

鉄道の将来に向けた研究開発の主な成果



青木 俊幸
Toshiyuki Aoki
企画室 室長



佐々木 君章
Kimiaki Sasaki
将来指向課題リーダー
鉄道システムの安全
性・信頼性向上



秦 広
Hiroshi Hata
将来指向課題リーダー
エネルギーの高効率な
利用



佐藤 勉
Tsutomu Sato
将来指向課題リーダー
メンテナンスの革新



鈴木 浩明
Hiroaki Suzuki
将来指向課題リーダー
鉄道ネットワークの
維持発展



網干 光雄
Mitsuo Aboshi
将来指向課題リーダー
鉄道シミュレータの
構築

※所属・職名は2015年3月時点

鉄道の将来に向けた研究開発

鉄道総研は発足以来、基礎から応用にわたる研究開発活動を実施してきました。そのなかで個別のテーマとは別に「浮上式鉄道の開発」や「新幹線の300km/h化」などのプロジェクト課題にも取り組んできました。

2000年度からは「鉄道の将来に向けた研究開発(将来指向課題)」として、複数の技術分野の総合力を結集したプロ

ジェクト型の研究開発を5年ごとに十数課題実施して成果をあげてきました。

2010年度から5年間の基本計画-RESEARCH 2010-では、鉄道事業者のニーズや鉄道に期待される役割を考慮して、「安全性の向上」、「環境との調和」、「低コスト化」、「利便性の向上」の4つを研究開発の目標として設定しました。そして、鉄道の将来に向けた研究開発では、これらの目標に対応さ

せ、「鉄道システムの安全性・信頼性向上」、「エネルギーの高効率な利用」、「メンテナンスの革新」、「鉄道ネットワークの維持発展」の4つの大課題を設定し、さらに共通基盤技術として高度シミュレーション技術の向上を目的とする「鉄道シミュレータの構築」をあわせて5つの大課題としました(図1)。

この5つの大課題それぞれに個別課題を1から4課題、合計12課題を設定しました。各個別課題は大課題に即して連携させ体系化を図っています。12の個別課題については、このあとそれぞれの稿で詳細に述べられています。ここでは、大課題ごとにそのねらいと主な成果を紹介します。

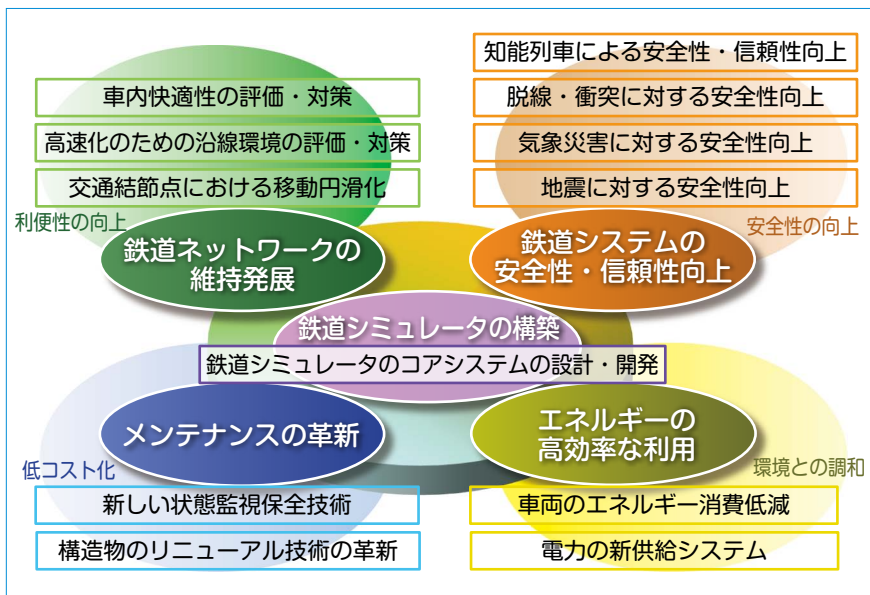


図1 鉄道の将来に向けた研究開発

鉄道システムの安全性・信頼性向上

日本の鉄道システムは、現在でも安全性が高い輸送システムです。そしてそれに安住することなく、鉄道事業者も鉄道総研もさらなる安全性の向上をめざすことを最も重視しています。この大課題では、鉄道の安全性および信頼性を飛躍的に高めるために、列車運行の面では、車両自体のインテリジェ

ント化による事故の防止や軽減，脱線そのものを起こりにくくする台車の開発，万一衝突した時の被害軽減を取り上げました。

そして自然災害対策では，大規模地震発生時の切迫性の高まりに加え，強風や豪雨などの自然災害リスクの増大，災害の頻発・激甚化の懸念から，自然災害発生時に被害を最小化するための研究開発を行いました（図2）。課題開始から1年も経ないうちに，マグニチュード9の巨大地震が発生し，またゲリラ豪雨も頻発するなど，緊急性もいっそう増しました。

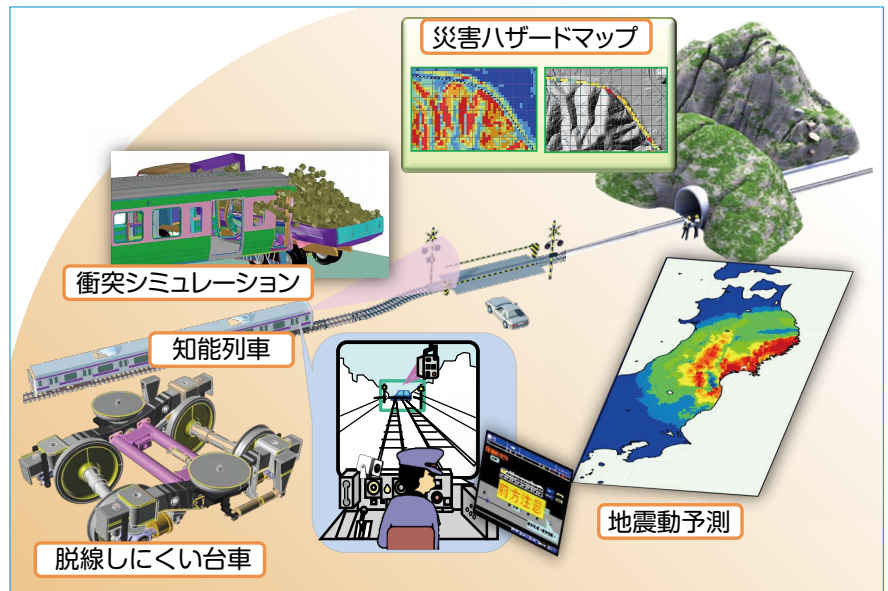


図2 鉄道システムの安全性・信頼性向上

知能列車による安全性・信頼性の向上

車両のセンシングや判断あるいは通信などの機能を強化した「知能列車」システムは，運転士が気づきにくい異常徴候をセンサーで監視し，異常事態の重要度を判断・選択して運転士に提示し，事態に対応する運転方法や安全な停止位置を助言します。さらに，緊急時には自動的に減速・停止します。これらを実現する要素技術を開発し，システム全体の動作を検証しました。

脱線・衝突に対する安全性向上

現状よりさらに脱線しにくい台車構造として，輪重減少を抑制する機構と横圧低減のための操舵機構により脱線係数を大幅に低下させました。

事故時の乗客の被害軽減に関しては，乗客の傷害度を考慮した車体の衝突安全性評価を可能とする車両衝突時の車体と乗客の挙動を再現するシミュレーション手法を開発しました。

気象災害に対する安全性向上

防災計画や運転規制を的確に行うために，雨や風といった自然外力の面的推定精度を向上し，危険箇所を抽出して地図上にマッピングする技術を開発しました。

地震に対する安全性向上

マグニチュード8クラスの巨大地震

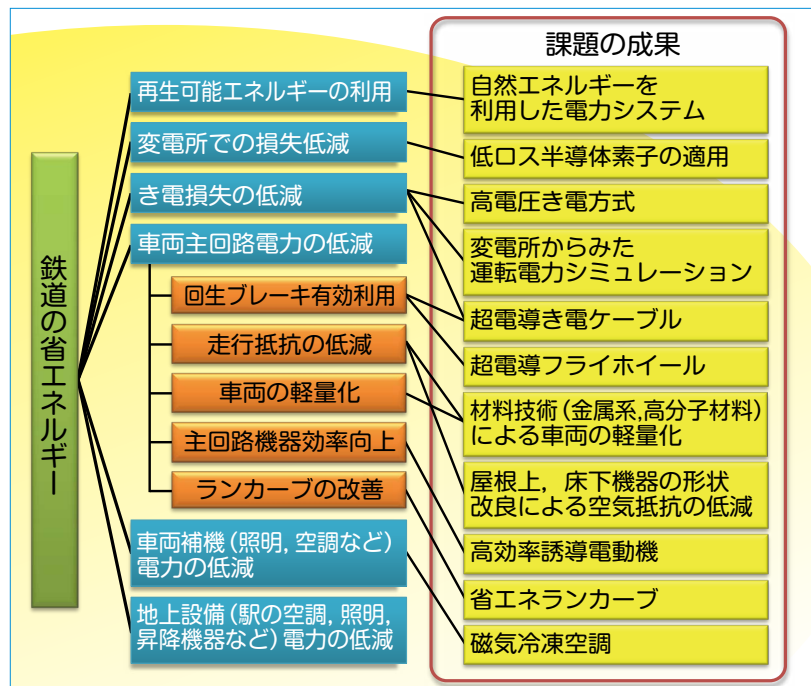


図3 エネルギーの高効率な利用

による揺れを，余震を含めて高精度に予測できる手法と，本震～余震地震動群に対する液状化や構造物の安全性の評価手法，電柱の挙動や車両の転覆挙動などの評価手法を開発し，さらに構造物の地震対策工法を提案しました。

エネルギーの高効率な利用

鉄道システムはもともとエネルギー効率が低いものですが，地球環境や資

源の有効利用の観点からより高効率なエネルギー利用が求められています。東日本大震災以降の電力需給の逼迫もありその重要性は増えています。そこでこの大課題では，エネルギーを高効率に利用する鉄道システムの構築を掲げました。

鉄道の省エネ技術の分類と課題で取り組んだ内容を図3に示します。地下鉄などを除くと，鉄道で使用するエネ

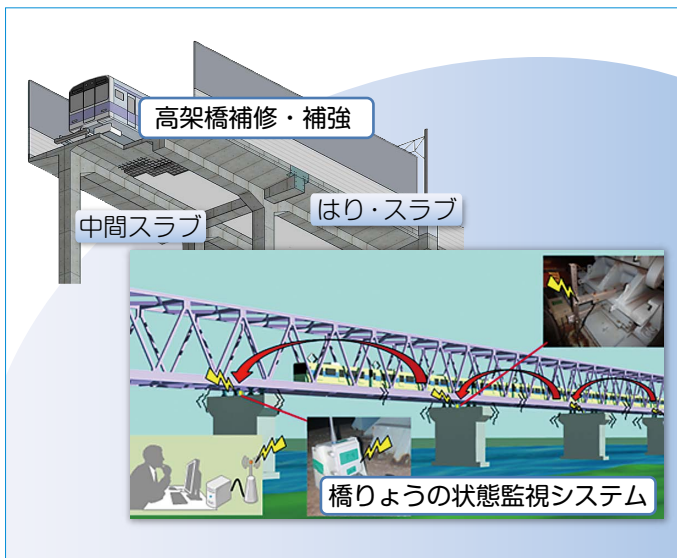


図4 メンテナンスの革新

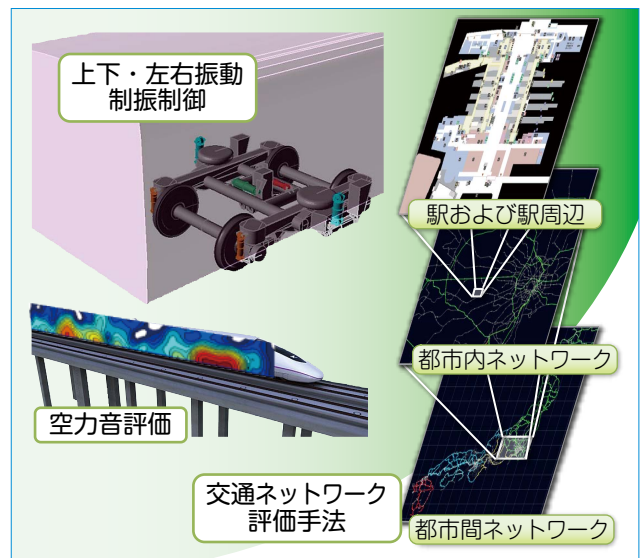


図5 鉄道ネットワークの維持発展

ルギーの80%は運転で使用されていることから、ここでは車両と電力供給を対象に、「消費電力量を1割削減できる技術の提案」を目標としました。

車両のエネルギー消費低減

高効率誘導電動機や屋根上・床下機器の形状改良による空気抵抗の低減、省エネルギー面からのランカーブの最適化の合計で概ね1割低減を提案できるレベルに達しました。

電力の新供給システム

超電導き電ケーブルや超電導フライホイールは実機レベルの試験まで進みました。これらが実用化されればさらに数%の電力低減が可能となります。

メンテナンスの革新

少子高齢化が進み、労働力不足や技術力の低下も懸念されるとともに、膨大な社会資本が更新時期を迎え、メンテナンスコストの低減はますます重要になっており、検査の効率化や延命化などへの期待も大きいといえます。そこでこの大課題では、発展が目覚ましいICTを活用し、低コストのメンテナンス技術を開発しました。

メンテナンス対象物の状態監視手法や異常検知・診断技術および経年劣化予測手法を確立するとともに、経年が進み、機能的にも現代の水準にはない

構造物などに対するリニューアル技術の開発を行いました(図4)。

新しい状態監視保全技術

鉄道設備の状態変化を継続して監視するため、無線センサーネットワークによる状態監視システムを構築し、鉄道橋りょうで試験運用しました。また、システムの設計・運用を装置の故障率などを考慮して最適化する技術を開発し、設計・導入指針を作成しました。

また、橋りょうなどを対象とする新たな健全度評価手法や軌道状態モニタリングシステム、パンタグラフ接触力などによる架線の状態計測法を提案しました。

構造物のリニューアル技術の革新

高架橋を対象としたスラブやはりの補修・補強工法および柱の取替え工法と、鋼桁・橋台形式の橋りょうを対象とした既設橋台一体化工法および合成構造化工法を開発しました。

また、地下駅空間の拡幅技術としての新旧トンネルの接続工法と、地上駅空間の安全性・快適性向上技術としての高架駅ホームのシェルター化工法を開発しました。

鉄道ネットワークの維持発展

環境面などから鉄道の再評価がある一方、人口減少と生活スタイルの多様

化による鉄道利用者の減少も危惧されています。本課題では、鉄道の利便性を向上させるとともに、高速化に伴う沿線環境負荷を抑制することにより、鉄道ネットワークの維持発展に貢献する研究開発を行いました。

より高品位な車内快適性の実現のための評価と対策、高速化のための振動・騒音に関する沿線環境性の評価と対策、交通結節点における旅客・貨物の移動円滑化に関する研究開発を行うことで、鉄道ネットワーク全体の価値を向上し鉄道の競争力を強化します(図5)。

車内快適性の評価・対策

快適性の評価では、旅客の体感に合致した振動と騒音の評価手法を提案しました。また、乗り心地向上のため、可変減衰軸ダンパーとアクチュエーターにより上下・左右方向の振動を同時に抑制する制振制御手法や、応答性に優れた車体傾斜機構を開発しました。さらに、車内騒音の低減対策として新たな床構造や内装構造を提案しました。

高速化のための沿線環境の評価・対策

車体下部から生じる空力音を風洞実験で精度良く評価する手法を開発するとともに、騒音の原因となる気流の乱れを抑制する流れ場制御に関する研究を行いました。地盤振動については、地盤から建物までの予測が可能なシ

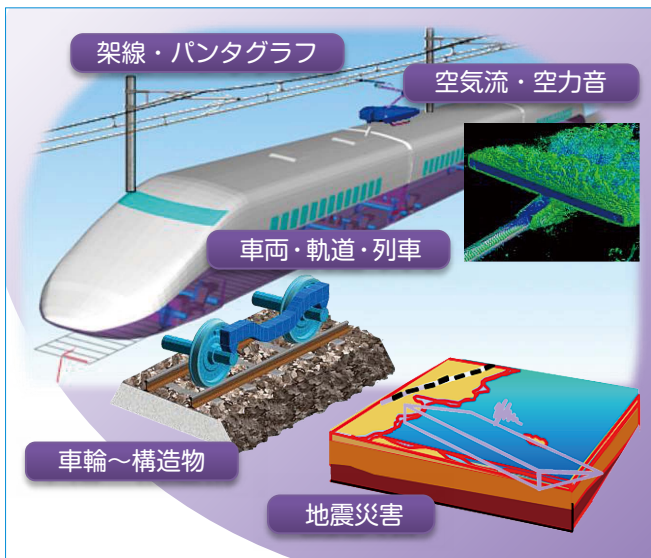


図6 鉄道シミュレータの構築

ミュレーションを開発しました。また、既設構造物を大規模に補強することなくかさ上げできる風圧緩和防音工などの騒音・振動対策工法を開発しました。

交通結節点における移動円滑化

駅などでの乗り換えのしやすさや交通ネットワークの充実は、鉄道利用者の拡大につながります。

都市間輸送の交通ネットワークを評価する手法を開発するとともに、都市内輸送では、列車の乗車人数や駅の滞留人数の推計手法、駅構内と駅周辺の移動しやすさの評価手法などを開発しました。また、貨物輸送の改善策の評価手法を開発しました。

鉄道シミュレータの構築

鉄道にはさまざまな技術分野があり、それらは相互に関連した複雑なシステムとして機能しています。鉄道総研ではこれまで、車両、軌道、構造物、防災、電力、信号通信、輸送情報、空力・音響、人間科学などの多岐にわたる分野でシミュレーション技術を開発してきました。理論や実験、現地試験などに加えて、こうしたシミュレーション技術を組み合わせることで、鉄道の安全性向上や高速化、低コスト化などに大きな役割を果たしてきました。

この大課題では、各分野に共通する

これらは、研究開発の質の向上と効率化を図るとともに、鉄道システムの最適化と複雑現象の解明に資することを目的に、研究開発用ツールとして開発を進めています。この課題については、他の将来指向課題とは異なり、当初から10年間の開発期間を設定しました。

鉄道シミュレータのコアシステムの設計・開発

5つのコアシステムとして、車両・

基盤技術として、鉄道システムを構成する各分野の挙動をシミュレーターとして実現し、それらを組み合わせて鉄道システム全体の挙動を模擬する高機能なシミュレーターを構築していこうとするものです。

軌道・列車モデル、架線・パンタグラフシミュレーター、車輪〜構造物の大規模解析モデル、空気流・空力音シミュレーター、地震災害シミュレーターの開発を行いました。高度な大規模並列計算手法を用いるなどして、主にダイナミクス系のシミュレーターを開発してきました(図6)。

今後は、エネルギー、電磁環境、輸送系も含めてこれらを連携することにより、複雑な現象を解析できるように進めていきます。

おわりに

鉄道の将来に向けた研究開発は、2015年度からの基本計画RESEARCH 2020においても研究開発の柱の1つとして設定し、引き続き重点的に実施していきます(図7)。

また、終了した課題で開発した技術の中には、実用化のためにさらに研究開発を継続していく必要があるものもあり、確実に実用化につなげるためのフォローアップを行っていきます。[RRR]

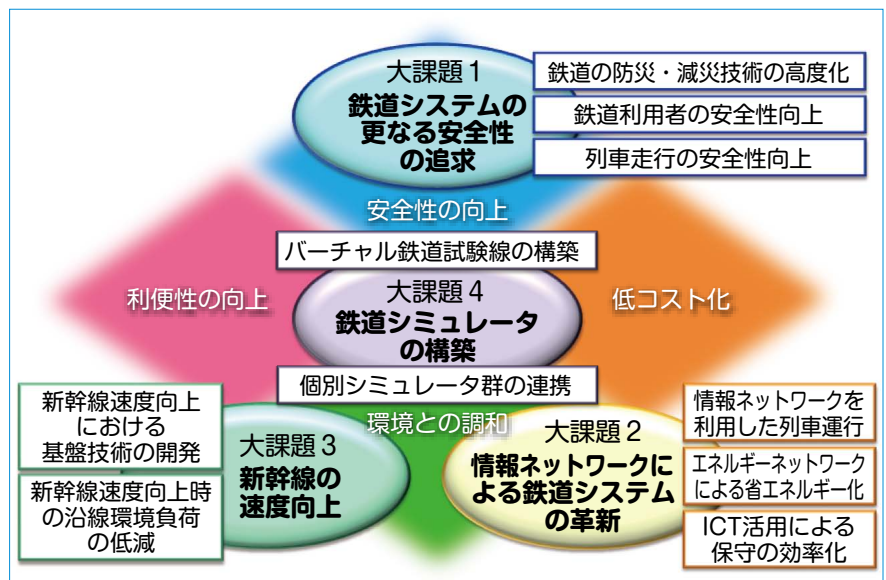


図7 RESEARCH 2020における鉄道の将来に向けた研究開発

※「鉄道シミュレータ」の表記は本誌の外来語表記と異なりますが、これまでの慣用を考慮して長音を付けずに表記しています。