

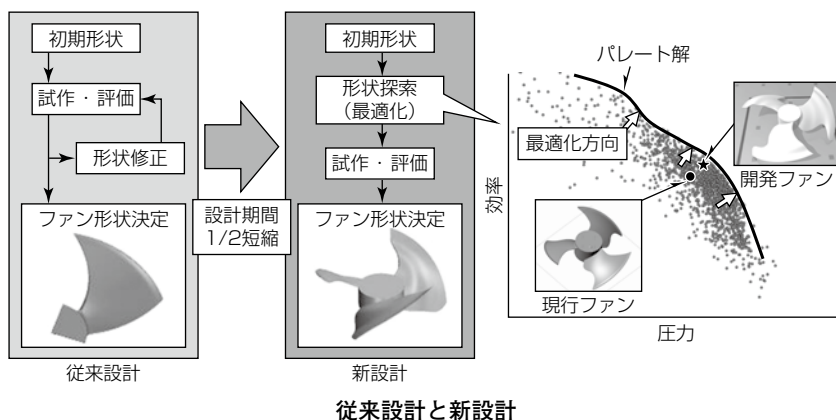
■ 1. 研究開発 Research and Development

■ 流体解析を活用したファンの最適化設計

Optimized Fan Design with Computational Fluid Dynamics

換気扇や空調機に用いられるファンは、以前から試作・評価を繰り返すことで形状を設計しており、多くの時間を要することが課題であった。その対策として、数値流体解析と遺伝的アルゴリズムを組み合わせた高速な設計手法を開発した。数値流体解析の高速化と、解析モデルの作成から結果の処理に至る一連の流れを自動化することで、設計期間を従来の半分に短縮した。さらに、設計パラメータを大幅に増加させることで形状自由度が向上し、設計点での流れに合わせた詳細な形状(パレート解)抽出が可能になった。この手法を適用し、ファンの効

率を3%改善したルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”の量産を2020年11月から開始した。

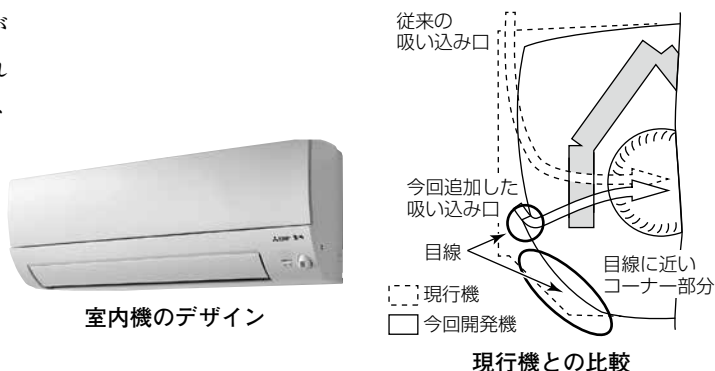


■ 小部屋向けエアコン“Sシリーズ”

"S Series": Air Conditioners for Small Rooms

低価格帯が主流の小容量エアコン市場に向けて、真のユーザーニーズに応える小部屋向けエアコン“Sシリーズ”を開発した。主用途である寝室や子供部屋では、圧迫感がなく、様々なインテリアになじむ色のエアコンが求められる。この機種では目線に近いコーナー部分を大きくカットした形状で実寸法より薄く見える形状の工夫と、正面にも吸い込み口を設けて本体サイズを薄型化することで、圧迫感を軽減した。また、吸い込み口はユーザーの目線から見えにくくなるよう上向きに配置し、すっきりした外観を目指した。3色のカラーバリエーションを用意し、形状の工夫と合わせて小部屋でも圧迫感

のないインテリアになじむデザインを実現した。



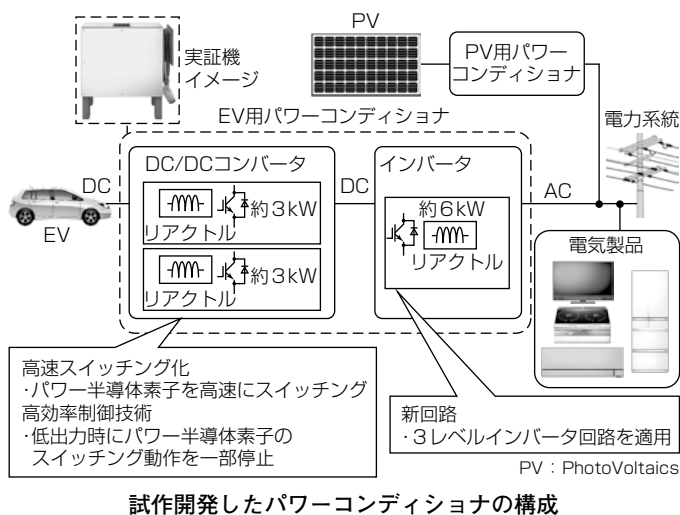
■ 電気自動車用パワーコンディショナの小型・高効率化技術

Compact and Highly Efficient Electric Vehicle Power Conditioners Technology

住宅車庫の狭いスペースへの設置と、EV(Electric Vehicle)電池の効率的な活用を実現する、電気自動車用パワーコンディショナ(EV-PCS)の小型・高効率化技術を開発した。

スイッチング時の電圧変動抑制技術によるパワー半導体素子の高速スイッチング化、及び3レベルインバータ回路の適用によって、電力変換器のリアクトルを小型化した。また、低出力時にはパワー半導体素子のスイッチング動作を一部停止する制御によって、EVから家庭への高効率電力伝送を実現した。

これらによって、EV-PCSの体積を従来の約半分にし、また、一般家庭で使用頻度の高い、1kW以下の低出力時の電力損失を従来に比べて約30%削減した。



■ 青空模擬照明の睡眠への影響解析

Effect Analysis of Simulated Blue Sky Lighting on Sleep

奥行き感のある自然な青空を再現する青空模擬照明(図1)が睡眠の質に与える影響を、被験者実験によって定量的に評価した。午前9～11時の時間帯では通常照明(一般的なLED照明)下、青空模擬照明下、自然光下の三つの照明条件下で椅子に座ってのパソコン作業を、それ以外の時間は遮光制限のある室内(通常照明下)で行動させた。計測には終夜睡眠ポリグラフ装置を用いた(図2)。



図1. 青空模擬照明

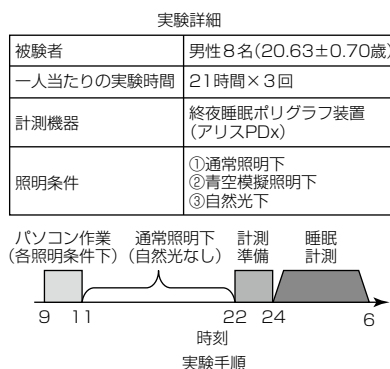


図2. 実験条件

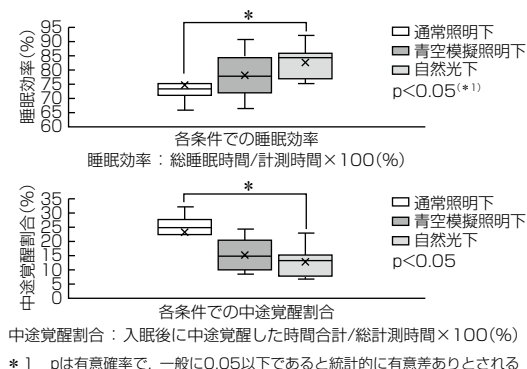


図3. 睡眠への影響に関する実験結果

■ 三菱電機“統合操作アプリMyMU”のUIデザイン

User Interface Design of Smartphone Application "MyMU" for Integrated Operation of Home Electrical Appliances

スマートフォン向け“統合操作アプリMyMU”のUI(User Interface)デザインを開発した。当社の家電には機器ごとに個別のアプリケーションが存在し、利用者は機器ごとにアプリケーションのダウンロードや設定をしなければならないため、管理や操作が必要だった。また、アプリケーションごとにUIの操作方法が異なり、それぞれの使い方を覚える必要があった。そこで、複数のアプリケーションを統合管理するUIを開発した(図1)。UIデザインをガイドライン化して、操作方法、意匠、構成の統一を図った。ガイドラインではユニバーサルデザインも考慮した(図2)。これによって複数機器間で統一されたUIになり操作性が向上した。

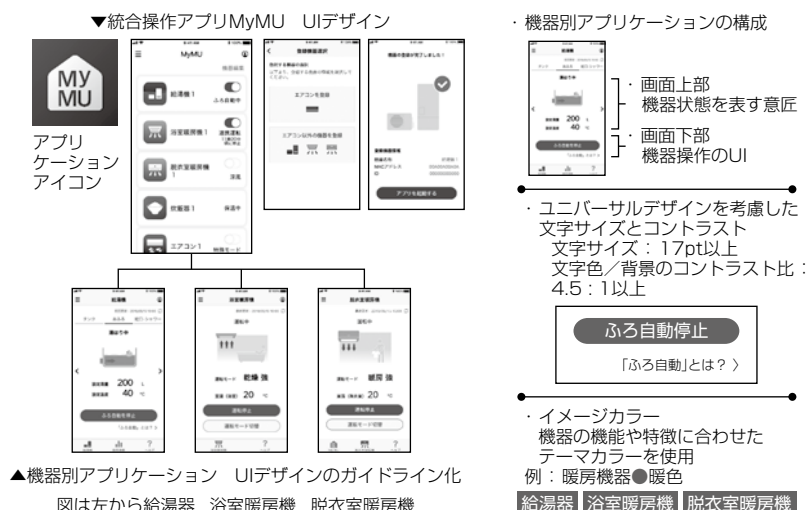


図1. 統合操作アプリMyMUの全体像

図2. UIデザインガイドライン概要

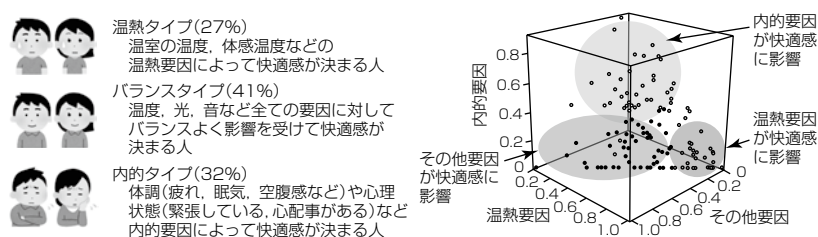
■ 感性工学手法による個人の快適感認知構造の解明

Elucidation of Individual Cognitive Structure of Comfort by Kansei Engineering

オフィス空間などの室内環境で個人がどのような仕組みで快・不快を感じるのかという快適感の認知構造を、関西学院大学と共同で世界で初めて^(*)解明した。人間の感性という論理的に説明しにくい反応を分析する感性工学の手法を用い、快適感の判断が従来言われていた温湿度等の温熱要素だけでなく、体調や心理状態といった内的な要素にも影響を受けると明らかにした。さらに、その影響度の違いによって個人を3タイプ(温熱、バランス、内的)に分類できることを科学的に解明した。この成果は、個人に合わせて快適

感を提供する快適空間形成ソリューションの実用化に向けて貴重な知見であり、各個人のタイプのセンシングなど製品実装のための技術を開発していく。

* 1 2020年7月21日、当社調べ



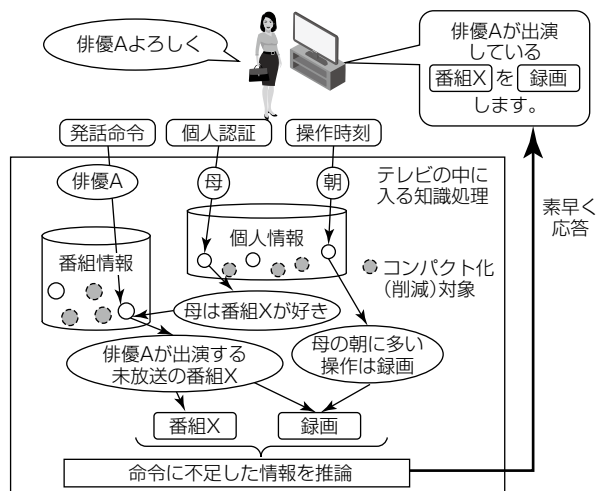
快適感の判断要因別のタイプ分類と各タイプの分布

■ コンパクトな知識処理に基づくHMI制御技術

Compact Artificial Intelligence Knowledge Representation and Reasoning Technique for Human Machine Interfaces

人の発話命令には述語や目的語が欠落することが多く、命令をAIが正確に理解できない問題がある。

そこで、当社AI技術“Maisart”を活用し、テレビを適用例として、個人認証や操作時刻等のセンシング情報と発話命令を、嗜好(しこう)や操作履歴等の個人情報や番組情報等と統合し、命令に不足した情報を状況に応じて推論する技術を開発した。また、統合情報から推論に必要な情報だけを抽出し、推論演算量を削減するコンパクトな知識処理技術を開発した。これによって曖昧な発話命令を1秒以内で理解して即時応答するHMI(Human Machine Interface)を実現した。今後、家電機器等への適用性を検証し、2022年以降の商用化を目指す。



テレビアプリケーションへの適用例

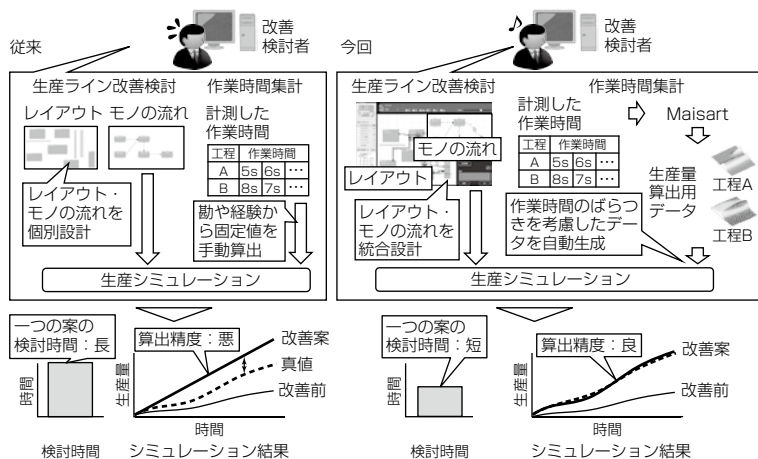
1.2 インダストリー Industry

■ 生産ラインの改善支援技術

Production Line Improvement Technology

生産ラインの改善検討では、フロアのレイアウトとモノの流れを個別に設計していたため、それらを組み合わせた際に、作業領域の確保漏れなどによる手戻りが多くあった。また、人作業を含む生産ラインでは、改善効果の見積りが困難であった。

今回、レイアウトとモノの流れの統合設計環境を開発した。また、現場で計測した作業時間から、当社AI技術“Maisart”を用いて作業時間のばらつきや時間帯による作業効率の変化を分析し、生産量を高精度に算出する技術を開発した。これによって、従来の2分の1の工数で、効率よく生産ラインの改善検討を行うことが可能になった。



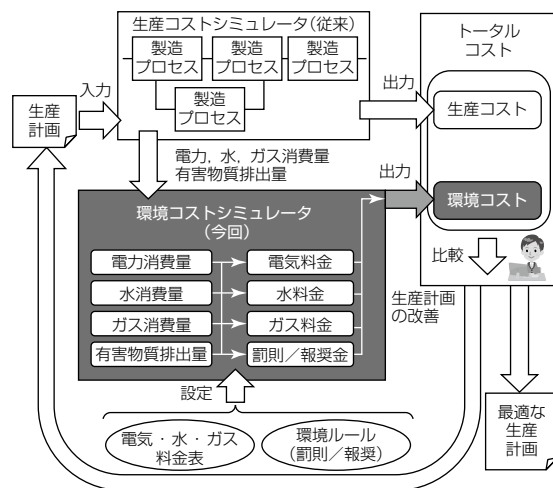
生産ラインの改善検討での開発技術有無の比較

■ 生産性と環境負荷の最適バランス決定を支援するシミュレータ

Simulator for Deciding Optimal Balance Between Productivity and Environmental Load

中国を始め、全世界で進む製造業に対する環境規制強化に向け、生産性と環境負荷との最適なバランスの決定を支援するシミュレータを開発した。

従来の生産性向上に主眼を置いた生産計画では、環境への配慮が不足し、環境規制に対応できない問題がある。そこで今回、電気や水、ガス等の資源の消費量と、有害物質の排出量とから、環境負荷を環境コストとして出力するアルゴリズムを開発し、従来の生産コストシミュレータに追加実装した。その結果、生産性と環境負荷のコスト比較を基に生産計画の改善を行い、環境規制を守りながら生産性を最大化することが可能になった。



生産コストシミュレータと環境コストシミュレータ

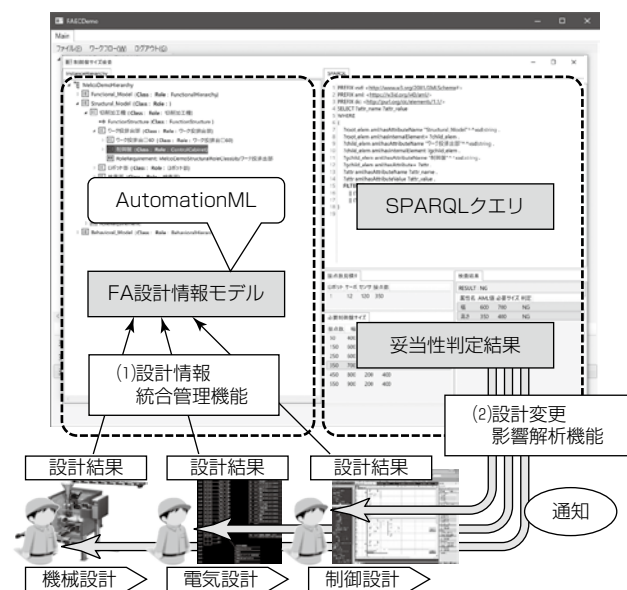
FAエンジニアリングチェーン設計工程向けデータ連携基盤技術

Core Technology on Data Coordination among Factory Automation Engineering Chain Design Processes

エンジニアリングチェーンでの生産設備の機械、電気、制御の設計工程間調整期間短縮に向け、当社のFA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”のデータ連携基盤技術として、次の2機能を開発した。

- (1) 各工程の設計ツールでの出力結果を、Industry 4.0推奨標準のAutomationML^(注)形式で定義したFA設計情報モデルで表現し、一元管理する設計情報統合管理機能
- (2) 各工程の設計の追加・変更に対して、FA設計情報モデルに対するSPARQLクエリとその期待応答結果で定義される依存関係情報から、各設計の妥当性を判定し、修正箇所を各設計者に通知する設計変更影響解析機能

これらを含むプロトタイプに実際の設計事例を適用し、設計工程間の調整作業削減効果を確認した。



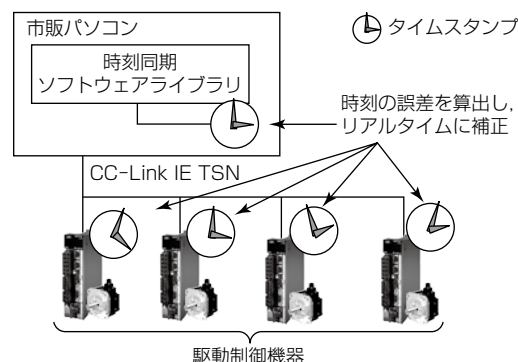
エンジニアリングチェーン連携環境ソフトウェア

市販パソコンによるCC-Link IE TSNの実現

CC-Link IE TSN Support for Commercial Personal Computer

市販パソコン向けの時刻同期機能を開発し、従来技術では難しかった市販パソコンからのTSN(Time Sensitive Network)を採用した産業用ネットワークCC-Link IE TSNによる駆動制御を可能にした。市販パソコンをCC-Link IE TSNに接続して駆動制御を行うには、市販パソコンと駆動制御する各機器間で時刻が同期する必要がある。今回、それらがデータを送受信する際のタイムスタンプを使い、時刻の誤差を算出し、リアルタイムに補正して同期する機能を開発した。この機能をソフトウェアライブラリとして市販パソコンに搭載し、CC-Link IE TSNで要求される機器間の同期時刻誤差1μs以下を達成して、市販パソコンによるCC-Link IE TSNを用いた駆動制御を可

能にした。この成果はCC-Link IE TSNマスタ局用のソフトウェア開発キットに適用されている。



市販パソコンによるCC-Link IE TSNの実現

次世代半導体向けマルチワイヤ放電スライス加工機“DS1000”

Multi Wire Electrical Discharge Slicing Machine "DS1000" for Next-Generation Semiconductors

高硬度な炭化ケイ素(SiC)や高脆性(ぜいせい)な窒化ガリウム(GaN)などの次世代半導体材料で、放電加工によって複数枚を同時にスライスできるマルチワイヤ放電スライス加工機“DS1000”を世界で初めて^{(*)1}製品化した。

この加工機は、並列する各々のワイヤへの給電部を独立させ、同時に均等なエネルギーを供給・放電させることで、加工安定性と加工速度向上を両立させた。

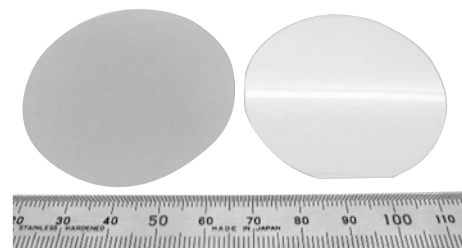
この製品の導入によって省エネルギーや高速スイッチングなどの特長を持つパワー半導体、通信用デバイス、ダイオードやLED向けに需要拡大しているSiCやGaNのスライス工程の素材

有効活用率と歩留りはそれぞれ従来工法の20%、40%向上、ランニングコストは80%削減が期待される。

*1 2019年9月12日現在、当社調べ



マルチワイヤ放電スライス加工機DS1000



DS1000によって加工された2インチGaNウェーハと研磨後のウェーハ

提供：(株)サイオクス

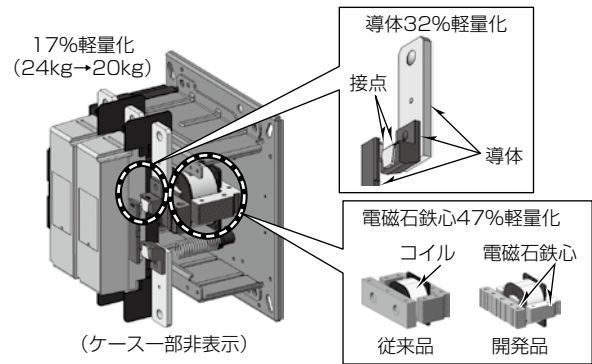
■ 大容量電磁開閉器(600/800A機種)の軽量化技術

Weight Reduction Technology for Large-capacity Electromagnetic Contactors (600A/800A Models)

パワーコンディショナ等のオンオフ制御に用いられる大容量電磁開閉器では、組立てや設置作業効率化のために、重量物である電磁石や導体の軽量化が求められている。

今回、電磁界解析によって、接点を駆動する電磁石の鉄心断面積を縮小してコイルの巻き数を増やし、電磁石の吸引力を強化しつつ鉄心を47%軽量化した。また、電磁石の吸引力強化によって、通電時に最高温度となる接点の接圧が強まって発熱量が低減し、周囲の導体の断面積縮小可能量を熱流体解析で計算した結果、導体を32%軽量化できることが分かった。これらによって、当社の最大容量である600A及び800A機種の質量を従来の24kgから20kgに

17%軽量化できた。

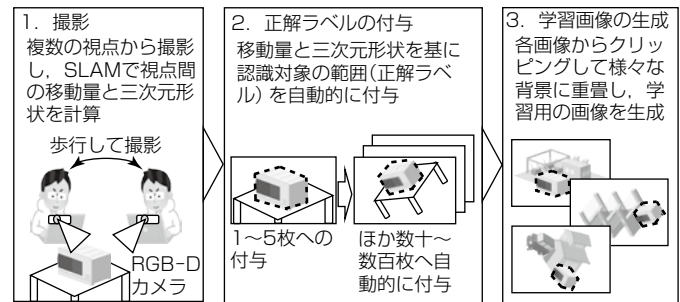


大容量電磁開閉器の軽量化

■ 三次元センシングを用いた学習データ生成

Training Data Generation through 3D Sensing

画像に映った特定の物体を認識するCNN(Convolutional Neural Network)を作成するには、数百～数百万枚の画像収集と、各画像に物体の範囲を示す正解ラベル付与が必要である。ラベル付与のコスト削減のため、認識対象の画像とともに撮影した三次元形状を基にユーザーが入力した正解ラベルを視点変換し、他の視点から撮影した画像へ自動的に正解ラベルを付与する。これによって、1～5枚へのラベル付与だけで、撮影した物体を認識するモデルを作成する。物体検出、ピクセルごとに物体を認識するセグメンテーション、6DoF(6 Degrees of Freedom)姿勢推定のCNNに適用し屋内環境で効果を確かめた。今後、より多くの物体が置かれた屋内や、多様な照明条件の屋外で検証する。



SLAM : Simultaneous Localization and Mapping(複数枚のカラー・距離画像から視点間の移動量を計算するとともに三次元形状を作成する技術)
RGB-D : Red, Green, Blue-Depth

効果確認済みのCNNの入出力

■ 農作物の栽培実績データ分析に基づく農作業判断支援技術

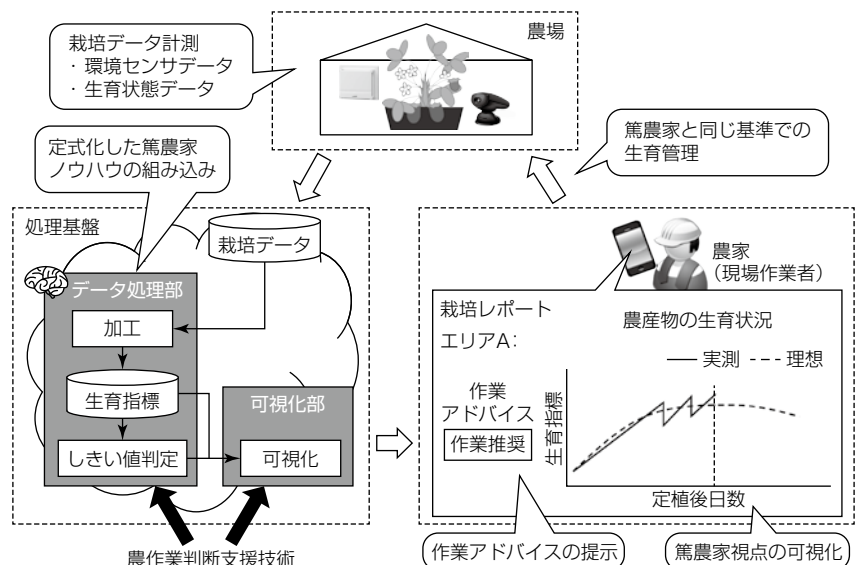
Decision Support Technology for Cultivation Workers by Formalizing Farmer's Knowledge

農業の現場では、生産管理ノウハウが形式知化されておらず、篤農家の勘と経験に頼った管理であることが多い。そのため篤農家でない現場作業者は、適時適切な管理作業が難しく農作物の収量が安定しないことが問題であった。

この技術では、栽培実績データの分析結果を基に定式化した篤農家のノウハウを生育指標の算出としきい値判定に活用することで、篤農家視点の可視化と農作業判断支援(アドバイス)を実現した。現場作業員には、農作物の生育状況と作業アドバイス情報からなる栽培レポートを提示する。

これによって、現場作業員が篤農家と同じ基準で生産管理できるようになり、安定した収量の確保、ひいては健全な農

業の生産管理・経営の実現に寄与する。



農作業判断支援技術を活用した農作業の流れ

■ テープ検知センサ

Tape Detection Sensor

ATM(Automatic Teller Machine)に代表される金融端末装置には、紙幣の真贋(しんがん)判定のため、密着イメージセンサ(Contact Image Sensor : CIS)、磁気センサ、さらにテープ有無を検知するセンサ等、多様なセンサが搭載されている。テープ検知センサとは、紙幣に貼られたテープ(サイズ: 10×40mm以上、厚み0.05mm以上)の有無から不正な紙幣を判別するためのデバイスである。現在、テープ検知センサとしては、接触式メカニカルセンサが主流であるが、コストが高く装置内に専用のスペースが必要になる課題があった。

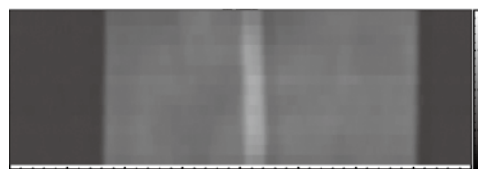
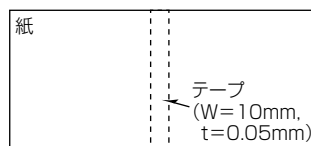
そこで、現行の密着イメージセンサのサイズを維持した

まま一体化し、非接触でテープの有無を検知可能な静電容量方式の小型テープ検知センサを開発した。このセンサの解像度は5.4mm/chで、テープの有無による数fFの静電容量値変化を検知することが可能である。また、CISと一体化したことによって小型化を実現したことに加えて、CISで取得した画像データと組み合わせることで、紙幣上のテープ貼付け箇所を画像上で可視化することも可能になり、真贋判定の精度向上にも貢献する。

現在、紙幣の短辺方向読み取り装置向けにCIS一体テープ検知センサ(有効読み取り幅: 86mm)の製品化を進め、量産を開始する計画である。



テープ検知センサの原理試作品



テープ検知センサで取得した画像データ

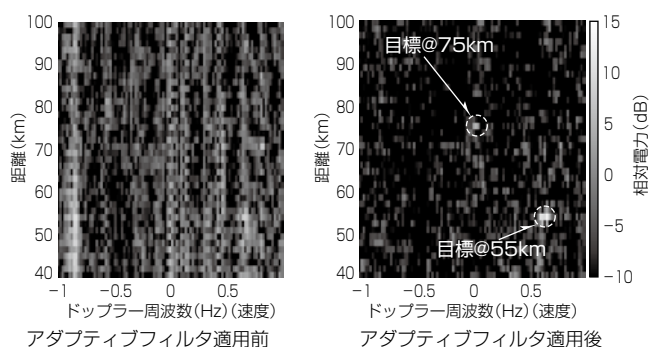
1.3 インフラ Infrastructure

■ 海上交通監視のための船舶搭載見通し外レーダ技術

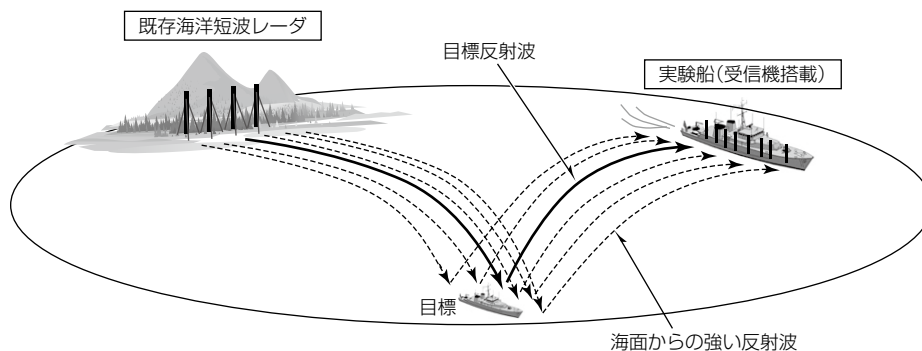
Shipboard Over-the-horizon Radar for Maritime Traffic Monitoring

AIS(Automatic Identification System)等の電波が届かない沿岸から遠く離れた見通し外海域で海上交通監視を実現する船舶搭載見通し外レーダを試作し、実験航海で75km遠方の目標(タンカー)をとらえることに成功した。このレーダは、既存の海洋短波レーダ電波の目標反射波を実験船搭載受信機でとらえて監視範囲拡大を実現する新しいタイプのレーダである。課題は、周囲海面からの強い反射波が目標反射波と混ざることであった。そこで、海面反射波と目標反射波では、到来方向と相対速度の関係が異なることを利用したアダプティブフィルタを開発し、距離・

ドップラー周波数(=目標速度)の領域で不要反射波を抑圧し、目標反射波を抽出した。



開発したアダプティブフィルタによる目標信号抽出の効果

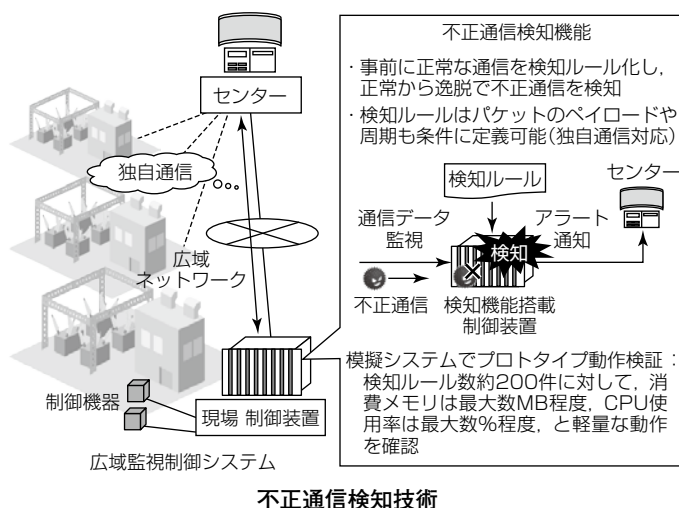


船舶搭載見通し外レーダの概念図

■ 広域監視制御システム向け不正通信検知技術

Intrusion Detection Technology for Wide Area Monitoring and Control System

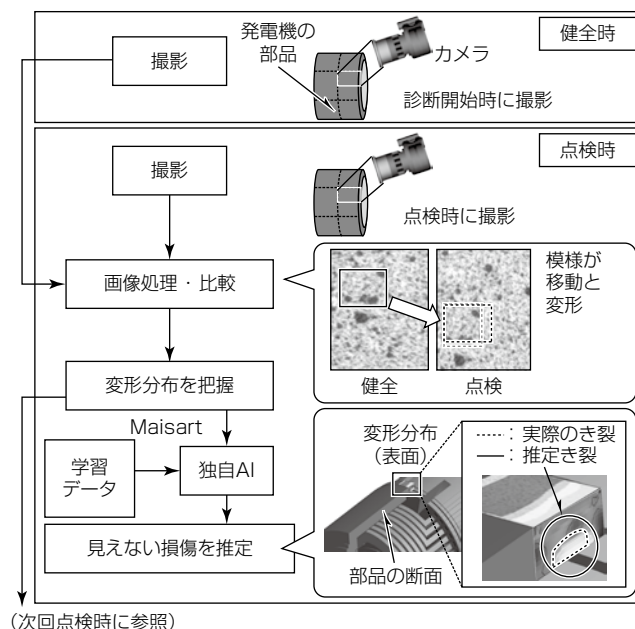
電力制御システムセキュリティガイドラインの制定をきっかけに、広域監視制御システムでは、分散した各現場の制御装置でも、セキュリティ強化の要求がある。一方で、市販のファイアウォールでは、広域監視制御システムの独自通信に対応した不正通信の検知は難しく、各現場の仕様に合わせたファイアウォールの設置・設定にはコストがかかる。今回、広域監視制御システム向けに不正通信検知技術を開発した。この技術は、既設の制御装置でも主機能に影響なく一機能として軽量に動作するため、ファイアウォールを設置不要とし、コストを削減する。さらに、独自通信に対応した検知や電気信号で検知アラート通知が可能で、現場仕様に合ったシステム構築を実現した。



■ 画像による電力機器の損傷診断

Damage Diagnosis of Power System Equipment using Camera Images

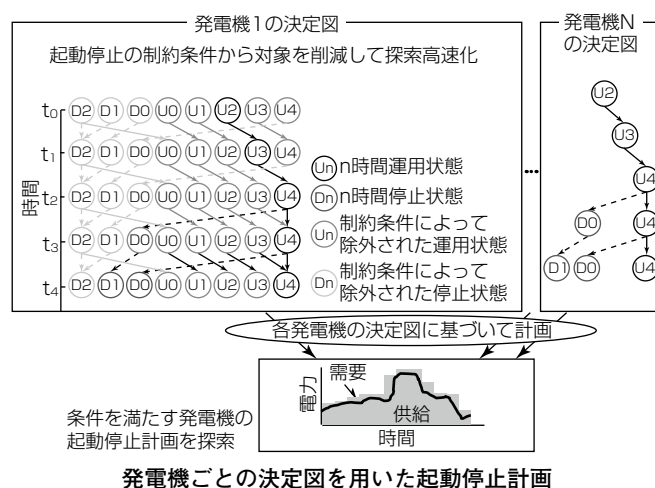
表面から見えない損傷を診断する技術を開発した。社会インフラを支える電力機器は計画外の停止を回避するため、表面から見えない損傷である内部の亀裂やボルトのゆるみを定期的に診断する。従来は、技能者が超音波による探傷や打音で診断するため、年間に点検できる機器の数には限界があった。今回、健全時と点検時の表面画像の比較から微小な変形分布を把握し、複数の変形分布と損傷の関係からなるデータに基づいた当社独自のAI技術“Maisart”で、損傷の程度や位置を推定する技術を東京工業大学と共同で開発した。この技術によって、誰でも表面を撮影するだけで見えない損傷を診断でき、これまでより多くの機器を点検できる。今後、発電機や変圧器等の点検にこの開発技術を活用予定である。



■ 発電機起動停止計画の決定図を用いた高速化手法

Speed-up Method with Decision Diagram for Generator Start/Stop Planning

決定図を用いて決定空間を表現することで、発電機の起動停止計画の計算時間を高速化する新たな手法を開発した。電力グリッド運用で発電機的最適運用計画は非常に重要であるが、電力需給や発電コスト等多数の条件を加味するため、膨大な計算量を必要とする。開発した決定図に基づく手法は強力な理論的特長を備えており、再稼働時コストを考慮する場合でも、解集合を凸包表現に定式化することが可能である。これによって、厳密解導出を目的とする混合整数計画問題の定式化と比較して、最適解を探索する空間の小さい線形計画問題に帰着可能である。280~1,870台の発電機を対象にした評価では、提案する手法は、従来と比較して2倍以上の高速化を実現した。



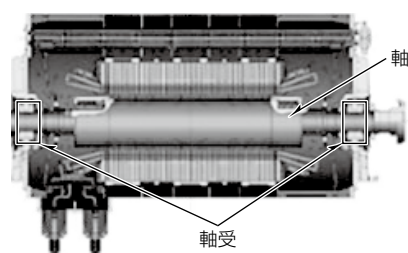
■ 低損失軸受によるタービン発電機の高効率化

Improvement of Turbine Generator Efficiency with Low Friction Hydrodynamic Bearing

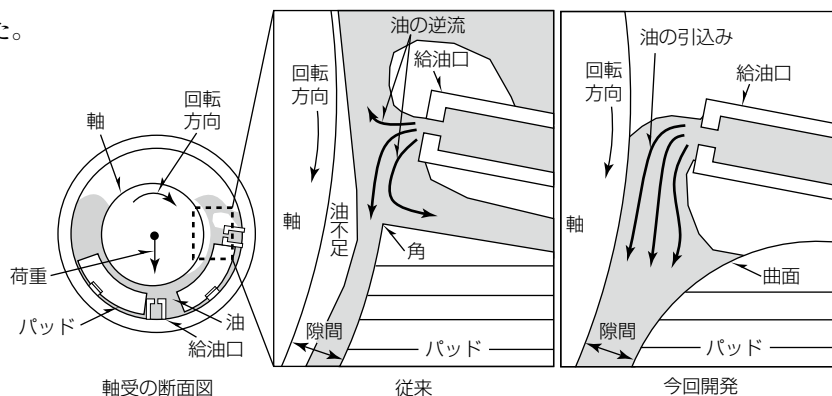
タービン発電機の高効率化のため、低損失軸受を開発した。発電機の回転軸は、軸受パッドと軸の隙間に巻き込まれる油の動圧によって支持される。軸受損失の低減には供給油量の削減による粘性抵抗の抑制が有効だが、隙間で油が不足すると動圧が不安定になって軸が自励振動するので、軸受損失低減と振動抑制の両立が課題であった。

今回、流体解析によって、軸受内部の油流れを見える化し、油不足の要因の一つで

ある逆流の原因をパッドの角形状と特定した。パッドの角形状を油の引込みを促進しつつ、軸の支持に必要な動圧を確保する曲面形状にした結果、従来比50%の油量で振動を現行未満に抑制し、軸受損失40%低減、発電効率0.04%向上を実現した。



タービン発電機



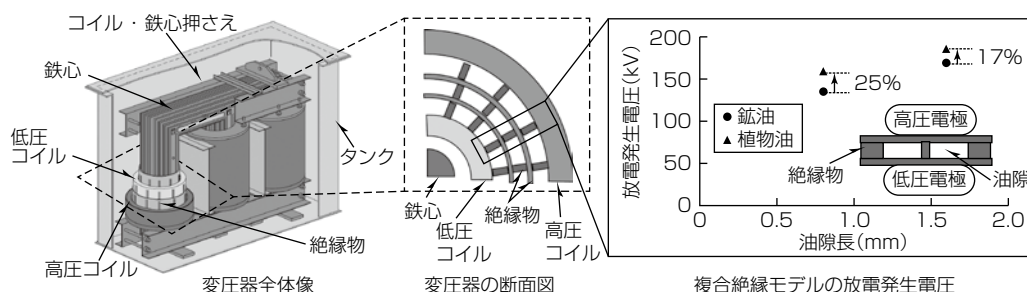
軸受のパッド形状と油の流れ

■ 植物油の変圧器適用に向けた絶縁評価技術

Insulation Assessment Technology for Applying Vegetable Oil to Transformers

近年、環境配慮や防災性の観点から、絶縁・冷却媒体に植物油を用いた電力用変圧器の需要が高まっている。絶縁信頼性が高い変圧器を提供するため、植物油と絶縁紙を組み合わせて実器を模擬した複合絶縁構造の各種絶縁特性試験を実施した。その結果、植物油の比誘電率が従来使用されてきた鉱油と比べて高いため、絶縁上の弱点である油隙に印加される電界が低減され、放電発生電圧が高くなることを明らかにした。また、植物油単体の絶縁性能は

従来の鉱油と同等であることを明らかにした。一連の試験によって植物油を適用した変圧器の絶縁性能が総合的に優れていることを確認した。当社は、植物油入変圧器の事業を通じて、電力の安定供給と環境負荷低減に貢献していく。



全体像、断面図、複合絶縁モデルの放電発生電圧

■ モールド変圧器用シリコン絶縁物の余寿命診断技術

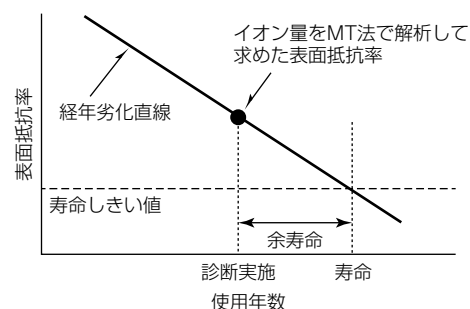
Remaining Life Assessment Technique of Silicone Insulation for Cast Resin Transformer

モールド変圧器のシリコン絶縁物を対象とした余寿命診断技術を開発した。この技術では、絶縁物表面の付着イオン量を多変量解析技術であるマハラノビス・タグチ法(MT法)によって解析して表面抵抗率を算出し、表面抵抗率の経年変化を把握して、余寿命(表面抵抗率がしきい値に至るまでの期間)を推定する。これまでの対象はポリエステルやエポキシの絶縁物に限られていたが、今回、シリコン絶縁物付着イオン量の解析結果と表面抵抗率の相関データ、及び経年劣化データの拡充によって、シリコン絶縁物を搭載した機器でも年単位での更新時期予測を可能にした。今後、

モールド変圧器全て(従来83%)に対して、それらの絶縁劣化による機器故障の未然防止に貢献できる。



モールド変圧器



余寿命診断の概念図

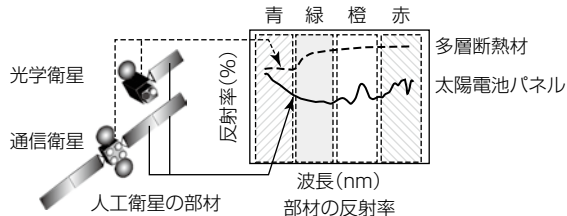
■ 光学望遠鏡による人工衛星の類識別技術

Technology of Discerning Satellites by Optical Telescope

近年、打ち上げ数が増加する人工衛星の衝突回避に備え、人工衛星の軌道と種類を把握する必要がある。

従来の技術では、自国衛星の軌道を監視するだけで、その種類(通信衛星／光学衛星)の識別は困難であった。

今回、人工衛星の部材の反射率が、部材ごとに異なる特



光学望遠鏡による人工衛星の種類の識別

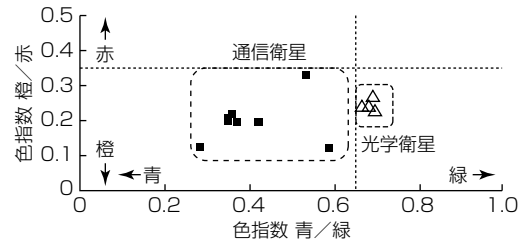
■ 土木インフラ維持管理計画の作成支援技術

Planning Support Technology for Civil Infrastructure Maintenance Management

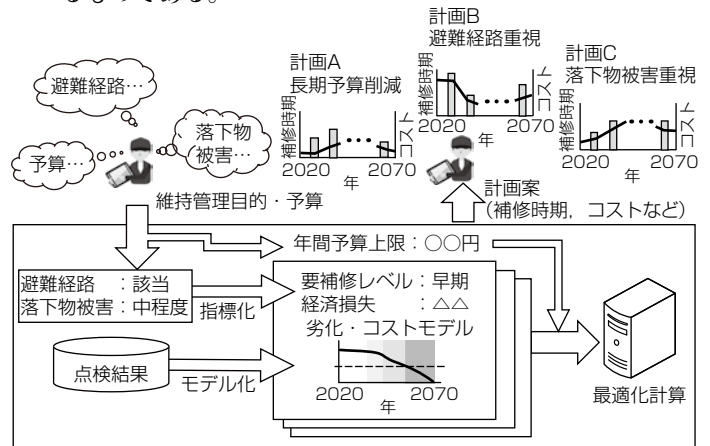
道路・鉄道管理者の意図に沿う、土木インフラの長期にわたる維持管理計画の作成支援技術を開発した。損傷の種類に着目した“劣化進行モデル”によって、個々のインフラの状態に応じた適切な補修時期を予測可能にした。また、損傷の種類と度合いに応じた補修コストを算出し、“劣化進行モデル”と統合した“劣化・コストモデル”によって、予防保全に必要なコストと効果の見える化を実現した。さらに、管理者ごとに異なる維持管理目的を経済損失等の指標に変換し、最適化問題として解くことで、管理者が優先する目的を的確に計画へ反映することを可能にした。鹿児島県薩摩川内市が管理する橋梁(きょうりょう)を対象にした実証実験を2019年11月から実施し、この技術の有効性を確認した。

徴があることに着目し、光学望遠鏡の分光装置で得られた分光データの色指数(青・緑、橙(だいだい)・赤の強度比)を導入することで、人工衛星の種類の識別を可能にした。

この技術は軌道上の衛星衝突リスクを低減し、持続可能な宇宙環境の維持に貢献する。



この成果は東京工業大学・鹿児島大学との共同研究によるものである。



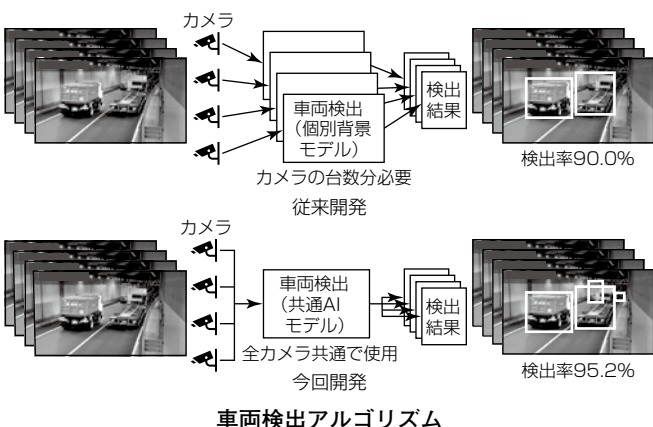
維持管理計画作成支援の概要

■ 効率的AI学習技術による高精度車両検出アルゴリズム

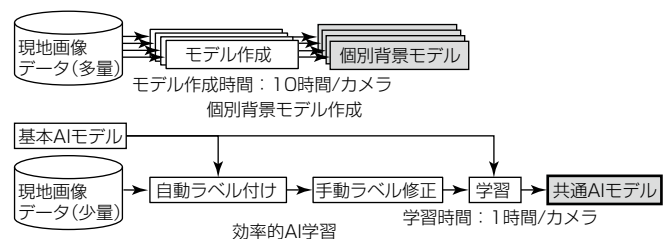
High-precision Vehicle Detection Algorithm using Fast and Efficient AI Learning Technology

交通流監視や車両台数カウント用途に向け、カメラごとの個別背景モデルが不要な精度の高い車両検出アルゴリズムを開発した。従来は、個別背景モデル作成にカメラごとに10時間程度かかる上に、車両検出率は90%にとどまっ

ていた。このアルゴリズムでは、効率的AI学習技術によって個別背景モデルを不要にし、かつ環境変化にロバストな共通AIモデルによる車両検出を実現した。効率的AI学習技術とは、大規模画像データで学習した基本AIモデルを用いて現地画像データに自動ラベル付けを行い、共通AIモデルを作成する技術であり、これによって、モデル作成時間の大幅短縮と精度向上を可能にした。その結果、学習時間1カメラ当たり1時間、車両検出率95.2%を達成した。



車両検出アルゴリズム



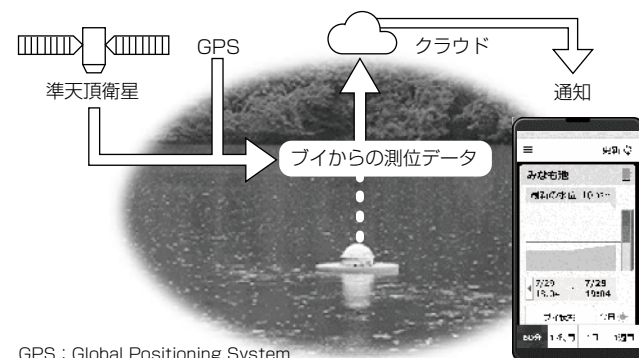
効率的AI学習技術フローチャート

■ 水面状況監視サービス“みなモニター”向けHMI技術

Human Machine Interface Technology for Water Surface Situation Monitoring Service "MINA Monitor"

“みなモニター”は、センサと太陽光パネルと蓄電池を備えたブイを、ため池に係留するだけで、クラウド経由でスマートフォンなどから水面状況が監視できるサービスである。大雨時に決壊の危険性が高まるため池に赴き、水位を目視確認して連絡網で伝達せずとも、システムが、水位の急変を電子メールで通知する。監視画面は、ため池の管理者にヒアリングし、管理の慣習に合わせたデザインにした。例えば、現物の水位標の配色が、国内で統一されていない上に、色で水位を伝達する場合もあるので、画面内の水位の色も池ごとに変更できる仕組みにした。また、水位の急変が分かるグラフだけでなく、普段使いの灌漑(かんがい)に役立つように1日、1週間ごとのグラフもデザインに取り入れた。

つように1日、1週間ごとのグラフもデザインに取り入れた。



GPS : Global Positioning System

サービスの構成

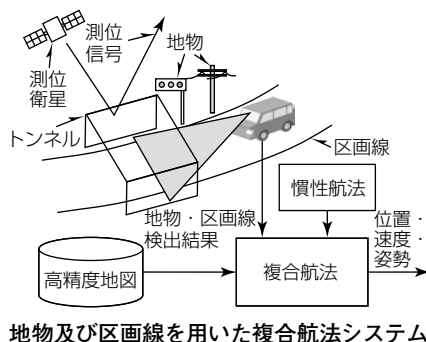
1.4 モビリティ Mobility

■ トンネル内でも高精度な位置推定が可能な複合航法技術

Hybrid Navigation Technology for Accurate Position Estimation, Even in Tunnels

運転支援・自動運転システムで、高精度な自車位置推定は重要な技術の一つである。通常、衛星測位と慣性航法を複合させた複合航法が用いられるが、トンネルやビルが多い環境では、測位信号の断絶、劣化に伴った推定精度の悪化が生じていた。

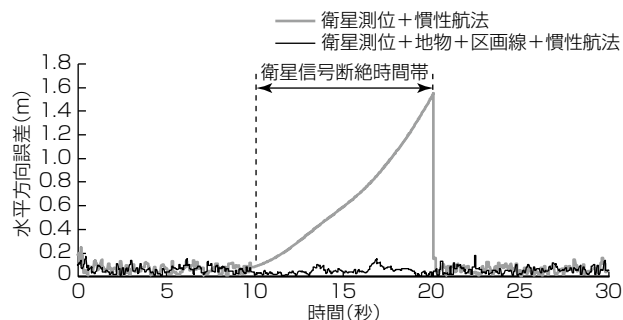
今回、衛星測位や慣性航法に加え、信号機などの地物や区画線の検出、及び高精度地図を組み合わせた複合航法を開発した。シミュレーションでは、測位信



地物及び区画線を用いた複合航法システム

号が断絶する時間帯があったとしても、地物又は区画線の検出によって、高精度な位置推定を維持できた。

今後は実車試験を行い、複合航法アルゴリズムの高度化を図る。



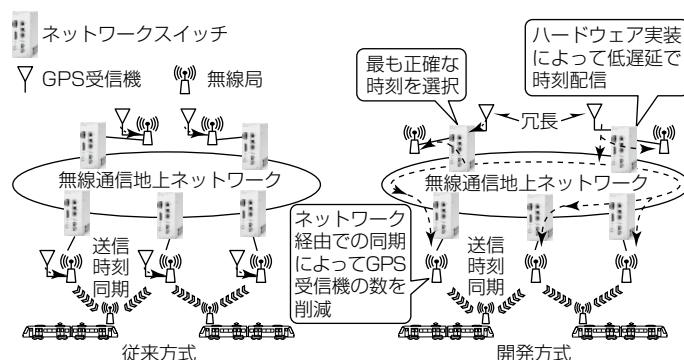
水平方向の位置誤差（シミュレーション）

■ 高信頼な無線通信システムのためのネットワーク高精度時刻同期技術

Precision Time Synchronization for Reliable Wireless Network Communications

鉄道等の無線通信システムで電波干渉なく通信するためには、無線局間の送信時刻同期が必要である。従来は無線局ごとにGPS(Global Positioning System)受信機から時刻を得ていたが、トンネル内などGPSアンテナの設置が困難な場所も多く、無線局GPS受信機の削減要望も多かった。今回、ネットワーク経由で高精度に時刻同期可能なプロトコルIEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.1AS-2020をネットワークスイッチに実装し、冗長配置されたGPS受信機から最も正確な時刻を選び、無線局に配信する機能を開発した。この機能をハードウェア実装することで、時刻配信遅延を従来比約1/100とし、スイッチ1段当たりの要求同期精度 $\pm 50\text{ns}$ 以下を達成した。これによって、

高信頼でGPS受信機の敷設コストを抑えた無線通信システムを実現できる。



ネットワーク高精度時刻同期技術による無線通信の高信頼化

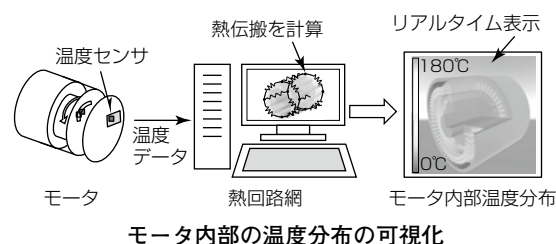
■ モータ開発を効率化する温度分布リアルタイム可視化技術

Real-time Visualization Technology for Motor Temperature Distribution to Streamline Motor Development

モータに設置した温度センサのデータを用いた三次元CG(Computer Graphics)によるモータ内部温度分布の可視化で、リアルタイム性と操作性を両立させる技術を開発した。

モータ内部の熱の伝播(でんぱ)をモデル化した熱回路網を構築し、センサが設置されていない内部の温度を計算することで、モータ内部全体の温度を可視化可能にした。また、負荷の大きい温度分布の描画処理と、表示の回転や拡大縮小等のユーザー操作処理のタイミングを最適化することで、動作中のモータの温度を多様な角度から確認するな

どのユーザーの操作に対して、遅延なく応答する表示を実現した。これによって、温度分布の推移を容易に把握でき、モータの開発・検証を効率的に行えるようにした。



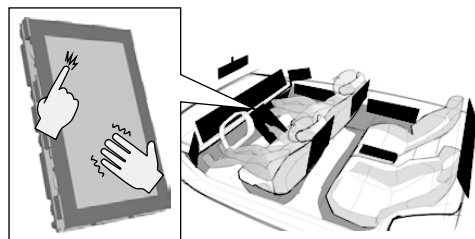
■ Local Haptic振動制御技術～好きなところに望みの触感を～

Vibration Control Technology for Local Haptic～Desired Haptic Feedback Wherever You Want～

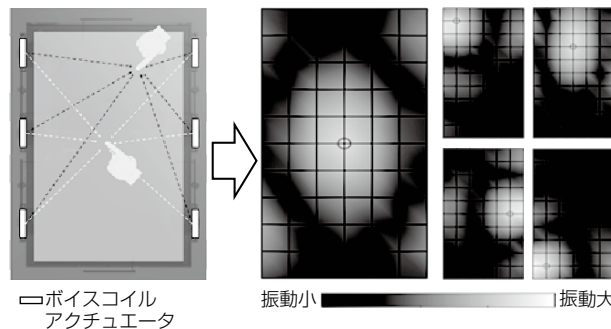
車載用タッチパネルディスプレイでは、視認することなく操作状態を伝えるため、タッチした指に触感をフィードバックするHaptic(注)機能が求められている。

今回、複数のボイスコイルアクチュエータでディスプレイを駆動し、ディスプレイ表面を伝播(でんぱ)する振動の重ね合わせを制御して、好きなところに望みの触感を提示するLocal Haptic振動制御技術を開発した。この技術は、タッチ位置に応じてアクチュエータを駆動する信号を制御

し、どこをタッチしても同一の触感を提示するとともに、タッチ位置以外の振動を抑制して振動領域を局所化することで、複数人の同時操作にも対応できる。さらに、複数指による操作では、指ごとに異なる触感の提示が可能である。今後、この技術を応用した新しい操作インタフェースの創出を目指す。



Local Hapticタッチパネルディスプレイのイメージ図



アクチュエータ配置と振動分布の例

■ 車載用AMラジオ向け電磁ノイズ除去技術

Electromagnetic Noise Reduction Technology for Car AM Radio

車載用AMラジオの音声信号に重畳される電磁ノイズをセンサレスで除去する電磁ノイズ除去技術を開発した。従来の車載用ラジオでは、ノイズ検知センサを用いたノイズ除去方式が採用されている(図1)。一方、センサレス方式では、センサやケーブルが不要であるが、音声信号と電磁ノイズの分離が課題であった。今回、AMラジオの音声信号がラジオ周波数を中心に対称に分布するのに対し、狭帯域な電磁ノイズは非対称に現れることを見だし、この対称性の違いから電磁ノイズがない方の信号を選択することで、電磁ノ

イズを除去するアルゴリズムを開発した(図2)。これによって、ノイズ強度をセンサ方式と同程度の1/10以下に低減させ、実車走行時の聴感改善を実証した。

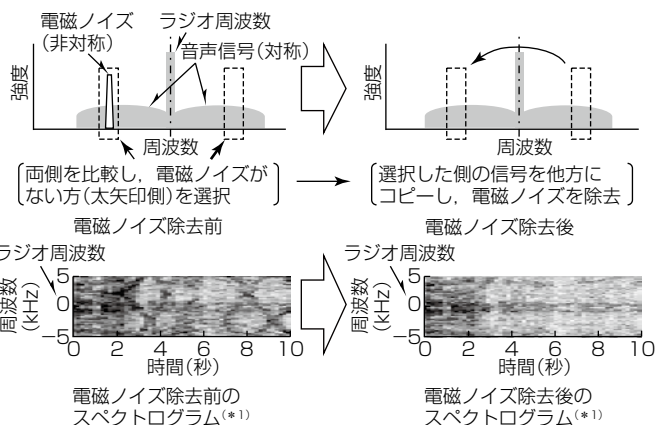


図2. 電磁ノイズ除去のアルゴリズム

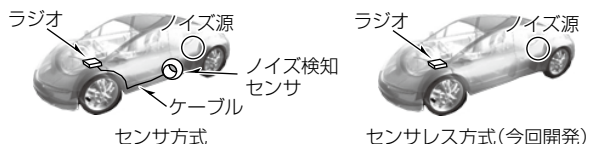


図1. ノイズ検知方式

■ 自動運転車のHMIコンセプト

Human Machine Interface Concept for Autonomous Vehicle

自動運転中に起こる自動運転から手動運転への権限移譲について、運転手に負担をかけないHMI(Human Machine Interface)コンセプトを開発した。運転手が驚かない“光、音、振動”を用いた通知を実験から明らかにし、それらを用いて運転再開の準備を促す通知を行う。また、ゆとりを持って運転の再開準備ができるように通知タイミングを調整する機能を設けた。これは、DMS(Driver Monitoring System)で推定した運転手のアクティビティ(スマートフォン操作中、動画鑑賞中など)と車両前方を撮像したカメラ画像から推定した前方の混雑状況を加味してタイミングを調整している。そして、安全な運転再開を実現するため、DMSで運転への集中度を確認して権限移譲

の可否を判定している。



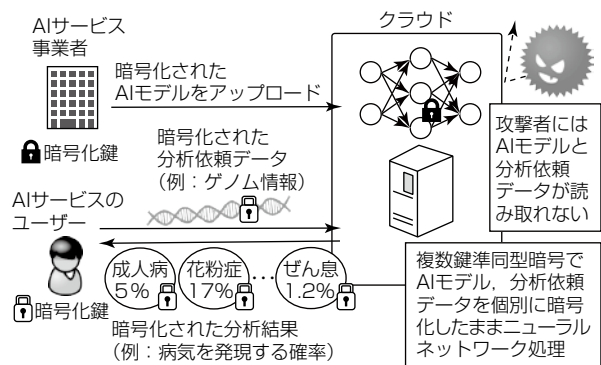
HMIコンセプトのプロトタイプ

1.5 通信システム・ITシステム Communication, IT

■ セキュリティやプライバシーに配慮したAI分析技術“秘匿AI分析技術”

Secure and Privacy-preserving Technology for AI-assisted Analysis

クラウドを用いた多様なAI分析サービスが各社から展開されている一方で、AIサービスに分析を依頼されるデータ(分析依頼データ)には個人情報が含まれる可能性があることや、AIサービスのAIモデル(分析処理用データ)はサービス事業者のノウハウであるため、それらの情報漏洩(ろうえい)が懸念される。そこで、異なる暗号化鍵から作られた暗号化データ同士でも演算できる複数鍵準同型暗号を用いて、分析依頼データとAIモデルを保護しながらAI分析処理できる“秘匿AI分析技術”を開発した。この技術によって、AIサービスのユーザーはデータ分析を安全にクラウドに依頼でき、AIサービス事業者も安全にAIモデルをクラウドに預けることができる。



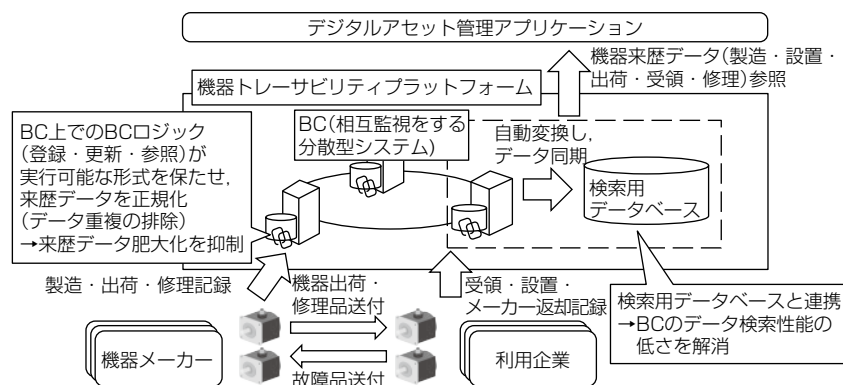
複数鍵準同型暗号を用いた秘匿AI分析技術

■ ブロックチェーンを活用した機器トレーサビリティプラットフォーム

Blockchain-based Equipment Traceability Platform

機器保守を行う業界では保守業務効率化に向け、デジタルアセット管理が注目されている。機器メーカーと利用企業の間で修理等のために機器を受渡するケースでは、機器トレーサビリティ(来歴)情報は複数事業者で管理するとより効果的である。データ管理には運用の中立性・公平性が重要で、相互監視分散型システムのブロックチェーン(BC)が有用であるが、来歴データ肥大化と検索性能が課題になる。今回、BC上で、BC内データストアとBCロジックの制約下で正規化した来歴データを管理し、BC上のデータと同期するデータベースを検索に利用す

るプラットフォームを構築した。これによって、機器来歴情報管理で来歴データ量抑制と高速な検索を実現した。



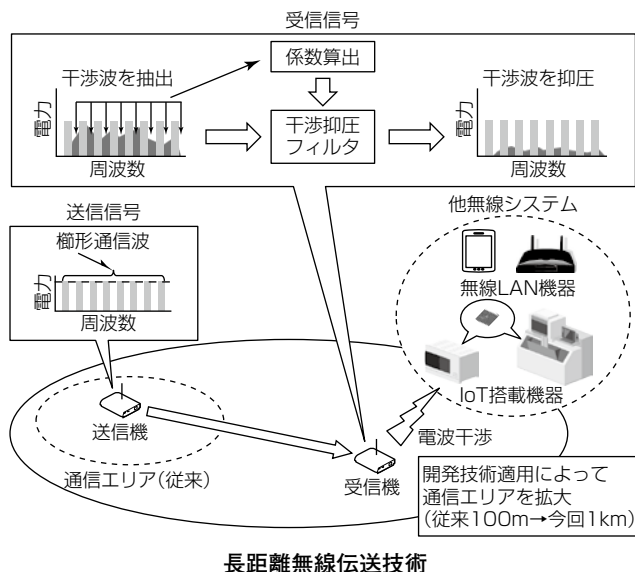
機器トレーサビリティプラットフォーム

■ 免許不要で使える長距離無線伝送技術

Long Range Radio Transmission Technology for Unlicensed Frequency Bands

IoT (Internet of Things) 活用によるインフラの効率的な運用・管理に対するニーズの高まりとともに、免許不要なISM (Industry-Science-Medical) 帯で使える無線の需要が増加している。通信波は距離とともに電力が減衰する性質があり、無線システム間で電波干渉が生じるISM帯で安定した通信を行う場合、干渉波よりも大きな電力で通信波を受信できる短距離通信に限定される課題がある。

今回、周波数帯域内に使用しない複数の隙間周波数を持つ当社独自の櫛(くし)形通信波を用いることで、受信した櫛形通信波の隙間で干渉波を抽出し、干渉波をフィルタで抑圧する無線伝送技術を開発した。通常、電波干渉存在下の通信距離は100m程度であるがこの技術によって1kmを実現した。



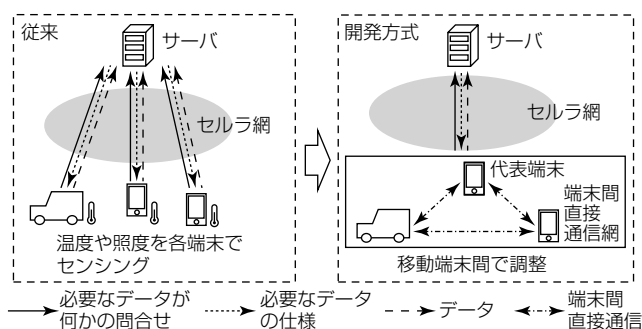
長距離無線伝送技術

■ モバイルクラウドセンシングシステムでのセルラ通信量削減技術

Technology to Reduce Cellular Traffic in Mobile Crowdsensing System

モバイルクラウドセンシング(MCS)は、環境モニタなどに必要な温度等のセンシングデータを、スマートフォンや車などセンサを備える移動端末の協力を得てサーバが収集する手法である。端末-サーバ間通信にセルラ網を使う場合、端末が増えるとセルラ通信量が増えるため、その削減が課題になる。今回、端末の中から自律的に選ばれる代表端末が、端末間直接通信で通信可能な隣接端末のデータを集約してサーバへ送信する方式を、静岡大学と共同で開発した。この方式によって、隣接端末が十分多い場合に、データ収集に要するセルラ通信量を削減できるので、MCSによるデータ収集に必要なセルラ通信費用を抑制し、

MCSの運用コストを抑制できることが期待される。

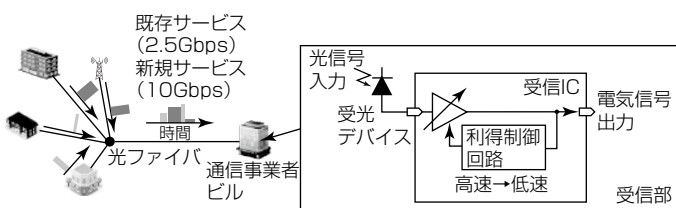


端末間直接通信利用によるセルラ通信量削減

■ 光アクセスシステム向けマルチレート高速光受信技術

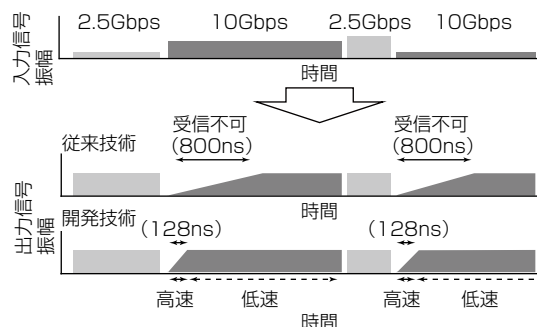
Multi-rate Fast-response Optical Receiver Technology for Optical Access System

世界的な光アクセスシステムの高速度化需要(10Gbps)を受け、既存サービス(2.5Gbps)も混在可能なマルチレート高速光受信技術を開発した。光アクセスシステムの受信部では、不連続でパワーの異なる光信号を一定振幅の電気信号に変換する利得制御が必要になる。加えて、同一光ファイバ網上での既存／新規両サービスの展開を求められているが、従来技術では利得制御に800nsを要し、その間は受信不可になるためサービス効率が低下する課題があった。



10G・2.5Gbps混在光アクセスシステム

今回、信号先頭で利得制御を高速化して受信不可時間を短縮し、その後低速化して出力信号を安定化させる新方式を考案した。これによって2.5Gbps光信号と混在する-29dBmの微小な10Gbps光信号を128nsで受信可能になった。



速度可変型利得制御方式による受信不可時間短縮

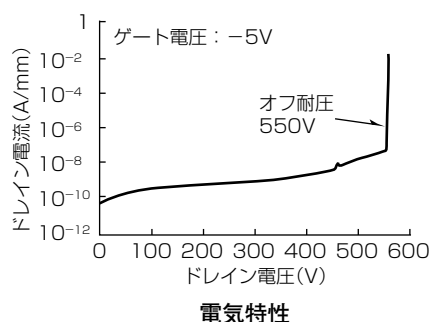
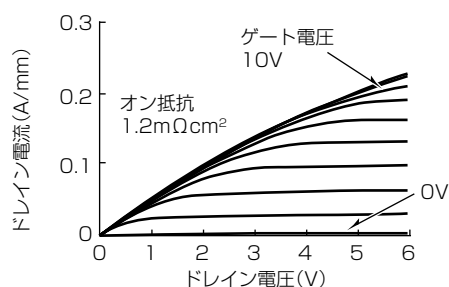
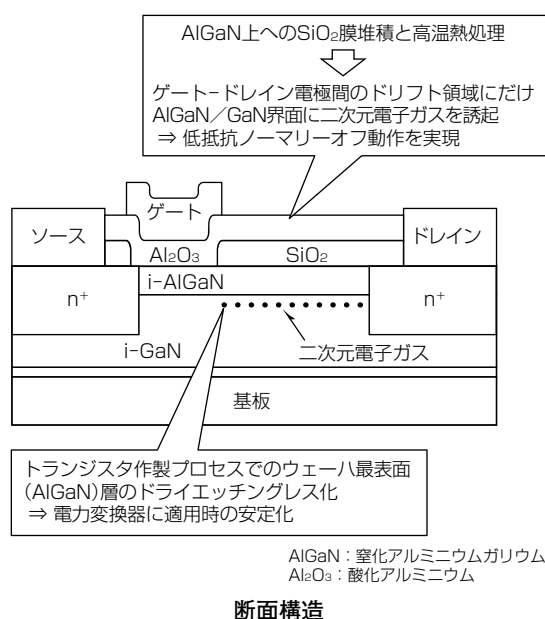
1.6 電子デバイス Electric Devices

■ エッチングレスプロセスによって作製したノーマリーオフ横型GaNパワートランジスタ Normally-off Lateral Type GaN Power Transistor Fabricated through Etching-less Process

GaN(窒化ガリウム)を用いた横型パワートランジスタは高出力かつ高速動作が期待される。

今回、ノーマリーオフ動作を実現する新規の構造、及び製造プロセスを開発した。ウェーハ最表面層に熱処理を施したSiO₂(二酸化ケイ素)膜を新たに設けることで十分な電子を誘起して低抵抗化しつつ、ゲート電極下にはそれを設けない構造にした。その結果、低オン抵抗(1.2mΩcm²)

でノーマリーオフ動作を実現し、かつ高耐圧(550V)を保持できた。この構造、製造プロセスでは、ウェーハ最表面層のドライエッチングによる加工が不要であり、性能劣化の要因になり得るドライエッチングダメージを避けることができるため、電力変換器に適用した際の安定動作が期待される。



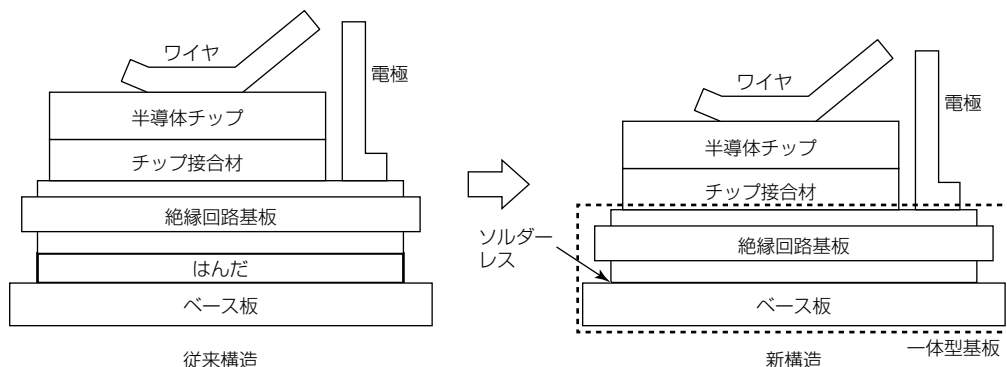
■ ソルダレス長寿命パワーモジュール構造 Solderless Structure for High Reliability Power Module

パワーモジュールの信頼性は、ワイヤ接合部やはんだ接合部の寿命に律速されることが多いため、より高信頼な接合部材へと置き換わってきた。しかし、絶縁回路基板とベース板間の接合には、実装性に優れるはんだが多く用いられており、寿命を律速していた。

今回、部材の形状・厚み等を最適化し、絶縁回路基板及

びベース板を、はんだを用いない接合法で一体化した基板(一体型基板)を開発した。

この一体型基板を用いたソルダーレスパワーモジュール構造によって、従来構造のモジュールに対して約20倍の大幅な長寿命化を達成した。



モジュール構造の模式図

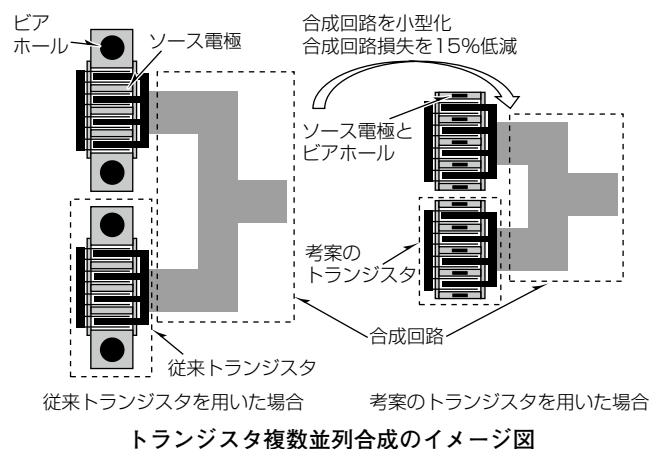
■ 5Gに向けた28GHz帯GaN MMIC増幅器の高効率化技術

28GHz-band High Efficiency GaN Monolithic Microwave Integrated Circuit Power Amplifier Technique for 5G Applications

ミリ波帯での運用が開始された5G基地局の低消費電力化に向けて、28GHz帯GaN(窒化ガリウム) MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)増幅器の高効率化技術を開発した。増幅器を構成する従来トランジスタはソース電極用ビアホールがトランジスタの上下に配置されているため、所望の出力電力を得るために複数並列合成した場合に、合成回路が大きくなる。このため、合成回路損失が増加し、増幅器の高効率化が困難であった。今回、ソース電極直下にビアホールを形成するトランジスタを採用した。これによって、複数並列合成時の合成回路の小型化が可能になり、合成回路損失を15%低減することに成功した。さらにこのトランジスタを用いて28GHz帯GaN MMIC増幅器を試作した結果、世界最高^(*)の効率32%

(従来例27%)を達成した。

*1 2020年6月1日現在、当社調べ



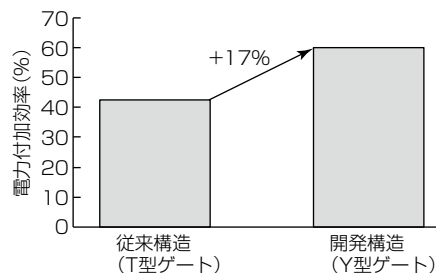
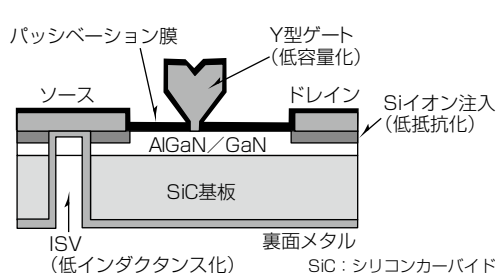
■ 衛星搭載用ミリ波帯GaN高周波デバイスの高効率化

High-efficiency GaN Device for Millimeter-wave Space Applications

近年、衛星搭載用電力増幅器の小型化・軽量化・長寿命化を目的として、GaN(窒化ガリウム)を用いたHEMT(高電子移動度トランジスタ)の搭載が進んでいる。ミリ波通信への適用に向け、GaN-HEMTには更なる高性能化(高効率化)が求められている。今回、ゲート電極の断面形状をY型にすることで寄生容量を低減し、ソース電極直下にビアホールを形成したISV(Individual Source Via)構造の導入によって寄生インダクタンスを低減した。さらに、Si(シリコン)イオン注入技術を用いて、AlGaN(窒化アルミニウム

ガリウム)バリア層に対して低抵抗なオーミックコンタクトを実現した。これらによって、出力1W級、28GHz動作時の電力付加効率を従来GaN-HEMTの43%から世界最高^(*)になる60%まで向上させた。

*1 2020年9月23日現在、当社調べ



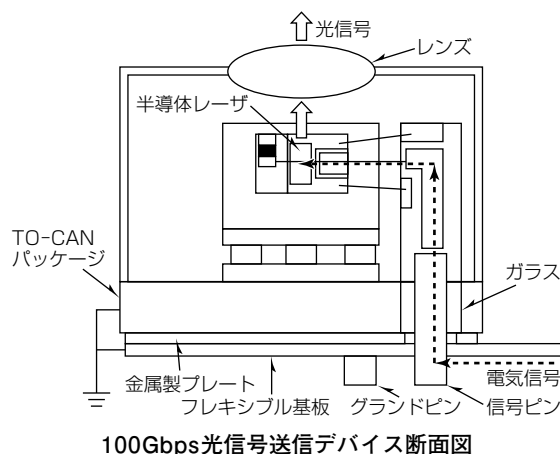
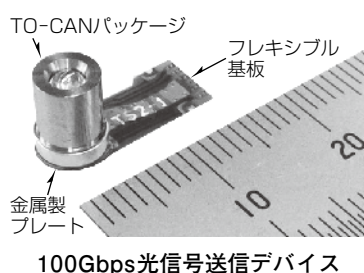
■ 100Gbps光信号送信デバイス技術

100Gbps Optical Signal Transmission Device Technology

通信トラフィックの増大に伴い、光通信用デバイスの高速化が求められている。現在主流のTO-CANパッケージの構造は高周波信号の反射点が多いため、信号通過帯域の拡大が難しく、高速デバイスへの採用が困難であった。

今回、パッケージとフレキシブル基板の間に金属製プレートを導入することによって、それぞれのグラウンドを短絡させ、パッケージとフレキシブル基板間で発生する信号の反射を抑制し、信号通過帯域を拡大する新しい構造を考案した。この構造によって、従来の25Gbpsデバイスと同等のコストで信号通過帯域拡大に成功し、

また多値変調方式にも対応することで4倍の通信速度である100Gbpsの光信号送信デバイスを実現した。



1.7 共通基盤 Common Technologies

■ 防汚コーティング技術の応用展開

Application Development of Antifouling Coating Technology

当社製品(空調機器、換気扇、照明器具)で、衛生性向上やメンテナンス簡略化を実現している防汚コーティング技術を今回、組成や処理方法の改良によって、汎用的な利用が可能な技術に発展させた。空調機器や照明器具に適用している“ハイブリッドナノコーティング”に、透明性や抗菌性を付与し、ガラスや壁面などの居住空間の衛生性向上を実現した。また、ダクト用換気扇に適用している“スマートエアコーティング(*1)”に氷結面への塗工性を付与し、野外の既設機器や建築物の着雪抑制を実現した。

今後、幅広い事業者との連携によって、このコーティング技術の応用展開を図る。

*1 ダクト用換気扇では“ハイブリッドナノコーティングプラス”として搭載されている。

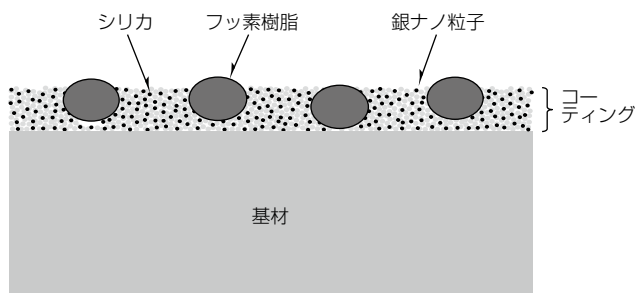


粉じん(関東ローマ)吹付け



塗布部

高透明性ハイブリッドナノコーティング

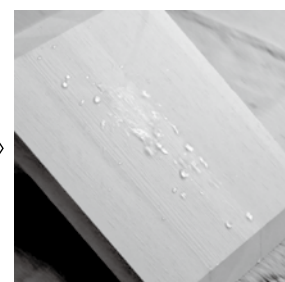


高濃度銀ナノ粒子による抗菌性

ハイブリッドナノコーティングの抗菌性付与



氷結面(木材)



超はっ水面

氷結面への直接塗布・乾燥による超はっ水化

氷結面の直接超はっ水化

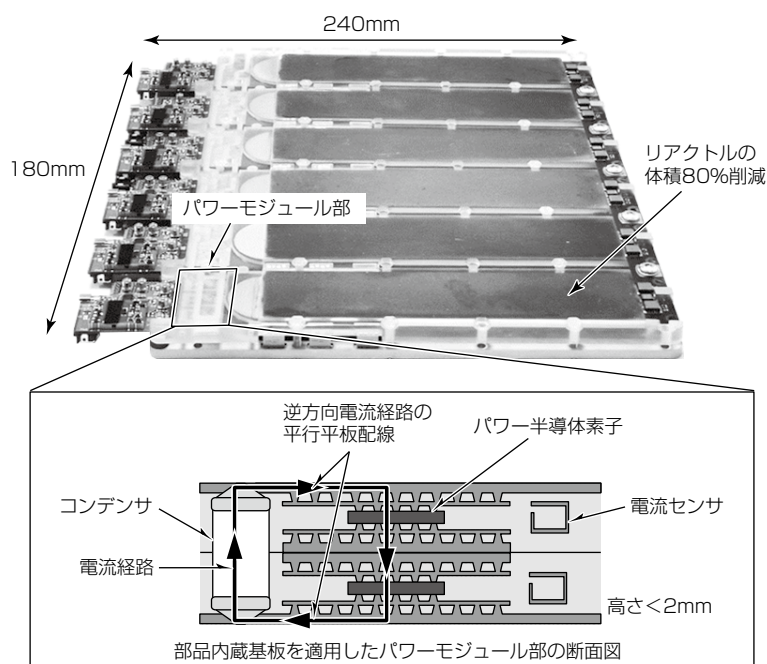
■ 電力変換器向け高電力密度化技術

High Power Density Technology for Power Converters

電力変換器に対する高電力密度化への要求が高まり、使用する部品の小型化が求められている。

DC/DCコンバータのような電力変換器には電圧や電流を平滑化する大型のリアクトルが搭載されている。この部品の小型化には、パワーモジュール部のインダクタンスを低減させて高周波駆動に対応することが課題であった。

今回、パワー半導体素子、コンデンサ等をプリント基板に内蔵した部品内蔵基板を開発し、電流経路の短縮と逆方向電流経路の平行平板配線設計によってインダクタンスを10分の1以下に低減して高周波駆動に対応した。その結果、リアクトルの体積を80%削減して世界最高レベルの電力密度になる136kW/Lの電力変換器を実現した。



136kW/L 高電力密度電力変換器

■ 多点接続バス向け高速デジタル伝送の反射補償線路技術

Reflection Compensation Line Technique of High-speed Digital Signal Transmission in Multi-drop Bus System

バックプレーン型電子機器や主メモリ配線等に多用される多点接続バスの高速デジタル信号伝送では、反射に伴う波形歪(ひず)みが課題になる。これに対して“反射補償線路”を主幹線路の両端に設けて波形歪みを抑制する新たな伝送技術を提案する(図1)。スタブ線路のインピーダンス Z_0 と終端抵抗 R_i ($i = 0 \sim 5$)に対して最適化を施すと、各

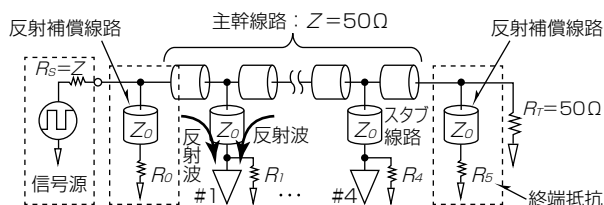


図1. 多点接続バス(反射補償線路付加時)の接続トポロジ

受信端(#1~4)での複数の反射波の合成波が逆相で相殺されて反射歪みが抑制できる。またこれら Z_0 と R_i による伝送条件最適化のために、EGS(進化的勾配探索)の手法を用いて局所解への落ち込みを防止した。図2に最適条件での受信端(#1)波形を示す。提案手法では、従来に見られた反射歪みが抑制され、伝送信号品質が改善される結果を得た。

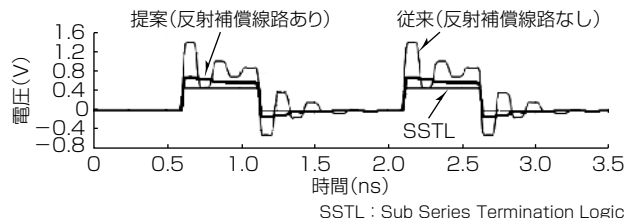
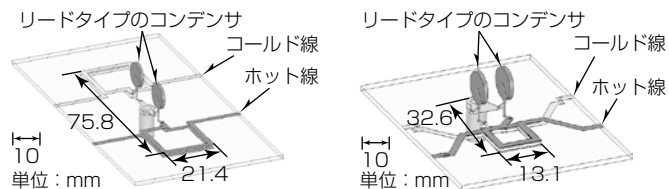


図2. 提案手法: 反射補償線路による波形改善(受信端#1)

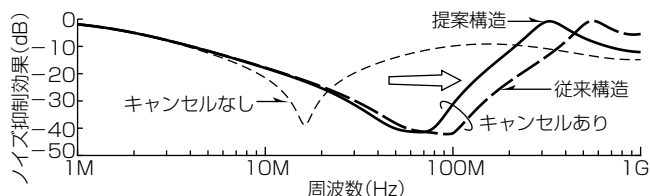
■ ノイズフィルタ向け寄生インダクタンスキャンセル回路の小型化

Miniaturization of Parasitic Inductance Cancellation Circuit for Noise Filter

コンデンサの寄生インダクタンス(Equivalent Series Inductance: ESL)によってノイズフィルタの高周波特性が悪化する。このESLを低減させるESLキャンセル回路を開発してきた。この回路では、配線をループ状に折り曲げることでESLの打ち消しが可能になる。ただし、電源線等で使用するリードタイプのコンデンサはESLが大きく、キャンセル回路の面積も増大するという課題があった。提案構造ではホット線側とコールド線側のループ線同士を基板厚み方向に積層することで磁気結合させた。これによって、従来と同様に高周波特性を改善しつつ、実装面積を従来の26.3%まで削減し、小型化を実現した。



従来構造のESLキャンセル回路 提案構造のESLキャンセル回路



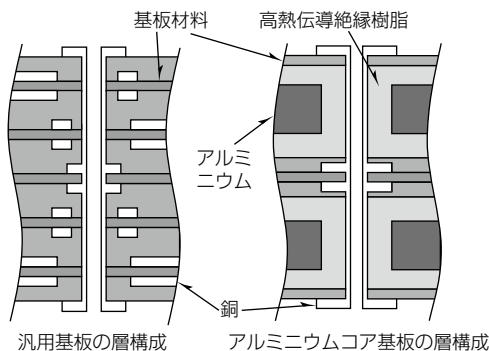
ESLキャンセル回路による高周波帯域の改善

■ 銅モリブデン複合材料を用いた高放熱低熱膨張基板

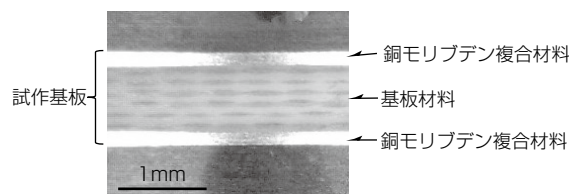
High Heat Dissipation and Low Thermal Expansion Printed Wiring Boards using Cu-Mo Composites

電子機器の小型軽量化によって、回路基板への高出力部品の適用や高密度実装が進み、発熱密度が増大している。その放熱のため、従来はアルミニウムコアを基板内に設けて、放熱を促進していたが、アルミニウムコアの熱膨張率

が大きく、低熱膨張率部品の実装信頼性に課題があった。さらにアルミニウムコアが基板内を縦横に走るため、配線密度向上に課題があった。そこで、汎用基板構造のまま配線材料を、銅からモリブデン粒子を銅に分散した高い熱伝導率と低い熱膨張率を持つ銅モリブデン複合材料に替えた新規基板を開発した。これによって、高い放熱性と部品実装信頼性の両立を実現し、出力密度向上に必要なBGA(Ball Grid Array)パッケージの実装も可能にした。



基板構造の比較



試作基板の構造

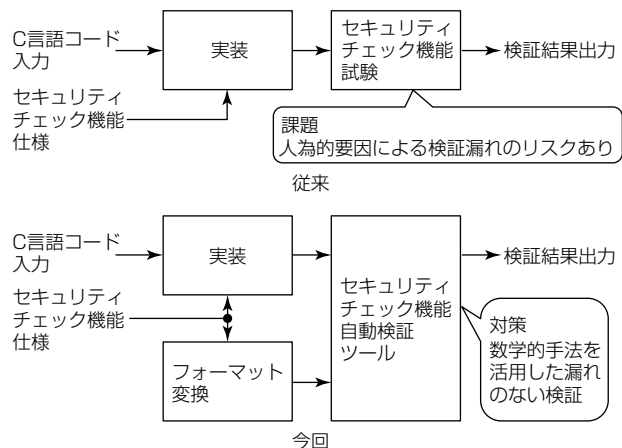
■ 組み込みソフトウェア向けセキュリティチェック機能検証技術

Verification Technology for Security Check Functionalities in Embedded Software

組み込みソフトウェアに関して、外部入力データに存在し得るセキュリティ脅威に対するチェック機能の実装漏れのリスクが課題であった。

そこでC言語のコードを対象として、フォーマルメソッドと呼ばれるプログラムの数学的解析手法を活用して、外部入力データに対するセキュリティチェック機能の欠落や、同機能の誤使用を検出するツールを試作した。数学的手法によって、あらゆる実行経路を想定した網羅的な検証が可能である。また検証の自動化によって、従来2時間を要していた試験を1秒以下に短縮できることを確認した。

今後は、検証結果出力用ユーザーインターフェースの改良等について検討する。



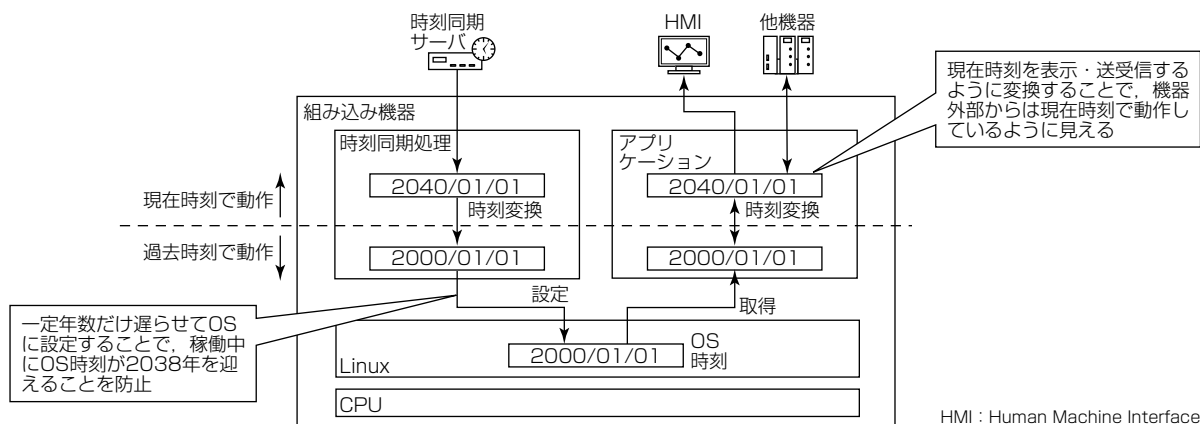
フォーマルメソッドを活用した自動検証ツール

■ 長期稼働製品への32bit Linux OS適用での2038年問題対策技術

Preventing the Year 2038 Problem for Long-life 32-bit Linux Systems

長期稼働が見込まれる組み込み機器に32bit Linux^(注)を適用する場合、OSの時刻管理変数が2038年にオーバーフローして不正動作する問題(2038年問題)の対策が必要である。今回、製品稼働中にOSの時刻が2038年を迎えることを防ぐ手法を開発した。時刻同期処理で、時刻同期サーバから受信した時刻を一定の年数だけ遅延させることが特徴

であり、代表的な時刻同期プロトコルであるNTP(Network Time Protocol)とPTP(Precision Time Protocol)にこの手法を実装した。この手法を適用した上で、アプリケーションの時刻表示部や時刻送受信部に時刻変換処理を追加することで、大規模・複雑なOSを改修することなく、他機器との連携にも支障を与えず2038年問題を回避できる。



時刻同期プロトコルでの時刻変換の仕組みと効果

■ 作業現場の要領書作成を効率化するタブレット用アプリケーション

Tablet Computer Application to Operation Manual in Work Site

作業現場での要領書作成を効率化するタブレット用アプリケーションを開発し、当社冷熱システム製作所での試行を開始した。従来の要領書は、作成者ごとに詳細度やレイアウトにばらつきがあり、見る側にとって分かりにくい場合があった。作成者にとっては、撮影画像を貼り付けて注釈を記載する等の手間が発生していた。このツールはあらかじめ画面に設定された様式に必要事項を記載することでばらつきが統制される。またタブレットのカメラを利用して動画を取り込めるので、注釈の記載を最小限に抑えることが可能である。



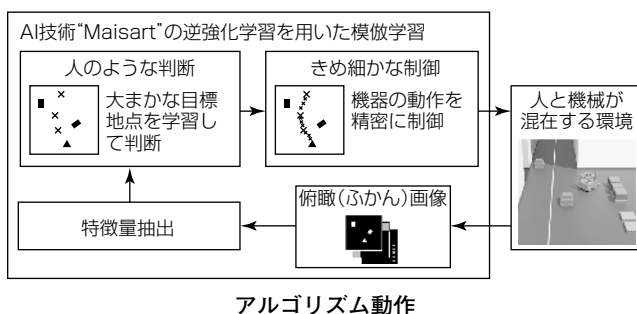
要領書アプリケーションの画面

■ 人と協調するAI

Cooperative Artificial Intelligence for Human-machine Work

当社AI技術“Maisart”の一つである逆強化学習を活用し、人が操作しているかのような自然な動作を機械が実現することで、人との協調が容易になる“人と協調するAI”を開発した。周囲作業員の作業の妨げにならないように機械（無人搬送台車、自動車など）が動くことで、人と機械が混在する環境での作業効率向上に貢献する。少ないデータで効率よく学習できる逆強化学習を活用することで、従来の教師あり学習と比較して10分の1以下の少ない運転操作データでの学習を可能にした。今後、作業の効率化又は作業員間に一定の距離確保が求められる場合など、生産現場

や物流現場を始め、人と機械が混在する作業環境での適用を目指す。

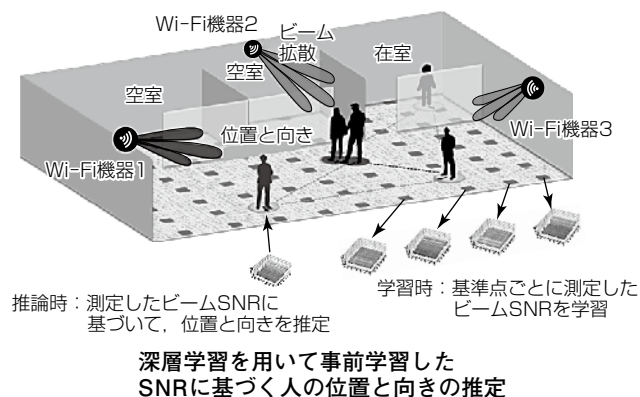


■ 市販Wi-Fiルーターのミリ波帯新規チャネル測定に深層学習を活用した高精度屋内測位技術

Precise Indoor Localization Using Commercial-off-the-shelf (COTS) Wi-Fi Routers Powered by Deep Learning on New Channel Measurements in Millimeter-wave Bands

Wi-Fi^(注)(Wireless-Fidelity)機器を利用することで、専用機器不要で高精度な屋内測位が可能になる技術を開発した。この技術は、今後普及が見込まれる5G(第5世代移動通信システム)やIEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)802.11ad/ayで使用されるミリ波帯チャネルを用いている。通信対象の探索で利用される方向ごとのビームの信号帯雑音比(SNR)を使う手法であり、従来の受信信号強度指標(RSSI)による測定よりも安定性が高く情報量も多い。屋内の複数基準点とアクセスポイント間で測定したビームSNRを学習した残差ネットワークによって、屋内の人の位置と向きを推定する。オフィスを想定した実環境での評価の結果、測位精度は二乗平均平方

根誤差11.1cmになり、RSSI測定に基づく手法と比較して2倍の精度を達成した。



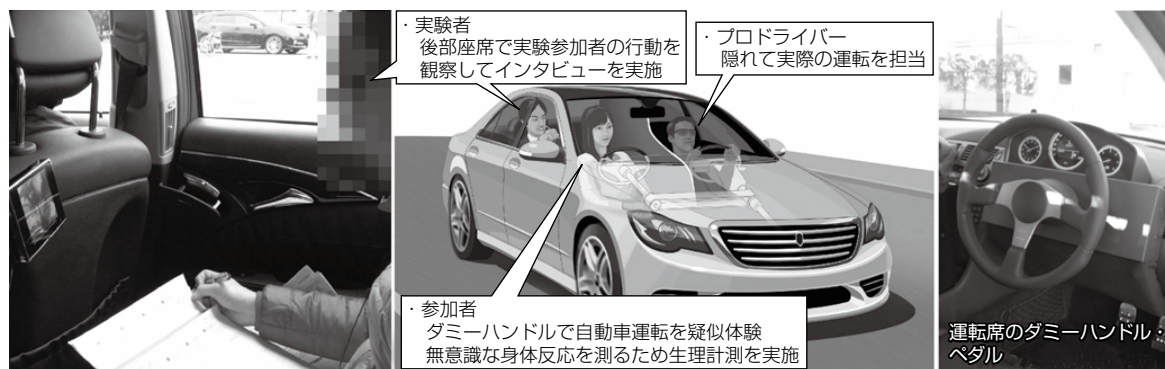
■ 人の気持ちの評価技術

Evaluation Technique for User's Feeling

人の気持ちや状態の変化を評価するには、参加者の自然な反応を得るための評価設計や環境構築の工夫が必要である。

車の自動運転制御による“不安感”を評価した事例では、疑似的な自動運転車両の評価環境を構築し、参加者にはハンドルがダミーであることやプロドライバーが運転を行うことに気づかないように工夫した。このような自然な評価

環境で、実験者は後部座席から参加者の行動を観察・インタビューを実施することで、ドライバーが不安と感じないブレーキのタイミングやコーナリング制御を明らかにした。さらに、参加者本人も気づかない無意識的な行動や身体反応を測るため行動観察や主観評価に加えて生理計測を行い、評価結果の精度を向上させた。



疑似的な自動運転環境による評価実施例

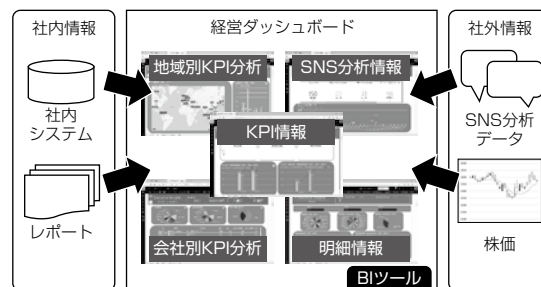
1.8 生産インフラ・設計技術 Production Infrastructure and Design Technologies

■ データドリブン経営に向けた“経営ダッシュボード”の導入

Introduction of "Management Dashboard" for Data-driven Management

デジタルトランスフォーメーション時代のデータドリブン経営を目指し、社内取締役及び執行役向けに経営情報を一元的に集約した“経営ダッシュボード”を導入した。BI (Business Intelligence) ツール採用によってデータの可視化・分析基盤を短期間で構築した。社内システムから収集・蓄積したデータからKPI(Key Performance Indicator)情報を生成し、地域別やグループ会社別などの切り口による分析を可能にした。さらに、SNS(Social Network Services)上の当社に関する発言の分析や当社株価を日々表示することで、社外での企業評価の変化を把握可能にし

た。このダッシュボード活用によって、最適で迅速な意思決定を実現するデータドリブン経営に変革する。



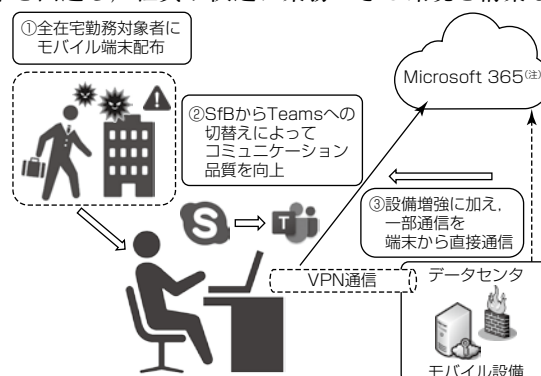
経営ダッシュボードのイメージ

■ 新型コロナウイルス感染症拡大に対する在宅勤務環境の迅速な実現

Building Remote Access Solutions Quickly for Teleworking in Response to COVID-19 Expansion

新型コロナウイルスの感染拡大に伴って在宅勤務の需要が急増した。当社では主に次の三つの対策を実施し、在宅勤務対象者(2020年8月時点で3.6万人)が、自宅でも出社時と同様に勤務可能とする環境を実現した。

せずにバイパスさせる仕組みを活用してネットワーク混雑を回避し、社員が快適に業務できる環境を構築した。



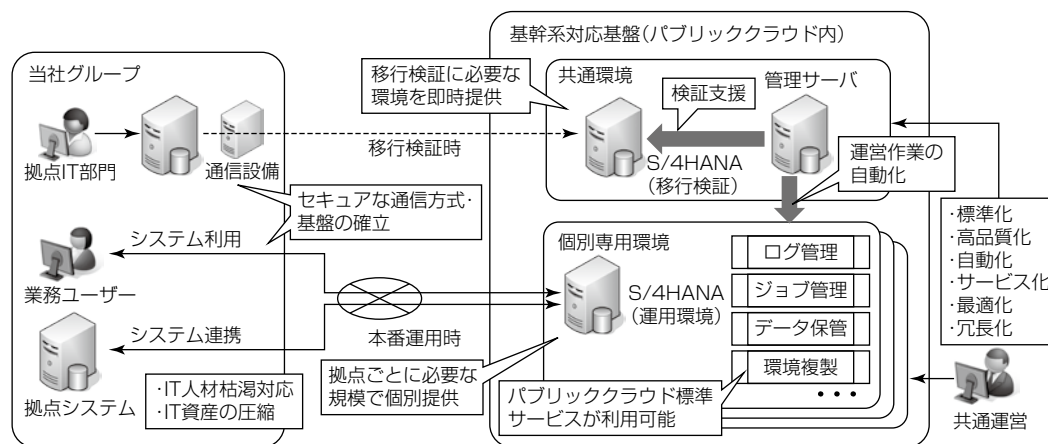
コロナ禍での在宅勤務環境

■ パブリッククラウドを用いたSAP S/4HANA移行のための三菱電機グループ向け基幹系対応基盤

Inhouse Standardized Platform for Mitsubishi Electric Group to Migrate to Public Cloud-based SAP S/4HANA Enterprise Systems

現在、当社及びグループ各社では、個々で稼働している旧版のSAP(注)システムを2025年までに後継のS/4HANA(注)へ更新する計画である。SAP社製・第4世代ERP(Enterprise Resource Planning)製品であるS/4HANAは同社のインメモリーデータベースを利用しており、ハードウェアリソースの確保から運用・保守に至るまで、専門の技術・ノウハウを要する。また、基幹系システムの維持・運用には高度なセキュリティ対策や高可用性・災害対策が要求される。これらの要件に柔軟かつ俊敏に対応するためにはクラウド化が望ましく、今回、パブ

リッククラウドを用いた基幹系対応基盤を構築した。これによって、当社各拠点やグループ各社は、S/4HANAへ更新の際、クラウド環境へ円滑に移行でき、運用・保守の共通化や、費用対効果の高い可用性対策を実現できる。既に2020年からモデル拠点で稼働している。



当社グループ向け基幹系対応基盤の構成

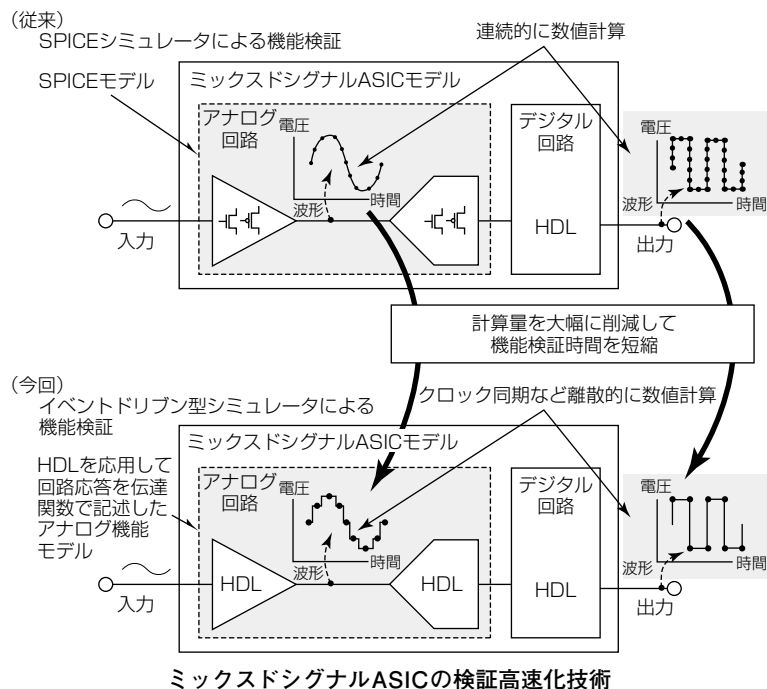
■ ミックスドシグナルASICの検証高速化技術

Accelerating Verification Methodology for Mixed Signal Application Specific Integrated Circuit

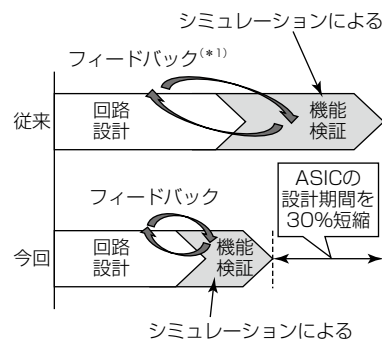
ミックスドシグナルASIC(Application Specific Integrated Circuit)の大規模化に伴ってシミュレーションによる機能検証工程が長期化していた。その要因は、機能検証にSPICE(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)シミュレータを用いていたことにある。この

技術は、ミックスドシグナル検証に一般的に用いられるが、時間軸に対して連続的に数値計算して回路の応答を求めため莫大(ばくだい)な検証時間を要する。今回、HDL(Hardware Description Language)の算術演算機能を応用して回路の応答を伝達関数で記述したアナログ機能モデル

を開発するとともに、時間軸に対してクロック同期など離散的に数値計算するイベントドリブン型シミュレータを用いて機能検証を実施した。これによって、機能検証に要する時間を大幅に削減し、従来同等の設計品質を保ったままASICの設計期間を30%短縮できた。



ミックスドシグナルASICの検証高速化技術



ミックスドシグナルASICの設計期間短縮

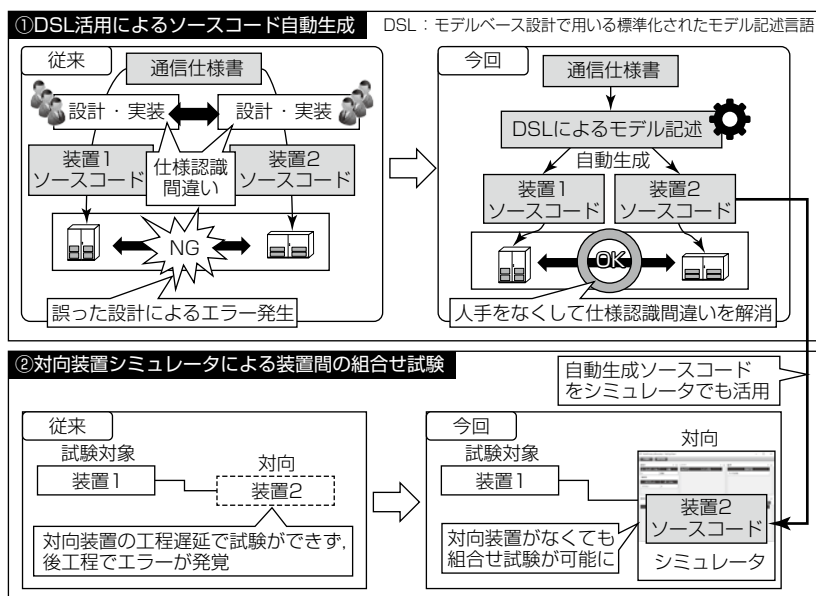
* 1 機能検証で確認した不具合を是正するため再度回路設計・機能検証を実施すること

■ DSL活用によるソースコードの自動生成技術

Automatic Code Generation Technology using Domain Specific Language

大規模ネットワークシステムの開発で、従来は装置間の通信仕様書を基に、各装置の設計者が個々に通信機能を実装しており、仕様の認識間違いによって実機を用いた装置間通信のシステム試験で手戻りが発生していた。この課題に対してソースコード自動生成技術を開発・適用し、手戻り件数を80%削減した。

具体的には、装置間の通信仕様書をDSL(Domain Specific Language)によってモデル記述して仕様を厳密に定義し、ソースコードを自動生成することで人手の介入をなくした。さらに、装置間の組合せ試験で、試験対象に接続する対向装置をDSLから自動生成したソースコードを活用したシミュレータで代用し、対向装置の完成前に試験着手を可能にした。

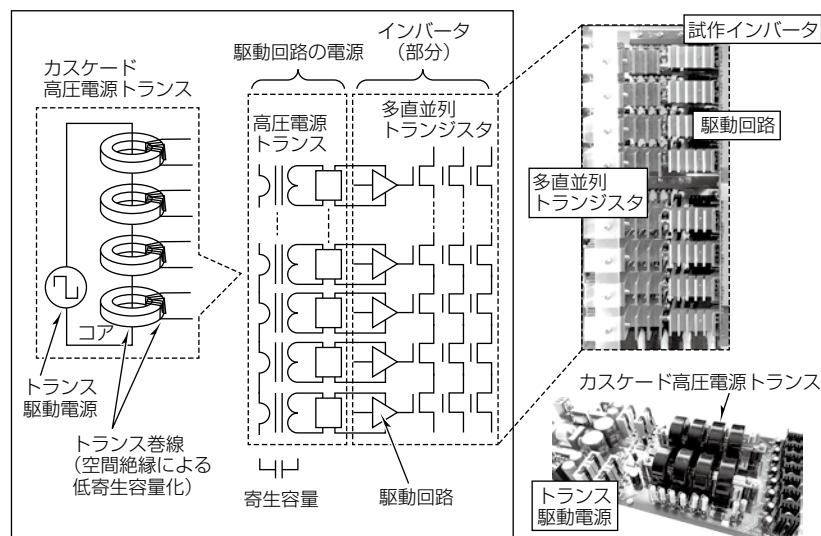


DSL活用によるソースコードの自動生成技術

■ 高電圧・高周波インバータ技術

High-voltage and High-frequency Inverter Technologies

レーザ等の放電負荷や、産業用機器に応用可能な高電圧・高周波インバータ技術を開発した。数kVの高電圧を高周波でスイッチングするため、多数のトランジスタを直並列で同時駆動させ、各駆動回路の高圧電源トランスの寄生容量を低減する必要がある。一般の高圧電源トランスは樹脂絶縁構造のために寄生容量が大きくて高周波化に限界があった。今回、巻線をコアの中空部に貫通・直列接続して空間絶縁する新構造のカスケード高圧電源トランスを開発し、寄生容量を樹脂絶縁に比べて7分の1に低減させた。インバータ出力電圧3kV以上で周波数を従来比3倍の最大1.5MHz、出力14kWの動作を実現した。



カスケード高圧電源トランスと試作インバータ

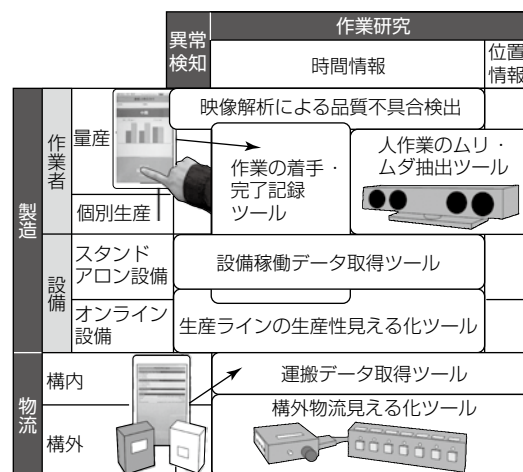
■ JIT改善活動向けのITを活用したプラットフォームツール群の開発と導入

Development and Implementation of Platform Tools Utilizing Information Technology for JIT Kaizen Activities

当社は2002年から生産体質強化を目的に、5S(整理・整頓・清掃・清潔・躰(しつけ))3定(定位・定品・定量)、徹底したムダ取り、自発的・継続的改善を基本にしたJIT(Just In Time)改善活動を進めてきた。

改善活動のPDCA(Plan Do Check Action)サイクルを高速化するためには、製造現場での人・モノ・設備データの抽出・分析自動化が望まれていた。この要求に応えるため、製造現場の現状分析を容易にするITを活用したツール群を開発した。

このツールの活用によって、短時間でのデータ取得・処理や遠隔調査・分析ができるようになり、海外も含めた事業環境変化や昨今のリモート工場管理ニーズへの素早い対応が可能になっている。



JIT改善活動を加速させるITツール群

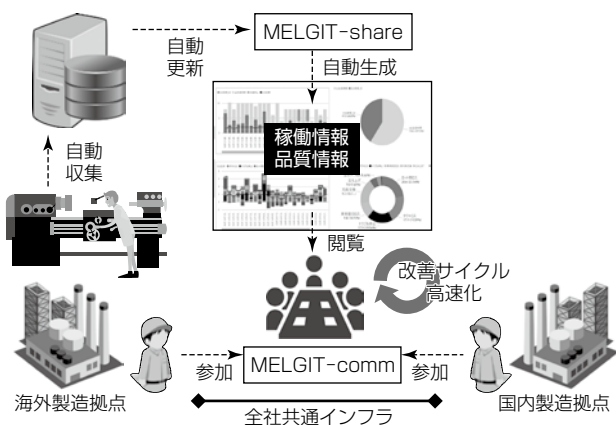
■ 広域遠隔ネットワークを活用した海外新工場での改善サイクルの高速化

Speedup of Improvement Cycle at Overseas Newly Factories Utilizing Wide Area Remote Network

当社の海外新工場建設に伴い、生産ラインの立ち上げとともにITを活用した作業管理や品質管理を推進している。

今回、当社のグローバルIT基盤サービス“MELGIT^(*)”を用いて、海外新工場と国内工場間で稼働情報や品質情報がリアルタイムに見える広域遠隔ネットワークを構築した。これによって、国内工場から生産・品質状況が見えるようになり、昨今のリモート管理ニーズにも対応した改善サイクルの高速化を実現できた。これらの活動をIT活用ガイドラインとしてまとめ、今後のIT活用展開の基盤を整備した。

* 1 Microsoft社のソリューションを利用した、Web サイトやオンラインでファイル・音声・映像を共有する当社全社共通の情報基盤



MELGIT-share : ファイル共有, MELGIT-comm : 音声・映像共有

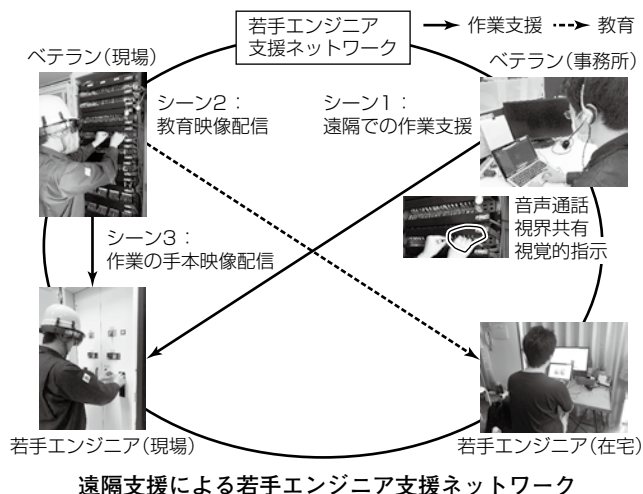
広域遠隔ネットワークの全体構成

■ 営業・保守サービス向けのVR技術を活用した遠隔支援システム

Remote Support System Utilizing Virtual Reality Technologies for Sales and Maintenance Services

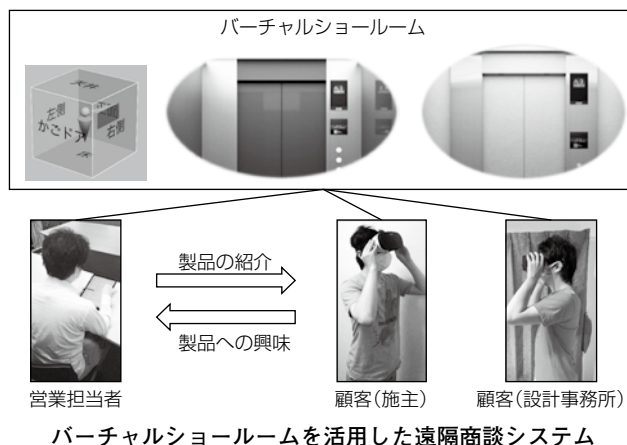
ソーシャルディスタンスの確保が習慣化する中、保守サービスや営業の現場でも、新しいコミュニケーションの取り方が必要になっている。

保守サービスの現場では、より少ない保守要員での対応が求められる。そこで、トラブル対応時の技術的な相談をバーチャルリアリティ技術を用いて遠隔で支援するシステムを開発した。



ムを開発した。保守現場の映像と音声をネットワークを介してベテラン要員に伝達し、数少ないベテランの知恵を共有する。

営業の現場では、顧客との接触にも制限が求められる。そこで、顧客が仮想空間上のショールームを体験できる遠隔商談システムを開発し、遠方にいながらも顧客の興味や反応を確認できる対面に近い商談を実現した。



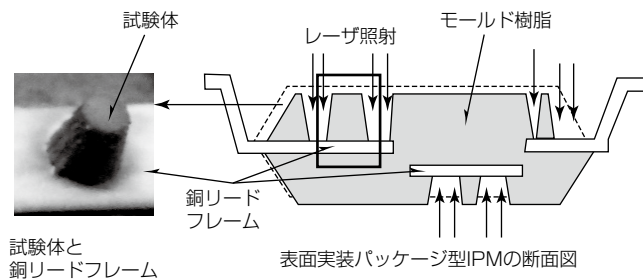
■ レーザ加工を用いた半導体モジュール向けモールド樹脂の密着性評価手法

Adhesion Evaluation Method of Molding Resin for Semiconductor Module using Laser Processing

当社で開発した表面実装パッケージ型IPM(Intelligent Power Module)では、はんだ耐熱性試験(*1)をクリアするため、適切なモールド樹脂と成形プロセス条件を選択して銅フレームに対するモールド樹脂の密着性を向上させる必要があった。パッケージ内のモールド樹脂の密着性を評価するために、完成したパッケージをレーザーによって円錐(えんすい)台形状の試験体加工し、モールド樹脂と銅リードフレーム間のせん断破壊強度を測定する手法を開発した。

完成したパッケージから試験体を作製するため、モールド樹脂の特性だけでなく、注型速度などモールド樹脂の成形プロセスの影響を評価できる。成形プロセス条件を変更した際に、この手法で測定したせん断破壊強度とはんだ耐熱性試験での剥離率(*2)に負の相関がみられ、この手法の妥当性を確認した。

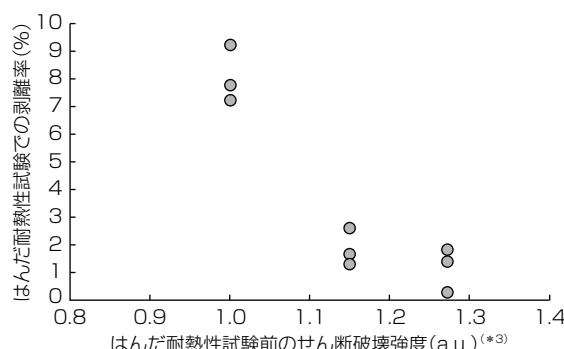
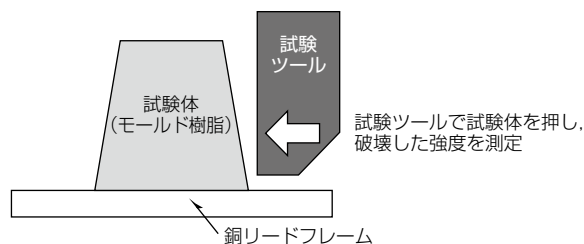
開発時のモールド樹脂の選定評価で、モールド樹脂と銅フレームが剥離しやすい位置のせん断破壊強度を測定す



レーザ加工を用いた試験体の作製方法のイメージ図

ることで、数週間を費やすはんだ耐熱性試験を不要とし、モールド樹脂の良否を短期間で判断することが可能になる。

- * 1 所定の条件でパッケージを吸湿させた後、顧客のリフローはんだ付け工程を模擬した温度環境にさらす試験
- * 2 フレーム全体の面積のうち、はんだ耐熱性試験で剥離した面積の割合



* 3 せん断破壊強度は各条件で7個のデータの平均値を示す。

はんだ耐熱性試験前のせん断破壊強度と、
はんだ耐熱性試験での剥離率の関係