

PSN-8 CCDカメラの幾何特性と利用例

岡山大学工学部 正員 ○ 森 忠 次
 学生員 小 野 博 史
 学生員 広 金 幹 生

1. はじめに

レンズでとらえた被写体の像を記録する方式の1つとして、電荷結合素子（CCD）を用いることが可能となった。この方式では最初からデジタル記録として得ることが容易だから、被写体の像の記録または位置の計測を目的とする場合に、計算機による自動処理やデータの長期保存に適している。記録を利用する場合について考えると、従来の写真記録であれば、写真処理装置、コンパレータ、実体図化機など数多くの機器を設備する必要があった。ところがCCDカメラを用いればデジタル記録が得られるから、得られたデータを処理するためには計算機と主として画像出力装置のみがあればよい。したがって一般の大学では後者が好都合であるから、CCDカメラを利用するための基本的な特性を調べることにした。ここでは、現在用いているカメラの幾何学的特性と、実体観測例を示すことにする（CCDカメラのデータによる自動ステレオマッチングには至っていない）。

2. カメラと記録法

使用カメラは池上通信機（株）製のPIC-2350A型であって、その概要は表-1に示すとおりである。このカメラの機構は、図-1に示すように2,000個の素子を1列に配置しておき、これをレンズによる結像面内で動かして、 $13\mu\text{m}$ 間隔で3,000本のデータを取得して、面的記録を得るようにしたものである。したがって、1シーンに対して画素寸法 $13\mu\text{m}$ で6MBの記録となる。

表-1

レンズ	45mm/2.8
画素寸法	$13\mu\text{m}$
画面寸法	26×39mm
記録	白黒
階調寸法	256段階

撮影箇所はモニターTVで観察できる。撮影及び記録時のシステムは図-2のようにした。ホストコンピュータとしてはパソコン（日本電気（株））PC-9801を用い、コントロールユニットを介してカメラの動作を制御し、記録は64KBごとに分けて20MBの固定ディスクに格納した。この方法で1シーンを格納するのに約8分要した。固定ディスクに格納されたデータは、後日画像処理装置を持っている大学の大型計算機システムを用いて処理した。

このカメラは素子列が動くので、移動むらによる位置記録のばらつきの程度を調べた。円形のターゲットを数回撮影した結果から、ターゲットの座標の観測誤差は $\sigma = 0.10 \sim 0.12$ 画素（ $1.3 \sim 1.6\mu\text{m}$ ）という値を得た。この値は、図-3のような記録（ディスプレイ上に拡大した画像）からターゲットの中心位置を測定するときの誤差と大差ない値であって、十分安定した記録が得られるものと期待できる。

3. 三次元座標の測定

最も簡単な例として、画面距離

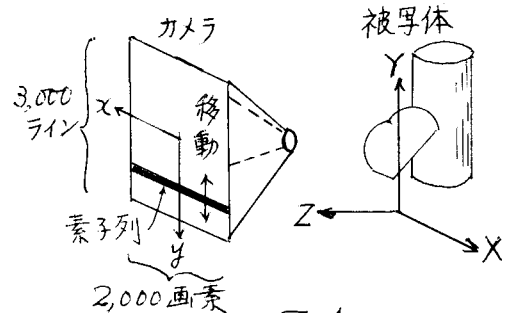


図-1

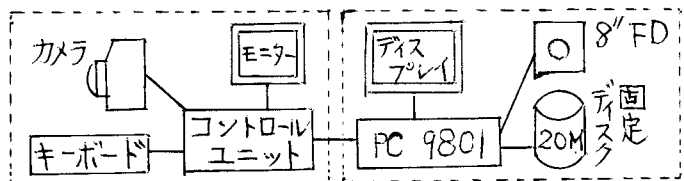


図-2

$c = 45.12 \text{ mm}$ という数字を用い、レンズひずみ等の補正も行わずに相互標定を行った結果の概要を以下に示そう。

距離 $2.3 \sim 3.0 \text{ m}$ にターゲットを配置し、 $B/H \approx 2.5 \text{ m} / 0.37 \text{ m} = 6.8$ としてカメラを約 8° 収束させて撮影した。多数のターゲットの中から相互標定点を $6 \sim 21$ 個の範囲で選び出し、これらを用いて標定した結果から、標準誤差のみをしめたものが表-2である。 y 座標の観測誤差 σ_y は約 $2 \mu\text{m}$ という比較的小さい値であった。カメラの撮影方向の最確値の誤差は、 γ がやや大きかった以外は角誤差 $1' \sim 3'$ であって、だいたい予想通りの値であった。表-2の値は、通常の実測用カメラを使用し、コンパレータで座標観測を行ったときの標定例と比較してみると、ほぼ同じか、少し小さいくらいである。実際に三次元座標値を再現した結果、ほぼ満足すべき値を得ることができた。注意すべきは、この場合はターゲットを用いているので正確な座標観測を行い易いが、一般の物体に対して任意の箇所の座標を測る場合には誤差が大きくなることである。位置測定のためには、画素間隔が粗いのでこの間の位置を定めるために内挿しなければならない。図-3 画像濃度の内挿は主としてキュービックコンボリューションによっている。

表-2

標定点数	σ_{x1}	$\sigma_{\varphi1}$	σ_{x2} (10^{-3} rad)	$\sigma_{\varphi2}$	$\sigma_{\omega2}$	σ_y (μm)
6	4.2	0.7	4.2	0.6	0.1	1.4
12	2.7	0.9	2.6	0.8	0.0	1.9
21	2.0	0.7	2.0	0.7	0.0	2.1

物体の任意の箇所の三次元座標を求めようとする、2箇所から同一物を撮影した1対の記録から、1対の記録中の対応点の座標を知らなければならない。デジタルデータであれば計算処理による自動的マッチング手法を導入することが考えられる。もう1つの方法はデータを画像化して、従来の写真測量と同じように人間が実体視することである。通常の写真を用いるときには、図-4のように収束撮影をしたときには左右の写真において場所ごとに縮尺が異なるので実体視ができない。ところが図-4の破線のように、基線に対して直角な画像にすれば実体視が可能になる。アナログ手法によれば破線の画像を得るには光学的及び機械的誤差が混入するが、デジタル処理をすればこのような誤差の入る機会を防止できる。このような例を講演時に説明する。

不便な点は、図-5のように多くの機器を配置しないと記録のとれないことと、現在のところやや長時間を要することである。

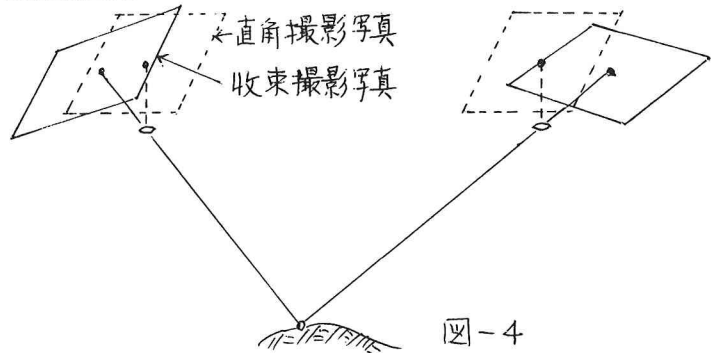


図-4



図-5