

# 画像処理によるパーティクルフィルタを応用した先行車両追跡

堀江 忠裕<sup>†</sup> 泉 隆<sup>‡</sup>

日本大学

## 1. はじめに

交通事故発生件数は近年減少傾向にあるが、平成 22 年度においても約 72 万件と依然と高い数値を示している。発生した事故の多くは車両相互の事故であり、追突事故が車両事故の大半を占める。具体的には、一般道路で約 3 割、高速道路で約 7 割が追突による事故である。そこで、先行車両抽出により、車間距離から危険予測を行い、ヒューマンエラーによる追突事故の防止を目的とする。本研究は ITS(Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)の開発分野の一つである安全運転支援に位置づけられる。

車両の代表的な特徴としては車両後方部のテールランプや、ナンバープレート、バンパーなどがあげられる。これらには色あるいは形状に特徴がある。なお、ナンバープレートには個人情報という問題もある。

上記のことを踏まえ、本研究では車両下に必ず存在する影に着目している。これまで車両下影は夜間において抽出が難しいとされており、車両抽出の要素として注目されていなかった。しかし、車両下影は低輝度で車幅程度の大きさをもつため遠方においても抽出しやすく、かつ路面上にあるため位置の特定が容易である。夜間においても手法を工夫することで抽出可能であることから、本研究では車両下影に着目し、単眼視を用いた画像処理による先行車両抽出を行ってきた[1]。車両下影は路面上に必ず存在するため単眼視による距離推定が可能であるというメリットもある。本研究では、車両下影の抽出率向上を目的に先行車両下影追跡(先行車両追跡)を検討する。先行車両下影追跡は動画像中の対象物が高速かつ頑健に追跡可能なパーティクルフィルタを応用して行う。本報告では増分符号相関を用いたパーティクルフィルタの尤度算出を調査検討したので述べる。

## 2. 処理概要

単眼視により取得した車両前方画像から、白線を抽出して処理領域の限定を行う。次に、限定した処理領域内で車両下影抽出を行い、先行車両下影追跡を行う。最後に抽出した車両下影から車間距離推定を行う。

## 3. 先行車両下影追跡

本研究では、車両下影の抽出率向上のために車両下影追跡を行う。車両下影の位置は 1 フレームの間ではあまり変化がない。そのため、追跡処理は前フレームの車両下影の近くのみ行えばよいので。本研究では、パーティクルフィルタ[2]を車両下影追跡に用いる。

### (3-1) パーティクルフィルタ

パーティクルフィルタとは多数のパーティクル(粒子)を用いて、前状態と現在の観測情報から現在の状態を推定する手法である。「初期化・予測・重み付け・リサンプリング」を繰り返すことで画像上の動物体追跡を行う。パーティクルフィルタの重要なパラメータとして尤度がある。尤度とは各パーティクルが持つ値で、パーティクルフィルタは尤度から算出する重みに基づいて追跡を行う。尤度は追跡対象を基に定義する。本研究では、追跡対象を車両下影としているため、車両下影を定量化した輝度値を尤度として定義する。尤度が輝度値だけでは、建物の影等の影響も受ける。そこで、車両下影上部には車両が必ず存在することから、あるフレームで影上部の画像を車両テンプレート画像(以下テンプレート画像)として取得しておく。以降のフレームでパーティクル上部画像とテンプレート画像の類似度(以下車両類似度)を尤度とし、輝度値の尤度と組み合わせる。これにより、建物の影等の影響を受けずに追跡可能となる。

### (3-2) 車両類似度算出法

本研究での尤度に求める要件は①車両下影で尤度が高いこと、②車両下影以外で尤度が低いことである。すなわち、③尤度の高低がはっきりしていることである。③を満たせば不必要なパーティクル(車両下影以外に位置する尤度の低いパーティクル)は淘汰できる。

類似度算出法には代表的なものとして、局所特徴量を用いるもの、色ヒストグラム類似度を用いるもの、テンプレートマッチングによるものが挙げられる。これらの中でも、本研究では処理が高速で③を満たせる類似度算出法として増分符号相関[3]を検討した。以降の節においてこれまで用いてきた正規化相互相関との比較を行うことで増分符号相関の有効性を示す。

#### (3-2-1) 正規化相互相関

これまで正規化相互相関により車両類似度(相関値が車両類似度となる)を算出してきた。正規化相互相関は対象画像の輝度分散によって正規化を行うので、一様な輝度変化に対処できる。正規化相互相関は正位置と正位置以外での相関値の差があまりないという特徴がある。そのため、③が満たされないと考えられる。実際に正規化相互相関の特徴を確かめるため、あるフレームでテンプレート画像を取得し、次フレームで正規化相互相関値を算出した。その結果を図 1 に示す。

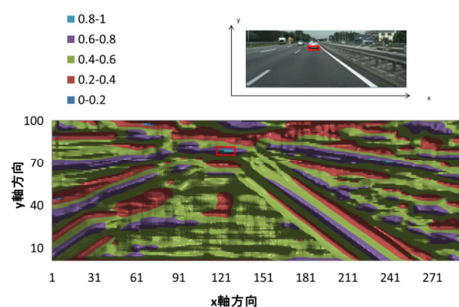


図 1 正規化相互相関値分布

“Preceding vehicle tracking by adapting a particle filter in the image processing”

<sup>†</sup>Tadahiro Horie, Nihon University

<sup>‡</sup>Takashi Izumi, Nihon University

図 1 より，車両下影位置（正位置）で相関値が高くなっているが，その周囲も比較的高い値をとっている．このため，③を満たさないの， unnecessary パーティクルを淘汰することが難しい．

〈3・2・2〉増分符号相関

増分符号相関とはテンプレートマッチング手法の一つである．増分符号相関値は 0~1 間の値をとる．増分符号相関は正位置において急峻なピークを示す傾向をもち，ピーク値とそれ以外の相関値（期待値は 0.5 をとる）との違いが大きいという特徴がある．この特徴から③を満たせると考えられる．また，対象物の遮蔽や照明変動に強いという特徴もある．図 1 と同様の環境で増分符号相関値を算出した結果を図 2 に示す．

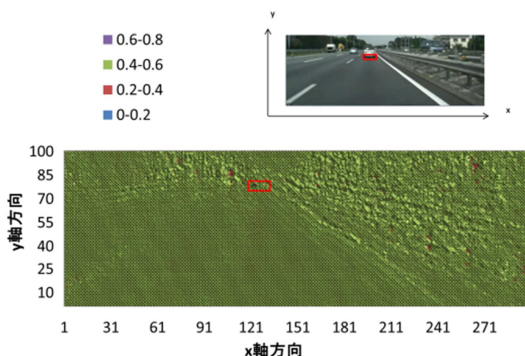


図 2 増分符号相関値分布

図 2 より，正位置（車両下影位置）において急峻値を示し，正位置以外で相関値が低いいため，条件③を満たすといえる．

〈3・3〉尤度調査実験

前述した相関値分布は 1 フレームのみである．次に，車両前方を撮影した動画 1 シーン（1500 フレーム）を用いて尤度の推移を観察する．パーティクルの数は 500 個，パーティクルフィルタのループ数は 1 回，テンプレート画像は 100 フレーム毎に更新とする．増分符号相関値を尤度としてパーティクルフィルタによる車両追跡を行い，車両下影に位置するパーティクル中最大の尤度を求めた．比較のために正規化相互相関値も同様に求めた．結果を図 3 に示す．また，それぞれのヒストグラムを図 4，図 5 に示し，尤度の平均値を表 1，表 2 に示す．図 3 で，400~500 フレーム間で尤度が下がっているのは，先行車両画像のスケール変化のためである．

表 1，図 4 より，正規化相互相関では，①を満たすが，車両下影位置以外でも尤度が高く，差がはっきりとしない．このため，閾値を決めて尤度の低い unnecessary パーティクルの淘汰しようとする，必要なパーティクルまで淘汰される．これに比べ増分符号相関は表 2，図 5 よりそれぞれの尤度が良く分離できている．これにより③を満たし，尤度で閾値を決めることで unnecessary パーティクルが淘汰できる．これらの結果から，増分符号相関は本研究での尤度算出法として有用であるといえる．

表 1 正規化相互相関により算出した尤度の平均値

車両下影位置最大値	車両下影位置以外最大値
0.96	0.91

表 2 増分符号相関により算出した尤度の平均値

車両下影位置最大値	車両下影位置以外最大値
0.66	0.53

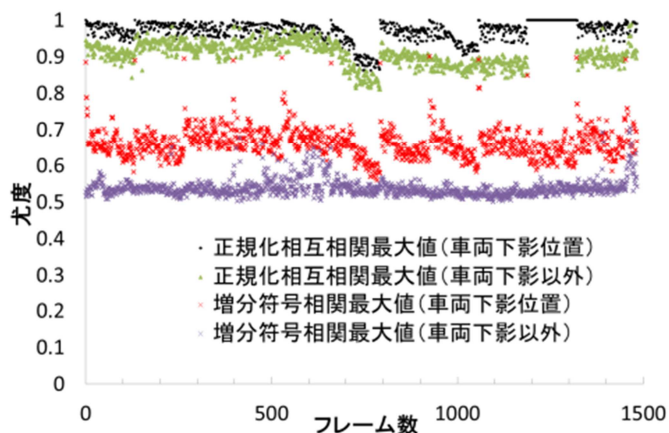


図 3 尤度の推移

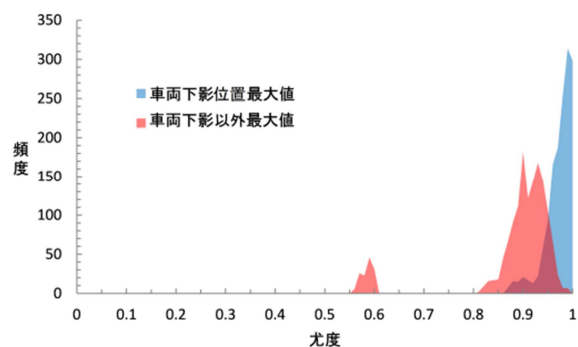


図 4 正規化相互相関値の尤度ヒストグラム

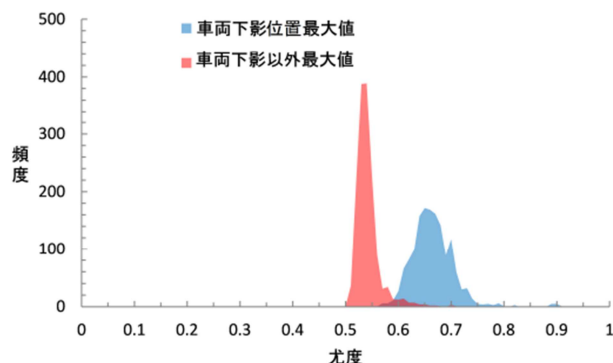


図 5 増分符号相関の尤度ヒストグラム

4. まとめ

増分符号相関を用いたパーティクルフィルタの尤度を調査し，検討した．尤度調査実験より，増分符号相関により求めた尤度は必要なパーティクルと unnecessary パーティクルの尤度差がはっきりしているため，尤度に適していることを示した．

今後は淘汰する閾値の決定を検討する．また，先行車両画像のスケール変化へ対応するため，“スケール変化に不変な色ヒストグラム類似度により算出した尤度”と今回検討した“増分符号相関により算出した尤度”を複合した重み算出を検討する．

文 献

[1] 岡田友司, 泉隆: “車両下影に着目した前方車両抽出～レーン検出精度の改善～”, 電気学会 ITS 研究会, ITS-08-14(2008-06)  
 [2] 樋口知之: “粒子フィルタ”, 電子情報通信学会誌, Vol.88, No.12 pp.989-994 (2004).  
 [3] 村瀬一朝: “増分符号相関によるロバスト画像照合”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J83-D-II No.5 pp.1323-1331 (2000).