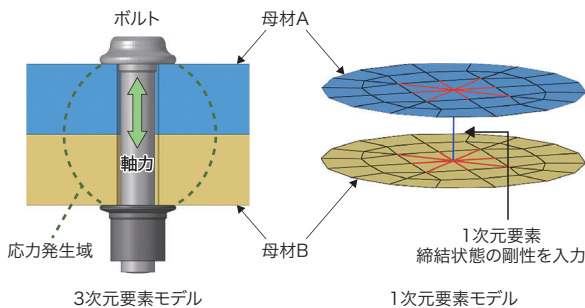
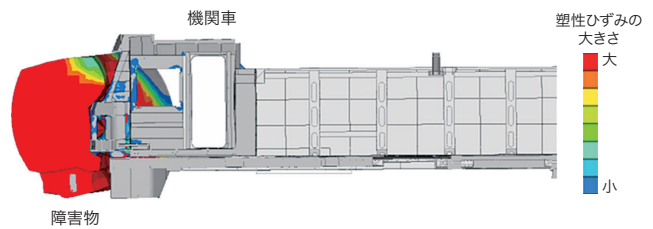


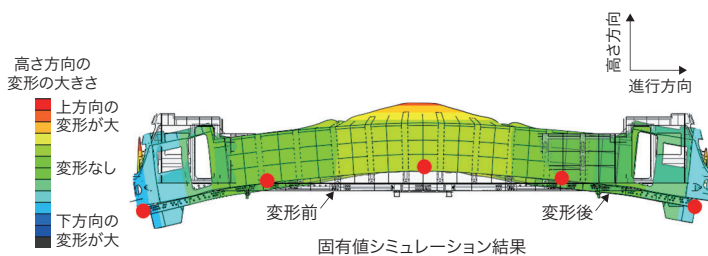
# 海外向け機関車の静的及び衝撃シミュレーション



ボルト締結部の1次元要素モデル  
Simple model representing bolted joints



機関車と大形障害物との衝突シミュレーション結果（塑性ひずみ分布）  
Large obstacle collision simulation results (plastic strain distribution)



機関車の固有値シミュレーションと実スケール構造試験結果の比較  
Comparison of natural vibration characteristics simulation results and full-scale structural test of locomotive

海外向けの鉄道車両には、国際規格及び顧客独自の要求仕様への適合が求められる。設計段階では、検討中の構造の性能を評価して、規格や仕様を満足するかどうかを確認しながら、設計の完成度を高めていく。その過程で評価に用いるシミュレーションには、実機との高い整合性が要求される。

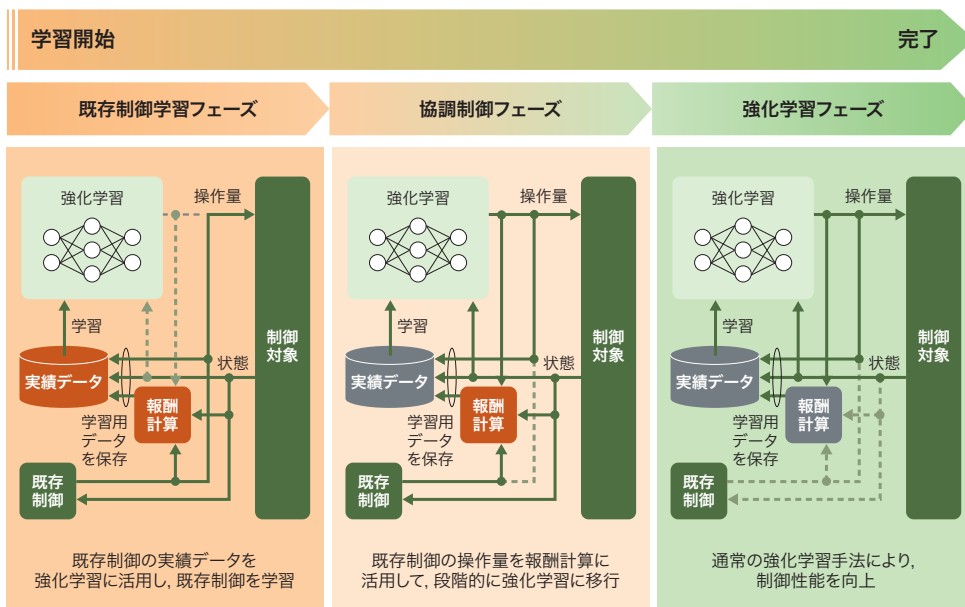
組立性を向上するために採用した構体主要部分でのボルト締結部について、締結状態を実態同様に再現する3次元要素モデルの代わりに、締結状態の剛性をあらかじめ求めて1次元要素に入力するモデル（以下、1次元要素モデルと略記）を活用した。

この1次元要素モデルを用いて機関車全体の構造モデルを構築し、静的シミュレーションで要求仕様を満足する構造を設計した。実スケールの構造試験で検証した結果、構造の健全性が確保されることを確認した。機関車の1次固有振動数は2%以下の誤差で整合した。

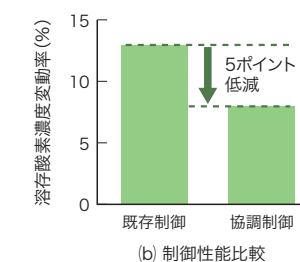
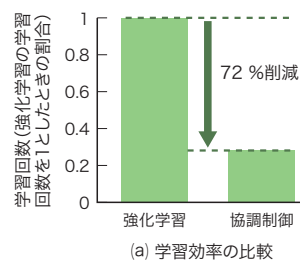
衝突安全性能への適合については、実スケールの要素試験でエネルギー吸収能力などを評価して衝撃解析と要素試験との整合性を検証し、取得した特性値を適用して衝撃シミュレーションを実施した。また、ボルト締結構造についても、ボルト締結部の衝撃試験で取得した特性値を1次元要素モデルに適用し、締結構造も含む機関車構体全体を対象に耐衝突性能を机上で評価する手法を開発した。

静的及び衝撃シミュレーションによる評価結果のフィードバックを繰り返すことで、各要求項目をクリアする構造設計結果を得られた。今後も、これらのシミュレーションを、交通・インフラ各種の強度評価に適用していく。

# 学習時間短縮と制御性能向上を実現する強化学習応用制御技術



既存制御の操作量を強化学習に活用する協調制御の構成  
Block diagram of collaborative control based on reinforcement learning using information on existing controller



溶存酸素濃度制御における性能評価

Evaluation of reinforcement learning for dissolved oxygen concentration control

人工知能技術の一つである強化学習は、制御対象がより良い制御状態となるような操作を学習する手法である。強化学習は、直接正解を与えて学習する教師あり学習とは異なり、報酬を指標として適切な操作を学習する。そのため、長期運用が要求される社会インフラシステムにおいて、環境変化によるコントローラ性能劣化に対し、性能の回復・維持・向上を実現する手法として期待される。一方、強化学習は試行錯誤的に制御ロジックを獲得するので数多くの試行を繰り返すため、所望の性能を得るまで時間が掛かることがある。

そこで、コントローラに実装された既存制御の操作量を強化学習に活用することで、制御ロジックの効率的な獲得と制御性能向上を実現する協調制御手法を開発した。協調制御は、次の三つのフェーズから構成される。

- 安定稼働している既存制御の実績データを強化学習に有効利用する既存制御学習フェーズ
- 既存制御の操作量を強化学習の報酬計算に使用し、既存制御と協調しながら強化学習する協調制御フェーズ
- 制御性能向上のための強化学習フェーズ

協調制御の各フェーズを学習進捗状況に応じて順次実行し、学習効率化と性能維持向上の両立を実現する。

下水道処理システムにおける溶存酸素濃度制御のシミュレーション環境で、協調制御手法の効果を検証した。その結果、従来の強化学習手法と比較して、学習回数は72%削減し、更に溶存酸素濃度制御の際に観測される振動幅が、既存制御に対して、5ポイント改善された。既存制御と強化学習による協調制御は、従来の強化学習より優れた学習効率と、既存制御を上回る制御性能が得られることを確認した。

今後は、様々な制御対象に対して協調制御手法を適用して検証し、コントローラ製品の強化学習応用制御技術として実用化を目指す。

## 蓄電池システムにおける偏劣化状態の長期実証



長期実証用の蓄電池システム（関西電力（株）尼崎実験センターで現在も運用中）

Battery energy storage system for long-term verification at The Kansai Electric Power Co., Inc.

大型蓄電池システムの利用技術確立のため、2013年7月から2023年3月まで、関西電力（株）と共同で、東芝 リチウムイオン二次電池 SCiB™ を用いた蓄電池システムの長期実証を実施した。約10年間の運用を通じて、充放電効率・蓄電容量の経年推移や、充電量・劣化状態の推定技術などを検証し、その間、SCiB™ に関する不具合は確認されなかった。

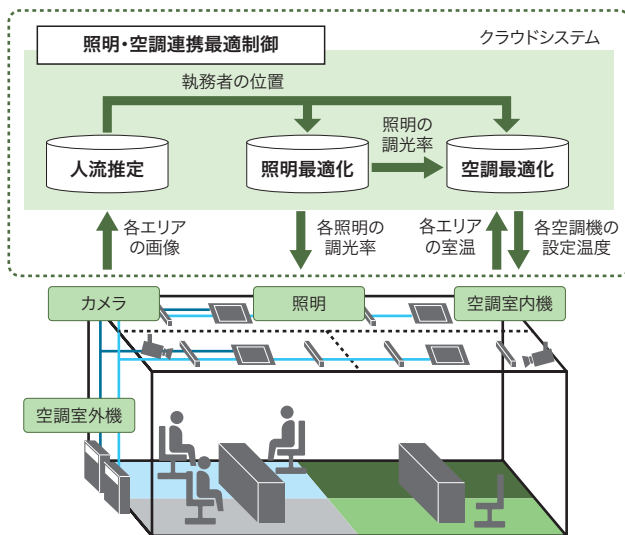
近年、環境配慮の観点から蓄電池のリユース活用への期待が高まっている。様々な劣化度の蓄電池が混在する蓄電池システムでは、運用に伴って偏劣化<sup>(注)</sup>が拡大し、システム性能を低下させる懸念がある。

偏劣化が及ぼす影響を調査するため、人為的に一部の蓄電池を劣化させた蓄電池システムを構築し、実証試験を行った。その結果、劣化指標である内部抵抗が大きくなった蓄電池には電流が流れにくく、劣化の進行が抑制されることを確認した。偏劣化の拡大は発生しにくく、システム性能が低下しないことが示唆される。今後は、長寿命性能に優れた SCiB™ のリユース活用を積極的に推進し、環境負荷低減に貢献していく。

(注) 部分的に劣化度合いが異なる状態。

東芝インフラシステムズ（株）、東芝エネルギーシステムズ（株）

## オフィス執務者の位置情報を活用した照明・空調連携最適制御技術



オフィス執務者の位置情報を活用した照明・空調連携最適制御技術の概要

Overview of optimal coordinated control of lighting and air conditioning based on office worker positions

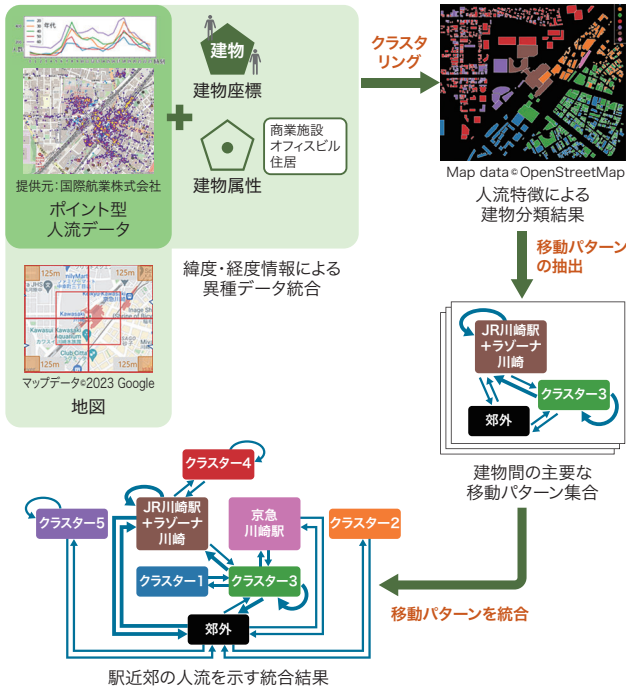
近年、働く場所や時間を仕事の内容に合わせて選ぶ ABW (Activity-Based Working) 型のオフィスが増加している。このようなオフィスでは、執務者がいないエリアが発生することがあり、脱炭素化推進の観点から、執務者不在エリアの照明・空調による消費電力の削減が、課題になっている。

今回、カメラ画像から検出した執務者の位置情報を用いて、執務者周辺のエリアの照度や温度の快適性を維持しながら消費電力を最小化する、照明・空調連携最適制御技術を開発した。この技術では、オフィスで熱源となる人・照明の位置・発熱量を考慮して、照明の調光率、及び空調の設定温度を連携して制御する手法として、数値最適化技術を用いた。

あるオフィスの夏日における執務者の実際の位置情報を用いたシミュレーション評価の結果、照明・空調連携最適制御技術により、執務者周辺のエリアの快適性を維持しながら、照明と空調の合計消費電力を55%削減できることを確認した。今後、オフィスビルでの実証とアルゴリズムの改良を進め、快適性と省エネ性の向上に貢献していく。

東芝インフラシステムズ（株）、東芝ライテック（株）

## 都市機能やサービスの高度化・快適性向上に役立つ人流予測技術



主要駅近郊を対象とする人流パターン解析の例  
Example of analyzing people traffic patterns near major train stations

スマートフォンの普及に伴い、人の位置を示す測位データの取得が容易になった。この蓄積データを活用して、都市の人流を理解・予測する技術を開発した。輸送力の大きな大型駅周辺1 km四方を対象として、従来の125 m区画メッシュ内の人流の高精度な予測に加え、建物座標（緯度・経度）や属性（商業施設、住居など）とリンクさせて、人の移動目的を推定する分析を進めた。

抽出した複数の移動パターンを基に、駅近郊の移動パターンを統合するモデルを構築した結果、人の移動パターンには、平均的に混雑する経路と、混雑が比較的限定的な経路が存在することが分かった。これを基に、125 m区画メッシュ内にいる人の増減の理由を、詳細に分析できるようになった。

更に、緯度・経度の情報だけでなく、人の属性や、集客が見込まれるイベント情報などと関連付けた分析・予測を進めることで、非定常な人流変化の予測が可能になり、商圈分析や、利用客に提供するサービスの検討など、様々な用途への利用拡大が期待される。

今後、鉄道会社などへの提案を積極的に進めていく。

東芝インフラシステムズ(株)

## 電力機器の設計リードタイムと筐体寸法を削減する絶縁設計基準

### 従来の絶縁設計



過去の基準に基づく過剰品質

- ・開発リードタイムの長期化
- ・過剰な絶縁距離による筐体の大型化

### ガイドラインに沿った絶縁設計



網羅的に取得した試験データに基づく指針

- ・開発リードタイムの削減
- ・適切な絶縁距離選定・材料選択による筐体の小型化

気中絶縁設計ガイドラインとその効果  
Air insulation design guidelines and effects

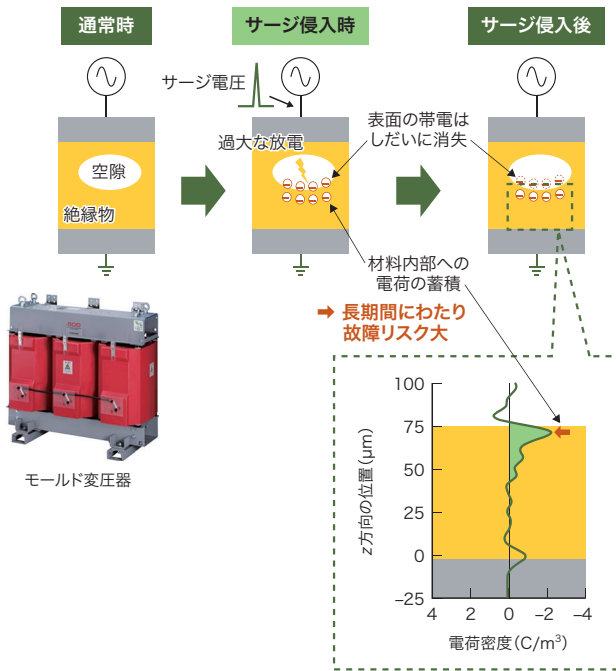
当社は、電圧クラスや用途が異なる数多くの電力機器を取り扱っている。これらには、製品固有の絶縁設計基準が設けられているが、過去の基準に基づく過剰品質が求められることがある。特に、近年高電圧化が顕著な高圧クラス製品では、絶縁設計の最適化が進まないために、開発リードタイムの長期化や筐体（きょうたい）の大型化が問題になっている。

そこで、共通性の高い気中絶縁にフォーカスし、各製品に対して広く活用・参照できる気中絶縁設計ガイドラインを策定した。このガイドラインは、短期及び長期の絶縁破壊試験に基づいて絶縁設計上の留意点やポイントを網羅的に整理したものである。絶縁設計の経験が浅い設計者でも、ガイドラインに沿って設計することで、容易に合理的な絶縁設計ができる。これにより、絶縁設計のリードタイムや筐体寸法を大幅に削減できる。

今後は、気中絶縁設計ガイドラインの社内展開を進めていくとともに、各製品開発者にヒアリングを行い、ガイドラインの汎用性を高めていく。

東芝インフラシステムズ(株)

## ■ モールド機器製品におけるサージ侵入時の部分放電現象の解明



サージ電圧の侵入に伴って絶縁材料に生じる変化  
Changes to insulating material due to surge voltage application

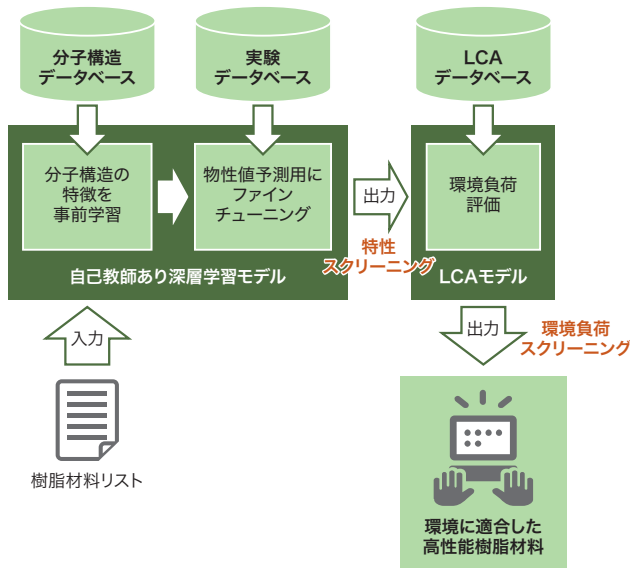
モールド変圧器をはじめとする電力機器は、数十年間という長期にわたって使用される。運転中には偶発的に雷サージや開閉サージのような過電圧が侵入し機器にダメージを与えるが、機器内部で起こっている現象の理解は進んでいなかった。そこで今回、サージ電圧の侵入時に絶縁材料に生じる現象を実験的に明らかにした。

サージ電圧が侵入するとき、モールド機器製品の製造過程でモールド内部に残存した空隙では、過大な放電電流が瞬間的に流れ、空隙の表面には多量の電荷が付着（帯電）する。このとき、運転電圧よりも低い電圧で部分放電が発生し、材料を劣化させる。しだいに帯電は消失するが、実際には部分放電の継続が観測された。ここで絶縁材料における電荷の挙動を詳細調査した結果、電荷は材料表面だけでなく材料内部にまで蓄積することを実測により確認した。これらの電荷は消失までに時間が掛かるため、故障リスクの高い状態が続く。

解明した現象を、サージ耐性を高める設計に反映することで、モールド機器製品の突発的な故障の抑止に貢献していく。

東芝インフラシステムズ(株)

## ■ 深層学習モデルを活用した環境適合性に優れた絶縁樹脂材料の探索技術



深層学習モデルとLCAを組み合わせた樹脂材料の探索技術  
Technology for polymer material exploration combining deep learning model and life cycle assessment (LCA)

電力機器には、高圧導体を絶縁・支持するための絶縁樹脂材料が多く用いられている。昨今の環境負荷低減ニーズの高まりとともに、現行の絶縁樹脂にも、より環境に適合した材料への代替が望まれる。

しかし、現行の製品性能を維持しながら環境適合性の向上を実現できる絶縁樹脂材料は未知であり、多様な樹脂材料から要求を満足する材料を早期に探索・適用する技術が求められてきた。

このため、樹脂の分子構造など各種データベースを活用して直接物性値を予測できる自己教師あり深層学習モデルを開発し、実験レスで材料の基本物性評価ができる仕組みを構築した。また、この深層学習モデルとライフサイクルアセスメント(LCA)の手法を組み合わせることにより、優れた材料特性と低環境負荷を両立する材料をデータドリブンで探索・提案する手法を確立した。これにより、環境適合材料の選定に掛かるリードタイムを大幅に短縮できる。

今後は、開発した深層学習モデルの更なる高度化を図るとともに、この技術を多様な製品開発に展開できるようモジュール化を進めていく。

東芝インフラシステムズ(株)