

II-9 デジタルスチルカメラによる地形情報取得管理システム

(株) 熊谷組土木本部土木技術部 ○宇野 定雄

(株) 熊谷組土木本部土木技術部 石口 真実

アジア航測(株) 総合研究所研究部 内田 修

1. はじめに

工事中の地形測量は、今日ではトータルステーションやGPSによるものが主体となってきた。しかし、大規模造成工事では工事範囲が広いため全範囲の地形データを取得する作業は、複数の測量班が数日かけて行っているのが現状であり、頻繁に行えるものではない。また、GPS測量は少人数による効率的な測量が可能であるが、谷間部や木々が生い茂り天空が空けていない場所では使用できないなどの不便さがあった。

本システムは、従来の写真測量にはなかった簡便性や即時性を主眼として、株式会社熊谷組とアジア航測株式会社とが土工事の施工管理に利用するために共同開発したものである。技術革新の目覚ましいデジタルスチルカメラとパソコンを利用することにより、日々変わる現場の地形情報を早期に取得することができるので、残工事に対する的確でリアルタイムなフィードバックが可能となった。

2. システム概要

本システムは、現像を必要としないデジタルカメラと通常のパソコンで全ての処理が行える現場支援システムである。測定はデジタルカメラであらかじめ正確な座標値が分かっている基準点を数点含むように撮影し、この撮影画像データをパソコン上で解析することにより地形の3次元情報を得ることができる。

(1) システムの特徴

本システムは解析図化機などのアナログ計測方法や最近発表されているデジタル計測システムとは次のような点で異なり新しい出来形計測を実施している。

① 現場のパソコンで解析できる

従来の写真測量は解析図化機等の専用の測定器械や特殊なハードウェアを必要とし、EWS(エンジニアリングワークシテーション)で動作するものが主流であった。このため設備投資が大きく稼働率等の面から導入できる現場が限られてた。しかし本システムは、一般に広く利用されているパソコンをシステムのプラットフォームに設定しているため、特別な設備投資の必要がない。

② 写真測量の専門知識のない人でも扱える

現場技術者が手軽に操作できることをシステムの基本思想とし、評定解析など自動化が困難である部分に関しては、一括処理機能、エラーチェック機能、計測異常点の画面確認機能などの他、コマンドガイド機能で次のような操作を行えばいいか適切な指示をするので、専門知識のない人でも作業が可能である。

③ 土工量管理に適した地形データを測定できる

出来形土量を正確に計算するには地形モデルの精度を高めることが重要となり、このためにはできるだけ沢山の地形の変化点情報が必要になる。特に正確性が要求されるのり尻・のり肩などのブレイクライン情報には最少限の手動操作が必要となるが、それ以外の面的に多量なデータの解析は自動計算で行うなど合理的なシステムとなっている。

④ デジタルカメラを特定しない

計測目的に応じた各種カメラが利用できるようにデジタルカメラ情報のデータベース機能を有している。

(2) システムの機器構成

【撮影入力機器】

・デジタルカメラ

→現場写真の撮影に使用し、コンピュータへ画像データを入力する

・スキャナー（必要により）

→現場図面の読み込み、現場作業状況のスナップ写真読み込みに使用し、データベース管理に利用する

【計測器機】

・パーソナルコンピュータ（OS:Windows95, CPU:Pentium 166MHz 相当）

→デジタルカメラの画像データの取り込み

→ステレオ写真から3次元データを解析

→3次元データからオルソ画像を作成

【出力器機】

・プリンター

→計測データの3次元出力

→出来高週報等の出力

→各種情報の出力

・補助記憶装置

→デジタルカメラの画像データ、オルソ画像データをコンピュータを介して記録

→再利用や再作図等に備えてデータを保存

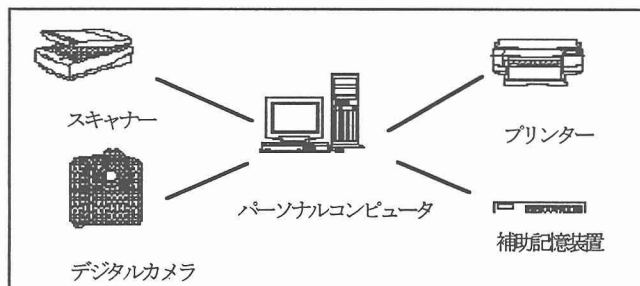


図-1 機器構成図

(3) システムの基本構成

本システムは主に次の3つのアプリケーションから構成されている。

① 撮影計画支援アプリケーション

施工現場での撮影は、手持ちによる写真撮影が中心となることから、図-2に示すようにできる限り効率的な写真撮影が行えるよう事前に撮影イメージをシミュレーションし、実際の現場での撮影を手戻りなく最小枚数で撮影できる事を支援するものである。

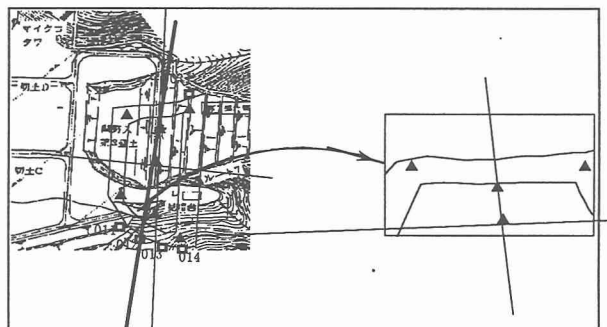


図-2 撮影シミュレーション

② 標定解析アプリケーション

各種の自動化、支援機能により写真測量の専門家でなくても作業が行えるよう配慮している。主な機能を列挙すると以下の通りとなる。

- ・ステレオモデル情報管理機能
- ・標定点の計測／編集機能
- ・標定点データのデータベース管理機能
- ・標定結果のエラーチェック機能
- ・計測異常点の画面確認機能
- ・標定解析パラメータの自動設定機能



図-3 標定解析画面

③ 3次元計測アプリケーション

出来形を正確に把握するためには3次元データを細かく収集するよりは、地形の変化点を把握しその箇所
の3次元データを収集する事の方がより重要であることから、
ポイント/ストリング計測機能をメインとし、画像上に格子
を自動発生させ計測する方法と組み合わせて利用できるよう
にした。主な機能は以下の通りである。

- ・ポイント/ストリング計測機能
- ・面的一括計測機能
- ・計測データのXY平面プロット機能
- ・数値地形モデル作成機能
- ・ブレイクライン情報の設定/編集機能

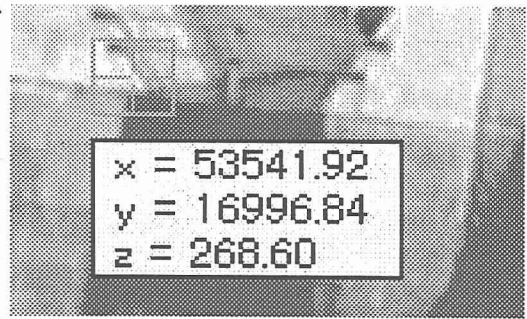


図-4 3次元情報取得画面

3. 作業内容

本システムの計測作業は以下の通りである。

① デジタルカメラのキャリブレーション

計測用のアナログカメラと異なり、デジタルカメラは計測を目的として製作されていないため、カメラ固有のキャリブレーションデータ（例えば、レンズ軸の位置ずれ（主点位置ずれ）やカメラのレンズ歪みなど）が明確に定義されていない。そのため、縦横1mm四方に高さの異なる20点の基準点を設定したキャリブレーションフィールドをそれぞれ6方向から撮影した画像データを用いて、セルフキャリブレーション付きバンドル調整法によりカメラキャリブレーションデータを算出した。ここで、求めたキャリブレーションデータは村井モデルのパラメータのうち特に有効である5つのパラメータとしている。

② 撮影計画

現場撮影の前に、計測対象をどの位置から、どの方向に対して撮影すれば計測モデル数が少なく効果的な作業が行えるかをシミュレーションするため、「撮影計画支援アプリケーション」により、実際の撮影画像に近い3次元撮影イメージを作成し、この画像を基に現場での撮影を短縮することができる。また、この画像から計測

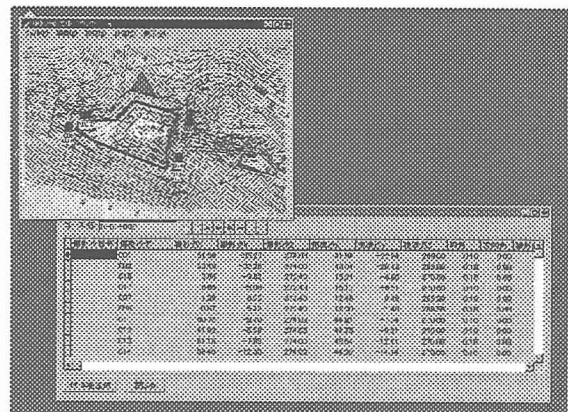


図-5 撮影点配置画面

対象に死角（あるいは、撮影漏れ位置）が発生しない事を確認することができ、現場での撮影ミスも少なくすることができる。図-5は、撮影点配置を行っている画面である。

③ 現場撮影

現場での撮影は、通常のカメラ撮影と同様に作業者が手持ちにより撮影を行うことができ、撮影に要する時間は10～20分程度である。撮影後は、デジタルカメラのカード型ハードディスクなどに納められた画像データをパソコンのハードディスクに転送する。次に、実画像データを撮影点データベースに登録するため、撮影計画で行った撮影点の撮影イメージに対して関連付けを行う。

④ 標定解析

生成されたステレオモデルに対して、基準点、モデル毎に共通な点及びモデル間で共通な点などを左右画像上に表示されているメスマークを用いて計測する。計測されたデータは標定点データベースに登録され、このデータベースからステレオモデル毎に標定解析を実行する。

⑤ 3次元計測

標定解析で算出されたパラメータを用いて、図6で示すように左右画像上に表示しているメスマークを計測したい箇所に移動後、計測を実行し3次元情報データベースにデータを登録する。計測された3次元データは、XY平面ウインドウにリアルタイムに描画さる。

⑥ ブレークライン情報の設定

計測した3次元データに対して、出来形を正確に管理するために必要な情報、すなわちブレイクライン情報を、ステレオモデルの画像画面やXY平面プロット画面を確認しながら設定していく設定されたブレイクライン情報はXY平面プロット画面に反映される。

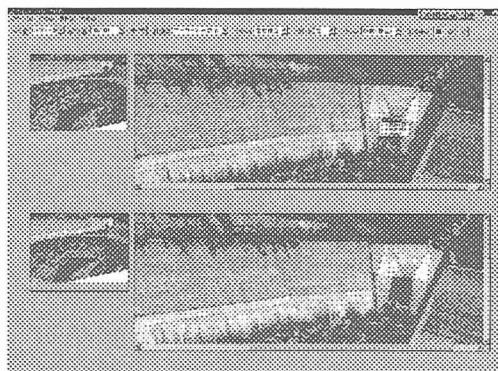


図-6 3次元計測画面

4. 現場導入事例

造成工事現場の調整池の貯水量を計算し、従来の光波測量による方法と比較した。現場での撮影は、図3に示すように、対象とした調整池に対して7方向から撮影を行い、これら撮影画像データを用いて貯水量計算に必要な各点の3次元座標値を求めた。使用した基準点は4点で高さのみの1点を合わせて標定解析を行った。

従来の光波測量との差は僅か 1.2%でありデジタルカメラを用いた計測は十分実用的であった。

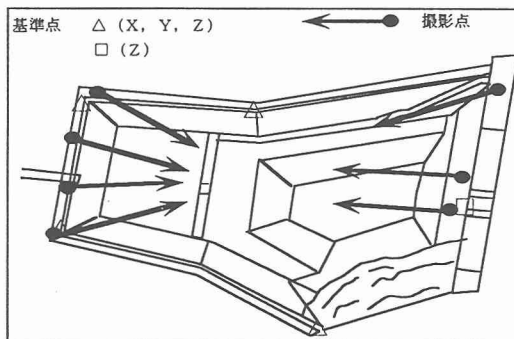


図-7 撮影点位置図

5. おわりに

今回開発したシステムでの計測結果より、デジタルカメラを用いた施工現場での出来形計測に充分利用できることが確認できた。しかし、システムの操作性及び必要な機能に関しては、まだ改善すべき点が多いといえる。今後は、数多くの現場で実作業担当者が実際にシステムを利用し、その経験の中からシステムの改良を行うことが必要である。

また、デジタルカメラを用いた本システムは、出来形計測という場面以外にも多くの利用分野がある。例えば、文化財の遺構調査もその一つであり、今後は各利用分野ごとのシステム化を図り、デジタル計測をより一般的なものとして普及拡大していきたい。

最後に、実現場での精度検証の場を提供して下さり多大なご協力を頂いた「新飯能変電所敷地造成工事」関係者の皆様に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) デジタルスチルカメラを使った出来形測量システム、NIKKEI CONSTRUCTION, 6, 1993, pp. 26-28
- 2) 近津博文、中野一也：ワイヤレスCCDカメラを用いた遺跡測量のリアルタイム化に関する研究、写真測量とリモートセンシング, Vol135, No. 4, 1996
- 3) 内田修、嶋本孝平：精密自動3次元計測システム (AUTO-3D)、土木学会第45回年次学術講演会、9, 1990