

持続可能な鉄道を支えるメンテナンス技術 — 検査・診断の革新 —



長山 智則
Tomonori Nagayama
東京大学大学院
工学系研究科
社会基盤学専攻
教授

芦谷 公稔
Kimitoshi Ashiya
鉄道総合技術研究所
専務理事

聞き手：村本 勝己 鉄道総合技術研究所 企画室長

鉄道総研講演会を振り返って

村本 鉄道総研では、2022年度初から機関誌RRRに鉄道総研の中期基本計画「RESEARCH 2025」で実施している重点研究課題に関連した話題について、部外の有識者の方などを交えた対談形式でご紹介する「展望」という記事を掲載させていただいております。今回は、重点課題「デジタルメンテナンスによる省力化」に関連して、東京大学の長山先生と、弊所の芦谷専務理事に対談をお願いさせていただきました。

長山先生におかれましては、施設メンテナンスへのデジタル技術の適用に関してさまざまな先駆的な研究に取り組まれておられますが、2022年11月9日に有楽町朝日ホールで開催した鉄道総研講演会「持続可能な鉄道を支えるメンテナンス技術 — 検査・診断の革新 —」（※講演要旨は鉄道総研ウェブサイト、[https://](https://www.rtri.or.jp/)

www.rtri.or.jp/をご参照下さい）におきましても特別講演をいただき、その後のディスカッションにもご登壇いただきました。長山先生には、その節は大変お世話になりました。あれから1か月と少し経ちましたが、鉄道総研講演会を振り返ってご感想などお聞かせ願えたらと思います。

長山 講演会のディスカッションでもお話しさせてもらいましたが、事前準備から講演会当日まで、ほかの講演の内容などを聞かせていただくなかで、我々の取り組みと共通していることが非常に多いなと思いました。我々も普段から鉄道総研さんの論文などを読ませていただいているので、考えが非常に近い部分が出てくるのもしかりとは思いますが、改めて共通する項目が見つかったりするなど、私自身、興味深くお話をうかがいながら準備を進めたところです。

また、我々も土木という技術分野の中で、本体構造と付属物・付帯物とか、構造物と軌道とかどちらかだけでなく互いにまたぐようにして情報を連携させていかなければならない、という意識はもってございましたけど、今回、土木以外の車両・機械系や電気系の方の話も聞かせていただいて、系統間のより広い連携といったところが見えてきて、その辺が大変興味深く感じるところです。

村本 ありがとうございます。データ連携については後ほどディスカッションさせていただきます。それでは芦谷専務、今回の鉄道総研講演会に対して、鉄道事業者さんからの反響などが何かあればお聞かせください。

芦谷 鉄道事業者さんからはおおむね好意的な反響がありました。とくにメンテナンスのデータ連携については、技術系の責任ある方々の間では、実現のためには課題はあるにせよ、前向きに具体的に進めていこうじゃないかという空気になりつつあります。やはり、コロナ禍で鉄道事業の運輸収入が大変厳しいなかで事業を存続していくためには、とくにメンテナンスについてはこれまでとは次元が違うレベルで生産性向上が必要だという意識は皆さん共通しています。とにかくDX(デジタルトランスフォーメーション)を推進しなきゃならないんだけど、今までの延長で個々にバラバラにやるよりは連携した方がいいだろう、ということは皆さんわかっているんじゃないですかね。そんなところに鉄道総研が、データ連携やメンテナンス3.0を提唱したのだから、それでは鉄道総研で音頭を取ってもらって、まずはみんなで知恵を出し合おうじゃないかという雰囲気になっています。

村本 ありがとうございます。データ連携については正直なところさまざまご意見があるだろうなとは予想しておりますが、それだけ切実な状況に対する期待への裏返しなのかなと思います。



メンテナンスへのスマートフォンの活用

村本 2022年11月の鉄道総研講演会では、長山先生の特別講演の中でも、とくにスマートフォンを活用したモニタリング技術に関する反響が大きかったと思います。今後はスマートフォンがあれば専用システムは不要になるのでは? といったコメントもありました。

長山 我々は、メンテナンス予算が厳しいユーザーにもあまねくDXの恩恵が受けられるように、スマートフォンのみで実現できる技術開発を行っております。スマートフォンのメリットは、高機能で最新のセンサー・カメラを安価に簡単に利用できることですが、一方でロバストで厳密な測定機材として開発されていないため、使用環境や長期間の連続測定には限界があります。まずは安価に導入できるスマートフォンのシステムでメンテナンスのDXを試行してみて、予算や目的に応じて専用システムの導入を検討するといったことも考えられます。

村本 実用展開はどのような状況でしょうか?

長山 例えば、スマートフォンベースの路面モニタリングシステム(図1)は、道路の路面性状のうち「平坦性」と「ひび割れ」について性能確認試験に合格し、路面性状測定装置として専用車に遜色ない性能が証明されており、すでに自治体などで導入が進んでいます。あとは「わだち掘れ」について性能確認ができれば、路面性状を表す3要素に基づいた本格的な維持管理への適用が可能となりますが、それにとどまら



図1 スマートフォンを活用した簡易な路面モニタリングシステム (DRIMS/GLOCAL-EYEZ)



ず、本システムのハンドリングの良さをいかした新たな管理体系の提案などにつなげていければと考えています。鉄道への展開に向けては、現在、鉄道総研さんと共同研究を進めているところです。

村本 鉄道への展開も期待しています。

鉄道メンテナンス3.0

村本 さて、先日の講演会の基調講演では、芦谷専務から鉄道メンテナンス3.0の実現をめざすと説明されました。本稿読者のために改めて解説をお願いします。

芦谷 メンテナンスを主題にした鉄道総研講演会は過去に繰り返し開催しています。直近では、2016年度の鉄道総研講演会もメインテーマは「持続可能な鉄道を支えるメンテナンス技術 — 認知と予測 —」でしたが、そのときの結論は、TBM（時間計画保全）を主体とした

鉄道メンテナンスに対して、今後はICTを積極的に導入してCBM（状態監視保全）化を実現しようというものでした。それをふまえて、今年度(2022年度)の講演会のビジョンとして、CBMの次にめざすべき鉄道メンテナンスの将来像とは何だろうかということに関係者で議論しました。

デジタル技術がキーワードになるのは間違いないとしても、さらにこれだという具体的な方向性がなかなか見いだせなかったわけですが、各講演者の発表内容が出そろってくると、検査・診断については、どの分野でもAI・機械学習の活用、すなわちデータ駆動型への移行が進展しつつあることがわかってきました。すなわち、現在はCBM化も含めて、モニタリングデータに基づいたいわゆるデータ駆動型メンテナンスへの移行期にあり、これを今風に第2世代(2.0)と定義すると、少し前までの経験や実績に基づくメンテナンスが主体の時期を第1世代(1.0)と定義することができます。この流れで来るべき第3世代(3.0)を予測するならば、国の科学技術・イノベーション基本計画などにもあるように、オープン化やデータ連携を前提としたものになるのが必然であろうと考えるに至りました(図2)。

長山 私も、データ連携の流れは不可逆的に進んでいって、それを前提にしたメンテナンスの技術開発が進展するという方向性はそのとおりだと思います。ただし、私個人としては、土木という大きな技術の枠の中を前提とした異なる組織間でのデータ連携といったことだったらメリットを想像しやすいんですが、今回鉄道総研さんが提案されているような、異なる系統間のデータ連携によるメリットは具体例がごく限られると思います。例えば、相互乗り入れをしているような鉄道事業者間でメンテナンスデータ



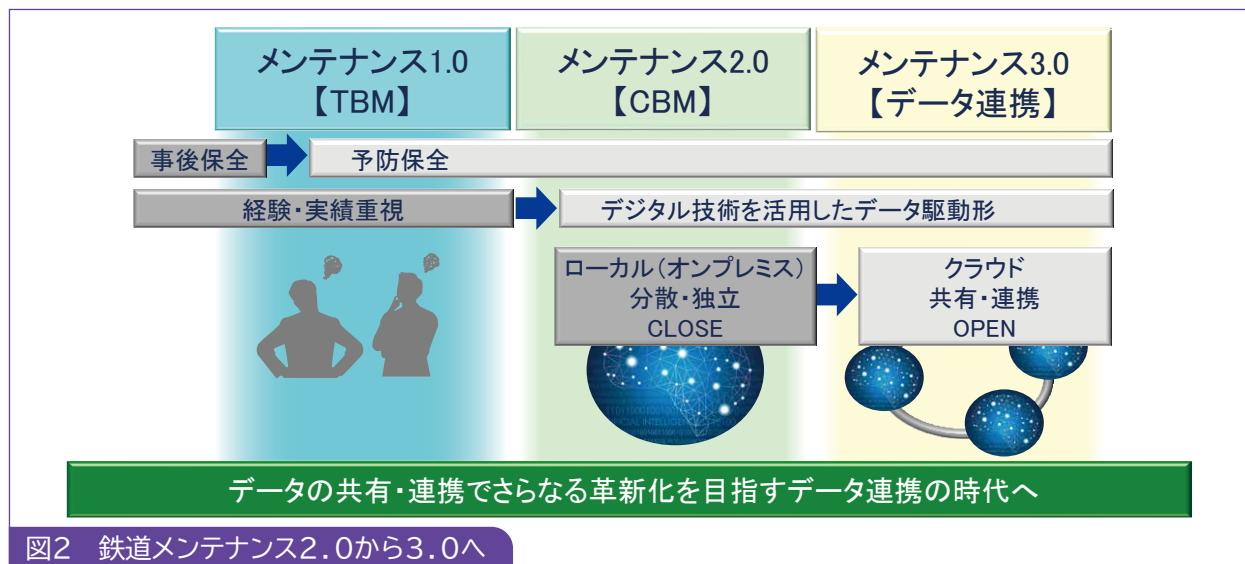


図2 鉄道メンテナンス2.0から3.0へ

を連携することにメリットがあるのは容易に想像できるんですが、異なる技術系統間でのデータ連携についてのメリットがどのようなものなのか、具体的な提案を増やさないとなかなか進まないんじゃないでしょうか。

芦谷 先生のおっしゃることはごもっともだと思います。そもそも、鉄道技術を構成する各系統の維持管理についてはこれまでそれぞれ独立に行われてきましたので、実際に検査・工事をする設備の位置を指定するものさしがまったく違います。したがって、現状では、系統間で設備の位置を合わせて各々のメンテナンスデータを連携させることはきわめて困難です。過去に連携させたことがないので、設備の不具合がどのように影響しているかといった定量的なデータもほとんどありません。よって、系統間連携の具体的なメリットを示す事例もまだ少ないという状況です。

長山 データを系統間で統一的な位置情報にひも付けて連携させると、これまでわからなかったことがわかるようになって、新たなメリットが生まれる可能性はあると思います。ただし、維持管理で実際に使うシーンを考えたシステム作りもあわせて検討していかないと、使い勝手が悪いものをわざわざ誰も使ってはくれません。

データ連携の実現に向けて

村本 系統間のデータ連携を使い勝手よく実現

するために、鉄道総研では統一キロ程というものを提案しているわけですが、これについても簡単に説明をお願いします。

芦谷 系統間でメンテナンスデータを連携させるために必要なリファレンスとして、基本的には時間と位置情報が必要です。時間は標準時刻を使えば問題ありませんが、位置情報については、鉄道では、例えば、車両、軌道、電力などの系統ごとで異なるものを使っています。そこで、図3に示すように、これらをいったん、位置情報一元化サービスに渡して、軌道中心線と設備の座標をベースにした統一キロ程という位置情報に変換して管理します。統一キロ程は、それ自体をそのまま位置情報としても利用できますが、一元化サービスを介してそれぞれの系統で使用している位置情報に再変換して使用することができます。したがって、例えば、車両の走行距離にひも付いたメンテナンスデータを軌道分野の人たちが自分たちの位置情報である保線キロ程にひも付けて参照することも可能となるわけです。

長山 道路においても、路面と橋脚などの構造物との位置のマッチングには苦労しますので、鉄道総研さんが提案されている統一キロ程は、



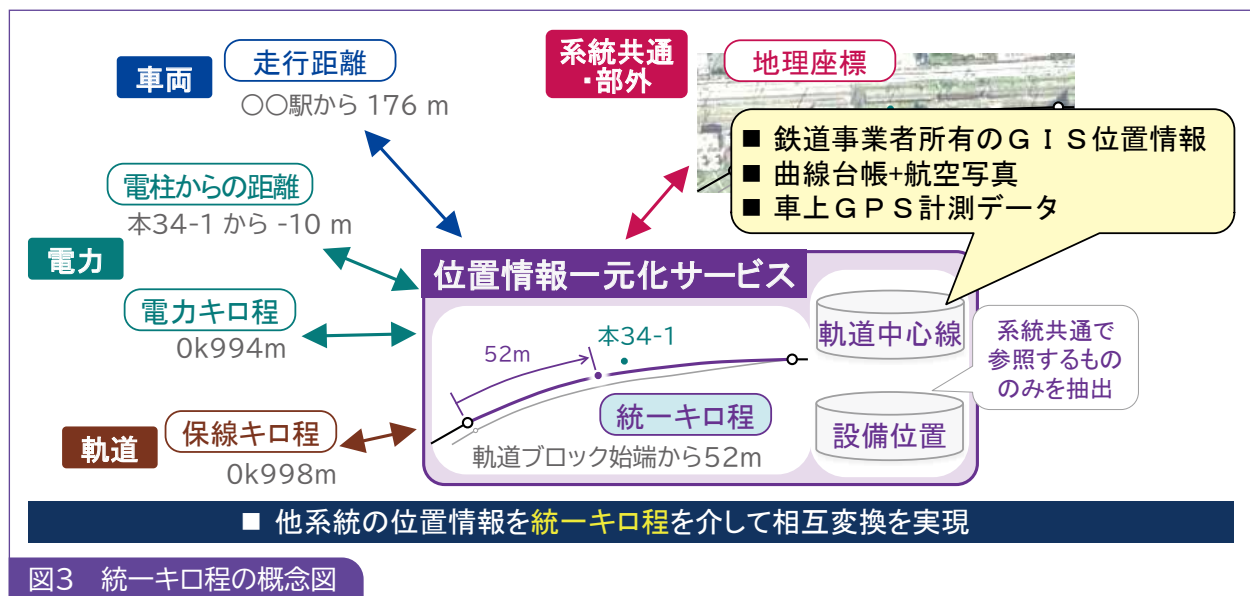


図3 統一キロ程の概念図

有効な方法だと思って拝聴させていただいていました。ただし、数値の変換だけじゃなくて、更新頻度の違いとか、それにともなう微調整とか、細かい条件がついてくると結局使いづらいものになってしまうような気がします、すでに試験的にどこかで運用とかされているんでしょうか？

芦谷 すぐ使っていただけるプロトタイプシステムは完成していますが、現状は、鉄道総研内の試験線で運用していて、現場ではまだです。先生がおっしゃるように、現場での適用をふまえるといろいろな問題点が出てくる可能性はあると思います。いずれにしても、位置情報はデータ連携の要ですので、統一キロ程は、鉄道総研が主体となって、情報の更新などを含めて厳格に管理する必要があると考えています。ただし、あくまでもデータ連携を円滑にするためのサービスであり、エンドユーザーが使用する位置情報は従前のままで、とくに意識する必要はないようにしたいと考えています。

村本 講演会では、「各分野や各事業者が現在使っているデータフォーマットにはこれまでの積み重ねや事情があるんだから、そもそも共通フォーマットをどうするかということをもまず検討すべきなのではないか」とか、「統一キロ程を本当に使わなきゃいけないのか」といった現状の変更に対するご心配のコメントも散見され

ました。

芦谷 我々としては、各分野、各事業者が、現状使っているメンテナンスデータのフォーマットを変更することを前提には考えていません。あくまでも、データを相互に連携・共有させるための翻訳サービスを作ろうということであって、現場サイドでは今までと変わらないというのが理想です。何がかわるかという、例えば、軌道だったら今までは軌道検測データだけしか見られなかったのが、構造物や電力のメンテナンスデータが、自分たちの位置情報にひも付いた形で参照できるようになるということです。

長山 参照できるだけではだめで、分析・予測を行うツールまで準備しないと、メリットが具体化してこないと思います。

芦谷 おっしゃるとおりです。鉄道総研では、系統間で連携したデータをクラウド上で一元管理するために「統合分析プラットフォーム(図4)」の構築に取り組んでおります。また、このプラットフォーム上で実際にデータを閲覧・分析するためのインターフェースとして「メンテナンス情報統合管理システム」も開発しています。これは、軌道の維持管理において現在広くご使用いただいているデータベースシステム「LABOCS」をベースに開発を進めているものです。データ連携の具体的な仕組みづくりはこれからですが、その受け皿になるプラット



フォームやツールは一応それなりの形はできているといった状況です。

データ連携の展望

村本 今のところ、メンテナンスのDXについては検査・診断を主体に研究開発が進んでいるわけですが、いずれはその先の修繕や部品交換といった措置にまで踏み込んでいかなければならないと思います。長山先生には何かお考えがありますか？

長山 道路舗装の維持管理については、我々のスマートフォンベースのシステムも実用段階に入りましたので、各所で高頻度にメンテナンス情報を蓄積できる体制が整いつつあると思います。今後は、修繕の履歴や修繕効果の評価といった知見の蓄積に基づいて、AIなどで最適な修繕方法を提案したり、修繕計画を策定したりできるようにしたいと考えています。このデータの蓄積においては組織間でのデータ連携が重要で、いろいろな組織のメンテナンスデータが、連携してアクセスできることが重要だと思います。

芦谷 組織間連携が進めば、そういった知見の蓄積は加速するでしょうね。ただし、同じ技術分野であっても、組織が違えばデータベースの構成が違ったり、微妙に方言があったりしますから、同一分野の組織間データ連携を円滑に実現するための仕掛けづくりも必要だと思います。

村本 統一キロ程サービスのように、最大公約数的な統一データフォーマットを介してデータを連携・共有させるサービスが必要になるのではないのでしょうか。ただし、事業者ごとにインターフェースを作っていたらキリがないので、データ連携サービスのインターフェースくらいは事業者間で協議して共通化する必要があるかもしれません。

芦谷 そもそも、鉄道事業ではメンテナンスのDXの進展も系統間の差がまだまだ大きくて、メンテナンス2.0ですら道半ばです。3.0なんて、本来はこれから10年先くらいの話だったのが、コロナ禍でそんな悠長なことを言ってる場合じゃなくなってしまいました。そこで、鉄道事業者においては、まずは長年の課題だった系統間の位置合わせからやっ払いこうと。これだけでもかなりハードルは高いですが、業界としてなんとか乗り越えていこうというマインドになっていると思います。これが進めば、並行して組織間連携の機運も高まると思います。

長山 統一キロ程は、緯度・経度の絶対座標をベースにしていますから、将来的には道路分野とのデータ連携にも活用できるかもしれません。非常に興味深い試みですので、ぜひとも実現していただくことを期待しています。

村本 本日はお忙しいところありがとうございました。