

回転鏡付きプロジェクタと全方位カメラを用いた壁情報の自動取得法

柳澤 瑤二[†]

慶應義塾大学 理工学部

石井 健太郎[†]

慶應義塾大学大学院 理工学研究科

今井 倫太[§]

慶應義塾大学 理工学部

{yana,kenta,michita}@ayu.ics.keio.ac.jp

1 はじめに

本研究は、プロジェクタによる室内情報提示の実現を目指す。通常、プロジェクタは指定された方向に映像を映し出すのであるが、プロジェクタの映像を様々な位置に投影することによって、現実中存在する物体を指し示すことができる [1]。

プロジェクタの投影方法が壁と垂直でない場合、投影された映像に台形ゆがみが生じる。したがって、様々な角度で投影を行うには台形ゆがみを補正して投影する機能が必要である。

台形ゆがみを補正して映像を投影するプロジェクタシステムには FC-PT projector [2] がある。FC-PT projector は投影面が変わる度に既知の格子点上の座標点と画像上の点を対応付けて、キャリブレーションを行い投影画像のゆがみを補正する。

しかし、自動的な補正を行う上で FC-PT projector は不十分である。FC-PT projector はキャリブレーションを行う度に投影面上の格子点をユーザが指定しなければならない。

そこで本研究では、台形ゆがみを補正するための壁の三次元座標を自動取得する方法を提案する。自動取得には、情報提示で用いる回転鏡付きプロジェクタとカメラをそのまま用いる。本手法は縦横に正弦関数の強度ストライプとカラーパターンを組み合わせた投影画像を、回転鏡付きプロジェクタで投影する。投影画像を全方位カメラで撮影することで、ユーザは何も指定することなく壁の三次元座標を自動取得することができる。

2 背景

2.1 ハードウェア

本研究で使用する回転鏡付きプロジェクタおよびカメラを図 1 に示す。プロジェクタ上部にある鏡は上下 ($-45^\circ \sim 45^\circ$)・水平 ($-90^\circ \sim 90^\circ$) 方向に回転可能なため、投影画面を移動させることができる。また、投影画像は回転角に応じて、映像を回転させて出力をするため、鏡の回転による映像ゆがみを補正できる。

全方位カメラは、プロジェクタの上部に取り付けている。そのため、山澤ら [3] の理論を用いれば投影画像

の視線方向に合わせた平面画像に変換・取得することが可能である。

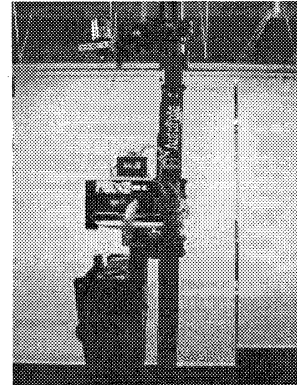


図 1 鏡付きプロジェクタと全方位カメラ

2.2 投影するパターン

図 2 に本研究でプロジェクタから物体に投影するパターンを示す。

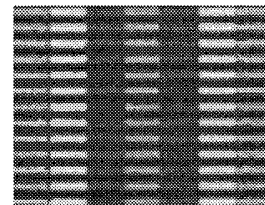


図 2 投影パターン

まず、横方向は色のストライプになっており、色は 3 種類の色を使用し、その配置は隣り合った色が一意になるように配置している。次に縦方向は色の明度を正弦関数的に変化している強度ストライプ (シノソイド) となっている。

図 2 に示すパターンを用いた技術 [4] により、三次元座標位置を取得できる。ただし、[4] を用いるためにはカメラとプロジェクタの視線を合わせる必要がある。

2.3 壁情報の自動取得に関する問題点

本論文における問題は、自動的な部屋の空間座標の取得である。しかし、鏡を使用して投影される投影パターンを部屋全体に投影させることは不可能であり、投影鏡を回転させながら何度も投影パターンを投影し部屋座標を取得する必要がある。したがって、壁情報の自動取得には投影パターンを次に投影する回転鏡の角度 θ を求めなければならない。回転鏡の角度 θ の計算も含めて、全ての処理を全自動で行う必要がある。

[†]Yoji YANAGISAWA

Faculty of Science and Technology, Keio University

[†]Kentaro ISHII

Graduate School of Science and Technology, Keio University

[§]Michita IMAI

Faculty of Science and Technology, Keio University

3 提案

3.1 データ取得に用いる横回転の角度決定

常に、三次元座標の自動取得の為の横回転の角度を一定としてしまうと、壁までの距離によっては、三次元座標を取得できない場所が生じる。三次元座標を隙間なく取得するためには距離に応じた横回転の角を決定することが必要である。手順は次のものになる。

- 1 まずは横回転の角度 0° を初期位置として、壁までの距離を計算する。次に初期位置で取得した左右どちらかの一隅における三次元座標の場所にプロジェクタの投影画像の中心が投影されるように横回転の角度を決定する。
- 2 決定された角度方向における三次元座標を取得し、座標変換をし世界座標の三次元座標を取得する。
- 3 取得した三次元座標からまた新たに角度を決定し、これを繰り返す。

上記の手順で角度決定を行っていくことで、隙間なく三次元座標を取得することができる。

3.2 取得した三次元座標情報からの壁の認識

取得した壁の三次元座標情報から、壁の座標情報の縦方向と横方向それぞれにおける壁までの距離を用いれば、最小自乗法により壁を近似式で表すことができる。壁の近似式を $y = ax + b$ とすると、 a, b はそれぞれ

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n x_i y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1)$$

$$b = \bar{y}_k - a\bar{x}_k \quad (2)$$

となる。 (x_k, y_k) のそれぞれの平均を \bar{x}_k, \bar{y}_k とした。)壁の近似式はプロジェクタに対する壁の向きを表すものであり、式(1)・(2)から求められた a, b を用いた近似式とプロジェクタに対する壁の向きを比べることで、壁の認識をすることができる。

3.3 三次元座標情報の誤認識の改善

誤認識を改善するためには、ある横回転の角度における投影パターンを複数回画像取得を行い、得られたそれぞれの三次元座標情報の平均をとる。さらに、それぞれの角度から取得した三次元座標の中から、同一の座標における距離を取得している箇所に関して平均をとることで三次元座標情報の精度を上げることができる。

4 動作例

動作例を図3・4に示す。図3はある横回転の角度方向に投影し、取得した画像からそれぞれのピクセルにおいて計算した距離を、5mm毎に色を変化させて表示したものである。図3より壁の座標情報の自動取得法が動作し、三次元座標情報が取得できていることがわかる。

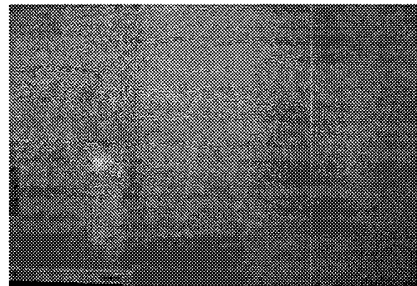


図3 パターンを投影した壁

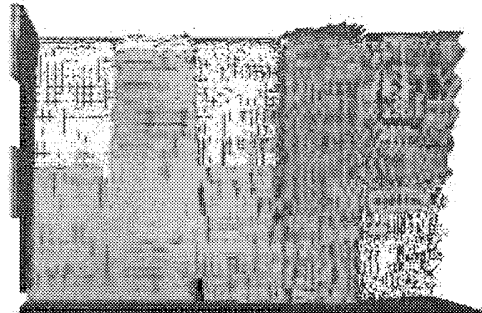


図4 取得画像の深度グラフ

5 まとめと今後の課題

本研究では、回転鏡付きプロジェクタと全方位カメラを使用した三次元座標情報の自動取得法を提案した。今後の課題としては、4つ挙げられる。一つ目は任意視点方向の変換画像の粗さを改善するために、性能のよいカメラを使用する。二つ目は壁の色に応じて投影パターンを変更する。三つ目は壁までの距離に応じて投影画像の拡大や縮小を行う。そして、四つ目は取得した三次元座標情報から投影可能な壁の場所、壁の状態の認識が考えられる。

参考文献

- [1] 佐原昭慶, 石井健太郎, 川島英之, 今井倫太. "壁上を移動可能な映像・音声の投影システム". インタラクシオン 2006, pp.231-232, March 2006.
- [2] Ikuhisa Mitsugami, Norimichi Ukita, Masatsugu Kidode, "Fixed-Center Pan-Tilt Projector and Its Calibration Methods," In *Proc. of IAPR Conference on Machine Vision Application*, 2005.
- [3] 山澤, 八木: "移動ロボットのナビゲーションのための全方位視覚系 HyperOmni Vision の提案", 電子情報学会論文誌 D-II, Vol.J79-D-II, No.5, pp.698-707, 1996.
- [4] Philip Fong, Florian Buron, "Sensing Deforming and Moving Objects with Commercial Off the Shelf Hardware", In *Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2005.