

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23700192

研究課題名（和文）

混雑した大規模公共空間における異常行動の検知手法に関する研究

研究課題名（英文）

Abnormal Activity Detection in High Density and Complex Public Areas

研究代表者

宋 軒 (SONG XUAN)

東京大学 空間情報科学研究センター 特任助教

研究者番号：20600737

研究成果の概要（和文）：

異常行動の探知は監視アプリケーションで重要な役割を担う。そして、そのようなシステムは治安の維持のための急務となる。しかし、既存のアプローチは、通常オフラインで監督された方法に基づきます。これに加えて、それらのほとんどは、小さな地域をカバーすることができて、大きなおよび高密度公共の場に適用するのが難しいだけです。したがって、このプロジェクトでは、我々はオンラインで管理されない異常行動を探知するシステムを開発します。そして、それは大きな公共の場（60×30m以上）をおおうことができ、高密度で強い異常な発見（85%以上の精度）を実行することができて、状況（同時に何百人もの人）を複雑にすることができる。

研究成果の概要（英文）：

Abnormal activity detection plays a crucial role in surveillance applications, and such system has become an urgent need for public security. However, the existing approaches are usually based on off-line and supervised method. In addition, most of them can only cover a small area and are difficult to apply into the large and high density public area. Therefore, in this project, we develop an online and unsupervised abnormal detection system, which can cover a large public area (more than 60×30m), perform the robust abnormal detection (over 85% accuracy) in high density and complex situations (hundred of persons at the same time).

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：Intelligent Surveillance; Abnormality Detection; Sensor Fusion; Online Learning

## 1. 研究開始当初の背景

公安、テロ、交通安全は、国際社会からますます多くの注目を浴びている。しかし、ある人口密集地(例えば、地下鉄の駅、一般の広場など)において、あらゆる瞬間に人間によって

モニタリングまたは監視作業を果たすことは、不可能だ。したがって、自動で異常行動を探知するシステムは、これらのアプリケーション領域が急務になった。

異常行動の探知は、今日活発に研究が行われている領域だ。一般的に、アプローチが分類されることが出来る異常行動の探知:教師あり学習と教師なし学習。教師あり学習ベースの方法は、通常既知のプライオリ行動クラス(通常の活動とアブノーマルなもの)を予め定める必要があって、アブノーマルなものを見つけるために、教師あり学習モデルを利用した。それゆえに、これらの方法は、通常多くの人力で巨大なトレーニング・データセットを造る必要がある。しかし、手動標識化のプロセスは通常頼りにならない。そして、時々、大きなおよび高密度公共の場のために十分な異常なトレーニング・サンプルを得ることは全く難しい。他方、研究者も、管理されない方法で異常な活動を見つけるために、いくつかの方法を提案する。これらの方法は、通常軌道分析に基づく。クラスター形成はこれらの得られた軌道で実行されます、そして、一部の小さな集団はアブノーマルであるとされる。しかし、大部分のこれらの方法はバッチである。すなわち、すべてのデータが集められたあと、軌道のクラスター形成は得られる。そして、これらの集団構造は時間の相関関係として表すことができない。それゆえに、これらは、オンラインとリアルタイムに適用されるためには難がある。

## 2. 研究の目的

我々の知る限りでは、かなり高い密度(同時に何百人もの人)で、広大な面積(何千平方メートル)をカバーすることができる、強くてオンラインでアブノーマルな発見を実行するようなシステムは世界に類を見ない。したがって、この研究の目的はオンラインで管理されない異常行動発見システムを設計することになっている。そして、それは大きな公共の場をカバーすることができて、高密度で異常行動を発見(85%以上の精度)することができて、状況(同時に何百人もの人)を複雑にすることができる。

## 3. 研究の方法

全体システムは、主に3台のモジュールを含む:ハードウェアとセンサー・モジュール、発見と追跡モジュールと異常な発見モジュール。

ハードウェアとセンサー・モジュールについては、配布されたレーザースキャナとカメラは、集積されなければならない、全体システムで互いを補わなければならない。オンライン学習テクニックとベイジ的な融合は、接近して、統合した異なるセンサーに

利用される。

発見と追跡モジュールについては、目標が近い近くにあるか、互いにしばしば相互作用する(特に人口密度が高い地域で)とき、追跡は特に難しくなる。これらの挑戦的な状況で強い追跡と発見結果を得るために、Probabilistic Detection-based Particle Filter (PD-PF) とオンライン学習ベースのトラッカーは、利用される。

異常行動発見モジュールについては、我々は2つの問題に直面する:高密度と混雑した地域で人間の活動のモデル化と、異常行動の発見。追跡の助けを借りて、我々が多数の軌道を得ることは簡単だ。特定の時間に場面と典型的な人間の活動についての知識を調査するために、我々はこれらの軌道を使う。第1に、我々はオンラインでそうしなければなりませんこれらの軌道が異なる種類の活動に基礎をおいた集団。第2に、我々はこれらの集団から場面についての知識を得なければならない。

最後に、異常行動は、以下の2つの方法で見つけることができる:(a) 人の若干の局外者軌跡はどんな集団にでも分類されるために難しい。彼らの活動は一種の異常行動とみなすことができる。(b) 各々のクラスターでは、人の運動情報が運動分布の主要な構成要素と全く異なるならば、彼らの活動は一種の異常行動とみなすことができる。追跡とクラスター形成アルゴリズムは時間の相関関係とみなすことができるので、集団構造体が時間で変わることができない、伝統的なバッチ・ベースのもの(すなわち、すべてのデータが集められたあと、軌道のクラスター形成は得られる)と、我々のシステムは異なる。したがって、提案されたシステムは、異常行動の強くて完全にオンライン探知を人間の干渉なしで実行することができる。

## 4. 研究成果

2011-2013 年度における成果として、理論およびアルゴリズムの開発、共同実験およびデータセット構築、システム統合の3点にまとめて報告する。

### (1) 理論およびアルゴリズムの開発

2011-2013 年度において、リアルタイムかつ全自動での異常検知を行なうために、極めて新規性の高いリアルタイム移動軌跡学習手法を開発した。この手法により、パーティクルフィルタ法を基とした追跡技術を用いて大多数の人々の移動軌跡の取得に成功した。

また、一定時間ごとに、行動パターンを用いて移動軌跡をリアルタイム分類することにも成功した。得られる結果は以下の2つとなる。一つ目は、行動パターンによる分類で異常とみなされる移動軌跡、二つ目は、分類された移動軌跡のうち、各カテゴリでの生起確率が低いと見なされる移動軌跡である。

さらに、非常に混雑した場所で高精度に異常検知を行なうために、出入口情報や通路情報などの環境側情報、局所的な人の流れ、人々の相互作用など移動に影響する要素を細かく加味した新規性の高いモデルを構築した。そして、実際に JR の駅に監視システムを設置し、適用実験を行い、有効に動作させることに成功した。

### (2) 共同実験およびデータセット構築

開発した手法の更なる検証を行なうために、実環境での実験を行なった。実験は2回行い、一つは日立製作所株式会社との共同研究、もう一つは JR 東日本株式会社との共同研究で、共に混雑状況での歩行者情報の取得を行なった。前者の実験では、数台の水平レーザスキャナセンサを用い、テストおよび評価を行なった。後者の実験では、水平レーザスキャナセンサ、カメラ、Kinect センサを用いた。両実験で、非常に有用なデータを取得でき、更なる研究の発展のためにデータベース構築を行なうことができた。

### (3) システム統合

既存の手法を統合し、統合監視システムを開発した。まず、水平レーザスキャナセンサやカメラなどの異なるセンサからの情報を統合するために、リアルタイム機械学習技術を提案した。さらに、混雑した屋外でも高精度に検知、移動軌跡観測、行動パターン分類を行うシステムを開発した。

次に、既存の機能を統合し、リアルタイムかつ無人環境において、移動軌跡観測、環境側設備等の位置取得、異常検知を同時に行う極めて新規性の高いシステムを開発した。これら3つの機能が相互補完し合い、精度を高めることに成功した。このシステムは、以下の3点において、既存の研究と比較して優れていると考えられる。まず、一点目として、60m×35m以上の広範囲における観測が可能であり、移動軌跡観測、環境側設備等の位置取得、異常検知を同時に、かつ、リアルタイムかつ無人環境において行なうことができることが挙げられる。二点目は、機械学習を行うことで、逐次精度を向上させることができる点である。この効果により、リアルタイムでの

検知の精度がより高まると考えられる。最後の三点目として、全てを無人環境下で行えることがあげられる。このことにより、手動での行動パターン分類やデータベース整備などを行わずにすむ。そして、このシステムを JR の駅で実際に適用実験を行い、60m×35mの範囲をカバーし、同時に180人以上の移動軌跡の取得、リアルタイムに環境側情報を更新と異常検知を無人環境下で行うことに成功した。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

(1) X. Song, J. Cui, H. Zhao, H. Zha, R. Shibasaki, "Laser-based Tracking of Multiple Interacting Pedestrians via On-line Learning", accepted by Neurocomputing, Elsevier.

(2) X. Song, X. Shao, Q. Zhang, R. Shibasaki, H. Zhao, J. Cui, H. Zha, "A Fully Online and Unsupervised System for Large and High Density Area Surveillance: Tracking, Semantic Scene Learning and Abnormality Detection", ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (ACM-TIST), 4(2): 20, 2013.

(3) Q. Zhang, X. Song, X. Shao, R. Shibasaki, H. Zhao, "Unsupervised skeleton extraction and motion capture from 3D deformable matching", Neurocomputing, Elsevier, pp.170-182 2013.

(4) X. Song, H. Zhao, J. Cui, X. Shao, R. Shibasaki, H. Zha, "An Online System for Multiple Interacting Targets Tracking: Fusion of Laser and Vision, Tracking and Learning", ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (ACM-TIST), 4(1): 18, 2013.

(5) X. Song, X. Shao, Q. Zhang, R. Shibasaki, H. Zhao, H. Zha, "A Novel Dynamic Model for Multiple Pedestrians Tracking in Extremely Crowded Scenarios", Information Fusion, Elsevier, 2012.

(6) Q. Zhang, X. Song, X. Shao, H. Zhao, R. Shibasaki, "Just a Single Labeling for Structural Knowledge Modeling", to appear in Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2013.

(7) Q. Zhang, X. Song, X. Shao, H. Zhao, R. Shibasaki, "Unsupervised 3D Category Discovery and Point Labeling from a Large

Urban Environment ", to appear in Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 2013.

(8) X. Song, X. Shao, Q. Zhang, R. Shibasaki, H. Zhao, H. Zha, "Laser-based Intelligent Surveillance and Abnormality Detection in Extremely Crowded Scenarios", Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 2170-2176, 2012.

〔学会発表〕(計 1 件)

X. Song, X. Shao, Q. Zhang, R. Shibasaki, H. Zhao, H. Zha, "Laser-based Intelligent Surveillance and Abnormality Detection in Extremely Crowded Scenarios", IEEE Robotics and Automation Society

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

Intelligent Perception and Urban Computing Group

[http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/song/?page\\_id=50](http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/song/?page_id=50)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宋 軒 (SONG XUAN)

東京大学 空間情報科学研究センター 特任助教

研究者番号：2 0 6 0 0 7 3 7

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：