

鉄道メンテナンスデータの有効活用を考えた 統合分析基盤構築に関する研究

Research to create an integrated analysis platform
for effective use of railway maintenance data



瀧川 光伸*



高橋 敦宏*

This paper describes research to create an integrated analysis platform for the effective use of railway maintenance data. Current systems in our company are independent and have different data structure. First of all, we made a work support system by using the data of certain systems to evaluate the user interface and extract the potential problems with an integrated database. As a result, it was found that “coordinates” and “time” are important in linking data of various systems. However, our ground facilities and trains in service do not have information on the coordinates. Therefore, we are studying to efficiently obtain the coordinates of railway facilities and trains with Mobile Mapping System and Global Positioning System. We believe that a database of railway facilities based on Geographic Information System helps the integrated analysis platform.

●キーワード：スマートメンテナンス、データ統合、設備管理システム、GIS、GPS、MMS

1. はじめに

テクニカルセンターでは、将来の鉄道メンテナンスの変革を目指した“スマートメンテナンス構想”を進めている。その中の一つに“データベースの統合”という目標がある。この目標が目指すところは、鉄道設備や車両をメンテナンスしていく上で蓄積されていく様々な検査データを一元管理して、容易に扱えるようにしていくことにある。その上で、メンテナンス技術者が様々な検査データを自ら分析し、新たな気づきによる業務改善やコスト削減につなげていくことを期待している。

当社のメンテナンス対象は、線路や橋梁・トンネルなどの土木構造物、変電所や信号・通信機器などの電気設備、新幹線や通勤電車などの鉄道車両など多岐に渡っている。当社には、このような地上設備と車両を維持管理していく中で構築されてきた多くのシステムが存在しており、大量の情報が蓄積されている。その情報形式は数値データのような構造化されたものだけでなく、テキストや図面など非構造化データもある。これらの情報を一元管理し、各職場のニーズに合わせた状態で利用できるようにするためには、乗り越えなければならない課題も多い。

本稿では、長期にわたり蓄積されたデータを部門横断的に活用した場合のメリットについて紹介し、その際にわかった課題とその解決策として取り組んでいる研究開発について報告する。

2. スマートメンテナンスとデータ統合

2.1 スマートメンテナンス構想

スマートメンテナンス構想は、図1に示すような4つのコンセプトから成り立っている。それらは、「状態基準保全（CBM: Condition Based Maintenance）の実現」「アセットマネジメントの導入」「人工知能による業務支援」「データベースの統合」であり、メンテナンスデータの統合は本構想の一つの柱となっている。その他の3つのコンセプトを実現するためには、メンテナンスで得られる様々な“データ”が必要となる。CBMの実現やアセットマネジメントの導入には設備や機器の状態を表したデータとその蓄積、人工知能による業務支援では技術的な知見や技術者の経験（ノウハウや失敗）を記録したデータが重要である。つまり、データベースの統合は、メンテナンスにより集められるデータの効率的な活用を支える重要なコンセプトである。

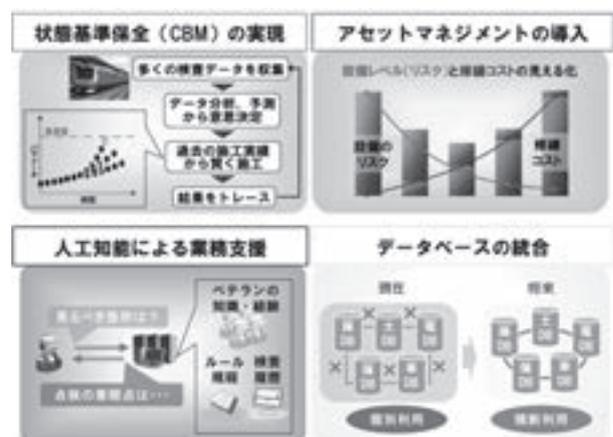


図1 スマートメンテナンス構想

2.2 メンテナンスデータ統合の必要性

2.2.1 メンテナンス関連システムの現状

現在、地上設備と車両を維持管理していくためのシステムが数多く存在している。例えば、地上設備関係だけでも保守管理部門（保線、土木、信号通信、電力、機械）ごとの設備管理システムがあり、システムの仕様やデータ構造などは統一されていない。また、各部門の中でも業務ごとに独立したシステムが存在しており、システム間のデータ受け渡しについて、人手を介して行う場合も多い。

現在、業務の多くがシステムを中心とした流れになっている。そのため、システムにデータを入力すること自体が業務の主な目的になってしまい、入力されたデータを有効に活用しきれていない場合も多い。例えば、業務の流れに沿っていない分析を行うには、必要なデータを探し、加工してからでないと利用することができない。つまり、手間のかかる作業のため、気軽に分析をして、業務改善に結びつけていこうという気持ちも起きにくいのではないと思われる。このようなデメリットをなくし、当社の中に蓄積されているメンテナンス関連のデータを有効活用していくためには、データを容易に利用できる仕組みづくりが重要になると考えている。

2.2.2 海外におけるメンテナンスデータの統合

海外では、保守管理部門の枠にとらわれず、地上設備を一元的に管理するためのプロジェクトが数多く存在する。例えば、オランダの鉄道インフラ管理会社であるProRailが、SIGMA¹⁾という地上設備の一元管理システムの構築を始めている。また、スイスの鉄道会社であるSBBでは、1989年から地上設備の一元管理を目的としたプロジェクトが立ち上がり、設備資産のデータ整備と日々の更新を続けている。現在では線路設備、電力設備、列車の累積された通過本数などが電子地図基盤（GIS：Geographic Information System）上で一元的に管理することができ、設備の位置関係や諸元データを一目で確認することが可能である²⁾。さらに、ドイツの鉄道インフラ会社であるDB Netzでは、地上設備を統合的に分析・診断するためのDIANA³⁾というプラットフォームを開発中である。世界的に見ても地上設備の一元管理は時代の流れであり、当社としてもICTの発展と世界の動向を見極めながら、メンテナンスデータの統合を進めていく必要があると考える。

2.2.3 データ統合で生まれる新たな業務支援

テクニカルセンターでは、データを統合することでメンテナンス業務に生じる新たな変化について、様々な検討を行っている。以下にその一部について紹介する。

(1) 他部門が関係する業務を支援するアプリケーションの提供が可能

現在保有しているメンテナンス関係のデータを統合することにより、現業部門に対してどのような業務支援が行えるかを検討した。実際に他部門との調整や現場確認を必要とする業務が数多く存在しており、その中から3つの業務を選び、業務支援システムを試作した。選んだ事例としては「MTT⁴⁾施工計画の業務支援」「建築限界管理の業務支援」「ホーム高さと離れ管理の業務支援」である。

一例として、MTT施工計画の業務支援に関するシステム画面を図2に示す。線路を修繕するには、列車荷重で部分的に沈んだ線路を持ち上げて平らにしていく作業が必要となる。その際、上空にある架線や碎石の中に埋もれているケーブルを支障しないかなどの確認が必要となる。このシステムでは、図2に示すように架線の高さを示すチャート（電力部門）、線路の状態を表すチャート（保線部門）、線路周辺の信号通信設備を示す図面（信通部門）が同時に表示されるため、机上で事前の確認と設計が可能となる。

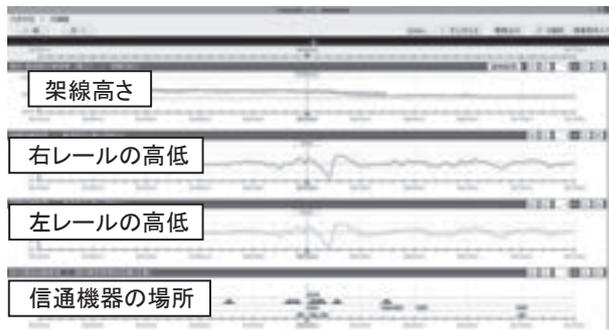


図2 MTT施工計画の業務支援システムの画面

(2) ベテラン技術者の知見・過去の経験をシステム上で“見える化”することで、初心者の判断業務を支援

蓄積されている過去のデータを利用して、ベテラン技術者の知見や過去の経験を表現する手法について検討をした。一例として、線路補修の業務について考える。線路の劣化は、周辺環境や線路構成部材の影響を大きく受けるため、場所ごとに大きく異なる。ベテラン技術者は線路補修するにあたり、環境や保守周期などを総合的に勘案して、工事箇所や工法を選定している。そのノウハウに変わるものとして、蓄積されたデータ（ここでは過去の線路状態を表す情報）を利用してヒートマップを作成した（図3）。これは、ある路線の2.4km区間について48ヶ月に渡る変化を示している。色の濃いところが良い状態もしくは悪い状態を表している。実際はカラーで色分けしており、緑色が良い状態（数値が小さい）、赤色が悪い状態（数値が大きい）を表している。線

路状態の変化が一目瞭然であり、劣化推移の違いがすぐにわかる。修繕箇所の優先順位を決める際にも全体的な傾向がイメージ的にわかるので、経験に頼らなくても意思決定が可能となる。

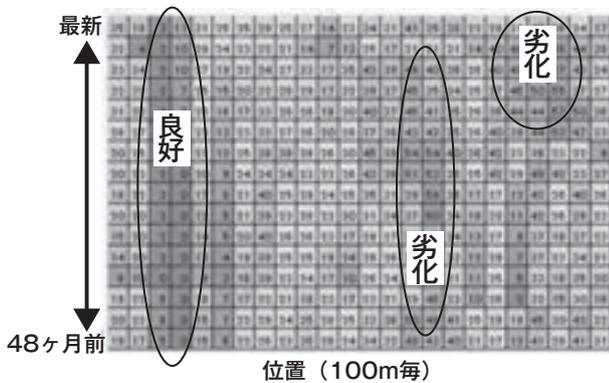


図3 線路状態の変化を示したヒートマップ

(3) 他部門のデータを利用することで、様々な設備の影響を考慮した分析が可能

設備の劣化原因を推定する場合、基本的に自部門で得られるデータを中心に分析を行ってきた。しかしながら、もし他部門のデータを自由に扱えば、ビッグデータ分析手法を活用して、新たな知見を得ることができるかもしれない(図4)。例えば、架線摩耗の進捗が急に早くなったので、その原因を推定する場合を考える。各部門にあるデータを相関分析したり、横断的に眺めたりすることで、技術者が気づかなかった根本的な原因を発見でき、繰り返し補修を減らせる可能性がある。

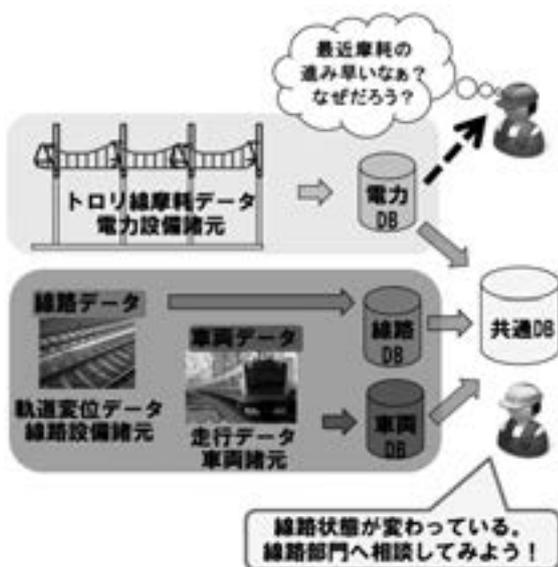


図4 他部門のデータを利用したメンテナンス

2.2.4 データを統合する際の課題

これまで紹介した事例研究を通して、データを統合する際の課題も明らかになった。業務支援システムを試作する研究では、台帳などで管理していてシステムに登録されていない設備や位置情報をもっていない設備の存在が確認された。さらに、各システム上で持っている設備の位置情報(キロ程*)が数値的には同じでも実際の現場では最大10mほどずれている状況も確認された。また、検査専用車両(East-i)で測定した電力部門と保線部門のデータを相関分析する際には、車両で得られるキロ程が地上設備のキロ程と相違する場合があった。これまでにわかった課題を整理すると以下のようなようになる。

- ・各部門の位置情報(キロ程)が一致しないことがある。
- ・設備によってはキロ程情報が存在しない。
- ・車両の走行位置が地上のキロ程と合わないことがある。

課題の多くは位置情報に関することであり、この精度を上げることで分析の信頼性が向上すると考える。

3. データを統合する際の課題解決

データを統合する際に重要な情報の一つは、「位置」であることがわかった。位置情報を効率的に取得し、管理していくためには、近年、欧州の鉄道関係でも活用されているGISやGPS(Global Positioning System)の適用が最適ではないかと考えている。例えば、図5に示すようなGISを基本とした地上設備の資産管理システムがあれば、設備同士の相対位置関係や車両の走行位置を表示することが容易になる。現在、この仕組みを効率的に整備していくために必要な研究を行っている。

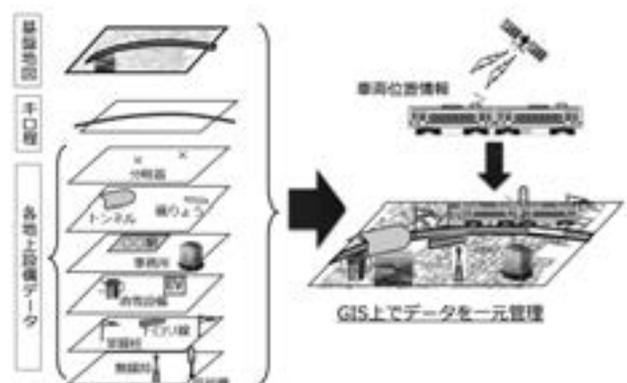


図5 GISによる設備と車両位置の統合

3.1 位置情報変換システムの開発

各部門の情報をキロ程という項目でリンクさせるためには、各設備の位置が絶対位置(緯度と経度)で表されていない

とお互いの相対関係がわからない。これまでの研究から、同じキロ程の設備でも絶対位置は異なっている場合があり、各部門のキロ程を読み替えることのできる仕組みが必要となる。図6は、その仕組みを組み込んだiPadの表示画面を一部加工したものである。アプリを動作させると自分の居場所に近いキロ程が表示される。例えば、保線キロ程では2k360mの位置が、電力キロ程では2k359mであるということがわかる。この仕組みを経由することで、各部門でこれまで管理してきたキロ程を変更せずに他部門データとの連携が可能となる。



図6 位置情報変換アプリ (iPad)

3.2 地上設備位置の効率的な整備方法の研究

地上設備のデータ連携を考えた場合、キロ程情報を持っていない設備についても絶対位置情報を付与する必要がある。海外事例の調査からも、その整備には労力を要することがわかっている。そこで近年、道路沿いの設備情報を効率的に取得できる「モバイルマッピングシステム (Mobil Mapping System: MMS)」を鉄道に応用できないか検討を始めている。図7にMMSを使ってある路線を計測した結果を示す。この図は写真のように見えるが、実は点の集まりを図示したものであり、その点には緯度と経度の座標情報が付加されている。このデータを分析することで、設備の絶対位置情報を効率的に取得することが可能になるのではないかと考えている。

3.3 車上位置情報の効率的な取得

地上設備と車両の位置関係を連携させるには、すでにカーナビゲーション・システムでも採用されているGPSの活用を検討している。GPSであれば緯度・経度情報と時間が容易に取得できるので、地上設備との連携もしやすくなる。現時点では、最大10m程度の誤差をもつ測位精度や人工衛星の電波を捕捉できないトンネルなどの処理に関する課題はあるが、将来的には解決可能と考えている。

屋外での測位精度については、2018年に準天頂衛星の



図7 MMSによる鉄道設備の計測結果

体制が整う予定であり、GPSの測位精度が非常に高精度になると言われている⁴⁾。以前実施した鉄道車両による走行試験では、GPSの測位精度がcm単位の誤差で検知できるとの結果を得ている⁵⁾。今後、は地上設備と車両データの連携手法について研究を進めて行く。

4. おわりに

本稿では、鉄道メンテナンスデータを活用するための統合分析基盤を整備していくに当たっての課題とその解決に向けた取り組みについて紹介をした。各メンテナンスシステムに存在しているデータ連携には、多くの課題が存在するが、その中でも「位置情報」の整備が特に重要であることがわかった。地上設備では緯度と経度を基本とした地図基盤整備、車両においてはGPSを活用した位置把握が必須であると考えている。メンテナンス技術者が各部門の枠にとらわれず、業務に必要なデータが手軽に扱えるような仕組みの構築に向けて、引き続き研究を進めていく予定である。

*1 MTT: Multiple Tie Tamperの略。道床区間の線路を修繕するための大型保守用車両

*2 キロ程: 鉄道路線ごとに起点から終点まで定められている位置情報 (例: 5k300m)

参考文献

- 1) ProRail and CGI develop the SIGMA system, YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=xPJMEI-IIE>
- 2) Swiss Federal Railways Develops Railway Infrastructure Asset Management Solution, TatukGIS website, <http://www.tatukgis.com/News/Swiss-Federal-Railways-Develops-Railway-Infrastruc.aspx>
- 3) DIANA to monitor DB Netz turnouts, Railway Gazette website, <http://www.railwaygazette.com/news/technology/single-view/view/diana-to-monitor-db-netz-turnouts.html>
- 4) 準天頂衛星システム、内閣府ウェブサイト、<http://qzss.go.jp/overview/download/index.html>
- 5) 金井、横山、角谷: 埼京線E233系を用いた準天頂衛星による高精度測位の評価、鉄道サイバネ・シンポジウム論文集、51、論文番号409、2014.11