

状態情報をつないで 迅速な運行判断を支援する



太田 佑貴

Yuki Ota

信号技術研究部
列車制御システム研究室
副主任研究員



祇園 昭宏

Akihiro Gion

信号技術研究部
列車制御システム研究室
主任研究員



西本 翔

Sho Nishimoto

信号技術研究部
列車制御システム研究室
研究員



櫻井 勇輝

Yuki Sakurai

前 信号技術研究部
列車制御システム研究室
研究員

はじめに

近年、自動車の自動運転技術の開発や実証実験が進められていますが、鉄道では1980年代より自動運転の導入が進められてきました。鉄道において、運転士が乗務しない自動運転（GOA3[®]以上）が新交通システムや一部のモノレールなどで実現されており、将来は踏切などがある一般的な路線への導入を目指しています。

現在、鉄道の自動運転では、列車の駅発車から駅停車までの加速、減速の制御をシステムが担っています。今後、列車運行のさらなる省力化、省人化を図るためには、列車の加減速制御に加えて、指令員や運転士が行っている、鉄道設備の異常情報や防災情報などに基づく運転見合わせや徐行といった運行判断も自動化することが必要です。運行判断を自動化するには、鉄道沿線や車上の設備状態を集約し、各列車への影響を総合的に判断する必要があります。しかしながら、現在の指令所では、電気や施設など、

GOA

国際規格で定義された運転の自動化レベルを示す語で、Grade Of Automationの略称です。自動化されていないGOA0から、無人運転のGOA4までの段階があり、このうちGOA3とGOA4がドライバレス運転に該当します。また、日本独自のものとしてGOA2.5があり、列車の先頭に動力車操縦者運転免許を持たない係員が乗務する形態の自動運転です。

系統ごとに情報集約する仕組みとなっており、各系統のデータを横断して一元的に管理することが難しい点が、大きな課題と考えています。

本稿では、各系統の状態情報をつないで一元管理する情報プラットフォームの開発と、そのプラットフォームを活用した運行判断の自動化や運行業務の支援に関する鉄道総研の取り組みについて紹介します。

運行判断の現状と課題

運行判断の現状

現在の列車の運行判断は、指令所に集約されたさまざまな情報を基に指令員によって行われるものと、線路内や列車の異常を基に運転士によって行われるものがあり、その情報の流れは図1のようになっています。

指令所には、電気や施設などの系統ごとに管理している設備の異常を知らせる設備監視システムからの情報や、地震や風雨などの状況を知らせる防災システムからの情報など多岐にわたる情報が集まります。現在の指令所では、システムごとの画面に状態情報が表示されおり、設備異常や列車の走行に影響するトラブルが発生した場合には、各系統の指令員がシステムの画面を見て状況把握を行います。特に、列車の走行に影響する複数の情報が発生した場合には、

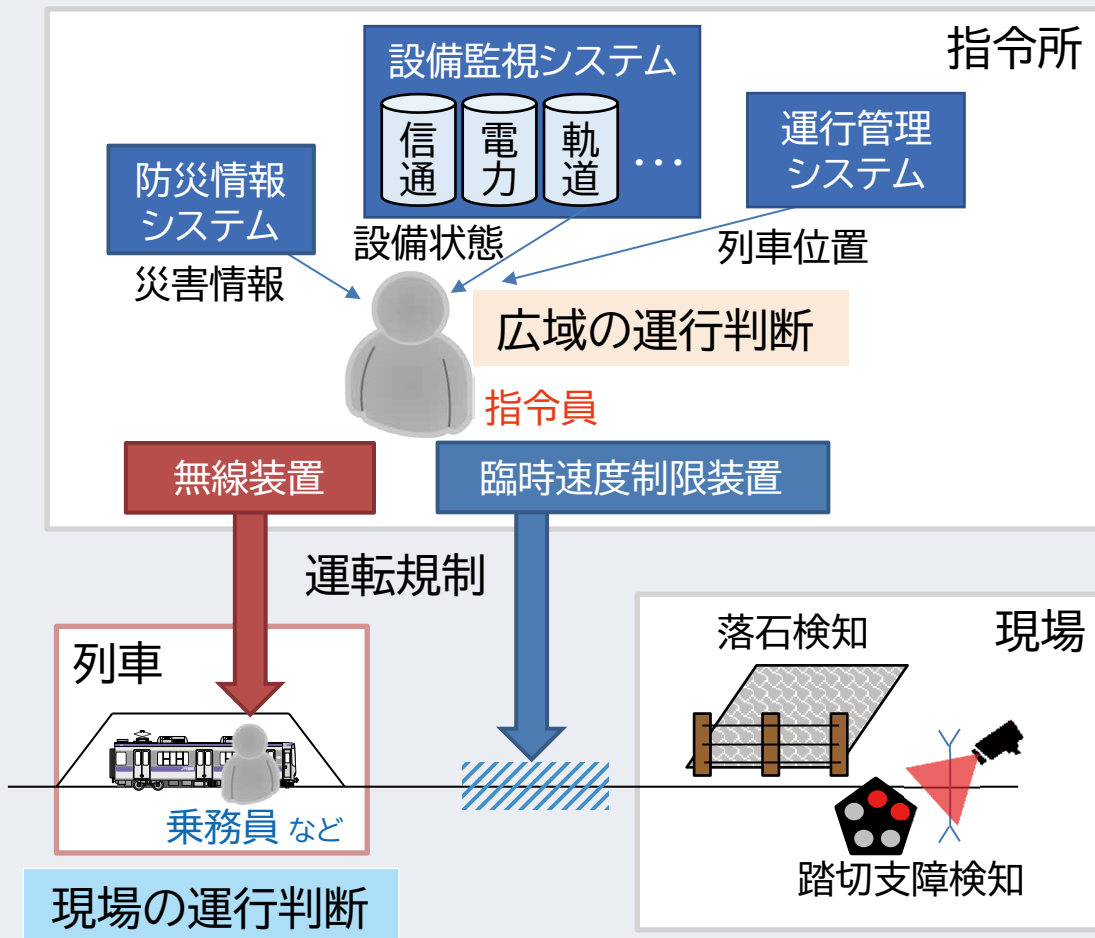


図1 現在の運行判断と運転規制

各系統の指令員が連携して情報共有を行い、総合的な運行判断を行います。運転士は、指令員からの無線装置や臨時速度制限装置などを通じて指示された運転規制に従って、列車を制御します。

一方、踏切内支障物や落石などの異常を知らせる特殊信号発光機¹⁾の点滅、列車に搭載された装置が発する装置異常の警報などにより、運転士が異常を感知した場合には、運転士自身が列車の停止判断を行うことで安全を確保しています。

このように、指令所で指令員が得られる情報と、列車に乗務している運転士が得られる情報がわかれているとともに、状態情報は指令所と現場に分散しています。また、指令所と列車の間の情報授受は無線連絡などに限られているこ

とから、指令所では各列車の詳細な状態情報を取得するのに時間を要するとともに、列車側では他列車の状態情報が得られないという課題があります。

自動的な運行判断を実現するための課題

現在実現されている列車の加減速制御の自動化に加え、異常時の運行判断を自動化するためには、自列車が直接認識できる範囲の安全を確認するだけでなく、自列車に影響するすべての情報を正しく認識して、安全を確認する必要があります。

1) 特殊信号発光機

踏切内の障害物を検知する装置や急斜面箇所での落石を検知する装置などと連動し、これらの装置が異常を検知した場合に、近づいてくる列車に対して光で危険を知らせる表示装置です。赤色灯が回転するものや棒状の赤色LEDが点滅するものがあります。

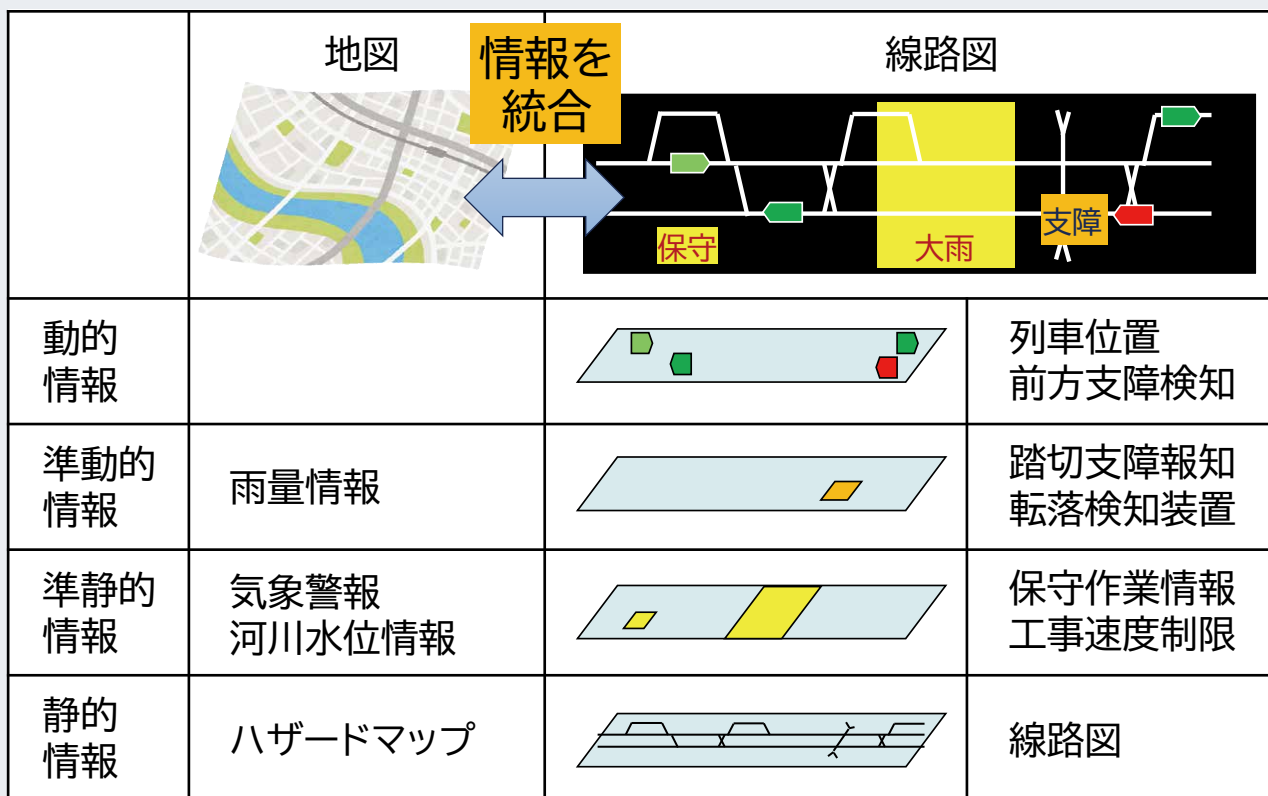


図2 鉄道ダイナミックマップ

があります。そのためには、現在の系統ごとの情報を一つに集約するとともに、指令所と列車の間や列車同士で情報共有を行う仕組みが必要です。

現在の指令所に集約された各システムの情報を横断的に扱う方法として、複数系統の設備管理システムなどを一つのシステムとして新たに構築する方法が考えられます。しかし、システム規模が大きくなり、導入・維持コストが大きくなることや、システムに応じた機能追加が難しいなどの課題があります。

これらの課題を解消するには、すべての機能を一つのシステムに盛り込むのではなく、各系統のシステムが持つ状態情報をつなぐ情報プラットフォームを構築し、共通のインターフェースを定めて適宜情報を呼び出せるような情報共有を行う新たな仕組みが必要です。

状態情報をつなぐための 鉄道ダイナミックマップ

運行判断の自動化には、運行判断に関わる設備監視システムなどの情報を統合し、判断に適した形式で管理するとともに、ホワイトボードのように共有情報を表示（出力）できるシステムが必要です。鉄道総研ではそのための情報プラットフォームとして「鉄道ダイナミックマップ」（図2）を開発しました¹⁾。

鉄道ダイナミックマップは、自動車の自動運転支援のための情報集約を目的とするダイナミックマップTMの考えをベースとしています。自動車のダイナミックマップでは、車線情報などを含む詳細な地図の上に状態情報を重ねますが、鉄道ダイナミックマップでは鉄道に特化した情報管理を実現するために線路図を追加し、線路図と地図の情報を相互に変換して融合させ

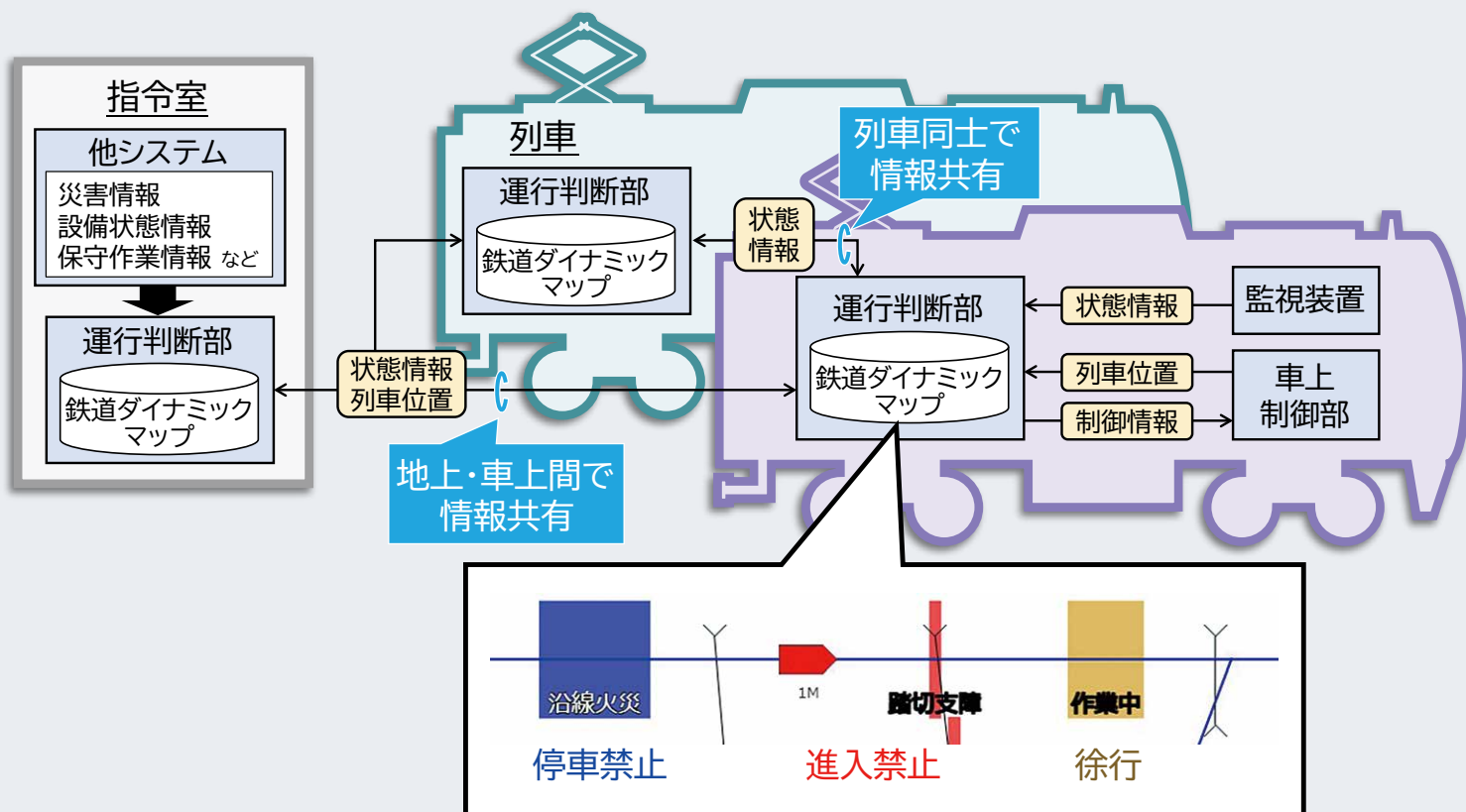


図3 鉄道ダイナミックマップを活用した自動運行判断

る仕組みを考案しました。この融合により、地図上の状態情報も線路図上の状態情報として取り扱えることが大きな特長となっています。

鉄道ダイナミックマップでは、複数系統の設備管理システムなどの情報を集め、異なる系統の情報の統合を行うため、複数のシステム間での位置表現の違いに対応し、列車位置のような動的な情報から設備固有の静的な情報まで取り扱います。鉄道ダイナミックマップに集められた情報は、線路図上と地図上の両方で表示させ

ることができるほか、例えば、各列車に搭載される鉄道ダイナミックマップの間でも情報共有することが可能です。

鉄道ダイナミックマップの活用

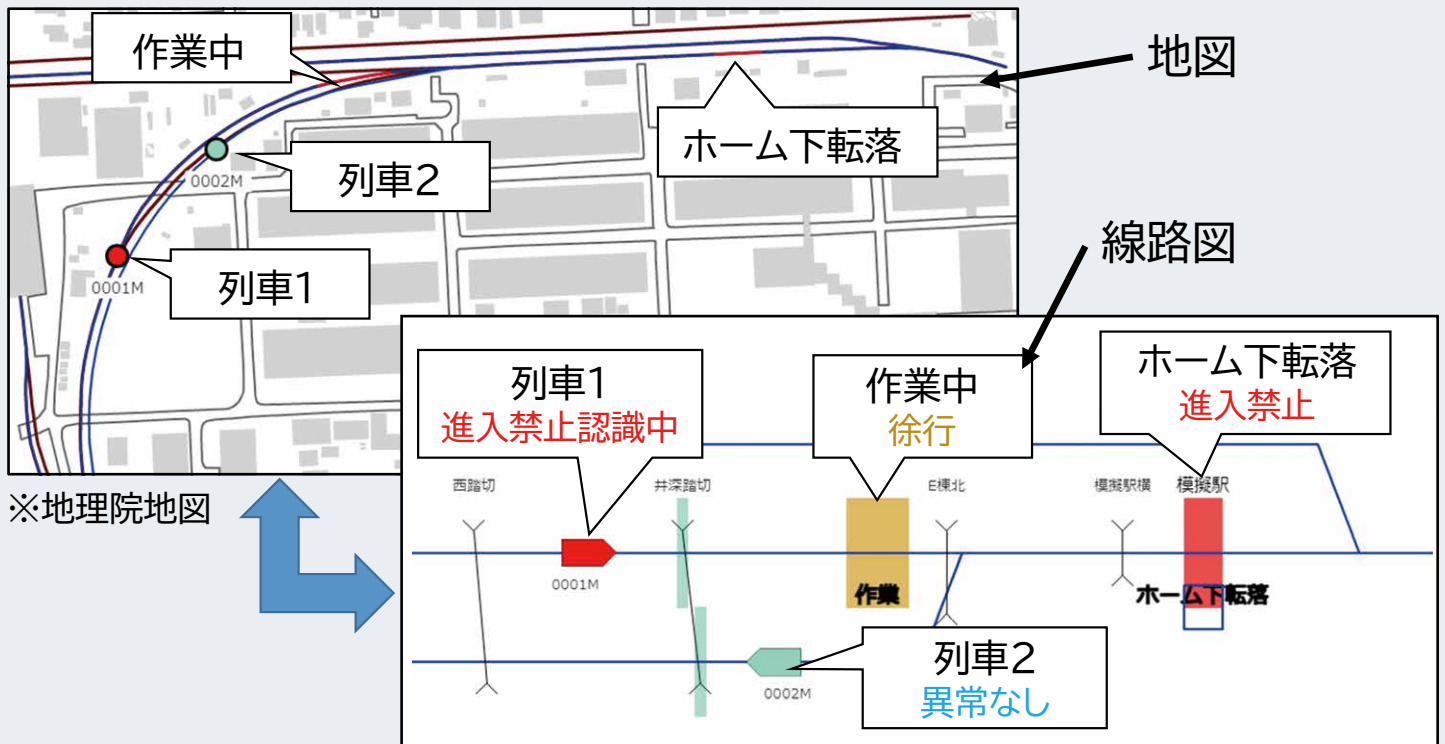
自動的な運行判断での活用

鉄道ダイナミックマップを指令所と列車のそれぞれが持つことで、沿線の災害状況や設備の異常などの情報を、列車上でも把握することができます。鉄道総研では、指令所と列車に鉄道ダイナミックマップを搭載した運行判断部を設置し、これらの状態情報と列車の走行位置の情報を鉄道ダイナミックマップ上で組み合わせ、自動的に列車の危険回避を行う技術の開発を行っています(図3)。

発生した災害や異常などに応じて、徐行(速度を落とす)、進入禁止(危険な区間に列車を

ダイナミックマップ

自動車の自動運転や安全運転支援のために開発されているデジタル地図です。車線情報や周辺の構造物など、一般的な地図より詳細な情報を持った高度な地図の上に、交通規制や事故、渋滞、信号機の状態など、状況に応じて変化するさまざまな情報を重ね合わせて活用します。



凡例



図4 鉄道ダイナミックマップのシミュレーション例

進入させない)、停車禁止(危険な区間に列車を止めない)という3つの区間を設定し、列車を自動的に制御する仕組みを構築しました。国土院が提供する地理院地図²⁾をベースに、鉄道ダイナミックマップのシミュレータを作成し、検証した例を図4に示します。この例では、沿線での作業と、駅でのホーム転落を鉄道ダイナミックマップに設定しており、徐行区間や進入禁止区間に向かっての列車1は区間を認識し、進む先に異常のない列車2が通常走行状態になっていることが確認できます。このように、自列車が進む先の異常を各列車が認識して、徐行、進入禁止、停車禁止の判断を自動的に行うことができます。

運行業務支援での活用

鉄道ダイナミックマップは、列車の自動的な運行判断だけではなく、集めた情報を表示する手段としても活用できます。指令所の鉄道ダイナミックマップでは、地図と線路図の両面の情報を指令員が確認することが可能です。従来は、それぞれのシステムのシステム画面に表示された情報を指令員が集めていましたが、図5のように鉄道ダイナミックマップによって一つの画面上で見ることが可能になります。鉄道ダイナミックマップを、情報が書き込まれた状態のホワイトボードのように扱えることから、指令員の情報集約の手間を軽減し、判断を効率化することが可能になります。また、鉄道ダイナミックマッ

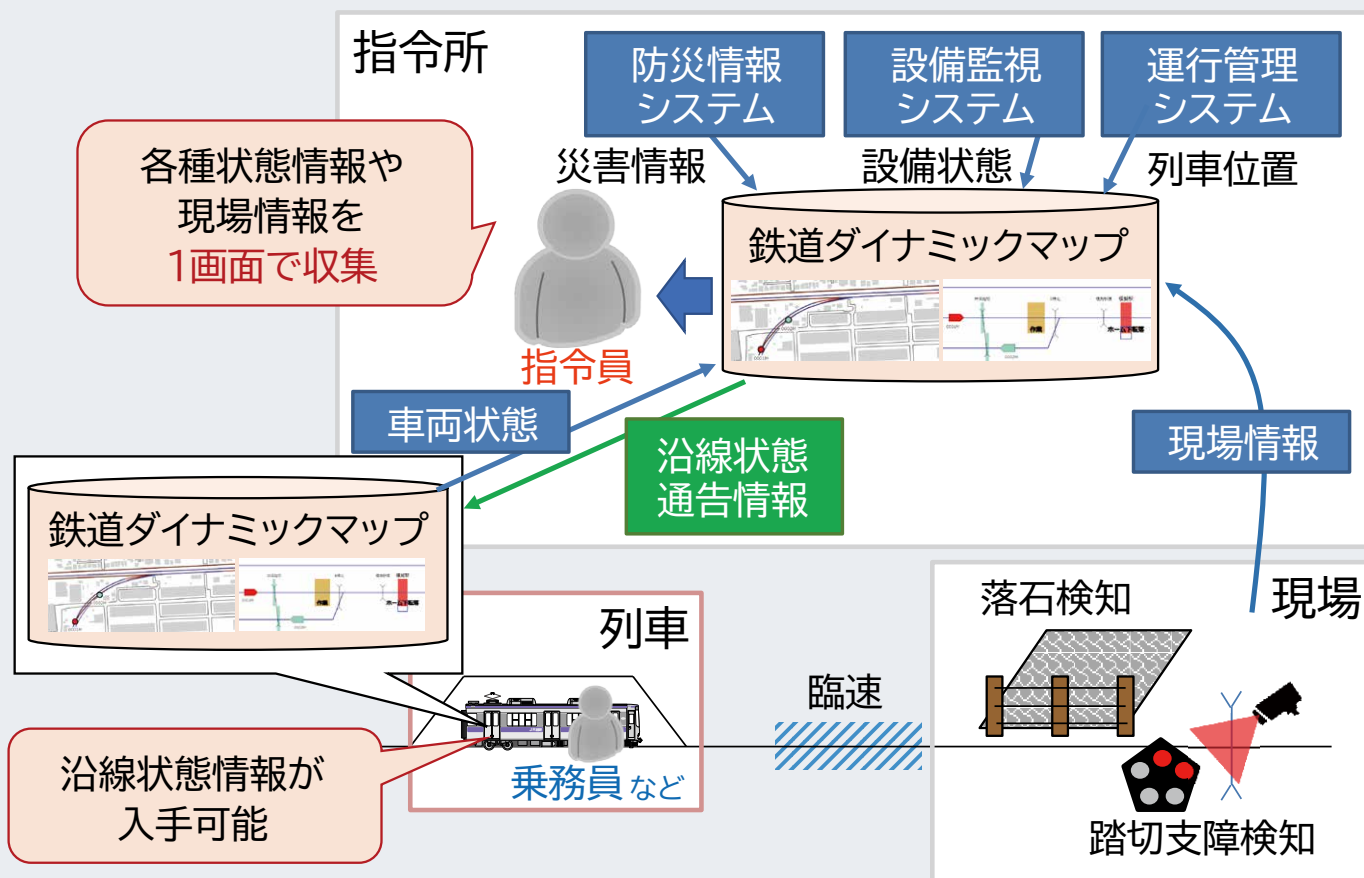


図5 鉄道ダイナミックマップによる運行业務支援のイメージ

プを表示する端末を列車や駅、保守区などにも配置することで、指令員と運転士や車掌、駅員、保守作業員などの情報共有がスムーズになることも期待できます。

おわりに

鉄道ダイナミックマップを用いることで、鉄道の運行に関わる各系統の状態情報をつないで

一元管理できるとともに、指令所と各列車の状態情報をつないで自動的な運行判断や運行业務支援を行うことが可能になります。今後も、鉄道ダイナミックマップの活用に関する研究開発を推進し、自動的な運行判断の実証試験や、運行业務支援に関する検証を通じて、列車運行の自動化、省力化に貢献したいと考えています。

RRR

文献

- 1) 太田佑貴, 祇園昭宏, 西本翔, 櫻井勇輝: 自律運転に向けた沿線・車両状態情報に基づく運行リスク評価手法, 鉄道総研報告, Vol.38, No.3, pp.43-48, 2024
- 2) 国土地理院: 地理院タイル, <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html> (入手日: 2024年11月22日)