解像度衛星画像を用いた建設行政業務アプリケーション開発

国際航業株式会社 国土空間サービス事業本部 加藤哲
 日本コンピュータグラフィック株式会社 管理部 磯野繁
 日本スペースイメージング株式会社 応用技術グループ 吉永新一郎

1. はじめに

1999年9月25日、当時世界最高性能の地球観測衛星 IKONOS（イコノス）が打ち上がり、わが国でも1m解像度の高分解能衛星画像が手軽に入手出来るようになった。日本スペースイメージング株式会社では平成11年度、12年度に国土地理院共同研究で IKONOS オルソ画像の位置精度検証を行い、IKONOS オルソ画像の位置情報の正確さを実証した。平成13年度、14年度は位置精度の研究成果を踏まえて、広範囲、高精度の衛星画像を建設行政、特に地図作成にどのように利用活用するか、具体的に画像利用のアプリケーション開発を行った。

本検証では IKONOS ステレオ、オルソ画像で、どの縮尺の地図が作成可能か精度を含めて検証を行い高解像度衛星における地図作成の可能性を探った。

2. 概要

1m解像度の衛星画像から都市計画図(1/2500)相当、森林基本図(1/5000)の図化が可能か検証実験を行った。今回は、IKONOS 画像4バンドのうち、赤・緑・青バンドの3バンドトゥルーカラー(1m解像度)、画質に関しては11ビット/画素のデータを使用した。

今回は、オルソ画像をもとに判読、図化する手法とステレオ画像を元に判読、図化する手法を検証した。オルソ画像は位置精度1.2m、ステレオ画像は画像と地上間との幾何学関係に関連付けるRPC(Rational Polynomial Coefficient)ファイルとGCPによる絶対標定を行い図化した。

(1) 研究の内容

1) オルソ画像による図化

- ・ 単画像(オルソ)判読による判読分類表作成
- ・ 単画像(オルソ)判読による図式規定の作成
- ・ 地図縮尺1/2500を想定した図化、精度検証

2) ステレオ画像による図化

- ・ ステレオ判読による判読分類表作成
- ・ ステレオ判読による図式規定の作成
- ・ 地図縮尺1/2500を想定した図化、精度検証

表1 検証に使用したデータ

項番	地域	用途	面積	データ整備状況
1	筑波山間部	山間部図化判読	100km ²	森林基本図紙地図からベクター化
2	つくば市街地	市街地図化判読	100km ²	都市計画図紙地図からベクター化
3	三宅島全域	判読 山間部 市街地 港湾 砂防 空港 河川 災害MAP 空港 植生	100km ²	森林基本図(最新のデジタル地図を国土地理院HP参照)
4	東京	判読 鉄道	100km ²	-

判読を行う地域として山間部を筑波山、市街地をつくば市街地、港湾、空港等を三宅島とした。図化、精度検証に関しては、精度検証のためのGCP観測を行なうため、対象地域を筑波山、つくば市街地に限定した。

地物判読は森林基本図や都市計画図から事前にどのような地物が存在するか確認し、IKONOS画像から判読を行い検証した。

(2) 諸言(撮影、ジオ画像、オルソ画像)

1) IKONOS 画像撮影諸言(筑波地区)

撮影方向 328.8度

撮影角度 75.7度(14.3度)

撮影日 2000年3月2日

Cross Scan 0.85m

Along Scan 0.86m

2) IKONOS オルソ作成諸言 (筑波地区)

GCP 配点個数 8点 (全域)

Pixel Size X 1.0m

Pixel Size Y 1.0m

DTM 10m 格子高さデータ

オルソ作成に関しては GCP8 点使いオルソを作成した。オルソ水平位置精度は 1.2m。ステレオ図化に関しては、つくば市街地、筑波山ではステレオモデルを作成し、各地域 4 点で GCP による絶対標定を行い、図化を行った。

3) IKONOS 画像撮影諸言 (三宅島地区) ステレオ右画像

撮影方向 359.97 度

撮影角度 64.70 度

撮影日 2001年10月2日

Cross Scan 0.92m

Along Scan 0.97m

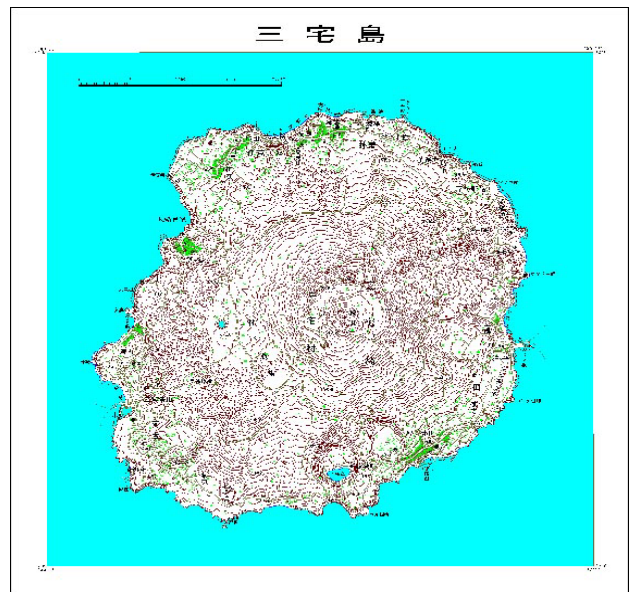


図2 三宅島地区デジタルマップ

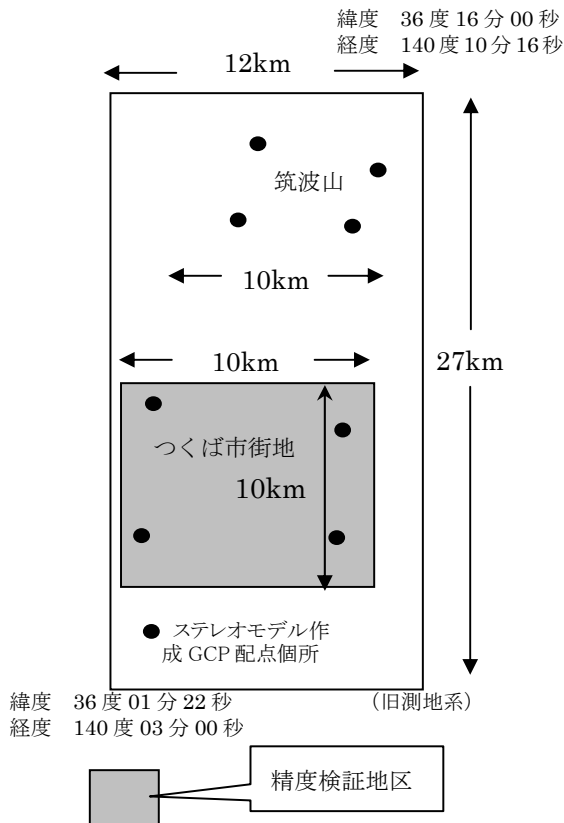


図1 筑波地区と GCP 配点図

3. 判読カードの作成

IKONOS ステレオ画像、オルソ画像から判読カードを作成した。1/2500 国土基本図図式を元にして、分類項目別に IKONOS 画像から判読可能か確認した。今回、判読能力は判読経験 2 年の技術者を想定した。可否の基準として

- ◎ : 容易に判読が可能
- : 判読が可能
- △ : 状況によっては判読が出来ない場合がある
- × : 判読出来ない

上記 4 種類を想定した。

項目	図式規定	取得要件	可否
国土基本図図式 1/2,000		1 道路道路とは、幅員(路幅)が ①路幅までが 2 千 5 百分 1 国土基本図では 1.0m 以上、 5 千分 1 国土基本図では 2.0m 以上の道路をいう。 2 市街地において、特に表記す る必要がある幅員が図上 0.4mm 未満の道路は、0.4mm として表示する。	◎ ※ 影・樹木下部等 要図地調査箇所 不可
森林基本図図式 1/6,000 (国産林)			○ ※ 影・樹木下部等 要図地調査箇所 不可
国土基本図図式 1/10,000			○

備考
つくば市街地 1/25,000 谷田部 X=25193.Y=8426 Loc= 36.134883065 Lon=139.552569154.

図3 判読カード (ステレオ画像による判読)

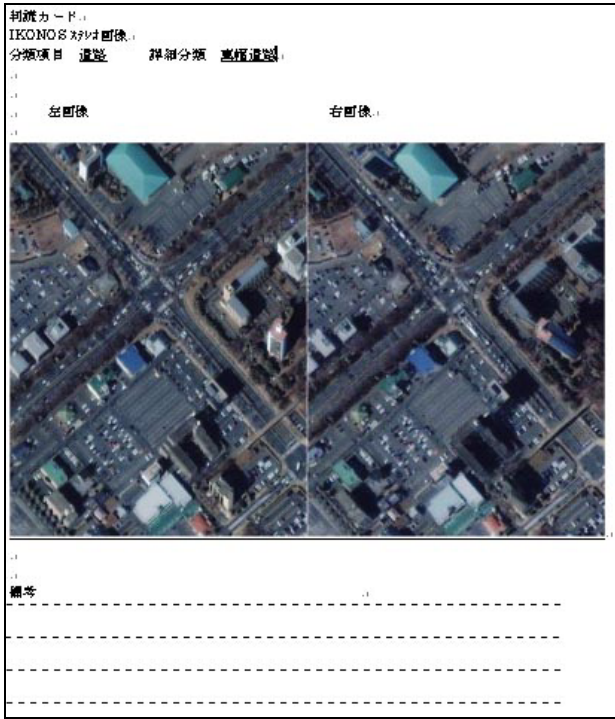


図4 判読カード (ステレオ画像の表示)

ステレオ判読カードを IKONOS ステレオ画像で作成した。判読カードを立体視することにより、高さを持った地物に関しても、判読の可否を分りやすくした。

判読分類表
(判読限界点以上)

分類図式	種分類	判読	判読	判読 (レビュ)	備考
道路等	高層道路	◎	◎	◎	
	軽便道	○	△	△	樹木等の影響で軽便道の判読は難しい。
	徒歩道	○	○	×	幅員 1 [m] 未満の道路は、画像分解能と同一の判読できない。
	庭園路	◎	○	△	樹木等の影響で庭園路の判読は難しい。
道路に付随する施設	建設中の道路	◎	○	△	
	道路橋	◎	◎	◎	
	横断歩道橋	◎	○	△	小さい横断歩道橋は判読が難しい。
	歩道	○	○	△	
	道路のトンネル	◎	◎	(△)	
	分譲帯等	◎	◎	△	
	並木	◎	○	△	真位置は特定できない。
鉄道	普通鉄道	◎	◎	-	東京地区の判読画像を参考に
	路面電車	◎	◎	-	東京地区の判読画像を参考に
	特殊鉄道	◎	◎	-	東京地区の判読画像を参考に
	索道	◎	◎	-	東京地区の判読画像を参考に
	建設中の鉄道	◎	◎	-	東京地区の判読画像を参考に
	鉄道に付随する施設	鉄道橋	◎	◎	-
駅橋脚		◎	◎	-	東京地区の判読画像を参考に
踏切		○	○	-	東京地区の判読画像を参考に
待合所		○	○	-	東京地区の判読画像を参考に
プラットフォーム		◎	◎	-	東京地区の判読画像を参考に
建物	普通建物	◎	◎	○	
	堅ろう建物	◎	◎	◎	
	普通無蓋倉	◎	◎	△	蓋蓋は判読できるが、GIS は普通無蓋倉としての判読は

表2 判読分類表 (抜粋)

判読カードを元にして、判読分類表を作成した。今回、判読カードから 1/2500 国土基本図図式規定の 70 地物に関して判読する事が出来た (判読基準△以上)。予想通り、高さを持った地物に関してはステレオ画像の判読が容易にできた。又、1 m 解像度では小物体 (鳥居、墓碑) 判読は出来なかった。植生の判読においては、季節要因で

判読種別が変化するので、判読時点での判読結果を記述した。

4. 図化作業

図化作業機材として、

ステレオ画像図化 : Image Station SSK

オルソ画像図化 : IKONOS Map Creator

を使用した。地図作成に関しては今後、汎用性を考え、デジタル図化が可能になるようにシステムを構築した。又、ハード環境では通常使われている PC と OS で動作する汎用性のあるシステムで図化を行った。

図化した地物は、判読分類表で判読基準が△以上で現地調査は行わなかった。

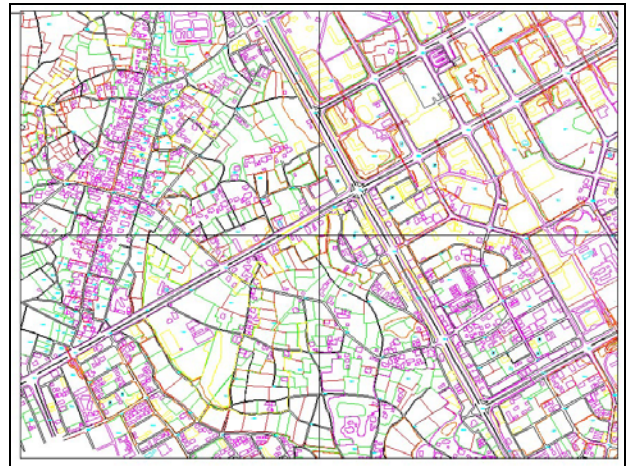


図5 ステレオ図化結果 (つくば市街地)

2km×1.5km の図化を行った。図化対象地区はつくば市街地の中心部。

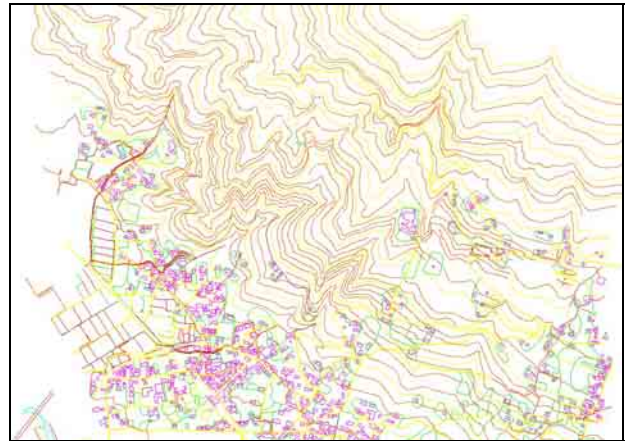


図6 ステレオ図化結果 (筑波山)

3.0km×2.5km 筑波山麓地区の図化を行った。精度検証の真値計測を RTK-GCP 計測で行ったため、GCP 観測機が持ち込める範囲で図化を行った。又、高さ (等高線) 観測はオルソ画像では出来ないため、ステレオ画像のみで図化を行った。

5. 精度検証

5.1 基準点測量

IKONOS 画像を元に作成した地形データの精度を検証するために、現地実測により取得した測量成果をまとめた。

(1) 精度検証データ取得地区

検証用データは、地形形状の違いによる誤差分布を判断するような場合を想定し、下図に示す通り、市街地と山間部に分けた。また、各々の地区では、IKONOS 画像との地形判断が容易と考えられる、交差点付近の線形形状を取得した。

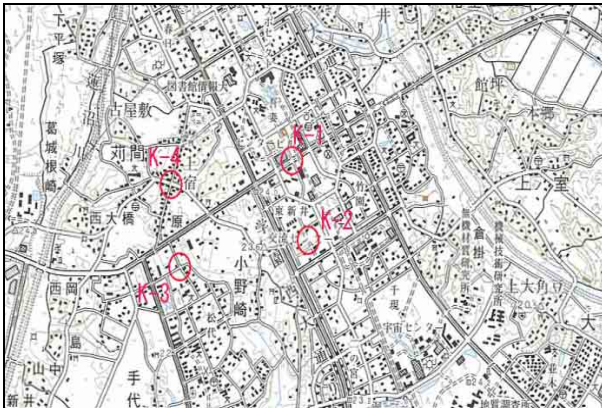


図7 精度検証地域(市街地 K-1~K-4)

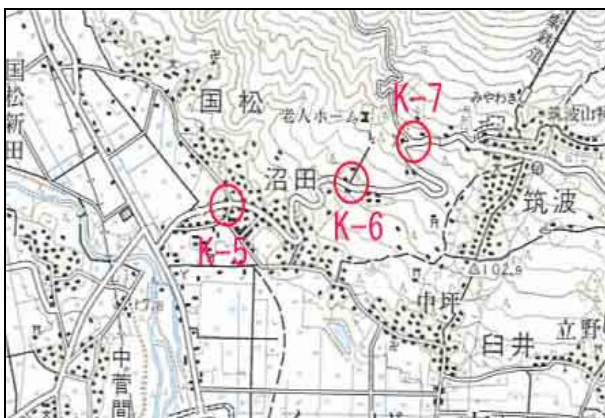


図8 精度検証地域(筑波山麓 K-5~K-7)

(2) データ取得方法・手順

検証用データは以下に示すフローに従い取得した。

1) 位置選定(検証用データ取得位置の選定)

検証用データは、IKONOS 画像の判読が可能であり、地形の線形が明確な、道路の交差点付近を対象とした。前出した通り、地形の特徴を網羅できるように市街地4箇所、山麓3箇所を選定した。

2) 基準点測量(基準局用スタティック計測)

選定した各地点において、RTK-GCP 測量用の基準局を設置する。基準局は、RTK 用電波や道路交通などの障害がない場所に設置した。

基準局において電子基準点(今回の場合、国土地理院

内電子基準点 92110 を利用した)を用いてスタティック法により観測を行なった。

3) 検証用データ取得(RTK-GPS 計測)

基準局を起点として、地形変化点を RTK-GCP 方式で測量する。移動局側は座標値を取得するとともに、示す線形データ取得の要素とする。

4) 電子平板測量(ベクタデータ取得)

RTK-GCP 測量により取得した地物の点データについて、地形形状ごとに結線し、ベクタデータ化する。この作業は現地において電子平板を用いて行なう。

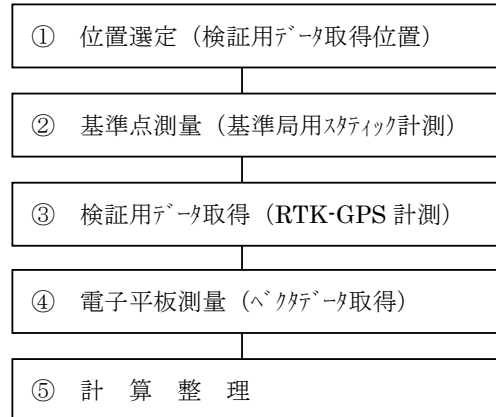


図9 GCPによる計測フロー

取得したデータの計算処理を行なうとともに、データに誤りがないか点検を行なう。また、GCP 測量で扱う座標は、WGS84 楕円体に準拠しているため、平面直角座標系に変換を行った。(旧測地系)

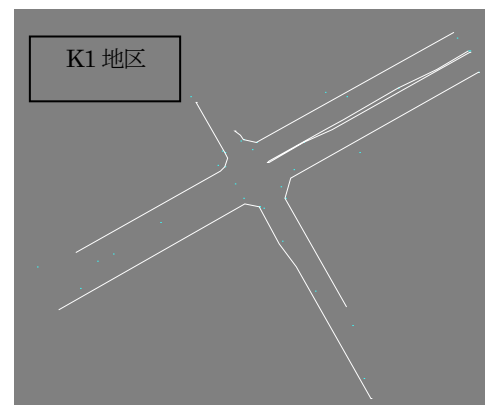


図10 電子平板による計測結果

5.2 精度検証方法(バッファによる精度検証)

実測した点データと図化した線形データを比較して、同一地点と考えられる2点間を直線で結び、その距離と角度を数値集計して検証する。

計測方法

1) 実測点データと図化線形データを比較して、同一地点と考えられる2地点を誤差計測用の直線データで結ぶ。

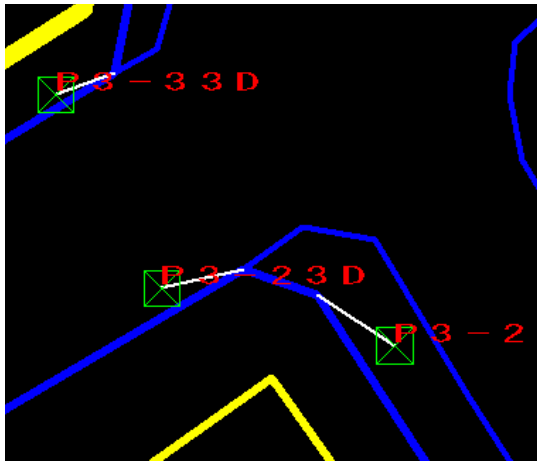


図11 単点評価イメージ

青実線…図化線形データ
 白実線…誤差計測用の直線データ
 赤文字…実測ポイント ID
 緑矩形…実測ポイント

2) 誤差計測用の直線データの2点間距離から誤差の大きさを算出する。また、2点のなす角から誤差の角度（東を0 [度] とする）を算出する。

5.3 集計方法

- 1) 各点データの誤差の大きさと誤差の角度は、実測エリア毎に集計表にまとめる。
- 2) 実測エリア毎にまとめた集計表を、つくば市、筑波山、全域とでまとめる。

5.4 線形データの精度検証方法

実測した線形データからバッファを発生し、そのバッファ内に図化した線形データがどの程度入っているかを数値集計して検証する。

計測方法

- 1) 実測線形データからバッファを設定する。バッファの大きさは、以下の2種類を用意する。また、端点部においては半円領域までをバッファとする。

(a) 片側 1.75 [m]

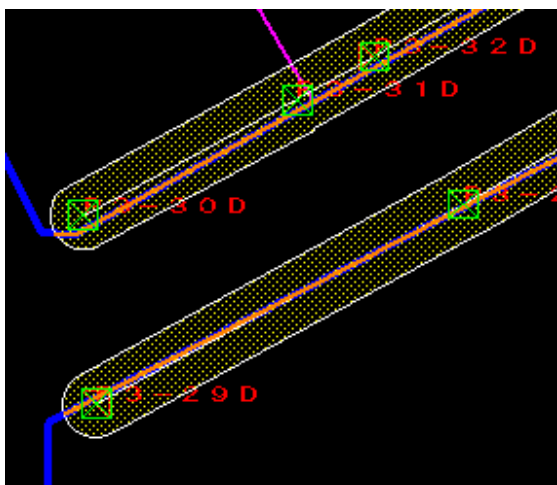


図12 バッファ評価のイメージ

青実線…図化線形データ

白実線…実測線形データ（真中の白実線）

黄点域…実測線形データからの
 バッファ（外縁は白実線）

赤文字…実測ポイント ID

緑矩形…実測ポイント

2) 設定したバッファに含まれる図化線形データの延長と、実測図化データの延長の比を算出し、バッファ内の延長旨割合とする。

3) 図化線形データの延長と、実測図化データの延長の比を算出し、バッファ内の延長旨割合とする。

バッファ内延長割合 [%] =

$$(\text{バッファ内延長 [m]} / \text{総延長 [m]}) \times 100$$

表3 オルソ図化 単点評価

エリア	サンプル数	誤差				
		平均 [m]	最大 [m]	最小 [m]	標準偏差 [m]	
つくば市	K-1	28	2.204	3.605	0.679	0.94
	K-2	19	2.351	5.777	0.647	1.578
	K-3	26	1.9	3.881	0.093	1.024
	K-4	11	2.586	5.174	0.892	1.136
	小計	84	2.193	5.777	0.093	1.185
筑波山	K-5	35	1.568	2.701	0.622	0.543
	K-6	17	2.498	4.339	0.381	1.06
	K-7	13	2.637	5.927	0.306	1.559
	小計	65	2.025	5.927	0.306	1.088
全域	149	2.12	5.927	0.093	1.147	

表4 オルソ図化 バッファによる評価

エリア	サンプル数	バッファ内延長割合			
		平均 [%]	最大 [%]	最小 [%]	
つくば市	K-1	12	78.5	100	23.5
	K-2	6	96.1	100	80.6
	K-3	8	98.6	100	95.5
	K-4	5	71.8	100	26.2
	小計	31	85.1	100	23.5
筑波山	K-5	10	92.8	100	56.1
	K-6	4	72.8	99.4	54.5
	K-7	4	35.8	66.6	19.3
	小計	18	74.7	100	19.3
全域	49	82.6	100	19.3	

表5 ステレオ図化 単点評価

エリア	サンプル数	誤差				
		平均 [m]	最大 [m]	最小 [m]	標準偏差 [m]	
つくば市	K-1	28	1.186	2.697	0.264	0.86
	K-2	19	1.042	1.274	0.748	0.231
	K-3	26	1.375	3.877	0.148	1.543
	K-4	11	1.294	2.898	0.125	1.103
	小計	84	1.224	3.877	0.125	0.547
筑波山	K-5	35	0.471	0.736	0.026	0.286
	K-6	17	0.791	1.351	0.202	0.455
	K-7	13	0.726	0.985	0.38	0.252
	小計	65	0.663	1.351	0.026	0.109
全域	149	1.04	3.88	0.03	0.87	

表6 ステレオ図化 バッファによる評価

エリア	サンプル数	バッファ内延長割合			
		平均 [%]	最大 [%]	最小 [%]	
つくば市	K-1	11	63.2	83.8	39.9
	K-2	6	75.5	100	0.7
	K-3	8	46.2	97.1	7.0
	K-4	5	66.7	98.6	38.9
	小計	30	64.6	100	0.7
筑波山	K-5	10	68.5	86.5	27.8
	K-6	4	30.5	68.3	1.5
	K-7	4	49.5	100	35.2
	小計	18	53.2	100	1.5
全域	60	75.4	100	1.5	



図13 GCP計測と図化単点のズレ(つくば市街地交差点)

単点の精度評価で、図化機で計測した点と実測で計測した点のズレをベクトル移動量で表示した。すみ切り等の細かい形状は実測と図化ではズレが大きくなる傾向があるため、図化に関して注意が必要である。

6. 結果、課題、今後の計画

(1) 判読カード

IKONOS 画像の判読限界点をステレオ画像、オルソ画像に関して検証を行った。今回の研究において、ステレオ画像、オルソ画像の判読に必要な情報量がステレオでは、2,3割多い印象を受けた。判読では、ステレオ画像の方が、高さを持った地物(塀等)に関しては、オルソ画像に比べて、判読率は格段上がる事が分った。今回、判読技術を、図化経験2年を想定して、判読カード、判読分類表を作成したが、経験年数の違い等で判読率は変わってくると考えられるので、今後判読のサンプルを増やす必要性を感じた。

(2) 図化作業

高さを持った地物を描画する時にオルソ図化とステレオ図化で大きな違いが現れた。当然、オルソ図化では高さデータの抽出は出来ないため、等高線の描画はできないが、建物等の図化等で水平位置精度の違いが出ると思われる。今回は道路交差点で位置精度検証を行ったが、今後高さを持った人工構造物で、オルソ図化とステレオ図化を行い、高さを持った地物の水平位置精度を検証する必要がある。

(3) 精度検証

単点の図化の位置精度は、オルソ図化、ステレオ図化とも1/2500国土基本図の位置精度1.75mの範囲に入っているため、単点としての1/2500の位置精度を有していると考えられる。

今回、図化線分(ベクトル)が実測した線分と、どの位ずれているか検証した。1.75mに入っている基線長割合は78%と、ステレオ図化に関しては1/2500の図形精度を有していると判断した。

結論として、1/2500の図化修正ではステレオ画像を用いた図化で、十分対応できると考える。また、オルソ画像は位置精度から1/5000図化修正が可能と考える。しかし、1m解像度のため、新規図化に関しては今後、地物判読の観点から議論をすべきであるが、少なくとも、修正図化に関してはIKONOS画像から大縮尺地図の修正は可能であると考えられる。

問い合わせ先

日本スペースイメージング株式会社

画像部

〒104-0028 東京都中央区八重洲2-8-1 日東紡ビル8F

TEL 03-5204-2725

MAIL ogikubo@spaceimaging.co.jp

Web http://www.spaceimaging.co.jp