

★ 生産現場で働く外国籍の班員に伝わる朝礼を実現する“翻訳サイネージ”のプロトタイプ

Prototype of Signage with Translation Function for Foreign Workers with Goal of Enhanced Understanding Morning Assembly in Factory

当社では、3割を超える外国籍の班員がいる生産現場もあり、班員の母国語も様々である。毎日の朝礼で情報共有を行っているが、2022年度のデザイナーによる現場観察、社内調査では、外国籍の班員に朝礼の内容を正確に伝達できていないことが分かった。

そこで、朝礼での伝達事項を翻訳して、複数の言語で同時表示するサイネージシステムを試作し、2023年度から社内の工場で実証利用をしている。

朝礼前に原稿を作成する操作画面では、日本語からの翻訳結果を再度、日本語に翻訳し直す“折り返し翻訳”機能を搭載した。これによって、班長は、ポルトガル語やタガログ語などの翻訳結果を日本語で確認し、日本語で誤訳箇所

を修正できる。日本語での原稿作成から、多言語への一括翻訳、折り返し翻訳での精度確認、サイネージへの表示設定など一連の作業を、朝礼に特化してツール化し、コンテンツ作成時間を大幅に短縮した(図1)。

また、スマートフォンからサイネージの表示送りなどの操作をできるようにしたことで、班長は、サイネージを背に班員と向き合っ、表情や反応を見ながら朝礼を行うことができる(図2)。

“翻訳サイネージ”の導入後に実施した社内調査では、回答した外国籍の班員の9割以上から朝礼の内容が分かりやすくなったとの声を得られた。現在、デザインの視点から、ツールの使い勝手の向上を図り、開発を進めている。

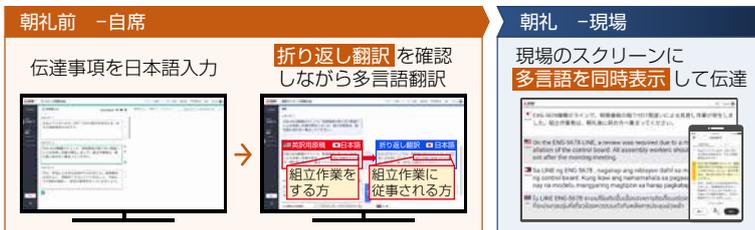


図1-折り返し翻訳を利用したサイネージ用の原稿作成手順



図2-多言語が同時表示できる“翻訳サイネージ”を利用した班長による朝礼

★ アクкумуляター内の冷媒挙動を対象とした気液二相流解析技術

Gas-Liquid Two-Phase Fluid Simulation Technology for Refrigerant Behavior in Accumulator

空調機の冷媒回路に設置されたアクкумуляターの内部の冷媒挙動を予測する解析技術を構築した。空調機に搭載されているアクкумуляターは、冷媒回路内の余剰な冷媒を溜(た)めて、冷媒から気体だけを分離する。気体を分離せず液冷媒が圧縮機に戻ると、軸受が摩耗し故障するおそれがある。また、昨今では製品訴求のためにアクкумуляター容器の小型化も求められており、溜めた冷媒の液面が高くなるため液冷媒が圧縮機に戻りやすくなる(図1)。そのため、これを抑制するアクкумуляターを設計する必要がある。

しかし、アクкумуляターは耐圧の面から金属で密閉されており、内部を直接観察できなかった。また、内部では入り口の配管から流入する冷媒と溜めた冷媒が混ざる複雑な現象が起きているため、従来の解析で予測するには計算規模が膨大になり、困難であった。そのため、試作と試験を

繰り返して適正な構造を決定していた。

そこで、解析モデルを工夫し、流入する液冷媒を粒子で模擬することで計算の負荷を削減し、液面の暴れ方や浮遊した液冷媒の挙動を可視化する気液二相流解析モデルを構築した。解析の結果と実機の可視化試験を比較し、冷媒挙動の整合性を確認した(図2)。更に解析を繰り返して配管の形状を適正化し、12%小型化しつつ、圧縮機に液冷媒が戻ることを抑制する構造を導出した。

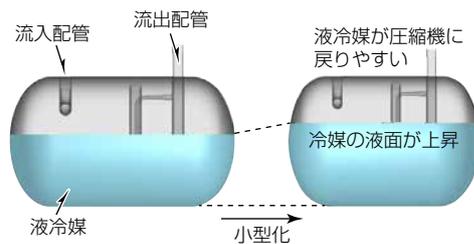


図1-アクкумуляター小型化による液面位置の変化

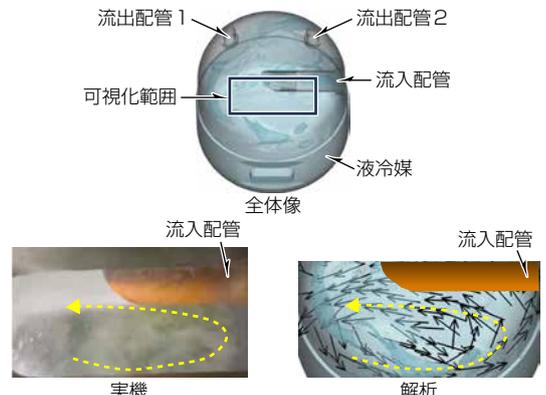


図2-アクкумуляター内流動挙動の比較

TEG Chip with Integrated Piezoelectric Elements, for Innovative Power Module Technology

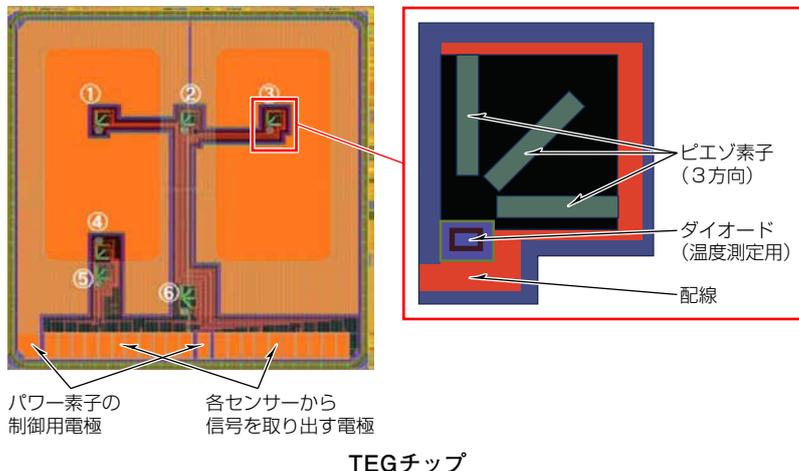
パワーモジュールの組立てプロセスで、パワー素子には主に温度変化に起因した熱応力が発生する。またパワーモジュールの動作中にも、温度変化による熱応力が生じる。この熱応力が過度になると、パワー素子の電気的な特性が変化したり、パワー素子自体が損傷したりする可能性がある。そのため、新規のパワーモジュール構造の開発では、パワー素子に生じる熱応力が許容範囲内にあるかどうかを確認することが重要である。

従来はひずみゲージを用いて応力を測定していたが、ひずみゲージを取り付ける際に用いる接着剤を硬化させるのに必要な熱履歴の影響を受けるなどして、十分な精度を得ることが困難であった。

このたび、パワー素子に応力測定用のピエゾ素子と温度センサーを組み込んだTEG (Test Element Group) チップを開発した。

組立てプロセスで生じる様々な応力をリアルタイムに計測できるだけでなく、パワー素子が動作中の熱応力と温度を直接測定することが可能になった。

今後は、この新たな手法を利用して、新しいパッケージの開発に取り組んでいく予定である。



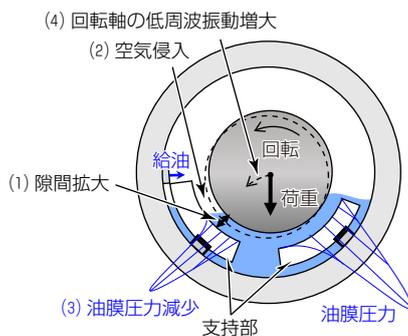
■ タービン発電機回転軸の振動を高精度に予測する解析技術

Improvement of Loss and Reliability of Journal Bearing in Turbine Generator

タービン発電機の回転軸の振動挙動を予測する新たな解析技術を開発した。発電機の回転軸は、軸受の支持部と回転軸の隙間で形成される油膜の圧力によって支持され、軸受で発生する摩擦損失は発電機全体の損失の約1割を占める。近年、発電効率の向上に向けて、少ない給油量で潤滑することで摩擦抵抗を低減可能な低損失軸受の適用拡大を進めているが、回転軸の質量が比較的軽い機種では、給油量を少なくすると回転軸が浮上して支持部との隙間が拡大する。拡大した隙間に空気が侵入し、回転軸を支える油膜圧力が減少することで回転軸の振動が増大する懸念があり、振動に対する給油量の適正化が課題であった。

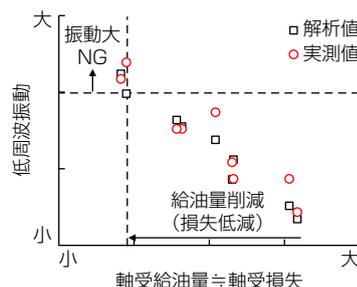
今回、空気の侵入を考慮した油膜圧力の計算モデルを構築し、過渡的に変化する空気の侵入量から油膜圧力の変動を予測可能にした。さらに、油膜圧力の変動によって不安定になる回転軸と軸受支持部の運動方程式を連成させて回転軸の振動挙動を予測する新たな解析技術を開発した。こ

の技術によって、これまで経験則に基づいて予測していた回転軸の振動をより広範囲な条件で高精度に予測でき、回転軸質量が軽い機種に対しても、給油量を適正化した低損失軸受を適用可能になり、軸受の給油量及び摩擦損失の40%削減を実現した。

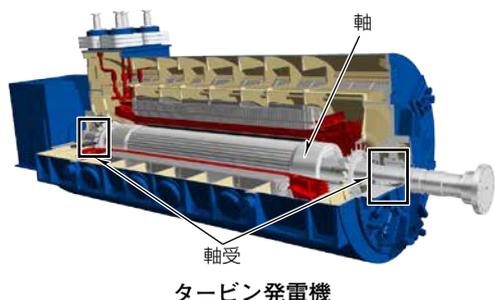


出典：岡野紗耶, ほか：大容量水素間接冷却タービン発電機の高効率化・高信頼性化の最新技術, 日本ガスタービン学会誌, 48, No.1, 9 (2020)

回転軸の質量が軽いときの挙動



低周波振動解析結果の実測比較

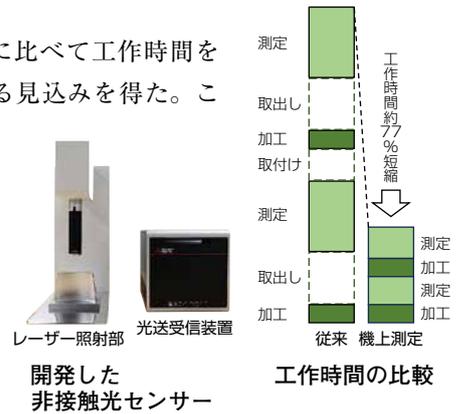


## 加工機向け高精度非接触測定技術

High-Precision Non-contact Measurement Technology for Processing Machines

加工機による工作は、工作物が目標精度を満たすまで、加工と形状測定を繰り返し行う。従来の接触式センサーでは、形状を測定するたびに、工作物を加工機外へ取り出す必要があり、結果として作業時間が長くなる課題があった。一方、従来の非接触光センサーは感度が低く十分な精度が得られなかった。今回、周波数変調方式を用いた高感度な光測定方式を適用することで、高精度化の壁であった感度を改善し、接触式センサーと同等である1μm精度の非接触光センサーを開発した。加工機上での形状測定を実現す

ることで、従来に比べて作業時間を約77%短縮できる見込みを得た。この光センサーは、非接触性と高精度測定を両立し、加工と検査を加工機上で連携する新しい測定技術である。



## NC向け加工可否判定技術

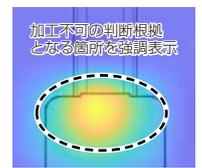
Technology for Estimating Processability with NC Machining

複雑な三次元形状を持つ製品の金型製作で、設計後のNC(Numerical Control)加工段階で初めて設計どおり加工できないことが分かり、手戻りになる問題がある。

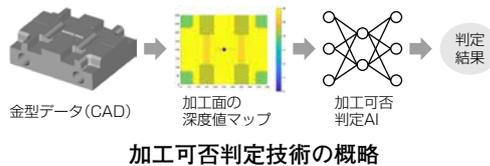
そこで、設計段階の金型データから加工可否を判定し、不可の場合は原因箇所を提示する技術を開発した。この技術は加工面の深度値マップだけでAI学習するため、従来法より少ない学習データで高精度に判定できる。また、判定への寄与度をヒートマップ化して原因箇所を提示できる。

ター用設計データで95%の判定精度を達成し、手戻り件数を1/20に削減できた。また、加工不可と判定された場合の修正工数を1/3に削減できた。

今後、金型以外の多様な加工製品への適用を目指す。



ヒートマップによる原因箇所の提示



加工可否判定技術の概略

従来技術と開発技術の比較

	従来技術	開発技術
入力形式	Voxel	深度値マップ
構成	CNN3層+FC層	CNN3層+FC層
フィルターサイズ	4×4×4	4×4
パラメーター数	242	118
必要な学習データ数	8,000件~	3,000件~

CNN: Convolutional Neural Network, FC: Fully Connected

## 画像処理向け高性能パイプラインを合成可能な機能IPライブラリー

Pipeline Circuit Synthesizable IP Library for High-Performance Image Processing

論理回路設計手法の一つである高位合成による画像処理回路の開発では、機能(関数)の組合せでアルゴリズム(C/C++)を設計した後、処理全体がパイプライン動作するよう、回路向けの再設計が必要であった。この再設計工程を省略し、設計効率化を実現する機能IP(Intellectual

Property)ライブラリーを開発した。この機能IPライブラリーは画像処理向けの関数を定義し、各関数は入出力データ型に応じたバッファ回路を自動挿入する仕組みを備える。そのため、関数の組合せでアルゴリズムを設計するだけで、高位合成時に関数間が自動的に適切なバッファ回路で結合され、処理全体がパイプライン動作する画像処理回路が容易に得られる。これによって、従来必要であった再設計工程が不要になった。

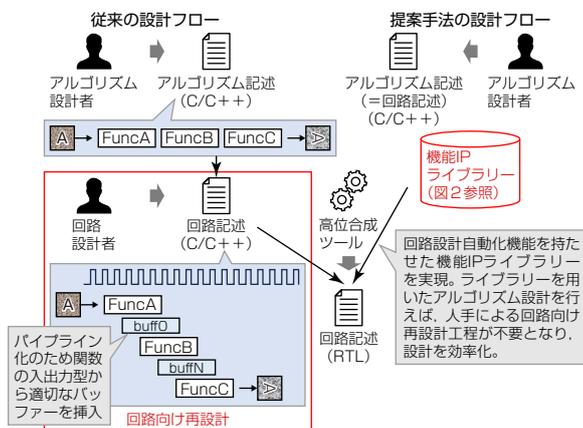


図1-設計フローの比較

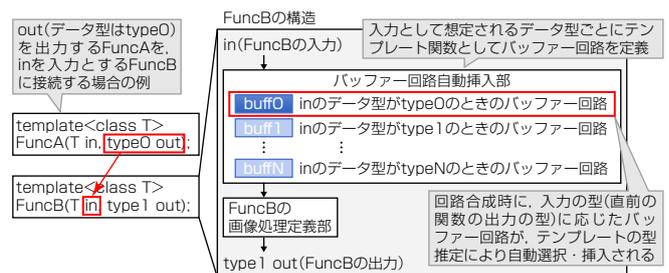


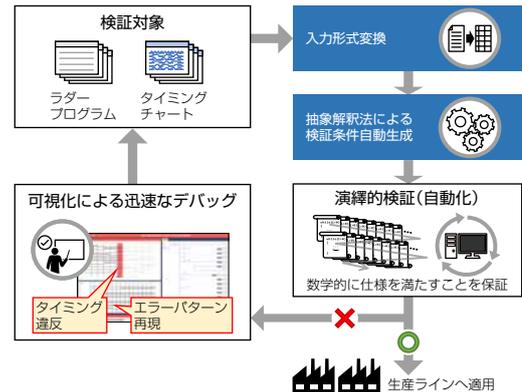
図2-機能IPライブラリーの構造とバッファ回路自動挿入の仕組み

## ラダープログラム及びタイミングチャートのフォーマルメソッド検証

Formal Methods Verification of Ladder Programs and Their Timing Chart Specification

工場の生産ラインで用いられるラダープログラムは、生産ラインの高度化とともに大規模化しており、網羅的な検証がより重要になる。今回、数学的手法であるフォーマルメソッドを用いた検証技術を開発した。

ラダープログラムとその仕様であるタイミングチャートを検証可能な入力形式に変換し、抽象解釈法で検証条件を自動生成した。これによって、人手を要していた演繹(えんえき)的検証の自動化を実現し、従来は困難であった網羅的な検証を数十秒程度で可能にした。さらに、入力形式にデバッグ情報を埋め込むことで、タイミング違反を検知した際のパターンを再現でき迅速なデバッグが可能になった。今後はこの技術を幅広い分野へ展開するため開発を進める。



フォーマルメソッドを適用した検証フロー

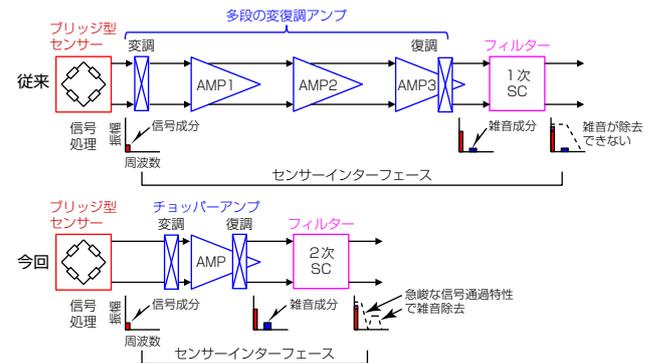
## ブリッジ型センサーの低雑音インターフェース回路設計技術

Low Noise Design Technology for Bridge-Type Sensor Circuits Embedded in ASIC

電動車両の普及に伴い電流監視に用いられるセンサーの高精度化が求められている。この解決にはセンサーに搭載されたASIC(Application Specific Integrated Circuit)内のセンサーインターフェース回路の低雑音化が必要である。従来は、多段アンプで変復調し、1次スイッチドキャパシター(SC)で雑音を除去していたが、ブリッジ型センサー特有のスピン雑音除去と低消費電力化の両立が困難という課題があった。

そこで、低消費電力化に適したチョッパーアンプと2次SCを組み合わせた回路を開発した。変復調を一体化したチョッパーアンプと急峻(きゅうしゅん)な信号通過特性を備えた2次SCF(Switched Capacitor Filter)によって、スピン雑音を除去しながら従来比約30%の低消費電力化

と約90%の低雑音化の両立を実現した。



	方式	雑音	消費電力
従来	多段アンプ+1次SC	△	△
今回	開発したセンサーインターフェース回路	○	○

開発したセンサーインターフェース回路

## 脆弱性影響分析の効率化技術

Technology for Improving Efficiency of Vulnerability Impact Analysis

IoT(Internet of Things)化の進展に伴い、サイバー攻撃によるセキュリティリスクが増大している。IoT製品の多くはOSS(Open Source Software)を利用しており、利用OSSの脆弱(ぜいじゃく)性が公開された場合、製品への影響有無を、迅速に分析する必要がある。しかし、公開されたOSS修正情報又は製品コードが大規模・複雑な場合、従来の手作業による分析には、多くの時間を要していた。今回、製品コード上でOSSの脆弱な関数を特定し、特定した関数が実際に動作し得るかを分析する作業に着目し、効率化した。具体的には、コンポジション解析、ソースコード管理、静的構造解析ツール連携による、一連の分析作業の自動化技術を開発した(図1)。これによって、脆

弱性の影響有無を分析するのに要する時間を短縮した。

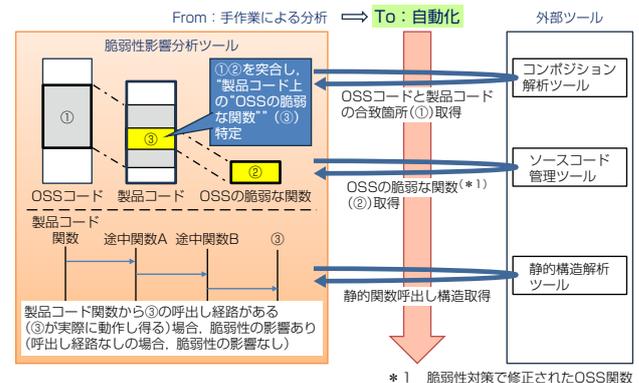


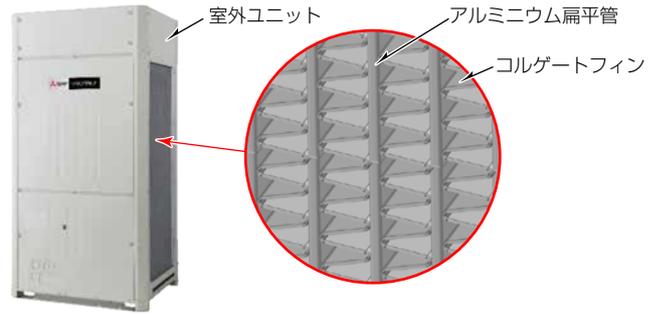
図1-脆弱性影響分析作業の自動化

## ■ ロール成形による熱交換器用フィンの排水穴開け加工技術

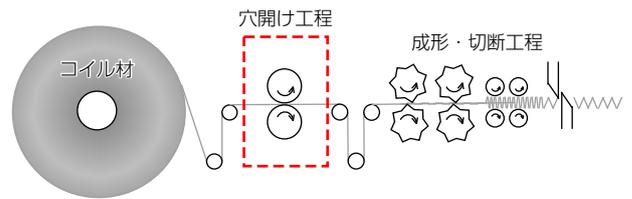
Drainage Hole Processing Technology for Heat Exchanger Fins by Roll Forming

当社は2024年9月、業界最高クラスの伝熱性能を持つ鉛直アルミニウム扁平(へんぺい)管熱交換器を搭載したビル用マルチエアコン室外ユニット“グランマルチ”を発売した。この熱交換器は波形状のコルゲートフィンが鉛直方向に配置されており、運転中に発生するフィン表面の結露水を円滑に排水するための排水穴をフィンに設けていることが特徴である。

コルゲートフィンの波形状加工は、一般に生産性の高いロール成形で連続的に行われる。今回、排水穴開け加工も同様にロール成形で行い、それらの工程を連動させる工法を実用化した。一般的なコルゲートフィンの熱交換器と比較して、生産性を損なうことなく、排水穴付きコルゲートフィンの製造を実現した。



鉛直アルミニウム扁平管熱交換器



ロール成形概略

## ■ 電子ビーム金属3Dプリンターの純銅造形技術

Pure Copper Additive Manufacturing with Electron Beam Melting

純銅は優れた熱伝導率と電気伝導率を持つため、金属粉末を溶融・積層する3Dプリンターによって中空構造や複雑な立体構造を形成して、熱交換器や電気回路の性能を大幅に向上させる可能性を秘めている。溶融源として主に用いられているレーザーは純銅の高い反射率が障害になるが、電子ビームを用いることで原理的には積層造形が可能になる。当社は、電子ビーム金属3Dプリンター(EZ300)を販売しており、そのアプリケーションとして純銅造形技術の開発に取り組んで、純銅造形は入熱コントロールが最も重要であることを突き止めた。造形エリアに応じた入熱量補正など独自のアルゴリズムによって造形温度と保持温度を安定させることで、高さ250mmを超える大型部品の造形を実現した。



構造部品 純銅

形状外形：□220mm-285mm  
造形時間：103時間

大型純銅造形部品

## 電気自動車用インバーターの熱解析手法

Thermal Analysis Method for Inverters for Electric Vehicle

電気自動車用インバーターの開発で三次元モデルを用いた熱解析を活用している。このうち、インバーターの主要な部品であるパワーモジュール、平滑コンデンサー、バスバー(以下“主回路”という。)の熱解析では、主回路に流れる電流の経路が複雑であるためこれを計算する手間が多く、時間がかかる問題があった。

そこで、電流及び損失密度分布を解析によって求めるよ

うにして、さらに熱解析と同時に自動で連成解析する、計算負荷の小さい熱解析アルゴリズムを開発した(図1)。主回路の各部に流れる複雑な電流波形を複数の実効値で表して、複数の電流解析を行った後に解析結果を合成して電流及び損失密度分布を求めることによって、解析精度を維持しながら、1条件当たりの解析計算時間を10時間から5分に短縮した。

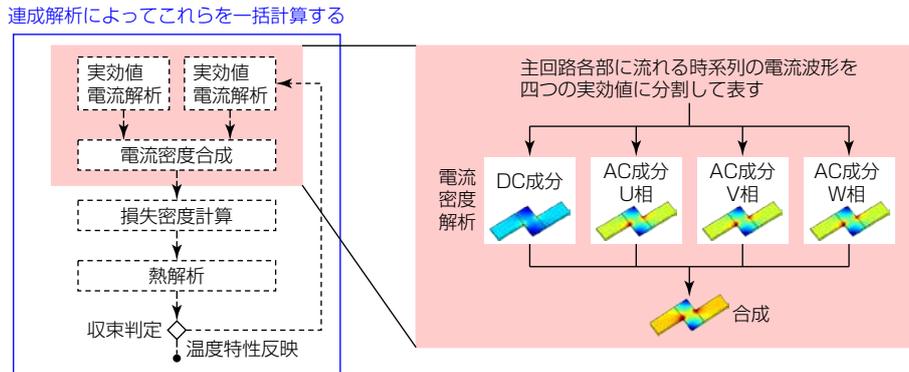
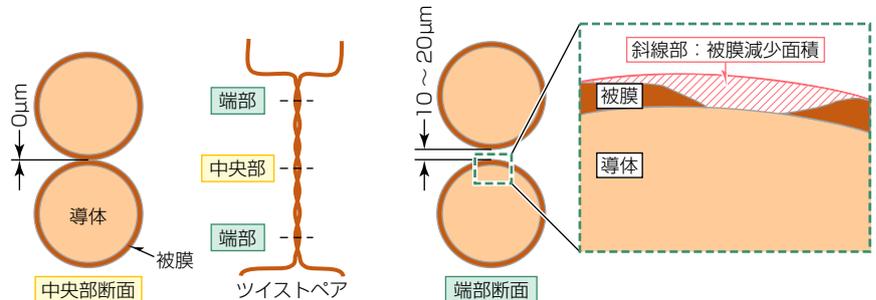


図1-計算負荷の小さい熱解析手法のプロセスフロー

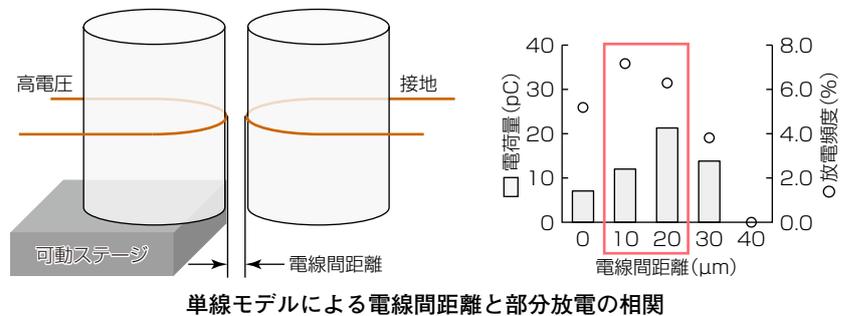
## 銅エナメル電線の部分放電評価精度の向上

Improved Accuracy of Prediction of Partial Discharge Life of Enameled Wires

モーター部品のコイル等を使用されるエナメル線の部分放電寿命を評価する際、2本のエナメル線を巻き付けたツイストペアが用いられているが、寿命がばらつく問題があった。そこで、ツイストペアの線間が密着している中央部よりも線間に隙間がある端部の方が部分放電試験後の絶縁被膜の減少面積が多いことに着目し、所定の間隔を隔てた二つの円柱それぞれにエナメル線を1周巻き付けた単線モデルによる部分放電の評価によって、電線間距離10~20 $\mu\text{m}$ で部分放電が発生しやすいことを明確化した。ツイストペアでの寿命評価の精度を向上させるには、電線間に隙間ができる箇所に絶縁樹脂被覆するなどして電線間距離を一定にすべきである。



部分放電劣化後のツイストペアの電線間距離と絶縁被膜の減少面積



単線モデルによる電線間距離と部分放電の相関