

鉄道アセットマネジメントDX ～線路メンテナンスの展望～

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○鶴田 雄一郎
 東日本旅客鉄道株式会社 非会員 奥村 悠樹
 東日本旅客鉄道株式会社 非会員 鈴木 拓也

1. 背景と目的

企業のリソース環境(ひと・もの・かね・情報)が急変し続ける現代、鉄道のアセット管理技術者が実施すべき革新(DX:デジタルトランスフォーメーション)による生産性向上や新たな価値、魅力創造の将来展望について、以下3つの方針(概念)と具体策を、線路メンテナンス(保線)業務に準じて報告する。

I 経験と勘のコード化 ～ERP^{※1}活用～

○判断・調整業務(≒経験則)のコード化
 ⇒技術者の頭にあるリスク評価・判断・調整ロジックをコード化(形式知化)し、処理のオートメーション化

II CBM^{※2}・RBM^{※3} ～検査の変革～

○“真に重要な検査”のモニタリング/センシング高頻度データ採取によるCBM(RBM)ドリブン
 ⇒“安全確保”のため最低限診るべき(検査)対象や手法の棲み分けとリアルタイム可視化(デジタルツイン^{※4}活用)

III PDCA 標準化 ～ISO55000^{※5}活用～

○鉄道全体(系統横断)でのアセットマネジメント(AM)をISO55000 シーズの活用により標準化
 ⇒線路、土木、建築、機械、信号通信、電力、車両等のメンテナンスPDCAを系統横断で標準化

※1 ERP:Enterprise Resources Planning
 ※2 CBM:Condition Based Maintenance
 ※3 RBM:Risk Based Maintenance
 ※4 デジタルツイン:現実空間の情報を仮想空間で再現・活用する技術
 ※5 ISO55000:2014年1月発行のAM国際規格¹⁾

2. 経験と勘のコード化 ～ERP 活用～

アセット保全には設計規格と維持規格があり、後者がメンテナンス規格で、検査で判明した欠陥や損傷から定量的に“リスク評価”し、結果に従い検査周期短縮や補修、交換、場合により欠陥を許容するという様な標準的(で柔軟に改善可能)な規格により、経験と勘に頼らずマネジメントすべきだが、例えば保線の場合、整備基準等が規定されているものの、巡視の“リスク評価”が人によって異なったり、軌道検測車等で定量的に状態を把握しても“優先順位決定”の判断が人によって異なったり、経験と勘に頼る部分が残存している。この現状に対して、特に規格が必要なのは“リスク評価”と“優先

順位決定”であり、技術者がこの2点をどう判断しているかを検証し、コード(形式知)化することが本稿の主題である。

(1)リスク評価

主に以下の4点をリスク評価の構成要素とした。

①管理状態リスク

アセットの管理状態や悪化速度等からリスク評価する部分。保線の場合、軌道変位進み速さやレール傷ランクがあり、これらの状態をスコア化することでリスクを評価する。

②構造リスク

アセット特有のリスクを評価する部分。保線の場合、高架橋や高築堤、踏切などが構造上事故発生または発生後のリスクが他より大きい箇所であるが、現状定量評価が難しいため、今回は①の状態スコア×1.1で評価する。

③自然災害リスク

自然災害に因るアセットリスクを評価する部分。鉄道では運転規制や災害状況把握の高精度化、計画運休、耐震補強や地震計増設等が進展していることもあり、保線では今回、日常のメンテナンスでは評価しないこととした。

④社会影響度

鉄道アセットの場合は輸送影響度であり、例えば、首都圏では列車を止めない管理、地方では止めるが脱線はさせない管理を行う様な考え方(経営判断)である。今回は、線区毎の輸送密度を影響度指標に採用し評価した。

(2)優先順位決定

各構造物(検査)別にリスクをスコア化することで、再検査や補修等の優先順位を明確にする。図1は保線の一例で、軌道変位の状態スコア(リスクスコア化マトリクス)と対応表である。

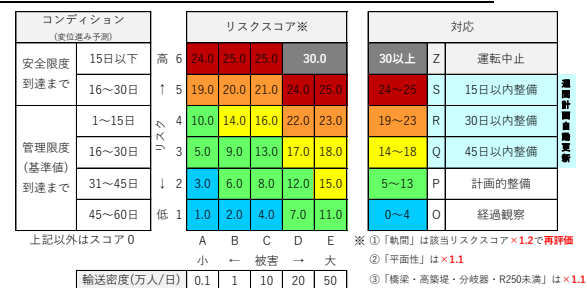


図1 軌道変位のリスクスコア化マトリクスと対応表

キーワード：鉄道、アセットマネジメント、ISO55000、線路、保線、CBM、RBM、DX、ERP、デジタルツイン
 連絡先：〒192-0083 東京都八王子市旭町1-8 TEL042-620-8565

縦軸は軌道変位進み速さで推定した余裕量、横軸は輸送密度で評価した。なお、脱線事例が多い項目(軌間や平面性)はリスク高として割増を掛けている。図1と、1m毎の営業線モニタリングデータ²⁾、緯度経度データで算定したリスク評価と優先順位の結果が図2である。なお、1m毎の列車速度データを活用すると、速度に合わせた管理限度値を採用可能で、低速箇所では保守までの余裕を大きく取ることができる。

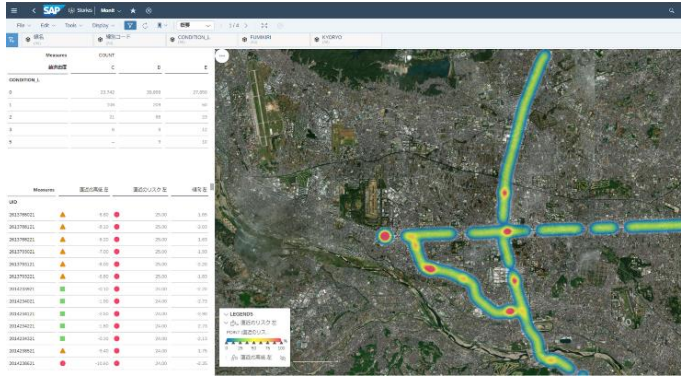


図2 軌道変位のリスク評価と優先順位算定例

(3)計画調整(ひと・もの・かね・情報)

本項はERPの機能であり、“優先順位”と“実施すべき工種”のデータがリンク(過去の施工実績⇔検査データを機械学習)できれば、後は、“工種別必要人員・材料”と“作業員保有資格”のデータがあれば、作業(勤務)計画作成や材料調達も自動化可能となる。この機能は例えば、予算があるので全て青にしたり、厳しいのでオレンジで我慢したりを、週/月/年単位で判断できるうえ、予算はあるが“人員・材料的に対応可能か?”までシミュレーション可能となってくる。

3. CBMドリブンを～検査の変革～

安全確保のために診るべき(検査)対象を棲み分け、“真に重要な検査”はモニタリング/センシング高頻度データでCBM(RBM)ドリブンさせて、高効率に安全確保する考え方である。保線の場合(図3)、“直列系(仮称)”に分類したレールの歪み(軌道変位)や状態(傷や軸力)、分岐器の状態(特に先端部)は列車脱線に直結する“真に重要な検査”であり、営業線モニタリングを導入したのもこの考えに基づいている。

巡視 場合	列車巡視 徒歩巡視	線路メンテナンスの方向性(検査の変革)
個別 検査	軌道変位 列車動揺	直列系 1つの故障が安全上のリスクに直結する ⇒超重要。的を絞り、高頻度データでCBMドリブン
	レール レール等管理 分岐器管理 ノゲレール・遊間管理	並列系 1つが故障しても安全上のリスクに直結しない ⇒少しは許容できる(個別検査不要)。定期更新(TBM)か随時交換
(定期・臨時)	レール締結装置管理 まくらぎ(PC・木・石)管理 弾直・TC軌道管理 スラブ管理 道床・路盤管理 レールボルト・絶縁管理 線路設備	

図3 線路メンテナンスの方向性

さらに、状態スコア等をリアルタイムにデジタルツインへ反映することで、いつでも、どこでも最新の情報にアクセス可能となり、例えば現場調査の際に Tablet 端末の AR(拡張現実)やホログラム等の MR(複合現実)で確認すべき箇所への誘導や状態スコア表示等、現地での CBM 支援等も可能となってくる。

4. PDCA 標準化 ～ISO55000 活用～

鉄道アセットは線路や土構、駅舎、機械、電線、信号、車両など様々あり、そのメンテナンスは各系統縦割りではなく、系統横断の共通規格でリスク評価/判断を行い、全体でマネジメントすべきである。AM には標準的(で柔軟に改善可能)な規格が必要と述べたが、現状、AM 国際規格 ISO55000 シリーズを活用し、鉄道 AM の PDCA(図4:保線版)を標準化することが最適と考えている。また、全鉄道事業者が採用可能な AM システムパッケージ化が実現できれば、システム運用(サーバー管理、セキュリティ、ソフト改修等)のコストも削減可能となる。

線路アセットマネジメントのPDCA像

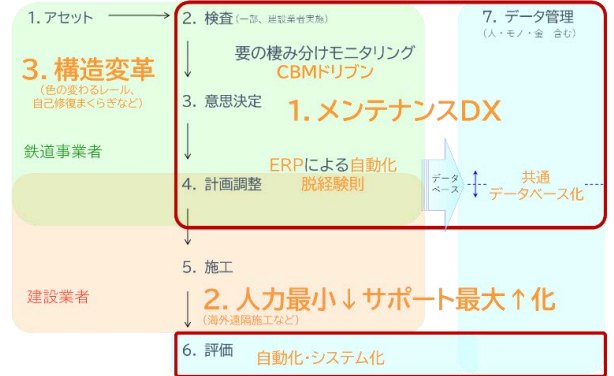


図4 保線版 AM の PDCA 像

5. 将来展望

最後に、本稿の下線部分や処理コード(SQL, Python)は、検証用に仮定した叩き台でしかなく、将来、トライ&エラーで検証を重ね、より実態に合った形を探求していく“新たな価値や魅力の創造しろ”部分であり、鉄道技術者の皆さまと議論・共創して行きたい考えです。我々の将来展望に興味を持たれた方は、ぜひお声掛け下さい。

《謝辞》

鉄道総合研究所 溝口敦司様、SAPジャパン(株) 原納悠様、同MaximeSimon様、(株)JR東日本情報システム 山田康弘様、議論や検証、シミュレーションにご協力頂き感謝申し上げます。

《参考文献》

- 1)溝口敦司他, 海外の鉄道事業者のアセットマネジメントの調査および適用の一考察, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
- 2)渡邊綾介他, 線路設備モニタリングデータを活用した分析アプリの開発と実用化, 新線路 2021年11月号