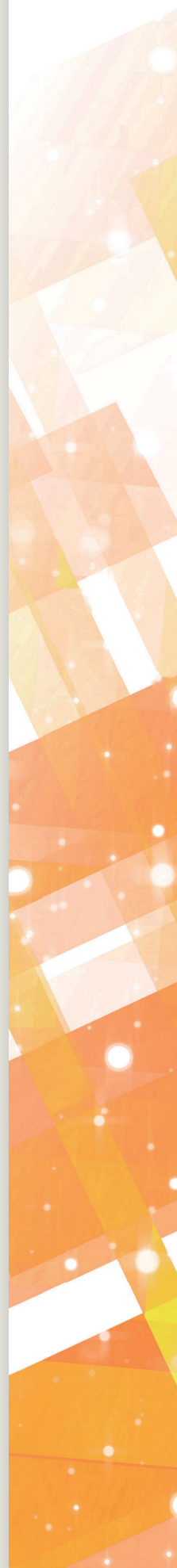


研究開発

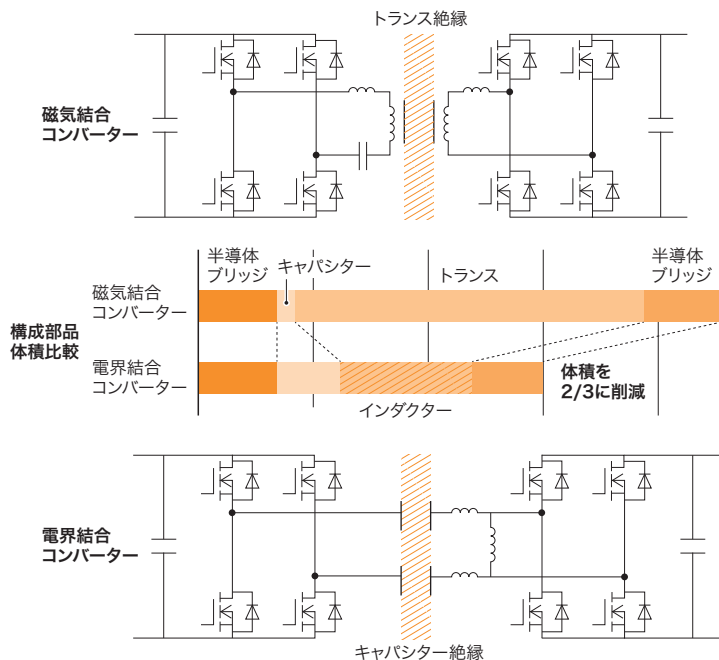
Research and Development

カーボンニュートラルの実現や、社会インフラの強靱（きょうじん）化、デジタル・データの活用など、時代の変化に伴って、技術に対する社会や市場の要求も大きく変わってきています。国内だけでなくグローバルに展開した開発拠点が有機的に連携して先進技術を開発し、市場変化に即応できる国際競争力を醸成しています。

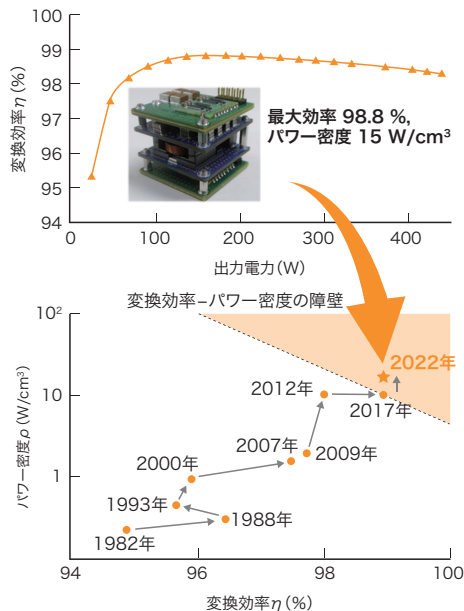


パワーエレクトロニクスシステムの小型・高効率化に貢献する電界結合コンバーター

研究開発
カーボンニュートラル



電界結合コンバーターに期待される電力変換器の小型化
Capacitively coupled DC-DC converter achieving higher efficiency and smaller size



48 V, 450 W 電界結合コンバーターの試作と高パワー密度化効果の実証

Results of demonstration of 15 W/cm³ prototype capacitively coupled DC-DC converter

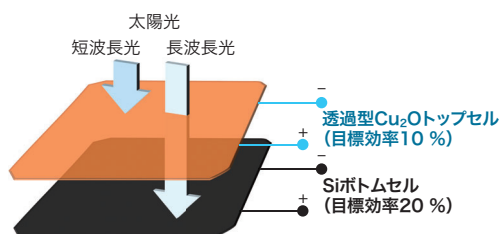
再生可能エネルギー（以下、再エネと略記）による電力や蓄電池を電力系統と接続・制御する電力変換器のパワー密度（変換器の小型化効果を表す性能指標、出力電力値を変換器体積で除したものは、過去数十年の間、パワーデバイスの性能向上に伴って増加を続けてきた。しかし、パワーデバイスの性能が劇的に向上した結果、相対的に受動部品の影響が顕在化し、現在ではインダクターや高周波トランスなどの性能が、電力変換器の高パワー密度化の主な障壁となっている。そこで、電力変換器のパワー密度を更に高めるため、電界結合方式を適用した絶縁形DC（直流）-DCコンバーター（以下、電界結合コンバーターと略記）を開発した。

電界結合コンバーターは、高周波トランスの代わりに直列キャパシターを用いて電氣的に絶縁する電力変換器である。これを適用することで、従来の絶縁形DC-DCコンバーター（以下、磁気結合コンバーターと略記）の構成要素の中で体積比率の大きい高周波トランスが不要になり、電力変換器の小型化が可能になる。電界結合コンバーターは、単体で大きい入出力電圧比を持つ電力変換器を実現することは困難であるが、複数台を直列・並列接続することにより、コンバーター単体のパワー密度を維持したまま、多様な入出力電圧の電力変換器を容易に構成できる。

低電圧の太陽光発電システムや蓄電池システムと相性の良い380 V直流給電システムをモチーフとして、48 V-48 V, 450 Wの電界結合コンバーターを試作した。実証試験の結果、磁気結合コンバーターのトップクラスの性能である最大効率99%、パワー密度10 W/cm³と比較して、電界結合コンバーターは、最大効率を維持したまま、パワー密度が1.5倍の15 W/cm³（出力電力：450 W、体積：30 cm³）へ大幅に向上したことを確認した。また、試作した電界結合コンバーターを8台用いて、48 V-384 V変圧動作を達成し、380 VのDC給電システムに接続して運用できることを示した。

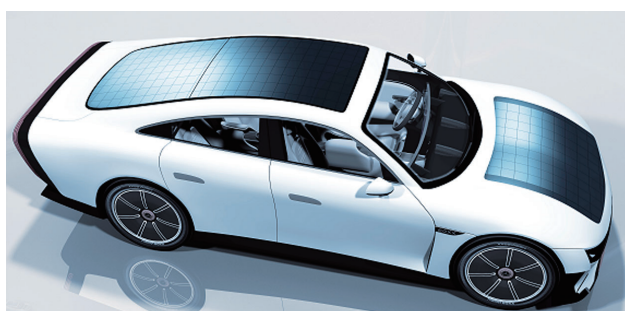
研究開発センター

Cu₂OとSiを用いた高効率で低コストのタンデム型太陽電池



タンデム太陽電池の模式的な構造図

Schematic diagram showing structure of cuprous oxide (Cu₂O)-silicon (Si) tandem solar cell



Cu₂O/Siタンデム型太陽電池を搭載したEVのイメージ

Rendering of electric vehicle equipped with Cu₂O-Si tandem solar cells



Cu₂Oセルサイズの段階的な大型化

Enlargement of size of Cu₂O cell under development

太陽光発電を社会全体に広く普及させるには、太陽電池の更なる高効率化と、低コスト化が必要である。

従来の高効率太陽電池には、ガリウムヒ素半導体などのIII-V族半導体を結晶成長技術で積層したタンデム太陽電池があるが、製造コストが結晶Si(シリコン)太陽電池の数百倍から数千倍と高く、幅広い製品に適用するには向いていない。そこで、当社が2019年に開発に成功した亜酸化銅(Cu₂O)からなる透過型セルを、結晶Siセルに積層した高効率・低コストタンデム型太陽電池の開発を進めている。キーデバイスの透過型Cu₂Oセルは、III-V族半導体と比べて、基板、素材、及び装置がいずれも安価な点が特長である。現在、発電効率30%台のタンデム太陽電池技術の開発を進めており、それを実現する透過型Cu₂Oセルの目標効率は10%である。

2022年9月、透過型Cu₂Oセル(セルサイズ10×3mm)の発電効率を、世界最高^(注)の9.5%まで改善することに成功した。これは、2021年に公表した自らの記録を更新し、目標効率にあと0.5ポイントと迫る高い値である。このCu₂Oをトップセルに、25%の結晶Siをボトムセルに適用したCu₂Oタンデムは、発電効率28.5%と試算され、この値は、26.7%程度とされるSi太陽電池を大きく上回る。高効率タンデム型太陽電池の実現により、限られた設置面積でも供給できる電力を増やせることから、例えば、太陽光エネルギーで走行する“充電なしEV(電気自動車)”の実現が期待できる。

今後は、タンデム型太陽電池の実用化に向け、透過型Cu₂O太陽電池の大型化開発に取り組む。セルサイズを段階的に大型化し、2025年度をめどに、Si太陽電池と同じ量産サイズ(125×42mm)のCu₂Oセル製造技術の確立を目指す。また、Cu₂OとSiのタンデム型太陽電池の更なる効率向上を図り、充電なしEVをはじめとするモビリティへの応用につなげ、将来のカーボンニュートラル社会の実現に貢献していく。

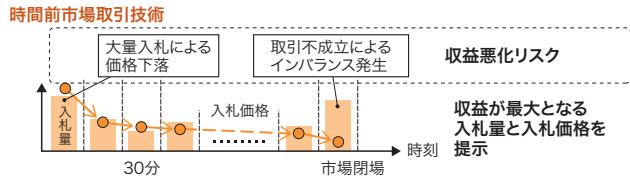
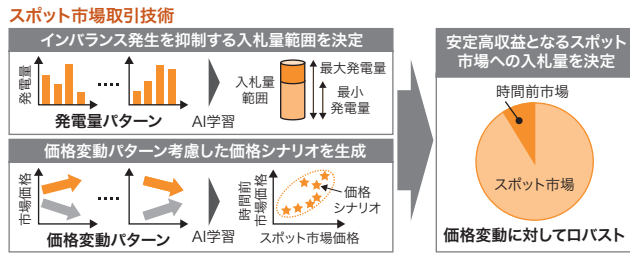
この成果の一部は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものである。

(注) 2022年9月現在、透過型Cu₂O太陽電池として、当社調べ。

■ 再エネの電力取引市場での最適取引技術



再エネアグリゲーションサービスの概要
Overview of renewable energy aggregation service



電力市場取引技術
Spot market and intraday market trading technology

研究開発センター

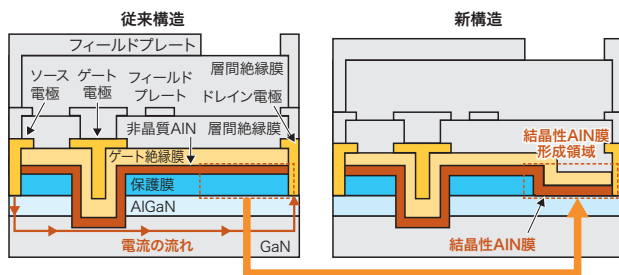
再エネアグリゲーションサービスでは、発電事業者の再エネ電源を束ね、電力取引市場を通して、電力の安定供給に貢献して収益を得る。当社は、再エネ電源からの電力をJEPX（一般社団法人 日本卸電力取引所）のスポット市場（前日取引）及び時間前市場（当日取引）で、インバランス（売電計画と発電実績とのずれに対して発生するペナルティー）の発生を抑えながら、安定高収益となる入札量と価格を算出する技術を開発した。

スポット市場取引技術では、AI学習とシナリオ最適化手法によりインバランス発生リスクを抑えた上で安定高収益となる入札量を算出する。

時間前市場取引技術では、収益悪化リスクを考慮し、30分ごとの最適な入札量と入札価格を算出する。最適入札手順を効率良く発見する探索手法を開発したことで、短時間で安定高収益となる入札手順を算出できる。

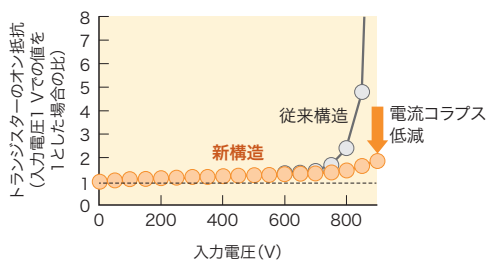
これらの技術は、経済産業省の令和3年度及び令和4年度「再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業」や、2022年に開始した当社の再エネアグリゲーションサービスで活用する。

■ 選択的単結晶形成法の適用で高信頼性を実現した MOS 型 GaN パワートランジスター



AlGaN：窒化アルミニウムガリウム

MOS 型 GaN パワートランジスターの断面構造
Cross-sectional structure of metal-oxide-semiconductor (MOS) type gallium nitride (GaN) power transistor



従来構造と開発した構造のオン抵抗の比較
Comparison of on-resistance of conventional and newly developed structures

研究開発センター

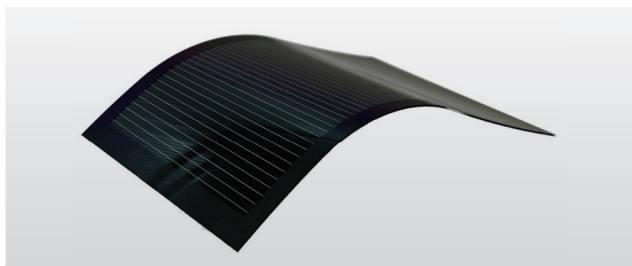
データセンターやサーバー電源の省エネ化への貢献が期待される GaN（窒化ガリウム）パワー半導体を用いた、MOS（金属酸化膜半導体）型ゲート構造トランジスターにおいて、オン抵抗変動が小さく、高信頼性の独自の新規構造を提案し、その効果を確認した。

GaN トランジスターには、入力電圧の増加に伴いトランジスターのオン抵抗が増加する電流コラプスと呼ばれる現象がある。電流コラプスは、トランジスターの電力損失や故障の原因となるため、高信頼性化のために、抑制する必要がある。

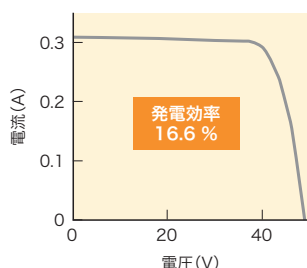
まず、電流コラプスの要因解明のために、トランジスターの電気特性の詳細な評価解析を行った。その結果に基づき、高品質な単結晶 AlN（窒化アルミニウム）層をトランジスター構造の一部に形成する、独自の新規構造を提案して試作した。

提案した新規構造では、従来構造と比較して、電流コラプスによるオン抵抗増加を最大で約 90% 抑制できることを確認した。これにより、高信頼性の MOS 型 GaN パワートランジスターを実現できることが示された。

■ 膜の均一性向上によるフィルム型ペロブスカイト太陽電池の高効率化



フィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュール
Film-based perovskite photovoltaic module



発電効率16.6%を達成したフィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュールの電流-電圧特性
Current-voltage curve of module achieving power generation efficiency of 16.6%

フィルム型ペロブスカイト太陽電池は、軽量・薄型で曲げやすい特長を持つ。従来、重量のある結晶シリコン太陽電池を置けなかった耐荷重の低い屋根の工場やビルの壁面などにも設置できるため、再エネの利用拡大を可能にする技術として開発を進めている。

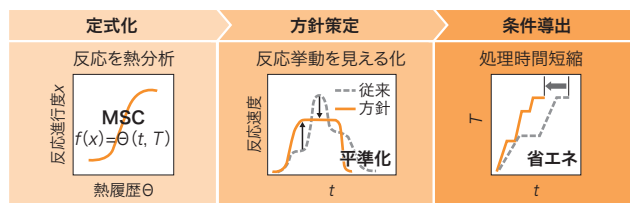
1種類のインクを1回塗布することでペロブスカイトの膜を形成できる、当社独自の成膜法“1ステップメニスカス塗布法”において、塗布・乾燥工程の改善などにより、ペロブスカイト膜の膜厚むらや欠陥部の低減を図った。その結果、面積703 cm²フィルム型モジュールの発電効率を、2021年発表の15.1%から16.6%に高めることに成功した。これは、膜質が良くなったことにより、素子内からの電荷の取り出しやすさが向上したためと考えられる。この発電効率は、大面積フィルム型の世界最高効率^(注)を更新した。

この成果は、NEDOの委託事業の結果、得られたものである。

(注) 2022年10月現在、プラスチック基板上に構成される受光部サイズ400 cm²以上のペロブスカイト太陽電池モジュールにおいて、当社調べ。

研究開発センター

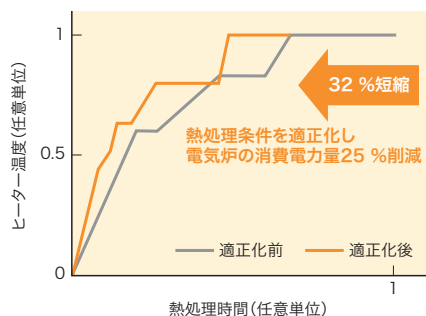
■ 電力消費量を低減する熱処理条件の設計技術



t: 時間 T: 温度

熱処理条件の適正化フロー

Flow of processes to optimize heat treatment conditions of electric furnace



熱処理条件の適正化による効果

Effect obtained by optimization of heat treatment condition

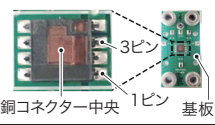
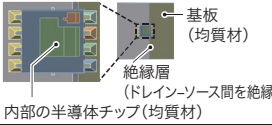
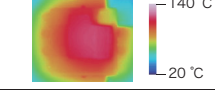
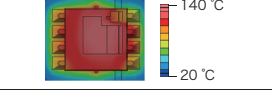
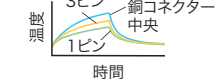
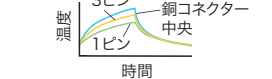
金属やセラミックスの焼成や樹脂の硬化などに使用される電気炉の電力消費量は、製造業における全消費量の上位を占める。そのため、これらの熱処理工程を効率化することによって、電力消費量の大幅な低減が期待できる。しかし、従来の熱処理条件は、経験則に基づき、温度と処理時間に大幅なマージンを付加して設定される場合が多く、適正に設計する技術が求められていた。

今回、材料の反応進行度を定式化するマスターカーブ(MSC)を用いて熱処理条件を適正化する設計技術を確立した。MSCは熱処理に伴う反応を理解し、反応熱・質量・熱収縮などの物理量の変化を熱分析により定量化して定式化したものである。この技術はMSCに基づき、炉内の温度分布を考慮して適正な熱処理条件を設定する。セラミック製品の脱脂工程にこの技術を適用した結果、品質を維持しながら、電気炉の電力消費量を適正化前に比べて25%削減できた。

今後、この技術を東芝グループ製品の熱処理工程に展開して消費電力量を低減し、カーボンニュートラルの実現に貢献していく。

生産技術センター

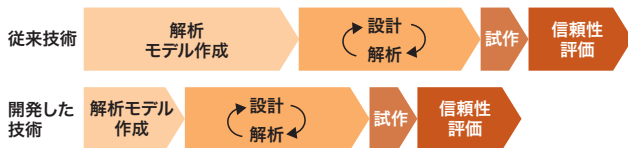
■ 設計早期に故障リスクを予測できるパワー半導体の熱解析モデル作成技術

比較項目	実測	開発した技術による解析
外観		
温度分布 (最高時点)		
温度挙動		

*評価用に内部を露出

半導体パッケージ通電時の温度挙動の比較

Comparison of measured and simulated temperature behavior during energization of semiconductor package



熱解析モデル作成技術によるLT短縮

Shortening of lead time through application of technique to create thermal simulation model

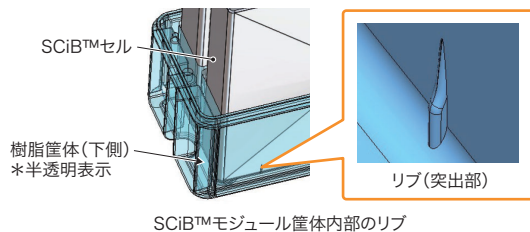
生産技術センター

パワー半導体の大電流化や小型化が進んでおり、熱負荷による故障増が懸念されている。パワー半導体の信頼性確保のために、通電時の熱負荷を設計早期に予測する必要がある。従来技術では、半導体チップや基板などの複雑な内部構造、及び基板の設置環境を再現する熱解析モデルが複雑になり、モデル化のLT（リードタイム）が長期化する問題があった。

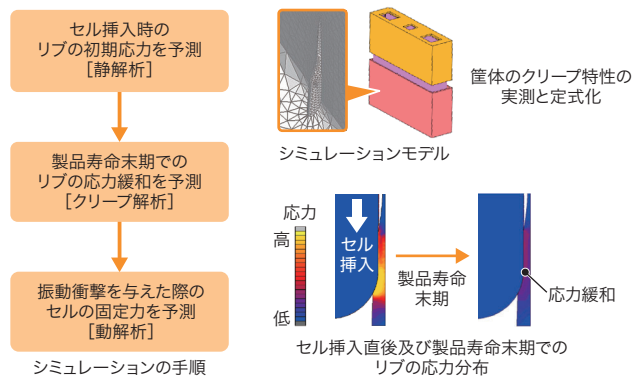
この度、パワー半導体通電時の半導体チップから基板外部への放熱特性を、構造や放熱経路も考慮して予測する熱解析モデルの作成技術を開発した。パワー半導体の電気抵抗率の温度依存を電流-電圧特性から、基板の放熱経路の熱伝導率・熱容量を過渡熱温度測定結果から、フィッティングしてモデル化する技術を新たに導入した。この結果、製品設計に必要な、熱の分布や構造変更の影響を、短時間で予測できるようになった。

この技術の確立で、モデル化のLTを約80%削減し、精度を維持しつつ故障リスクを予測できるようになり、信頼性を確保できるパワー半導体の設計を可能にした。

■ SCiB™ モジュール製造の環境負荷を低減するセル固定手法



SCiB™モジュール筐体内部のリブ



製品寿命末期でのSCiB™セルの固定力を予測するシミュレーション技術
Simulation technology to predict anchoring force of SCiB™ cell at end of product lifetime

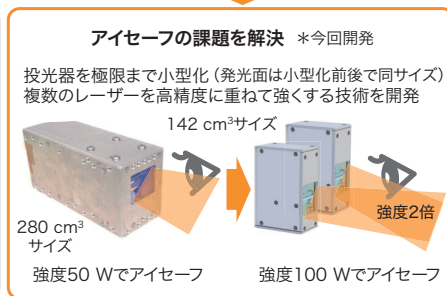
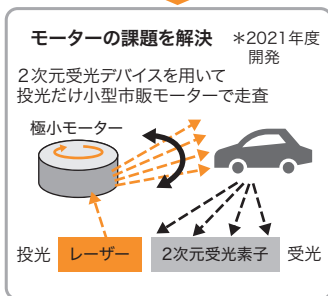
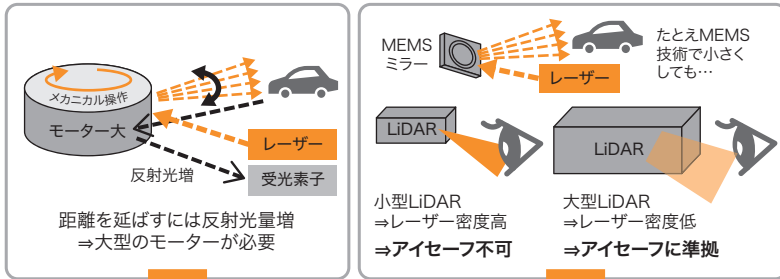
カーボンニュートラル社会の実現に向け、リチウムイオン二次電池SCiB™のセル、及び複数のセルを組み合わせたモジュールを製造している。従来のモジュール製造では、樹脂筐体（きょうたい）にセルを固定するのに接着剤を使用しており、製造コストと環境負荷の低減が課題であった。

そこで、樹脂筐体内に微細な突出部であるリブを設け、セル挿入時にリブを圧縮変形させることで高い固定力を得る手法を開発した。樹脂筐体のクリープ特性を考慮して、製品寿命末期でのセルの固定力を予測するシミュレーション技術を構築し、モジュール設計部門と連携してリブ形状の適正化を行った。

開発したセル固定手法を産業用モジュールに採用し、接着剤を使用しなくても耐振動・衝撃性能を満足するモジュール製造を実現して、環境負荷の低減に寄与した。更に、設計標準化を行った上で新規モジュールに適用したところ、同様に耐振動・衝撃性能を満足し、設計の妥当性が確認できた。この手法による新規モジュールは、2023年に量産開始予定である。

生産技術センター

最長 300 m の測距が可能な手のひらサイズの高画質ソリッドステート LiDAR 技術



2021年度開発 350 cm³



今回開発 206 cm³ (投光器2台)



MEMS: Microelectromechanical Systems

LiDARの受光技術と投光技術の改善点

Improvements in light receiving and light projecting techniques for light detection and ranging (lidar) units

今回開発したLiDARユニットと既開発品との性能比較
Comparison of performance of first- and second-generation prototype lidar units

対象物の形状を3次元で把握可能なLiDAR (Light Detection and Ranging)^(注1)は、自動運転やインフラ監視など様々な用途で活用が期待されるが、その普及にはコストとサイズの削減が課題となっている。

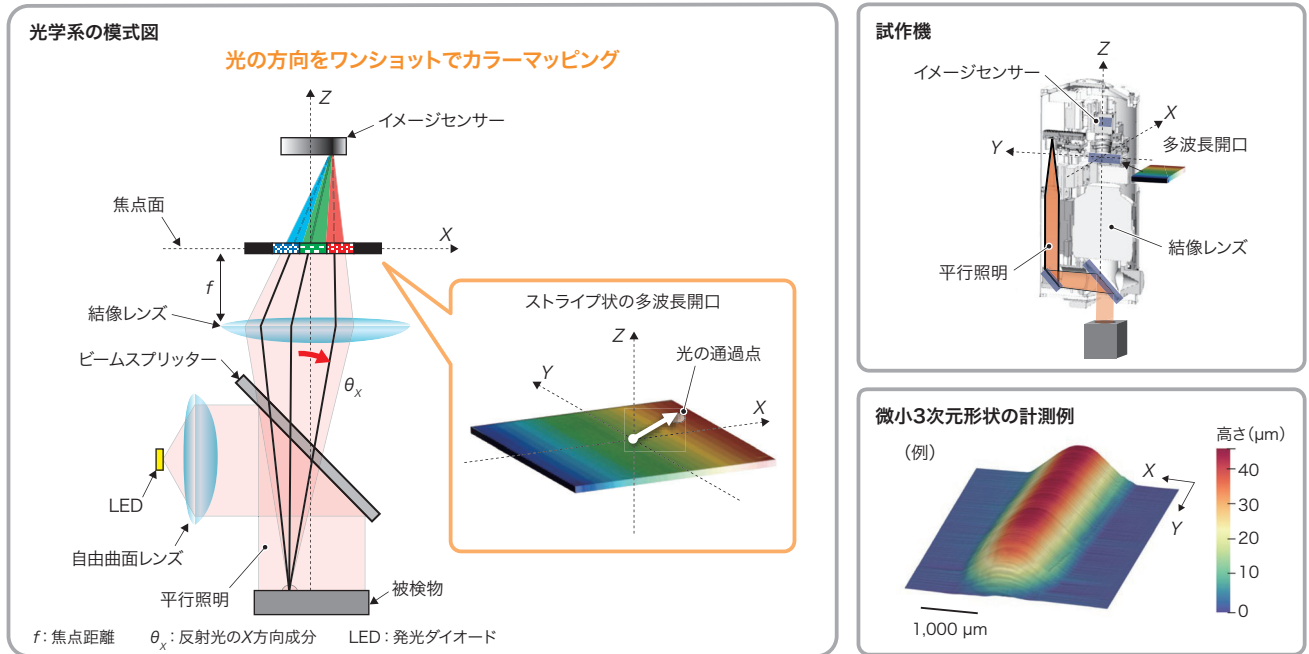
LiDARは、測距対象にレーザー光を照射する投光器と、対象から反射された光を受光し、光の照射から受光までに要した時間から距離を求める受光器とで構成される。高性能なLiDARを小型かつ安価で実現するには、安全基準で定められる目に障害を与えないレーザー光強度(アイセーフ)に準拠しつつ、レーザー走査のための駆動部(モーターやミラーなど)を小型化することが不可欠である。そのため、当社は2021年度に、2次元受光デバイスを用いて受光側の走査を不要とし、レーザー走査を投光用に特化させることで駆動部を大幅に小型化した独自のLiDARシステムを開発した。

今回、投光側について、アイセーフに準拠させながらレーザーの照射強度を高められる独自の投光技術を開発し、計測可能距離の延伸を実現した。3次元実装技術によってサイズを極限まで小型化した投光器を連携させて、複数の投光器から出すレーザーの走査角度ずれを0.02度以下に抑える制御をすることで、一つの投光器のレーザー強度を、至近距離では網膜に影響を与えない強度に抑え、複数の投光器から出力されるレーザー光の重ね合わせにより、強度が減衰する遠距離でも十分な強度を確保することが可能となった。実験の結果、アイセーフに準拠したレーザー強度で、測距対象の照射強度を従来よりも高められることを実証した。これら独自の受光技術と投光技術を組み合わせることにより、世界トップクラス^(注2)の300 mの計測距離と10万画素の解像度のLiDARを、手のひらサイズで実現した。LiDARの普及と自動運転化の加速により、安心・安全な社会の実現に貢献していく。

(注1) レーザー照射により、離れた物体までの距離情報を3次元画像として得る技術。

(注2) 2022年3月現在、当社調べ。

微小欠陥を瞬時に可視化・形状計測する光学技術



製品表面の微小欠陥の可視化及び3次元形状の計測が可能な光学技術

Optical technology to visualize and measure three-dimensional shapes of microdefects on surfaces of products

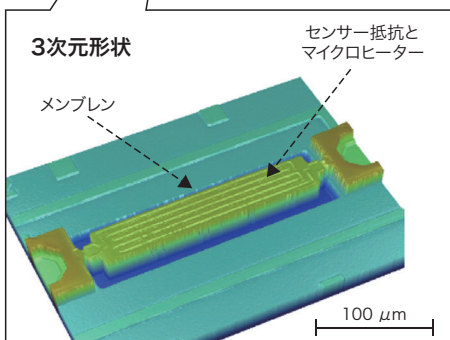
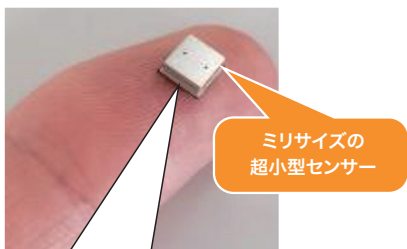
様々な製造工程では、加工中や加工前後の製品の表面形状を計測し、品質を管理することが重要である。このため、撮像装置で取得した複数の画像を解析し、非接触で形状計測する方式が普及している。しかし、製品表面の微小欠陥で、特に μm サイズの高低差を持つ微小な凹凸形状は、従来の撮像技術では明暗のコントラストが付きにくく、鮮明な画像が取得できなかった。そのため、微小欠陥を見落とし、微小欠陥の形状を精度良く計測できなかったりするという問題があった。また、複数の画像を解析処理する従来方式では、製造工程で流れる製品を止めずにリアルタイムで形状計測することが難しかった。

そこで、物体表面で反射される光の方向をワンショットでカラーマッピングできる撮像光学系を用い、その1枚の画像から物体の表面形状を瞬時に測定する3次元計測技術を開発した。この撮像光学系により、 μm サイズの微小欠陥であっても、僅かに散乱された光の方向を色の違いとして捉えて鮮明な画像にできる。試作機を用いた実験により、最大高さが $10\ \mu\text{m}$ 程度の微小なアルミニウム凸形状を数 μm の精度で瞬時(数 $10\ \text{ms}$)に3次元形状計測できることを確かめた。この技術によって、製造工程で流れる製品の外観検査において、微小欠陥の検知及び識別が精度良くできるようになった。また、レーザー溶接における溶融金属のように、時間変化する形状に対しても、リアルタイムで計測できるようになった。

今後、微小欠陥を瞬時に可視化・形状計測できるというこの技術の特長を生かし、様々な製造工程の外観検査に適用していく。

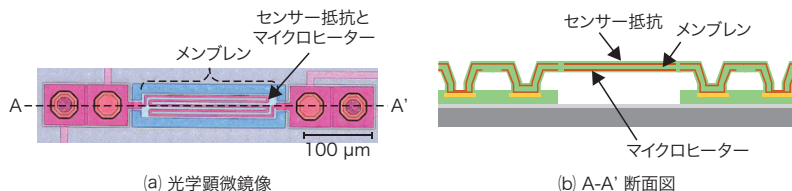
関係論文：東芝レビュー、2022、77、4、p.44-47.

屋内空気質モニタリングに向けた低消費電力MEMS CO₂センサー



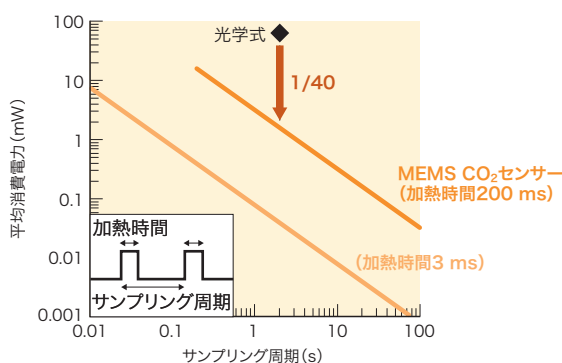
試作したMEMS CO₂センサー

Prototype microelectromechanical systems (MEMS) carbon dioxide (CO₂) sensor for indoor air-quality monitoring



MEMS CO₂センサーの光学顕微鏡像と断面構造

Optical microscope image and cross-sectional structure of prototype MEMS CO₂ sensor



従来の光学式CO₂センサーとMEMS CO₂センサーの平均消費電力比較

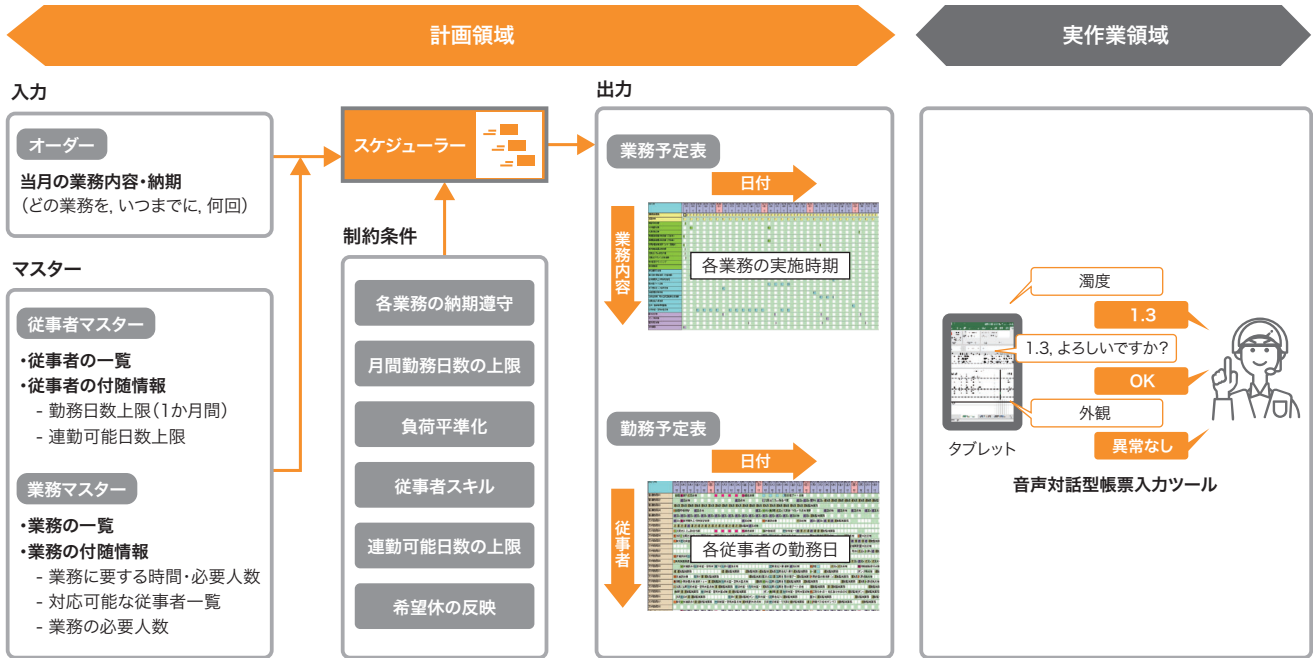
Comparison of average power consumption of conventional optical and MEMS CO₂ sensors

屋内の二酸化炭素 (CO₂) 濃度は、ビル管理法で1,000 ppm以下の管理が求められており、昨今では新型コロナウイルス感染症のような感染症のリスク管理、カーボンフットプリント算出、CO₂見える化技術としても注目が高まり、設置が容易で小型・低消費電力動作を実現するセンサーが求められている。

現在、広く普及している光学式CO₂センサーは、高感度であるが、高出力の赤外光源を必要とするため消費電力が数10 mWと高く、サイズにも課題があった。一方、熱伝導型CO₂センサーは、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を応用することで、低消費電力動作と小型化が可能であるが、従来技術では感度が低く、屋内空気質向けへの適用は難しかった。

そこで今回、低消費電力と高感度を両立する独自構造のMEMS CO₂センサーを開発した。MEMSプロセスにより試作したセンサーは、シリコンチップ上に形成した、アンカーと高熱抵抗のばねに支持されたメンブレン構造から成る。メンブレンと基板間には数μmの狭いエアギャップを設け、メンブレンにはマイクロヒーターとセンサー抵抗を形成していることが特長である。マイクロヒーターでメンブレンを加熱し、雰囲気熱伝導性の変化としてCO₂を検知し、高熱抵抗のばねとエアギャップ構造によりメンブレンが断熱されるため、低消費電力動作が可能となる。また、マイクロヒーターとセンサー抵抗を積層してメンブレンを小型化することで、屋内空気質のセンシングに十分な高感度化が実現でき、CO₂濃度61 ppmの検知分解能を確認している。更に、間欠駆動で従来技術の1/40以下の低消費電力動作が可能で、小型・高感度、低消費電力動作を両立できることも実証した。今後、屋内環境での検証など、実用化に向け引き続き開発を進めていく。

上下水道施設O&Mの計画立案の半自動化と 点検結果・作業実績の音声入力



半自動化されたスケジューラーと音声対話型帳票入力ツールの概要

Overview of semi-automated scheduler and interactive voice input tool for operation and maintenance of water supply and sewerage facilities

上下水道施設のO&M (Operation and Maintenance) 事業では、良質な水道水供給と下水処理の効率的な実施のため、水処理に精通した従事者の作業予定や勤務予定などの計画を立案する必要がある。この計画は、上下水道施設の様々な制約条件を考慮しながら試行錯誤して立案されるため、大きな工数を要している。また、上下水道施設の設備を安定稼働させるには、稼働状況を定期的に点検・測定し、異常有無の確認や結果の記録・管理をする必要がある。結果は、従事者が紙や表計算ソフトウェアの帳票に記録しているが、管理項目数が多いため、記録作業に大きな工数を要しており、効率化が求められている。今回、これら課題を解決するため、生産・製造領域のデジタル化に向けてこれまで開発してきた技術を活用し、計画を生成するスケジューラーの開発、及び点検・測定結果を音声記録できる音声対話型帳票入力ツールの適用を実施した。

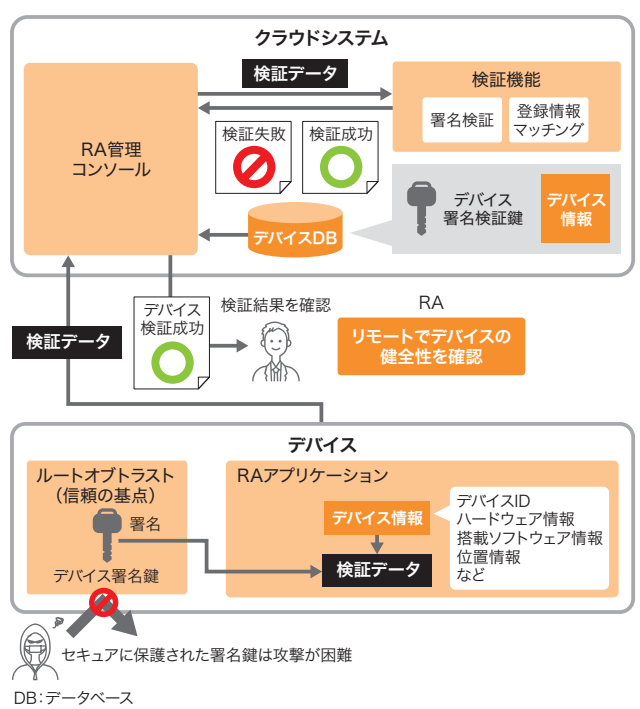
上下水道施設では毎日実施する業務や週次・月次で定期的実施する業務など多様な業務が存在し、これらの期限を遵守できる計画を立案する必要がある。また、従事者のスキルや、月間勤務日数・連勤可能日数の上限、希望休、作業の平準化など、様々な制約条件も考慮する必要がある。今回開発したスケジューラーは、当月の業務内容・期限などを入力情報、従事者や業務の一覧などをマスター情報として指定し、複数の制約条件を満たして作業予定と勤務予定を同時生成する機能を備えている。これを活用することで、計画立案に要する作業工数を削減できる。

音声対話型帳票入力ツールは、あらかじめ設定した手順に沿って点検・測定項目を音声でガイダンスし、使用者が点検・測定結果を音声入力できる機能を備えている。これを活用することで、作業手順を標準化して抜けや漏れを防ぎ、効率的な手順やハンズフリー化などの作業性向上により、点検・測定作業の工数を削減できる。

今後、これらの技術を全国の施設に展開し、O&M事業における業務効率化に貢献していく。

生産技術センター

IoTデバイス向けのサイバー攻撃に対するリモート検知技術



DB: データベース

RAの概要

Outline of architecture of remote attestation

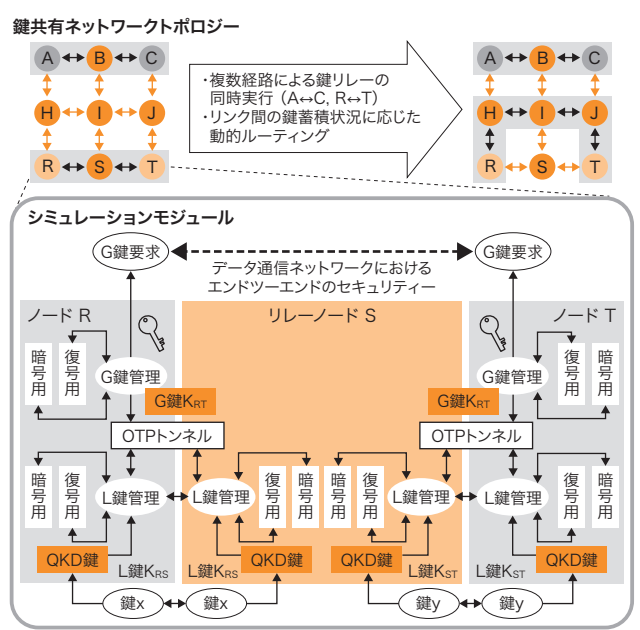
CPS (サイバーフィジカルシステム) 化に伴い、IoT (Internet of Things) デバイスへのサイバー攻撃が増えている。攻撃を受けたデバイスの動作は、システム全体に影響を及ぼすため、デバイスの正常動作 (健全性) をリモートで確認する必要がある。

今回、東芝IoT基盤サービスHABANEROTSのデバイス管理機能として、リモートアテステーション (RA) 技術を開発した。RAは、接続したデバイスの正しさを健全性をリモートで確認できる。具体的には、セキュリティーチップなどの安全な領域に置かれたデバイス固有の鍵を用い、デバイス状態 (デバイスID (識別情報)、ソフトウェア名、動作ログなど) を改ざん困難な形で送付し、クラウドシステム側で正常動作の確認や攻撃による異常を検知する。この機能は、インターネット技術標準化団体IETF (Internet Engineering Task Force) の規格に準拠している。

今後、実証実験により検知の精度向上を図り、東芝CPSでの活用を進め、安全なCPSの提供に貢献する。

研究開発センター

大規模な量子鍵配送ネットワークのシミュレーション評価・検証システム



K_{XY} : ノードXとノードYの間で共有した鍵
 OTP: One Time Pad
 L鍵: ローカル鍵 (直接接続されたQKDモジュールの間で共有された鍵)
 G鍵: グローバル鍵 (L鍵に基づくOTPアルゴリズムによって暗号化された鍵)

大規模なQKDネットワークに向けたシミュレーションの概要

Overview of large-scale quantum key distribution (QKD) network simulation

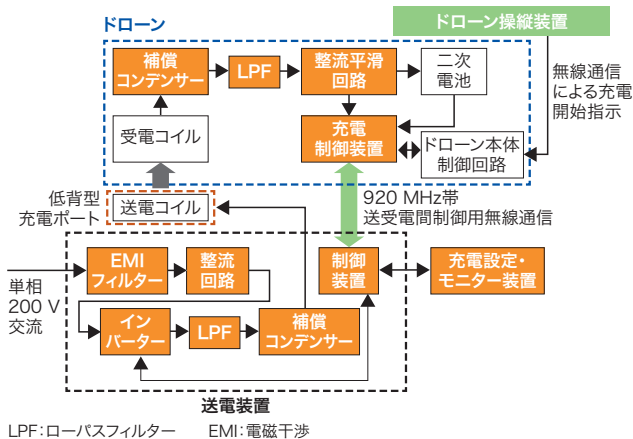
量子鍵配送 (QKD) 技術は、今後のネットワーク社会を支える通信セキュリティー技術として期待されているが、多くのユーザーが利用するためには、QKDネットワークの大規模化が必須となる。

今回、大規模なQKDネットワークの構築・制御・運用方法を、シミュレーションで評価・検証するシステムを開発した。QKDによる暗号鍵生成や、暗号通信、鍵管理と鍵リレー、ルーティング制御などを実装し、各リンクにおける鍵生成速度や、複数経路による鍵リレーの同時実行、鍵蓄積状況に応じた動的ルーティングなどを設定・評価できる。また、シミュレーションの可視化も実現した。更に、100ノード規模の格子型トポロジーのQKDネットワークを構築し、制御・運用技術の評価した。

今後、評価結果を基に、更なる大規模化に向けたネットワーク制御・運用技術の研究開発を進めていく。この研究開発の一部は、総務省の「ICT重点技術の研究開発プロジェクト」の「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発」(JPMI00316) によって実施したものである。

研究開発センター

■ ドローンの充電の自動化に寄与する駐機時ワイヤレス充電技術



ドローン駐機時ワイヤレス充電装置の構成
Block diagram of inductive charger for drones



低背型充電ポートとワイヤレス充電対応ドローン
Low-profile inductive charging port and drone with wireless charger

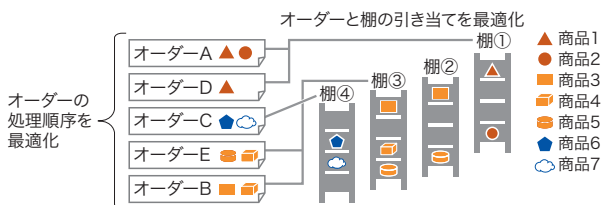
社会インフラ設備の点検や物流分野での利用が増えている中大型のドローンは、消費電力が大きく、頻繁な電池交換や充電が必要である。そこで、充電の自動化や無人化に寄与するため、ドローン駐機時ワイヤレス充電技術を開発した。

ドローン本体下部にカメラや荷物が搭載できるように、高さを8 cmに抑えた低背型充電ポートに、85 kHz帯の交番磁界を発生させる送電コイルを収めた。ポートに駐機するドローン脚部パイプ内の受電コイルに電流が誘導され、整流して電池を充電する。受電用機器は1.1 kgと軽量である。着陸時にドローン脚部をポート中央に誘導するリムをポート周囲に配置し、精度が数cmレベルの最新の位置検出技術と組み合わせ、自動着陸を可能とした。ドローン向けでは世界最高^(注)の750 W以上の急速ワイヤレス充電、飛行中撮影による送電線点検、及び自動着陸を含めた動作試験に成功した。この研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「IoT社会のエネルギーシステム」(管理法人: 国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST))によって実施された。

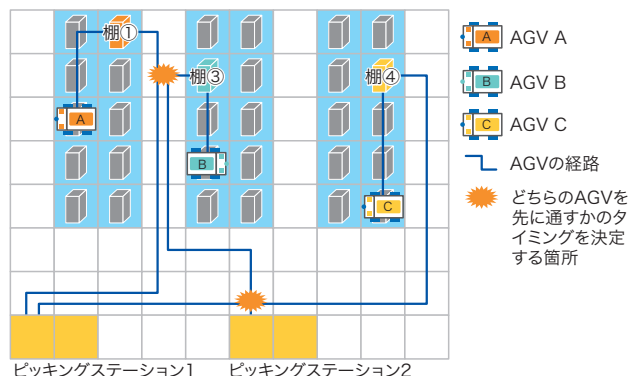
(注) 2022年11月現在、当社調べ。

研究開発センター、東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 物流倉庫業務のスループットを改善する棚搬送ロボットシステムの最適化技術



オーダー順最適化
Optimized priority sequence of delivery orders



AGV運行計画の例
Example of shortest conflict-free automated guided vehicle (AGV) routings

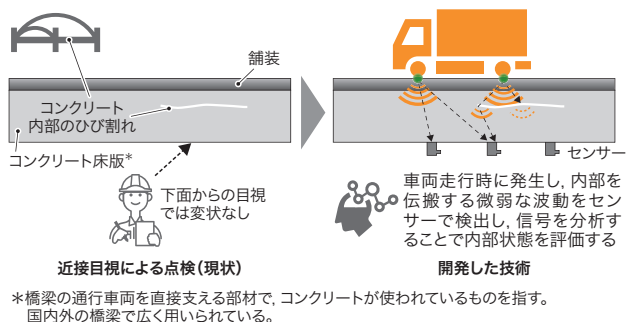
物流倉庫での業務のスループットを最大化するために、自動搬送車(AGV: Automated Guided Vehicle)が商品の棚を作業者のいる場所に自動搬送する棚搬送ロボットシステムについて、オーダー順最適化とAGVの運行計画最適化の二つの最適化技術を開発した。

オーダー順最適化では、各オーダー(出荷伝票)の商品が保管されている棚と作業者が商品をピッキングする場所とを対応付けてオーダーの処理順序を並び変え、棚当たりの商品取り出し率(ヒット率)を最大化する。AGVの運行計画最適化では、AGVの走行ルートと走行タイミングを決定し、全搬送所要時間を最小化する。この二つの最適化により、単位時間当たりのオーダーの処理量であるスループットを最大化する。二つの最適化エンジンを試作してシステムに統合し、他社の既設システムの実績データと同等条件で実機エミュレーターにより比較評価したところ、10%以上のスループットの改善効果が確認できた。現在、客先システムに試験的に導入し、実用性の確認と性能評価を行っている。

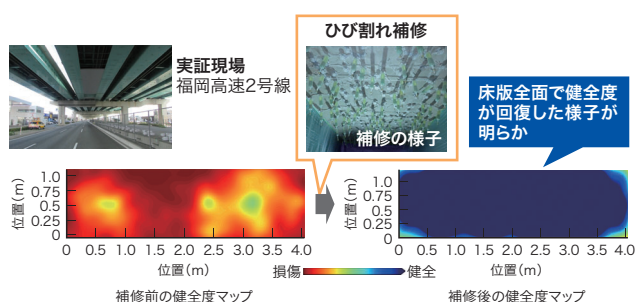
関係論文: 東芝レビュー, 2022, 77, 3, p.57-61.

研究開発センター

■ 橋梁床版内部の健全度を解析・可視化する技術を福岡高速で実証



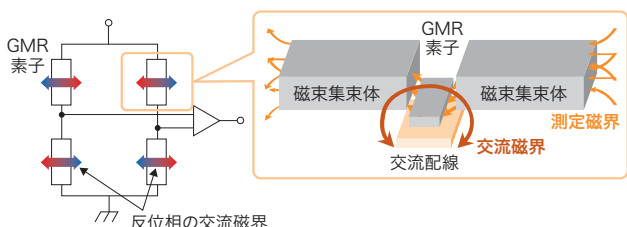
橋梁床版内部の健全性を解析・可視化する技術の概要
 Overview of technology to analyze and visualize internal soundness of bridge decks



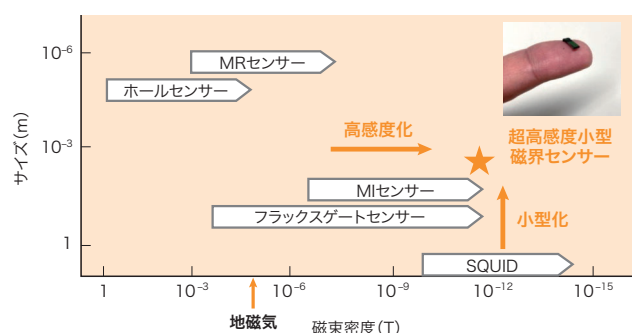
床版補修効果の可視化
 Visualization of effectiveness in repairing bridge deck

研究開発センター

■ 超高感度小型磁界センサー



超高感度小型磁界センサーの概要
 Outline of compact high-sensitivity magnetic sensor



MI : Magnetoimpedance
 MR : Magnetoresistance
 SQUID : Superconducting Quantum Interference Device

磁界センサーのサイズと検出範囲
 Sizes and detection ranges of each type of magnetic sensor

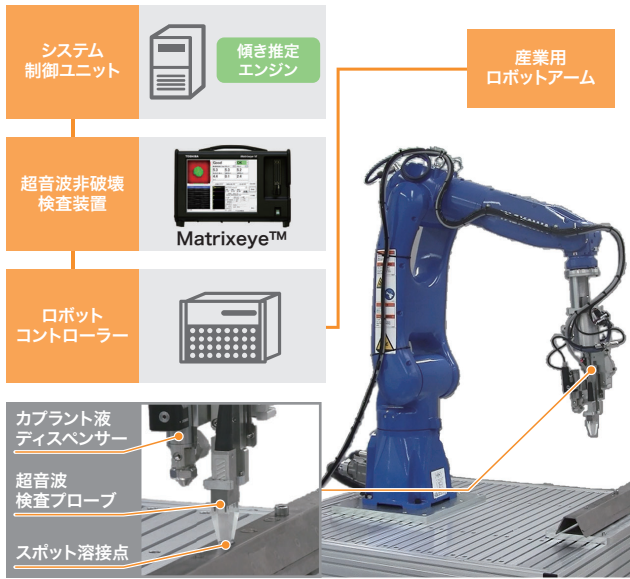
研究開発センター

外観からは分からない橋梁(きょうりょう)床版内部の健全度を解析して可視化する技術を開発し、その効果を高速道路で実証した。

この技術では、車両が橋梁を走行する際に路面で発生する微弱な波動を、床版下面に設置したセンサーで取得・データ化する。そのデータを解析することで、従来の目視点検では確認できなかった内部の損傷をデジタル化し、その損傷度合いを解析して健全度マップとして可視化できる。今回、福岡北九州高速道路公社の管理する福岡高速2号線の床版補修の際に、その前後において、技術の実証を行い、橋梁床版内部の状態評価の妥当性を確認した。この技術を用いることで、橋梁内部の状態に応じた補修計画の策定や作業の実施が可能となり、橋梁の老朽化対策のデジタル化を推進し、橋梁補修の効率化及び社会インフラの長寿命化に貢献できる。

この技術には、NEDO(国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託研究業務「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の成果が含まれる。

自動車車体の安全性と生産性の両立を実現するスポット溶接自動検査システム



スポット溶接自動検査システム
Automatic spot weld inspection system for automobile manufacturing

自動車製造工程では車体1台当たり約5,000点のスポット溶接を行っているが、溶接部の検査は、生産ラインから車体を抜き取って、作業者が人手で行っている。そのため、車体の安全性を担保しながら検査数を確保し、生産性を維持・向上させる効率的な検査手法の確立が期待される。

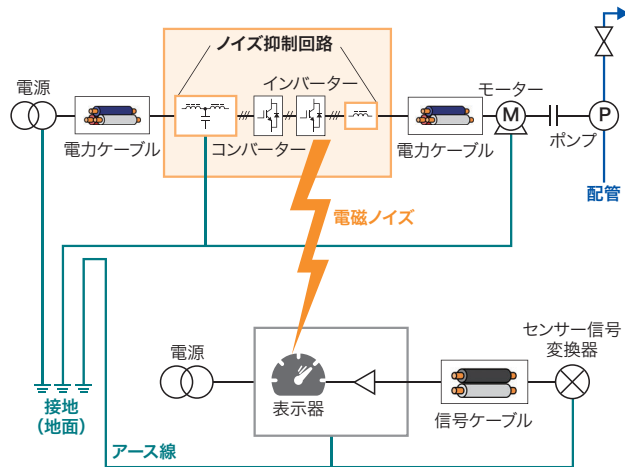
そこで、超音波検査装置 Matrixeye™ と連動した傾き推定エンジン^(注1)が、検査プローブを搭載した産業用ロボットを制御し、溶接箇所の溶接径を測定することで自動非破壊検査を実現するスポット溶接自動検査システムを開発した。溶接径の計測とロボット動作を並列に処理するソフトウェアモジュール間通信の最適化により、1点当たり約3秒で検査できる。これは1点当たり約30秒掛かる人手の検査に比べて大幅な効率の向上となる。

このシステムは、顧客の生産工場での実証試験を経て、2022年4月に受注した。今後は、カプラント液^(注2)レス化など、更なる利便性向上を目指して製品開発を行っていく。

(注1) 適切な検査プローブ姿勢に導くソフトウェア。
(注2) 検査対象に超音波を伝搬させる粘着性の液体。

生産技術センター

大規模システムの設置前に電磁ノイズを予測・低減するノイズ設計技術



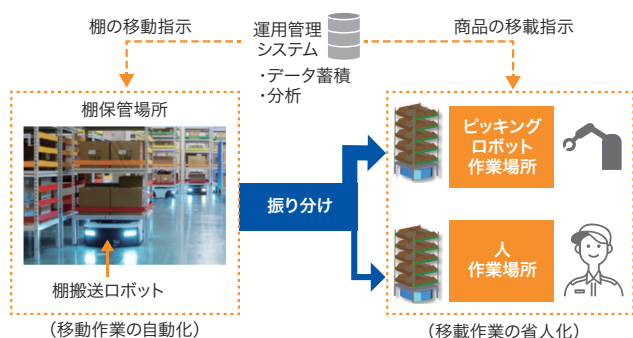
電磁ノイズ設計技術を適用した大規模システムの構成例
Example of configuration of large-scale water supply and sewerage system applying electromagnetic noise design techniques

上下水道設備のような大規模システムは、ポンプ用モーターを駆動するインバーターやシステムの状態を監視するセンサー類など、様々な電子機器で構成される。電子機器の組み合わせや配置によっては、客先への設置後に初めて電磁ノイズが顕在化し、センサー類の誤動作などの問題が生じる。また、大きなノイズが発生する場合、ノイズ抑制回路の性能が低下することがある。そこで、設置前にノイズの発生を予測・予防するためのシミュレーション技術とノイズ抑制回路の設計手法を開発した。

インバーターで発生したノイズは、ノイズ抑制回路、ケーブル、地面などを伝搬し、センサーなどに影響を及ぼす。この経路を、回路図では記載されない寄生成分として組み込んでモデル化した。このモデルでのシミュレーションにより、大規模システムのノイズを定量的に予測可能とした。更に、ノイズ抑制回路の性能低下要因を明らかにし、適切な回路とする設計手法を考案した。前述のシミュレーションとの組み合わせで低ノイズ化が可能となり、客先でのシステム運用開始までの工期短縮が期待できる。

生産技術センター

■ 物流倉庫のピッキング作業を効率化する人とロボットの連携システム



人とロボットの連携によるピッキング省人化システムの概要
Overview of labor-saving picking system operated through collaboration of workers and robots



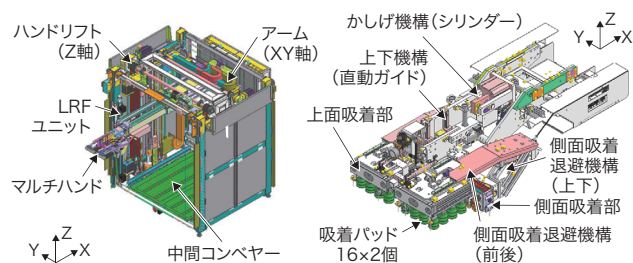
ピッキングロボットの作業場所におけるピッキングの様子
Picking operation in picking robot work area

生産技術センター

膨大な商品の中から指定商品を摘み取る物流倉庫のピッキング作業では、省人化が求められている。この作業は、保管場所に商品を取りに行く“移動作業”と、保管棚から商品を取り出す“移転作業”で構成される。移動作業は、ロボットによる自動化が容易な一方、移転作業は、多種多様な商品の全てをロボットで処理することが難しい。

そこで、人と複数のロボットが効率的に連携してピッキング作業を行う省人化システムを開発した。このシステムでは、棚搬送ロボットが可動式の棚を搬送して移動作業を自動化し、棚箱取り出しロボットとピッキングロボットが連携して移転作業を自動化する。並行して、運用管理システムが注文情報と事前登録された商品属性情報を基に、ピッキングロボットの対応範囲を超えたサイズや形状の商品を人に振り分ける。このように、人とロボットのそれぞれの処理能力に基づき適切に移転作業を分担することで、倉庫全体の作業の効率化と省人化を実現する。

■ 規則積載・不規則積載荷物に対応可能な荷降ろしロボット用マルチハンド

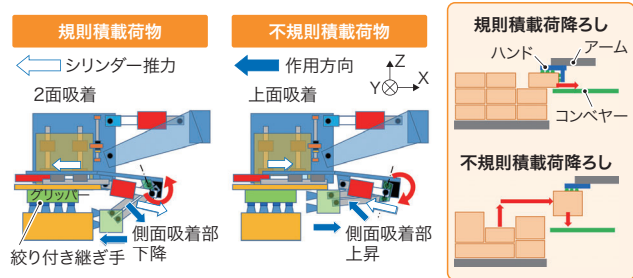


LRF: Laser Range Finder

規則積載、不規則積載荷物に対応した荷降ろしロボットとマルチハンド
Depalletizing robot and multifunctional hand to accommodate both regularly and irregularly stacked packages

近年、eコマース（電子商取引）の普及により、物流業界では倉庫内での多種多様な荷物の荷積み、荷降ろしなど、作業の自動化ニーズが高まってきている。この課題を解決するため、東芝インフラシステムズ（株）は、同じサイズの荷物が規則的に積載された規則積載荷物専用の荷降ろしロボットを、既に上市している。

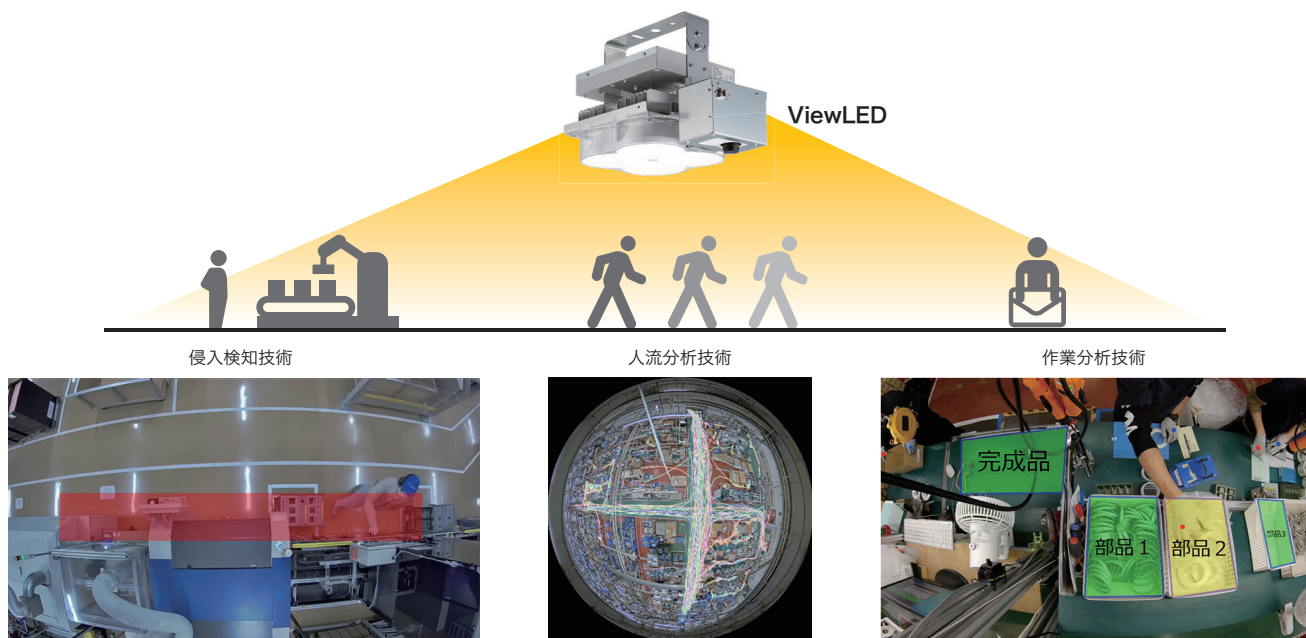
今回、異なるサイズの荷物が混在する不規則積載にも対応できる規則・不規則両用機に使用するマルチハンドを開発した。このマルチハンドは、規則積載荷物では最大30 kgまで、不規則積載荷物では最大20 kgまで、移載可能である。側面吸着部の退避機構により、荷降ろしする対象によってハンドの形態を切り替え、規則積載時には荷物の上面と側面の2面を、側面へのアクセスが難しい不規則積載時には荷物の上面だけを吸着して荷降ろしできる。また、左右二つの上面吸着部にそれぞれ16個の吸着パッドを配置し、グリッパーと吸着パッドの間に絞り付き継ぎ手を採用することで、一部の吸着パッドが荷物に掛からずエア漏れがあっても一定の吸着力を確保できる。



側面吸着部の退避機構の概略図
Schematic diagrams of retreating mechanism with unit applying suction to surface of package

生産技術センター

製造現場の改善に寄与するカメラ付き照明器具 ViewLED の映像解析技術



カメラ付き照明器具 ViewLED を用いた映像解析技術の概要

Overview of video analysis technologies using ViewLED light-emitting diode (LED) lighting fixture equipped with built-in video camera at manufacturing sites

製造現場では、安全性や生産性の向上を目的として、事故の予兆や製造作業の実態の把握による業務の改善に取り組んでおり、工場全体のリアルタイムのモニタリングは、その有効な手段となる。

ViewLED はカメラと一体となった照明器具であり、既存の照明と置換することで、映像を通して目視によるモニタリングができるようになる。今回、製造現場の安全性と生産性の向上に向け、ViewLED で撮影した映像を解析する三つの技術を開発した。

安全性の向上には、危険なエリアへの作業員の侵入を検知する侵入検知技術を開発した。稼働中の機械の周辺は危険であるため、映像から機械の稼働状態を識別し、作業員の接近を検知して発報する。

生産性の向上には、無駄な作業動線の削減のために作業員の移動を解析する人流分析技術を開発した。人物の移動軌跡を解析するだけでなく、人物周辺の動きベクトルから荷台を運搬しているか否かを判定する技術を開発し、作業別に動線を可視化できるようになった。

また、卓上作業の作業時間や作業ミスを検知するために、部品に手を伸ばした状態を作業の区切りとして検知する作業分析技術を開発した。部品を組み付けていく作業間に掛かった時間を計測しデータ化することで、効率的な工程の立案に活用できる。また、作業の抜けを検知して発報することで、品質の低下を抑制できる。人手で映像を確認し作業時間を分析する方法と比較して、分析に掛かる時間を約 80 % 削減した。

開発した三つの技術は、ViewLED のクラウド AI 画像解析サービス“ViewLED Solution”に搭載されている。今後は、現場が求める解析機能を拡充しながら、映像解析サービスとして展開し、製造現場の DX (デジタルトランスフォーメーション) 化に貢献していく。

欧州全域にわたる量子暗号通信の導入実証



欧州全域でのQKD導入・使用事例

Quantum key distribution (QKD) deployments and applications across Europe

暗号化技術に基づく安全な情報通信は、今日のデジタル社会の根幹となっているが、現在使われている暗号は、量子コンピューターにより、容易に解読される可能性があると考えられている。量子暗号鍵配信 (QKD: Quantum Key Distribution) は、暗号通信に必要な暗号鍵を安全に共有する技術で、量子物理学の法則により盗聴を検出でき、盗聴検出の際には暗号鍵を無効にすることで、盗聴されていないことを保障する。

当社は、欧州の各地域でQKDが既存の光ファイバー通信ネットワークにシームレスに導入できることを実証し、QKDの実用性を示した。

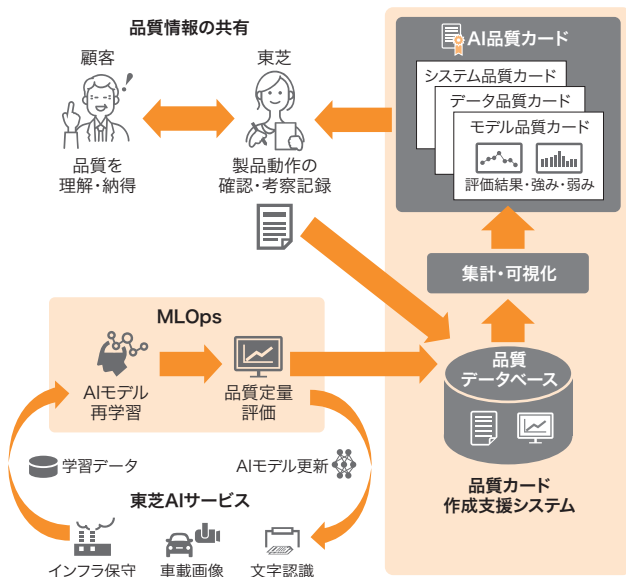
マドリードでは、企業間の通信サービスを提供するTelefonica社のネットワークを含む都市規模の光ファイバーネットワーク(数十km)を保護するため、4台のQKDシステムを用いた。このネットワークでは、既に大量のデータが伝送されているため、QKD通信の追加によりノイズ発生の可能性があることが問題であったが、スペクトル及び時間領域の高精度なフィルタリングなどのノイズ抑制技術の開発でこの問題を解決し、数Mビット/sのセキュアビットレートでのQKD通信を達成した。ボズナンとグラーツでも、QKD装置で生成された暗号鍵を市販の10Gビット/sの暗号化装置に供給することで、都市規模の光ファイバーネットワークを保護した。これらの実証では、病院などをつなぐ重要ネットワークインフラも対象としており、医用画像などの機密性の高い大量のデータを転送できる十分な性能を備えていることを示した。

ベルリンでは、QKDシステムとソフトウェアに基づくポスト量子暗号^(注)が統合可能であることを、Deutsche Telekom社の5G(第5世代移動通信システム)ネットワークを2台のQKDシステムで保護することで実証した。

この成果の一部は、Horizon 2020プロジェクトOpenQKDを通じてEU(欧州連合)の支援を受けている。

(注) 量子コンピューターからの攻撃に対する保護に使用されるアルゴリズム

AIの品質を自動で可視化するAI品質カード作成支援システム



AI品質カード作成支援システムの仕組み

Workflow of artificial intelligence (AI) quality card generation system operating on machine learning operations (MLOps) platform

AIモデルの振る舞いは学習データによって左右されるため、AI搭載製品の動作は厳密に定義できない。運用中に学習データを拡充し、再学習するAIモデルの場合、製品に搭載されたAIの動作に関する定量評価結果や分析・考察記録といった品質情報は、再学習ごとに更新される必要がある。また、AIの品質を顧客に理解・納得してもらうには、最新の品質情報を分かりやすく可視化する必要がある。

この課題に対し、AIの品質情報を自動集計し、分かりやすく可視化するAI品質カード作成支援システムを開発した。AI品質カードとは、品質情報を顧客と共有することを目的に、データ、モデル、製品の観点で品質に関する定量的・定性的な情報や分析・考察情報をまとめ、可視化したレポートである。更に、AI品質カード作成支援システムをMLOps (Machine Learning Operations)^(注) 基盤上で動作可能にし、AI品質カードを自動で最新状態に保てるようにした。AI品質カードを使って最新情報を顧客と共有することで、顧客が安心して使えるAI搭載製品の実現が期待できる。

(注) AIライフサイクルを管理する枠組み

研究開発センター

ドライブレコーダー映像から事故状況を解析するAI技術



事故状況解析AIによる自車と衝突対象の高精度位置推定

High-accuracy estimation of locations of own vehicle and collision object using accident video analysis AI technology

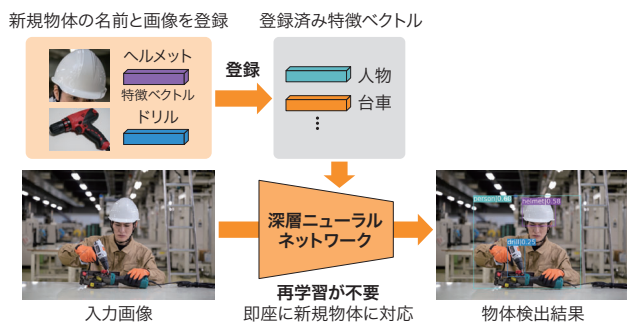
昨今普及しているドライブレコーダーは、カメラだけでなくGPS (Global Positioning System)や通信機能を備えており、自動車運転中の衝突事故発生時には事故対応のサポート業者と事故映像などを共有できる。サポート業者の迅速な状況把握と事故対応を可能にするために、共有されたデータから、自車と衝突対象の時系列の位置を地図上に描画した事故状況図を作成する事故状況解析AIを開発した。

事故状況図の作成には、自車と衝突対象の正確な位置(緯度、経度)が必要になる。自車の位置推定では、GPSによる大域的な位置と、映像によるロバストかつ精密な動き推定を統合する技術を開発した。また、衝突対象の位置推定では、画像からの物体検出と奥行き推定により自車との相対的な距離を推定し、前述の自車位置を基準に衝突対象の初期位置を算出した後に、深層学習による運動モデルで初期位置の誤差を補正する技術を開発した。この二つの技術により、市販のドライブレコーダーで自車と衝突対象の位置をそれぞれ誤差2.6 m、3.0 mの正確さで推定できる事故状況図作成を実現した。

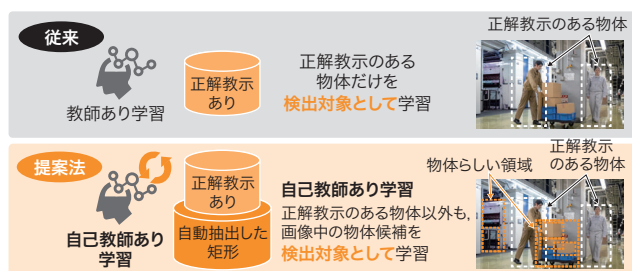
関係論文：東芝レビュー. 2022, 77, 5, p.24-27.

研究開発センター

■ 新規物体を画像1枚の登録だけで高精度に検出するFew-shot物体検出技術



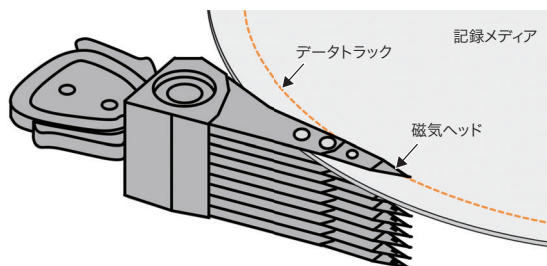
1枚の登録で即座に検出するFew-shot物体検出技術の概要
Overview of few-shot object detection technology to immediately adapt to new object from single registered image



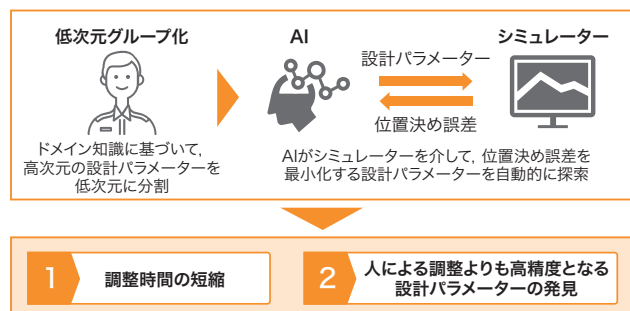
画像に映る多種の物体を自動的に学習する仕組みの導入
Introduction of mechanism to automatically learn various objects in images

研究開発センター

■ HDDサーボ系の高次元設計パラメーター最適化技術



HDD磁気ヘッドの位置決め制御の概要
Outline of hard disk drive (HDD) head positioning control



HDDサーボ系に高次元設計パラメーター最適化技術を適用した効果
Effects of application of high-dimensional design parameter optimization technology for HDD servo systems

研究開発センター

物体検出技術は、人の行動や周辺環境の認識に必要な不可欠な技術として多種多様な分野で実利用が進んでいる。しかし、実際の利用環境では導入時には存在しなかった新しい物体が登場する場面が多く、未学習の物体を新たに追加し解析することが求められる。通常、新規物体の検出には、学習データの準備や深層ニューラルネットワークの再学習が必要であるため、工場の作業現場のような、頻繁に新規物体が登場する環境での活用には、再学習のための手間や時間が障壁となっていた。

そこで、事前学習したネットワークから出力される新規物体の特徴ベクトルを登録し、その類似度に基づいて検出を行う構造にすることで、新規物体の検出を画像1枚の登録だけで可能にするFew-shot物体検出技術を開発した。また、事前学習時に、画像に映る学習対象以外の任意の物体の形状を自動的に学習する自己教師あり学習により、物体検出精度を従来手法の21.2%から46.0%に向上させた。これらの技術により、これまでAI導入が見送られてきた環境でもデータ化・デジタル化が可能となる。

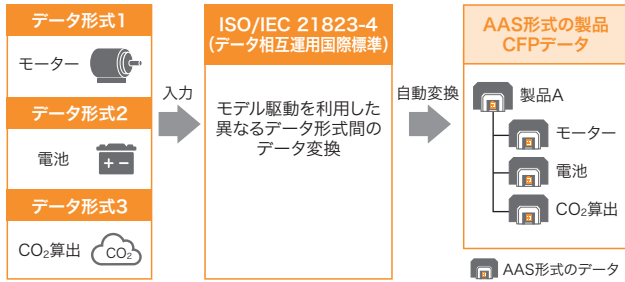
データセンター向けの大容量HDD（ハードディスクドライブ）では、需要の高まりを受けて高記録密度化が進んでおり、磁気ヘッドの位置決め精度の向上が求められている。これに伴い、位置決めを担うサーボ系が複雑になり、調整が必要な設計パラメーターが非常に多くなっている。そのため、人による調整時間が掛かることが問題であった。

そこで、高次元の設計パラメーターを低次元の設計パラメーターのグループに分割し、探索空間を限定しながらベイズ最適化を行う、高次元設計パラメーター最適化技術を開発した。これにより、調整時間が短縮されると同時に、人による調整よりも高い位置決め精度が得られるようになった。

開発した技術をHDDサーボ系の100以上の設計パラメーターの調整に適用して、人による調整と比較した結果、調整時間が1/3以下に短縮され、位置決め誤差は13%改善した。

今後、パワー半導体など、ほかのデバイスの設計や、機器の制御パラメーターの調整などにも適用していく。

■ システム間のデータ変換を容易にするIoT相互運用国際標準ISO/IEC 21823-4



ISO/IEC 21823-4による異なる形式間のCFPデータの自動変換の例
Example of application of International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission (ISO/IEC) 21823-4 standard to automatic generation of product carbon footprint (CFP) data ensuring syntactic interoperability

Industrie 4.0やSociety 5.0の推進に伴い、異なる機器・システム間のデータを交換し、連携させるための相互運用性の確保が重要になっているが、実際は製品分野・産業分野ごとにデータの記述方式（情報モデル）が異なるため、相互の情報連携の妨げとなる。

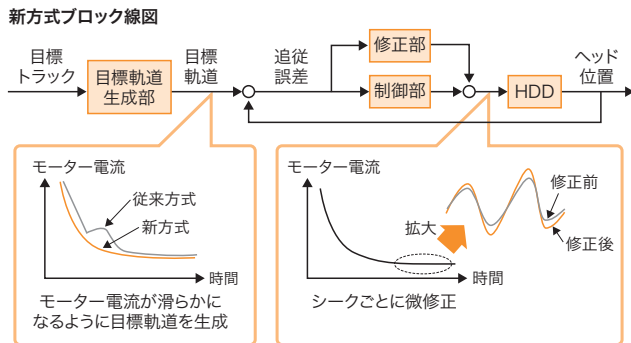
そこで、モデル駆動の手法を用いて、異なるデータの記述方式間のデータの変換・交換を実現するデータ相互運用技術を開発した。また、この技術をデジュール化して様々な機器・システム間のデータ連携に利用できるようにするため、IoT（Internet of Things）におけるデータ相互運用国際標準ISO/IEC 21823-4を提案し、経済産業省の支援の下で一般社団法人情報処理学会と連携して推進した。この取り組みは、2022年3月に国際標準として成立して出版に至った。

現在、製品のカーボンフットプリント（CFP）データを流通する基盤の実現に向けて、形式の異なる既存製品データを標準AAS記述方式^{（注）}に自動変換して、製品ごとのCFPデータの可視化管理と他社システムとの相互接続を可能とする取り組みを推進している。

（注） アセット管理シェル（AAS）の標準形式

研究開発センター

■ ニアラインHDDのシーク制御の高速化技術



開発したシーク制御のブロック線図
Block diagram of newly developed seek control system to shorten seek time of nearline HDDs

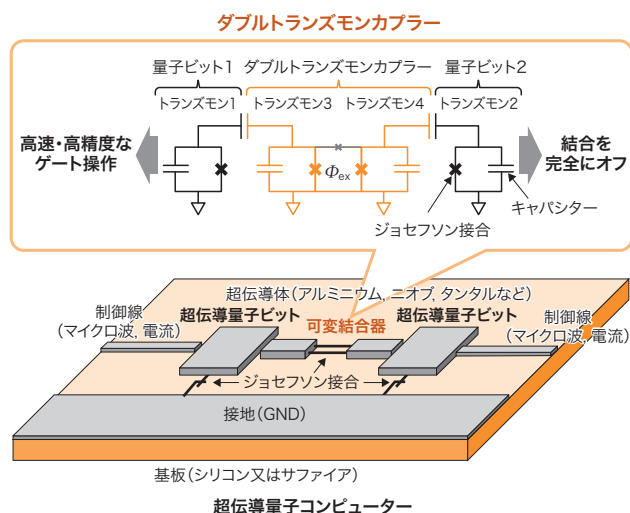
データセンターで利用されるニアラインHDDでは、大容量化だけでなく、アクセス性能も求められる。アクセス性能向上のためには、目標トラックにヘッド素子を移動させるシーク制御を高速化する必要がある。特に、ロングシーク^{（注）}を高速化するには、ヘッドが目標トラックに到達する直前でのモーター電流の整形が重要となる。

従来方式では、制御ゲインを切り替えてモーター電流を整形していたが、シークごとのモーター電流のばらつきが大きく、ヘッド位置の振動を抑えることが困難であった。そこで、モーター電流の変化が滑らかになるような目標軌道を生成し、この目標軌道にヘッド位置を追従させることで、振動を抑制する新方式を開発した。更に、目標軌道と実際のヘッド位置との誤差を低減するように、シークごとにモーター電流を修正する制御も導入した。その結果、平均シーク時間を2.1%短縮できた。現在、この制御技術の製品適用が進められている。

（注） 移動距離が最大シーク距離の約10～100%のシーク制御。

研究開発センター

■ 超伝導量子コンピューターの性能向上に寄与する可変結合器 ダブルトランズモンカプラー



超伝導量子コンピューターの性能向上に寄与する可変結合器ダブルトランズモンカプラー
Double-transmon coupler capable of improving performance of superconducting quantum computers

近年発展が著しい超伝導方式の量子コンピューターでは、量子ビット間の結合強度を調整可能な“可変結合器”という素子が、性能向上の鍵を握っている。可変結合器は、高速なゲート操作を可能にする強い結合と、エラー低減に必要な結合オフという相反する条件を両立できる。量子ビット間のエラーを抑制するためには量子ビットの周波数が大きく異なることが望ましいが、そのような条件下で高速・高精度なゲート操作と結合の完全なオフを両立できる可変結合器はこれまでなかった。

そこで当社は、周波数が大きく異なる量子ビットに対しても、この二つの要求を両立できる世界初^(注)の可変結合器としてダブルトランズモンカプラーを考案した。結合を完全にオフにできるだけでなく、24 nsという短い時間で99.99%という高精度のゲート操作が可能である。この新構造の素子により、量子コンピューターの更なる高性能化が期待される。

(注) 2022年9月時点、当社調べ。

研究開発センター

■ コンパクトで高精度なニューラル機械翻訳技術

項目	翻訳精度 (BLEUスコア)*1		翻訳品質 推定精度*2 (ピアソン相関係数)
	日中/中日	日英/英日	
東芝	◎ 68.3/75.0	○ 22.7/38.1	◎ (0.506)
A	○ 56.7/65.5	○ 25.2/39.1	△*3
B	○ 38.4/55.6	○ 26.2/35.8	-
C	○ 59.2/68.9	△ 17.1/30.3	-
D	-	-	○ (0.428)

◎：優良 ○：良好 △：許容
*1 複数データセットによる評価の平均
*2 CCMT (China Conference on Machine Translation) 2021 文レベル中英翻訳品質推定タスク
*3 別のコンペティションでのDとの比較による

ニューラル機械翻訳と翻訳品質推定のベンチマーク
Benchmarks of techniques for neural machine translation and translation quality estimation

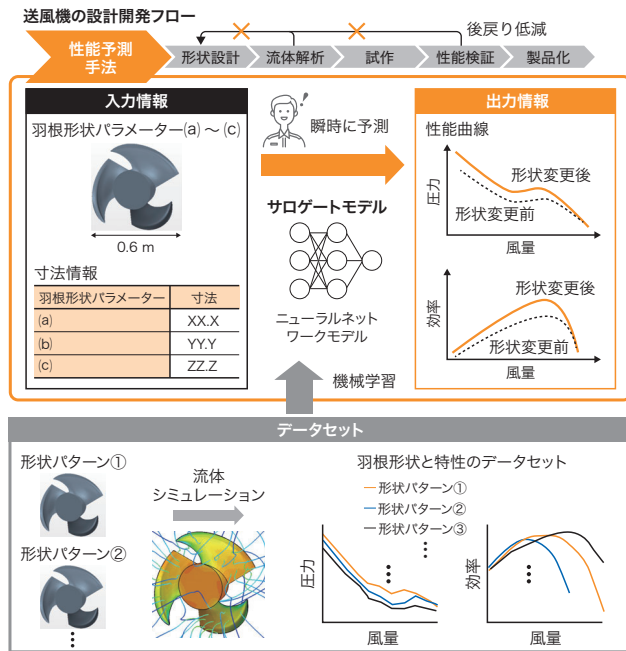
ニューラルネットワークを利用した機械翻訳（ニューラル機械翻訳；NMT）サービスを、一般的なサーバー上で低コストに提供可能とした。最先端技術と独自技術を組み合わせることでNMTの精度を向上させるとともに、エンジンをコンパクト化して高価なGPU (Graphics Processing Unit) を不要にすることで実現した。

具体的には、トランスフォーマー^(注1)のデコーダー側に、簡易RNN^(注2)型アテンション機構^(注3)を導入し、かつ語彙テーブルのサイズを大幅に削減することで、処理時間を1/8に短縮しながら日中/日英翻訳で世界トップレベルの精度を実現した。また、北京交通大学と共同でサービスの付加価値向上に向けた翻訳品質推定 (QE) 技術の研究開発に取り組んでおり、事前に学習した言語モデルをターゲットとするドメインに効果的に適応させる、pre-finetuningなどを導入することで、WMT22^(注4)における文レベル英独QEタスクで第2位を獲得した。

(注1) 主に自然言語処理の分野で使用される深層学習モデル
(注2) 回帰型ニューラルネットワーク
(注3) 入力データのどこに注目すべきかを動的に特定する仕組み
(注4) EMNLP 2022 (The 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing) のワークショップ (WMT: The Seventh Conference on Machine Translation)

東芝中国社

■ サロゲートモデルを活用した送風機の性能予測技術



サロゲートモデルを用いた送風機の性能予測技術
Fan performance prediction technique using surrogate model

設計開発の現場では、製品ごとの様々な性能要求の全てが満たされるまで、経験と感覚に基づいて設計と性能検証を繰り返すケースが多く、開発期間の長期化が問題となっている。

送風機の羽根形状の設計開発を対象に、属人化からの脱却と開発後戻り低減を実現するため、サロゲートモデル^(注)を用いて設計変更に伴う性能変化を瞬時に予測する技術を開発した。

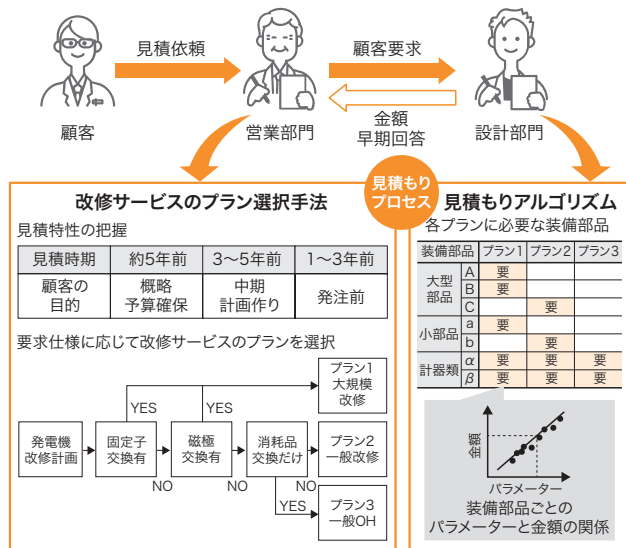
流体シミュレーションにより羽根形状パラメータの変更に伴う性能(風量、静圧、効率)変化に関するデータを30個作成した。作成したデータを基に、非線形現象のモデル化に適しているニューラルネットワークモデルを用いて、相対誤差1%以下の高い予測精度を持つサロゲートモデルを構築した。サロゲートモデルでは、1秒以下で未知の形状の性能を予測できるため、流体シミュレーションに比べて1/10,000の時間で仕様を満たす羽根形状の探索が可能になった。

今後、この技術を様々な東芝グループの製品に適用することで、設計開発の効率化を進める。

(注) 複数のシミュレーション結果を機械学習して構築した代替モデル

生産技術センター

■ 改修サービスのプラン化とパラメーターによる見積回答の迅速化



改修サービスの予算を迅速に回答する見積もりプロセス
Estimation processes to rapidly provide customers with draft budget required for renewal of energy systems

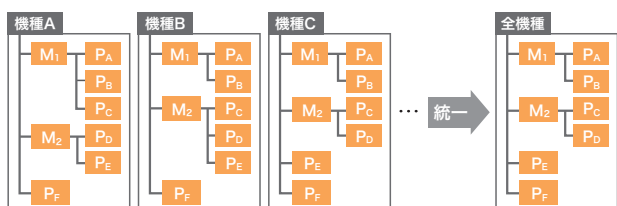
エネルギーシステム製品の改修事業では、要求仕様が曖昧な段階で、サービス概要と費用の迅速な見積回答が必要ことがある。しかし、製品施設環境は様々であり、個々の部品の設計検討や仕様確認の上で金額を積算するため、見積もりには時間が掛かる。

そこで、改修サービスの内容に応じたプランを用意することで、迅速に回答できる見積もりプロセスを開発した。まず、既設プラントの施設環境、部品の装備実績を調査して、要求仕様との関係から、改修サービスを数種のプランに分類した。次に、費用に影響する装備部品を整理し、プラントの大きさなどに関するパラメーターと金額を対応付けて、見積もりアルゴリズムを作成した。営業部門が顧客の要求仕様などから改修サービスのプランを選択できる改修サービスプラン選択手法も作成し、部門をまたぐ見積もりプロセスで、適切な精度での迅速な見積もりを可能とした。

この見積もりプロセスを、再生可能エネルギーの国内発電プラント向けに適用開始し、見積期間の約1/10への短縮や工数削減の効果を確認した。

生産技術センター

■ モジュール構成の統一及び顧客要求から製造データ生成までのデータ連携による設計生産業務の効率化

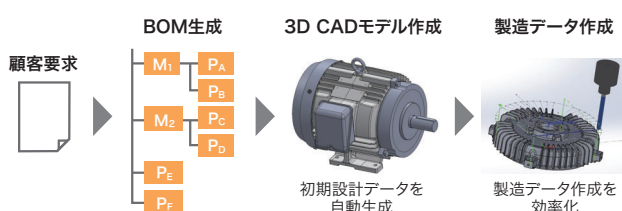


機種によってモジュール構成がばらばら

M₁, M₂:モジュール P_A~P_F:部品

産業用モーターのモジュール構成の統一

Unified module configuration common to industrial motors



顧客要求から設計・製造フェーズまでのデータ連携

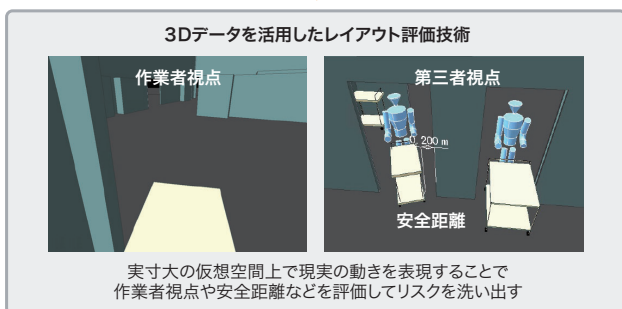
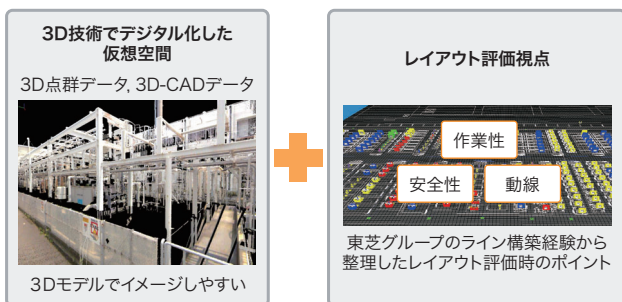
Linkages of data from customer request to design and manufacturing phases

設計のモジュール化は、あらかじめ準備したモジュールを組み合わせて多様な製品を効率的に設計する手法である。産業用モーターは、部品構成や設計ルールが機種ごとに異なるためモジュールのバリエーションが多く、十分な効果が得られなかった。そこで、モジュール構成や設計ルールを見直して機種間で統一することで、モジュールのバリエーションを約1/10に削減した。これにより、従来と同等の顧客要求に対応した設計を容易に行えるようになった。

また、顧客要求をデータ化し、必要な部品を引き当ててBOM (Bill of Materials) を自動生成し、かつ効率的に設計検証が行える3D (3次元) CADモデルに変換する環境を構築した。併せて、このモデルに製造制約を加えて生産工程に活用する、3DCAM (Computer Aided Manufacturing) 製造環境も構築した。これらの環境により、顧客要求から製造データ生成までを、一気通貫でデータ連携した設計生産プロセスを整え、設計工数削減及び後戻りロス約40%低減を実現した。

生産技術センター

■ 3D データを活用した製造ラインレイアウト評価技術



3D データを活用した製造ラインのレイアウト評価技術の概要

Outline of layout evaluation technology for production lines using three-dimensional data

工場の新規製造ラインのレイアウトの完成度を短時間で高めるため、3D仮想空間上において実際に近い感覚で確認できるレイアウト評価技術を開発した。

3Dレーザースキャナーで計測した点群データなどから、建屋内の製造ラインをイメージしやすい3Dモデルとしてデータ化し、仮想空間上に評価環境を構築する。その環境を用いて、VR (仮想現実) などを利用して作業員視点と第三者視点で確認し、過去の経験から整理したポイントを基にレイアウトの作業性や安全性などを評価して、関係者内で共通認識とする。

今回、電子用部品の新規製造ライン構築にこの技術を適用し、作業員の動線を確認したところ、死角から出てくる人と接触するリスクを抽出できた。更に、台車の詳細な動きを模擬して障害物との距離を計測することで、安全距離不足により台車が接触するリスクを抽出した。

このようなリスクを早期に確認することで、ライン構築前に改善施策を講じることができ、計画どおりの量産立ち上げに貢献した。

生産技術センター

ローコード開発を可能にするO&M業務向け監視画面UIフレームワーク



UI部品を組み合わせ設計された監視画面の例
Example of monitoring screen designed with combination of user interface (UI) components

監視システムを用いた工場やインフラ設備の運用・メンテナンス(O&M: Operation and Maintenance)業務では、運用中に変更される設備や業務内容に応じて、監視画面のユーザーインターフェース(UI)も変更が必要になる。しかし、UIの変更は小規模なものであっても監視システムのメーカーに依頼する必要があり、時間が掛かることがあった。

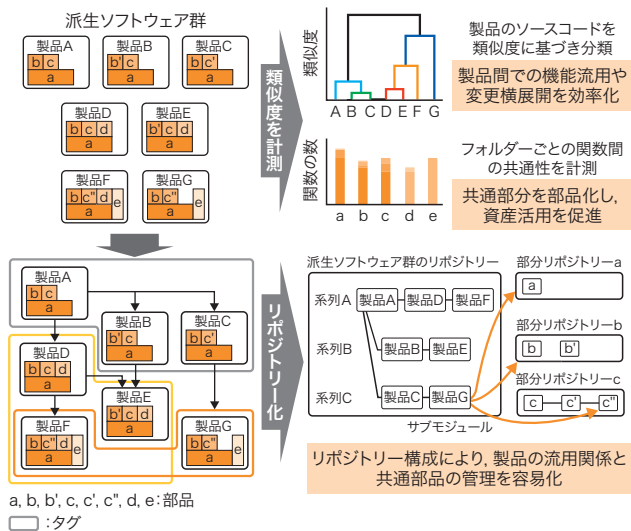
そこで、監視システムのユーザーが、表やグラフといったUI部品を配置し、監視画面を作成できるエディターを備えたローコードUIフレームワークを開発した。このフレームワークでは、既定のUI部品を組み合わせ、新たな独自のUI部品を作成することもできる。これらにより、設備状況の可視化やその業務に応じた監視画面の変更を、ユーザー自身が行えるようになった。

今後は、操作記録を活用して、最適なUI部品配置や次に実施する操作などを推薦し、ユーザーエクスペリエンスを更に高められる監視画面を実現していく。

関係論文: 東芝レビュー, 2022, 77, 4, p.52-55.

ソフトウェア技術センター

ソフトウェア資産の有効活用を推進するモジュール化技術



類似性分析に基づく既存ソフトウェア資産のモジュール化の概要
Overview of modularization of existing software assets based on similarity analyses

ソフトウェア開発の大規模・複雑化や短納期化に対応するには、ソフトウェア資産の活用が有効である。しかし、既存ソフトウェアを改造した派生ソフトウェアの種類が増えると、相互の変更差異や共通性の管理が煩雑になるという問題が発生する。

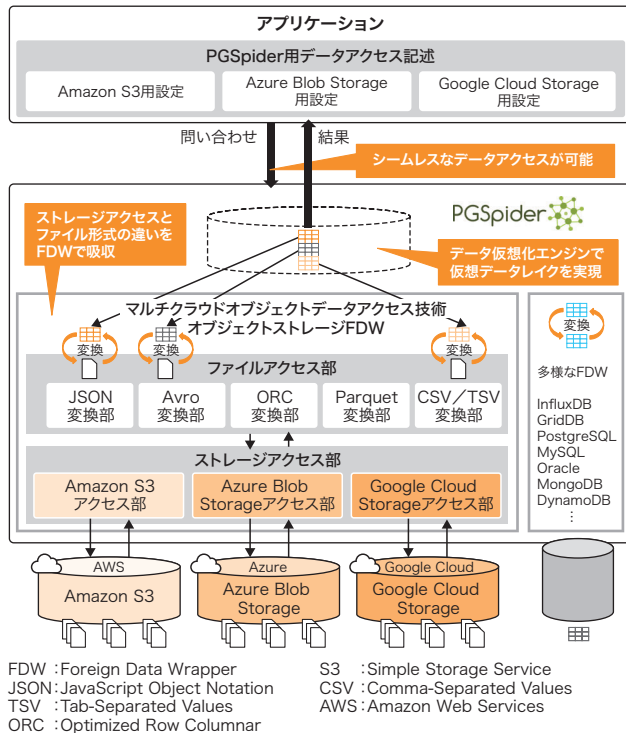
これを解決するために、派生ソフトウェア間の類似度に基づき、流用関係や共通性を分析し可視化する技術を開発した。この技術で得られる情報を用いて、派生ソフトウェア群の変動部と共通部を分離してモジュール化することで、変更差異や共通性の管理が容易になる。また、変動部における機能流用や、共通部に対する変更の横展開により、開発を効率化できる。

更に、派生ソフトウェア群をリポジトリにまとめ、流用関係はブランチ構成として表現し、共通部は部分リポジトリとして分離することで、派生ソフトウェア群の管理を容易にした。

今後、この技術の活用により、顧客要望に応じて多様化する派生ソフトウェア群の管理と、それらをソフトウェア資産として活用した開発の効率化を推進していく。

ソフトウェア技術センター

■ マルチクラウドオブジェクトデータアクセス技術



マルチクラウドオブジェクトデータアクセス技術の概要
Overview of multi-cloud object data access technology

ソフトウェア技術センター

データサービス開発やデータビジネスの実現には、最適コストでクラウドサービスを自由に選択できるベンダー非依存性や、異なるクラウドサービスをまたぐシームレスなデータアクセス技術などが必要である。

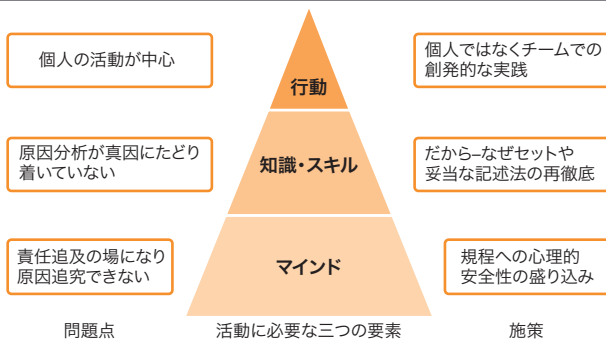
そこで、オンラインストレージとして利用されているオブジェクトストレージサービスを対象として、その上で管理される多様なファイルへのアクセスをシームレスにする、マルチクラウドオブジェクトデータアクセス技術を開発した。

この技術では、主要クラウドベンダーのインターフェース差異の吸収と、データベース内部のデータモデルと各種ファイル形式とのデータ交換機能を、PostgreSQL^(注)データベースの拡張モジュールとして実装し、共通SQL (Structured Query Language) インターフェースによるアクセスを可能とした。更に、当社が開発したデータ仮想化エンジンPGSpiderと連携させることで、クラウドサービスのオブジェクトストレージサービスを横断するデータアクセスも可能になる。

(注) オープンソースソフトウェアのリレーショナルデータベース管理システム

■ 不適合再発防止・未然防止活動の高度化

不適合再発防止・未然防止技術活動形骸化による問題点を施策で改善



不適合再発防止・未然防止活動の問題と施策
Issue related to corrective and preventive actions for nonconformance of products or services and measures taken

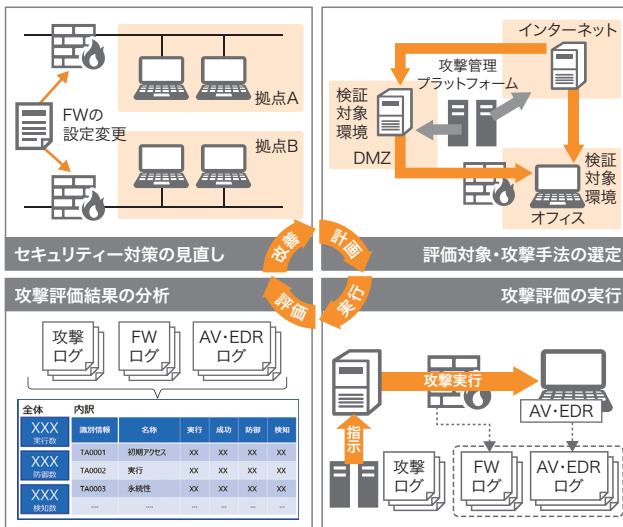
製品・サービスの損費削減のために、製品仕様などへの不適合の再発防止・未然防止活動がある。その必要性は認識されており、なぜなぜ分析やFMEA (Failure Mode and Effects Analysis) などの手法を活用しているが、不適合が再発することがある。要因は2点あり、一つ目は、原因分析が真因にたどり着いていない点、二つ目は、再発防止・未然防止が個人の活動になり、組織的なアプローチが弱いという点である。

これらを解決するために、論理の飛躍をなくすための“だから-なぜ”セットの導入、及び曖昧性を排除するための分析時の記述方法のルール化を行い、原因分析で真因にたどり着くようにした。また、個人ではなくチームで原因や対策を創発し合うために、組織の是正処置プロセス標準に“心理的安全性”の重要性を盛り込んだ。更に、リーダークラスを対象に教育を実施し、周知徹底を図っている。

このような施策で、個人のスキルに頼らない真因究明と、納得感のある対策を実施し、不適合の再発防止・未然防止を強化していく。

ソフトウェア技術センター

■ 攻撃シミュレーションを活用したサイバー攻撃リスクの継続的検証



FW:ファイアウォール DMZ:Demilitarized Zone
AV:アンチウイルス EDR:エンドポイント検知

攻撃シミュレーションを用いたサイバー攻撃リスクの検証プロセス
Processes for evaluation of cybersecurity using cyberattack simulation

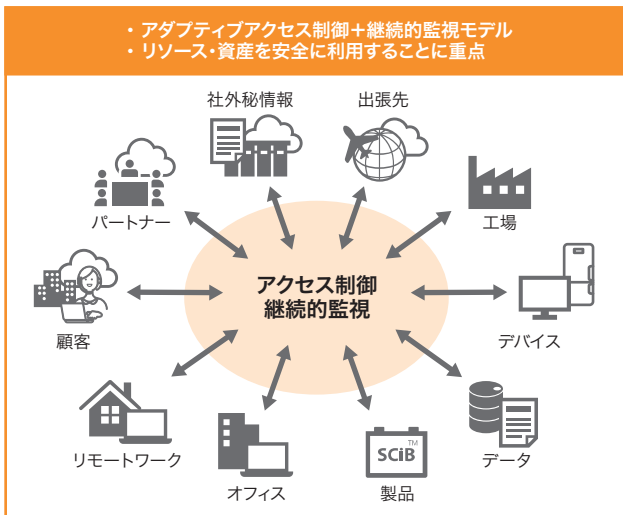
サイバー攻撃が進化・増加する中で、東芝グループのIT（情報技術）インフラのセキュリティを確保するためには、セキュリティ対策の妥当性検証と改善を継続的に行っていくことが重要である。

そこで、攻撃シミュレーションを用いて、攻撃されるリスクを検証するプロセスを確立した。検証対象環境に設置した機器同士で、実際と同等のサイバー攻撃を自動的に実行し、ネットワークセキュリティやエンドポイントセキュリティなどのセキュリティ対策が適切に動作するかどうかを検証し、東芝グループのITインフラのリスクを可視化する。

検証プロセスではまず、脅威動向に基づいた攻撃手法の選定などの“計画”を行う。次に、選定した攻撃手法を用いて検証対象環境間での攻撃を“実行”する。そして、攻撃結果を分析してセキュリティ対策が十分か否かを“評価”する。最後に、不十分なセキュリティ対策の見直しなどの“改善”を行う。このように、計画・実行・評価・改善を継続的に実施することで、最小限の検証コストで最大限の改善を実施できる。

技術企画部

■ 安全なコラボレーションを実現するゼロトラストアーキテクチャー



東芝グループのゼロトラストモデルに基づく安全なコラボレーション
Toshiba Group's approaches to secure collaboration based on zero trust model

“ゼロトラスト”は、ファイアウォールなどのセキュリティ境界に頼らず、全てのものを信頼せず都度検査した上で許可するといった、情報セキュリティの新しい考え方である。これにより、組織や会社を横断したコラボレーションを安全、容易、かつ効果的に行うことができる。

東芝グループでは、情報セキュリティの強化とともにコラボレーションがますます重要になっており、そのため様々なリソース・資産を安全に利用できるゼロトラストモデルに基づくゼロトラストアーキテクチャーを、次世代の東芝アーキテクチャーとして推進している。具体的には、拠点や、部署、業務、事業など効果が期待できるところから、要素単位でのゼロトラストアーキテクチャーの採用を進めている。

既に一部では、オフショアパートナー企業などとのソフトウェア共同開発にゼロトラストアーキテクチャーを活用し、効果的なコラボレーションを実現している。今後は、研究分野や、海外拠点、個別事業などに対しても適用していく。

技術企画部