

P2P 防犯エリアネットワークにおける動体の軌跡に基づく不審者検出

長宝有希[†] 一戸勇太[†] 佐藤永欣[†] 高山毅[†] 村田嘉利[†]

[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

近年、防犯意識の高まりにより、一般家庭や公共施設、商業施設等への防犯カメラの導入が進んでいる。しかし、人同士の交流が減少し、人の目による不審者への警戒は難しくなっている。従来の防犯カメラには、管理者が異なる点、膨大な録画データの管理や事後検証時の利用に対する配慮が十分でない点等の問題が存在する。そこで、防犯カメラが周囲のカメラと自発的に連携し、動体を追跡して不審者を検出する人の介在しない全自動防犯システムがあれば、地域の安全性の向上に有用である。本論では、単眼カメラから得られた動体の軌跡から得られる特徴量にもとづき不審者の判定を行う方法を提案し、その評価を述べる。

2. システム概要

先行研究[1]では、P2P ネットワークによる防犯カメラ同士の連携・接続、単眼カメラにより撮影された動画像からの動体の位置の計測と軌跡の記録、周辺カメラの自動発見機能等を提案し実装した。本システムはカメラ系、ネットワーク系、DB系、不審者検出系の4つから構成され、カメラ系の実装は先行研究で完了している。本研究では動体の軌跡から特徴抽出を行い、不審者の検出を行う不審者検出系の開発を行った。

3. 不審者検出

3.1 不審者検出について

カメラにより得た軌跡を元に次のような手順で不審者検出を行う。

<判断基準となる軌跡の準備>

- ① 軌跡を収集・分類する
- ② 軌跡から特徴ベクトルを抽出する
- ③ 有用次元を選択し、特徴ベクトルを白色化する

<不審者検出>

- ④ 動体を検出し、特徴ベクトルを抽出する
- ⑤ LOF (Local Outlier Factor) [2]を用いて、動体の軌跡を判定
- ⑥ 不審、あるいは疑うべき軌跡として判定された場合、利用者に警告や確認を求める

各手順については3.2以降で述べる。

3.2 不審な軌跡・正常な軌跡について

本研究では不審な軌跡の検出を主な目的としている。本研究では、“正常な軌跡”と“不審な軌跡”を“分類”として扱う。検出対象である不審な軌跡と正常な軌跡の定義を以下に示す。

【正常な軌跡の定義】

- ① 日常で見られる行動の軌跡。これは、日常的に繰り返される
- ② 警戒する必要のない行動の軌跡

【不審な軌跡の定義】

- ① 日常で見られない行動の軌跡
- ② 日常で確認されているが警戒する必要のある軌跡

3.3 軌跡の収集・分類

本システムは、正常な軌跡を蓄積し、動体の軌跡と比較することで、不審かどうかを判断する。正常な軌跡は次のように収集した。まず、

A Suspicious Person Detection by Tracks of the Moving Objects Trajectories in P2P Security Camera Network
A.Choho[†], Y.Ichinohe[†], N.Sato[†], T.Takayama[†] and Y.Murata[†]
[†]Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

Web カメラを研究室入口付近の廊下に設置した。このカメラから得られた軌跡を元に、移動方向や距離、動体が最初に現れた場所、動体が消えた場所等に基づいて12パターンに分類した。その後、12パターンの行動をカメラの前で行動を繰り返すことにより軌跡を収集した。不審な軌跡も同様に4パターンに区別し、正常な軌跡と同様に収集した。検証時にデータ数による計算結果への影響が出ないように、各パターンはすべて同じデータ数になるよう調整した。今後“軌跡”とは、正常な軌跡と不審な軌跡の各パターンを指す。

3.4 既知の軌跡と未知の軌跡

既にある程度回数確認されている軌跡のことを既知の軌跡とする。未知の軌跡とは、既知の軌跡ではない、未確認か確認されている回数が少ない軌跡とする。本研究では33で分類された軌跡のパターンを既知の軌跡、それ以外を未知の軌跡として扱う。未知の軌跡は不審な軌跡と不審な軌跡の両方に分類できる可能性がある。そのため、未知の軌跡については利用者の判断により、新しい軌跡の追加・分類を行っていく。これにより判定できる軌跡数を増加させる。

3.5 軌跡の特徴抽出と有用次元の決定

軌跡を判定するための特徴量として、速度、距離、角度や動体発見時の絶対座標など29個の特徴量を用いている。各軌跡から得られる特徴量の中で軌跡毎に傾向が表れやすいものを有用次元とする。有用次元以外の特徴量をマスクすることで、計算時に特徴のあらわれていない特徴量による影響を減らし、計算結果の値を安定させることができる。軌跡毎の有用次元の決定は以下の方法で行う。

【有用次元の決定方法】

- ① 有用次元を決定したい軌跡 pos の次元(特徴量) k について対象軌跡のデータ同士の分散 $d_{pos,k+}$ と対象グループのデータとそれ以外のデータの分散 $d_{pos,k}$ を求める
- ② $d_{pos,k+}$ と $d_{pos,k}$ の分散比 $r_{pos,k}$ を求める

$$r_{pos,k} = \frac{d_{pos,k-}}{d_{pos,k+}} \quad (1)$$

- ③ 分散比 $r_{pos,k}$ が閾値以上の次元 k を有用次元として採用する
- ④ ①~③を軌跡 k のすべての次元に対して行う

分散比 $r_{pos,k}$ の閾値を上げれば特徴の現れにくいデータの影響は減少するが、有用な次元数も減少してしまう。特徴の現れる有用次元をより多く抽出するためには、適切な分散比の検討が必要になる。

3.6 LOFによる判定

LOFとは、対象クラスタからの距離を密度の比によって表わすものである。これにより、対象クラスタに対するLOF値と他クラスタに対するLOF値、閾値と比較して、LOF値が閾値よりも小さくデータが最も近い値を所属クラスタとして判定する。

4. 検証1：分散比と判定方法の検討

4.1 検証する判定方法と分散比

収集した軌跡からの特徴抽出を行い、3つの判定方法を検証した。検証した判定方法の特徴を表1に示す。

表1 判定方法の特徴

判定方法	判定回数	白色化範囲	軌跡数
判定方法1	1回	全体	16パターン
判定方法2	2回(正常な軌跡優先)	分類毎	12+4パターン
判定方法3	2回(不審な軌跡優先)	分類毎	4+12パターン

これらの判定方法に対して、軌跡毎の正解率と分類毎の正解率の2つから判定結果の妥当性を検証した。軌跡正解率とは、軌跡がA方向からB方向へ左折など軌跡のパターン毎の一致している割合である。分類正解率とは、不審な軌跡か正常な軌跡であるかという分類内で一致している割合である。

本研究では不審な軌跡を検出することが目的であり、正確に軌跡を判定することではない。そのため、軌跡正解率よりも分類正解率を重視することにした。また、誤検出の排除よりも不審者の取りこぼしを防ぐことを重視するため、不審な軌跡の分類正解率が最も高いものが適切であると考えられる。このことから性能評価の基準を表2に示す。

分散比は、文献[3]で使われていた閾値5.0とその前後の3.0, 7.0の3つについて妥当性の検証を行った。分散比の閾値は、軌跡正解率と分散正解率の2つが安定して高いことを基準に決定する。

$$\text{軌跡正解率}(x) = \frac{\text{パターン}x\text{として判定された回数}}{\text{パターン}x\text{の判定回数}} \quad (2)$$

$$\text{分類正解率}(x) = \frac{\text{パターン}x\text{の属す分類として判定された回数}}{\text{パターン}x\text{の判定回数}} \quad (3)$$

表2 性能評価の基準

分類	軌跡正解率(%)	分類正解率(%)
正常な軌跡	70	80
不審な軌跡	80	90

4.2 検証結果

閾値による軌跡正解率と分類正解率、有用次元数の変化を図1・2、表3に示す。分散比7.0, 5.0のときに不審な軌跡で正解率の低下が見られるのは、一部の軌跡で有用次元数が0になることが原因と考えられる。有用次元数が0になるとすべての特徴量がマスクされ、一番近い軌跡として判定されてしまうため、有用次元数が0の軌跡とする判定結果が増加し、軌跡正解率の低下が起きた。判定方法2・3は、それぞれ正常な軌跡と不審な軌跡の分類正解率については性能評価の基準を上回る結果が得られた。しかしもう一方の分類の正解率がかなり低く、判定結果が一方の分類に偏っていることが分かる。判定

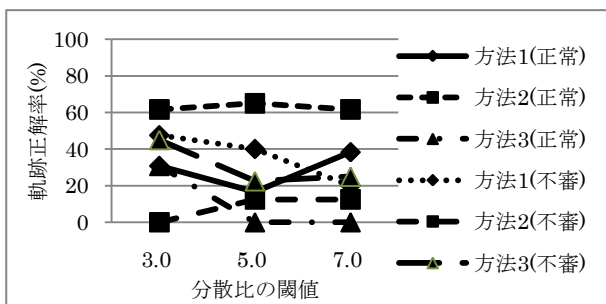


図1 閾値による軌跡正解率の変化

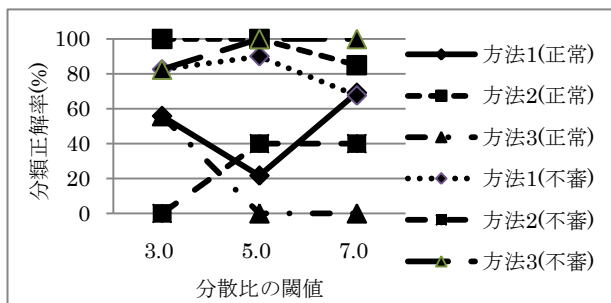


図2 閾値による分類正解率の変化

方法1は多少正常な軌跡寄りではあるが、平均的な結果が得られた。しかし、判定方法2・3よりも正解率は低く、どの値も基準に達していない。データ数の増加、パターンの変更等により正解率の向上は見込めるが、単独で基準に達するのは難しいと考えられる。

5. 検証2：分類正解率の向上

5.1 検証する判定方法と分散比

本システムで一番に求められるものは不審な軌跡と疑わしい軌跡の検出である。そこで、判定方法1~3で用いたパターンを無視し、分類のみを求める判定方法4による検証を行った。判定方法4では分類がそのまま軌跡となっているため軌跡正解率と分類正解率は等しい。判定方法4の特徴を表3に示す。分散比の閾値は、4で用いた値では不審な軌跡の有用次元が残らなかったため1.6以下で行った。

表3 判定方法4の特徴

判定方法	判定回数	白色化範囲	軌跡数
判定方法4	1回	全体	2パターン

5.2 検証結果

方法4における分類正解率、有用次元数の変化を図3、表4に示す。閾値1.4で正常な軌跡が92.50%、閾値1.3で不審な軌跡が87.50%と表2の分類正解率の基準をほぼ満たす高い正解率が見られた。不審な軌跡の分散正解率が低下すると正常な軌跡の正解率が上昇するのは、4.2と同様に有用次元数の減少が影響したと考えられる。

今回の結果から、正常な軌跡と不審な軌跡でそれぞれ閾値を別に設定し、判定方法4を適用することで性能評価の基準を満たし、不審者の検出にも効果があると考えられる。判定方法2・3の前に判定方法4を行うことで軌跡正解率の向上も可能だと考えられる。

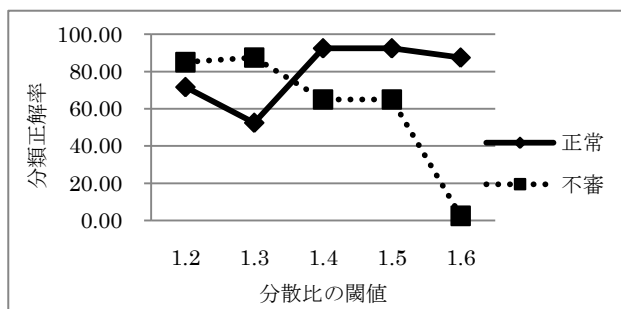


図3 判定方法4: 閾値による分散正解率の変化

表4 判定方法4: 閾値による有用次元数の変化

分散比閾値	12	13	14	15	16
正常な軌跡(平均)	10	10	10	10	7
不審な軌跡(平均)	5	4	2	2	1

6. まとめと今後の展望

先行研究の手法により得られた動体の軌跡から特徴の抽出を行い、不審者検出のための判定方法についての提案を行った。

今後は、データ件数の正解率への影響の確認、複数動体への対応、P2P 防犯エリアネットワークのカメラの連携、他の動体との関係による不審者判定、利用者への警告手法等が課題として挙げられる。

参考文献

- [1] 渡部貴之ほか, “ネットワークカメラ群を用いた不審な軌跡を抽出する防犯システム”, 第72回情処全大, SZD-9, 2010.
- [2] M.M.Breuning, H.P.Kriegel, R.T.Ng, J.Sander, “LOF: Identifying Density-Based Local Outliers”, in Proc. ACM SIGMOD 2000 Int. Conf. On Management of Data, pp.93-104, 2000.
- [3] 佐藤永欣ほか, “地磁気・加速度センサによる自動車組立工場内作業トレーシングシステム”, 情報処理学会論文誌, vol.51, No.3, pp.810-823, 2010.