

ICTを活用したスマートメンテナンスの展望 Prospects of “Smart Maintenance” utilizing ICT

東日本旅客鉄道株式会社 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター所長
松浦 和史



1. はじめに

テクニカルセンターは1991年4月、現場第一線での技術開発を推進、支援する組織として東京都品川区 大井工場構内（現 東京総合車両センター）にて発足しました。その後、当社の技術開発のさらなるレベルアップとスピードアップを図ることを目的に、2001年12月に埼玉県さいたま市（旧中央研修センター跡地）に設立されたJR東日本研究開発センター内に移転、メンテナンス専門の研究所として、この4月に発足25周年を迎えました。

インフラ設備のメンテナンスは、2012年12月に発生した中央自動車道の笹子トンネル事故以降、世の中の関心が高まっています。人口減少時代に突入し、高度成長期に建設された多くの社会インフラが老朽期を迎えつつあります。老朽化した既存資産の有効活用を図り、如何にしてサステナブル（持続可能）な社会を実現していくかの視点がこれまで以上に強く求められています。

これらの要望に応えるため、テクニカルセンターでは、スマートメンテナンス構想を提唱し、その実現に向けた取組みを進めています。

2. スマートメンテナンス構想

2.1 スマートメンテナンスとは

メンテナンス職場の使命は、常に安全・快適な設備を提供し、しかも「ライフサイクルコスト」を可能な限り低減させることです。そのために最も大切なことは、適切な点検・診断を実施し、それに基づいた効果的なメンテナンス（設備改良を含む）を実施することです。

この当たり前の取組みを、近年発展の著しいICT（情報通信技術）を活用し、高度に実現したものがスマートメンテナンスです。

スマートメンテナンスは、既存設備の「ライフサイクルコスト」の最適化を図るための取組みです。データを活用し、既存設備を可能な限り活用することが基本になります。点検・診断データを適切に分析すれば設備の弱点箇所を把握することができ

ます。その弱点を補強し、壊れにくい設備に改良していくこと、これもスマートメンテナンスの大切な一部になります。

スマートメンテナンスの「データの力で設備の潜在能力を最大限引き出す」、この基本的な考え方は、今まで成果を上げてきたメンテナンスフリー化施策（省力化軌道や電力設備簡素統合化など）や検査周期延伸とは発想が異なります。ICTの活用はメンテナンスを根本から変える可能性があるのです。

2.2 スマートメンテナンスの特徴

メンテナンスは図1に示すような、検査の実施（データの収集・分析）⇒検査結果から修繕箇所を判断（意思決定）⇒修繕の実施（施工）⇒効果の確認（評価）という一連のサイクルを回すことにより実施されます。



図1 PDCAサイクル

技術の進歩により、検査（データ収集）の頻度を大幅に向上させ、大量のデータ取得が可能となれば、メンテナンスに関する考え方は一変します。時間基準保全（TBM：Time Based Maintenance）から状態基準保全（CBM：Condition Based Maintenance）

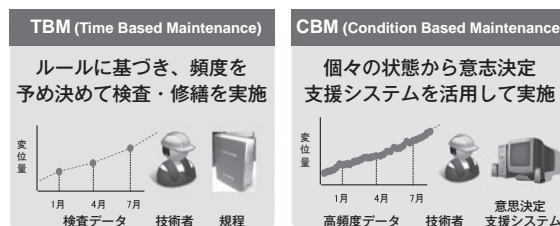


図2 TBMとCBM

Condition Based Maintenance)への革新です。これにより、二つの大きな変化が発生します。

(1) リアルタイムで設備状態を把握

今までの一定周期の検査(保全)では、例えば半年毎の検査データしか得ることができません。その場合、半年前に大丈夫だった検査データを根拠に、列車を運行させています。CBMでは今その場での設備状態、軌道の例で言えば営業列車によるモニタリングで収集したデータに基づき、安全で安定した輸送を提供することができます。

(2) 日々、大量データを蓄積

蓄積された大量の設備データを分析・判断(データマイニング)することにより、ライフサイクルマネジメントを最適化させることができます。データが増えれば増えるほど、より正確な判断が可能になるからです。

場所ごとに異なる設備の小さな変化や軌道変位の進行を正確に予想することが可能となり、最適な修繕時期、修繕方法を決めることができます。

2.3 車両におけるスマートメンテナンス構想

昨年度、山手線に導入されたE235系では、各機器の状態を記録した膨大なデータ(ビッグデータ)を取得することが可能になりました。このビッグデータを活用したCBM(データ分析による車両の状態に応じたメンテナンス)の導入を目指しています。(図3)

このリアルタイムに取得されるデータを活用することにより、車両故障の予兆を把握し事前に対処することや車両故障発生時の的確な状況判断や処置の実施など、安全安定輸送の更なる向上が図られることが期待されています。

また、将来の車両におけるスマートメンテナンスのイメージは、車両各機器の状態をモニタリングするとともに、取得したビッグデータを分析し、その結果に基づいて車両の整備を計画・施工するなど、より効率的なメンテナンスの実現に向けて検討を行っていきます。

3. ICTの発展

ここでは、スマートメンテナンスを支えるICTの発展について、簡単に述べていきます。

3.1 ビッグデータ

近年、「ビッグデータ」という言葉が頻繁に使われるようになりました。続々と発生する大量のデータから、いかに事業の役に立つ知見を得るかという動きです。

ビッグデータには、ソーシャル・ネットワーキング・サービス(SNS)に代表される“つぶやき”などの文字情報、写真や映像、ホームページなどへのアクセス時に発生するログ情報、各種センサー情報など多種多様なデータが含まれます。このようなデータの総量は、2012年時点で世界に2.8ZB存在していますが、2020年には14倍の40ZBになると予想されています。

後に述べるクラウドコンピューティング、Hadoopや人工知能(AI)などの技術の発展に伴い、ビッグデータの分析はサービス関係だけでなく、メンテナンス分野にも適用されはじめています。

3.2 クラウドコンピューティング

クラウドコンピューティングとは、手元のコンピュータの中にあつたITリソースを、インターネットを通じたサーバ群に移行し、必要なサービスを必要な分だけ利用するコンピュータの形態です。コストを削減できるだけでなく、迅速にIT基盤を構築できるなどのメリットがあります。単純なWebサービスだけでなく、データベースやアプリケーションインターフェイス(API)、ビジネスロジックに至るまでコンピュータのあらゆる要素がクラウド上に展開されており、その活用は益々増加すると予想されます。

研究開発センターにおいても、ビッグデータ解析用サーバにクラウドコンピューティングを採用しています。

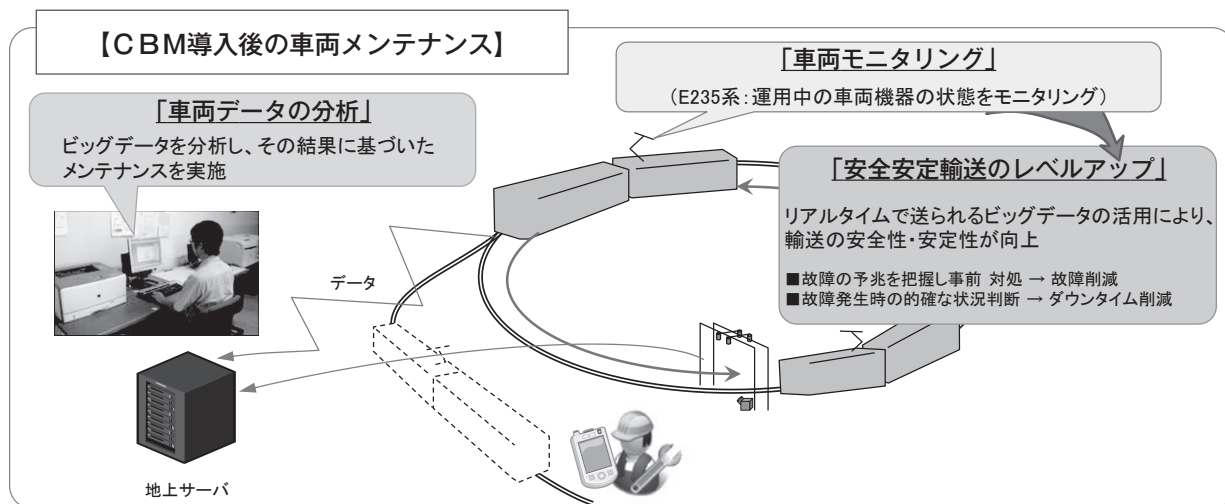


図3 車両におけるスマートメンテナンスのイメージ

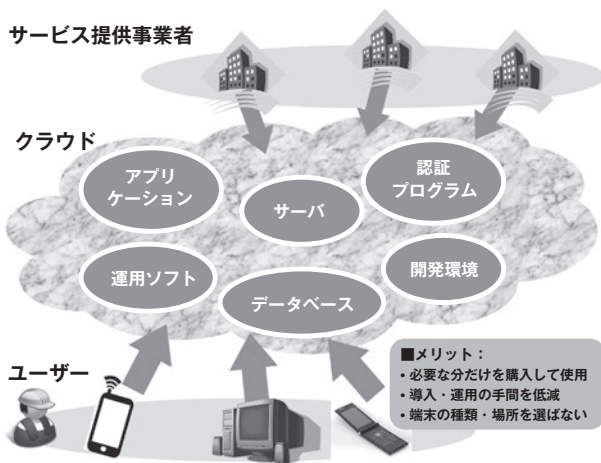


図4 クラウドのイメージ

3.3 人工知能 (AI: Artificial Intelligence)

人工知能の一番の特徴は「何かを学んで成長する能力」(機械学習)を備えていることです。最新鋭の人工知能はディープラーニングにより、人間に教わることなく、自らサイバー空間や実世界に溢れる膨大な情報(ビッグデータ)を学習することで自律的に進化する事が可能です。この技術により、従来のコンピュータが苦手としてきた言語処理や画像認識、音声認識への適用が期待されています。

鉄道におけるメンテナンスでは、定期的な検査や事故報告など、過去のデータが多くのシステムに点在しています。このデータをうまく活用できれば、ベテラン技術者に匹敵する人工知能を作れる可能性があります。テクニカルセンターでは、ベテラン技術者の暗黙知や豊富な経験をデータベース化し、人工知能を活用した「故障原因を推定するシステム」の基礎的な調査を行っています。

3.4 IoT とセンサー技術

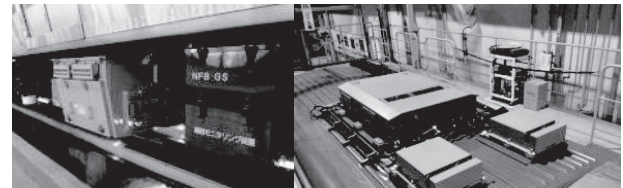
IoTとはモノのインターネット(Internet of Things)を意味します。私たちがインターネットを介して情報のやり取りをするのと同様に、「モノ」同士がインターネットを介して情報を共有し、有益な情報を生み出したり、人手を介することなく動いたりします。近年、IoTがクローズアップされる理由には、スマートフォンに代表されるユビキタスな通信環境、センサー技術の発展が背景にあります。

IoT技術は、航空機や自動車の状態監視などですでに活用されています。鉄道においても、車両や地上設備にセンサーを埋め込めば、車両の運行状態、設備状態がわかり、スマートなメンテナンスが可能になるはずで

4. スマートメンテナンスの現状

4.1 営業車モニタリング

山手線E235系量産先行車では、地上設備のデータを取得する各種モニタリング装置を搭載するとともに、車両機器、設備の劣化・故障を把握する手法の開発に取り組んでいます。同車に搭載したモニタリング装置の一部を図5に示します。



線路設備モニタリング装置

電力設備モニタリング装置



E235系量産先行車外観

図5 山手線E235系量産先行車

線路設備モニタリング装置は、軌道変位や締結装置の状態などを測定する装置です。これまでに山手線、京浜東北線などで使用され、今年度末より導入線区の拡大を行う予定です。測定された軌道変位データは無線回線を通じて、リアルタイムでメンテナンス職場に送付されます。軌道変位を連続的に捉え、将来の変位の予測も行えるようになっていきます。

4.2 スマートメンテナンスのターゲット

スマートメンテナンス(またはCBM)では、線路設備のモニタリングが先行していますが、鉄道運行に関わる全ての設備が対象になります。開発が完了したもの、技術的に可能なものから導入し、順次拡大することで研究開発を進めています。

主なターゲットは表1に示す通りです。線路沿線に連続して設備されているもの(線路設備や電車線路設備)は営業

表1 スマートメンテナンスの主なターゲット

部門	営業用車両からのデータ取得	地上でのデータ取得(保守用車を含む)
保線	●軌道変位 ●軌道材料 ●列車巡視	
土木	●橋梁(軌道変位データ活用)	●橋梁(センサー設置) ●トンネル覆工
車両	●車両搭載機器 (機能検査、劣化把握、故障情報)	
電力	●トロリ線摩耗 ●き電線圧縮接続部 ●自動張力調整装置	●変電所機器
信号		●定常状態監視システム

車モニタリング、橋梁、トンネル、変電所、転てつ器など沿線に「点」として存在する設備については、センサー、通信技術を活用して、必要なメンテナンスデータを収集します。

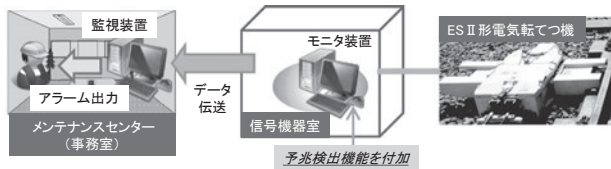


図6 転てつ機モニタリングのイメージ



図7 新幹線軌道用多頭式ボルト緊解機（試作機）

4.3 今後の開発

鉄道におけるメンテナンス業務とは、図1に示すPDCAサイクルを回し続けることで、安全・安定した輸送を確保することです。このサイクル全体がよりスマートになることで初めて、スマートメンテナンス構想が実現したと言えます。これまで述べてきた営業車モニタリングやセンサー開発は、いずれも図1の「データ取得（収集）」の部分にすぎません。現時点ではデータ取得部分のみが先行している状態です。今後は取得した膨大なデータ（ビッグデータ）を分析・判断するためのツールや施工に関する技術開発について、スピード感を持って進めていく必要があります。

軌道変位については、モニタリングデータを使って現場での意思決定をサポートするためのシステムの開発を行っています。今後の軌道状態を予測し、予算や修繕機械の運用などの制約条件を勘案し対話型で修繕計画を提案、修繕後はその効果を評価するシステムの開発を進めています。

軌道変位をはじめ、モニタリングデータは日々、蓄積されています。この「宝の山」を有効活用し新たな価値を生み出すためには、設備データ（設備年度、使用材料、過去の故障履歴など）、列車運行データ（頻度、速度など）など、他システムのデータとの関係を含めて分析することが必要です。このような分析を効率よく進めていくためには、モニタリングデータを含め、系統横断的なデータベースの整備も必要になります。

次に、施工のスマート化の一例について紹介します。テクニカルセンターでは軌道補修方法の一つであるマルチプルタ イタンパ（以下、MTTとする）作業の施工の仕方と、軌道変位の進行について調査をしています。「MTTモニタ」なるものを開発し、施工時のレールこう上量、タンピング回数、深さなどを記録しています。これらのデータを分析することで、施工箇所合わせた軌道変位が発生しにくい施工方法を確立していきます。

また、生産人口の減少に伴い、最小限の人員での工事施工を可能とするため、機械化工法について研究・開発を行っています。2017年度以降本格化する新幹線ロングレール交換にあわせ、コアとなる作業の機械化を進めています。図7はその一例で、締結装置緩解・緊締作業を省力化する多頭式ボルト緊解機です。

4.4 留意事項

開発を進めるうえで特に留意すべきことは、コストとスピード感です。両者を満足させるためには、できる限り汎用品を活用し、専用品の開発はできる限り控えることが必要です。そのため私たちは、世の中の技術動向に注意を払い、最新の技術を知ることが必要です。オープンイノベーションと部外との協業を常に意識しなければなりません。

アメリカ企業のプロジェクトの成功確率に関する研究によれば、「技術的な成功確率」が80%であったのに対し、その後の「商業的な成功確率」は20%だったそうです。最初の技術的なハードルよりも、製品（市場）化のハードルのほうがはるかに高いのです。ものを開発するだけではなく、普及し定着させるプロセスも研究開発センターの大切な役割だと考えています。

5. おわりに

ICTの急速な発展、人口減少、グローバル化の進展など、鉄道事業を取り巻く環境は目まぐるしく変わっています。それらに柔軟に対応し、日本を支える重要なインフラの一つである鉄道をより一層発展させるため、メンテナンスの重要性が益々増えていきます。世の中の先進技術をオープンイノベーションとして幅広く求め、鉄道システムの革新を目指して研究開発に取り組んで参ります。

本文でも述べたように、スマートメンテナンスの実現には、まだまだやるべきことが山のようにあります。これからもご支援、ご協力をお願いいたします。

参考文献

- 1) 野村総研基盤ソリューション企画部:ITロードマップ2015年版, 東洋経済新報
- 2) 野村総研ICT・メディア産業コンサルティング部:ITナビゲータ2014年度版, 東洋経済新報
- 3) 杉山貴章:図解クラウド仕事でつかえる基本知識, 技術評論社
- 4) 網野知博:ビッグデータ活用入門, 日本能率協会マネジメントセンター
- 5) 小林雅一:クラウドからAIへ, 朝日新書
- 6) 玉田俊平:日本のイノベーションのジレンマ, 翔泳社