

移動カメラ画像からの移動体抽出手法

Method for Detecting Moving Objects Using Image Sequence Obtained by Moving Camera

新保 雅俊†
Masatoshi Shimpo平澤 雅人‡
Masato Hirasawa于笑然†
Yu Xiaoran大島 正毅‡
Masaki Oshima

1. まえがき

本論は走行中に他の車両や歩行者等の移動体を認識するため、移動カメラの時系列画像から他の移動体を抽出する手法を提案する。

ITSの分野では車両に搭載する車載カメラの画像処理による安全対策手法が提案されている。なかでも車載カメラの画像から歩行者を検出する手法が提案されている[1]。これは歩行者を抽出する為にテンプレートマッチングを用いている。また高速道路での自律走行を目的として、レーン認識する提案がある[2,3]。これらは道路の白線や道端を画像処理で抽出することで実現している。

移動カメラの画像は観測系の運動による影響を受ける。カメラ観測系の運動をジャイロや速度センサーから入力して、これらの拘束条件を画像処理に付加することによってオブジェクトを抽出する手法がある[4]。本論ではこのような装置の支援を受けず、観測系の運動が未知な画像を対象とする。静止画フレーム上で領域を分割し、各領域を時系列画像上で照合して得た移動ベクトルを手がかりに背景を分離し、移動体を抽出する手法を提案する。

2. 提案手法の概要

移動カメラで撮影された時系列画像は背景が刻々と変化するために背景差分法やフレーム間差分による手法では移動体の抽出が出来ない。本論では時系列画像から各領域の動きベクトルを算出し、ベクトルの性質を利用して背景と移動体の領域を選別する。

画像全体の動きを捉える手法としてオプティカルフローが良く用いられる。オプティカルフローの手法は画像全体の動きを効率よく検出でき、また高速な手法も提案されている[5]。本論ではカメラは車両、船舶、航空機等に搭載することを想定している。そのため実用的な要求として、抽出した移動体を追跡することも視野に入れる必要がある。そこで抽出した領域を特定することの出来る領域分割とマッチングによる抽出方法を用いる。

車載カメラで撮影された時系列画像上の任意の静止画像を領域分割すると天空や道路等、面積の大きさや座標の位置から明らかに背景と判断できる領域がある。車載カメラの画像領域は以下の様に表すことができる。

領域 = 背景 [天空, 道路, 景観] + 移動体 [車, 歩行者]

分割した領域を任意時間後の画像上で照合すると、元の画像上での移動ベクトルを得ることができる。全ての領域の移動ベクトルを算出すれば元の画像上でのベクトル場 M が得られる。このベクトル場 M は背景のベクトル M_{back} と

移動体ベクトル M_o から構成される。これを式(1)で表す。

$$M = M_{back} + M_o \quad (1)$$

直進する車両から撮影した画像は FOE(Focus of Expansion)を中心放射状に領域が移動する。すなわち FOE を中心とした湧き出しベクトルとなり背景のベクトル場は式(2)のように表される。a は正の数値である。

$$\text{div } M_{back} > a \quad (2)$$

ベクトル場 M から式(2)で表されるベクトル M_{back} を背景として除外すれば移動体のベクトル M_o を抽出することが出来る。

3. 提案手法

提案手法のフローチャートを図1に示す。以下それぞれの詳細を各節で述べる。

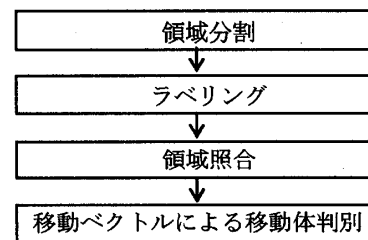


図1. 提案手法のフローチャート

3.1 領域分割

画像の領域分割には様々な手法が提案されている。その一つに画像の特徴量を利用したクラスタリング手法があり、代表的なものに K クラスタリング法がある。この手法は過分割と初期クラスタの影響度が大きいなどの点が問題とされており、その対処法等が提案されている[6]。もう一つの手法として Watershed に代表される領域成長法がある[7]。この手法はエッジ画像を用いることで、より領域の輪郭が良好に得られる特徴がある。しかし過分割の問題や時系列画像では移動体の輪郭がぼやけるため、時系列に沿って輪郭を強調する必要がありこのための手法が提案されている[8]。

本論で扱う画像の性質をまとめると次のようになる。

- 1) 屋外の自然画像である。
- 2) 道路や天空など予め予想できる背景がある。
- 3) 他の移動体は大きさや速度が予測可能である。本論における領域分割は時系列画像上で移動体を抽出する為の前処理であり、背景を大局的につかみ、移動体と推定される領域を効率的に領域化することが目的である。そこで指定範囲の輝度値を統合して同一の領域とする輝度階層化による領域分割手法を提案する。

†三菱電機 (株)

‡東京海洋大学

輝度階層化手法は画像に輝度の等高線を引き、等高線内を同一の輝度値で塗りつぶして領域化する手法である。

カラー画像の場合はまず 256 階調のモノクロ画像に変換する。これを指定された n 個の階調に階層化するため全画素の輝度 $D(x,y)$ を以下のアルゴリズム 1 で処理する。 $B[n]$ は階調値の配列である。

アルゴリズム 1

INPUT:n

$B[n] = \{(n+1) \cdot (255/n)\}$

$D(x,y) = B(D(x,y)/(255/n))$

この領域分割手法では背景と移動体の境界部分で輝度の差が少ない場合に、一体の領域となることがある。しかし後述するように境界部分の移動ベクトルを判定すると動きが不安定となるので、この性質を手がかりに抽出の対象から除外する事が出来る。その結果、背景と移動体の領域だけを判別の対象とすることが出来る。

3.2 ラベリング

分割した領域は抽出処理を行う際に個々の領域を特定するためラベリング (ラベル付け) する。高速なラベリング処理手法として 2 分探索法が提案されている [9]。二値化された複数のターゲットを高速にラベリングすることが可能であるがビジョンチップの利用を前提としている。本研究では画像をメモリ上で処理することを想定しているため、ラベリングに等価テーブル法を用いる [10]。

各種のラベリング手法には共通して二値化画像しか扱えないという制限がある。本論では領域を n 階層に分割するので、各階層でラベリング処理することで画像上の全ての領域にラベリングする。

ラベリング処理で各領域の大きさ (面積) も積算する。領域の大きさから判断して移動体ではないと判断できる要素を除去する。例えば道路や天空の領域は広い面積を占めている。また数ピクセルからなる小さな領域はノイズとして除去する。

3.3 領域照合

領域を高速にトラッキングする手法としては Self Window 法が報告されている [11]。この手法は対象領域を数画素膨らませた領域と入力画像領域との論理和により抽出するもので、高速のフレームレートではフレーム間での領域移動は僅かであるという仮定による。

本論では領域の移動ベクトルを求めるため、領域が移動を生じる任意のフレーム間隔をおいた画像上で領域照合を行う。実験では照合するフレームの間隔を 100m 秒とした。照合には精度と高速性の観点から残差逐次検定法 [12] を用い、その走査範囲も限定する。照合には階層化した画像ではなく、元の 256 階調の画像領域を用いる。

3.4 移動ベクトルによる対象領域の判別

本研究では短時間 (100m 秒程度) での自然画像内の物体の動きは直線に近似できることを前提とする [13]。判別には元の画像から等間隔の二つのフレームに渡る二本の移動ベクトルを用いる [14]。

前述したように背景と移動体の境界部分が同一の領域となった場合、その領域の移動ベクトルは不安定な動きを示す。そこで二つの移動ベクトル M_1 , M_2 の直進性を手がかりにその境界部分を判別する手法を提案する。

二つの移動ベクトルから式 (3)-(5) により偏差 Deflection を算出する。Deflection は二本のベクトルの直進性を表す。

$$M_1 = (x_1 - x_0, y_1 - y_0)^T \quad (3)$$

$$M_2 = (x_2 - x_0, y_2 - y_0)^T \quad (4)$$

$$Deflection = |2M_1 - M_2| \quad (5)$$

領域全体の Deflection を比較して偏差の大きい領域は迷走領域として抽出の対象から除外する。残った領域をベクトル場 M の構成領域とする。

次に背景と移動体の判別を行う。カメラ画像から得られる領域 R の移動ベクトル M_R はカメラと領域の為す三次元ベクトルの画面への射影である。背景の各領域はカメラと実体との相対速度が同じでも距離や角度によりベクトルの大きさは異なる。そこで本論では領域の判別パラメータとしてベクトルの方向 Direction を算出して用いる。画像の背景には FOE を中心とした湧き出しベクトルを想定し、湧き出しベクトルの向きに一致するベクトルを持つ領域を背景と判別する。ベクトルの方向を以下のアルゴリズム 2 で算出する。 l, m は背景ベクトルの場合には FOE から、また領域の場合には元座標からの x, y 方向の距離を用いる。

アルゴリズム 2

Input: l, m

Local: Pi は円周率

if $\text{atan2}(m, l) \cdot 180 / Pi < 0$

$Direction = (2 \cdot Pi + \text{atan2}(m, l)) \cdot 180 / Pi$

else

$Direction = \text{atan2}(m, l) \cdot 180 / Pi$

移動領域が複数ある場合にはさらに別の判別条件が必要となる。同じ移動体の領域は同じ大きさの移動ベクトルでグループ化できるという前提条件から式 (6) で表されるベクトルの大きさ M_{speed} をグループの判別に用いる。

$$M_{speed} = |M_2| \quad (6)$$

4. 実験結果

車両にビデオカメラを搭載して走行中に前方を撮影した。この録画画像の中から自動二輪車が前方を走行するシーンを 2 件選択して、本論の提案手法で処理した。

処理結果を図 2, 3 に示す。図 2 は昼間に一般公道で撮影したもので、図 3 はトンネル内で撮影したものである。

処理した画像はカラー画像、640x480 画素である。処理は画像をモノクロ化して行った。

領域分割の階層は 5 階層とした。

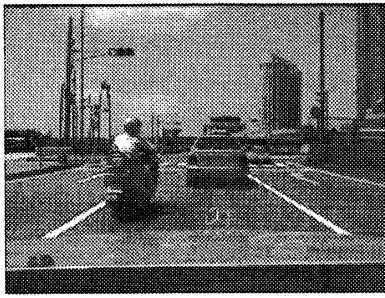
ベクトル算出のための画像間隔は 100m 秒とした。

FOE 点は撮影毎にカメラの位置を変更したため、処理毎にその座標値を与えた。

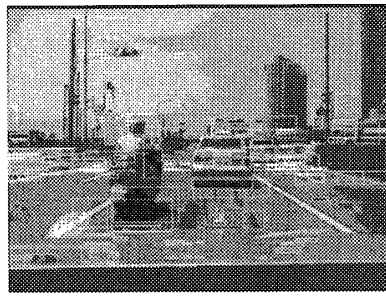
実験に使用した器材を表 1 に示す。

表 1: 実験に使用した機器

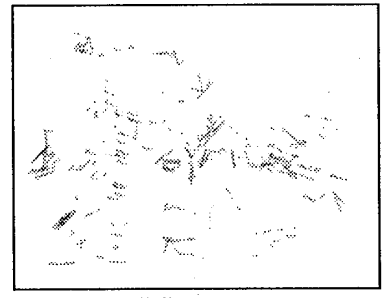
カメラ:	DCR-TRV7: SONY
計算機:	SUN ENTERPRISE3500; SunOS5.6



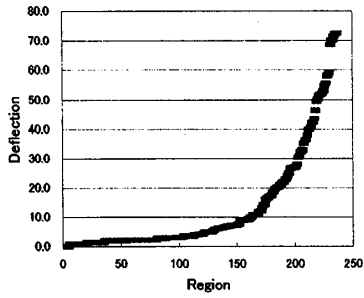
(a)原画像



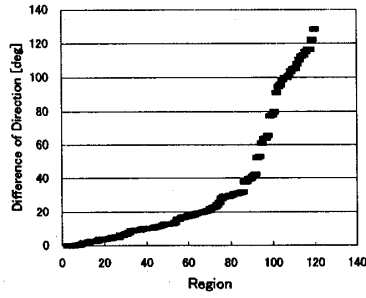
(b)領域分割とラベリング



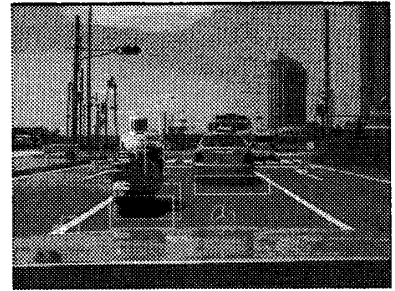
(c)移動ベクトル



(d)ベクトルの直進性による領域抽出

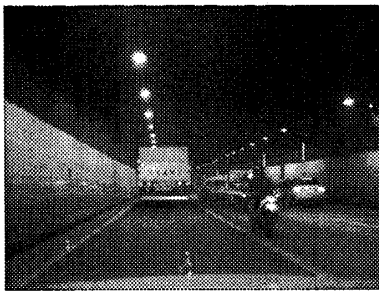


(e)交差角による背景との分離

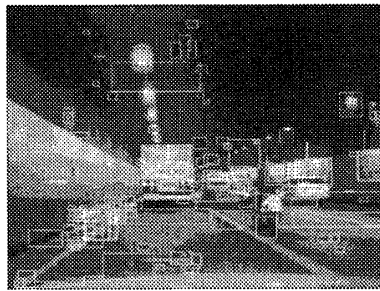


(f)移動体の抽出結果

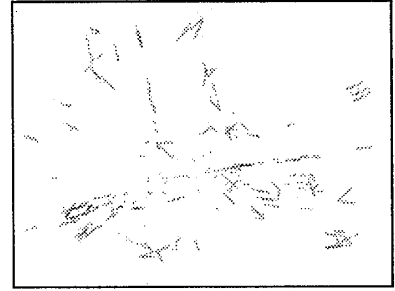
図2. 一般道路で撮影した画像の処理結果



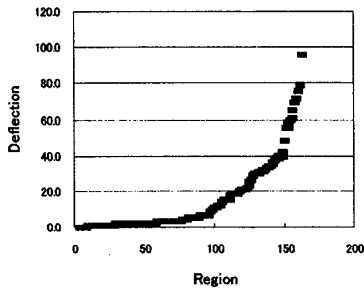
(a)原画像



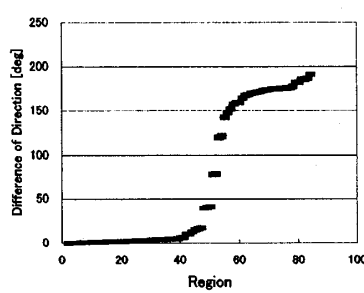
(b)領域分割とラベリング



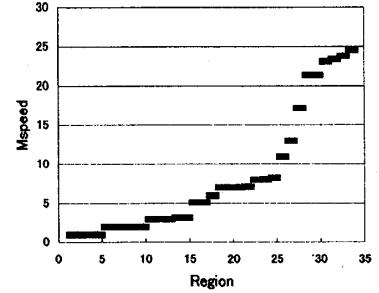
(c)移動ベクトル



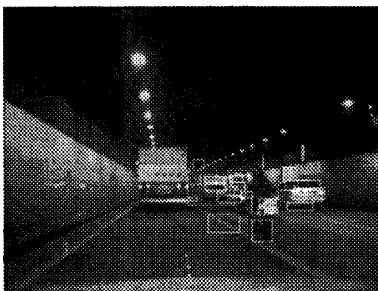
(d)ベクトルの直進性による領域抽出



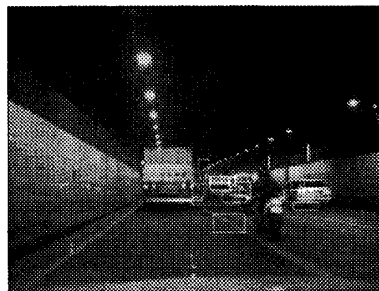
(e)交差角による背景との分離



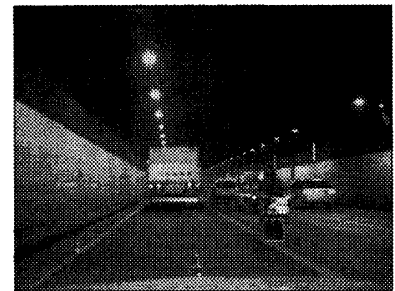
(f)ベクトルの大きさによる移動体の分離



(g)移動体の抽出結果



(h)移動体1 (低速) の抽出結果



(i)移動体2 (高速) の抽出結果

図3. トンネル内で撮影した画像の処理結果

図2のそれぞれの内容を述べる。a)はカラーの画像をモノクロ化した原画像である。b)は領域分割とラベリングの結果で、白色の枠で囲まれた部分がラベリングされた領域である。天空、道路、ノイズ等の領域は除かれている。c)は各領域の移動ベクトルを表す。2フレームに渡るベクトルを連結して表示している。折線に見えるのは直進性のない迷走領域である。d)は各領域の移動ベクトルの直進性を表す偏差 Deflection をソートして表示したものである。横軸が領域、縦軸が Deflection である。グラフの立ち上がり部分から、約120個の領域が直進性のあるベクトル場 M の領域と判別できる。e)は移動ベクトルと FOE から噴出すベクトルとの交差角度を表したグラフである。横軸が領域、縦軸が交差角度である。90deg 近辺で明確に領域の動きに差が見られる。90deg までを背景、それ以外を移動体として判別することが出来る。f)は移動体と判別された領域(前方を横切る自動二輪車)を白枠で示した結果を表す。

図3についても同様に、a)はモノクロ化された原画像、b)は領域分割とラベリングの結果、c)は各領域の移動ベクトルである。d)の Deflection のソート結果から約90個の領域が直進性のあるベクトル場 M の領域であると判別できる。e)の交差角度を表したグラフからは図1の結果と同様に90deg 近辺で明確に領域の動きに差が見られ、約30個の領域が移動体と判別できる。下段の g)に移動体の抽出結果を示す。この結果では複数の移動領域が抽出されている。そこで抽出した領域の移動ベクトルの大きさ $Mspeed$ をソートした結果を h)に示す。横軸が領域、縦軸が $Mspeed$ である。このグラフから移動体がほぼ二つの領域に分けられ、一つはより早い速度で移動している事がわかる。それぞれの領域を抽出した結果を h), i)に示す。i)では、 $Mspeed$ の大きい領域は並走して追い抜いてゆく自動二輪車であることが分かる。

5. 考察

移動ベクトルから算出した3種類の特徴値を用いて、移動体を抽出出来る事が確認できた。実験結果の各グラフで示されるように、特徴値のソート処理により、抽出のための閾値が簡易に求められる。直進するカメラ画像では移動体の動きは背景の移動方向と大きな交差角度をもつ性質があるので、明確にグループ化して抽出する事が出来る。一方、同行して移動する車のように、見かけの動きのない移動体については移動ベクトルが発生しないため、抽出出来ないという制限がある。

実験では、移動体を構成する要素領域全体を明確に抽出出来たわけではない。これは領域を分割する際に、対象とならなかった部分が存在したためである。階層化する階調数を増やせば領域を詳細に分割出来るが、本論で提案する照合手法は画像の間隔を開けた領域照合であるため領域の面積が小さくなると照合に失敗し、不安定な結果となる恐れがある。また領域数が増えるため計算時間が増加するという問題が発生する。この対策として高速なフレームレートで撮影した画像を詳細に領域分割し、短時間間隔のフレーム間照合で得られたベクトルを連結統合する方法が有効と考えられるが、より高速な処理環境が必要となる。

本論では車両が直進する場合のみを述べたが、車両の場合にはカーブを曲がる場面も想定される。この場合 FOE の位置変化への対応等、新たな背景処理が必要となる。

6. むすび

本論は、観測系の運動情報が得られない移動カメラの画像から他の移動体を抽出する手法を提案した。このような画像から領域の移動ベクトルの特徴を利用して背景や移動体を判別できることを示し、実験結果でその効果を確認した。今後は実用を考慮した検討を加えてゆく予定である。

参考文献

- [1] 望月 大介, 矢野 良和, 橋山 智訓, 大熊 繁, “車載カメラによる歩行者検出のための背景除去及びアクティブ探索を用いたテンプレートマッチングの高速化,” 信学論 (D-II), Vol. J87-D2 No. 5, pp. 1094-1103, May, 2004.
- [2] 高橋 新, 二宮 芳樹, “走行レーン認識におけるロバストなレーンマーキング候補選択の一手法,” 信学論 (D-II), Vol. J81-D2 No. 8, pp. 1904-1911, Aug, 1998.
- [3] 根岸 慎治, 千葉 昌孝, 小沢 慎治, “高速道路における車両姿勢角推定に基づく道路エッジの自動追跡,” 信学論 (D-II), Vol. J77-D2 No. 5, pp. 931-939, May, 1994.
- [4] 海老根 巧, 浜田 望, “観測系の運動を考慮したオブジェクトカルフロー推定に基づく運動物体検出,” 信学論 (D-II), Vol. J83-D2 No. 6, pp. 1498-1506, Jun, 2000.
- [5] Bruce D.Lucas, Takeo Kanade, An Iterative Image Registration Technique With an Application to Stereo Vision, Proceedings of DARPA Image Understanding Workshop on International Joint Conferences Artificial Intelligence (IJCAI-81), pp.121-130, Apr, 1981
- [6] 境田 慎一, 鹿喰 善明, 田中 豊, 湯山 一郎, “K 平均アルゴリズムの初期値依存性を利用した統合処理による画像の領域分割法,” 信学論 (D-II), Vol. J81-D2 No. 2, pp. 311-322, Feb, 1998
- [7] 志治亜矢子, 浜田望, “Watershed アルゴリズムと輪郭情報を用いたカラー画像の領域分割,” 信学論 (D-II), Vol. J83-D2 No. 2, pp. 593-600, Feb, 2000.
- [8] 境田 慎一, 苗村 昌秀, 金次 保明, “背景差分法と時空間 watershed による領域成長法を併用した動画像オブジェクトの抽出,” 信学論 (D-II), Vol. J84-D2 No. 12, pp. 2541-2555, Dec, 2001.
- [9] 渡辺義浩, 小室孝, 鏡慎吾, 石川正俊, “ビジョンチップのためのマルチターゲットトラッキングとその応用,” 信学論 (D-II), Vol. J86-D-II, No. 10, pp. 1411-1419, Oct, 2003.
- [10] 土屋裕著, 画像処理, コロナ社, pp. 91 - pp. 93, 1990.
- [11] 石井 抱, 石川 正俊, “高速ビジョンのための Self Windowing,” 信学論 (D-II), Vol. J82-D2 No. 12, pp. 2280-2287, Dec, 1999.
- [12] 高木幹雄, 下田陽久監修: 画像処理ハンドブック
- [13] Masatoshi SHIMPO, Yuefeng LU, Masaki OSHIMA, “A Detection Method of Moving Ship from Navigational Image Sequence,” Proceedings of 11th IAIN World Congress, Berlin, Germany, October 21-24, 2003.
- [14] M.Shimpo, M.Hirasawa, A.Nakajima, R.Shoji, M.Oshima, “A Detection Method of Moving Ships by Image Processing as a Support System of AIS,” Proceedings of ION 2005 National Technical Meeting, San Diego, CA, January 24-26, 2005, pp.438-446.