

画像データ等による線路沿線の環境変化抽出に向けた基礎研究

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○安部 聡
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 千代 誠

1. はじめに

当社は、少子高齢化によって生産労働人口が減少し労働力確保が困難になる、といった将来的な課題を解決する為に、鉄道オペレーションのシステムチェンジを構想し、その実現に向けて取り組んでいる。

本稿では、上記取り組みの一環である、列車による線路巡視（以下、「列車巡視」という）の省力化を目的とした装置の開発における、線路沿線の環境変化抽出に向けた基礎研究を実施したので、その内容を以下に報告する。

2. 列車巡視の装置化構想

現在、当社の列車巡視は1名体制を基本とし、線区レベルに依拠して4～7日に1回の頻度で実施している。技術基準上の解釈より列車巡視には、「①線路の保守状態確認」「②建築限界の確認」「③線路沿線環境の変化」といった項目を把握することが求められている。

上記項目の装置化実現に向けて、表1に示すような方向性で整理をしている。とくに現行目視により確認をおこなっている項目の装置化に関しては、様々なセンシング機器の活用やデータ処理方法が考えられるが、汎用性、処理速度、精度等を考慮して、今回は列車の前面に搭載した単眼式のカメラで撮影したデータを画像処理することで、建築限界の支障有無¹⁾や線路沿線環境の変化を抽出することとしている。

3. 環境変化抽出の考え方

本稿における検討手順を図1に示す。列車の前面に搭載した単眼式のカメラで撮影したデータから環境変化を抽出する為に、同一線区の撮影日時が異なる複数のビデオデータを比較し、その画像上の差異を抽出することとした。また、差異抽出を行うには、その前段処理として複数の画像データの中から同一地点となるフレームを探索する作業（以下、「フレームマッチング」という、図2）が必須となる。

4. 技術的課題の検討結果

前項で整理した考え方に添って、各項目の検討を行った。ここではとくに技術的な検討を要した、フレームマッチング、差異抽出の項目について報告する。

(1) フレームマッチング

撮影日時の異なる複数のビデオデータを比較して環境変化を抽出する場合、同一地点（最も近接する地点）で撮影したフレームをそれぞれのデータから探索することが望ましい。しかしながら下記のような課題があり、精度良くフレームマッチングを実施する手法の開発が望まれた。

- ・撮影日時が異なれば走行速度や列車振動といった撮影環境や条件の違いに起因し、同一区間のビデオ撮影においても画質やフレーム間隔、フレーム総数が異なることから、単純にビデオフレーム番号で同一位置を抽出することはできない。

- ・予備検討において、画像処理により輝度差分値が最小となる箇所を探索する手法を試みたが、画像の一部不良箇所（窓ガラスの汚れ等）や単調な景観が続くような箇所において、誤った探索を実施する結果となった。

キーワード 列車巡視、フレームマッチング、画像処理、単眼ステレオ視

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目4番24号 西日本旅客鉄道(株) 鉄道本部 技術開発部 TEL 06-6376-8136

表1 列車巡視の装置化構想

機能	現状の実施方法	装置化の方向性
①線路の保守状態確認	体感等による 列車動揺確認	列車動揺計の活用
②建築限界の確認	目視による確認	画像処理 差分抽出 ステレオ視
③線路沿線環境の変化		差分抽出

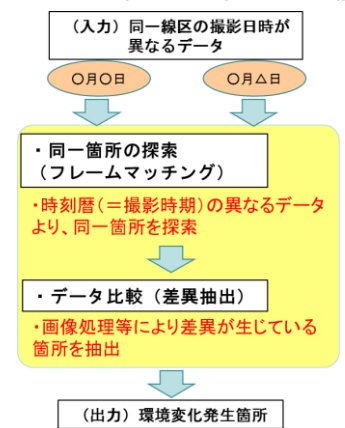


図1 環境変化抽出手順

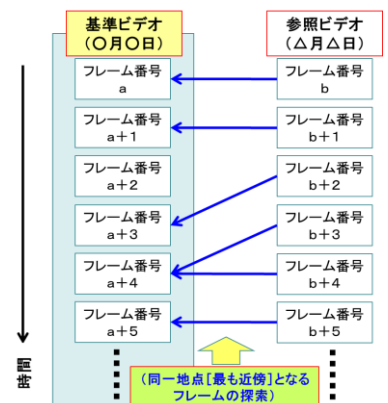


図2 フレームマッチング処理

そこで今回は下記を考慮したアルゴリズムを構築した。

- ・フレーム毎に「画像の特徴的な情報+その地点までの速度を積分した距離情報」を付加し、それらのフレーム間における相関関係を探索の要素とする。

なお「画像の特徴的な情報」とは、輝度の変動量が閾値以上の箇所を特徴点（図 3）として採用する情報であり、この特徴点の一致率により相関有無を把握し、フレームマッチングの精度向上を期待するものである。

今回考案した手法の有効性を確認する為、ある線区のおよそ 5km 間を以下に示す 4 種類の手法（①単に両ビデオを 1 フレームずつ増加させる、②速度情報のみを使用、③画像情報のみを使用、④速度情報+画像情報の使用）でフレームマッチングを実施した。その結果が表 2 である。どの手法においても誤差が生じる中において、今回考案した④の手法のみがまくらぎ 1 本程度の範囲内に収まっており、一定の精度でフレームマッチングが実施できる事を確認した。

(2) 単眼ステレオ視を活用した差異抽出

環境差異部分の抽出にあたってはいくつかの方法が考えられる。その中でまずは画像処理により差分を抽出する手法を試行したが、撮影環境（撮影時間、天候等）の違いに起因して生じる輝度・コントラスト差や、フレームマッチング後に残る僅かな位置ズレ等といった、本来は不要であるもの（ノイズ）を多数抽出する結果となった。

そこで上記ノイズ等の影響を低減する為、単眼ステレオ視の原理を活用した差異抽出の基礎検討を実施した。これは前方に支障検知枠を仮想的に設置し、その画素に撮像されている対象物の支障有無ならびに支障している場合の画素数（支障検知数）を、複数枚のフレーム画像を使用し判定するものである（図 4）。また、差異の判定は支障検知数の差分により行う。

今回は撮影日時の異なるビデオデータより、3 つのパターン（①支障物等あり、差異あり [列車見張員の有無]、②支障物等あり、差異なし [電架柱]、③支障物等なし、差異なし）について検証を行った。その結果が図 5 である。パターン①、③については支障の有無および差異の有無を正しく判定できた。しかしパターン②については、電架柱が複数枚のフレームに亘って検出されており、対応するフレーム間で単純な差分処理を実施した場合、誤った判定を行う恐れがあることが判明した。その為、前後フレームの支障検知数も考慮した差分処理を実施するよう改良した結果、差異の有無を正しく判定できた。これらより、本手法による環境変化抽出の可能性を確認した。

5. まとめ

今回の検討結果より、フレームマッチングに関しては概ね精度良く実施できる事を確認した。今後は環境変化抽出方法の深度化に向けた分析・検討を引き続き実施していく。

参考文献

- 1) 桶谷栄一他：単眼ステレオ視を用いた列車巡視システムの開発，日本鉄道施設協会誌，2015 年 2 月

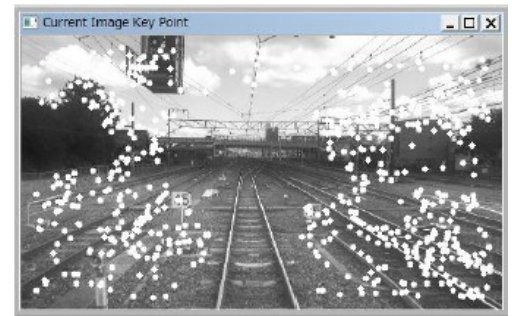


図 3 特徴点抽出結果（一例）

表 2 フレームマッチング処理結果

（単位：まくらぎ〇本）

	①	②	③	④
最大誤差	8.0	22.0	—	1.5
平均誤差	2.9	4.8	—	0.8

※③は一部で大幅な誤差が生じた為、計上していない



図 4 仮想的に設置した支障検知枠

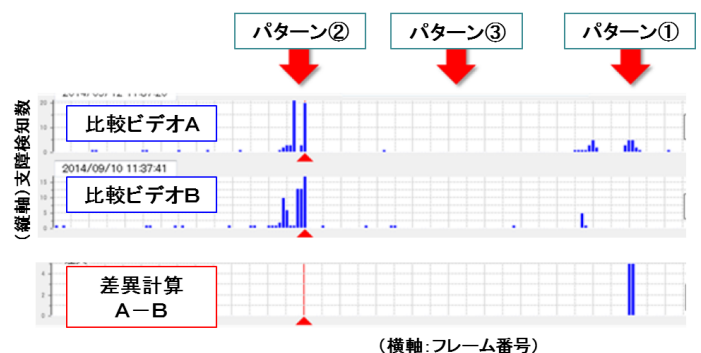


図 5 差異抽出処理結果