

固定資産背景画像用写真地図作成システム (OrthoStation) の紹介

杉山 史典・鈴木 寛・三浦 博之・佐野 晃一・スーエンニ（朝日航洋株式会社）

1. はじめに

デジタル航空カメラを利用した写真地図作成技術の高速化により、各種GISの背景画像として、写真地図の普及が進んでいる。当社では、固定資産管理に運用する大縮尺写真地図市場の拡大とともに、業務の自動化と品質向上を目的として、写真地図作成システムの開発に取り組んできた。今回紹介するOrthoStation（以下、「本システム」という）は、写真地図を作成するためのシステムであり、内部標定機能、外部標定要素と数値地形モデルの取り込み、自動標高抽出と編集、正射変換及びモザイク等の機能がある。本稿では、このシステムが保有する機能について紹介すると共に、本システムで作成した写真地図の位置精度検証、及び市販デジタル図化機で作成した写真地図との比較を行った。

2. 開発の経緯

本システムの開発前は、BAE Systems社のSOCET SET®、Boeing社のSoftPlotter®等のデジタル図化機を利用して写真地図の作成を行っていた。

一方、固定資産用の背景画像は、数値写真を地番図ベクトルデータと整合させるため、数値写真上に何十点もの基準点を配置して幾何補正を行って作成していた。この作業は、起伏の大きい個所では基準点の配置点数を多く必要とし、作業時間が長くなる場合があるなどの問題点があった。本開発に着手した当時、統合型GISに使用可能なシーム

レスな写真地図の作成が求められ始め、それによる作業量の大幅な増加が予想された。

写真地図作成の大量生産時代を目前にして、使用するデジタル図化機の高額なライセンス料や保守費用を試算した時に自社開発によるシステム開発を通じた技術とノウハウの蓄積が今後の作業に重要な意味があると考えていた。

こうした固定資産用の背景画像の増大と品質確保に対応することを目的として本システムの開発に到った。

3. システム処理フロー及び機能概要

3.1 システム操作画面及び設定

システム操作画面は、図1の通りである。表計算ソフトの外観をイメージして、処理の可否及び作業ファイルの有無等により、表示項目の設定及び絞り込みを行うことが可能である。

カメラの種別選択、正射変換、モザイク処

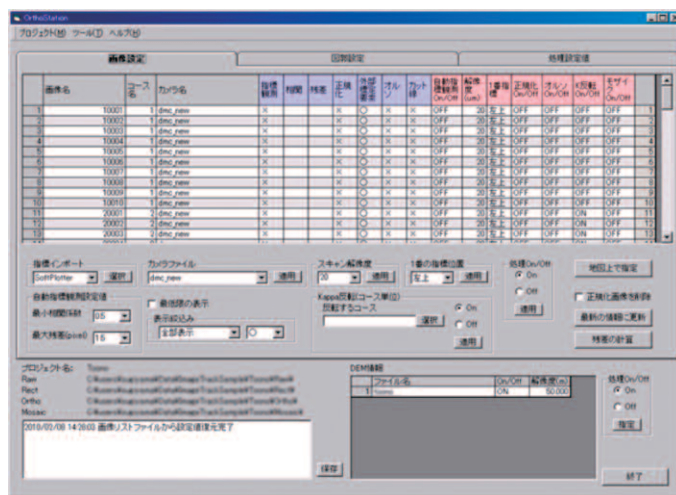


図1 システム画面イメージ

理の可否、画素値内挿方法、出力解像度などについて、作業別に設定を行うことが可能である。その一方で、作業者が誤ったオプションを指定して処理を行わないよう、警告メッセージを表示するなど誤操作防止のための工夫を取り入れている。

本システムは作業毎に「プロジェクトファイル」に設定を管理し、指定したフォルダ内に中間作業ファイルを逐次格納している。これは作業ファイルの散逸を防止し、正確な作業引き継ぎをし易くするためである。

3.2 システム処理フロー及び機能概要

システムの入力データは表1の通りである。

システムの処理フロー及び機能概要は、図2の通りであり、標高編集・モザイク接合線編集以外の処理は、すべて自動処理である。

表1 本システムの入力データ

データ種別	取得方法
数値写真	デジタルカメラ撮影、フィルムカメラ撮影から数値化
内部標定要素	カメラの焦点距離、投影面サイズおよびCCD素子サイズを取得
外部標定要素	同時調整計算成果または空中三角測量成果

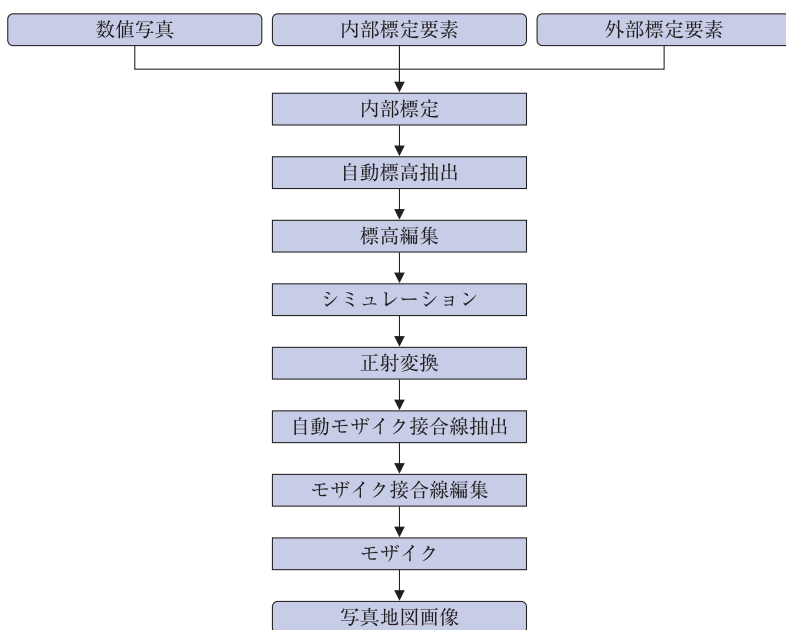


図2 システム処理フロー及び機能概要

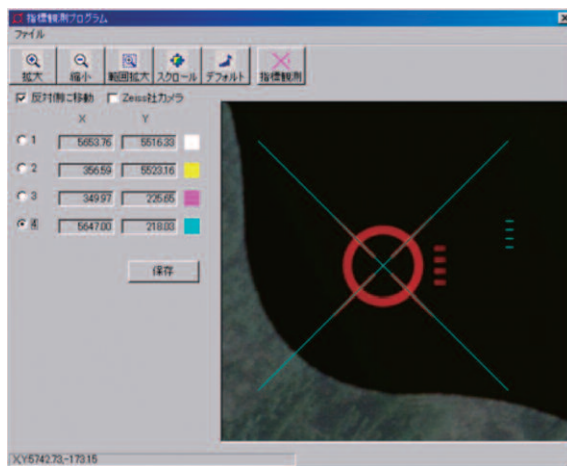


図3 指標観測イメージ

3.3 機能詳細

(1) 内部標定

フィルムカメラで撮影して数値化する場合、数値写真上で指標観測を行う機能である。

数値写真上から画像マッチングにより指標を検出する自動指標観測機能及び図3に示す専用画像ビューア上での手動指標観測が可能である。

図3の青色指標端部に表示されている横棒は観測中の写真指標番号を示し、数値写真の指標番号確認に使用する。

画像マッチング時の¹⁾正規化相関係数及び

指標残差のRMSEを用いて精度点検を行い、制限値を超過した場合、警告及びエラーメッセージを表示し、内部標定の誤りを防止している。

本システムとBAE Systems 社製SOCET SET® Ver.5.4上で、数値写真を10枚抽出して指標観測を行い、指標残差のRMSEの比較を行った結果を表3に示す。ほぼ同一の値が得られることを確認した。

また、²⁾作業規程の準則第146条2項に定められた、指標

表3 指標座標アフィン変換残差値の比較 (単位: mm)

	本システム	SOCETSET® Ver.5.4	較差
1	0.002	0.004	-0.002
2	0.004	0.003	0.001
3	0.002	0.005	-0.003
4	0.003	0.002	0.001
5	0.002	0.001	0.001
6	0.002	0.005	-0.003
7	0.003	0.002	0.001
8	0.001	0.003	-0.002
9	0.003	0.007	0.004
10	0.006	0.006	0.000
標準偏差	0.001	0.002	-0.001
最大値	0.006	0.007	-0.001
制限値	0.030	0.030	

座標の残存最大値の制限値0.03mm以内であることを確認した。

(2) 自動標高抽出

ステレオマッチング手法により数値地形モデルを取得する機能である。

内部標定要素、外部標定要素を元に¹⁾正規化デジタル画像を作成し、指定した範囲及び指定した取得間隔で数値地形モデルを取得する。

正規化デジタル画像上では、図4の通り、どちらか一方の画像の任意の点から、もう一方の画像を横方向に走査すると、同一の地物が検索される。

数値地形モデル作成時の画像探索は、¹⁾鉛直線軌跡 (vertical line locus) と¹⁾順次高解像度化法 (coarse-to-fine strategy) を組み合わせた方法であり、これに加えて、順次高解像度化するステップで、取得した数値地形モデルを移動平均を用いたフィルタ処理を施して不正な標高値を除去し、ノイズが少ない数値地形モデル取得を実現している。

初期値を与えることなく、数値地形モデルを取得することも可能であるが、国土交通省国土地理院刊行「数値地図50mメッシュ」及び、空中三角測量の際に取得したパスポイン

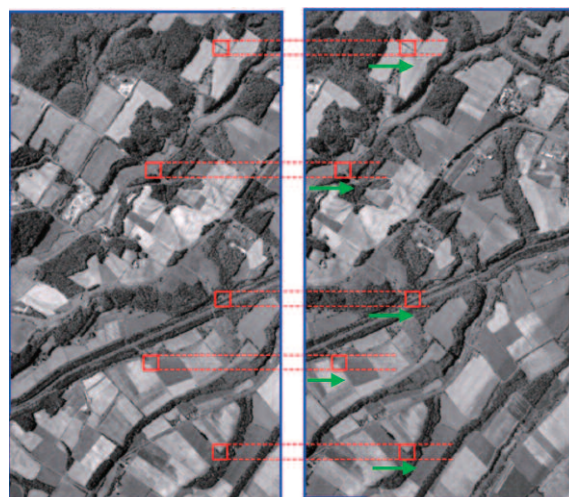


図4 正規化デジタル画像

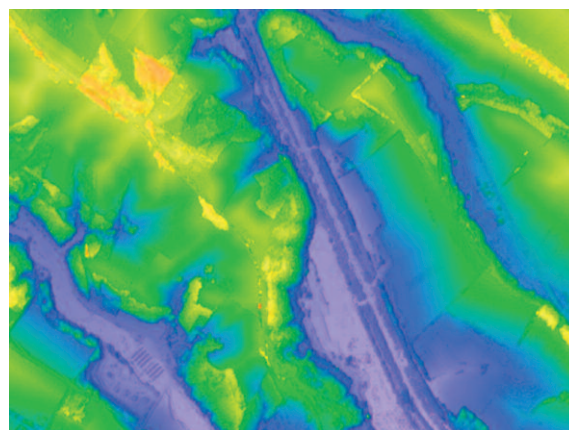


図5 数値地形モデル (取得間隔1m)

ト・タイポイント成果を数値地形モデルの初期値として指定することにより、処理速度の向上及びミスマッチングの削減を可能とした。

数値地形モデルの出力書式はテキスト形式の出力が可能である。

図5は本システムにより取得された数値地形モデルを、標高値別に色分け表示したもので、細密な数値地形モデルが取得されていることが確認できる。

(3) 標高編集

自動標高抽出機能で取得した数値地形モデルを、3Dモニタ上でステレオ表示し、ブレークライン等を取得して修正する機能である。

自動標高抽出の際に作成した左右のモデル画像を、インターレース形式Zalman 3Dモニターを使用して、偏光グラスを着用すること



図6 標高編集機能

により、ステレオ視を実現する。数値地形モデルを等高線もしくは点によって重ね合わせ表示し、確認しながら修正作業を行うことが可能である。

ブレイクライン取得の他、標高点直接修正、多角形範囲指定修正及びスムージング処理の修正機能がある。

作業範囲が広範囲に及ぶことを考慮して、高速描画が可能であり、数値地形モデルが複数に分割されている場合にも処理を可能としている。

(4) シミュレーション

作業数量の増大に伴い、自動処理に時間を要することが課題となっている。設定値を間違えて処理を開始し、処理が終わってから誤

りに気が付いた場合、作業時間の大きなロスとなる場合もある。

このため、作業時間のロス発生を防ぐことを目的としたもので、低解像度で全域モザイク画像を高速に作成し、処理設定値・色調バランスを確認する機能がある（特許出願中：特願2009-143-340）。

(5) 正射変換

数値写真、内部標定要素、外部標定要素及び数値地形モデルを用いて、数値写真単位の正射投影画像を作成する機能である。

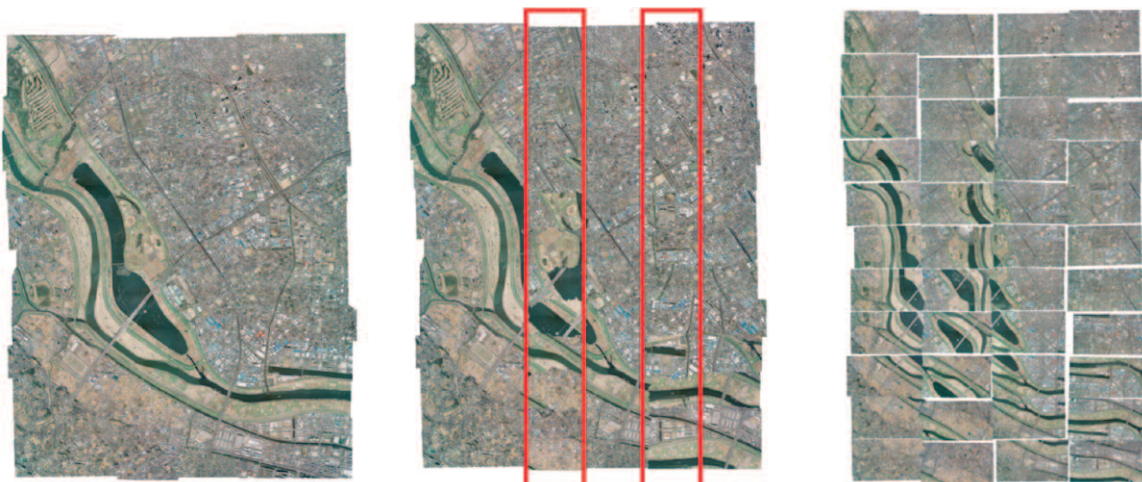
内挿方法はバイリニア法・ニアレストネイバー法の選択が可能である。画像のビット数は8ビット及び16ビットに対応し、バンド数は近赤外画像を取り扱うことを考慮して1バンドから4バンドまで対応している。

図化により取得した高架個所及び建物縁等と、数値地形モデルを用いて隠蔽部分を考慮した形での正射変換も可能である。

(6) 自動モザイク接合線抽出

数値写真単位の正射投影画像間でパターンを比較、類似度が高い地点を追跡して接合線を決定する機能である。（特許出願中：特願2008-125858）

正規化相関係数が高い個所を追跡することによって、建物以外の個所を自動的に判別、



正しい設定値により作成した場合

コース方向設定に誤りがある場合

焦点距離設定値に誤りがある場合

図7 全域モザイク画像による確認



図8 自動モザイク接合線抽出



図9 モザイク接合線編集

接合線としている。

この機能により、図8の通り、ある程度建物個所を回避した位置にモザイク接合線を作成して、画質の向上を実現している。

(7) モザイク接合線編集

階層の低い建物等では、正射投影画像の倒れこみ量が小さいため、自動モザイク接合線抽出により、モザイク接合線が階層の低い建物上を通過する場合があります、モザイク接合線の位置を手動処理によって編集する必要があります。

本機能は、CAD上で写真地図画像とモザイク接合線を重ね合わせ表示して、モザイク接合線を編集する機能であるが、図9の通りモザイク接合線を記入すると、自動的に削除などの補助機能を備え、操作性の向上を実現している。

(8) モザイク

モザイク接合線を使用して正射投影画像のモザイク処理を行い、図郭単位に切り出す機

表4 数値写真の撮影諸元

項 目	内 容
分類	地方都市
カメラ	DMC
コース数	13
写真枚数	493
撮影縮尺	1:10,000
数値写真の地上画素寸法	12cm
オーバーラップ率	60%
サイドラップ率	30%
地図情報レベル	1,000
作業面積	169.44km ²
撮影年月	平成21年1月
用途	固定資産
撮影高度 (m)	1,235 — 1,500
撮影基準面 (m)	35 — 300

表5 同時調整精度諸元

	標準偏差 (m)	最大値 (m)	最大値 制限値 (m)
調整点残差 (水平)	0.105	0.164	0.391
調整点残差 (標高)	0.043	0.056	0.391

能である。

モザイク接合線の付近では、フェザリング幅を設定可能とし、画像のスモーキング処理を行い、画像接合個所の画質向上を実現している。

4. 精度検証

4.1 データ諸元

精度検証に使用した数値写真の撮影諸元は表4の通りである。

調整点6点を用いて、Intergraph Image Station® Ver.5.3を使用して同時調整計算を行い、同時調整計算の精度を管理した結果は表5の通りである。

4.2 三次元計測精度検証

本システムで三次元計測した座標値と、現地測量成果を比較した結果、表6の通り、²⁾

公共測量準則第172条2項で定められた水平位置及び標高の標準誤差制限値を満たす結果となり、正確にステレオが再現されていることを確認できた。

4.3 位置精度検証

本システムを用いて作成した地図情報レベル1000の固定資産用写真地図について、写真地図上で計測した点と、デジタル図化機上で取得した座標値を合計21点比較、点検を行った。

位置精度検証について、同一の入力データを使用することによって、同一の結果が得られることを確認するために、BAE Systems社製SOCET SET[®] Ver.5.4にて自動標高抽出を行い、ブレイクラインを用いた修正を行うことにより得られた数値地形モデルを使用して正射変換を行った。

作業対象地域は、正射変換処理時の特徴を

考慮し、建物の少ない田畑等の耕作地、建物の多い市街地、起伏の多い山地の3地域に分類した。

田畑地は、数値地形モデルの起伏が少なく、モザイクしやすい地形について点検した。

市街地は、建物たおれこみを回避するようにモザイク接合線を編集することにより、写真中心から離れた場合を点検した。

山地は、地形の起伏が正射変換処理におよぼす影響を点検した。

それぞれ作業数量全体の10%に相当する図面を抽出し、25分割したメッシュを設定、明瞭な地物が確認できる個所について最大21点観測を行った。

表7の通り、²⁾ 公共測量作業規程準則第253条2項で定められた地図情報レベル1000の位置精度を満たしていることを確認した。

4.4 画像の比較

BAE Systems社製SOCET SET[®] Ver.5.4と、本システムで同一範囲の写真地図画像を作成し、画像の比較を行った。

Adobe[®] Photoshop[®] CS4の画像演算機能を用いて、両画像の差の絶対値を計算したところ、全画素について差がないことを確認した。

5. まとめ

本システムの開発により、固定資産調査において重要な建物形状を正確に表示する工夫を取り入れた、シームレスな写真地図を効率的に作成することが可能になった。また、デジタルワークフローの確立により、広範囲となる数値写真においても作業時間の短縮が計られ、安定した成果品作成が可能となった。本システムを使用して作成した写真地図は、建物の少ない田畑等の耕作地、建物の多い市

表6 本システムの3次元座標計測と現地測量成果、市販デジタル図化機の比較

調整点番号	較差 本システムと現地測量成果	
	水平 (m)	高さ (m)
1	0.110	0.393
2	0.377	0.003
3	0.096	0.004
4	0.061	0.317
5	0.305	0.003
6	0.105	0.092
標準偏差	0.213	0.210
許容値 (標準偏差)	0.300	0.300

表7 本システムにより作成した写真地図位置精度

		水平		高さ	
		残差	許容値	残差	許容値
田畑地 約5km ² 150点	標準偏差	0.318	1.000	0.222	0.500
	最大値	0.827	—	0.488	—
市街地 約5km ² 182点	標準偏差	0.275	1.000	0.280	0.500
	最大値	0.966	—	0.493	—
山地 約6km ² 155点	標準偏差	0.372	1.000	0.266	0.500
	最大値	0.946	—	0.499	—



図10 写真地図比較範囲

図11 上：写真地図画像（SOCET SET® Ver.5.4）
下：写真地図画像（本システム）

街地、起伏の多い山地のいずれの作業地区においても、地図情報レベル1000の許容範囲内に収まる残差であり、公共測量の精度を満たすことが確認できた。今後は固定資産背景用写真地図作成だけでなく、「地理空間情報活用推進基本法」に基づく基盤地図情報の写真地図と標高データの整備、林野庁で整備の進んでいる写真画像データの整備など、公共測量に対応した案件にこのシステムを活用したいと考えている。

今後の課題として、今回は既存デジタル図化機との整合性を点検する精度検証を行ったが、現地測量成果を中心とした精度検証を行うことを考えている。また、自動標高抽出と自動モザイク接合線抽出などの精度向上があり、写真地図作成の完全自動化に向けて、引き続き機能改良に取り組む。生産性向上を目的とした分散処理など新技術を導入するとともに、OSなど作業環境の変化へも対応を行っていく必要がある。

6. 謝辞

本稿の発表にあたり、埼玉県深谷市役所様より、写真地図成果の使用について御協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

発表日：2009年6月19日

■参考文献

- 1) (社) 日本測量協会：デジタル写真測量（2002年）
- 2) 国土交通省告示第413号 作業規程の準則

■発表者

杉山 史典（すぎやま ふみのり）
朝日航洋株式会社 地図・コンサル
タント事業部 開発グループ

