

領域型背景差分手法による変化情報を用いた屋内物体移動検知手法

小田嶋 成幸^{†1} 森 武 俊^{†1} 下坂 正 倫^{†1}
野口 博 史^{†1} 佐藤 知正^{†2} (東京大学)

1. 緒 論

現在、コンピュータの計算速度上昇、ストレージの大容量化などにより、生活者の行動履歴である「ライフログ」を用いた支援の実現が期待されている。ライフログとして、人の物品操作に注目した場合、物探し支援¹⁾、物品操作を考慮した行動認識²⁾や、蓄積した物品操作ログを用いた生活者支援など、様々な応用が考えられる。本研究では、部屋に設置したカメラ映像を用い、部屋内における物体移動を検知する手法を提案する。

これまで、著者らは複層型背景差分とエッジ増減量を利用した「物体が置かれた」、「物体が取り除かれた」イベントを検知する手法を提案してきた³⁾。しかし、単眼画像の情報のみを用いていたため、部屋内のどこで物体移動が生じたのか検知できないという限界があった。本稿では、我々が構築してきた物体検知手法をステレオカメラに拡張し、画像の変化情報から部屋内のどこで物体移動が生じたのかを検知する手法を提案し、行った評価実験の結果について述べる。

2. 手法 概 要

提案手法においては、ステレオカメラの両眼画像を主検知器・従検知器の2つに分け、主検知器で物体検知を行った結果を従検知器での画像と対応付けを行うことにより、物体移動の部屋内位置を求める。ステレオカメラの両眼画像で同時に物体検知を行うのではなく、一方において物体検知を、もう一方で対応付けをするだけにするという構成を取ることは、高計算コストの物体検知処理を省くことができる、検知タイミングのずれによる検知結果の矛盾を避けることができる等の利点が挙げられる。

図1に、本稿での提案手法の概要を示す。まず、主検知器に入力された単眼画像を用いて画像内での物体移動領域を抽出する。次に、主検知器で抽出された物体移動領域と、従検知器に入力された画像を比較し、従検知器における対応領域を抽出する。物体移動には「物体が置かれた」、「物体が取り除かれた」といった2パターンが挙げられるが、物体領域に比べ背景領域は低テクスチャであることが想定される為、入力画像のみを用いて対応付けを行った場合、物体が取り除かれた場合の対応付けが困難である。本研究では、従検知器においても背景画像を保存し、入力画像と背景画像を用いて対応付けを行うことにより、頑健な対応付けを行う。最後に、両眼で対応付けられた対応点座標を用いて物体移動の三次元座標を求め、またそれぞれの検知器において、検知した物体領域に対応した背景画像の更新を行う。

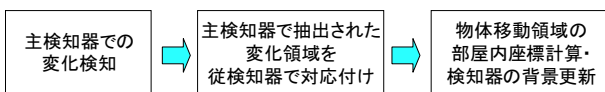


図1 手法概要

3. 領域型背景差分法を用いた変化検知手法

本研究では、主検知器における物体移動検知手法として、複層型背景差分法とエッジ増減量を用いた手法³⁾を用いる。図2に、主検知器における物体移動検知手法の概要を示す。

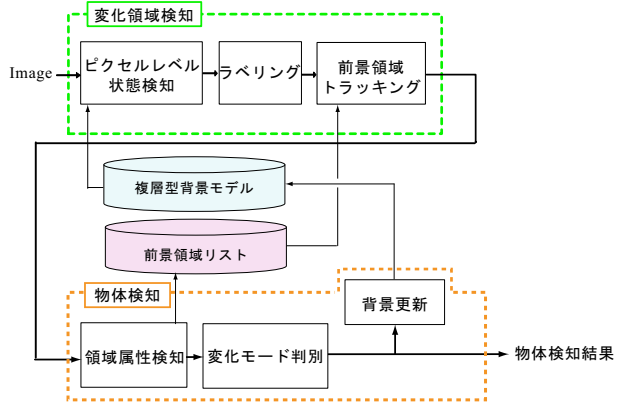


図2 主検知器における物体検知手法概要

主検知器における物体検知手法においては、まずグラフカットを用いた背景差分法を用い、入力された画像の変化部分を抽出し（図中「ピクセルレベル変化検知」）、変化部分を領域として抽出、トラッキングを行い、長時間動きが観測されなかったら物体領域、長時間動きが続いたら非物体領域として検知する（図中「ラベリング」、「前景領域トラッキング」、「領域属性検知」）。トラッキングを行い長時間の動き履歴を見ることにより、例えば人が座って本を読む等のシーンにおいて、人領域を物体として誤認することを防ぐことが可能になる。次に、抽出した物体領域について、背景からのエッジの増減量より物体設置・物体除去の判定を行う（図中「変化モード判別」）。

主検知器の物体移動検知では、画像中における物体領域が、物体設置・除去の何れであるかという情報が出力され、その情報を従検知器での対応付けに用いる。

4. 主検知器・従検知器の対応付けによる屋内物体検知手法

主検知器で得られた物体領域について、従検知器上でSSDを最小化するような部分の検出を行う。物体設置・除去検知時の頑健性を高める為、SSDを求める際には入力画像、背景画像の双方について対応付けを行う。即ち、主検知器における画素 (x_m, y_m) 、従検知器における画素 (x_s, y_s) について、主検知器で検知された物体領域を R として、

$$SSD = \sum_{(u,v) \in R} \{ (I_{im}(x_m + u, y_m + v) - I_{is}(x_s + u, y_s + v))^2 + (I_{bm}(x_m + u, y_m + v) - I_{bs}(x_s + u, y_s + v))^2 \} \quad (1)$$

ただし、 I_{im} 、 I_{is} はそれぞれ主検知器、従検知器の入力

^{†1} {odashima,tmori,simosaka,noguchi}@ics.t.u-tokyo.ac.jp

^{†2} tomomasasato@jcom.home.ne.jp

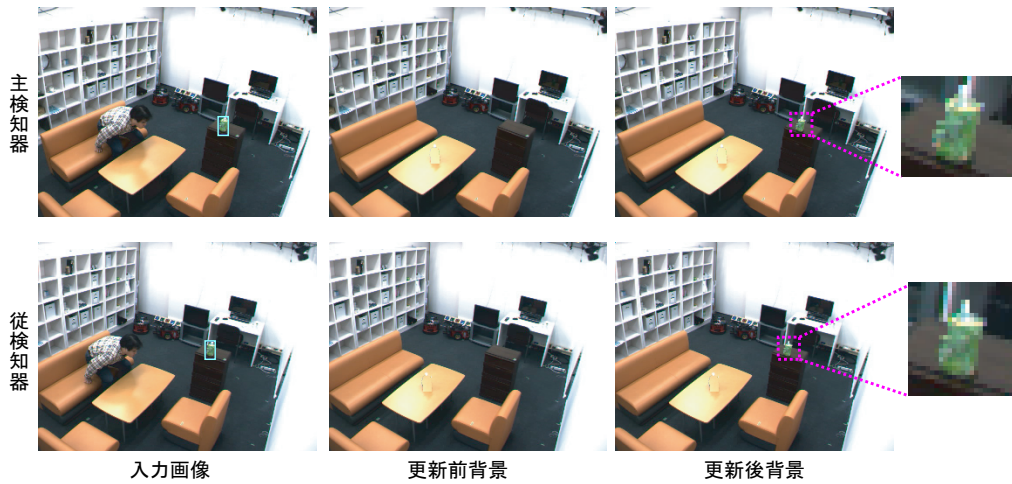


図 3 検知結果例

画像、 I_{bm} 、 I_{bs} はそれぞれ主検知器、従検知器の背景画像である。対応付けを求める際、予め両眼カメラをキャリブレーションすることにより求めたエピポーラ線上で対応付けを行う。

主検知器、従検知器での対応領域が求められたら、それぞれの領域の中心を代表点とし、代表点座標に歪補正を加えた後で、各々のカメラで予めキャリブレーションによって求めた外部・内部パラメータを用いて三次元座標復元を行う。

物体検知結果により、主検知器、従検知器の背景更新を行う。主検知器では検知した物体領域を、従検知器では主検知器において対応した物体領域の背景部分を更新する。

なお、設置を検知した物体について、物体検知後に除去が行われた場合、除去が検知された座標として設置が検知された座標と同一座標が得られるのが好ましい。本研究では、設置が検知された物体について座標も保持しておき、保持した物体が除去された場合には、除去座標として保持した三次元座標を用いる。

5. 実験

構築した手法について、家庭内環境を模した実験環境で撮影した動画を用い、物品位置の検出精度の評価実験を行った。実験に用いた動画は同時に各視点で2カメラ分、4視点で撮影した2シーケンスの動画の解像度320×240、7.5fpsのものを用いた。この動画中には、物品設置・物品除去イベントがそれぞれ68回(各視点での重複を除くと17回)ずつ含まれる。検出対象とした物品は、10[cm]×20[cm]×8[cm]のペットボトルに、モーションキャプチャ装置Optitrackの赤外線マーカーを貼付したものを用いた。位置精度算出にあたり、正しく物品の移動を検知したイベントについて、モーションキャプチャ装置から算出される位置を正解として、提案手法が検知した物品位置の誤差について評価を行った。

検知精度について、表1に示す。表中の二次元位置誤差は高さ方向を除いた位置精度、三次元位置誤差は高さ方向も含めた位置精度である。なお、位置精度算出に用いた、正しく検知したイベントは物体設置・除去イベント共にそれぞれ52回であった。位置精度について、誤差は物探し用途等に用いるのに十分範囲に収まっていると考えられ、提案した手法が頑健に動作していると考えられる。

表 1 提案手法の位置精度

	誤差平均 [cm]	誤差分散 [cm^2]
二次元位置誤差	7	20
三次元位置誤差	9	30

図3に、検知結果例を示す。図中上段は主検知器の画像を、図中下段は従検知器の画像を示す。また、「入力画像」中の青枠について、主検知器では検知した物体領域を、従検知器では主検知器での物体領域と対応付けられた領域を示す。図中「更新前背景」、「更新後背景」はそれぞれ主検知器・従検知器の物体検知前・物体検知後の背景画像を示す。図に示されるように、提案手法において主・従検知器の物体領域の対応付けは頑健に行われている。また背景更新においても、従検知器においても物体領域の背景更新が正しく行われていることが分かる。

6. 結論

本研究では、各視点におけるステレオカメラを主検知器・従検知器に分け、主検知器での物体検知領域を従検知器において対応付けすることにより、物体移動の屋内位置を算出する手法を提案した。評価実験の結果により、提案手法が物探し用途には十分な精度で屋内物体移動の位置を算出できることを確認した。将来課題として、構築した枠組を多視点に拡張することによって、より頑健な物体検知手法を構築することが挙げられる。

参考文献

- 1) 横山大作, 高橋桂太, 杉正夫, 森武俊. ライフログによる日用品管理システム構築の試み. 第26回日本ロボット学会学術講演会論文集, 2008.
- 2) A.Gupta, A.Kembhavi, and L.S. Davis. Observing human-object interactions: using spatial and functional compatibility for recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.31, No.10, pp. 1775–1789, Oct. 2009.
- 3) 小田嶋成幸, 佐藤知正, 野口博史, 下坂正倫, 森武俊. 複層型背景差分とエッジ増減量を用いた室内物体検出手法. 第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2009.