

## 屋外マルチカメラシステムの設計と人物追跡

## Human Tracking using Multi-camera System

岩松 洋介 山崎 俊彦 相澤 清晴  
Yosuke Iwamatsu Toshihiko Yamasaki Kiyoharu Aizawa

## 1. はじめに

防犯・安全への関心の高まりとともに、サーベイランスシステム(監視システム)の重要性が拡大しており、自動化されたサーベイランスシステムへの取り組みが盛んに行われている。そのなかで、カメラを複数配置してそれらを協調動作させて物体追跡を行うことが可能になってきている[1][2]。

本研究では、複数の固定カメラを用いて屋外の広いエリアをカバーするサーベイランスシステムを構築し、複数のカメラの撮像エリアを移動する人物を追跡する機能を実現することを目標とする。屋外で監視を実現するために、通信手段として無線 LAN を用いることを予定している。追跡システムの実現に向けて、現在のところ、帯域の制限に対処するためのシステム構成や広いエリアをカバーするためのカメラ配置について検討を進めている。また、予備実験として、確率的手法(Condensation algorithm)を用いたロボパストで高速な物体追跡処理を実装し、単体カメラ上での人物の追跡の実験及び考察を行ったので報告する。

## 2. マルチカメラシステム

## 2.1 システムの構成案

提案するシステムの構成案を Fig. 1 に示す。

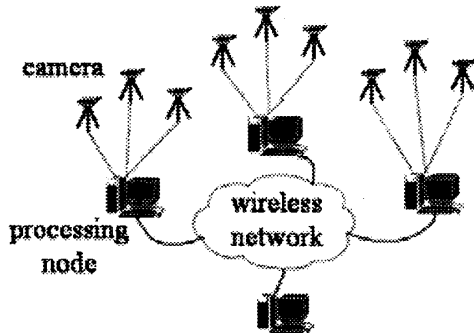


Fig. 1 Composition of multi-camera system

監視エリアとして屋外の道路を想定しているため、通信手段には無線 LAN を用いる。しかし、無線 LAN のような帯域の限られた通信手段では、複数のカメラからの映像を一度に全て伝送するのは実用的に不可能である。そこで、提案システムでは、カメラ数台を PC に接続し、PC で前処理を行った結果を無線 LAN で伝送するという階層的な構成をとる。これにより転送データ量の削減が期待される。

## 2.2 監視エリア

本システムでは、監視するエリアは屋外の歩道とする。そのため、複数のカメラを電柱に配置し歩道全体をカバーできるように設定しなければならない。

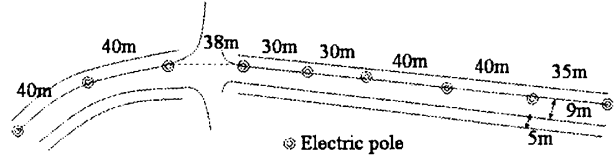


Fig. 2 Target area

現在予定している監視エリアを Fig. 2 に示す。道路の長さは約 300 m であり、電柱は 30~40 m の間隔で並んでいる。

## 2.3 カメラ配置の検討

ひとつのカメラでカバーできる歩道の範囲について検討する。カメラの高さを  $h$ 、電柱と観測する通路(直線とする)との距離を  $d$ 、カメラの画角を  $\theta$ 、カメラの水平方向の傾きを  $\varphi$  とする。電柱から通路に対して下ろした垂線の足を  $x$  軸の原点とし通路上に  $x$  座標を引き、カメラの右端に撮影される通路上の点を  $x_1$ 、左端の点  $x_2$  をとする (Fig. 3)。  $x_1$  及び  $x_2$  は次の式で表される。

$$x_1 = \sqrt{h^2 + d^2} \tan(\varphi - \theta/2)$$

$$x_2 = \sqrt{h^2 + d^2} \tan(\varphi + \theta/2)$$

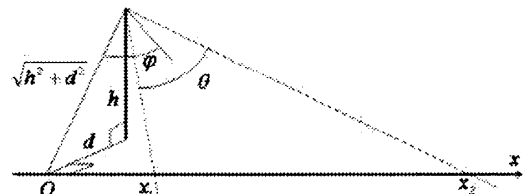


Fig. 3 Covered area using a single camera

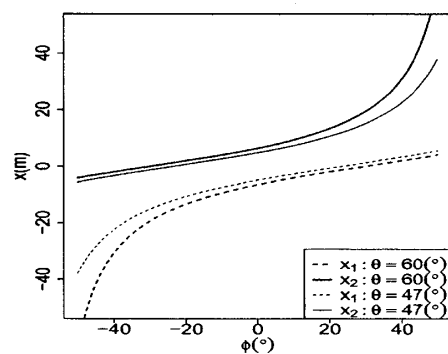


Fig. 4 Covered area as function of horizontal angle

$h=5$  m,  $d=10$  m とし、 $\varphi$  をパラメータとしたときの  $x_1$  及び  $x_2$  の変化を Fig. 4 に示す。ここで、標準的な光学系を想定してカメラの垂直画角を  $47^\circ$ 、対角画角は  $60^\circ$ 。

†東京大学大学院新領域創成科学研究科, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

とした。 $\theta$ の値は $\varphi$ の変化に伴い $47\sim 60^\circ$ の間の値をとると考えられる。

人物追跡のためには撮影対象とカメラとの距離があまりに大きいのは不適切であり、 $x_2$ の上限は25m程度であると思われる。歩道の片側を道路の全長にわたってカバーするには、それぞれの電柱にあるカメラが前後約20mずつをカバーすればよく、ひとつの電柱に3つのカメラを設置し、それぞれ $\varphi$ の値を約 $-35^\circ$ 、 $0^\circ$ 、約 $35^\circ$ に設定すればよい。よって、300mの歩道の片側をカバーするのに必要なカメラの総台数は約24台となる。

### 3. 確率的手法を用いた人物追跡処理

提案システムでは、屋外での人物の追跡を前提としている。そのため、追跡対象に対して並木などによる雑音や他の人物との交差が生じる可能性があるため、ロバストな追跡手法が求められる。また、リアルタイムで人物の追跡を行うためにはアルゴリズムが高速であることが必要となる。そこで、ロバストで高速な追跡を行うために、物体の状態を確率的に求めるCondensation algorithm [3]を利用し、予備的実験としてまず単体のカメラからの映像について人物追跡実験を行った。

#### 3.1 Condensation algorithm による追跡

Condensation algorithmとは、ある状態から次の状態への遷移を推定する際、次の状態について複数の仮定(サンプル)を置き、観測の状態からそれぞれの仮定(サンプル)の存在確率を計算し次の状態を決定する手法である。非ガウスノイズや非線形運動にも適用できるという優れた特徴を持つ。

本手法では、観測から得る特徴量として背景差分による変化のマップを用いることで、Condensation algorithmを映像データに適用し追跡を行う。処理の流れをFig. 5に示す。

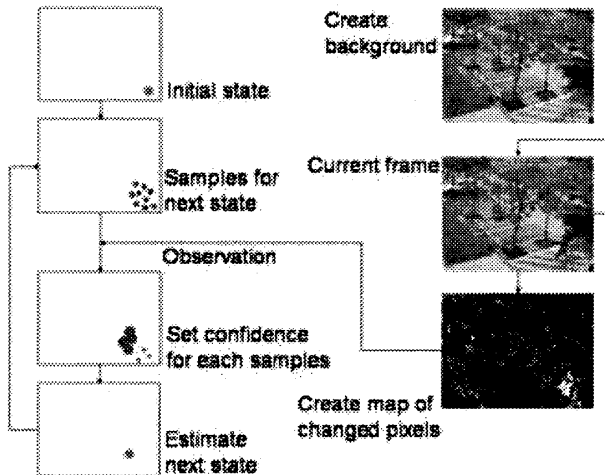


Fig. 5 Flow of human tracking

はじめに、移動物体のない状態でそれぞれの画素について50framesの時間方向の平均をとり、差分処理に用いる背景とする。次に、追跡対象人物の初期位置の設定を行う。これは、予め与えられた値とし、処理系に対して手動で設定する。次に、次状態のサンプルを空間に配置する。先に生成した背景画像と現在の画像との差分をとり、変化のマップを作成し観測確率密度として用い、それぞれのサン

ルについて尤度を設定する。尤度は、サンプルの座標の画素に変化があった場合となかった場合の比率が99:1になるように設定した。重み付けされた平均を求めてそれを次の状態の位置とする。以下、サンプルの拡散・観測・尤度の設定・次状態の決定を繰り返し、人物の追跡処理を実現する。

#### 3.2 実験結果

Fig. 6は、木々の間を歩く人物の映像(320x240 pixels, 30 fps)に対して提案手法を適用した結果である。×印が推定された人物の位置を表す。乱雑な映像シーンにおいても対象人物を追跡できることが確認できた。また、これとは別に2人の人物の交差する映像についても手法を適用し、対象人物を追跡できることを確認した。

今回はカメラからの映像を直接処理するのではなく、いったんファイルに書き込んでオフラインで処理したが、ファイルからの動画読み出し・表示を含め、400framesで約5.5秒の時間がかかった。これは1秒相当のframe数(30frames)に直すと約0.41秒であり、実時間の処理が可能であると考えられる。



Fig. 6 One person tracking in cluttered scene

### 4. まとめ

複数の固定カメラを用いた屋外の人物追跡システムの実現に向けて、システムの構成およびカメラの配置について検討を行った。また、Condensation algorithmを用いた、高速でロバストな追跡手法を実装し、ひとつのカメラからの映像に対して適用する実験を行った。今後は、複数のカメラ・処理ノードを統合して人物の追跡を行う方法について検討していき、実際のサーベイランスシステムの構築を進めていきたい。

#### 参考文献

- [1] T. Kanade, R. T. Collins and A. J. Lipton, "Advances in Cooperative Multi-Sensor Video Surveillance", DARPA Image Understanding Workshop (IUW), Monterey, CA, pp.3-24, (Nov. 1998)
- [2] I. O. Sebe, J. Hu, S. You, U. Neumann, "3D Video Surveillance with Augmented Virtual Environments", ACM SIGMM IWVS, pp.107-112, (2003)
- [3] Michael Isard and Andrew Blake: "CONDENSATION -- conditional density propagation for visual tracking", Int. J. Computer Vision, 29, 1, pp.5-28, (1998)