革新的な鉄道技術の源泉となる基礎研究

理事
古川　敦

1．鉄道技術における基礎研究

1.1　鉄道を取り巻く社会動向

鉄道は今、大きな課題に直面している。このたびの新型コロナウイルス感染症の蔓延を受け、鉄道は大きな打撃を受けている。勤務形態の多様化、具体的にはリモートワークやウェブ会議などが社会の中に浸透することで鉄道の利用者の数が大幅に減少し、回復は道半ばである。また今年も令和2年7月豪雨で九州を中心に鉄道の施設が大きな被害を受けた。このような自然災害の元となっている二酸化炭素排出量の削減なども重要な課題である。

図1は、現在の鉄道をとりまく、このような社会・技術の動向を、安全性の向上など、鉄道総研の研究開発における4つの目標別にまとめたものである。この中でも、

- 自然災害の激甚化
- 交通需要の減少
- 高齢化・生産年齢人口減少
- CO_2排出と気候変動

が、特に鉄道の将来に大きな影響を及ぼす項目として挙げられる。

図１　鉄道を取り巻く社会動向・技術動向

1.2　鉄道技術の基礎研究

上記の課題の解決には、鉄道技術の全分野において技術革新が不可欠である。既存技術の応用で解決可能な課題もあるが、業務の進め方を大きく変える抜本的な技術革新を実現するには、鉄道以外で活用されている新たな技術の導入や、鉄道における新たな技術の創造が必要である。また、このような創造的な技術開発には、現象に遡ったメカニズムの解明が必要である。このような活動が基礎研究に分類される（図2）。

基礎研究には長い時間を要し、また過去からの知識の蓄積が必要であることから、国鉄時代以来脈々と鉄道技術の基礎研究を続けてきた鉄道総研の強みであり、また役割でもあると考えている。

鉄道技術の基礎研究の対象は、2つに大別できる。一つは鉄道固有の技術であり、代表的なものに脱線や転覆といった、レール上を走行する車両に発生する鉄道固有の事故のメカニズム解明、また、パンタグラフとトロリ線の接触や車輪とレールの接触など、鉄道特有のトライボロジーや、軌道、電車線、あるいは列車制御、運行管理といった鉄道固有の設備やシステムも対象である。そのほか、トンネル坑口から発生する微気圧波や、高速列車のトンネル内での左右動、あるいはすれ違いなど、トンネル内を高速で走行することで発生する空力現象に起因する問題も対象となる。

もう一つは、他の交通機関などでも起きる事象であるが、形態が鉄道固有というものである。例えば、列車衝突である。衝突は自動車でも発生するが、鉄道には立位の乗客が多いこと、シートタイプがロングシート、クロスシートがあることなど、鉄道特有の要素を考慮する必要が

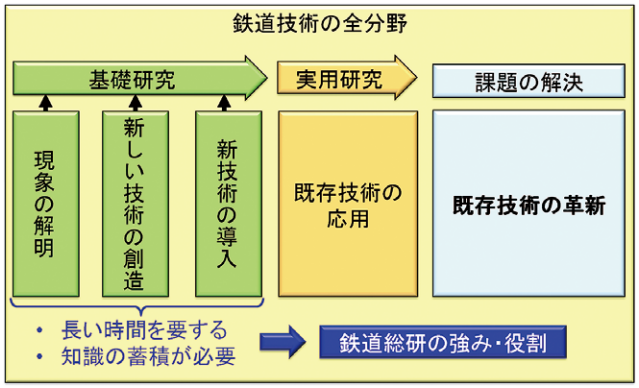


図２　鉄道技術の研究開発

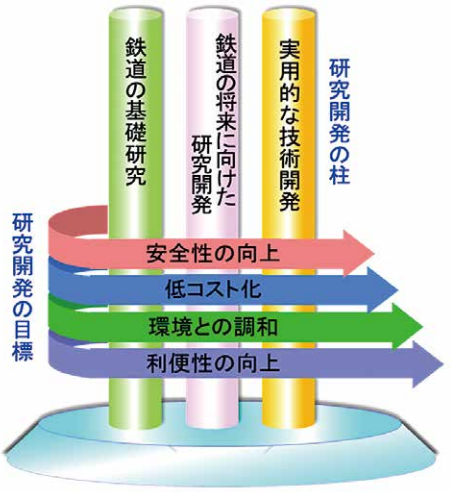


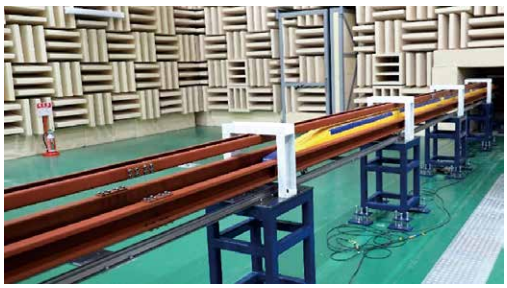
図３　基本計画RESEARCH2025 における研究開発の柱と目標[1)]

ある。また列車火災については、特に単線トンネルは閉塞率（車両の断面積／トンネル断面積）が自動車の場合よりも大きく、また一般に換気はされていないので、火災時の煙流動は自動車トンネルと大きく異なり、乗客の避難誘導にあたって検討すべき事項は多い。早期地震警報システムや列車の脱線防止などの地震対策でも、鉄道ならではの課題が多い。

これら鉄道固有技術に関わる基礎研究は、これまで鉄道総研が担い、経験を培ってきたものであり、また今後とも中心となって進めていくべきものと考えている。一方で、新しい技術の導入のためには、大学や専門の研究機関との連携も不可欠である。

1.3　鉄道総研における基礎研究

鉄道総研では、2000年以降の基本計画において、鉄道の将来に向けた研究開発、実用的な技術開発とならんで、鉄道の基礎研究を研究開発の柱とし活動している（図3）。これら3本の柱に対しリソースをバランス良く



（1）低騒音列車模型走行試験装置

（2）高速パンタグラフ試験装置

図４　鉄道総研の新しい試験装置

配分し、安全性の向上、低コスト化、環境との調和、利便性の向上の4つの目標に向けて研究開発を行っている。

今年からの基本計画RESEARCH2025 では、鉄道の基礎研究を「鉄道固有の諸課題解決と革新的な技術の源泉につながる基礎的な研究開発」と位置付けている。

基礎研究の実施では、現象を説明するために立てた仮説を検証するために実験が不可欠である。このため、鉄道総研はいくつかのユニークな大型試験設備を所有している。2015年からの基本計画RESEARCH2020では3基の大型試験設備の建設を計画し、2020年11月の時点で2基がしゅん功した。図4（1）の低騒音列車模型走行試験装置は、最大1/20の列車模型を最高400km/hで打ち出せるもので、高速走行時の微気圧波などの空力現象を再現できる装置である。同図（2）高速パンタグラフ試験装置は、トロリ線を取り付けた円盤を最高周速500km/hで回転させ、高速走行時のパンタグラフの性能を、実物を用いて評価できる。残る高速輪軸試験装置は2021年2月にしゅん功予定である。

2. 鉄道総研における基礎研究の具体例

上記の通り、鉄道技術の革新のためには基礎研究が不可欠である。本章では、前章で述べた基礎研究の具体例として、鉄道総研がこれまで長年にわたって実施してきた基礎研究3件の内容を、これらの成果が鉄道事業でどのように活用されているかとともに紹介する。

2.1　横風による転覆

(1) 転覆限界風速

横風による転覆は車両がレールに拘束されて走行する鉄道固有の事故形態である。

転覆は、風速が転覆限界風速を超えたときに発生する。転覆限界風速とは、横風が吹いた時に、風上側の輪重がゼロとなる風速のことをいう。横風による転覆を防止するには、線路に吹く自然風が車両に及ぼす力の実態の解明、特に構造物の種類や風向、車両断面形状といった条件の影響の定量化、またその自然風を風洞試験で再現する新しい技術の構築、及びこれらを踏まえた具体的な対策の提案が必要となる。

日本では、風による車両の転覆事故が過去に50件以上発生しており、特に1934年には室戸台風により同じ日に4件の脱線・転覆事故が発生した。これをきっかけに横風により車両に働く空気力と車両転覆との関係の評価が進み、1972年には「国枝式」と呼ばれる、横風によって車両に作用する横力、遠心力及び車両の左右動による慣性力の静的な釣り合いから、転覆限界風速を求める式が提案された。なお、風速と車両に働く空気力の関係を表す係数を空気力係数と呼び、国枝式では条件にかかわらず1.0としているのが一般的である。

一方、1986年に発生した余部橋りょうでの事故や、1994年に発生した根室本線、三陸鉄道での事故の調査により、空気力係数は車体や地上構造物の形状、車両に対する風向角、及び先頭車と中間車で異なることが判明した。したがって、転覆限界風速を正確に把握するために、様々な条件下における空気力係数の算定が重要な課題となった。

空気力係数の算定は風洞試験により行う。従来は、自然風の特性や車両に作用する力が不明だったため、風洞試験では風速がいずれの場所でも等しい一様流を仮定して空気力係数を算定していた。これに対し鉄道総研は自然風の特性を把握するために、年間を通じて強風が吹く北海道島牧郡島牧村において、3年間にわたり実物大の高架橋と車両の模型を用いた風と空気力の測定を行った。

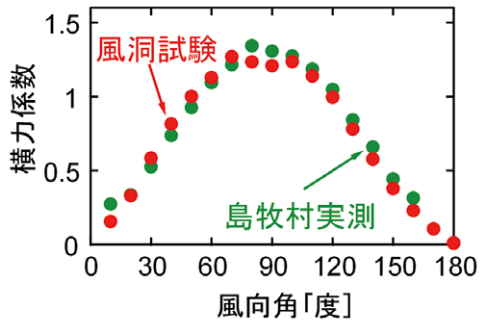


図5　風向角毎の横力係数

合わせて、国枝式よりも詳細に車両をモデル化するとともに、横風による横力に加えて車両に働く揚力とローリングモーメントを考慮した転覆限界風速算定式である「総研詳細式」を2003年に提案した[2)]。

(2) 風洞試験による空気力係数の算定

島牧村での測定により、車両に作用する空気力と風速、風向の関係、高架橋の風速分布、風速の時間・空間的な変動などを把握し、これら自然風の特性を風洞試験で模擬する方法を考案した。風洞試験により得られた横力係数と、島牧村で得られた実測値を図5に示す[3)]。風向角ごとの横力係数はよく一致しており、風洞試験において自然風がよく再現されていることがわかる。これらの成果を受けて、屋根の形状や側面積などが異なる車両の断面形状5種類、桁高の異なる単線と複線の橋りょうおよび盛土の計7種類の構造物との組み合わせに対し、風洞試験によって風向角ごとの空気力係数を算定し、鉄道事業者に情報提供している。

なお、風向角は走行に伴う列車前方からの風と横風を合成したベクトルの線路方向に対する角度であり、同じ横風であっても走行速度によって空気力係数及び車両に相対的な風速が変化することになる。すなわち、総研詳細式は転覆の原因となる空気力に対する走行速度の影響を、より正確に評価可能としたものであり、強風時の運転規制速度の算定に利用されている。また、防風柵の設置などによる転覆限界速度の向上効果も、空気力係数の形で考慮することができる。このように総研詳細式は、転覆に対する安全性の向上とともに、輸送の安定性の向上にも寄与している。

2.2　早期地震警報システム

(1) 地震諸元推定法アルゴリズムの開発

巨大地震時に列車の安全を確保するには、地震をいち早く検知し、停止させる必要がある。現在の早期地震警報システムの前身であるユレダスが導入される前は、沿線に置かれた地震計で地震を観測し、地震の揺れの加速度が規制値を超過した場合に運転規制を行っていた。この場合は地震の主要動が到達するまでは、列車に停止の指令を発することができない。これに対し、P波を検知しS波が到達する前に警報を出すユレダスの運用が、1992年に東海道新幹線で開始された。

その後1995年に兵庫県南部地震が発生し、防災科学技術研究所のK-Netなどの公的機関による強震観測網が整備され、多くのデータの蓄積が進められた。また、断層破壊に対する研究が進展し、断層は瞬時に破

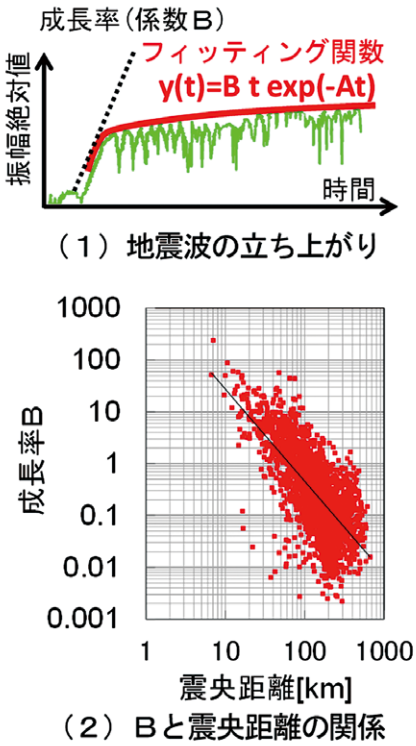


図6　震央距離の推定

壊するのではなく、時間をかけて破壊することが明らかとなった。一方で、ユレダスはP波初動部の卓越周波数からマグニチュードを推定するため、断層破壊が時間をかけて進行する巨大地震ほど地震規模を小さめに推定するという精度上の課題が明らかとなった。このような背景を受けて鉄道総研では、こうした課題を解決できる新たな技術の導入のために早期地震警報アルゴリズムの開発に取り組んだ。

新たなアルゴリズムの開発にあたり、整備された観測網から得られた数千の地震波を分析したところ、P波の初期の段階において、震源が近い地震では振幅が急激に成長し、遠い地震では緩やかに成長するという特徴が判明した。すなわち図6（1）における立ち上がりの部分の傾きと、震央までの距離には相関がある（同図（2））ことが明らかとなった[4]。この関係を用いることで地震波の初期の段階で震央距離の推定を可能とした。さらに、震央距離と振幅との関係からマグニチュードを推定可能とした。前述の通り、断層は時間をかけて破壊することから、マグニチュードの推定値も時々刻々変化する。したがって、現在の早期地震警報システムでは、マグニチュードの推定値は1秒毎に更新することとしている。

これらの地震諸元推定法とノイズ除去のアルゴリズムを組み込んだ地震計により、ユレダスよりも迅速かつ正確な警報が可能となり、巨大地震時における新幹線の安全性向上に貢献している。例えば2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では主要動到達までに12～22秒の余裕時間が確保された[5]。また、気象庁の緊急地震速報でもこのアルゴリズムは活用されている。

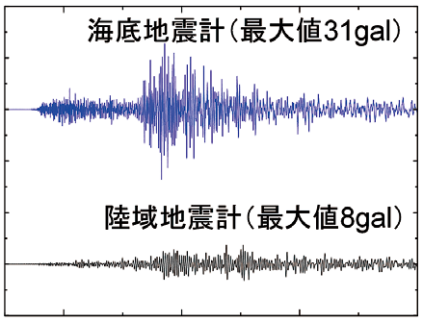


図7　同一地震における海底地震計波形と陸域での波形の比較

(2) 海底地震計データの活用

上述の通り、東北地方太平洋沖地震では、早期地震警報システムによって10秒以上の余裕時間を確保できたが、海溝型の大地震に対しさらなる余裕時間を確保するために、公的機関により整備されている海底地震津波観測網を活用した早期地震警報システムの開発に取り組んだ。

図7に示すように、海底地震計で測定された波形は陸域の地震計で測定されたものとは異なる性状を有している。例えば、海底地震計は海底に固定されていないこともあり、ノイズの性状が陸域のものとは異なる。このため、海底地震計のデータが蓄積されるまでは、振幅が小さいP波ではなく、S波を用いて警報を出すこととした。また警報の規定値については、震央からの距離が離れることに伴う振幅の減衰傾向が陸域での地震計とほぼ等しいことから、陸域の地震計での警報用規定値にある一定倍率を乗じて海底地震計による規定値にすることとした。合わせて誤警報を防止するため、複数の観測点のデータを相互に参照し、ある地震計が大きな振動を観測し、隣接する地震計でも閾値を越えた振動を観測した場合に警報を出すこととした。

これらのデータ処理技術等により海底地震計データを用いた早期地震警報システムは2017年以降JR各社の新幹線で利用されており、陸域の地震計と比べてさらに10秒程度の余裕時間を確保することで、海溝型の巨大地震に対する新幹線の安全性向上に貢献している。

2.3　トンネル微気圧波対策

山陽新幹線が博多まで延伸された1975年以降、列

車がトンネルに突入した際に、トンネルの反対側の出口側で大きな発破音が鳴る、微気圧波が問題となった。これは東京・岡山間の新幹線では知られていなかった現象であり、対策技術の開発のためにまず現象の解明が行われた。

現地での測定の結果、スラブ軌道の長大トンネル以外は、速度の3乗に比例して微気圧波が大きくなるが、スラブ軌道の長大トンネルでは、速度とともに微気圧波が急激に大きくなるとの特性が明らかとなった[6]。一方、音響理論に基づく理論解析により、微気圧波は、列車先頭部が高速でトンネルに突入した際に、列車前方の空気が圧縮されて圧力が上昇し、これが圧縮波となってほぼ音速でトンネル内を伝播し、出口に到達するとパルス状の圧力波として外部に放射される、というメカニズムで発生することがわかった。合わせて、微気圧波のピーク値はトンネル出口での圧力勾配の最大値に比例することが明らかとなった。このことから、スラブ軌道では圧縮波の伝播に伴って圧力勾配が大きくなるのに対し、バラスト軌道では逆に小さくなる、スラブ軌道の長大トンネルほど微気圧波が大きくなるという現象が説明された。また以上の検討結果から、トンネル内圧縮波の圧力勾配を緩和する方策、具体的には緩衝工の設置（図8）と車両先頭部形状の改良（図9）を提案し、模型実験によりその効果を確認した。

これらを踏まえて、山陽新幹線では長大トンネルに緩衝工が設置され、また東北新幹線及び国鉄改革以降に建設された整備新幹線では当初から緩衝工が設置されている。合わせて新幹線の先頭部形状は、全体的には断面積変化率が一定で、先端部は鈍い形状が採用されるようになった。これらの対策により1997年には微気圧波を悪化させることなく新幹線の営業最高速度が300km/hに、2013年には320km/hに向上し、現在に至っている。

3. 革新的な鉄道技術のための基礎研究

冒頭に述べた通り、鉄道が直面している技術的な課題を解決するためには、基礎研究がますます必要となる。本章では鉄道技術を革新するために今後鉄道総研が実施を計画している基礎研究のうち、安全性の向上、デジタル技術による省力化、省人化、環境との調和、シミュレーションの高度化の4つの分野で代表的なものを紹介する。

3.1　安全性向上に関わる研究開発

(1) 強雨災害時の盛土構造物の状態評価法

激甚化する自然災害に対し、鉄道のレジリエンスを向上するために、災害後のダウンタイムを極力短くする新しい技術が求められる。

例えば盛土が雨で被災した場合、復旧の後、運行を再開することになるが、現状では、被災の程度に応じた盛土の耐力を定量的に評価する方法がなく、復旧方法は土のうなどに限定されている。このため被災規模が小さい場合には運行再開までの時間を必要以上に費やすことになる。

これに対し、運行再開を的確に判断できる指標を提案するために、降雨後の被害規模に応じた盛土の耐力評価法を構築し、安全性を損ねない範囲でより早期に復旧し、鉄道のダウンタイムを短縮する。このために、被災した盛土内の土壌水分量と盛土の被災規模から、列車荷重を載荷した場合の盛土の沈下量を算出し、運行再開の可否を判断する方法を開発する。具体的には、土壌水分量、被災規模及び列車荷重による沈下量の関係を、実物大盛土を用いた降雨・載荷実験や、土壌水分の水圧解析や盛土の崩壊解析により明らかにする。これにより、被災規模に応じ、例えば大型土のうでの補修が必要か、シートのみで応急復旧が可能か、といった合理的な補修工法の決定が可能となり、雨災害に対

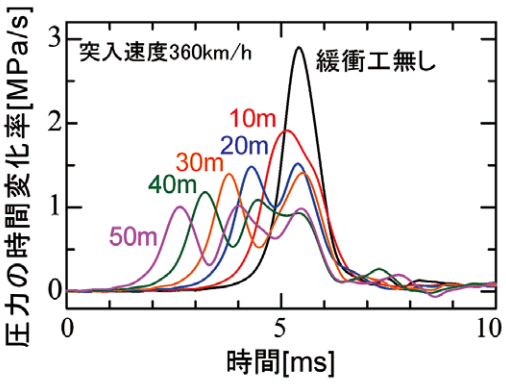


図8　緩衝工の効果（模型実験）

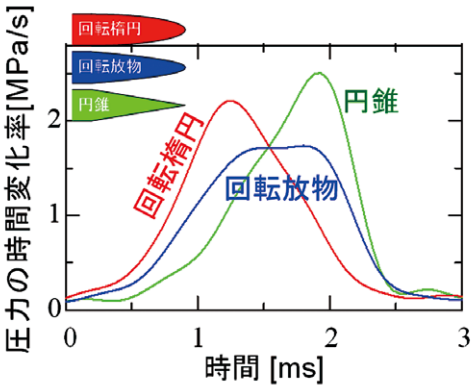


図9　車両先頭部形状の影響（模型実験）

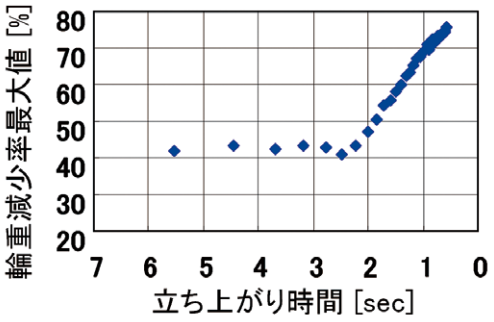


図10　風の立ち上がり時間と輪重減少率の関係

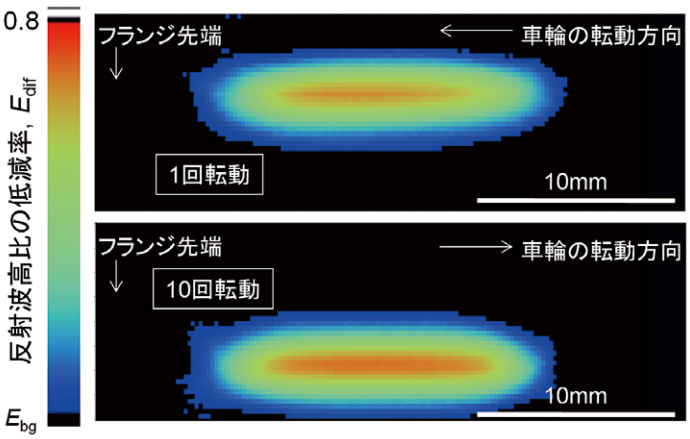


図11　転動回数と真実接触面積の関係
（反射波高比が大きいほど接触面積大）

する鉄道のレジリエンス向上が期待される。

(2) 局所風に対応した車両の動的挙動評価

2.1節で紹介した国枝式、総研詳細式とも、静的な力の釣り合いから転覆限界風速を求めるものである。したがって、トンネルの出口やビル風など、狭い範囲で急激に変化する受ける車両の転覆限界風速の算定には適用できない。鉄道総研ではこのような場合の転覆限界風速の評価を目的に、局所的な風の変化に対する車両の動的挙動の構築を行っている。これまでにも数値シミュレーションや模型実験を行い、変動する風による車両の挙動を確認してきた[7]。図10はこの結果はその一例で、風の立ち上がり時間が短いほど輪重減少率が大きくなる。今後はこの成果を転覆限界風速の算定に適用し、ビル風などによる局所的な風に対する転覆限界風速の評価を可能とし、転覆に対する安全性の向上、及び防風柵設置や運転規制等の対策の合理的な決定による輸送の安定性向上が期待できる。

(3) レールと車輪の接触現象の解明

近年は、本線上での急曲線低速乗り上がり脱線はほとんど発生していないが、稀に運転所構内で発生することがある。特に、車輪を転削した直後に脱線が起きやすいことはこれまでも知られていたが、そのメカニズムは未だ明らかとなっていない。このため、鉄道事業者では車輪転削後に車輪フランジへの塗油などが行われている。

これに対し鉄道総研では、レールと転削直後の車輪との摩擦の経時変化の現象解明と評価を進めている。これまでに、車輪を転削した車両を総研所内の試験線で走行させフランジ表面を観察したところ、走行前は車輪転削用のフライス盤の刃のピッチに伴う周期的なピークが見られるが、10回走行するとこのピークが摩滅してフランジ表面は非常に滑らかとなり、さらに走行を繰り返すと、再び表面が粗くなるという結果が得られた。一方、車輪とレールの模型を回転させて、摩擦係数を測定した結果、車輪の表面粗さが小さいほど摩擦係数が大きいことがわかっている。また図11は、車輪／レール接触往復運動ユニットを用いて車輪フランジとレールとの真実接触面積を測定した結果である。転削直後の1回目から10回目になると真実接触面積が増加しており、これが摩擦係数の増加につながったと考えている[8]。

このように、転削後の車輪の走行回数（距離）と摩擦係数の間には何らかの関係が見られるが、その実態は未だに不明な点が多い。これを明らかにし、適切な対策を施すことで乗り上がり脱線に対する安全性の向上が期待される。

3.2　デジタル技術による省力化・省人化

鉄道に従事する社員の減少や高齢化、あるいは少子化や新型コロナウイルス感染症の拡大に伴う鉄道利用者の減少に対し、デジタル技術を用いた鉄道業務の省力化、省人化は不可欠である。中でも、人間の判断に代わりAIを利用することは、既に様々な分野で行われている。一方、機械学習の過程はブラックボックスであり、AIの判断に誤りがあってもその原因をトレースできない。特に安全に関わる判断をAIで行う場合には、判断の誤りが発生した場合にこれをトレースし、必要により改修する技術は不可欠である。これに対し、機械学習の各ステップにおける判断の誤り原因をトレースする手法を構築する。

画像を用いた線路内障害物の検知を例にとると、障害物が検知できなかった場合、写真の絞りやシャッタースピードなど写真撮影の諸元について検証し、これらを補正することで検知が可能となれば、撮影諸元を変更する。検知できなかった場合は、そもそもAIに学習させたデータ数が不足していないかどうかを検証

する。例えば10万枚の画像を学習させた場合、この中から類似の画像を選定し、類似の画像が無い場合は学習データ不足と判断する。一方類似画像があるにも関わらず検知できなかったのであれば、AIのモデルそのものを見直し、例えばディープラーニングの階層を変更するなどAIのモデル自体の妥当性を再精査する。

このようなステップを実証し、AIの判断ミスへの対策を提案することで、鉄道業務におけるAI活用が進み、ベテランの鉄道従事員が減少する中でも、安全かつ効率的な事業運営が期待できる。

3.3　環境との調和

(1) 新幹線速度向上に対応した微気圧波対策

2.3節で述べた通り、新幹線の速度向上を行う場合、微気圧波対策のために緩衝工の延伸が必要となることがある。これには大きなコストを要するため、延伸する長さを短くする方法に取り組んでいる。緩衝工については、延長部分の緩衝工の断面積を既設部分よりも大きくする2段式とすることで、延伸量の低減が可能との結果を得ている。今後は実現に向けて詳細設計を行う予定である。車両の先頭形状については、前述の通り先頭部の断面積の変化率を長さ方向に一定とするのが良いとされていたが、最近の研究では多段型にするのが効果的ということが、理論解析および模型実験で明らかとなった。また、このような検討を行うための、理論解析と数値シミュレーションを併用した先頭部の設計指針を提案した。今後、図4に示した低騒音列車模型走行試験装置を用い、効果を検証する。

これらの微気圧波対策により、新幹線のさらなる営業速度の向上を、沿線環境を悪化させることなく実現でき、利用者の利便性向上が図れると期待される。

(2) 水素・超電導活用による消費エネルギー削減

鉄道はそもそも環境に優しい交通機関と言われているが、さらなるCO_2の削減のため、再生可能エネルギーのような出力の不安定な電源を鉄道に活用する方策を検討している。具体的には、再生可能エネルギーを用いて水の電気分解を行い、発生した水素を燃料電池電車の燃料や超電導材料の冷却材として使用する。

液体水素は沸点が摂氏-252.6度であり、液体窒素の沸点よりも約50度低いため、レアアース系の材料に加えて、価格が安い金属系の超電導材料の適用が可能となる。このためには、金属系の超電導材料を送電ケーブルやバルク体として形成できる新材料の開発が必要であるが、鉄道総研では、これまで超電導材料の作成、具体的には材料の合成から焼成、材料評価、圧延などによるケーブル巻き線やコイルへの加工及び鉄道用材料としての適用性評価などを一貫して行ってきており、新材料開発の知見を豊富に有している。

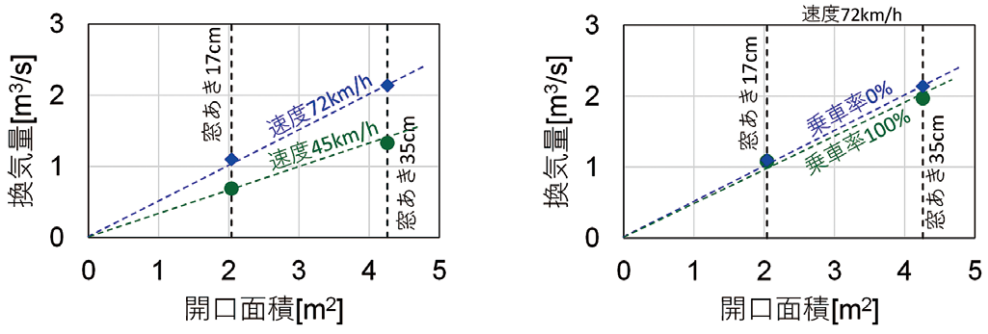
これら水素と超電導技術の有効活用により、鉄道からのCO_2のさらなる削減、及びこれによる環境性能の向上が期待される。

3.4　シミュレーションの高度化

シミュレーションは理論、実験と並ぶ第3の科学と言われており、鉄道総研では実測が難しい鉄道固有現象の解明や研究活動の効率化、あるいはシミュレーションを鉄道事業で用いることによる業務の効率化、例えば鉄道固有の設備における劣化予測の精度向上及びこれによるメンテナンス業務の効率化等に活用している。本節では、シミュレーションを用いた基礎研究の事例を2件紹介する。

(1) シミュレーションによる材料開発の効率化

新材料を開発する場合、例えばカーボンすり板のような複数の材料を混合した材料を開発する場合は、混合する比率を変え、その都度材料を試作して評価するとの手順を繰り返す必要がある。これに対し、シミュレーションで材料の物性値を特定し、材料開発に必要な時間を短縮するために、混合材料のようにミクロに見ると不均一



(1) 速度・開口面積の影響　　(2) 乗車率の影響

図12　窓開け換気の定量的評価

な材料と等価なFEMモデルを作成する手法を構築する。不均一な材料は、そのままでは通常のFEMのようにメッシュを作成することができない。これに対し、材料をX線CTで撮像し、これをマクロに等価なFEMモデル化する技術を活用する。この方法をカーボンすり板に適用したところ、ヤング率について実測値とほぼ一致した結果が得られることを確認している。今後は他の材料や、劣化して物性が変化した材料についても同様な検証を行い、材料特性の評価と新材料開発の効率化を図ることで、より高性能な材料を短期間で鉄道事業者に提供し、保守コストの低減等に貢献する。

(2) 窓開け等による車内換気効果の評価

このたびの新型コロナウイルス感染症の拡大を受け、鉄道では窓開け換気が行われている。窓開け換気の定性的な効果は明らかであるが定量化はされてはいない。これに対し、鉄道総研はこれまでに開発した空気流シミュレータを用いて、換気効果の定量化に取り組んでいる。

鉄道総研では、これまで、複雑形状の流体解析の実現を目標に、直交格子法に基づく流体解析プログラムである空気流シミュレータを開発し、主に高速車両の開発、横風を受ける車両周りの流体解析等に活用してきた。ここでは、この空気流シミュレータを活用して、車両周り、車内の解析モデルを作成し、走行時の車両内外の空気の流れを解析した。結果を図12に示す。両図から、換気量は窓開け面積と速度に比例し、乗車率の影響を受けないといえる[9]。このことから、窓を10cm開け時速72km/hで走行した場合、車内の空気は5～6分に入れ替わることになる。現時点では現象の解明として窓開けの効果を求めたが、なぜ両図に示すような直線関係となるのか、そのメカニズムの解明には至っていない。今後、より多くの条件で計算を行うとともに、窓周辺での空気流を詳細に解析し、走行に伴う換気メカニズムの解明に取り組む。合わせて実車を用いた試験で計算結果を検証する予定である。これらの成果により、効果的な換気方法を提案し、利用者の安全と安心感を高める所存である。

4. まとめ

ここまで述べてきた通り、鉄道固有の技術的な課題を解決するために、現象をメカニズムに遡って解明し新技術を提案する基礎研究は不可欠である。鉄道総研は前身である鉄道技術研究所や鉄道労働科学研究所の時代から、鉄道固有技術の基礎研究を実施し、得られた成果をもとに課題を解決する実用的な成果を提供することで、鉄道事業運営の改善に貢献してきた(図13)。

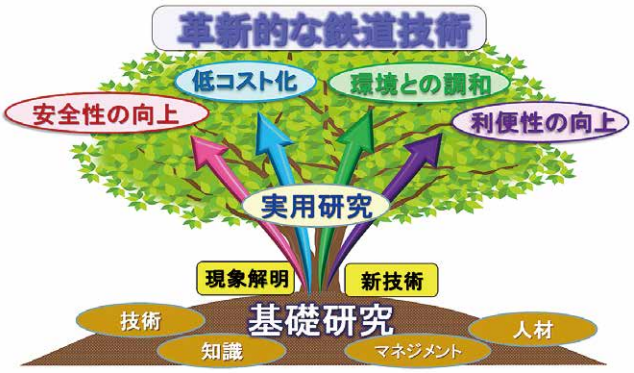


図13　革新的な鉄道技術の基盤となる基礎研究

今後とも基礎研究を通じて革新的な鉄道技術を社会に提供するために、これまで培った知識や経験、技術力を活かしつつ、次代を担う若い研究者が基礎研究から実用研究までの幅広いキャリアを経験し、さらに人事交流により現場経験もすることで、鉄道現場での課題解決につながる能力を身に着けられるよう育成する。

基礎研究と実用研究をバランスよく実施し、かつ人材を育成するといった技術マネジメントを適切に行うことによって、鉄道総研は引き続き、安全性の向上、低コスト化、環境との調和、利便性の向上の各目標に対し、革新的な鉄道技術の創造に努めていく所存である。今後とも鉄道事業者をはじめとする関係各位のご指導、ご鞭撻をお願いする。

参考文献

1) (公財) 鉄道総合技術研究所：基本計画―鉄道の未来を創る研究開発― RESEARCH2025，2019
2) 日比野有他：鉄道総研報告，Vol.17，No.3，pp.39-44，2004
3) 種本勝二他：鉄道総研報告，Vol.18，No.9，pp.17-22，2004
4) 東田進也他：鉄道総研報告，Vol.16，No.8，pp.1-6，2002
5) 神山真樹他：第19回鉄道工学シンポジウム論文集，pp.119-125，2015
6) 小沢智：鉄道技術研究報告，No.1121，1979
7) 日比野有他：鉄道総研報告，Vol.27，No.12，pp.23-38，2013
8) 深貝晋也他：鉄道総研報告，Vol.28，No.2，pp.29-34，2014
9) 中出孝次他：第34回数値流体力学シンポジウム D05-1，2020(掲載予定)