

車両前方画像における影に着目した先行車両抽出

-パーティクルフィルタを応用した車両追跡の検討-

Extraction of preceding vehicles based on shadow in the vehicle front view

-Examination of vehicle tracking by adapting a particle filter-

○堀江忠裕¹, 小野裕記¹, 泉隆²

*Tadahiro Horie¹, Yuki Ono¹, Takashi Izumi²

Abstract: This research aims at prevention of a rear-end collision by performing dangerous prediction from the distance between two cars, and aiming at reduction in a human error by precedence vehicles extraction by image processing. Precedence vehicles extraction which paid its attention to the bottom shadow of vehicles has so far been performed. This report considered the vehicles pursuit adapting a particle filter.

1. まえがき

交通事故発生件数は近年減少傾向にあるが、平成 22 年度において約 73 万件と依然と高い数値を示している。中でも一般道路で約 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、ヒューマンエラーの減少を図ることで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。

これまで、車両下影に着目した単眼視を用いた画像処理により先行車両抽出を行ってきた[1]。車両下影は輝度が低く、また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となる。本研究では、パーティクルフィルタを応用した車両追跡を検討したので報告する。

2. 処理概要

単眼視により取得した車両前方画像から、白線の抽出により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、車両追跡を行う。最後に抽出した車両下影から車間距離推定を行う。以降、それぞれの処理について記す。

2. 1. 処理領域の限定

先行車両下影は自車両が走行するレーン上に存在するため、自車両走行レーンの白線を抽出することで処理領域の限定を行う。以後の影抽出処理を抽出した白線内に限定することで対向車の影や歩行者の影による誤抽出を抑制する。本研究での処理領域の限定にはマルチバッファを用いたエッジ重畳、連結画素走査、前フレームまでの白線の位置情報を加味した白線抽出を

用いて行う。

2. 2. 車両下影抽出

車両下影は輝度が低いという特徴を用いて、ある閾値未満の画素を影とみなし 2 値化を行うことで車両下影抽出を行う。本研究で使用する BMP 画像は R,GB で定義され、R,GB 値から輝度値 L への変換式を(1)式に記す。

$$L = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \quad (1)$$

輝度値の低い画素からカウントし、画素数が規定値に達した時の輝度値を 2 値化の閾値とする。2 値化後に車両下影以外の雑音が存在、車両下影が分離することがあるため、影補完を行う。

2. 3. 車両追跡

車両下影抽出は「影は輝度が低い」という特徴を用いる。そのため、建物の影の存在により誤抽出、車両が遠方である場合に未抽出となる場合がある。そこで、車両追跡によりこれらの抑制を図る。本研究での車両追跡は先行車両下影の位置を予測するのに使用する。

2. 4. 車間距離推定

抽出した車両下影から危険予測のために車間距離推定を行う。車両下影は路面上に存在することから、単眼視でも逆透視変換により車間距離推定ができる。逆透視変換とは 2 次元上の 1 点の座標を 3 次元上の座標に移す処理をいう。

3. 提案手法による車両追跡

3. 1. パーティクルフィルタ

パーティクルフィルタとは状態の時系列変化を予測する手法[2]であり、状態空間に含まれる複数のサンプル点のみ推定することで効率よく頑健な追跡を可能とし、処理が高速であるという利点がある。その利点から本研究ではパーティクルフィルタを応用した車両追

跡を行う。

3. 2. 本研究の車両追跡の流れ

本研究では、パーティクルフィルタのアルゴリズムのうち、リサンプリング処理を2段階行う。これは、全パーティクルから車両下影のパーティクルのみに絞るためである。具体的には、まず、車両の類似度を尤度としてリサンプリングし車両下影付近にパーティクルを絞り、次に輝度値を尤度としてリサンプリングすることで、車両下影のみにパーティクルを絞る。以下、車両追跡の処理の流れを記す。

(i) 初期化

抽出した車両下影の中央下端にパーティクルを同じ座標に K 個撒く。また、現フレームで抽出した車両下影に対して $M \times M$ (M : 車両下影の横幅) の正方形を設置し、正方形内の輝度変換画像をテンプレート画像とする。

(ii) 予測

次のフレームでパーティクルの座標に正規乱数を加えて全てのパーティクルを撒きなおす。

(iii) 類似度による重み付けとリサンプリング

各パーティクル周辺の輝度変換画像を得て、テンプレート画像と比較し、類似度をそのパーティクルの尤度 R_{ZNCC} とする。ここで、 i 個目のパーティクルの重み $w_R(i)$ を以下の式(2)より求める。

$$w_R(i) = \begin{cases} R_{ZNCC} & \text{if } R_{ZNCC} \geq T_{ZNCC} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

T_{ZNCC} は固定の閾値で、パーティクルの淘汰を制御する。各パーティクルの重み $w_R(i)$ をもとにリサンプリングを行う。

(iv) 輝度値による重み付けとリサンプリング

$w_R(i)$ によるリサンプリング後に、輝度値を尤度として重み付けを行う。 i 個目のパーティクルの重み $w_Y(i)$ をもとにリサンプリングを行う。

(v) 車両下影の決定

全パーティクルの重心を求め、現フレームで重心と一番近い影候補を車両下影とする。影候補が未抽出の場合は、全パーティクルの重心から横方向に走査することで車両下影の再抽出を行う。以後(ii)から繰り返す。

4. 車両下影抽出実験

パーティクルフィルタによる車両追跡を加味した車両下影抽出実験を行う。実験に用いた動画は画像サイズ 320×240 [pixel], AVI 形式, フレームレート 30 [fps] である。実験に使用した PC の仕様を以下に記す。

CPU : Intel® Core™2 Quad CPU Q9550 @ 2.83GHz

メモリ : 2GB OS : Microsoft Windows XP Professional

抽出した影候補が車両下部に存在し、テールランプから車幅までの大きさのとき正抽出とした。影候補が抽出されないときを未抽出とし、それ以外を誤抽出とした。高速道路昼と一般道路昼の実験結果をそれぞれ以下の Table 1, Table 2 に記す。本実験では $K=200$ とした。ここで、従来手法とは前フレームで抽出された車両下影の座標に近い影候補を現フレームでの車両下影とするもので、提案手法は車両追跡にパーティクルフィルタを用いたものである。

Table 1. Highway daytime

	conventional method	proposed method
extraction count[frame]	3178	3248
error count[frame]	14	14
undiscovered count[frame]	85	15
extraction rate[%]	96.9	99.1
average processing time[ms]	10	12

Table 2. Local street daytime

	conventional method	proposed method
extraction count[frame]	1585	1821
error count[frame]	100	151
undiscovered count[frame]	401	114
extraction rate[%]	75.9	87.3
average processing time[ms]	9	12

実験結果 Table 1, Table 2 より、提案手法では未抽出数を減らすことができた。また、影候補が複数抽出されたときに正しい車両下影の選択ができた。

提案手法の誤抽出と未抽出について考察を行う。まず、誤抽出例を挙げると、車両下影が横方向に伸びたものである。これは他車線の車両の影と先行車両下影が重なったためである。次に未抽出の原因は、リサンプリング後に全パーティクルの重心が車両下影の位置に対してずれたためである。1 フレーム間で車両追跡のアルゴリズムを数サイクル回すことで対応できると考えられる。

5. まとめ

パーティクルフィルタを応用した車両追跡の検討を行った。パーティクルフィルタを応用した車両追跡により、影の未抽出の抑制に繋がった。今後はパーティクルフィルタの適切なパラメータの調査、検討を行う。

6. 参考文献

- [1]小野裕記, 松丸怜史, 泉隆:「車両前方画像における影に着目した先行車両抽出～高速道路環境に関する検討～」, 平成 21 年電気学会東京支部千葉支所研究発表会, 3-4, p.28 平成 21 年
[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 平成 17 年