

移動体の自己位置情報を利用した画像からの異常領域検出

小山 俊隆† 鈴木 崇啓† 別所 史浩‡ 原田 達也† 國吉 康夫†

† 東京大学大学院情報理工学系研究科 ‡ 東京大学工学部

1 はじめに

近年、警備ロボットや自動車などの移動体に装備されたカメラから不審物の出現や物体の消失、見た目の変化といった異常を検出する機能が必要とされている。移動体においては発見した異常箇所に近づき詳細な情報を得るなど、異常に能動的に対処することが望まれる。そのため、画像内の異常領域を特定する必要がある。

そこで本研究では、移動体に装備されたカメラ画像から物体の有無や見た目の変化などの異常領域を特定することを目的とする。提案手法では自己位置情報を用いることでデータベースから対応画像を選出し、画像間の特徴点の比較を行う。屋内環境での実験により、提案手法が多様な環境下で有効であることを示す。

2 自己位置情報を利用した異常マップの作成

移動体は様々な環境を移動するため、ある環境での通常・異常を理解するためには、その環境に対応した画像をデータベースから選出し画像同士を直接比較するアプローチが有効である。関連研究として、非固定カメラで撮影した動画から入力画像に類似した画像を対応画像として選出し、比較することで画像間の変化領域を検出するもの [1, 2] がある。しかし、そもそも画面内の異常領域が大きい場合は画像の類似度から対応画像を選出することは難しい。そこで、本研究では画像以外の環境情報として移動体の自己位置情報を併用することで対応画像を探索する。このような研究として [3, 4] が挙げられるが、画素やエッジの総量の変化にのみ着目しているため、照明変動などの環境変化に対応することや物体の詳細な形状を捉えた異常検出を行うことが難しい。

物体形状を捉えた変化検出のため、[1, 2] では特徴点抽出に基づく変化領域検出を行っている。本研究でも両画像から得られる特徴点を比較し、特徴点同士の対応・非対応を考慮することにより異常マップを得る。手法の流れを図 1 に示す。

2.1 自己位置情報を用いた対応画像の探索

あらかじめ上方からの視点の 2 次元の環境地図を作成し、画像に撮影位置を付加したデータベースを作成する。異常検出時には環境地図中での現在の自己位置

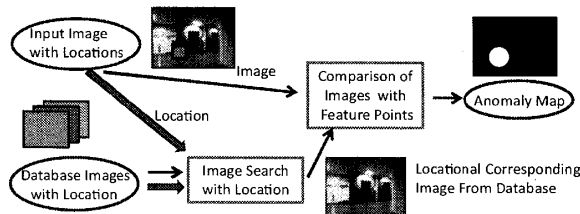


図 1: Flowchart of the proposed method.

を推定し、位置が最も近いデータベース中の画像を対応画像として選出する。移動体の自己位置として環境地図上の 2 次元座標 x, y と姿勢 θ を用いる。

2.2 画像間の視点修正

移動体は様々な環境下を移動するため、特徴点は変動する環境下でも物体形状を捉えられる必要がある。そのため、本研究では SURF (Speeded Up Robust Features) を用いる。これは画像の局所の輝度勾配を利用する特徴で、リアルタイムの物体認識や検出において高い性能が示されている。

新規画像と自己位置情報により選出される画像間では撮影視点のずれが生じるため、同じ物体や見た目でも異なる特徴として検出される可能性がある。そこで、選出された画像を現在得られた画像の視点に変換する処理を施す。まず現在画像と対応画像から特徴点として SURF を抽出し、それらの対応点を基に射影変換行列を算出し視点の修正を行う。対応点に含まれる可能性のある外れ値を除外するために、RANSAC などのロバスト推定を用いて平面射影行列の推定精度を向上させる。

2.3 異常マップの作成

現在画像と射影変換された対応画像から抽出された SURF の比較を行い、物体の有無や見た目の変化を異常として検出する。視点修正後のデータベース画像から得られる特徴点は視点ずれの影響が解消されている。そこで、視点修正後の画像から再び SURF を抽出し、現在画像から得られた SURF と比較することで対応点と非対応点を抽出する。位置が大きく変化した場合は異常とするため、マッチングの際には近傍の特徴点のみ探索候補とする。

異常領域においては特徴点に変化している可能性が高いため、非対応点が多く検出されると考えられる。そこで非対応点を用いて非対応点マップを作成する。特徴点は物体の一部からしか得られない可能性がある。

Anomaly Region Detection from Images with Self-Location Information of Moving Platform

†T. KOYAMA, †T. SUZUKI, ‡F. BESSHO, †T. HARADA, and †Y. KUNIIYOSHI

†Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo ‡Faculty of Engineering, The University of Tokyo

そこで、特徴点の影響を周辺領域にも波及させるため、非対応点マップ計算時に非対応点周辺の画素にガウスカーネル関数をかける。また、特徴点の密度が増加するほどマッチングの際の誤りの非対応点も増加する。このようなノイズ的な非対応点の影響を打ち消すために、非対応点周りと同様の処理を対応点周りに行い対応点マップを計算し、非対応点マップと統合する。閾値により統合したマップの各画素の異常の有無を 2 値化することにより最終的な異常マップを作成する。

3 実験

3.1 対応画像を手手で与えた時の異常マップ作成実験

まず、自己位置推定を用いた対応画像の探索と分離して異常マップ作成手法の評価を行うため、通常風景を映した画像と、撮影視点をずらして異常を撮影した画像を手手で用意し、視点修正及び異常マップ作成実験を行った。

実験環境として研究室、廊下、エレベーターホールなどを用意した。まず通常の様子を撮影し、次に撮影視点を変化させ異常画像を撮影した。異常画像中には通常の風景に新規物体が出現している。新規物体としてはギター、ポスター、キャリーケース、通行止めなどを用いた。図 2 に実験に用いた画像の一例を載せる。(a) が廊下を映した通常画像で、(b) が異常を含む画像である。画面右下にギターが新規に出現しており、本実験ではその存在領域を異常領域として検出できることが期待される。実験結果として (c) に非対応点マップを、(d) に対応点マップを、(e) に統合後の異常マップを、(f) に 2 値化した異常マップを示す。ガウスカーネル関数のパラメータや異常 2 値化の際の閾値は実験的に探索し、固定値を用いた。異常判別の閾値は対応点マップ、非対応点マップ、異常マップともに同じ値を用いた。

(f) から異常マップにおいてギターの存在領域が異常として検出できていることがわかる。また、(c) (d) (e) の比較により、誤検出された非対応点の影響を、対応点マップとの統合により排除できていることがわかる。

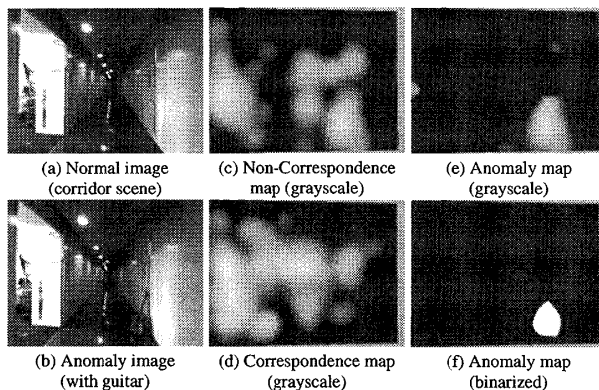


図 2: Experiment of anomaly region detection.

3.2 自己位置推定と異常マップ作成の統合実験

研究室内の環境で、自己位置情報を用いた対応画像の探索と異常マップ作成を組み合わせたリアルタイムの統合実験を行った。移動ロボットプラットフォームとして Segway RMP を用い、カメラと LRF を装備した。移動ロボットを手動で操作し SLAM を用いて環境地図作成を行った。SLAM には coresslam*を用いた。図 3 (a) に作成した実験環境地図を示す。青い部分が LRF により観測された壁などで、緑の線がデータ収集時の移動軌跡である。

テスト時には環境地図とオドメトリと LRF スキャンに基づいてモンテカルロ法により現在自己位置を推定した。実験結果を図 3 に示す。(b) は自己位置情報を用いてデータベースから選出された画像である。(c) はテスト画像であり、新規にポスターが増えている。(d) は得られた異常マップである。

(d) から、この実験でも異常領域と想定したポスターの領域が検出できており、推定した自己位置情報を用いた場合にも手法が有効であることがわかる。また、Core2 Extreme QX9300 (2.53GHz) の CPU を用いて、約 1fps での動作が実現でき、リアルタイム性を保持していることも示した。

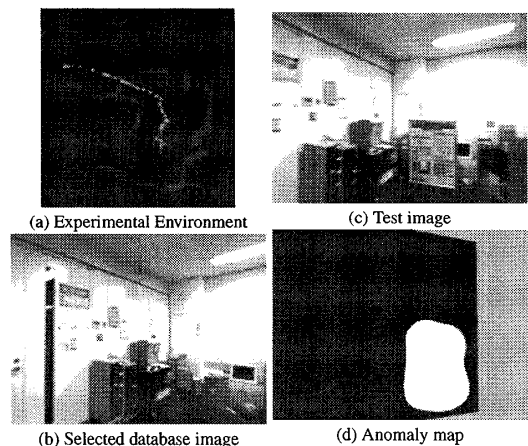


図 3: Integral experiment.

4 まとめ

本研究では、自己位置情報を利用することでデータベース画像から対応画像を選出し、SURF を比較することで異常領域マップを作成する手法を提案した。屋内環境での移動ロボットを用いた実験により手法の有効性を示した。

参考文献

- [1] P. Sand et al. Video matching. *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 23, No. 3, pp. 592-599, 2004.
- [2] R. Mitsumori et al. Change Detection Based on SURF and Color Edge Matching. *Proc. ACCV*, 2009.
- [3] J. Ssto et al. Change detection in streetscapes from GPS coordinated omni-directional image sequences. *Proc. ICPR*, Vol. 4, pp. 935-938, 2006.
- [4] K. Primdahl et al. Change detection from multiple camera images extended to non-stationary cameras. *Proc. Field and Service Robotics*, 2005.

*<http://www.openslam.org/coresslam.html>