

複数カメラを用いる空間走査システム

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

近年、犯罪や治安に対する不安による人々の防犯意識の高まりに伴い、街頭や金融機関、商業施設における防犯カメラの設置が進められてきた。複数のカメラ画像中から人物を検出し、追跡することで、防犯や監視などのセキュリティシステムやデパートや美術館、博物館といった施設内における人の流れを把握することに利用できる。複数カメラを用いた人物の検出手法として、ステレオマッチングを用いる手法が多く提案されている。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[1]を実行することで対応点探索処理を行わずに任意の3次元領域における対象物の有無を判別する3次元空間走査手法[2]を提案してきた。

本研究では、3次元空間走査手法を用いた歩行者の検出・追跡システムを提案する。はじめに、事前固定焦点法におけるカメラ間距離とROI(対象物を検出できる領域)サイズの関係性を決定する。ROIサイズに合わせて撮影空間を格子状に分割し、それぞれの領域で人物の有無を判別する。次フレームでは、人物を検出したROIの近傍を走査し、有無を判別することで人物を追跡する。以下、本手法の原理を説明し、性能評価のための実験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。同様の処理を3台のカメラを用いて行うと、左と中央カメラ、および右と中央カメラそれぞれの位置ずれを無くすることができる。このとき、左右カメラ画像を比較すると2つの平面が交差する直線上に存在する対象物のみ位置ずれがなくなる。この状態で左右画像の位置ずれがないことを評価することで、指定領域にお

ける対象物の有無を判別することができる。また、撮影空間をROIサイズに合わせて格子状に分割し、それぞれの領域で事前固定焦点法を行い対象物を検出することで対象物の検出・追跡を行うことができる。

2.1 カメラモデル座標系への変換

3次元座標を測定する世界座標系と各カメラ座標系の関係をFig.1に示す。Fig.1のように、使用する3台のカメラモデルは、手動で設置する際の傾きが存在すると考え、それぞれ補正する。3次元座標軸の補正式は(1)式で表される。

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma & 0 \\ -\sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} W_x \\ W_y \\ W_z \end{pmatrix} \quad (1)$$

(X', Y', Z') はカメラ座標系の座標であり、 (X, Y, Z) は世界座標系の測定座標である。X軸Y軸Z軸ごとにそれぞれ角度 (α, β, γ) だけ回転し、 (W_x, W_y, W_z) だけ平行移動することで、任意の3次元点の各カメラ座標系での3次元座標が得られる。得られた各カメラ座標系の3次元座標と対応するカメラ画像座標を用いて、それぞれ3次元から2次元への射影変換の係数を求める。それらを用いることで、事前固定焦点法に必要な適切な2次元から2次元への射影変換の係数を理論的に導出することができる。

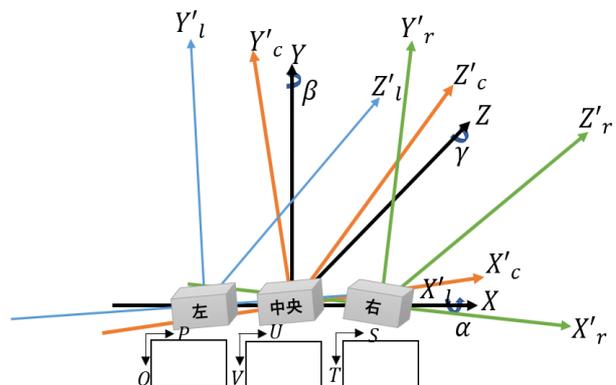


Fig.1 世界座標系とカメラ座標系の関係

2.2 撮影空間の分割

撮影空間をFig.2に示す。Fig.2のようにROIサイズに合わせて撮影空間を格子状に分割し、格子点上で対象物の有無を判別する。このとき

A Spatial Scanning System Using Multiple Cameras

[†]Takuma Sasaki, [‡]Hiroshi Hanaizumi

Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University

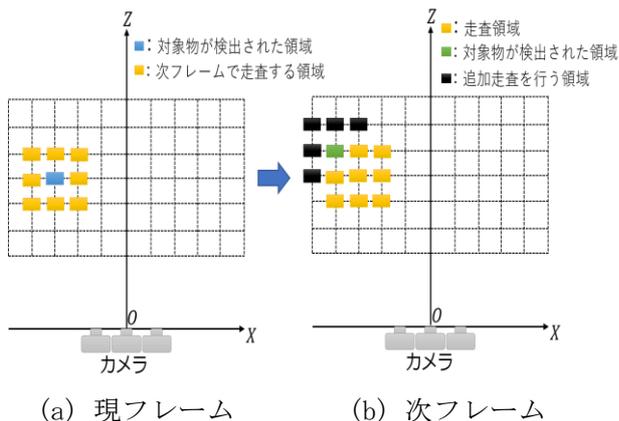


Fig. 2 対象物の検出・追跡環境

各格子点上で事前固定焦点法を行うための射影変換の係数は理論的に導出する。Fig. 2(a)より、現フレームにおいて、対象物を任意の格子点領域で検出した場合、次フレームでは検出した領域とその近傍の格子点領域を走査する。Fig. 2(b)より、走査した近傍領域で対象物が検出された場合、その領域の近傍領域において対象物の有無の判別を行う。この処理を繰り返すことにより、対象物を逐次検出することで、対象物の追跡を行う。

3 実験と考察

提案手法の有用性を示すために、撮影空間内に存在する人物を検出し、追跡する実験を行った。使用カメラは Logicool HD WEBCAM C310、撮影画像サイズは 1280×720 画素、ROI サイズは測定により水平方向 100cm、奥行方向 30cm と求めた。また、3次元座標軸を補正変換するための回転角は、実験的に求めて補正した。

3.1 歩行者の検出・追跡

対象物(人物)の大きさと ROI サイズを考慮し、Fig. 2のように水平方向 30cm、奥行方向 30cmの間隔で撮影空間を格子状に分割した。そして、各領域で事前固定焦点法を行うための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。(x = -120, z = 500)から(x = 150, z = 500)まで水平方向に歩行し、それを撮影したステレオペア画像 215 枚に対して、提案手法を施すことで各格子点領域における人物の有無を逐次判別し追跡を行った。Fig. 3に歩行者の検出結果を示



(a) (x = -30, z = 500) (b) (x = 90, z = 500)

Fig. 3 格子点領域における歩行者の検出結果

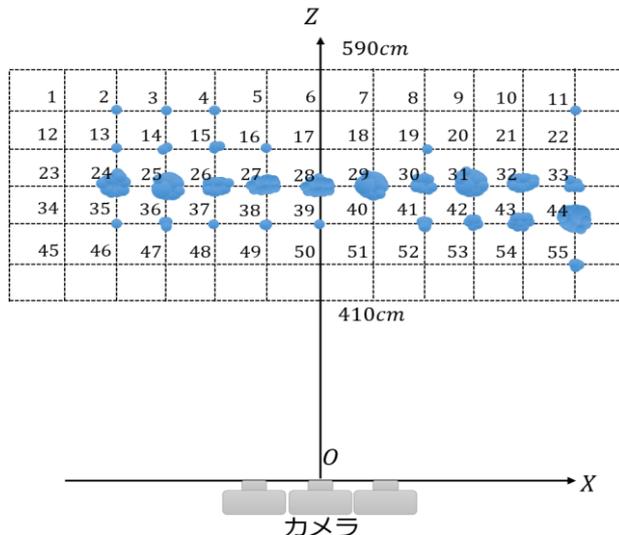


Fig. 4 歩行者の追跡結果

す。白色領域が位置ずれが無いと評価された領域で、格子点領域に存在する歩行者のみ検出することができている。Fig. 4に歩行者の追跡結果を示す。青色点群が歩行者が存在すると判別された領域である。また、点の数が多いほど多くの撮影画像で歩行者がその位置に検出されたことを示している。歩行者が大きさを持つことと ROI サイズによって、歩行ルートの奥行方向の前後の格子点領域においても検出されているが、歩行ルートである格子点 24 から格子点 33 において、歩行者が高頻度で検出されており、追跡することができたと考えられる。

4 むすび

本研究では、ステレオペア画像から対象物を検出し追跡を行う手法として、撮影空間を ROI サイズと撮影対象に合わせて格子状に分割し、その格子点領域ごとに走査し対象物の有無を判別する空間走査手法を提案し、実験によって、その有用性を示した。実験では、歩行者を逐次検出することで、追跡することを示した。

今後の課題としては、カメラ間距離を変更することで ROI サイズを調整し、検出精度を向上させることや複数人物の領域が重なる場合でも判別可能な検出手法の開発が挙げられる。

参考文献

- [1] 佐々木拓馬, 花泉弘, 射影変換を用いる歩行者飛び出し検出システム, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 情報システム(2), 39 (2016)
- [2] T. Sasaki, and H. Hanaizumi : "A Three-Dimensional Spatial Scanning Method for Detecting An Object Using Multiple Cameras", IEEE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing, ICISIP 2017, pp. 262-266, 2017