

## ビル・デジタルツインを活用したZEB運用技術



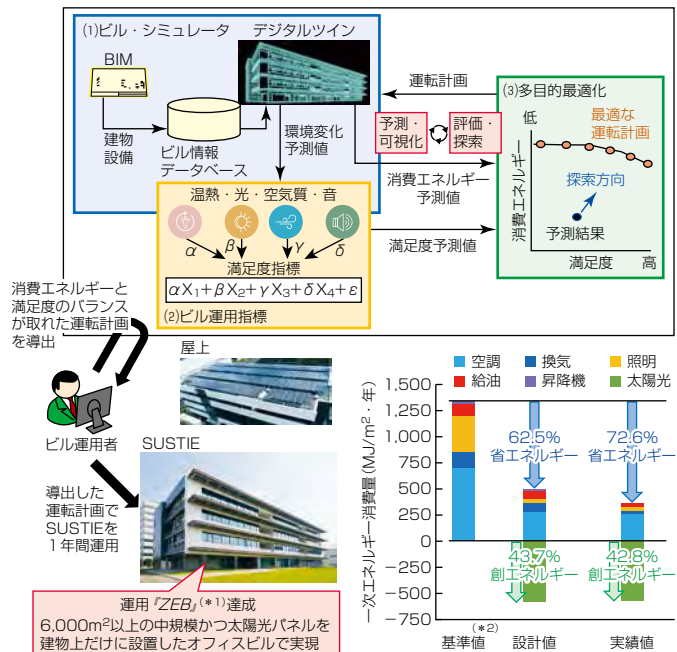
## net Zero Energy Building Operation Technologies Using Digital Twin for Buildings

ビルの年間の消費エネルギーと快適性を予測し、最適な設備の年間運転計画を導出する事前計画型ビル運用技術を開発した。この技術によってZEB(net Zero Energy Building)を達成する運転計画を事前に導出でき、従来実施していた設備設定の試行錯誤が不要になる。その結果、竣工(しゅんこう)直後から最適な運用が実現でき、運用負荷を大幅に削減できる。この技術の特長を次に述べる。

- (1) ビル・シミュレータは、BIM(Building Information Modeling)形式の設計データからビルのデジタルツインを構築する。そして、年間の気候や人数の変化を考慮しつつ、計画した設備設定の消費エネルギーと温熱・光等の環境変化を予測する。
- (2) ビル運用指標は、執務者アンケートから構築した満足度評価式を基に、オフィス環境の4要素(温熱, 光, 空気質, 音)を一つの総合的な満足度として表現する。
- (3) 多目的最適化は、進化型計算手法を基に複数の運転計画から消費エネルギーと満足度が良好な計画を選択・修正し、より良い運転計画を高速に探索する。

この技術を当社のZEB関連技術実証棟“SUSTIE”に適用し、理論上1000兆通りの運転計画から消費エネルギーと満足度のバランスがとれた計画を2,500回の演算で導出

した。その結果、設備設定の試行錯誤不要で竣工直後から最適な運用を実現し、年間一次エネルギーを基準比で115%(設計時目標106%)削減して運用『ZEB』を達成した。



ビル・デジタルツインを活用したZEB運用技術

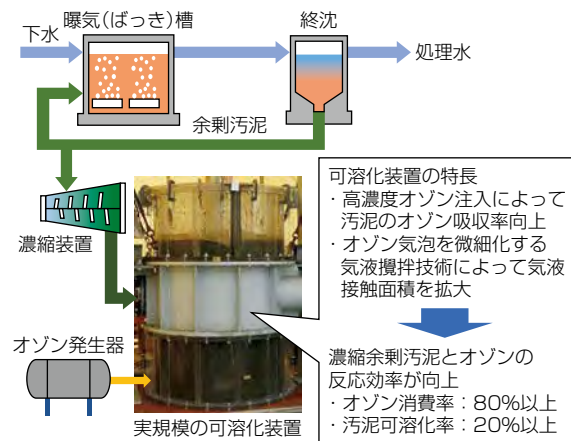
## バイオガス増産と汚泥減容を実現する高濃度オゾンによる汚泥可溶化装置



## Excess Sludge Solubilizing Equipment with High Concentration Ozone Gas for Increase of Biogas Production and Reduction of Sludge Volume

カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略として、資源循環関連産業のエネルギー回収の高度化・効率化が示されている。また、汚泥の焼却処理時に発生する温室効果ガスであるNO<sub>x</sub>(窒素酸化物)を削減することが望ましい。バイオマス資源として期待される下水汚泥は、可溶化によってバイオガス増産と汚泥減容が期待できる。しかしながら微生物集合体である余剰汚泥、特に濃縮余剰汚泥は高粘度であることから、汚泥中にオゾン进行を分散させる一般的な可溶化処理ではオゾンガスが適正に分散されずバイオガス転換率が低いことが課題であった。当社と日鉄エンジニアリング(株)は、高濃度オゾンガス注入と特殊攪拌(かくはん)翼を用いた気液攪拌技術によってオゾン気泡の微細化と分散性を改善し、濃縮余剰汚泥とオゾンとの反応性を飛躍的に高めた可溶化装置を開発した。下水処理場での1年間の汚泥可溶化実証試験ではオゾン消費率80%以上及び汚泥可溶化率20%以上を四季で達成し、初沈汚泥と濃縮余剰汚泥を混合した消化試験では約1.22倍のバイオガス増産と

増産分のバイオガスに応じた有機分の減少を確認した。この技術は、バイオマス資源の有効利用とそれに伴う温室効果ガスの排出抑制に貢献できる。この技術を適用したオゾン可溶化反応装置は2021年7月に公益財団法人日本下水道新技術機構の建築技術審査証明を取得した。



実証試験のフロー図

# 人×機械の遠隔融合システム



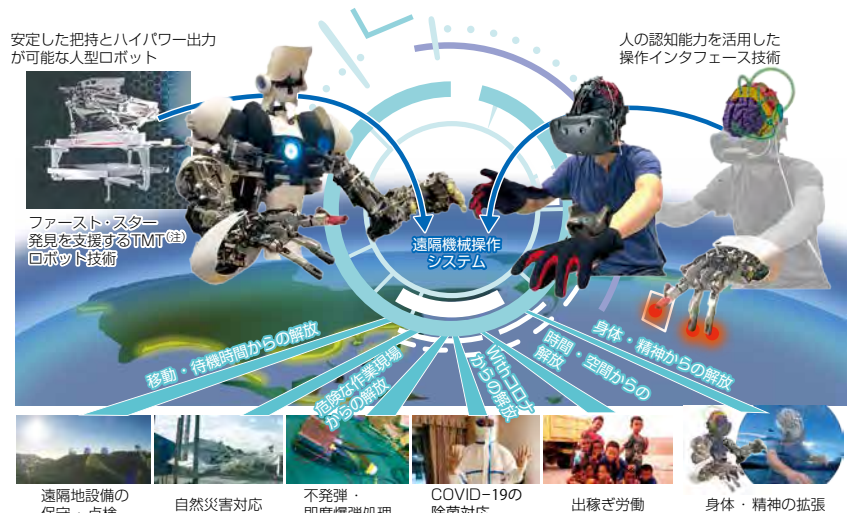
## Remote Machine System with Sense of Oneness

リモートワークの充実、遠隔施設の保守点検、自然災害・除菌・除染作業等の身体的・精神的な負担の高い作業に対して、安心と安全を実現する遠隔機械操作システムを開発している。

大型望遠鏡事業で培った機構設計・駆動制御技術を適用した人型ロボットは、安定した把持が可能なセルフロック機能を搭載した多指ハンドと、ハイパワー出力が可能な直動リンク機構を持っている。オペレータの操作負担を最小限にするシンプルかつ直感的な操作インターフェースは、遠隔機械操作の力触覚情報を視覚的にフィードバックする新たに開発した視覚的力触覚技術を適用しており、脳内情報流の45%低減効果と音や振動フィードバックに対して優位性があることを脳波信号から確認した。これら技術を統合した遠隔機械操作システムは、6kgの硬く重いアルミ部材から壊れやすい生卵やポテトチップスを、シンプルな操作インターフェースで

ありながら直感的に把持・運搬可能である。

VR(Virtual Reality)・AR(Augmented Reality)技術とグローバルな通信技術の進展によって、この遠隔機械操作システムが国内外での労働人口偏在のソリューションになることを期待する。



人×機械の遠隔融合システムが実現する、  
“どこにいても、いつでも、“手”を取り合える共生の世界”

# 聴覚障がい者や外国人との円滑で多様なコミュニケーションを支援するアプリケーション“しゃべり描き”

## Application "SwipeTalk" Supporting Smooth and Diverse Communication with and between People Who Are Hard of Hearing or Speak Different Languages

話した言葉を指でなぞった軌跡に表示し、聴覚障がい者や外国人との円滑で多様なコミュニケーションを支援するアプリケーション“しゃべり描き”の用途を広げる新たな機能を開発した。2016年の広報発表以降、特別支援学校・大学病院・公共施設など様々な実証実験を通して得た課題やニーズを抽出し、障がい者の教育機関と連携して新機能開発を行った。コロナ禍でマスク着用がマナーになり、聴覚障がい者は健聴者の口元が見えず話が理解できないという課題が生じた。そこで2台の端末を近距離通信して画面共有する新たな機能を開発し、福祉団体、役所、学校など40団体にアプリケーションの無償提供を行った。

しゃべり描きアプリは利用者に寄り添うことで、障がい者にもコロナ禍にも役立つアプリケーションとして進化を続けている。2021年10月には複数の端末間で画面共有し、お互いに画面を操作しながらコミュニケーションできる“しゃべり描きチャット機能”を追加した。複数人同時に画面を共有できるので、教育現場での様々な生徒に向けた授業や学習、博物館・美術館・水族館などでの聴覚障がい者向けレクチャ、友人同士の文字・お絵かき・写真を使ったコミュニケーションなど、ウィズコロナ・アフターコロナ社会に向けてフィジカルディスタンスを保ったコミュニケーションを実現している。



しゃべり描きアプリ (iPad(注)とiPhone(注)に対応)



マスクをした健聴者と聴覚障がい者の会話



しゃべり描きチャット機能を使った授業風景

## レーダによる津波の浸水深予測AI



### Radar-Based Tsunami-flooding Prediction AI

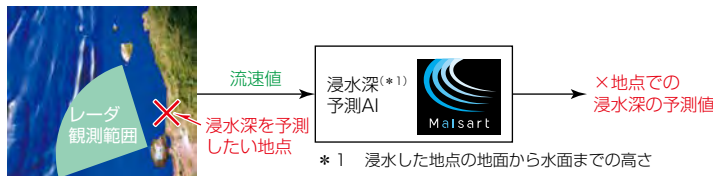
地震発生時に津波からの適切な避難行動を策定・遂行するため、津波による浸水深を迅速かつ高精度に予測することが求められている。従来手法では事前に津波をシミュレーションしたデータから類似パターンを照合することで予測しているが、計算時間が数分程度必要で、かつ予測誤差が大きいという課題があった。

今回、一般財団法人 建設工学研究振興会と共同で、レーダで検出した海表面の流速値から陸地での津波浸水深を高速かつ高精度に予測するAIを開発した。

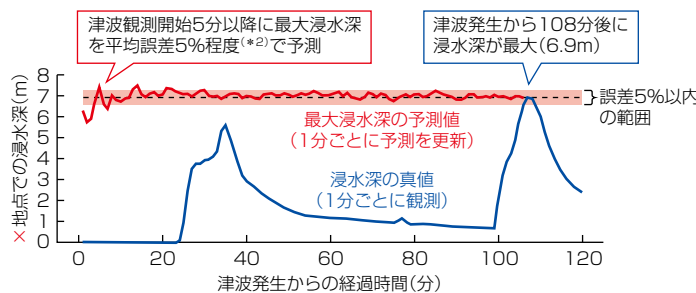
沿岸から50km遠方の領域を面的に観測して広範囲の流速値を取得可能な当社レーダ技術と、当社AI技術“Maisart”を組み合わせることで予測を実現した。

様々な地震の発生条件(震源地、断層のずれ量・ずれ方向等)に対して地形データを用いた津波のシミュレーションを実施し、得られた海表面の流速値と陸地での浸水深の関係をAIに学習させた。未知の津波シミュレーションに対してAIによる浸水深の予測値を評価した結果、津波検出とほぼ同時に数秒程度の計算時間で平均誤差5%程度の予測ができることを確認した。

この技術は迅速な避難行動の策定支援と沿岸地域の防災・減災に貢献する。



レーダによる津波の浸水深予測AI



\*2 最大浸水深3m以上のシミュレーションケースに対して、津波観測開始後5分以降の予測値から算出した平均絶対パーセント誤差

シミュレーション1ケースでの最大浸水深の予測例

## AI技術“Maisart”を活用した混雑予測



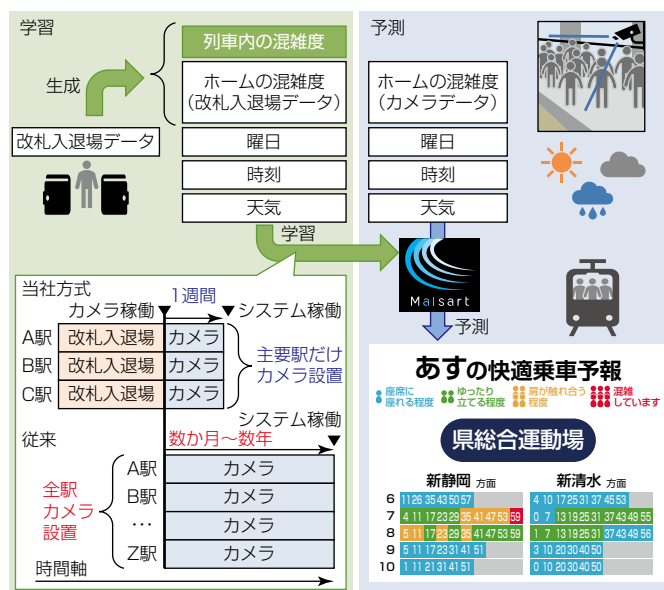
### Congestion Prediction Using AI Technology "Maisart"

ニューノーマルに対応し、駅やテーマパークなどの施設内の混雑平準化を促すためには、将来の混雑度を正確に予測して利用者に提示することで利用客自身に行動変容を促す必要があり、今回、当社AI技術“Maisart”を活用した混雑予測技術を開発した。

当社では、2020年度に静岡鉄道 静岡清水線を実証フィールドとして、鉄道利用者の行動変容を狙いとした実証実験を実施した。ホーム設置のカメラからの映像データをリアルタイム混雑解析した結果から、将来の列車内の混雑状況を予測し、利用者に混雑情報を提供した。しかし、将来の列車内の混雑度を高精度に予測するAIを実現するためには、学習用データとして過去の全駅全列車の大量の混雑情報が必要という課題があった。そこでこの課題解決のため、既に鉄道会社が持っている過去の改札入退場履歴からホーム・列車内の混雑度データを生成する学習用データ生成アルゴリズムを開発した。

このアルゴリズムと“Maisart”を組み合わせることによって、カメラ設置は全15駅中5駅だけに抑えて、カメラ稼働後1週間程度の短期間のデータで混雑予測システ

ムの稼働を実現した。さらに、先発列車の混雑予測94.0%、翌日予測90.9%という高い予測精度を達成した。



学習用データ準備を効率化した混雑予測



# 高速駆動SiCパワーモジュール

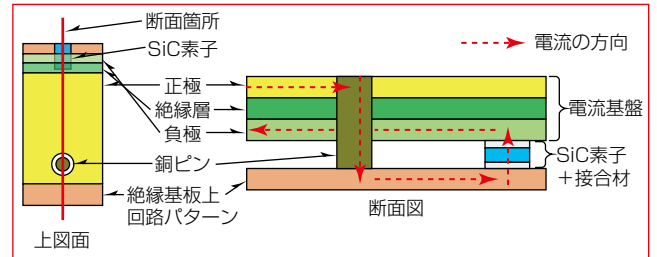
## SiC Power Module for High Frequency Drive

省エネルギー効果の向上に向けて、高速駆動SiC(シリコンカーバイド)パワーモジュールを開発した。

SiCパワーモジュールを高速駆動することでスイッチング損失をより低減でき、省エネルギー効果の向上が期待できる。一方、高速駆動によってSiC素子に瞬間的な大電圧が印加され、SiC素子の破壊を招くという課題がある。この大電圧は電流経路のインダクタンスに比例して増加する。そこで、高速駆動時の大電圧の抑制とスイッチング損失低減のため、インダクタンスの低いモジュール構造を考案した。

図に示すように、モジュール内部のインダクタンス低減のため、SiC素子からモジュールの正極端子及び負極端子への電流経路が平行に沿う構造にした。これによって、従来のSiCパワーモジュールに比べて、モジュール内部のインダクタンスを44%まで低減した。その結果、高速駆動時の瞬間的な大電圧を抑えつつ、従来のモジュールに比べて1/3までスイッチング損失を低減でき、省エネルギー効果の向上を実証した。また、スイッチング損失を低減した

ことで、スイッチング回数を決める動作周波数の高周波化が可能になった。今後、高周波動作のニーズが高い再生可能エネルギーや医療用電源などへの適用拡大を目指す。



高速駆動SiCパワーモジュールの構造

# ローカル5Gを活用した産業機器システム向け通信障害監視技術



## Communication Failure Monitoring Technology for Industrial Equipment System with Local 5G

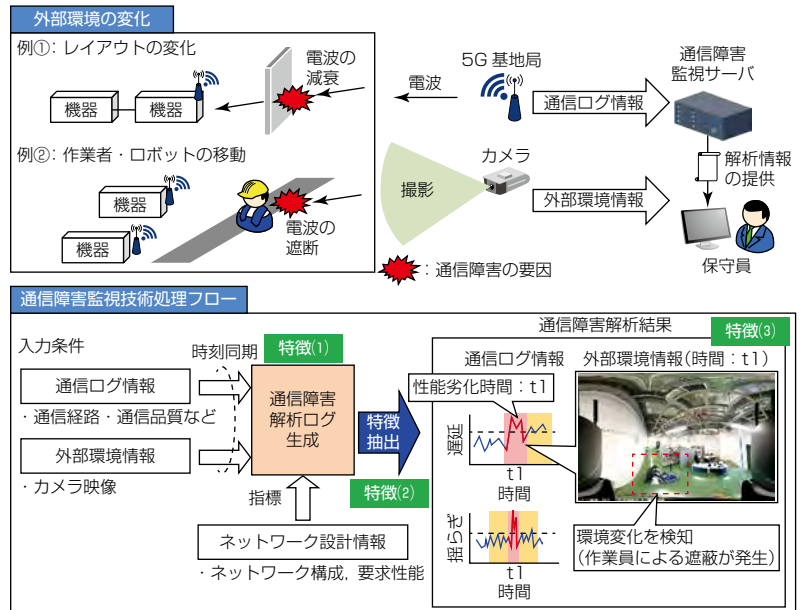
企業による専用周波数の利用が可能になったローカル5G(第5世代移動通信システム)の超高信頼・低遅延の特長を活用し、ファクトリオートメーション分野では産業機器向け通信の無線化が期待されている。これまで産業機器システムの障害で、通信の遅延や停止による通信障害については、システム内の通信内容を分析することで、その原因を特定していた。しかし、システムに無線が含まれる場合、レイアウトの変化、人やロボットの移動など産業機器外部の無線環境変化による問題(電波の遮蔽、減衰等)は、従来手法だけでは障害発生後の要因特定が困難であった。

(3) 時刻情報によって関連付けられた通信ログの特徴(環境変化)から要因を特定する。

これらの技術で、通信障害の見える化を可能にして、要因特定までのダウンタイムが削減できる。今後は、産業機器システムへの実適用に向けた検証を進めていく。

今回開発した通信障害監視技術では、これらの課題に対処するために、次のような特徴を持つ。

- (1) 無線性能を高精度に制御・監視できるローカル5Gの通信内容と、それに時刻同期した工場内の映像情報を組み合わせた通信ログを作成する。
- (2) ネットワーク設計時の要求性能を指標として通信ログから通信障害の要因になる特徴を抽出する。



通信障害監視技術

## 給湯機タンクの強度・耐食性を飛躍的に向上させる新溶接工法



## Novel Welding Method of Ultra-high Strength and Corrosion-resistant Joint for Hot Water Tanks

当社の“家庭用エコキュート<sup>(\*)</sup>(注)”(図1)の貯湯タンクの疲労強度・耐食性を飛躍的に向上させた新溶接工法が、日本溶接協会の溶接注目発明賞(第36回)を受賞した。この発明は、貯湯タンクの製造工法を革新させて、強度不足や腐食の原因になる円周溶接部の隙間部を完全になくす連続的な突き合わせ溶接を実現し、疲労強度を10倍以上<sup>(\*)</sup>、さらに、隙間腐食解消によって耐食性の向上も実現した。

新溶接工法の特徴は、溶接時の熱変形を拘束力として利

用できる引っ掛け構造(図2)であること、継ぎ手全体を溶融することで、引っ掛け構造自体が溶接ワイヤの役割をすることである。これによって、従来では剛性が低く、固定保持すら困難な板厚1mm以下、直径φ500~600mmの貯湯タンクの全周に安定した突き合わせ溶接を実現した。

- \*1 “エコキュート”は電力会社・給湯機メーカーが自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機を総称するペットネームである。
- \*2 同板厚、タンク径での従来溶接工法による貯湯タンクとの比較(当社調査)



図1. 家庭用エコキュート

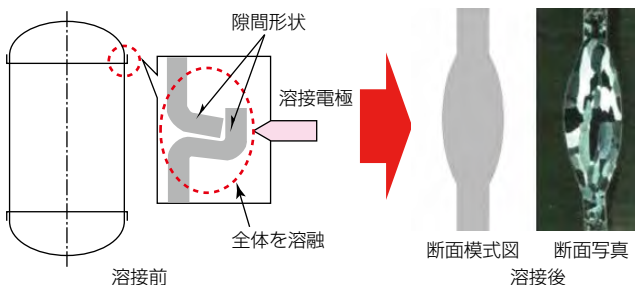


図2. 新溶接工法

## 電動パワーステアリング用モータの構造共通化

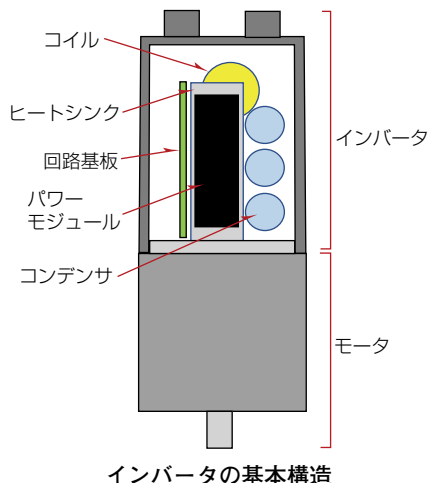


## Structure Standardization of Motor for Electric Power Steering

中大型車に搭載されるラックアシスト式のパワーステアリングに適する小径のインバータ一体型モータを開発した。標準機種とともに駆動回路又は駆動回路と制御回路を二重化した機種をラインアップに加えて、先進運転支援システムADAS(Advanced Driver Assistance Systems)で要求される機能安全規格に対応した。

モータの後部に配置されるインバータの中央に、軸方向に長い直方体状のヒートシンクを形成し、その側面にパワーモジュール、コイル、コンデンサ及び回路基板を配置した。回路の二重化の有無によらずインバータの基本構造を共通化し、実装する部品の組合せを変えて機能を切り替えられるようにしたことで、3種類のインバータが同じ設備で組み立てられるようになった。

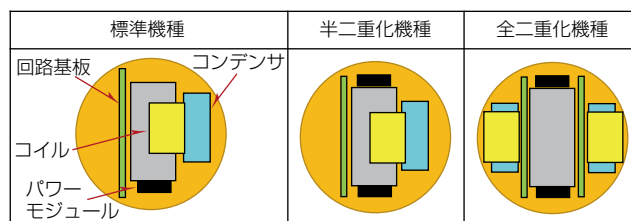
さらに、U、V、W、



インバータの基本構造

3相分のパワーモジュールを樹脂成形で一体化したり、コイルと導体板又は複数のコンデンサを樹脂枠に収めて一体化するなど、実装部品をモジュール化することで、インバータの小型化と組み立てやすさを両立させた。

これらの工夫によって、3種類全てのインバータの外径をモータの外径以下にできた。また、それぞれのインバータを個別に開発する場合と比較して、開発期間を3分の1に短縮できた。



実装する部品の組合せ(上面図)



実装する部品のモジュール化

# 支払承認業務のワークフローシステムと電子帳票保管基盤



## Payment Approval Workflow System and Electronic Form Storage Platform

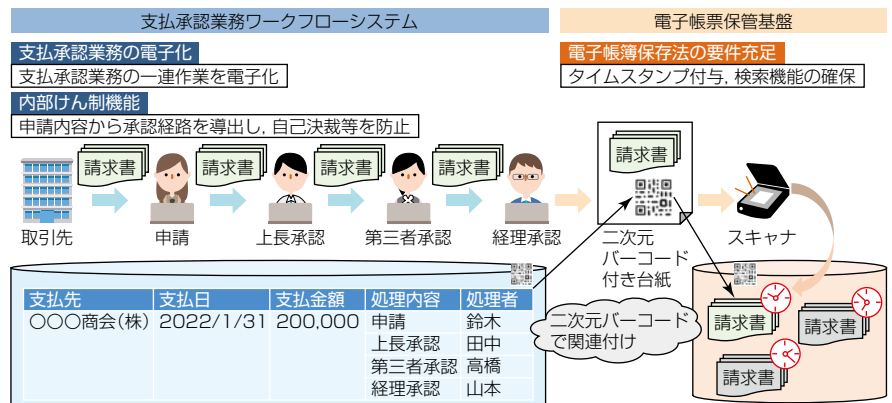
これまでの当社の支払承認業務は、会計システムから紙で出力した支払伝票を社内回送・検印し、経理部門の照査後には、税務調査に備えて、取引先から受領した請求書・領収書と合わせて紙を保管する運用を長らく継続しており、ペーパーレス化の要望が強い業務であった。今回、支払承認業務を電子ワークフロー化するとともに電子帳簿保存法に対応した電子帳票保管基盤を整備し、この業務のペーパーレス化を進めた。

ワークフロー機能としては、支払承認業務の一連の作業を電子化し、支払伝票の紙での出力を廃止するとともに、内部けん制基準に沿った適正な承認者を自動で設定することで自己決裁等の不正を防止する。

電子帳票保管基盤としては、請求書等を電子的に保管・閲覧するに当たって、国税関係書類の電子保存要件を定める電子帳簿保存法の要件(タイムスタンプ

付与、検索機能の確保等)を充足する機能を付加して、請求書等の紙での保管を廃止する。また、ワークフローシステム側の情報を二次元バーコード化し、スキャナで請求書等と同時に読み取りをすることでワークフローシステムとの関連付けを実現した。

今後は電子請求書の保管機能やキャッシュレス決済との連携機能を開発し、更なるペーパーレス化を実現する。



支払承認業務ワークフローシステムと電子帳票保管基盤のイメージ

# 建設現場の生産性向上に貢献するAI配筋検査システム



## AI based Reinforcement Bar Inspection System Contributing to Productivity Improvement at Construction Sites

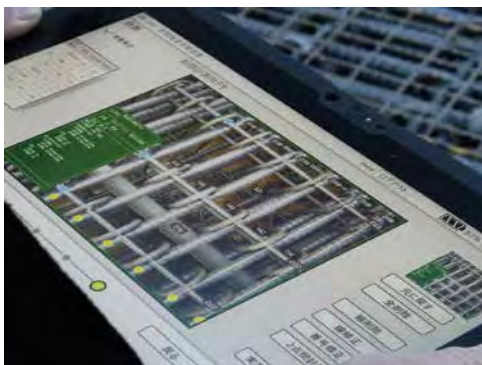
コンクリート構造物の施工時に行う配筋検査(鉄筋の配置確認)は、各種検査のうち最も重要な検査の一つである。従来の検査では、鉄筋へのマーキングやスケール設置などの事前準備に続いて、指定範囲にある鉄筋の本数や径(太さ)、間隔などの計測、報告書の作成までを全て手作業で実施していた。今回、事前準備なしに、ステレオカメラ搭載端末で撮影した画像から検査に必要なデータを自動抽出するとともに、検査報告書を自動作成するシステムを開発し、2021年2月からサブスクリプション形式で提供開始した。

鉄筋画像は類似テクスチャの繰り返しであって特徴点が

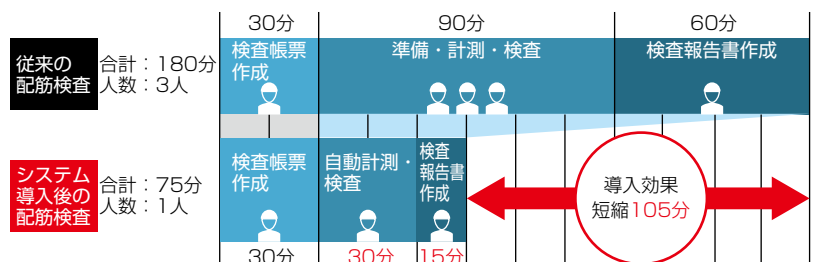
少ないこと、また天候(日照)の影響を強く受けることなどから、検出精度の向上が課題であった。そこで、大手建設会社の支援の下、30か所以上の現場で天候や設置場所などの異なる鉄筋画像を多数収集して深層学習させるとともに、少ない消費電力で高速駆動するエッジAI処理によって、条件変化に対してロバストなシステムを構築した。

様々な建設現場での実証を行った結果、鉄筋検出率100%(過検出を含む)、鉄筋間隔精度±5mm以下などの性能を達成し、検査時間の大幅短縮を実現した。

今後は、ニーズが急速に増えている遠隔臨場(遠隔地からの検査)等にも対応することでシステムとしての魅力を高めて、建設現場の生産性向上に一層貢献する。



配筋検査結果の画面表示例



AI配筋検査システムの導入効果