

# 鉄道の将来に向けた研究開発

市川 篤司  
(財)鉄道総合技術研究所(理事)



いちかわ あつし

## はじめに

鉄道総研では、中長期にわたる活動の基本的な方針を基本計画として制定し、これに基づいて研究開発を始めとする事業を行っています。平成17年度から21年度までは、基本計画-RESEARCH2005-に基づいて研究開発を進めてきました。その中で、研究開発の柱の一つとして「鉄道の将来に向けた研究開発」を設定し、13のテーマを実施してきましたが、平成21年度でひとまず終了しました。それぞれ課題は残っているものの概ね目標としていた成果を得ることができました。これらの中には、既に実用化のレベルに達しているものから、鉄道事業者に使って頂くためにはもう少し研究開発を継続していくことが必要なものまであります。本号および次号でこれらの成果を紹介させていただきます。ここでは、鉄道の将来に向けた研究開発の狙いや成果の概要などについて紹介します。

## 将来指向課題の位置づけと課題の設定

基本計画では、研究開発の「目標」を設定するとともに、活動の重点化を図るために「柱」を設定しています(図1)。RESEARCH2005での目標は、鉄道事業者のニーズや公共交通機関として期待される役割を考慮して、「信頼性の高い鉄道」、「利便性の高い鉄道」、「低コストの鉄道」および「環境と調和した鉄道」の4つです。また、柱は、今回ご紹介する「鉄道の将来に向けた研究開発」(以下、将来指向課題)、JR各社からの具体的な指定を受けた課題を主体に短期の実用化を目指す「実用的な技術開発」、および鉄道固有現象の解明などに取り組む「鉄道の基礎研究」の3つです。

このうち、将来指向課題は、おおむね5年から10数年先の実用化を念頭に置いて、鉄道の明日に向けてのシステムチェンジ、技術的なブレークスルーを目的として設定する課題です。RESEARCH2005では、信頼性の高い鉄道で4件、利便性の高い鉄道で3件、低コストの鉄道で3件、環境と調和した鉄道で3件、全体で13件のテーマを設定しました(図2)。

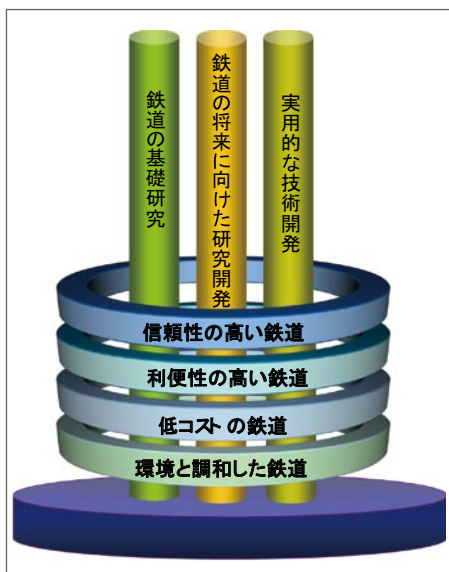


図1 RESEARCH2005における研究開発の目標と柱

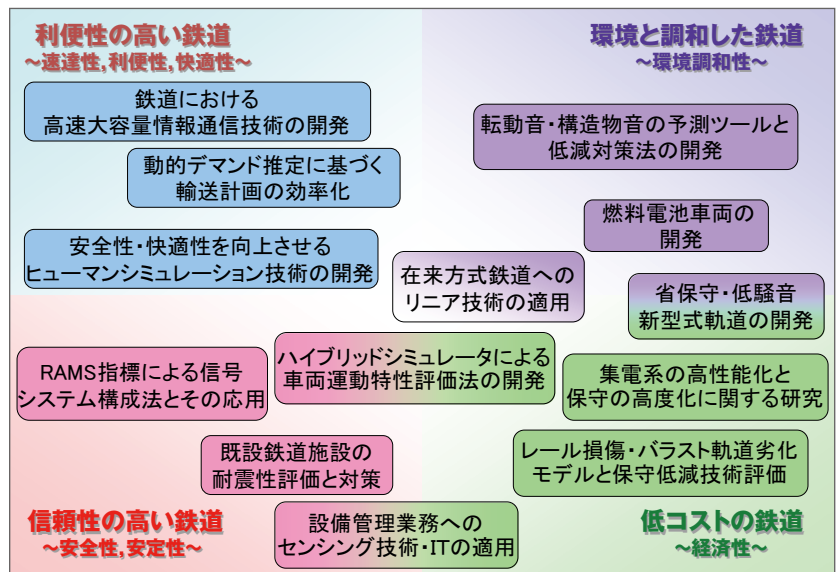


図2 RESEARCH2005における将来指向課題

## 将来指向課題の推進

設定した13件のテーマは、複数の技術分野にまたがっており、分野の垣根を越えて横断的に研究開発を推進する必要がありました。また、研究開発の期間も他のテーマに比べて長期にわたります。そこで、テーマごとにリーダー、サブリーダーを指定し、多岐にわたる研究開発項目を統括的に管理してきました。また、将来指向課題全体を見通し計画通りの成果が得られるよう一元管理を行うこととし、「将来指向課題推進委員会」を設置し、課題を解決するための研究項目の選定、進捗状況の把握、ステージごとの評価、必要な計画修正の指示などを行ってきました。

将来指向課題推進委員会では、鉄道事業への貢献を常に意識するとともに、総研としてどこまで実施すべきか等の基本的な議論を行うなどして、方向の修正や規模の縮小などを進捗管理を行いました。その結果として、どのテーマもおおむね当初狙った成果が得られたものと考えています。

## 将来指向課題の主な成果概要

各テーマの成果の詳細については、本号および次号に詳細に報告するので、ここでは各テーマの目的および主な成果の概要を紹介します(表1)。

表1 将来指向課題の目的および主な成果の概要

ハイブリッドシミュレータによる車両運動特性評価法の開発(図3)	
<p>目的： 車両試験装置、部品試験機を実時間シミュレーションと有機的に結びつけたHILS技術(Hardware In the Loop Simulation)を核に仮想的な走行試験環境を実現し、車両の特性評価や開発を行うシステムを実現する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダンパ等の車両部品試験装置と自動同定システム、実時間シミュレーションの組み合わせにより、本線走行での状態をベンチ試験で再現するシステムを開発</li> <li>1車両対応の車両試験装置に車体間運動模擬装置を付加し、実時間シミュレーションと組み合わせた編成走行模擬試験を実現</li> <li>任意の特性を有する仮想台車を用いた試作前性能評価手法を開発</li> </ul>
既設鉄道施設の耐震性評価と対策(図4)	
<p>目的： 構造物、軌道、電力設備等、多岐にわたる要素から構成されている鉄道システムの地震時挙動を共通の土俵で評価するための手法を構築するとともに、耐震対策の優先順位等を、投資効果を考慮して判断するための手法を構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>活断層で発生・伝播する地震動を予測し、構造物等の施設および車両挙動を評価するシミュレーション手法を構築</li> <li>構造物や軌道、電車線柱などに対する耐震対策工法を提案</li> <li>対策によるライフサイクルコスト低減効果に着目した耐震対策優先順位決定手法を開発</li> </ul>
RAMS指標による信号システム構成法とその応用	
<p>目的： 信頼性(R)、アベイラビリティ(A)、保全性(M)、安全性(S)に優れた信号システムを低コストで効率的に開発する手法を確立するとともに、この手法を適用した信号システムを提案する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>信号システムの安全性を十分確保し、信頼性および保全性を損なわずにアベイラビリティを向上させるための対策技術の評価手法を提案</li> <li>初期コスト・保守コスト・装置故障により見込まれる損失を評価しつつトータルコストが最小となる信号システム構成を選択する手法を提案</li> </ul>

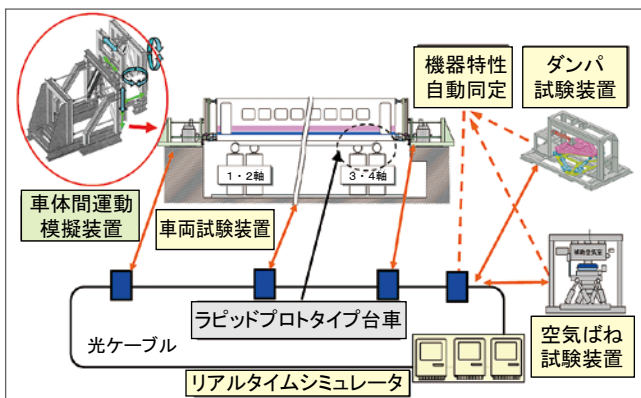


図3 仮想的な走行試験環境

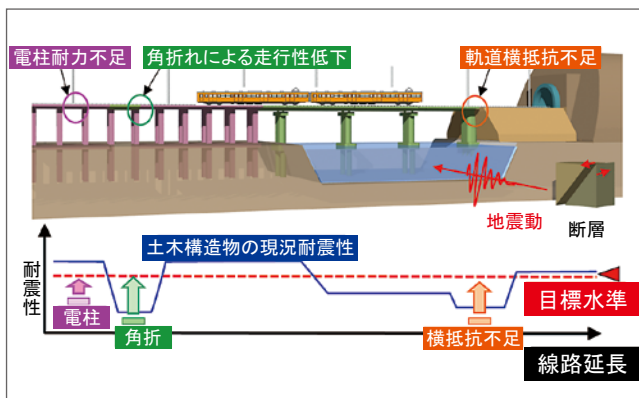


図4 既設鉄道施設の耐震性の評価

設備管理業務へのセンシング技術・ITの適用	
<p>目的： 常時および異常時における鉄道設備の様々な挙動を検知するセンシング技術・情報伝達技術を開発し、維持管理業務への適用を図る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネルや鋼橋のき裂検知センサなど、各種の構造物状態監視センサを開発</li> <li>検査員の携帯する端末、営業列車、あるいは各種地上ネットワークを用いてセンサデータを収集・伝送する手法を開発(図5)</li> <li>総研構内にセンサネットワークを試作し実用可能であることを確認</li> </ul>
鉄道における高速大容量情報通信技術の開発	
<p>目的： 複数の通信システムが連携して、旅客および鉄道社員が必要とする大容量あるいは高信頼性の通信サービスをシームレスに提供する列車内大容量モバイルネットワーク技術を確認する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地上・車上間の高速大容量通信を実現する手段として、レーザ光で追尾する技術および地上局を順次切り替えて通信するハンドオーバー技術を用いた通信システムを開発</li> <li>走行速度120~130km/hの現車試験で、500~700Mbpsのスループット(回線性能1Gbps)を確認(目標：350km/hを超える走行速度で通信速度1Gbps)</li> </ul>
動的デマンド推定に基づく輸送計画の効率化	
<p>目的： 計画ダイヤの作成、ダイヤ乱れ時の運転整理案の作成に際し、利用者の個々のデマンドを的確に把握・予測し、その結果に基づいて効率的な輸送を提供する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動改札機データによる利用者数予測手法、予測人数に対応した輸送計画作成手法、およびダイヤ乱れ時の運転整理案作成手法を開発</li> <li>輸送計画案や運転整理案の評価ツールとして、列車運行・旅客行動シミュレータを開発</li> </ul>
安全性・快適性を向上させるヒューマンシミュレーション技術	
<p>目的： 人の動作、行動、判断などに関わるシミュレーション技術を活用して、鉄道システムの安全性や旅客の安全性・快適性向上に資する評価・予測手法を確認する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常時の運転行動を意識させるなどによって、運転士の異常時対応能力を向上させるための教育プログラムを開発</li> <li>駅シミュレータや実駅での実測結果を基に、駅構内の旅客流動評価シミュレーションや避難行動シミュレーション(プロトタイプ)等を開発</li> </ul>
集電系の高性能化と保守の高度化に関する研究	
<p>目的： 新幹線の350km/h走行を想定し、保守作業量の増加を低減するために、現状と同等な接触力変動を維持し、局部摩耗が発生しにくい架線・パンタグラフ系の設計手法を提案するとともに、新しい評価・保守手法を構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トロッコ線の摩耗・疲労寿命の予測手法を提案、疲労寿命を延伸する新しい形状のトロッコ線を開発</li> <li>新幹線高速走行のための電車線架設基準を提案、架設精度を向上する新しい支持構造を開発</li> <li>地上からパンタグラフの離線や接触力をモニタリングする手法を開発、車上からトロッコ線のひずみを診断する手法を開発</li> <li>300km/hを超える高速走行に対応したパンタグラフ構造を提案</li> </ul>
省保守・低騒音新形式軌道の開発	
<p>目的： メンテナンスコストの最小化を指向した次世代軌道構造として、レールと支承体を一体化させ、環境対策に重点を置いた高性能レール埋め込み型軌道構造を提案する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メンテナンスが大幅に低減しかつ沿線環境に配慮した新形式軌道を開発</li> <li>施工性と強度を考慮し、上部コンクリート路盤を短繊維補強コンクリートを用いて一体化した構造を開発</li> <li>試験敷設した軌道でのモーターカー走行試験で、スラブ軌道に比べ、騒音レベルが大幅に低減することを確認(例えば、レール近傍で、騒音レベルが3~5dB低減)</li> </ul>
レール損傷・バラスト軌道劣化モデル構築と保守低減技術評価	
<p>目的： レール損傷・バラスト軌道劣化モデルを開発する。また、このモデルを用いて保守低減技術を評価し、設備改良の方向性を提案する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>レールきしみ割れの発生寿命、短いき裂と摩耗、水平裂、横裂の進展等を予測する手法を提案</li> <li>横裂進展解析と現地調査結果に基づいてレール探傷周期を提案</li> <li>バラスト軌道の動的応答特性を把握し、対策工の効果を予測する手法を提案</li> <li>まくらぎ構造変更の方向性を提示</li> </ul>

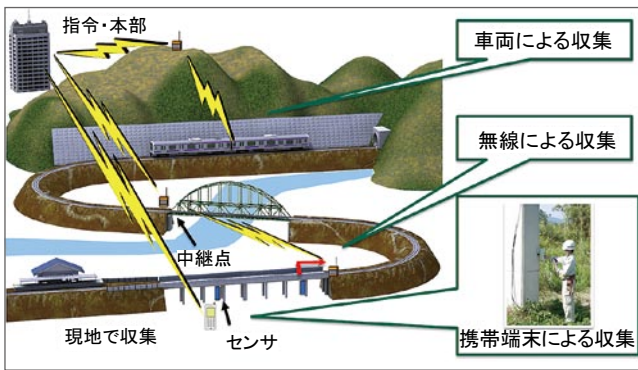


図5 センサによる損傷等の検知とデータ収集・伝送



図6 総研構内を走行する燃料電池車両

燃料電池車両の開発	
<p>目的： 燃料電池を鉄道車両の駆動用電源に適用することにより、脱化石燃料、地球環境保全(排気ガス、CO<sub>2</sub>)、騒音低減を図る。 ※実用規模の燃料電池の入手の見通しが得られないことから、平成20年度で将来指向課題としての取組みを一段落させ、現在電池の耐久性などの試験を行っている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>100kW級燃料電池を搭載した車両を開発し、走行試験により車両駆動用エネルギー源として構成可能であることを確認</li> <li>燃料電池と二次バッテリーのハイブリッド構成方法を開発し、走行試験によりエネルギー効率や充放電特性等を確認(図6)</li> </ul>
転動音・構造物音の予測ツールと低減対策法の開発	
<p>目的： 転動音および構造物音に関する物理的現象を解明し、それらの知見を基に転動音および構造物音の予測・評価手法および低減策を開発する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>転動音および構造物音の発生メカニズムを解明し、予測手法を構築</li> <li>低減策の指針を提示し、各対策の効果を定量的に提示</li> </ul>
在来方式鉄道へのリニア技術の適用	
<p>目的： 超電導技術の在来方式鉄道への応用技術として、回生エネルギー吸収等に活用できるフライホイール蓄電装置、SQUIDを用いた非破壊検査装置、および非常時のブレーキ距離短縮を目指してリニアモータを利用したレールブレーキの開発を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>超電導バルク体と超電導コイルを組み合わせたフライホイール蓄電装置用の超電導軸受を開発し、2tのフライホイールの高速回転が可能であることを確認。</li> <li>交流励磁方式の採用によるレール温度上昇を抑制したりニアレールブレーキを考案・試作</li> </ul>

### 今後の展開

将来指向課題で開発した技術には、実用化のために今後さらに研究開発を継続していく必要があるものが残っています。これらの技術を確実に実用化につなげるために、継続的にフォローアップしていくことにしています。すなわち、それぞれの目標に対する成果達成の程度を明確にし、目標を達成するためにはどんな課題が残され、今後どのような対応をしていくかなどについて、将来指向課題推進委員会を中心に議論し、実用化までのプログラムを設定し、確実に実行していくことにしています。

### おわりに

鉄道総研の経営も非常に厳しい環境にあり、これまで以

上に効率的に研究開発を進めていく必要があります。鉄道総研が力を発揮できる研究は以下の領域の研究であり、今後これらの領域の研究に力を入れていきたいと考えています。

- (1) 鉄道固有技術に関する研究開発
- (2) 総合力を生かした研究開発
- (3) 鉄道事業者の共通課題に係る研究開発
- (4) 総研が所有する特殊試験設備を活用した研究開発
- (5) 総研の解析能力や知見・ノウハウを活かした研究開発

将来指向課題は、これらに合致する研究開発であり、鉄道システムの社会的評価を高め鉄道事業の持続的発展に貢献できるものと考えています。今年度からは、新しい将来指向課題も始まりました。新しい課題についても全力を挙げて取り組む所存です。RRR