

- 鉄道一般
- 車両
- 軌道
- 構造物
- 防災
- 電力
- 信号通信情報
- 材料
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

鉄道総研の基礎研究

最近、安全・安心やエネルギーに対する関心の高まり、社会インフラ老朽対策の重要性の再認識、少子・高齢化の進行など、鉄道を取り巻く環境は大きく変化しています。これらの変化に対応するために鉄道技術のイノベーションが求められており、そのためには基礎研究は非常に重要です。鉄道総研では、これからも鉄道システムのイノベーションにつながる基礎研究を強力に推進していきます。ここでは、基礎研究をどのように位置づけ、どのように推進していくかを最近の研究事例を含めて紹介します。



市川 篤司
Atsushi Ichikawa
専務理事
[専門分野] 土木工学

はじめに

鉄道総研では、5年ごとに基本計画を定めその中でどのような研究開発を行うかの方向を示しています。現在の基本計画-RESEARCH2010-では、力を注ぐべき研究開発の三本の柱として「鉄道の基礎研究」、「鉄道の将来に向けた研究開発」および「実用的な技術開発」と、進むべき四つの目標として「安全性の向上」、「環境との調和」、「低コスト化」および「利便性の向上」を掲げています¹⁾。

このように鉄道総研では基礎研究を重要な柱として推進しています。さらに、「鉄道の将来に向けた研究開発」でも、画期的なブレークスルーが期待できる現象解明やツールの構築のような基礎研究型の課題に取り組んでいます。

ここでは、基礎研究をどのように位置づけ、またどのように推進していくかを最近の研究事例を含めて紹介します。

基礎研究の位置づけ

基礎研究には、研究者の自由な発想に基づく研究(学術研究)と、施策に基づいて将来の応用を目指す基礎研究があります²⁾。大学で行われている基

礎研究には、必ずしも直ちに実用化につながらない学術研究が比較的多く見受けられます。しかし、鉄道総研には鉄道技術に関する基礎から応用にわたる総合的な研究開発を行う使命があり、基礎研究は将来の鉄道への応用につながる研究であることが重要と考えています。

鉄道のイノベーションの源泉は基礎研究にあると言っても過言ではないでしょう。鉄道総研では、基礎研究を実用技術のほう芽または基盤となる研究、および鉄道の諸問題の解決のために必要な研究と位置づけています。そして、鉄道に特有な現象の解明、事象のモデル化、評価手法の確立などを「解析研究」として、また新しい技術、材料、研究手法の鉄道への適用などを「探索・導入研究」として推進しています¹⁾。なお、これらの研究テーマのうち、半分近くが安全性の向上に係るものです。また、浮上式鉄道に関しても、これまで培ってきた超電導関連の技術やノウハウを在来方式鉄道へ応用するための研究、および高温超電導磁石・機器などの浮上式鉄道の基礎技術に係る研究を基礎研究として実施しています。

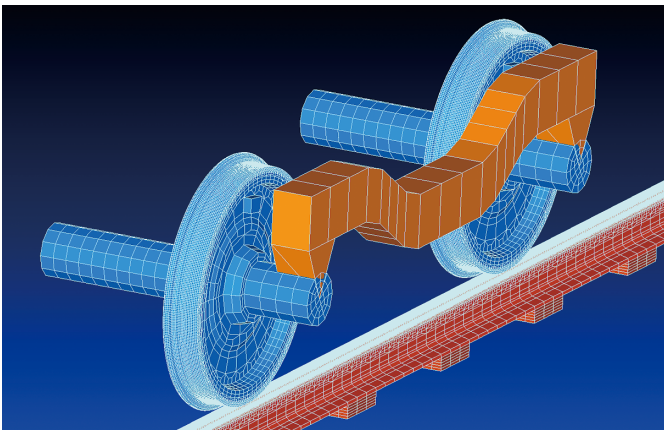


図1 大規模並列計算による車輪・レールの転がり接触解析モデル

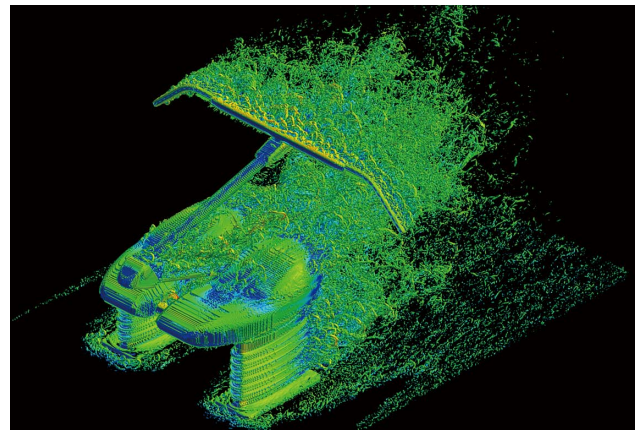


図2 空気流シミュレーターによるパンタグラフ周りの渦構造の可視化



図3 超電導き電ケーブルによる電車の走行試験

最近の基礎研究の事例

鉄道総研では毎年百数十件の基礎研究を実施しており、さまざまな成果をあげています。これらの中から、最近の基礎研究の事例を紹介します。

(1) 鉄道に特有な現象の解明、事象のモデル化に関する研究

鉄道は鉄車輪を有する車両、レールやまくらぎなどの軌道、架線、信号など他の交通機関にはない特有の設備で構成されています。そのため、さまざまな鉄道に特有な現象が発生します。中でも、車輪・レール間やパンタグラフ・架線間などの接触部に発生する現象は、脱線など車両の走行性に大きな影響を与える代表的な現象の一つです。

これまでに多くの研究が行われ、乗り上がり脱線の解明などに寄与してきました。しかし、未だ数多くの課題が残されています。最近、本誌でも紹介するように、車輪がレールの上を転

がりながら走行する時の接触面の状態を超音波技術などを用いてリアルタイムに把握することを目指した研究³⁾や、転がり接触到に起因する車輪やレールの劣化現象をコンピューター上に再現する数値シミュレーション手法⁴⁾などの研究を行っています(図1)。

(2) 評価手法に関する研究

鉄道の課題の一つに騒音問題があります。鉄道総研では、騒音の発生メカニズムの解明と予測、さらには対策工法の提案のため、現地測定、風洞試験あるいは数値解析手法を駆使して研究を進めています。

鉄道では高速化が進んでいますが、高速走行では空力音が卓越してきます。そこで、騒音発生箇所周辺の空気流の流速分布を実車で測定して、それを模擬した風洞実験により、空力音の発生箇所や観測点での騒音レベルを予測する手法の研究を進めています⁵⁾。最近、風

洞を利用した実験ではそのような予測が可能になり、複雑な形状のパンタグラフでも、どの程度の音がどこから発生しているかがわかるようになりました。さらに車両から発生する空力音を解析的に明らかにする数値シミュレーション手法の研究も進めています(図2)。

(3) 新しい技術、材料、研究手法等の鉄道への適用に係る研究

浮上式鉄道の研究開発で培ってきた超電導関連の技術やノウハウを在来鉄道に応用するための研究に、超電導き電ケーブルや高温超電導磁気軸受を用いたフライホイールあるいはリニアレールブレーキなどの研究があります。このうち、基礎研究の成果が実用化に近付いているのが超電導き電ケーブルです。

鉄道の直流用き電区間では、変電所から車両に電気を送るき電線に電気抵抗があるため、送電損失や電圧降下などが発生します。これに対して、電気抵抗がゼロになる超電導材料をき電線に用いると、回生失効や送電損失の抑制ができるほか、変電所を集約することも可能になります。これまで超電導材料や冷却方式など超電導に係る基礎研究を地道に積み重ねてきましたが、その成果が超電導き電ケーブルの開発につながっています。現在、鉄道総研構内の試験線に敷設し、実用化のための性能の確認と課題の解決に向けた研究を行っています⁶⁾(図3)。

表1 鉄道総研の主な実験設備と基礎研究での利用目的

分野	主な実験設備	基礎研究での利用目的
車両	高速車両試験台	実車両の運動特性、駆動制御性能把握
	クリープ力試験装置	車輪・レール間の接触挙動の解明
構造物	大型・中型振動試験装置	地震時の構造物・車両挙動の解明
	中型・大型三軸圧縮試験装置	地盤を構成する土・れき等の強度・変形性能の把握
軌道	小型移動載荷試験装置	軌道路盤の動的挙動の把握
	車輪・レール高速接触疲労試験装置	車輪とレールの転がり疲労による損傷、摩耗発生メカニズムの解明
防災	大型降雨実験装置	雨による斜面や盛土の崩壊現象の解明
	高速回転円盤装置	雪の舞い上がり現象の解明
電気	集電試験装置	架線、パンタグラフの運動、波動現象の解明
	集電摩耗試験機	トロリー線やパンタグラフすり板の摩耗現象の解明
環境	大型・小型低騒音風洞	空力騒音、空力諸特性の把握、現象解明
	トンネル微気圧波低減模型試験装置	微気圧波の現象解明、低減効果の把握
材料	X線回析装置	物質の構造分析、組織観察
	万能促進クリープ試験機	高分子材料のクリープ特性の評価
人間科学	列車運転シミュレーター	列車運転のヒューマンエラー等の解明
	車内快適性シミュレーター	乗客の快適性に影響を及ぼす要因解明・評価
全般	スーパーコンピューター	実験や測定でカバーできない領域の各種挙動の把握

基礎研究を支える人材と研究設備

基礎研究では、理論のほか実験や現地測定、さらには数値解析を駆使して事象の把握、現象の発生メカニズムなどの解明に迫っていきます。そのため、研究者に関しては、理論のみならず実験・測定手法や数値シミュレーションなどにも精通してさまざまな視点からのアプローチが求められます。最近コンピューターを大事にする一方で、実験や現場にあまり興味を示さない若い研究者が増える傾向にあると言われていますが、これらをバランスよく進めてこそ現象の解明につながります。また、鉄道総研では、研究者には自分の

専門にとらわれず他分野の研究者とも積極的に交流し、幅広い情報や知識を身につけるように、キャリアパスなどを通じて指導しています。これは、鉄道がさまざまな分野からなる大きなシステムであり、分野をまたがる課題が増えているからです。さらに、新しく難しい課題にも深い洞察力で積極的に取り組むチャレンジングな研究者も大事です。

研究設備では、各種の実験を行う実験設備のほか、近年では数値実験を行う高性能のコンピューターも必須になっています。表1は、鉄道の各分野の基礎研究で利用している代表的な実験設備です。これらの設備は実物大の

試験体を用いる大型の試験装置や縮尺模型を用いる中型の試験装置で、いろいろな研究に利用できるようにさまざまな工夫が施されています。また、これ以外にも手造りに近い小型の試験装置などがあり、理論やシミュレーションとの比較検証など基礎研究に大いに活用されています(図4)。一方で、実験や現地測定で得られる情報は、ある限られた条件下での情報です。そのため実験や現地測定を補完し、広範囲の条件下での現象を把握するツールとして数値シミュレーションが有効になっています。特に最近のコンピューター技術の発展とともにその利用価値は一段と高まっています。鉄道総研では、

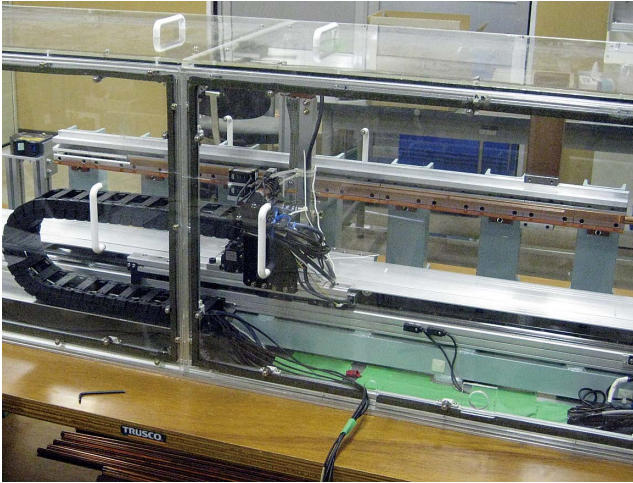


図4 直動式集電材摩耗試験機



図5 鉄道総研のスーパーコンピューター

100TFlops (毎秒100兆回) の計算速度を有し、並列計算によって大容量で高速演算が可能なスーパーコンピューターを導入しています(図5)。

なお、基礎研究では、研究を進める過程で実験設備の製作やシミュレーションプログラムの作成が重要になり成果の一部になることがあります⁷⁾。これらも大事な研究設備です。

基礎研究のさらなる推進

安全・安心やエネルギーに対する関心の高まり、社会インフラの老朽化とその対策の重要性の再認識、少子・高齢化の進行による鉄道利用者減少への予測など、最近の鉄道を取り巻く環境は大きく、また確実に変化しています。このような変化に対応するために、鉄道技術のイノベーションが求められています。技術のイノベーションは一朝一夕でできるものではなく、その土台となる技術がしっかりしていることが重要です。そのためには基礎研究が重要になります。鉄道総研では、今後も鉄道システムのイノベーションにつながる基礎研究を強力に推進していきます。

最近鉄道に生じる課題には、車両、軌道、信号など、それぞれの分野で単独に解決できる課題はそれほど多くなく、むしろ鉄道システム全体として解決を図る必要がある課題が増えていきます。例えば、地震や降雨などの自然外力の巨大化に対する安全対策や、省エネなどのエネルギー対策、高速化に係る課題などです。これらの課題には、現象の発生メカニズムの解明や、測定・評価手法など基礎研究として行うべき課題も数多く含まれています。これらの研究課題を効率よく推進するためには、各分野の研究者が結集して取り組むことが重要で、分野横断的に研究を推進する体制をしっかりと整備していきたいと考えています。

また、研究開発を効率よく推進していく上で、技術レベルの高い国内外の研究機関や大学との連携が有効であり、共同研究や委託研究などを通して連携をさらに深めていきます。

おわりに

研究開発の基盤となる基礎研究は、鉄道が社会の変化に対応し維持発展し

続けていくために今後ますます重要になります。基礎研究を支えていくために、リソースを適切に配分するとともに、特長ある研究設備を整備し、さらには測定技術やシミュレーション技術の高度化などに取り組んでいきます。

RRR

文献

- 1) 鉄道総研：基本計画－RESEARCH2010－，鉄道総研ホームページ，2009
- 2) 文部科学省編：平成25年版科学技術白書，2013
- 3) 深貝晋也，伴巧，牧野一成，葛田理仁，陳樺：超音波を用いた車輪フランジ接触状態の評価，鉄道総研報告，Vol.28，No.2，2014
- 4) 坂井宏隆，高垣昌和，林雅江，相川明，奥田洋司，殷峻：大規模並列計算による車輪／レール間の転がり接触挙動の解析，鉄道総研報告，Vol.27，No.10，2013
- 5) 山崎展博，井門敦志，栗田健：風洞試験における台車部空力騒音測定手法の精度向上，鉄道総研報告，Vol.27，No.1，2013
- 6) 富田優：高温超電導材料を在来鉄道に導入する，RRR，Vol.70，No.10，2013
- 7) 垂水尚志：鉄道総研における基礎研究，第17回鉄道総研講演会，2004