

液晶プロジェクタによる高速距離画像計測

1P-8

佐藤宏介 尾崎幸久 木田隆夫 井口征士
大阪大学

1 はじめに

距離情報は三次元物体のセグメンテーションや記述、理解などのシーン解析に非常に有効である。三次元データを計測するために多くの方法が提案され、特にステレオ法が広く研究されている。ステレオ法は、画像間の対応点発見に基づく受動型と、シーンに参照光を投げかける能動型に大別され、さらに後者は

- (A) レーザスポット光¹⁾
- (B) スリット光
- (C) 符号化パターン光
- (D) モアレ光

等に分類される。Cは少ない光の投影回数で高分解能の計測が行なえるため有効な方法である。我々は、このCに属するもので、グレイコード符号化されたパターン光を用いて、空間をコード化する計測法を提案している²⁾。今回、グレイコード化パターン光の投影に液晶光学シャッタを利用して、高速な距離画像計測を実現したので報告する。

2 計測原理

図1に空間コード化と三次元位置検出の原理を示す。液晶素子はその細いストライプシャッタアレイのオンオフの組み合わせにより、図1に示すグレイコードパターンを生成し、プロジェクタがこの光パターンを測定空間に投影する。

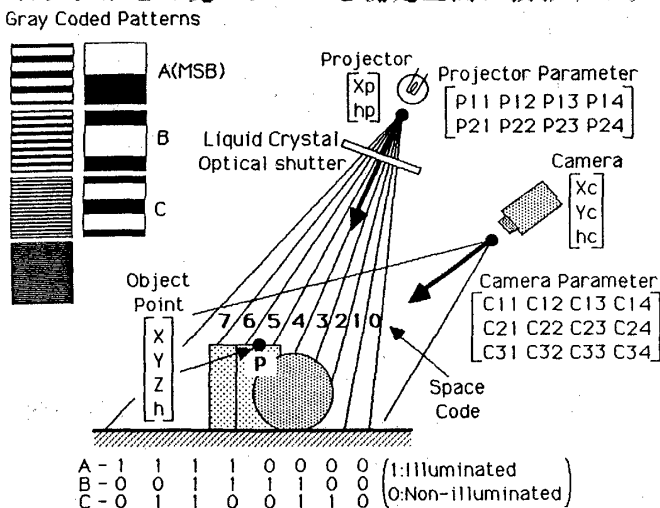


図1 計測原理

CCDカメラはその投影されているシーンを異なった位置で観測する。測定空間は光パターンが照射されて明るい領域"1"と、そうでない暗い領域"0"の二つに分けられる。従って、2進コードされた光パターンをn種用いれば、測定空間を 2^n に分割することができる。たとえば、図1のP点はパターンAにより明領域"1"にコード化される。同様にパターンBでは"1"、Cでは"0"になる。この空間コード"110"はP点がくさび状領域5に存在していることを示しており、この領域番号がプロジェクタ座標そのものとなる。

プロジェクタおよびカメラの、座標とパラメータを、図1に示すように同次座標系表現すると、

$$F = \begin{bmatrix} XcC34-C14 \\ YcC34-C24 \\ XpC34-C24 \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} C11-C31Xc & C12-C32Xc & C13-C33Xc \\ C21-C31Yc & C22-C32Yc & C23-C33Yc \\ P11-P21Xp & P12-P22Xp & P13-P23Xp \end{bmatrix}$$

$$|X Y Z|^T = Q^{-1} \cdot F$$

で物体の三次元座標が得られる。

3 処理の構成

本計測システムの処理の流れを図2に示す。まず、パターン光が投影されたシーンを入力し、光の当たっている領域とそうでない領域に二値化する。ここで、様々な二値化の方法が

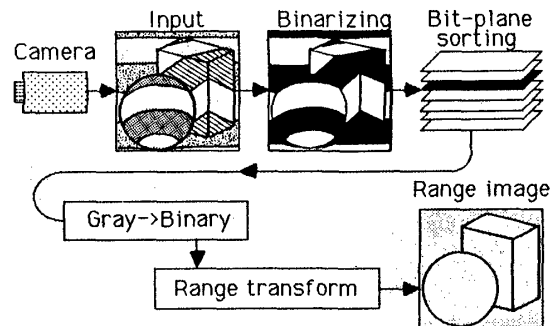


図2 処理の流れ

High Speed Range Imaging using Liquid Crystal Projector
Kosuke SATO, Yukihiisa OZAKI, Takao KIDA and Seiji INOKUCHI
OSAKA University

考えられるが、本システムでは液晶シャッタにより、正のパターンとネガ反転したパターンの二種を投影して、それらの画像の明暗の比較から二値化を行なっている。二値化された画像は、投影パターンに応じた各画素のビットプレーンに挿入される。この手続きをnパターンすべてについて繰り返す(n=7)、nビットの画素値を得る。画素値はグレイコード表現なので、純2進に変換し、最終的に空間コードを得る。

グレイコードは隣値のハミング距離が1という性質を有するので、光パターンの境界での二値化の誤りは±1LSBに限定できる。

4 液晶シャッタ

パターンプロジェクタは種々の空間パターンを生成し、敏速にかつ位置ずれなしに切り替える必要がある。能動型ステレオ法では、単スリット、複スリット、グレイコードパターンのようにストライプ模様の組み合わせによる光パターンを用いることが多い。このため、液晶素子によるストライプ状の光学シャッタアレイを開発した。図3に形状を示す。この液晶シャッタは以下の特徴を有し、パターンプロジェクタとして十分な性能を確認した。

- (a) ツイスティッドネマティック(TN)
- (b) スタティック駆動
- (c) 1:75 垂直コントラスト
- (d) 8msオン時間、9msオフ時間

5 測定例

図4、5、6に測定例を示す。図4は対象シ

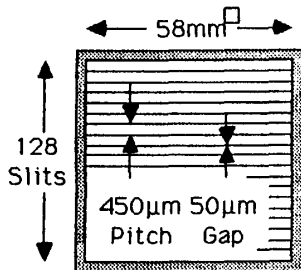


図3 液晶シャッタ

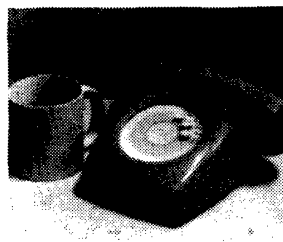


図4 対象シーン

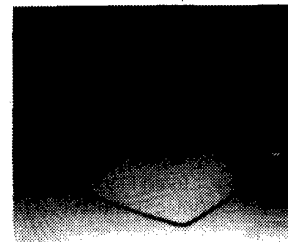


図6 距離画像

ーン、図5の上段は正のグレイコード光パターンを投影したシーン、下段はその二値化画像である。図6に図5の距離画像を示す。

6 まとめ

空間コード化に基づく高速な距離画像計測について報告した。空間コードを得るまでの画像処理の手続きは、14回の画像入力、7回の画像比較二値化、7回の二値画像のソーティング、1回のグレイ→2進変換よりなる。高速画像プロセッサ(ADS PIP-4000)を用いることにより以上の処理を約2.5秒で行なえた。正および反転した投影パターンを用いて二値化を行なったため、非常に安定した結果を得た。この二値化法は液晶シャッタの利用により初めて可能になった。今後、ルックアップテーブルなどを用いて、処理速度のネックになっている座標計算の高速化を試みたい。また、この距離画像計測をロボットの視覚システムに応用を研究する予定である³⁾。本液晶シャッタは松下電子部品(株)の協力により製作したものである。

参考文献

- (1) Nishikawa and Inokuchi: "Range data entry techniques using a laser spot scanner and two solid-state image sensors", IEEE Trans. IM-30, 4, (1980).
- (2) 佐藤, 井口: "空間コード化による距離画像入力", 信学論, J68-D, No. 3, (1985).
- (3) 尾崎, 佐藤 他: "自動倉庫・荷下作業におけるビジョンシステム", 情処33全大, 5S-10, (1986)

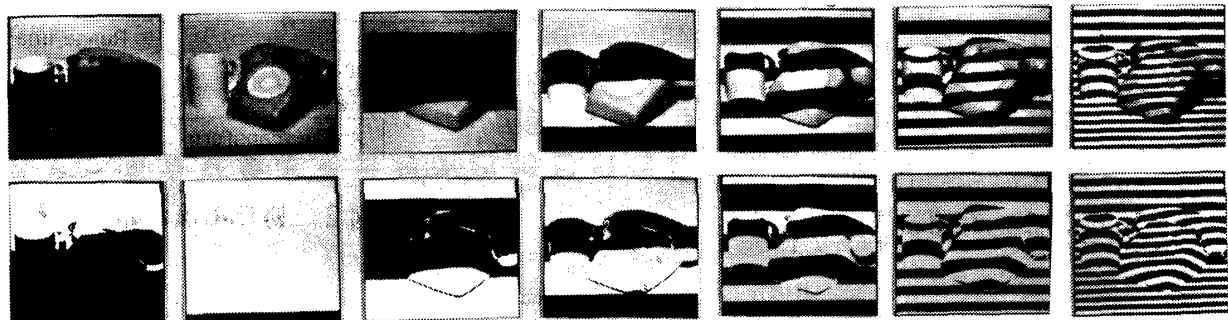


図5 入力画像(上段)、二値化画像(下段)