

複数カメラを用いた3次元空間走査手法の改良

佐々木拓馬[†] 花泉弘[‡]

法政大学大学院情報科学研究科

1 まえがき

内閣府の統計によると、歩行中の交通事故者数が最も多い。歩行者と自動車の交通事故を防ぐため、車載ステレオカメラ画像から歩行者を検出する手法として動的背景差分法を用いた手法[1]が提案されている。この手法では、動的に背景画像を予測生成し背景差分の原理で歩行者の飛び出しを検出していた。背景画像を予測生成するためには周囲環境の3次元形状情報が不可欠であり、そのためにステレオマッチング処理を行い取得していた。ステレオマッチング処理では、視差のあるステレオカメラ画像の全画素について対応点探索処理を行う必要があり、その際の膨大な計算量が問題になっていた。この問題を解決するために、筆者らはこれまでに3台のカメラを用いて事前固定焦点法を実行することで対応点探索処理を行わずに事前に設定した3次元領域に存在する対象物を検出する手法[2]を提案してきた。

本研究では、対象物の検出できる3次元領域を自由に設定可能とする3次元空間走査手法の改良手法を提案する。3次元空間上の点とカメラ画像との投影関係を求めておき、任意の3次元領域に存在する平面のカメラ画像における座標を求めた投影関係より取得する。その座標を用いて事前固定焦点法を実行する。対象物を検出したい領域に関してそれぞれ事前実験を行う必要がなく自由に3次元空間を走査できる。以下、本手法の原理を説明し、性能評価のための実験の結果に基づいて本手法の有用性を示す。

2 原理と処理手順

事前固定焦点法は、ステレオカメラで撮影された画像中にある平面上に対象物が存在するとき、一方の画像に適切な射影変換を施すことで両画像中の対象物の位置ずれを無くすることができる。同じことを3台のカメラを用いて行う場合には、左と中央カメラ、および右と中央のカメラでそれぞれ独立の位置ずれを無くすることができる。この状態でさらに、左と右のカメラ画像を比較すると、2つの平面が交差する直線上

の対象物のみ位置ずれが無くなることになる。また、3次元空間に存在する平面に適切な3次元から2次元への射影変換を施すことで平面上の点の画像での座標を取得することができる。これによって事前固定焦点法に必要な適切な射影変換の係数を理論的に導出することができ、3次元空間の自由な走査が可能となる。

2.1 3次元から2次元への射影変換

3次元から2次元へ投影する射影変換の変換式は(1)式で表される。

$$\begin{aligned} u &= \frac{a_1x + a_2y + a_3z + a_4}{a_9x + a_{10}y + a_{11}z + 1} \\ v &= \frac{a_5x + a_6y + a_7z + a_8}{a_9x + a_{10}y + a_{11}z + 1} \end{aligned} \quad (1)$$

(u, v) は2次元平面上の座標であり、 (x, y, z) は3次元空間内の座標である。 $a_i (i=1 \sim 11)$ は、射影変換の係数である。

カメラを世界座標系の原点とし、任意の領域に対象物を配置し撮影する。世界座標系での対象物の対応点の座標を計測し、撮影した画像から対象物の対応点を抽出し、3次元から2次元への射影変換係数 a_i を求める。

2.2 平面状対象物の射影変換

2次元から2次元への射影変換を一方の平面上の四角形に施すことで、もう一方の平面上の四角形に重ね合わせることができる。2次元から2次元へ変換する射影変換の変換式は(2)式で表される。

$$\begin{aligned} u &= \frac{b_1s + b_2t + b_3}{b_7s + b_8t + 1} \\ v &= \frac{b_4s + b_5t + b_6}{b_7s + b_8t + 1} \end{aligned} \quad (2)$$

(u, v) と (s, t) は、二つの平面上の点の座標である。 $b_j (j=1 \sim 8)$ は、射影変換係数である。

3台のカメラと平面状対象物の配置環境をFig.1に示す。Fig.1のように距離 z に平面状対象物が存在すると仮定し平面の方程式を求める。

2.1で求めた3次元から2次元への射影変換係数と平面の方程式より得られる3次元座標を用いて各カメラ画像上での平面の座標を計算する。

Improvement of The Three-Dimensional Spatial Scanning Method Using Multiple Cameras

[†] Takuma Sasaki, [‡] Hiroshi Hanaizumi

Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University

求めた座標より，左と中央のカメラ画像上，および右と中央のカメラ画像上で重なる射影変換の係数 b_j をそれぞれ求める。

求めた 2 種類の係数を用いて左カメラ画像と右カメラ画像にそれぞれ射影変換を施す。2 つの平面が交差する直線上の 3 次元領域に対象物が存在する場合，変換した左画像と右画像上においては，対象物のみ位置ずれが無い状態となる。

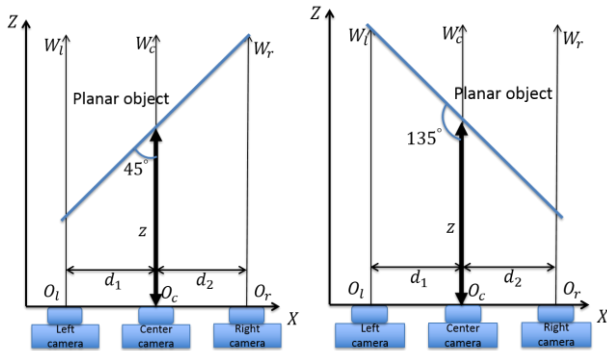


Fig.1 3台のカメラと仮想対象物

3 実験と考察

提案手法の有用性を示すために，理論的に 2 次元から 2 次元への射影変換係数を導出し，指定した 3 次元領域に存在する対象物の位置ずれを除去する実験を行った。使用カメラは Logicool の HD WEBCAM C270，撮影画像サイズは 1280×720，3 次元から 2 次元への射影変換係数を求める際の対象物は A0 サイズのチェッカーボードを使用した。

3.1 射影変換係数の理論的導出

3 次元から 2 次元への射影変換係数を求めるため Fig.1 のようにカメラを固定し，実際にチェッカーボードをさまざまな位置に設置して撮影した。このとき，チェッカーボード上の 4 つのコーナー点までの距離をレーザー距離計で計測した。これによってすべてのコーナー点の 3 次元座標が得られる。チェッカーボードのコーナー点 70 点を対応点として抽出し(1)式で投影関係をカメラごとに求めた。次に，中央カメラから 4m の領域で交差する平面の方程式を求め，平面上に仮想のコーナー点を配置し，それぞれの座標値から 3 台のカメラで撮影して得られるであろう画像を作成し，それらの画像が互いに重なるような 2 次元から 2 次元への射影変換の係数を求めた。これらの係数を用いて指定した 3 次元領域を通るように歩行し，それを撮影したステレオペア画像に対し，事前固定焦点法を適用した。Fig.2 に実行結果を示す。平面が交差する位置でのみ位置ずれが無くなることを確認した。



Fig.2 指定領域上の対象物の位置ずれ除去結果

3.2 考察

指定した 3 次元領域に存在する対象物のみ位置ずれを無くすことのできる射影変換の係数を理論的に導出するアルゴリズムを作成することができた。あらかじめカメラのパラメータを求めておくことで，3 次元領域を自由に走査できることが実験により示された。

4 むすび

本研究では，対象物の検出できる 3 次元領域を自由に設定可能とする 3 次元空間走査手法の改良手法として，カメラの投影関係を求めることで適切な射影変換の係数を理論的に導出可能とする手法を提案し，実験を行い，その有用性を示した。提案手法では，3 次元空間に存在する対象物を画像上に投影することのできる 3 次元から 2 次元への射影変換の係数を求め，位置ずれを除去したい領域を通る平面に施し，画像上での座標を取得することで適切な 2 次元から 2 次元への射影変換の係数を理論的に導出した。実験では，指定領域に存在する対象物のみ位置ずれが無い状態を作成する適切な射影変換の係数を理論的に導出することができた。

本研究では，カメラの光軸が平行になるように手動で調節しているため，自動で調節可能とするモデルの考案が今後の課題である。

参考文献

- [1] M. Kasahara and H. Hiroshi, "A Dynamic Background Subtraction Method For Detecting Walkers Using Mobile Stereo-Camera", The 2013 International Conference on Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition, IPCV (2016)
- [2] 佐々木拓馬，花泉弘，"複数カメラを用いる 3 次元空間走査手法"，第 59 回自動制御連合講演会，No.16-14，pp.10-13