

「高頻度な軌道検測に対応した軌道保守計画システム」を開発しました ービッグデータを活用して効率的な軌道保守計画を作成ー

平成28年9月30日
公益財団法人鉄道総合技術研究所

公益財団法人鉄道総合技術研究所（以下、鉄道総研）は、営業列車などで高頻度に検測した軌道変位のデータ（以下、高頻度検測データ）に基づいて、効率的な軌道保守計画の策定を支援する「高頻度軌道検測対応軌道保守計画システム」を開発しました。

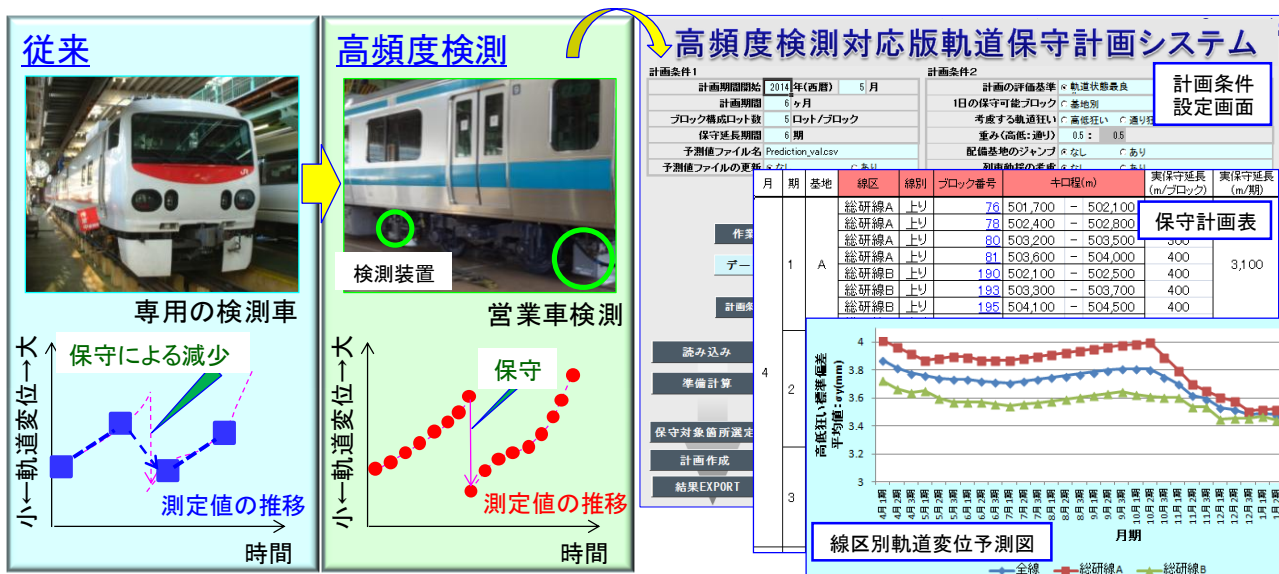
軌道変位（軌道の上下、左右の不整や軌道面のねじれなど）は、車両の走行安全やお客様の乗り心地を向上するための重要な管理項目であり、専用の軌道検測車によって在来線では3ヶ月に1回程度、新幹線では10日に1回程度の頻度で測定されるのが一般的です。これに対し、鉄道総研が開発した「慣性正矢軌道検測装置」は、営業車両の台車や床下に設置できるため、専用の軌道検測車と同等の高精度な軌道変位の測定を、より高頻度を実施することが可能です。なお、慣性正矢軌道検測装置は2009年に九州新幹線の800系車両に搭載されて以降、在来線を含めて導入が進められております。

軌道検測の頻度を高めることで、軌道変位の時間的な変化をより詳細に把握し、軌道変位や軌道状態の診断および予測の精度を従来以上に高められます。ただし、高頻度検測データは膨大なサイズと情報量になるため、鉄道総研では、この度、PC上でビッグデータを効率的に処理できる軌道保守計画システムを開発しました。

このシステムは、軌道変位の増加速度の変化を自動的に学習する機能によって、将来の軌道変位を従来よりも約40%高い精度で予測できます。また、軌道変位が急激に増加する箇所を早期に発見する機能、軌道変位が管理値（保守投入の目安）を超過する確率が高い箇所を予測する機能、さらに道床（バラスト）状態の診断機能があり、高頻度検測データを活かした品質の高い軌道保守計画を策定することができます。

問合せ先：

鉄道総研 総務部 広報 TEL：042-573-7219



高頻度な軌道検測に対応した軌道保守計画システム

高頻度な軌道検測に対応した軌道保守計画システムの機能

高頻度な軌道検測に対応した軌道保守計画システム（以下、高頻度版システム）では、図 1 に示す画面上で保守計画の条件を設定し、軌道検測の履歴データなどをボタン操作により読み込むことで、軌道変位保守計画の他、将来の軌道変位の予測値、管理値（軌道保守投入の目安）を超過する確率、軌道変位の急激な増加箇所、道床状態診断結果などが出力されます。また、新たな検測データが取得された際には、増加速度の変化の傾向を自動的に学習・更新して、最新の情報に基づいた予測結果などを出力します。以下では、これらの機能について解説します。

【ビッグデータの効率的な処理】

従来の計画システム（以下、従来頻度版システム）では、一定期間ごとに取得された軌道変位データを読み込んで、保守計画作成などの処理を行っていました。一方、高頻度版システムでは、保守計画の作成の際、1日に複数回取得したデータを読み込んで保守計画作成などの処理を行なえます。また、新たな検測データを追加した際には、改めて全ての過去のデータを処理するのではなく、前回計画の作成の際に過去のデータを処理した結果を追加データにより更新して情報を作り直すため、ビッグデータである高頻度検測データを効率的に処理できます。

【軌道変位の増加速度の変化の学習・予測機能】

一般に、軌道変位は列車の繰り返し通過によって徐々に大きくなりますが、その増加速度は場所によって異なる上に、時間と共に変化することがあります。そこで、高頻度版システムには、箇所別に過去のデータを用いて軌道変位の予測精度が最も良くなるように予測パラメータを適正化する機能、および増加速度の変化を自動的に学習して予測パラメータを更新する機能を備えました。

高頻度版システムと従来頻度版システムの軌道変位の予測例（1年後）を図 2 に示します。従来頻度版システムによる予測においても実用上は十分な精度がありましたが、高頻度版システムでは予測精度がさらに約 40% 向上することを確認しました。

【軌道変位が急激に増加する箇所を早期に発見】

高頻度検測を行うことにより、従来は難しかった軌道変位が急激に増加する箇所を早期に発見して保守することができ、鉄道の信頼性を高められます。高頻度版システムは、長期的な増加傾向と最近の変化を比べて、急激な増加の予兆を早期に捉える機能があります（図 3）。

【軌道変位が管理値を超過する確率が高い箇所を予測】

従来頻度版システムでは、履歴データが少ないため、軌道変位の予測値を点（値）でしか予測できず、軌道変位が大きく変動しながら推移する箇所と安定的に推移する箇所を区別できませんでした。これに対し、高頻度版システムには、大量の過去のデータを活用して図 4 のように軌道変位の予測値を確率分布として算出する機能があります。これにより、予測精度の低い箇所や、軌道保守投入の目安となる管理値を超過する確率の高い箇所が予測できるため、よりきめ細かな予防保全を計画することができます。

【道床（バラスト）状態の診断機能】

道床が健全な箇所では、タイタンパー等による軌道保守の効果は図 5 上のように持続しますが、道床が破碎したり土砂が混入するなどして劣化した道床不良箇所では、図 5 下のように効果が持続せず、短時間で保守前の状態に戻ってしまうため、道床交換が必要となります。この保守前後の値や保守後の推移を正確に把握することは、従来頻度検測データでは難しかったのに対し、高頻度検測データでは可能です。そこで、高頻度版システムでは、保守後の軌道変位の推移を追跡して保守効果の持続期間を精度よく算出し、これが短い箇所を道床状態の不良箇所として診断する機能があります。一般に、道床交換には多くの費用が必要ですが、本機能を活用して道床交換箇所を選択することで、費用対効果が高い道床交換を行えます。

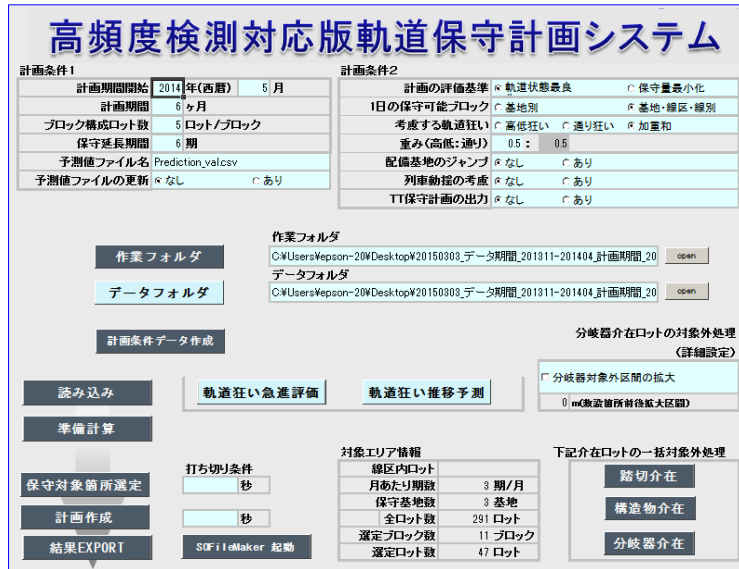


図1 高頻度な軌道検測に対応した軌道保守計画システム

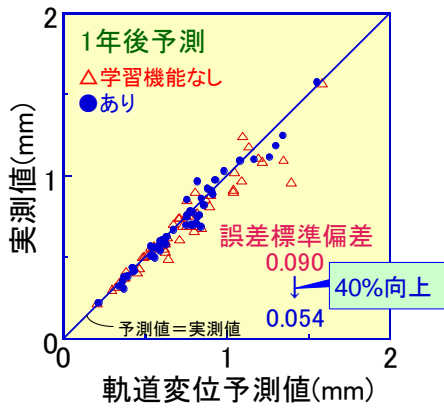


図2 予測精度の比較例

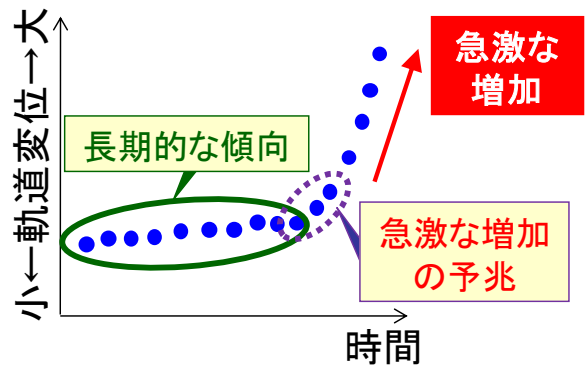


図3 軌道変位の急進の判定方法

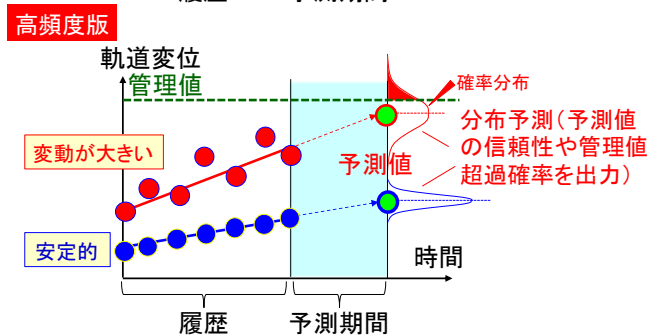
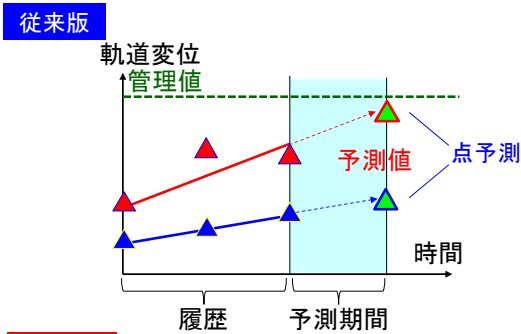


図4 軌道変位の確率的な予測

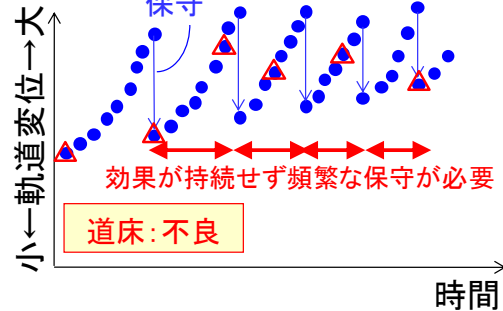
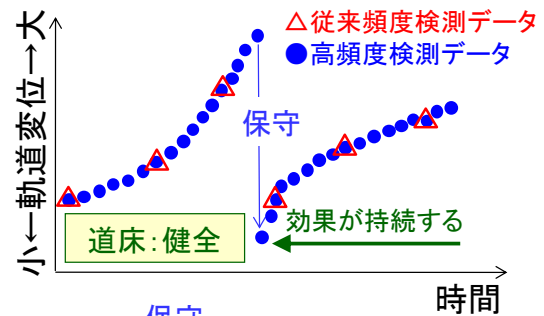


図5 道床状態の診断方法

慣性正矢軌道検測装置について

鉄道総研が開発した慣性正矢軌道検測装置による軌道変位測定イメージを図6に示します。本装置は、内蔵されたジャイロ、加速度センサーで装置本体の空間上の位置を算出します。「慣性正矢法」という手法は、「加速度を2回積分すると変位になる」という物理の基本原理を応用したものです。また、内蔵されたレーザー変位センサーを用いて装置本体と左右のレールの位置関係を測定します。この2つのデータを合わせることで、正確な軌道検測を行うことができます。本装置は、車両の台車や床下に小型の装置を設置するだけで軌道変位を測定できるため、営業車両でも軌道検測が可能となります（図7）。

なお、従来の軌道検測手法は、車体を基準とした各車輪の相対位置を測定して軌道変位を算出する「差分法」といわれる手法（図8）ですが、構造が大掛かりとなるために専用の軌道検測車が必要でした。

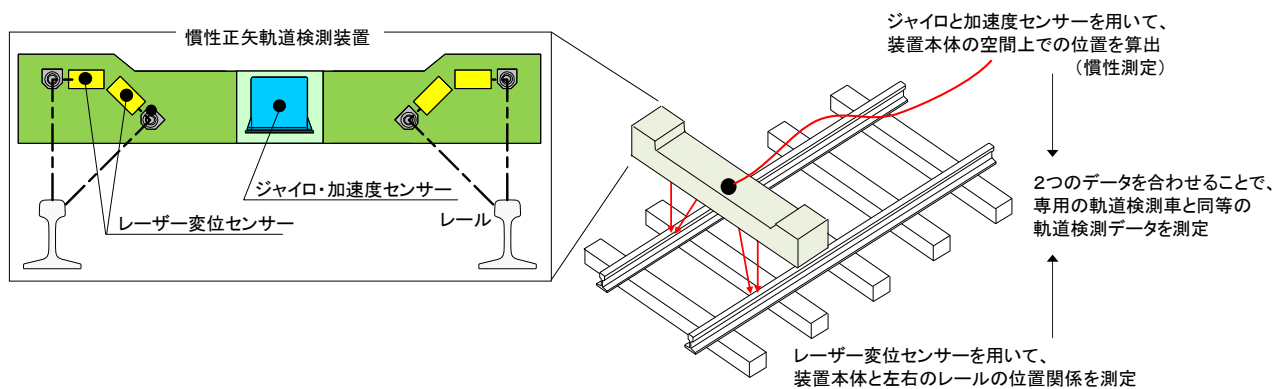


図6 慣性正矢軌道検測装置による軌道変位測定イメージ図

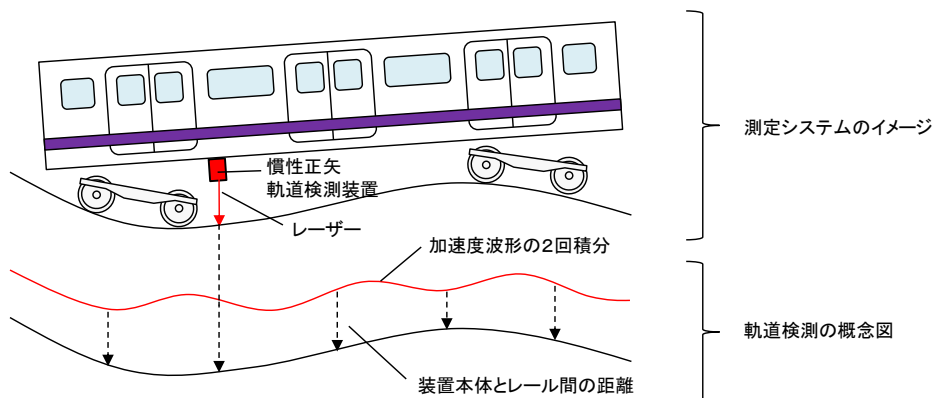


図7 慣性正矢軌道検測装置による測定

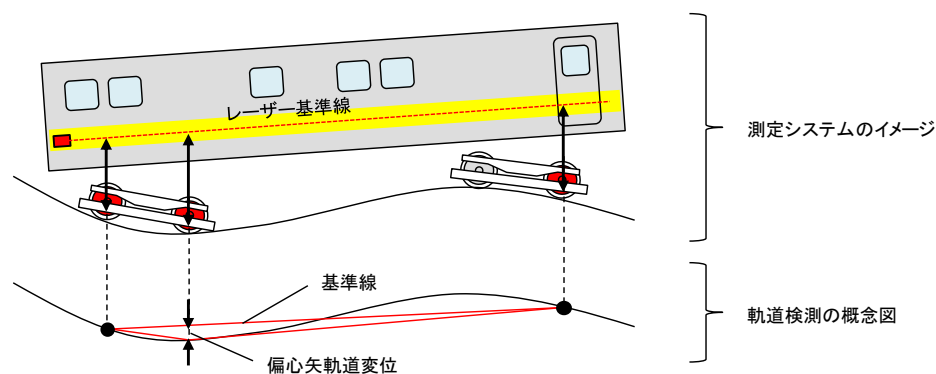


図8 専用の車両（軌道検測車）による測定