

研究開発

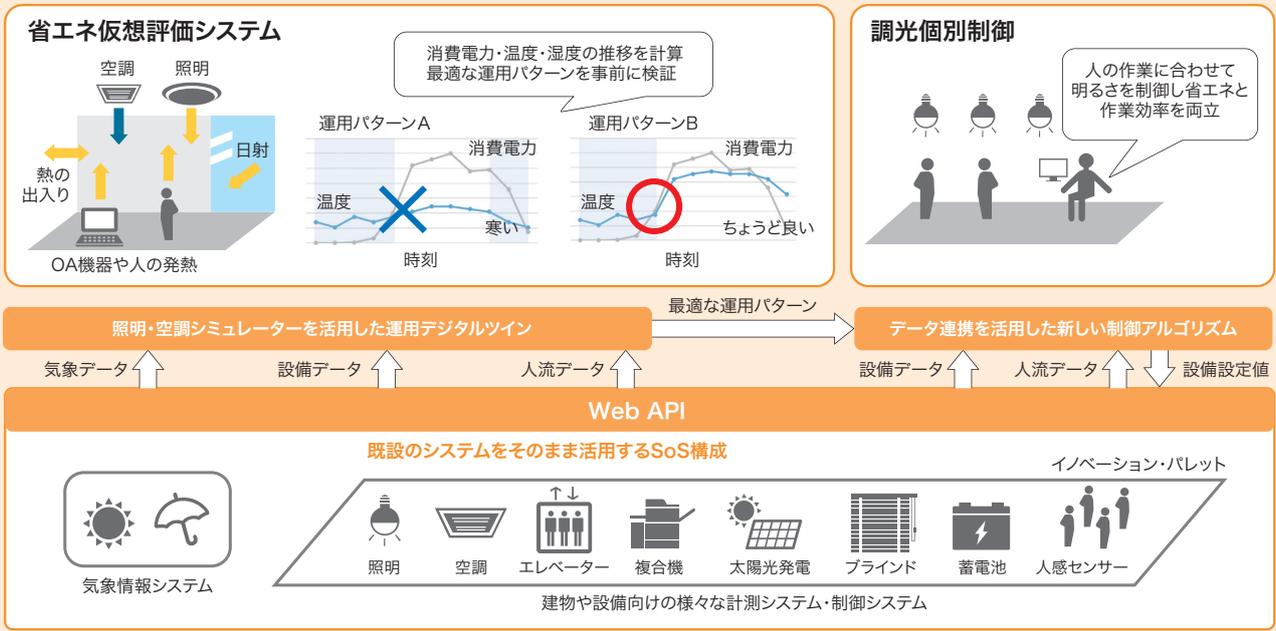
Research and Development

技術戦略に基づいて、中長期的な視点で基盤技術を深め、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、社会インフラの強靱（きょうじん）化、デジタル・データの利活用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。

建物・施設の省エネを実現する運用デジタルツイン

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



AIやシミュレーション技術を活用した設備の運用デジタルツイン

Digital twin for building equipment operation utilizing AI and simulation technologies

建物や施設のカーボンニュートラル実現には、空調や照明などの設備運用を効率化し、快適性を維持しながらエネルギー消費を削減することが重要である。その基盤として、様々なシステムと連携し、AIやシミュレーション技術を活用してエネルギー運用を最適化する、SoS (System of Systems) 構成の運用デジタルツインを開発した。これを活用して、データ連携による新しい制御アルゴリズムの省エネ効果を検証する取り組みを進めている。

運用デジタルツインは、空調や照明などの設備データや、人流データ、気象データなどをリアルタイムで収集し、仮想空間上で設備運用や環境を再現・シミュレーションする技術である。

従来は、空調や照明などの設備データが個別に管理されており、消費エネルギーと快適性のバランスを調整するには、現場での試行錯誤が必要だった。そのため、設定変更に時間が掛かり、効率的な運用が困難だった。そこで、運用デジタルツインを活用した省エネ仮想評価システムを開発した。この結果、現場の設備の運用パターンを事前に検証し、最適な運用パターンを迅速に見いだせるようになり、省エネと快適性の両立が容易になった。

また、運転パターンを設備運用に適用するために、Web API (Application Programming Interface) によるデータ連携も実現した。これにより、人感センサーの計測システムや照明制御システムなどの複数のシステム間で、データをリアルタイムに共有できるようになり、複数システム間の連携をスムーズにした。例えば、人感センサーのデータを利用して執務者の在/不在に応じて、ゾーンごとに照度や温度を変更する個別調光制御・個別空調制御を可能にして、省エネ効果が得られるようにした。

今後も、実用性の高い設備運用基盤を開発し、市場ニーズに応じたソリューションを提供して、持続可能なエネルギー運用の実現に貢献していく。

研究開発センター

小規模下水処理施設向け前処理装置 Habuki™



回転繊維体を用いたOD法向け前処理装置 Habuki™
Habuki™ pretreatment system using rotating fiber unit for oxidation ditch



栃木県さくら市 氏家水処理センターでの実規模実証試験
Performance evaluation at Ujiie Sewage Treatment Plant full-scale demonstration facility in Sakura City, Tochigi Prefecture

下水処理施設では、広域化・共同化による施設規模の変更や、カーボンニュートラル推進のための省エネ対策・老朽化対策などが求められている。これらの課題を解決するため、2024年7月にHabuki™を製品化した。

Habuki™は、回転生物接触法を利用した新たな下水処理装置であり、国内約1,000か所あるOD（オキシデーショディッチ）法を採用する小規模下水処理施設の前処理装置として適用できる。下水中の有機物を約50%除去し、反応タンクへの流入汚濁負荷を大きく削減できるので、既存施設の処理能力増強や曝気（ばっき）動力削減に貢献する。

Habuki™は、老朽化対策にも有効である。反応タンクの改修・補修工事では工期中の下水処理能力低下が課題となる。Habuki™を仮設備として使用することで、処理能力を維持したまま工事が実施できる。

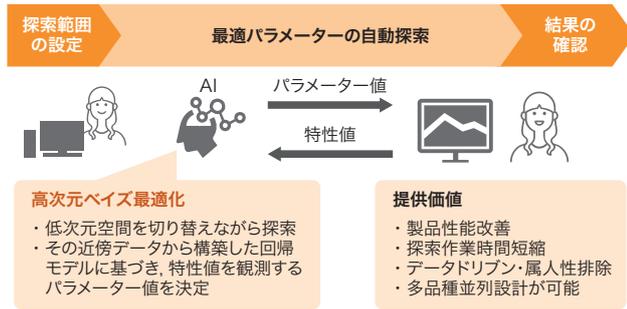
製品名Habuki™には、三つの“省く”への貢献が込められている。

- (1) コストを省く 処理能力は1基当たり最大1,350 m³/日、所要電力は1.5 kWと低動力である。15分程度での下水滞留時間で処理が可能であり、既存OD法反応タンクの曝気電力代を20～40%程度、反応タンクで発生する余剰汚泥量を10～20%程度削減できる。
- (2) スペースを省く OD法反応タンクと比べ、回転繊維体上の生物膜では10倍程度の微生物濃度となるため、コンパクトな筐体（きょうたい）でも高汚濁負荷の処理が可能になる。これにより、既存OD法反応タンクの池数を削減できる。
- (3) 手間を省く メンテナンスは、軸受け部グリスアップと減速機オイル交換だけである。回転繊維体は10年以上の耐用年数があり、点検は容易である。既存OD法反応タンクをHabuki™で置き換えることで、機械設備のメンテナンスが省略できる。

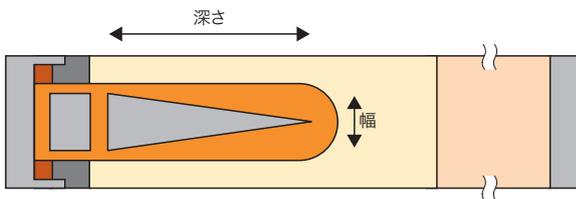
Habuki™の製品化に先駆け、栃木県さくら市氏家水処理センターで、実規模実証試験を実施して、性能を確認した。今後、地方共同法人 日本下水道事業団の新技术導入制度を活用し、国内下水処理施設へ普及を図る。

東芝インフラシステムズ(株)

■ パワー半導体素子の自動設計のための高次元ベイズ最適化技術



自動設計と高次元ベイズ最適化
Design automation and high-dimensional Bayesian optimization



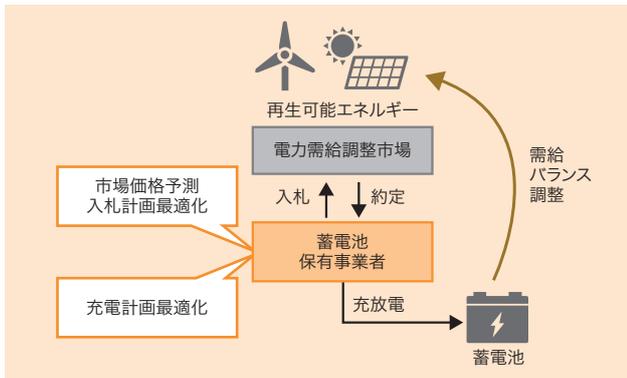
パワー半導体素子の設計パラメーターの例
Example of design parameters for power semiconductor device

パワー半導体素子は、社会の様々な機器やシステムの電力変換機能を担っており、その設計時には、技術者が寸法や濃度といった設計パラメーターを調整する。しかし、電力効率を高めるために素子の構造が複雑化するにつれて設計パラメーターの種類が多くなり、素子の性能を最大限に引き出すパラメーター値を見付けることが困難になっている。

そこで、設計パラメーターの種類が多く、その探索空間の次元が高い場合に有効な、高次元ベイズ最適化技術を開発した。この技術では、各時点で有望な低次元空間を設定しながら、探索を反復していく。その際、素子の特性値を観測するパラメーター値は、低次元空間の近傍のデータだけから構築した回帰モデルに基づいて定める。6個の設計パラメーターからなる素子の設計にこの技術を適用した結果、最小化したいオン抵抗の値を、標準的なベイズ最適化方式を用いた場合の2/3に低減するパラメーター値を見付け出すことに成功した。これにより、自動設計の実現可能性を示した。

研究開発センター

■ 蓄電池の収益性を高める電力需給調整市場への入札計画技術



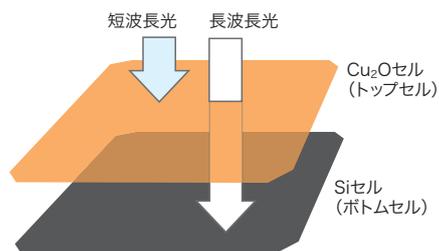
入札計画技術の概要
Overview of technology for strategic bidding on electricity market storage batteries

出力変動の大きい再生可能エネルギーの導入に伴い、電力送配電網に接続した蓄電池を電力需給バランス調整に活用することが推進されている。このような蓄電池を保有する事業者は、蓄電池を充放電することによって得られる調整力を電力需給調整市場で取り引きすることで、収益を得られる。この際、市場に入札する商品・価格・タイミング・量の適切な選択が、収益増加につながる。ただし、約定した調整力は必ず指令どおりに出力提供する必要がある。蓄電池の場合には、出力提供のために十分な蓄電量を事前の充電計画で確保する必要がある。

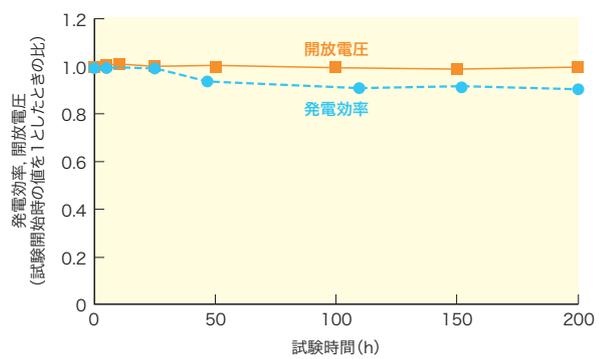
そこで、電力需給調整市場の市場価格の推移などを予測し、充電時間を確保した入札計画を自動で作成することで、蓄電池の調整力取引による収益を最大化する入札計画技術を開発した。調整力価格変動の大きい北海道エリアの蓄電池にこの技術を適用し、市場の最高落札価格の平均値で全時間帯に入札を行う計画と比較して、収益が約20%向上することを確認した。入札計画技術は、当社の蓄電池制御サービスで活用する計画である。

研究開発センター

■ Cu₂OとSiを積層した高効率タンデム太陽電池の耐熱寿命向上技術



Cu₂O/Si タンデム太陽電池の構造
Cu₂O/Si tandem solar cell structure



Cu₂Oセルの120 °C耐熱寿命試験の結果
Results of Cu₂O cell thermal stability test at 120°C

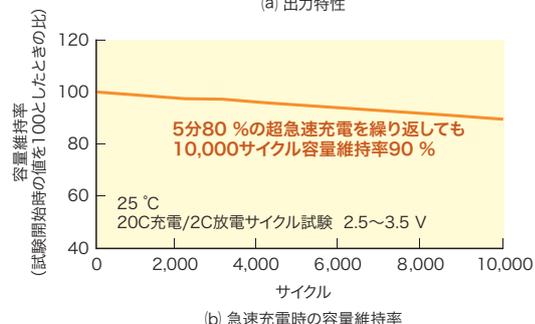
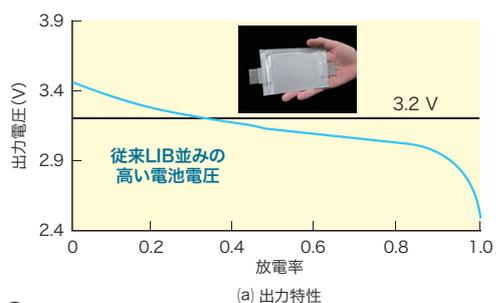
研究開発センター

カーボンニュートラルに貢献する技術の一つとして、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高効率タンデム太陽電池を開発している。当社が2019年に開発した透過型のCu₂Oセルを用いており、限られた設置面積で大電力を供給できることが特長である。

今回、実用的な14直列構造のCu₂Oセル(サイズ40×42 mm)で耐熱寿命試験を行った。透明電極に安定な非晶質性の酸化亜鉛膜を適用することで、車載用途に必要な120 °Cの高温で200 h経過しても、セルの開放電圧に変化が認められず、発電のキーとなるセル内のpn接合に大きな劣化がないことを確認した。発電効率は徐々に劣化したが、原因は透明電極の表面が大気成分と反応したことによる導電性低下と考えられ、セルの封止機能の強化で改善を図る。今後、更に耐熱寿命向上技術の開発を進め、2028年頃のCu₂O/Siタンデム太陽電池を搭載した電気自動車の、充電なし走行実証を目指す。

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) との共同研究の結果得られたものである。

■ 高電位作動のコバルトフリー正極を用いた急速充電耐久性に優れた3 V級酸化物負極電池



C: 電池の充放電電流値の相対的な比率を表す単位
LIB: Lithium Ion Battery

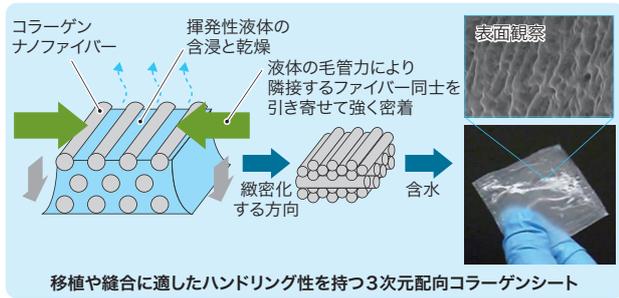
3 V級酸化物負極電池の出力特性及び容量維持率
(a) New 3 V-class oxide-anode battery and (b) Capacity retention under quick charging regime

研究開発センター

高電位作動のコバルトフリー正極を用いることで、資源保全と、高い電池電圧・急速充電耐久性を備えた3 V級酸化物負極電池を開発した。従来の酸化物負極を用いた電池は急速充電時も安全で耐久性があるが、電池電圧が低く、用途が限られていた。

当社は、これを解決する正極材料としてニッケルマンガン酸化物に着目した。この材料は、高い電圧で動作可能で、コバルトを含まないことから、性能と資源保全の両面で優れている。しかし、充電時に発生するガスによる電池膨れが問題であった。そこで、ガス発生メカニズムに着目して電池部材を改良し、正極からの遷移金属溶出を抑制してガス発生量を大幅に低減した。ニオブチタン酸化物負極との組み合わせでは、従来と比較してガス発生量を1/1,000に低減したほか、電池膨れなく、出力電圧3.2 V、5分間で80%の急速充電性能、1万回の充放電後も容量維持率90%といった優れた特長を確認した。この二次電池は、小型で高電圧が必要な産業用途をはじめ幅広いアプリケーションに適用できる。

■ ナノファイバー技術を活用した医療向けコラーゲンシート



エレクトロスピンニング法を用いたナノファイバー製造技術を活用し、皮膚再建や細胞培養などへの応用を目指して、生体組織を模倣した3次元配向コラーゲンシート（以下、シートと略記）を開発している。これまでに、液体の毛管力を利用した独自のナノファイバー密着プロセスを適用し、水を含んでも高い弾性を持つことから、移植や縫合に適したハンドリング性を得た。また、皮膚フラップ下に移植したところ、シートが消失し、皮膚の良好な生着を確認した。



今回、マクロファージを用いてシートに対する炎症性反応を調べたところ、炎症性サイトカインの分泌が抑えられ、低炎症性であることが分かった。生体受容性の高い材料として、新たに組織再生への応用可能性が示された。更に、人の正常な線維芽細胞の培養実験に用いると、シート表面の細胞の成長方向を制御できることが分かった。

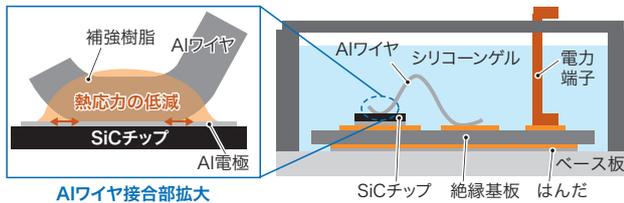
今後、社内外の関係部門と連携して、実用化を目指した機能検証を進めていく。

独自のナノファイバー密着法を適用した3次元配向コラーゲンシート
3D oriented collagen sheets manufactured using unique nanofiber adhesion method

関係論文：東芝レビュー、2024、79、3、p.40-43。

生産技術センター

■ パワー半導体モジュールの高信頼性化を実現するワイヤ接合部の樹脂補強技術



カーボンニュートラル社会の実現に向け、電車や、電気自動車、太陽光発電装置などの電力制御に、パワー半導体モジュールの適用が進んでいる。この度、更なる適用拡大に必要な、繰り返し通電時の熱ストレスへの耐久性向上のために、故障が多い箇所の一つであるワイヤ接合部の樹脂補強技術を開発した。

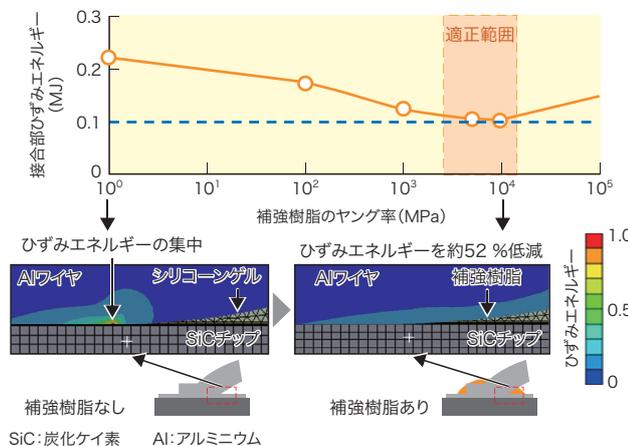
補強樹脂には、ワイヤ接合部の応力緩和性能と、その応力緩和状態を維持するための周辺部材との密着力が求められる。今回、有限要素法を用いた構造解析技術により、ワイヤ接合部の熱応力を低減する補強樹脂のヤング率の範囲を明らかにした。また、樹脂の密着力向上のため、樹脂物性を考慮して製造工程での熱履歴を適正化した。

開発した樹脂で補強したパワー半導体モジュールの実証実験を行い、ワイヤ接合部の熱ストレスへの耐久性が3倍以上に向上すること、及びひずみエネルギーを約52%低減できることを確認した。

今後は、高信頼性化したパワー半導体モジュールの製品化と適用拡大により、機器の省電力化に貢献する。

ワイヤ接合部の樹脂補強

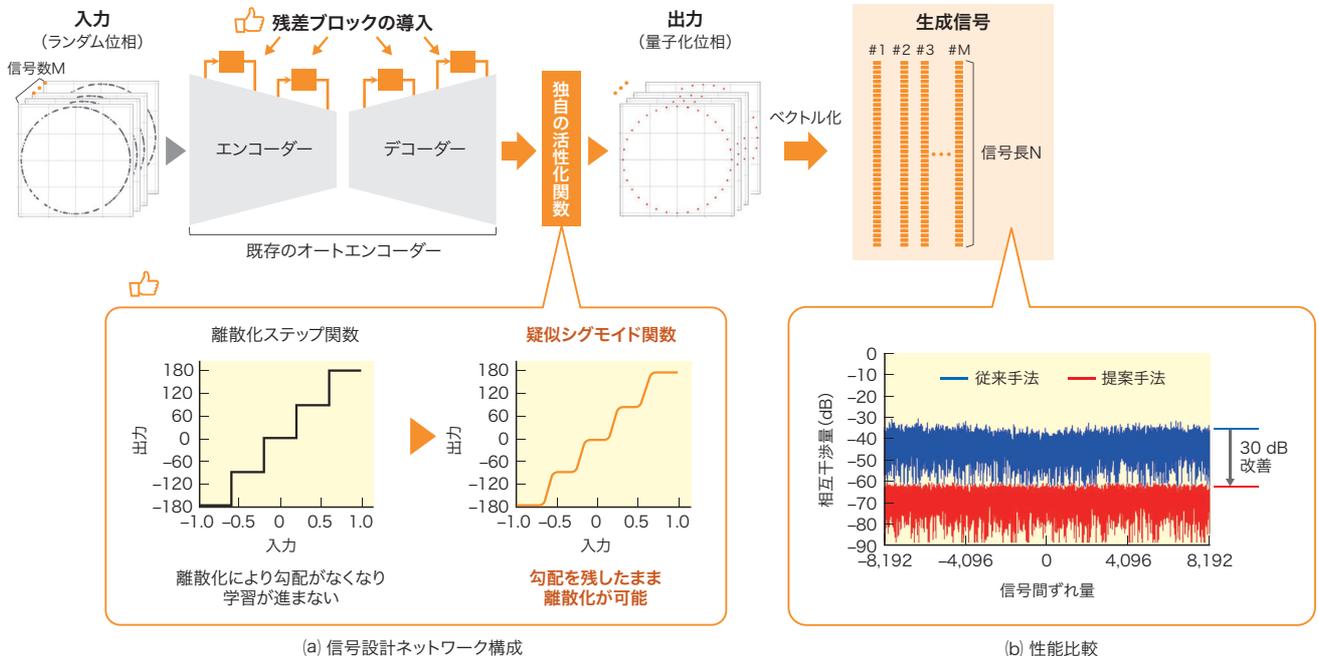
Resin strengthening technology for wire bonding



補強樹脂の物性がひずみエネルギーに及ぼす影響
Effect of coating resin properties on strain energy

生産技術センター

深層学習の活用で周波数利用効率を改善する信号設計技術



深層学習を活用した信号設計技術の概要

Overview of signal design technology based on deep learning

電波資源の枯渇が進む現代では、限られた周波数の有効利用が重要な課題である。周波数利用効率の向上は、通信システムには通信容量の増加を、レーダーシステムには探知精度の向上をもたらす、社会的・経済的・安全保障的な観点からも大きな意義を持つ。

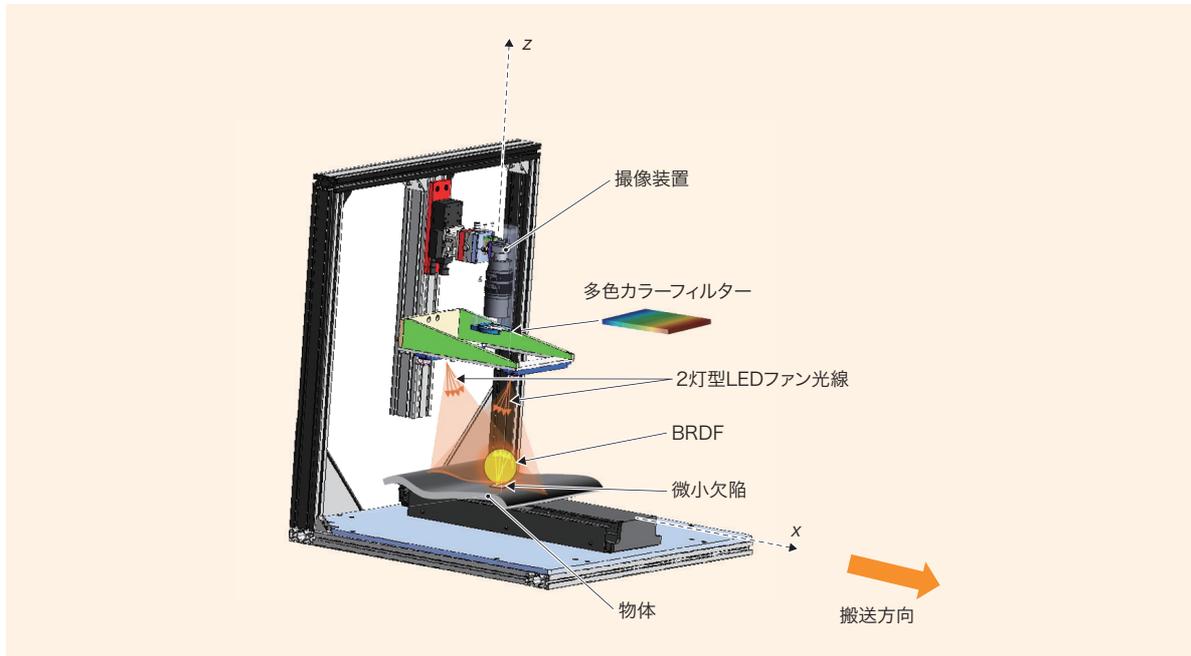
周波数利用効率を改善するには、同一システム内の異なる装置が同時に電波を利用しても、相互干渉量が極力小さくなるように信号を設計することが有効である。従来の代数的な設計アプローチは、同時利用できる信号長や信号数に制限があること、及び離散化の影響による装置上の性能劣化が不可避であることから、実用化の見通しは立っていなかった。

今回、新たな試みとして、深層学習を活用することで、任意の信号長や信号数に対応できる信号設計技術を開発した。開発技術は、深層学習の一種であるオートエンコーダーを基本とする強化学習であるため、運用で要求される相互干渉量を満足する信号を柔軟に設計できる特長を持つ。また、深層学習を活用する場合、離散化の影響による勾配消失と呼ばれる現象で、学習が進まなくなる問題が発生する。そこで、残差ブロックの導入や独自設計の活性化関数の利用により、学習を継続できるようにして、離散化の影響を考慮した信号設計を可能とした。

実機検証の結果、開発した信号設計技術は既存手法と比べて相互干渉量を約 30 dB 改善でき、実用レベルの性能を持つことを確認した。

開発技術は、防衛分野で多様な装備品への応用が可能であり、運用における周波数共用だけでなく、低被傍受性の向上や、搜索活動における長距離化・高解像度化も期待できる。今後、防衛分野のレーダーシステムで実用化を目指したのち、民生分野へのスピノフを実現するために、産官連携した検証を本格化していく。

傾斜角の大きな製品表面のリアルタイム光学検査技術



2灯型LEDファン光線を照射できる光学系の模式図
Schematic view of dual fan beam emitting optical imaging system

自動車や半導体などの様々な製造ラインにおいて、製品表面の微小欠陥を非接触で高速かつリアルタイムに検査し、目視に代わって良否判定を行い、全ての製品の品質を管理することが望まれている。

製品表面の微小欠陥、特にマイクロメートルサイズの高低差を持つ凹凸形状になると、従来の撮像技術では明暗のコントラストがつきにくく、鮮明な画像が取得できなかった。その結果、微小欠陥を見落とすことがあった。そこで、反射光の方向分布 (BRDF) を色変化として捉え、微小欠陥を瞬時に鮮明化できる撮像技術 (ワンショット BRDF) を開発してきた。ただし、曲面上の微小欠陥は、その曲面からの反射光が撮像装置に戻って来ないため、光学系に更なる工夫が必要であった。

これを解決するために、1灯のLED (発光ダイオード) 光源からファン状 (扇状) に広がる光線群を射出できる照明と、反射光の広がりの色で捉える多色カラーフィルターとを組み合わせ、曲面上の各点からの反射光の広がりを瞬時に捉える光学系を開発してきた。しかし、1灯のLED光源から射出するファン光線群だけでは、撮像範囲内において、物体への光線の入射角を大きく取ることが難しかった。そのため、大きな曲面を持つ物体からの、反射角度の大きな光線を撮像するのが困難であり、傾斜角が $\pm 10^\circ$ よりも小さな曲面を持つ物に検査対象が制限されるという問題があった。

今回、LED光源を2灯とし、両者を撮像視野の外側に配置することにより、全ての撮像点においてファン光線の入射角を大きく取れる光学系を設計した。これにより、従来の2倍以上の、 $\pm 20 \sim 30^\circ$ の傾斜角を持つ曲面でも、高低差が数 μm 以下の微小欠陥を、色の数の変化として捉えられるようになった。この技術により、製品の表面に大きな傾斜角の曲面を持つ物体も、製造ラインで搬送されている間にリアルタイムに検査できるようになった。

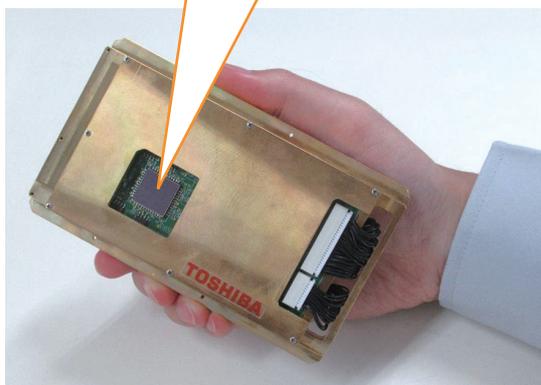
小型高精度慣性センサーモジュール及びそれを用いた可搬型ジャイロコンパス



MEMSジャイロセンサー



MEMS加速度センサー



開発した小型高精度慣性センサーモジュール
Compact, high-precision inertial sensor module



開発した可搬型ジャイロコンパス
Portable gyrocompass

慣性計測装置は、ジャイロセンサーや加速度センサーなどの慣性センサーの出力を用いて物体の位置を計測する。GPS（全地球測位システム）などの電波が届かない環境や、カメラの視認性が悪化するトンネルや屋内暗所などでも使用できることから、耐環境ロバストな測位技術として着目されている。モビリティの自律化の進展に伴い、既存市場である航空防衛用途から、AGV（自動搬送車）、ドローン、鉄道、自動運転車などの新規市場への用途拡大が期待されており、キーパーツである慣性センサーモジュールの小型・高精度化が課題となっている。

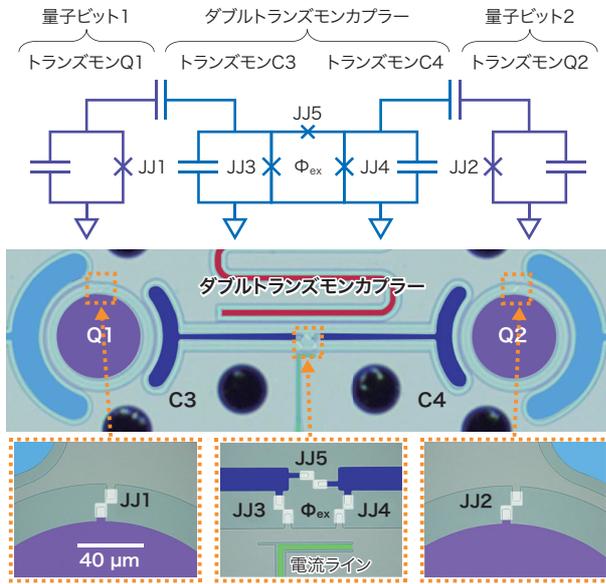
そこで、当社独自のMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術を活用して、小型の慣性センサーモジュールを開発した。ジャイロセンサーのバイアス安定性^{（注）}は $0.01^\circ/\text{h}$ 以下、加速度センサーは $1\ \mu\text{G}$ （ $9.8\ \mu\text{m}/\text{s}^2$ ）以下という世界最高レベルの精度であり、このモジュールを慣性計測装置に搭載すれば、太平洋航路をGPSなしで飛行可能なナビゲーショングレードの性能を満たす。

また、東芝電波プロダクツ（株）は、このモジュールを用いて持ち運び可能なサイズのジャイロコンパスを開発し、 0.056° の方位角精度で真北を推定できることを確認した。一般的な方位磁石が地球磁場を用いるのに対し、ジャイロコンパスは地球の自転を基に方位角を計測するため、磁場の乱れや遮蔽の影響を受けない。 0.056° の方位角精度は、極めて高い正確性が求められる防衛分野でレーダーなどの設置方向を決める際にも使用できる精度であり、防衛分野以外にも土木測量や地中掘削などの幅広い場面への適用が見込める。

この技術成果の一部は、防衛装備庁が実施する「安全保障技術研究推進制度（JPJ004596）」の支援を受けて得られたものである。

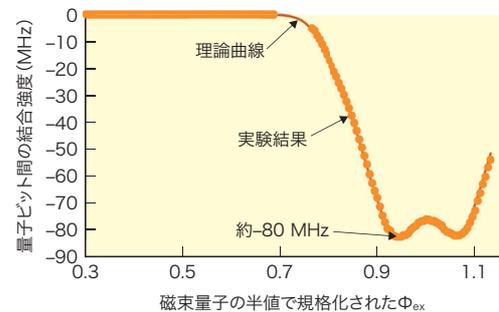
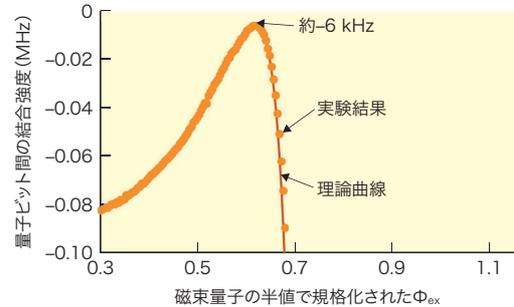
（注）センサー出力の安定性を示す指標であり、値が小さいほど高精度。

超伝導量子コンピューターの性能向上を可能にする可変結合器 ダブルトランズモンカプラー



JJ1~5:ジョセフソン接合 Φ_{ex} :ループ内の外部磁束
*理研提供の図を基に作成

ダブルトランズモンカプラーの回路図と作製したチップ
Circuit diagram and photo of double-transmon coupler (created based on a figure provided by RIKEN)



結合強度の測定結果
Coupling strength measurement results

近年注目されている量子コンピューターには様々な実現形態があり、中でも超伝導方式は特に有望視されている。その性能向上に寄与する素子として、可変結合器がある。可変結合器は、量子ビット間の結合の強さをオン/オフすることで、高速なゲート操作と非操作時のエラー抑制を両立できる。

しかし、従来の標準的な可変結合器は、エラー抑制に望ましい周波数が大きく異なる量子ビットに対して、結合を十分にオフにすることが難しかった。そこで当社は2022年、周波数が大きく異なる量子ビットに対しても結合をオフにできる、独自の可変結合器ダブルトランズモンカプラーを理論的に提案した。

今回、特定国立研究開発法人 理化学研究所（以下、理研と略記）と協力し、ダブルトランズモンカプラーを世界で初めて^(注1)実験的に実現することに成功した。その結果、周波数差が464 MHzと大きく異なる二つの量子ビットに対して、結合強度の大きさはオフ時に約6 kHz、オン時に約80 MHzとなり、オン/オフ比は約13,000と非常に大きく、理論の予測どおりの特性を確認した。大きな結合強度を生かすことで、ゲート時間48 nsという高速な2量子ビットゲートを実現し、世界トップレベルとなる99.90%のゲート忠実度^(注2)を達成した。

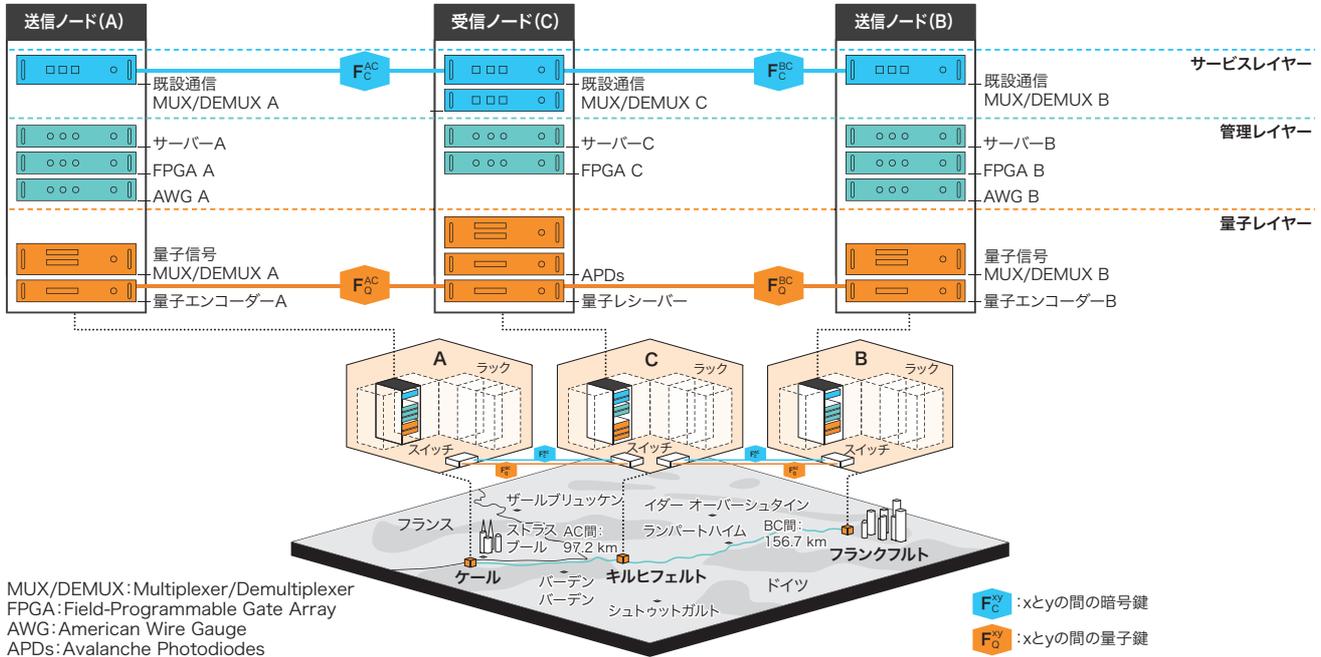
今後、更なる性能向上と量子ビット数のスケールアップを目指す。

この成果は、理研の中村泰信チームとの共同研究で得られたものである。また、この成果の一部は、文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)「超伝導量子コンピューターの研究開発(研究代表者:中村泰信)(Grant No.JPMXS0118068682)」による助成を受けて得られた。

(注1) 2024年10月時点、当社調べ。

(注2) 実際のゲート操作がどれだけ理想に近いかを表す標準的な性能指標。

既設通信インフラを用いた 250 km を超える 長距離量子暗号通信の実証



MUX/DEMUX: Multiplexer/Demultiplexer
 FPGA: Field-Programmable Gate Array
 AWG: American Wire Gauge
 APDs: Avalanche Photodiodes

TF-QKD 実証システムの構成

Configuration of twin-field quantum key distribution (TF-QKD) demonstration system

量子コンピューターの普及は計算パラダイムの大きな転換をもたらし、従来の暗号化技術の脅威となり得る可能性が指摘されている。その解決策の一つとして、単一光子を活用して暗号鍵を運ぶ量子鍵配送 (QKD: Quantum Key Distribution) は、物理法則で安全性が保証された技術として期待が高まっている。

当社は、このQKDの通信可能距離を倍増するTwin Field QKD (TF-QKD) プロトコルを開発し、長さ600 kmを超える光ファイバーでの量子暗号通信を確認した。しかし、このシステムは極低温光子検出器や、低振動で安定した実行環境などを必要とするため、精密に制御された実験室などでの稼働に限定されていた。

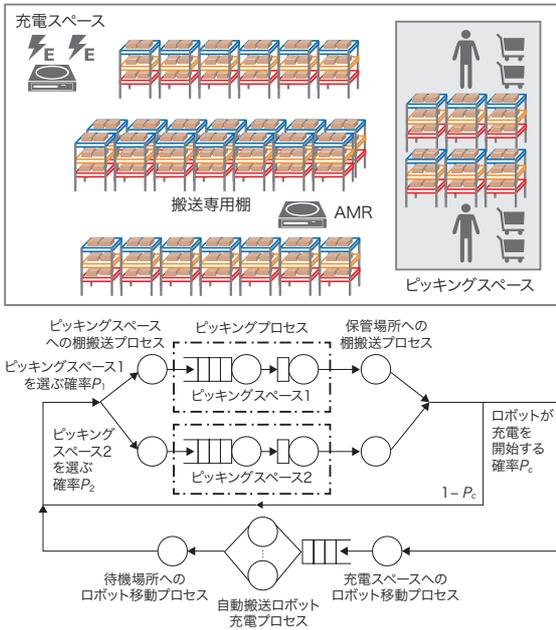
そこで、一般的な通信データセンターで標準的に利用されている機器だけを用いるTF-QKDシステムを新たに設計した。サーバーラックに搭載可能な小型TF-QKDシステムを試作し、ドイツに既設されている254 kmの通信インフラ上でQKDを実証した。GÉANT社の協力の下、ケールとフランクフルトにある標準的なデータセンターにレーザー光源を含む通信機器を設置して送信ノード(A)・(B)とし、中間地点のキルヒフェルトに双方からの光子を観測する受信ノード(C)を設置した。

道路や建物の地下を通る数百 km の光ファイバーは、振動やノイズの影響を強く受けており、QKDの効率低下の要因となる。これに対し、位相ノイズを低減する独自のオフバンド位相安定化技術の適用や、位相参照信号とプロトコル符号化信号に異なる光周波数帯を割り当てるなどの工夫により、254 kmの距離で110ビット/sの信頼性の高い安全な鍵生成を実現した。これは、現在の商用QKD製品の性能を上回る通信距離であるだけでなく、極低温冷却を必要としない半導体レーザーや検出器によるTF-QKDプロトコルの、実インフラを使った初めての实証として、長距離量子通信への道を切り開く結果である。

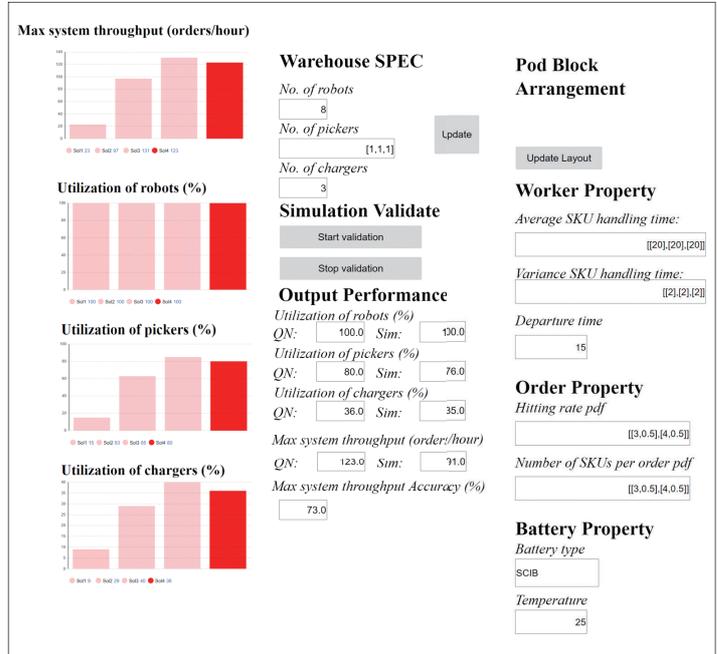
この研究の一部は、EU (欧州連合) のホライズン2020プロジェクト「OPENQKD」、及び総務省委託事業「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発 (JPMI00316)」の支援を受けて実施した。

東芝欧州社

物流自動化向け超高速性能評価技術



AMRを導入した倉庫自動化の概要とQNモデル
Warehouse automation using autonomous mobile robots (AMRs) and queuing network models



見積ツール出力画面の例
Examples of estimation tool output images

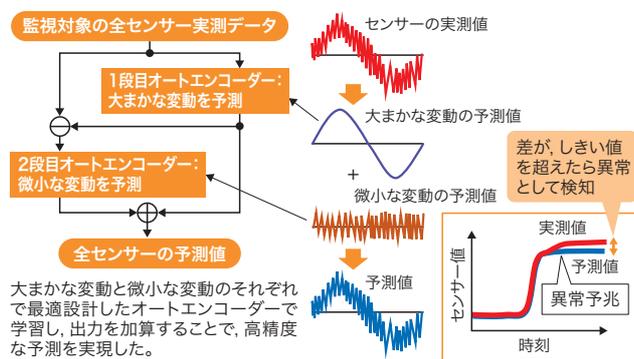
物流業界では、EC（電子商取引）の拡大や人口減少などの影響で人手不足が慢性化しており、倉庫自動化による効率化や省人化のニーズがますます高まっている。自動搬送ロボット（AMR）などを使い、商品の入った棚をピッキングステーションへ搬送するG2P（Goods to Person）システムが注目されており、顧客への提案段階で、費用対効果の効率的な提示が重要となる。必要なスループットを達成するための最小限のAMR台数・ピッキングステーション数の見積もりや、採用する電池の特性を適切に反映した性能評価などが求められる。

従来、顧客への費用対効果の提示には、離散事象シミュレーターを用いていたが、安定した結果を得るまでに時間が掛かることがあった。

そこで、Queuing Network (QN) をベースとした数理モデルを導入することで、離散事象シミュレーターによる精度を維持したまま、約1,000倍高速化可能な見積ツールを開発した。また、AMRの平均移動時間を連続時間シミュレーションから自動的に抽出してQNモデルに提供することで、倉庫内のレイアウト変更に対応した見積もりを自動的に実施できるようにした。また、電池特性のモデルの導入により、異なる種類の電池を採用した場合のスループットや必要な充電ステーションの数を評価できるようになった。これにより、冷蔵倉庫内のAMRに搭載する東芝リチウムイオン二次電池SCiB™の優れた低温特性の可視化も実現した。

この技術は、G2P物流自動化システムの顧客提案支援ツールとしての活用や、倉庫自動化システムでのSCiB™活用効果を定量的に評価するために、活用していく。

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の提供開始



2段階オートエンコーダーの構成

Two-stage autoencoder operation process



TOSHIBA SPINEX for Energyの異常予兆検知システム

Example of anomaly detection system trend monitoring display

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。

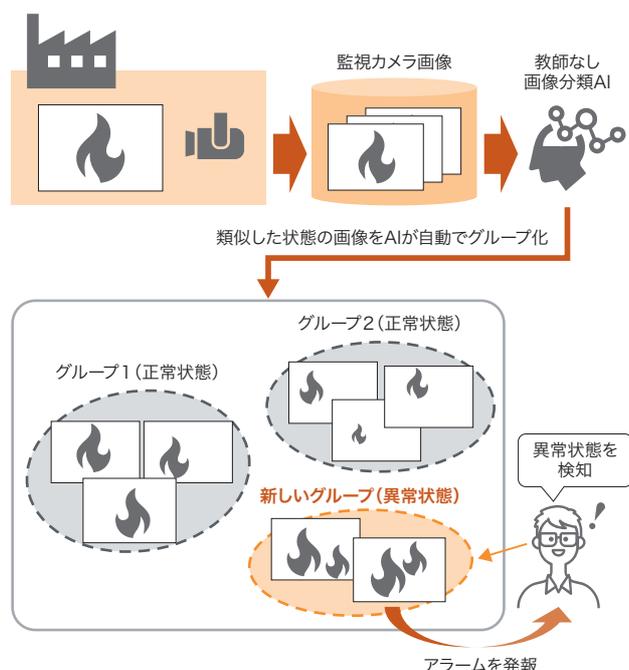
そこで、これまでに当社は、異常予兆検知AI“2段階オートエンコーダー”を開発してきた。膨大な時系列データにまたがる複雑な関係を学習させることで、プラントの状態変化の中に埋もれ、従来は捉えられなかった異常の兆候を、早期かつ高精度に検知できる。検知することで、異常や劣化の状態に応じたメンテナンスを可能にし、状態基準保全による効率的なプラント運用・保守と稼働率の向上が見込める。実証試験は、東芝エネルギーシステムズ(株)の子会社の(株)シグマパワー有明が運営する三川発電所で行い大量のデータのオンライン監視から、埋もれた異常予兆が早期に検知できることを確認した。

2024年2月に、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、クラウドサービスとオンプレミスの両方で提供を開始した。

関係論文：東芝レビュー、2024、79、5、p.51-54。

研究開発センター

産業プラントの監視画像を自動でグループ化して未知の異常状態を発見する 教師なし画像分類AI技術



教師なし画像分類AI技術を用いた監視カメラ画像の異常検知

Detection of anomalies in factory surveillance camera images using unsupervised clustering artificial intelligence (AI)

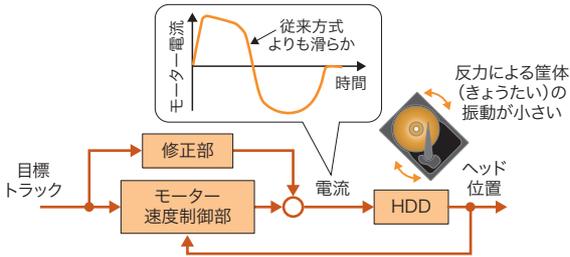
産業プラントでは、監視カメラで取得した映像を監視員が目視で確認し、異常の発生を監視している。省力化や見逃し防止のため、AIを用いた監視の自動化が期待されているが、監視対象が流体状の材料や炉内の炎など不定形のケースがあり、AIに正常や異常の状態を事前に学習させることは困難であった。

そこで、AIが自動で画像の特徴を学習して類似した特徴の画像をグループ化する“教師なし画像分類AI技術”を開発し、監視カメラの映像に適用して自動で未知の異常状態を検知するAIエンジンを開発した。監視カメラで得た画像のグループ化で、複数の正常状態のグループを可視化させ、正常状態と異なるグループが発生した際に異常状態のアラームを発報する。このアラームで、常に監視していなくても異常状態に気付くことが可能になる。道路の監視カメラの公開データを用いた実験により、開発したAIエンジンで渋滞状態が検知できることを確認した。

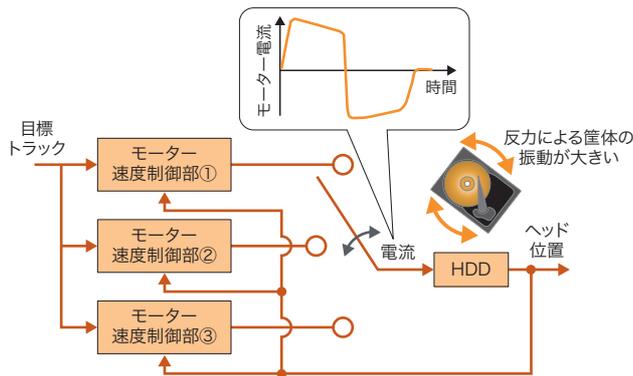
開発したAIエンジンは、提供に向けて東芝グループ会社の開発する産業プラント監視システムに組み込んだ。

研究開発センター

■ ニアラインHDDのシーク反力低減を実現した制御技術



シーク反力を低減する開発したシーク制御方式のブロック線図
Block diagram of proposed seek control system to reduce reaction force



従来のシーク制御方式のブロック線図
Block diagram of conventional seek control system

データセンターで利用されるニアラインHDD（ハードディスクドライブ）は、大容量化だけでなく、シーク^(注1)時の反力^(注2)が小さいアクセス性能も求められる。反力低減の実現には、加速や定速から減速へ移行する際の動作を滑らかに行う必要があり、減速移行時のモーター電流の形状整形が重要となる。

従来方式では、シーク時に制御則を切り替えてモーター電流を整形していたが、切り替え時の電流を滑らかにすることが難しく、反力を低減させることが困難であった。

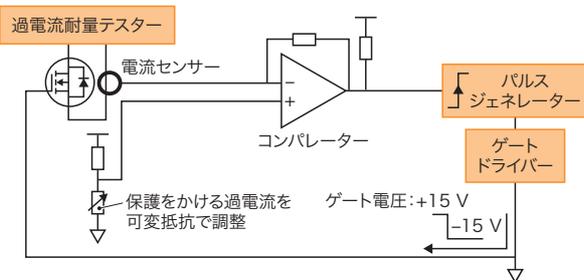
そこで、制御則を切り替えることなく、統一した制御則で目標トラック近傍までシークさせる方式を開発した。更に、減速移行時のモーター電流形状を滑らかにするため、モーター速度を制御する新しい技術も導入したことにより、反力を抑えたシーク性能が実現できた。その結果、シーク終了時の残留振動が約7%改善した。現在、この制御技術の次機種への適用を進めている。

(注1) ヘッドを目標トラックまで移動させる動作。

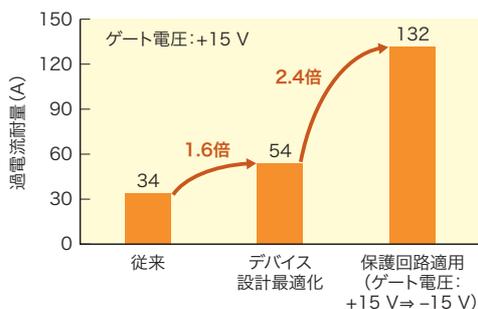
(注2) モーターが発生させた力に対し、モーター支持箇所が発生する力。

研究開発センター

■ SiC MOSFETの過電流耐量を向上させた設計最適化と保護回路技術



開発した過電流保護のためのゲート電圧制御システム
Gate voltage control system for surge current protection



デバイスの設計最適化・保護回路の適用による過電流耐量の向上
Improvement of surge current tolerance via device design optimization and protection circuit

電力ネットワークや電気自動車・鉄道などの電力損失低減に寄与する、次世代のパワーデバイスSiC（炭化ケイ素）MOSFET（金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ）の必要性が増している。SiC MOSFETは、同期整流の応用時に、過電流に対する破壊耐量が低下することが問題となっている。

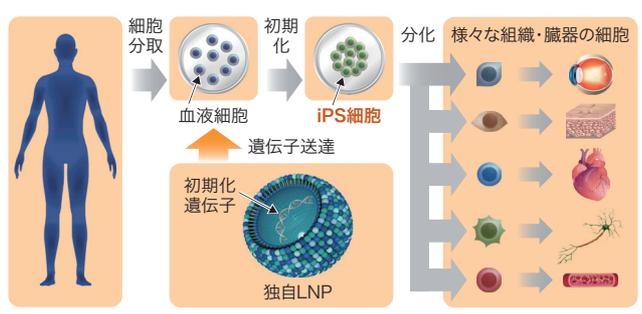
そこで当社は、東芝デバイス&ストレージ（株）と連携して、シミュレーション解析で原因分析を行い、通常の整流時はデバイスがバイポーラー動作するのにに対し、同期整流時はユニポーラー動作し、発熱が過大になることが過電流耐量の低下する原因であることを明らかにした。

その結果を基に、過電流動作時はバイポーラー動作を誘起するようにデバイスの設計最適化を行い、試作した実デバイスで、過電流耐量を1.6倍に向上できたことを確認した。加えて、過電流を検出し、ゲート電圧を正から負に切り替える保護回路の適用により、更に特性改善が図れ、過電流耐量を2.4倍に向上させることに成功した。

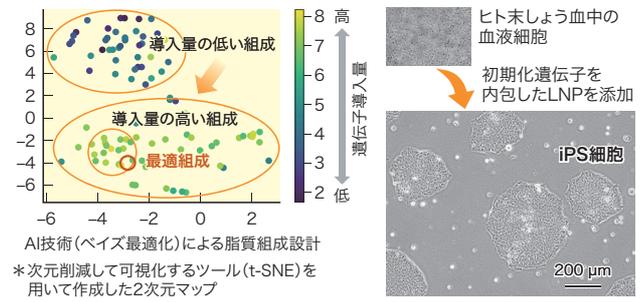
開発した技術は、SiC MOSFETの信頼性向上に寄与し、パワーエレクトロニクスシステムの安定性に貢献できる。

研究開発センター

独自の脂質ナノ粒子により血液細胞からiPS細胞の作製に成功



独自LNPを用いたiPS細胞の製造プロセス
Induced pluripotent stem cell (iPSC) production process using novel lipid nanoparticles (LNPs)



独自LNPの脂質組成設計方法と血液細胞から作製したiPS細胞
Novel LNP lipid composition design method and iPSCs produced from blood cells

様々な組織や臓器を作製可能なiPS細胞（人工多能性幹細胞）は、再生医療や創薬への応用が期待される。医用材料としてiPS細胞を実用化するには、安全で均一な細胞を得ることが可能な製造プロセスの確立が求められるが、現行法ではウイルス由来材料を使用するため、安全面で懸念がある。

そこで当社は、京都大学iPS細胞研究財団と共同で、非ウイルス材料である独自脂質ナノ粒子（LNP）を用いたiPS細胞製造プロセスを開発してきた。

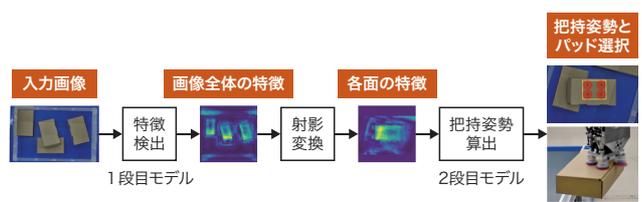
LNPは、複数の脂質成分から成る遺伝子送達用カプセルで、標的細胞に応じた脂質成分比の最適化で遺伝子送達効率の向上が実現できる。末しょう血中の血液細胞に95%以上の効率で送達できるようにAI技術を活用して最適組成を設計し、そのLNPに初期化遺伝子（注）を内包させ、血液細胞からiPS細胞を作製することに成功した。

LNPを用いた細胞製造プロセスは、安全性と量産性の点から応用範囲の拡大が見込める。今後はiPS細胞から種々の組織・臓器の細胞を作製することにも取り組んでいく。

（注）細胞を初期状態に戻してiPS細胞を作るための遺伝子群。

研究開発センター

複数の吸着パッドを備えたロボットハンドでの物品形状に合わせた把持姿勢を高速に計算するAI



ポイント1	ポイント2	ポイント3
<p>モデルを2段階にして学習</p> <p>接触できる面を検出（1段階目モデル）</p> <p>検出した面の向きをそろえてから学習（2段階目モデル）</p> <p>正確に把持位置を捉え、向きがばらばらでも正確に把持可能</p>	<p>1段階目モデルの計算結果を活用して2段階目モデルを計算</p> <p>一般的な方法</p> <p>射影変換 → 特徴検出 → 把持姿勢算出</p> <p>2段階目モデル</p> <p>開発した方法</p> <p>射影変換 → 把持姿勢算出</p> <p>1段階目モデルの結果（画像全体の特徵）</p> <p>一部省略された2段階目モデル</p> <p>2段階目モデルに必要な計算の一部を省略し、高速化を実現</p>	<p>物品の面と接触可能な吸着パッドの最大個数を計算</p> <p>吸着パッド 1個</p> <p>吸着パッド 2個</p> <p>吸着パッド 3個</p> <p>吸着パッド 4個</p> <p>物品の形状に合わせた個数の吸着パッドを選択可能</p>

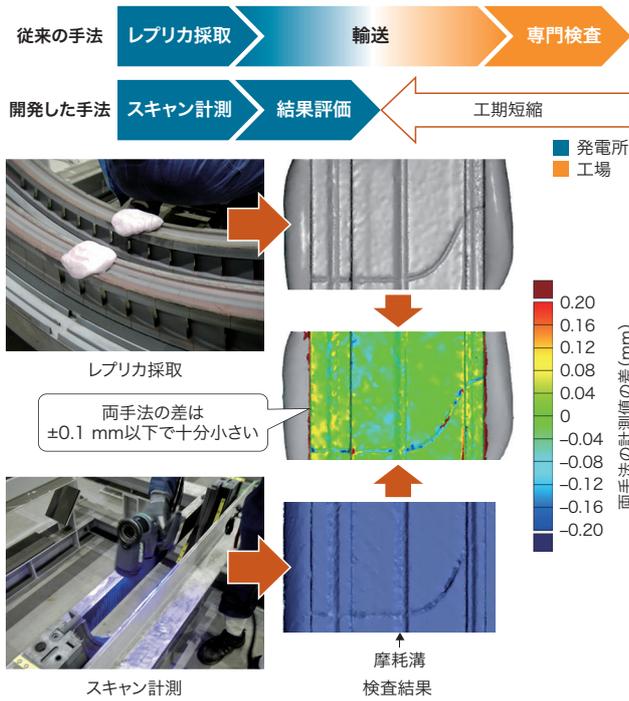
AIモデルの概要とポイント
Overview of AI model to rapidly provide grasp points for robotic multi-suction cup grippers

物流倉庫での労働力不足を解消するため、物品のピッキング作業で多様な形状を扱って自動化できるロボットが求められる。そのため、当社は、複数の吸着パッドを備えたロボットハンドを開発してきた。しかし、乱雑に置かれた物品に対し、適切な個数のパッドで把持するハンド姿勢の計算に従来は5.62秒掛かり（成功率73.9%）、その短縮が課題であった。

そこで、2段階モデルで高速に計算できるAIを開発した。このAIは、ハンドが物品に接触する面を検出する1段階目と、その結果を射影変換させたものからハンドの向きと吸着位置を決定する2段階目から成る。検出した面の向きはそろえることができ、乱雑に置かれても有効である。また、1段階目結果の特徴マップを転用して2段階目の計算を一部不要とし、高速化した。更に、各吸着パッドの接触面積から、形状に合わせた個数のパッドを選択できる。物流倉庫の代表物品の画像で検証し、従来に比べ、計算時間は1/10以下の0.47秒、成功率は6.2ポイント改善の80.1%を実現した。

生産技術センター

■ 3次元計測による火力発電所での摩耗・損傷検査の現地完結化



摩耗検査の従来手法と開発手法の比較
Comparison of conventional and proposed methods for wear inspection

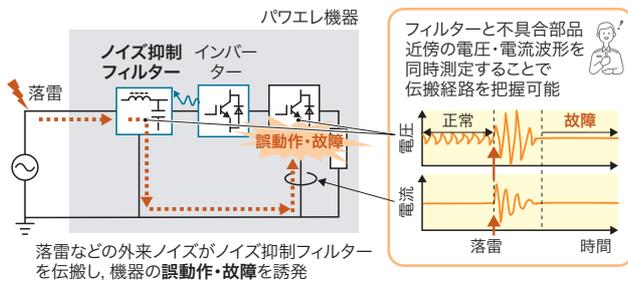
火力発電所の定期点検では、部品の摩耗・損傷（以下、摩耗と略記）状態の検査として、レプリカに形状を転写し、工場に持ち帰って計測する手法が用いられていて、点検に長期間を要していた。

そこで当社は、東芝エネルギーシステムズ(株)と連携し、課題である摩耗検査の現地完結化のため、タービン静止翼フィン表面層の摩耗を対象に、ハンディースキャナーを用いた3次元計測による検査手法を開発し、導入した。精度検証で従来法と同等であることを確認するとともに、被計測物に影響を与えない位置決め法を新たに採用して、ハンディースキャナーでの計測を可能とした。この結果、摩耗量算出までオンサイトで迅速にでき、摩耗検査の現地完結化に加え、工期短縮を実現した。更に、従来手法では局所的なデータしか取得できなかったのに対し、スキャン計測で連続的かつ3次的に部品形状や摩耗状態を評価できるようにしたことで、部品交換時期の予測の高度化などにも活用できる見込みを得た。

今後も、保守ビジネスの拡大や作業の効率化に向けて、3次元データ活用を推進していく。

生産技術センター

■ 電磁ノイズの漏えい抑制と耐性確保の両立を可能にする伝搬経路の分析技術

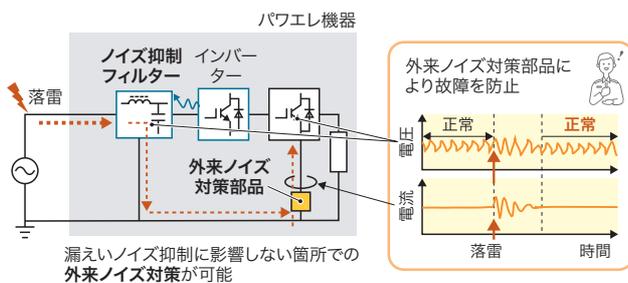


ノイズ伝搬経路の分析技術
Noise propagation path analysis technology

近年高まる省エネ需要に伴い、インバーターなどのパワーエレクトロニクス（パワエレ）機器のスイッチング速度の高速化が進み、機器から漏えいする電磁ノイズ（以下、ノイズと略記）は増加傾向にある。一方、そのノイズ対策として追加したフィルターは、落雷などの外来ノイズの経路になって部品の誤動作・故障などの不具合を引き起こす場合がある。

そこで当社は、ノイズの漏えい抑制と外来ノイズへの耐性確保を両立させる対策にあたり、ノイズの伝搬経路を明確化する分析技術を新たに開発した。この技術は、差動プローブを用いて、不具合を生じる部品とフィルターの電圧波形、及びその間の配線の電流波形を同時に観測することで、不具合を生じる部品までのノイズの伝搬経路を明確化できる。これにより、漏えい抑制に影響しない箇所での外来ノイズ対策が可能になる。

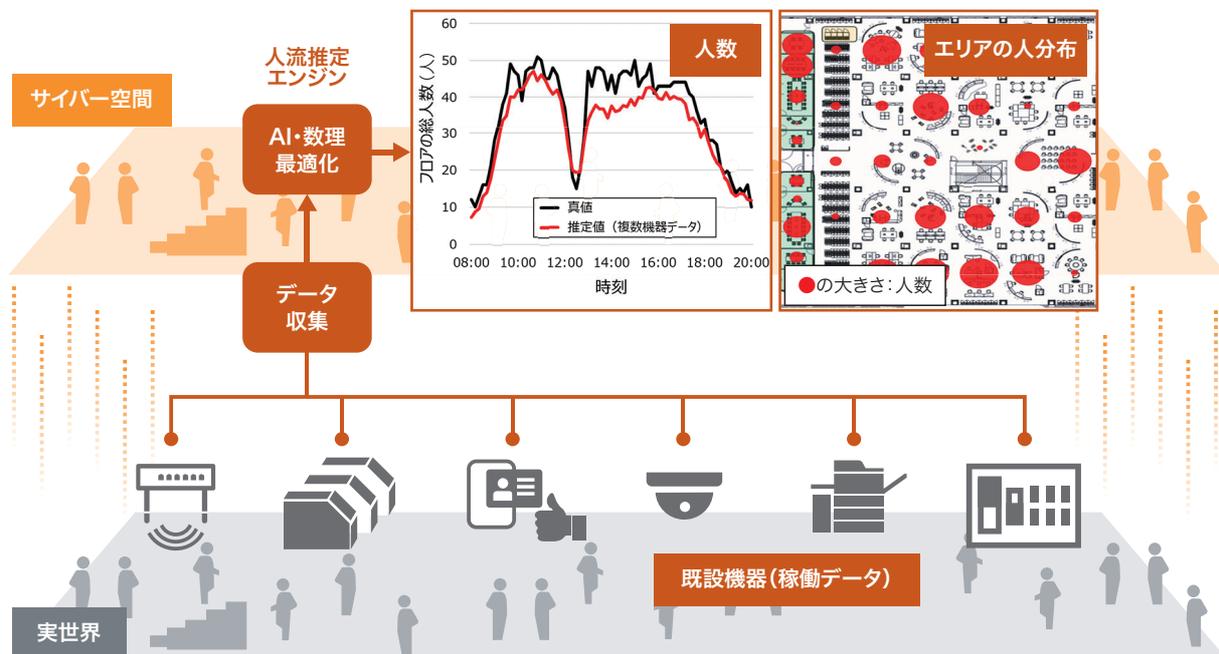
開発した分析技術を設計の初期や試作評価に活用することにより、低ノイズ設計と試験不合格時の迅速な分析/対策を可能にし、開発の後戻りも削減できる。



漏えいノイズの抑制と外来ノイズへの耐性確保を両立させる対策
Measures for reducing leakage noise and improving external noise

生産技術センター

既設機器を仮想センサーとして活用する人流推定エンジン



イノベーション・パレットに導入した人流推定エンジンの構成
Configuration of human foot traffic estimation engine equipped at Innovation Palette

IoT (Internet of Things) やAIの技術発展に伴い、センサーから収集したデータを基に、人や環境の状況を理解するデジタルツインが注目されている。

当社は、オフィスや商業施設などを対象に、無線LANアクセスポイント、入退室ゲートなどの既設機器を仮想センサーとして活用し、その稼働データを統合して、人数・人分布・位置などの人流を推定するエンジン(ソフトウェアモジュール)を開発した。

このエンジンは、人流に応じた照明・空調の制御や、スペースの有効活用、エリア限定の広告、人の追跡によるセキュリティ強化などのソリューション事業への展開を目指している。最大の特徴は、既設機器を活用する点にある。新たなセンサーを導入せず人流推定が可能のため、導入コストを抑えられる。人の活動が影響を与える既設機器の稼働データを収集し、AI解析や数理解最適化手法により、統合時に生じる機器間データの矛盾を最小化して、任意に区分け・選択したエリアの人流情報を推定する。複数種類の機器からの稼働データを活用することで、推定精度を高められる。これらの機能は、対象となる人の活動を変えずに実現可能である。

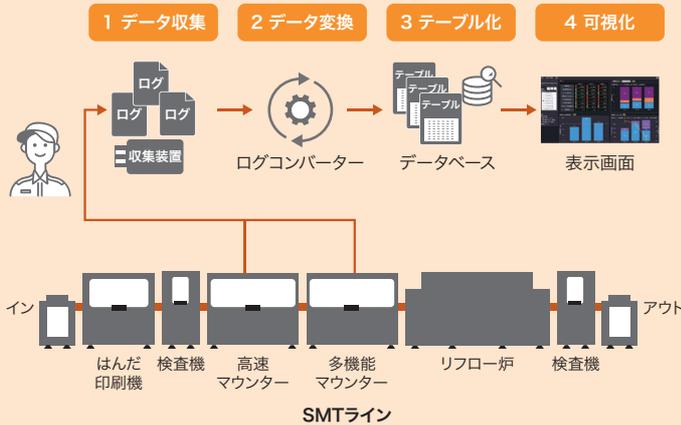
“イノベーション・パレット”^(注1)のオフィスフロア(50×60 m: 約200人を収容可能な空間)に、図に示す構成のエンジンを導入し、人数・人分布を推定する技術実証を行った。無線LAN、ゲート、天井カメラ(ViewLED^(注2))、OA機器電力など、5種類以上の既設機器からデータ収集し、統合条件を変更して、推定精度を検証した。フロア総人数の推定は、朝・昼・夕の人数の変動に追従し、平均誤差が10%以下であることを確認した。フロアを任意に区分した各エリアの人分布では、平均絶対誤差が0.6人であった。

このエンジンは、人数、人分布、位置などの人流情報をリアルタイムに提供できる。ソリューション要件や既設機器の制約に合わせたエンジン構成を提案する導入支援とともに、クラウドサービス及びソフトウェア提供を展開する。

(注1) 2023年11月に竣工(しゅんこう)した東芝グループの研究開発新棟。

(注2) 東芝ライテック(株)製 カメラ付きLED(発光ダイオード)照明。

電子回路基板の製造工程をデータドリブンで改善する Meister Appsの提供開始



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
のシステム構成
Configuration of prototype Process Improvement Assist Package for SMT
Lines



KPI: Key Performance Indicator

Meister Apps 工程改善アシストパッケージ for SMTライン
開発における製造ナレッジの表示画面
Display screen of Process Improvement Assist Package for
SMT Lines showing manufacturing knowledge

近年、製造現場では、品質向上とコスト削減のため、スマートファクトリー化が進められている。その中で、電子回路基板の製造工程の場合は、異なるメーカーや古い装置が混在する生産ラインへの対応が課題である。

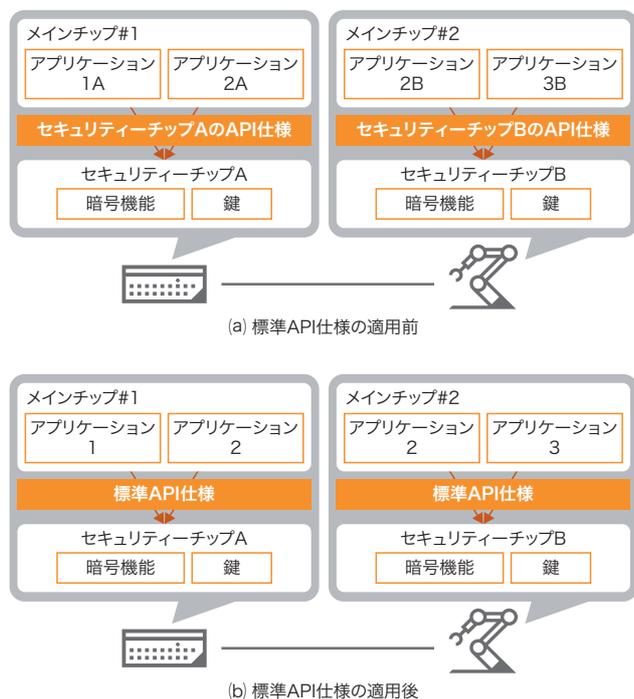
当社は、東芝デジタルソリューションズ(株)と連携して、電子回路基板の製造工程の生産性改善を実現する技術を開発した。そして、新たなIoTソリューション“Meister Apps 工程改善アシストパッケージ for SMTライン”として、2024年10月に東芝デジタルソリューションズ(株)から提供を開始した。

このIoTソリューションは、基板上に電子部品を実装するSMT (Surface Mount Technology, 表面実装技術) ラインにて、電子部品を搭載する装置であるマウンターのログデータを収集し、工程の状態を可視化・分析することにより、作業者の効率向上や品質管理の適正化を支援する。課題とされる異なるメーカーや古い装置が混在する生産ラインへの対応が可能であり、製造現場での活用シナリオに応じた可視化メニューの設定を実現している。

このIoTソリューションの開発においては、社内製造現場でのトライアルにより、システムの完成度を高めてきた。そこでは、メーカーの異なる装置や古い装置のログデータを収集し、リアルタイムに同一指標のデータに変換可能な環境を構築した。これらのデータを精査・統合する際は、当社が保有している様々な電子回路基板の製造ナレッジを活用した。また、製造現場で活用が期待される品質改善のシナリオを想定し、稼働状況や、部品廃棄率、エラー率などを可視化するための解析アルゴリズムも開発した。更に、解析結果の表示では、生産管理の効率向上のために作業者の声を収集した結果を基に、ダッシュボードへの表示を実現している。例えば、生産日と装置名を指定すると、その稼働率やエラー率などを数値と棒グラフで表示し、テーブル化した生産ロットごとの情報を表形式で確認できる。

今後は、製造現場の改善作業を容易にする新機能の開発を進め、このIoTソリューションのアップデートを推進していく。

産業用IoT機器のセキュリティー標準API仕様 ISO/IEC TS 30168の策定



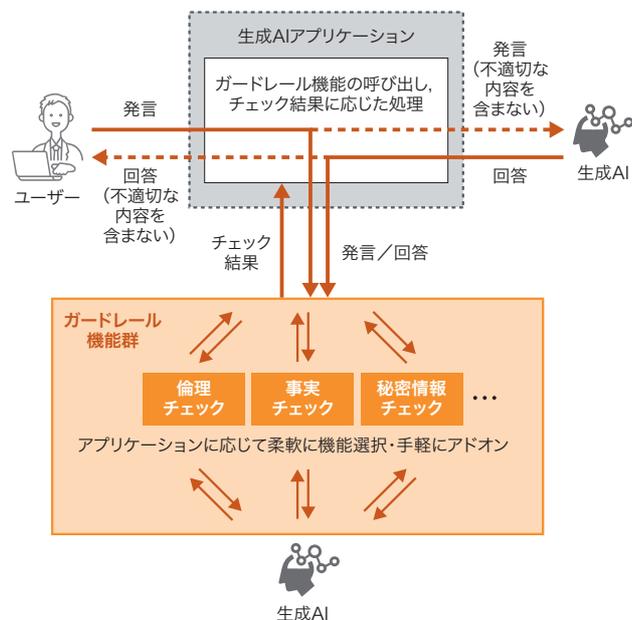
標準API仕様の適用例
Standard API specification example

産業用IoT機器に搭載されるセキュリティーチップは、機器固有の秘密鍵を安全に守るもので、機能として、正しい機器であることを確認する機器認証や、起動時にOS（基本ソフトウェア）・アプリケーションの改ざんがないことを確認するセキュアブート、不正アプリケーションの実行を防ぐアプリケーション認証などの実現が想定されている。しかし、これらのセキュリティー機能をアプリケーションに実装する際、各セキュリティーチップベンダーのAPI（Application Programming Interface）仕様が異なり、その対応が困難なため、普及が進まなかった。

当社は、セキュリティーチップ共通となるAPI仕様の策定を目指し、コエディターとして国際標準化を推進し、その仕様はISO/IEC TS 30168（国際標準化機構／国際電気標準会議規格 標準仕様書30168）として2024年5月に発行された。暗号に詳しくない人でも実装でき、今後、セキュリティー機能搭載の普及や、リスクが軽減されたリモートサービスの増加が見込める。

研究開発センター

生成AIを安全に利活用するための回答品質向上技術



ガードレールによる不適切な内容のチェック
Artificial intelligence (AI) guardrails to check for inappropriate content

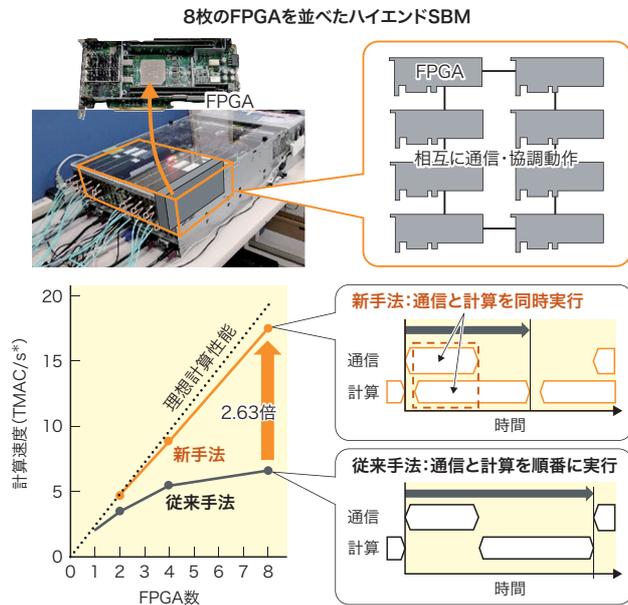
生成AIが急速に進化し、業務効率化やコスト削減などのビジネス活用が浸透する中、生成AIを安全に利活用するための技術の必要性が高まっている。こうした技術の一つにガードレールがある。ガードレールは、生成AIの入力（プロンプト）や出力（回答）を監視・制御することで、不適切な情報がユーザーに提供されることを防ぐ技術である。

当社は、倫理的に問題のある有害コンテンツや、事実と異なる情報、秘密情報など、不適切な内容が含まれていないかをチェックするため、複数のガードレール機能を開発した。これらのガードレール機能群からアプリケーションに応じて機能を選択してアドオンすることで、生成AIへのプロンプトとその回答をチェックし、チェック結果に応じて不適切な内容を抑止するなどの一連の処理を手軽に実装でき、アプリケーションの信頼性を高められる。

今後は、東芝グループが提供する生成AIを活用したアプリケーションに、開発したガードレール機能を搭載し、展開していく。

研究開発センター

大規模組み合わせ最適化問題のための スケーラブルなハイエンドシミュレーテッド分岐マシン



*1秒あたりに計算できる積和演算の数

通信と計算の同時実行で性能もほぼ理想的にスケールするようになり
たハイエンドシミュレーテッド分岐マシン

Simulated bifurcation machine with near ideal scaling performance
through overlapping computation and communication

金融ポートフォリオ最適化やスケジュール最適化などの組み
合わせ最適化問題は、その規模が大きくなるほど解くことが難
しくなる。

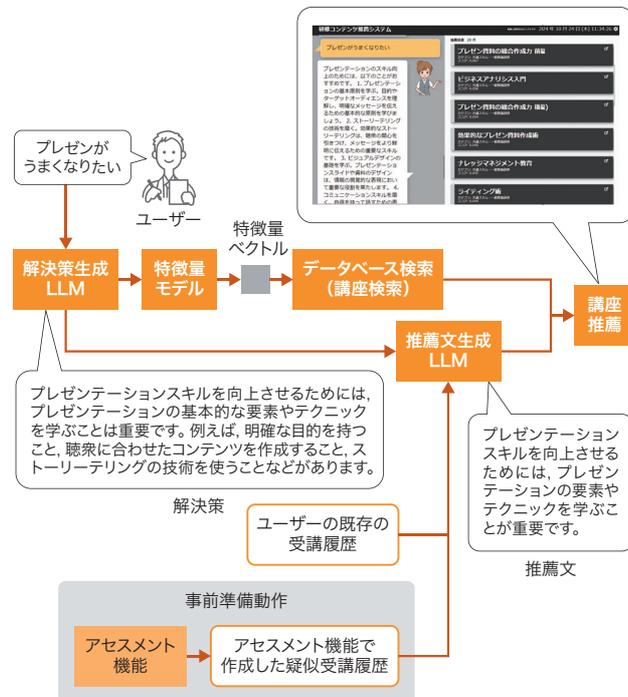
当社のシミュレーテッド分岐マシン (Simulated Bifurcation
Machine) (SBM) は、当社独自の量子コンピューター理論に
由来するアルゴリズムにより、厳密解に近い良解を短時間で見
付け出せる。ハイエンドSBMは、複数のFPGA^(注)を用いて、
解くことのできる問題規模のスケールと、各問題サイズにお
ける最短時間での求解を、両立させることができる。しかし、
FPGA群を協調動作させて問題を解くためには、FPGA間の通
信が必要になり、その通信時間の影響により、FPGAが持つ計
算能力を十分に発揮できていなかった。

そこで、ハイエンドSBMの通信と計算を同時実行する新
手法を開発した。新手法により、FPGA数にほぼ比例して計算速
度を加速(スケール)でき、より短時間で大規模な組み合わせ
最適化問題を解くことが可能になった。

(注) 内部回路を自由に書き換え可能な集積回路。

研究開発センター

ユーザーの要望に基づいた教育コンテンツ推薦システム



LLM: Large Language Model (大規模言語モデル)

推薦システムの概要

Overview of training and development content recommendation system

近年、オンデマンド型教育コンテンツを含む、多様なオンラ
イン教育支援サービスが注目されている。

教育コンテンツは、専門用語が多く含まれ、また、「マネジメ
ント基本コース」のようにタイトルに具体的な教育内容が含ま
れないこともあるため、ユーザーが大量のコンテンツの中から自分
に適したコンテンツを選択することは難しい。

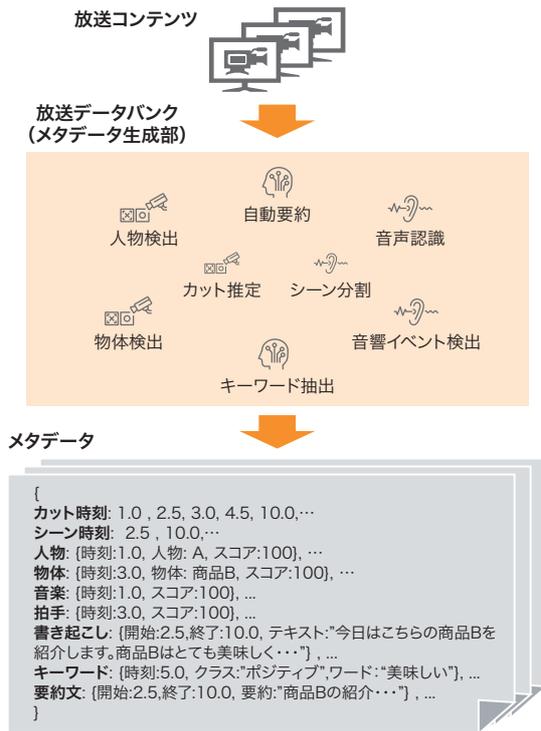
当社は、ユーザーの要望に対応し、大規模言語モデルを活
用して最適な教育コンテンツ(講座)を推薦するシステムを開発
した。

このシステムでは、最初に、ユーザーが「プレゼンがうまくな
りたい」、「経理部に異動になる」など、自分の要望や状況を平
易な文章で伝えると、システムが解決策を生成し、解決策に類
似した教育コンテンツを検索する。次に、システムがユーザー
の受講履歴やアセスメントのテスト結果を用いてユーザーの習
熟度を推定し、習得済みのコンテンツを除外する。これらの処
理によって、大量の教育コンテンツからユーザーの要望と実力
に適したコンテンツを推薦できる。

このシステムによって、多様な人材育成の支援を実現する。

研究開発センター

■ 放送データバンクのAIを活用したメタデータ自動生成技術



放送データバンクのAIを活用したメタデータ自動生成技術
AI-powered metadata generation for broadcast data management

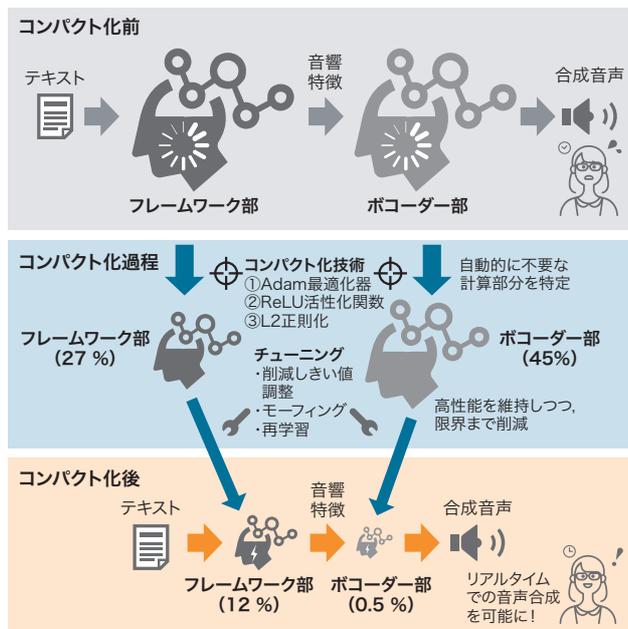
研究開発センター

テレビ番組などのコンテンツを効果的に2次活用するため、コンテンツのメタデータ（登場人物や紹介商品などの情報）が不可欠である。メタデータの利用でコンテンツの整理や検索が容易になり、その価値を最大限に引き出せる。しかし、現状はメタデータを人手で準備する必要があり、コスト面で課題がある。

当社は東芝インフラシステムズ（株）と連携し、当社が開発した最先端のAI技術を応用し、放送コンテンツから自動的にメタデータを生成・蓄積・提供するプラットフォーム“放送データバンク”を開発している。AI技術を活用し、放送コンテンツを対象に、シーンの分割、登場人物・紹介商品の推定、拍手・歓声などの音響イベントの検出、音声の文字化、及びキーワード抽出・シーン要約を行い、メタデータを自動的に生成する。

実店舗での実証実験として、自動生成したメタデータを活用して制作した販売促進物（番組ロゴなどを使った紙POP（Point of Purchase）とダイジェスト動画）を使用した場合と対照実験を行い、約3倍の増収効果が確認できた。

■ DNNモデルコンパクト化による音声合成ミドルウェア高速化技術



Adam: Adaptive Moment Estimation
ReLU: Rectified Linear Unit

音声合成DNNモデルコンパクト化の概要

Overview of compaction of deep neural network (DNN) model for speech synthesis

深層学習（DNN）モデルの学習時に、一般的な学習手法（図の①～③）で不要な計算を自動的に特定・除外し、性能を維持して計算量を削減する当社独自の新たなDNNモデルコンパクト化技術を開発した。

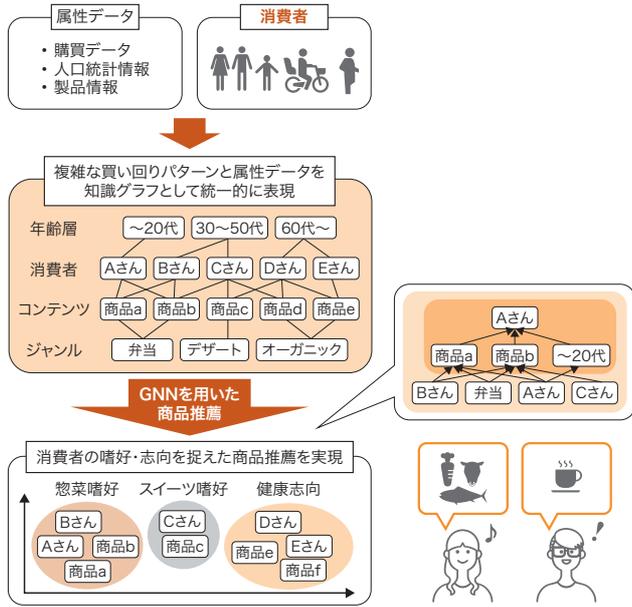
この技術を、東芝デジタルソリューションズ（株）のRECAIUS 音声合成ミドルウェア“ToSpeak”で、ハイエンドな“ToSpeak Hx Pro Ver.1.00”のDNNモデルに適用し、短期間で効率的な軽量化に成功し、高速化を実現した。

従来のコンパクト化は、DNNモデルの不要パラメーターの特定に、一部のパラメーターを削減して性能測定する試行錯誤が必要だった。開発した技術は、人手の大量な試行錯誤をなくし、効率的にサイズや計算量を削減できる。

対象の音声合成DNNモデルは、テキストから音響特徴量を得るフレームワーク部と、音響特徴量から音声波形を合成するボコーダー部から成り、開発技術でチューニングし、高性能なまま、前者は12%、後者は0.5%までモデルサイズを削減し、リアルタイムの音声合成を可能にした。

研究開発センター

■ 消費者・商品の属性データを活用した商品推薦技術



属性データを用いた商品推薦技術の概要
Overview of item recommendation system using attribute information

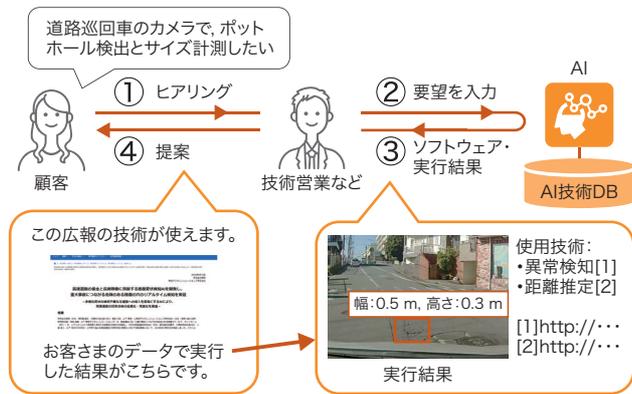
東芝グループのデータビジネスを強化するために、購買データの活用促進を行っている。近年、購買データに加えて消費者の性別、商品のカテゴリー情報などの属性データが入手可能となり、多種多様な属性データを活用した高性能な購買データ解析技術の需要が高まっている。一方で、従来技術では有用な属性データを人手で選択し、その種類ごとに活用方法を検討する必要があったので、十分に有効活用できないことがあった。

そこで、様々な属性データから自動で必要な情報を取捨選択して知識グラフ化し、グラフニューラルネットワーク(GNN)を活用して複雑な買い回りパターンを捉えられる、商品推薦技術を開発した。実購買データを用いて、推薦結果を分析したところ、惣菜嗜好(しこう)・スイーツ嗜好・健康志向といった利用者の特徴を捉えた商品推薦ができることを確認した。

今後は、商品推薦技術を活用して、一人一人のニーズに合わせてアプローチする1to1マーケティングを実現し、東芝テック(株)と連携して、販促に貢献する最適な商品クーポンの配信方法などへの活用を進めていく。

研究開発センター

■ 対話を通じて曖昧な要望からソフトウェアを自動生成するAI技術



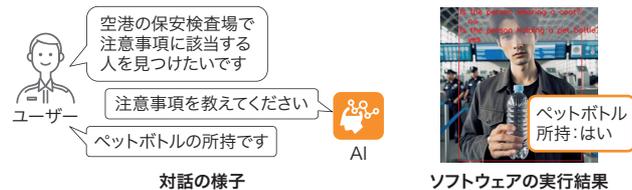
DB:データベース

AI技術による技術提案業務のサポート
AI technology supporting technical proposal work

企業が扱う顧客課題はますます複雑化しており、解決には幅広い知識や技術が求められる。例えば、顧客の要望に対して課題解決を行うソフトウェアを提案するといった一つの業務においても、曖昧な要望を再確認したり、適切な技術を選定したり、検証用環境を構築したりといった工程が必要となるため、提案までに時間が掛かることが多い。

そこで、これらの工程を一貫して行うAI技術を開発した。このAIは、ユーザーとの対話を通じて要望の曖昧さを解決して要求仕様を明確化する機能と、要求仕様に基づいて当社が保有する技術資産から過不足なく必要な技術を選定し、複数技術で構成される複雑なソフトウェアを実装する機能を備えている。実験では、曖昧かつ多様な要望に対して、過不足なく機能を備えたソフトウェアを生成できることを確認した。

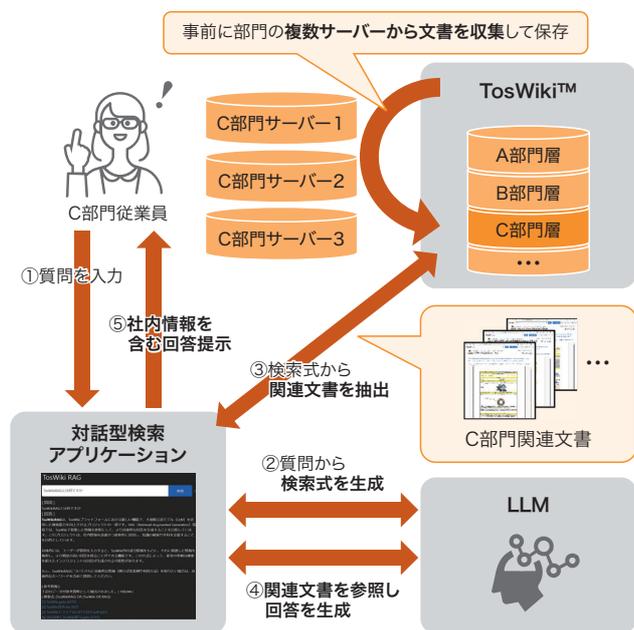
この技術により、当社の提案や製品開発の品質向上・コスト削減・期間短縮を図り、顧客価値を一層向上させる。また、当社及び顧客の技術資産を活用した課題解決を目指した共創を実現していく。



対話の様子と生成されたソフトウェアの実行結果の例
Example of software generated through dialog

研究開発センター

■ 情報共有基盤 TosWiki™ と大規模言語モデルの連携活用で社内情報検索の効率向上を図る検索システム



TosWiki™ と LLM の連携

TosWiki™ enterprise knowledge retrieval system and communication with large language model (LLM)

近年、大規模言語モデル (LLM) を社内情報検索に適用することで、業務に必要な情報の迅速な抽出が可能となり、業務効率化や生産性向上などの効果が期待されている。LLM で社内情報を扱う際には、情報開示の制限などの情報セキュリティ対策や、複数サーバーに点在した社内情報の一括参照が必要となる。

そこで、情報共有基盤 TosWiki™ と LLM を連携して、社内情報の安全で効率的な検索システムを開発した。TosWiki™ は、複数サーバーから文書を収集し、ユーザーのファイルアクセス制御に従って情報セキュリティを図りながら、キーワード検索による一括参照を実現する。TosWiki™ の機能を活用することで、検索環境を短期間で実現できる。質問文から LLM で変換したキーワード検索式を基に、TosWiki™ で関連文書を抽出したのち、この文書と質問文から LLM で回答を生成する。

この検索システムを実際の社内データで運用した結果、実業務に関係する問い合わせに対して、社内情報を参照した回答が得られることを確認した。今後は更に利便性を向上させて、業務の一層の効率化を図る。

生産技術センター

■ MR を活用した作業支援技術



ねじ締結ソリューションの概要

Overview of screw fastening solution



締結中の現実部品と仮想物体の例

Example of real parts and virtual objects being fastened with screws

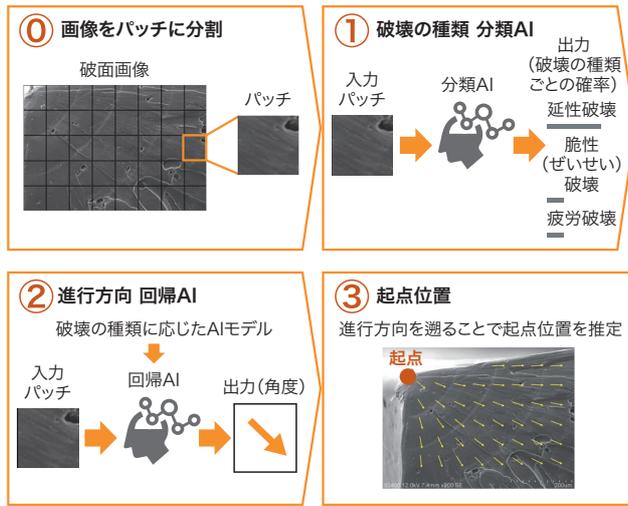
従来、製造時のねじ締結作業では、締結漏れを防ぐため、複数名の作業者によるクロスチェックで品質を担保している。ねじ締結作業における、人に依存しない作業品質の担保、作業精度の向上、及び工数低減を目的に、MR (Mixed Reality) デバイス、デジタルトルクレンチ、及び社内サーバーのデータベース (DB) を用いた作業支援技術を構築した。

MR デバイスのホログラムアプリケーションで、現実の部品と仮想物体を重畳して複合現実を表示し、作業者にねじ位置をピンポイントで指示する。これにより、作業品質を担保しながら、作業精度の向上や教育工数の低減に寄与できる。また、ねじ締結中に、MR デバイスからねじ番号や締結回数などの実績情報を、デジタルトルクレンチから実績トルク値を取得することで、管理アプリケーションがねじごとに設定トルク値に達したことを自動判定し、その結果を DB へ登録する仕組みを開発した。

今後は、DB 情報を可視化し、作業エビデンスとして活用する仕組みを構築する。

生産技術センター

製品の破損原因の究明を効率化する破面解析 AI



破面解析 AI の概要
Overview of fractography AI for efficient failure analysis

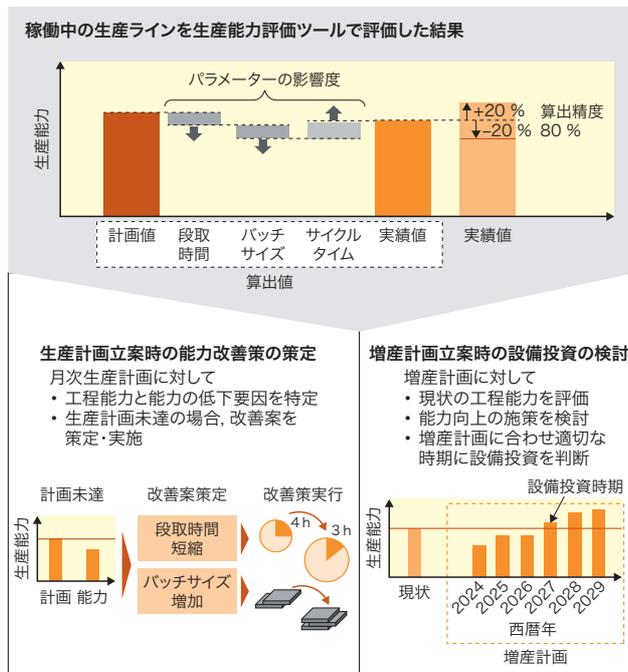
樹脂・金属製の製品筐体(きょうたい)や機械部品が破損した場合、破面解析で原因を究明し、設計や製造にフィードバックして製品品質向上に役立っている。破面解析では、電子顕微鏡(SEM)で破損部を撮像し、破損の種類・進行方向・起点位置を特定する。このような分析は専門性が高く、解析時間も長く掛かることから、自動化が望まれている。

そこで今回、SEM画像から自動的に破損の種類・進行方向・起点位置を推定する破面解析AIを開発した。画像をパッチに分割した後、CNN(Convolutional Neural Network)を用いてパッチごとに破損の種類・進行方向を推定し、推定した進行方向を遡って起点位置を推定する。検証の結果、破損の種類は平均97.6%、進行方向は破損の種類に応じて80.3~92.0%の精度で推定でき、起点位置についても、専門家に近い予測ができることを確認した。

この破面解析AIにより、破損原因究明の時間を大幅に短縮し、効率的な設計・製造へのフィードバックが可能になる。

生産技術センター

生産能力評価ツールの生産ラインでの運用開始



生産能力評価ツールを用いた能力改善
Production capacity improvement using production capacity assessment tool

生産ラインでは、各工程の製造方式が異なると生産能力の算出方法も変わるため、全体の能力調整が煩雑化し、算出精度が低下するリスクがある。これを解決するため、生産能力の算出精度が高く、誰でも使いやすい生産能力評価ツールを開発してきた。

生産能力評価ツールは、工程の能力について計画値と実績値を算出し、両者の乖離(かいり)要因となるパラメータとその影響度を可視化するものであり、短時間で生産能力を把握し、運用改善の指針を確認できる。生産能力評価ツールの活用例として、生産計画立案時に、計画を達成するための能力改善策の策定や、将来の増産計画立案時に、設備投資の適切な仕様や時期の検討などがある。

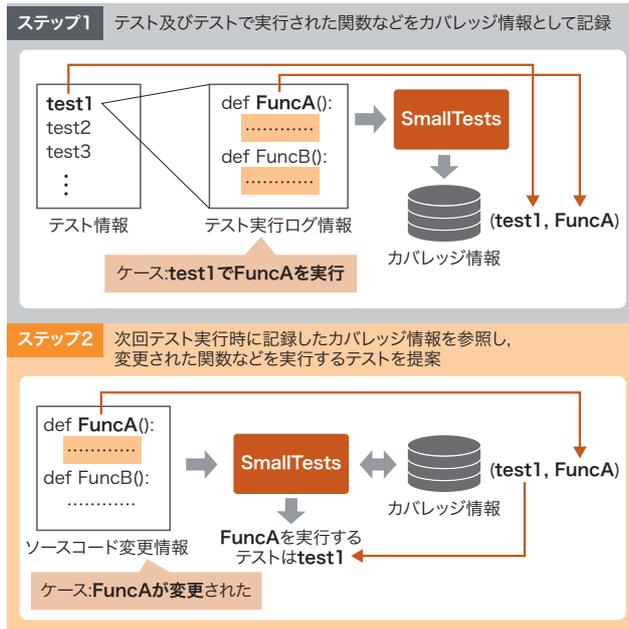
今回、生産能力評価ツールで、稼働中の生産ラインの生産能力を算出したところ、算出精度は全工程で80%以上であった。現場導入に必要な精度を満たすことを確認できたので、運用を開始した。

今後は、適用範囲を拡大し、様々な生産ラインで、生産計画精度の向上や、設備投資計画の策定に貢献していく。

関係論文：東芝レビュー、2024、79、1、p.12-15。

生産技術センター

■ カバレッジ情報を活用したリグレッションテスト数削減サービス SmallTests



SmallTestsの動作
SmallTests service for reducing number of regression tests

ソフトウェア開発では、品質の保持や開発サイクル短縮のために、自動テストの導入が進んでいる。一方、自動テストの数が多い場合、機能開発の際のリグレッションテストの実行に時間が掛かり、開発期間を圧迫する。

今回、機能開発と関係のあるテストを提案することでリグレッションテストの数を削減するサービス SmallTests を開発した。SmallTests は、テスト実行時のログ情報からカバレッジ情報を記録する。その後、リグレッションテスト時に、開発前後のソースコードの差分から変更された関数などを取得し、記録したカバレッジ情報からその関数を実行するテストを提案する。提案されたテストだけを実行することで、短時間に結果を得て、機能開発の不具合を早期に発見できる。SmallTests で削減できるリグレッションテスト数は、ソースコード差分に依存する。実験では、平均で約 30 % を削減できた。

ソースコード差分の解析ツールは、プログラム言語ごとに準備する必要があり、C/C++、Java、PHP、及び Python に対応している。Web サービスとして提供するので、ユーザーは実行の準備が不要で、容易にリグレッションテスト数を削減できる。

デジタルイノベーションテクノロジーセンター

■ 生成 AI 活用によるソフトウェア開発効率化の試行・評価

様々なユースケースを試行・評価し、有用性を確認したものを製品開発へ展開

要求定義	設計	実装	テスト	運用・保守
要求仕様分類	設計書 生成・修正・補完	ソースコード 生成・修正・補完	テスト生成	マニュアル生成
文章チェック	レビュー支援	マイグレーション コードレビュー支援	テスト実施 優先度提案	異常検知
要求仕様書 理解支援	設計書 理解支援	ソースコード 理解支援		
ドキュメント検索		ソースコード検索		トラブル原因検索



ソフトウェア開発における生成 AI 活用のユースケース
Generative AI use cases in software development

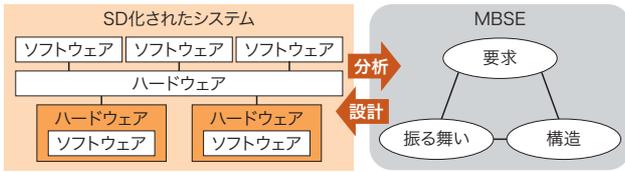
東芝グループは、ソフトウェア開発における様々な作業に、生成 AI 活用の試行と評価を実施し、有用な活用方法の構築と展開を進めている。これまでに、要求定義・設計・実装・テストといったソフトウェア開発の各工程において、生成 AI による設計書生成や文章チェックなど様々なユースケースを想定した試行・評価を実施してきた。

この度、試行・評価を通して、設計書作成やテスト生成などの作業では、生成 AI にドラフトを作成させて担当者が確認修正する場合、担当者がゼロから作成する場合と比べて、約 50 ~ 70 % の作業時間削減効果が期待できることを確認した。また、大量に存在するソフトウェア資産を不具合修正や機能拡張時の参考及び次機種開発で活用するために、ソフトウェア資産に関する質問への回答や変更内容を提案するチャットアプリケーションの開発を試行し、有用な回答が得られる見込みを得た。

有用性を確認できたユースケースは、実際のソフトウェア製品開発プロジェクトで試行適用し、評価結果に基づいて技術改善と活用展開を推進していく。

デジタルイノベーションテクノロジーセンター

SD化推進のためのシステムモデリング教育の開発と実施



MBSEで要求・振る舞い・構造に一貫性を持って分析することで、状況に応じてシステム構成や性能、機能が変化するSD化されたシステムを矛盾なく設計できる。

SD化されたシステムとMBSEの関係

Relationship between software-defined systems and model-based systems engineering (MBSE)

段階	受講対象者の知識や習熟度	教育・演習内容
体験編	<ul style="list-style-type: none"> システムモデルがどのようなものか知らない SysMLがどのようなものか知らない 	<ul style="list-style-type: none"> 簡単な事例を通してシステムモデルの一部の記述を体験する システムモデルにはどのような事を記述するのかを知る
入門編	<ul style="list-style-type: none"> SysMLは知っているが、システムモデルとして何を書いたらいいかわからない システムモデルをどこまで細かく記述すればいいのか分からない 	<ul style="list-style-type: none"> 簡単な事例を題材に、何のために、どのようなシステムモデルを記述するのかを考えて必要なモデルを記述する演習を通じて、モデリングの基礎的なスキルを習得する
実践編	<ul style="list-style-type: none"> システムモデルの記述方法は分かるが、現実的なシステムのモデル化は難しいと感じる システムモデルを業務の役に立てたいが、具体的にどう活用するのか分からない 目的指向のシステムモデルを記述したい 	<ul style="list-style-type: none"> 身近なシステムを題材に、他者に説明するためのシステムモデルを記述する システムモデルを用いた説明を通じて、システム理解を深め、不明瞭な点を明確化し、疑問点を解消する体験をする 実践的なシステムモデルの記述に慣れる

システムモデリング教育の各段階の対象者と内容

Intended participants and contents of system modeling training programs at each level

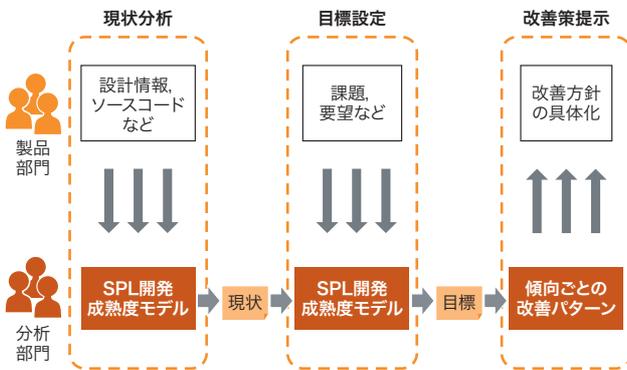
デジタルイノベーションテクノロジーセンター

複雑なシステム開発を効率的に実施するための手法として、システムモデルを通して、システムを構成する要素及び要素間の関係やその振る舞いなどを検討するModel Based Systems Engineering (MBSE) が知られている。当社が推進するシステムのSD (Software Defined) 化では、従来のシステム開発以上に考慮すべき事項が多く複雑となり、MBSEのような開発手法の導入が必要である。しかし、MBSEの中心となるシステムモデルの作成には、高度な知識やスキルが必要であり、技術者の育成が課題となっている。

この度、システムモデルを作成するための知識やSysML (Systems Modeling Language) などのスキルを習得してMBSEの実践を目指す教育を開発した。この教育を、MBSEに関心のあるグループ内の従業員を対象に実施し、教育効果を確認した。

今後、開発した教育を活用し、MBSEの実践及びシステムのSD化を促進していく。

SPLの取り組みを評価・改善するSPL開発成熟度モデル



SPL開発成熟度モデルの概要

Overview of software production line (SPL) development maturity model

ソフトウェア製品の上位機種・下位機種など、複数機種を開発するには、類似する機能の作り込みを場当たりに繰り返す非効率的な作業になりやすい。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、ソフトウェア派生開発を効率的に行うソフトウェアプロダクトライン (SPL) がある。しかし、SPLは多くの組織的な活動が必要になるため、実践することは一般に容易ではない。

そこで、SPLへの取り組みを、38項目の評価観点からレベル判定することで現状分析できるSPL開発成熟度モデルを開発した。このモデルを用いた評価により、評価観点ごとの強み・弱みなどを明らかにすることで、更なる改善方針の策定につなげられる。

現在、SPL開発成熟度モデルによる評価手法をソフトウェア製品の開発に適用し、ソフトウェア派生開発をより効率的に実施する取り組みを進めている。

デジタルイノベーションテクノロジーセンター