

現在と過去の列車前方映像間のフレーム対応付けに関する検討

A Study on Frame Alignment between Present and Past Train Frontal View Videos

向嶋宏記¹ 高橋友和^{2,1} 出口大輔¹ 井手一郎¹ 村瀬洋¹
 Hiroki Mukoujima Tomokazu Takahashi Daisuke Deguchi Ichiro Ide Hiroshi Murase
 鵜飼正人³ 長峯望³
 Masato Ukai Nozomi Nagamine

名古屋大学¹ 岐阜聖徳学園大学² 鉄道総合技術研究所³
 Nagoya University Gifu Shotoku Gakuen University Railway Technical Research Institute

1 まえがき

鉄道は、大量かつ高速な輸送を担う交通機関として広く社会に普及している。しかし、ひとたび事故が起これば社会に与える影響は大きい。鉄道事故を防ぐ一つの方法として、線路内の障害物を何らかの方法で検出し、障害物への衝突を回避する方法が考えられる。現在、踏切障害検知装置といった地上監視型の障害物検出システムが開発されている。これらの検出精度や信頼性は高いものの、センサの観測範囲外の障害物は検出できず、また設置や保守にかかるコストが大きいという欠点がある。

そこで我々は、列車前方に設置したカメラを利用する障害物検出システムの開発を行っている。本研究では、現在と過去の映像をフレーム単位で位置合わせすることにより、映像間の時空間差分に基いて障害物を検出する。そのためには現在と過去の映像間でフレームの対応付けが必要となる。久徳らは、自動車に搭載したカメラを用いた障害物検出手法を提案している [1]。しかし、現在と過去で自動車の走行軌跡が異なる点を利用した手法であることから、常に同じ線路上を走行する鉄道には適用できない。本発表では、列車前方映像に適用可能なフレーム対応付け手法に関する検討結果について報告する。

2 現在と過去の列車前方映像間のフレーム対応付け

提案手法は、列車前方映像をフレーム系列と見なし、系列間の DP マッチングにより現在と過去の映像間で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。列車前方カメラの設置位置は常に一定の高さであると仮定し、フレーム間の相違度 d を

$$d(i, j) = \frac{1}{N_{ij}} \sum_{k=1}^{N_{ij}} (y_{ik} - y'_{jk})^2 \quad (1)$$

と定義する。ここで N_{ij} は f_i, f'_j 間の対応点の数であり、 y_{ik}, y'_{jk} は f_i, f'_j における k 番目の対応点の y 座標である。そして、 $D(1, 1) = d(1, 1)$ として漸化式

$$D(i, j) = \min \begin{cases} D(i-1, j) + \omega_1 \cdot d(i, j) \\ D(i-1, j-1) + \omega_2 \cdot d(i, j) \\ D(i-1, j-2) + \omega_3 \cdot d(i, j) \end{cases} \quad (2)$$

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



(a) 現在の映像 (b) 過去の映像

図1 列車前方映像の例

算過程で選ばれたノードを対応付け結果とする。

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)を実験に用いた。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、提案手法による結果との差の平均により性能を評価した。ただし、列車発車直後の車速が遅い区間のフレームは評価から除外した。ここで、車速が80 km/hの際の1フレームの誤差は0.37 mに相当する。また、文献[2]の輝度値とエッジの線形和を式1の相違度 d とした場合と比較した。

実験結果は平均誤差が提案手法で6.7フレーム、比較手法で12.7フレームと、提案手法が比較手法よりも高い対応付け精度を示した。比較手法は輝度値を対応付けコストに用いたため、照明変化の影響を強く受けたと考えられる。一方、提案手法は照明変化に頑健な特徴量を用いたため、フレームの対応付け精度が向上したと考えられる。

4 むすび

列車前方映像を用いた時空間差分による障害物検出のための、現在と過去の映像間のフレーム対応付け手法を提案した。今後は端点フリーDPを用いた対応付けのリアルタイム化や、対応付け結果に基づく障害物検出手法の検討を進める予定である。

謝辞 本研究の一部は、科学技術研究費補助金による。

参考文献

- [1] H. Kyutoku et al., "Subtraction-Based Forward Obstacle Detection Using Illumination Insensitive Feature for Driving-Support," Proc. ECCV2012 Workshops and Demos, Part II, pp.515-525, Oct. 2012.
- [2] 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.