

# 川田グループが仕掛ける DX ～建設現場での「Society5.0」の実現に向けて～

Challenges of Kawada Group for Digital Transformation

金平 徳之

川田テクノロジーズ機技術研究所  
所長

畠中 真一

川田工業機橋梁事業部橋梁企画部  
開発室 室長

中山 良直

川田建設機技術本部 本部長

鈴木 聡

川田建設機技術本部技術部  
技術開発課 課長

藤倉 岳司

川田テクノシステム機開発本部開発推進部  
プランニングス・アドバイザー

川田グループは、第二次中期経営計画で公表した KAWADA VISION の中で、建設現場での「Society5.0」という概念を示し、グループの進むべき方向性を明らかにしました。この建設現場での「Society5.0」という概念には、IoT 技術を駆使して現場やオフィスのスマート化を図り、生産性を向上させ、さらに得られたデータを活用して新しい事業や価値づくりを行うという、情報循環型の建設業の未来が描かれています。本稿では建設現場での「Society5.0」の実現を目指して川田グループが取り組んでいる DX（デジタルトランスフォーメーション）の内容を、業務の工程ごとに編成して紹介します。

キーワード：DX, Society5.0, シナジー, i-Construction

## はじめに

川田グループは、第二次中期経営計画で公表した KAWADA VISION（以下、川田ビジョン）の中で、建設現場での「Society5.0」という概念を示し、グループの進むべき方向性を明らかにしました（図1）。この建設現場での「Society5.0」という概念には、IoT 技術を駆使して現場やオフィスのスマート化を図り、生産性を向上させ、さらに得られたデータを活用して新しい事業や価値づくりを行うという、情報循環型の建設業の未来が示されています。

川田ビジョンでは、建設現場での「Society5.0」を達成する手段として「グループシナジー」を挙げています。



図1 建設現場での「Society5.0」を示す概念図

川田グループは、主要事業である鋼橋や PC 橋の設計・製作・施工・保全事業に加え、鉄構事業、建築事業、土木設計関連のソフトウェアソリューション事業、産業用のヒト型ロボットの開発・販売事業、コンピューター航空事業などを行う多角的企業です。これからの10年間、事業を取り巻く環境が激変することを見据えて、それぞれの事業会社が持つ独自技術や情報を建設現場での「Society5.0」を目指して融合させ、結果としてグループの総合力で進化を遂げて最強企業集団となることを「グループシナジー」を通して目指します。

川田グループでは建設現場の「Society5.0」の実現に向け、各社が技術情報交換を行い、必要に応じて共同で生産性向上のための技術開発に取り組んでいます。これらの活動のハブとして存在するのがグループ横断組織、イノベーション推進委員会です。各社の研究開発責任者から構成され、定期的な会合を持ちながら、現場ニーズや技術シーズについての情報交換、共同開発の企画等を行っています。

本特集ではこのイノベーション推進委員会が中心となり、川田グループの持つ DX に関する新技術や進行中の研究開発のテーマを業務のプロセスに沿って構成し編集しました（図2）。次章より設計、工場製作、施工、保全の4つの業務プロセスに沿った全21技術を紹介します。

プロセス	1. 設計	2. 工場製作	3. 施工	4. 保全
	ソリューションビジネスとしての展開	自動制御、IoT、ロボティクス、AI技術等を活用した生産性の向上、技能の伝承、新事業展開		
KTIグループが仕掛けるDX	1.1 3次元モデリングソリューション 1.2 情報基盤プラットフォーム 1.3 DX体験の提供	2.1 製品検査の省力化 2.2 溶接品質確認の自動化 2.3 画像合成技術を用いた溶接技能伝承	3.1 架設シミュレーション 3.2 施工の自動化 3.3 工程検査の省力化 3.4 テレワーカーによる現場支援の推進	4.1 デジタルツインの活用 4.2 既設構造物の計測・野書作業の省力化 4.3 ドローンを用いた橋梁点検の合理化 4.4 IoTを利用した構造物のモニタリング

(図中の番号は本文中の節の番号に対応している。)

図2 本特集で紹介する新技術

## 1. 設計プロセスにおけるDX

川田テクノシステム(株)では、DXを「進化するデジタル技術によって今まで想像の世界でしか成し得なかったことを現実化すること。また、現在行われている作業を『劇的に』変革させること」と定義し、DX戦略として「時間と空間をモデリングする」ことを掲げています(図3)。そしてDX推進の手段として「効率化」から「プロセスや情報の最適化」へと建設業界に発想の変換(革新)を提案しています。具体的に目指すのは、設計業務プロセスで生み出されるデータモデルが3次元CADと情報流通(共有)基盤を中心として縦横無尽に連携する社会インフラ設計施工システムの姿です。本章ではこの戦略に沿って展開している取り組みを紹介します。

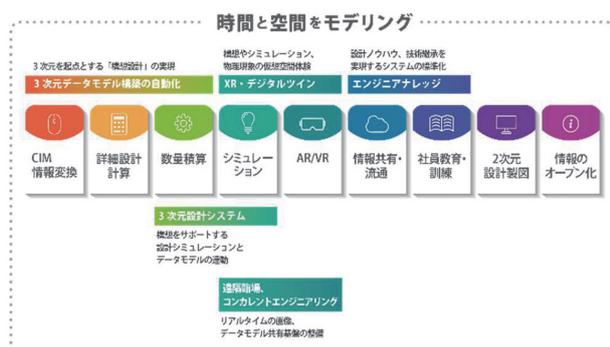


図3 川田テクノシステムのDX戦略

### 1.1 3次元モデリングソリューション

#### ■「V-nasClair (ヴィーナスクレア)」<sup>Vol.39</sup>

建設業界においては「インフラ分野のDX推進」が掲げられており、BIM/CIM、i-Construction導入・活用がさらに進んでいくものと思われます。BIM/CIMでは、3次元モデルを流通・利活用することで施工・維持管理を連携させ、一連の建設生産プロセスにおける合意形成

の迅速化ならびに業務の効率化を図り品質や生産性を向上させることが求められています。川田テクノシステム(株)は3次元CADの必要性に着目し、BIM/CIMがスタートする以前からV-nasClairの開発に着手しました。2011年の販売開始当初は2次元CADでしたが、現在は3次元CADに進化し広く市場に普及しています。

V-nasClairは、点群データの3次元モデル化から、地形、線形、道路、河川、橋梁、トンネル、砂防ダム、電線共同溝等の土木工事の設計に特化したモデルの作成、更には作成された3次元モデルと設計計算の連携(フュージョン)を行います。それらの機能によって、単純にBIM/CIMモデルとして必要な属性を含んだ3次元モデルを作成するだけのCADにとどまらず、構想(予備)設計から詳細設計、架設計画、施工、更には維持管理までのすべてのプロセスを3次元モデルにより、オールインワンで統合管理する「インフラ分野のDX推進」に沿ったシステムとなっています。

### 1.2 情報基盤プラットフォーム

#### ■「basepage」<sup>Vol.39</sup>

川田テクノシステム(株)では2005年よりインターネット技術を活用したWebシステムである「情報共有システムbasepage」のサービスを開始しています。basepageは国土交通省の定める工事・業務における情報共有システム機能要件を満たしており、単なる情報の共有だけではなく「災害情報管理」「BCP対策」「維持点検管理」等の幅広い業務に適用できるクラウドサービスです。建設工事で発生する書類の効果的、効率的な管理と共有の実現から始まったbasepageは、日進月歩に進化するIoT機器、通信技術およびXR表現技術等を常に取り入れながら機能が拡張され、現在では多様な情報の視覚化や連携を行う情報基盤プラットフォームとなっています。以下に特徴的な機能を紹介します。

(1) 360度画像情報（機能名：「miRU360」）<sup>Vol.41</sup>

basepage にアップロードされた 360 度画像に対してのコンテンツ拡張です。360 度画像を用いた距離計測や面積計測等の特許技術を有しており、位置情報で関連付けることにより画像間の移動や地図情報との連携ができます。これにより災害時における現状把握や調査業務における構造物の概測を行うことができます。点検時における多様な情報を付与することで情報表示のプラットフォームとしても活用できます（図4）。



図4 basepage の miRU360 の概要

(2) 遠隔臨場機能（機能名：「bp-Livecam」）<sup>Vol.42</sup>

スマート端末や Web カメラから送られる映像や音声を共有することで施工現場における監理、監督業務を効率化します。書類（画像）と映像を同時に共有できるため、遠隔地からの指示や検査が円滑かつ確実に行えます。現場の状況を自動記録し basepage 上に蓄積できます（図5）。

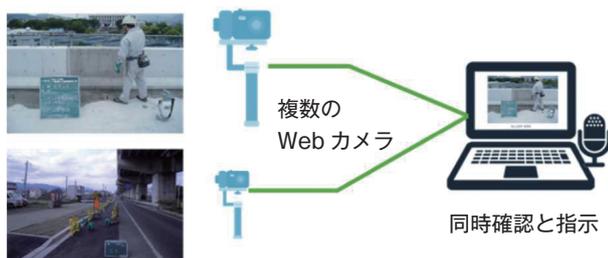


図5 basepage の bp-Livecam の概要

1.3 DX 体験の提供

■ DX ルームの開設

現在、川田テクノシステム(株)では 3D モデルや流体シミュレーション等の情報表現の手法として 3D モデルの空間表現に注力しています。国土交通省では、「インフラ分野の DX 推進」の一環として各地方整備局に DX ルームが設置され、運用が始められています。川田テク

ノシステム(株)でも BIM/CIM モデルの更なる DX 推進を図ることを目的に HMD を使用しない DX ルームを開設しました。

DX ルームは、VR 技術を使用して映し出される立体画像により、現地でしか味わえないリアルな臨場感や雰囲気を感じることができる VR 空間です。

DX ルームで使用している VR 技術は「プロジェクション VR」と呼ばれるもので、約 2m のスクリーン 3 面に VR 用に補正・変換された視差映像が投影されます（図6）。この 3 面のスクリーンに映し出される映像を専用のシャッター眼鏡を通して見ることによって、映像を立体的に視覚することができるようになります（図7）。

システムが専用のカメラでユーザの姿勢を 6DoF（six degrees of freedom）で把握し、3次元モデルとユーザの位置、姿勢から自動的に視差画像を生成することで最適な VR 体験を提供します。



図6 3面スクリーンへの映像の投影

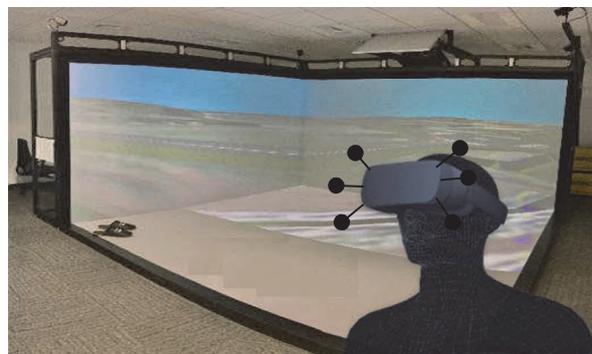


図7 専用のシャッター眼鏡による立体視

## 2. 工場製作における DX

川田工業(株)では国土交通省大臣認定制度における鉄骨製作工場の最高位、Sグレードを有する3つの認定工場が稼働し橋梁や大型建築物向けに鉄骨を供給しています。また川田建設(株)では協会認定の2つのプレキャストコンクリート製品工場が稼働し、両工場を拠点に全国へプレキャスト製品の供給を行っています。本章ではスマートファクトリーの実現に向けてこれらの工場で行われているDXの取り組みを紹介します。

### 2.1 製品検査の省力化

#### ■ 高精度レーザースキャナー計測を用いた出来形管理の省力化

橋梁製品を主に扱う川田工業(株)四国工場では架設現場での連結工程に支障が無いことと、連結後の橋梁全体の出来形を確認することを目的に、工場で作成した橋梁部材の出荷前に仮組立を行い、寸法検査などを行っています。この作業は現地搬入前の重要な確認工程である一方で、多くの人手と時間を費やし、重機作業や高所作業を伴う危険作業でもあることから、代替する手法が求められていました。

代替の仮組立としては部材の寸法計測を行い、シミュレーションする方法がありますが、この方法は、2次元的要素が強く、形状がストレートな钣桁と箱桁に限定されています。四国工場では、シミュレーション出来る橋梁タイプを大幅に増やすために、高精度なレーザースキャナーを導入し、複雑な線形を有する桁の形状を正確

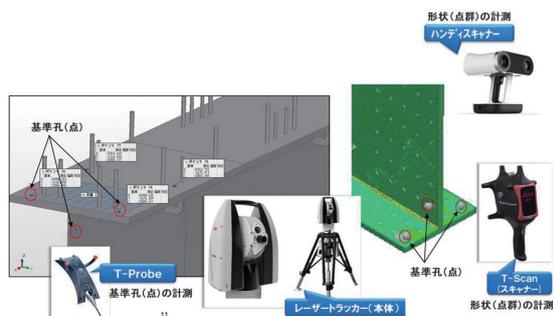


図8 レーザースキャナーによる計測イメージ

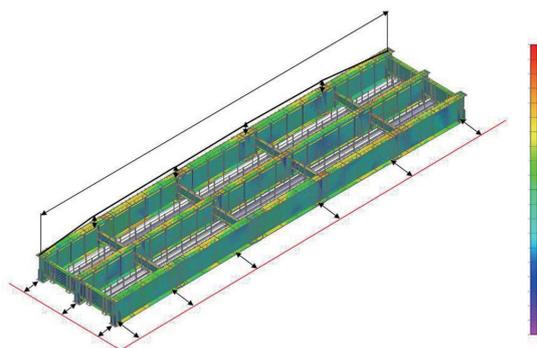


図9 CIMモデルと計測データの誤差可視化(マッピング)

に3Dデータ化し、さらに、ミリ単位の出来形をコンピュータ上で管理・表現できるシステムの実用化を行っています。(図8、図9)。

BIM/CIM活用が推進される中、3Dデータを形状検証に活用できる以外にも、仮組立の省力化による安全性の向上・エネルギー消費の削減・働き手不足の解消など、さまざまなメリットを確認しています。

#### ■ 3D重畳技術を用いた製品検査<sup>Vol.42</sup>

大型建築物向けの鉄骨製品を取り扱う川田工業(株)栃木工場では、3D重畳の導入とその活用に取り組んでいます。3D重畳とは、3次元CADデータと部材の写真を取り込み、簡単な操作で自動重畳、製品照合するシステムです。部材の写真に3次元CADデータを重ね合わせる(重畳)ことで、加工位置のずれといった製作不良を即座に発見できます(写真1、写真2)。

3D重畳システムを活用する効果として、図面で部材を検査する際、人の判断を介さなくなるため、ヒューマンエラーによる見落としが無くなり不適合の現場流出がなくなることが挙げられます。また、製作工程の前工程で3D重畳を実施することにより、各工数の短縮、品質の平準化、ムダの削減などが達成できました。



写真1 製品写真の撮影と3次元モデルの重畳



写真2 写真2の拡大(紙図面では検出困難な不適合を1箇所検出)

■ 音声認識 AI による製品検査の効率化

川田建設㈱の各工場では、音声認識 AI を導入することで工場製品の出来形計測の効率化に取り組んでいます。

従来のケーブル高さ検査では、計測員が計測値を読み上げ、記録員が、事前に準備した測点の設計値の入った記録用紙に手書きで記入し、事務所に戻って記録用紙から計測値を転記し帳票を完成させていました。この作業に対して川田テクノシステム㈱と共同で開発した音声認識 AI を導入することで、製品の測定を検査員 1 名で実施できるようになりました。帳票もクラウドを介して自動作成され、検査の効率化が図れるようになりました（写真3）。

現在、汎用性を高めるため、システム全体を見直し、すべての工場製品の出来形検査に対応できるように改良を進めているところです。なお、音声認識 AI については川田工業㈱においてもその活用が行われています<sup>Vol.39</sup>。

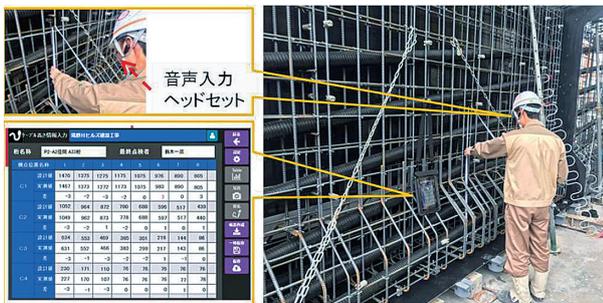


写真3 音声認識 AI を用いた計測状況

2.2 溶接品質確認の自動化

■ NEXTAGE による超音波自動探傷

川田工業㈱栃木工場の主力製品に溶接組立箱型断面（以下ボックス）柱があります。その4面のスキンプレートは角部をサブマージアーク溶接によって接合しますが、その溶接品質の保証に非破壊（超音波探傷）検査が実施されています。溶接部の超音波探傷は1箇所 300 mm を1日に 100 ~ 150 箇所行っており、検査技術者が少なくとも1日 30 m 分の探傷を行っていることとなります。栃木工場での溶接欠陥はほとんどありませんが、その対象箇所は欠陥の有無にかかわらず人手で探傷しなければなりません。そして、超音波探傷は検査技術者の技量に左右されます。

これらの現状を踏まえ、探傷の自動化の構想を立ち上げ、探傷装置の開発に取り組んでいます。当初はこの探傷装置でボックス角溶接部に欠陥発生率が高い最深部の初層に絞り、粗探傷を自動化することを目標としましたが、フェーズドアレイ探傷器の導入により探傷範囲が拡大したことで、溶接施工断面をカバーできました<sup>Vol.40</sup>。これにより、検査技術者はこれまでの全面探傷をするのではなく、超音波自動探傷装置での検出があった箇所だけを確認することで作業の効率化、負担の軽減が可能と

なりました。また、グループ企業であるカワダロボティクス㈱のヒト型ロボット「NEXTAGE」を導入することで、ロボットが人と一緒に働くことができることが実証されることとなり、次世代に向けた川田オリジナルの装置となりました（写真4、写真5）。

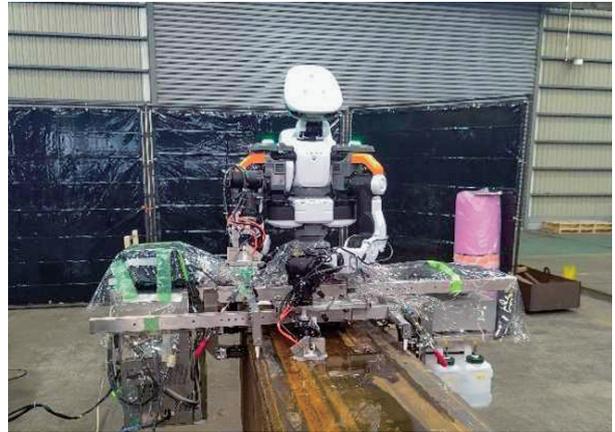


写真4 「NEXTAGE」による片手探傷状況



写真5 「NEXTAGE」による両手探傷状況

■ AI を用いた溶け込み深さの推定<sup>Vol.42</sup>

川田工業㈱四国工場では溶接の品質を AI を用いて予測する手法の開発に取り組んでいます。四国工場が製作する橋梁鋼床版の代表的な構造である U リブは製作上の要求品質が極めて高く、6 mm 鋼板の片面すみ肉溶接に対して全線に渡って溶込み深さが 4.5 ~ 6.0 mm となるように管理する必要があります。この溶込み深さの確認は、エンドタブの実溶接断面を確認するタブテスト、または超音波探傷検査などの手法が適用されていますが、いずれも溶接後の確認になります。溶接作業者にとっては溶接中に適切な溶込み深さが得られているか確認する術がないため、溶接条件等を経験と勘によってコントロールすることで品質管理しているのが現状です。

このような背景のもと、より品質の高いものづくりを進めるためには溶接中のリアルタイム管理手法が求められています。川田工業㈱では大阪大学との共同研究によ

り、溶接時の溶融池周辺の画像を基に溶込み深さを推定できる AI システムを開発中です。

この AI システムの構築には、学習データとして溶接中の溶融池周辺画像と共に、答えとなる溶込み深さの実測値が必要となります。画像と溶込み深さ実測値をセットとしたデータを学習させた深層学習モデルを構築することにより、一見何の変化もない溶接中の溶融池周辺画像を与えるだけで、ワイヤ位置や溶融池周辺のわずかな変化を AI が特徴と捉え、答えとなる溶込み深さを導き出すことが可能になりました。画像から溶込み深さを導くのに必要な時間は 1 sec 以下です。本技術により、これまで溶接後にしか確認できなかった溶込み深さを、画像を取得するだけで溶接中にリアルタイムに推定できるようになり、Uリブ溶接作業の信頼性を飛躍的に高められる可能性があります (図 10)。

現状の推定精度は実測値と推定値の誤差 0.5 mm 以下で 95% 以上の推定精度であるため、今後さらに精度を高めていく必要があります。今後は、撮影条件の異なる溶融池周辺画像を活用し、早期の実用化に向けて開発を行っていきます。

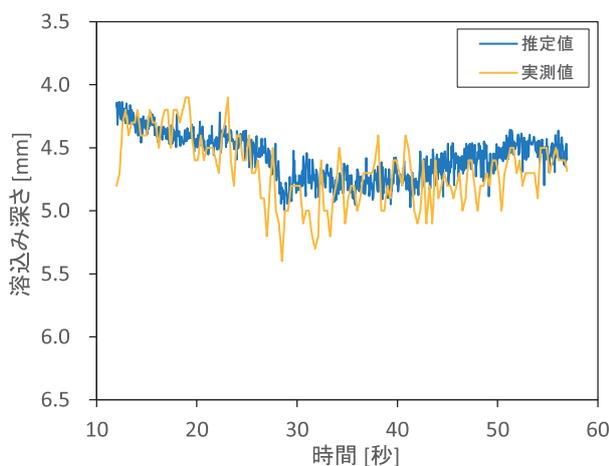


図 10 実測値と推定値の比較

### 2.3 画像合成技術を用いた溶接技能伝承

#### ■ 3D デジタル溶接マスクの展開 Vol.39

少子高齢化の進む日本において、溶接士の確保、育成および溶接技能の継承は企業の喫緊の課題です。この社会課題に対応するため川田テクノロジーズ(株)技術研究所と川田工業(株)は画像合成技術を用いた超広視野溶接可視化技術を開発しました。本技術は米国の研究機関である SRI International と共同で開発した技術で、新たに考案した光学機構を実装したカメラユニットにより異なる露出条件の画像を複数枚取得し、それらを合成することで「白飛び」や「黒つぶれ」などのない画像の生成を実現しました。この可視化技術を XDR (eXtreme Dynamic Range) 可視化技術と呼びます (写真 6)。この XDR

可視化技術を溶接保護面の左右の目に相当する位置に組み込み、マスク内部のヘッドマウントディスプレイ (HMD) に投影することで、3次元画像として溶接部全体を観察しながら溶接作業を可能としたものが、次世代型溶接保護面である 3D デジタル溶接マスクです (写真 7)。

この 3D デジタル溶接マスクを用いて指導者が溶接を行えば、その指導者の視野映像を多数の訓練生とリアルタイム共有できるようになり、暗黙知である溶接の勘やコツを伝承しやすくなります。また、訓練生がデジタル溶接マスクを用いて溶接すれば、その映像に対して指導者が具体的に改善点を指摘することができます。この様に、従来にない勘所を得た溶接技能訓練が可能となるため、技能取得速度の飛躍的な向上が期待できます。

また、溶接視野映像から画像解析等を用いてアーク軌跡や溶融池サイズを認識し、運棒動作の安定度を評価する技術をすでに開発しており、これら技術を使えば技能のコツを判り易く定量化することが可能となります。さらにこれら情報を HMD 画面上に重畳すれば溶接中の溶接士に溶接の品質情報を与えることが可能です。

このように本技術は教育システムに留まらず、溶接作業のインライン品質モニタリングシステムに発展する可能性を秘めており、現在、溶接の DX 実現に向けた製品事業としての展開を検討しているところです。

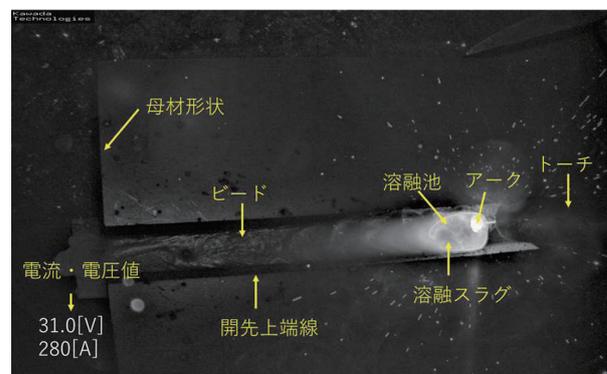


写真 6 XDR 技術による溶接可視化の例



写真 7 3D デジタル溶接マスクの外観

### 3. 施工における DX

川田グループの建設施工現場ではデジタル技術を積極的に取り入れ実業務に役立てています。また、グループが保有するソリューション技術やロボット技術を応用して現場向けの技術を開発し実用化を図っています。本章では、スマートサイトの実現に向けた DX 推進の状況を説明します。

#### 3.1 架設シミュレーション

##### ■ 点群データと 3D モデルによる事前検証

三遠南信小嵐本線橋は、国土交通省中部地方整備局発注の3径間連続箱桁橋で、川田建設㈱が張出し架設で施工しました。青崩峠という急峻な地形の脆弱な地盤のため、地山の掘削が最小限で、標準的な移動作業車では干渉する状態でした。そこで、地山をレーザースキャナーで点群データ化し、3次元データの移動作業車を重ねて干渉状態を確認することで、地山に干渉しないように移動作業車の下段作業足場の片側を改造しました。10 cm のクリアランスで計画しましたが、実際も 10 cm の余裕量であり問題なく移動台車を取り付けることができました（図 11、写真 8）。

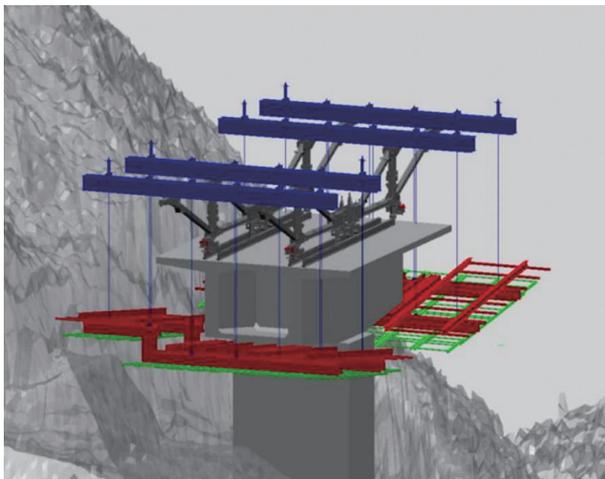


図 11 地山と機材の干渉検証



写真 8 超低床移動作業車の全景

##### ■ 4D モデルによる架設シミュレーション Vol.40

川田工業㈱橋梁事業部が施工した洗地川橋（下り線）の現場では、3D モデルに架設ステップ情報を付与した、いわゆる 4D 架設モデルを作成し、架設シミュレーションを視覚的に共有できるシステムを構築しました。架設ステップ毎の施工手順を可視化することで施工計画段階での干渉の有無の確認や、架設アニメーションを用いた危険作業の周知、説明会などでの関係者間の円滑な合意形成がスムーズにできました。とりわけ当現場は空港に近接した立地であるため、大型の桁をクレーンで取り回す際に、周辺道路との離隔だけでなく、高さ制限も含めた 3 次元的な干渉管理が必要でした。これらに対し本システムは極めて有効な手法でした。また交通規制帯を計画する際に正確な 3D データに基づき規制の規模を最小限に抑えることができました（図 12）。

さらに、橋梁上部工の CIM モデルをヘッドマウント型の MR デバイス（Microsoft HoloLens 2）に投影することで、完成予想図や工事規模を現地において一目で説明でき見学者からも好評を得ることができました（図 13）。

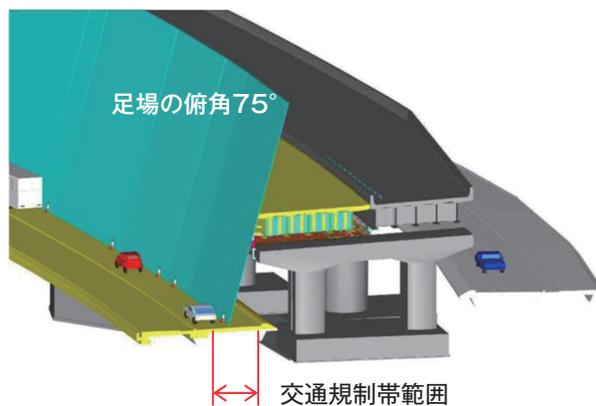


図 12 3D 検討により交通規制規模を最小限に抑える

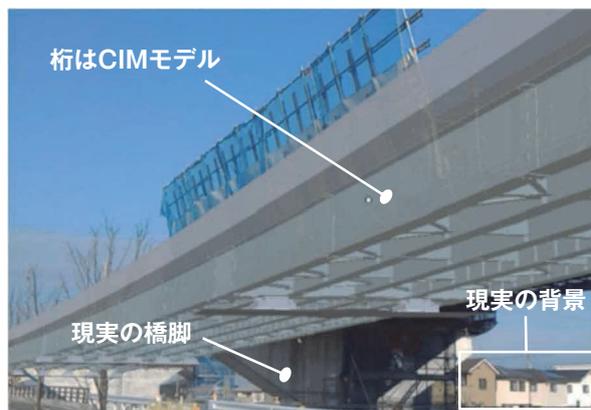


図 13 MR での見え方  
(実風景と CIM モデルを重ねて見せる)

### 3.2 施工の自動化

#### ■ 全自動緊張管理システム Vol.39.40.42

PC橋において、プレストレスは構造物の要求性能に大きな影響を与える要素であり、緊張管理は導入されるプレストレスの精度を左右する重要なプロセスです。川田建設(株)では、ポストテンション方式PC橋を対象に、現場での緊張作業と緊張管理を省力化する全自動緊張管理システムを開発しました。このシステムは従来、緊張ポンプの操作や緊張ジャッキの圧力・PC鋼材の伸び量の測定、緊張管理グラフの作成など人為作業に頼っていた部分を自動化したシステムとなっています(写真9、図14)。

このシステムは、これまで3橋に採用され、以下の効果を確認しています。1)ポンプを操作する人員が不要であるため、省人化できる。2)緊張作業中のジャッキに近づくことがないため、安全性が向上する。3)左右のジャッキを同時加圧するとともに、伸びと圧力の測定をデジタル計測するため、測定管理精度が向上する。4)管理グラフの作成・管理限界の修正を自動で行うため、管理者の省力化ができる。

現在、適用できる定着工法を拡げるためシステムの改良を進めています。



写真9 自動化した緊張作業全景

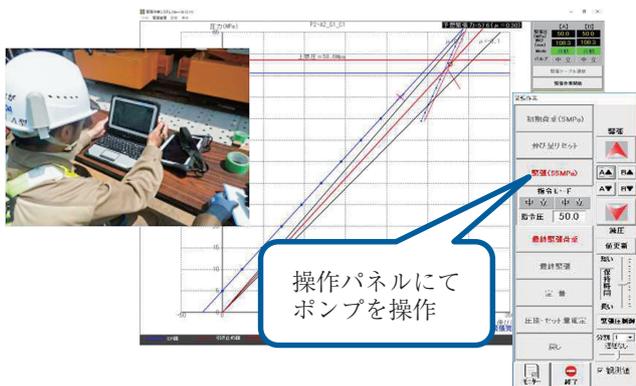


図14 操作画面

### 3.3 工程検査の省力化

#### ■ 壁高欄点検装置によるひび割れ調査 Vol.42

新設橋梁の初期点検時、発注者に対してコンクリート構造物のひび割れ調査の報告が義務化されています。現状のひび割れ調査は目視で行い、ひび割れの長さ・幅の測定や点検結果を図面に転記するなど人手と時間のかかる作業になっています。このため、現場職員の負担増や作業者の経験差や技術力により報告内容に差が生じるなどの問題があり、現場職員の作業量の削減と点検品質の標準化が課題でした。そこで川田建設(株)では、壁高欄全面のひび割れ調査を対象とした壁高欄点検装置の開発に取り組んでいます。

この装置は、ネットワークカメラを5台設置した装置(写真10)で、200m程度の壁高欄を4時間程度で点検できます。装置を用いて撮影した写真をAIで画像処理することによりひび割れ幅を検知し(図15)、報告書を作成できます。

現在、現場での実証実験を行い、装置の検証を行っているところです。



写真10 撮影装置



図15 調査画像

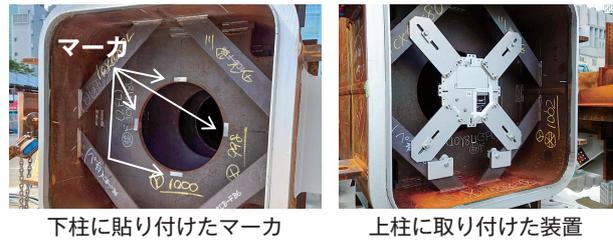
■ 鉄骨建入れモニタリングシステム Vol.40

川田工業(株)鉄構事業部が手掛ける高層ビルの建て方工事プロセスに鉄骨建入れ調整作業があります。これは、柱を組み上げる際、その一本一本の鉛直性を計測し規定値に収まるように調整しながら柱全体を固定していく作業です。川田工業(株)では川田テクノロジーズ(株)技術研究所と共同でこの作業を効率化し、同時に複数の柱の建入れ作業を遠隔でモニタリングできるシステムの開発を実施しています。

開発中の川田鉄骨建入れシステムは、計測器と反射マーカおよびタブレット PC から構成され、上柱の柱頭部（トッププレート、以下 TP）の通り芯に設置された計測機から鉛直クロスレーザを照射して反射マーカが設置された下柱 TP へ上柱 TP の通り芯の位置を投影し、カメラで撮影される画像から通り芯の差異を算出・計測します（図 16）。計測された芯データはリアルタイムにタブレット PC へ送信され、上柱の柱頭位置が表示されます。

現在は実現場での実証試験を実施しながら装置の改良を行っているところです（写真 11）。実証試験では測量と同じタイミングで本システムの計測値を保存し、システムの計測精度を検証しています。実証試験を通して計測器へのタワークレーンなどによる振動の影響や電波障害、反射マーカへの雨水、溶接ヒューム、スパッタ飛散による汚れ、などの課題が上がってきており、それら一つひとつを解決しながら実用化を図っています。

本システムは、柱の動きをリアルタイムに可視化すると同時に、適時計測データを収集し保存できるシステムです。引き続き施工品質の向上を目指し、装置の精度向上のための改良とともに、計測データの利活用に繋げていく予定です。



下柱に貼り付けたマーカ

上柱に取り付けた装置



従来の測量と併用している状況

写真 11 現場での実証試験の様子

3.4 テレワーカーによる現場支援の推進

■ クラウドシステムによる作業負荷の分散 Vol.41

建設現場は作業工程の繁忙時期や不測の出来事への対応を限られた人数で行うため、作業負担の過重が発生しやすい環境にあります。一方で ICT の高速化・安定化・セキュリティの充実を背景に、時間単位や日単位での遠隔地からの作業支援が可能となっています。

川田工業(株)橋梁事業部では、これらの状況を背景として現場技術者の労働時間を現場対応の段取りや品質管理業務といった「現場でしかできない仕事」に集中させ、工程余裕の創出や施工品質の向上を目的に、データ整理や書類作成業務を店社テレワーカー（バックオフィス）に分散させる仕組みを導入しました。さらに、クラウドストレージや Web 会議、チャット等を併用することで現場と店社の間での緊密なコミュニケーションとスムーズなデータ共有が可能となり、現場労働時間の縮減効果が確認されています（図 17）。

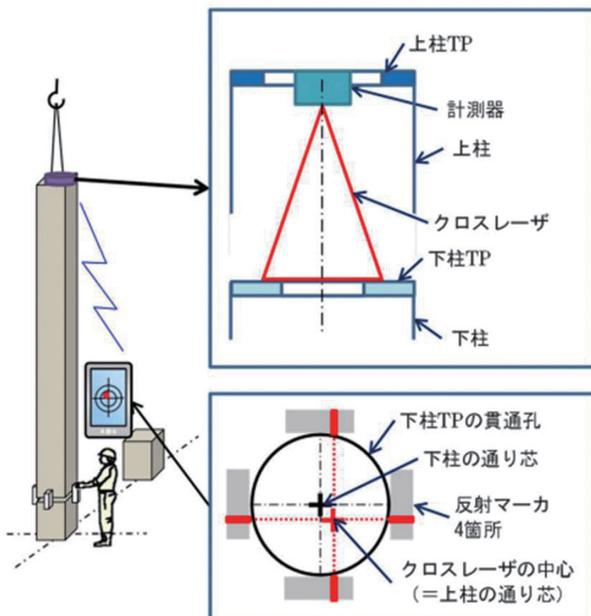


図 16 川田鉄骨建て入れシステムの原理図

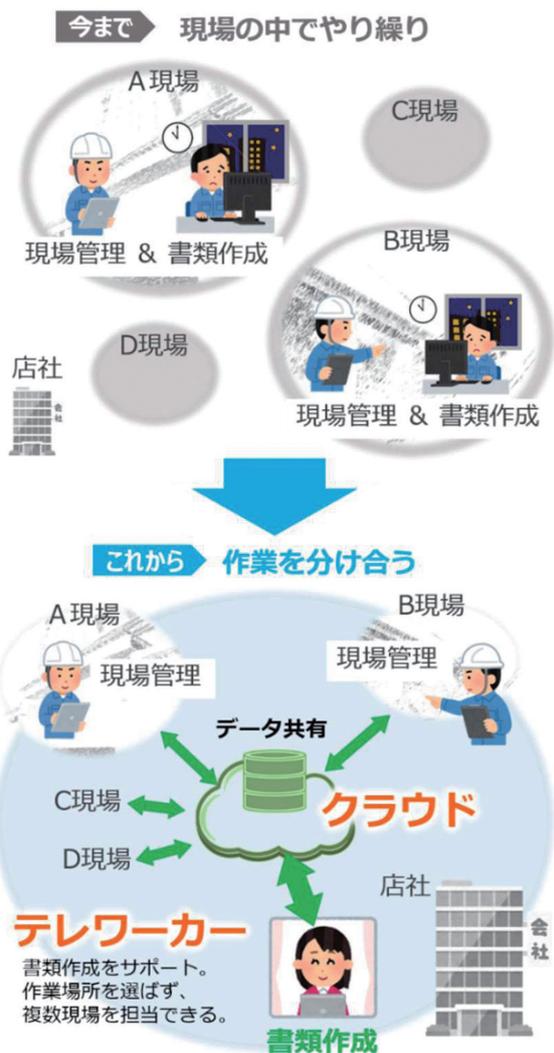


図 17 テレワーカーによる現場支援のイメージ

■ アバターロボットによる遠隔作業<sup>Vol.41</sup>

工事の進捗に伴い日々状況が変化する架設現場内では、変化に柔軟に対応できる汎用的なシステムが必要です。このため川田工業(株)橋梁事業部では、カワダロボティクス(株)のヒト型ロボット「NEXTAGE」とウィル(株)の電動車椅子「WHILL Model CR」を一体化したアバターロボットを製作し、芝浦工業大学との共同研究を経て洗地川橋架設現場での試行を行いました。アバターロボットは、遠隔地にいる操作者が建設現場の品質・出来形データの取得や現場職員との協働作業を可能にするシステムで、これまで現地職員が行っていた品質管理業務を「遠隔操作ロボット×テレワーカー」で行うという新たな就労スタイルの確立を目指しています。

試行では、現場内での移動性能試験(写真 12)など基本データの取得に加え、自動追尾型のトータルステーションと組合せてアバターがセットしたプリズムターゲットを測量する作業や、塗膜厚測定装置を操作して現場塗装の品質検査を遠隔操作により行い(写真 13)、可用性や課題を確認しました。現段階ではアバターロボッ

トの力覚を操作者に直感的にフィードバックさせる手法や通信遅延などの課題が残されていますが、将来的には目的に応じた様々な形態のアバターロボットが業界の壁を超えて建設現場に投入されることが期待されます。



写真 12 移動性能試験



写真 13 塗装膜厚測定

#### 4. 保全分野における DX

川田グループでは加速的に需要が高まるインフラの保全分野に対して、機械化を進めることにより補修等の作業効率向上を図っています。同時に、デジタルツインの活用や点検業務の合理化のための技術開発も行い、保全業務を俯瞰して効率化を目指す研究開発を実施しています。ここでは、デジタルツインの活用と点検業務の合理化・効率化に関する新技術の開発動向を紹介します。

##### 4.1 デジタルツインの活用

■ 「BridgeStudio」<sup>Vol.40</sup>

橋梁補修工事では、補修の対象となる橋梁の設計図面や工事履歴が残っていないことがあり、設計者が橋の実際の状況を把握するため、現地確認を何度も行う必要があります。また、橋梁内部は類似した形状が多いため、設計者と現場技術者との間のコミュニケーションに時間がかかることが多々あります。さらに、上流のプロセスで実施された膨大な点検の結果を実際の補修作業と照合させることは労力を要する作業です。

そこで川田建設(株)では、川田テクノロジーズ(株)技術研究所と共同で、実際の工事現場全体の3次元バーチャル空間を作成し、その空間上で点検の結果や設計の情報を

共有できるシステム、「BridgeStudio」を開発しました。このシステムは点群と天球画像の2つの情報から構成されており、かつ、2つの情報をバーチャル空間で統合しています。橋梁の桁の内部等、暗く狭い場所においても点群と360度画像の情報を取得できることが特徴であり、構築したバーチャル空間はPCやスマートフォンを用いてWebブラウザ上でアクセスすることができます。

首都高神奈川横羽線の「(修) 上部工補強工事 3-120」に対して本システムを適用したケースでは、実際の場所が分かるバーチャル空間に情報を紐づけることができたため、設計者と現場担当者との間のコミュニケーションが円滑に行われるようになり、作業効率が向上したという結果が得られました。また発注者との協議においても提案内容を正確に伝えることができたため、円滑に提案の了承を得ることができました(写真14、図18)。



写真14 桁内部で3D情報を取得する様子

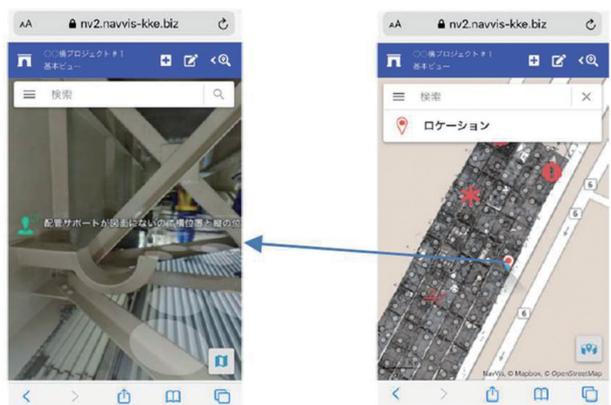


図18 Webブラウザ上でのアクセス

## 4.2 既設構造物の計測・野書作業の省力化

### ■ ワイヤレスプローブ式3次元計測器の活用 Vol.42

大型の機械部品等の計測装置としてワイヤレスプローブ式の3次元計測器があります。これは計測員がプローブの先端を計測対象に接触させると、スタンドに固定さ

れた計測器本体がそのプローブの傾きと位置を計測し、計測機本体の基準でプローブ先端の位置を高精度で算出するものです。

川田建設(株)ではこの3次元計測器を活用し、プレキャスト工場で製作する複雑な形状を持った型枠の出来形測定の精度向上、作業の省力化を図っています。さらに、橋梁の補修現場における既設構造物に削孔したアンカーボルトの穴位置の測定にも本装置の適用範囲を拡大して利用しています。現場への適用に当たっては、現場の仮設足場が揺れや振動の発生し易い状況であることを踏まえ、真空吸盤を計測器と組み合わせ、現場のコンクリートに計測器を吸着する装置を開発し利用しています(写真15、写真16)。



写真15 3D次元測定器+架台装置の全体



写真16 プローブによる計測状況

### ■ 現場野書作業へのプロジェクトの適用 Vol.42

橋梁保全における取替支承や追加ブラケットの取付けには、あと施工アンカーを利用します。この施工においては、はじめに、あと施工アンカーの削孔位置をコンクリート面に対して直接野書する必要があります。

川田建設(株)ではこの野書作業に超短焦点プロジェクトを利用する試みを川田テクノロジーズ(株)技術研究所と共同で行っています。開発中のプロジェクトシステムは投影対象とプロジェクトの位置や角度の関係が一定となるように、プロジェクトと真空吸盤を組み合わせることで投影対象に直接プロジェクトを固定でき、実寸が正確に投影されるように工夫されています。

現場での実証試験では、削孔に必要な投影精度が確保できることが分かりました。様々な条件の現場に適用可能とするにはまだ改良の余地がありますが、2D CADデータを直接現場に投影できることから、シームレスなデータの活用が期待されています（図19、写真17）。

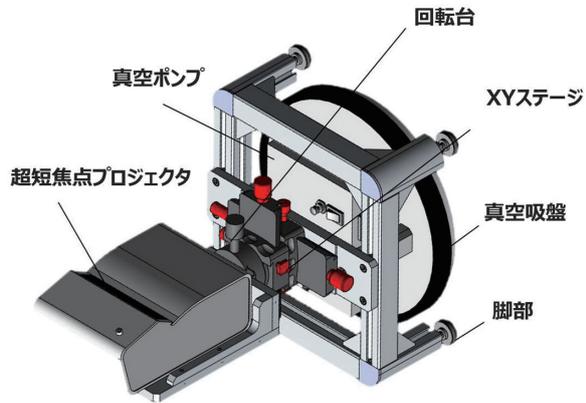


図19 罫書用プロジェクタ

得られたこれらの知識は点検業務の自動化に対する今後の開発に対して重要な指針を与えるものとなりました。



写真18 マルコの外観

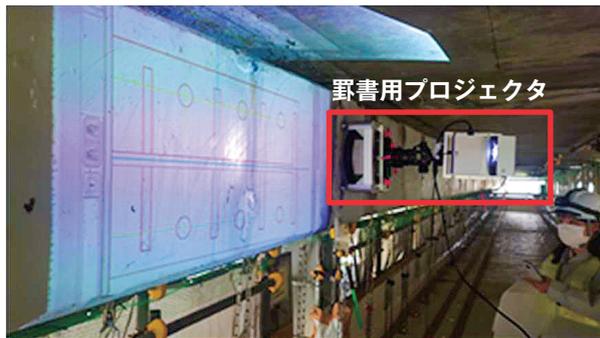


写真17 現場での投影の様子

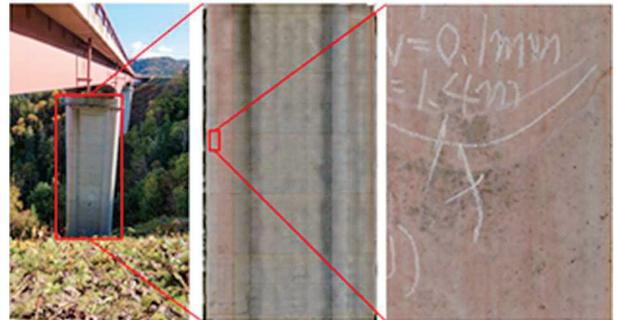


写真19 取得した画像の一例

#### 4.3 ドローンを用いた橋梁点検の合理化

##### ■ 橋梁点検システム「マルコ」<sup>Vol.39</sup>

川田テクノロジーズ(株)技術研究所は大日本コンサルタント(株)と共同でドローンを用いた橋梁点検システム「マルコ」を開発しました（写真18）。

このシステムは従来の5年毎の目視点検と同様の点検を画像によって実施することを目的として、ドローンによる高精細かつ均質な点検画像の取得を目標に開発されました。機体には橋梁近傍の風況の変化の激しい環境に対応するため可変ピッチロータ方式を採用し、GPSの取得が困難であることから機体制御にはレーザ測域センサを用いた自動飛行制御機能を組み込みました。さらに高輝度軽量照明装置を開発し、日照の少ない条件や日影においてもひび割れ幅0.1mmの検出を可能としました（写真19）。

得られた画像をメンテナンスサイクルの中で効果的に利用するためには、情報の使い方だけでなく、情報自体を正確に取得するということが重要です。開発で

#### 4.4 IoTを利用した構造物のモニタリング

##### ■ 「牛久大仏見守りシステム」<sup>Vol.36</sup>

茨城県牛久市にある牛久大仏は川田工業(株)建築事業部が設計施工を行い約7年の月日をかけて1993年に完成した建造物です（写真20）。仏像の規模は超高層ビルに匹敵し、仏像胎内には展望室が設けられているため、建物としての維持管理が必要となります。また、ビル建物とは異なり、安易な建替えや撤去が困難で、さらには、少しの損傷さえ防ぎたいと望まれている建造物でもあります。そこで、川田工業(株)建築事業部では牛久大仏の維持管理で特に重要な外装材銅板の定期点検を請け負っております。さらに地震に対する影響を迅速に判断する構造ヘルスマニタリング「牛久大仏見守りシステム」の導入を施主様に提案して開発し、運用に至っています。現在建築事業部が行っている「見守り」は下記の3点です。

- ・ 外被銅板、下地鉄骨の定期点検
- ・ 落雷抑制型避雷針の設置
- ・ 構造ヘルスマニタリングによる地震影響度判定

このうち構造ヘルスマモニタリングは、地震や風による構造物の揺れを、仏像に設置した観測機器によりリアルタイムで計測し、安全性や被災度を判定する技術です(図20)。地震による加速度が設定した閾値を超えた際は、通報先として登録されたメールアドレスに簡易判定結果と地震概要を送信します。計測した加速度から地震による損傷の有無を推定することで、EVや仏像内の展望室などの継続利用が可能か判断します。加速度が閾値を超えた場合は、詳細判定を実施して、損傷の有無を確定します(写真21)。



写真20 牛久大仏の全景

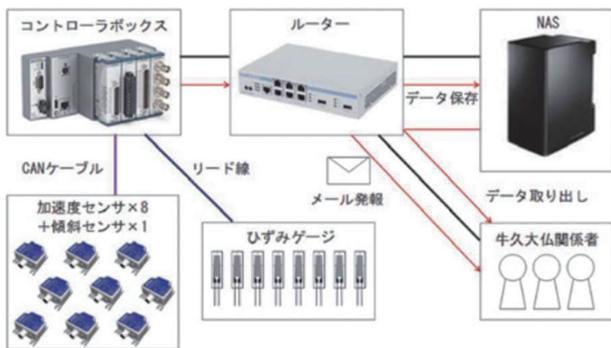


図20 システムの概要



写真21 運用中の構造ヘルスマモニタリングシステム

2016年4月からの運用開始以降、大きな地震の発生ごとに的確な状況をタイムリーに通知できており、施主様の安心の確保に役立っています。

おわりに

本特集では、川田グループが仕掛けるDXと題して、DX推進に向けてグループが手掛けている新技術やサービスを業務プロセスに沿って編成し、紹介しました。

DXは今や日本経済復活の最重要戦略に位置づけられています。川田工業(株)では、遡ること1968年に業界に先駆けて電算センターを設立しコンピュータでの構造計算を推し進めました。その成果が1980年代に4社JVで受注し川田工業(株)が主力として完工させた本州四国連絡橋における最初の吊橋である因島大橋の成功につながり、ひいてはDX推進の主役となる川田テクノシステム(株)の発展に結びついています。また川田建設(株)では、1987～88年の男神橋(秋田県、中央径間長130m)の施工現場において張出し架設のたわみ計測をCCDカメラと画像処理技術を用いて自動化し、無人化を図っています。

時代は進み、現在ではデジタル技術を誰もが手にできるようになりました。この時代において重要なことは、次々と生まれてくる新しい技術を正確に理解していくことであると同時に、専門技術を有する様々な部門が俯瞰的な視野を持ちながら共創して価値づくりを行っていくことであると考えています。川田グループでは今後も新技術に積極的に挑戦するDNAを大事にし、グループシナジーを利かせながら社会に貢献できる技術の開発に取り組んで参ります。

参考文献

- 1) 川田テクノロジーズ株式会社「第2次中期経営計画」, [https://www.kawada.jp/csr/governance/philosophy/pdf/20200610\\_keikaku.pdf](https://www.kawada.jp/csr/governance/philosophy/pdf/20200610_keikaku.pdf), 2020.