

## 多分割舟体の追従機構と揚力補償手法

白田隆之 小林樹幸 山下義隆 光用剛 長尾恭平 若林雄介

新幹線用のパンタグラフには低空力騒音特性、安定した揚力特性および架線への十分な追従性が必要です。空力騒音低減には、舟体の断面形状の平滑化が有効ですが、平滑な断面形状の舟体に対し、すり板を上下に動作させる追従機構を設けると、追従機構の動作に伴う舟体の断面形状変化によって揚力変動が大きくなる可能性があります。そこで、追従機構自身の動作によって揚力が大きく変化しないよう、舟体をまくらぎ方向に分割し、それぞれの舟体を弾性支持する追従機構を持つ多分割舟体を開発し、平滑な断面形状の舟体に適用し、集電性能を検証した結果について紹介します。また、すり板の摩耗、対向風の風向および作用高さなどの条件変化による、パンタグラフの揚力特性の不安定化を防止するため、

平均揚力を推定し、パンタグラフに実装した空気シリンダで押上力を調整することで、平均揚力の変化を補償する平均揚力補償機構についても紹介します。

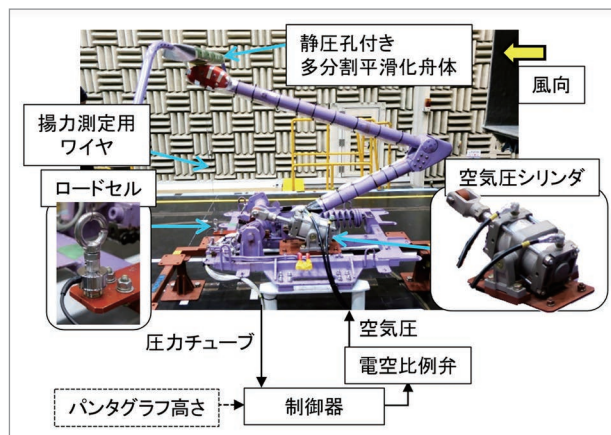


図 平均揚力補償機構

## 平滑化舟体と舟支え部の改良によるパンタグラフの空力音低減

光用剛 白田隆之 平川裕雅 磯野達志 長尾恭平 若林雄介

新幹線の更なる高速化を実現するうえで、パンタグラフから放射される空力音を低減することは重要な課題となっています。本研究では、パンタグラフの主要な空力音源部位である舟体・舟支え部について、空力音低減対策の実用化に向けた検討を行いました。舟体については、良好な追従性能を有する多分割舟体機構を平滑化舟体に適用し、可動部の隙間部からの空力音低減を図りました。また、舟支え部については、舟体を上流側に移設する改良舟支え、および多孔質材を頂点カバーの一部の領域に埋め込んで適用した多孔質材付き頂点カバーを開発しました。これらを組み合わせ

て実機パンタグラフに適用した結果、風速360km/hにおける空力音を2.7dB低減できることを風洞試験において確認しました。

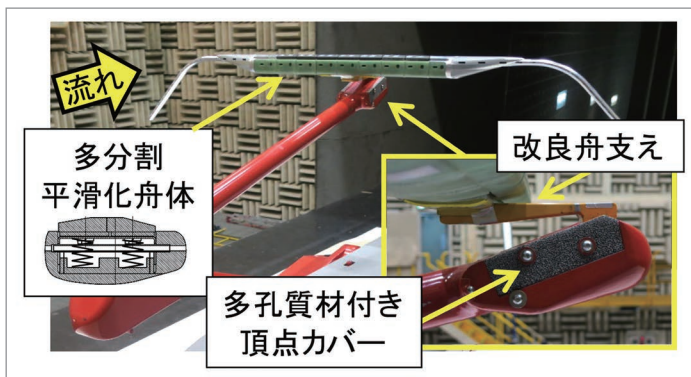


図 開発したパンタグラフの空力音低減対策

## 空気ばね装置の動作履歴を反映可能な曲線通過時準静的解析手法の開発

田中隆之 杉山博之

鉄道車両の2次ばねとして広く用いられている空気ばね装置は大きな非線形挙動を有しており、例えば曲線通過時の動作履歴により輪重のバランスが変化することがあります。特に長距離走行を想定したシミュレーションではこの影響が顕著となるため、空気ばね装置の動作履歴を加味して正確に解析することが重要ですが、計算コストの増大が課題となります。

そこで本研究では、これらを両立させるために、まず非線形性の強い空気ばね挙動を、正確かつ短時間で解析可能な計算モデルを作成しました。そして本モデルを、準静的状態を仮定した車両運動解析ソルバーに組み込み、計算精度や計算コストを評価しました。

提案手法による曲線通過時の輪重計算例を図に示します。本図のように、提案手法を用いれば、従来用いられている動的シミュレーションによる計算結果と同等の精度で定常的な車両挙動を評価でき、かつ計算コストを大幅に低減可能であることを確認しました。

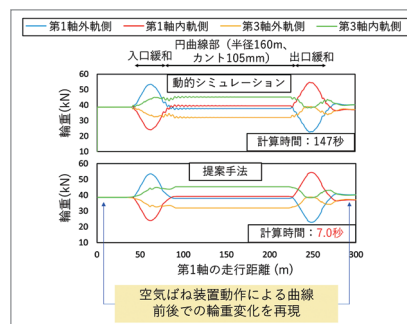


図 曲線通過時の輪重計算例  
(上：動的シミュレーション(従来法), 下：提案手法)

### 大規模並列有限要素法による一台車モデルの曲線走行シミュレーション

坂井宏隆 唐津卓哉

列車の走行中、車輪・レール間の接触部(コンタクトパッチ)では車輪の転動に伴う衝撃力が発生し、車両や軌道の構成部材に種々の損傷をもたらします。その上、衝撃力は非線形かつ非定常な現象であり、曲線通過時には多点接触等を伴うためさらに複雑となります。そこで、三次元大規模並列有限要素法を用いた車輪・レール間の動的転がり接触解析ツール「車輪・レール転がり接触シミュレータ」において、一台車モデルを用いた曲線走行を可能とするための機能を開発しました。一台車モデルを用いた試計算を行い、結果の定性的な妥当性を検証するとともに、得られた結果

から接触挙動の詳細な把握を試みました。その結果、輪重や横圧の時刻歴や応力分布などから手法の妥当性を確認しました。さらに、車輪とレールの接触に起因する損傷現象の要因となる、車輪とレール間で生じる詳細な接触力分布や固着/すべりなどの接触状態が得られることを確認しました。

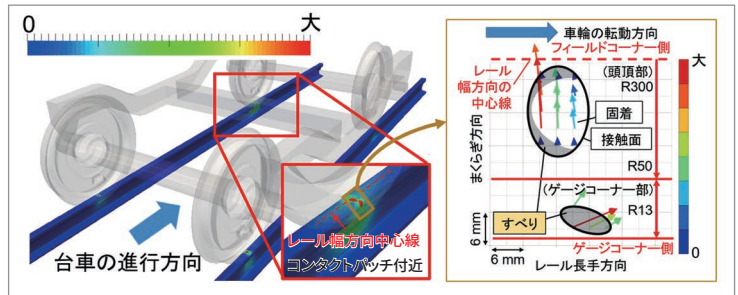


図 右カーブを走行中のコンタクトパッチ内に作用する相当応力の分布と接触力(接線力)の分布

### 脱線係数と車輪上昇量に基づく低速走行時の乗り上がり脱線の走行安全性評価

土井久代 石田弘明 宮本岳史

乗り上がり脱線に対する走行安全性の評価精度を向上するために、在来線の走行試験への適用を想定したデータ処理方法と新たな評価指標を検討しました。

厳しい軌道条件下で実施した急曲線低速域の走行試験データを用いて検討した結果、遮断周波数20Hzのローパスフィルタ(LPF)処理を施した上で2m移動平均処理を行った脱線係数は、車輪フランジ直線部がレールと接触して乗り上がりが発生している時の車輪上昇量の変化に対応することがわかりました。この結果を踏まえ、脱線係数の時系列履歴を考慮した評価指標「脱線係数の距離累積値」を提案しました。LPFおよび移動平均処理後の脱線係数がある目安値を超えた場合でも、提案指標が6m未満であれば、車輪上昇量が5mmを

超過しないことを確認しました(図)。この指標を適用すると、従来の評価手法に比べて、乗り上がり脱線に対する安全余裕度をよりよく評価できる可能性があります。

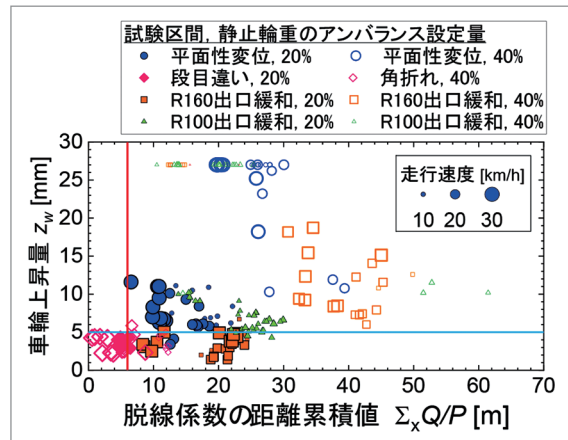


図 提案評価指標「脱線係数の距離累積値」と車輪上昇量の関係

### バラスト動的応答と摩耗進展評価のための不連続体解析法

相川明 西浦泰介 坂井宏隆

弾性体個別要素法(Quadruple Discrete Element Method, QDEM)は弾性体および粘弾性体からなる多体構造の動的応答解析プログラムです。バラスト粒状体の不連続体的な挙動とともに、バラスト粒子内部の弾性波動伝播を定量的に評価できます。本研究では、バラストの摩耗進展を評価するメカニズムをQDEMに追加しました。本手法の有効性を確認するために、まくらぎ1本分のバラスト軌道QDEMモデルを構築し、複数のGPUボードを並列したマルチGPU解析により、営業線での実測荷重を10編成分(200軸、通トン2千トン相当、载荷時間40秒)を、時間刻み0.1μsで40億回計算する弾性体の沈下挙動解析を実施しました。計算時間は約25時間です。図は、バラストの接触力が閾値(1N)

を超えると微小変位1μm分の体積が摩耗することを仮定した場合の、まくらぎの鉛直変位の時刻歴応答です。この摩耗量は、実軌道における摩耗速度の約140倍に相当します。同図より、摩耗ありのモデルでは、大きな初期沈下に引き続いて、摩耗速度がほぼ一定となる定常沈下が発生しており、概ね実軌道での現象に符合していることを確認しました。

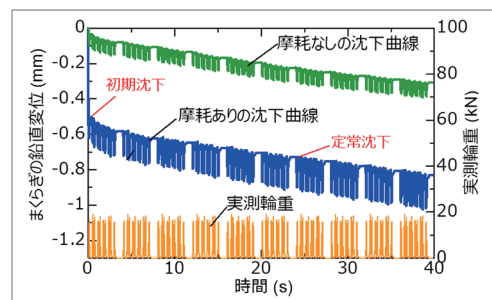


図 10編成(200軸)通過時の沈下挙動解析結果

## 数値解析に基づくRC ラーメン高架橋の構造物音評価法

渡辺勉 宇田東樹 北川敏樹 唐津卓哉 清野多美子 尾川慎介

近年の速度向上により、鋼橋に比べて構造物音が比較的小さいと考えられてきたコンクリート高架橋においても、部材の動的応答の増大に伴う構造物音の発生が懸念されるようになっており、その発生メカニズムの解明や対策工の評価を定量的に行える手法が求められています。そこで本研究では、構造物振動と音の伝搬を弱連成問題として扱い、各種パラメータの影響を定量的かつ効率的に評価可能な数値解析に基づく構造物音評価法を新たに構築しました。本手法により沿線騒音を評価した結果、構造物の固有振動モードが卓越する周波数帯において、構造物音が沿線騒音の主要因となる可能性があることを明らかにしました。また、高架橋の中間スラブの剛性を設計の5倍に増加させた

解析モデルを構築し、補強効果の予測を行った結果、軌道中心から12.5m地点で1.1dB程度、25m地点で1.8dBの構造物音低減効果が得られることを明らかにしました。

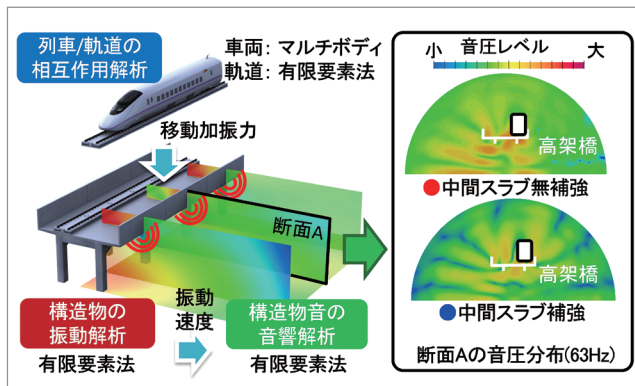


図 音響解析モデルの概要と音圧分布の解析結果の例

## 構造物の非線形化に対応した地震時走行安全性の評価手法

徳永宗正 成田顕次 後藤恵一

既設構造物に対する地震時の脱線・逸脱対策工の導入を進める上で、地震時走行安全性の弱点箇所を精度よく迅速に抽出することが求められています。本研究では、大規模地震時や降伏震度の低い既設構造物を対象に地震時走行安全性の弱点箇所の効率的な判定を目的として、構造物の非線形挙動が車両の脱線限界に及ぼす影響度を定量化し、構造物の振動加速度と構造物境界の不同変位を同時に考慮した簡易評価手法を提案しました。提案手法は、構造物天端の加速度と構造物境界の角折れといった構造物の応答のみから脱線の発生を判定することができる一般性の高い手法です。従来は独立に照査

していた振動変位と不同変位を連続した関数により評価でき、弱点特性に応じた効果的な対策工の選定が可能となりました。また、その妥当性は長大線区を対象に実施した車両/構造物の非線形動的相互作用解析との比較により検討しました。

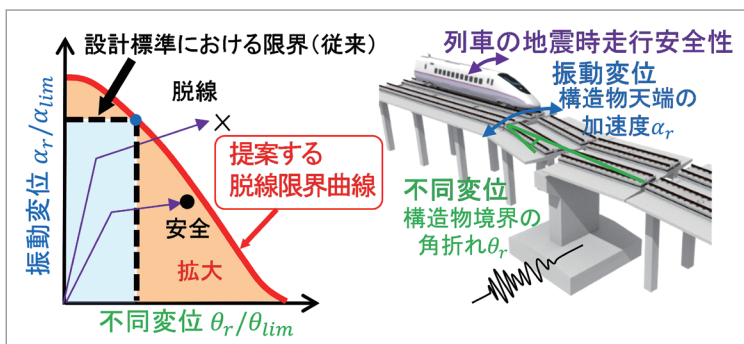


図 構造物の振動加速度と構造物境界の不同変位を同時に考慮した地震時列車走行性の簡易評価手法