

系統間のデータをつないで メンテナンスを効率化する



流王 智子

Satoko Ryuo

情報通信技術研究部
通信ネットワーク研究室
主任研究員



河村 裕介

Yusuke Kawamura

情報通信技術研究部
通信ネットワーク研究室
副主任研究員

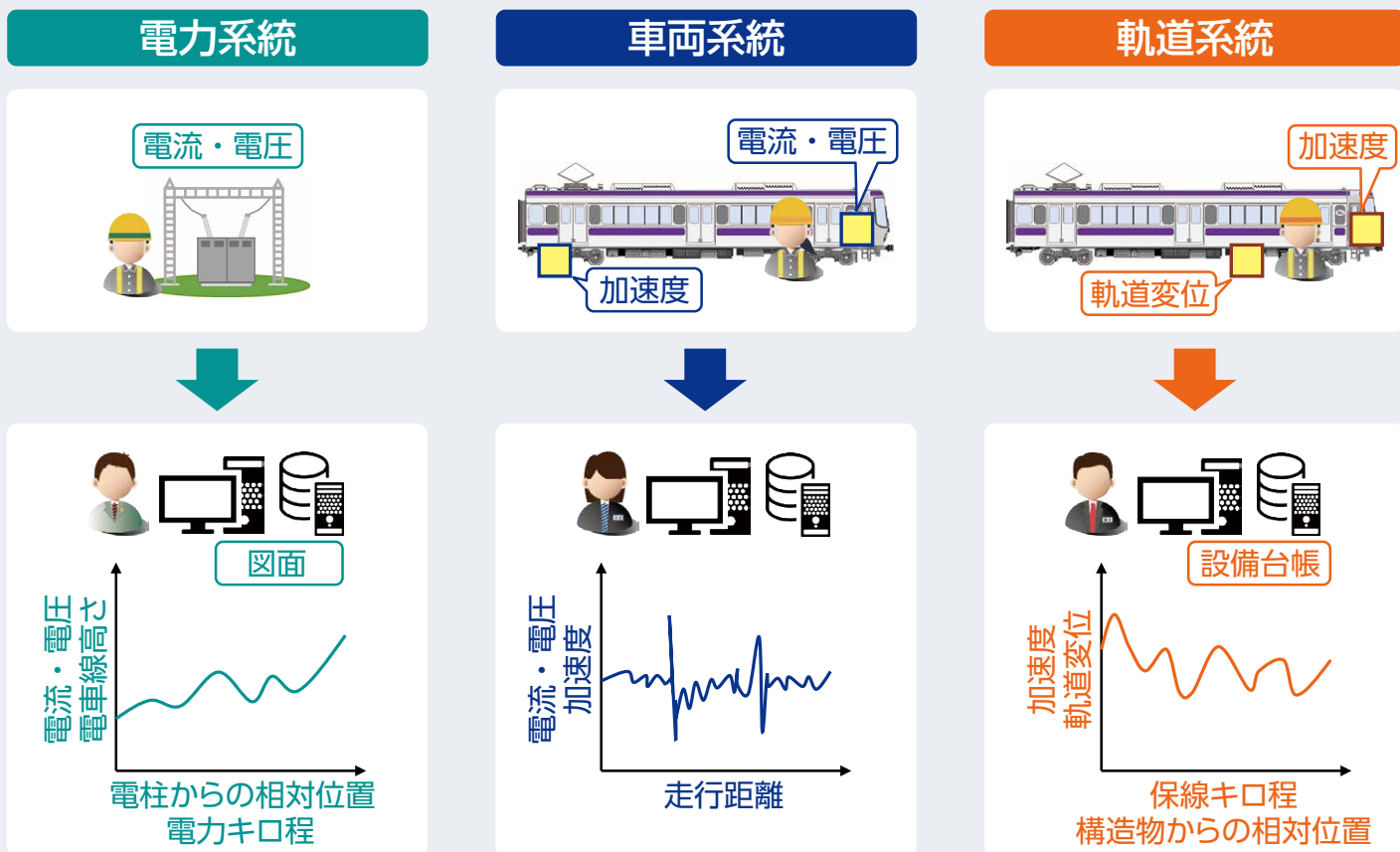
はじめに

鉄道は、軌道、構造物、電力、車両、信号といった設備ごとに担当する業務部署が分かれています。この業務部署のことを、ここでは「系統」と呼びます。そして、各系統で管理している設

備の位置情報や点検データは、固有の形式で取得・保管されており、これを元に日々のメンテナンスを行っています(図1)。

鉄道は、電化区間を例にすると、鉄道構造物の上にある軌道を架線から電力を供給された車

図1 各系統のデータ管理のイメージ



両が走行する、といった多くの系統が関連する複合システムです。そのため、他系統の設備状態が自系統の設備状態に影響する例も多く存在します(図2)。そこで、異なる系統の設備位置やデータの表示や、それらを組み合わせた分析によって効果的な対策ができれば、メンテナンスの省力化につながると考えられます。しかし、鉄道では、前述したとおり系統ごとにデータ管理がされているため、他系統のデータを活用することが難しいという課題があります。この課題を解決するため、鉄道総研では、各系統のメンテナンスデータを一元的に管理し、かつ系統間の横断的な分析などで活用できる「統合分析プラットフォーム」を開発しています¹⁾。

統合分析プラットフォーム

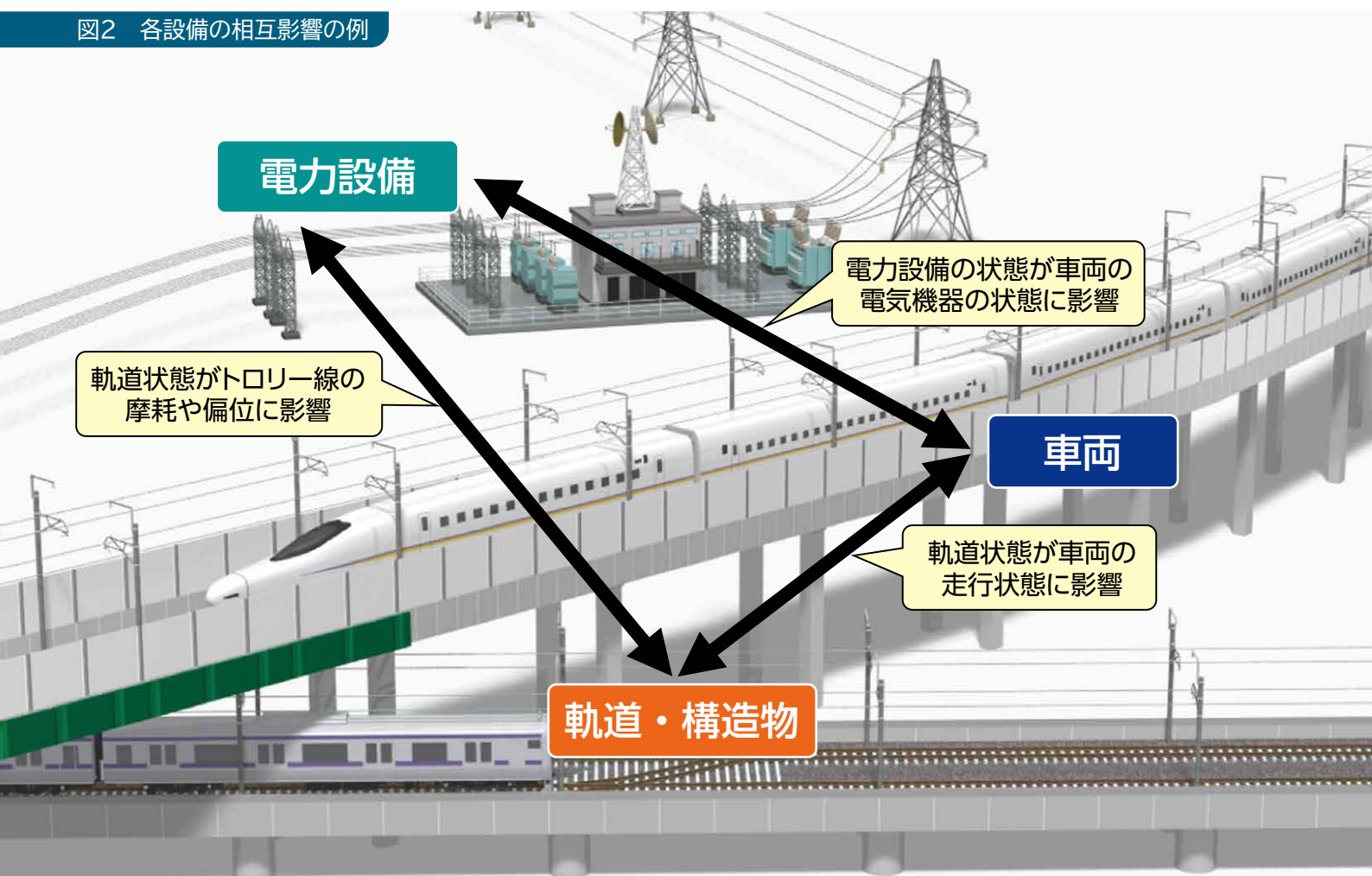
統合分析プラットフォームは、大きく分け

て、各系統のデータを一元的に管理する「基盤システム」と、これらを表示・操作および分析するための機能を保有する「アプリケーション群」で構成されます(図3)。統合分析プラットフォームを利用するユーザーは、図3にある表示・操作アプリケーションにアクセスすることにより、各業務拠点から、さまざまな系統のメンテナンスデータを閲覧および活用することができます。

基盤システム

現在の業務を停止することなくプラットフォームを構築するため、基盤システムでは、各系統の設備台帳や計測データをそのままの形式で蓄積します。そして、これらのデータをどの系統でも扱えるようにするため、基盤システム内で共通のデータ形式に変換し、蓄積します。

図2 各設備の相互影響の例



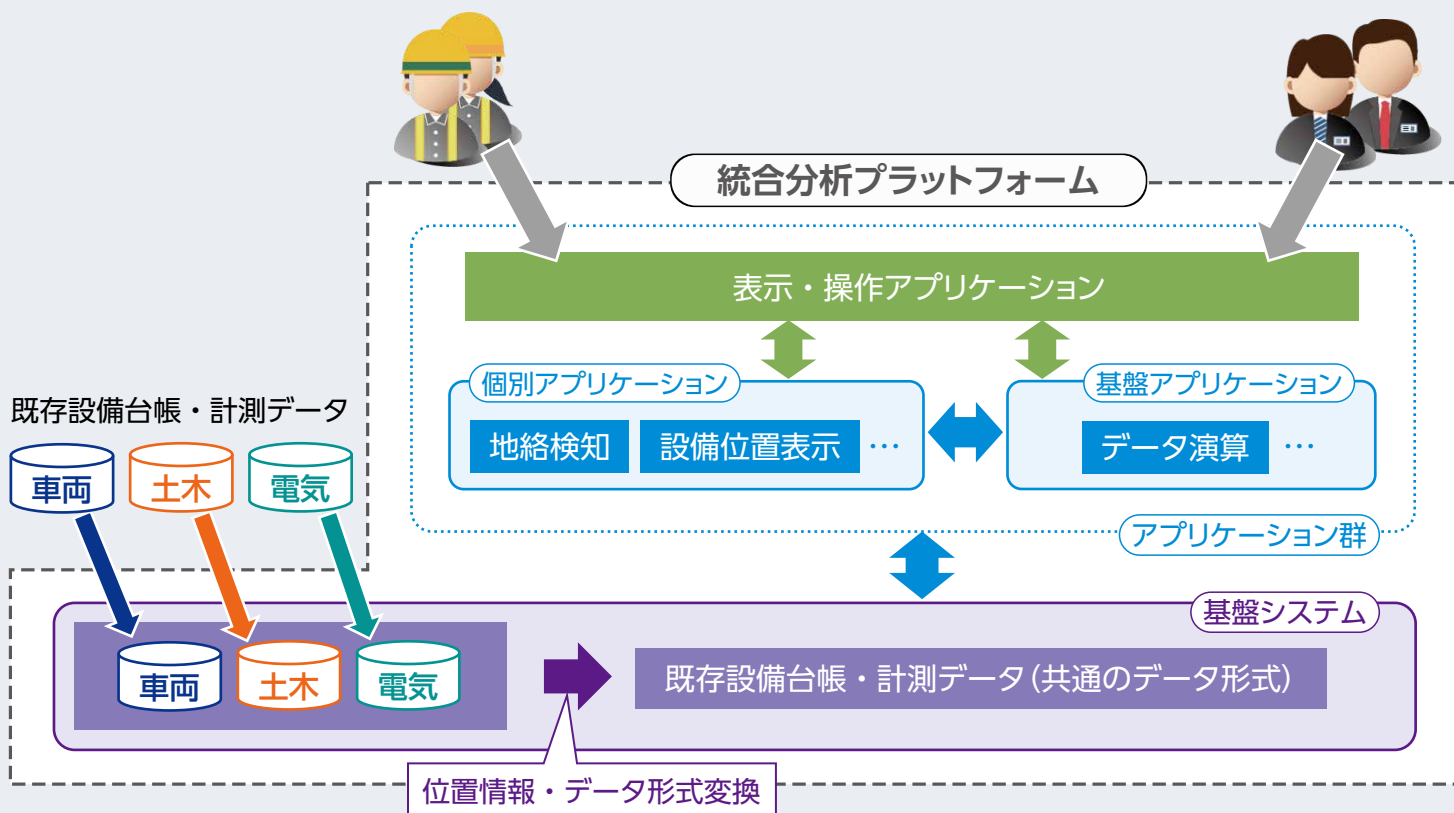


図3 統合分析プラットフォーム

この共通のデータ形式には、リレーショナル型のデータベース[®]を用います。

位置情報の管理

現状の鉄道では、系統ごとに始点からの線路の距離である「キロ程」などにより位置情報を管理しています。しかし、系統が異なると、同じキロ程でもその指し示す絶対位置が異なる場合があります。また、複線区間や駅など、複数の線路が存在する場合、キロ程だけでは上下線や番線などを特定することができません。そのため、線路単位で位置を一意に特定するための仕組みが必要となります。しかし、鉄道システム全体のデータを、共通の位置情報の体系で再構築することは現実的ではありません。そこで、プラットフォーム内で、各系統の位置情報を特

リレーショナル型データベース

行と列によって構成されるテーブル(表)でデータを管理するデータベースシステムのことを指します。複数のテーブル同士をキーと呼ばれる項目(共通した列)により紐づけることにより、複雑なデータや大規模なデータを柔軟に取り扱うことができます。

定するための位置表現体系を提案しました。これを「統一キロ程」と呼びます。

統一キロ程の位置表現は、分岐器およびその他の地物で線路を複数のブロックに分割し、この各ブロックの端点から線路に沿った長さの距離、および軌道中心線から水平、高さ方向の距離で位置を表します。(図4)。

この統一キロ程は、共通のデータ形式において、各系統で定義された位置表現とともに保持し、各系統の位置情報を相互に変換するために用います。これにより、プラットフォーム内では、統一キロ程を用いてデータ検索や処理をしますが、各系統では、自系統の位置表現で他系統のデータを扱うことができます²⁾(図5)。

アプリケーション群

アプリケーション群は、ユーザーが直接アクセスするための「表示・操作アプリケーション」と、共通して活用できるツールを集約した「基盤アプリケーション」、分析処理が定型化したものをアプリケーション単位で実装した「個別

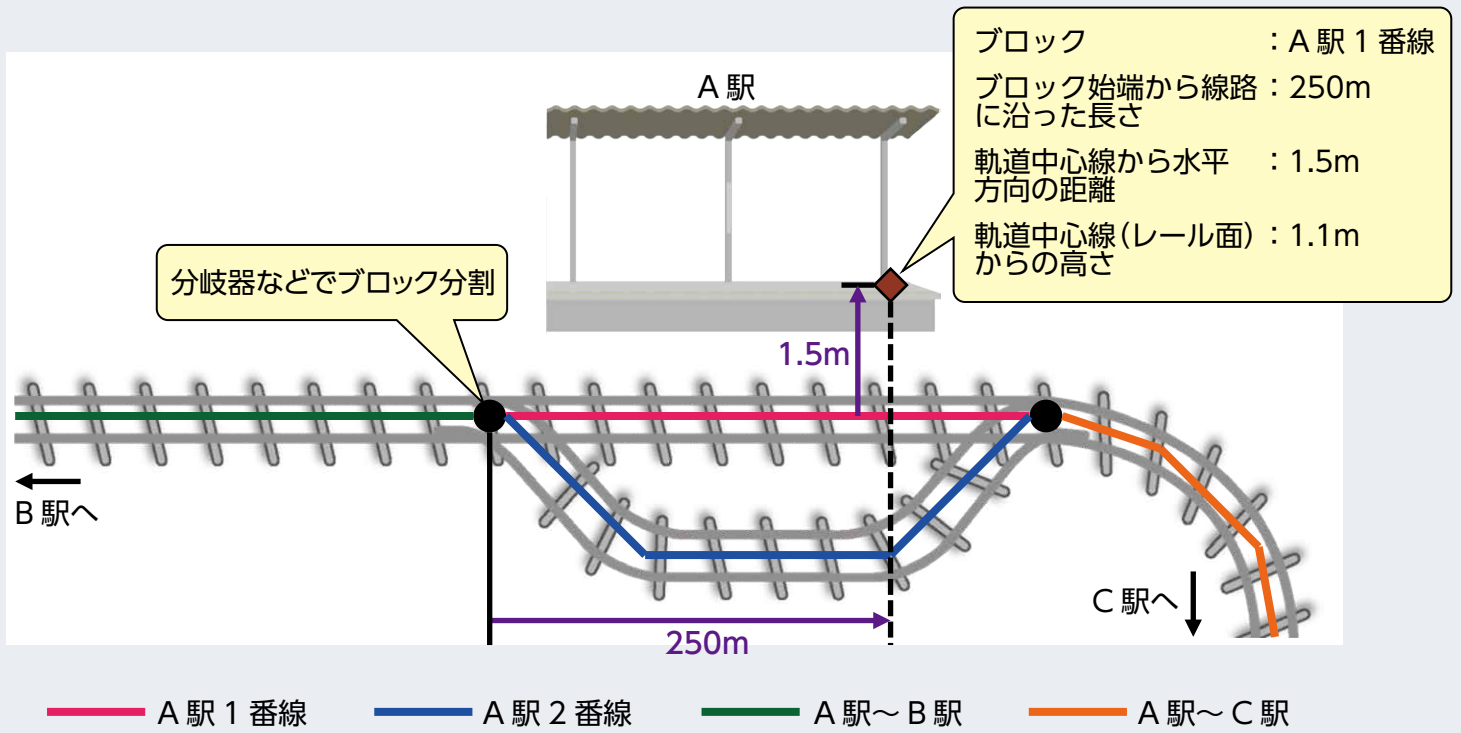


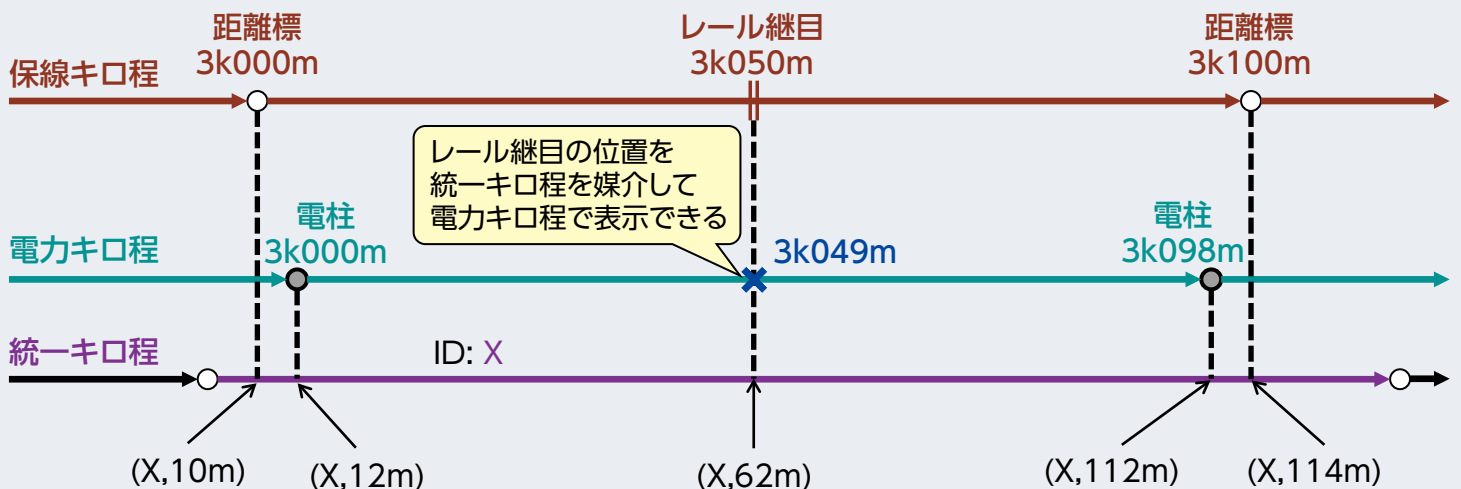
図4 統一キロ程の付与方法

アプリケーション」からなります。基盤アプリケーションでは、データ演算や補間処理、簡易な分析を行う機能を保有しています。

例えば、軌道システムで取得している軌道の高低変位と電力システムで取得している電車線の高さのデータを比較したい場合、ユーザーは図3のアプリケーション群の中にある「表示・操作

アプリケーション」にアクセスし、比較したい線区およびそのキロ程、および前述したデータが記録された計測機器を指定します。これにより、これら2つのシステムを横断してデータを抽出し、グラフ表示することができます。基盤システムによって、それぞれのデータに統一キロ程が付与されていることから、グラフの横軸の距

図5 各システムのキロ程と統一キロ程の対応



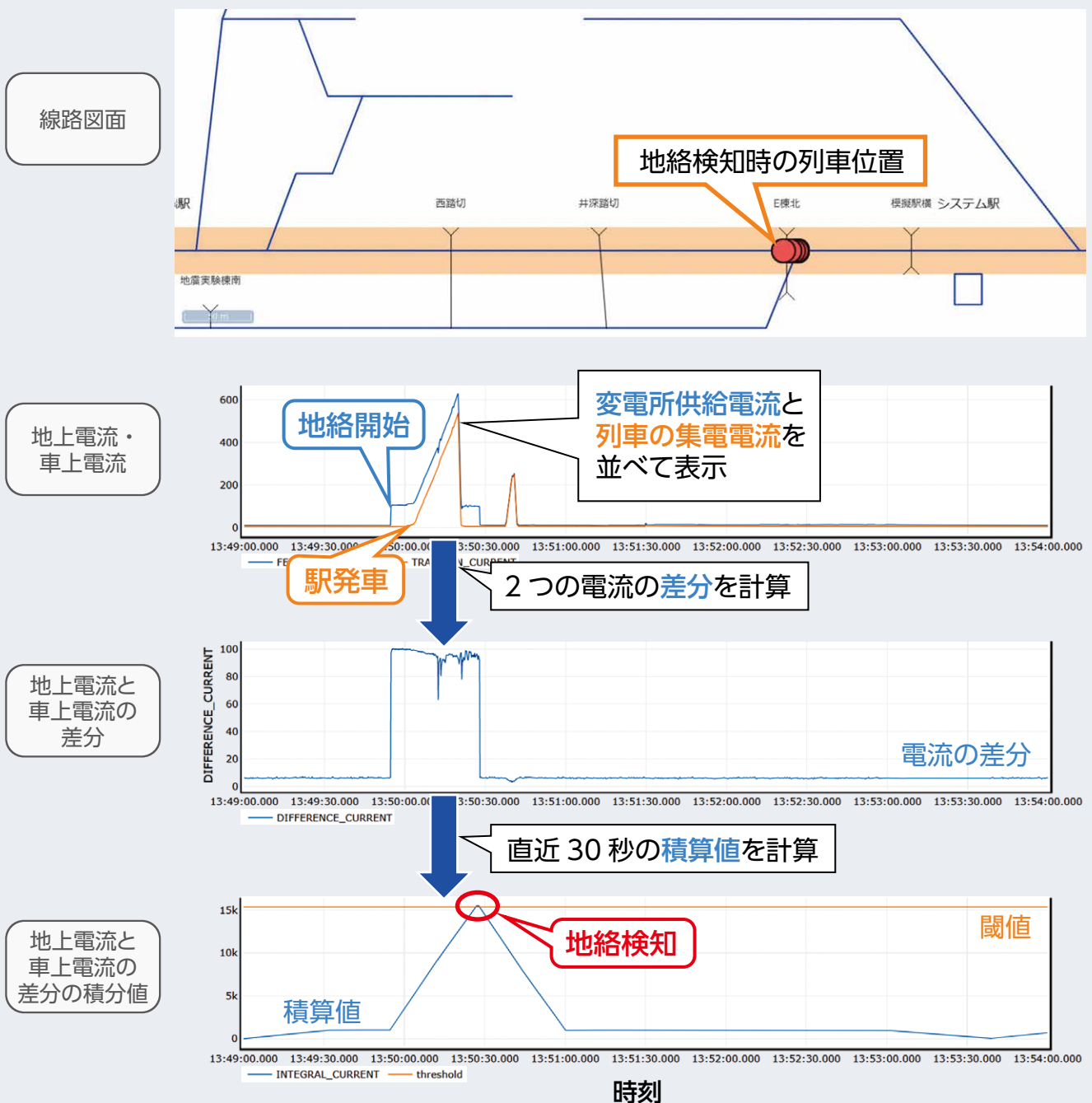
離軸/時間軸を変更することが可能です。

また、横断的に検索したデータは必ずしもデータ軸や測定サンプリングが一致しているとは限りません。そこで、これらデータのデータ軸およびサンプリング間隔を統一させて演算を行いたい場合は、基盤アプリケーションを用いて、サンプリングの対象軸とその間隔、補間方法を再計算することができます。これにより、表示・操作アプリケーションで、補間処理

結果を再度グラフ表示することができます。さらに、グラフ表示された画面上で、演算したいデータを指定し、基盤アプリケーションからこれらの引き算や掛け算などを操作することにより、データの演算を容易に行うことができます。

例で示したような軌道の高低変位と電力系統で取得している電車線の高さのデータ比較を繰り返し行いたい場合、毎回、表示・操作アプリケーションと基盤アプリケーションを用いて、

図6 地絡検知アプリケーションの表示画面



分析結果を表示することも可能ですが、この処理内容をあらかじめ定義し、それを1つの個別アプリケーションにすることも可能です。個別アプリケーションにより、ワンクリックで所望の分析結果を表示することが可能となります。この個別アプリケーションは、表示・操作アプリケーションから呼び出します。

統合分析プラットフォームの プロトタイプシステムの構築

統合分析プラットフォームの動作を検証するため、鉄道総研所内試験線で取得できるデータを用いて統合分析プラットフォームのプロトタイプシステムを構築しました。本プロトタイプシステムでは、各システムで計測したデータを共通のデータ形式で蓄積する基盤システム、および基盤システムに蓄積されたデータを活用するアプリケーション群を構築しました。以降では、アプリケーション群にある個別アプリケーションの1つである地絡検知アプリケーションを紹介します¹⁾³⁾。

電気鉄道の運行において、電車線（架線）と支持物が接触することにより、地面やほかの導体に異常な電流が流れる状態を地絡と呼びます。地絡により、機器故障や列車運行の停止、火災のリスクなどが発生するため、安全な運行を維持するためには、地絡の発生を早期に検知することが重要となります。そこで、車上（車両系統）で取得できる列車の集電電流（車上電流）と地上（電力系統）で取得できる地上電流の差分により地絡を検知する手法が提案されています³⁾。このように、異なる系統のデータを扱うことから、地絡を検知する手法は、統合分析プラットフォームを用いることにより、効率的にシステム化できます。統合分析プラットフォームの個別アプリケーションでは、これを地絡検知アプリケーションとして実装しました¹⁾。

地絡検知アプリケーションでは、同時刻の地

上電流と車上電流の差分、および直近30秒の差分の積算値を計算・表示します。ただし、1つの線区に対して、電力を送電する変電所が複数あるため、列車の走行位置によって、参照すべき地上電流の変電所が異なります。そこで、共通のデータ形式に付与されている統一キロ程を利用して参照する変電所を特定します。また、差分積算値に閾値^{しきい}を設定し、それを超過した際に地絡を検知したと判定します。そして、地絡を検知した時刻における列車の位置情報を、線路図面に描画します（図6）。

この地絡検知アプリケーションにより、これまでは検知することが容易でなかった100A程度の地絡故障について、数分以内に地絡の生じた送電系統と列車位置を検知・特定することが可能となりました。今回紹介したアプリケーションは、一列車のみに対応していますが、現在複数列車および複数変電所に対応できるように拡張を行っています。

おわりに

今回紹介した統合分析プラットフォームのプロトタイプシステムは弊所試験線を対象に実装しました。今後、統合分析プラットフォームの実用展開を見据え、統一キロ程を効率的に作成する手法の開発や、画像を利用したアプリケーションの開発を進めていく予定です。

本研究成果の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構^{エヌアイシーティ}（NICT）の委託研究（JPJ010017C04901）により得られたものです。RRR

文 献

- 1) 流王智子，河村裕介，赤木雅陽，近藤稔，太田佑貴：鉄道向け統合分析プラットフォーム，第60回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集，No.404，2023
- 2) 河村裕介，為広重行，流王智子：系統横断的な鉄道メンテナンスデータの位置情報管理に向けた位置表現の定義・付与の手法，電気学会産業応用部門大会，No.5-1，2024
- 3) 赤木雅陽，近藤稔，今村謙汰，河村裕介，流王智子：地絡検知用電力ネットワークモニタリングシステムの基礎検証，鉄道総研報告，Vol.38，No.10，pp.7-14，2024