

建築施工分野における DX の取組紹介

TOPCON “BuildTech” 建築施工ソリューションセンター

今 泉 潤

2021年9月に開設した、TOPCON “BuildTech” 建築施工ソリューションセンター（以下、本施設という）は来場者が建築施工向け計測ソリューションを体験的に理解できる国内初の施設である。本施設では、建築分野における技能労働者の不足、生産性向上という社会的課題を解決することを目的として、BIMとの連携や3Dスキャニングなど、建築施工における14種類以上の計測ソリューションのデモンストレーションが可能で、トレーニングや計測技術をベースとしたイノベーションにも活用されることを想定している。本稿では、建築施工分野におけるDXの取組と、そこで使われたハードウェアとソフトウェアを体験的に理解できる本施設について紹介する。

キーワード：建築, 3D計測, 3Dレーザースキャナ, 杭芯出し作業, コンクリート平坦性

1. はじめに

近年、建設業界では、技能労働者の不足、長時間労働の是正が社会的課題となっている。

特に現状、建設業の技能労働者の3分の1は55歳以上となっており、熟練技能者の高齢化による減少と不足は慢性的な状況になっている。また、2019年4月に施行が決まった働き方改革関連法の適用に伴い、2024年から建設業においても労働時間に上限規制が設けられる。具体的には、時間外労働の上限は原則として月45時間、年360時間とされ、それを超える場合は罰則の対象となる恐れがある。

こうした変化は、これまで生産性向上への取り組みが進んでいなかった建設業界全体にとって、大きな変革の機会である。ICT技術を活用することで、社会的課題を解決できる可能性を秘めており、今、業界で期待されている。

そうした中、最近では、高精度な3次元位置情報の計測技術を応用した建機の自動化システムや、設計、施工、検査の各工程をデジタルデータ化し建設工事のワークフローを一元管理する技術が活用される場面が増えてきた。生産性が飛躍的に向上するこれらの技術により、建設現場を工場化するというDX（デジタルトランスフォーメーション）が起きている。

90年代から、ICT技術を重機にとり入れて自動化するICT施工技術や、トータルステーション、GNSSといった計測機器のデジタル化、レーザース

キャナなどの3D計測技術の進化が背景にある。

こうした背景から、本稿では、建築施工分野におけるDXの取組と、そこで使われたハードウェアとソフトウェアを体験的に理解できる本施設について紹介する。

2. 建築施工ソリューションのコンセプト

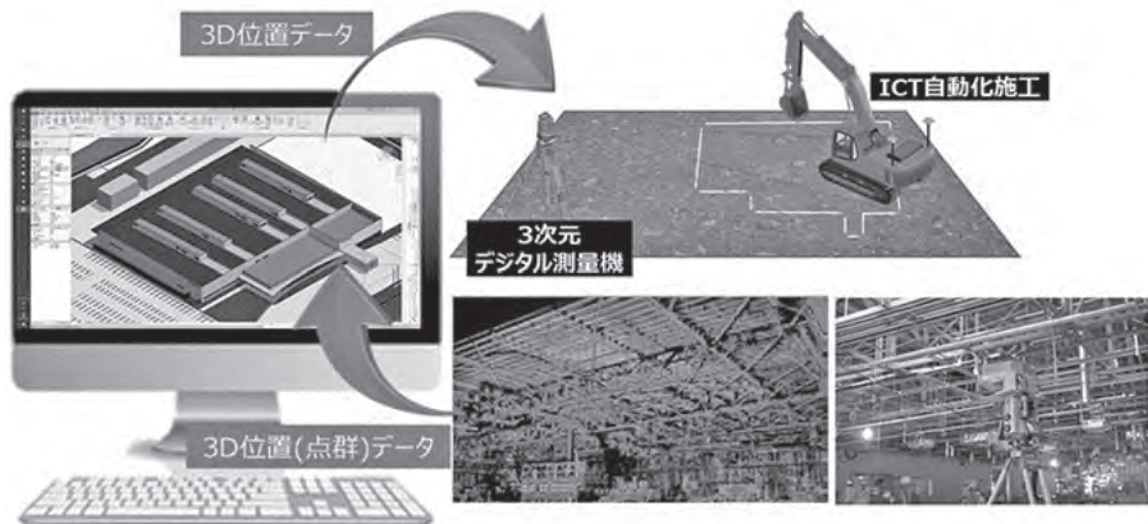
ICT技術を用いた建築向けの施工ソリューションのコンセプトとして、「バーチャルとリアルをつなぐ架け橋となる」という考え方がある（図1）。

BIMに代表されるように、設計ではデジタル3Dモデルを「バーチャル」な空間に構築することが主流になってきている。2DCADでの作図も、デジタルデータを使って構成している点では同様にバーチャル空間での設計行為と言える。

そして、設計段階で作り上げた「バーチャル」な空間上の設計データを「リアル」である現場に落とし込んでいるのが施工段階と言える。

例を挙げると、「バーチャル」であるCADで作成された実施設計図から施工図が作成され、その施工図を元に元請であるゼネコンから土工事業者やコンクリート業者といったサブコンに指示を出し、サブコンの作業者が「リアル」な現場への部材の設置（施工）を行っているという状況は想像しやすい。

このように、「バーチャル」を「リアル」に落とし込むということは、位置データを施工現場に展開する



図一 建築施工ソリューションのコンセプト「バーチャルとリアルをつなぐ架け橋となる」

こととも言える。これを具体的な作業工程で言うと、ベンチマークや基準点を元に、敷地内での建物本体の配置を地縄張りすることや、杭伏図にある杭の位置を敷地内に落とし込む杭芯出しなどにあたる。また、根伐図に従って重機を使って掘削を行うことも、設計を元に施工している点では同様であり、繰り返しになるがこれらは「位置データを施工現場に展開している」と言える。

通常、この工程は、CADデータで作成した施工図から、最終的に紙にプリントアウトしたものを使って、墨出し業者が墨出し=位置出しをし、サブコンも紙図面を見ながら、施工している。

しかし、このようにデジタルデータを一度アナログな紙に出力してから施工するのは、非効率であり、無駄がある。言い換えれば、「バーチャル」と「リアル」の間にギャップがあるということである。

そこで、3D計測やICT施工により、このギャップを埋め、「バーチャル」と「リアル」をつなぐことで、効率化、省力化を図り生産性向上ができると考えられている。デジタル化をさらに推し進め、CADやBIMデータに代表されるようなデジタルデータを、計測機や重機の制御システムに入力し、そのまま使用することで、無駄な手間を排除できるのである。

また、出来形のような、施工した結果の検査においても、同様である。検査では通常コンベックスや計測機が使われるが、手作業で紙に記載し、場合によりCADに転記するといったことが行われている。これに代わってデジタルで計測したデータをデジタルで残すことで、後工程で使用することや、帳票にいつでも加工、取り出すことが可能になる。施工現場の位置データを取得しデジタルエビデンスを残すことで省力化で

きるのである。

昨今、製造業から始まった「デジタルツイン」として「リアル」な製品・環境を「バーチャル」で構築し、シミュレーションを行う概念が建築業でも注目されている。デジタル化を推し進め「バーチャル」と「リアル」のギャップを埋めることは、より正確な「デジタルツイン」を構築することであり、これにより、現場の省力化、生産性向上が図れるのである。

3. 建築施工における取組

上記で述べた考えに至るきっかけとなった、建築施工における生産性向上の取組を紹介する。

トプコンオプトネクサス社（以下、本グループ会社という）の新工場が、2020年10月に竣工した（図一2）。本グループ会社の新築工事では、設計・施工を担当した大和ハウス工業(株)との共同により、BIMと連携した施工が実践された。

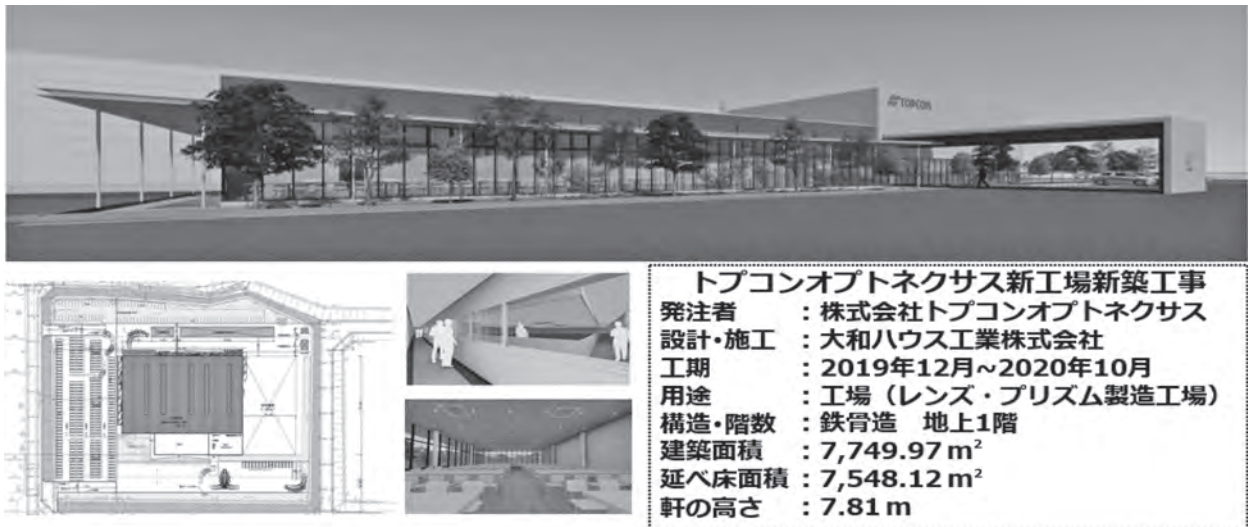
本新築工事で「デジタルツイン」構築のために実践されたトプコンの技術は、4つに大別される。

①マシンコントロール

トータルステーションやGNSSの計測技術を用いて、施工機械の操作をサポートし、リアルタイムに自動制御施工を行う技術。外構工事における路床・路盤で、丁張を設置することなしでの自動制御による工事などを行った。

②ワンマン位置出しシステム

プリズムを自動追尾する測量機で、杭芯やそれ以外の部材の設置個所の位置出しが一人のできるシステム。杭工事での位置出し、鉄骨の建て入れ精度確認、設備機器の墨出しなどで活用した。



トップコンオプトネクス新工場新築工事	
発注者	: 株式会社トップコンオプトネクス
設計・施工	: 大和ハウス工業株式会社
工期	: 2019年12月~2020年10月
用途	: 工場 (レンズ・プリズム製造工場)
構造・階数	: 鉄骨造 地上1階
建築面積	: 7,749.97 m ²
延べ床面積	: 7,548.12 m ²
軒の高さ	: 7.81 m

図-2 本グループ会社新工場新築工事概要

③ 3D スキャナー

3D レーザースキャナで建物や地形などを測量した点群データを活用する技術。点群データを解析するソフトを用い、土間レベルの計測や、設備の配管ルート確認などで活用した。

④ UAV (ドローン)

ドローンで空撮した写真から、3D 点群データを作成し活用する技術。敷地の形状を確認や土量算出、外壁検査等で活用した。

これらの取組の結果として、工期短縮や生産性向上に対して高い効果を得ることができた。

4. 本施設の概要

(1) コンセプトと概要

この取組での経験から、特に効果のあったソリューションを、BuildTech でデモンストレーションするメニューとして検討し、屋内施設での実施が可能な、ワンマン位置出しシステムと 3D スキャナーによる計測を、主なコンテンツとして採用し、それに従った計画を行った。これらのソリューションを体験できる施設として、ゼネコン、設備工事業者・墨出し業者等のサブコン、ソフト会社、および学術・官公庁関係者などを対象とし、東京都板橋区にある本社構内に開設した。図-3 は竣工した施設の内観写真である。

本施設のコンセプトは「見て触って理解する」。即ち体験的な理解ができる施設である。各種計測器の実機を取り揃え、建築現場における建物内部・外部を含めた幅広い施工現場の状況を屋内空間に再現している。これにより、建築プロセスの様々な工程での、墨出し (位置出し)、設置、検査といった 3次元デジタ



図-3 本施設内観

ル計測を一度に実体験できる。さらに、BIM データとの連携、それらを施工現場で活用する方法など、建築施工ソリューションを体系的に学習、理解することが可能である。

(2) 活用シーン

以下の3つが本施設で想定している活用シーンである。

① デモンストレーション

スタッフによる計測の実演やハンズオンを通じて来館者にソリューションを理解してもらう。

② トレーニング

製品を購入された方や営業スタッフに、時間をかけて理解、さらに繰り返し操作することで、現場で使用できるレベルで使いこなしてもらう講習を実施する。

③ イノベーション

既存の計測機の新たな使い方の検証や、必要であればハードウェア、ソフトウェアの開発を検討するような、技術の検証を通して工夫をする場所としても活用する。

(3) 構成

本施設は、大きく分けて外部ゾーンと内部ゾーンの2つのゾーンで構成されている。

外部ゾーンは準備工事や杭工事など、本体工事以前に屋外で行われる計測を中心に体験できるゾーンとして、杭や基礎、アンカーボルトの模型を用意している。また、外部ゾーンには椅子・机を設置し、座学研修も可能である。

内部ゾーンは図-4のように、標準的な建築物の階高4mの高さのグリッドフレームに、設備や天井などの建築部材を取り付けており、本体工事のための計測が可能である。コンクリート床工事や設備工事など建物本体部分の工事での計測を想定している。

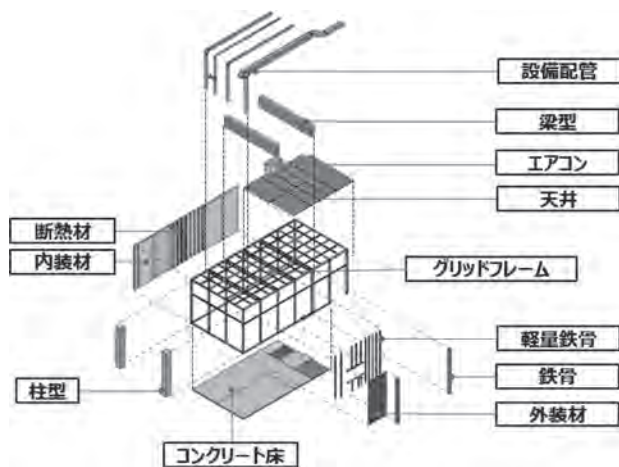


図-4 内部ゾーン部材構成

(4) 実施可能なデモンストレーション

本施設では多数のデモンストレーションが可能であるが、代表的な2種類の計測のデモンストレーションについて説明する。

①杭芯出し作業

ワンマン位置出しシステムを用い、杭芯出しと杭の偏心量を確認する。ワンマン位置出しシステムは、「楽位置」という計測器と、スマートホンのアプリである「楽墨」及び、「楽位置」からの測距光を反射するプリズムを用いて距離と角度を計測し、リアルタイムに位置を計算するものである。

はじめに、内部ゾーンに仮想的に配置した杭の位置と基準点を座標データ化する必要がある。設計時に構築した本施設のBIMモデルを使用し、「Point Manager」という座標一括抽出ソフトにより、杭のファミリーと、基準点となる境界杭位置の座標データを作成する(図-5)。

BIMモデルから出力した杭位置の座標点データを、「楽墨」へ入力する。「楽位置」で計測されたプリ

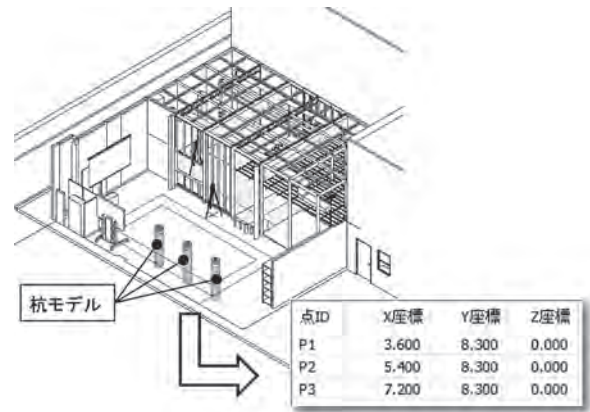


図-5 BIMモデルから座標点データ作成

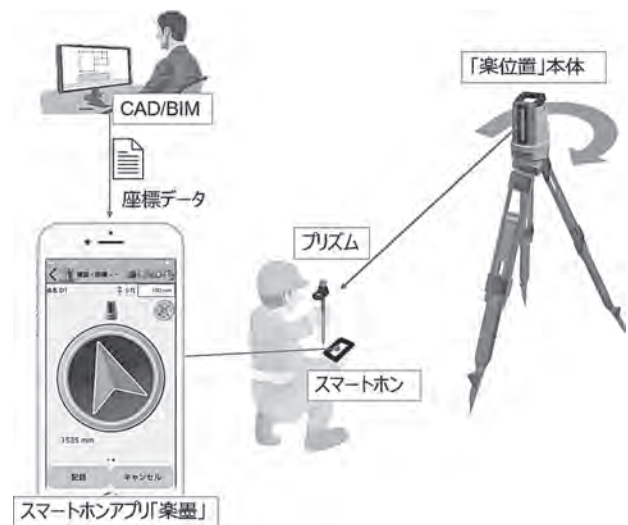


図-6 「楽位置」による計測の全体像

ズムの位置を「楽墨」が表示し、現在位置から杭位置までの方向と距離を計測者に教え、誘導してくれる。計測者は杭位置を地面に見立てた床にマーキングする(実際の現場では杭芯金物を打ち込む)。図-6が計測の全体像である。

次に、杭位置を出した箇所に、杭の打設後の状況を再現するために杭頭の模型を設置する。「楽墨」を使い、杭頭の模型の中心位置を再度計測する。「楽墨」で杭の偏心量のデータを記録することができる。

②コンクリート平坦性解析

本施設のコンクリート床は、意図的に不陸のあるエリアと、通常の均し作業と金鋸押さえにより平滑に仕上げたエリアを用意している。このコンクリートの表面を、3Dレーザースキャナを用いて計測する。

トータルステーションレーザースキャナ「GTL-1000」(図-7)を内部ゾーンに設置し、スキャンを行う。「GTL-1000」では最大100,000点/秒のレーザーを照射し、対象物からの反射を計測し、空間全体を点群データとして記録することができる。



図-7 GTL-1000

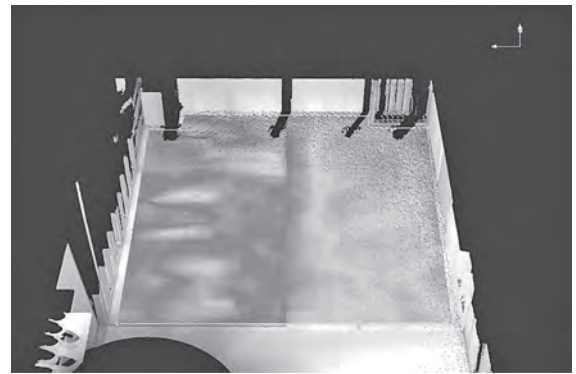


図-8 平坦性解析結果

点群データは x , y , z の座標値を持った点のデータの集合であるが、写真を同時に撮影することで、RGB の色データを点データに与えることもできる。

取得した点群データを、スキャナー本体からパソコンに移動し、点群処理ソフトである「Magnet Collage」で点群データの生成や合成等の処理を行う。

次に Autodesk 社のレビューソフト「Navisworks」のアドオンソフトである、ClearEdge3D 社の「Rithm」という平坦性解析ソフトで解析を行い、基準面に対しての凹凸を可視化する。

図-8 は、本施設のコンクリート床をスキャンしたデータを、「Rithm」で解析した結果である。誌面上は白黒であるが、解析結果は、基準の高さを緑、基準面より下がっているところを青、上がっているところを赤のグラデーションで示したヒートマップで表現ができる。

図の左側凹凸、つまり不陸のあるエリア、右側の部分は平滑に仕上げたエリアである。

本施設では、現在、図-9 のように内部ゾーン・外部ゾーン合わせて、の 14 種類のデモンストレーションやトレーニングが実施可能であり、今後もユーザー

のニーズの変化や開発状況により、部材を追加・交換することにより、実施可能なアイテムを更新する予定である。

5. オープン後の利用状況

本施設は、2021 年 9 月 1 日にオープンし、2021 年 12 月末時点で、社内外含め 49 社 120 名によって利用された。使用目的は多い順に、見学 40%、打合せ 34%、技術検証 16% となっている。尚、来場者の業種はゼネコンが最も多く、48% と約半数を占めている。

来場者アンケートでは、見学会・講習会に参加した満足度は平均 4.63 (5 点満点) と高い満足度となっており、その理由として、

「これまで製品に触れる機会が少なく理解にハードルがありましたが、実際に製品を扱いながらご説明を受けたことで、理解の深化に繋がりました。」

「ご用意頂いたプレゼンは網羅的で分かり易く、質疑応答は少し場違いな質問に対しても背景をくみ取る形で解説頂き、建設建築の測量に関して大変学びが多かった。」といった意見をいただいている。



図-9 デモンストレーション可能なアイテム

今後もゼネコンによる見学・打合せ利用は多いと考
えているが、オープン時の見学が一巡したら、より現
場に近い、サブコンとの打合せやトレーニング、技術
検証が増えていくことが予想される。

6. おわりに

トプコンの建築施工分野における DX のコンセプト
と取組、そこで得られた知見を反映した本施設
「TOPCON “BuildTech” 建築施工ソリューションセン
ター」を紹介した。

本施設では現在、杭芯出しやコンクリート平坦性解
析など、建築施工における 14 種類のデモンストレー
ションが可能で、今後も施設の更新により、このアイ
テムは増加する予定である。

9 月から稼働している本施設には多くの来場者があ
り、アンケート結果からも、来場者が「体験的な理解」
ができるという当初のコンセプトで期待した結果が得
られていることがわかる。

今後、この施設を最大限活用し、建築施工ソリュー
ションを普及拡大することで、建築分野における技能
労働者の不足、生産性向上という社会的課題を解決し
ていく。本施設が建築業界、社会全体を変えていくた
めの発信源となればよいと考えている。

■施設概要

名称：

TOPCON “BuildTech” トプコン建築施工ソリュー
ションセンター

住所：

〒 174-8580 東京都板橋区蓮沼町 75-1

(株)トプコン敷地内

お問い合わせ：

(株)トプコン

スマートインフラ事業本部スマートインフラ営業部
パーティカル・コンストラクション事業推進課

問い合わせ専用メールアドレス：

buildtech@topcon.com

JCMA

[筆者紹介]

今泉 潤 (いまいずみ じゅん)

(株)トプコン

スマートインフラ事業本部

