

## II-27 簡易二次元形状計測システム

三井建設(株) 技術研究所 正員 掛橋 孝夫  
 三井建設(株) 技術研究所 正員 高田 知典  
 三井建設(株) 技術研究所 正員 吉田 仁

### 1. はじめに

筆者らは既に対象物に対してデジタルスチルカメラを用いてステレオ写真を撮影することによってその3次元形状を算出できる3次元形状計測システムを開発し、数多くの現場で適用を試み、評価・検討を繰り返しながら十分実利用に耐え得るシステムとしている。このシステムは対象物の3次元形状を非接触で容易かつ迅速に計測することが可能であることから、造成現場における地形の形状計測や災害地における計測作業に大いに活用されている。しかしながら、現場等での計測作業には3次元的な計測作業と同様に建物の壁面のような平面的な2次元形状計測作業も多々あり、このシステムを用いて2次元計測を行うことは可能であるものの処理・解析にEWS（エンジニアリングワークステーション）を使用するといったこともあり、携帯性と機動性に欠けていた。そこで、3次元形状計測システムをベースにデジタルスチルカメラとパソコンを用いて操作性、携帯性および機動性に優れた2次元計測専用のシステムを開発したのでここで報告する。

### 2. システム構築の目的

簡易2次元計測システムを構築したねらいは次の2点である。

- 既に開発済みの3次元形状計測システムを2次元計測に限定したシステムとすることにより、迅速かつ携帯性に優れたものにする。
- 平面的な対象の形状を計測したい場合、その面に対して直角に撮影した写真があればよいが実際は、斜めから撮影された写真が多いといったことから、写真に写し込まれている既知点を利用してその形状を計測することのできるシステムを開発する。

### 3. システム構築のための基本方針

上記の目的を満足するシステムを構築するにあたってまとめた基本方針は以下の通りである。

- 写真を撮影した現場で処理・解析を行い迅速にその計測結果を出力できるような写真測量システムとする。

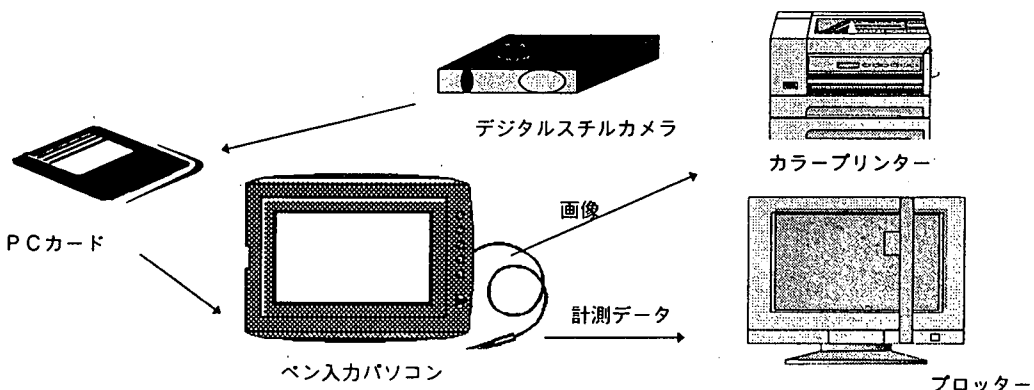


図-1 ハードウェア構成

■現場での処理・解析が行えるシステムとするため、パソコンはペン入力可能で携帯可能なものを使用する。

■手軽に誰もが使用できるように安価な機器でシステムを構成する。

■撮影後の現像、焼き付け等の処理作業と時間を省くために計測用カメラにデジタルスチルカメラを用いる。

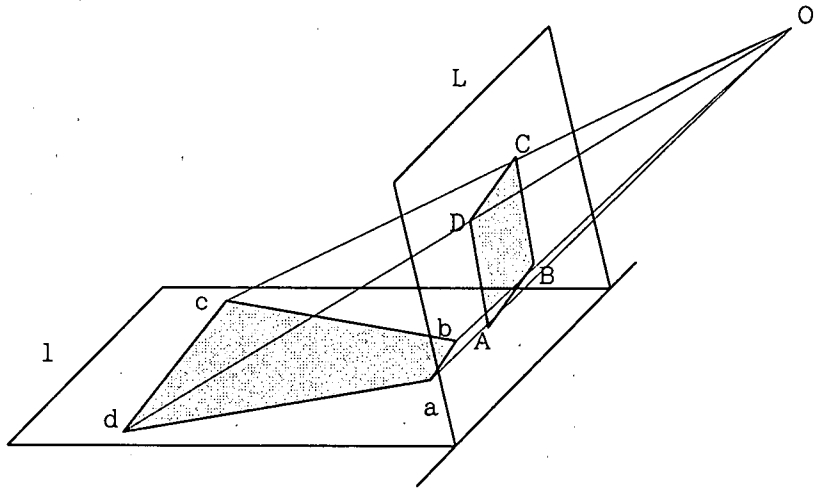


図-2 計測原理

また、撮影条件として以下の項目を設定することとした。

■計測対象は平面または平面と仮定できるものに限定する。

■画面距離、主点位置等の写真測量に必要な内部標定要素が不明でも計測可能である（デジタルスチルカメラを用いるため）。

#### 4. システムの概要

##### (1) システムの構成

本システムはデジタルスチルカメラとペン入力可能なパソコン、カラープリンタおよびペンプロッターから構成されている（図-1 参照）。デジタルスチルカメラは40万画素のCCDを搭載しており撮影された画像はPCMCIAカードに記録される。撮影した画像はカメラに付いている小型のモニターで即座に確認ができるため撮影の失敗がない。パソコンは携帯可能であり撮影した画像はPCMCIAカードから入力される。操作は全てペンで行えるため現場での計測作業を円滑に行うことが可能である。カラープリンタは画像上で計測した点座標、線長、面積およびスケッチ等を、プロッターは計測した点、線、スケッチを実座標で出力する。カメラとパソコンは作業員一人で持ち運び可能であり、計測作業は一人で全て行うことができる。

##### (2) 計測原理

本システムでは40万画素程度のCCDを搭載したデジタルスチルカメラの使用を前提としているため、高精度な測定を目的としていない。平面または平面と仮定できる対象を計測すること、画面距離、主点位置等の内部標定要素が不明であるといったことから、基本的には射影変換式のみを用いて写真座標系と対象物の座標系とを対応付けている（図-2 参照）。射影変換式が決定すれば、偏位修正をして鉛直画像を作成可能であるが、パソコンベースでシステムを構築することを考慮して、ディスプレイには撮影したままの画像（斜め撮影された画像）を表示し、計測データのみ変換してプロッター出力している。

##### (3) 計測手順

計測は図-3に示す通り以下の手順で行われる。

①計測対象面に基準点を4点以上設置して計測する。実際は基準点の設置・計測を迅速かつ正確に行えるように、予め大きさの決まっている正方形の板状の基準板等を用意して対象面に置いている。

②作業員が携帯したデジタルスチルカメラにより対象面の写真を基準点とともに1枚撮影する。

③撮影した画像をペン入力パソコンに入力し、ディスプレイ上にその画像をカラー表示する。

④ペンを用いて画像上の基準点位置を指示し、その座標を入力する。基準点座標を基に撮影時のカメラの傾き等の諸条件を決定する。

⑤計測を行う点または線上にペンを移動しその形状をトレースする。トレースした2次元座標はディスプレイ上に表示される。なお、このソフトウェアは携帯可能なペン入力パソコンと「Windows for Pen」の特徴を活かして、パソコンに不慣れであってもペン1つで全ての操作が簡単に行えるように作成されている(写真-1)。

⑥撮影した画像上に描いたスケッチと計測データをカラープリンタおよびプロッターで出力する。

#### (4)主な機能

本システムは以下の機能を有している。

■画像データの入力と表示：デジタルスチルカメラのPCMCIAカードから直接、ペン入力コンピュータに画像データを取り込み、色調補正や減色処理等を行いディスプレイ上に表示する。フルカラー表示可能なパソコンであれば色鮮で鮮明な画像を表示することが可能である。画像データは主にPCMCIAカードを介して入力されるが、RS-232Cを用いることも可能である。

■基準点入力：射影変換に必要な基準点を入力する。入力ミス防止のために変換式の係数を決定後、各点の誤差が画面上に表示される。なお基準点は8点まで入力可能である。

■点、線、および面計測：ペンを用いて画像の任意の点を指示または線、形状をトレースすることによりその点の座標および2次元形状を計測する。ペンで押さえている点座標、各点を結んだ総延長と面積が常に画面上に表示されており、必要に応じてその値を画像上の任意の位置に書き込むことが可能である。

■画像データの出力：処理、編集した撮影画像(デジタルスチルカメラで撮影した原画像)、スケッチ(ペンで入力したイラストおよび計測データを原画像上に表示した画像)をカラープリンタに出力する。

■点座標、線長、面積が現場で求められ、ペン入力により形状のトレースも可能である。

■コンクリートのクラック調査から塗装の吹き付け面積・石積み擁壁の数量算定、平面測量まで、幅広い作業に適用可能である。

■計測データの出力：撮影画像上でペンを用いて計測した、点、線、面の計測結果を射影変換して得られた実座標を用いてプロッターに出力する。なお、パソコンのディスプレ

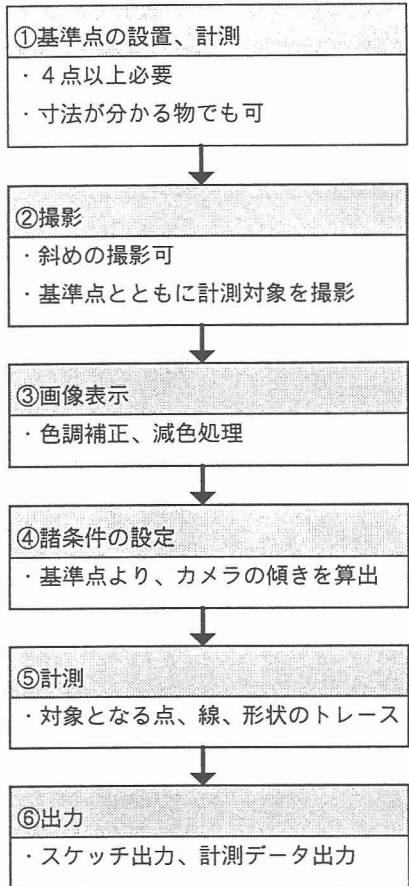


図-3 計測手順

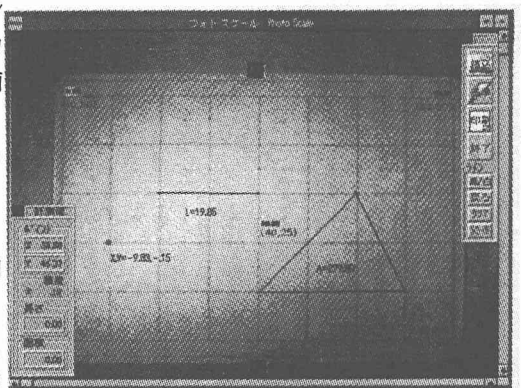


写真-1 計測画面の一例

イの解像度よりもプロッタの解像度が高いために、自由曲線でトレースした線等は、画像上で拾ったままの座標を出力すると歪な線として出力されることがある。そこで、各点間をスプライン補間しながらプロットする機能も付加している。

## 5. システムの特徴

1枚の写真から任意の面の平面形状を計測することができるこのシステムは以下の特徴を有している。

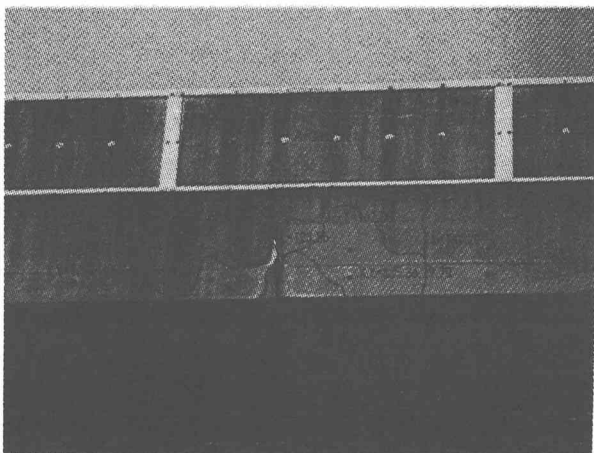
■デジタルスチルカメラの1枚の画像をP C M C I Aカードを介してペン入力コンピュータに取り込むことにより、誰でも簡単に対象面の平面形状、座標を算出できる。

■データの保存も可能で、市販の図表作成ソフトで後処理が可能である。

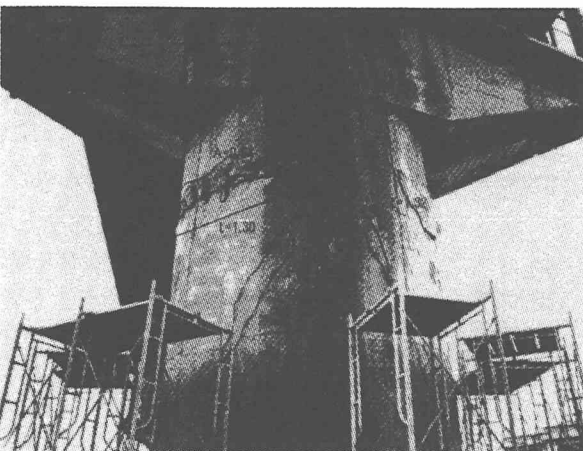
■基準点を共有してオーバーラップしながら写真を連続的に撮影することにより、トンネルの切羽観察、地質調査や遺跡調査等といったある程度の広さを持った面の計測にも適用できるようになっている。

## 6. おわりに

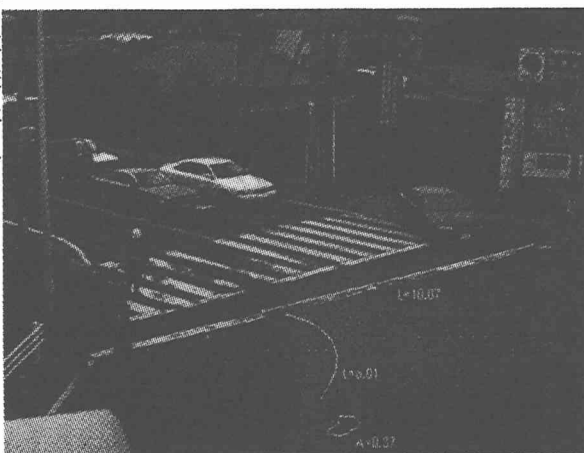
本システムは紙にスケッチするような感覚でペンを用いて画像上に絵や文字等を自由に書き加える機能を有しており、計測結果だけでなく現場写真とスケッチを一度に整理でき、従来の計測作業に比べてはるかに効率的に計測作業が行える。また、コンクリートのクラック調査（写真－2）、塗装・吹き付け・補修面積の算定、地質・災害・事故の調査記録（写真－3、写真－4）、平面計測、各種物体の寸法取り等の用途にも適用可能であると思われる。今後、建設関係の現場だけでなく積極的に様々な分野で色々な対象での適用を図っていく予定である。



写真－2 クラック計測・記録



写真－3 災害調査



写真－3 事故の調査記録