

現在と過去の列車前方映像間の フレーム対応付けによる走行位置推定

向嶋 宏記 (指導教員: 村瀬 洋, 井手 一郎, 出口 大輔)
名古屋大学 工学部

1. はじめに

鉄道は、大量かつ高速な輸送を行なう交通機関として広く社会に普及している。大量の旅客を運搬することから、ひとたび事故が起きるとその被害は甚大である。安全な運行を支援するためには、列車の走行位置を正確に把握する技術が不可欠である。しかし、現在の列車の位置推定は軌道回路を用いた方式が主流であり、その位置推定誤差は数 10 m 以上にもなる。また、装置の設置・保守のコストが高いことから、安価かつ高精度な位置推定手法が求められている。

一方、自動車を対象とした自車位置推定手法には様々なものが提案されており、車載カメラを用いたものが注目を集めている。久徳ら [1] は、現在と過去の車載カメラ映像の対応付けによる自車位置推定手法を提案している。しかし、列車のように常に線路上の同じ軌跡を走行する場合、この手法では著しく位置推定精度が低下するという問題がある。また光岡ら [2] は、現在と過去の列車前方映像を利用した位置推定手法を提案しているが、建物の影などによる局所的な照明変動に弱いという問題がある。そこで本発表では、常に同じ線路を走行する列車にも適用可能で局所的な照明変動に頑健な位置推定手法を提案する。

2. 提案手法

事前処理として、位置情報を各フレームに付与した列車前方映像を撮影し、これを過去の映像とする。位置推定処理では、現在と過去の列車前方映像をそれぞれフレーム系列と見なし、系列間の DP マッチングによりフレーム対応付けを行なう。まず、現在映像と過去映像のフレーム系列 $\{f_1, f_2, \dots, f_p\}$, $\{f'_1, f'_2, \dots, f'_q\}$ の各フレームから SURF 特徴量を抽出し、フレーム対 (f_i, f'_j) に対して対応点を求める。次に、現在と過去の撮影地点が近づくにつれ、フレーム対の対応点を結ぶ直線群が平行に近づく性質を利用し、対応点を結んだ直線が水平方向となす角度の分散で相違度 $d(i, j)$ を定義する。そして、 $D(1, 1) = d(1, 1)$ として漸化式

$$D(i, j) = \min \begin{cases} D(i-1, j) + \omega_1 d(i, j) \\ D(i-1, j-1) + \omega_2 d(i, j) \\ D(i, j-1) + \omega_3 d(i, j) \end{cases} \quad (1)$$

を再帰的に計算することで $D(p, q)$ を得る。ただし、 $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ は相違度に対する重みである。 $D(p, q)$ の計算過程で選ばれたノードを対応付け結果とする。最後に、DP マッチングにより現在のフレームと対応付けられた過去のフレームの位置情報を出力する。

表 1 位置推定誤差 [フレーム]

	提案手法	比較手法	
		エピソード	輝度値・エッジ
平均絶対誤差	1.58	17.96	6.73
最大絶対誤差	25	203	123



(a) 現在の映像

(b) 過去の映像

図 1 列車前方映像の例

3. 実験および結果

列車前方に設置した車載カメラを用い、同一区間を異なる時刻に走行して撮影した映像 2 本 (図 1) を相互に対応付けることで実験を行なった。2 本の映像間のフレームの正しい対応関係を目視により与え、推定結果の平均絶対誤差と最大絶対誤差で評価した。ただし、列車発車直後の車速が遅い区間は除外した。また、対応付けに利用するフレーム間の相違度として、文献 [1] の画像中心とエピソード位置の距離の逆数を用いる手法と文献 [2] の輝度値とエッジ強度を用いる手法との比較を行なった。

各手法の位置推定誤差を表 1 に示す。平均絶対誤差の結果を比較すると、提案手法が最も高精度だった。また提案手法は、比較手法よりも最大絶対誤差が小さく、安定したフレーム対応付けができた。提案手法における平均絶対誤差 1.58 フレームは列車が 60 km/h で走行していると仮定すると約 60 cm の誤差に相当し、軌道回路を用いた位置推定方法と比較しても十分高精度な位置推定ができることを確認した。

4. むすび

現在と過去の列車前方映像間のフレーム対応付けにより、走行位置を推定する手法を提案した。今後は、さらなる精度向上や本手法の障害物検出への拡張を検討する。

謝辞 本研究の一部は、科学技術研究費補助金による。データセットを提供して下さった鉄道総合技術研究所の方々に感謝いたします。

参考文献

- 久徳ら, “自車位置推定のための車載カメラ映像と市街地映像データベースの位置ずれや遮蔽に頑健なフレーム対応付け,” 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol. J95-D, No. 11, pp. 1973–1982, Nov. 2012.
- 光岡ら, “鉄道車載カメラを用いた照明変動にロバストな自車位置推定法,” 動的画像処理実用化ワークショップ (DIA2011) 講演論文集, pp. 68–72, Mar. 2011.