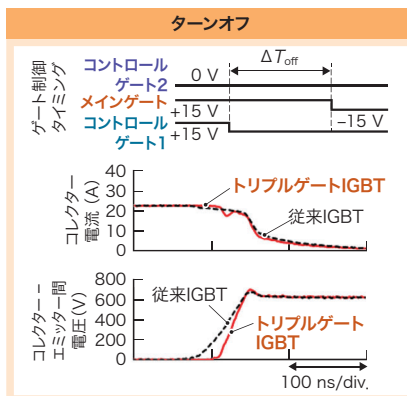
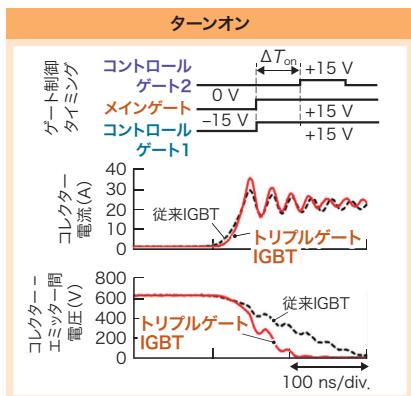
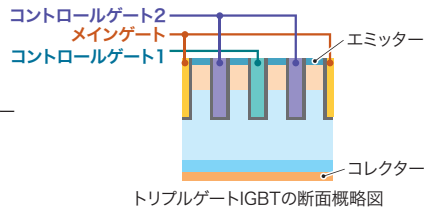
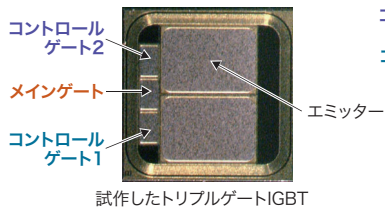


研究開発

Research and Development

複雑化する様々な社会問題を解決するため、カーボンニュートラルや、社会インフラ強靱(きょうじん)化、デジタル・データなどの分野で、シーズを起点とした技術主導と、商品企画やビジネスモデル主導の両面から、研究開発を進めています。また、海外研究所との連携により、グローバルな観点で先進性の高い技術開発に注力しています。

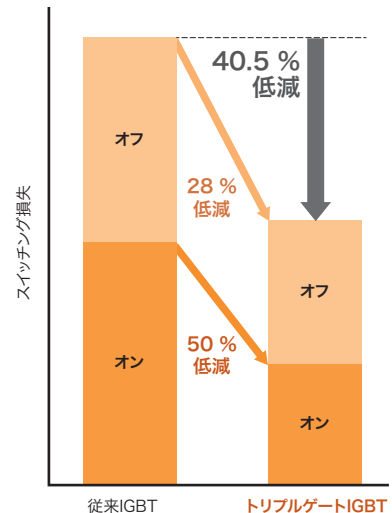
パワーエレクトロニクスシステムの高効率化に貢献する トリプルゲートIGBT



T:時間 div.:division

トリプルゲートIGBTと従来IGBTのスイッチング波形の比較

Comparison of switching waveforms of conventional and triple-gate insulated gate bipolar transistors (IGBTs)



トリプルゲートIGBTと従来IGBTのスイッチング損失の比較

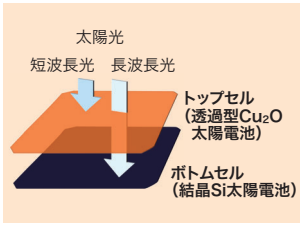
Comparison of switching losses of conventional and triple-gate IGBTs

電気自動車や産業用モーター駆動インバーターなどに多用されているパワー半導体であるIGBT（絶縁ゲート型バイポーラートランジスタ）において、電流のオンとオフが切り替わるスイッチング時の損失（スイッチング損失）を大幅に低減できる独自のトリプルゲートIGBTを開発した。

IGBTは、電子と正孔を電流のキャリアとすることで大電流を制御することが可能なパワー半導体で、これまでデバイスの内部構造を進化させることで、IGBTがオン状態の導通損失とスイッチング損失のトレードオフを改善し、電力損失の低減を実現してきた。しかし近年は、性能改善が飽和傾向にあることが問題となっていた。今回、独立したゲート電極数が従来よりも多い三つから成る新構造のトリプルゲートIGBT、及びそれらのゲート電極のオンとオフを高精度に切り替えるゲート制御技術を開発した。ゲート電極は、一つのメインゲート電極と二つのコントロールゲート電極から構成されており、これらは独立にオンとオフの制御が可能である。三つのゲート電極のオンとオフの組み合わせを最適制御することで、IGBTがオフからオンに切り替わるターンオン時にはキャリアを高速に注入し、オンからオフに切り替わるターンオフ時にはキャリアを高速に排出することが可能となる。この技術の適用で、ターンオンとターンオフのスイッチングを高速化でき、低い導通損失を維持したまま、スイッチング損失を大幅に低減できる。試作したトリプルゲートIGBTにおいて、従来のIGBTに比べて、ターンオン損失を最大50%、ターンオフ損失を最大28%、スイッチング損失全体では最大40.5%の低減を実現した。

今回開発したトリプルゲートIGBTを用いることで、パワーエレクトロニクスシステムの高効率化が促進され、カーボンニュートラル実現への貢献が期待できる。

■ 世界最高効率のCu₂Oセルを採用した低コスト・高効率のタンデム太陽電池

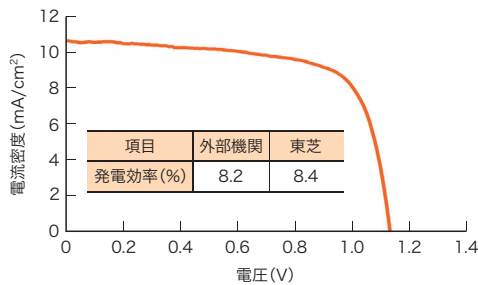


タンデム太陽電池の模式的な構造図
Schematic diagram showing structure of tandem solar cell with transparent cuprous oxide (Cu₂O) cell



*太陽電池セルの発電エリアサイズは40×40 mm。段階的に大型化を予定

開発中の大型Cu₂Oセル
Large Cu₂O cell under development



Cu₂Oセル効率のベンチマーク

Current density-voltage characteristics and benchmark comparison of efficiency of Cu₂O cell

限られた設置面積で必要な大電力を低コストに供給できる、亜酸化銅 (Cu₂O) 太陽電池セルをシリコン (Si) 太陽電池セルに積層した、タンデム太陽電池を開発している。キーとなる透過型Cu₂Oセルは、当社が2019年に開発に成功したもので、地球上に豊富に存在する銅と酸素から構成されているため、タンデム太陽電池の低コスト化が可能になる。

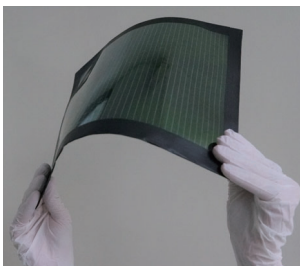
今回、Cu₂Oセルの発電層の不純物を抑制することで、Cu₂Oとして世界最高の発電効率^(注1)8.4%を実現した^(注2)。発電効率25%のSiセルと積層したタンデム太陽電池の効率は27.4%と試算でき、Si世界最高効率26.7%を超えるポテンシャルを有することを確認した。今後、Cu₂O太陽電池のサイズを量産タイプのSi太陽電池と同じサイズにまで拡大する大型化開発に取り組み、2025年度をめどに製造技術を確立していく。また、タンデム太陽電池の更なる効率向上を図り、電気自動車をはじめとする電動モビリティへの応用につなげて、将来のカーボンニュートラル社会の実現に貢献していく。

(注1) 2021年12月現在、当社調べ。

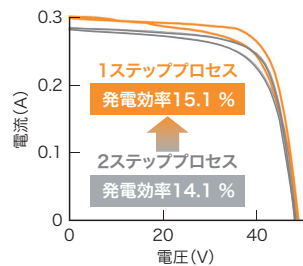
(注2) Appl. Phys. Lett. 2021, 119, 242102.に掲載。

研究開発センター

■ 発電効率を多結晶Si太陽電池の水準に向上させたフィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュール

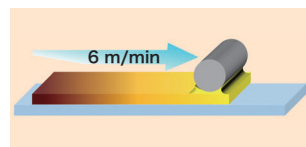


フィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュール
Film-based perovskite photovoltaic module



面積703 cm²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 characteristics of film-based perovskite module with area of 703 cm²



1ステッププロセスによるメニスカス塗布法の模式図

Schematic of meniscus coating method using one-step process

フィルム型ペロブスカイト太陽電池は、軽量・薄型で曲げることができ、これまで太陽電池が設置できなかった多様な場所にも設置可能になるという特長を持つため、再生可能エネルギー比率の拡大に貢献する技術として期待されている。

今回、当社独自のメニスカス塗布法において、従来2段階(2ステッププロセス)で行っていたペロブスカイト層の成膜を、1段階(1ステッププロセス)で行う成膜法を開発した。その結果、量産時に必要と想定される塗布速度6 m/min^(注1)を達成した。また、面積703 cm²フィルム型モジュールにおいて、2ステッププロセスで14.1%であった発電効率を、膜質の均一化などの効果により15.1%に向上させることに成功した。この発電効率は、普及型の多結晶Si太陽電池並みであり、大面積フィルム型としては世界最高効率^(注2)である。

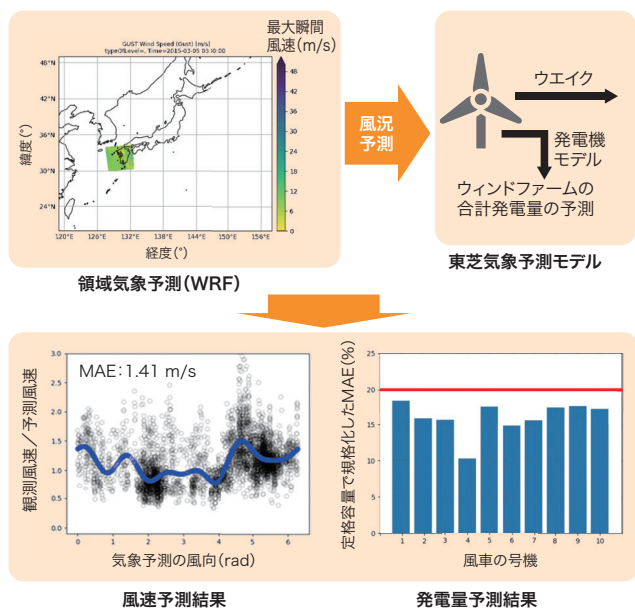
(注1) 当社調べ。検証サイズは5×5 cm。

(注2) 2021年9月現在、プラスチック基板で構成される受光部サイズ100 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。

関係論文：東芝レビュー. 2021, 76, 3, p.17-20.

研究開発センター

■ 気象予測を活用した風力発電量予測技術



WRFを用いたウインドファーム発電量予測システムの概要
Outline of power generation prediction system for wind farms using Weather Research and Forecasting (WRF) model

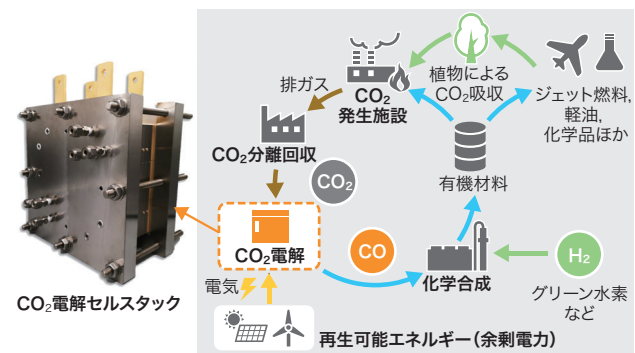
風力発電は、2050年のカーボンニュートラル実現に向けて導入拡大が見込まれており、安定的な電力の需給管理を実現するにはFIP (Feed-in Premium) 制度の導入と併せて、高精度な発電量予測が重要である。従来の風力発電量予測技術では、気象予測の結果を用いて地形の影響を考慮した回帰モデルで計算した風速から、発電量を予測するのが一般的であった。

今回、気象モデルWRF (Weather Research and Forecasting) を活用することで風速の鉛直分布情報 (平均風速、乱流強度、大気安定度など) を詳細化し、地形だけでなく風車の影響なども考慮して、風車の大型化に対応した風速予測モデルを作成した。このモデルにより、風のシアや、乱れ、ウエイクなどを考慮して風速を予測し、風車の発電機モデルへ入力することで、ウインドファーム全体の発電量を高精度に予測する技術を開発した。この技術により、複数サイトで前日予測の平均絶対誤差 (MAE) 20% 以下 (定格容量で規格化) を達成できることを確認した。今後、この技術を東芝グループの再生可能エネルギー アグリゲーション事業などに活用する予定である。

関係論文：東芝レビュー、2021、76、3、p.36-39。

研究開発センター

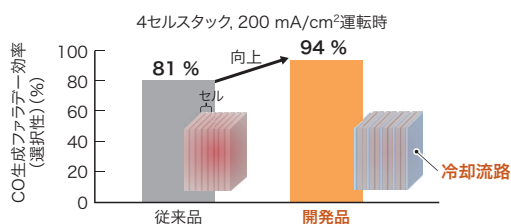
■ 電解によるCO₂の資源化技術P2C



H₂: 水素

CO₂電解セルとP2Cの概念

Carbon dioxide (CO₂) electrolysis cell and concept of power-to-chemicals (P2C)



開発したCO₂電解セルと従来品のCO生成ファラデー効率の比較
Comparison of faradaic efficiency of carbon monoxide (CO) production by conventional and newly developed CO₂ electrolysis cells

カーボンニュートラルの実現に向けて、化石資源依存からの脱却が課題となっている中、二酸化炭素 (CO₂) を資源として有効利用する技術開発が各所で進められている。

当社は、CO₂を燃料や化学品の原料となる一酸化炭素 (CO) に電解還元するCO₂資源化技術P2C (Power to Chemicals) において、複数セルを積層したCO₂電解スタック (23 (幅) × 13 (奥行き) × 23 (高さ) cm) を開発し、60 NL/h^(注1)のCO₂処理速度 (年間最大1.0 t-CO₂相当) を達成した。これは、常温環境下で稼働するCO₂電解スタックにおいて、設置面積当たりの処理速度が世界最高^(注2)である。セルのスタック化で顕著となる発熱による処理速度の低下を防ぐため、冷却機構を設けた独自のCO₂電解スタック構造を開発した。スタック化により単位設置面積当たりの処理量が増加するため、省スペースでCO₂を有価物に変換でき、P2Cの実用化に向けて大きく前進した。この成果の一部は、環境省の委託事業「二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会モデル構築促進事業」により得られた。

(注1) 1h当たりの0℃、1気圧の標準状態における体積。

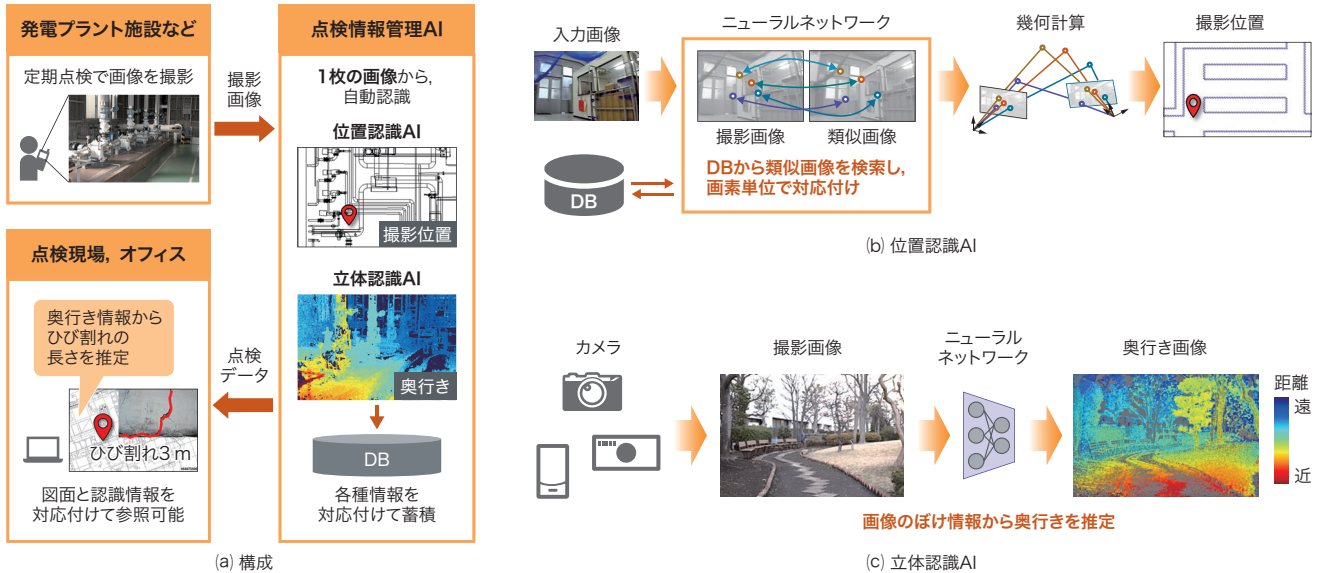
(注2) 2021年3月現在、当社調べ。

関係論文：東芝レビュー、2021、76、3、p.26-30。

研究開発センター

点検情報管理 AI

研究開発
社会インフラ強靱化



点検情報管理 AI の概要

Overview of inspection information management artificial intelligence (AI)

インフラ設備の巡視・保守点検作業では、一般的に対象設備の撮像データとGPS（全地球測位システム）の位置データを活用して点検情報を管理し、効率化を図っている。一方で、発電プラントなどの屋内施設ではGPSが使えないことがあるため、点検員がひび割れなどの被写体を撮影し、撮影位置やメジャーで計測した被写体の大きさを手作業で記録する。その後、撮影した画像を図面と照合・整理する必要があり、点検員の大きな負担になっている。

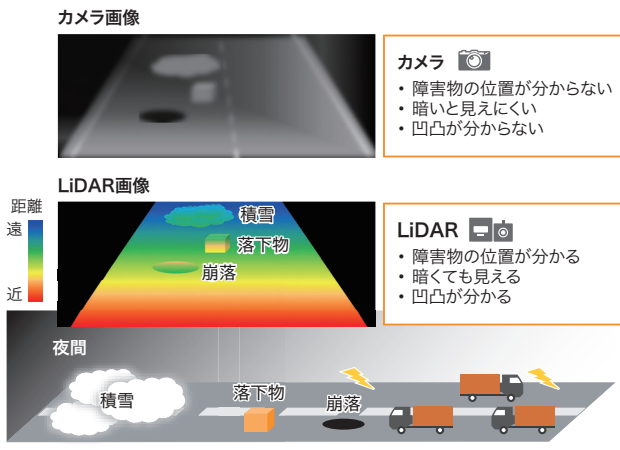
そこで、一般のカメラで撮影した1枚の画像から、撮影位置と、ひび割れなどの劣化箇所の大きさを認識する点検情報管理AIを開発した。点検情報管理AIは、1枚の画像から撮影位置を特定する位置認識AIと、被写体の奥行きや立体形状を認識する立体認識AIの二つの技術を組み合わせたものである。

位置認識AIは、事前に点検対象の施設内を撮影し、画像と配置図上の撮影位置とを対応付けたデータベース(DB)を作成しておく。点検時は、深層学習を用いて点検画像と類似した画像をDBから検索し、撮影画像とDBの類似画像における各画素の対応に基づいて、幾何計算で撮影画像の撮影位置を算出する。立体認識AIでは、カメラで撮影された画像は、画素の位置やカメラから被写体までの距離に依存して、画像のぼけ方が異なることを利用する。距離に応じて生じる画像のぼけを事前に深層学習することにより、撮影画像に写った被写体の、カメラからの距離を推定する。被写体までの距離から、被写体の大きさを認識できる。

このように点検情報管理AIは、点検の際に撮影した1枚の画像をサーバーにアップロードするだけで、撮影位置と被写体の大きさを認識することが可能であり、GPSからの電波が届かない発電プラント施設内でも巡視・保守点検作業を効率化できる。

研究開発センター

最長200 mの測距が可能な小型・高解像度ソリッドステートLiDAR向け受光デバイス



LiDARを用いた交通インフラ監視のメリット
Advantages of monitoring system for transportation infrastructure using light detection and ranging (LiDAR)



2次試作ユニット

距離 : 200 m (変更なし)
 解像度 : 1,200×84画素 (4倍)
 画角 : 24×12° (6倍)
 容積 : 350 cm³ (1/4)
 *()内は1次試作品との比較

トップクラスの距離と解像度

高感度・小型デバイス技術
1次試作品

25 μm
トレンチなし

画素を1/4に小型化しながら
感度を1.5倍に向上

2次試作品

12.5 μm
絶縁トレンチ

**世界最小サイズ
高い耐候性**

自動温度補正・高密度実装技術

温度変化	風圧、振動
受光デバイスの特性をチップ上で直接評価・調整	高密度実装で小型・軽量化

LiDAR 2次試作品の性能とそれを支える技術
Performance of second-generation prototype LiDAR unit and technologies applied

物流業界では、電子商取引 (EC) の普及に伴って国内の物流量が大幅に増加している一方で、異常気象による大雪や大雨で、大規模災害や道路陥没などが頻発し、輸送ルートの安全が脅かされている。これらの解決には、LiDAR (Light Detection and Ranging) を用いた輸送自動化と交通インフラのリアルタイム監視により、輸送の省人化・効率化と安全確保を図ることが有効である。LiDARは、赤外レーザー光を物体に照射し、反射光が戻ってくるまでの時間を計測して距離を測るセンサーである。夜間でも障害物などの位置と形状の3次元 (3D) 情報を高精度に把握できるといった、カメラにはない大きな特長がある。自動運転システムをはじめ様々な監視用途への適用が期待されているが、その普及にはコストとサイズの削減が不可欠である。

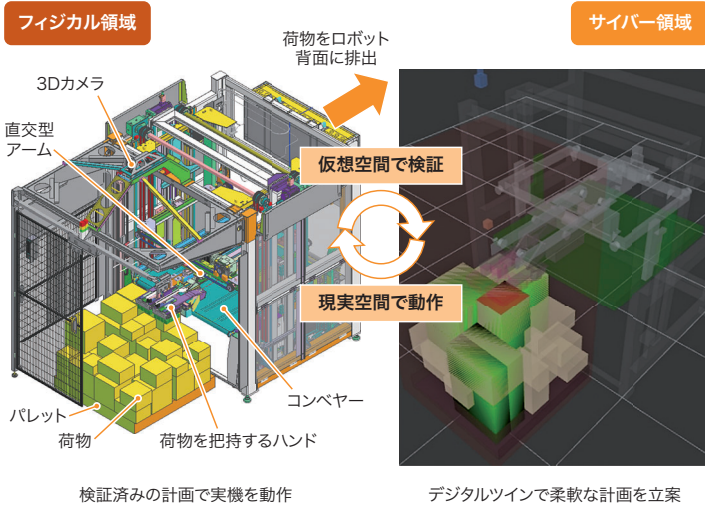
これにあって当社は、可動部をなくしたソリッドステートLiDARを開発しており、キーとなる受光デバイスの高機能化を進めている。既に、1次試作で最長200 mの測距性能を確認した。今回の2次試作で、ソリッドステートLiDARを大幅に高解像度化及び小型化できる受光デバイス技術と高密度実装技術を開発した。

LiDARに用いる受光デバイスは、受光部とそれを制御するトランジスターで構成される。トランジスターを保護するために受光部とトランジスターを離す必要があり、小型化と高感度化に限界があった。今回は、新たに開発した絶縁トレンチ構造でトランジスターと受光部を大幅に近づけられるようにして、従来に比べて受光デバイスのサイズを1/4に、感度を1.5倍にした。更に、長年の基板設計とモジュール実装の知見を生かした高密度実装技術を適用し、1次試作に比べてLiDARの解像度を4倍に高めるとともに、容積を世界最小^(注)の350 cm³に抑えることに成功した。ほかに、インフラ監視で要求される屋外での常時設置に対応するため、受光デバイスの特性変化をチップ上で直接補正する技術を適用して耐候性を大幅に高めた。

今後もLiDARの更なる高性能化を進め、ロボティクスやセキュリティ分野にも展開していく。

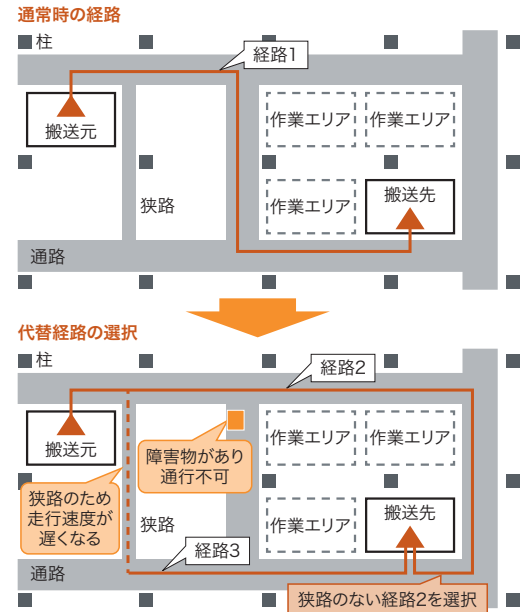
(注) 2021年6月、LiDAR製品において、当社調べ。

物流現場の生産性を向上させる柔軟な対応が可能な ロボットとシステム



複雑な動作をデジタルツインで柔軟に計画して多様な荷物に対応する荷降ろしロボット

Depalletizing robot adopting digital-twin approach for flexibly planning complex movements to unload various stacked parcels



複数の搬送経路から短時間で搬送できる経路の選択

Selection of rapid transportation route from multiple routes

ECでは多様な商品が扱われており、物流現場では人手による柔軟なオペレーションで、複雑な作業に対応している。近年、物流量の増大で顕在化した労働力不足への対策として、複雑な作業にも柔軟に対応できる自動化技術への要求が高まっている。これに応えるため、AIを活用して物流現場用ロボットの知能化を進めている。今回、様々な状態や形状の荷物の把持・荷降ろしや、現場レイアウトの制約への対応が可能な、計画技術を開発した。

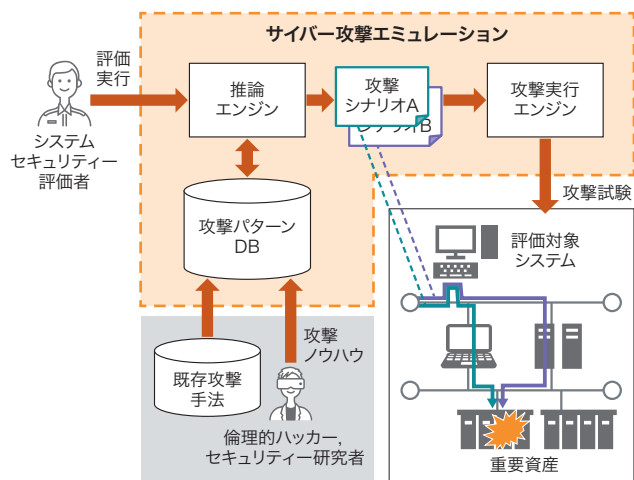
物流現場では、複数の同じ形状の荷物が整然と積まれる場合や、形状が異なる荷物が不規則に積まれる場合など、多様な積み方がある。パレットや台車などの上に積まれた重い荷物を、画像認識で位置を検出して荷降ろしするロボットの導入が進んでいるが、多様な積み方に対応するのは難しかった。そこで、デジタルツインによる仮想空間で事前検証することで、荷物の把持と排出の動作を、柔軟かつ安全に並列に実行できるようにする計画技術を開発した。この技術により、多様な積み方に対応するとともに、荷降ろし性能が約30%高速化できることを試作機で確認した。

また、通路幅や、レイアウト、通行制限などの物流現場の状況に柔軟に対応して、できるだけ短時間で搬送できる経路を選択する技術も開発した。搬送を指示するシステムと指示を受けて搬送するロボットで構成し、ロボットは周囲状況を判断しながら自律走行する。一時的な通行不可などロボット単体では判断が困難な状況では、搬送経路候補ごとに推定した搬送時間が最短となる経路をシステム側で選択することで、物流現場の状況に柔軟に対応できる。

今後、これらのロボットやシステムを適用し、物流現場の生産性向上に貢献する。

関係論文：東芝レビュー. 2021, 76, 6, p.56-57.

■ 社会インフラシステムのセキュリティリスクを評価するサイバー攻撃エミュレーション技術



推論エンジンと攻撃実行エンジンを用いてセキュリティリスクを評価するサイバー攻撃エミュレーション技術の概要

Outline of cyberattack emulation technology to evaluate security risks using attack path planner and validator

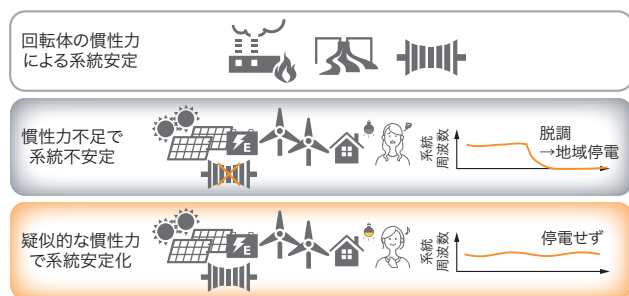
社会インフラシステムへのサイバー攻撃が激化し、重大な影響が生じる事例が増えている。こうした攻撃からシステムを守るためには、サイバー攻撃に対するリスクを評価し、適切な対策を講じることが重要である。

そこで、網羅的な攻撃試験を実行することで、実際に攻撃を受けるリスクを評価するサイバー攻撃エミュレーション技術を開発した。まず、推論エンジンで、評価対象システムを構成する各機器の脆弱（ぜいじゃく）性の情報から、一連の攻撃の流れを示す攻撃シナリオを生成する。次に、攻撃実行エンジンで、攻撃シナリオを用いた攻撃試験を行う。推論エンジンが用いる攻撃パターンDBには、脆弱性と攻撃手順を対応付けて登録できるので、実機での攻撃試験が可能で攻撃シナリオを生成できる。

この技術は、米国Peraton Labs社との共同研究の成果であり、その実装はオープンソースとして公開している。今後、実証実験などの共創活動を通じて、社会インフラのセキュリティ向上に貢献していく。

研究開発センター

■ 電力系統に疑似慣性を提供するグリッドフォーミングインバーターの評価



疑似慣性によるマイクログリッド系統安定化の概念
Concept of stabilization of electricity generation using inertia-supported control technology in microgrid system



慣性力を提供するGrid forming inverterを検証する実証実験装置
Demonstration facility to verify grid-forming inverter with inertia-supported control technology

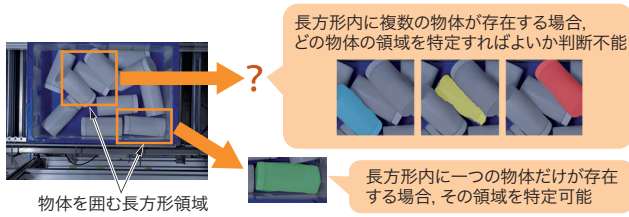
電力系統では、火力発電などに使われる回転体の慣性力が、需要変動や再生可能エネルギーの出力変動を調整することで、系統安定が保たれている。今後、再生可能エネルギーの主力電源化により、慣性力が不足することが懸念される。また、災害などによる広域停電時や、離島・山間地域などでは、電力系統から切り離しても自立運転可能なマイクログリッドが期待されている。

今回、定格20 kW、電池容量14.9 kWhの蓄電システムに、疑似的な慣性力を供給する疑似慣性制御と、自立運転可能なグリッドフォーミングインバーター制御を実装した。この蓄電システム5台と定格125 kVAのディーゼル同期発電機が並列稼働するマイクログリッドを構築して評価し、疑似慣性による系統安定性を確認した。再生可能エネルギーが主力電源のマイクログリッドにおいても、電力を安定供給できる。

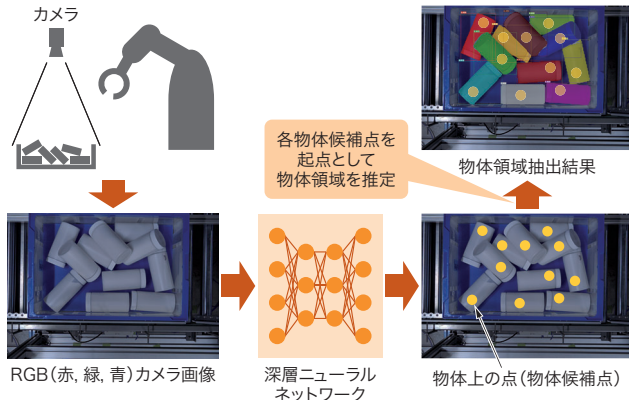
この研究は、環境省 CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業委託業務「変動性再生可能エネルギーの活用に向けた仮想同期発電機概念に基づく連系用インバータ制御技術の開発」の一環として実施した。

研究開発センター

■ 荷物が重なっていても精度良く領域を抽出できる物体領域抽出技術



従来の物体領域抽出技術の問題点
Problems faced by conventional instance segmentation technologies



物体候補点を利用した物体領域抽出技術の概要
Outline of instance segmentation technology using candidate points on individual objects

研究開発センター

物流分野では、ロボットを活用した荷物の荷降ろしやピッキング作業の自動化が進められている。荷物の上に設置したカメラを用いて荷物の領域を把握する物体領域抽出技術では、荷物同士が互いに重なり合うような状況に対しても精度良く個々の領域を特定する必要がある。しかし、従来の方式は各荷物を囲む長方形領域を推定した後、長方形領域内に含まれる荷物の領域を推定するため、一つの長方形に複数の荷物が含まれるような重なりが多い状況では、物体領域の推定精度が低かった。

これに対応するため、まず荷物上の点(物体候補点)を見つけ、その物体候補点を起点として個々の荷物領域を画素レベルで特定する物体領域抽出技術を開発した。ピッキングロボット向けの公開データWISDOMに対して、従来方式と同規模の深層ニューラルネットワークモデルを用いて評価し、推定精度が76.4%から82.8%に向上したことを確認した。重なりがある状況でも適用可能な物体領域抽出技術が、実現できた。

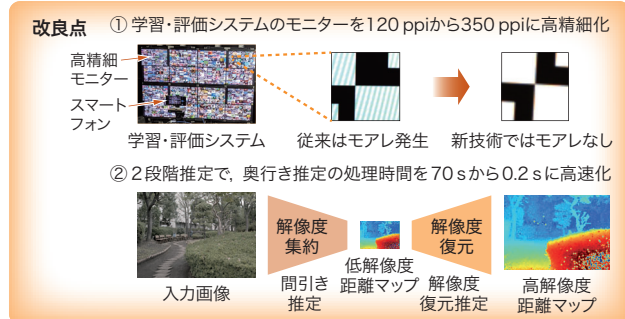
■ スマートフォンカメラで撮影した画像の奥行き計測



インフラ保守点検では、劣化箇所の大きさを短時間で手軽に計測したいというニーズがある。従来、画像から被写体の大きさを計測するには、カメラに奥行き情報を取得するためのデバイス(マルチカメラやLiDARなど)を追加する必要があった。そこで、スマートフォンで撮影した写真1枚から、画像の奥行きを計測するWebアプリケーションを開発した。

今回、レンズの収差によって画像に生じるぼけの形や色づきの情報を用いて被写体までの奥行きを計測する手法“収差マップ3D”を、Webアプリケーションで実現するために改良した。まず、小型カメラに対応するため、モアレが生じない高精細学習・評価システムを開発した。また、Webサービスのレスポンス向上のために、解像度を間引いた低解像度距離マップでの推定後に、高解像度で距離マップを復元する、2段階の推定アルゴリズムを開発した。この結果、奥行き推定の処理時間を、従来の70sから0.2s以下に高速化した。

今後は、カメラノイズに対する頑健性を向上させ、暗所への対応に取り組む。



ppi : pixels per inch

スマートフォンカメラの写真1枚から奥行きを計測する手法の概要と今回の改良点

Overview of web service for depth measurements from single photograph taken by smartphone camera and improvements of conventional method

研究開発センター

■ ウェアラブルセンサーを活用した作業者の熱ストレスのリスク推定技術

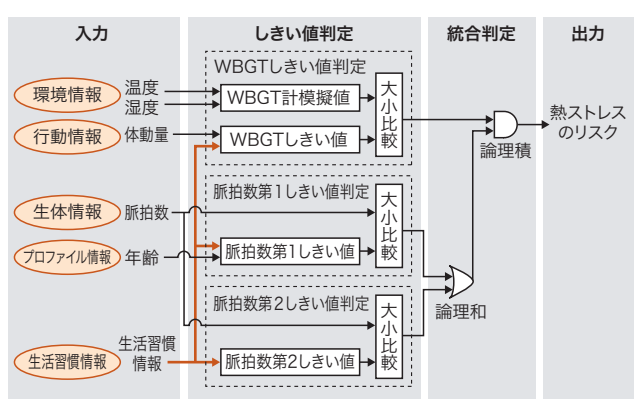


リストバンド型センサー MULiSiTEN™ MS100
MULiSiTEN™ MS100 wristband type sensor

炎天下の建設現場などの過酷な暑さ環境では、作業者が受ける熱による身体的なストレスのリスク管理に、温度や湿度などの環境情報から算出する暑さ指数WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) が利用されている。しかし、WBGTでは暑さへの耐性の個人差は考慮されないため、過酷な暑さ環境では、体調不良ではなくても頻繁にリスク通知が発生し、作業が中断されるという問題がある。

そこで、ウェアラブルセンサーを活用し、環境情報に加えて、運動量などの行動情報、脈拍数などの生体情報、年齢などのプロフィール情報、更には、生活習慣情報も用いる熱ストレスのリスク推定技術を開発した。個人に適合させるために生活習慣情報で決定するしきい値と、WBGT及び脈拍数を比較するしきい値の判定を行い、その結果を統合判定してリスク推定する。実データに対して、誤棄却率0%における誤受率を17.7%と、従来手法より5.7ポイント小さくできることを確認した。

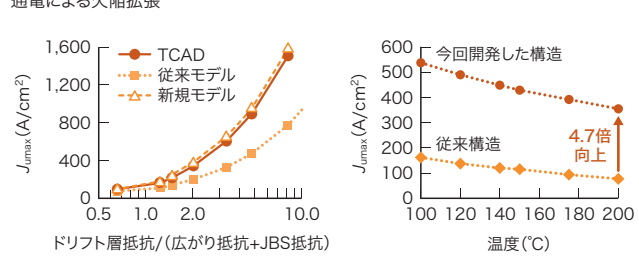
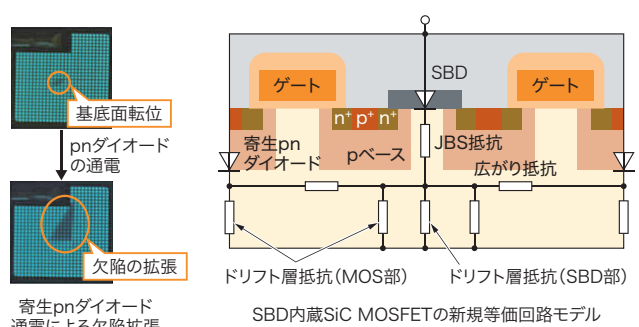
この技術に更に改良を加えたものが、2021年6月に製品リリースされたリストバンド型センサー MULiSiTEN™ (マリシテン) MS100に搭載された。



熱ストレスのリスク推定フロー
Flowchart of estimation of worker's heat stress risk

研究開発センター

■ 寄生pnダイオードのクランプ能力と長期信頼性を向上させた SBD内蔵SiC MOSFET



寄生pnダイオードのクランプ能力と長期信頼性を向上させた SBD内蔵SiC MOSFET
Defect expansion caused by operation of parasitic pn diodes

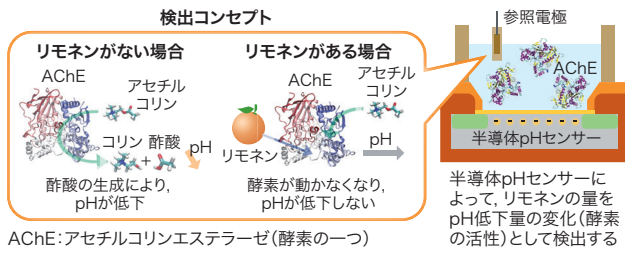
脱炭素社会の実現に向け、パワーエレクトロニクス機器の電力損失を低減するために、パワーデバイスの性能向上が重要である。パワーデバイスとして優れた物性を持つSiC (炭化ケイ素) を基板に用いたSiC MOSFET (金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ) では、デバイス内部の寄生pn (p:p型半導体, n:n型半導体) ダイオード動作に伴うSiC基板内の欠陥拡張が、デバイスの信頼性低下につながる。

当社は、寄生pnダイオードの動作を防ぐため、SBD (ショットキーバリアダイオード) をセルに内蔵したSBD内蔵SiC MOSFETを開発している。今回、SBD内蔵SiC MOSFETの、寄生pnダイオードが動作しない上限の電流密度 J_{umax} を、正確かつシンプルに表す等価回路モデルを開発した。このモデルにより、 J_{umax} に影響するデバイスパラメーターの抽出が容易になる。

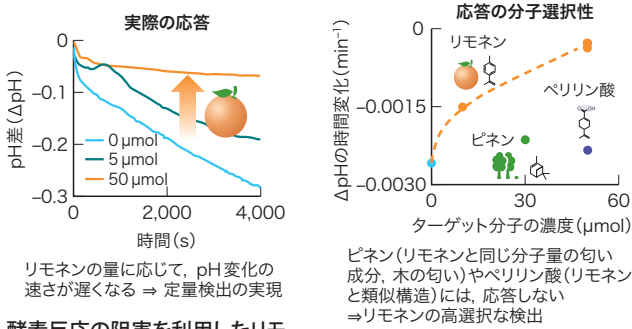
このモデルに基づいたデバイス設計指針により、200°CにおけるSBD内蔵SiC MOSFETの J_{umax} を、従来に比べて4.7倍向上させた。これは、SBD内蔵SiC MOSFETの信頼性向上につながり、今後、200°C以上での応用が有望である。

研究開発センター

■ 酵素反応により高い選択性を持つ匂い検出技術



酵素と半導体pHセンサーを用いたリモネンの検出原理
Mechanism of limonene detection using enzyme and semiconductor pH sensor



酵素反応の阻害を利用したリモネンの定量検出
Quantitative detection of limonene applying enzyme reaction inhibition

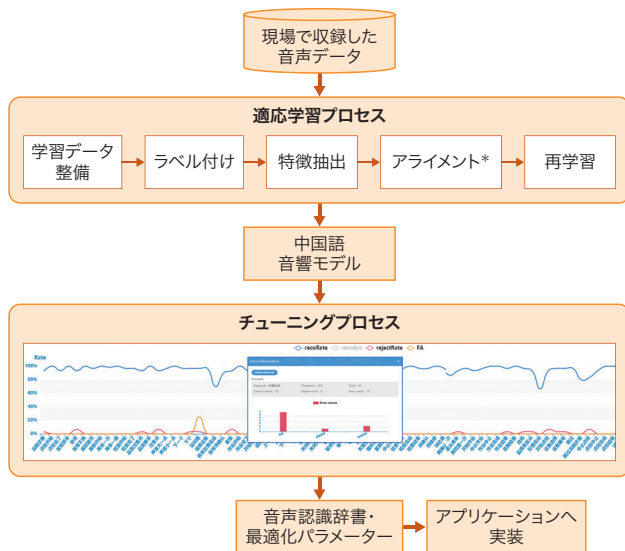
酵素によるリモネンセンサーの選択性比較
Selectivity of sensing of limonene compared with other molecules

空港や検疫所などにおける果物の検疫検査は、外来植物や寄生虫などの侵入を防ぐために重要である。現在、検疫検査は匂い探知犬などによって行われているが、世界的な貨物輸送量の増加から全数検査が可能な匂い検出機器が求められている。匂い分子は特徴の少ない揮発性低分子であり、ガスセンサーに用いられる人工感応膜では高選択な分子認識が困難である。一方、高い選択性を持つ生体材料は、安定性の面から製品化が難しい。当社は、安定で幅広く製品化されている酵素というたんぱく質に着目し、特定の匂い分子により反応が阻害される酵素と半導体pH(水素イオン指数)センサーを用いた匂い検出技術を開発し、検疫検査の対象で柑橘(かんきつ)類の代表的な匂い分子である、リモネンの高選択な検出に成功した。また、リモネンと同一質量の匂い分子や、リモネン類似構造分子との識別可能性も確認した。

この成果は、内閣府(管理人: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))の委託事業「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」で得られたものである。

研究開発センター

■ ノイズ環境で実用レベルの音声認識精度を実現するボイストリガー最適化技術



*各音素の音声中の出現位置を推定

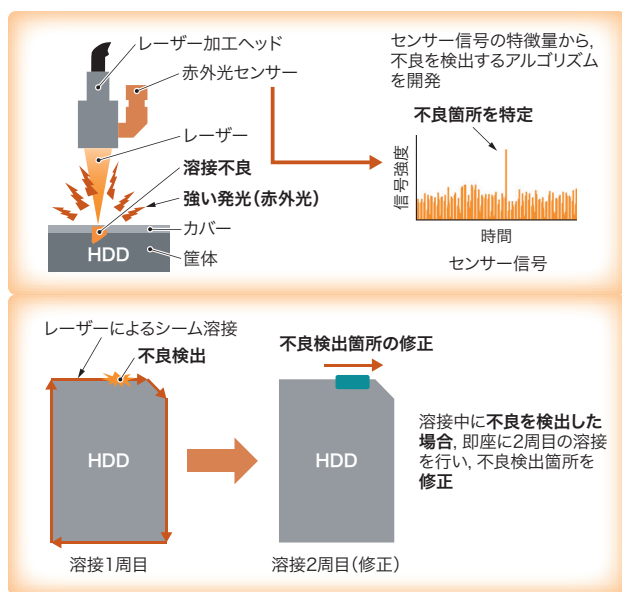
ボイストリガー最適化技術の処理フロー
Flow of processes in voice trigger optimization technology

工場の製造現場などで、作業効率を向上させる様々な取り組みが行われているが、作業に伴ってノイズが発生する環境では、ノイズの影響により実用的な音声認識精度を確保することが難しい。

当社は、音声認識の利用現場において音声認識精度を向上させるボイストリガー最適化技術を開発し、製造現場などのノイズ環境下で実用レベルの音声認識精度を実現した。具体的には、製造現場で複数ユーザーのキーワード発話音声を事前に収録し、その音声データを用いた適応学習と音響モデルのチューニングを実施して、音声認識辞書とモデルパラメーターの最適化をシームレスに実行できる環境を構築した。これにより、東芝キャリア(株)のエアコン製造拠点である東芝キャリア中国社の製造現場において、当初52.4%だった音声認識精度を、今回開発した技術の導入により95.3%に大きく向上させることができた。現在、検査工程や、点検工程、作業工程などの様々な現場で、音声認識を活用した業務効率向上への取り組みを進めている。

東芝中国社

■ 溶接モニタリング・修正機能を搭載したサーバー向けHDD封止装置



溶接モニタリング・修正機能の概要

Overview of welding monitoring and correction functions for hard disk drive (HDD) sealing devices

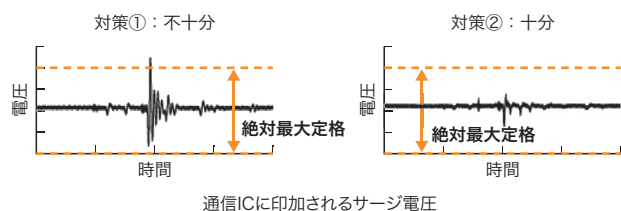
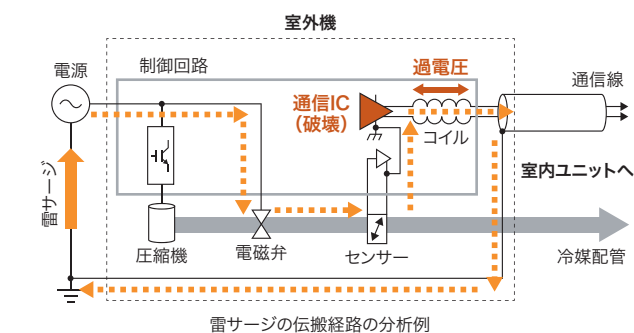
ヘリウムガスを充填した3.5型HDD（ハードディスクドライブ）は、主にサーバー向けに使用されている大容量HDDである。その製造設備として、溶接モニタリング・修正機能を搭載したHDD封止装置を開発した。

ヘリウム充填HDDの製造ラインでは、レーザーを1周走査することでHDD筐体（きょうたい）とカバーの縁をシーム溶接し、ヘリウムガスを筐体内に封止している。従来は、溶接完了後に封止装置から自動検査装置にHDDを搬送して溶接部の外観、及びヘリウムガスのリーク有無を検査し、不良を検出した場合は封止装置に再度搬送して修正を加えていた。

今回、加工点での発光強度を赤外光センサーでリアルタイムに計測し、その信号の特徴量から溶接不良を検出した場合は即座に2周目の溶接を行って不良箇所を修正する機能を、HDD封止装置に搭載した。これにより、不良修正に掛かる時間を1/10以下に短縮した。今後、開発したHDD封止装置を新規製造ラインに順次導入し、生産効率の向上を図る。

生産技術センター

■ 落雷による機器故障対策の効率化



雷サージの空調機内部伝搬経路の見える化と分析例

Examples of visualization of lightning surge propagation path in air conditioner and evaluation of effectiveness of each measure

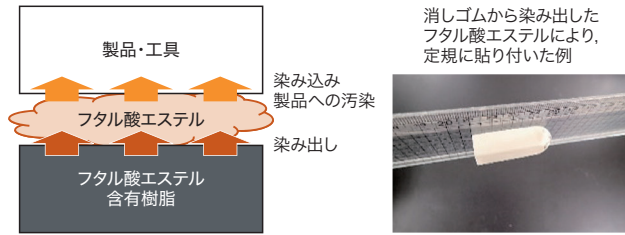
落雷に対する故障耐性を評価するために電気機器の開発時に行われる雷サージ試験^(注)において、雷サージの伝搬経路の見える化と定量評価を実現した。従来困難だった高電圧波形の取得には、光絶縁プローブを採用した。そして、高周波における電子部品や基板配線の挙動などのアナログ電子回路に関する知見を応用し、部品故障メカニズムの解明やサージ吸収部品の選定を合理的かつ効率的に行うことを可能とした。

ビル用空調機の例では、雷サージ電流は配線が絡み合う空調機内部を複雑な経路で流れ、その電流の一部が通信線上のコイルを流れた場合に二次的な過電圧が発生し、通信ICが破壊されることを明らかにした。部品故障メカニズムを明らかにしたことで、適切なサージ吸収部品の選定や配置が可能になる。また、各故障対策に対して、通信ICに重畳する過電圧と絶対最大定格を定量的に比較でき、過不足のない故障対策を実現できる。

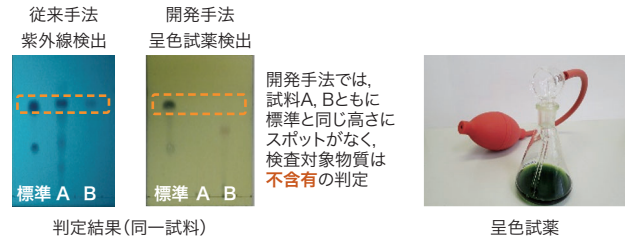
(注) 試験規格IEC 61000-4-5 (国際電気標準会議規格 61000-4-5)、JEC 0103/0202 (電気学会 電気規格調査会標準規格 0103/0202) など。

生産技術センター

■ エネルギー・社会インフラ製品のモノづくりを支える化学物質管理技術



(a) フタル酸エステルの汚染現象



(b) 呈色試薬を用いたTLC法によるフタル酸エステル簡易検査

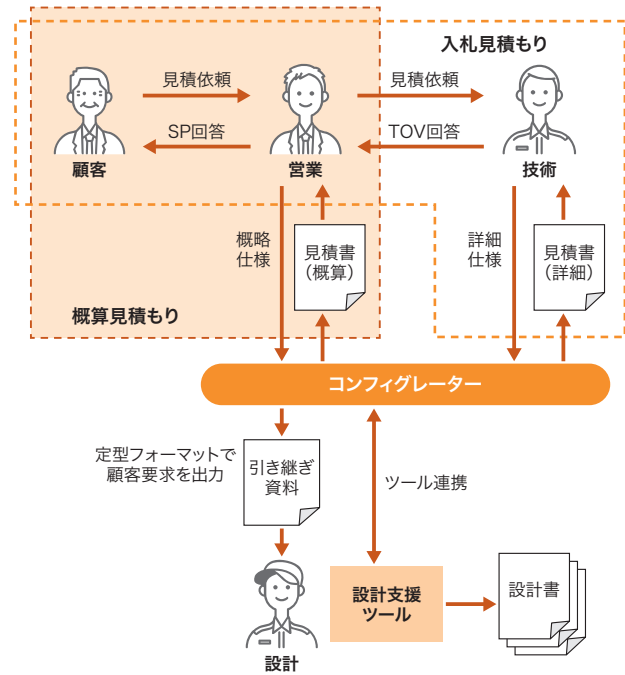
フタル酸エステルの汚染現象と呈色試薬を用いたTLC法検査
Contamination caused by phthalate esters and simplified screening of phthalate esters by means of thin-layer chromatography (TLC) using coloring reagent

樹脂の可塑剤として使われるフタル酸エステルは、欧州RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令により4種が規制され、2021年に監視・制御機器などにも適用が拡大された。材料内部から染み出して接触物を汚染する可能性もあるため、製品だけでなく生産現場で使用される治工具や作業マットの管理も必要になる。

当社は、2018年に低コストで高精度な簡易検査法として薄層クロマトグラフィー (TLC) 法を開発したが、品質管理への適用を進める中で、樹脂添加剤が原因の過剰検出が問題となっていた。そこで今回、樹脂添加剤に反応しない呈色試薬検出法を開発した。簡易検査の判定精度を向上させることで、次工程の精密分析の頻度を低減できる。一方、汚染は温度や、接触時間、荷重などが影響する複雑な現象である。そこで、実際の製造環境を想定した汚染現象を検証して汚染速度に強い影響を及ぼす因子を特定し、これを基に化学物質がもたらすリスクを最小化する管理体制を構築した。

生産技術センター

■ 顧客要求と製品仕様を連結して業務効率化を図る営業コンフィグレーター



SP: 販売価格 TOV: 標準原価

営業コンフィグレーターを使用した受注設計型の製品見積もりフロー
Flow of cost estimation of engineer-to-order products using sales configurator

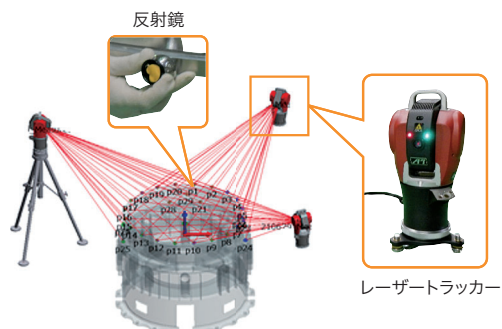
受注設計型の製品では、顧客要求を正確に捉えた魅力的な提案を迅速に行うことが重要である。しかし、複雑な構成の製品では、顧客要求・製品仕様・価格の調整が難しいため、顧客が納得するまで提案を繰り返すこともある。

このような課題を解決するため、顧客要求から見積書を自動作成する営業コンフィグレーターを開発した。このコンフィグレーターは、製品開発の実績と仕様のトレンドから事前に作成した標準的な顧客要求と可能性のあるバリエーションのリストを用意する。そして、営業・技術部門の担当者が概算・入札見積時に、標準とは異なる顧客要求をリストから選択することで、迅速な見積もりを可能とする。また、受注後に必要となる技術部門から設計部門への引き継ぎ資料を、定型フォーマットで出力する機能も実装した。インフラシステム製品に対して、開発したコンフィグレーターの適用を開始し、見積もりや資料作成の工数削減への貢献を確認した。

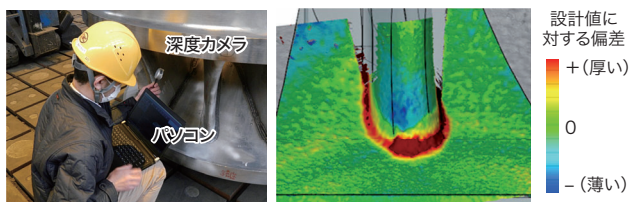
関係論文：東芝レビュー、2021、76、1、p.8-11.

生産技術センター

■ エネルギー・社会インフラシステムを支える大型構造物の3次元計測技術



構造物の設置における3次元計測の様子



部品製造現場における撮像の様子

設計値に対する偏差の可視化

開発した3次元計測技術の適用例

Examples of application of newly developed three-dimensional measurement technologies

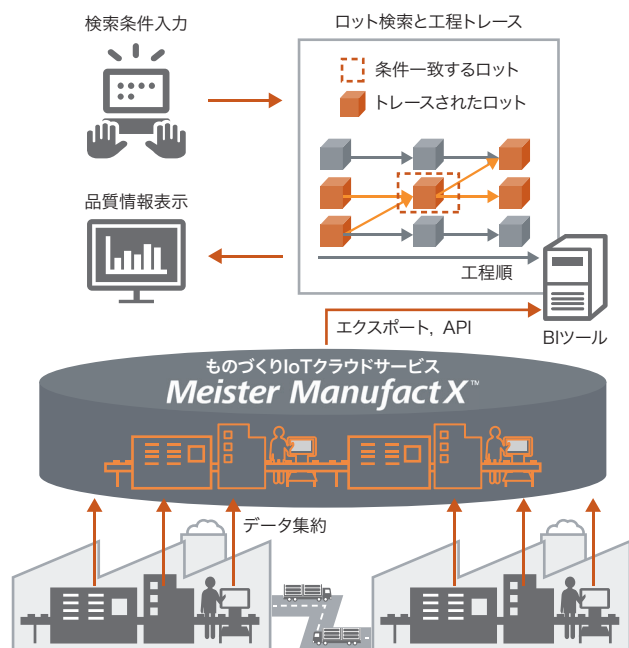
大型発電システムが設計上の性能を発揮するには、構造物の設置精度や主要部品の加工精度が重要となるため、3次元形状を正確に評価する技術が求められる。

そこで、構造物の設置では、熟練スキルを要する手動ツールでの長さ寸法計測に代わり、可搬型測定機（レーザートラッカー）を用いた3次元計測とデータ統合法を組み合わせることで精度を評価する技術を開発した。今後、組立工法の効率化や保守業務にも、開発した技術を適用していく。

また、部品製造の現場では、複雑な3次元形状で設計された部品の加工精度を評価する手段が高価な専用機器に限られる上、結果を表示する後処理にも時間を要していた。そこで、安価に入手できる深度カメラで撮像した3次元データと設計データの差分を可視化する演算手法を実装し、修正加工の必要性などをその場で判断できるシステムを開発した。このシステムは、計測の専門家以外の作業者でもその場で加工精度を評価できることから、様々な用途における3次元検査へ展開していく。

生産技術センター

■ 製造IoTを活用した多品種少量生産のトレーサビリティ管理の自動化



API : Application Programming Interface

製造IoTを活用したトレーサビリティ管理の概要

Overview of traceability management using manufacturing Internet of Things (IoT) platform

顧客満足度を向上させるには、顧客の要求品質を満たす製品を安定して提供することが重要である。多品種少量生産においては、製造工程や材料の切り替えが多く、品質管理が複雑になる。

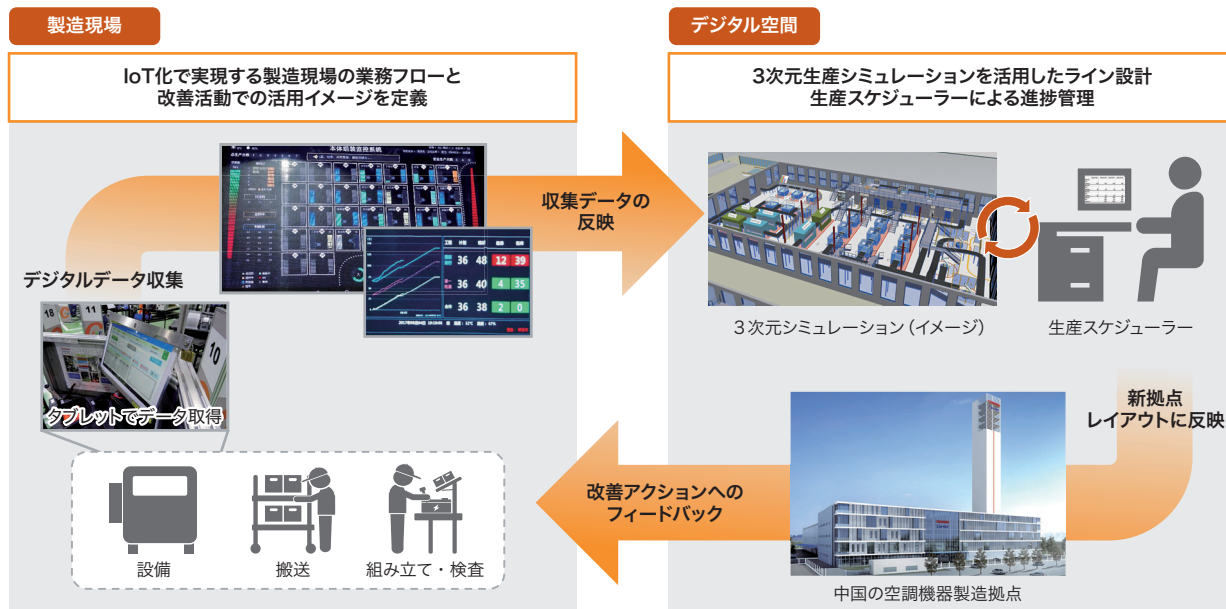
そこで、製造工程の一部が他拠点にあるなど、品質管理が複雑になる要因に対応したトレーサビリティ管理が可能な品質情報検索システムを開発した。製造ロット履歴と製造工程IoT (Internet of Things) データの関連付けは、ものづくりIoTクラウドサービス Meister ManufactX™を用いて実現した。関連付けした情報は、BI (ビジネスインテリジェンス) ツールで取り込み、設備情報や時間軸などの多様な条件で対象ロットを抽出できるようにした。また、抽出ロットに対してロット分割・統合をトレースすることで、他工程の影響範囲を特定できるようにした。影響範囲内と範囲外のロットの品質情報を比較することで、品質低下時の影響範囲の特定が迅速にでき、早期の原因究明や品質改善活動に生かすことができる。

今後、海外拠点やサプライヤーを横断したトレーサビリティ管理も実現し、更なる品質向上に貢献していく。

生産技術センター

3次元データを活用した生産ライン設計評価技術

研究開発
デジタル・データ



生産ライン設計評価技術の海外製造拠点への適用事例

Example of application of technologies for design and evaluation of production lines to overseas manufacturing site

製造拠点のIoT (Internet of Things) 化に向け、生産進捗などの製造データ取得や、3次元生産シミュレーションによる生産ラインの設計・運用評価、スケジューラーによる生産管理効率化などのソリューション開発と導入に取り組んでいる。

効果的なソリューション導入のためには、個別最適の運用とならないようデータ利活用の全体像を描き、データ取得のタイミング・場所・手段をそろえることが重要である。そこで、あらかじめIoT化で実現する製造現場の業務フローと改善活動での活用イメージを定義することで、一元化されたデータを用いた一連のソリューションを実現した。

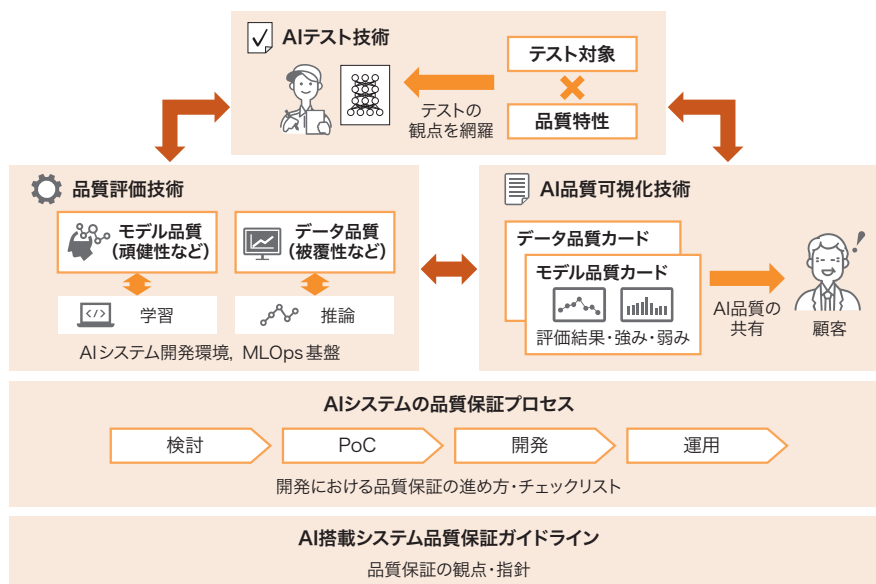
中国の空調機器製造拠点では、タブレットによる製造データ取得システムを導入し、作業者に負荷を掛けずに効率の良いデータ取得・集計を実現した。そして、このデータと3次元生産シミュレーションをつなげ、デジタル空間での生産ラインのレイアウトや生産数を検証する環境を構築した。これにより、生産ラインの新建屋移設では、事前のレイアウト検証で遅延のない生産立ち上げを実現した。また、新建屋の運用開始後は、生産計画を効率良く達成するため、生産・人員計画の見直しや改善施策の事前検討を可能にした。更に、生産シミュレーションで検証したライン運用ルールや生産能力データをスケジューラーに適用して、生産管理の仕組みを構築した。ノウハウに依存せず負荷なく迅速に生産計画が作成できるので、管理者は、製造進捗に応じて必要な改善アクションの検討に集中できる。

これら一連の取り組みにより、データ取得からライン検証・計画管理・改善実施までがつながった仕組みを構築した。これにより、生産規模拡大に対しても管理工数を増加させずに、効率的な改善活動が可能となる。今後も、製造拠点のIoT化を加速していく。

関係論文：東芝レビュー、2021、76、1、p.15-19.

生産技術センター

AIを活用したシステムのための品質保証プロセスと品質評価技術



PoC: Proof of Concept (概念実証)

AIシステムに対する品質保証プロセスと品質評価技術

Quality assurance processes and evaluation technologies for artificial intelligence (AI) systems

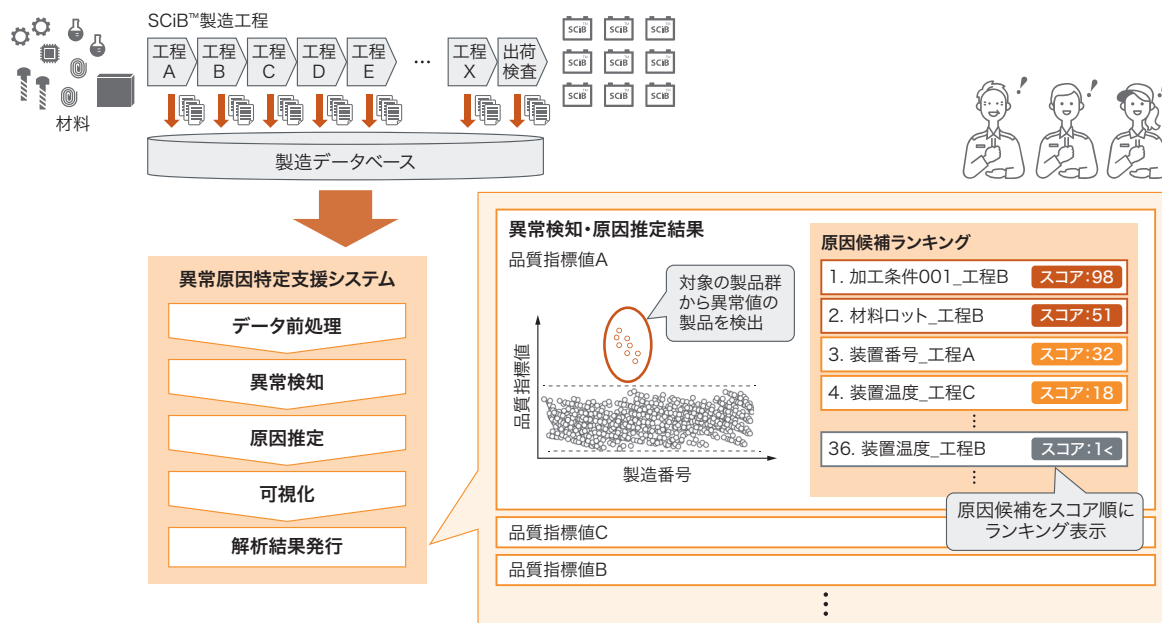
近年、AIを活用したシステム（以下、AIシステムと略記）の開発が加速している。AIシステムは、データを学習することで構築されるAIモデルを活用するため、未知のデータに対する予測結果を定義できず、品質保証が難しい。更に、多様な環境に対する頑健性や、モデル構築に使うデータの被覆性・均一性、機械的に構築されたモデルの説明性なども考えなければならない。当社は、AIシステムの品質を保証する方法を研究し、これまで、品質保証の観点をまとめた“AI搭載システム品質保証ガイドライン”を整備してきた。今回、ガイドラインに示した各観点に沿った品質保証を実現するため、次の四つに示すプロセスの整備や品質評価技術の開発を行った。

- (1) 開発における品質保証の活動や成果物を規定するAIシステムの品質保証プロセスを策定した。このプロセスでは、システム一連の開発活動の中に、AIシステムの開発に必要なデータの分析やAIモデルの評価などの活動を追加した。加えて、AIシステムの品質を評価する品質チェックリストも整備した。
- (2) AIシステムの評価結果や期待する性能をまとめ、可視化する手法を開発し、顧客との対話で活用できるようにした。AIの技術的詳細は、技術者以外には理解が難しいことがあるので、利用したデータと構築したモデルの特徴を品質カードと呼ぶフォーマットにまとめ、定性的・定量的な品質可視化を実現した。
- (3) AIシステムのテストに必要な観点を、AIテストガイドラインとしてまとめた。AIシステムのテストでは、従来の要求仕様に基づくテストだけでなく、データやモデルに対するAIならではのテスト観点を追加する必要がある。そこで、ガイドラインでは、テスト対象と品質特性を組み合わせることで、テストするための観点を網羅的に整理した。
- (4) 品質保証プロセスに沿った品質評価をAIシステム開発環境の上で実施可能にする、“頑健性評価ツールキット”を開発した。AIモデルの頑健性や学習に使うデータセットの被覆性を、定量的に評価できる。

関係論文：東芝レビュー、2021、76、3、p.44-47.

ソフトウェア技術センター、研究開発センター

SCiB™の製造データ向け異常原因特定支援システム



異常原因特定支援システムの概要

Outline of anomaly detection and cause estimation systems for SCiB™ lithium-ion battery cell manufacturing processes

近年、車載や産業機器分野を中心に、二次電池の需要が急速に高まっており、当社は、安全性・急速充電・高入出力などに優れたリチウムイオン二次電池 SCiB™ を製造している。その生産拠点である柏崎工場では、生産性向上のため製品の製造工程における様々な製造データを記録・蓄積し、異常発生を監視して原因を早期に把握・対処することで、不良の発生を未然に防いでいる。しかし、今後の生産拡大などに伴い増大が想定される、製造データの網羅的な監視について、監視の工数削減や熟練者の経験に頼らない運用の必要性が高まっている。

そこで、製造データの異常検知と原因推定解析を自動化し、原因候補を原因らしさのスコア順にランキング表示する、異常原因特定支援システムを開発した。ユーザーは、ランキング上位の原因候補から調査を開始でき、熟練者でなくても素早く異常原因を把握できる。

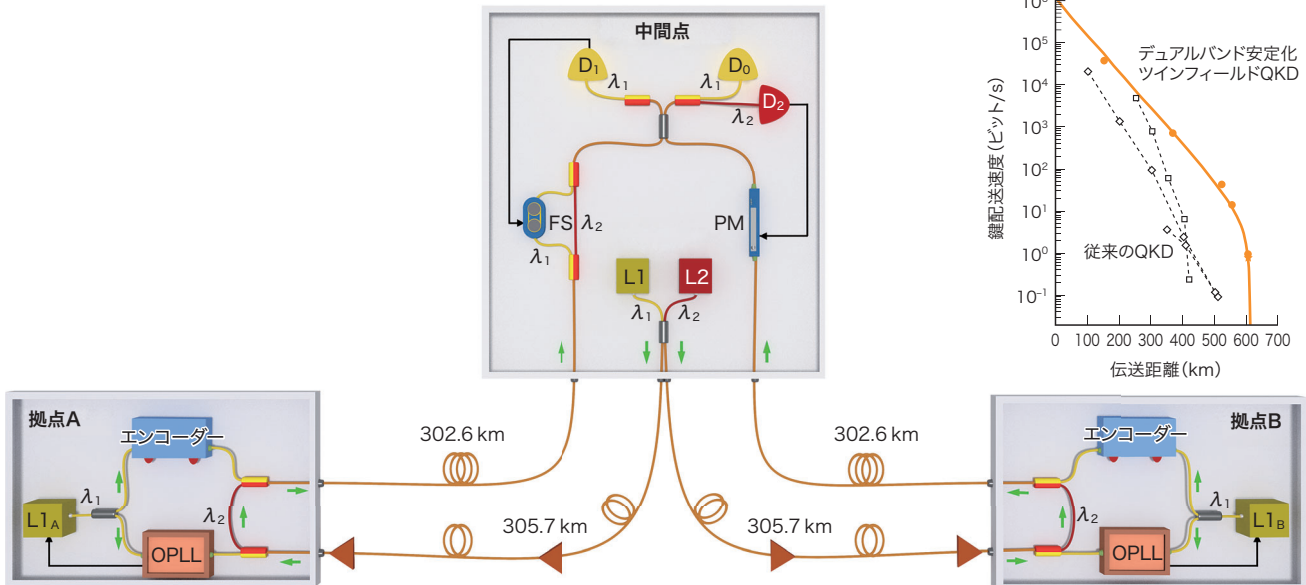
主な特長は、以下のとおりである。

- (1) SCiB™セルの電極製造から組み立て・出荷検査までの各製造工程における製造データを、セル単位でひも付けて集約する。
- (2) ひも付けした製造データから、異常を自動検知する。例えば、特定の製造ロットに含まれるセル群から、品質指標値が外れ値となったセルを、不良発生の予兆である異常セルとして検知する^(注)。
- (3) 各工程での使用装置・部材・製品の状態などの要因を対象に、異常セル発生の原因を網羅的に評価・推定する。例えば、並列処理を行う装置において、特定の1台で異常セルの発生頻度が高いなど、各要因における異常セル発生頻度の偏りについて、仮説検定の枠組みで偏りの統計的確からしさを評価し、原因らしさのスコアとして推定する。

開発したシステムを柏崎工場で試験運用し、手動での解析に対し、原因調査に掛かる工数を1/200に削減できることを確認した。2022年度以降、柏崎工場の生産設備として本運用される予定である。

(注) 製造過程で不良となったセルを対象に原因推定することも可能で、不良セル発生の原因究明に役立つ。

長さ600 kmを超える光ファイバーによる量子暗号通信



D:検出器 FS:安定化光ファイバーストレッチャー PM:安定化位相変調器 L:レーザー光源 λ :波長 OPLL:光位相同期ループ

実証実験の設定と暗号鍵配送性能

Setup of demonstration experiments on quantum communication over optical fibers exceeding 600 km in length and quantum key distribution performance

将来のスーパーコンピューターや量子コンピューターによって、現在広く利用されている暗号通信における暗号鍵が解読される可能性が指摘されている。量子暗号鍵配送 (QKD: Quantum Key Distribution) は、暗号鍵の通信を安全に行うための技術で、盗聴を検出できることが物理法則で裏付けられているため、盗聴を検出した際はその暗号鍵を無効にし、新たな暗号鍵を発行することで、盗聴されることのない安全な通信を実現できる。

光ファイバーを利用したQKDでは、微弱な光信号の位相などで表現された量子ビットで暗号鍵を配送する。QKDに利用する光ファイバーは、温度変化や振動などの環境変動で伸び縮みし、量子ビットに影響を与える(位相変動する)ため、損失の大きい長距離通信では正しく情報が伝わらないという問題がある。

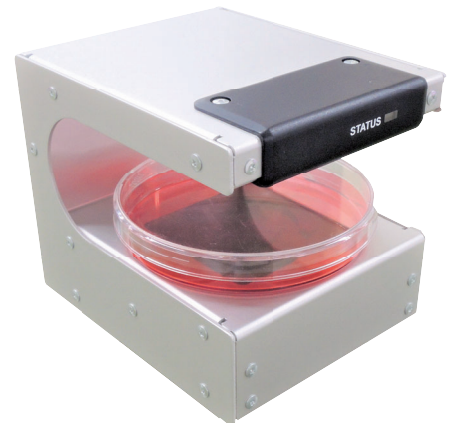
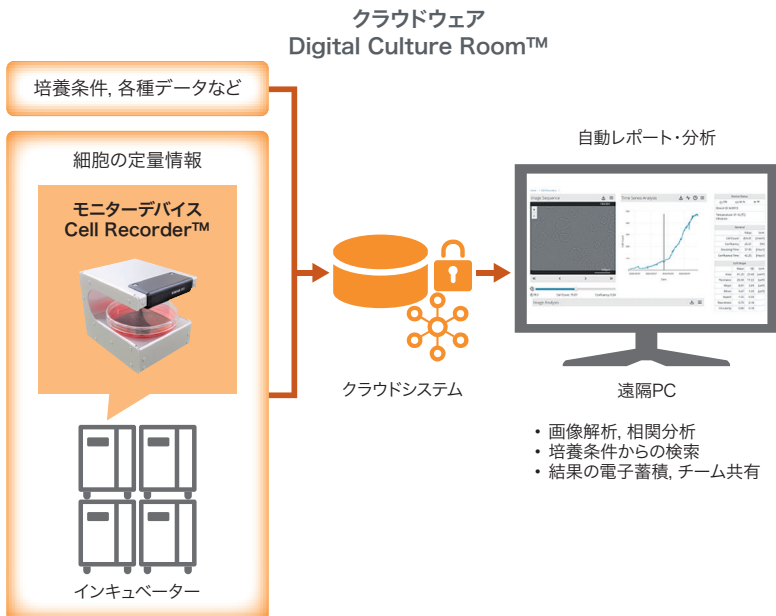
そこで、環境変動の影響を補正できるデュアルバンド安定化技術を開発した。この技術では、位相変動を補正するための参照信号として、二つの異なる波長の光を用いる。第1の参照信号に、連続波を用いることで位相の高速な変動を連続的に補正し、第2の参照信号は、量子ビットと同じ波長にすることでその波長で起こる微小な変動を補正し、精度の高い位相調整を実現した。この技術により、数百kmの伝送でも、波長1,550 nmの光信号に対し、常に数%の範囲内で位相変動を高精度に抑制でき、通信距離を伸ばすことが可能になった。

この技術を、“ツインフィールドQKD (QKDを長距離化する独自のプロトコル)”に適用することで、世界最長^(注)となる600 kmを超える量子暗号通信を実証した。600 kmでの鍵配送速度は1ビット/sを確認し、これまでの到達限界距離500 kmでは、従来比約400倍の40ビット/sを確認した。

この技術により、量子暗号通信ネットワークにおいて、強固なセキュリティが必要な送受信局数を減らし、都市間・国家間といった長距離の安全な暗号通信をより効率的に構成することが可能になる。

(注) 2021年6月現在、当社調べ。

再生医療における細胞の安定培養を実現する細胞培養管理プラットフォーム



開発中の細胞モニタリング装置 Cell Recorder™
Cell Recorder™ cell monitoring device under development

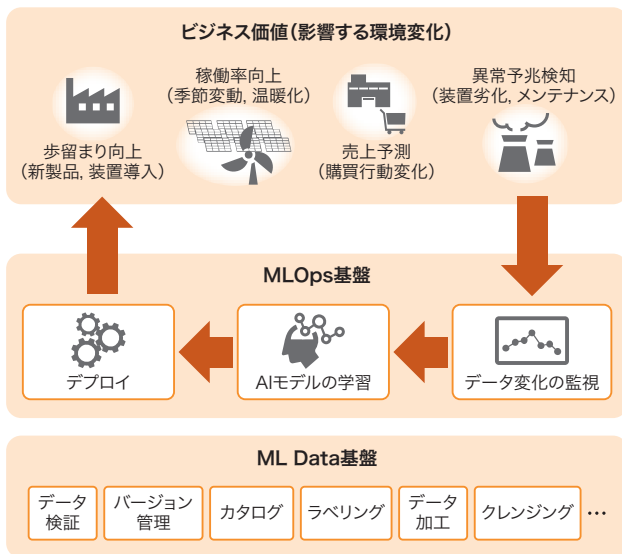
細胞培養管理プラットフォーム Digital Culture Room™ によるサービス概要
Outline of cloud service using Digital Culture Room™ cell culture management platform

高精細な半導体CMOS（相補型金属酸化膜半導体）イメージセンサーを応用することで、これまで必要だったピント調整などが不要で、誰でも均質な画像が得られる細胞モニタリング技術を開発した。従来技術と比較して測定光学系を小型化することで、完成した細胞モニタリング装置 Cell Recorder™ は、世界最小^(注)サイズを実現している。装置の小型化で、細胞を培養するインキュベーター内にCell Recorder™ を複数台設置し、クラウドシステム上で同時に常時観察することや、遠隔PC（パソコン）で観察状況をレポート・分析することが可能になる。また、スケーラブルな運用を可能とすることで、細胞研究の初期フェーズから細胞を商用製造する量産フェーズまで柔軟な対応が実現できる。

開発した技術の社会実装を加速するため、サイトロニクス（株）を設立し、再生医療における細胞の安定培養を実現する細胞培養管理プラットフォーム Digital Culture Room™ を提供するサービスを、2021年7月から開始した。サイトロニクス社では、測定されたデータを分析するアルゴリズムを継続的に改善・強化するとともに、研究から量産まで様々なフェーズの顧客が導入できる装置開発や、顧客のフェーズごとに最適化した、サブスクリプションモデルでのサービスの実現を目指している。

(注) 2021年10月現在、当社調べ。

■ 高品質なAIサービスを提供するためのMLOps基盤



MLOps基盤が提供する機能の概要

Overview of features provided by machine learning operations (MLOps) platform

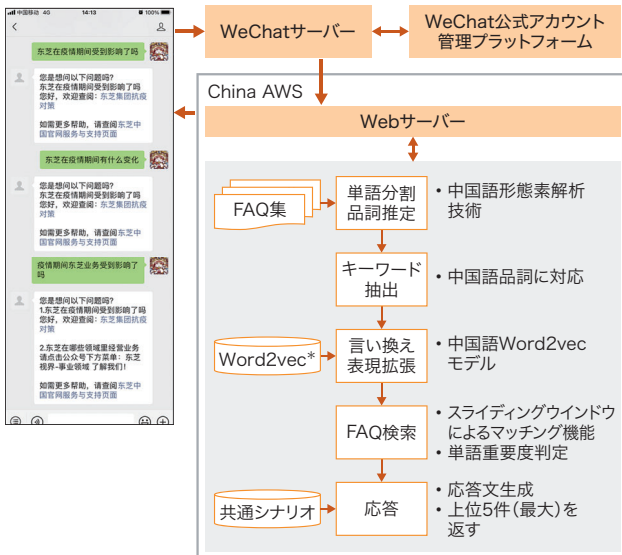
AIサービスの実運用では、季節変動や、装置劣化、顧客の購買行動変化などの環境変化により、予測精度が劣化する場合があります。高品質なAIサービスを継続運用するには、予測精度とデータ変化を監視し、予測精度の劣化やデータ変化の傾向が見られたら、AIモデルを再学習し、システムへ再デプロイする必要があります。

そこで、AIサービスの提供後も、外部環境やビジネス要求の変化に応じた価値を提供し続ける仕組みとして、MLOps (Machine Learning Operations) 基盤を独自に整備し、東芝グループ内への展開を開始した。データ変化を監視する技術やAIモデルの学習・デプロイを自動化する技術をMLOps基盤に組み込むことで、AIモデルの開発から運用までのライフサイクルの半自動化が可能になった。

今後、学習データを管理するML Data基盤の整備も含め、この基盤を活用することで、AI・IT (情報技術) エンジニア及びサービスエンジニアが密に連携して、高品質なAIサービスを継続的に顧客へ提供していく。

研究開発センター

■ 中国語版シナリオレス型自動対話FAQの公式アカウントへの実装



AWS: Amazon Web Services

*文章中の単語を数値ベクトルに変換してその意味を把握する自然言語処理手法

中国語版シナリオレス型自動対話FAQシステムの概要

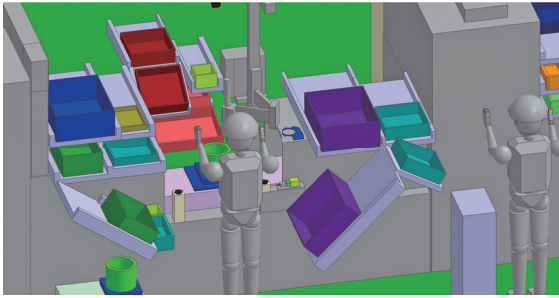
Overview of Chinese-version scenarioless dialogue system for frequently asked questions (FAQ)

中国では、最も普及しているSNS (Social Networking Service) であるWeChatを活用した企業の情報発信が盛んである。そこで、中国語版シナリオレス型自動対話FAQ (Frequently Asked Questions) を開発し、WeChatにある当社の公式アカウントに実装し、一般ユーザーからの問い合わせへの対応を自動化した。

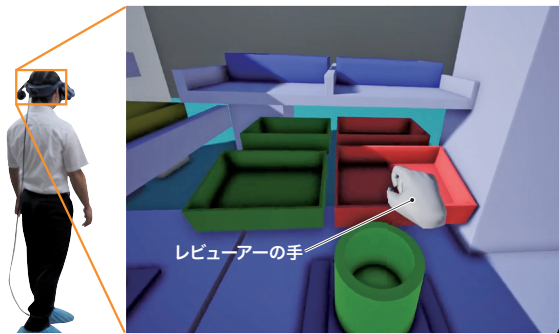
FAQ集だけでチャットボットシステム構築が可能なのが特長の日本語版エンジンをベースに、形態素解析や、キーワード抽出、言い換え表現対応などの中国語化を行うとともに、スライディングウィンドウによる専門用語キーワードのマッチング機能を開発し、応答精度を向上させた。2021年4月から9月までの期間に、当社の公式アカウントに寄せられた、東芝グループの中国事業などに関する約1,800件の問い合わせに対し、精度の高い自動応答 (タスク達成率93.6%) を実現し、広報担当者の業務効率向上に大きく貢献した。今後は、ほかの東芝グループ中国現地法人への展開を検討していく。

東芝中国社

■ 製造ライン設計レビューを効率化するVR技術



(a) 3Dモデルデータ(簡易化モデル)



(b) VR設計レビューの様子

3Dモデルデータを用いた製造ラインのVR設計レビュー
Design review with virtual reality (VR) tools using three-dimensional (3D) model data for construction of production line

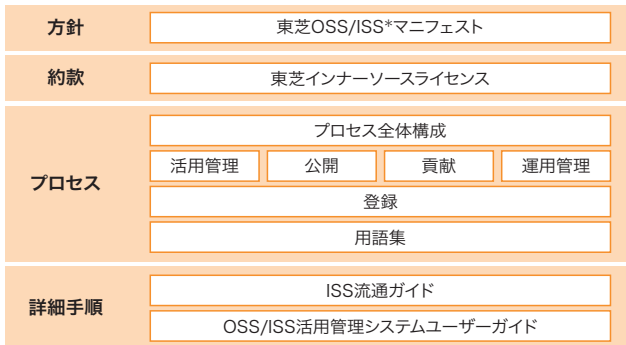
生産技術センター

製造ラインの設計では図面や3D(3次元)モデルによるレビューが行われる。しかし、設計者中心では、現場作業員視点での作業性確認が不足しがちで、立ち上げ時の後戻りリスクがある。

この課題を解決するため、製造ライン設計レビュー向けのVR(Virtual Reality)技術を開発した。この技術では、広大な製造ライン全体をVRデータにしても動作遅延が生じないように、3Dモデルデータをレビューに必要な最小限まで簡易化するとともに、レビューヤーが、VR上で手の位置を認識できる機能や、検討結果をその場で反映するためのモデル再配置機能などを備えている。これを設計レビューに適用することで、各設備の配置状況や各工程における作業性確認を実作業に近い感覚で行えるようになる。

実際に、量産ラインの設計レビューに適用した結果、作業員視点でなければ気付かなかった、設備のワーク排出位置の修正などを事前に行え、後戻りリスクを排除できた。

■ OSSライセンスコンプライアンスを遵守するためのプロセス群及び教育の整備



(a) プロセス群

教育名	主な話題	受講対象者	難易度	実施形態
入門編	OSSの基本的な知識・注意点など	ソフトウェア利用に関係する者	一般的な範囲	eラーニング
基礎編	東芝プロセスに即した利用・注意点など	ソフトウェア技術者、品質保証、知財、法務	一部に専門的	
応用編	OSSへの貢献やOSS監査手順など	ソフトウェア技術者	専門的	
発展編	具体的な実践手法の習得	ソフトウェア技術者	専門的	

(b) 教育体系

* InnerSource Software。組織内でオープンソースの開発スタイル(つまりインナーソースの開発スタイル)で開発されたソフトウェアのこと。

東芝グループにおけるOSS関連プロセス群と教育体系
Overall processes for utilization of and education system for open source software (OSS) in Toshiba Group

ソフトウェア技術センター

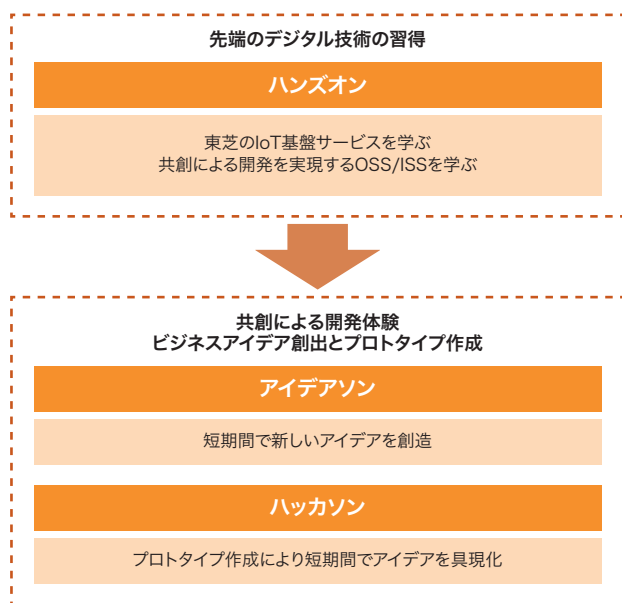
OSS(Open Source Software)ライセンスコンプライアンスを遵守する取り組みとして、ISO/IEC 5230:2020(国際標準化機構/国際電気標準会議規格 5230:2020)認証取得に向け、OSS関連のプロセス群と教育を整備・展開している。2020年度までには、OSS関連プロセス群とOSS教育の一部整備を完了した。

OSS関連プロセス群はOSSを利活用するための大方針としてマニフェストを定め、これを基に効率良く適切にOSSを利活用するためのプロセスを制定した。

OSS教育は、「入門編」、「基礎編」、「応用編」、及び「発展編」の体系で構成した。2021年7月から入門編を開講し、10月31日までに、約17,000名が受講を修了している。入門編は、ソフトウェアに関係する技術者だけでなく、経営層や、営業・品質保証・調達・知財・法務担当なども受講しており、OSSに関する基本的な知識を広く周知できた。

今後も、ほかの編の開講を予定しており、東芝グループ全体でISO/IEC 5230:2020認証取得を目指し、OSSライセンスコンプライアンスの遵守を図る。

■ 共創・デジタル人財育成を目指すアウトプット指向教育の実践



東芝グループにおける共創型開発の人財育成を目指すアウトプット指向教育の概要

Outline of output-oriented training courses for nurturing of human resources to promote co-creation developments in Toshiba Group

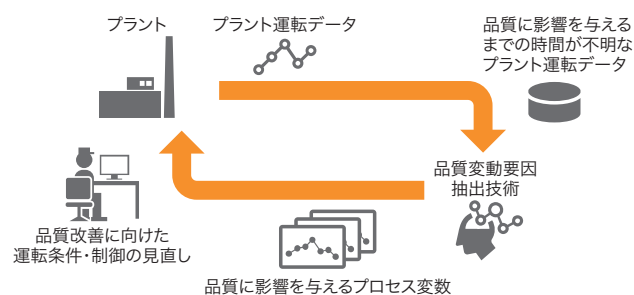
新たな価値創造を狙う共創型の開発では、協働・協調して短いサイクルでアイデアを実現し、顧客・市場からフィードバックを得るといった試行錯誤を繰り返すことが、成功への近道である。一方、品質の高いものを（失敗せずに）効率的に開発することが求められる従来型の開発に長く携わってきた人財が、共創型の開発を進めていくには、新しい開発スタイル・マインドを習得する必要がある。

そのため、東芝のIoT基盤サービス、及び共創による開発を実現するOSS/ISSを学び、それを生かしてビジネスアイデアの創出とプロトタイプ作成を実施する教育を開発・実施している。参加者は、東芝グループの幅広い事業に関わっているほかの参加者とチームを組み、最先端のデジタル技術を使ってアイデアを具現化することを通して、技術を習得し、創造・思考・課題解決、及びコミュニケーションのスキルを磨くことができる。

今後も、この教育により、東芝グループにおける共創型開発のコア人財を育成していく。

ソフトウェア技術センター

■ プラント運転データからの品質変動要因抽出技術



プラント運転データからの品質変動要因推定技術の概要

Outline of technology to specify cause of product quality variations based on plant operation data

化学・鉄鋼のようなプロセス産業分野で日々蓄積されるプラント運転データは、品質改善につながる情報を潜在的に多く含んでいる。

そこで、自動的に変数を選択するスパースモデリング技術を用い、プロセス製品の品質に影響している要因をプラント運転データから自動的に抽出する手法を開発した。

プロセス製品では、各装置の状態が製品品質に影響を与えるまでに時間遅れが存在し、要因抽出が難しくなる。開発した手法では、時間遅れを含む変数を適切に選択することで、時間遅れがある場合でも、管理限界を超える大きな品質変動が生じる要因を特定できる。

開発した手法を応用し、品質変動を説明する回帰モデルの構築機能や、構築された回帰モデルで品質変動を予測する機能を、東芝三菱電機産業システム(株)製のリアルタイムプロセス情報管理システムPLANETMEISTER™に搭載する予定である。

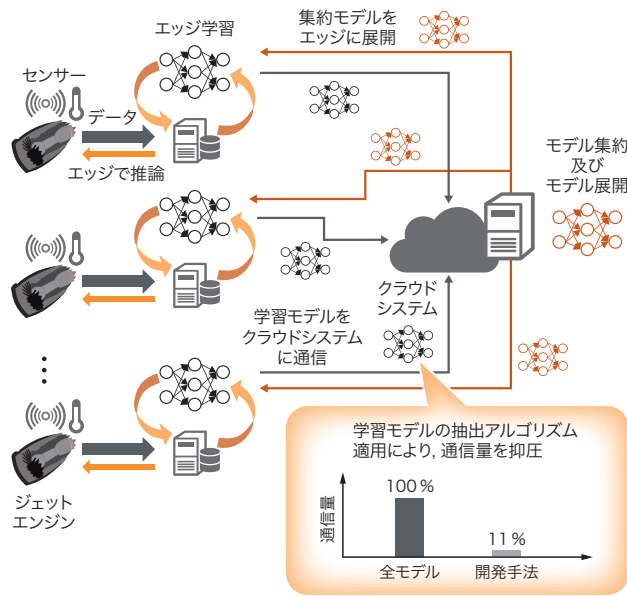
今後も、安定的・効率的にモデルを更新する手法の開発を進めていく。

研究開発センター



PLANETMEISTER™における品質変動を説明する回帰モデルの構築画面
Example of PLANETMEISTER™ real-time process data management system display to construct regression model elucidating quality variation factors

■ 連合学習を用いたIoTプラットフォーム



連合学習を用いたIoTプラットフォームの動作概要

Overview of operation of Internet of Things (IoT) platform using federated learning

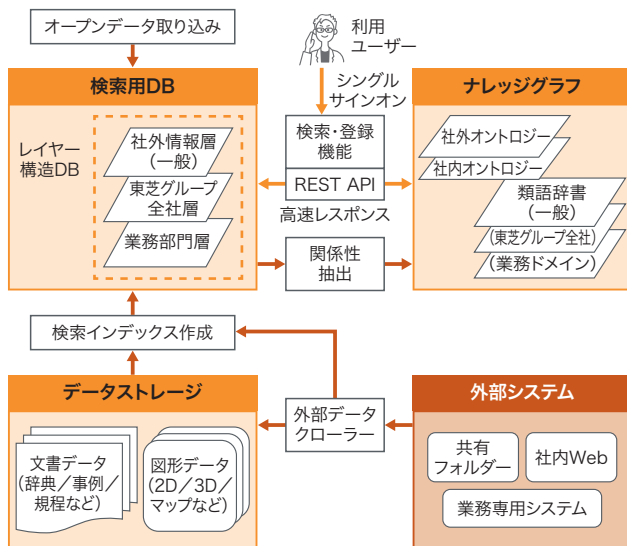
連合学習 (Federated learning) は、データをクラウドシステムに集約せずエッジに分散した状態で機械学習を実行し、学習したモデルを集約する方法である。データ自体を集約しないため、セキュリティー性が高く、通信量が抑えられる利点がある。

製造業や流通業の大規模なIoTプラットフォームでは、AI需要により、データ量に比例してモデルが肥大化しており、連合学習を適用するには、モデルの通信量を更に抑圧する必要がある。そこで、エッジでモデルの重み更新の状態や頻度を監視し、集約させるモデルを極小化していくアルゴリズムを開発した。飛行機のジェットエンジンの故障予知を模擬した実機評価では、クラウドシステムでの集約モデルによる推論精度に影響なく、全モデルを集約する基本方法に対して、通信量を11%まで抑圧できることを確認した。

今後、AI展開が可能で、クラウドシステムとエッジ間の通信負荷が軽いIoTプラットフォームとして、工場やプラントなどへの展開を進めていく。

東芝欧州社

■ 幅広い知見・情報を共有可能な高速ナレッジ検索システム



API : Application Programming Interface
2D : 2次元

東芝グループにおける高速ナレッジ検索システムの構成
Architecture of quick knowledge search system in Toshiba Group

東芝グループの技術情報やノウハウの共有・活用により、顧客価値と基礎収益力の向上を図る全社標準ナレッジシステムを開発した。

開示範囲の制御でセキュリティーを確保しながら、利便性が高くレスポンスが高速であることが特長である。高速性は、カラムストア型DB (データベース) やREST (Representational State Transfer) 通信によるクライアント通信量の抑制で、2,000万件のコンテンツに対し1秒以内の検索を実現している。セキュリティーでは、ユーザーのアクセス権に応じたデータ領域をレイヤー構造で管理することで、閲覧制御と一括検索の高速動作を両立させた。

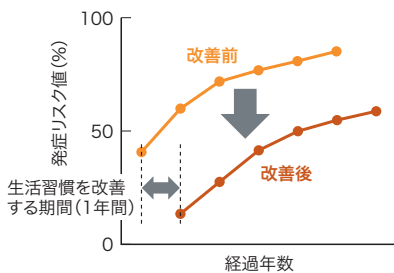
開発したシステムは、東芝グループ内の技術情報を共有するために、この構造下で開示範囲を明確に再定義して社内規定として整備した。また、OS (基本ソフトウェア) の機能やクラウドシステムのマネージドサービスなどを活用することで、シングルサインオンによる利便性や、可用性、冗長性などのシステム要件を満たしており、管理も容易なシステムとなっている。

生産技術センター

健康診断データを活用した生活習慣改善AI



項目	改善前	改善後
性別	男性	男性
年齢	54	55
体重 (kg)	73	67
最高血圧 (mmHg)	97	95
HbA1c (%)	6.4	6.3
飲酒の頻度	毎日	飲まない
運動	なし	週に2~3回



HbA1c：ヘモグロビンエーワンシー

生活習慣改善AIによる改善効果の例

Example of effectiveness of lifestyle improvement artificial intelligence (AI) solutions

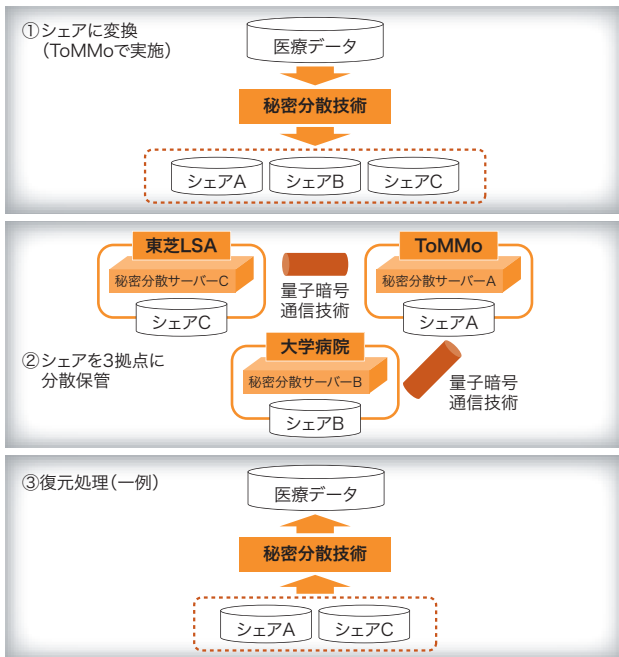
研究開発センター

我が国では、生活習慣病の罹患（りかん）者が増加しており、医療費増加と患者の生活の質（QOL：Quality of Life）低下が問題となっている。開発済みの疾病リスク予測AIを用いて、発症リスクの高い人を抽出できるが、これらの人の発症リスクを抑える技術が求められていた。

生活習慣改善からの減量効果と、減量からの生体検査値改善効果は、メタボリック症候群判定の三つの階層（該当群、予備群、非該当群）により、大きく異なる。今回、この知見と疾病リスク予測AIを組み合わせ、生活習慣改善AIを開発した。生体検査値や生活習慣などの健康診断データ及びリスク低減目標から、個人ごとに適した生活習慣改善を提案する。提案する生活習慣改善は、健康診断の問診項目にある運動習慣や、遅い夕食、飲酒習慣などの11種類とした。

今後は、ゲノムデータを加え、個人の体質も考慮したAIの開発にも取り組んでいく。

量子暗号通信技術と秘密分散技術を活用したゲノム解析データの分散保管技術



東芝LSA：東芝ライフサイエンス解析センター
ToMMo：東北メディカル・メガバンク機構 大学病院：東北大学病院

仙台市におけるゲノム解析データの分散保管システム概要

Overview of genome analysis data distributed storage system at three sites in Sendai City, Japan

セキュリティー保護の重要性が高まり、医療分野でもサイバーセキュリティー対策の強化が進んでいる。

量子力学の原理に基づく“量子暗号通信技術”と、原本データをシェア（無意味化された複数のデータ片）に変換する“秘密分散技術”を組み合わせ、安全なデータ保管を実現する“分散保管技術”を開発し、宮城県仙台市の実験拠点で、大容量ゲノム解析データのバックアップへの適用を実証した。この実証は、国立研究開発法人 情報通信研究機構及び国立大学法人 東北大学と共同で実施した。

ゲノム解析データの分散保管では、秘密分散技術で三つのシェアに変換し、量子暗号通信技術でシェアを各拠点に分散保管する。復元では、量子暗号通信技術で三つのシェアのうち二つを同一拠点に集め、秘密分散技術を用いて二つのシェアからゲノム解析データを復元する。

今後、医療分野以外の様々な分野への適用を目指して研究開発を進めていく。この研究の一部は、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム「光・量子を活用したSociety 5.0 実現化技術」（管理人：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構）によって実施された。

研究開発センター