

複数光源レンジファインダのキャリブレーション法と 3次元情報の高速取得

3K-7

植芝 俊夫 吉見 隆 大島 正毅
電子技術総合研究所

1. はじめに

ロボットの自律性を高め、高度な判断を行なわせるためには、作業対象物や周辺環境の幾何学的情報を精度良く獲得することが必要である。この目的に供するため、我々は、複数個の半導体レーザーを光源とし、それを時間軸上で符号化したパターンを対象物体に投影して、その表面の3次元形状を高速に取得するレンジファインダの開発を進めてきた¹⁾。今回、システム全体を完成し、3次元データの取得が可能となったので、その概要及び光学系のキャリブレーション法について報告する。

2. システムの構成

本システムは、1)レンジファインダ本体、2)線条光検出装置、3)光源の同定を行なうパーソナルコンピュータ、4)全体の制御と3次元座標の計算および結果の表示を行なうグラフィックワークステーションの4つの部分から成る(図1)。

レンジファインダ本体は、光源として15個の半導体レーザーを有する。それぞれの出射光をシリンダリカルレンズで絞って得た縦に細長い線条光を対象物体に投射し、別方向からテレビカメラで観測する(図2)。ミラーを回転させることによって線条光を左右に走査し、広範囲に渡る計測が可能である²⁾。

線条光検出装置では、観測された複数の線条光のピーク位置を各ライン毎に1水平走査時間で計算する³⁾。

本システムでは、観測された線条光がどの光源によるものであるかを区別するために、図3に示すように、同一のミラー位置で各光源の通し番号をバイナリコーディングした4つのパターンで点灯する。図1のパーソナルコンピュータは、この4回の観測結果をデコードして線条光と光源の対応付けを行なう。

グラフィックワークステーションは、線条光の観測位置から3

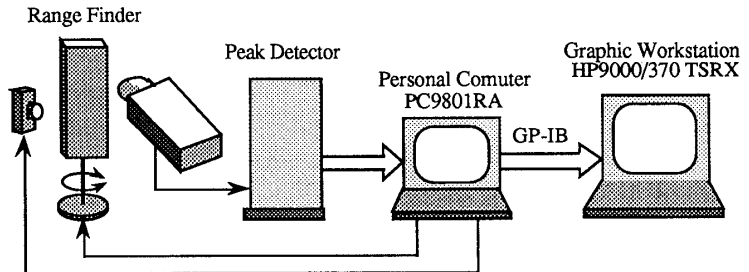


図1. システムの構成

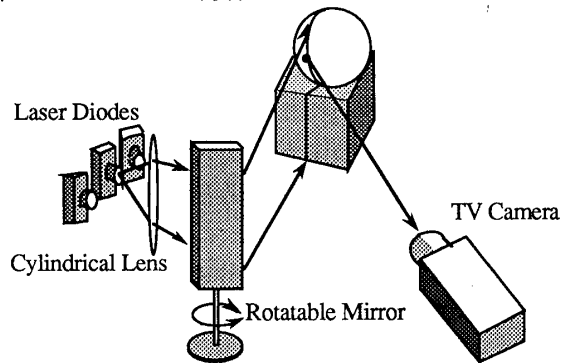


図2. レンジファインダの原理

	Laser 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Scene 1	●														
2		●	●												
3				●	●	●									
4							●	●	●	●	●	●	●	●	●

図3. 光源の点灯パターン

角測定の原理で対象物体の3次元位置を計算し、結果の表示を行なう。

以上の4部分は、それぞれ独立して並行動作が可能である。線条光検出装置は2系統のメモリを持っており、ピーク位置の計算結果を一方のメモリに書き込むと同時に、他方のメモリから直前のピーク位置をデコードのために読み出すことができる。デコードアルゴリズムは、4回の観測結果が揃わなくとも、1シーンの入力毎に部分的にデコードを進めることができる。従って、図4に示すシー

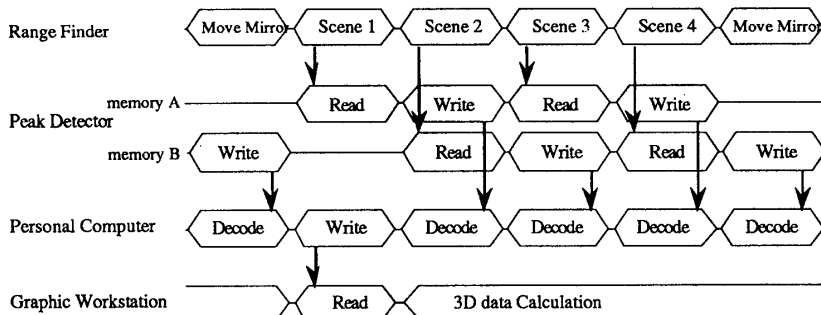


図4. 処理の流れ

る。

3. キャリブレーション法と精度評価

観測者が任意に定めた座標系 (World Coordinate System: 以下WCと称す) に於ける対象物体の3次元位置を計算するためには、a) カメラの投影面上の任意の点に対して視線の成す直線方程式を求めること、b) 任意のミラーの回転角に対して線条光の成す平面方程式を求めることが必要である。光学系のキャリブレーションにより、これらのパラメータを求める。

3.1 カメラのキャリブレーション

WCに於ける位置が既知の点 (参照点) とそれがカメラの画像面に結ぶ像との組を複数与え、最小二乗法によりWC中でのカメラの位置と姿勢及びその内部パラメータを求める。

なお、参照点のカメラ投影面上での位置は、図5に示す手順によって線条光検出装置を用いて算出し、較正系に本システム以外の要素が介在して信頼性を損なうことのないように配慮している。

3.2 ミラー、光源のキャリブレーション

ミラーの回転角とその時の線条光が成す平面方程式との組を複数与え、最小二乗法によりWC中でのミラーの回転軸の方程式、光源からの入射光の成す平面方程式を求める。

線条光の成す平面方程式は、複数の既知の基準面に投射した線条光をキャリブレーション済みのカメラで観測し、視線と基準面との交点として得られる点群に最小二乗法で平面を当てはめることによって計算できる (図6)。

3.3 精度評価及び測定例

上記の方法でキャリブレーションを行ない、典型的な場合として、70cm程度の距離で約1万の点について、最大誤差1.8mm、標準偏差0.9mmを得た。また、図7に石膏像を測定した結果を3次元表示したものを示す。

4. 終わりに

複数光源を用いたレンジファインダシステムを開発し、20秒程度の測定時間で約20万点の3次元データを1mm前後の精度で取得することに成功した。デコードアルゴリズムの改良による測定時間の短縮が今後の課題である。

参考文献

- (1) T.Yoshimi, M.Oshima: "Multi Light Sources Range Finder System", Proc.IAPR Workshop on CV, 245-248
- (2) 吉見、大島: 複数光源を用いた距離情報入力装置の試作、第3回ロボット学会学術講演会 (昭和60年)
- (3) 吉見、大島: 複数光源レンジファインダ用リアルタイム前処理回路、第34回情報処理学会全国大会 (昭和62年)

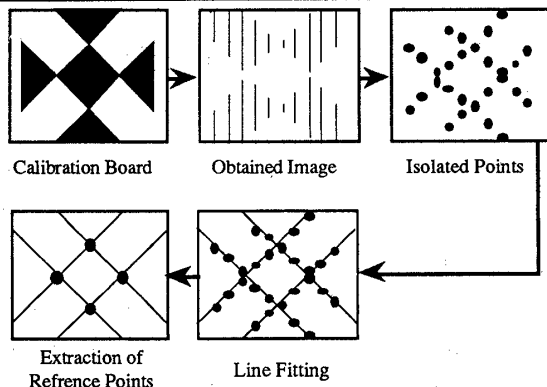


図5. 参照点の抽出

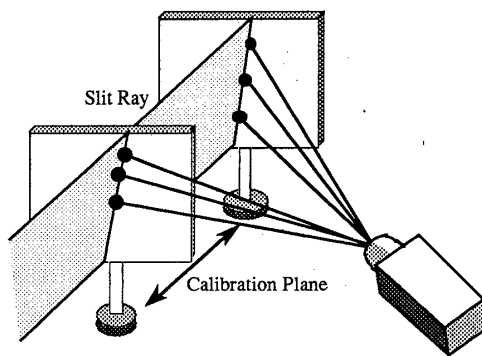
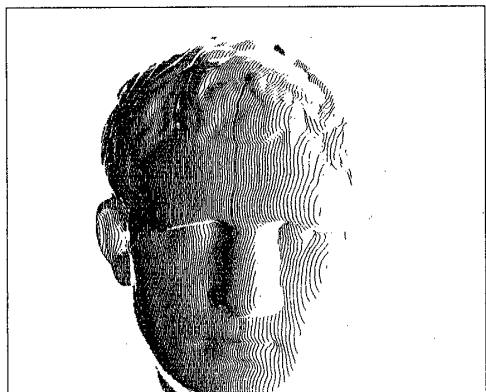
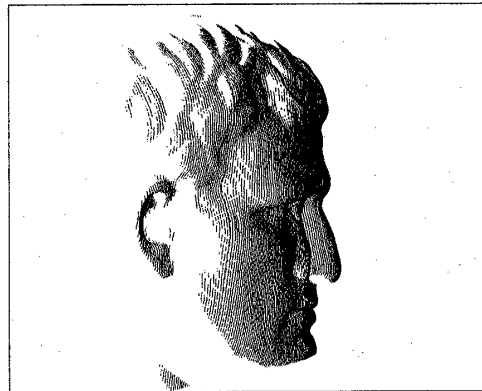


図6. 線条光の実測法



(a) 正面像



(b) 側面像

図7. 測定例