

第5回 インフラメンテナンス大賞 国土交通大臣賞（技術開発部門）受賞

列車巡視支援システムの開発と実用化

九州旅客鉄道株式会社 施設部 保線課 さの こうすけ 佐野 弘典

1. はじめに

当社では従来、保線社員が営業車両の運転室に添乗し、線路状態等の目視確認や列車動揺の体感による確認のため列車巡視を行ってきた。しかしながら、近年の社会情勢として労働人口が減少傾向となり、線路設備のメンテナンスにおいても将来を見据え、より効率的に巡視を実施する新たな体制の構築が喫緊の課題であった。

今回、当社では、営業車両にカメラや動揺計等を搭載し、人が実施している列車巡視を支援するためのシステムを開発・実用化した。本稿では、システムの概要や効果について報告する。

2. 営業車両搭載機器

本システムは、営業車両に搭載するカメラ等の機器類（車上局）と解析用のサーバ（地上局）から構成されている。図-1に、車上局の搭載例を示す。車上局には、運転室内にカメラや撮影動画を管理する機器、動画転送のためのネットワーク装置およびGPS受信機等を搭載し、車両の床下には列車動揺計を搭載した。搭載車両は811系および787系車両それぞれ2編成であり、図-2に

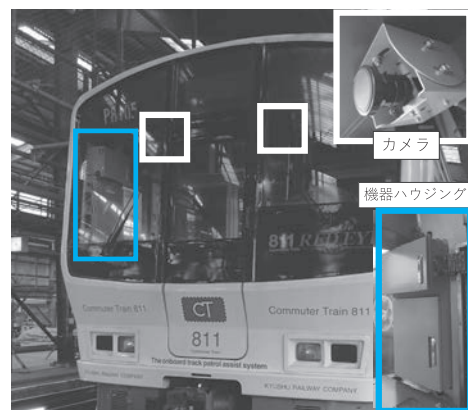


図-1 811系車両への機器類搭載例

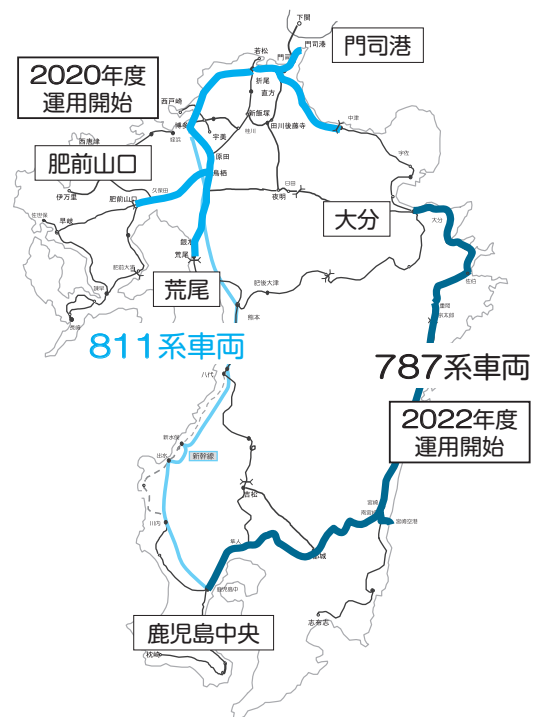


図-2 列車巡視支援システム導入エリア

示すエリアで導入している。なお、車両の進行方向によらず測定できるよう、上り下り両先頭車両にそれぞれ機器類を配置している。

3. 開発のコンセプト

本システム開発の最終的な目標は、現在、人が行っている列車巡視を全て装置化することである。しかしながら、現時点では列車巡視で確認している全ての項目を装置化することは困難であるため、主に次の点について開発を行った。

(1) 処置必要箇所の自動判定

列車巡視で確認している項目の中に、線路周辺の環境変化や列車動揺発生箇所等の把握がある。従来の列車巡視では、巡視時に添乗者が目視または体感で、処置あるいは監視が必要と判断した対象と位置をメモにとり、事務所に戻って別途管理システム等に反映させていた。

本システムでは、営業車両で撮影した動画に画像解析を適用し、処置が必要と判定した箇所を自動的に抽出することを実現した。

(2) データ転送

営業車両で撮影した動画データは、地上局で構築する解析サーバに移行する必要がある。本システムでは、営業車両から解析サーバへのデータ移行は、人に依存させない、自動転送を必須項目とした。しかし、解析に用いる動画はデータ容量が大きく、無線転送は非常に負荷がかかるため、画像を約 1/200 に圧縮することで既存の携帯回線を用いた転送を可能とした。画像は大きく圧縮しているにもかかわらず、圧縮前後の画像解析精度がほぼ変わらないことを確認している。

解析サーバで解析された結果は、社内ネットワークを介して各保守区へ自動配信できる仕組みとした。また、解析結果は動画撮影日の翌日朝 10 時までに各保守区へ配信できるようにした（図-3）。

(3) 位置合わせ

位置情報は、車両の速度発電機パルス信号を使用した場合、車両の大規模な改造工事が必要となるため、今回は比較的搭載が容易な GPS を用いている。GPS 座標を取得し、当社で持ち合わせている GPS と位置情報を紐づけているデータを用いることで位置合わせを実施している。

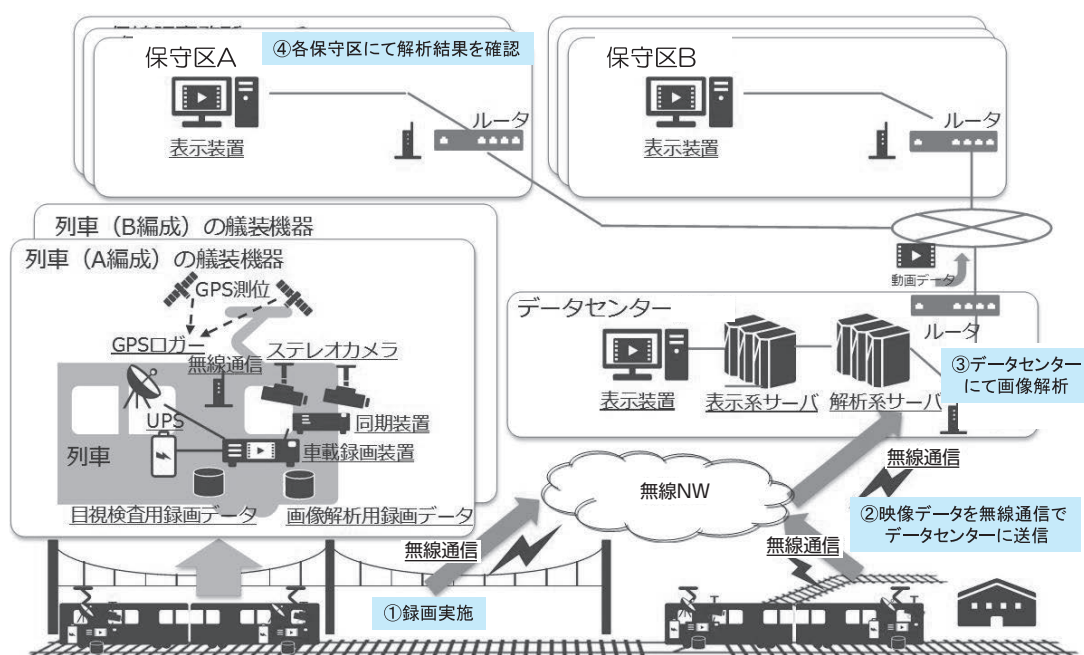


図-3 ネットワーク等構成図

4. 主な開発項目

今回、本システムを実運用するためにさまざまな開発を行ってきたが、ここでは撮影した動画に適用する画像解析技術と列車動揺データの解析方法について紹介したい。なお、画像解析には公益財団法人鉄道総合技術研究所が開発した線路周辺画像解析エンジン^{1),2)}を活用している。

(1) 建築限界支障検知

列車巡視では建築限界を支障している草木等がないか、あるいは建築限界に近づいてきている草木等がないか確認を行っている。本システムでは、この建築限界等に近づいている物体を自動で検知することが可能である。

車両には二つのステレオカメラを搭載しており、離れた2点から動画を撮影するため、三角測量の原理で対象物の距離を測定でき、沿線に存在する物体を三次元的に把握することが可能である。この技術を活用することで、建築限界支障箇所を判定している。図-4に、画像解析より建築限界をイメージした枠を支障している判定例を示す。

また、草木等が建築限界を支障することを未然に防ぐために、建築限界の横幅を段階的に拡大して支障判定を行うことも可能である。図-5に、建築限界検知枠の大きさをレベルで分類した結果の例を示す。レベルが1上がるにつれ、建築限界枠を200mm拡大(片側100mm)している。なお、建築限界上部は架線があるため、拡大するのは横方向のみとしている。同図から建築限界枠を大きくすると支障範囲が大きく判定されていることが確認できる。

(2) 動揺データの解析手法

車上に設置した動揺計は時間軸の動揺加速度として取得されるため、各保守区で動揺管理を行うためには、距離軸データに変換する必要がある。

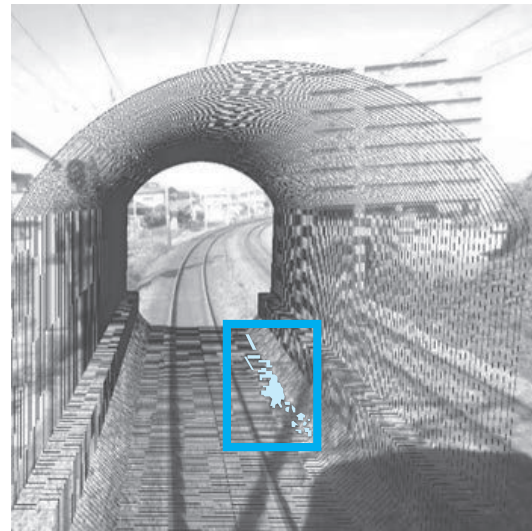


図-4 建築限界支障箇所の検知イメージ

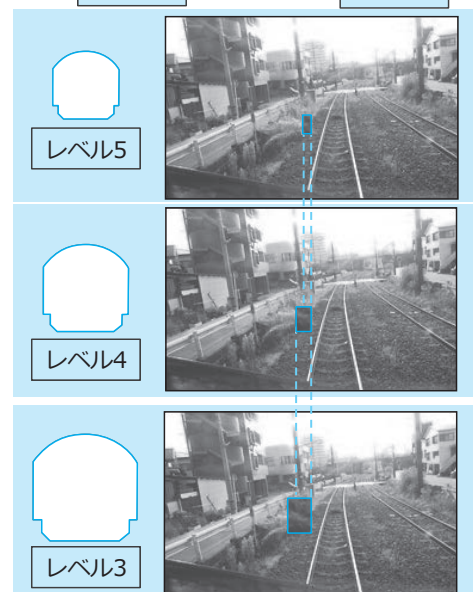
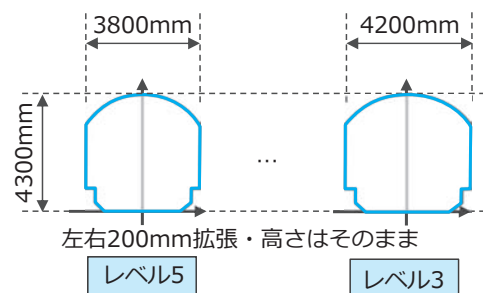


図-5 建築限界検知のレベル

本システムでは、取得したGPS情報とあらかじめ台帳化した位置ごとの緯度経度情報とを照合することにより、動揺データの距離軸化を行っている。

5. 実運用

当社では、本システムの導入に伴い、人が行っている列車巡視の周期を延伸した。本システムでの画像解析や動揺解析の結果は、機械的に処置が必要であると判断した箇所であり、それらの結果に処置・監視等が必要か最終的に人による判断を実施している。

(1) 画像ビューアによる確認

建築限界支障箇所の解析結果は、図-3に示したとおりのフローで翌日の10時までに各保守区に転送され、各保守区の専用端末に導入している解析結果ビューアで確認することができる。図-6に、解析結果ビューアの例を示す。解析結果ビューアでは、車両（下り測定・上り測定）と日付を選択することで、営業車で撮影した全エリアの判定結果が表示される。なお、ソート機能や画像検索機能を活用することで、任意の位置から閲覧

することも可能である。

6. おわりに

本システムで実現した、建築限界等の支障判定や列車動揺などの線路沿線環境の状態を把握するシステム開発は、国内では初めての取り組みである。開発に当たっては、公益財団法人鉄道総合技術研究所が開発した技術を活用し、かつ NEC グループのご協力をいただいているので紹介したい（NEC グループ：日本電気株式会社，日本電気通信システム株式会社，NEC ソリューションイノベータ株式会社）。

【参考文献】

- 1) 川崎恭平，清水惇，齊藤拓也，中島昇：ステレオカメラを活用した線路巡視支援システムの基礎技術の開発，土木学会全国大会第74回年次学術講演会，2019
- 2) 公益財団法人鉄道総合技術研究所：線路周辺画像解析エンジンを開発，鉄道総研，ニュースリリース，2020.3

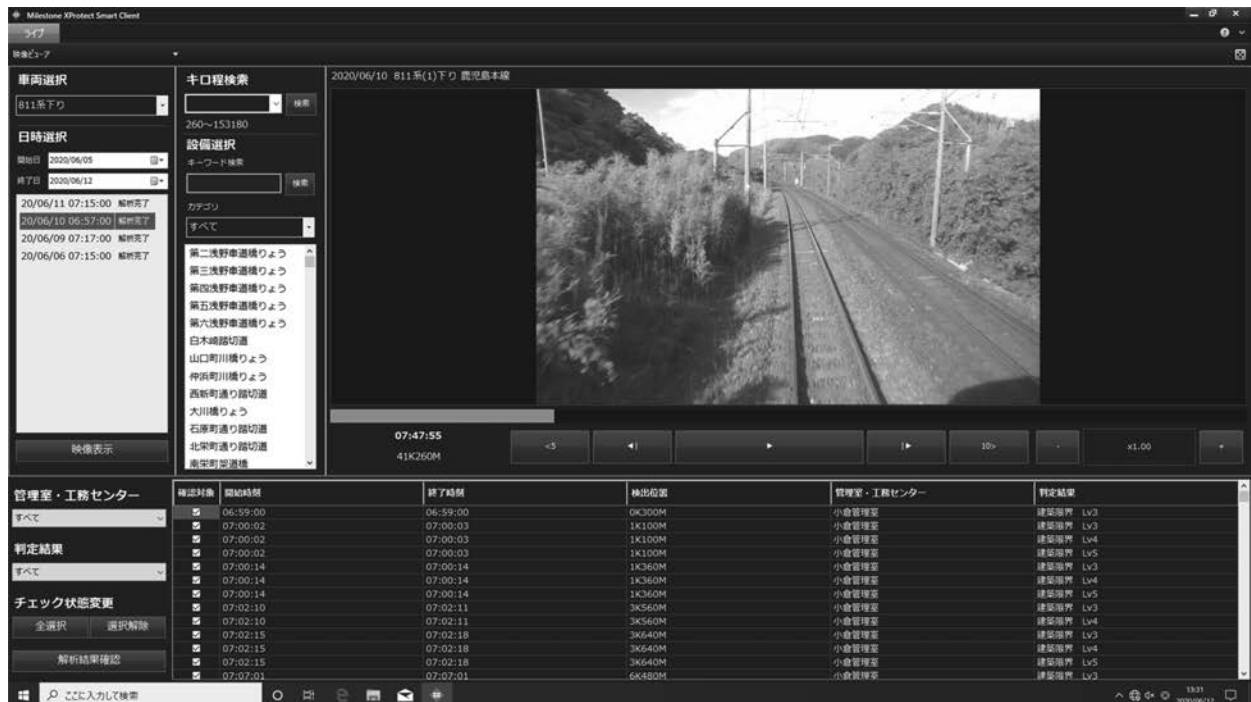


図-6 解析結果ビューアの例