

ロボット，ネットワーク，3D技術の導入で 社会インフラの維持管理業務は激変する [前編]

建設 IT ジャーナリスト 家入 龍太
IEIRI Ryota



平成26年6月17日にJSTT（一社）日本非開削技術協会第6回通常総会に併せて開催された特別講演会の講演録から，その講演内容を本号と次号に分けて紹介します。

（パワーポイント画像は講演の一部を掲載しています）

建築・土木界に急速普及中の BIM/CIMとは

皆さん，こんにちは。建設ITジャーナリストという日本で一人しかやっていない仕事をしています家入と申します。

建設とITは水と油みたいなものですが，その二つがかかわっていることだけを取材して記事を書いています。非常に変わり者なことをやっているものですから，なかなか私以外にやる人がおりません。

きょうは，先ほどご案内ありましたように，ロボットネットワーク，3D技術の導入で社会インフラの維持管理業務が激変するという大それたタイトルをつけました。激変というのは，別につらくなるという意味ではないですよ。これまで汗水垂らして高いところとか，しんどいところとかやっていたところを，涼しい空調の効いた室内でできる，楽になることが非常にたくさん出てまいりますので，そこのところを積極的に聞いていただけたらと思います。

きょうの内容は，簡単に自己紹介させていただきまして，今までの維持管理を変える新技術ということで，この中でというか，BIMもCIMも，BIM/CIMと言っておりますが，三次元で建物や構造物を設計する技術，これが急速に普及しております。これが一つの激変の鍵になるということです。

それに関連して，2番目に，天井の上や地面の下が見える。掘り返さなくても見えてしまう。それから，

自動的に模型がつかれる。手を動かさなくても物がつかれる。それから，数千枚の図面。これは本当に紙だったら大変な話ですが，今はタブレット端末を使えば簡単にできる。あと，現場を3Dでパソコンに取り込む。これは非常に楽です。現場に行って測量しないで涼しい室内でいろいろなところの距離をはかたりできるし，福島原発などでも放射線量が高いところの現場を3Dデータ化し，設計や施工に使っています。それから，足場が要らないということ。他県の設備も点検・整備できる。最後に，福島第一原発の廃炉を支えるロボット。私は3月に，フリーのジャーナリストとして現場に初めて行ってきましたので，そのときのことをご報告したいと思います。

私の略歴です。昭和34年（1959年）に生まれて，初めは日本鋼管（JFE）に入りまして，その後，日経BP社で20年，編集記者として働きまして，2010年から独立して，建設ITジャーナリストという日本で一人しかやっていない仕事をしています。

私の主な活動は，ウェブサイトで，公式サイト「建設ITワールド」というのがあります。どんなにネタがないときでも1日1本は記事を書くことを自分に課してやっております。建設ITのネタ不足になって困るのですが。それから，日経BP社のケンプラッツというウェブサイトに「イエイリ建設IT戦略」というコラムが載っております。毎週水曜日に更新しております。また，去年8月から，Yahoo!ニュースで「家入龍太の建設イノベーション」というコラムをおつくりいただきまして，これは建設ITのちょっとおもしろおかしい話を一般向けに書いています。こんなことをやっております。

モットーは，褒めて伸ばせ。ジャーナリストというのは大体あら探しをして，くさすタイプの人がいっぱいいますが，私は逆に，頑張っているけれどもちょっとうまくいかないとかいうところを積極的に褒めて，皆さん

がもっと頑張ろうとなるような感じでやっています。

BIM/CIM, これも私の主な仕事ですが、「図解入門 よくわかる 最新BIMの基本と仕組み」というのを一昨年出しました。去年の暮れに「CIMが2時間でわかる本」を日経BP社から出していただきましたので、よろしければ本屋で立ち読みをしていただけたらと思います（写真-1）。



写真-1

それでは、本題に入りまして、まず維持管理を変える新技術。建築土木界に急速に普及しつつあるBIM/CIMとは、というところからお話を始めていきたいと思えます。

これまで、建物とか道路構造物の設計者が、図面の上で、平面図、立面図、断面図を描いて、それを組み合わせて一つの建物なり構造物を表現していたのですが、BIMはビルディング・インフォメーション・モデリングの略、CIMはコンストラクション・インフォメーション・モデリング。英語みたいですが、CIMのほうは日本語です。去年まで国土交通省で事務次官をやられていた佐藤直良さんが、それまでは「土木のBIM」とか言っていたのですが、日本ではCIMでいこうぜということになりました。それから急速にCIMという言葉が広がっているのですが、やっていることは同じです。

まず、左側の建物はBIM（ビム）で設計したものです（写真-2）。こういうものは実際の建物と全く同じように立体で模型みたいに建物をつくっていくのです。これはある階をカットしたカットモデルの建物ですが、ビルの外側とか内側とか、そういうものはもちろんつくります。あと、壁とか、天井に隠れている梁、柱、配管など、見えないところまで全部忠実に本物のとおりにぴったりつくります。

右側はCIM, 土木ですが、ここも同じように、矢板とか足場とかを現場通りに3Dで再現してあります（写真-2）。矢板も、地上に見えているところだけでなく、打ち込んである根入れの部分まできっちりと3次元でつくる。実際の現場をそのまま3Dのモデルで再現すること、これが一つの特徴であります。



写真-2

もう一つの特徴は、属性情報というデータベースです。BIM上の空調機をちょっとハイライトした空調の3Dのモデルをダブルクリックしていただくと、一覧表みたいな画面が出てきます。何が書いてあるかというと、メーカー名はダイキン工業です。

電源の電圧が200ボルト。重さが42キロ。そういったカタログスペックみたいなものがBIMの中に入っている。三次元の形や大きさと中身の属性情報というデータベース、これをひとまとめにして扱うことですごい効率化を図る、そこに建設業の生産性を画期的に向上させる可能性があるのです。

ですから、1枚1枚図面を描いていたかわりに、BIMモデル、CIMモデルをつくるわけです。ちょっと手間がかかるけれども、つくと、さまざまなことに使える。例えば、左側のCGはつくり放題。図面も、3次元のモデルを横にバサッと切ったり、縦にバサッと切ったりできる。つまり、隠れているところまでちゃんとつくってあるので断面が出てきて図面になるわけです。好きな断面の図がつくり放題でつくれる。あと、数量計算、構造解析、施工シミュレーション、積算、いろいろなところに幅広く使い回せる。これがBIM/CIMモデルの一つの潮流です。

日本では、2009年がBIM元年と言われていました。まず建築分野から、三次元のやり方がはやってくる。

土木は3年ほどおくれまして、2012年の秋ぐらいからCIMが国交省のほうで試行プロジェクトなどが行われていますが、建築分野の経験も取り入れて急速に進化しているということです。

これは従来の方式と違って何がメリットかという点、まずわかりやすさです。左側の平面図(写真-3)ですが、これまでは図面を作成して、建物を建てませんかとか打ち合わせしていたのですが、これは一般の人が見たらどんな建物ができるのか全然わかりません。これをBIMでやると、同じ情報の中でもこれだけリアルにわかるわけです。平面図で見ると、ひょっとしたらそこに梁が横切って部屋の見通しを悪くしているかもしれませんが、平面図だと見られない。3Dで見ると、あたかも完成した建物のように見えますので、梁があったとしたら一発でわかるのです。それで、ちょっとこれを直してくれということが言える。これはプロでも同じように、左のように平面図を見ただけでは、上下方向にいろいろな設備が複雑に入り組んでいる位置関係がよくわかりません。実際はダクトに配管がグサッと刺さっていたりするわけです。それに現場で気がついて、手直したりする必要が出てくるわけです。こういうものが3Dだと一目瞭然でわかるので、設計段階でデータの状態で直したりすることができます。

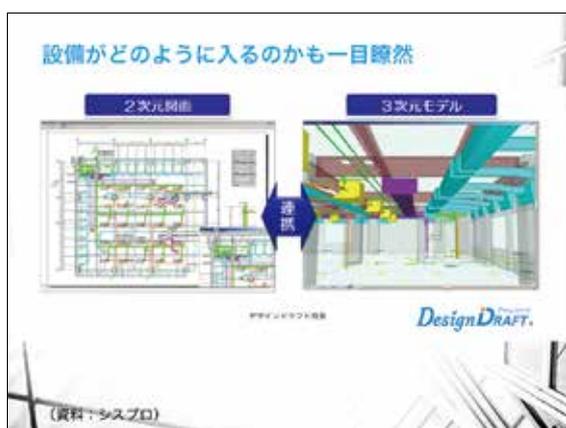


写真-3

建築と設備の融合させた「フルBIM」のイメージでは、現場ではまだ着工していないけれども、建築の内装や躯体、ダクト、配管、電気設備、こういうものをすべて合体して、現場では一切つくっていないけれども、パソコンの中で仮想的に工事をやるわけです。そうすると、この前もちょっとありますが、スリーブを入れ忘れて建て直したという事例がありました。

今度は全く最初のデータの段階でどんどん失敗できるわけです。コンクリートに穴があいていなかったり、配管とダクトがぶつかっていたりするということを、データの上で失敗して、データの上で解決している。これが解決した後は、現場でつくるだけになりますので、後戻りが一切ない、そういう特徴があります。

これで、BIM/CIMというのはどういうものかなというイメージが若干わいてきたかなと思います。これを維持管理のほうではどのように使うかという点、これまで維持管理というと、Excelみたいな設備の一覧表を作り、これを図面と突き合わせてみたわけですが、BIM上、3Dの2階の吹き出し口をダブルクリックすると、別画面に設備の一覧表が表示される、つまり、2階の吹き出し口の3Dモデルと別画面のExcelがお互いに行き来できるわけです。だから、突き合わせの手間がない。

こちら、最近ではバーチャル竣工という考え方があります。バーチャルというのは仮想的、竣工というのは完成ということ。どういうことかという点、建設資材でいろいろ、クレーンをつるためのフックとか、ちょっとした出っ張りがあったり、そういうちょっとした部材が、いざ現場で納めてみるとひっかかってうまく取りつかなくて、クレーンではずして、またやり直すといったことがあるのですが、そういう細かいことも含めてすべてパソコンの上でつくれることを証明する、そこまでチェックする。それを、竹中工務店の商標登録ですが、バーチャル竣工と言っています。これができると、維持管理とか修繕、そういった業務は建物が完成する前からいろいろシミュレーションや検討が行えます。これはNTTファシリティーズと竹中工務店、日本IBMがやった例ですが、維持管理コストを2割削減するということが実現されてきています。

BIM/CIM、三次元で設計することのメリットは何か。効率化の効果になるのは何かと考えてみますと、情物一致ということができる。聞きなれない言葉で、余りかっこいい言葉ではありませんが。情報と実物を一致させることがBIM/CIMでできる。一番下にありますように、実物の構造とそっくりそのまま3Dのデータを持ったということで、さまざまな効率化ができるということです。これから、そのBIM/CIMの情物一致ということを基点に、さまざまな効率化の例をご紹介します。

「天井の裏や地面の下が見える!」VRバーチャルリアリティー、AR(拡張現実感)の活用

まずは、天井の裏や地面の下が見えるということで、ARとか拡張現実感という技術ですが、これはリアルでも最近はやりつつあります。これは、現実の空間、iPadとかでカメラを見ると、画面に現実の空間が出ます。そこに3Dのこれからつくるモデルを重ねて表示する技術です。



写真-4

一つの例としては、手の上にターゲットを乗せてみますと、肉眼ではターゲットの「忍者」の「忍」と書いてありますが、それしか見えません。パソコンの上で見ますと、手の上に3Dの建物が見られる。つまり、実際の現実の風景と3Dのモデルを重ね合わせることができるのです(写真-4)。

床の上に、先ほど「忍」と書いたようなターゲットを置いて、iPadでこれを見ると、便器がそこに置いてあるように見える。そのターゲットの上に、同じスケールで、同じ向きで、3Dの便器の絵を置くということが、現実に行えるようになってきている。これで色を変えたり、現場での納まりを調整したり、設備も幾らでも増やせると思います。

あと、地下の埋設物。今は道路台帳などで確認した後にあらためて試掘を行って位置を再確認するとかありますが、正確に地下のパイプラインとかが3Dモデルになっている、要するに情報一致ができていると、iPad上で、GPSとかセンサーがついて、それにぴったり重なるように、その場所に埋まっているパイプが見える。

オーストラリアの水道会社が実際に実用化している例では、木の根とか、自社が管理している水道管も3Dでモデル化しています。現場で道路を見ればその下に

埋まっている水道管が“透視”できます。このように現場での作業に役立つ技術ができ上がっております。

あと、屋内、天井裏の配管、ダクトをiPadで見る。こうすると、ダクトとかパイプは正確にモデルをつくっていく必要がありますが、それができていれば、後で維持管理がすごく楽にできます。

それから、立木や電柱も、iPadで現場を見ると、GPSの位置とセンサーで、今見ている木は何かということデータベースから無線で取ってきて、見ているものの情報を記入することができる、維持管理が楽になるとは、そういうことです。

「数千枚の図面を持って歩ける!」タブレット端末の活用

あと、タブレット端末のメリットは、数千枚の図面を持って歩けるということです。今、現場でiPadとかスマートフォン、Android端末とかを使う例が非常にふえておりまして、大成建設のFieldPadという例ですが、例えばPDF化してiPadに入れることによって、図面のiPadでめちゃくちゃ重いかいということはなく、何千枚あってもiPad1台でどこでも図面が見られます。あと、iPadについているカメラで現場の写真を撮って、これはアドレスのこの場所であるということに関連づけたり、メモでこの壁紙がはがれているぞみたいなことを、図面上にピンを立てて書き込む。そういうことで、現場の状態を図面という情報に一致させることができ、生産効率が上がります(写真-5)。



写真-5

それから、AutoCADも、クラウド版のフリーソフトで「AutoCAD 360」というものがありまして、これもGPSを使います。自分が今どこにいるかを確か

めながらチェックできると思います。

iPadとかは雨風とか水に弱いというのがあります。タブレットという非常に工具感覚で使えるタブレットができていますので、今やIT工具みたいな感じになっているかなと。実際、海外の建設会社、iPadの場合、頑丈なケースをつけているのですが、それを工具箱の中に入れておいて、無造作に現場の床に置いて、その図面を見ながら工事するというを行ったりしています。

先ほどのBIM/CIMの3Dモデルですが、これはかなり大きなワークステーションが設計のときに必要ですが、そのデータを見るだけであればiPadでどんどんできてしまう。建物丸ごと1棟も、この三次元モデルを入れておきますと、いろいろな部屋に入ったりして見られる。これも維持管理のときに役立つようなシステムではないか。図面ではないけれども、いろいろな角度から建物や現場をみられる、そういったところが特徴かと思えます。

こういう感じで、タブレット端末は非常に小型軽量とか、通信機能がデジカメとか、GPSとか、センサーといったものを内蔵している。パソコンのように待たずに、すぐに起動します。そういうことで、これは維持管理の非常に強力なツールになるのではないかと思います。

● 「現場を3Dパソコンに取り込める！」 3Dレーザースキャナーの活用

4番目としまして、現場を3Dでパソコンに取り込める3Dレーザースキャナーというものが出てきました。これも情物一致によって、暑い屋外での作業を空調の効いた涼しい室内で行える作業に変えてくれるものです。

3Dレーザースキャナーは、安いもので大体1台500万円ぐらいですが、毎秒数万から数十万回、ショットガンのようにレーザー光線を飛ばすのです。壁に数センチ間隔で当たるわけです。

当たった点のX、Y、Zの座標を測量機で記録して、室内全部をはかると、壁に当たって反射したX、Y、Zのデータが雲のようにとれてくるわけです。これを使って測量作業を楽にできます。

例えば、トンネルの線形は非常に複雑な形をしています。トンネルの内壁も、一見シンプルですが、出

たり引っ込んだりしています。こういうものをレーザースキャナーでとると、丸ごとデータに写し取っていく。

床にいろいろな配管などがある施工中の現場を、コンクリートを流す前にレーザースキャナーでとっておきまして、図面となる3Dモードと比較する。ずれているところはないかということのをこれで比較して、ミスがある場合はすぐに直す、それからコンクリを打つ、そういう使い方もします。

それから、福島第一原発の1号機の建屋カバーはかなり前に建設されたのですが、そのときも、右上のようなデータを取りまして、鉄骨が曲がっているところとか、いろいろ障害物とかを把握しまして、それにぴったり合うように建屋カバーをつくり、それを現場でクレーンで組み立てたということです（写真-6）。



写真-6

同じく、道路沿いの周辺の状況とか路面のこぼこには、MMS (Mobile Mapping System) というものがあります。3Dレーザースキャナーを車の上に積みまして、時速60キロぐらいで走ります。そうすると、路面とか、周囲の街路樹とか、電線とか、そういったところにレーザー一点が当たりまして、形をそっくりそのまま記録してくれる。道路の全長が30キロだったら30キロ全部記録して持ってきて、あとはパソコンでかけて、道路が陥没しているところはどこか、パソコンの上で測って特定したい。そういうことができるようになっていきます。こういうものを使うと、現場でいちいち、その場で物を見て測ったりする手間が省けますし、パソコンの解析機能を使って悪いところを探すことも可能です。

これをさらに進化させたのがパシフィックコンサル

タンツのMIMM-R(ミーム・アール)という機械です。これは3Dレーザースキャナー、高速のカメラ、地中レーダー、3つ備えていまして、このように測って、記録して、データをとってきて、あとは室内でトンネル壁面の形状やコンクリートのひび割れの分布、トンネルの覆工の厚さや背面の空洞などの計測が行えます。これも時速60キロぐらいで、普通の車の流れに沿って、交通規制とかはせずに走れます。

3Dレーザースキャナーで1回目をとって、何カ月か時間を置いて2回目をとると、比較できるわけです。比較して出っ張っているところが、例えば黄緑とか、へこんでいるところは青ということ、コンピューターの上で自動的に見られる。

地中レーダーの画像では、トンネルの覆工の厚さとか、トンネルの裏の空洞の厚さとか、そういうのがわかります。ここまでやると、技術者が現場に行き、高所作業車とかに乗って一カ所ずつ点検して回る代わりに、時速60キロでバーッと通るだけで現場が詳細に記録できてしまう。あと、悪い個所を探すのは、空調の効いた室内で、パソコンでできる。そういったところで、実物のデータを情報にコピーして、持って帰って作業する。こういったところのメリットではないか思います。

改修工事の例では、既存の配管に機械室とかの改修工事をする、その間にぶつからないように新しい配管をつける必要があります。レーザースキャナーで既存の配管などの形状をとってきて、現在あるものをグレーで示して、それを避けるように新しい管や設備を設計するというふうにすると、未然に干渉を防いだ設計が行えます。機械室はすごく暑いですが、そこで長時間、メジャーで計測する作業をしなくても、3Dレーザースキャナーを据え付けて計測すると短時間で室内を記録できます。新しい配管や設備を施工するときも、プレハブでつくって行って、それをすんなり取りつけることができるようになります。

● 「足場がいらぬ点検！」 UAV(無人飛行機)の活用

このように、足場が要らない点検ということで、UAV(無人飛行機)がはやってきております。どんなものかという、普通、ヘリコプターは、上にローターが一つついているというのが思い浮かぶのです

が、これはローターが6つとか8つとかついでいまして、非常に安定して飛ぶのです。



写真-7

先日、私は神戸の神戸大橋でデモ飛行を見てきました。左が飛んでいるところですが、ピタッと停止しているわけです。右下がパイロットの方で、農業用の農業散布ヘリコプターなどの操縦がうまい人です。赤丸のところはラジコンのコントローラーを下に置いているわけです(写真-7)。風は毎秒5メートルぐらい吹いているのですが、ピタッととまっているのです。これは、GPSとか自動制御でとまっている。これを使うと、足場なしで橋の裏の写真が撮ってこられる。要するに現場の情報を写真で記録して持って帰って、技術者は、現場、橋へ行かないで、空調の効いた室内でチェックする、そういう作業ができるわけです。

これは、道路公団、NEXCO東日本などでも使われていて、支承の点検など、橋の裏を見るのはなかなか大変ですが、これは簡単にできる。

また、赤外線カメラで撮ってみると、漏水個所とかそういう被害がわかる。

これは中央復建コンサルタンツの例ですが、山から落石が道路に落ちてきます。落石というのはたまに1個だけ落ちるのではなくて、山の上のほうに落石のもとみたいなものがたまっています。落石があったときに無人機を飛ばして、どの辺に落石のものがたまっているかを見まして、現地に行く。現地を歩き回る手間を削減する。上から見た写真などで特定してみる、そういうことができます。

無人機のほかに、今、写真測量ということで再度注目が集まっています。がけ崩れののり面が、地上から写真を撮ると、どうしても斜面を見上げるような形に

なるので、裏のほうで隠れたりするのですが、UAVで空中で撮りますと斜面に直角方向から撮れたりしますので、精度はいいわけです。それで、地形の3Dモデルをつくったり、さらにそれを3Dプリンターから出力して模型を作ったり、そういうことがワンタッチでできる、手を動かさないでできる時代になってきました。

これは、空からの例ですが、海の水の上も。例えば無人ボートを使用します。GPSで湖とか、ダム湖などであらかじめ通るルートをパソコンの上で線を引いておくと、そのとおりに走ってくれる。ソナーをつけられますので、その各点の深さがわかる。東日本大震災などでダム湖の容量が結構減っているところがあるということで、今その調査に使っています。水深80メートルぐらいまでソナーではかれるので、測量技術者がボートに乗って現場に出掛け、1カ所ずつ深さを測らなくても済みます。

さらに深いところになると、魚雷型の無人潜水船もあります。これはアメリカ製で5,000万円ぐらいするらしいです。ソナーとGPSがついていまして、浮いているときにGPSの位置を知って、潜行すると、スクリーンの回転数とかで現在の位置を測定しながらソナーで深さを測る、そういうことができる時代になってきています。ですから、もうますます現場を情報に写し取って、それからいろいろ計画したり調査したりすると、作業の速度が上がるのではないかとということです。

次号は後編として「自動的に模型が作れる!」3Dプリンターの活用、「他県の実験も点検・制御できる!」クラウドサービスの活用、「福島第一原発の廃炉を支えるロボット」遠隔操作による点検、補修技術の開発が進むを掲載します。

公共投資ジャーナル社の出版物

出版案内



下水道事業における 管きよ更生工法に関する 実態調査レポート【2014年度版】

■302団体の更生工事実績、今後の事業見通しを調査■

地方公共団体における更生工事の実績や今後の見通しを調査しました。全国 302 団体から収集した個別回答と集計データおよび主な更生工法の概要を収録しています。

- ◇体裁◇
A 4判 226ページ
- ◇発刊◇
平成 26 年 8 月 11 日
- ◇価格◇
本体価格 5,000 円
(税別、送料別)

- 地方公共団体の更生工事の施工実績、26年度事業予定、今後の見通しを調査
- 施工実績は改築・改良事業と維持管理事業に分けて記載
- 維持管理における実績は、スパン更生、部分補修、取付管更生の実績を記載
- 主な更生工法の採用状況を記載
- 下水道長寿命化計画、地震対策計画等における更生工事の事業見通しを記載