

鉄道車両向け保守支援システムの最新動向

堀江一司*

Recent Technological Trends about Maintenance Supporting System for Railway Vehicle

Kazushi Horie

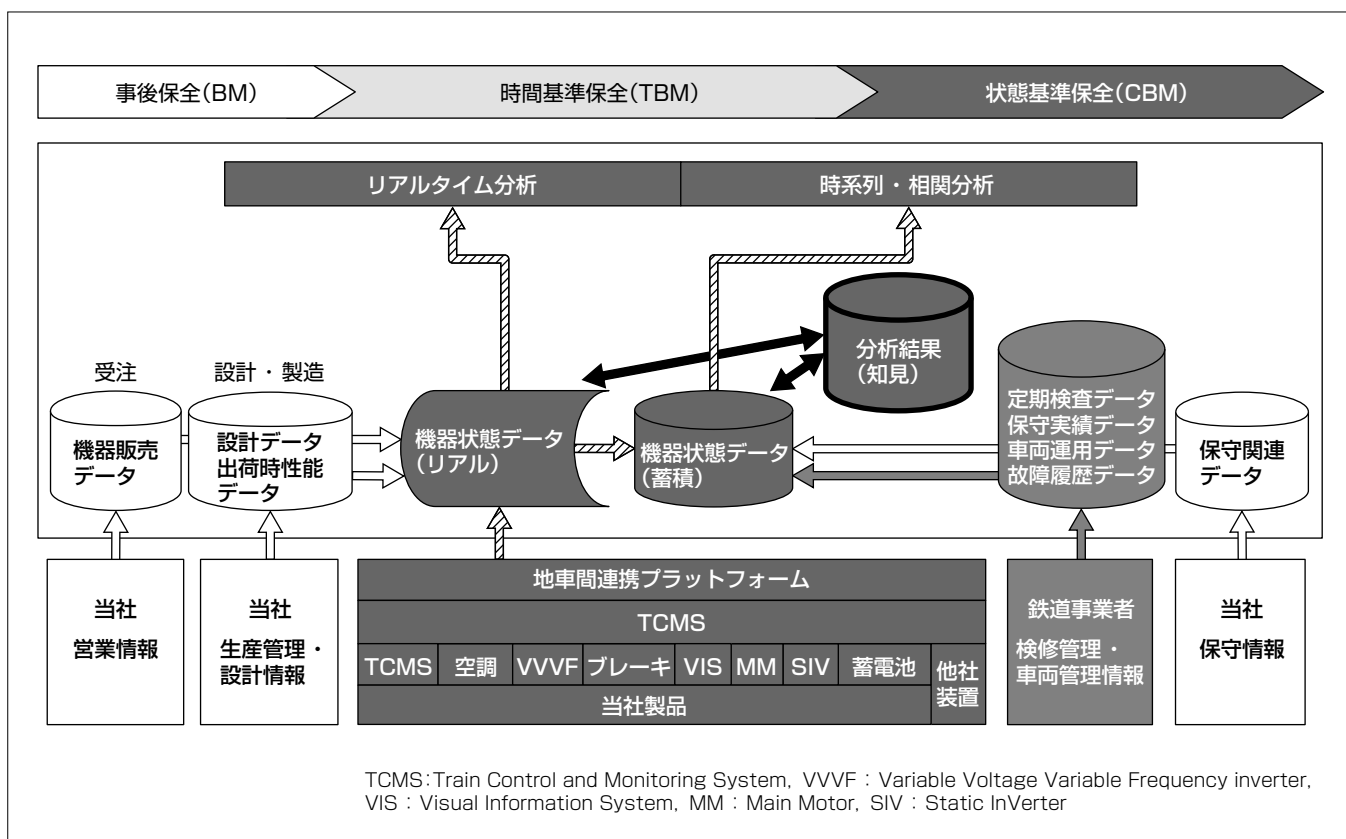
要旨

鉄道を取り巻く社会環境は大きく変化している。国内では、少子高齢化による輸送需要や運営要員の減少が予想されることから、鉄道事業者にとって、安全・安定・快適性の向上に加えて、より一層の経営効率化が喫緊の課題となっている。また、海外でも、競争自由化の拡大や航空・自動車といった、交通モード間での競争激化を背景に経営効率化の要求は高まっている。特に、保守業務は鉄道運営費用で大きな割合を占めることから、定期検査をベースとした時間基準保全(Time Based Maintenance：TBM)から、より自動化や効率化が可能となる状態監視をベースとした状態基準保全(Condition Based Maintenance：CBM)への保守体系の変革が期待されている。

一方、鉄道車両を取り巻く技術動向として、地車間の無

線通信環境の進化によって、車両や機器の状態・稼働データをリアルタイムに収集・活用できる条件が整ってきた。また、ビッグデータと呼ばれる大量の機器データを収集・蓄積するクラウドコンピューティング環境やデータ分析技術など、IoT(Internet of Things)と呼ばれる“モノ”を扱う情報技術の急速な進化・普及も保守体系の変革を後押ししている。

三菱電機はこれまでも鉄道車両の保守業務を支援する装置やシステムを提供してきたが、これら社会環境の変化や最新技術の動向を踏まえ、鉄道事業の更なる経営効率化と持続的発展に貢献するため、機器メーカーとしての長年の経験や知見を活用して、新たな保守支援システムの開発に取り組んでいる。



保全業務支援システムの概念図

現在、鉄道車両の保守は機器故障発生後の事後保全(Breakdown Maintenance：BM)と車両基地での定期点検に相当する時間基準保全(TBM)の両方で運用されているが、効率化に向けて機器稼働状態に合わせた状態基準保全(CBM)の導入に向かっている。当社は各種データの活用・分析によって、各保全を支援するシステムを開発している。

1. ま え が き

鉄道を取り巻く社会環境は大きく変化しており、鉄道事業者にとって、安全・安定・快適性の向上に加えて、一層の経営効率化が喫緊の課題となっている。

特に、鉄道運営費用で大きな割合を占める保守業務では、定期検査をベースとした時間基準保全(TBM)から、より自動化や効率化が可能となる機器の動態監視をベースとした状態基準保全(CBM)へ保守体系の変革が期待されている。

本稿では、機器メーカーである当社がこれらの社会変化や鉄道事業での経営課題を踏まえ、鉄道車両向けに取り組んでいる保守支援システムの開発について述べる。

2. 鉄道車両保守の現状

鉄道車両の保守は他の鉄道設備と同様に鉄道の安全を確保する上で極めて重要な業務であり、最初に保守の現状について述べる。

現在の保守は、鉄道のダウンタイムを最小化するために、故障部位を発見してから修理する事後保全(BM)に加えて、車両や機器の稼働実績を基に検査周期を定めて行う定期検査を主体としたTBMを主流としている。

一般的な保全方式の分類を表1に示す。

ここで、TBMでは機器個別に一定の周期を決めて検査や修繕を行うため、機器が健全な状態であっても修繕・交換による一定の手間や資材費用が必要になってしまう場合がある。

一方、回生ブレーキの負担拡大によるブレーキシュー摩耗の低減や、全閉形主電動機の適用による清掃作業の低減等、機器側での保守軽減に向けた各種技術が適用されるとともに、各機器に対応する試験装置や列車統合管理シ

表1. 保全方式の分類

保全方式	内容
事後保全(BM)	機器故障発生後に補修や取替えをする方式
時間基準保全(TBM)	定期検査や修繕によって保守を行う方式
状態基準保全(CBM)	稼働中の機器での動態監視を基に検出した劣化や故障予兆に基づいて保守を行う方式

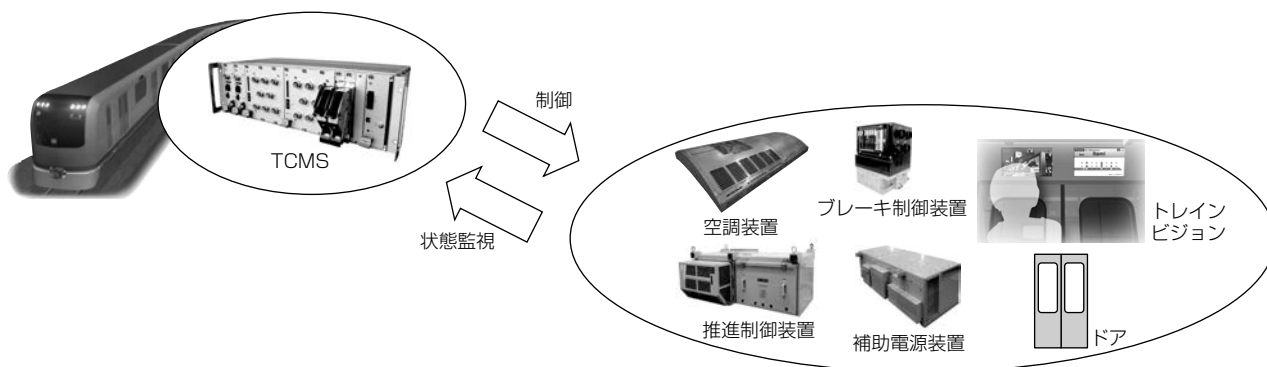


図1. TCMSによる列車統合制御

ステム(Train Control and Monitoring System : TCMS)による列車統合制御の導入等によって検査・修繕の効率化が図られてきた。しかし、現在でも保守要員の経験や技量に依存する作業割合は高く、高齢化によるベテランの退職や少子化による人手不足への対応が重要な経営課題となってきた。

これに対して将来的な保全方式と考えられているCBMは、稼働中の機器状態を連続的にリアルタイムに監視することで、データの時系列又は相関的な分析による知見から劣化や故障の兆候、残った寿命を判断して必要な保守を実施するものであり、TBMに比較して自動化や効率化を実現しやすく、定期検査に必要な費用や人の経験に依存した作業方法、保守工数の削減が期待できる。

3. 保守支援システム技術と課題

現在主流であるBMやTBMに対し、当社はTCMSを中心としてこれまでも保守支援システムを提供してきた。ここではそれらを述べるとともに、CBM実現に向けた今後の課題について述べる。

3.1 モニタリングによるBM支援

モニタリングは、車両搭載機器の故障や稼働状況をリアルタイムに把握・監視するTCMSの機能である。

編成全体での機器の稼働状況を収集し、運転台モニタ画面に機器状態・故障発生等の通告や、復旧対応マニュアルの表示等によって、乗務員は列車上の異常発生を迅速に把握し、処置対応できるようになった。

3.2 各種試験機能によるTBM支援

図1のように、TCMSは機器のモニタリングに加えて列車全体の統合制御へと役割を拡大している。

例えば、営業運転前の出区点検や車両基地での定期点検を支援する機能を提供しており、乗務員や検修員の作業を支援し、時間短縮に貢献している。

3.3 CBM実現に向けた技術課題

先に述べたように、BMやTBMを支援するシステムを提供してきたが、更なる自動化や効率化に向けてCBMを導入するには次のような課題がある。

メンテナンスソリューション

3.3.1 データ通信環境

従来のモニタリング機能に比較して、CBMでは時系列の動態データを始めとして、地車間で伝送する情報量が非常に多くなることから、従来よりも高速な伝送や無線通信を適用する必要がある。

3.3.2 製品トレーサビリティ

機器の動態データをCBMで活用するには、機器の製造から試験、出荷、稼働、保守といった製品ライフサイクルの各ステージでの情報と関係付ける必要があり、これらの各種データを統合するために製品トレーサビリティが必要となる。

3.3.3 データの共有・活用に向けた仕組み作り

監視対象である鉄道車両の大量データをセキュリティ面も含めて蓄積・管理し、鉄道事業者と機器メーカーがデータを共有し、活用できる情報基盤の構築が必要である。

3.3.4 機器動態データ分析技術と知見の蓄積

機器の動態データとして何を使用するのか、どのようにデータを取得・分析して劣化や故障の予兆を得るのか等、CBMの中核となる分析技術を高める必要がある。

4. 新たな保守支援システムに向けた取組み

ここでは3章で述べた現在の保守支援システムや今後の技術課題に対し、4.1節で新たな保守支援システム実現に向けた考え方を述べ、4.2節以降で現在の取組み状況について述べる。

4.1 新しい保守支援システムへのアプローチ

CBMを適用した新しい保守支援システムを目指して、機器の動態監視をベースとし、次のようにBM、TBMの更なる改善を起点として保守体系の変革を進めていく。

4.1.1 BM(故障対応)の迅速化

従来のモニタリング機能(運転台モニタ画面表示)に加えて、機器の動態データの見える化を図るとともに、乗務員と地上側(司令員)でモニタ画面や動態データを共有できるようにする。

また、鉄道事業者の各部門に加えて当社も動態データを共有することによって、故障対応に際して鉄道事業者と機器メーカーとの連携を強化し、復旧の迅速化を図る。

4.1.2 TBM(定期検査)への応用

地上側で見えるようになった動態データを活用して保守の省力化を図る。

例えば、現行の定期検査項目に関して、営業走行中の状態記録や動態データの処理による判定で置き換えることによって、検査の省力化を進めていく。

4.1.3 機器メーカーの知見に基づくCBMの展開

BM、TBM支援で蓄積した動態データに対する分析

を継続し、順次CBM支援を導入していく。

CBM支援での重要な技術は、機器から収集したデータに基づいて異常やその予兆を抽出するデータ分析であるが、この分析には一般的な統計モデルやAI(Artificial Intelligence)手法、ビッグデータアプローチに加えて、対象機器の設計・製造での機器メーカー独自の知見に基づいた物理モデルや長年の経験による故障モード分析等を融合させて解を得ていく。

4.1.4 CBM支援でのデータ分析精度の向上

CBM支援に際しては、各機器で分析を実行する範囲(同一機器の台数)を適切に広げることによって、取得データ分析の精度向上を図る(図2)。

4.2 BM迅速化への取組み

4.2.1 地車間通信システム

無線通信を使って車両モニタリング情報を地上サーバへ伝送する地車間通信システムを活用し、機器故障発生時のデータが地上側で遠隔取得できる等の利点も含め、車上と地上で同一モニタ画面を共有し、BM支援として運転士と司令員の正確な意思疎通、問題解決の迅速化を進めている。

4.3 TBM支援への取組み

4.3.1 定期検査への応用

地車間通信の活用によって、従来手動で実施していた検査項目の一部を、営業走行中の車両搭載機器データを用いることで、車両基地での検査作業の省力化が可能になる(図3)。

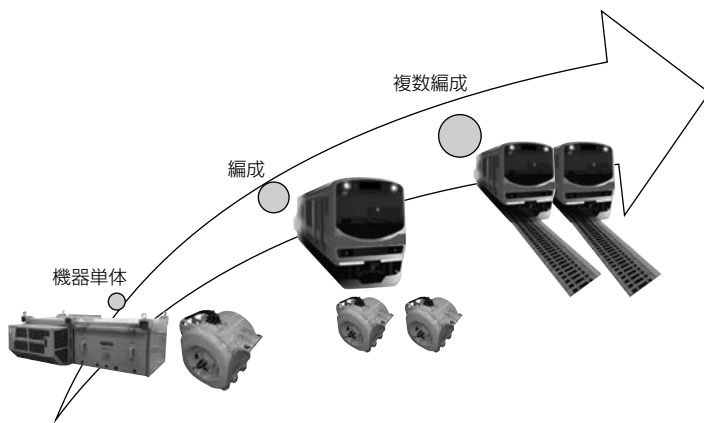


図2. 各機器のCBM支援での検討精度向上

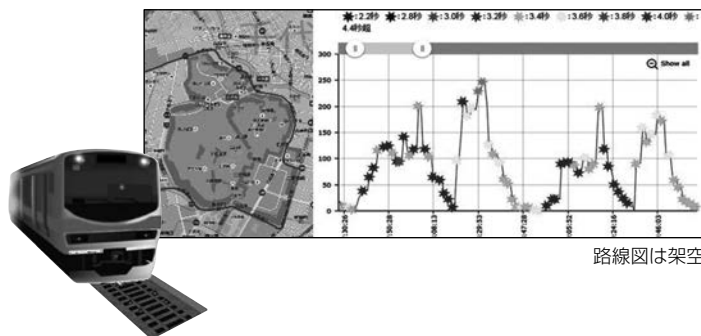


図3. 定期検査への応用

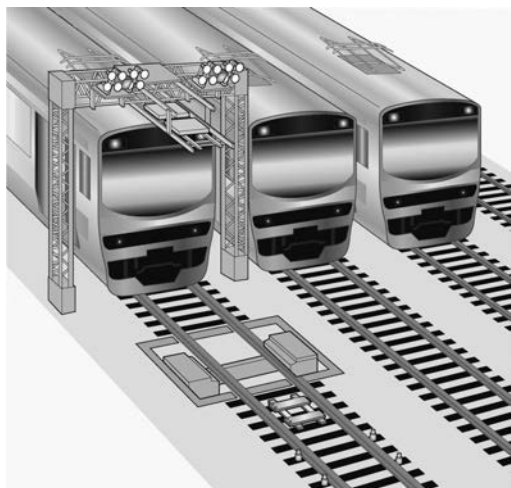


図4. TRIIシステム

4.3.2 TRIIシステム

地上設備であるTRIIシステム(TRain Integrated Inspection system : TRII)(図4)の導入によって、入区時に車両走行時での屋根上や足回りの状態を自動で測定・記録し、検査データを定量化することで、安心・安全な検修作業と作業時間の短縮が期待できる。

また検査データの“見える化と共有化”によって車両ごとにきめ細かな管理が可能になる。

4.4 CBM支援への取組み

最新のTCMSでは、車両内に高速のEthernet^(注1)伝送を適用し、大量なデータを扱えるようになっている。

また、通信事業者による高速な汎用公衆無線サービスも充実し、地車間での無線通信に適用可能であり、セキュリティ対策としては地車間通信部分にVPN(Virtual Private Network)通信機能が適用できる。

このような技術に加え、TCMSと地車間通信を活用し、遠隔保守支援システム(Wayside Monitoring and Diagnostic System : WMDS)を製品化した(図5)。

WMDSによって、車両機器の動態データを地上側で取得できるので、CBM支援に向けた機器データの分析・故障解析の一層の高度化が可能になる⁽¹⁾。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス^(株)の登録商標である。

5. 今後の展望

TCMSの機能アップや地車間通信システムの進化によって、BM迅速化やTBM支援への取組みが進んでいる。

また、これら技術の活用によるWMDSの製品化によって、収集・蓄積可能な機器動態データの大規模化も進み、

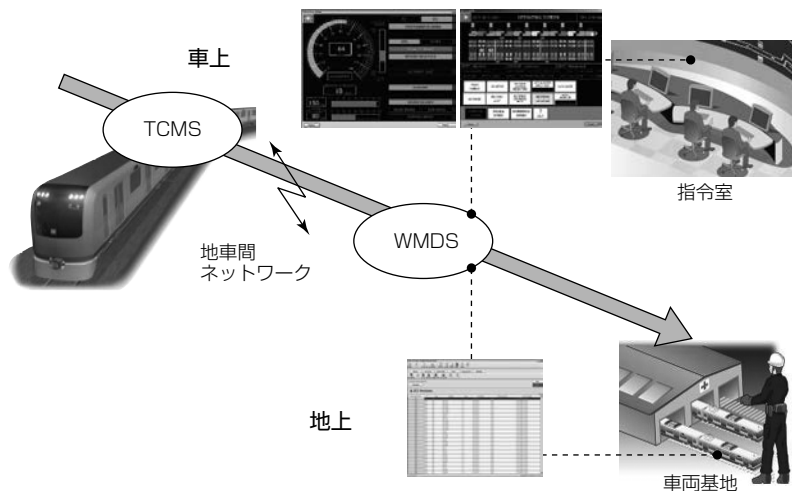


図5. WMDSを用いた保守支援イメージ

CBM導入に向けた基礎ができた。

今後、機器メーカーとしての知見を注(つ)ぎ込んで、CBM実現に向けた動態分析や故障解析の技術を高めていくとともに、当社の各製作所での製造から試験、出荷、稼働、保守までの製品トレーサビリティと連携することや、鉄道事業者と機器メーカーがデータを共有・活用できる情報基盤の構築を推進することによって、CBM支援の機能深度化を図り、鉄道車両の保守支援システムの高度化を進めていく。

6. むすび

これまでの“ヒト”に依存した保守体系からの脱却を目指し、今後も保守業務に対する自動化や効率化のニーズは高まると考える。

当社は機器メーカーならではの設計・製造ノウハウや故障・復旧に対する知見を総動員し、車両全体に対する保守支援システムの技術開発に取り組んでいく。

引き続きBM、TBMを支援し、CBMを導入することによって、故障発生頻度を抑制しつつ鉄道事業者の保守に要する負荷を軽減することで、車両ライフサイクルの最適管理を実現し、更なる安定輸送の提供、輸送サービスの向上に貢献していく。

参考文献

- (1) 甲村哲朗, ほか: 鉄道車両保守支援システムの最新技術と今後の展望, 三菱電機技報, 90, No.9, 497~500 (2016)

メンテナンスソリューション