

陰影の移動ベクトルの推定に基づく陰影の変動に頑健な留置物検知

齊木 信仁[†] 青木 恭太[‡]

宇都宮大学大学院工学研究科〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2

E-mail: [†]mt086514@ced.is.utsunomiya-u.ac.jp, [‡]kyota@is.utsunomiya-u.ac.jp

あらまし 本稿では、監視カメラを用いた留置物検知システムを提案する。このシステムは1台のパン・チルト・ズームカメラで広域を監視することを想定している。この状況下では同一箇所の撮影間隔が増大し、照明変動による誤検出が生じる。高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知はその様な状況下でも誤検出を引き起こさない侵入検知方式だが、この方式でも太陽の移動によって移動する陰影が誤検出を引き起こす。本稿では、大きな建物の直線状の陰影の移動から陰影の移動ベクトルを推定し、それを基に画像全体の陰影変動領域を推定する。推定された陰影変動領域を高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知の結果から除去する方式を提案、実現する。

キーワード 陰影変動領域推定, 陰影の移動ベクトル推定, 留置物検知

Robust Objects Detection under Direct Sunshine based on Motion Vector Estimation of Shadows

Nobuhito SAIKI[†] Kyota AOKI[‡]

Faculty of Engineering, Utsunomiya University 7-1-2 Yoto, Utsunomiya-shi, Tochigi, 321-8585 Japan

E-mail: [†]mt086514@ced.is.utsunomiya-u.ac.jp, [‡]kyota@is.utsunomiya-u.ac.jp

Abstract This paper proposes object detection system using a surveillance camera. This system oversees large area with one pan tilt zoom camera. In this case, shoot intervals increase. When a lighting changes, false detection occurs. It withstands the lighting changes, invasion detection under varying illumination based on reliable motion estimation and background subtraction. But this method has false detections when shadows move with the motion of the sun. This system estimates motion vector of shadows. The proposed method remove false detection in invasion detection under varying illumination based on reliable motion estimation and background subtraction.

Keyword estimate motion of shadow, estimate vector of shadow, object detection

1. まえがき

監視カメラの性能が向上し、安価になったことから、多くの場所に監視カメラが設置される様になり、画像による侵入検知は監視カメラ画像監視員の補助として重要になってきている。広域に多数の安価なカメラを設置すると設置費用が単一のパン・チルト・ズーム可能な高性能カメラを設置した場合よりも大きくなり、維持費も増加する。そこで1台のパン・チルト・ズーム可能なカメラで広域を監視することが望ましい。1台のカメラで広域を監視すると同一箇所の撮影間隔が大きくなる。また、爆弾の入っている箱等の留置物の検知を行おうとすると、通常よりもズームをして監視を行う必要がある為、更に同一箇所の撮影間隔が大きくなる。撮影間隔が大きくなると、既存の侵入検知方

式では照明変動をはじめとする様々な誤検出が生じる。高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知[1]は、照明変動下でも誤検出を起こさない侵入検知方式である。

高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知方式は、1組の基準画像と対象画像から高信頼動き推定により動きなしブロックを検出し、動きなしブロックの輝度変動により照明変動を推定する。推定された照明変動を元に動き不明ブロックの照明変動を推定し、画像全体の照明変動を推定する。照明変動の推定結果を用いて対象画像を補正し、背景差分により侵入判定を行う。この方式は背景差分法で誤検出を引き起こす日光の雲による遮蔽が片方の画像にのみ起こっている画像対でも誤検出を起こさない方式で

ある。この方式の能力を明らかにする為に 2600 組の画像で実験を行うと、90%の状況下で誤検出を抑制しつつ、5×5画素程度の小物体まで検出した。5%の誤検出は、晴天時の陰影の移動により引き起こされた。陰影の変動に頑健な屋外広域監視システム[2]では、2画像の建物の陰影と日の当たっている領域の境界を検出し、建物の陰影の変動領域を推定したが、陰影境界が線分でなくてはならないとの制限があった。大きな建物は、直線をもとに構成されている場合が多く、建物自体の境界の多くは線分である。しかし、影が投影される地表面は、完全な平面ではなく凸凹を持つ。そのために、直線状の建物境界の影も曲線となる場合もあり、建物境界による陰影の境界も曲線となる場合も多い。陰影の境界が曲線となっている場合には、従来の直線状の陰影境界を探索する方式では、検出できない陰影境界も多くあった。

本稿では、推定された建物の直線状の陰影境界から、2観測画像間の陰影境界の移動ベクトルを推定し、推定された陰影境界の移動ベクトルを用いて画像全体の陰影の変動を推定する方式を提案する。さらに、推定された直線状ではない陰影境界をもつ陰影変動領域を高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知方式の検知結果から除去することにより、直射日光などにより生じる陰影境界の移動により発生する誤検出を抑制することで、従来よりも誤検出の少ない留置物検知方式を提案する。また、実験により誤検出の抑制効果を検証する。

2. 提案方式

提案方式では、高信頼動き推定と背景差分を用いて照明変動に頑健な侵入検知を行う。この方式では、高信頼動き推定を用いて対象画像の照明変動を推定・補正し、背景差分によって侵入検知を行う。提案方式では、前記の結果において陰影の変動領域を推定する。陰影の変動によって引き起こされる誤検出の中で、最も大きな誤検出は大きな陰影の移動が起こる建物の陰影である。建物の陰影変動領域を建物の陰影の特性を用いて推定する。推定された建物の陰影変動領域から、

表 1. 建物の陰影の特性

色	陰影領域は日光の当たっている領域よりも RGB の値が小さい
位置	太陽の移動によって短い時間間隔では、並進動きのみを示す。
形	建物の輪郭の投影が現れる。多くの場合線分に囲まれている
大きさ	建物の大きさに比例して大きくなる。季節や時刻により多種多様な形になる

陰影の移動ベクトルを推定する。推定された陰影の移動ベクトルを用いて画像の陰影変動領域を推定する。推定された陰影変動領域を高信頼動き推定と背景差分に基づく照明変動に頑健な侵入検知の検知結果から除去することにより陰影の変動による誤検出を除去した。提案方式の流れを図 1 に示す。

3. 陰影変動領域推定

3.1. 建物の直線状陰影境界に基づく陰影変動領域推定

建物の陰影変動領域は陰影の移動により生じる為、2画像の建物の陰影と日の当たっている領域の境界がわかれば推定できる。2画像の建物の陰影と日の当たっている領域の境界を建物の陰影の特性を用いて推定する。建物の陰影の特性を表 1 に示す。建物はほぼ直線状で構成されているので、その陰影は線分に囲まれてい

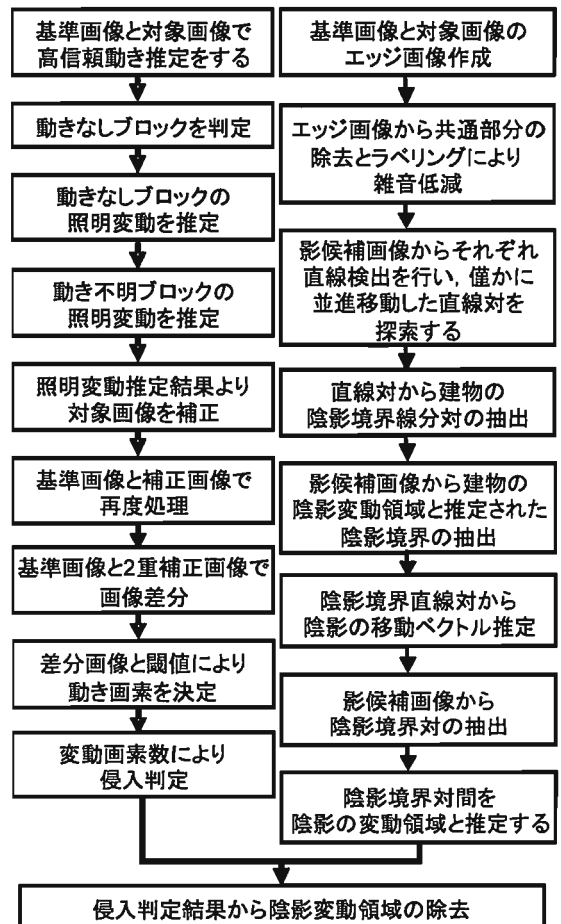


図 1 提案方式の流れ

る。また、陰影は太陽の移動に伴って移動するので、短時間では並進動きのみを示す。陰影領域は日の当たっている領域よりも RGB 値が小さい。

これらの特性を用いて建物の陰影の変動領域を推定する。特性のうち、大きさは季節や時刻により多種多様となり、陰影変動領域と留置物との類別が困難であるため、陰影の推定には用いない。

基準画像と対象画像の建物の陰影と日の当たっている領域の境界をエッジ検出と直線検出と線分検出により検出する。

陰影と日の当たっている領域の境界の色の特性から、エッジ画像には陰影と日の当たっている領域の境界があらわれる。

位置の特性から、基準エッジ画像と対象エッジ画像の同一位置に存在するエッジは陰影と日の当たっている領域の境界ではない。

上記2点より基準画像と対象画像のエッジ画像を作成し、その共通エッジを除去することにより移動する陰影と日の当たっている領域の境界と留置物のみを残す。さらに小領域除去により影候補画像を作成する。位置と形の特性から、建物の陰影と日の当たっている領域の境界は線分で、かつ僅かに並進移動する。基準画像と対象画像から作成した影候補画像から直線検出を行う。直線検出結果において、距離と角度が近く、重なっていない2本の直線を探索する。この陰影境界直線対から陰影変動領域を抽出する。陰影境界直線対と影候補画像の線分検出結果の合成により陰影境界線分対を探索する。陰影境界線分対間を建物の陰影変動領域とみなす。陰影変動線分対間を膨張と収縮により埋め建物の陰影変動推定領域とした。

この推定方式は直線検出と線分検出による推定の為、線分で囲まれた陰影変動領域しか推定できない。陰影が歪んだ地面に投射された場合は陰影境界が歪む為、陰影領域を推定することができなかった。また、各処理には閾値が設定されていて、閾値以下の直線と線分が検出できない。以上の状況に対応する為、陰影の移動ベクトルを推定し、陰影変動領域を推定する。

3.2. 陰影移動ベクトルの推定

建物の陰影変動領域推定結果を用いて、陰影の移動ベクトルを推定する。影候補画像の中から建物の陰影変動領域と推定されたエッジを抽出し、直線検出により陰影境界直線対を検出し、陰影移動ベクトルを推定する。陰影移動ベクトルは角度が大きく異なる2直線対から移動ベクトルを求めた。それぞれの直線対の移動ベクトルの和を求め、移動ベクトルの大きさを調整する。移動ベクトル推定の手順を図2に示す。

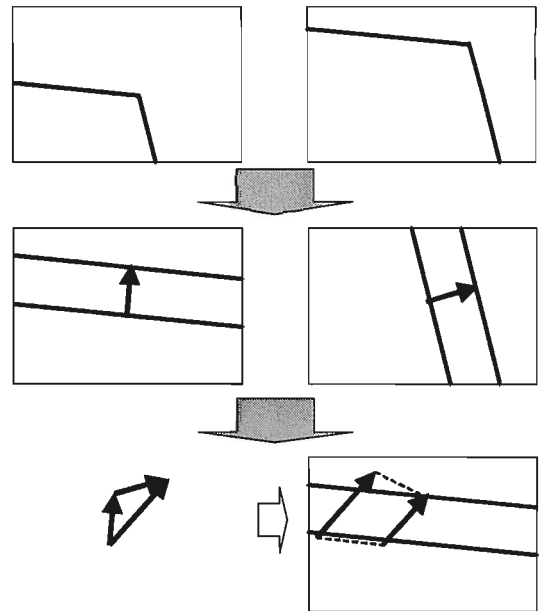


図2 移動ベクトル推定の手順

陰影移動ベクトル推定手続き

- ・ 影候補画像の中から建物の陰影変動領域と推定されたエッジを抽出する。
- ・ 抽出された画像に直線検出を行い、基準影候補画像から得られた直線と対象影候補画像から得られた直線の対で、傾きが等しく微小位置ズレを有するものを陰影境界直線対とする。
- ・ 2組の陰影境界直線対で交わる角度の大きい対を用いて、得られた陰影境界直線対の移動ベクトルをそれぞれ求める。
- ・ 2組の陰影境界直線対の移動ベクトルの和を求め、陰影境界直線対の移動ベクトルにその成分の移動量が一致するように移動ベクトルの大きさに合わせる

3.3. 陰影変動領域推定

得られた移動ベクトルを用いて画像の陰影変動領域を推定する。得られた移動ベクトルは建物の陰影の移動ベクトルである。建物の陰影の移動ベクトルと同一の移動ベクトルを持つ陰影境界対を探索する。基準画像の影候補画像を探索していき、値が0以外のピクセルがあった場合、対象画像の影候補画像の陰影移動ベクトル移動したピクセル位置近傍に0以外のピクセルが存在するとき基準画像および対象画像の陰影境界対と判定する。陰影境界対の間を膨張と収縮により埋め、陰影変動領域とした。

陰影移動ベクトルを用いることで、建物の陰影変動領域推定では推定できない曲線に囲まれた陰影変動領域や短い線分に囲まれた陰影変動領域も推定することができる。

4. 実験と結果

実験例に示した画像は7月の朝方、ネットワークカメラで撮影した640×480のJPEG圧縮カラー画像である。実験は、高信頼動き推定方式において6×6の動き推定ブロックを用いて、ブロックマッチング、0度方向輝度投影相関及び45度方向輝度投影相関を使用し、すべての動き推定結果が動きなしである場合、そのブロックを動きなしブロックと判定する。提案方式の建物の陰影変動領域推定は陰影境界直線対を見つける事を優先し、直線、線分検出において、陰影の変動に頑健な屋外広域監視システムよりも大幅に閾値を下げています。また、陰影の変動に頑健な屋外広域監視システムでは提案方式の小領域除去はしていない。

画像は野外を写したもので、侵入物があり、かつ陰影の変動が起こっている画像対である。実験例に示す基準画像、対象画像、提案方式結果、陰影の変動に頑健な屋外広域監視システム検知結果、高信頼度動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知結果、基準画像のエッジ画像、対象画像のエッジ画像、基準画像の影候補画像、対象画像の影候補画像、提案方式の建物の陰影変動領域推定結果、陰影の変動に頑健な屋外広域監視システムの建物の陰影変動領域推定結果、提案方式の陰影変動領域推定結果を順に図3から示す。

高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知(図7)は、陰影変動により誤検出が起きる。陰影の変動に頑健な屋外広域監視システム(図6)では、陰影変動の誤検出が減少したが陰影変動による誤検出が残っている。提案方式結果(図5)では誤検出がなくなった。侵入オブジェクトは高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知と同程度に推定された。基準画像の影候補画像(図10)、対象画像の影候補画像(図11)では、陰影境界と侵入物だけが処理の影響を受けずに残っている。

基準画像のエッジ画像(図8)と対象画像のエッジ画像(図9)と比較してもそれぞれ雑音が増加した。提案方式の建物の陰影変動領域推定結果(図12)では建物の陰影変動領域の直線上に僅かに誤検出が発生した。陰影の変動に頑健な屋外広域監視システムの建物の陰影変動領域推定結果(図13)では、陰影変動領域として推定できたのは一部である。陰影変動領域推定結果(図14)では、画像中央の陰影変動領域の他、街灯の陰影変動領域も推定している。

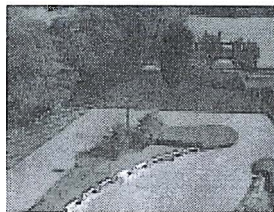


図3 基準画像

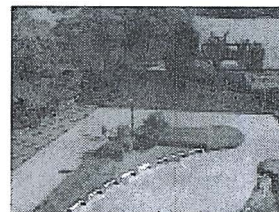


図4 対象画像

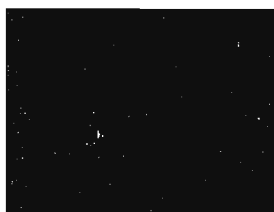


図5 提案方式結果



図6 陰影の変動に頑健な屋外広域監視システム検知結果

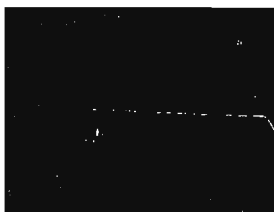


図7 高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知結果



図8 基準画像のエッジ画像



図9 対象画像のエッジ画像



図10 基準画像の影候補画像



図11 対象画像の影候補画像



図12 提案方式の建物の陰影変動領域推定結果

5. まとめ

本報告では、高信頼動き推定と背景差分に基づき侵入を検知し、既存方式において大きな誤り原因となっている陰影の変動領域を建物の陰影変動領域の推定結果から陰影の移動ベクトルを推定し、ベクトルを用いて画像全体の陰影変動領域を推定し、検知結果から除去する方式を提案し、実画像実験により誤検出の大幅な減少を確認した。

提案方式では、既存方式において誤検出を引き起こす陰影変動領域を建物の陰影変動領域の移動ベクトルを用いて推定した。建物の陰影変動領域は建物の陰影の特性を用いて検出した。エッジ検出と直線検出を用いて建物の陰影境界を検出し、線分検出により陰影境界線分対を検出し、膨張と縮小により建物の陰影変動領域を推定した。建物の陰影変動領域情報から陰影の移動ベクトルを推定し、画像全体から陰影の移動ベクトルと同一の動きをするエッジを抽出し、陰影変動領域を推定した。高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知結果から、推定された領域を除去することで陰影の移動による誤検出を除去した。提案方式は高信頼動き推定と背景差分に基づいた照明変動に頑健な侵入検知結果から陰影変動のみを除去することを確認した。

本稿で推定した陰影変動領域は建物の陰影変動からベクトルを推定している。陰影の移動量は物体と建物の距離に比例するので建物の陰影移動ベクトルを用いて全ての陰影変動領域を推定することは出来ない。

本稿で推定した陰影変動領域情報と、時刻情報を用いてカメラの方角を推定し、太陽の位置を推定することで周囲の3次元構造の推定とそれによる更に正確な陰影変動領域の推定が今後の課題である。

6. 参考文献

[1] 猪野, 野辺, 青木, “高信頼動き推定に基づいた照明変動に頑健な侵入検知”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.2006, No.132, pp1-6, 2006.

[2] 齊木, 青木, “陰影の変動に頑健な屋外広域監視システム”, “2008 FIT, 分冊 3, no.I-048, pp.295-296, Sept.2008.



図13 陰影の変動に頑健な屋外広域監視システムの建物の陰影変動領域推定結果



図14 提案方式陰影変動領域推定結果