

スマートフォンを用いた VR のためのステレオマッチング Stereo matching with smartphone for immersive VR

江田 ひかり[†] 奥田 竜二[†] 伊藤 真[†] 藤村 真生[‡]
Hikari Eda Ryuji Okuda Ito Makoto Masao Fujimura

1. はじめに

VRとはVirtual Realityの略称で、実在しないものを五感を刺激することでまるで実在するように思わせる技術またはその体系の事である。近年、手持ちのスマートフォンを用いて手軽にVR環境を楽しむことが可能な、安価なVRゴーグルが広く普及している。しかしVRゴーグルを使用すると使用者の周りの景色が見えなくなり危険なので、アプリケーションやコンテンツはその場から動かない事を前提で作られている。そこで使用者自ら障害物を認識し避ける事で安価に歩き回れるVR環境を実現する。図1を用いて本研究の最終的なシステムの処理の流れについて説明する。まず、障害となる物体の検出には今後の普及が見込まれるデュアルカメラで撮影した画像を用いる。撮影した画像をステレオマッチングにより距離情報を求めて近いと判断される机だけを抽出する。そして、障害物をそのまま表示すると没入感が損なわれる恐れがあるのでVRコンテンツに合ったマスク処理を掛ける。図1では机がある位置に岩の画像を当てはめてVRコンテンツ上に表示している。

本発表では、デュアルカメラを搭載したスマートフォンによるステレオマッチングの検証結果を説明する。



図1 完成予想図

2. 使用機器とソフトウェア

本研究は画像処理を行うシステムとしてOpenCV for androidを用いる。そして、完成したアプリケーションを実装する機器としてデュアルカメラを搭載したスマートフォンであるHUAWEI P10を用いる。

デュアルカメラとは同じ方向に2台のカメラを搭載した仕様であり、画角の拡張や画質の向上を目的に付けられている。今回は距離情報の取得に使う視差画像を得るため、キャリブレーションが容易であるという理由からデュアルカメラを選んだ。現在市販されているデュアルカメラのカメラセットは大きく分けて2種類に分けられる。1つは標準と広角レンズあるいは望遠レンズのカメラのセットであ

[†] 大阪工業大学大学院工学研究科、Graduate School of Engineering Osaka Institute of Technology

[‡] 大阪工業大学、Osaka Institute of Technology

る。使用する際は、広角レンズで撮った画像は端をトリミングし、望遠レンズで撮った画像は圧縮して使う事などが考えられる。2つ目はモノクロとカラーカメラのセットである。こちらを使用する場合はカラーをモノクロに変換するだけなので前者より処理が単純である。このことから、使用する機器はモノクロとカラーカメラのセットであるHUAWEI P10を選んだ。

3. 距離情報の取得

3.1 キャリブレーション

画像処理の計算に必要なカメラのパラメータについて述べる。内部パラメータとはカメラの焦点距離、レンズの歪み係数、画像の中心座標の事であり、これらはカメラ毎に固有の値を持つ。一方、カメラの外部パラメータとは図2のように2台のカメラの間の距離Bとそれぞれの姿勢の違いL、Rを表したものである。[1]デュアルカメラは本体に固定されているので間の距離以外は差が無いはずだが実際には僅かに差が出る可能性も考えられる。

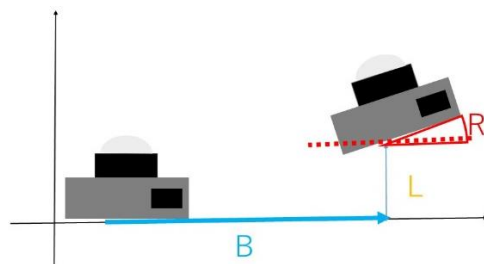


図2 外部パラメータ

3.2 エピポラ幾何学

エピポラ幾何学とは、視差画像において片方の画像上に在る点のもう片方の画像上のある直線上にあるというものである。これにより対応点を直線から探せばよくなるので対応点探索の高速化とクロスチェックによる精度の安定化が測られる。[2]その関係性を示したのが図3である。

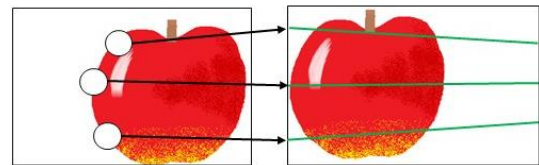


図3 エピポラ幾何学

次に図4を用いてエピポラ幾何学の原理について説明する。まず、3次元空間において撮影対象のある点の座標を p とし、2台のカメラの投影中心をそれぞれ c_1 、 c_2 とする。この p 、 c_1 、 c_2 を結ぶことによって出来る平面をエピポラ平面と呼ぶ。このエピポラ平面とそれぞれのカメラの撮影画像の交線をエピポラ線という。 c_1 からみた画像平面に写る p を p_1 、 c_2 を e_1 とするとエピポラ線は p_1 と e_1 を結ぶ直線とも考えられる。同様に p_2 、 e_2 を定義する。 e_1 、 e_2 をエピポラと呼ぶ。このような定義の

ため一方に映る3次元上の点は必ずもう一方の画像のエピポーラ線上のどこかに映る。そして、どの対応点に対するエピポーラ線でもエピポールを通る。

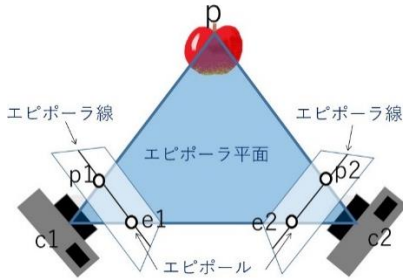


図4 エピポーラ幾何学の原理

エピポーラ線を求めるには $p1$ に基礎行列を掛けることで求められる。基礎行列は8つの特徴点と対応点から求められ、基礎行列と内部パラメータから外部パラメータを含んだ基本行列を求める事が出来る。本実験では最終的にはその逆の手順を辿り基礎行列を求める予定だ。デュアルカメラを使えば外部パラメータは固定であるためカメラパラメータから基本行列と基礎行列を求められる。その基本行列を片方の画像の特徴点の座標に掛け、エピポーラ線を求める。そして、エピポーラ線上の座標に基礎行列を掛けて特徴点の座標に合致したものが対応点と分かる。この方法により更なる対応点探索の高速化と精度の向上が図られると考えている。

3.3 平行ステレオ法

今回、距離情報の算出には平行ステレオ法を用いる。ステレオ法とは、2台のカメラを用いてそれらの画像に映り込む物体のわずかな位置のズレから距離を求める方法である。平行ステレオ法は図5の様2台のカメラの光軸が並行で、 x 方向のみにわずかに距離が離れ y, z 座標は同じ値である状態を前提としたものである。[3]前提条件より図4において、カメラが真横に並ぶことにより $e1, e2$ の2つのエピポールが消える。そして、特徴点と対応点の y 座標が一致するので全てのエピポーラ線は x 軸と平行になり、対応点の探索を高速化できる。

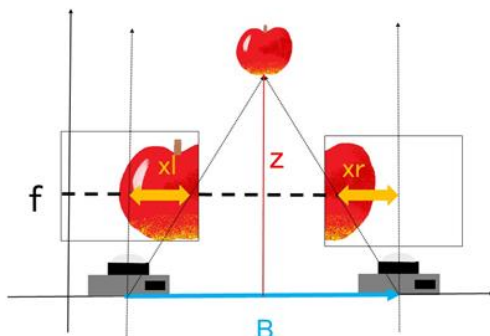


図5 ステレオ法

実際に距離情報を求めるときはカメラの内外パラメータより焦点距離 f 、2台のカメラの間の距離 B と、それぞれのカメラの画像の中心から写りこむある点までの距離 x_l, x_r の差を式(1)に代入することで距離 Z は求められる。

$$Z = \frac{f \cdot B}{x_l - x_r} \dots (1)$$

4. 実験結果

あらかじめカメラのキャリブレーションを行い、実際に距離情報の取得を行った結果が図6になる。右は距離情報が見て分かるように距離に応じて近い物は白く、遠い物は黒く表示されるようにしたものである。

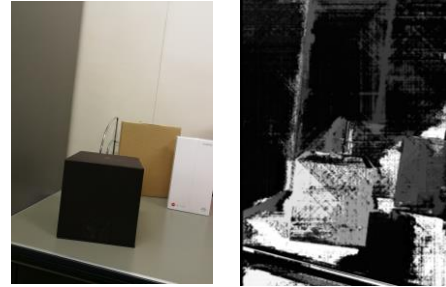


図6 出力結果 (左: 元画像、右: 出力結果)

5. 考察

実験結果の図6においてカメラから物体までの距離はそれぞれ机の端は約20cm、黒い箱は約25cm、白い箱は約53cm、茶色い箱は約65cm離れている。出力結果より白い箱までは距離が近い順に白色から灰色に映っており、この部分は正しく距離情報が取得出来たと考えられる。この事からおよそ50cmまでの範囲ならカメラに対して水平な物体は検出する事が出来ると考えられる。しかし、机の先端等の細い物体は誤判定が大きく、物体の検出が出来ない事が分かった。また、奥の壁や机の一部は距離が正しく判別できていない部分がある。これは元画像と場所を比較すると物体の影や机の表面に箱が映っているところである。この事から影や鏡面反射が距離の取得に大きな影響が出る事が分かった。

これらの結果から現段階では距離測定から検出できる物体はカメラから近く、ある程度の大きさがあり、表面が反射しない素材でなければならぬ事が分かった。今後、これらの制限を無くせるように改善していく。

6. おわりに

本発表では、デュアルカメラを搭載したスマートフォンによるステレオマッチングの検証結果を説明した。今後は、キャリブレーション方法の見直しと視差画像を求める時の対応点の探索方法の改善を行い距離測定の精度の向上をはかる。

参考文献

- [1] 元鍾勲, 諸岡 健一, 長橋 宏, “3次元環境理解のための多視点カメラのキャリブレーション”, 情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), Vol.2002, No.2,(2002),pp1-pp8
- [2] 佐藤 淳, 杉本 晃宏, 木下 敬介, “エピポーラ幾何学の進展”, 情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), Vol.2005, No.18,(2005),pp27-pp40
- [3] 元鍾勲, 諸岡 健一, 長橋 宏, “アクティブカメラを用いた3次元形状の取得”, 情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), Vol.2004, No.6, (2004),pp24-pp30