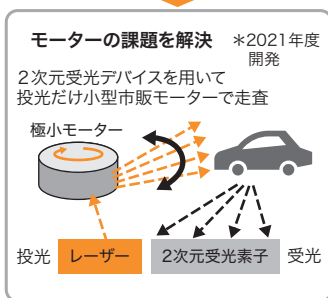
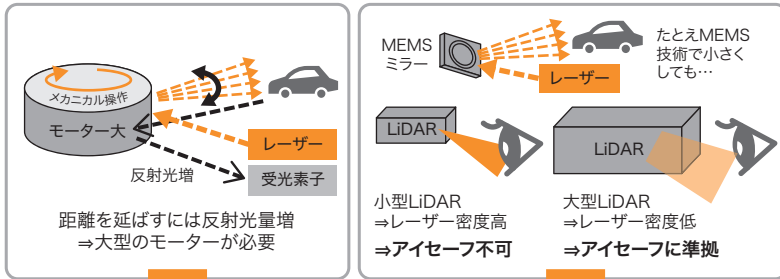


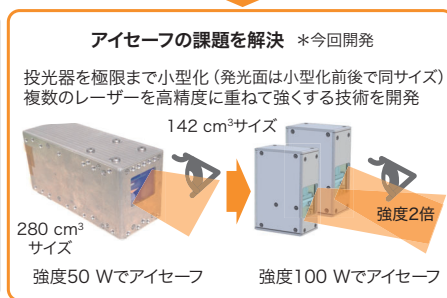
最長 300 m の測距が可能な手のひらサイズの 高画質ソリッドステート LiDAR 技術



MEMS: Microelectromechanical Systems

LiDARの受光技術と投光技術の改善点

Improvements in light receiving and light projecting techniques for light detection and ranging (lidar) units



2021年度開発 350 cm³



今回開発 206 cm³ (投光器2台)



今回開発したLiDARユニットと既開発品との性能比較
Comparison of performance of first- and second-generation prototype lidar units

対象物の形状を3次元で把握可能なLiDAR (Light Detection and Ranging)^(注1)は、自動運転やインフラ監視など様々な用途で活用が期待されるが、その普及にはコストとサイズの削減が課題となっている。

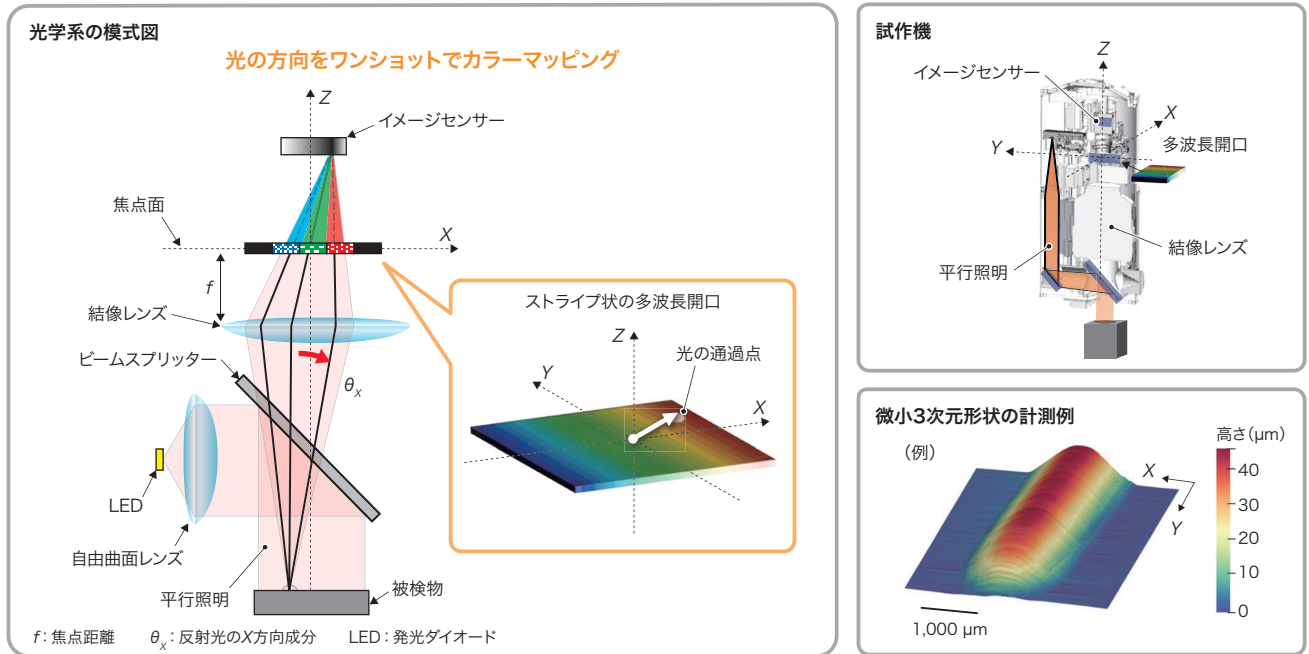
LiDARは、測距対象にレーザー光を照射する投光器と、対象から反射された光を受光し、光の照射から受光までに要した時間から距離を求める受光器とで構成される。高性能なLiDARを小型かつ安価で実現するには、安全基準で定められる目に障害を与えないレーザー光強度(アイセーフ)に準拠しつつ、レーザー走査のための駆動部(モーターやミラーなど)を小型化することが不可欠である。そのため、当社は2021年度に、2次元受光デバイスを用いて受光側の走査を不要とし、レーザー走査を投光用に特化させることで駆動部を大幅に小型化した独自のLiDARシステムを開発した。

今回、投光側について、アイセーフに準拠させながらレーザーの照射強度を高められる独自の投光技術を開発し、計測可能距離の延伸を実現した。3次元実装技術によってサイズを極限まで小型化した投光器を連携させて、複数の投光器から出すレーザーの走査角度ずれを0.02度以下に抑える制御をすることで、一つの投光器のレーザー強度を、至近距離では網膜に影響を与えない強度に抑え、複数の投光器から出力されるレーザー光の重ね合わせにより、強度が減衰する遠距離でも十分な強度を確保することが可能となった。実験の結果、アイセーフに準拠したレーザー強度で、測距対象の照射強度を従来よりも高められることを実証した。これら独自の受光技術と投光技術を組み合わせることにより、世界トップクラス^(注2)の300 mの計測距離と10万画素の解像度のLiDARを、手のひらサイズで実現した。LiDARの普及と自動運転化の加速により、安心・安全な社会の実現に貢献していく。

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

(注2) 2022年3月現在、当社調べ。

微小欠陥を瞬時に可視化・形状計測する光学技術



製品表面の微小欠陥の可視化及び3次元形状の計測が可能な光学技術

Optical technology to visualize and measure three-dimensional shapes of microdefects on surfaces of products

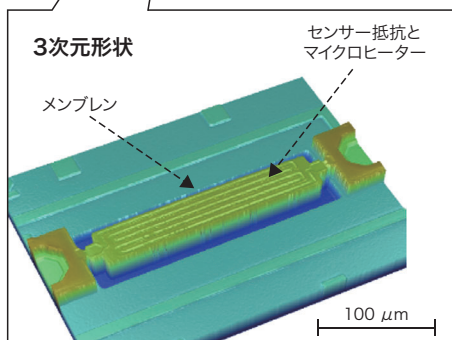
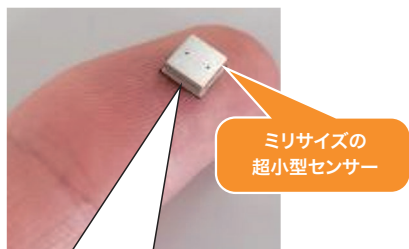
様々な製造工程では、加工中や加工前後の製品の表面形状を計測し、品質を管理することが重要である。このため、撮像装置で取得した複数の画像を解析し、非接触で形状計測する方式が普及している。しかし、製品表面の微小欠陥で、特に μm サイズの高低差を持つ微小な凹凸形状は、従来の撮像技術では明暗のコントラストが付きにくく、鮮明な画像が取得できなかった。そのため、微小欠陥を見落とし、微小欠陥の形状を精度良く計測できなかったりするという問題があった。また、複数の画像を解析処理する従来方式では、製造工程で流れる製品を止めずにリアルタイムで形状計測することが難しかった。

そこで、物体表面で反射される光の方向をワンショットでカラーマッピングできる撮像光学系を用い、その1枚の画像から物体の表面形状を瞬時に測定する3次元計測技術を開発した。この撮像光学系により、 μm サイズの微小欠陥であっても、僅かに散乱された光の方向を色の違いとして捉えて鮮明な画像にできる。試作機を用いた実験により、最大高さが $10\ \mu\text{m}$ 程度の微小なアルミニウム凸形状を数 μm の精度で瞬時(数 $10\ \text{ms}$)に3次元形状計測できることを確かめた。この技術によって、製造工程で流れる製品の外観検査において、微小欠陥の検知及び識別が精度良くできるようになった。また、レーザー溶接における溶融金属のように、時間変化する形状に対しても、リアルタイムで計測できるようになった。

今後、微小欠陥を瞬時に可視化・形状計測できるというこの技術の特長を生かし、様々な製造工程の外観検査に適用していく。

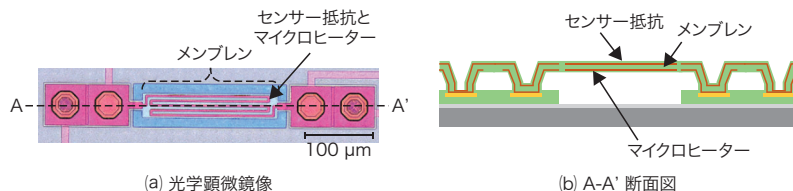
関係論文：東芝レビュー、2022、77、4、p.44-47.

屋内空気質モニタリングに向けた低消費電力MEMS CO₂センサー



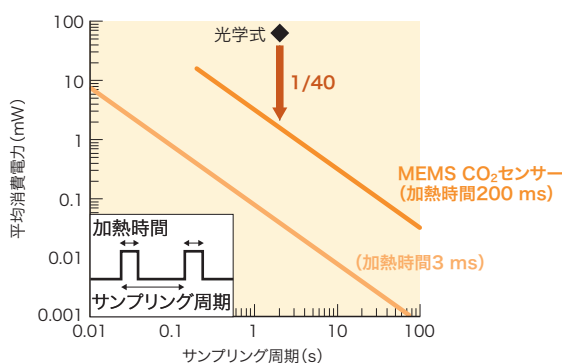
試作したMEMS CO₂センサー

Prototype microelectromechanical systems (MEMS) carbon dioxide (CO₂) sensor for indoor air-quality monitoring



MEMS CO₂センサーの光学顕微鏡像と断面構造

Optical microscope image and cross-sectional structure of prototype MEMS CO₂ sensor



従来の光学式CO₂センサーとMEMS CO₂センサーの平均消費電力比較

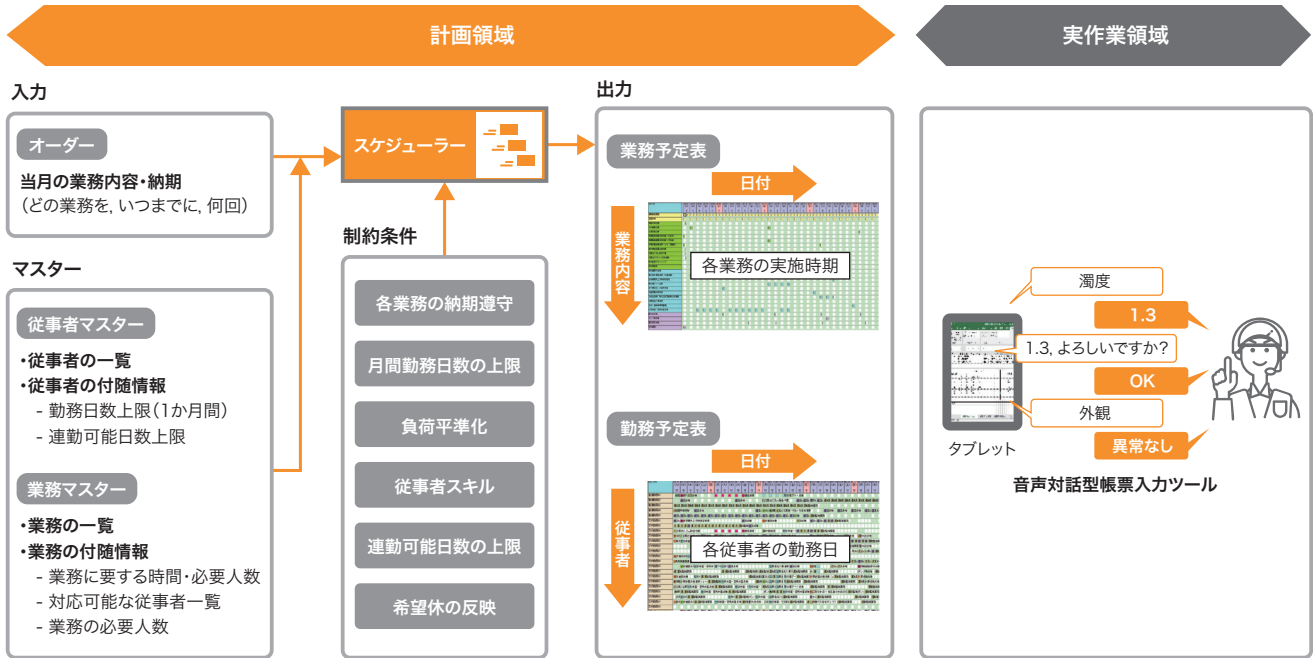
Comparison of average power consumption of conventional optical and MEMS CO₂ sensors

屋内の二酸化炭素 (CO₂) 濃度は、ビル管理法で1,000 ppm以下の管理が求められており、昨今では新型コロナウイルス感染症のような感染症のリスク管理、カーボンフットプリント算出、CO₂見える化技術としても注目が高まり、設置が容易で小型・低消費電力動作を実現するセンサーが求められている。

現在、広く普及している光学式CO₂センサーは、高感度であるが、高出力の赤外光源を必要とするため消費電力が数10 mWと高く、サイズにも課題があった。一方、熱伝導型CO₂センサーは、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を応用することで、低消費電力動作と小型化が可能であるが、従来技術では感度が低く、屋内空気質向けへの適用は難しかった。

そこで今回、低消費電力と高感度を両立する独自構造のMEMS CO₂センサーを開発した。MEMSプロセスにより試作したセンサーは、シリコンチップ上に形成した、アンカーと高熱抵抗のばねに支持されたメンブレン構造から成る。メンブレンと基板間には数μmの狭いエアギャップを設け、メンブレンにはマイクロヒーターとセンサー抵抗を形成していることが特長である。マイクロヒーターでメンブレンを加熱し、雰囲気熱伝導性の変化としてCO₂を検知し、高熱抵抗のばねとエアギャップ構造によりメンブレンが断熱されるため、低消費電力動作が可能となる。また、マイクロヒーターとセンサー抵抗を積層してメンブレンを小型化することで、屋内空気質のセンシングに十分な高感度化が実現でき、CO₂濃度61 ppmの検知分解能を確認している。更に、間欠駆動で従来技術の1/40以下の低消費電力動作が可能で、小型・高感度、低消費電力動作を両立できることも実証した。今後、屋内環境での検証など、実用化に向け引き続き開発を進めていく。

上下水道施設O&Mの計画立案の半自動化と 点検結果・作業実績の音声入力



半自動化されたスケジューラーと音声対話型帳票入力ツールの概要

Overview of semi-automated scheduler and interactive voice input tool for operation and maintenance of water supply and sewerage facilities

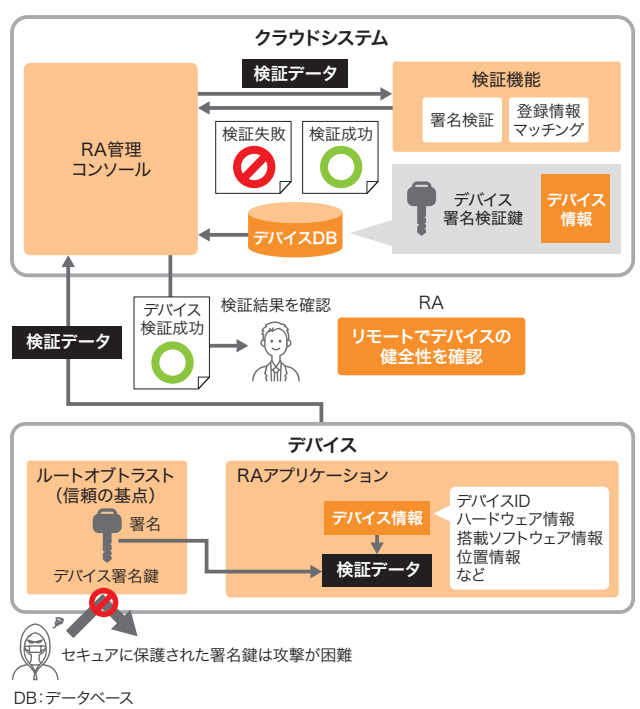
上下水道施設のO&M (Operation and Maintenance) 事業では、良質な水道水供給と下水処理の効率的な実施のため、水処理に精通した従事者の作業予定や勤務予定などの計画を立案する必要がある。この計画は、上下水道施設の様々な制約条件を考慮しながら試行錯誤して立案されるため、大きな工数を要している。また、上下水道施設の設備を安定稼働させるには、稼働状況を定期的に点検・測定し、異常有無の確認や結果の記録・管理をする必要がある。結果は、従事者が紙や表計算ソフトウェアの帳票に記録しているが、管理項目数が多いため、記録作業に大きな工数を要しており、効率化が求められている。今回、これら課題を解決するため、生産・製造領域のデジタル化に向けてこれまで開発してきた技術を活用し、計画を生成するスケジューラーの開発、及び点検・測定結果を音声記録できる音声対話型帳票入力ツールの適用を実施した。

上下水道施設では毎日実施する業務や週次・月次で定期的実施する業務など多様な業務が存在し、これらの期限を遵守できる計画を立案する必要がある。また、従事者のスキルや、月間勤務日数・連勤可能日数の上限、希望休、作業の平準化など、様々な制約条件も考慮する必要がある。今回開発したスケジューラーは、当月の業務内容・期限などを入力情報、従事者や業務の一覧などをマスター情報として指定し、複数の制約条件を満たして作業予定と勤務予定を同時生成する機能を備えている。これを活用することで、計画立案に要する作業工数を削減できる。

音声対話型帳票入力ツールは、あらかじめ設定した手順に沿って点検・測定項目を音声でガイダンスし、使用者が点検・測定結果を音声入力できる機能を備えている。これを活用することで、作業手順を標準化して抜けや漏れを防ぎ、効率的な手順やハンズフリー化などの作業性向上により、点検・測定作業の工数を削減できる。

今後、これらの技術を全国の施設に展開し、O&M事業における業務効率化に貢献していく。

IoTデバイス向けのサイバー攻撃に対するリモート検知技術



DB: データベース

RAの概要

Outline of architecture of remote attestation

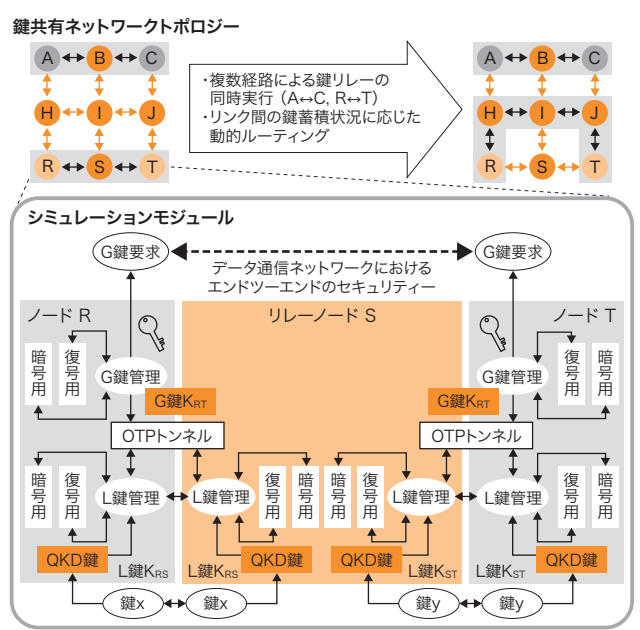
CPS (サイバーフィジカルシステム) 化に伴い、IoT (Internet of Things) デバイスへのサイバー攻撃が増えている。攻撃を受けたデバイスの動作は、システム全体に影響を及ぼすため、デバイスの正常動作 (健全性) をリモートで確認する必要がある。

今回、東芝IoT基盤サービスHABANEROTSのデバイス管理機能として、リモートアテステーション (RA) 技術を開発した。RAは、接続したデバイスの正しさや健全性をリモートで確認できる。具体的には、セキュリティーチップなどの安全な領域に置かれたデバイス固有の鍵を用い、デバイス状態 (デバイスID (識別情報)、ソフトウェア名、動作ログなど) を改ざん困難な形で送付し、クラウドシステム側で正常動作の確認や攻撃による異常を検知する。この機能は、インターネット技術標準化団体IETF (Internet Engineering Task Force) の規格に準拠している。

今後、実証実験により検知の精度向上を図り、東芝CPSでの活用を進め、安全なCPSの提供に貢献する。

研究開発センター

大規模な量子鍵配送ネットワークのシミュレーション評価・検証システム



K_{XY} : ノードXとノードYの間で共有した鍵
 L鍵: ローカル鍵 (直接接続されたQKDモジュールの間で共有された鍵)
 G鍵: グローバル鍵 (L鍵に基づくOTPアルゴリズムによって暗号化された鍵)

大規模なQKDネットワークに向けたシミュレーションの概要

Overview of large-scale quantum key distribution (QKD) network simulation

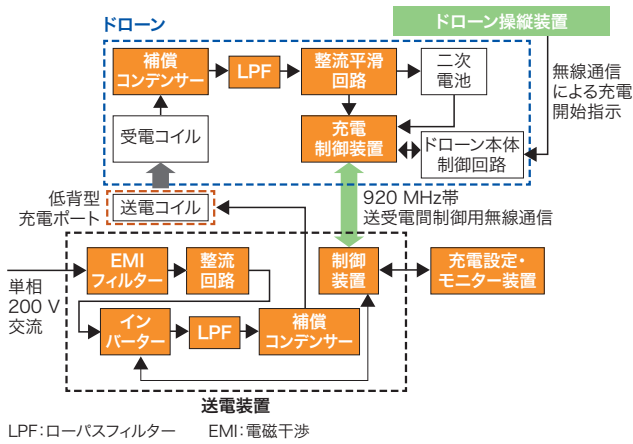
量子鍵配送 (QKD) 技術は、今後のネットワーク社会を支える通信セキュリティー技術として期待されているが、多くのユーザーが利用するためには、QKDネットワークの大規模化が必須となる。

今回、大規模なQKDネットワークの構築・制御・運用方法を、シミュレーションで評価・検証するシステムを開発した。QKDによる暗号鍵生成や、暗号通信、鍵管理と鍵リレー、ルーティング制御などを実装し、各リンクにおける鍵生成速度や、複数経路による鍵リレーの同時実行、鍵蓄積状況に応じた動的ルーティングなどを設定・評価できる。また、シミュレーションの可視化も実現した。更に、100ノード規模の格子型トポロジーのQKDネットワークを構築し、制御・運用技術の評価した。

今後、評価結果を基に、更なる大規模化に向けたネットワーク制御・運用技術の研究開発を進めていく。この研究開発の一部は、総務省の「ICT重点技術の研究開発プロジェクト」の「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発」(JPMI00316) によって実施したものである。

研究開発センター

■ ドローンの充電の自動化に寄与する駐機時ワイヤレス充電技術



ドローン駐機時ワイヤレス充電装置の構成
Block diagram of inductive charger for drones



低背型充電ポートとワイヤレス充電対応ドローン
Low-profile inductive charging port and drone with wireless charger

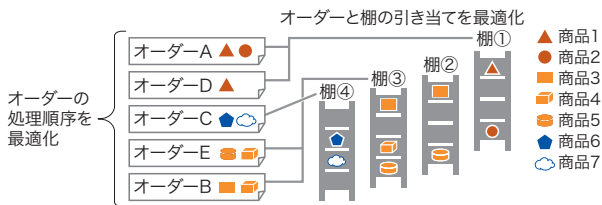
社会インフラ設備の点検や物流分野での利用が増えている中大型のドローンは、消費電力が大きく、頻繁な電池交換や充電が必要である。そこで、充電の自動化や無人化に寄与するため、ドローン駐機時ワイヤレス充電技術を開発した。

ドローン本体下部にカメラや荷物が搭載できるように、高さを8 cmに抑えた低背型充電ポートに、85 kHz帯の交番磁界を発生させる送電コイルを収めた。ポートに駐機するドローン脚部パイプ内の受電コイルに電流が誘導され、整流して電池を充電する。受電用機器は1.1 kgと軽量である。着陸時にドローン脚部をポート中央に誘導するリムをポート周囲に配置し、精度が数cmレベルの最新の位置検出技術と組み合わせ、自動着陸を可能とした。ドローン向けでは世界最高^(注)の750 W以上の急速ワイヤレス充電、飛行中撮影による送電線点検、及び自動着陸を含めた動作試験に成功した。この研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「IoT社会のエネルギーシステム」(管理法人: 国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST))によって実施された。

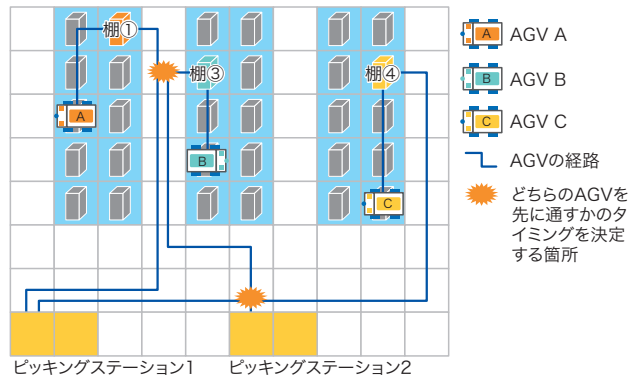
(注) 2022年11月現在、当社調べ。

研究開発センター、東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 物流倉庫業務のスループットを改善する棚搬送ロボットシステムの最適化技術



オーダー順最適化
Optimized priority sequence of delivery orders



AGV運行計画の例
Example of shortest conflict-free automated guided vehicle (AGV) routings

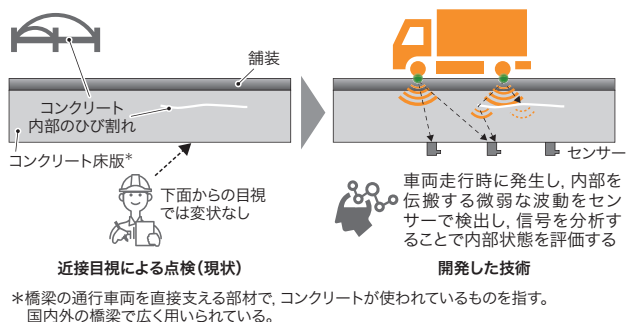
物流倉庫での業務のスループットを最大化するために、自動搬送車(AGV: Automated Guided Vehicle)が商品の棚を作業者のいる場所に自動搬送する棚搬送ロボットシステムについて、オーダー順最適化とAGVの運行計画最適化の二つの最適化技術を開発した。

オーダー順最適化では、各オーダー(出荷伝票)の商品が保管されている棚と作業者が商品をピッキングする場所とを対応付けてオーダーの処理順序を並び変え、棚当たりの商品取り出し率(ヒット率)を最大化する。AGVの運行計画最適化では、AGVの走行ルートと走行タイミングを決定し、全搬送所要時間を最小化する。この二つの最適化により、単位時間当たりのオーダーの処理量であるスループットを最大化する。二つの最適化エンジンを試作してシステムに統合し、他社の既設システムの実績データと同等条件で実機エミュレーターにより比較評価したところ、10%以上のスループットの改善効果が確認できた。現在、客先システムに試験的に導入し、実用性の確認と性能評価を行っている。

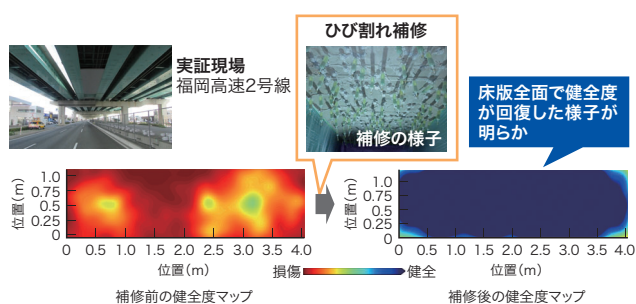
関係論文: 東芝レビュー, 2022, 77, 3, p.57-61.

研究開発センター

■ 橋梁床版内部の健全度を解析・可視化する技術を福岡高速で実証



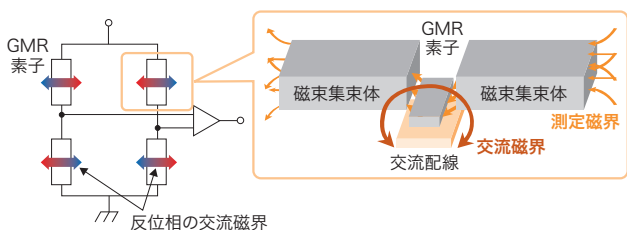
橋梁床版内部の健全性を解析・可視化する技術の概要
Overview of technology to analyze and visualize internal soundness of bridge decks



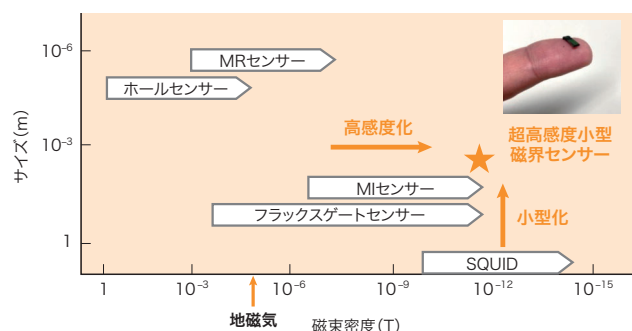
床版補修効果の可視化
Visualization of effectiveness in repairing bridge deck

研究開発センター

■ 超高感度小型磁界センサー



超高感度小型磁界センサーの概要
Outline of compact high-sensitivity magnetic sensor



MI : Magnetoimpedance
MR : Magnetoresistance
SQUID : Superconducting Quantum Interference Device

磁界センサーのサイズと検出範囲
Sizes and detection ranges of each type of magnetic sensor

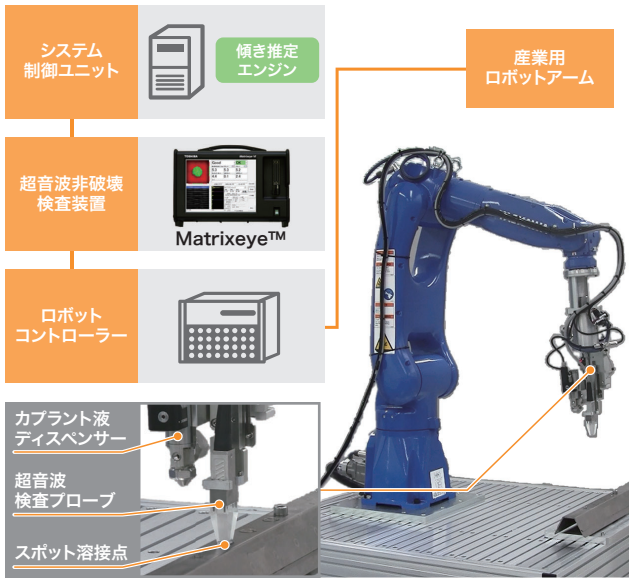
研究開発センター

外観からは分からない橋梁(きょうりょう)床版内部の健全度を解析して可視化する技術を開発し、その効果を高速道路で実証した。

この技術では、車両が橋梁を走行する際に路面で発生する微弱な波動を、床版下面に設置したセンサーで取得・データ化する。そのデータを解析することで、従来の目視点検では確認できなかった内部の損傷をデジタル化し、その損傷度合いを解析して健全度マップとして可視化できる。今回、福岡北九州高速道路公社の管理する福岡高速2号線の床版補修の際に、その前後において、技術の実証を行い、橋梁床版内部の状態評価の妥当性を確認した。この技術を用いることで、橋梁内部の状態に応じた補修計画の策定や作業の実施が可能となり、橋梁の老朽化対策のデジタル化を推進し、橋梁補修の効率化及び社会インフラの長寿命化に貢献できる。

この技術には、NEDO(国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託研究業務「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の成果が含まれる。

自動車車体の安全性と生産性の両立を実現するスポット溶接自動検査システム



スポット溶接自動検査システム
Automatic spot weld inspection system for automobile manufacturing

自動車製造工程では車体1台当たり約5,000点のスポット溶接を行っているが、溶接部の検査は、生産ラインから車体を抜き取って、作業者が人手で行っている。そのため、車体の安全性を担保しながら検査数を確保し、生産性を維持・向上させる効率的な検査手法の確立が期待される。

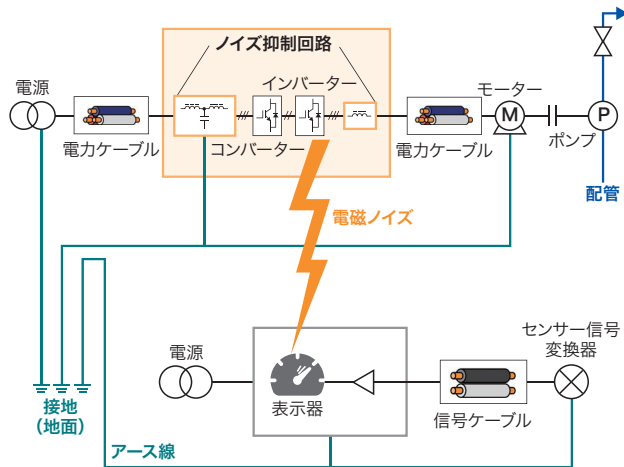
そこで、超音波検査装置 Matrixeye™ と連動した傾き推定エンジン^(注1)が、検査プローブを搭載した産業用ロボットを制御し、溶接箇所の溶接径を測定することで自動非破壊検査を実現するスポット溶接自動検査システムを開発した。溶接径の計測とロボット動作を並列に処理するソフトウェアモジュール間通信の最適化により、1点当たり約3秒で検査できる。これは1点当たり約30秒掛かる人手の検査に比べて大幅な効率の向上となる。

このシステムは、顧客の生産工場での実証試験を経て、2022年4月に受注した。今後は、カプラント液^(注2)レス化など、更なる利便性向上を目指して製品開発を行っていく。

(注1) 適切な検査プローブ姿勢に導くソフトウェア。
(注2) 検査対象に超音波を伝搬させる粘着性の液体。

生産技術センター

大規模システムの設置前に電磁ノイズを予測・低減するノイズ設計技術



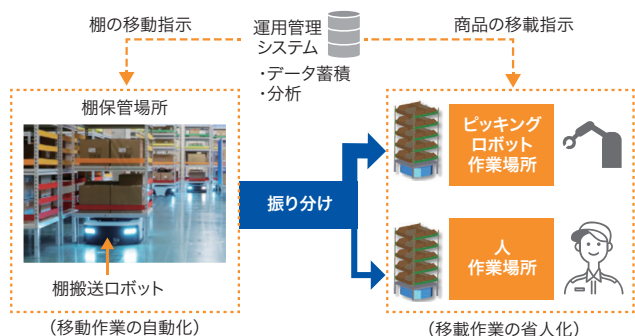
電磁ノイズ設計技術を適用した大規模システムの構成例
Example of configuration of large-scale water supply and sewerage system applying electromagnetic noise design techniques

上下水道設備のような大規模システムは、ポンプ用モーターを駆動するインバーターやシステムの状態を監視するセンサー類など、様々な電子機器で構成される。電子機器の組み合わせや配置によっては、客先への設置後に初めて電磁ノイズが顕在化し、センサー類の誤動作などの問題が生じる。また、大きなノイズが発生する場合、ノイズ抑制回路の性能が低下することがある。そこで、設置前にノイズの発生を予測・予防するためのシミュレーション技術とノイズ抑制回路の設計手法を開発した。

インバーターで発生したノイズは、ノイズ抑制回路、ケーブル、地面などを伝搬し、センサーなどに影響を及ぼす。この経路を、回路図では記載されない寄生成分として組み込んでモデル化した。このモデルでのシミュレーションにより、大規模システムのノイズを定量的に予測可能とした。更に、ノイズ抑制回路の性能低下要因を明らかにし、適切な回路とする設計手法を考案した。前述のシミュレーションとの組み合わせで低ノイズ化が可能となり、客先でのシステム運用開始までの工期短縮が期待できる。

生産技術センター

■ 物流倉庫のピッキング作業を効率化する人とロボットの連携システム



人とロボットの連携によるピッキング省人化システムの概要
Overview of labor-saving picking system operated through collaboration of workers and robots

膨大な商品の中から指定商品を摘み取る物流倉庫のピッキング作業では、省人化が求められている。この作業は、保管場所に商品を取りに行く“移動作業”と、保管棚から商品を取り出す“移転作業”で構成される。移動作業は、ロボットによる自動化が容易な一方、移転作業は、多種多様な商品の全てをロボットで処理することが難しい。

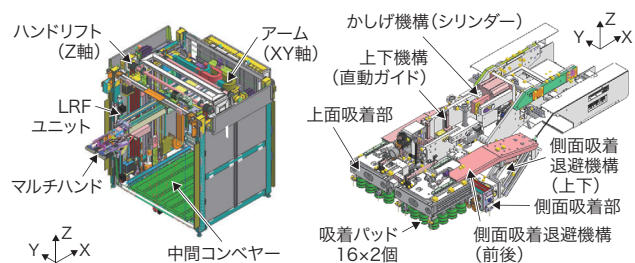
そこで、人と複数のロボットが効率的に連携してピッキング作業を行う省人化システムを開発した。このシステムでは、棚搬送ロボットが可動式の棚を搬送して移動作業を自動化し、棚箱取り出しロボットとピッキングロボットが連携して移転作業を自動化する。並行して、運用管理システムが注文情報と事前登録された商品属性情報を基に、ピッキングロボットの対応範囲を超えたサイズや形状の商品を人に振り分ける。このように、人とロボットのそれぞれの処理能力に基づき適切に移転作業を分担することで、倉庫全体の作業の効率化と省人化を実現する。



ピッキングロボットの作業場所におけるピッキングの様子
Picking operation in picking robot work area

生産技術センター

■ 規則積載・不規則積載荷物に対応可能な荷降ろしロボット用マルチハンド

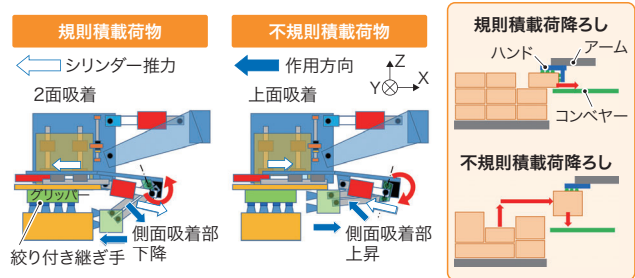


LRF: Laser Range Finder

規則積載、不規則積載荷物に対応した荷降ろしロボット用マルチハンド
Depalletizing robot and multifunctional hand to accommodate both regularly and irregularly stacked packages

近年、eコマース（電子商取引）の普及により、物流業界では倉庫内での多種多様な荷物の荷積み、荷降ろしなど、作業の自動化ニーズが高まってきている。この課題を解決するため、東芝インフラシステムズ（株）は、同じサイズの荷物が規則的に積載された規則積載荷物専用の荷降ろしロボットを、既に上市している。

今回、異なるサイズの荷物が混在する不規則積載にも対応できる規則・不規則両用機に使用するマルチハンドを開発した。このマルチハンドは、規則積載荷物では最大30 kgまで、不規則積載荷物では最大20 kgまで、移転可能である。側面吸着部の退避機構により、荷降ろしする対象によってハンドの形態を切り替え、規則積載時には荷物の上面と側面の2面を、側面へのアクセスが難しい不規則積載時には荷物の上面だけを吸着して荷降ろしできる。また、左右二つの上面吸着部にそれぞれ16個の吸着パッドを配置し、グリッパーと吸着パッドの間に絞り付き継ぎ手を採用することで、一部の吸着パッドが荷物に掛からずエア漏れがあっても一定の吸着力を確保できる。



側面吸着部の退避機構の概略図
Schematic diagrams of retracting mechanism with unit applying suction to surface of package

生産技術センター