

平面領域検出における相対視差画像の利用の検討

○梅田和昇 (中央大)

Relative disparity map for detecting planar regions

*Kazunori UMEDA, Chuo University

Abstract — This paper proposes a method to utilize relative disparity map for detecting planar regions. A range image sensor is attached to a robot, and a floor is observed as a reference plane. Then relative disparity map for the reference is obtained. A planar region in the real world becomes a plane in the map. The extraction of planar regions from the map has the advantage of fast operation, simplicity of calibration and homogeneity of uncertainty. Experiments of obstacle avoidance by a wheeled mobile robot show the effectiveness of the proposed method.

Key Words: Relative disparity map, Planar region, Active range image sensor, Mobile robot, Humanoid

1. 序論

視覚情報からの平面領域の検出は、移動ロボットの障害物回避やヒューマノイドの歩行領域の決定、物体認識などで重要である。加賀美らは、ステレオ画像にハフ変換を高速に適用することにより平面領域を検出するプレーンセグメントファインダーを提案している¹⁾。また、Ohyaらは、ファイバースコーピングを用いた距離画像センサにより、車輪型移動ロボットの走行可能領域の検出を行っている²⁾。本研究では、距離画像から平面領域を検出するために、基準面からの相対的な視差のみを用いる手法を提案する。本手法では、床面への距離・姿勢が変化するヒューマノイドにおいても、平面領域の検出が可能である。距離画像センサには、Ohyaらと同様の多点スポット光に対して三角測量を行うアクティブステレオ型を前提とするが、本論で提案する手法は通常のステレオ法などにも適用可能である。

2. 基準面からの相対視差画像の利用

基準面からの相対的な視差のみを用いた、平面領域の簡便な検出法を提案する。まず、平坦な基準面を見せ、各スポット光の投影像の位置を検出し、基準位置とする。スポット光の投影点までの距離が変化すると、スポット光の投影像は、距離に応じてエピポーラ線上を移動する。各スポット光に対して、エピポーラ線上で投影像の位置を検出し、基準位置からの位置ずれから相対的な視差を計測する。Fig.1に模式図を示す。こうして得られた相対視差画像を用いて平面領域の検出を行う。

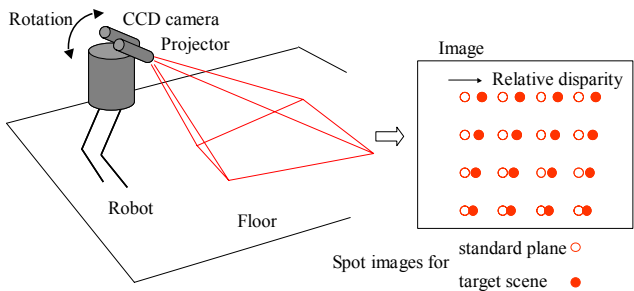


Fig.1 Detection of relative disparity map

なお、車輪型移動ロボットが平坦な床を走行する場合には、視差が生じないため、単純に相対視差の有無を調べるだけで障害物の検出が可能である²⁾。

3. 相対視差画像の性質

相対視差は、カメラの位置・傾きがずれた場合、あるいは床面以外の平面（床面に平行でなくて良い）を計測した場合を含め、実空間の平面に対しては視差空間でも平面となる。これを2次元モデルで示す。2足歩行ロボットなどに搭載して、カメラの位置・傾きが変動する場合を想定する。Fig.2に示すように、カメラが床面から高さ h 、角度 θ の位置に配置されているとする。基準位置での高さ、角度を h_0, θ_0 とする。センサからの視線方向の距離 z は、良く知られているように距離 ∞ に対する視差 k に反比例する。このときの比例係数を α とおく。すなわち、 $z = \alpha/k$ である。 α は基線長、レンズの焦点距離、画素サイズで決まる定数である。

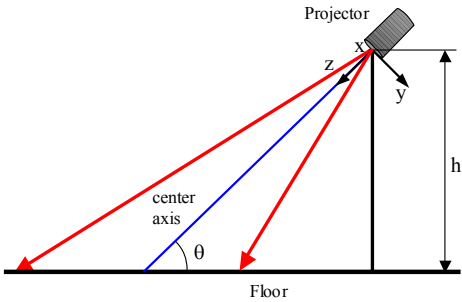


Fig.2 Setting for detecting relative disparity map

相対視差を Δk とおくと、

$$\Delta k = -\alpha \left(\frac{\cos \theta_0}{h_0} - \frac{\cos \theta}{h} \right) t + \alpha \left(\frac{\sin \theta_0}{h_0} - \frac{\sin \theta}{h} \right) \quad (1)$$

となる。ただし、 t は光軸からの y 方向のずれの正弦、すなわち、レンズの焦点距離を1に規格化した時の画像中心からの y 軸方向のずれを示している。式(1)より、相対視差 Δk が t の一次式で表されていることがわかる。3次元モデルでも同様であり、結局相対視差が平面であることがわかる。また、比例係数 α および基準面の高さ h_0 、角度 θ_0 が既知であると、相対視差画像で

の平面のパラメータから、対象としている高さ h 、角度 θ が求められる。

以上、カメラの高さ・傾きが変動した場合を想定したが、床面の傾きや高さが変動した場合、平面を持つ障害物やくぼみがある場合もほぼ同様である。

以上で提案した相対視差画像で平面の検出を行うことは、実距離画像を直接用いることに対し以下の長所を持つと考えられる。

- ・実距離を求める必要がなく処理が簡便である。センサからの実際の距離値の算出など一切不要であるため、高速な処理が可能であり、実用性が高い。
- ・キャリブレーションが大幅に簡略化される。平面を検出するだけなら正確なカメラキャリブレーションは不要である。
- ・実距離画像では、距離に比例して計測点間が拡大し、また距離の2乗に比例して計測点の不確かさが大きくなる。すなわち、計測点の空間分布ならびに不確かさが均質でない。それに対し相対視差画像では横軸は距離によって変化せず、また縦軸の視差の不確かさも距離によらないと考えられる。すなわち、計測点が均質であり、その後の処理（ハフ変換など）の適用がやりやすいと考えられる。

4. 相対視差画像の計測例

距離画像センサには文献3)に示すものを用いた。スポット光投影用にモリテックス製のLaser Projector SNF-501L, CCD Cameraに東芝製 IK-M41MR $f=15\text{mm}$ を使用している。レーザ光の波長は 670nm 、計測点数361点 (19×19 , 2点ビーム角 0.77°)である。また、スポット光検出のための画像処理ボードに日立製 IP-5005を用いた。

平坦な床面を計測して得られた相対視差の分布をFig.3に示す。各スポット光の視差がほぼ一定となっていることが示されている。次に、右前方に壁のあるシーンを計測した場合の相対視差の分布をFig.4に示す。壁に対応する部分で相対視差が基準平面より大きくなっていること、ならびに、壁に対応する部分の相対視差の分布がほぼ平面になっていることが示されている。

5. 移動ロボットの障害物回避実験

小型距離画像センサを移動ロボット(RWI社製 B14 Pentium200MHz)に搭載し、障害物回避実験を行った。画像が得られるごとに提案手法で障害物の検出を行い、障害物のない方向を判断し、移動ロボットに0.1sec毎に右、左回転の指令をしている。

Fig.5は実際に距離画像センサを搭載し、ロボットを動かしている様子である。高さ約50mm、幅約90mmの障害物を認識し、ぶつかることなくロボットが移動しているのがわかる。通常用いられる超音波センサではこのような小さな障害物の認識は困難であり、本手法の有効性が示されている。

6. 結論

本論文では、基準面からの相対的な視差のみを用いた、平面領域の簡便な検出法を提案した。この視差が、実空間の平面に対して平面となることを示した。また、車輪型移動ロボットの障害物回避に本手法を適用し、有効性を示した。2足歩行ロボットに距離画像センサを搭載しての本手法の検証が次の課題である。

本研究を行うにあたり、元中央大学理工学部の荒蒔勲氏（現サンケン電気）の発想が参考になった。記して謝する。

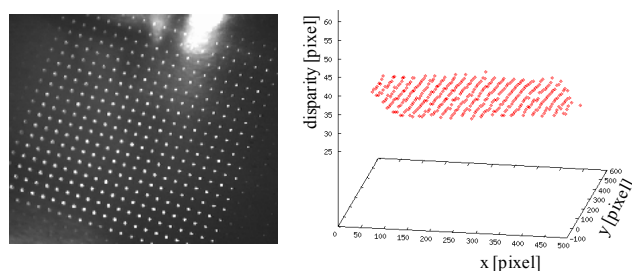


Fig.3 Relative disparity map for flat floor

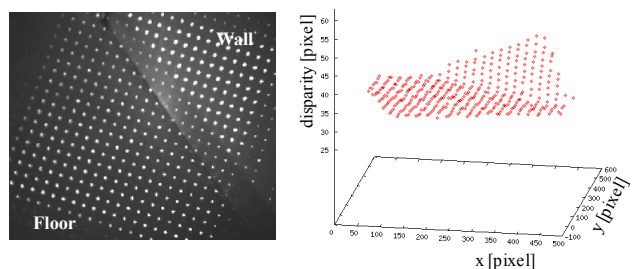


Fig.4 Relative disparity map for flat floor and wall

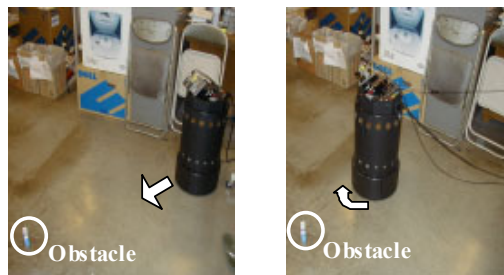


Fig.5 Scene of obstacle avoidance

参考文献

- 1) 加賀美聡, 岡田慧, 稲葉雅幸, 井上博允: プレーンセグメントファインダ, 第5回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.381-386 (2000.3).
- 2) Akihisa Ohya, Eri Shoji and Shin'ichi Yuta: 3-D Range Sensor using Fiber Grating for Recognition of Autonomous Mobile Robot's Passage Space, Proc. 1994 IROS, pp.1759-1763 (1994.9)
- 3) 梅田和昇, 山崎友之: マルチスポット光を用いた距離画像センサの構築, 1999年精密工学会春季大会, p.455 (1999.3).