

## ステレオカメラを用いた複数人の人物追跡

相馬 啓志 花泉 弘

法政大学情報科学部

## 1 はじめに

人物追跡は、監視システムへの利用やマーケティングへの応用など様々な活用法がある。これまでにカルマンフィルタを用いた手法 [1] やステレオカメラを用いた手法 [2] などが提案されている。複数人の人物追跡を行う際には、ある人物によって他の人物が遮蔽されることにより追跡が困難になることが問題となっていた。本研究では、ある3次元位置に人物が存在するときその位置に他の人物は存在できないことに基づいて、ステレオカメラを用いて3次元情報を取得しオクルージョンを解決しながら追跡を行う。提案手法はステレオカメラを用いるため屋外でも利用することができ、また、3次元情報から地面を平面として求めて、地面の高さの影を除去することで、影の影響を受けることなく追跡が行える特徴がある。

## 2 原理

提案手法では、フレーム間差分を用いて動体を検出するが、その際に人物領域だけでなく影もともに検出されてしまう。地面を推定し、地面の高さで影を除去することで、影の影響を受けずに処理を行える。

## 2.1 世界座標とカメラ座標

ステレオカメラを用いると、2つのカメラで対象物を異なる視点から撮影することができる。得られる画像にはレンズによる歪みが含まれているため、はじめにカメラキャリブレーションを行い歪み補正とステレオカメラの平行化を行う。ステレオカメラの左右のカメラ座標  $(u, v)$ ,  $(u', v')$  とワールド座標  $(X, Y, Z)$  の関係は図1のように表すことができる。相似関係からカメラ座標  $(u, v)$ ,  $(u', v')$  は、ワールド座標  $(X, Y, Z)$  を用いて

$$u = f \frac{X - b}{Z}, v = f \frac{Y - b}{Z}. \quad (1)$$

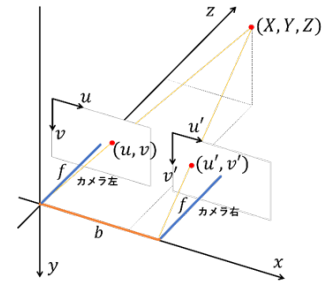


図1 カメラ座標とワールド座標の関係

$$u' = f \frac{X}{Z}, v' = f \frac{Y}{Z}. \quad (2)$$

のように表すことができる。ここで、 $b$  は基線長、 $f$  は焦点距離である。この2式よりワールド座標  $(X, Y, Z)$  は次のように表せる、

$$X = \frac{bu}{u - u'}, Y = \frac{bv}{u - u'}, Z = \frac{bf}{u - u'}. \quad (3)$$

式(3)の視差  $u - u'$  をステレオマッチングを行って求めることで各画素のワールド座標を求める。ステレオマッチングにはセミグローバルマッチングアルゴリズム [3] を用いる。

## 2.2 地面の導出

求めた3次元点群から地面を平面として推定する。主成分分析を用いて、複数フレームのステレオマッチングで得た3次元点群の分散共分散行列の固有ベクトルを求める。分散共分散行列の第一主成分、第二主成分が地面の平面上のベクトルとなり、第三主成分が地面の法線ベクトルとなる。3次元点群は人物の領域も含んでいるため、フレーム間差分法により求めた画像内の動体の領域が人物の領域であるとして、分散共分散行列の計算から除外した。カメラからの距離が地面以上の領域を地面領域と定め、3次元点群から地面を除去する。求めた地面の平面上の法線ベクトルを用いて、カメラからの深度の点群が地面からの距離の点群になるよう平行移動と回転を行い座標系を変換する。

## 2.3 人物の検出

3次元点群を真上から見た2次元平面上に投影し、2次元平面上においてクラスタリングを行い、人物領域を分離して人物として検出する。クラス

タリング手法には DBSCAN[4] を用いる。この手法は、点群を密度によってクラスターに分類し、密度が一定より低い点をノイズと分類することができるのが特徴である。パラメータとして、ある点からの半径  $\epsilon$  と密領域を形成するのに必要となる点の最小数である  $\text{minPts}$  を指定する。2次元クラスタリングにより分離され、検出された人物を円形にモデル化する。それぞれのクラスターの重心位置を円の中心とし、円の半径は、各クラスターの幅と高さの平均の半分の値を全クラスターについて平均を取った。

### 2.4 人物位置の更新

フレーム間での人物の移動距離は微小であることを前提に、2次元平面上で1つ前のフレームで検出された人物位置の周辺の8近傍の方向について、 $0.01[m] \sim 0.05[m]$  への移動を仮定し、その内で最も多くの点群を含む位置に移動したとする。人物同士の位置が重複することはないため、人物の半径の  $\alpha$  倍の領域同士が重なり合うことのないようにすることで、追跡処理の際に人物同士が干渉しないようにする。この処理を繰り返すことで人物の2次元平面上での軌跡を求める。

## 3 実験と考察

はじめに、図4の画像のフレームから得た3次元点群に対してDBSCANを適用した。パラメータは実験的に  $\epsilon = 0.08$ ,  $\text{minPts} = 800$  とした。図3はその結果である。クラスターごとに色分けしており、そのうち灰色の領域がノイズに分類された点である。人物それぞれについて正しくクラスタリングができており、密度の高い人物領域の点群と、密度の低いノイズ領域の点群が分離できている。分離した各クラスターを追跡対象の人物とし、次の追跡処理を行った。

次に、4人が交差しオクルージョンが発生する場面について追跡を行った。人物位置更新のパラメータは  $\alpha = 0.7$  とした。追跡結果を図4に示す。図5の矢印で示したようなオクルージョンが発生したが、人物の軌跡を途切れることなく求めることができた。



図2 4人が交差する実験の様子

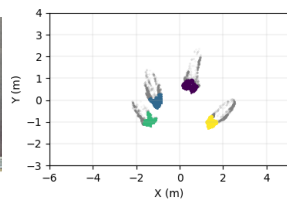


図3 DBSCANの結果

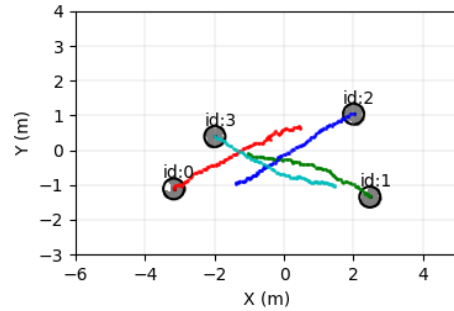


図4 交差する4人の追跡結果



図5 オクルージョン発生の様子

## 4 まとめ

本研究では地面を平面として導出することで、影の影響を受けずに人物領域を求め、地面の法線ベクトルを用いて3次元点群を地面の2次元平面上へ投影し、その2次元平面上での人物追跡手法を提案した。実験では、4人が交差する場面について途切れることなく追跡ができた。今後の課題として、提案手法の人物の分離手法では、クラスタリングを用いているため、人物検出時に複数人物が接触している場合に一人にまとまって検出されてしまう問題点の解決などが挙げられる。

## 参考文献

- [1] T. Zhao and R. Nevatia, "Tracking multiple humans in complex situations", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 26, No. 9, pp. 1208–1221 (2004).
- [2] T. Kawashita, M. Shibata, G. Masuyama and K. Umeda, "Tracking of multiple humans using subtraction stereo and particle filter", *2014 IEEE International Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts*, pp. 63–68 (2014).
- [3] H. Hirschmuller "Stereo Processing by Semiglobal Matching and Mutual Information", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 30, No. 2, pp. 328–341 (2008).
- [4] M. Ester, H.P. Kriegel, J. Sander and X. Xu, "A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise", *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD'96, AAAI Press*, p. 226–231 (1996).