

軌道を診る

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



村本 勝己

Katsumi Muramoto

前 軌道技術研究部 部長
(現 事業推進部 部長)

【専門分野】 地盤工学、バラスト
軌道、省力化軌道

鉄道の安全・安定輸送は、車両、軌道、電力、構造物、信号などのトータルシステムとしての信頼性に支えられており、軌道には、車両とのインターフェースとしてとくに厳しい精度と信頼性が要求されます。軌道のメンテナンスは、おもに軌道の線形管理と軌道部材の健全度管理に分けられます。軌道の線形管理は、比較的早期から機械化、省力化に向けた取り組みが行われてきたのに対して、軌道部材の健全度管理は、徒歩巡回による目視検査と定期交換が現在でも基本であり、さらなる技術開発が望まれています。

はじめに

すべての公共交通機関において、安全・安定輸送の確保には日々のメンテナンスが欠かせません。ただし、公共交通機関の中で、鉄道以外の主な交通機関と鉄道とは、メンテナンスの考え方が少し異なります。もちろん、すべての交通機関において、旅客や荷物を乗せる乗り物本体のメンテナンスが重要であることに違いはありません。ただし、鉄道では、それと同時に軌道や架線といったインフラのメンテナンス

への重要度が、ほかの交通機関と比べてとくに高いという特徴があります。

たとえば、航空機や船舶は、空港や港といった拠点にインフラのメンテナンスを集中できますし、自動車は容易に迂回できるため、道路のメンテナンスの効率は鉄道インフラとは比較になりません。一方で鉄道インフラのメンテナンスは、

- 容易に迂回することができないため、路線の一箇所でも不具合が発生すると輸送障害となる。

- 列車が安定して走行するためには、走行路であるレールが、常に所定の線形をミリ単位で維持していなければならない。

といった厳しい制約があります。すなわち、鉄道は、車両とインフラが全線に渡って完璧にそろわないと機能しないという点が他の交通機関との大きな違いであり、機能的にはむしろエレベーターに近い乗り物といえます。

そして、鉄道は文字通り鉄でできたレールの道、すなわち軌道がインフラの要です。ここでは、軌道のさらなる安全性・快適性の向上に向けた検査・診断の高度化に向けた取り組みを紹介します。

軌道のメンテナンス

軌道のうち、もっとも一般的なバラスト軌道は、図1に示すように、

- 車輪を支持・案内する「レール」
- レールをまくらぎに固定する「レール締結装置」
- 軌間を保持する「まくらぎ」
- まくらぎを所定の位置に保持し、列車荷重を路盤や構造物に伝達する

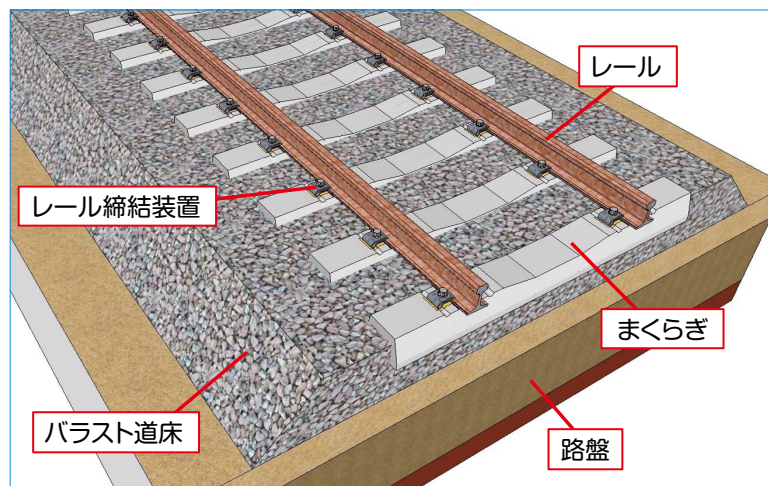


図1 バラスト軌道の基本構造



図2 レールのきずとき裂の例



図3 曲線部レールの側摩耗の例



図4 レール波状摩耗の例



図5 レール締結装置の破損の例



図6 PCまくらぎのひび割れの例



図7 噴泥の例

「道床(バラスト道床)」で構成されています。日本では、新幹線や都市鉄道において、道床をコンクリート構造とした、スラブ軌道などの直結系軌道が主流となりつつありますが、日本の在来線はもちろん、世界的にも、ほとんどの軌道構造は現在でもバラスト軌道が主流です。

さて、軌道のメンテナンスにおいてもっとも重要なのは、軌道の線形管理です。前述したように、列車が安定して走行するためには、走行路であるレール(正確にはレールと車輪の接触位置)の線形が、常にミリ単位の精度で維持されていなければなりません。しかし、軌道を支えている土木構造物にそこまでの精度を要求するのは現実的ではなく、まして、地盤が悪くて地震も多い日本においては、センチ単位の精度ですら長期的に維持するのは困難です。したがって、軌道の線形は定期的に行われる軌道検測(軌道の線形測定)の結果を踏まえて、日々の軌道

保守(軌道の調整作業)で維持・管理されています。バラスト軌道の場合、おもにバラスト道床のむら直し作業によってまくらぎの位置を調整することで線形が維持されています。

また、軌道のメンテナンスにおいては、軌道の線形管理だけでなく、軌道を構成する各部材の健全度の管理も重要です。たとえば、軌道(バラスト軌道)の各部材に発生する変状・劣化には以下のようなものがあります。

- レール：金属疲労によるレールきずやき裂(図2)、経年による側摩耗(図3)、レール波状摩耗(図4)など
- レール締結装置：ばねのへたりや破損(図5)、軌道パッドのへたりなど
- まくらぎ：経年劣化によるひび割れ(図6)、破損など
- バラスト道床：バラストの破碎や細粒化、噴泥(図7)など

近年は、レール内部のきずに対しては超音波探傷による非破壊検査が可能となってきたものの、ほとんどの

部材は目視による検査が基本であり、定量的な健全度判定が難しい部材については経年や通過トン数に応じた交換で対応されているのが現状です。

軌道の線形を診る

軌道の線形管理は、比較的早期から機械化、省力化への取り組みが進められてきました。1959年には高速軌道検測車(図8)が開発され、軌道変位(正規のレールの線形に対する狂い・不整量)の電氣的な計測が可能となると、新幹線のドクターイエローをはじめとした軌道検測車の導入がすすみました。さらに、1990年に鉄道総研において軌道保守データベースシステム「Micro LABOCS(図9)」が実用化され、大規模な軌道変位データの効率的なデジタル処理が可能となりました。

軌道変位データのデジタル処理は、検査における診断の精度や内容を飛躍的に向上させました。軌道変位データはいわゆる波形データですが、アナロ



図8 マヤ34形高速軌道試験車

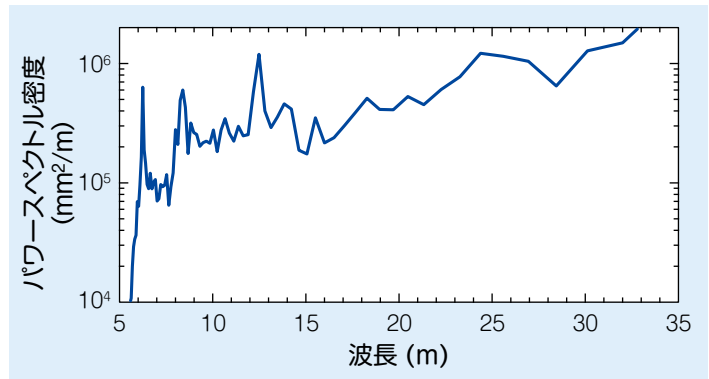


図10 LABOCSによる周波数分析の例

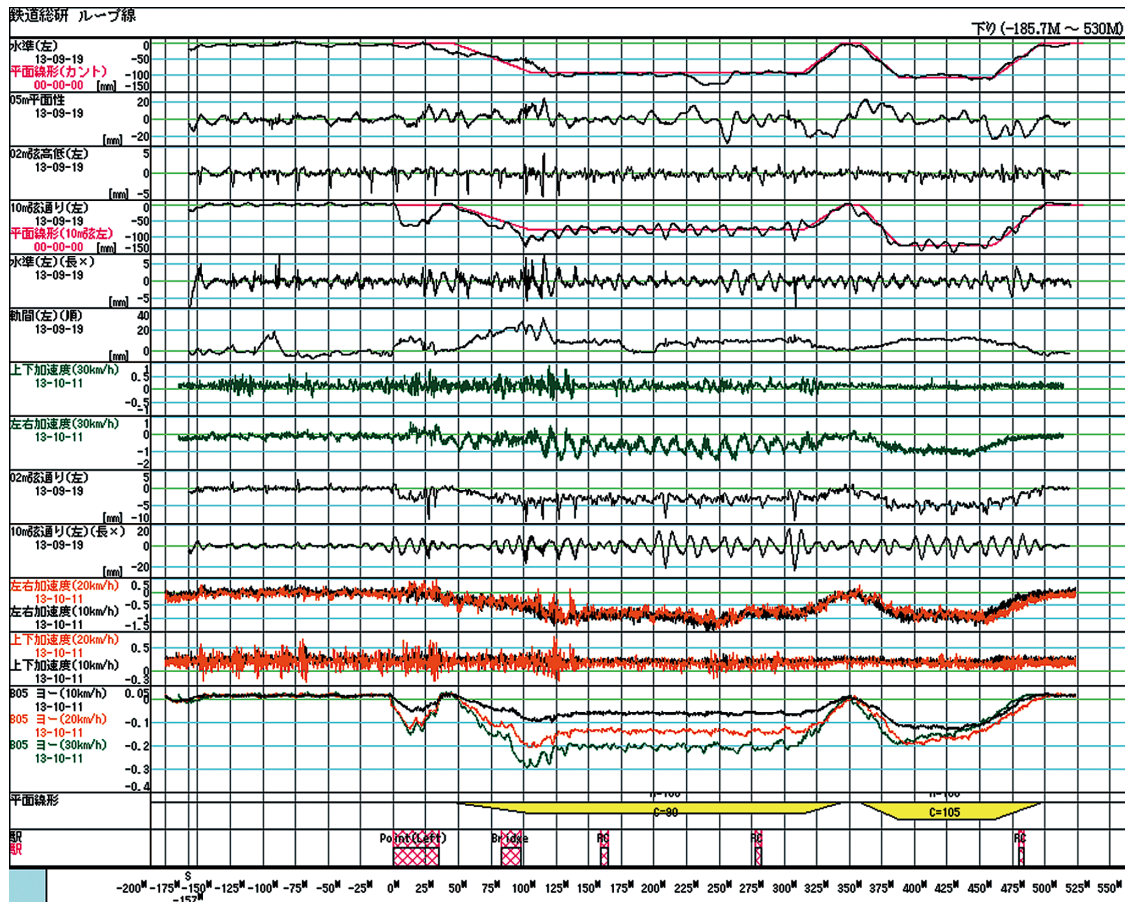


図9 LABOCSのチャート表示画面

グの波形をなんとなく眺めて、しきい値を超過するかしないかだけを見ていた時代と比較すると、デジタル処理で詳細な周波数分析(図10)が可能になることで、軌道変位の発生要因を推定することも可能となりました。まさに、「見る」から「診る」への進化といえます。

さらに2009年に慣性正矢軌道検測装置(図11参照)が実用化され、営業列車による高頻度な軌道検測が可能とな

ると、軌道の線形の状態監視と高精度な将来予測が可能となりました。それを踏まえて、図11に示すような状態監視保全(CBM: Condition Based Maintenance)に基づく軌道管理が実

現し、高頻度検測に基づく短期的な軌道変位の急進予測から、年度保守計画の策定、さらに5年間程度の中長期的な保守計画の策定までの自動化がおおむね可能な状況になっています。

慣性正矢軌道検測装置

加速度を2回積分することによって変位に変換する「慣性法」を用いて、軌道検測の機能をコンパクトに一体化した装置。営業車両にも搭載可能であり、2009年に九州新幹線の800系車両に搭載され、営業車による高頻度な軌道検測が実用化されました。

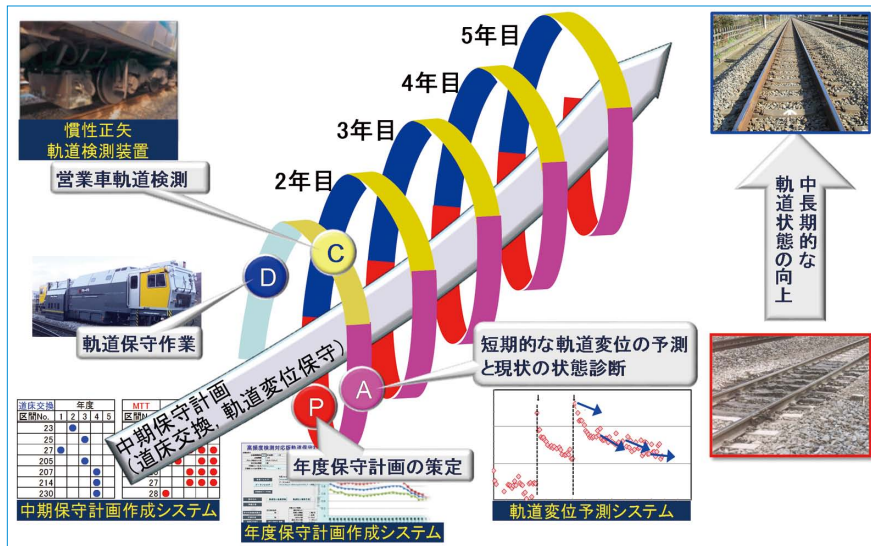


図11 状態監視保全に基づく軌道管理の例

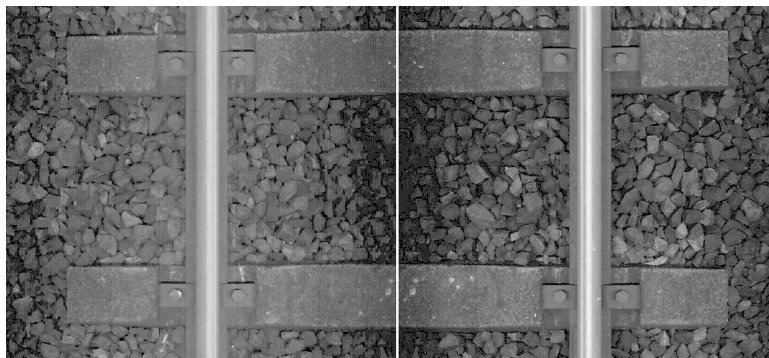


図12 車両床下画像の例



図13 人工の葉と本物の葉

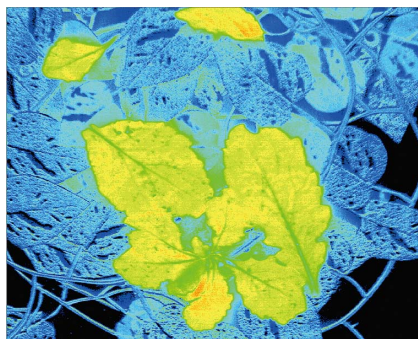


図14 画像処理による識別
(黄色が本物の葉)

軌道部材の健全度を診る

軌道部材の健全度については、レール探傷車による内部きずの検査を除けば、徒歩巡回による外観目視による検査が基本でした。しかし、近年は、軌道検測車や営業車に搭載された材料モニタリング装置の床下で取得した軌道の連続画像から、軌道部材の変状を抽出・判定する技術が、JR東日本をはじめとして鉄道事業者において開発さ

れています。これは、図12に示すような車両床下の連続画像から、レールや締結装置、まくらぎなどに対して、判定装置が外観上の異常がないか判定するものです。異常が検出された場合は、検査者がモニター画像から異常の種類を判別し、必要に応じて補修、交換を現場に指示します。さらに、人工知能を活用して、これらの診断を完全自動化する試みも進められています。

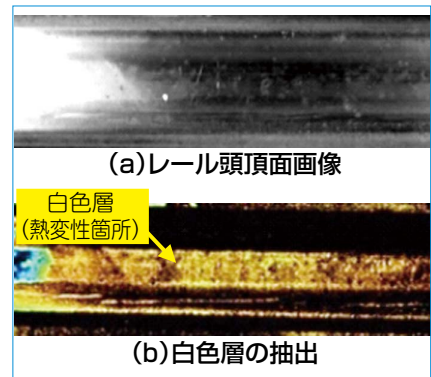


図15 レール頭頂面の画像処理の例

さらに、後の特集記事に掲載されているように、画像や音、X線などさまざまな手法を活用して、軌道部材の健全度を診断するための研究開発が進められています。たとえば、画像の活用については、外観目視では判別が困難な材質の違いや材料特性の変化を、物体からの反射光のスペクトル情報から定量的に分析する手法の開発が進められています。本手法を活用すると、図13に示すように、人工の植物の葉と本物の植物の葉が混ざったような場合でも、本物の植物に特徴的な光の波長領域を強調することで、図14のように偽物と本物の葉をはっきり識別することも可能です。現在、本技術を活用して、レールの材料劣化を画像から定量的に識別する技術(図15)の開発が進められています。

おわりに

鉄道の安全・安定輸送は、車両、軌道、電力、構造物、信号などのトータルシステムとしての信頼性に支えられています。その中でも、軌道は、車両とのインターフェースとして、とくに厳しい精度と信頼性が要求されます。軌道のメンテナンスについては、ICTの活用による高度化、低コスト化と、基礎研究に基づく抜本的な技術革新が今も進められています。【RRR】