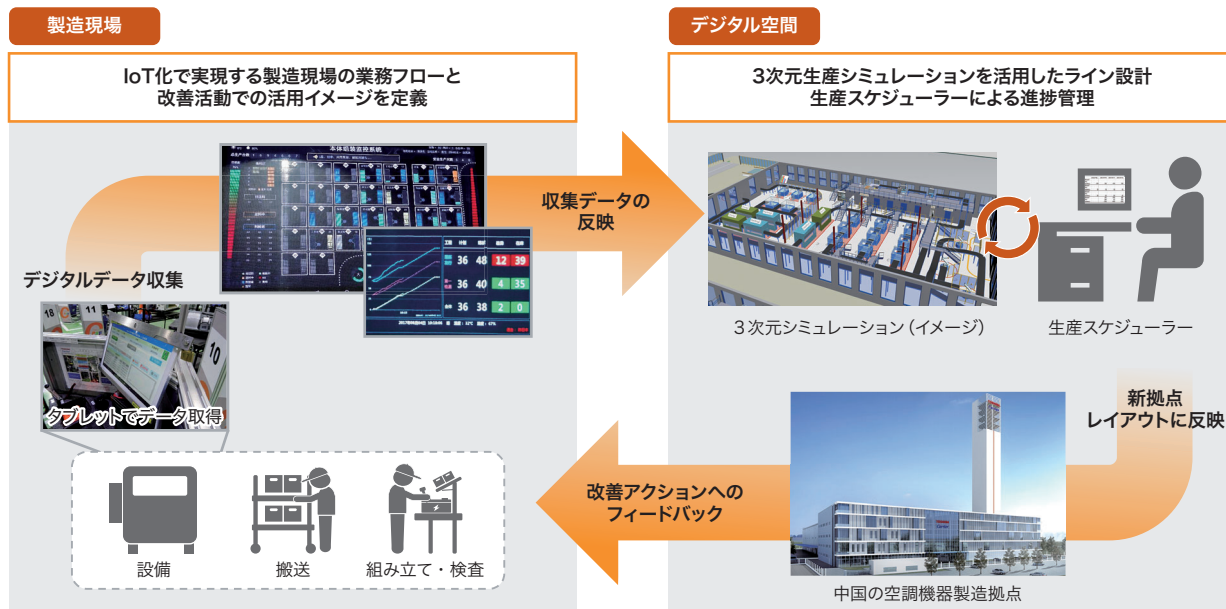


3次元データを活用した生産ライン設計評価技術



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。

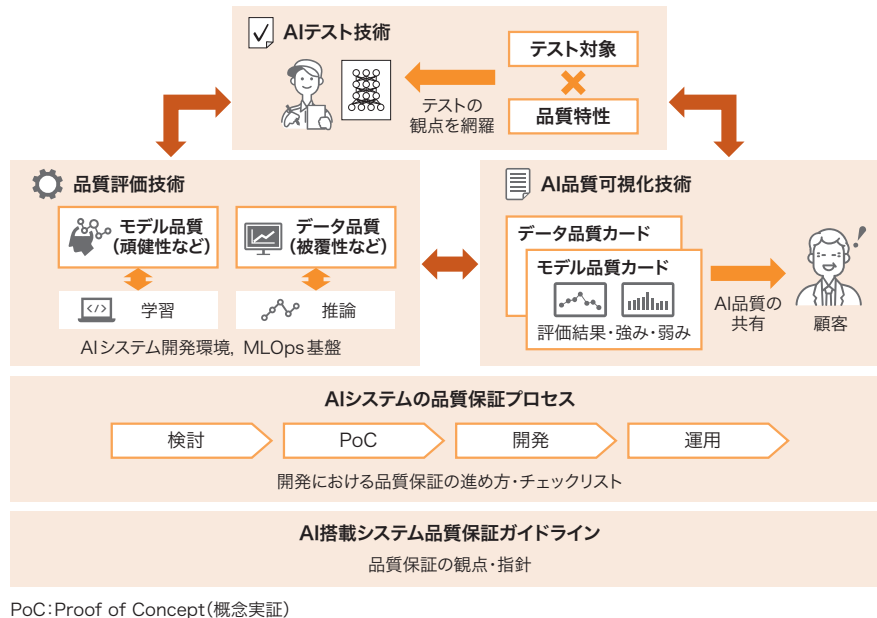
中国の空調機器製造拠点では、タブレットによる製造データ取得システムを導入し、作業者に負担を掛けずに効率の良いデータ取得・集計を実現した。そして、このデータと3次元生産シミュレーションをつなげ、デジタル空間での生産ラインのレイアウトや生産数を検証する環境を構築した。これにより、生産ラインの新建屋移設では、事前のレイアウト検証で遅延のない生産立ち上げを実現した。また、新建屋の運用開始後は、生産計画を効率良く達成するため、生産・人員計画の見直しや改善施策の事前検討を可能にした。更に、生産シミュレーションで検証したライン運用ルールや生産能力データをスケジューラーに適用して、生産管理の仕組みを構築した。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



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

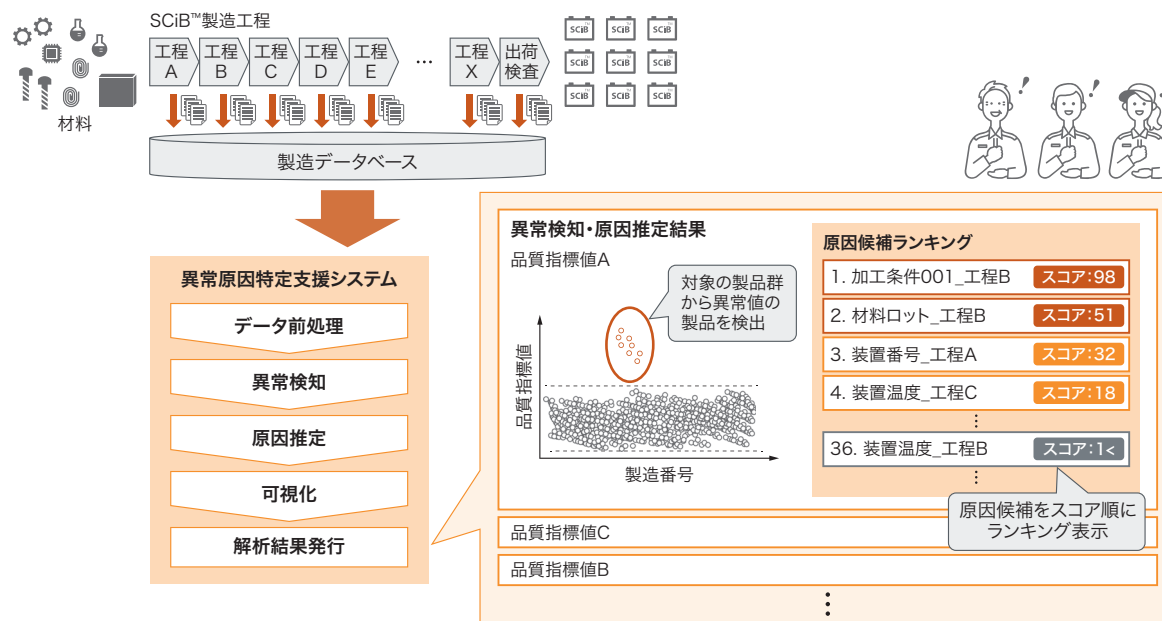
近年、AIを活用したシステム（以下、AIシステムと略記）の開発が加速している。AIシステムは、データを学習することで構築されるAIモデルを活用するため、未知のデータに対する予測結果を定義できず、品質保証が難しい。更に、多様な環境に対する頑健性や、モデル構築に使うデータの被覆性・均一性、機械的に構築されたモデルの説明性なども考えなければならない。当社は、AIシステムの品質を保証する方法を研究し、これまで、品質保証の観点をまとめた“AI搭載システム品質保証ガイドライン”を整備してきた。今回、ガイドラインに示した各観点に沿った品質保証を実現するため、次の四つに示すプロセスの整備や品質評価技術の開発を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

- (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。

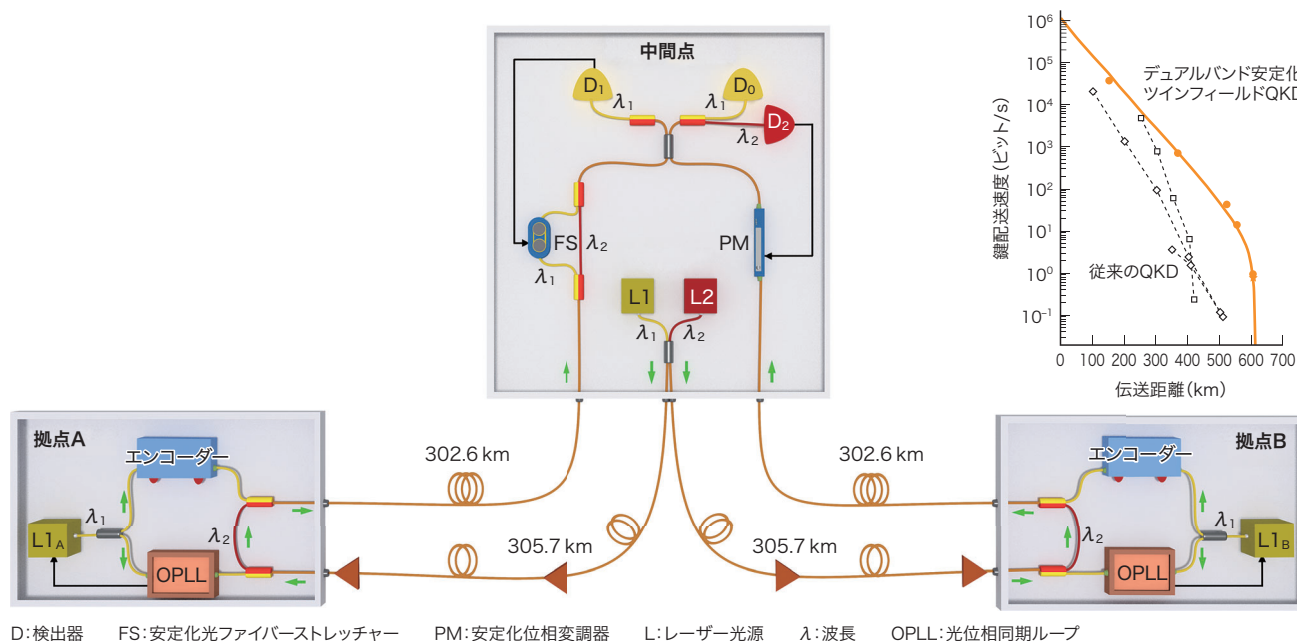
- (1) SCiB™ セルの電極製造から組み立て・出荷検査までの各製造工程における製造データを、セル単位でひも付けて集約する。
- (2) ひも付けした製造データから、異常を自動検知する。例えば、特定の製造ロットに含まれるセル群から、品質指標値が外れ値となったセルを、不良発生の予兆である異常セルとして検知する^(注)。
- (3) 各工程での使用装置・部材・製品の状態などの要因を対象に、異常セル発生の原因を網羅的に評価・推定する。例えば、並列処理を行う装置において、特定の1台で異常セルの発生頻度が高いなど、各要因における異常セル発生頻度の偏りについて、仮説検定の枠組みで偏りの統計的確からしさ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

研究開発センター

長さ 600 km を超える光ファイバーによる量子暗号通信



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。

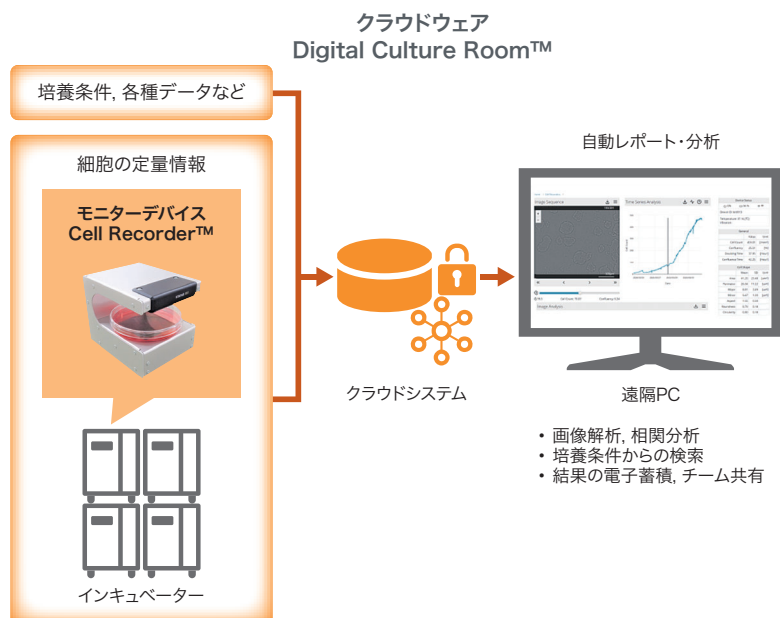
そこで、環境変動の影響を補正できるデュアルバンド安定化技術を開発した。この技術では、位相変動を補正するための参照信号として、二つの異なる波長の光を用いる。第1の参照信号に、連続波を用いることで位相の高速な変動を連続的に補正し、第2の参照信号は、量子ビットと同じ波長にすることでその波長で起こる微小な変動を補正し、精度の高い位相調整を実現した。この技術により、数百 km の伝送でも、波長 1,550 nm の光信号に対し、常に数 % の範囲内で位相変動を高精度に抑制でき、通信距離を伸ばすことが可能になった。

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。

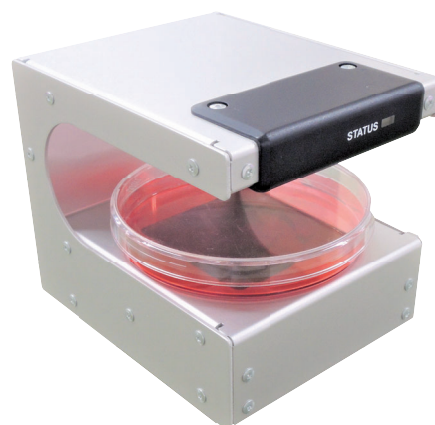
この技術により、量子暗号通信ネットワークにおいて、強固なセキュリティが必要な送受信局数を減らし、都市間・国家間といった長距離の安全な暗号通信をより効率的に構成することが可能になる。

(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



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



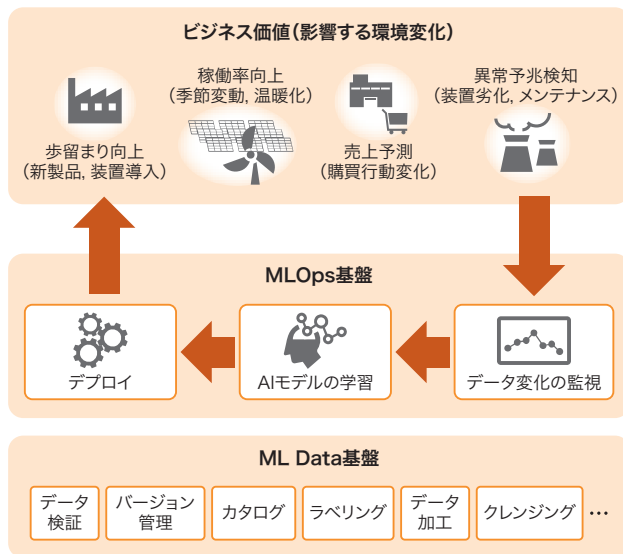
開発中の細胞モニタリング装置 Cell Recorder™
Cell Recorder™ cell monitoring device under development

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

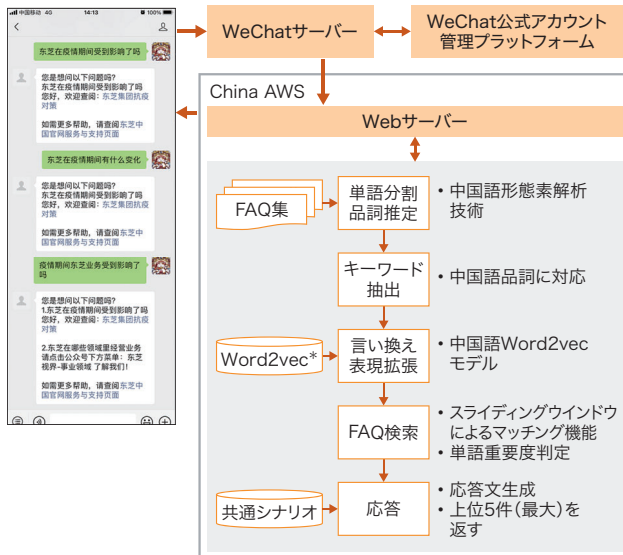
AIサービスの実運用では、季節変動や、装置劣化、顧客の購買行動変化などの環境変化により、予測精度が劣化する場合がある。高品質なAIサービスを継続運用するには、予測精度とデータ変化を監視し、予測精度の劣化やデータ変化の傾向が見られたら、AIモデルを再学習し、システムへ再デプロイする必要がある。

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

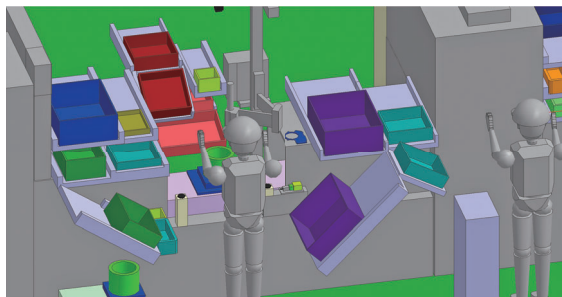
Overview of Chinese-version scenarioless dialogue system for frequently asked questions (FAQ)

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。

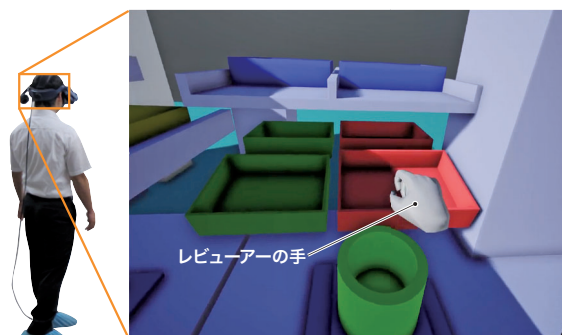
FAQ集だけでチャットボットシステム構築が可能な点が特長の日本語版エンジンをベースに、形態素解析や、キーワード抽出、言い換え表現対応などの中国語化を行うとともに、スライディングウィンドウによる専門用語キーワードのマッチング機能を開発し、応答精度を向上させた。2021年4月から9月までの期間に、当社の公式アカウントに寄せられた、東芝グループの中国事業などに関する約1,800件の問い合わせに対し、精度の高い自動応答(タスク達成率93.6%)を実現し、広報担当者の業務効率向上に大きく貢献した。今後は、ほかの東芝グループ中国現地法人への展開を検討していく。

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、レビューアが、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づけなかった、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

方針	東芝OSS/ISS*マニフェスト
約款	東芝インナーソースライセンス
プロセス	プロセス全体構成
	活用管理 公開 貢献 運用管理
	登録
	用語集
詳細手順	ISS流通ガイド
	OSS/ISS活用管理システムユーザーガイド

(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

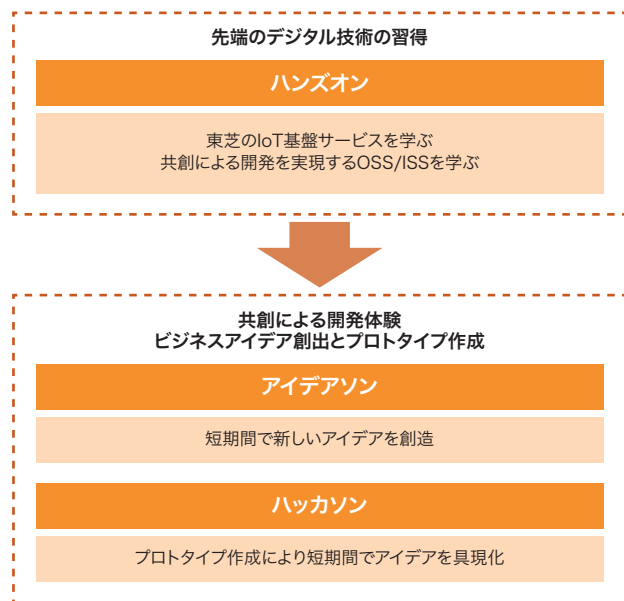
OSS(Open Source Software)ライセンスコンプライアンスを遵守する取り組みとして、ISO/IEC 5230:2020(国際標準化機構/国際電気標準会議規格 5230:2020)認証取得に向け、OSS関連のプロセス群と教育を整備・展開している。2020年度までには、OSS関連プロセス群とOSS教育の一部整備を完了した。

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

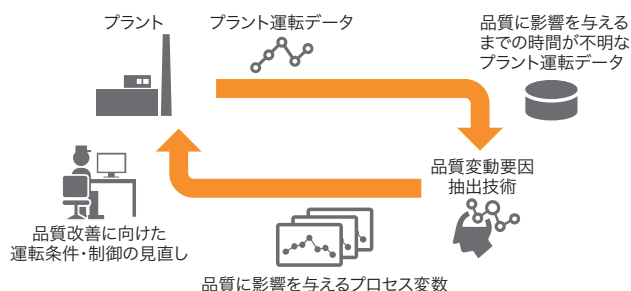
新たな価値創造を狙う共創型の開発では、協働・協調して短いサイクルでアイデアを実現し、顧客・市場からフィードバックを得るという試行錯誤を繰り返すことが、成功への近道である。一方、品質の高いものを（失敗せずに）効率的に開発することが求められる従来型の開発に長く携わってきた人財が、共創型の開発を進めていくには、新しい開発スタイル・マインドを習得する必要がある。

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。

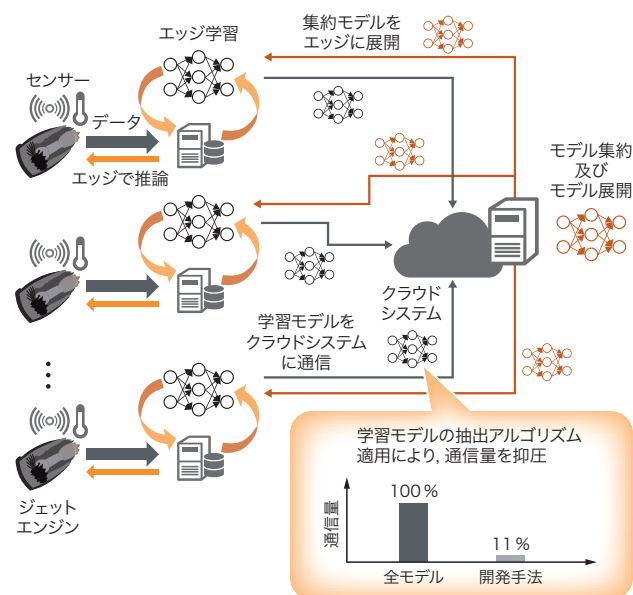
今後も、安定的・効率的にモデルを更新する手法の開発を進めていく。

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

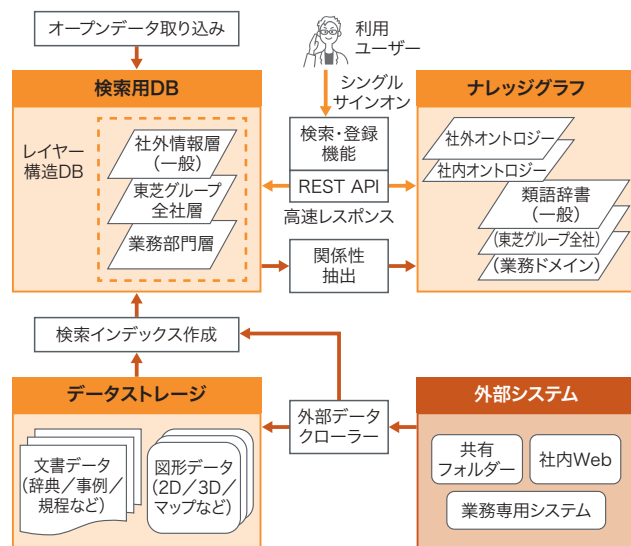
連合学習 (Federated learning) は、データをクラウドシステムに集約せずエッジに分散した状態で機械学習を実行し、学習したモデルを集約する方法である。データ自体を集約しないため、セキュリティ性が高く、通信量が抑えられる利点がある。

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、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。

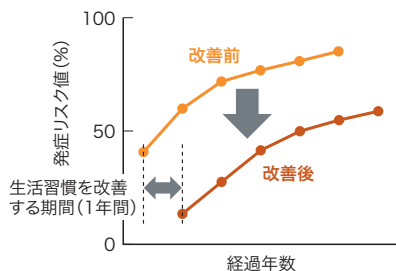
開発したシステムは、東芝グループ内の技術情報を共有するために、この構造下で開示範囲を明確に再定義して社内規定として整備した。また、OS (基本ソフトウェア) の機能やクラウドシステムのマネージドサービスなどを活用することで、シングルサインオンによる利便性や、可用性、冗長性などのシステム要件を満たしており、管理も容易なシステムとなっている。

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

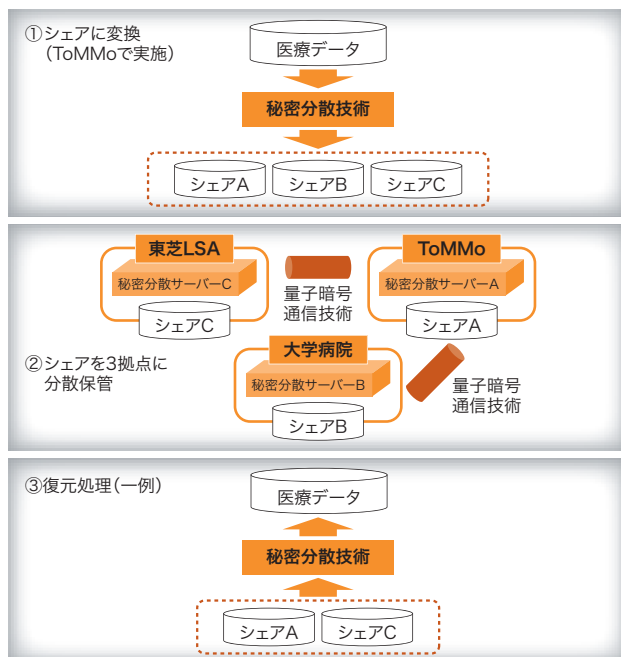
研究開発センター

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