

道路監視カメラ映像における前照灯の鏡面反射成分を用いた車両の位置推定

Vehicle Localization by Using Specular Reflection of Headlights at Surveillance Camera Image

小林直樹
Naoki Kobayashi

北原格
Itaru Kitahara

亀田能成
Yoshinari Kameda

大田友一
Yuichi Ohta

筑波大学 大学院システム情報工学研究科
Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

1 はじめに

夜間は運転者の視界が昼間に比べて著しく悪化するため、重大な交通事故が起こりやすい傾向にある。交通事故防止のためには車両の正確な位置推定が有用である。本研究では、前照灯と路面での前照灯の反射の位置関係から車両位置を正確に推定する手法を提案する。

本研究では、夜間に道路監視カメラに対向して走行する車両を対象とする。また、道路監視カメラと路面との関係は既知とし、路面は水平と仮定する。夜間は車両が前照灯を点灯しているため、道路監視カメラでは路面での前照灯の反射を観測することができる。ただし、路面での前照灯の反射は、前照灯と比べて弱く観測させることが多いため、前照灯の反射位置を単純な画像処理で検出することは困難である。

そこで本研究では、画像上での前照灯位置を手掛かりに探索範囲を絞り込み、前照灯の反射位置を画像上で検出する手法を提案する。

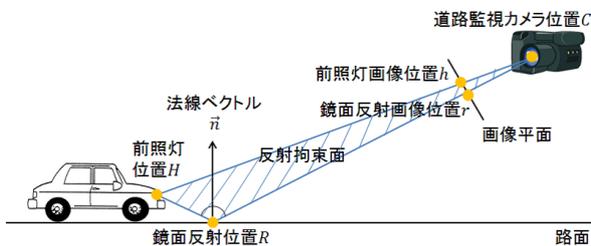


図1 鏡面反射位置を利用した前照灯位置の推定

2 前照灯の鏡面反射位置を利用した車両の位置推定

2.1 画像上での前照灯位置の検出

フレーム間差分法を用いて検出する車両領域において、HLS色空間の輝度Lの値が閾値以上の領域を検出し、前照灯領域とする。前照灯領域の重心を前照灯画像位置 h とする。

2.2 画像上での鏡面反射位置の検出

前照灯を点光源 H と見なし、道路監視カメラに対して鏡面反射する路面上の位置を鏡面反射位置 R とする。ここで、道路監視カメラ位置 C と路面の法線ベクトル \vec{n} は既知とする。また、鏡面反射成分の光路 $\overrightarrow{HR} + \overrightarrow{RC}$ と路面の法線ベクトル \vec{n} は(1)式と(2)式を満たす。

$$(\overrightarrow{HR} \times \overrightarrow{RC}) \cdot \vec{n} = 0 \quad (1)$$

$$\vec{n} \cdot \frac{\overrightarrow{RC}}{|\overrightarrow{RC}|} = \vec{n} \cdot \frac{\overrightarrow{RH}}{|\overrightarrow{RH}|} \quad (2)$$

よって、鏡面反射位置 R を求めることができれば、鏡面反射成分の光路 $\overrightarrow{HR} + \overrightarrow{RC}$ を一意に定めることができる。

鏡面反射位置 R を求めるためには、画像上で鏡面反射画像位置 r を検出する必要がある。ただし、前照灯画像位置 h と比べて、鏡面反射画像位置 r は画像上で検出することが困難である。

そこで、路面の法線ベクトル \vec{n} と鏡面反射成分の光路 $\overrightarrow{HR} + \overrightarrow{RC}$ は同一平面上にあり、路面は水平であることを利用する。これにより、画像上での鏡面反射画像位置 r の探索方向は、前照灯画像位置 h から見て1次元に絞ることができる。

鏡面反射画像位置 r の探索方向の輝度を前照灯画像位置 h から走査し、極大値となる位置を鏡面反射画像位置 r とする。

3 実験

今回の実験では前照灯位置の真値が不明であるため、その代替として前照灯位置 H が一定の高さを保つかどうかを調査した。実験車両の前照灯の高さの真値は0.68[m]であった。実験車両を45[m]から10[m]離れて撮影した映像に対して、車両右側の前照灯の高さの推定を行った。真値0.68[m]に対して、平均0.673[m]、標準偏差0.136[m]の精度で推定することができた。



図2 道路監視カメラの昼間(参考)と夜間の映像(入力)

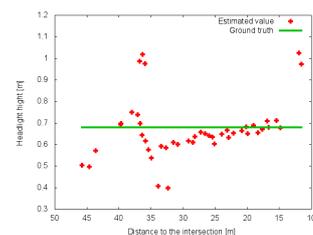


図3 車両右側の前照灯の高さの推定結果