

# 鉄道の未来を創る研究開発－RESEARCH 2025－

専務理事  
渡辺 郁夫



鉄道総研は、2020年度から5年間の活動の実行計画として「基本計画－鉄道の未来を創る研究開発－RESEARCH 2025」を策定した。自然災害が頻発かつ激甚化し、インフラの老朽化が進み、労働力が不足しつつあることなどの状況を踏まえ、鉄道の将来に向けた研究開発、実用的な技術開発ならびに基礎研究を一層充実させることとした。本講演では、RESEARCH 2025において重点的に取り組む、鉄道の更なる安全性向上、特に自然災害に対する強靱化のための研究開発や、デジタル技術を積極的に導入して鉄道システムの革新に資する研究開発などを展望する。

会の実現に向けた取組が進められている。技術では、コンピュータ及び高速大容量通信の急速な進歩により、IoT、ビッグデータ解析、人工知能（AI）などのデジタル技術の導入によるデジタル社会の実現に向けた革新が世界規模で進んでいる。

日本の鉄道は、日本経済が緩やかに回復している中で、インバウンド需要の拡大等により順調に輸送量を伸ばしているものの、少子高齢化に伴う総人口及び生産年齢人口の減少が懸念されている（図2）。また、強雨、強風や大地震など頻発かつ激甚化する自然災害（図3）、鉄道インフラの老朽化（図4）、及び労働力不足等の課題に対して、これまでの取組の枠を超えた対応が急務となっている。さらに、様々な交通手段によるモビリティをシームレスに繋ぐ新たなサービスの創出においては、鉄道が果たす役割がますます大きくなっている。

これらの諸課題解決のために、デジタル技術の活用によりシステムチェンジを図る取組が進められており、また複雑化する技術的課題に対しては、関連する複数の機関が連携し、情報を共有して解決を図ることが不可欠となっている。

これらを踏まえ、鉄道総研のビジョン「革新的な技

## 1.RESEARCH 2025の策定

### 1.1 背景

地球環境問題や高齢化に伴う社会的負担の増加、経済の地域間格差など解決すべき社会課題が複雑さを増す中で、国連は「持続可能な開発目標（SDGs）<sup>1)</sup>」を採択し、日本政府は「Society 5.0<sup>2)</sup>」（図1）を提唱するなど、社会が直面している諸課題を最先端の技術で克服し、誰もが豊かさの恩恵を享受できる、持続可能な社

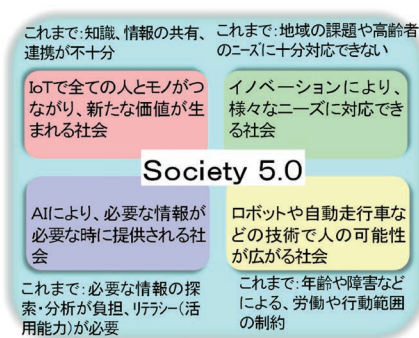


図1 Society 5.0

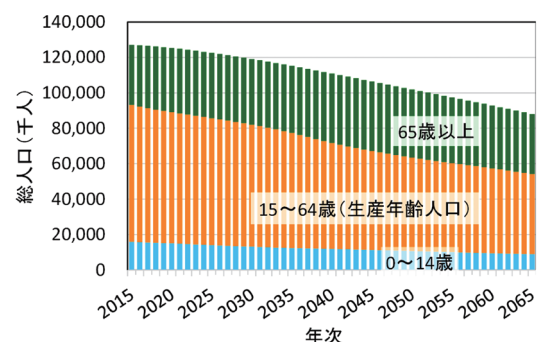


図2 日本の生産年齢人口推計<sup>3)</sup>

「特別警報」：警報の基準をはるかに超える危険度の高い大雨・暴風・高潮などに発表（2013年8月から）

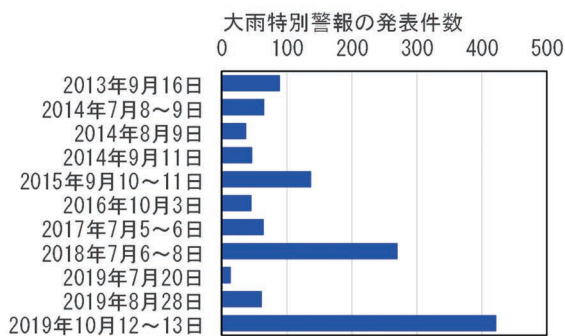


図3 自然災害による特別警報の増加<sup>4)</sup>

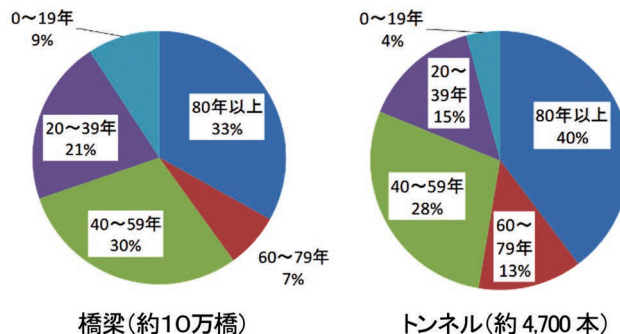


図4 鉄道構造物の経年<sup>5)</sup>

術を創出し、鉄道の発展と豊かな社会の実現に貢献する」を実現する実行計画として、2020年度以降の基本計画を策定した。

## 1.2 RESEARCH 2025における研究開発の基本方針

RESEARCH 2025では以下を研究開発の基本方針とした。

### (1) 安全性向上、特に自然災害に対する強靱化

鉄道の更なる安全・安定輸送に資する研究開発が不可欠であり、特に、強雨、強風、大地震など頻発かつ激甚化する自然災害に対する鉄道の強靱化に資する研究開発を重点的に実施する。また、地上・車両設備の故障防止及び老朽化に対応する研究開発を積極的に実施する。

### (2) デジタル技術による鉄道システムの革新

高度情報処理技術や高速通信網を組み合わせたデジタル技術の鉄道への導入を推進し、列車運行の自律化やデジタルメンテナンスの促進など鉄道現場での労働力不足等の課題に対応した省力化技術に関する研究開発を重点的に実施する。また、沿線環境に適合する新幹線の高速化、鉄道の更なる省エネルギー化などに資する研究開発を推進する。加えて、MaaSなどの新たな顧客サービスの創出に寄与する取組を進め、鉄道システムの革新に資する。

### (3) 総合力を発揮した高い品質の成果の創出

鉄道の将来に向けた研究開発、鉄道事業に即効性のある実用的な技術開発及び鉄道固有の現象解明などの基礎研究を推進する。また、シミュレーション技術の高度化および独創的な試験設備の整備を進める。

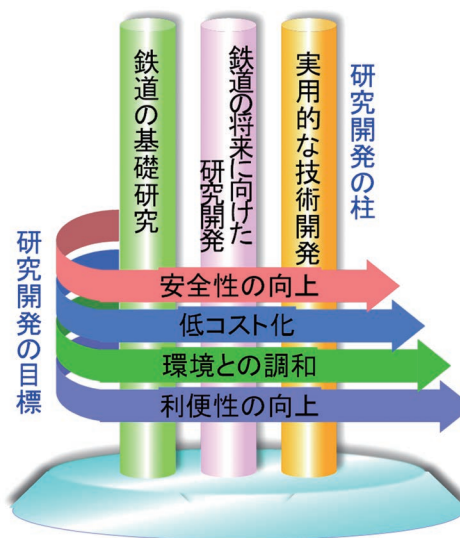


図5 研究開発の目標と柱

## 1.3 研究開発の目標と柱

「研究開発の目標」として、自然災害に対する強靱化などの「安全性の向上」、メンテナンスの省力化などの「低コスト化」、電力ネットワークの低炭素化などの「環境との調和」、高速化などの「利便性の向上」の4つを設定した。また、リソースを有効活用して効果的に研究開発を進めるため、「研究開発の柱」として、「鉄道の将来に向けた研究開発」、「実用的な技術開発」、「鉄道の基礎研究」の3つを設定した(図5)。

## 2. 鉄道の未来を創る研究開発

### 2.1 鉄道の将来に向けた研究開発

概ね十数年先の実用化を念頭に置き、鉄道事業者のニーズや社会動向の変化に応える課題で、鉄道総研の研究開発能力の高い分野や特長のある設備等を活かす

る課題、鉄道総研の総合力を発揮できる課題を「鉄道の将来に向けた研究開発」として取り組む。具体的には、次の6つの大課題を設定する(図6)。

- 激甚化する気象災害に対する鉄道の強靱化
- 列車運行の自律化
- デジタルメンテナンスによる省力化
- 電力ネットワークの電力協調制御による低炭素化
- 沿線環境に適合する新幹線の高速化
- シミュレーション技術の高度化



図6 鉄道の将来に向けた研究開発

(1) 激甚化する気象災害に対する鉄道の強靱化

激甚化する強雨・強風災害の防災・減災対策として、高密度で面的な現況の気象データを活用して災害リスクを評価し運転中止・再開を判断することでダウンタイムを短縮する手法、及び強雨災害被災後の斜面・盛土の残存耐力に応じた適切かつ迅速な応急復旧法等を構築する(図7)。

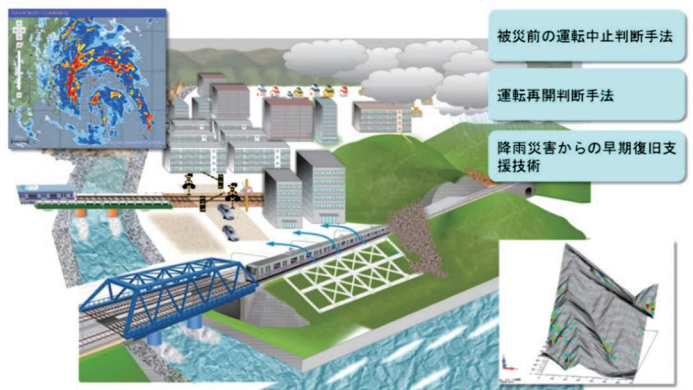


図7 「激甚化する気象災害に対する鉄道の強靱化」の概要

(2) 列車運行の自律化

個々の列車が線路内・沿線等の状態を把握し、踏切等の地上設備を制御しながら、自ら安全に走行速度を制御する列車運行の自律化に必要な要素技術として、衛星測位等を含む車上位置検知、線路内・沿線の異常検知、無線による地上設備制御、沿線・車両の情報に基づき走行の可否を判断する運行判断手法等を開発する。また、都市圏における列車遅延抑制や早期回復、省エネルギー運転等のための運行制御手法を構築する(図8)。

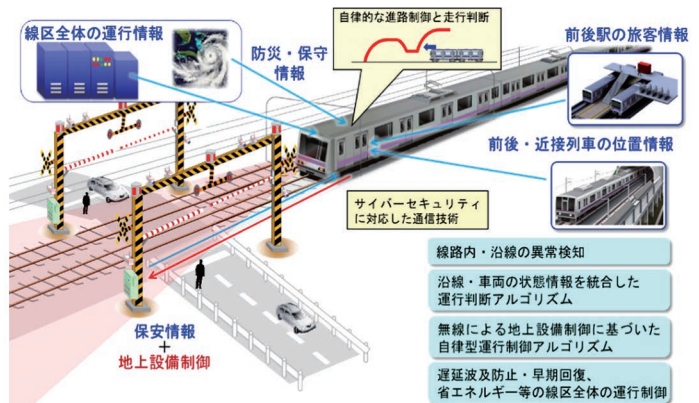


図8 「列車運行の自律化」の概要

(3) デジタルメンテナンスによる省力化

設備状態の計測データから異常検知や状態変化の予測を行い適切な補修・修繕の時期や方法を判断し実施するデジタルメンテナンスを実現するために、車上計測による軌道及び構造物の自動診断技術を構築するとともに、電力設備の車上計測データを含め、収集したデータを統合分析するプラットフォームを構築する。また、電力ネットワーク監視による高抵抗地絡等の早期異常検知技術等を構築する(図9)。

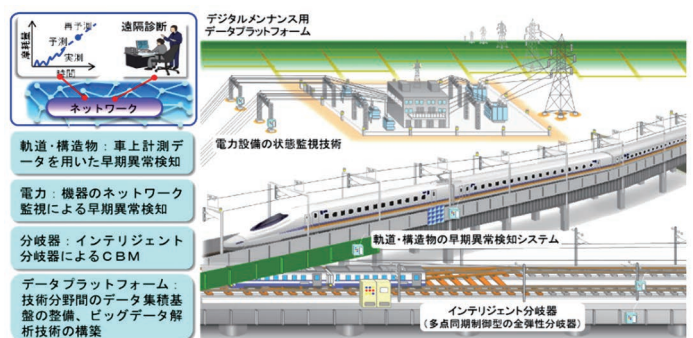


図9 「デジタルメンテナンスによる省力化」の概要

(4) 電力ネットワークの電力協調制御による低炭素化

電力ネットワークにおいて、外部システムの再生可能エネルギーを積極的に活用することで低炭素化を図るために、鉄道用の蓄電システムと外部電力とを協調制御する手法を構築する。あわせて、回生電力を更に有効活用して省エネルギー化を図るために電力貯蔵装置や高機能整流器等



表2 「鉄道の基礎研究」の課題例

項目	課題例
現象の解明・予測	○ 気象災害の予測 ○ 車両の走行安全性 ○ 沿線環境の改善
分析・実験・評価方法の構築	○ 劣化損傷メカニズム及び検査手法 ○ ヒューマンファクター
新しい技術・材料・研究手法の導入	○ 摩擦・摩耗及び長寿命化 ○ 人工知能(AI)

(1) 気象災害の予測

地上の点観測データに加え、気象衛星観測情報等の情報を用いたビッグデータ解析を行い、急変しやすい強風を線路沿線のすべてのエリアにおいて把握する手法を構築する(図13)。

また、軌道内積雪や車両着雪など鉄道固有の環境下での雪質変化を推定するため、雪の物性値変化を明らかにすることで変質過程と推定手法を構築する(図14)。

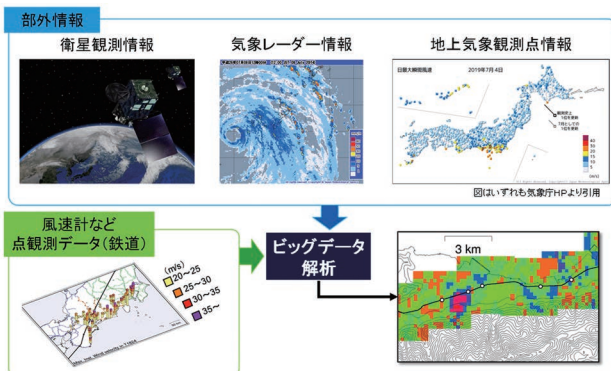


図13 部外情報のビッグデータ解析による気象現象の予測手法<sup>6) 7) 8)</sup>

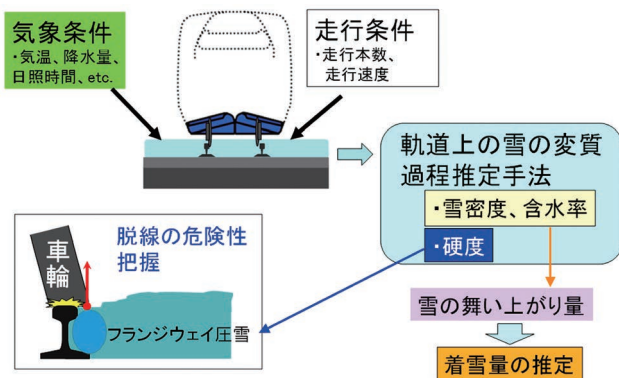


図14 軌道内積雪の性状推定手法

(2) 車両の走行安全性

従来、実験的に求めていた蛇行動の発生条件を示す「蛇行動限界曲線」を解析的に明らかにするため、軌道・車両部材の劣化影響等を考慮可能な解析手法及び安定性評価手法を構築する(図15)。また、横風に対する走行安全性の予測精度を向上するため、横風下の転覆限界状態を再現可能な動的シミュレーション手法を開発する(図16)。

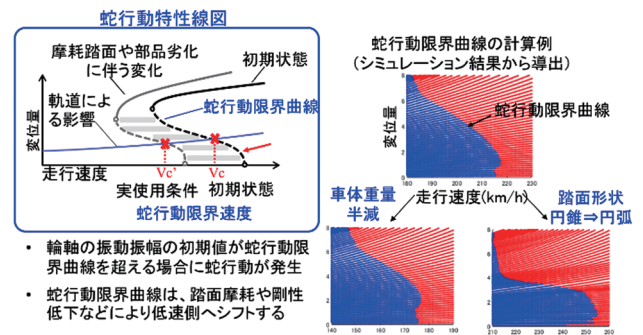


図15 蛇行動発生条件の解析手法及び安定性評価手法

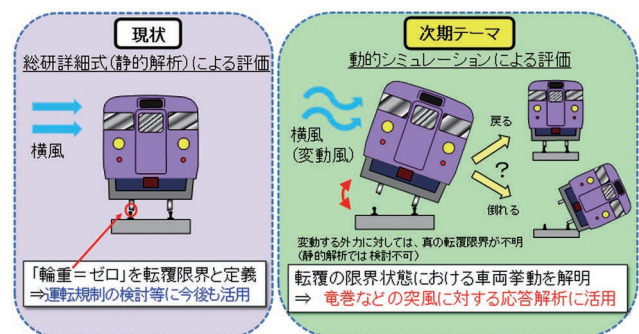


図16 横風による転覆限界時の車両挙動評価

(3) 沿線環境の改善

きしり音や構造物音の発生メカニズムを明らかにするため、物理モデルを用いた解析を行い、低減手法を提案する(図17)。また、車両の機器構成や、ぎ装配線などによって変化する電波雑音を、実測によらずシミュレーションなどによって絶対値で予測し、可視化する手法を確立する(図18)。

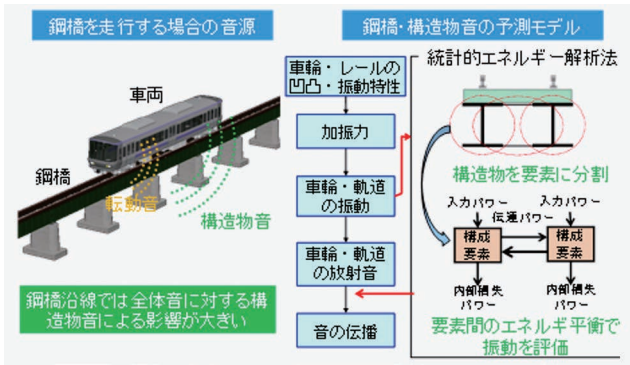


図17 きしり音や構造物音の発生メカニズムの解明及び低減手法

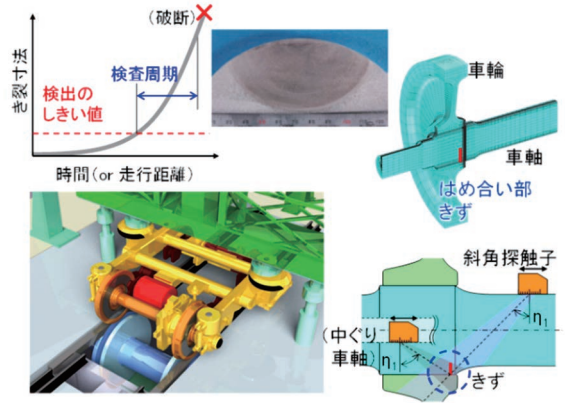


図19 車軸の疲労き裂進展速度の解明及び検査周期の評価

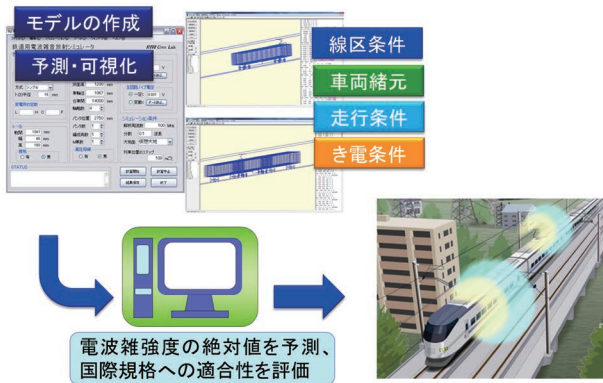


図18 列車走行に伴う電波雑音の予測・可視化手法

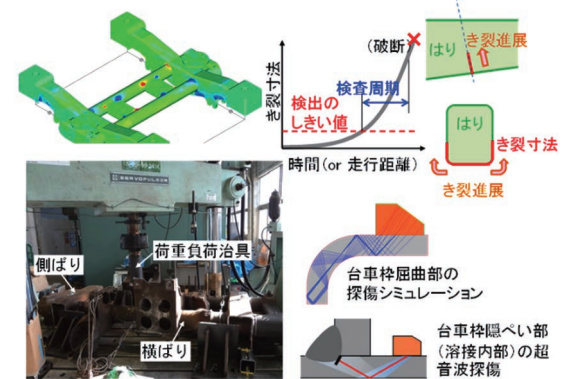


図20 台車枠のき裂進展メカニズムの解明及び探傷法

(4) 劣化損傷メカニズム及び検査手法

実車軸に発生する疲労き裂の進展速度を数値解析と実験で明らかにし、人工きずとの関係を定量化することで、き裂進展性や検査精度の評価法を提案する(図19)。また、台車枠に発生するき裂の進展速度を明らかにするため、数値解析と疲労試験により、き裂進展メカニズムを解明するとともに探傷法を確立する(図20)。さらに、レール頭部に発生するき裂のメンテナンス手法・周期を提案するため、き裂の進展速度・角度を明らかにし、輪重・横圧・移動荷重・残留応力の寄与度を定量的に示す手法等を提案する。

(5) ヒューマンファクター

脳活動計測を含む各種生理計測を行い、心身状態を評価できる生理指標を明らかにするとともに、意思決定スキル評価手法へ適用する(図21)。また、鉄道輸送サービスの重要な要素である快適性をデジタル技術を使用して向上させるため、快適性の要因をデジタル化し、総合的に快適性を向上する要因・構造を明らかにするとともに、定量的な評価指標を提案する(図22)。

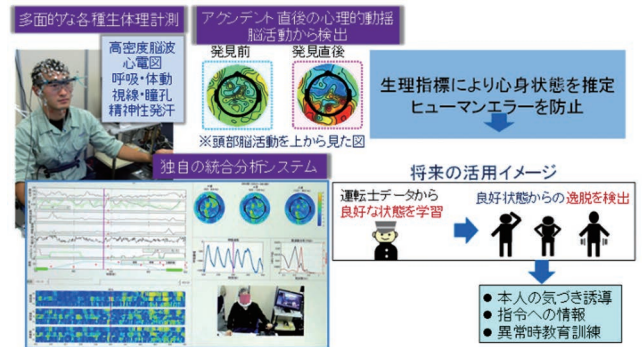


図21 心身状態を評価する生理指標の解明

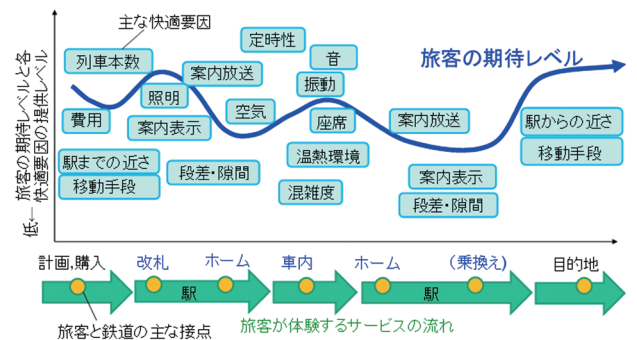


図22 旅客の快適性の要因・構造及び評価指標

(6) 摩擦・摩耗及び長寿命化

低速走行区間でトロッポ線の摩耗率が増加する現象が発生しているため、摩耗増加メカニズムを解明し、摩耗低減策を提案する。また、ブレーキ性能を維持・向上するため、車輪・レール間の粘着性能に影響する要因の寄与度を明確にし、摩擦による車輪の摩耗・変形、損傷・劣化現象等のメカニズムを解明するとともに、性能向上に適した材質を提案する(図23)。

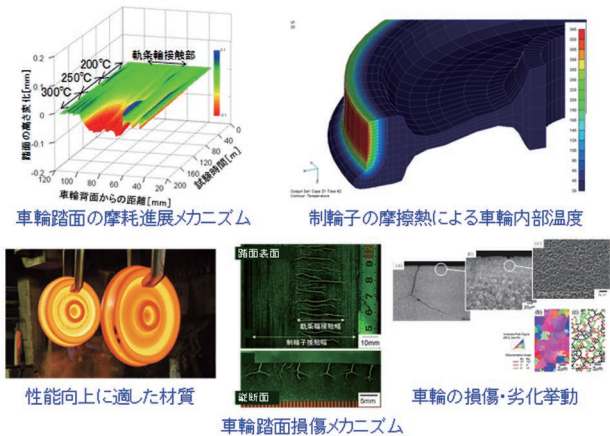


図23 車輪踏面の摩擦劣化要因の解明及び車輪・ブレーキの新たな材料の提案

(7) 人工知能(AI)

技術的知見を人工知能に適用するため、技術者のノウハウや暗黙知を人工知能に適したデジタルデータに変換する論理を構築し、高度な診断、判断に役立てる(図24)。また、人工知能を安全に関わる制御・判断に活用するため、人工知能の振る舞いや判断の根拠をトレースできる手法を確立する(図25)。

(8) チャレンジングな課題

車両の駆動システムの大幅な軽量化を目指し、損失や温度上昇を抑制し、歯車装置並みの質量でかつ車軸を直接駆動することが可能な軽量・高効率なディスク形モーターによる駆動システムの開発に取り組む(図26)。また、一度発生すると被害の大きい電システム的地絡に対して、電車線断線やがいし破損等により、故障電流が電気車電流に比べて小さく故障判別が困難な高抵抗地絡故障を、変電所で測定される電圧・電流等の波形情報から、短時間で故障判別する手法を検討する(図27)。

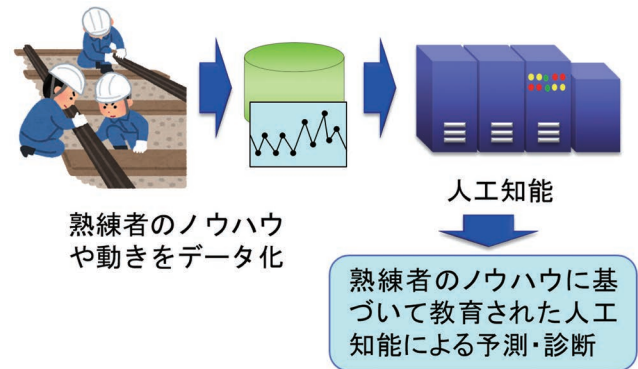


図24 技術的知見を人工知能に適用するためのモデル

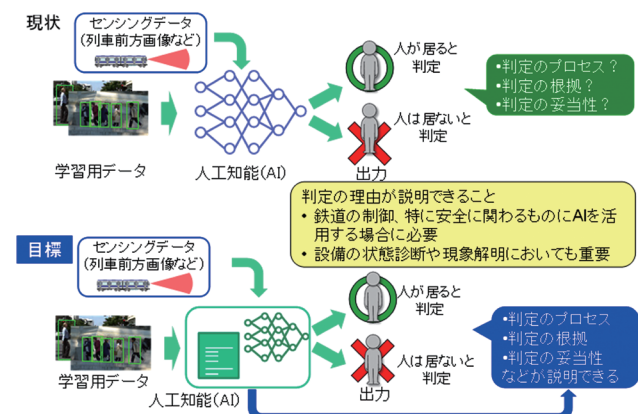


図25 人工知能による制御・判断のトレース手法

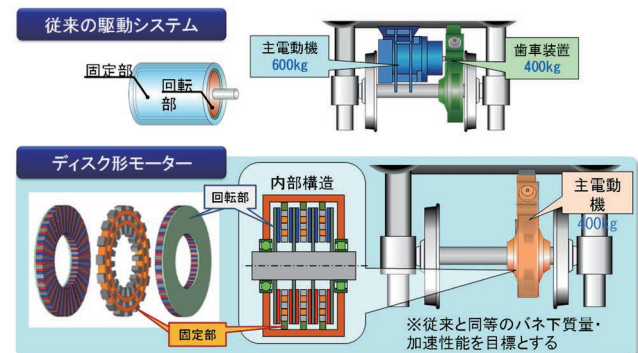


図26 ディスク形モーターによる駆動システム

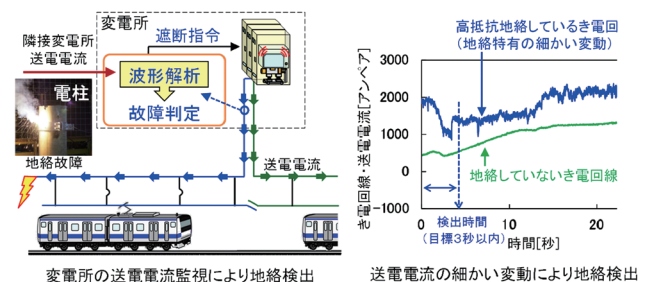


図27 高抵抗地絡保護手法

### 3. 鉄道の未来を創る研究開発

これまでに類を見ないような気象災害や労働力不足への対応は、従来の枠組みでは対処できない喫緊の課題である。これらの課題を克服するためには技術革新が必要不可欠である。鉄道総研は、鉄道の技術革新の担い手としての役割を果たし、鉄道事業者や国内外の大学・研究機関、関連企業等と連携して、鉄道が直面する困難な課題を克服し、持続可能な社会の実現に向け、鉄道の未来を創る研究開発に邁進する。引き続き安全性向上の研究開発を最重点に取り組むとともに、お客様が鉄道を利用することで得られる経験（カスタマーエクスペリエンス）の向上を目指した研究開発を推進する。これらの課題解決において必須な基盤技術はデジタル技術であり、デジタル技術を共通基盤として鉄道の未来を築くことが、我々鉄道研究に係るものの使命と考える。

鉄道総研は、ビジョン「革新的な技術を創出し、鉄道の発展と豊かな社会の実現に貢献します」に基づき、「基本計画－鉄道の未来を創る研究開発－RESEARCH 2025」の遂行に全力を尽くす。関係各位のご理解とご協力をお願いする。

#### 参考文献

- 1) 国際連合広報センターホームページ：「2030 アジェンダ」[https://www.unic.or.jp/activities/economic\\_social\\_development/sustainable\\_development/2030agenda/](https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/) (2020.1.14 閲覧)
- 2) 内閣府ホームページ：「Society 5.0」[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)
- 3) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成29年推計）
- 4) 「特別警報・警報・注意報データベース」<http://agora.ex.nii.ac.jp/cps/weather/warning/> (2020.1.14 閲覧のデータに基づき作成)
- 5) 国土交通省：鉄道構造物の現状、第1回「鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証会議」、資料2、2013
- 6) 気象庁ホームページ：「気象衛星観測について」<https://www.jma-net.go.jp/sat/himawari/satellite.html> (2020.1.14 閲覧)
- 7) 気象庁ホームページ：「気象レーダー」<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/radar/kaisetsu.html> (2020.1.14 閲覧)

- 8) 気象庁ホームページ：「風の状況」[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdrr/wind\\_rct/index\\_mxwsp.html](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdrr/wind_rct/index_mxwsp.html)