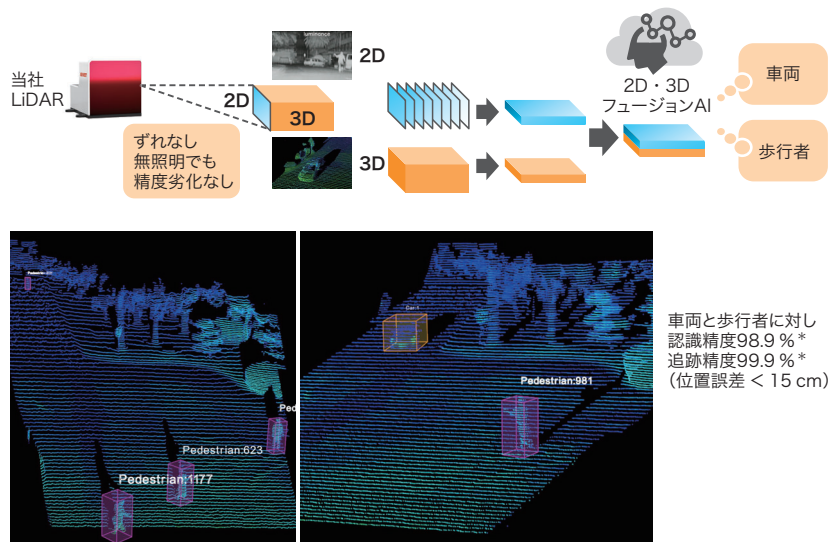


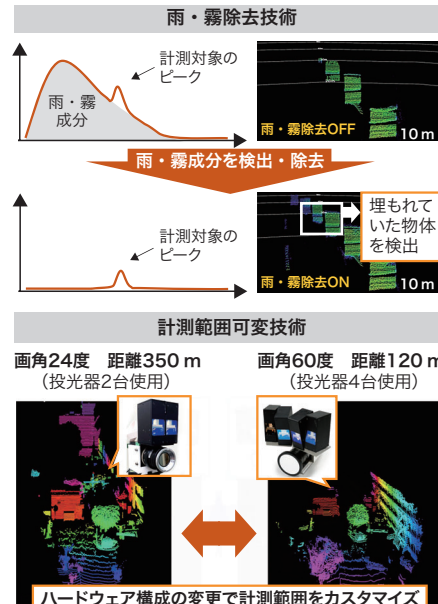
空間のデジタルツインを支えるLiDAR技術



*LiDARから50 m～115 mの距離を走る任意の車両と
80 m～110 mの距離を歩く任意の歩行者に対して行った実証結果

2D・3DフュージョンAIによる車両と人の認識・追跡

Detection and tracking of pedestrians and cars using fusion artificial intelligence (AI) for two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) data



雨・霧除去技術と計測範囲可変技術

Rain and fog removal technique, and light detection and ranging (lidar) technique with reconfigurable range and field of view (FoV)

対象物の形状を3次元(3D)で把握可能なLiDAR (Light Detection and Ranging)^(注1)は、自動運転としての用途に加え、“空間のデジタルツイン”^(注2)を構築し、実空間上の様々なモビリティの自動化や、製造・物流ラインの全体最適化など、あらゆる産業の効率化につながる技術である。

LiDARの3Dデータだけで物体を高精度に認識し追跡することは困難なため、従来はカメラとLiDARを併用する手法が取られていたが、両データの空間的・時間的なずれによる認識精度の劣化が大きな問題となっていた。また、雨や霧といった悪天候の環境下で精度が劣化したり、設置場所の制限により死角が発生したりすることも問題であった。

今回、カメラを用いず、LiDARだけで得られる2次元(2D)データと3Dデータを融合する2D・3DフュージョンAIを開発し、物体を98.9%の精度で認識して99.9%の精度で追跡するといった、いずれも世界最高^(注3)の精度を達成した。これにより、空間のデジタルツインの構築において、従来必要だった大量のカメラの設置が不要になることも見込める。

更に、雨・霧の成分だけをセンサーデータから除去することが可能な雨・霧除去アルゴリズムを開発し、猛烈な雨・濃霧環境下での検知距離を2倍以上改善し、80 mm/hの猛烈な雨環境で計測距離40 mが実現できることを確認した。また、投光器の台数と受光レンズの構成変更だけでLiDARの計測範囲を変更可能な計測範囲可変技術により、画角24度では計測距離350 m、画角60度(従来比約6倍)では計測距離120 mを実現した。

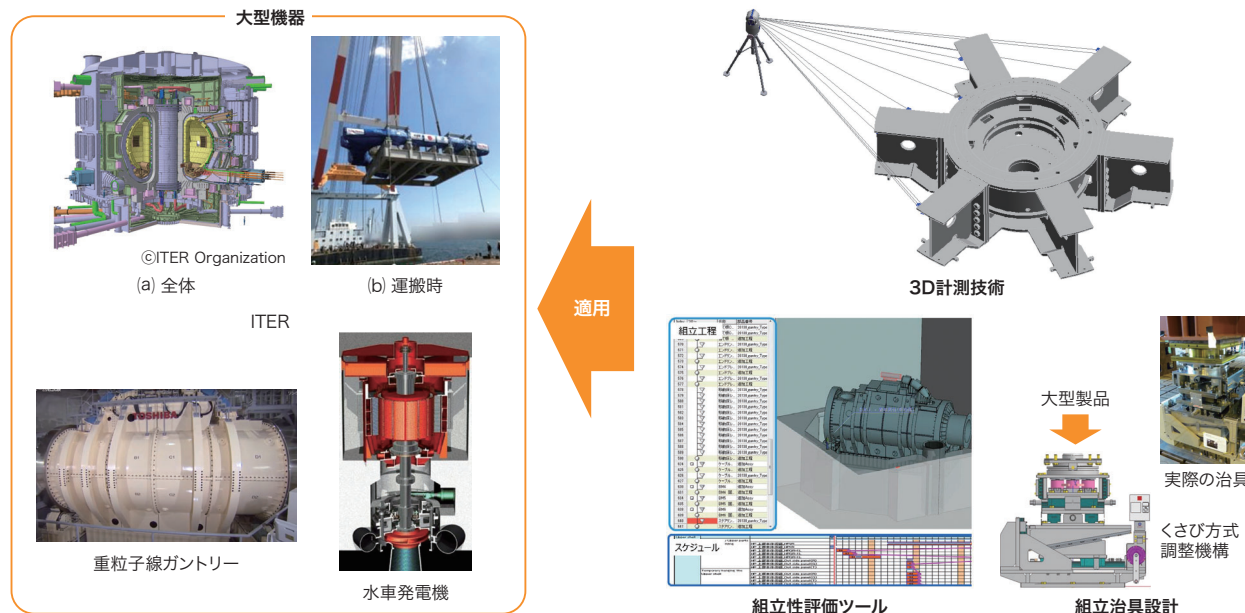
今後もLiDARの幅広い活用を想定し、インフラレジリエンスで安全・安心な社会の構築に貢献していく。

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

(注2) 空間上の物体の位置や動きなどの情報を把握する技術。

(注3) 2023年11月現在、当社調べ。

大型機器製造の高精度化・コスト削減に貢献するデジタルツイン技術



大型機器に適用するデジタルツイン技術
Digital twin technology applied to large equipment

デジタルツインとは現実世界から収集したデータに基づいて仮想空間に再現する技術であり、製品開発・製造・運用の効率化や品質向上、コスト削減などの効果が期待されている。当社では、高精度な3D計測技術、仮想空間で組み立てを可視化する組立性評価ツール、仮想空間での検証結果を実製品で再現する組立治具を開発することで、大型機器の高精度な組み立て・据え付けを可能とし、同時にコスト削減や工期短縮を実現した。以下に、事例を三つ挙げる。

東芝エネルギーシステムズ(株)は、核融合エネルギーの科学的実証のためのITER(国際熱核融合実験炉)計画に参画し、トロイダルコイルという長さ16m、幅10m、質量300tもの巨大製品4基の製作を2023年に完了した。この製品仕様を満たすためには、0.1mm単位の組立精度が必要であった。大型部品の組み付け評価には、通常、多くの工数が掛かるが、当社が開発した可搬型測定機による3D計測技術を適用したことで、仮想空間上での製品の組み付け確認が可能となり、実機での確認工程を削減できた。実際の組み立てでは、くさび方式の調整機構を持つ組立治具を設計・適用し、重量を支持しながら0.1mm単位での位置調整を可能とした。

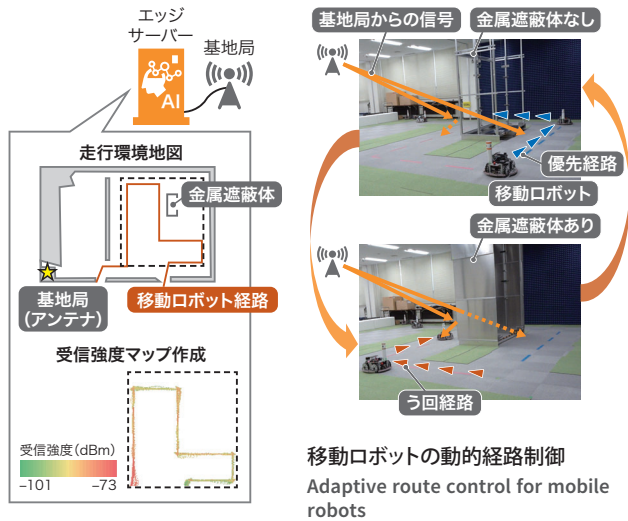
また、現場で高精度な位置決めが求められる水車、発電機の据え付けでは、多くの寸法測定が必要であった。従来、製品組立・据付工程では、熟練スキルを要する手動ツールでの寸法計測が行われていた。当社ではITERで培った3D計測技術を応用し、仮想空間上で設置位置を特定することで、正しい位置への部品移動を作業者に誘導できる仕組みを開発した。これにより、組み付け確認工程を削減できる見込みを得た。

病院や大学の建屋内への重粒子線ガントリーの据え付けは、工事会社に委託する必要があるが、工事会社の能力にばらつきがあるため、作業品質の確保が難しかった。当社では、仮想空間で工程検討が可能な組立性評価ツールを適用し、工程を可視化した。これにより、組立不備のリスク排除や据付作業の品質確保に貢献した。

今後、デジタルツインの技術をほかの大型製品にも展開し、全社で活用を促進していく。

生産技術センター

■ ローカル5Gを用いて荷物搬送効率向上に寄与する移動ロボット制御技術



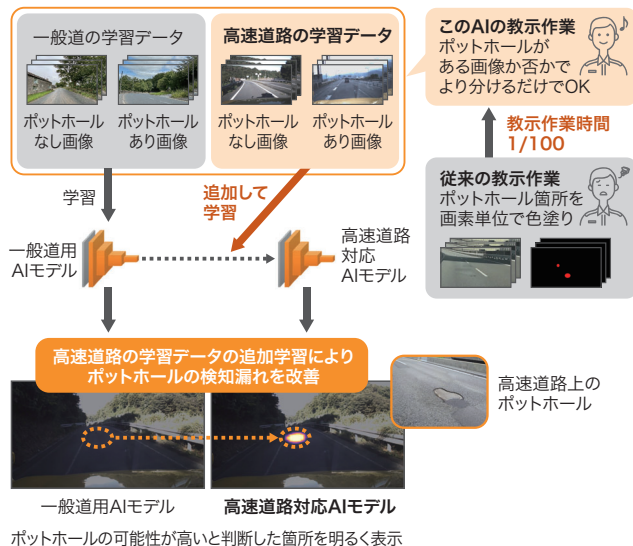
エッジサーバーでの処理
Processing on edge server using local 5G (fifth-generation mobile telecommunication network)

自営で高信頼ネットワークを構築するローカル5G（第5世代移動通信システム）の産業応用に注目が集まっている。今回、倉庫内での荷物搬送を想定し、ローカル5Gの活用により、移動ロボットをエッジサーバーからリアルタイム群制御する技術を開発した。併せて、倉庫内での環境変化を推測し、動的に走行経路を変更する技術を開発した。

実際に、ローカル5Gの基地局やエッジサーバーを導入して、端末を搭載した10台の移動ロボットと通信し、積み荷を模した金属遮蔽体の高さを変えながら、走行経路制御を行った。その結果、エッジサーバーで、遮蔽体裏側では基地局-移動ロボット間の見通し状況が変わること、表側では遮蔽体表面で反射する電波の強弱が変わることを、移動ロボットで取得した電波の受信強度のマップにより把握し、動的に走行経路を変更した。このように適切な経路を走行することで、荷物搬送効率を最大9.3%改善可能なことを明らかにした。この成果は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業」（JPNP20017）の委託事業の結果得られたものである。

研究開発センター

■ 高速道路のポットホールをリアルタイムに検知する弱教師型の画像変状検知AI



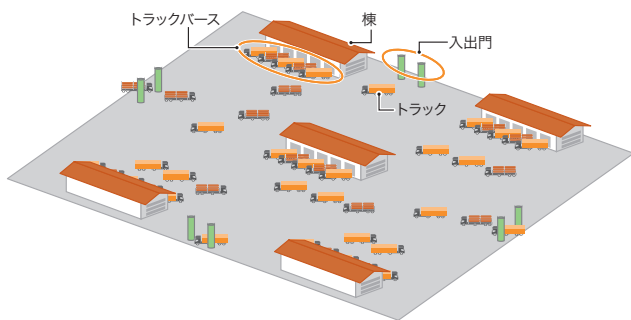
開発した弱教師型画像変状検知AIによるポットホール検知結果
Results of pothole detection using new weakly supervised AI for image anomaly detection

目視で行われている高速道路の日常点検に、画像変状検知AIを導入することで時間短縮や省力化が見込める。しかし、多様な点検対象に対応できるようにAIモデルに学習させる必要があり、学習用画像に対して変状箇所を画素単位で教示する作業に多大な労力を必要としていた。そこで、変状がある画像とない画像とをより分けるだけで学習可能な弱教師型のAIを開発し、教示作業時間を1/100に削減した。

今回、高速道路の点検対象の中で緊急補修が必要なポットホール（路面の穴）を検知対象として、実証実験を行った。その結果、開発したAIは毎秒26フレームの速度で動作し、時速80～100kmで走行しながらポットホールの可能性がある箇所をリアルタイムに検知可能ことが確認できた。また、一般道の学習データを学習済みのAIモデルに対し、高速道路の学習データを追加学習させたところポットホールの検知精度は61.25%から84.22%に改善し、現地データの学習による効果を確認でき、実用化にめどが立った。東芝デジタルソリューションズ(株)、中日本高速道路(株)と実証実験を進め、2024年度の実用化を目指す。

研究開発センター

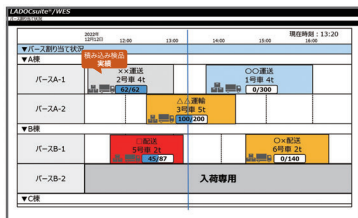
大規模物流倉庫の荷待ち時間を削減するバース割り当て最適化技術



バース割り当て最適化の導入を想定する大規模倉庫のイメージ図（4か所の入出門、5か所の棟、25個のバースの例）

Target application of truck berth scheduling: Large distribution warehouse (with 4 gates, 5 buildings, and 25 berths)

バース割り当て状況画面



倉庫担当画面



倉庫担当

どのバースにどのトラックが何時に来るかを確認して、あらかじめピッキング指示をしよう。積み込みの進捗に関しても確認しよう。

物流業界では働き方改革が進められている。その取り組みを支えるため、東芝グループは、倉庫運用管理システム（WES）の開発を進めており、今回、WES用にバース^{（注）}割り当て最適化技術を開発した。倉庫に入門したトラックのバースでの荷役作業をスケジューリングすることで、各トラックの出門予定をできるだけ遵守し、ドライバーの荷待ち時間を削減する。倉庫内の複数の棟を1台のトラックが巡回して荷役作業を行うような大規模倉庫への適用も可能なアルゴリズムとして、以下の特長を持つ高速なヒューリスティクス解法を開発した。

- （1）出門遅れ時間と荷待ち時間の同時最適化によるトラックドライバーの満足度向上
- （2）棟の巡回順序も合わせて最適化することによる倉庫全体を俯瞰（ふかん）したトラック渋滞の解消
- （3）荷役作業の生産性実績と在庫の保管形態に応じた荷役作業時間の高精度な予測

現在、最適化エンジンをクラウドシステムに実装し、東芝グループ内で活用を進めている。

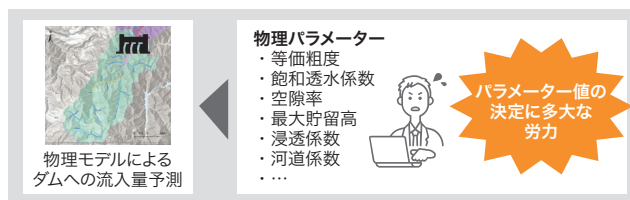
（注） 荷物の積み降ろしをするためにトラックを駐停車するスペース。

バース割り当て最適化の出力画面の例（バース別のスケジュール結果）

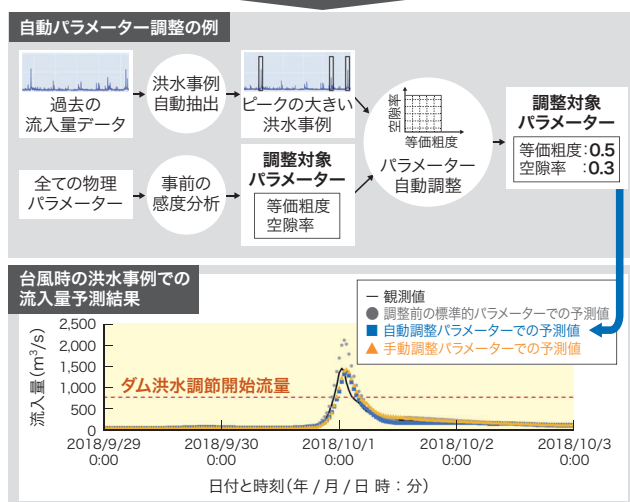
Example of output image of berth-by-berth truck berth scheduling

研究開発センター

パラメーター自動調整による洪水時の高精度ダム流入量予測技術



パラメーター調整の自動化



パラメーター自動調整によるダム流入量予測の概要

Overview of dam inflow prediction with automatic parameter tuning

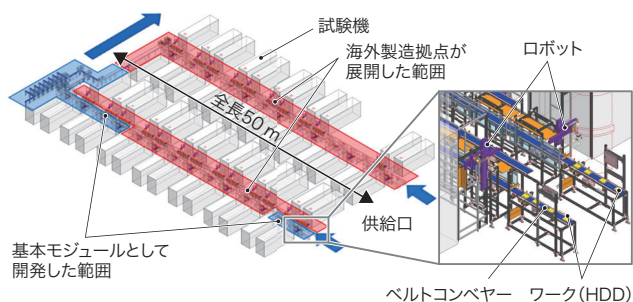
研究開発センター

近年、豪雨による洪水の増加に伴い、国や自治体ではダムへの流入量を事前に予測して放流操作などを見直し、下流氾濫を防止する取り組みを行っている。洪水時の流入量予測では主に物理モデルが使われており、予測精度向上のため、これまでは運用事業者がモデル内の数多くのパラメーターを手動で調整する必要があった。

そこで、パラメーターを自動で調整でき、精度の高い流入量予測が可能な技術を開発した。まず、感度分析により洪水時に影響の大きい少数のパラメーターだけを調整対象として抽出した。パラメーター調整では、過去のデータから少数の洪水事例を自動選択して、グリッドサーチと呼ばれる手法でその値を決定する。複数の洪水事例の流入量データに対し、パラメーター自動調整効果を検証した結果、比較対象とした標準的なパラメーターでの予測結果より精度が向上（平均絶対値誤差30%低減）し、手動調整での精度と同程度であることを確認した。

今後、この技術を実際にダム管理用制御処理設備に適用して検証を進めていく。

■ 多機能と採算性を両立させる搬送自動化システム



HDD 試験工程

Hard disk drive (HDD) test process



搬送自動化システム（供給口）

Automated transportation system (input area)

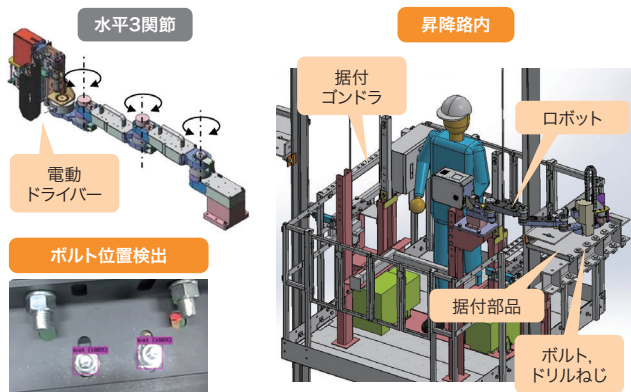
ハードディスクドライブ（HDD）を製造する海外拠点の製品試験工程において、ワークを搬送する自動化システムを構築した。試験工程では、全長50mの広大なエリア内に多数設置された試験機に対して、ワークを配膳・投入し、払い出す一連の作業が人手で行われていたため、作業の省人化や、ワークの誤投入、仕掛かり品の滞留といった問題への対応が課題となっていた。

これらに対し、配膳や、投入、払い出し、仕分けなどの作業を自動化することでワークと人の流れを最適化し、作業人員、仕掛かり品ともに約75%の削減を実現した。導入にあたって、国内でベルトコンベयरとロボットの基本モジュールを開発し、海外製造拠点がそれら基本モジュールを組み合わせることで全エリアに展開することで設備コストを低減させ、海外の安価な労働力に対する投資採算性をカバーしながら、多機能な搬送自動化システムを構築できた。

今後も、生産ラインの省力化と効率化を目指し、自動化の適用範囲を拡大していく。

生産技術センター

■ 現場に容易に持ち込めるエレベーター据付支援ロボット



開発したロボットのエレベーター据付ゴンドラへの設置例

New robot and example of its installation in gondola for elevator installation



作業者の動作を再現して自動施工したドリルねじ

Automatic installation of drill screws (reproducing skills of experts)

近年、エレベーターの据付現場では、作業を習得した人員が不足しており、現場作業の省力化が課題となっている。更に、据付作業は、その都度異なる建物で行われるため、現場で用いる据付機器は、容易に持ち込み・設置可能なことが求められる。そこで、作業者と同様の動作を再現でき、持ち運びが容易な軽量性や設置を容易にする機能を備えた据付支援ロボットを開発した。

このロボットは、据付時のボルト締めや先端がドリル状のドリルねじを締める作業を担うもので、施工段階に応じた押し付け力と電動ドライバーの回転を制御することで作業者の動作を再現した。また、質量が10kgと持ち運べる軽量性を備えながら、手先の高負荷にも耐えられる機構とした。更に、コンピューターグラフィックスを利用した深層学習の適用により、初めて入る現場でも、ドリルの下穴の位置などを事前調整なしで検出できるようになり、設置容易性を高めた。

現在、実用化に向けて、現場評価や意見収集などを行い、更なる高機能化と信頼性向上を目指している。

関係論文：東芝レビュー、2023、78、5、p.15-18.

生産技術センター