

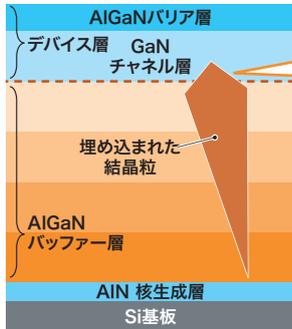
研究開発

Research and Development

技術戦略に基づいて、中長期的な視点で基盤技術を深耕し、新規事業領域の研究や革新的かつ先行的な研究開発に取り組んでいます。近年は特に、カーボンニュートラル・サーキュラーエコノミーの実現や、インフラレジリエンスの強化、デジタル・データの利活用、生産基盤の拡充などを進める研究開発に注力しています。顧客やパートナー企業と未来を共創し、発想力と技術力で、これまでにない価値を生み出します。

高信頼性パワーデバイスの実現に向けた 大口徑 GaN-on-Si 基板作製技術

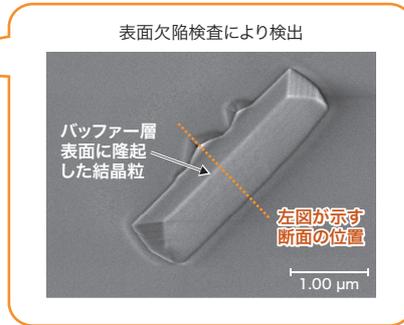
研究開発
カーボンニュートラル・サーキュラーエコノミー



GaN-on-Si基板の断面構造

AlGaIn: 窒化アルミニウムガリウム

高速成長 GaN-on-Si 基板の断面構造とバッファ層表面に露出した結晶粒の鳥かんSEM像
Cross-sectional structure of rapidly grown gallium nitride-on-silicon (GaN-on-Si) wafer substrate and bird's-eye-view scanning electron microscope (SEM) image of crystal grains embedded in aluminum gallium nitride (AlGaIn) buffer layer



バッファ層表面の鳥かんSEM像

バッファ層形成条件	結晶粒密度 (千個/ウエハー)	歩留まり (%)
高速成長	47	9
高速成長+結晶粒密度低減	2	100

バッファ層の結晶粒密度低減前後の歩留まり比較

Comparison of yields before and after buffer layer grain density optimization

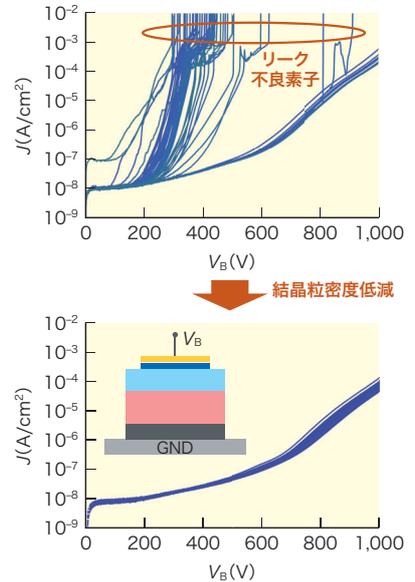
高耐圧性と高速動作性を兼ね備えた化合物半導体であるGaN(窒化ガリウム)パワーデバイスは、高エネルギー効率な電力変換器を実現するためのコアコンポーネントとして、電気自動車やデータセンターなどの領域で需要が急速に拡大している。

このデバイスの優れた性能と高信頼性を確保し、普及を加速するには、高品質かつ低コストなGaN基板の供給が不可欠である。このため、大口徑Si(シリコン)ウエハーを支持基板とし、その上にGaN結晶を成長させたGaN-on-Si基板の開発を進めている。GaN-on-Si基板のコストメリットを最大化するには、GaNとSiの格子定数差を緩和する厚いバッファ層の形成時間を短縮し、スループット向上を図ることが重要となる。一方、高速成長プロセスで作製した基板上のデバイスでは、基板垂直方向(縦方向)のリーク不良の増加による歩留まり低下への対応が課題となっていた。

この課題の解決に向け、リーク不良素子の物理分析を実施し、バッファ層中に埋め込まれた微小な結晶粒が、電流リークの要因であることを突き止めた。更に解析を進めた結果、これらの結晶粒がデバイス層から一段深い位置にあるバッファ層表面において、凸状に隆起した形態をとることを見だし、この知見を基に、バッファ層表面での欠陥検査による結晶粒密度の定量化を品質指標とする独自の評価手法を確立した。この指標に基づきバッファ層形成条件を最適化した結果、結晶粒密度を大幅に低減するとともに、高速成長GaN-on-Si基板における縦方向耐電圧性能と歩留まりの顕著な改善を達成した。

開発した技術により確立した高品質・高生産性の基板製造プロセスは、今後見込まれるGaNパワーデバイス市場の需要拡大への対応、及びカーボンニュートラル社会実現への貢献が期待できる。

この成果の一部は、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)の助成事業(JPNP21029)の結果得られたものである。



V_B : 印加電圧 J : リーク電流密度 GND: 接地

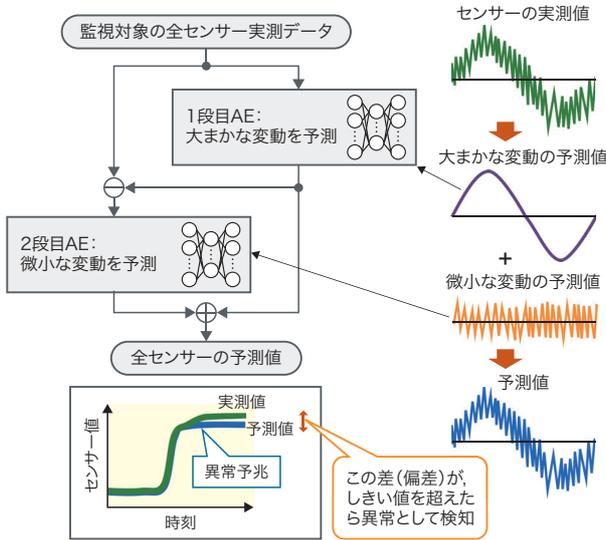
結晶粒密度低減前後の縦方向耐電圧特性

Improvement of vertical electrical properties of power devices fabricated on rapidly grown GaN-on-Si substrate with reduced grain density

総合研究所 先端デバイスR&Dセンター

大規模プラントの状態変化に埋もれた異常を早期かつ高精度に検知する異常予兆検知AIの効果検証

異常予兆検知AI:2段階オートエンコーダー



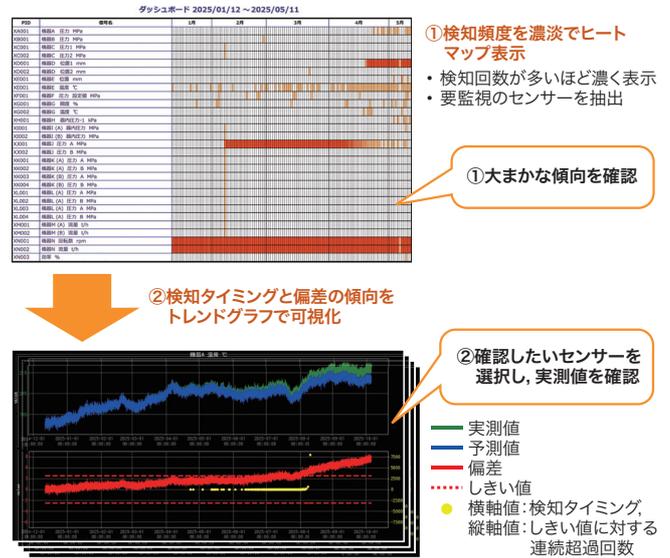
大まかな変動と微小な変動のそれぞれで最適な設計したAEで学習し、出力を加算することで、高精度な予測を実現

AE:オートエンコーダー

2段階オートエンコーダーの構成

Two-stage autoencoder operation

ユーザーインターフェース:原因特定に向けた人間系の判断をサポート



効率的な監視により、監視の負荷を減らし、対策立案にリソースを割く

ユーザーインターフェース

User interface

大規模で複雑なプラントでは、設置されている数千点のセンサーから得られる膨大な時系列データを監視し、早期に異常を検知する必要がある。このため、これまで、異常予兆検知AI“2段階オートエンコーダー”を開発してきた。このAIに膨大な時系列データにまたがる複雑な関係を学習させることで、プラントの状態変化の中に埋もれ、従来は捉えられなかった異常の兆候を、早期かつ高精度に検知できる。この検知によって、異常や劣化の状態に応じたメンテナンスが可能になり、状態基準保全による効率的なプラントの運用・保守と稼働率の向上が見込める。2020年から2022年までの期間に、東芝エネルギーシステムズ(株)の子会社である(株)シグマパワー有明が運営する三川発電所で実証試験を実施し、大量のデータのオンライン監視を通して、埋もれた異常予兆を早期に検知できることを確認した。2024年2月に、SaaS (Software as a Service) 版の電力事業者や製造業向けデジタルサービス“TOSHIBA SPINEX for Energy”にて、このAIのクラウドサービスとオンプレミスでのサービスの提供を開始した。

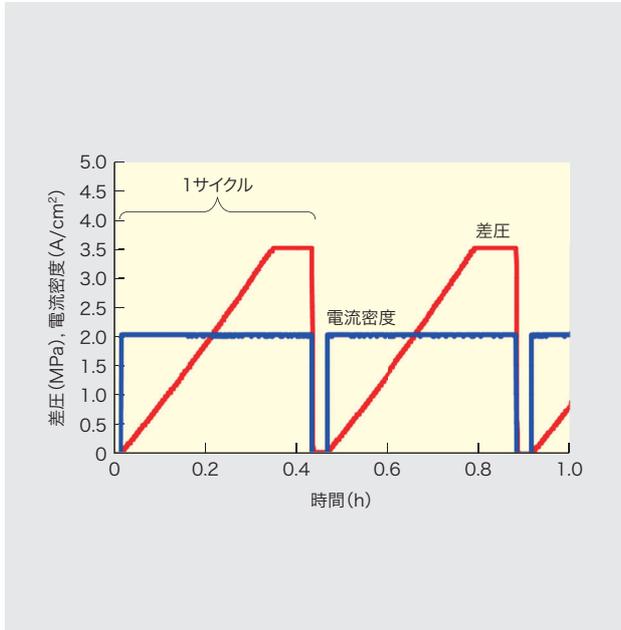
2024年11月から、2段階オートエンコーダーを用いた異常予兆検知システムの効果検証を目的として、東北電力(株)の協力の下、女川原子力発電所2号機の運転データ評価のトライアルを実施している。この評価では、以下を行っている。

- (1) 異常予兆検知システムにより、発電所の様々なシステムや機器の状態に関する温度・圧力・流量など、千数百点の運転パラメーターを一括で監視して、人間の目では判別が難しい異常の兆候を早期に検出する。
- (2) 異常兆候が検知された運転パラメーターについては、人間系で継続的に計測値トレンドの監視・評価を行い、警報が発生する前に処置の検討を行う。

このような異常予兆検知システムの活用により、人間系での監視だけではまだ見落としてしまう運転パラメーターの異常兆候を予兆の段階で早期に検知できており、実際に効果を発揮している。

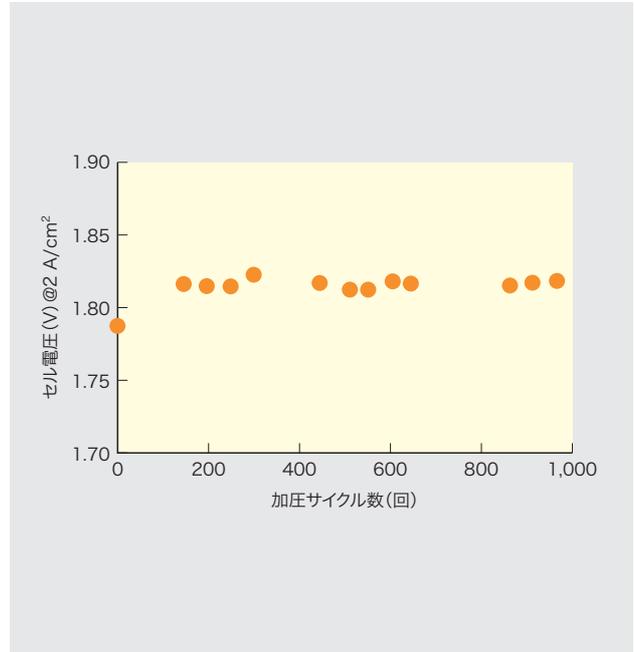
総合研究所 AIデジタルR&Dセンター

高圧ガス保安法に準拠したPEM水電解評価技術の構築 及びこれを用いた省イリジウムMEAの高耐久性の実証



加圧サイクル試験での加圧パターン

Pressure cycling profile for testing membrane electrode assembly (MEA) durability



加圧サイクル数とセル電圧の関係

Correlation between pressurization cycles and MEA cell voltage

水電解によってグリーン水素（再生可能エネルギー由来の水素）を製造し、貯蔵・輸送を可能にするPower to Gas (P2G) 技術において、高圧ガス保安法に準拠し、最大5 MPaの差圧運転が可能な評価環境を構築するとともに、触媒であるイリジウムの使用量を従来比で1/10に低減した膜電極接合体（MEA：Membrane Electrode Assembly）の加圧サイクル試験を実施し、高耐久性を確認した。

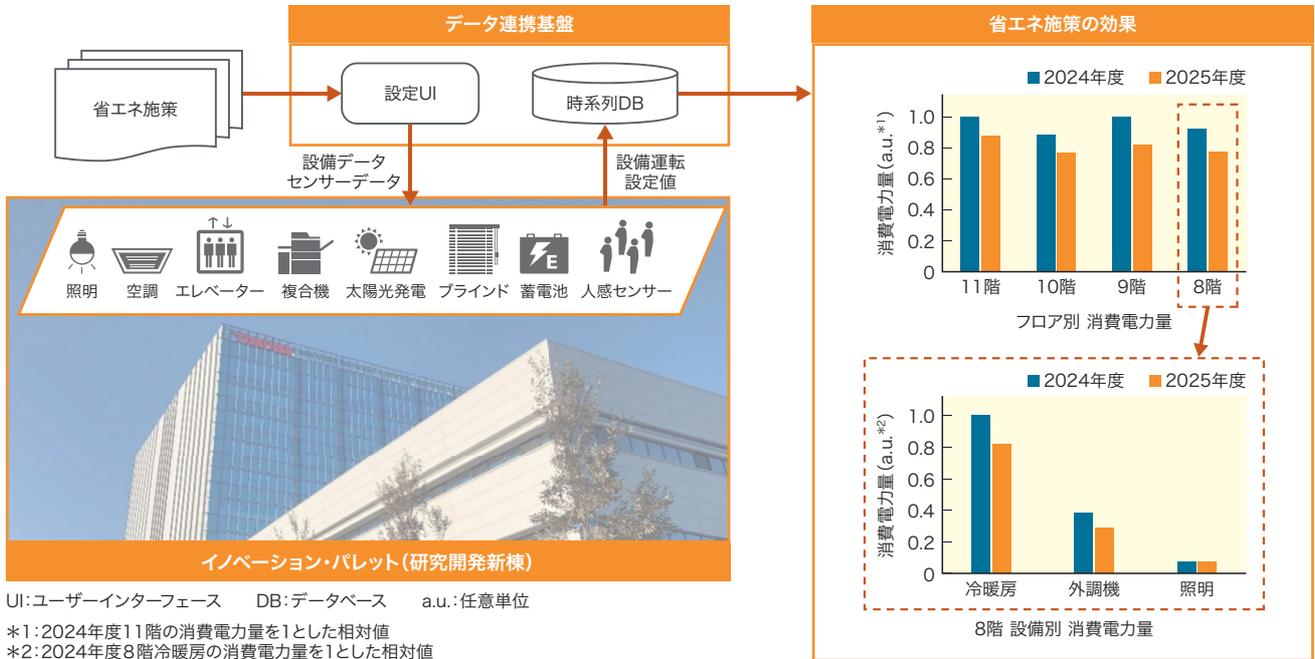
P2Gにおいてグリーン水素を製造するPEM（Proton Exchange Membrane）水電解は変動対応性と耐久性に優れるが、希少なイリジウムを大量に使用する問題がある。このため、酸化イリジウムナノシート積層技術により、イリジウム量が従来の1/10でも同等の特性が得られる省イリジウムのMEAを提案しているが、海外でMEAを適用する場合、水素ガスの貯蔵と輸送の観点から2～5 MPaの加圧運転で性能と耐久性を保証する必要がある。

従来、国内で1 MPa以上の試験を実施するには、高圧ガス保安法への準拠が必要なため評価が困難だったが、今回、関係機関と調整し、最大5 MPaに対応可能なPEM水電解評価装置の導入に成功した。

この評価装置を用いて、起動停止を想定した高圧（3.5 MPa）と常圧を繰り返す加圧サイクル試験を実施した結果、MEAの劣化はほぼ認められず、優れた耐久性を実証できた。

今後、高効率化を目指して開発が進められている薄膜タイプの次世代電解質膜と組み合わせた評価により、P2Gの普及に貢献する。

複数設備のデータ連携による消費電力低減を実証した 省エネソリューション支援システム



UI:ユーザーインターフェース DB:データベース a.u.:任意単位
 *1:2024年度11階の消費電力量を1とした相対値
 *2:2024年度8階冷暖房の消費電力量を1とした相対値

省エネソリューション支援システム
 Energy-saving solution support system

ビルやオフィスでカーボンニュートラルを実現するには、居住者の快適性を維持しながら空調や照明などの設備運用を効率化し、エネルギー消費を削減することが重要である。これまで、ビル内では、照明設備や冷暖房設備、換気設備など複数の設備が個別に管理・運用されているため、統合的な運用による省エネ効果の最大化が困難であった。

この課題に対し、需要家に省エネソリューションを提供する事業の実現を目指し、Web API (Application Programming Interface) によって複数設備を統合的に管理し省エネを実現する、データ連携基盤技術を開発した。この技術により、空調制御システムや照明制御システム、人感センサーを用いた計測システムなどの複数のシステム間で、ライブデータをリアルタイムに共有することが可能となり、スムーズな複数システム間連携を実現した。その結果、省エネ施策を実施するために必要となる運転パターンを統合的に設備へ適用することが可能になった。

このデータ連携基盤技術を搭載した“省エネソリューション支援システム”を東芝グループの研究開発新棟である“イノベーション・パレット”内に構築し、省エネ施策を実行してその有効性を検証した。実証試験は、2025年7月から8月まで2か月間実施し、人感センサーのデータを利用して居住者の在/不在によって空調と照明をオン/オフすることや、時間帯によって指定エリアの照明を調光すること、などの省エネ施策を実施した。これにより、2024年度の同期間と比較して、イノベーション・パレットの8階から11階までの消費電力が約12%低減していることを確認した。

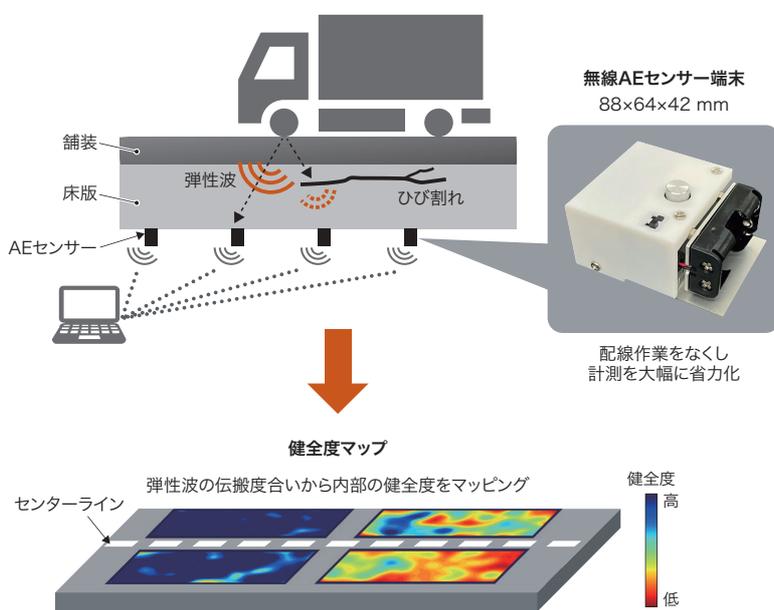
今後も、引き続きイノベーション・パレットでの実証を行い、省エネソリューションの事業化に向けた効果の確認や運用の最適化、機能の拡張などを進め、ビル・オフィスのカーボンニュートラル実現に貢献していく。

関係論文：東芝レビュー、2025、80、6、p.15-19.

総合研究所 エネルギーシステムR&Dセンター

床版内部健全度マッピング手法による 橋梁の健全性評価サービス

研究開発
インフラレジリエンス



*橋梁上を通過した車両の台数当たりを検出された弾性波源発生点の密度

床版内部健全度マッピングの概要

Overview of internal soundness mapping for bridge decks

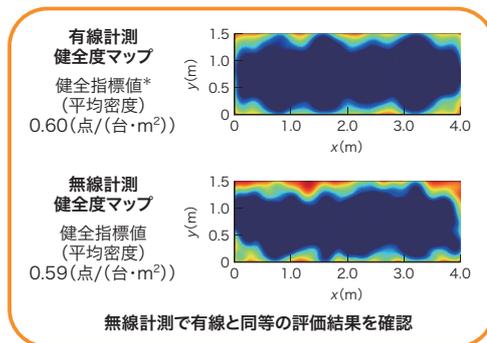
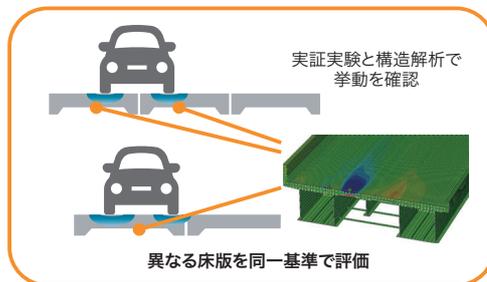
近年、老朽化が進む社会インフラ構造物の適切な維持管理が、重要な社会課題となっている。当社は、維持管理の高度化に向け、AE (Acoustic Emission) センシング技術を用いて構造物内部の健全性を評価する手法として、床版内部健全度マッピング (国土交通省「点検支援技術性能カタログ」に掲載済み) を開発してきた。今回、東芝プラントシステム (株) でこの手法を用いたサービスの提供を開始し、高速道路橋梁 (きょうりょう) のコンクリート床版を対象とした健全性評価業務を受注した。

床版内部健全度マッピング手法は、橋梁床版の下面にAEセンサーを設置し、橋梁上を車両が通過する際に発生する微小な弾性波の伝搬度合いを計測・分析することで、非破壊で橋梁床版内部にあるひび割れなどの損傷状態の分布を把握する。更に、床版内部の損傷状態を健全度マップとして可視化することによって、補修対象の優先順位付けや、補修効果の確認などを、より効果的に行える。

補修対象の優先順位付けなどの用途では、異なる床版の評価結果同士を同一基準で定量的に比較する必要がある。評価結果は温度や舗装の種類の影響を受けるため、補正を行っている。同様に、この手法で利用する弾性波は、車両荷重による舗装のひずみ方に影響されるため、床版の構造的な配置や車両通過位置が異なる床版でひずみ方が異なる場合、評価結果に差が出るおそれがある。そこで、実証実験と構造解析を通じて、床版配置と車両通過位置の影響を明らかにし、定量的な比較が可能な条件を把握して、評価技術を確立した。

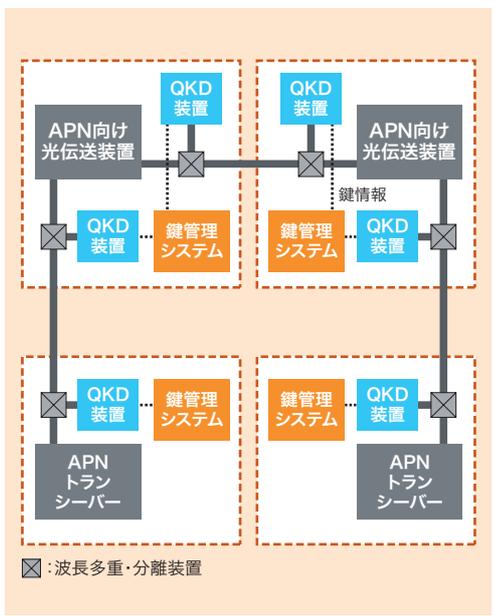
またサービス提供にあたり、センサー配線作業といった計測前後の煩雑な現場作業の負荷を軽減するため、独自開発した無線AEセンサー端末を導入した。実証実験では、従来の有線計測と同等の評価結果が得られるように端末動作を最適化し、端末の実用化に成功した。計測の無線化により作業効率が大幅に向上し、広範囲の床版を対象とした計測サービスの実現につながった。

今後もサービスの展開を進め、インフラ構造物の維持管理の高度化に貢献していく。

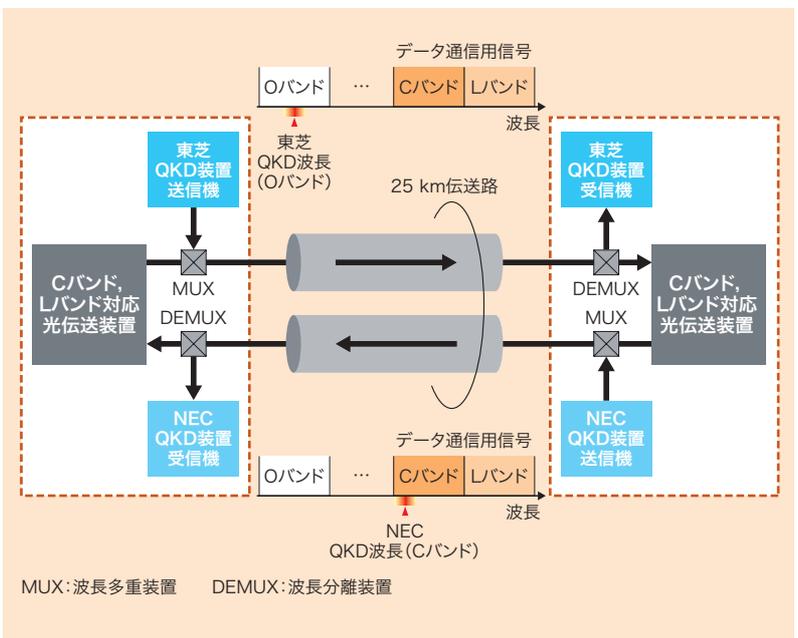


総合研究所 先端デバイスR&Dセンター

通信キャリア向けオール光ネットワークへのQKD機能の統合に向けた実証



IOWN Open APNとQKDネットワークの統合
 Example of Innovative Optical and Wireless Network (IOWN) Open All-Photonic Network (APN) and quantum key distribution (QKD) network integration



QKDと大容量光伝送システムとの共存実験の構成
 Experimental setup to demonstrate coexistence of QKD and high-capacity optical transmission systems

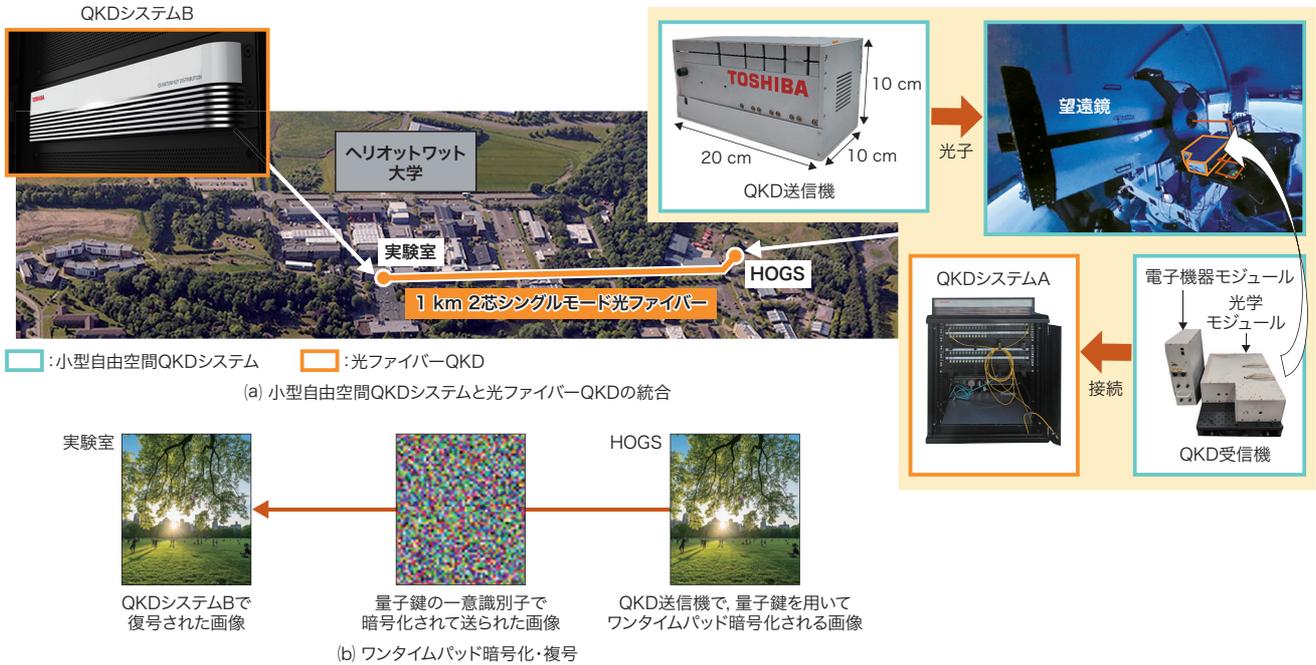
量子鍵配送 (QKD) は、量子の原理を用いることで盗聴不可能な暗号鍵を配送する技術である。このQKDの信号を、次世代情報通信基盤として期待されるIOWN[®] (Innovative Optical and Wireless Network)^(注1)のオール光ネットワーク Open APN (All Photonic Network)^(注2)向けのシステム環境で多重伝送し、鍵生成を行う実証実験に世界で初めて^(注3)成功した。この実証では、Open APNの構成機器となる光伝送装置を用いた大容量光伝送システムをNICT (国立研究開発法人情報通信研究機構)の量子ICT協創センター内に構築し、通常の高速度大容量データ通信に加えて、当社と日本電気 (株) (以下、NECと略記)が持つそれぞれ異なる2方式のQKD用の信号を同一伝送区間で多重伝送する実験を行った。

実験では、QKD用の信号として微弱な量子チャンネル信号、及びそれに合わせて送受信される制御チャンネル信号を用いた。また、高速大容量データ通信信号として、通信キャリアの基幹系光ネットワークでの使用が想定されるCバンド及びLバンドの波長帯全域にわたる出力+17 dBm、伝送速度47.2 T (テラ: 10¹²) ビット/sに相当するダミーの信号を用いた。これらの信号を25 kmのファイバー区間で共存伝送させた。それぞれの信号の波長が干渉しないように波長を割り当てて多重伝送を行うことで、二つの異なるQKD方式による同時鍵生成と高速大容量データ通信信号のエラーフリー伝送の両立を確認した。

この実証は、QKD信号専用の光ファイバーインフラを新たに構築することなく、IOWN Open APNなどの通信キャリアの基幹系光ネットワークとQKDネットワークを統合できる可能性を示すものであり、将来的に広域かつ低コストで量子暗号通信サービスをユーザーに提供することにつなげていく。この研究成果は、総務省・ICT重点技術の研究開発プロジェクト「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発」(JPMI00316)によって実施した内容を含む。

(注1) 光を中心とした革新的技術を活用し、高速大容量通信並びに膨大な計算リソースなどを提供可能なネットワーク・情報処理基盤の構築。
 (注2) 国際団体 IOWN Global Forum において機能アーキテクチャー策定が進められている低消費電力、高品質・大容量、低遅延の光ネットワーク。
 (注3) 2025年7月時点、当社調べ。

衛星 QKD と地上の光ファイバー QKD とのシームレスな統合に向けた実証



衛星 QKD と光ファイバー QKD の統合に向けた実証システムの構成
Demonstration system configuration for integrated satellite- and fiber-based QKD

衛星を経由した QKD (衛星 QKD) は、大陸をまたぐグローバルな量子セキュアネットワークを確立する有力な方法である。これまでに、衛星-地上間の衛星 QKD の実現可能性が示されている。衛星への搭載や地上局への設置を考慮すると、打ち上げコストや設置場所の制約を克服するために、機器の小型化・軽量化・低消費電力化が大きな課題となる。また、実用化には地上の光ファイバー QKD とのシームレスな統合が必要である。

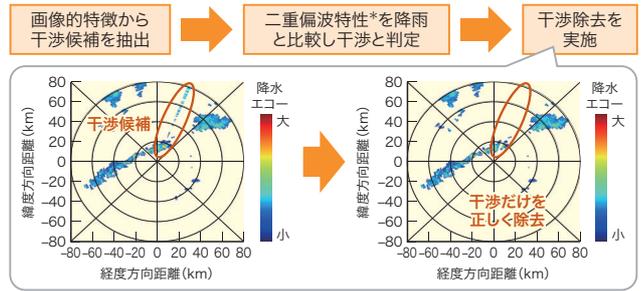
当社は、衛星-地上間をリンクする小型自由空間 QKD システムを開発した。QKD 送信機は 10 (奥行き) × 20 (幅) × 10 (高さ) cm、質量 2 kg、消費電力 16 W であり、GHz クロック動作の量子送信機として、世界最小・最軽量・最低消費電力^(注)である。QKD 受信機は、単一光子検出器を含む 30 (奥行き) × 40 (幅) × 10 (高さ) cm の光学モジュールと電子機器モジュールで構成した。QKD 送信機・QKD 受信機共に SoM (System on Module) を採用し、QKD プロトコル、鍵処理アルゴリズムの実行、及び ETSI GS QKD 014 準拠の鍵管理の機能を持つ。小型自由空間 QKD システムを、スコットランドのヘリオットワット大学のハブ光学地上局 (HOGS : Hub Optical Ground Station) に設置した。衛星からの送信を模して QKD 送信機の信号を光子として望遠鏡に入射し、QKD 受信機で受信することで、リアルタイムでの量子鍵生成を確認した。

更に、衛星 QKD と地上 QKD の相互運用性を実証するため、光ファイバー QKD と統合した。HOGS と、HOGS から 1 km 離れた同大学内の実験室に、当社製品の QKD システム A, B を設置し、その間を光ファイバーでつないだ。更に、HOGS の QKD システム A と QKD 受信機を接続し、自由空間チャンネルとファイバーチャンネルの両方を介して、リアルタイムに量子鍵を生成・中継した。このシステムは 4 日間安定に稼働し、画像のワンタイムパッド暗号化・復号に成功した。この成果は、衛星 QKD と地上 QKD の統合によるグローバルな量子通信ネットワーク構築に向けた基盤となる。

この研究は、イギリスの Innovate UK (プロジェクト 10089202) を通じて資金提供を受けた。

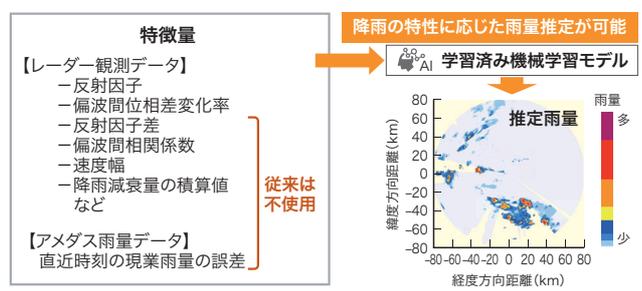
(注) 2025 年 12 月現在、当社調べ。

■ 現況降雨量サービス向け気象レーダーデータ解析技術



*水平・垂直の二つの異なる偏波を使うことで得られる特性。反射因子差や偏波間相関係数など。

画像的特徴と二重偏波情報を併用する干渉除去手法
Weather radar interference removal using combined image features and dual-polarization information



機械学習モデルによる雨量推定手法
Rainfall estimation using machine learning models

気象レーダーの観測データを用いて地上降雨量をリアルタイムに提供する現況降雨量サービスでは、レーダー観測データに含まれる干渉波などの不要信号を除去して品質改善する前処理と、前処理後のデータから降雨量を推定する後処理が必要である。

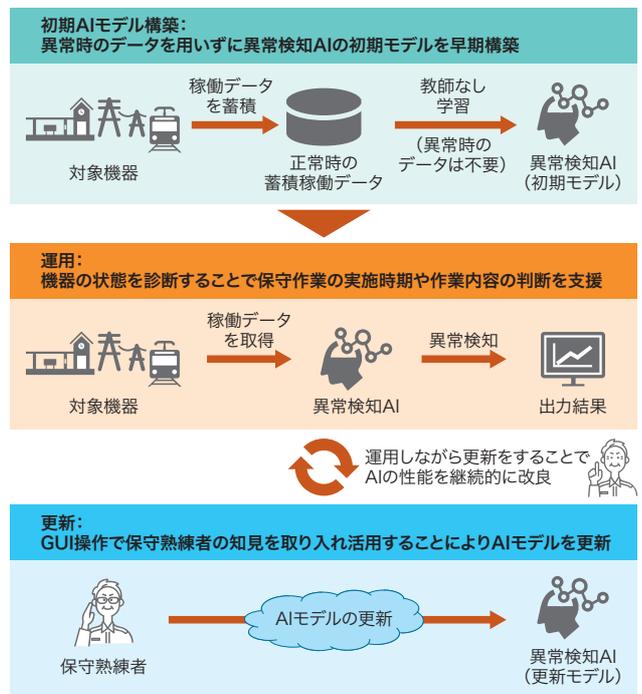
前処理では、必要な降水エコーを干渉除去の際に誤って除去してしまう問題点を、干渉波の画像的特徴と、干渉波と降水エコーとの間の二重偏波特性差を用いて改善する干渉除去手法を考案した。これを干渉が存在する代表的事例で検証した結果、誤った除去がないことを確認した。

後処理では、台風・ゲリラ豪雨・前線性降雨など多種多様な降雨状況での精度向上という課題に対して、レーダー観測データで従来不使用であった要素や、過去のアメダス雨量データなどを特徴量に加えた機械学習モデルによる雨量推定手法を開発した。これにより、対象とした降雨状況の雨量推定において、おおむね全てで、実測に対する推定値の二乗平均平方根誤差が、従来手法に比べ20%以上改善できた。

今後は両手法共に、クラウドサービスに実装して活用する。

総合研究所 インフラシステムR&Dセンター

■ 保守熟練者の知見を活用した異常検知AIの継続改良技術



異常検知AIの継続改良の概要
Overview of continual improvements to anomaly detection artificial intelligence (AI) models

インフラ機器の保守効率化実現に向けて、機器の状態に応じて保守作業を行う状態基準保全 (CBM) が注目されている。

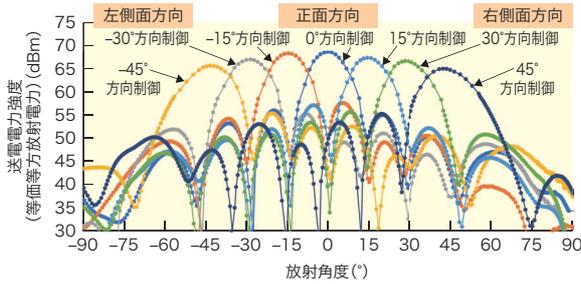
当社は、CBM向けに、機器の稼働データを学習することで異常を検知するAI技術を検討している。しかし、発生頻度の低い異常時のデータを学習に十分な量まで収集するのは困難なため、保守熟練者の知見に基づくAIモデルの調整が必要となる。これがAIを用いたCBM実用化の障壁となっていた。

そこで、初期のAIモデルを学習時に異常時のデータが不要な教師なし学習で構築し、運用しながら熟練者の知見を活用してAIモデルを継続改良する技術を開発した。GUI (Graphical User Interface) での簡単な操作により、保守の知見に基づき異常検知結果の正否をフィードバックすることで、AIモデルを更新して異常検知性能を継続的に改良する。

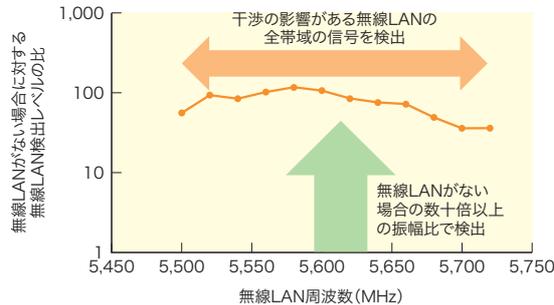
東芝グループ会社が保守する駅務機器を対象に実証実験を行い、熟練者の知見を活用することによる異常検知性能改良効果を確認した。また、開発技術適用前と比べ、AIモデル更新に要する工数を、実用化可能な水準である1/10以下に削減できる見込みを得た。

総合研究所 インフラシステムR&Dセンター

マイクロ波遠隔給電システムの免許取得に向けた技術開発



ビームフォーミング方式による各放射角度の送電電力強度
Directional wireless signal intensity enhancement using beam-forming technique



干渉がある帯域における無線LAN検出レベルの検出特性の評価結果
Evaluation results of wireless LAN receiver performance over frequency band with interference

マイクロ波を用いて数メートル離れた場所に電力を送る遠隔給電技術を開発している。給電の送信器は特定の受電対象への効率的な送電のため、複数アンテナ信号を制御して電力を集中させるビームフォーミング方式を用いている。

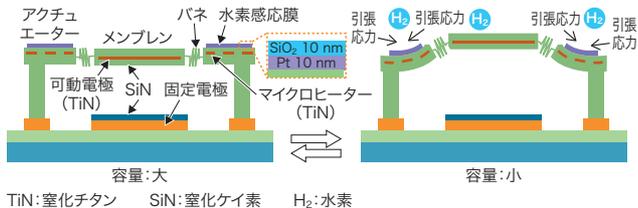
近年、電波法が改正され、給電システムを免許局として運用することが可能となった。免許取得には、無線LANや電波天文台などの他の無線システムへ影響を与えないことが要求される。

給電に使用する周波数は5 GHz帯であり、同じ周波数帯の無線LAN通信への干渉を防ぐため、無線LANの通信状態を検出することが必須となる。このため、高周波部は低コストかつ広帯域検出が可能なアナログ回路構成とした。更に、デジタル信号処理部の構成数を最小限とする手法を採用することで、安価な給電送信器を実現した。評価の結果、3 mで500 mW超の電力供給が可能であること、及び無線LAN通信が検出できることを確認でき、無線LAN通信への影響がないことを実証した。

また、電波天文台への影響となる高周波雑音レベルの低減を行い、電波法の条件を満足することを確認した。

総合研究所 インフラシステムR&Dセンター

容量型MEMS水素センサーによる初期火災検知技術



TiN:窒化チタン SiN:窒化ケイ素 H₂:水素

容量型MEMS水素センサーの動作原理

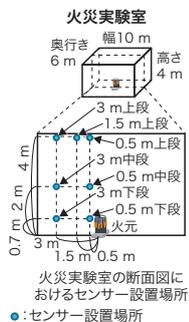
Principle of capacitive microelectromechanical system (MEMS) hydrogen sensor operation

火災の早期検知は、一酸化炭素中毒などによる逃げ遅れを防ぐために極めて重要である。

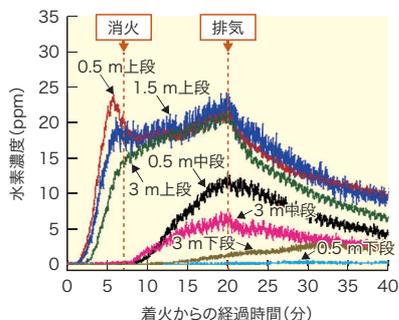
当社は、火災初期に発生するppmオーダーの極微量水素を高感度で検知できる容量型MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 水素センサーを開発した。このセンサーのアクチュエーターには、水素感応膜としてプラチナ (Pt) 薄膜を形成している。水素により感応膜表面のPt酸化物が還元されて引張応力が発生し、アクチュエーターが動作してメンブレンが上方に変動し、静電容量が減少することで水素を検知する。一方、Ptは空気中では酸化されるため、酸化反応と水素による還元反応が同時に起こって互いに打ち消し合い、感度が低下する問題点があった。そこで、二酸化ケイ素 (SiO₂) バリア膜をPt上面に適用し、酸素を遮断してPtの酸化を抑制した。このバリア膜によって感度劣化を抑制し、極微量の水素に対しても安定した出力を得ることができる。

このセンサーを試作して水素の空間分布を計測する実証実験を行った結果、発生した水素が火災の上昇気流で天井付近に移動して滞留する状況が検知でき、このセンサーの有用性を実証できた。

総合研究所 先端デバイスR&Dセンター

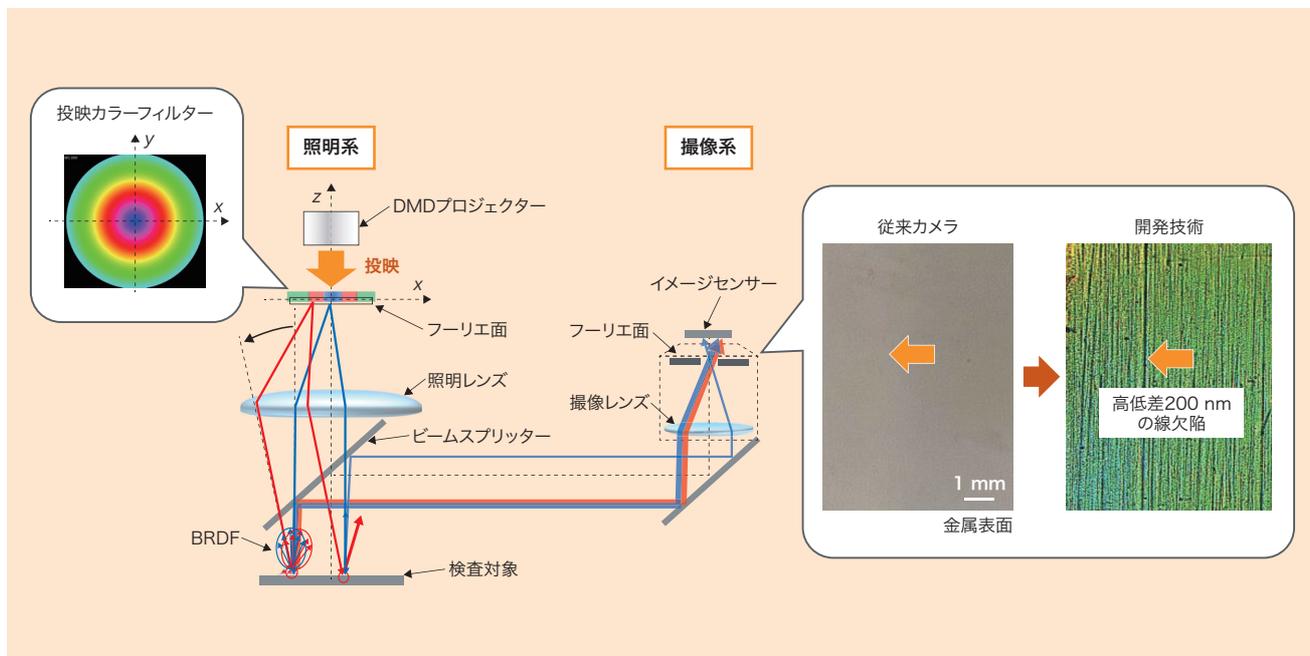


火災実験室の断面図におけるセンサー設置場所
Cross-sectional view of fire laboratory with hydrogen sensors installed



火災実験室での各センサー設置場所の水素濃度
Hydrogen concentration derived from sensor outputs

デジタル制御照明を用いた微小欠陥の鮮明化技術



デジタル制御照明を備えた光学系と撮像例

Imaging system equipped with digitally controlled illuminator and example of captured image

半導体や自動車などの多様な製造ラインでは、製品表面の微小欠陥を非接触かつ高速で検査して良否判定を行い、全製品の品質を保証することが強く求められている。しかし、マイクロメートル以下の高低差を持つ凹凸形状の微小欠陥は、従来の撮像技術では明暗のコントラストが乏しく、鮮明な画像が取得できず、検知できないことがあった。

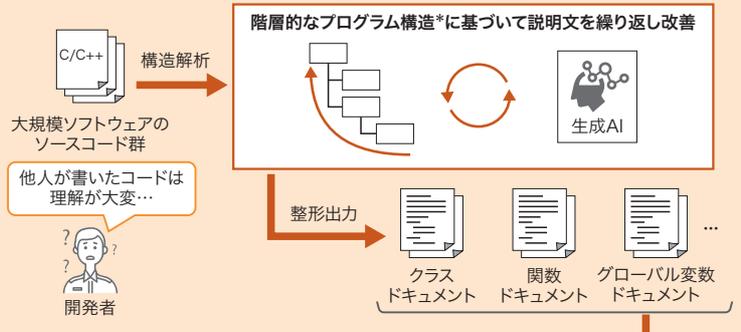
この課題に対し、反射光の方向分布 (BRDF: Bidirectional Reflectance Distribution Function) を色変化として捉える独自光学系を設計し、微小欠陥を瞬時に鮮明化する撮像技術“ワンショットBRDF”を開発した。この光学系では、光の方向と色を対応付けるため、撮像レンズのフーリエ面 (焦点面) に同心円状に色が変わるカラーフィルターを配置し、色変化を急峻 (きゅうしゅん) にすることで、欠陥による僅かな光の方向変化も色変化として検出可能になる。しかし、物理的カラーフィルターの空間細分度には限界があり (数百マイクロメートル程度)、ナノオーダーの欠陥からの微弱な散乱光を捉えるには、より高精細なカラーフィルターが必要となる。

そこで、照明光線の方向をあらかじめ色と対応付けるデジタル制御照明方式を考案し、照明レンズのフーリエ面にDMD (Digital Micromirror Device) プロジェクターでカラーフィルターを縮小投射する投射カラーフィルターを開発した。この結果、物理的カラーフィルターに比べ、空間細分度が約100倍向上し、ナノレベルの欠陥による微弱散乱光も色変化として捉えられるようになり、従来カメラでは検知できなかった半導体ウエハーの微小欠陥を鮮明化することに成功した。

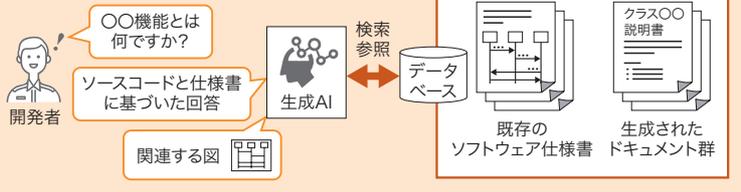
更に、この技術では、検査対象に応じて投射カラーフィルターを瞬時に最適化できるので、物理的カラーフィルターで問題となっていた透過波長スペクトルの経年変化や個体差も解消した。

インフラシステム用ソフトウェアの改修をサポートする ソースコード理解支援技術

(A-1) ソースコードからのドキュメント生成



(A-2) RAGシステムによるソフトウェア理解支援



*関数や変数の依存関係

ドキュメント生成とソフトウェア理解支援の構成

Document generation and software comprehension support system configuration

(B) コード全体を俯瞰(ふかん)した説明の例

従来技術のドキュメント

グローバル変数 **motor_load** 説明書

motor_loadはモーターの負荷を表すグローバル変数です。

✗ 局所的な情報だけの説明

開発した技術のドキュメント

グローバル変数 **motor_load** 説明書

motor_loadはモーターの負荷を表すグローバル変数です。

update関数ではmotor_loadの値を基にモーター出力を増減します。

motor_loadはupdate_load関数内でget_current関数で得た電流値を基に負荷を算出します。

✓ 変数値に影響する関数、影響される関数も説明

get_current関数は電流センサーとシリアル通信し、得た電流値を返します。

✓ 間接的に影響する関数も説明

従来技術と開発した技術で生成したドキュメントの比較

Comparison of documents generated using conventional and new methods

インフラシステム用のソフトウェアは、製品寿命が長く、数十年にわたる運用期間中、利用者からの仕様変更や機能追加の要望に対応するため、ソフトウェア保守が必要となる。これらの要望は、初期設計では想定されていない場合が多く、ソースコードの大幅な修正が発生することも少なくない。しかし、長期運用に伴い担当者の異動や退職が発生した場合、既存のソースコードの理解に多くの時間と労力を要することから、ソースコードの理解を支援する技術が求められている。

この課題に対応するため、ソースコードから自動的に説明文を生成するAIドキュメント生成技術を開発した。プログラム全体の概要から詳細な処理内容まで、階層的に説明文を生成することで、短時間で概要を把握し、必要に応じて深い理解を得ることを目的としている。

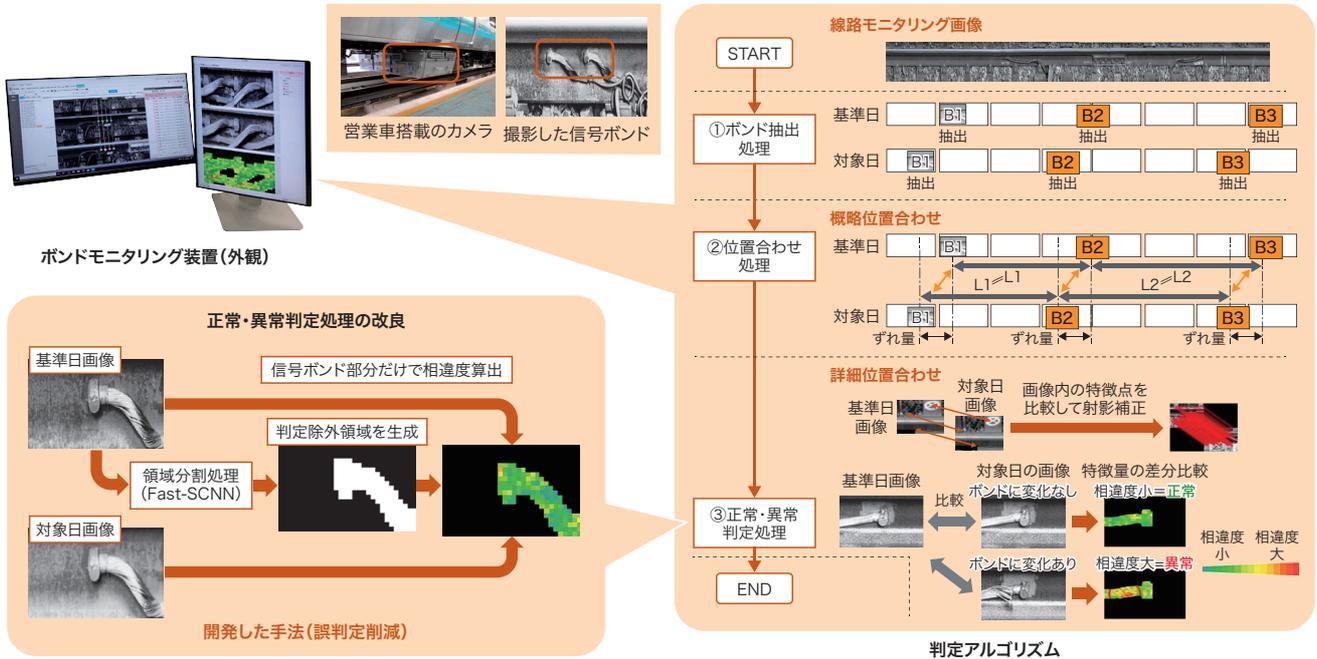
まず、AIにコードを渡す前に静的解析を行い、関数の引数や戻り値の有無、コード間の依存関係などの構造情報を抽出する。これにより、コードの動作やほかの要素との関係性を正確に記述できる。また、古い設計のソフトウェアや、特に組み込み型ソフトウェアに多く見られるグローバル変数にも対応している。グローバル変数とそれを使用する関数との関係性を明確にするため、依存関係を含む情報を抽出し、独自の繰り返し解析手法で説明文を生成している。これにより、従来よりもコードの全体像を集約した説明が可能となった。

実際の製品開発現場では、人手で作成された仕様書に加えて上記のAIが生成した説明文を情報源としたRAG (Retrieval Augmented Generation)^(注)システムを導入した。開発者がソフトウェアに関する質問を入力すると、説明文や仕様書の中から関連する情報を検索し、図や表なども併せた回答が得られ、ソフトウェアの内容をより短時間で理解できる。

今後は、対応可能なプログラミング言語の拡充に加え、開発現場からの要望を反映した説明生成に取り組んでいく。

(注) 文書を検索し、それを基に質問に関する回答を生成する、生成AI活用技術。

深層学習を用いた鉄道の線路設備点検のための異常検知技術

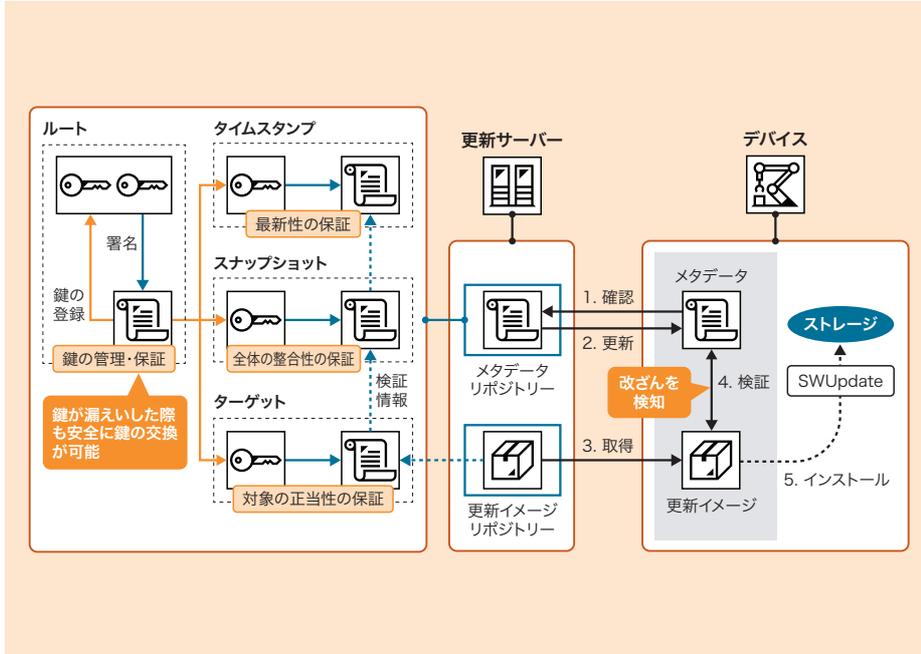


ボンドモニタリング装置と異常検知アルゴリズムの概要
Bond monitoring system and anomaly detection algorithm overview

鉄道にはレールと信号装置を電気的に接続するために取り付けられている軌道回路用信号ボンド（以下、信号ボンドと略記）がある。この信号ボンドが脱落するなどの異常が発生すると列車の運行に支障を来すが、広範囲に点在する対象設備の検査は主に夜間に実施されるため、検査員の負担が大きく、効率的な検査が求められた。そこで、営業車に搭載した撮影機器で取得した画像から、異常部品を自動的に検知するボンドモニタリング装置を開発し、2022年度から鉄道会社にて実運用中である。しかし、2020年度に実施した試験運用では、正常な信号ボンドを異常と誤って判定する確率が20%を上回っていた。

そこで今回、正常・異常判定処理を改良した。誤判定の約70%は、信号ボンド領域以外の部分における見えの変化が原因であったことから、画像から信号ボンド部分だけを抽出して判定する方式を導入した。対象領域の抽出には、東芝欧州社ケンブリッジ研究所で開発された深層学習を用いた領域分類法“Fast-SCNN (Fast Segmentation Convolutional Neural Network)”を採用した。基準日画像に対してFast-SCNNで信号ボンド部分を自動抽出することで、判定除外領域を手動で塗りつぶす作業負担の軽減を図った。そして、抽出された領域だけで相違度を算出し、誤判定を削減できた。また、信号ボンドの自動位置検出は、古典的な機械学習手法を組み合わせた方式を利用していたが、検査対象路線の拡大に伴い検知性能の低下が懸念されていた。そこで、深層学習を用いた高速な検出器であるYOLOX (You Only Look Once X) について、多重レイヤーを統合することで検出精度を改良したモデルを導入した。これにより、従来よりも過検知を削減するとともに、設備種類や環境の変化にもモデルの再学習だけで柔軟に対応でき、メンテナンスが容易となった。2025年1月からは、この改良型ボンドモニタリング装置が導入され、現在、首都圏26線区で取り付け状態の良否判定に利用されている。今後、高速鉄道への展開に向けて適用拡大を検討していく。

TUF™ 準拠の汎用ソフトウェア更新機能による 組み込み機器の安全な遠隔更新



TUF™メタデータを用いた更新検証アーキテクチャ
Update verification architecture using The Update Framework (TUF) metadata

攻撃の種類	SWUpdate だけの機能	TUF™ 利用時
1. 任意インストーラー攻撃	○	○
2. ドロップリクエスト攻撃	×	○
3. フリーズ攻撃	×	○
4. 早送り攻撃	○	○
5. ロールバック攻撃	○	○
6. 無限データ攻撃	○	○
7. 鍵漏えい	×	○

○：対応 ×：非対応

既知の攻撃に対するベンチマーク
Benchmarking results against known
cyberattacks

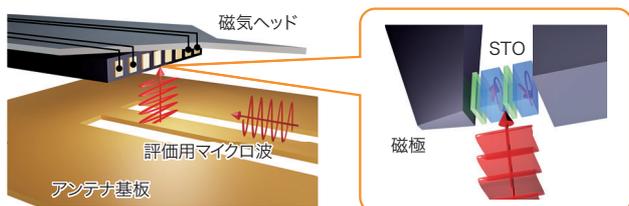
近年、IoT (Internet of Things) 機器や産業機器などの組み込み機器では、製品出荷後もソフトウェア更新の継続が求められており、更新の安全性と長期運用時の信頼性確保が課題となっている。従来は、署名付きイメージの検証で一定の安全性は確保できたが、署名鍵の管理や、リポジトリが侵害された際の復旧に課題があった。そこで、この課題に対し、オープンソースソフトウェアのSWUpdateを用いた更新機構に、ソフトウェア配信の信頼性を高める仕様The Update Framework™ (TUF™)を導入し、安全で継続的な更新を実現する技術を開発した。

開発した技術は、SWUpdateが提供する更新領域を二重に用意して切り替える手法 (A/Bアップデート) による高可用性や差分更新による効率的な配信といった利点に加え、TUF™仕様に基づくメタデータ署名と検証の仕組みを組み込んだ。TUF™は、信頼の起点となるメタデータが公開鍵を管理し、配信されるファイルの正当性を保証するメタデータが改ざんを検知可能とし、全体の整合性を保証する役割と最新性を確認するメタデータが、過去の情報が悪用されないよう制御するよう設計されている。これにより、通信経路上で改ざんされた更新イメージが適用されることを防止でき、署名鍵の漏えいやリポジトリ侵害が発生した場合でも、信頼性を維持しながら更新を継続できる。また、TUF™は暗号化通信 (TLS : Transport Layer Security) を必須とせず、TLSを利用できない組み込み機器でも、更新ファイルの正当性の確認を行いながら更新処理を実現できる。

実機による動作検証では、TUF™メタデータを適用した更新フローが正常に機能し、署名鍵の更新を伴うシナリオでも安全に更新を継続できることを確認した。また、改ざんされた更新イメージを配布した場合には、署名検証が失敗し、不正なソフトウェアが適用されないことを確認した。

今後も、TUF™を活用した安全で持続的なソフトウェア更新基盤の高度化に取り組み、製造業や社会インフラなど、長期運用を前提とする分野への提供を拡大していく。

■ ニアラインHDD MAS-MAMR用 スピントルク発振素子のインジェクションロックング評価技術



インジェクションロックング評価技術の模式図
Spin torque oscillator (STO) injection locking evaluation schematic

ハードディスクドライブ (HDD) の次世代記録技術である共鳴型マイクロ波アシスト磁気記録 (MAS-MAMR) は、スピントルク発振素子 (STO) によって得られるマイクロ波を利用する。特に、STO内の二つの磁性層が協調して発振する双発振状態を実現することで、高密度な記録が可能になるが、従来の評価技術では、磁気ヘッドにおけるSTOの発振状態を判別できなかった。

今回開発したインジェクションロックング (IL) 評価技術は、評価用マイクロ波をSTOに照射し、同期現象に伴うIL信号を測定する。IL信号は、双発振状態では観測されず、それ以外の発振状態だけで観測されるため、発振状態の解明が可能である。

開発した技術は、STOの挙動の理解とMAS-MAMR改善設計を促進し、生成AIなどにより需要が高まり続けるデータセンター向けニアラインHDDの大容量化に貢献する。

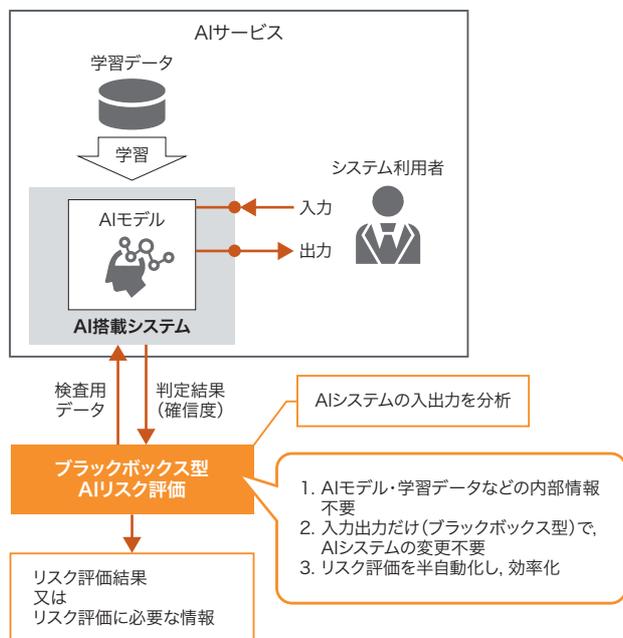
この技術は、国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (NIMS) との共同研究成果である。

STO	従来評価	開発した技術:IL評価
双発振状態 	信号あり	信号なし
非 双発振状態 		信号あり 判別可能

評価結果の概要
Overview of evaluation results

総合研究所 先端デバイスR&Dセンター

■ AI搭載システムに対するリスク評価技術



ブラックボックス型AIリスク評価の概略
Overview of black-boxed artificial intelligence (AI) risk evaluation

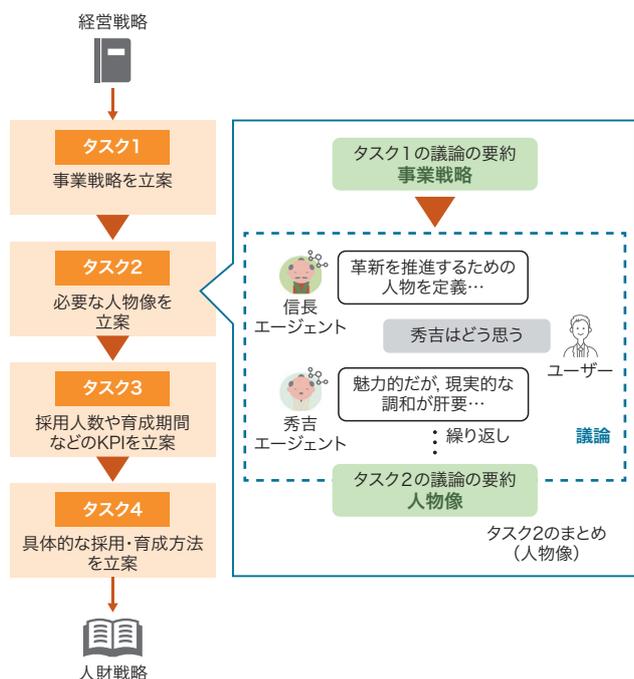
AI搭載システムの普及に伴い、学習データの偏りによる不公平な判断、悪意ある入力改変による誤識別、入出力情報を悪用したモデル不正コピーによる機密情報・ノウハウの漏えいなど、AI特有の脅威に起因するリスクへの対応が課題となっている。これらの脅威は、開発時や運用時などの様々な段階で現れ得るため、AIサービスを提供する事業者は、開発から運用まで継続的なリスク評価ができる仕組みが求められる。

当社は、既存システムの変更や、搭載AIのモデル構造・学習データなどの内部情報が不要で、AIサービスの入出力だけでAIのリスク評価をする、導入が容易で効率化が期待できる“ブラックボックス型AIリスク評価”技術を検討している。現在、顔認識モデルを搭載したAIシステムに対し、人種や性別に依存した不公平を検出する基礎技術を開発している。

今後は、対象サービスや評価項目の拡充・運用での評価プロセス整備を進め、より安心安全なAI利用を支える技術にしていく。

総合研究所 AIデジタルR&Dセンター

■ マルチAIエージェント技術を用いた人財戦略立案支援システム



人財戦略立案支援システムの概要
Overview of talent strategy planning support system

労働人口減少による人手不足や市場変化の中で、企業の安定成長には、事業内容と連携した高度な人財戦略の立案が必要不可欠である。しかし、体制の整備不足や属人的な判断により客観性や一貫性を欠く場合が多く、事業内容と連携した人財戦略を具体化できている企業は少ない。

そこで、当社は、様々な役割や視点のペルソナを持ったAIエージェント^(注)同士で議論を行うことで、集合知による多角的かつ創造的な戦略立案支援が期待できる、マルチAIエージェント技術を活用した人財戦略立案支援システムを開発した。

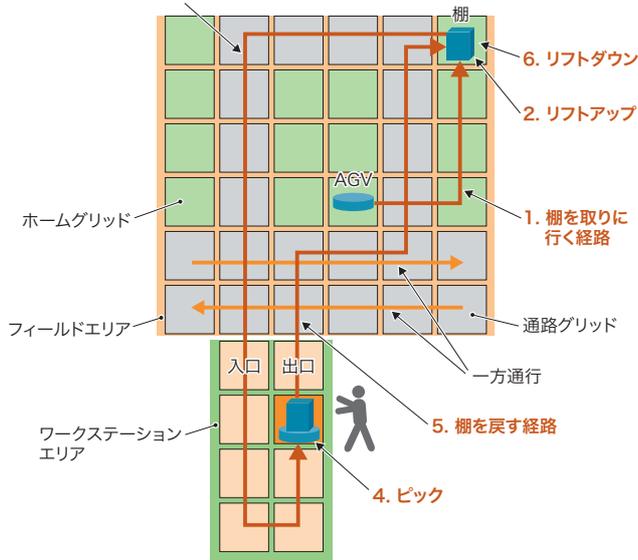
このシステムは、経営戦略を入力することで、(1)事業戦略を立案、(2)必要な人物像を立案、(3)採用人数や育成期間などのKPI (Key Performance Indicator) を立案、(4)具体的な採用・育成方法を立案、という四つのタスクを実行する。また、ユーザーは議論に参加し、質問や意見を反映させることができる。このシステムによって、事業内容と連携した高度な人財戦略立案支援を実現する。

(注) タスク達成に向けて自律的に判断・行動する AI

総合研究所 AIデジタルR&Dセンター

■ 大規模・高密度倉庫での実運用を想定した複数AGVの最適経路生成技術

3. ワークステーションへ向かう経路



AGVの経路計画と棚搬送(取得・搬送・返却)プロセス
Automated guided vehicle (AGV) path planning and shelf handling (retrieval, transport, and return) processes

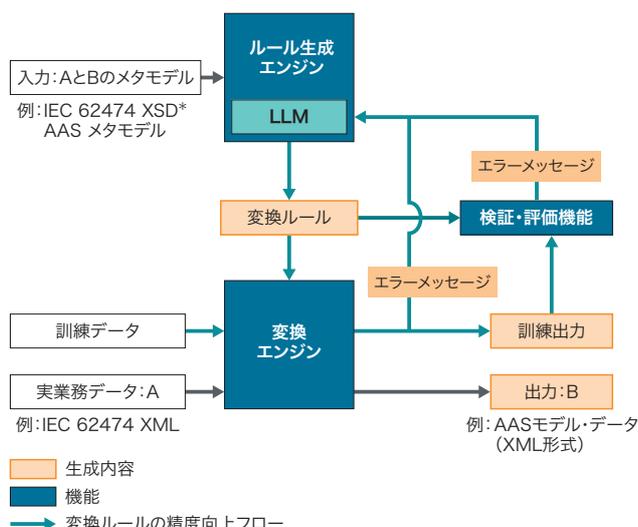
EC (電子商取引) 市場の急成長や人手不足などを背景に、倉庫作業の自動化では、AGV (無人搬送車) が中核技術として注目されている。しかし、広大で複雑な倉庫で数百台のAGVを同時に稼働させる際、従来の方法では、AGV台数の増加で計算量が急増するため運用台数に限界があるなど、衝突や渋滞を回避しながらの効率的な経路計算には、大きな課題があった。

そこで今回、マルチエージェント経路探索 (MAPF) 技術を活用し、AGV同士の優先度を動的に調整しながら、必要な範囲だけ再ルート計算を行う仕組みを導入した。これにより、計算負荷を抑えながら、倉庫現場の制約 (棚の配置や一方通行など) を考慮した柔軟な経路設計を可能にした。AGV200台の同時稼働シミュレーションでは、AGVが衝突することなく移動距離を削減でき、計算時間も大幅に改善した。

今後は、並列処理による更なる高速化や深層学習による渋滞予測を組み合わせ、エネルギー効率とスループットを両立した次世代スマート物流システムを実現していく。

総合研究所 AIデジタルR&Dセンター

■ LLMを活用した標準データの自動生成技術



*XSD (XML Schema Definition) は、XMLスキーマ定義を記述するファイル

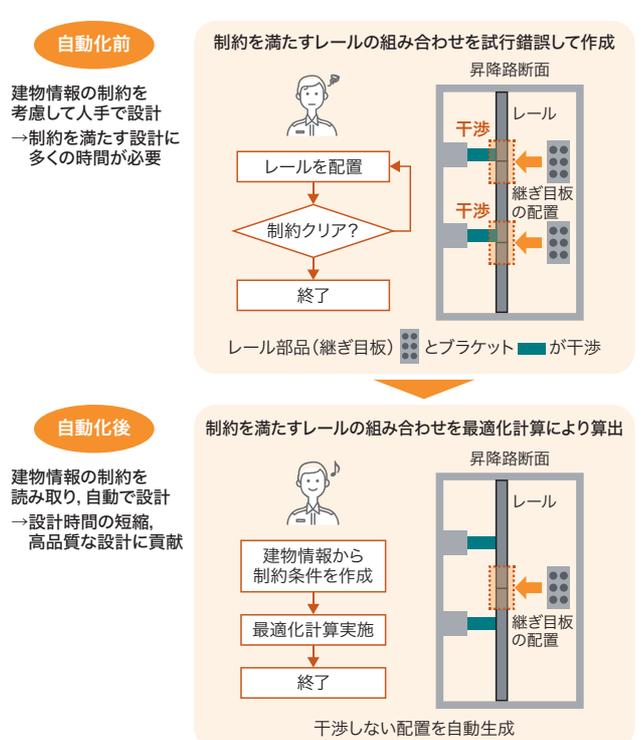
LLMを活用したデータ相互運用のフレームワーク
 Framework for data interoperability utilizing large language models (LLMs)

大規模言語モデル (LLM) を活用した標準データ自動生成技術は、従来は手作業で多大なコストと労力を要していた異種システム間のデータ変換を、効率的かつ高精度に実現するものである。この技術では、メタモデル情報 (スキーマ、形式、制約) を基に“ルール生成エンジン”が変換ルールを作成する。更に、“検証・評価機能”や、訓練データを用いる“変換エンジン”のエラーメッセージを LLM にフィードバックし、変換ルールを反復的に洗練することで、精度を向上させる。生成された変換ルールは実業務データの標準形式変換に適用され、透明性と説明性を確保する。製品含有化学物質 IEC 62474 (国際電気標準会議規格 62474) から AAS^(注1) への変換では、XSLT^(注2) と外部ツールによるエラーのない AAS データ生成を達成した。製品の含有物質情報や二酸化炭素排出量情報を含むデジタル製品パスポート (DPP) の標準データ自動生成が可能になり、持続可能な社会の実現に向けて実用化を推進している。

(注1) AAS (Asset Administration Shell) は、製品ライフサイクルデータを記述するデータモデルと形式を提供する国際標準。
 (注2) XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformations) は、XML 文書を別の形式に変換するための XML ベースの言語。

総合研究所 AI デジタル R&D センター

■ 昇降機計画設計業務における走行レール配置の自動設計技術



昇降機の計画設計では、走行レール (以下、レールと略記) をほかの機器や構造部材と干渉しないように配置することが求められる。設計の制約条件を満たさない部分が一部でもあると全体の見直しが必要になるため、従来の試行錯誤による設計では後戻りが発生し、時間を要していた。また、設計者の経験や技能に依存し、設計品質のばらつき抑制やコストの最適化にも課題があった。

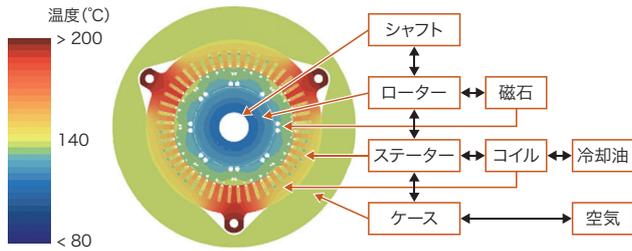
そこで、昇降路形状データを基に、レール及びレールを昇降路に固定するブラケットの配置の自動設計技術を開発した。この技術は、レールの継ぎ目板とブラケットの干渉回避など、複数の制約条件を満たしつつ、コストを最小化する最適化計算を行う。

開発した技術の実用性を実証実験で評価した結果、評価用物件のほとんどで実用的な設計値が得られた。また、設計時間についても短縮できる傾向があることを確認でき、昇降機計画設計業務の効率化と品質向上を同時に実現できた。

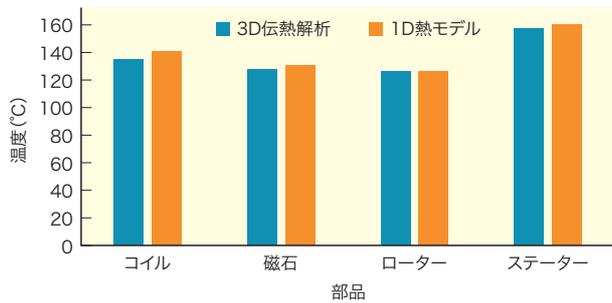
自動設計技術を用いたレールとブラケットの配置設計
 Automatic guide rail and bracket layout technology

総合研究所 AI デジタル R&D センター

■ モーター MBDシステムを高精度化する1D熱モデル



3D伝熱解析による温度分布評価結果と1D熱モデルの概略
Temperature distribution obtained with three-dimensional (3D) thermal simulation and overview of 1D model



主要部品の温度予測精度検証結果
Comparison of component temperatures obtained with 3D simulation and 1D model

モーター搭載製品の開発期間を短縮するため、モーターの特性を試作前に予測可能にするMBD (Model Based Development) システムの開発を進めている。このシステムを高精度化するにはモーター内の温度分布を正しく評価し、温度に応じた材料物性を用いる必要がある。

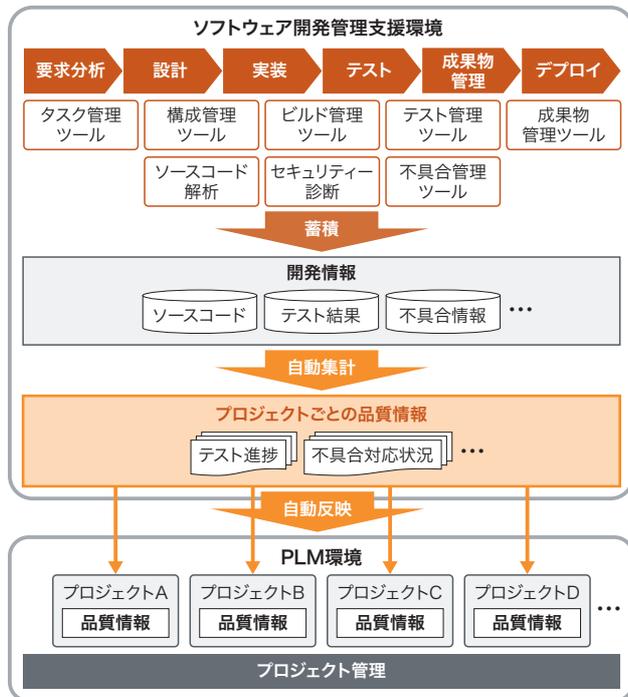
今回、油冷モーターを対象として温度分布を精度良く評価可能な1D熱モデルを構築した。径方向は、シャフト、ローター、ステーター、及びケースに要素を分割し、ローター内部に磁石、ステーター内部にコイルを設けた。また、軸方向は、8分割した。コイル、磁石、ローター、ステーターには発熱条件を与え、コイルエンドには油冷を模擬した熱伝達条件を与え、隣接する要素間に熱抵抗を与えることにより、温度分布を評価可能とした。

1D熱モデルの精度検証のため3D (3次元) 伝熱解析を実施し、6通りの発熱条件に対して温度分布を比較した。その結果、いずれの条件でも主要部品の温度を ± 6 °C以内の精度で予測できた。

今後、周方向の温度分布を考慮するなど、更なる高精度化を行い、モーターMBDシステムの高度化に貢献していく。

総合研究所 生産技術センター

■ ソフトウェア開発管理支援環境とPLM環境の連携による品質管理業務の効率化



ソフトウェア開発管理支援環境とPLM環境の連携
Integration of software development management and product lifecycle management (PLM) systems

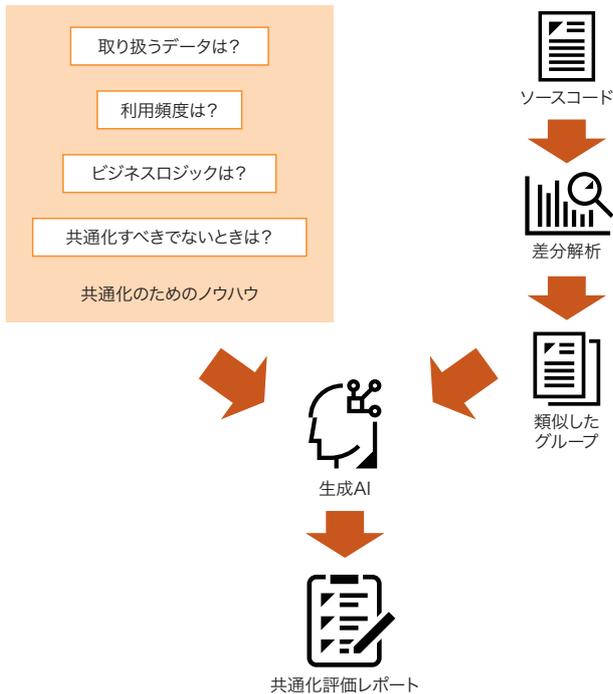
東芝グループでは、2013年に“ソフトウェア開発管理支援環境”を整備し、現在は国内外41社以上において2万人を超える技術者が活用している。この環境により、品質・進捗管理の標準化が進む一方で、情報の分析や集計には手作業が多く、業務効率の向上が課題となっていた。

この課題に対し、2025年4月より、製品ライフサイクル管理 (PLM: Product Lifecycle Management) 環境との連携機能を導入した。ソフトウェア開発管理支援環境に日々蓄積されるソースコードや、テスト結果、不具合情報などの開発データを夜間に自動収集し、プロジェクトごとのテスト進捗や不具合対応状況として集計する。集計結果はPLM環境へ自動反映される。数千件規模のプロジェクトを対象とするため夜間処理を基本とするが、プロジェクト単位での即時更新にも対応している。

従来、プロジェクト担当者が手作業で集計していた品質情報を、PLM環境からオンデマンドで最新情報として参照・分析できるようになり、品質管理業務の更なる効率化と意思決定の迅速化が期待される。

総合研究所 デジタルイノベーション技術センター

■ ソフトウェア再利用を促進する共通化評価技術



ソフトウェア製品の複数機種の開発では、類似機能の作り込みが非効率になりやすい。これを解決する手法として、米国カーネギーメロン大学が開発したソフトウェアプロダクトライン(SPL)がある。SPLは共通化に適したソフトウェア部品の再利用で効率化を図るが、適切な部品の抽出は大規模なソフトウェアになるほど容易ではなくなる。

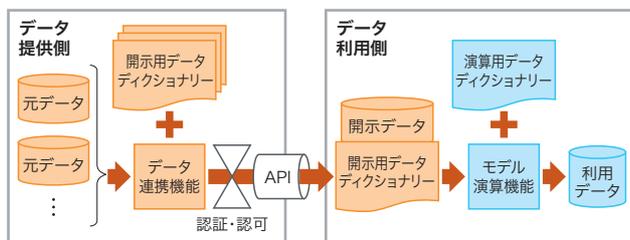
今回、ソースコード差分解析と生成AIによる自動評価を組み合わせることで、共通化候補を迅速に検出する技術を開発した。従来技術は、高速処理が可能だが意味的な類似性の分析ができない。一方、生成AIは、意味を考慮できるが、大規模解析で精度が低下するという課題があった。そこで、これら二つの技術を組み合わせ、約40万行のソフトウェアに対して適用した結果、5時間で15%の共通化候補の自動抽出を可能とした。今後は、100万行規模のソフトウェアへの適用拡大や、更なる類似コード検索の精度向上に取り組んでいく。

共通化評価技術の概要

Overview of software reuse evaluation technology

総合研究所 デジタルイノベーション技術センター

■ 社内データ連携基盤としての共通開発フレームワーク データ連携パッケージ



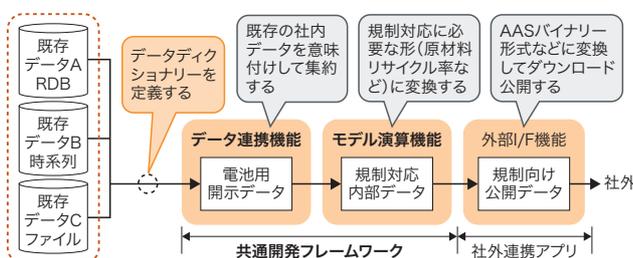
(a) データ連携パッケージの概要

社内に分散する既存データを活用するためのデータ連携パッケージを開発した。既存のデータセットをIEC規格準拠のデータディクショナリーでラップし、認証・認可を行った上でAPI(Application Programming Interface)として利用可能な“データ連携機能”と、データ利用者が単位変換や統計処理など、目的に応じたモデル変換を行える“モデル演算機能”などで構成されている。

これにより、データの提供側と利用側を疎結合とし、多目的なデータ利用を実現した。更に、ディクショナリー及び変換定義を変更することで、ソフトウェアの改修を伴うことなく、目的別の利用に迅速に対応できる。

パッケージ管理システムであるnpmパッケージでグループ共有アセットとして提供しており、既存システムへの導入が容易である。

現在、規制の追加・変更に対応が求められるデジタルバッテリーパスポートにも利用される電池データ統合基盤システムへの適用を開始している。今後更に、開発したパッケージを複数アプリ(アプリケーション)間の連携に活用し、新たな付加価値を創出する共通インターフェースとして展開していく。



(b) 電池データ統合基盤での欧州電池規制データ利用例

RDB:リレーショナルデータベース
I/F:インターフェース

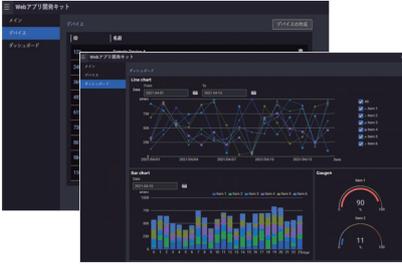
データ連携パッケージの概要と適用例

Overview of data linking package and application example

総合研究所 デジタルイノベーション技術センター

■ すぐに着手できるWebフロントエンドアプリスターターキット

UIデザイン	技術スタック	開発ノウハウ
TOSHIBA SPINEX Design System	React Next.js TypeScript	高可読なコード 多言語対応 静的チェック



- 自動テスト
- AIフレンドリー
- CI設定
- 安定性
- 高品質

完全にパッケージ化された開発キットを“足場”にしてスピーディーにアプリ開発

UI: ユーザーインターフェース
CI: Continuous Integration (継続的インテグレーション)

Webフロントエンドアプリスターターキットの活用イメージ
Overview of web front-end app starter kit usage

近年のシステム開発では、ユーザー体験の早期提供と初期段階からの品質確保が重視されている。そこで、フロントエンドアプリ開発の初期工程を効率化し、開発者が顧客価値に直結する画面やビジネスロジックの開発業務に専念できるスターターキットを構築した。

このキットは、業界標準の技術スタックを基盤とした実践的な画面サンプルと自動テストを備えている。プロトタイプから本格開発への移行が容易で、標準化された実装パターンとテスト戦略により、安定した品質を初期から確保できる。

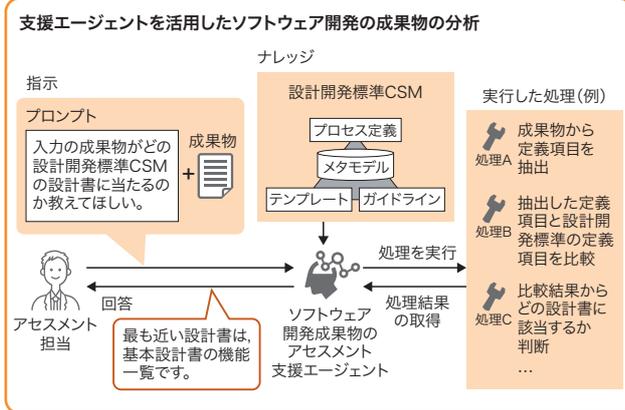
また、生成AIエージェント活用開発技術を体系化することで、設計・実装の工数を大幅に削減し、機能追加やバグ修正のスピードが向上する。バックエンドの完成を待たずにフロントエンド開発を進められるため、フィードバックの早期獲得が可能となり、プロジェクト全体の効率化にも寄与する。

このように、構築したキットは、少ない工数での高品質な開発を持続的に実現し、長期的な工数削減メリットが見込める。

総合研究所 デジタルイノベーション技術センター

■ ソフトウェア開発プロセス・成果物のアセスメントの省力化手法

ソフトウェア開発成果物のアセスメントの流れ



CSM: Common Style Methodology

ソフトウェア開発成果物のアセスメント支援エージェントの概要
Overview of software development artifact assessment agent

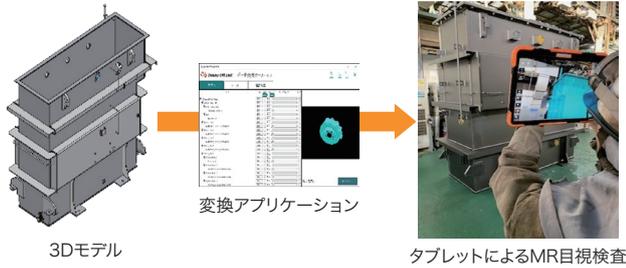
SPI (ソフトウェア開発プロセス改善) 活動では、開発プロセス・成果物のアセスメントを通して、開発現場の状態の把握と改善施策の立案を行っている。しかし、このアセスメントには、ソフトウェア開発標準に造詣の深い人材による手作業が必要であり、時間とコストが掛かっていた。

そこで、東芝グループ内で整備しているソフトウェア開発標準と生成AI技術を組み合わせたソフトウェア開発成果物のアセスメント支援エージェントを開発した。開発した支援エージェントは、ソフトウェア開発の要件定義工程、基本設計工程を対象に、アセスメント対象の成果物(要件定義書、基本設計書)と設計開発標準との適合性を自動評価する。この支援エージェントを用いた評価の約80%は、人の評価と一致した。この手法により、アセスメントは、AIによる評価を人が判断・修正する作業が中心となり、作業の省力化が期待できる。

今後は、開発した技術の実用化に向け、開発現場での適用を進め、ソフトウェア開発プロセス・成果物のアセスメントの省力化に取り組んでいく。

総合研究所 デジタルイノベーション技術センター

MR技術による組立・溶接工程の目視検査の品質向上



MR目視検査の概要
Overview of mixed reality (MR) inspection



MR目視検査結果の例
Example of MR inspection results

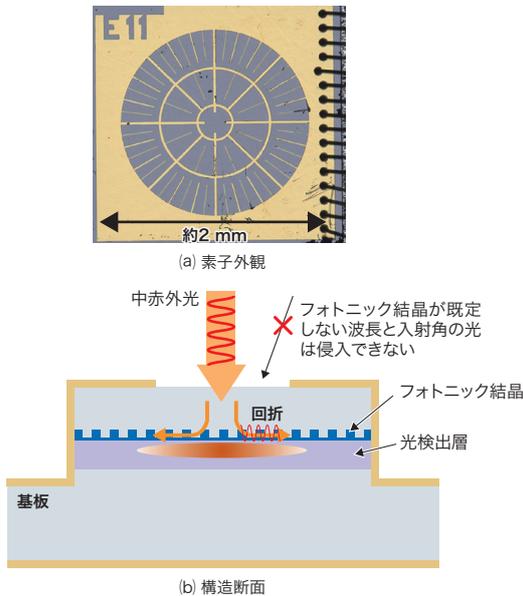
組立・溶接工程では、部品の付け忘れや位置・向きミスを検知するために、目視検査を実施する。見逃しを防ぐためにベテランによるダブルチェックなどで対策してきたが、完全な見逃し防止は難しく、人間系での対応には限界があった。また、1台当たりの検査工数削減や属人性の排除も課題になっていた。

これらを解決するために、東芝デジタルソリューションズ(株)製の、製造現場の3D(3次元)CADデータ活用ソリューション Meister MR Linkを導入した。タブレット上で3Dモデルを現物に重ねて表示する複合現実(MR: Mixed Reality)技術によるMR目視検査を変圧器タンクの製造現場に適用し、その効果を検証した。実際の運用では、3Dモデルの位置合わせに時間を要するため、検査開始視点を3Dモデルの初期位置に設定することで効率化した。

その結果、担当者の技量によらずミスを確実に発見できるようになり、適用後8か月間連続で後工程へのミス流出ゼロを実現した。また、1台当たりの検査工数を約1/5に短縮でき、検査を効率化した。更に、検査結果を写真として残せるようになり、トレーサビリティ向上に寄与した。

総合研究所 生産技術センター

熱ノイズ低減機能を備えた中赤外波長域の面型量子カスケードディテクター



面型量子カスケードディテクターの素子外観と構造断面
Quantum cascade detector: External view (top) and schematic cross-sectional structure (bottom)

中赤外波長域は、様々な物質の吸収帯が存在し、分光測定で気体の種類や濃度を推定するガスセンシングに広く活用でき、高感度な光検出器が開発されてきた。従来のHgCdTe(テルル化カドミウム水銀)検出器は水銀を含むため、環境負荷の少ない材料への代替が検討されている。しかし、その候補とされるInSb(インジウムアンチモン)やInAsSb(インジウムヒ素アンチモン)の検出器は、液体窒素冷却や、周辺環境からの熱ノイズを低減するための波長・入射角フィルターが必要である。

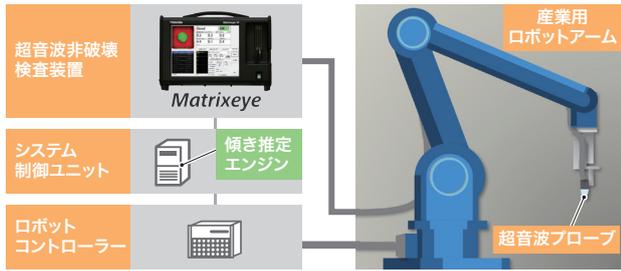
今回、国立研究開発法人 物質・材料研究機構と協力し、面型量子カスケードディテクターの開発に世界で初めて(注)成功した。この素子は冷却不要で、フォトニック結晶で特定の波長と入射角の光だけを検出層へ導くため、外付け光学フィルターも不要である。並行して開発している面発光型量子カスケードレーザーと組み合わせ、高感度ガスセンシングへの応用を目指す。

この研究の一部は、防衛装備庁 安全保障技術研究推進制度 Grant Number JPJ004596の支援を受けて実施した。

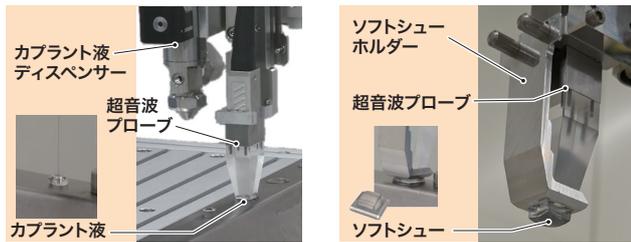
(注) 2025年11月時点、当社調べ。

総合研究所 生産技術センター

■ カプラント液不要のスポット溶接自動検査ロボット



スポット溶接自動検査ロボットの構成
Configuration of automatic spot-welding inspection robot



従来の検査ヘッド
Inspection head using conventional liquid couplant

開発した検査ヘッド
New inspection head with soft shoe attached to probe tip

スポット溶接で部品接合する自動車などの生産工場では、検査効率化と品質安定化のため、スポット溶接自動検査ロボット導入の要望がある。

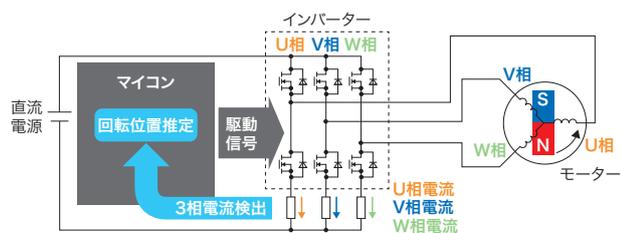
当社は、超音波による非破壊検査と、検査時の超音波プローブ角度を最適化する傾き推定エンジンによるロボット制御とを組み合わせた、スポット溶接自動検査ロボットを開発している。従来の超音波非破壊検査では、超音波プローブから検査対象内部に超音波を伝搬させるために、液状カプラントの塗布と拭き取り作業が必要であった。

これらを不要とするために、液状カプラントの代替としてプローブ先端に装着する固体ゲル状の接触媒質“ソフトシュー”を開発し、自動車部品を対象とした性能評価を重ねてきた。この中で、ソフトシューの形状の改良により、検査対象への密着性を高めて、測定ばらつきの低減や良否判定の再現性向上を実現した。

今後は、ソフトシューを取り付けやすくする機構の改良など、実運用上の改善に取り組み、生産ラインへの適用を進めていく。

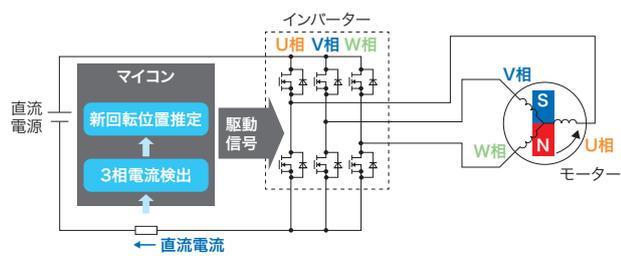
総合研究所 生産技術センター

■ 電流検出部を1個に減らした永久磁石モーターの低速域における回転位置推定技術



3個の電流検出部で3相の電流を検出し、低速域の回転位置を推定

従来のモーター駆動システム
Conventional motor drive system with three current detectors



1個の電流検出部で3相の電流を検出し、低速域の回転位置を推定

開発したモーター駆動システム
New motor drive system with one current detector

位置センサーなしで永久磁石モーターを駆動するためには、他の方法で正確な回転位置を得る必要がある。高速域での回転位置の検出方法は確立されているが、低速域の検出手法には改善が必要であった。

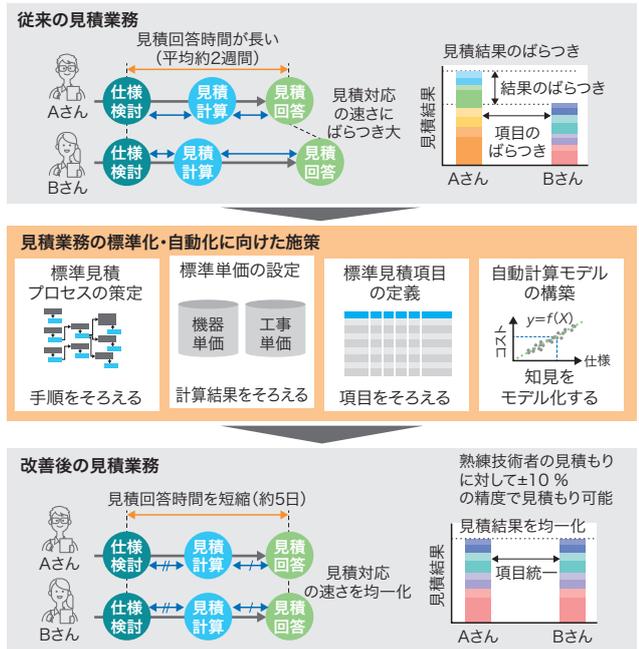
当社は従来、インバーターの各相に電流検出部を設けて3相の電流値を検出することで、低速域の回転位置を推定していた。しかし、電流検出部が3個必要であるため、コスト低減が課題であった。

今回、直流電源とインバーターの間に1個の電流検出部を設け、そこに流れる直流電流を駆動信号に応じたタイミングで検出することで3相の電流値を求める手法を考案した。また、これに対応した回転位置推定技術を新たに開発した。この技術により電流検出部を1個に減らし、コストを低減できる。

今後、民生用や車載用のモーター駆動システムなど、幅広い製品への適用を進めていく。

総合研究所 生産技術センター

■ 太陽光発電・蓄電池システムの見積業務プロセス変革



再エネ事業における見積業務の課題と標準化・自動化による改善施策
Standardization and automation solutions for improving renewable energy project quotation accuracy

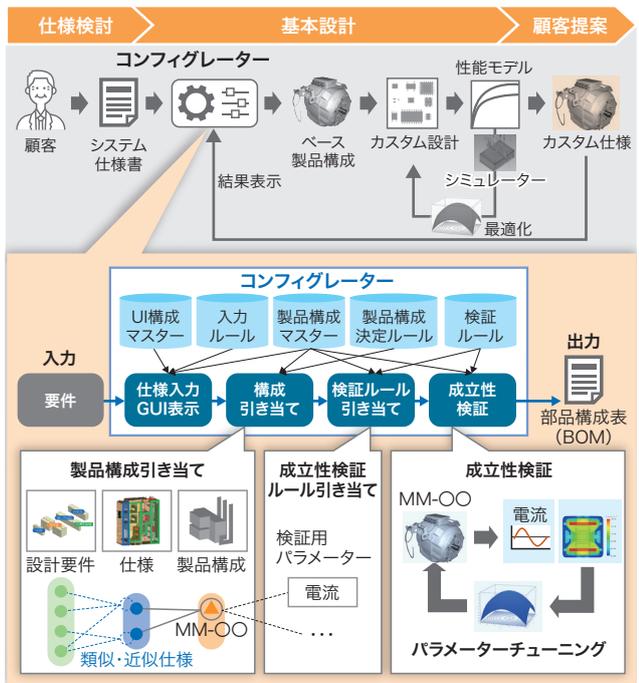
再生可能エネルギー（以下、再エネと略記）市場の拡大に伴い、太陽光発電システムの引き合いが急増している。また、再エネ関連制度の変更により、顧客の事業採算性の精緻な評価が求められるようになり、精度の高い見積もりが不可欠となっている。一方、見積業務は技術者依存が大きく、精度の向上や見積回答時間の短縮が課題であった。

そこで、太陽光発電・蓄電池システムの見積業務を対象に、案件ごとに異なっていた仕様や項目を構成や、規模、工事範囲などのパターンで分類し、共通要素を抽出して標準プロセスを整備した。これにより、見積もりに必要な仕様、項目、計算手順、及び単価を統一し、ばらつき抑制と効率化を実現した。

更に、標準化した仕様を基に、発電容量や環境条件などの主要パラメーターから原価を推定する計算モデルを構築・活用してコストを自動算出する概算見積ツールを開発した。その結果、見積回答時間を従来の約50%に短縮し、市場変化への迅速な対応を可能にした。精度は、熟練者の見積もりに対し±10%を達成し、業務適用可能な水準であることを確認し、運用を開始した。

総合研究所 生産技術センター

■ MBD手法により仕様調整・事前検証を自動化する設計コンフィグレーター



GUI: Graphical User Interface

開発した設計コンフィグレーターを活用するエンジニアリングプロセス
Engineer-to-order product development process using design configurators incorporating model-based development (MBD) concept

受注設計型の製品では、顧客ごとに異なる特殊要求に対応するため、従来は設計者が過去の設計事例を参照しながら、仕様の検討・調整・妥当性検証を手動で繰り返すことでカスタム設計を行っていた。このような設計手法は属人性が高く、設計変更や後戻りが頻発し、設計リードタイムの長期化を招くという問題があった。

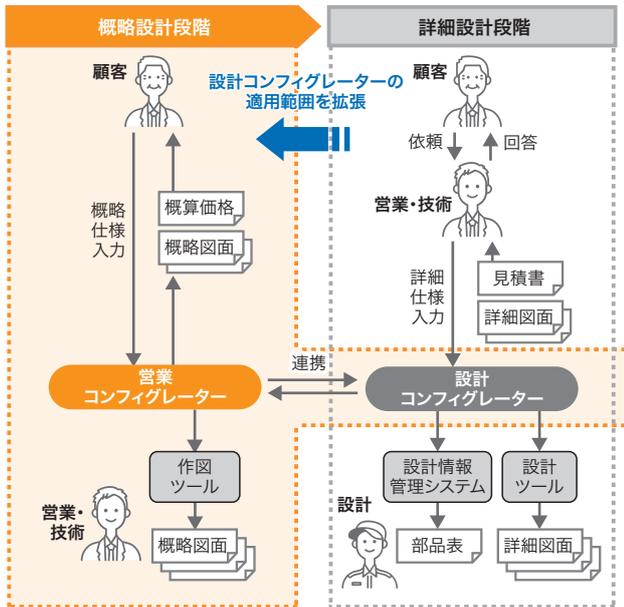
これを解決するために、仕様情報から製品構成を自動生成する“設計コンフィグレーター”にモデルベース開発 (MBD) の考え方を導入し、製品構成決定と事前検証を自動化した。このツールは、まず顧客の特殊要求仕様に基づいて、既存製品群から類似構成を抽出する。次に、製品の性能計算モデルを用いて設計に必要なパラメーターを導出し、外部シミュレーターと連携することで、仕様の自動調整及び事前検証を実現している。

インフラシステム製品を対象に設計現場で開発した設計コンフィグレーターの試験運用を行った結果、設計の後戻り低減が可能なことを確認し、設計リードタイムを短縮できる見込みを得た。

今後、実製品の設計業務にこの設計コンフィグレーターを適用し、効率化を推進する。

総合研究所 生産技術センター

■ 概略設計での図面作成・概算見積もりを自動化する営業コンフィグレーター



営業コンフィグレーター及び設計コンフィグレーターを活用した受注設計型の製品開発フロー
Engineer-to-order product development process using sales and design configurators

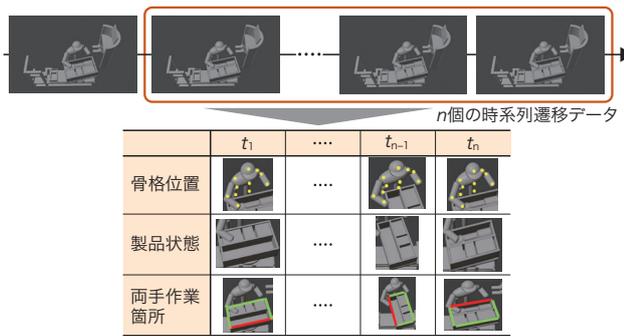
受注設計型製品において、計画初期に行う概略設計と、計画進行後に行う詳細設計では、顧客から入手可能な仕様情報量が異なる場合が多い。また、概略設計では、複数案を同時に検討したり、仕様変更が生じたりすることもあり、限られた仕様情報を基に、検討案に対する概算見積もりや図面などを短時間で回答する必要があるという問題がある。

これを解決するため、概略設計で活用可能な“営業コンフィグレーター”を開発した。このツールは、社内の技術部門が使用する設計コンフィグレーターと連携し、顧客に入力してもらう簡易な仕様情報から製品構成情報を取得し、概算見積もり及び提案に必要な図面を迅速に生成できる。また、詳細設計で顧客からの多様な要求に応えるため、営業コンフィグレーターから設計コンフィグレーターへ仕様情報を誤りなく引き継ぎ、概略設計から詳細設計に円滑に移行できる。

この営業コンフィグレーターは、既にインフラ施設向け製品に適用しており、今後、顧客からの要望に応じた機能拡張を進める。

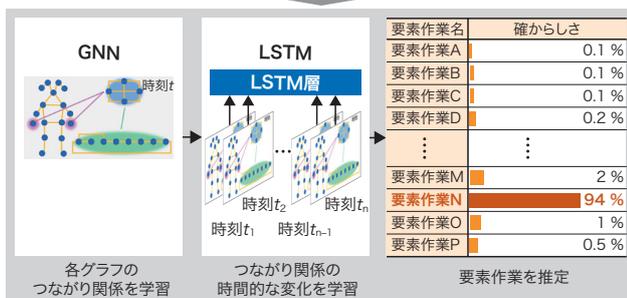
総合研究所 生産技術センター

■ 作業者の骨格位置と製品状態の時間変化から作業内容を高精度に認識する作業推定手法



製造現場の作業進捗管理に掛かる人員コストの削減に向けて、作業映像から進捗を自動で把握する取り組みを進めている。作業進捗の自動把握には作業内容を高精度に推定する必要がある。しかし、一人の作業者が長時間にわたり複雑かつ多様な組立作業を行う場合、類似の姿勢や位置での作業が存在するため高精度な推定は困難であった。

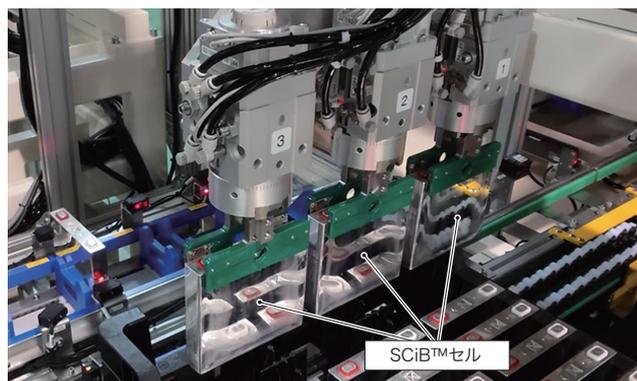
そこで、作業者の骨格位置、製品の状態、及び作業箇所といった複数の作業情報の時系列遷移データを統合的に学習し、作業内容を高精度に推定する手法を開発した。この手法の推定モデルは、作業情報及び作業情報間の特徴を学習するGNN (Graph Neural Network) に、それらの特徴の時間変化を学習するLSTM (Long Short Term Memory) を組み合わせて構成している。これにより、より詳細に作業内容の特徴を捉えた学習が可能になる。実際の作業データを用いて評価した結果、推定精度が90%を超えることを確認した。今後、国内外の工場に開発した手法を適用し、作業進捗管理の自動化を図る。



GNNとLSTMを組み合わせた作業推定手法の概要
Overview of task estimation method combining graph neural networks (GNNs) and long short-term memory (LSTM) networks

総合研究所 生産技術センター

■ SCiB™ セル製造への自動外観検査装置の開発・導入



複数のSCiB™セルを同時に把持する自動搬送機構
Automated transfer mechanism for simultaneous handling of multiple SCiB™ cells

SCiB™セルの製造工程で、品質管理の高度化及び作業負荷の低減を目的として、外観検査を自動化する装置を新たに開発し、製造ラインに導入した。

従来は作業者が全数の目視検査及び手作業の運搬を行っており、検査品質の確保、短絡事故のリスク回避、並びに重量物の取り扱いに伴う安全性の確保、が課題だった。

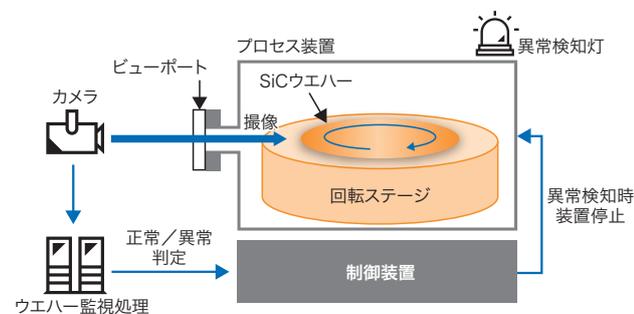
今回導入した自動外観検査装置は、ラインセンサーと縞（しま）照明を組み合わせたことで、SCiB™セルを高精度に撮像・検査することを可能にした。これによって、微小なへこみ・汚れの安定的な検出を実現し、検査品質の向上に寄与した。

更に、複数のSCiB™セルを同時に把持して搬送する自動機構を開発したことで、目標のタクトタイムを達成し、かつ、作業者の手作業を排除して、短絡事故の未然防止と作業安全性を確保した。

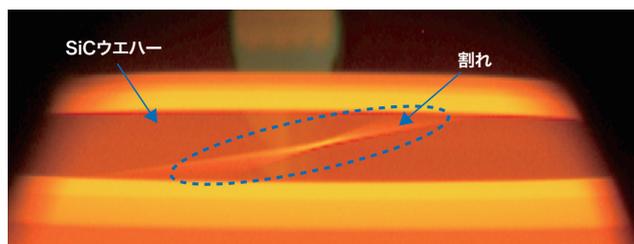
今後は、新規製造ラインへの展開を進めるとともに、検査結果を活用した製造プロセスの改善を目指す。

総合研究所 生産技術センター

■ SiC プロセス装置向けのウエハー異常検知技術



ウエハー異常検知システムの概略図
Wafer abnormality detection system schematic



ウエハー割れの検知例
Example of detected wafer crack

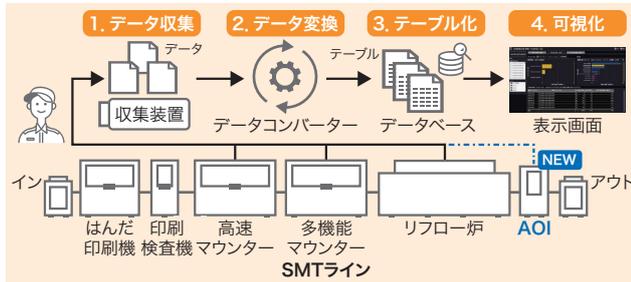
カーボンニュートラルの実現に向けて、低消費電力のパワー半導体であるSiC（炭化ケイ素）デバイスが注目されており、電気自動車の用途などを中心に適用が進んでいる。SiCデバイスの開発・製造に欠かせないSiCウエハーのプロセス装置向けに、稼働率の向上を目的として、カメラ画像からウエハー異常をリアルタイムに検知する技術を開発した。

SiCデバイスの製造工程では、内部欠陥に起因してプロセス中にウエハーが割れることがあり、割れが進行してウエハーが装置内に飛散すると、装置復旧に多大な時間が掛かることから、その対策が課題になっている。

開発したウエハー異常検知技術は、プロセス中のSiCウエハーを装置外部からカメラで常時監視し、画像解析を用いてウエハー割れをリアルタイムに検知する。動画像のフレーム差分処理によって、高精度で割れの検知が可能である。検証の結果、割れ異常を早期に検知してプロセス装置を安全に停止できることを確認し、装置稼働率の向上に有効であることを確認できた。

総合研究所 生産技術センター

■ 電子回路基板の製造工程の改善をアシストする Meister Apps における品質可視化機能の高度化



Meister Apps 工程改善アシストパッケージ for SMTラインのプロトタイプアップデート版のシステム構成

Updated version of Meister Apps Process Improvement Assist Package for SMT Lines configuration



Meister Apps 工程改善アシストパッケージ for SMTラインのアップデート版開発における表示画面

Screen displaying manufacturing knowledge in updated version of Meister Apps Process Improvement Assist Package for SMT Lines

電子回路基板製造のプリント基板に部品を取り付けるSMT（表面実装技術）ラインで、スマートマニュファクチャリングを実現するIoT（Internet of Things）システムとして、東芝デジタルソリューションズ（株）は、工程の中核であるマウンターの可視化を実現した“Meister Apps 工程改善アシストパッケージ for SMTライン”を製品化している。

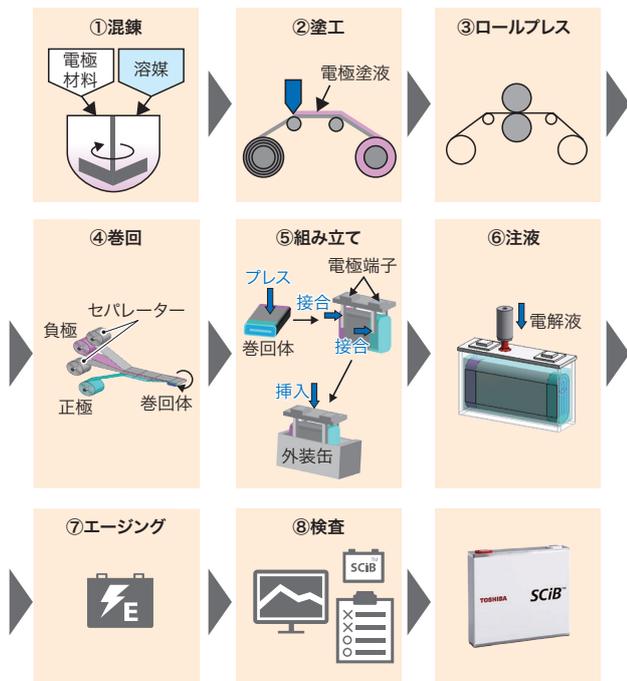
今回、市場での生産・品質管理の高度化要望に対応し、アップデート版をリリースした。新たにAOI（自動外観検査装置）のデータを活用して、生産状態と検査結果を組み合わせることで、不良傾向の検知と迅速な対策が可能となり、品質改善の速度と精度を向上させた。

このアップデートにあたっては、事前に社内拠点でプロトタイプを試行し、マウンターエラーとAOI不良の関連分析を実施した。その結果、異常の因果関係が明確化され、マウンター条件の見直しによる不良抑制など、新たな改善メリットが得られた。

現在、蓄積データを活用した改善アクションのリコメンド機能の開発を進めており、更なる機能の向上を目指していく。

総合研究所 生産技術センター

■ 巻きずれゼロへの挑戦で品質とスピードを両立させた電池製造技術



SCiB™ 製造工程のプロセスフロー

SCiB™ manufacturing process

電池製造工場での製造コスト削減を目的に、全工程を俯瞰（ふかん）して、材料歩留まり改善・生産能力向上を図り、効果を確認した。

電池製造工程の中で、巻回（けんかい）工程（電池の正極・負極・セパレーターを正確に重ねてロール状に巻き取り、電池性能を確保する）は、主な不良に、電極とセパレーターの重ね位置がずれる“巻きずれ”があった。改善策としては、ウェブ（長尺で柔軟な材料）ハンドリング技術と、当社電極の特徴を考慮した搬送ローラーの形状・材質の最適化に加え、装置のテンションコントロールによる搬送ローラーと電極の摩擦力制御を組み合わせ、巻きずれの低減を実現した。その結果、搬送の安定化と高速化を達成し、生産能力を大幅に向上させた。

また、この改善策で、巻回工程の不良率を約3%低減できたことにより、巻回を含む材料歩留まりに影響する主要な3工程を改善し、年間約6億円規模の材料ロス低減に貢献した。

今後は、データ解析を活用して更に製造工程改善を進め、品質とコストの両面で持続的な事業価値向上を目指していく。

総合研究所 生産技術センター