

## 列車からの地盤振動を評価

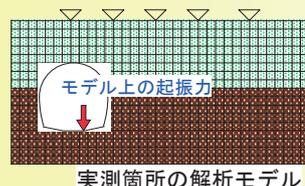
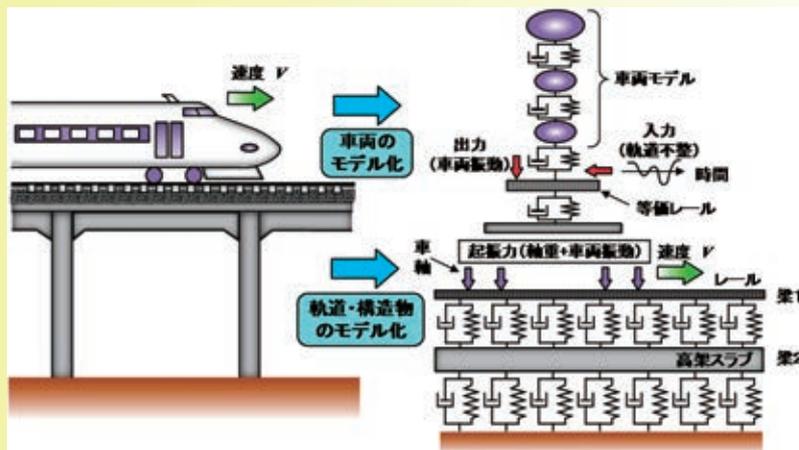
### 【概要】

列車走行にともなう鉄道沿線に生じる地盤振動を事前に予測する方法として、実測とFEM解析の組合せによる「等価起振力法」という方法をご提案します。

### 【特徴】

地盤振動を事前に予測するための方法として、予測したい場所と条件が良く似た場所を既開業区間の中から選んで測定するという方法がよくおこなわれます。しかし、地盤振動は車両・軌道・構造物・地盤のそれぞれの条件が複雑に影響しているため、どの条件がどの程度似ていれば良いのかを判断することは簡単ではありません。

等価起振力法は、車両や軌道等の条件が予測箇所と類似した箇所で地盤振動測定をおこなうとともに、実測箇所、予測箇所の双方を対象にFEM解析をおこなって地盤振動を予測する方法です。このような方法を取ることで、「似ている場所」を選ぶ条件を、FEM解析でモデル化できない部分(車両、軌道等)に限定することができます。



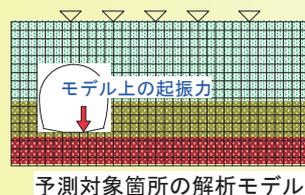
実測+FEM解析



モデル上の起振力を逆算

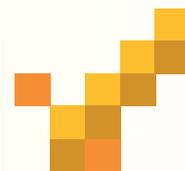


求めたモデル上の起振力を解析モデルに入力



地盤振動予測値

実測箇所と予測箇所の条件の違い(構造物、地盤等)をFEM解析により補正



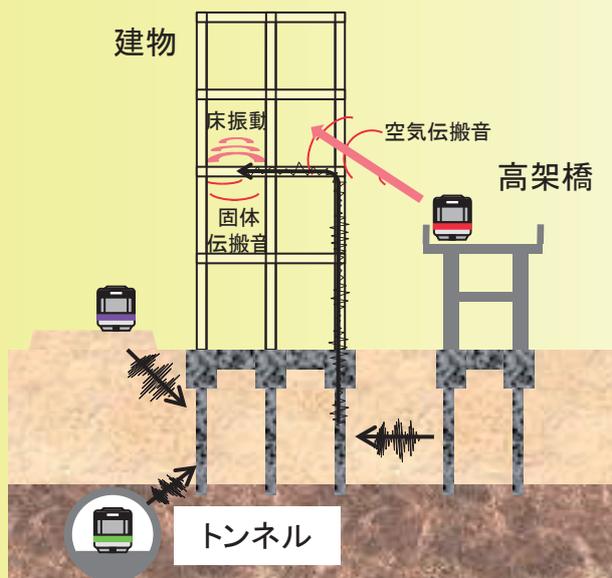
## 既設線、新設線における鉄道振動・騒音予測

### 【概要】

鉄道による振動・騒音を予測し、鉄道の上部や近傍を利用した建物を計画する場合の対策手法を提案します。

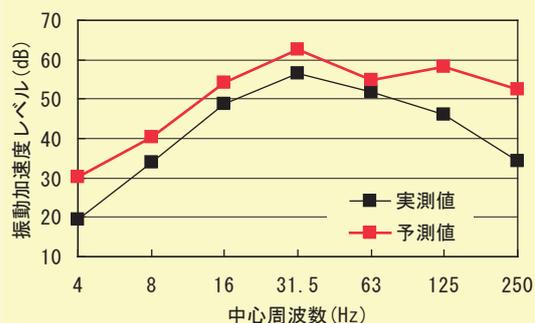
### 【特徴】

既設線の近傍に新築される建物に対しては、現地にて列車走行時の地盤振動や騒音の測定を行い、計画建物における振動・騒音の予測を行います。新設線に対しては、地盤性状、構造物特性、軌道構造等を考慮した数値解析や既往の測定データを用いた予測を行います。既設線、新設線にかかわらず、地平、高架、地下の軌道に適用できます。



鉄道近傍建物での振動・騒音

### 予測精度の例



床振動の実測値と予測値の例  
(地下鉄近傍マンション)

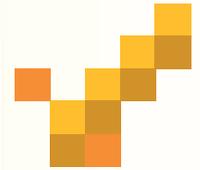
今までマンション、ホテルなどを中心に多くの実績があり、高精度の予測を実施しています。

### 振動・騒音評価の流れ



# FRIMOS (車輪／レール摩擦緩和システム)

鉄道力学研究部 材料技術研究部



## きしり音と横圧を効果的に低減

### 【概要】

車両が急曲線を通る時に発生する横圧は、環境問題やメンテナンスコストに悪影響を及ぼします。これらの問題を解決するため、横圧発生源の一つとなる内軌走行面の摩擦を緩和してきしり音を低減させる「摩擦緩和システム (FRIMOS)」を開発しました。

※ FRIMOS (フリモス) は Friction Moderating System の略語

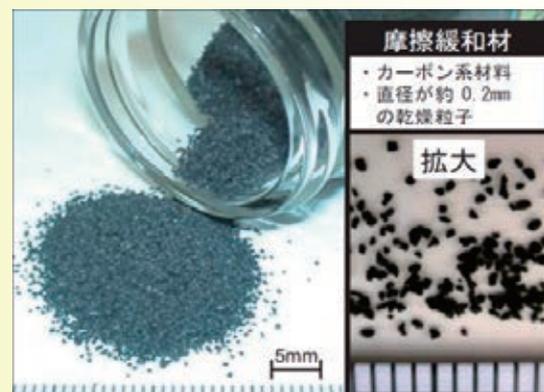
### 【特徴】

- レール頭頂面の摩擦を緩和する「摩擦緩和材」は主成分をカーボン系固体潤滑剤とする直径約0.2mmの乾燥粒子で、環境を害する成分は一切含まれていません。
- 本システムはブレーキ距離にほとんど影響を及ぼしません。また、軌道回路の性能に悪影響を及ぼすことはありません。
- 車上から噴射する「車載式」と地上から噴射する「定置式」があります。

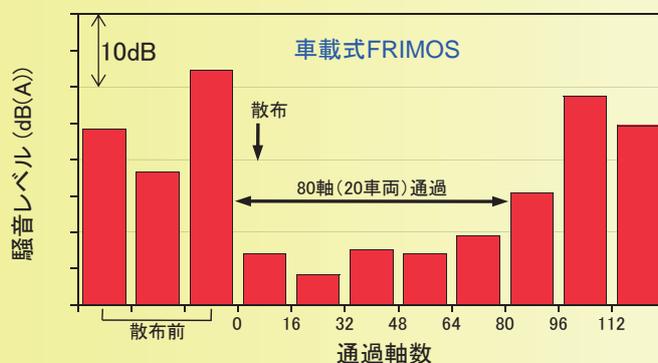
※列車の走行速度や現場の状況により効果に差がありますので、詳細はお問合せください。



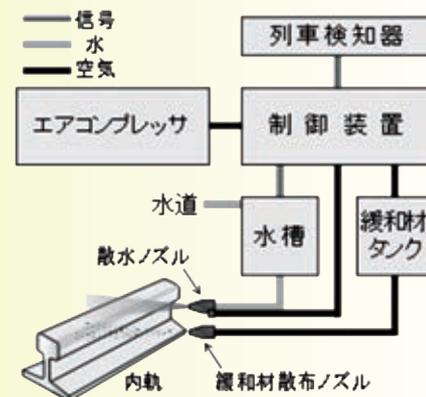
車載式FRIMOSの概念図



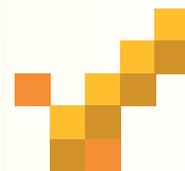
摩擦緩和材



レール近傍の騒音レベルは、緩和材の散布前と比べて、大幅に低下(複線区間、列車速度40km/h、普通車輪)



定置式FRIMOSの概念図



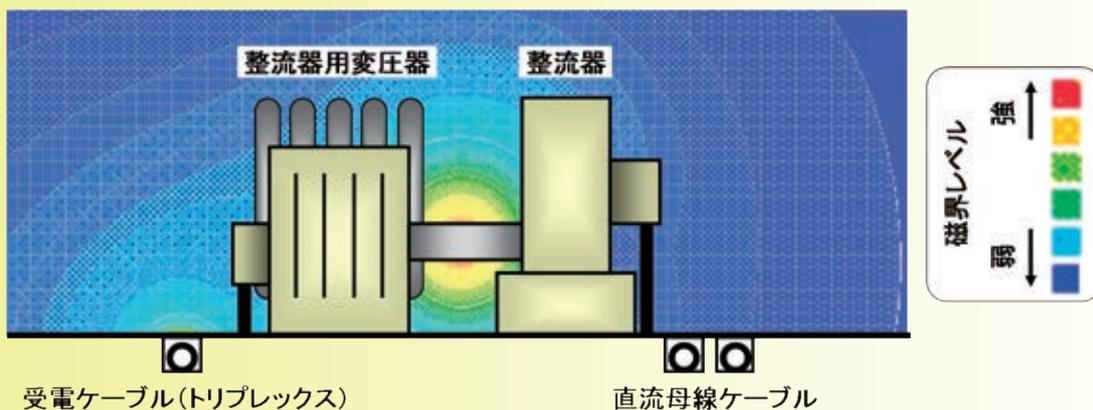
## 低周波電磁界に関連する様々な課題に対応

### 【概要】

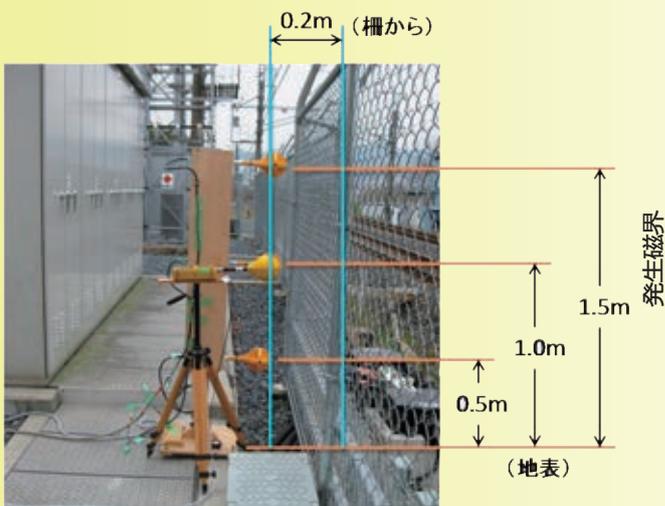
電力設備周辺における低周波（直流や商用周波など）の電磁界（電界・磁界）は、環境問題の一つとして鉄道技術基準（省令）で規制されています。鉄道総研では変電所など鉄道用電力設備の低周波電磁界に関連する様々な課題に対応します。

### 【特徴】

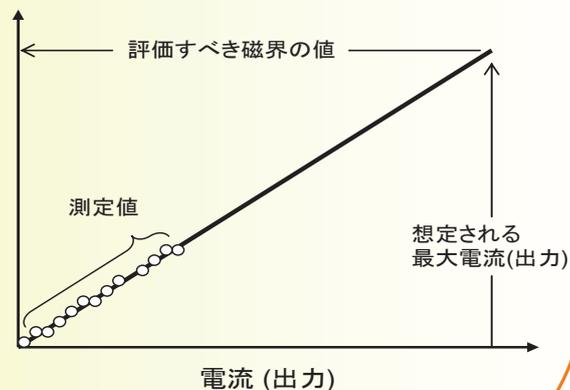
- 鉄道総研では電力設備の磁界分布シミュレーション、実設備の磁界測定、負荷電流測定技術を有しております。
- 設備の平面図や断面図から磁界分布をシミュレーションすることが可能です。設備設計の段階で発生量の推定が可能です。
- 実設備における電磁界の測定により実際の電磁界レベルを評価します。設備の電流測定を並行して実施すれば、測定時とは異なる負荷条件への外挿も可能です。



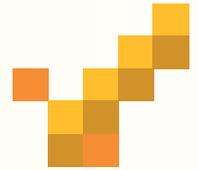
直流き電用変電所における商用周波数の磁界シミュレーション結果例



省令に準拠した磁界測定例



最大電流への換算処理



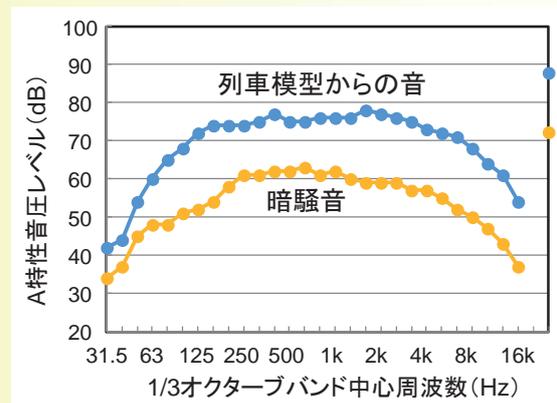
## 空力音の発生・放射の現象解析と評価

### 【概要】

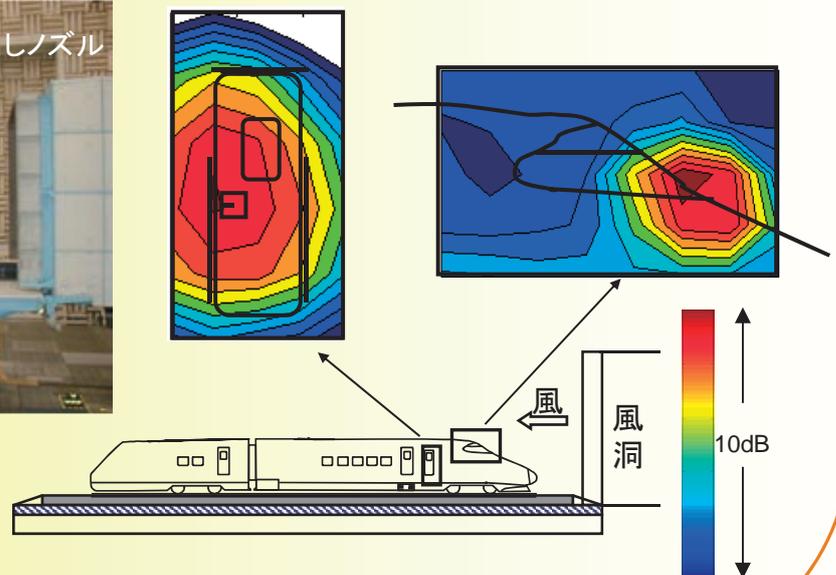
大型低騒音風洞および小型低騒音風洞で鉄道車両をはじめとする各種高速移動物体の縮尺模型を用いた風洞試験を行い、それらの空力音源箇所を特定したり、発生する空力音の測定・評価を行い、各種空力音低減対策の効果を調べることができます。

### 【特徴】

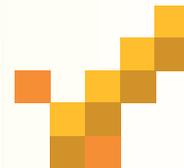
風洞の開放型測定部で、楕円体装置と複数マイクロホンの組合せた収音システム、主流近接型マイクロホンアレイなどを用いて、供試体から発生する空力音の発生箇所を精度良く測定することができます。



大型低騒音風洞の開放型測定部における測定概観と無指向性マイクロホンによる測定例



大型低騒音風洞の開放型測定部におけるマイクロホン配列型楕円体装置の設置状況と車両空力音源分布の測定例



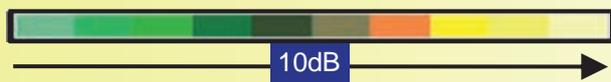
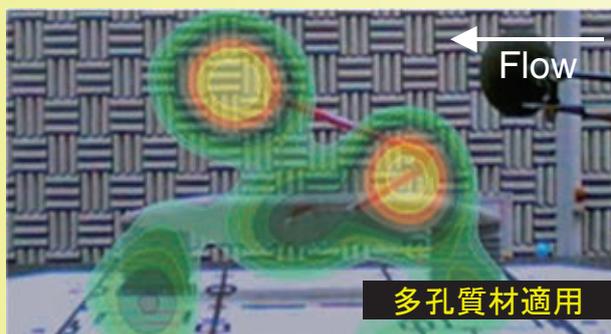
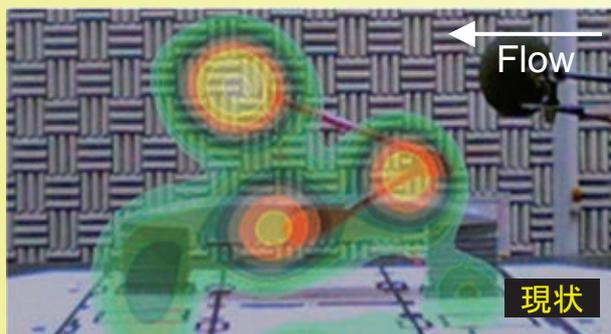
## パンタグラフの空力音や揚力を評価

### 【概要】

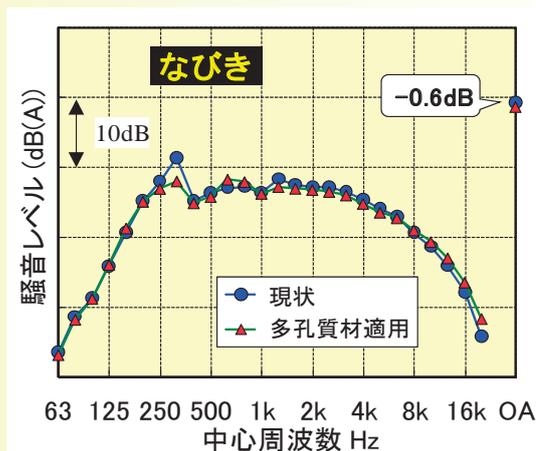
大型低騒音風洞で実機パンタグラフや縮尺模型を用いた風洞試験を行い、高速走行時にパンタグラフや屋根上集電装置から発生する空力音を測定・評価して、各種空力音低減対策の効果を明らかにします。また、パンタグラフに働く揚力を測定して、空気流がパンタグラフの接触性能に及ぼす影響を定量的に把握します。

### 【特徴】

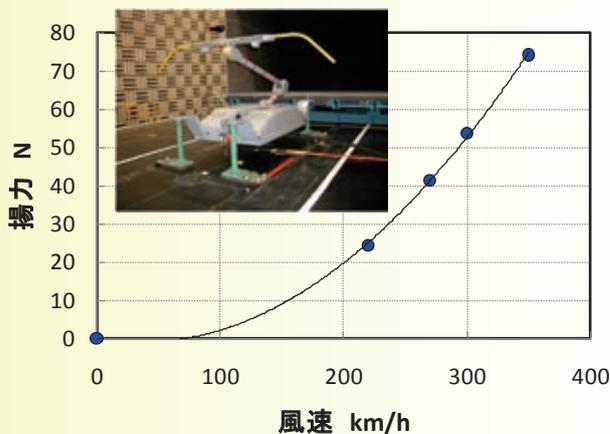
- パンタグラフから発生する空力音の音源分布を明らかにすることができます。
- 各種の対策による空力音低減効果を定量的に求めることができます。
- 部材の形状変更などがパンタグラフの揚力に及ぼす影響を評価します。



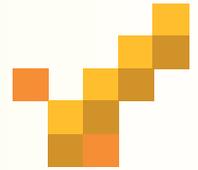
マイクロホンアレイによる音源探査



空力音(騒音レベル)測定



パンタグラフ揚力測定



## 騒音の発生から伝搬と放射の効率的な評価

### 【概要】

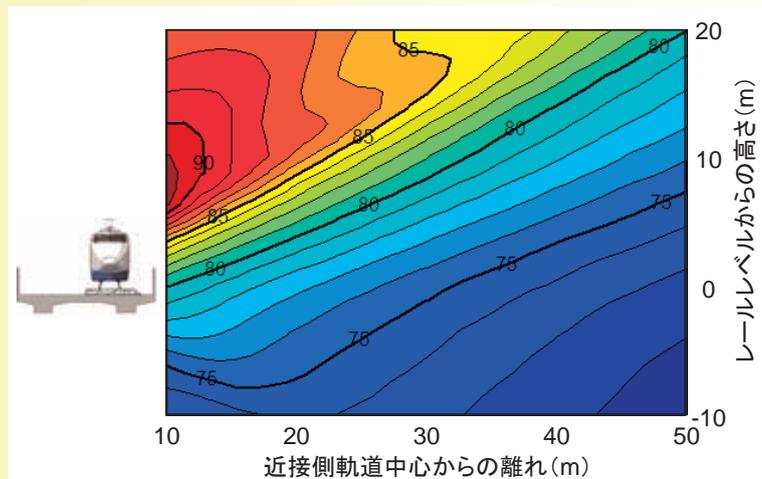
鉄道の騒音源は、在来線では主に、転動音、構造物音、主電動機ファン音から構成されます。新幹線の場合は、集電系騒音や、車両空力騒音も考慮する必要があります。鉄道騒音に対する低減策を効率的よく進めるためには、沿線測定点における各音源の寄与の解明・評価が必要です。

### 【特徴】

レール近傍音やレール振動、アレイ式指向性マイクロホン等により得られた騒音の測定・解析結果から、各音源の寄与を解明・評価します。また、これまでに得られた実測データを基に構築した予測評価手法を用いて、鉄道沿線における様々な地上条件、車両条件等に応じた騒音の予測を行うとともに、騒音低減対策の効果を事前に把握することも可能です。さらに、縮尺模型を用いた音響試験から、個々の沿線状況に対応した騒音評価を行うことも可能です。



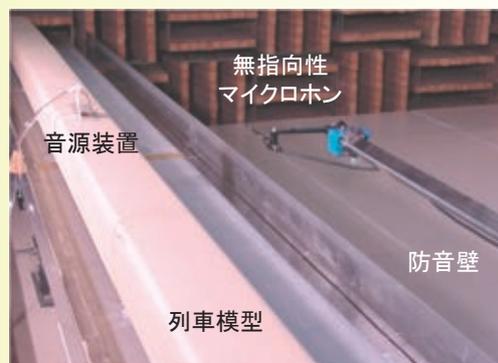
音源位置と伝搬経路(新幹線)



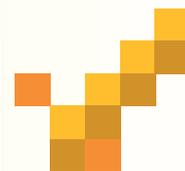
新幹線沿線における騒音予測の例



騒音測定状況(在来線)



縮尺模型を用いた音響試験状況



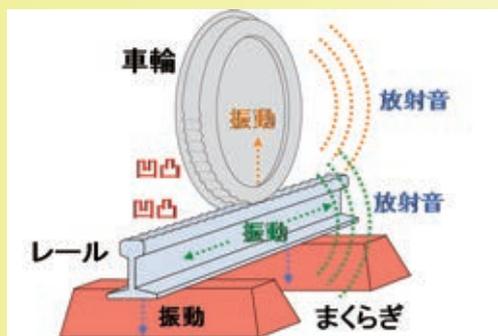
## 転動音の予測評価および低減対策法の提案

### 【概要】

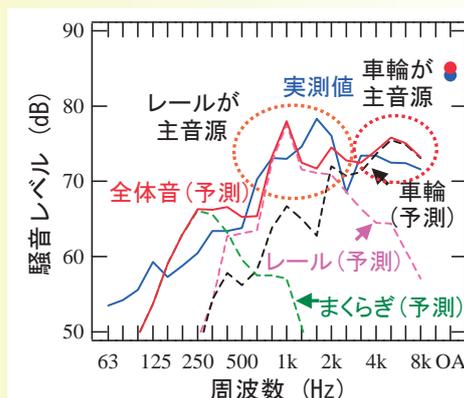
鉄道騒音の主要な音源である転動音について、現地試験や数値解析等から発生に係わる物理現象を解明し、各現象に対応する振動・音響モデルを用いて予測する手法を開発しました。また、現地試験により予測手法の妥当性を確認しました。

### 【特徴】

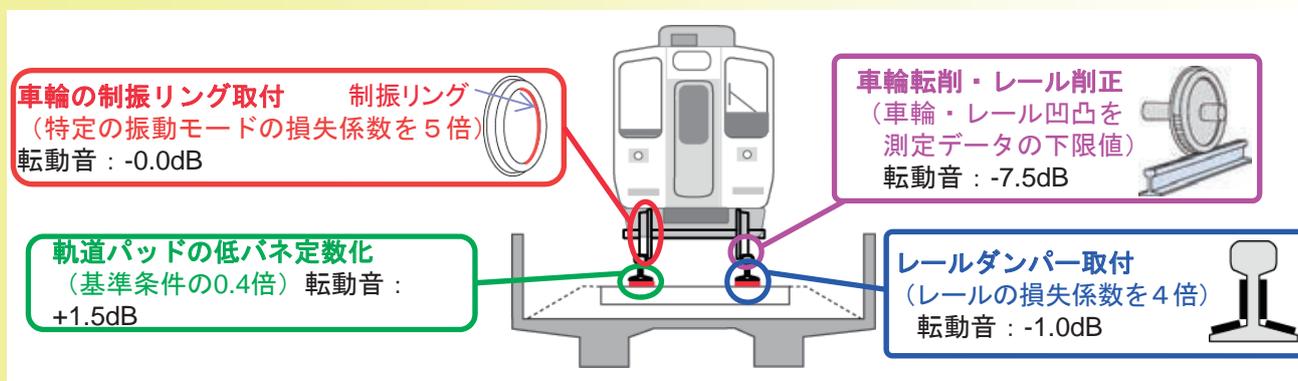
本手法を用いることにより、転動音の定量評価および車輪、レール等の音源要素ごとの寄与度評価が可能になりました。また、車輪・軌道に関するパラメータ（車輪/レール凹凸、レール損失係数など）が転動音に与える影響や、各種対策による転動音低減効果を評価できるようになりました。本予測手法は、騒音著大箇所における原因の究明や低減対策法の提案に活用できます。



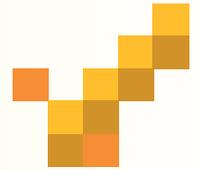
転動音の発生メカニズム



転動音予測法による評価値と実測値との比較  
(80km/h, レール近傍点)



レール、車輪などに施工する対策による転動音の低減効果予測



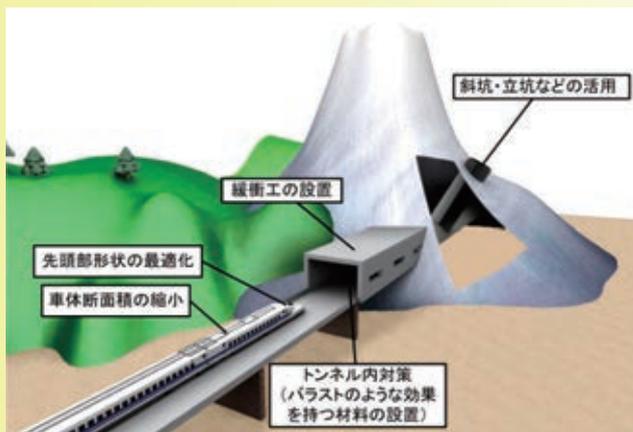
## トンネル微気圧波の 大きさの予測・評価と低減方法の検討

### 【概要】

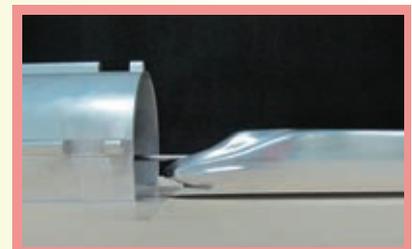
新幹線など高速鉄道のトンネルでは、列車がトンネル入口へ突入した後、トンネル出口付近で衝撃音（破裂音）や家屋の窓や戸が振動する等の現象が発生することがあります。このようなトンネル微気圧波対策としては、車両の断面化や先頭部の延長と形状の最適化、トンネル入口緩衝工の設置や枝坑の積極的活用などがあります。

### 【特徴】

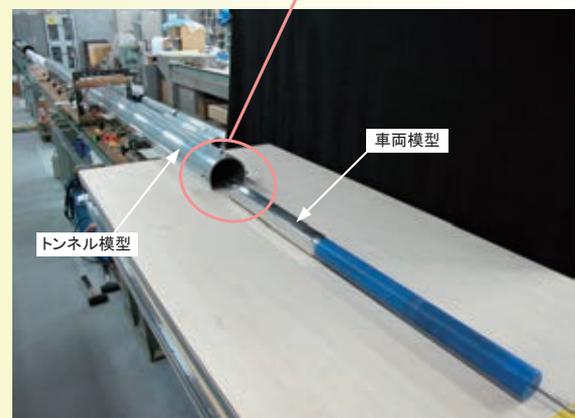
模型実験と数値シミュレーションによって、トンネル緩衝工の長さや開口部位置、車両の先頭形状の最適化などの対策検討を行います。



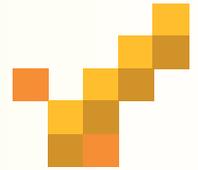
微気圧波の低減対策法



トンネル入口緩衝工の例



トンネル微気圧波模型実験装置



## においの原因となる物質や微生物の分析

### 【概要】

駅構内や車両内の空気中に含まれる物質の化学分析をすることで、においの原因となる物質を明らかにします。また、においと密接に関係する微生物の調査を行うことで、鉄道を利用されるお客様の快適性を向上させるための効果的なにおい対策を支援します。

### 【特徴】

においの分析にはポンプや大きな集気ビンが使われることが多いのですが、この方法は、小型で簡便な器具によってにおい物質を採取するため、駅構内や車両内のにおいを調べることに適しています。また、採取した試料をにおい嗅ぎ装置付き分析装置で分析することで、物質の種類とにおいの有無を調べます。さらに、においの大半は微生物が放出するものであることから、空気中や床面などに存在する微生物の調査も実施します。これらの総合的な調査・分析に基づき、においが発生した理由や発生源を推定し、的確なにおい対策を支援します。



においの採取



分析



においの官能評価の様子

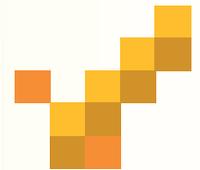
におい原因物質の分析・評価



床の微生物やにおい物質の測定の様子



におい実験装置



## 車内の磁界を正確に評価

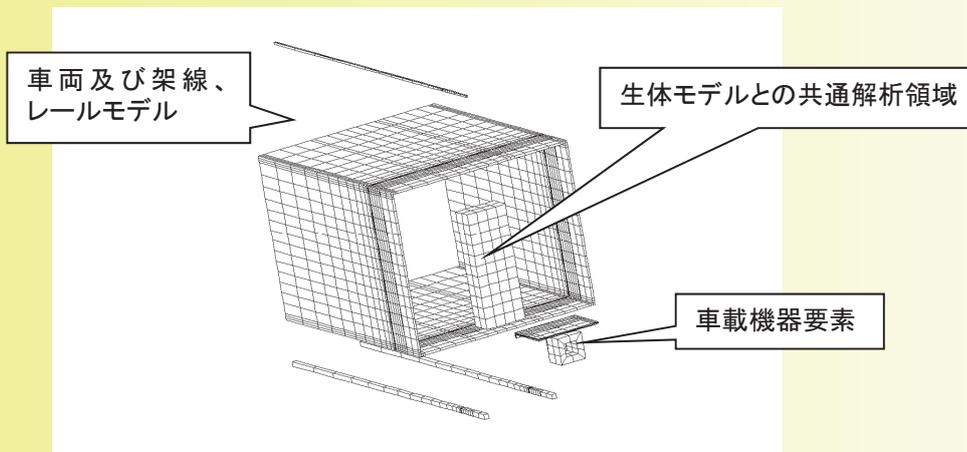
### 【概要】

鉄道は種々複雑な電磁界環境下にあります。電車線やレール、各種電力機器に取り巻かれさらに磁気シールドも施された鉄道車内の磁界環境はとりわけ複雑です。従来からリアクトル直上の直流磁界の評価が行われてきましたが、鉄道の電磁界に関わるENの制定などもあり、今後はさらに変動磁界の測定や評価が求められる可能性があります。浮上式鉄道の電磁界評価で培ってきた磁界評価システム全般を提供可能です。

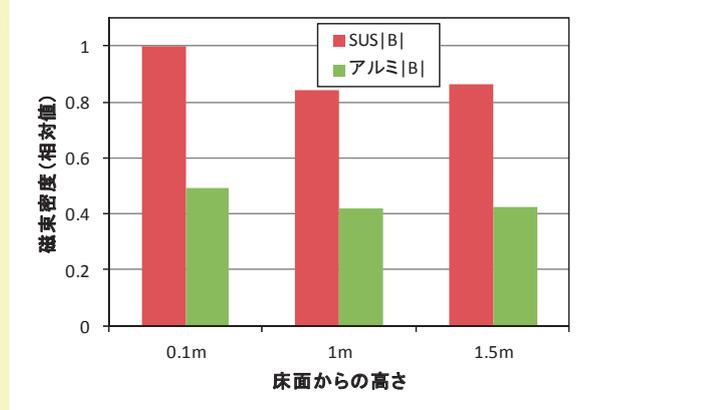
### 【特徴】

①所有測定機器：

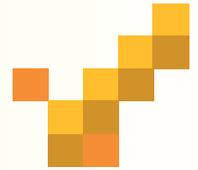
- 直流（静）磁界：F. W. Bell社製7030型、その他
  - 交流（変動）磁界：Narda社製ELT-400、HIOKI社製FT3470、その他
- ②評価ソフトウェア（2次元、3次元の磁界の評価：リアクトル、電車線など）
- ELF-Magic、Photon、Ansys、その他



車内磁界分布解析モデルの一例



車両構体材質による交流磁界低減効果の解析の例



## 騒音・振動低減のためのゴム・樹脂系材料の開発

### 【概要】

ゴム・樹脂系材料の中には振動を低減する特性を有するものがあります。この特性を活かして、鉄道で振動および騒音を低減する材料の研究開発を進めています。

### 【主な材料のご紹介】

- **磁性複合型制振材**：鋼鉄道橋の騒音低減のための制振材です。磁性ゴム層と亜鉛めっき鋼板の積層からなり、磁力吸着力を利用して鋼鉄道橋に簡単に施工できます。
- **レール防音材**：レールからの放射音を低減するための防音材です。発泡ゴムと鋼板の積層からなり、レールの底部と腹部を全面的にカバーします。簡単に着脱が可能です。
- **袋詰め吸音材**：レール／車輪間騒音を低減するための吸音材です。無機質粒子の細粒子を電気絶縁性を有し耐候性に優れた袋に詰め込み、軌道面に敷設します。



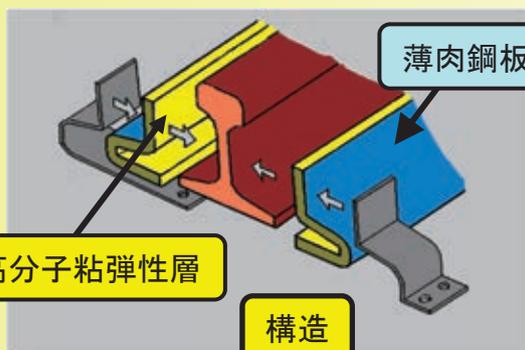
磁性複合型制振材(マグダンパ)

桁直下で5dB程度の騒音低減効果を確認しています。



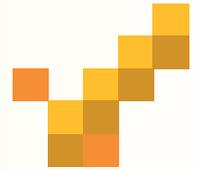
袋詰め吸音材

2m離れ点で3dB程度の騒音低減効果を確認しています。



レール防音材

12.5m離れ点でも2～3dBの騒音低減効果を確認しています。



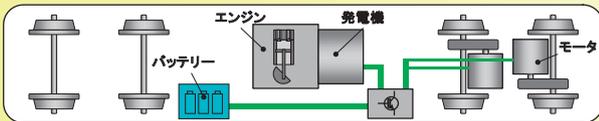
## ハイブリッド版 (Hybrid-Speedy) は様々な車種に対応

### 【特徴】

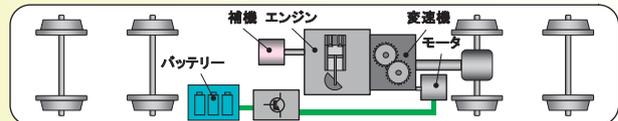
- ハイブリッド版 (Hybrid-Speedy) は、構成機器の選択により、バッテリーを搭載する様々な車種のSOC (バッテリー残量) や消費エネルギーを計算します。
- ハイブリッド版は、電車及び気動車の計算にも対応し、既存車種との環境性能の比較が可能です。

### 代表的な対応車種

#### シリーズハイブリッド



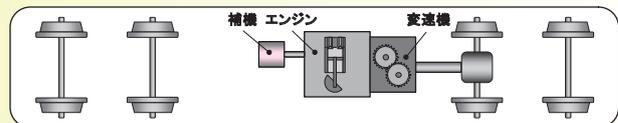
#### パラレルハイブリッド



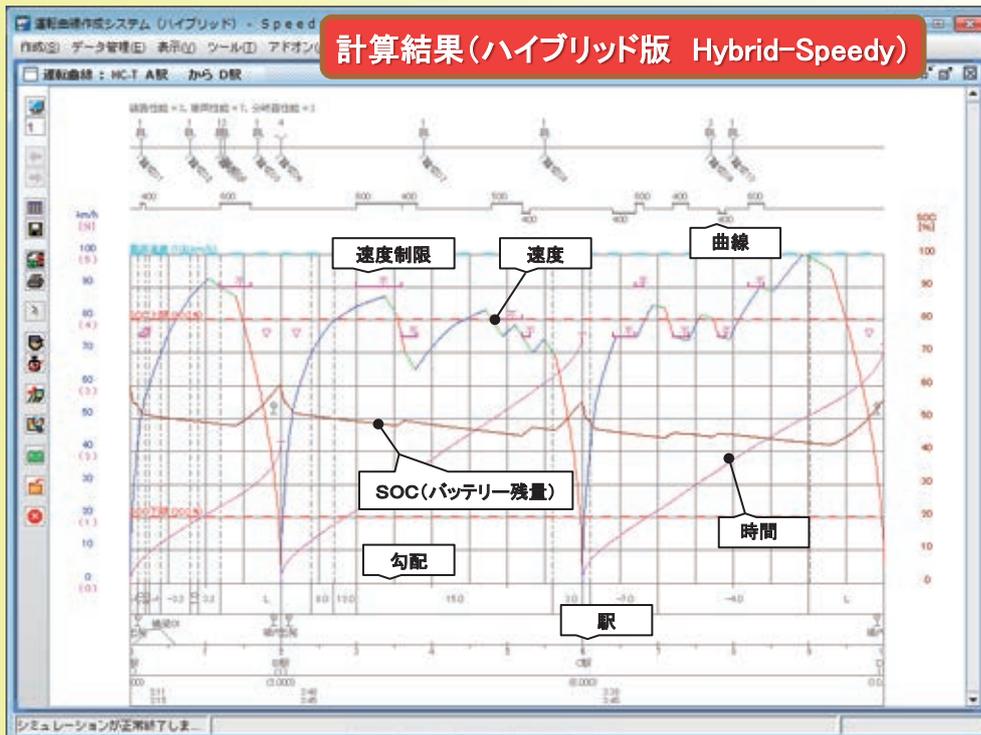
#### 電車

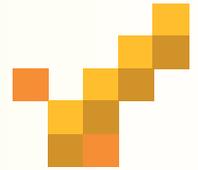


#### 気動車



### 計算結果(ハイブリッド版 Hybrid-Speedy)





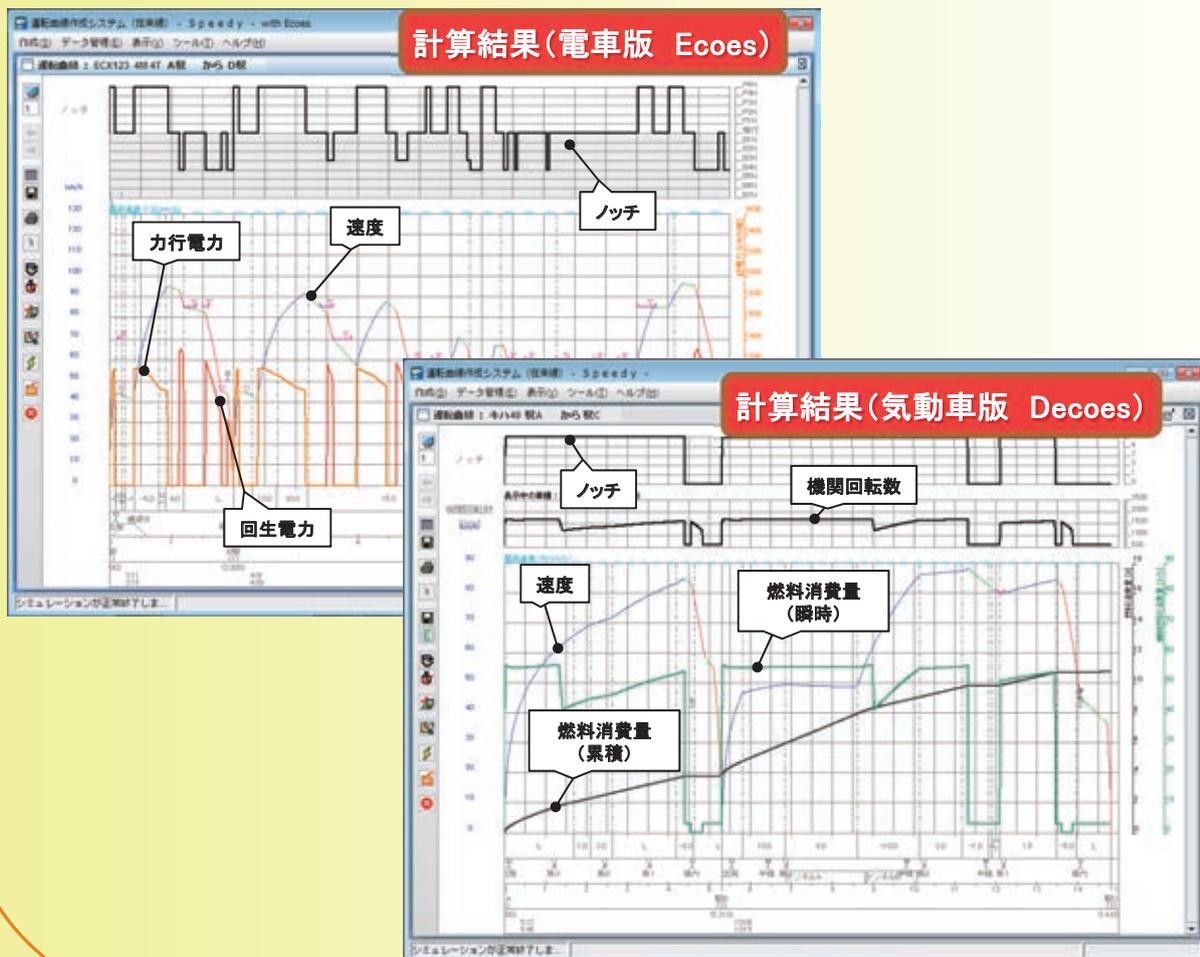
## 鉄道車両の環境性能を定量的に評価

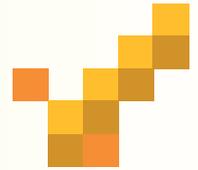
### 【概要】

鉄道車両の省エネルギー化を推進するためには、走行に伴う消費エネルギーを定量的に評価することが重要です。そこで、基準運転時分の策定などに用いられる運転曲線作成システム (Speedy) を利用して、消費電力量などを計算するシステムを開発しました。本システムは、電車版 (Ecoes)、気動車版 (Decoes) 及びハイブリッド版 (Hybrid-Speedy) の3種類があります。

### 【特徴】

- 電車版及び気動車版は、運転曲線の計算結果を利用して、電車の消費電力量、又は気動車の燃料消費量を計算します。
- いずれのシステムも運転曲線のアルゴリズムをベースとし、実際の運転に近い走行パターンで消費エネルギーの評価ができます。





## 高効率な主電動機で消費電力量を抑える

### 【概要】

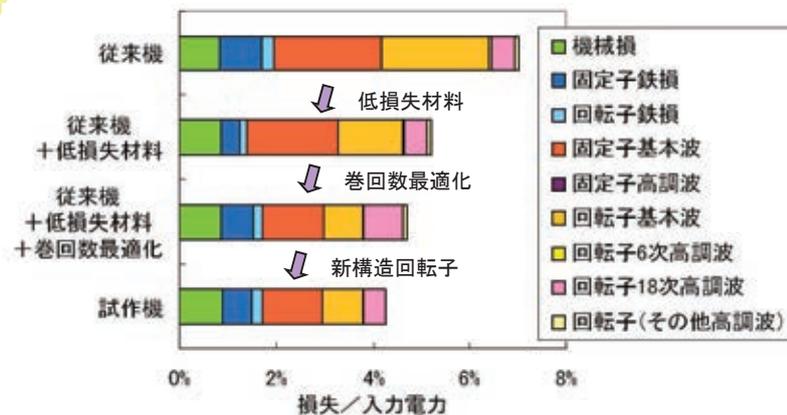
回生ブレーキにより運動エネルギーが回収できるようになったインバータ電車では、主電動機等の機器での損失がエネルギー消費の主な原因となっており、インバータ車両の更なる省エネ化のためには主電動機の高効率化が不可欠です。

そこで、鉄道総研では現在インバータ電車で使用されている誘導電動機を対象として、その高効率化の研究開発を行ってきました。在来線電車用主電動機を想定して試作した220kW試作機では約96%の電力効率を達成することに成功しました。

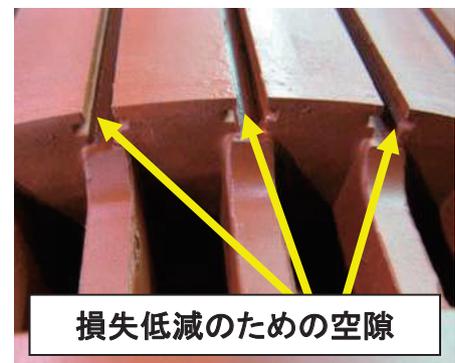
### 【特徴】

- 低損失材料の使用や巻線設計等の最適化で損失を減らすことができます。
- 回転子の形状を工夫することで無駄な損失による発熱を減らすことができます。
- シミュレーションにより事前に省エネ効果を評価できます。

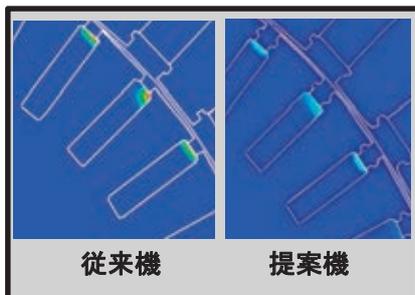
高効率手法による損失低減効果



高効率誘導電動機の回転子

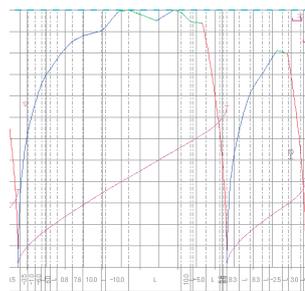


シミュレーションによる省エネ効果の試算



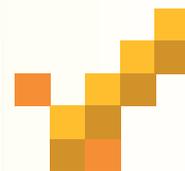
磁界解析

+



走行シミュレーション

= 省エネ効果 & 電力コスト評価



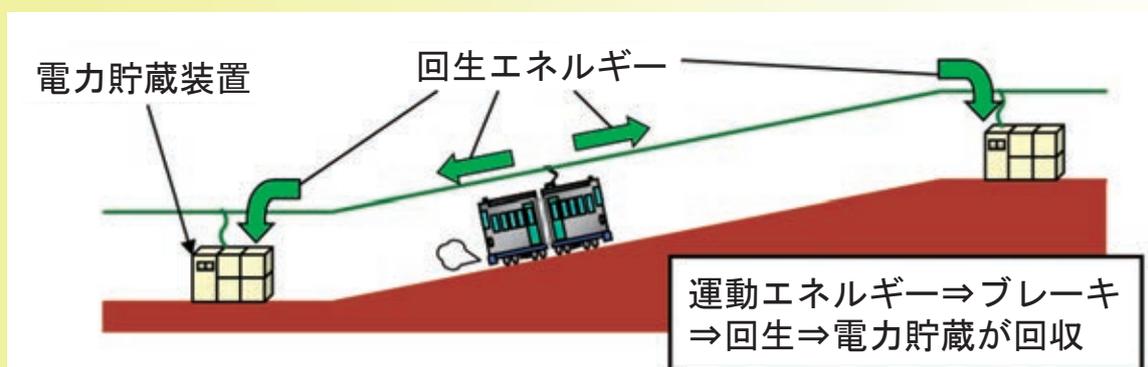
## 回生エネルギーのさらなる有効活用

### 【概要】

電気二重層キャパシタを用いた電力貯蔵装置を設備することにより、電車の運動エネルギー（回生エネルギー）をより有効活用することが可能になります。

### 【特徴】

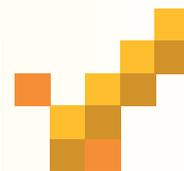
- 電気二重層キャパシタは、急速充放電特性が良好、長寿命、重金属類を含まないなど、多くの特長を有しています。
- 充放電を制御する変換装置（昇降圧チョッパ）を使用します。
- 電車の回生エネルギーを充電し、加速エネルギーとして放電することで省エネルギー化、CO<sub>2</sub>排出量削減が実現できます。
- 充放電により電車線電圧を安定制御できます。
- 2007年12月に日本で初めて実用化されました。電力貯蔵装置の新設により、電力回生が可能で高効率なVVVFインバータ制御車両の本格的な運用が可能になりました。



回生エネルギーの活用



電力貯蔵装置の外観



## 実際の使用環境を再現

### 【概要】

高磁場かつ低温環境下において、大型試料の電気伝導率を評価することが可能な高磁場・低温環境下材料特性評価試験装置を有しています。電気伝導率のデータから熱伝導率を求めることもできます。

### 【特徴】

本装置は、最大5.5 Tの高磁場環境、最低10Kの低温環境を設定することが可能で、長さ100mmまでの試料に対して、最大1,000Aの電流を通電することができます。さらに試料に加える磁場の角度も任意に設定可能なので、高温超電導線材の臨界電流評価に最適な装置です。超電導機器に用いる機能材料の物性評価はもちろん、あらゆる材料の物理特性の低温における温度依存性、磁場依存性を評価することが可能です。例えば金属試料の電気伝導率を測定し、ウィーデマン・フランツ則(\*)から換算することにより熱伝導率を求めることもできます。

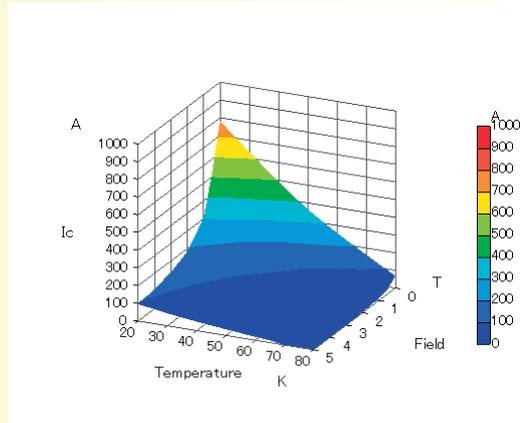
(\*)ウィーデマン・フランツ則：金属の熱伝導率と電気伝導率の比が温度に比例すること。



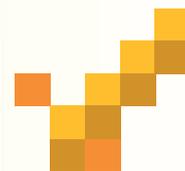
材料特性評価試験装置外観

材料特性評価試験装置の主要仕様

通電電流	0 ~ 1000A
温度	10K ~
磁場	0 ~ 5.5T
磁場角度	0 ~ 100°
試験線材長	100mm (サンプルホルダ電極間隔)



高温超電導線材サンプルによる  
臨界電流－磁場－温度 特性評価の例



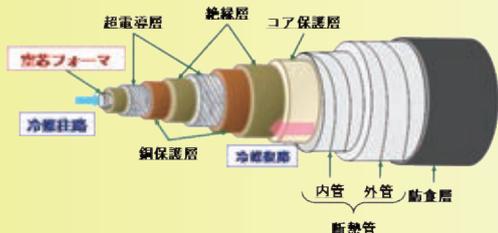
## 超電導ケーブルによる 直流電気鉄道の電力システム合理化、省エネルギー化

### 【概要】

直流き電区間の鉄道では、変電所から車両に電気を送る送電線は電気抵抗を有するため、電気鉄道特有の回生失効や送電損失、電圧降下などといった課題があります。これに対し、電気抵抗がゼロとなる超電導材を送電線へ適用することで、回生失効や送電損失等の抑制による省エネルギー化に加え、変電所の負荷平準化や集約化などの効果が期待されます。鉄道総研では、構内試験線において超電導ケーブルを用いた走行試験により各種評価を進め、その分析結果からケーブル構造を最適化し、鉄道路線での使用に適した超電導ケーブルシステムの完成を目指しています。

### 【特徴】

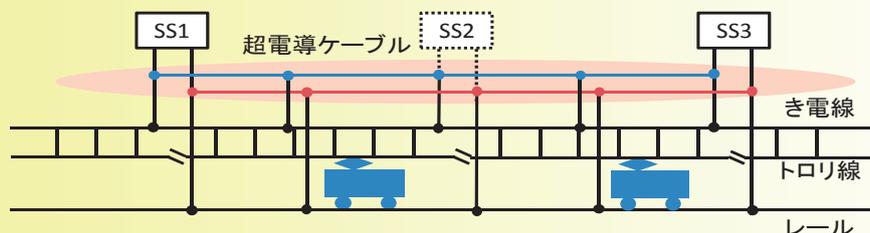
- 超電導材料は非常に高い電流密度を有するため、コンパクトな形状で大電流を送電できます。
- 変電所間を超電導ケーブルで結ぶことで電力のやりとりが自由になり、変電所の負荷が平準化され、集約化も可能となります。
- 電圧降下の大きい箇所でも超電導ケーブルで送電することで、電圧補償が期待されます。
- 超電導ケーブルによる架線電圧安定化のため、回生エネルギーの有効活用が期待されます。



鉄道用超電導ケーブルの構造



鉄道用超電導ケーブルによる電車走行



#### 現在の直流電化の課題

- ・回生失効
- ・送電容量が増やせない
- ・電圧降下の許容が小さい  
⇒変電所が多い
- ・沿線への直流磁界の影響
- ・漏電電流による電食の問題

#### 直流超電導化

- ・回生効率の上昇
- ・大送電容量かつ低損失
- ・電圧低下低減
- ・変電所集約化
- ・電磁波障害なし
- ・漏電電流の抑制による電食防止

\*本研究の一部は、国土交通省の補助金および(独)科学技術振興機構(JST)の「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)」の支援を受けて実施しています。