

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

鉄道技術の基礎研究

現在、鉄道は安全でエネルギー効率の高い輸送機関として社会に大きく貢献しています。しかしながら、今後、日本はもとより世界においても自然・社会環境の大きな変化が予測されており、鉄道が引き続き社会に貢献しうる交通機関であり続けるためには、鉄道も不断の進化を遂げなければなりません。革新的な技術の創出を通じて鉄道の未来を切り拓くことは、鉄道総研の大きな使命であり、その源泉として鉄道の基礎研究を強力に推進しています。ここでは、鉄道総研が行っている鉄道の基礎研究について、その全体像をご理解いただけるように紹介したいと思います。



池田 充

Mitsuru Ikeda

電力技術研究部
部長

【専門分野】架線・パンタグラフ系の性能向上、
高速用パンタグラフの空力音低減

はじめに

鉄道総研では、2015年度～2019年度の活動の基本方針を定めた現基本計画RESEARCH 2020にのっとり、革新的な技術の源泉および鉄道の諸問題解決のために、メカニズム・現象の解明、分析・実験・評価方法の構築、シミュレーション技術の高度化、新しい技術・材料・研究手法などに関わる基礎研究を強力に推進しています。基礎研究の推進にあたっては以下の5項目を重点的に実施するとともに、脳科学などの新しい分野の研究にも取り組みます。

- ・災害現象の予測、検知、対策
- ・列車走行現象の解明
- ・劣化損傷メカニズム
- ・沿線環境・地球環境の改善
- ・ヒューマンファクターによる安全性向上

なお、浮上式鉄道の研究開発は、引き続き超電導、リニアモーターなどの技術を在来方式鉄道に応用することを主軸に研究開発を行い、あわせてそのために必要な技術力を維持するための研究開発を基礎研究として行います。

2017年度に鉄道総研が実施した研究テーマ件数の内訳を図1に示しますが、全テーマ件数の約4割が鉄道の基

礎研究に関わるテーマです。

ここでまず「鉄道技術の基礎研究」について、その考え方や進め方について紹介したあと、本稿に続く5編の特集記事では、上記5つの重点実施項目に関わる具体的な研究事例を紹介します。

鉄道技術の基礎研究とは

そもそも基礎研究とはどのような研究を指すのでしょうか。これには、大きく二つの考え方があるようです。

総務省統計局の2017年（平成29年）「科学技術研究調査結果の概要」では、科学技術研究は以下の3つのカテゴリーに分類されています。

- ①基礎研究：特別な応用、用途を直接に考慮することなく、仮説や理論を

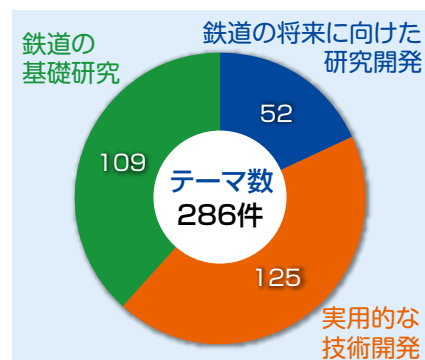


図1 鉄道総研の研究テーマ件数の内訳 (2017年度)

形成するため又は現象や観察可能な事実に関して新しい知識を得るために行われる理論的又は実験的研究。

②応用研究：特定の目標を定めて実用化の可能性を確かめる研究や、すでに実用化されている方法に関して新たな応用方法を探索する研究。

③開発研究：基礎研究、応用研究および実際の経験から得た知識を活用し、付加的な知識を創出して、新しい製品、サービス、システム、装置、材料、工程などの創出又は既存のこれらのものの改良を狙いとす研究。この定義に従えば、基礎研究とは特別な応用、用途を直接考慮することなく行う研究のことですから、そもそも「鉄道技術の基礎研究」という言葉自体が矛盾を抱えることになります。

また、少し異なる視点として、東北大学の川上彰二郎名誉教授は学会誌「光学」の巻頭言¹⁾で、「世の中に、先験的に（＝結果が出る前から）基礎的な研究や、先験的に『応用的』な研究などはない。大きい・広い分野に及ぶ・永続性のある影響力を持つ研究と、小さい・特殊分野に限られた・線香花火的な研究が存在するのみである。実用面からの距離の大小と、ほかの研究の基礎になり得るといことは、別の次元の話である。」と述べ、科学の一つの業績が、それに続く研究の出発点、よりどころになりうるもののみが基礎研究という名にふさわしい、と主張されています。この立場に立てば、「鉄道技術の基礎研究」は十分ありうるわけですが、ここでいう基礎研究に値するだけの高い波及効果がある研究テーマがどのくらいあるのかについては、議論の余地があるかもしれません。

一方、近年では、現実の具体的な問題解決を考慮しているか否かという評価軸と、根本原理の追求であるか否かという評価軸の2つの評価軸に着目

	用途を考慮しない	用途を考慮	
根本原理の追求	純粋基礎研究 (ボアの象限)	用途を考慮した基礎研究 (パスツールの象限)	
		出口を見据えた研究	出口から見た研究
根本原理の追求ではない		純粋応用研究 (エジソンの象限)	

図2 ストークスによる研究の分類(文献²⁾を元に筆者が改変)

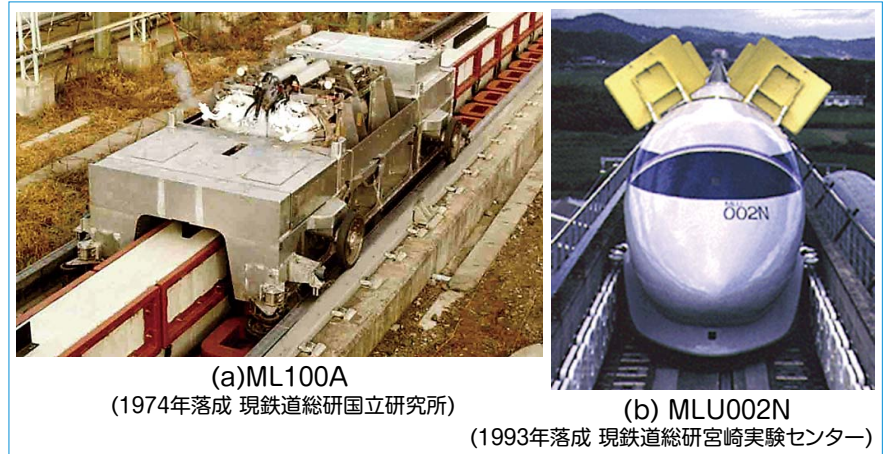


図3 浮上式鉄道の実験車両

したストークスによる研究の分類²⁾も多く用いられています(図2)。さらに、これに関連して2014年(平成26年)の文部科学省「戦略的な基礎研究の在り方に関する検討会」の報告書では、「用途を考慮した基礎研究」をさらに次の2つのアプローチに分けて整理することが提言されています。すなわち、「出口を見据えた研究」と「出口から見た研究」です(図2)。前者は、根本原理の追求のための純粋基礎研究の性格を残しつつも、成果が社会的・経済的価値として社会や市場に受容されることを目指した基礎研究であり、研究者が主体となり実施されるものです。一方後者は、現在直面する具体的課題の解決を目的とし、新たな「知」の創造に加え、目的に応じた既存の「知」の動員も含めた研究であり、解決すべき社会的・経済的課題を把握する者が主体となり実施されるものです。

これを鑑みると、「鉄道技術の基礎研究」はまさに「用途を考慮した基礎研究」であるといえるでしょう。しかもその多くは「出口から見た研究」に

該当すると考えられます。上記報告書によれば、「出口から見た研究」を行う主体は解決すべき課題を把握する者であり、必ずしも研究者とは一致しないとされています。これは、具体的課題の解決を達成するためにはマネジメントが重要であることを強く示唆するものです。この考え方は、鉄道総研の研究開発体制とよく合致しています。現在、鉄道総研では研究マネジメントを所掌する担当部署と、研究に関わるマーケティングを所掌する担当部署が各研究部、研究室の両輪となって研究開発を進める体制となっており、基礎研究もこの体制下で進められています。

鉄道技術に関わる代表的な基礎研究

(1) 浮上式鉄道

(「出口を見据えた研究」の例)

浮上式鉄道の研究は、東海道新幹線開業の2年前である1962年に、鉄道総研の前身である旧国鉄 鉄道技術研究所において着手されました。研究に着手した当初は、車輪・レール方式鉄道

を超える次世代の新しい鉄道を開発する、という大目標があるのみで、これを実現する具体的手法を検討することから研究はスタートしました。ちなみに、超電導を利用した磁気浮上式鉄道の基本コンセプトが米国ブルックヘブン国立研究所のパウエルとダンビーの両氏により発表されたのは1966年のことです³⁾。これを受け、1970年に鉄

道技術研究所は超電導磁石による誘導反発浮上方式の採用を決め、各種基礎研究を行ったのち、1977年には浮上式鉄道宮崎実験センターにおいて本格的な走行試験を開始しました(図3)。

1987年、国鉄民営分割にともない浮上式鉄道の研究開発は鉄道総研が承継しました。超電導磁石の安定性確保や側壁浮上方式の開発など基礎研究におおむね目途がたった1997年には、鉄道総研、JR東海、日本鉄道建設公団(現鉄道・運輸機構)により山梨実験線における走行試験が開始されました。そして今日、浮上式鉄道は実用化段階にあり、JR東海により中央新幹線(東京～名古屋)の開業が2027年に予定されています。

2027年は、1962年の研究着手からちょうど65年後に相当します。本例は、「出口を見据えた研究」が社会の未来を変える力を持つ一方で、出口に到達するまでに比較的長い時間を要することを示す好例といえるでしょう。

(2) 新幹線の沿線騒音低減技術 (「出口から見た研究」の例)

浮上式鉄道は、何もないところから基礎研究の積み重ねによって新しい技術を生み出した例ですが、その逆の事例、すなわち明確な目標の達成に向け

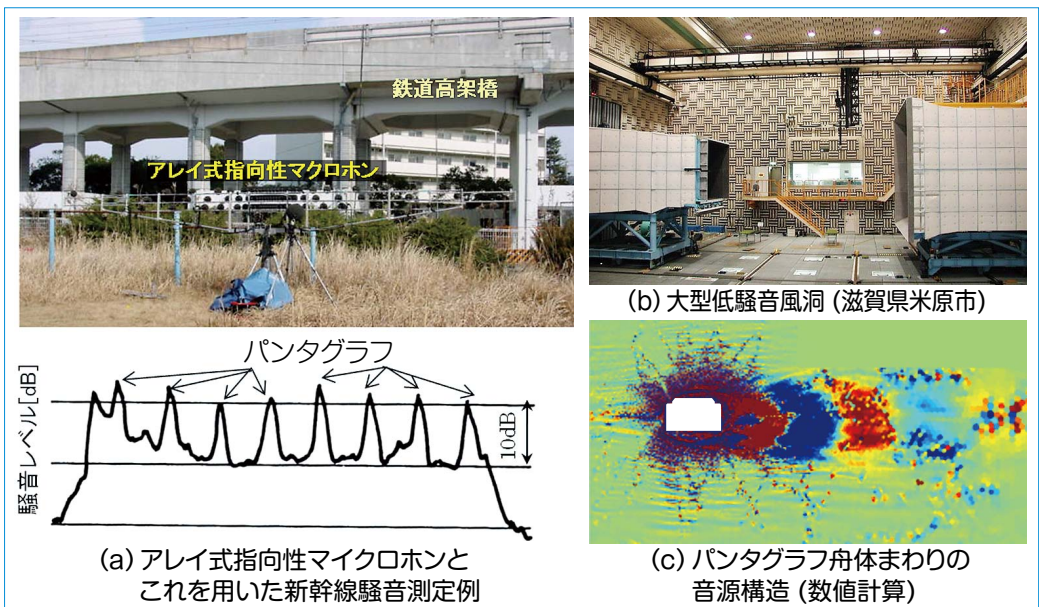


図4 新幹線の沿線騒音低減の基礎研究に欠かせないさまざまなツール

て行われる基礎研究の例として、新幹線の沿線騒音低減技術の研究について触れたいと思います。

1964年に東海道新幹線が開業すると、列車通過時に発生する騒音が社会問題化するようになってきました。これを受けて、1975年には環境庁(現環境省)より「新幹線鉄道騒音に係る環境基準」が告示されます。こうした状況のなか、新幹線の沿線騒音低減に向けた研究が鉄道技術研究所を中心として開始されました。

騒音の低減には、騒音発生源となる複数の音源部位の特定とその性状把握が重要です。そこで1970年代後半に、列車の音源部位特定のためにアレイ式指向性マイクロホンが開発されました⁴⁾。これは、複数の無指向性マイクロホンをレール方向に直線配置し、各マイクロホンの出力をフィルター回路に入力することによって鋭い指向特性を実現したものです(図4(a))。これにより、列車の長さ方向に分布する音源の位置と大きさの定量評価が可能となり、その後の新幹線の騒音低減に関わる研究開発に大きく貢献しました。今日でもこの測定手法は新幹線騒音の音源解析に欠かせないツールとなっています。

また、新幹線の沿線騒音低減に関わ

る研究に欠かせないもう一つのツールとして低騒音風洞があります。新幹線騒音は性状の異なる複数の音源により生じる複合音ですが、新幹線の速度向上にともない空力音の寄与が急激に増加し、その低減が重要な課題となってきました。そこで鉄道総研では、空力音に関わる研究を強力に推進するため、1996年に滋賀県米原町(現米原市)に大型低騒音風洞を建設しました(図4(b))。大型低騒音風洞は世界トップレベルの低騒音性能(暗騒音が低い性能)を有しており、供試体が発生する空力音を精度よく評価できることが最大の特徴です。この風洞は空力音に関わる基礎から応用に至る幅広い研究開発を推進するうえで大きな原動力となっています。さらに最近では、後述するように数値シミュレーションを活用するための基礎研究にも力を入れています(図4(c))。

この例のように、「出口から見た研究」では、解決すべき現象を明確にするための手法やツールが、研究を進めるうえでの大きなポイントとなる場合がよくあります。言い換えれば、研究全体を大局的にとらえ、適切な研究戦略を策定することが非常に重要だといえるでしょう。



図5 鉄道シミュレーターの機能(左)と連成計算を実行するためのプラットフォーム

鉄道技術の基礎研究をさらに推進するために

純粋応用研究ではなく、とくに基礎研究(用途を考慮した基礎研究)に対して期待されるものは何でしょうか。それは大きく2つに分けられると思います。一つ目は、応用研究を加速・推進するために必要な基本的知識：手法を生み出すことです。鉄道技術はすでに200年以上の歴史を有していますが、まだまだ未解明な現象が多数残されており、試行錯誤的な手法で問題解決や技術開発が進められている分野がたくさんあります。これを、より演繹的、合理的に進めるためには、不断の基礎研究が不可欠です。

もう一つは、これまでにない新たな技術を生み出すことです。先述した浮上式鉄道に関わる長年にわたる基礎研究はその好例ですが、鉄道にイノベーションをもたらす源泉としての基礎研究に対する期待は、今後さらに高くなると思われれます。イノベーションの創出には、「出口から見た研究」だけではなく、「出口を見据えた研究」の推進が必要であり、研究者の旺盛な好奇心や想像力が欠かせません。

こうした基礎研究に対する期待に応えるためには、個々の研究者がその研究能力を磨くことは当然として、これ

からの鉄道に求められる役割・機能の的確に把握できる広い見識を身に着けることも欠かせません。そこで鉄道総研では、海外を含むさまざまな研究機関との連携を広げるとともに、学協会活動にも力を入れています。

また、基礎研究を加速させるツールとして、高度な数値シミュレーションツールの構築や、独創的な実験設備の整備にも力を注いでいます。高度なシミュレーションツール構築の一環として、鉄道総研では2010年より鉄道シミュレーターの開発を進めています(図5)。これは、理論解析や実験、現車試験では把握することが困難な複雑な現象を大規模シミュレーションにより再現し、現象の定量的理解に資することや、複数のシミュレーターを連成実行する環境を構築することにより、鉄道システムの俯瞰的な評価を可能とすることを目指した研究プロジェクトです。また、こうしたシミュレーションを高速かつ大規模に行ううえで必要なスーパーコンピューターとして、現在100TFlopsの計算能力を有するマシンを導入していますが、2018年春にはより高速なマシンに更新する予定です。一方、実験設備に関しても、独創的な試験設備の新設・更新を計画的に行っていく予定です。

おわりに

ここでは、鉄道技術の基礎研究について解説を試みました。しかし、実際には基礎研究と応用研究には密接な関係があり、必ずしも基礎研究→応用研究→実用化、と直線的にフェーズが進むわけではありません。逆に、応用研究の段階や実用化後の課題の中から新しい基礎研究が生まれる場合の方が多いかもしれません。とくに鉄道においてはこの傾向が強く、鉄道技術に関しては基礎研究、応用研究、実用化は三位一体だといえるでしょう。これは個人のみならず組織レベルでも同様であり、大学をはじめとする各種研究機関、ならびに各鉄道事業者の皆様のご協力を改めてお願いしたいと思います。[RRR]

文献

- 1) 川上彰二郎：私達にとって基礎研究とは何だろうか，光学，Vol.19, No.12, pp.799-800, 1990
- 2) Donald E.Stokes：Pasteur's Quadrant-Basic Science and Technological Innovation-, Brookings Institution Press, 1997
- 3) J.R.Powell,G.R.Danby：High-Speed Transport by Magnetically Suspended Trains,ASME Winter Annual Meeting, 66-WA/RR-5,1966
- 4) 新井昌明, 智野貞弥：広帯域狭角度指向性マイクロホン, 日本音響学会研究発表会講演論文集, pp.501-502, 1978