

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

ICT活用による保守の効率化



神田 政幸
Masayuki Koda

構造物技術研究部 部長
[専門分野] 地盤工学, 基礎工学

少子高齢化による労働力不足や、インフラ・車両の経年によるコスト増大が見込まれる鉄道施設・鉄道車両のメンテナンスについては、状態監視や検査の自動化、機械化による省力化が求められています。そこで、検測データに基づく軌道の保守計画策定システムや、電車線設備の画像解析技術を活用した異常検出装置、三次元画像による鉄道構造物の目視検査支援ツールなど、鉄道総研が基本計画RESEARCH 2020 (2015～19年度) で取り組んできた軌道、電車線設備、構造物、車両の各分野のICT活用による保守の効率化策を紹介します。

はじめに

鉄道の安全、かつ安定な運行には、鉄道施設・鉄道車両のメンテナンスが必要不可欠です。法令などにに基づき、鉄道施設・鉄道車両のメンテナンスのための定期検査や検査結果に応じた補修・修繕が実施されています。しかしながら、少子高齢化と労働人口の減少が進む中で、メンテナンス要員の確保と人材育成や技術継承が課題となっています。一方、鉄道施設・鉄道車両は、その目的の違いから寿命や耐用年数が異なります。とくに、鉄道施設は沿線

に大量かつ、多種類が存在し、その経年による老朽化に起因するメンテナンス業務量の増大が懸念されます。したがって、鉄道施設・鉄道車両のメンテナンスについては、ICTの活用により、状態監視や検査の自動化、機械化による省力化が求められています¹⁾。

ここでは、軌道、電車線設備、構造物、車両の各分野について、鉄道総研がRESEARCH 2020 (2015～19年度) で取り組んできたICT活用による保守の効率化策を紹介します。

RESEARCH 2020の取り組み

鉄道施設・鉄道車両のメンテナンスへのICTの活用例として、軌道では「慣性正矢軌道検測装置」、「軌道保守管理データベースシステムLABOCS」の改良・開発による、営業車両による軌道の高頻度検測管理の実用化や、「リスクベースの軌道保守計画策定システム」の開発を行いました。電車線設備では「電車線設備の車上・非接触計測装置」の開発を、構造物では「トンネル覆工のひび割れ検出システム」や「構造物の目視検査支援システム」の開発を行いました。車両では、「自律分散型台車状態監視システム」や「シンプルな構造で車体傾斜が可能な台車」の開発を行いました(図1)。以下では、軌道、電車線設備、構造物、車両の分野ごとに紹介します。

軌道の保守の効率化

鉄道総研では、慣性測定法(☞参照)に正矢法(☞参照)の演算を組み合わせた「慣性正矢軌道検測装置」の開発を行ってきました²⁾。加速度計、ジャイロ、レーザー変位計からなる検測ユニットと、制御とデータ収録のた

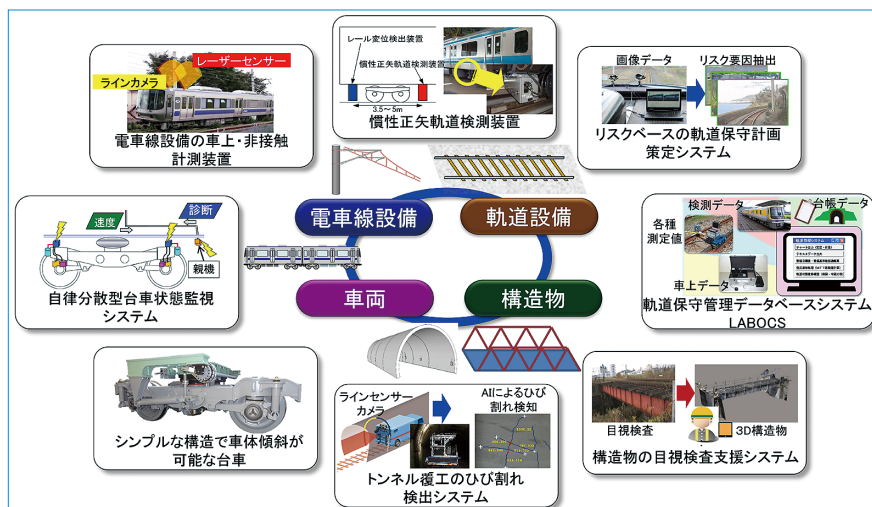


図1 RESEARCH 2020の取り組み

めの機器箱を車両に取り付けることで、軌道検測が可能となり、軌道の高頻度検測へとつながっていきます。加えて、営業車両での高頻度検測には、「軌道保守管理データベースシステムLABOCS」および関連ソフトウェアの開発・改良が大きく貢献しました。「LABOCS」は、軌道変位や車両動揺などのデータベース・管理機能と、いろいろな角度から分析・加工できるソフトウェアからなります。軌道の高頻度検測に合わせて、局所的な軌道変位の急進位置の同定や、軌道変位進みを最新の検測結果から推定する機能を備えた関連ソフトウェアにより、即時性を強化したことで、営業車両の高頻度検測による軌道保守管理が可能となりました。これにより正確な状態把握と軌道変位の進行推定ができるため徒歩などによる巡視の周期延伸が可能です(図2)³⁾。

通常、軌道保守管理では、軌道変位の測定値と管理値を対照し、保守箇所を選定します。一方、沿線の脱線リスクを含めたライフサイクルコスト(LCC)による、リスクベースの軌道保守計画の策定では、保守の優先順位付けが明確になり、脱線リスク管理の観点に基づいて同一路線・同一軌道変位箇所に対して、優先順位付けや計画的な保守業務の変更が可能となります。そこで、各箇所のリスクの大小に基づ

営業車による高頻度軌道検測

台車装架型装置



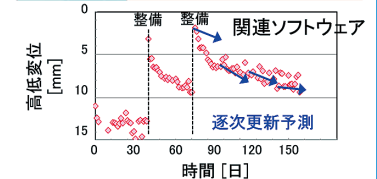
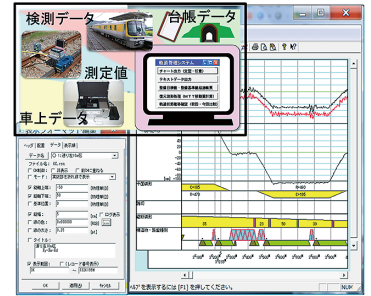
2009年から九州新幹線800系車両に搭載され軌道変位検査に活用

車体装架型装置



2013年から京浜東北線等で導入

LABOCS



軌道変位・乗り心地管理、軌道状態診断や将来予測に活用

図2 慣性正矢軌道検測装置、軌道保守管理データベースシステムLABOCS

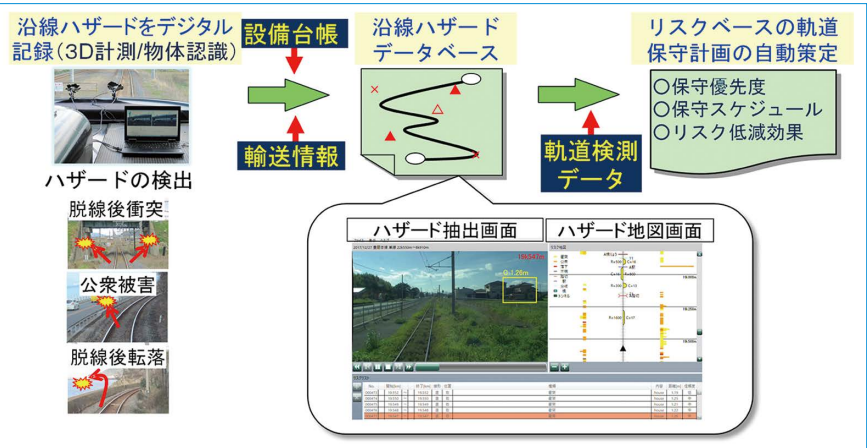


図3 リスクベースの軌道保守計画策定システム

いて軌道の保守管理箇所の優先度を定める「リスクベースの軌道保守計画策定システム」⁴⁾を開発しました。これは、先頭車両の画像データから被害拡大要因を自動抽出し、輸送密度を考慮した沿線ハザードデータベースと、軌道検測データから沿線被害リスク、および保守頻度に応じた保守費から軌道保守計画を策定するものです(図3)。

電車線設備の保守の効率化

電車線設備のメンテナンスの省力化を目的に、車両の屋根上にラインカメラおよびレーザーセンサーを搭載した「電車線設備の車上・非接触計測装置」⁵⁾を開発しました(図4)。従来、手作業で計測していた架線の静的な高

さや左右偏位が、車両から自動による非接触計測が可能となります。車両の屋根上にラインカメラ、およびレーザーセンサーを搭載し、ラインカメラによる画像データの解析と、レーザーセンサーによる物体の位置測定データを併用することで、架空電車線の各線条の位置を非接触で高精度に計測可能となりました。現在、在来線130km/hの走行速度で、昼夜測定でトロリー線高さの繰り返し誤差が10mm以内のレベルにあります。その他、機械学習を用いた架線金具の画像データからの自動検出技術や、これらの異常検出技術の開発段階にあります。なお、これらは(株)明電舎との共同研究で実施しました。

慣性測定法

「加速度の2回積分が変位になる」という物理法則を利用し、車両で測定した加速度から軌道変位を求める方法。装置を小型化できますが、波長が長くなると検測波形の誤差が大きくなる欠点があります。

正矢法

レール長手方向に対して一定長(弦長)の糸を張り、糸の midpoint で糸とレールの離れ(正矢)を測定する方法。

構造物の保守の効率化

鉄道土木構造物分野では、トンネルのメンテナンスの省力化を目的に、「トンネルの覆工のひび割れ検出システム」⁶⁾を開発しました(図5)。トンネルスカナー(☞参照)より得られた画像データから、機械学習を用いることで人間の目視判断に近いひび割れ検出が可能となりました。これは既存のひび割れ画像データを学習させる効果であり、これにより90%以上の確率でひび割れを識別し、ひび割れ展開図の自動作成が可能です。

このほか、すべての鉄道土木構造物の全般検査の省力化を目的とした目視検査支援ツールとして、「構造物の目視検査支援システム」⁷⁾を開発しました(図6)。画像取得および三次元画像処理技術を活用し、巡回時に画像データを取得し、三次元画像の構造物がデジタルデータとして、タブレットなどで認識できれば、次の巡回時に過去の三次元画像データの構造物と現物を直接的に比較できます。さらに再検査の場合現地にふたたび赴くことなく、PC内の三次元画像データの構造物に対して、熟練技術者のアドバイスも踏まえた目視検査が可能となります。現在、構造物の目視検査支援システムとして、徒歩巡回によって得られた構造物画像データから三次元画像データ

☞ トンネルスカナー

トンネル覆工面のパノラマ画像を効率的に生成するラインセンサーカメラやビデオカメラを使用した撮影装置。

☞ SfM : Structure from Motion

カメラで撮影した複数の画像からそれらの撮影位置を推定し、同一地点に対するそれぞれの画像の視差から対象物全体の三次元モデルを生成する方法。

☞ アンチローリング装置

車体のローリング(進行方向を軸とする車体の回転運動)を抑える装置。

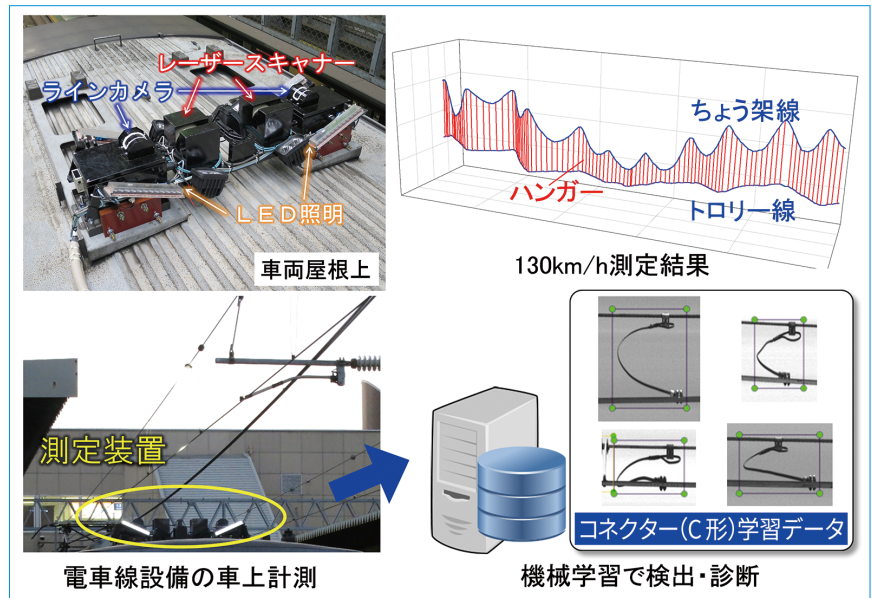


図4 電車線設備の車上・非接触計測装置

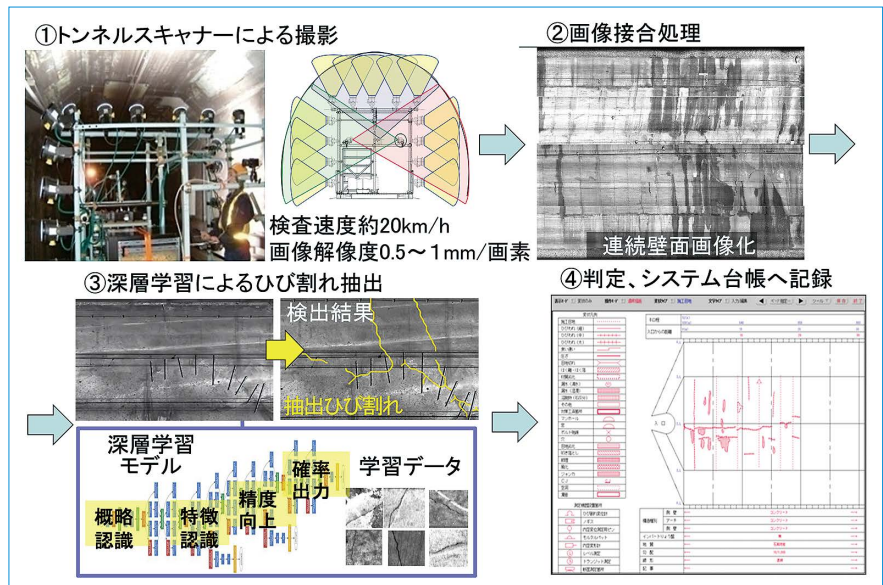


図5 トンネルの覆工のひび割れ検出システム

に変換可能なプロトタイプシステム(SfM : Structure from Motion (☞参照))を構築し、鉄道事業者の協力を得て全般検査の試行試験段階にあります。なお、これらはアジア航測(株)との共同研究で実施しました。

車両の保守の効率化

鉄道車両のメンテナンスの省力化では、既存車両の改造をとまわずに搭載可能な「自律分散型台車状態監視システム」⁸⁾を開発しました(図7)。これは、高効率の振動発電デバイス、自律型センサー、間欠動作による監視モ

ジュールの消費電力の削減により、低消費電力な台車状態監視を実現しています。

このほか走行性能と省メンテナンスを両立させることを目的に、アンチローリング装置(☞参照)を活用した「シンプルな構造で車体傾斜が可能な台車」⁹⁾を開発しました(図8)。

おわりに

ここでは、鉄道総研が基本計画RESEARCH2020(2015~19年度)で取り組んできた、鉄道施設・鉄道車両のメンテナンスへのICTの活用例

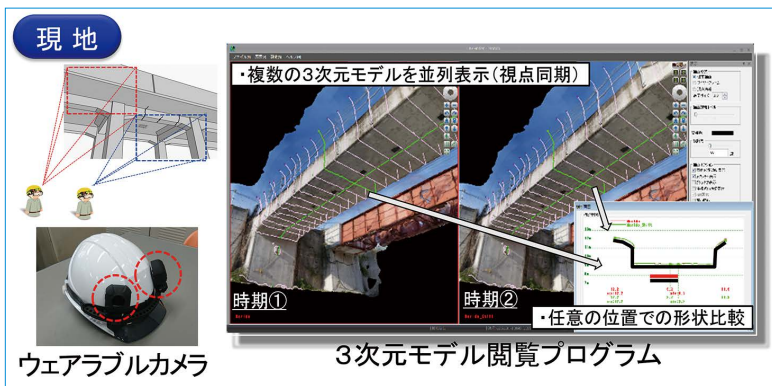


図6 構造物の目視検査支援システム

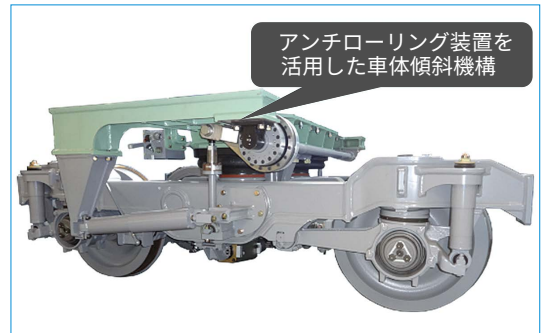


図8 シンプルな構造で車体傾斜が可能な台車

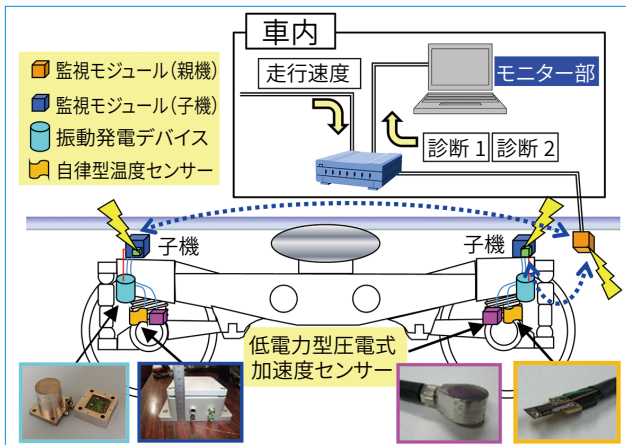


図7 自律分散型台車状態監視システム

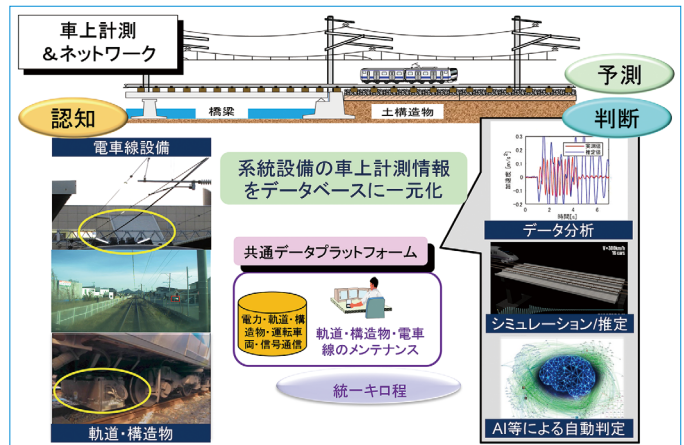


図9 RESEARCH 2025の取り組み—デジタルメンテナンス—

を中心に紹介しました。

RESEARCH 2020のメンテナンス研究の取り組みは、主として「画像処理および非接触計測」の要素技術を活用した軌道、電車線設備、構造物、車両の個々の分野のメンテナンスの省力化に寄与するもので、とくに鉄道施設・鉄道車両の状態把握（認知）が中心でした。2020年度初からスタートした基本計画RESEARCH 2025（2020～24年度）のメンテナンス研究（将来指向課題）では、構造物も含めた軌道・電車線設備の車上計測を前提として、これらの計測データをネットワークでつなぎ、検査対象の状態把握（認知）、変状進行（予測）、しきい値との比較（判断）の自動化により、メンテナンスでの認知・予測・判断の高速化・即時性の強化をメインターゲットとしています。鉄道総研では、このようなデジタル技術を活用した次世代のメンテナンスを、「デジタルメ

ンテナンス」¹⁰⁾とよぶこととしました（図9）。

鉄道施設・鉄道車両のメンテナンス研究は、持続可能な鉄道に必要不可欠な省力化に貢献するものです。研究開

発を進捗させる上で、実メンテナンス業務との連携（試行試験）やフィールドの活用など、今後とも継続的なご協力およびご支援をお願いいたします。

RRR

文献

- 1) 久保俊一：ICTの活用による鉄道メンテナンス技術の革新，第29回鉄道総研講演会要旨集，pp.2-9，2016
- 2) 坪川洋友，矢澤英治，小木曾清高，南木聡明：車体装架型慣性正矢軌道検出装置の開発，鉄道総研報告，Vol.26，No.2，pp.7-12，2012
- 3) 田中博文，山本修平，大島崇史，三和雅史：高頻度検出データに対応した軌道変位の局所的な急進箇所抽出・予測法，鉄道総研報告，Vol.31，No.12，pp.41-46，2017
- 4) 清水惇，三和雅史：画像解析技術を活用した軌道のリスクベースメンテナンス法の開発，鉄道総研報告，Vol.33，No.2，pp.5-10，2019
- 5) 松村周，根津一喜：画像とレーザーを用いて電車線を検出する，RRR，Vol.74，No.7，pp.16-19，2017
- 6) 鶴飼正人：深層学習を用いたトンネル覆工面のひび割れ検出手法の開発，鉄道総研報告，Vol.32，No.5，pp.5-10，2018
- 7) 小林裕介，松丸真樹，長峯望，新名恭仁：SfM技術による三次元モデルを用いた目視検査支援システム，日本鉄道施設協会誌，Vol.57，No.2，pp.32-33，2019
- 8) 真木康隆，木戸和哉，城取岳夫：自律型台車状態監視モジュールの開発，第24回鉄道技術・政策連合シンポジウム，S2-13-1，2017
- 9) 風戸昭人，小島崇：アンチローリング装置を活用した車体傾斜機構，鉄道総研報告，Vol.33，No.3，pp.35-40，2019
- 10) 神田政幸：デジタルメンテナンスによる省力化，第32回鉄道総研講演会要旨集，pp.17-24，2020