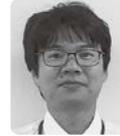


Special edition paper

車両データ分析アプリの開発



木原 弘貴*1



堀 恵治*2



和田 智樹*3



見田 光*4

Development of application software for rolling stock data analysis

Hiroki Kihara*1, Keiji Hori*2, Tomoki Wada*3, and Hikaru Mita*4

*1 Researcher, Rolling Stock Maintenance Technology Unit, Research and Development Center of JR East Group

*2 Assistant Chief Researcher, Rolling Stock Maintenance Technology Unit, Research and Development Center of JR EAST Group

*3 Chief Researcher, Rolling Stock Maintenance Technology Unit, Research and Development Center of JR East Group

*4 Principal Researcher, Rolling Stock Maintenance Technology Unit, Research and Development Center of JR East Group

Abstract

We have developed “application software for rolling stock data analysis” that builds a common platform for condition monitoring systems of rolling stock. Conventionally, condition monitoring systems had different systems built for each rolling stock and data types, which has been an issue in terms of cost and efficiency. This app solves these issues by creating a common platform that allows it to operate on different rolling stock and data types without modifying the whole system.

This app will be put into practical use on the E235, E261 and E131 series, and we plan to use it on Shinkansen trains as well.

●**Keywords:** Rolling stock, Data analysis, App, Condition monitoring, Common platform, Cost

*1 JR東日本研究開発センター 車両技術メンテナンスユニット 研究員
*2 JR東日本研究開発センター 車両技術メンテナンスユニット 副主幹研究員 (現 本社鉄道事業本部 モビリティ・サービス部門 車両ユニット 副長)
*3 JR東日本研究開発センター 車両技術メンテナンスユニット 主幹研究員 *4 JR東日本研究開発センター 車両技術メンテナンスユニット 首席研究員

1. 緒言

近年、鉄道車両に対する安全・安定性の向上やCBM (Condition based maintenance) の実現を目指し、モニタリング技術を活用した状態監視が実施されている。車両で記録されたデータの活用には、データの加工やグラフ化などのシステムを構築する必要があるが、車両形式やデータの種類によって必要なプログラムが異なるため、各々専用のシステムとなっており、開発コストや効率化の観点から、システムの共通基盤化が強く求められている。

2. システムに必要な機能の整理

2015年に落成したE235系を始め、E131系やE261系においては、各々専用のデータ分析システムがすでに稼働しており、日々車両のデータを活用した状態監視が実施されている。地上システムの機能構成を図1に示す。このうち車両データの「受信」と「蓄積」機能については、すでにシステムの共通化が考慮されているため、「変換」「可視化」「データ管理」「特徴量計算」の機能について、異なる車両形式やデータ種類に対して、プログラム本体の修正無しに動作可能とする共通基盤の開発に取り組んだ。将来のクラウド化を見越しながらも、開発と実用段階の安価化を優先し、Windows環境で動作する仕様で、各機能をパッケージ化した「車両データ分析アプリ」の実現をめざした。

番号	機能名称	概要
1	受信	車両とのデータ通信
2	蓄積	受信したデータの保存
3	変換	バイナリデータからの変換
4	可視化	グラフ等による可視化
5	データ管理	結果の管理
6	特徴量計算	有効な分析手法に基づくデータの加工

本開発
範囲

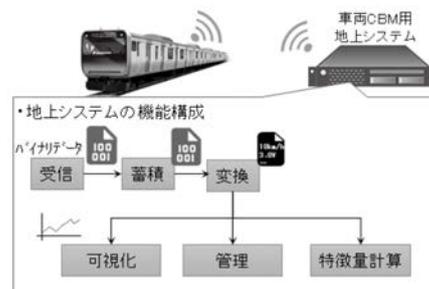


図1 地上システムの機能

3. 車両データ分析アプリの開発体制

車両データ分析アプリはPythonなどのオープンソースを活用した卓上PCで動作するプログラムであり、2020年より開発に着手した。開発においては、これまでに蓄積されてきた車両データ分析に関する知見を本アプリに集約させるため、車両センターなどで車両のデータ分析に日々取り組んでいる社員と開発パートナーで1つのフラットなチームを結成し(図2)、アジャイル開発手法により開発を進めることとした。

アジャイル(agile)とは「機敏」や「素早い」といった意味を持ち、アジャイル開発では、小さい機能を素早く開発し、仕様を柔軟に変更しながら最終的な形に近づけていく。今回の開発では、2週間に1回程度の定例会議を実施し、開発ベンダーが定例会議間でアプリのモックアップ作成や機能修正を実施し、定例会議においては、開発した機能のレビューにより改善点の抽出と次回までの実施事項を決定するスプリントと呼ばれるサイクルを計26回実施した(図3)。結果としてアプリの完成までの約1年半で約80項目の改善が実施され、高機能で安定したアプリケーションを短期間で開発することができた。また、すべての会議はWeb会議形式で実施することで、地理的に距離が離れたメンバーも開発に漏れなく参加する事ができる体制とした。

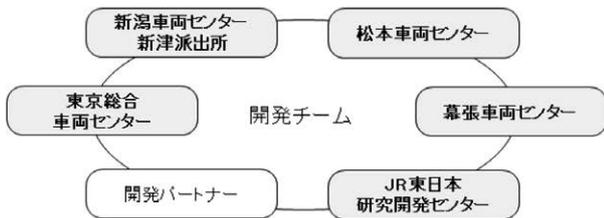


図2 開発体制



図3 アジャイル開発の進め方

4. 変換機能の共通基盤化

車両データの多くは0と1で記述されるバイナリデータ形式で記録されており、その活用には、データ毎に異なる定義に従ったデータの変換が必要である。社内に保有されている数百種類のデータを調査した結果、データ変換のルールは10種類程度に集約可能なことが判明した。例えば、車両速度は2byte(16bit=16桁)のバイナリで記録されており、2進数から10進数に変換した後、定められた係数を掛け算し、定数を加算することにより変換される(図4)。本変換機能においては、このような変換ルールをプログラムとして実装し、バイナリデータや出力ファイルの構造定義は設定ファイルに記述し、設定ファイルから変換ルールを呼出すアルゴリズム(図5)を採用した。アルゴリズム設計の結果、異なる車両形式やデータ種類に対応する為には3種類の設定ファイルの作成が必要であると判明した。

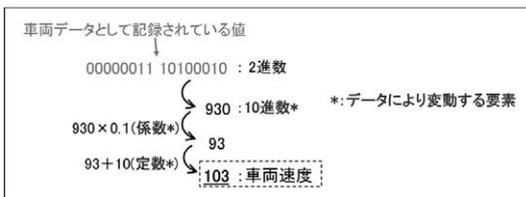


図4 データ変換の事例



図5 変換機能のアルゴリズム

1つ目の「構造定義ファイル」では、サンプリング数や出力ファイルのデータ構造などを定義する。2つ目の「変換仕様定義ファイル」では、各データ項目の位置や変換ルールなどを記述する。3つ目の「変換コード定義ファイル」では、変換後の可読性を向上させるため、16進数などで変換された数値と名称との対応を定義している(表1)。

本構成により、プログラム本体の変更無しにデータ変換機能が構築でき、変換機能の共通基盤化が達成できた。

表1 変換コード定義ファイルの例

コード	名称
00	東京駅
01	品川駅
02	新宿駅
03	大宮駅
04	仙台駅
05	盛岡駅

5. 可視化機能の共通基盤化

変換機能により出力されるデータはCSVなどのテキスト形式であり、活用するためには、縦軸に各種データ、横軸に時間を設定するグラフにより可視化する必要がある。

本アプリでは、まず、ユーザーは可視化したい対象データとそのデータ種類を選択する。対象データはバイナリとCSVの2形式に対応可能とした。アプリは選択されたデータ種類に応じた設定ファイルを読み込み、グラフ設定用の画面を描写する。

ユーザーは一覧表示されているデータ項目から可視化したいデータを選択し、描写するグラフを設定する。

アプリは設定された情報に基づき、バイナリデータから必要情報を変換しグラフ化して出力する(図6)。

このような画面構成やプログラム動作とすることで、異なる車両形式やデータ種類に対して追加や削除がユーザー側で自由自在に実施可能となり、可視化機能の共通基盤化が達成できた。



図6 可視化機能の画面

6. データ管理機能の共通基盤化

E235系で実施している、車両データを活用した車両や搭載機器の機能確認の実現には、地上システムによる機能確認結果の適切な管理が必要である。本アプリにおいては、既存システムの構築と運用ノウハウに基づき、結果の一覧表示やワークフローシステムなどの結果管理に必要な機能は維持しながら、画面構成やデータベース処理のアルゴリズムなどを最適化することで、異なる車両形式やデータ種類に対してプログラム本体の変更が不要となり、データ管理機能の共通基盤化が達成できた(図7)。UI画面についても参考に示す(図8)。

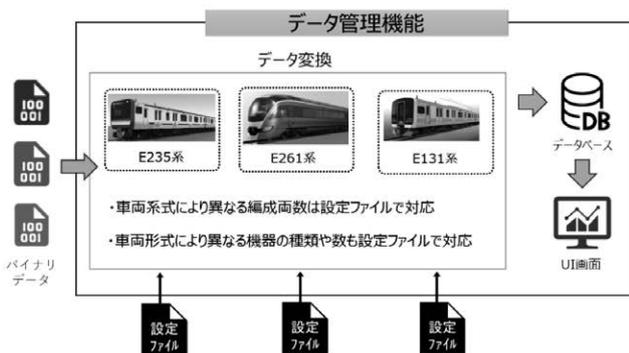


図7 データ管理機能の共通基盤化イメージ図

所属区分	線区	列車	機器	機器番号	判別	装置	内容	最終実施時刻	未実施原因
111	10	line_number	device	1001	line_number	device	description	2022/01/01 09:00:00	20/350
111	10	line_number	device	1001	line_number	device	description	2022/01/01 09:00:00	41/350
111	10	line_number	device	1001	line_number	device	description	2022/01/01 09:00:00	153/350
111	10	line_number	device	1001	line_number	device	description	2022/01/01 09:00:00	340/350
111	10	line_number	device	1001	line_number	device	description	2022/01/01 09:00:00	726/350
111	10	line_number	device	1001	line_number	device	description	2022/01/01 09:00:00	153/350

図8 データ管理機能のUI画面

7. 特徴量計算機能の共通基盤化

車両データは特定のサンプリング周期で連続的に記録されたデータであり、データから機器や車両の状態を把握しCBMを実現するためには、特定の場面を抽出するなどのデータ処理を実施し、意味のある指標（特徴量）に加工する必要がある。

例えば、コンプレッサの有効な特徴量として蓄圧時間が提案されている（三枝木他、2021）¹⁾。本アプリでは、特徴量計算に必要な入力データについて各車両形式間の名称などの違いを設定ファイルにより吸収することで、プログラム本体の変更無しに、異なる車両形式やデータ種類に対応可能であり、特徴量計算機能の共通基盤化が達成できた（図9）。新たな特徴量を算出する際には、特徴量計算のアルゴリズムをプログラム化することが必要であるが、作成したプログラムは異なる車両形式に対応可能である。

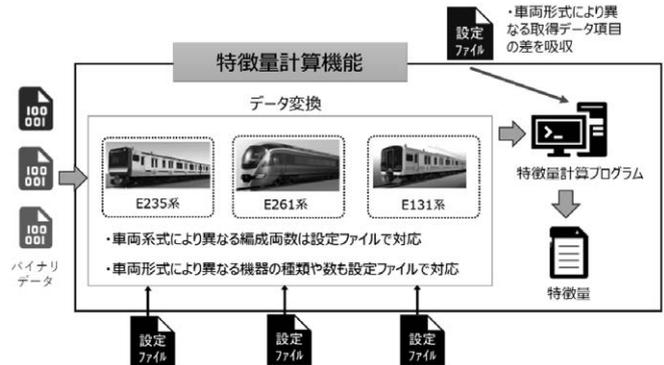


図9 特徴量計算機能の共通基盤化イメージ図

8. 実用化

車両データ分析アプリは、現時点での車両データ分析に必要な機能のすべてについて、2022年度までの開発で共通基盤化を実現し、デスクトップPCで動作するアプリとして実用化しE261系やE131系の車両データ分析に活用している。デスクトップ型アプリであるため、PC間での結果の共有はできないが、クラウド型アプリで必要となる基盤利用料が不要となるため、運用コストの削減が可能となる。

アプリのシステム構成を図10に示す。各機能の基幹部分はプログラム化されている一方で、異なる車両形式やデータ種類に応じて変更が必要となる部分は設定ファイル化されており、ユーザーによる変更が可能となっている。プログラム部分についても、Pythonなどのオープンソースを活用しているため、特別なライセンスは不要であり、車両データ分析の共通基盤として今後は新幹線車両を含めて展開していく予定である。

新たな車両形式や車両改造によって車両データの構造が変化した場合には、専用システムの構築や専用プログラムの修正は必要なく、社員が設定ファイルを変更することで対応可能であり、システムの大幅なコストダウンと開発の効率化を達成することができた。今後は、有効性が確認された特徴量計算機能を逐次アプリに実装し実用化することでCBMを発展させて、社外への展開も検討する。

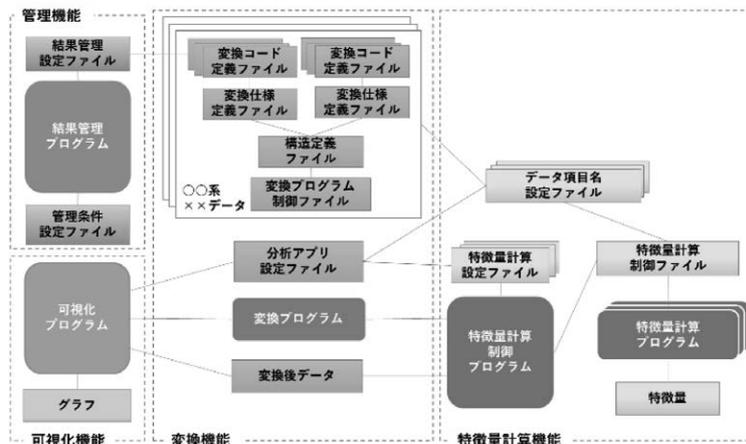


図10 車両データ分析アプリのシステム構成

参考文献

- 1) 三枝木祐人、佐藤秀樹、廣川裕祐、阿部田知明、ビッグデータを活用した電動空気圧縮機の異常検知手法の確立、「車両と機械」研究発表会論文（2021）