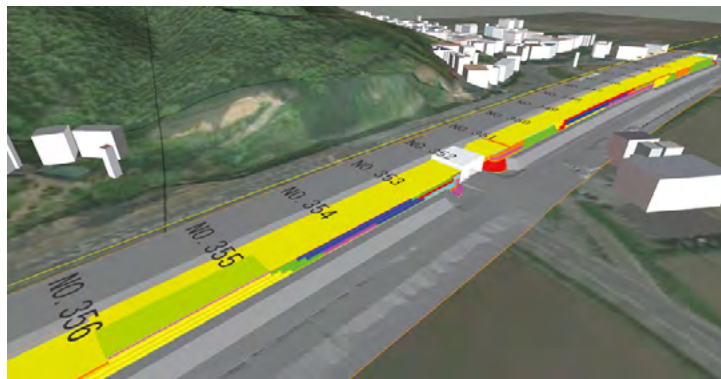


AutoCAD で作成した EPS 盛り土の 3D モデル



Navisworks による施工管理

また、この工事では iPad を使って現場の映像と 3D モデルを重ねて見る AR (拡張現実感) のシステムも導入した。

「国土交通省の i-Construction では、土工とともにコンクリート工事の生産性向上も重点事項として位置づけられている。工場製作したプレハブ部材の活用は、その大きな柱となる。この EPS 工事では、プレハブ化されたコンクリート部材による施工管理にも使える CIM 活用のノウハウが養われた」と佐野課長は語る。

地道に現場で積み重ねてきた 3D 測量や情報化施工などの精度検証の裏付けにより、今後も自信を持って生産性向上を実践していくことができるだろう。

その技術力の進化は国交省が提唱する i-Construction の範囲にはとどまらず、日本国土開発自身が未来の重機土工現場の姿を描いている。各重機の位置と 3D 設計図をもとに AI によって施工の指示や作業を行い、各重機は AI から施工データをクラウドに送信してリアルタイムに施工管理を行うというものだ。

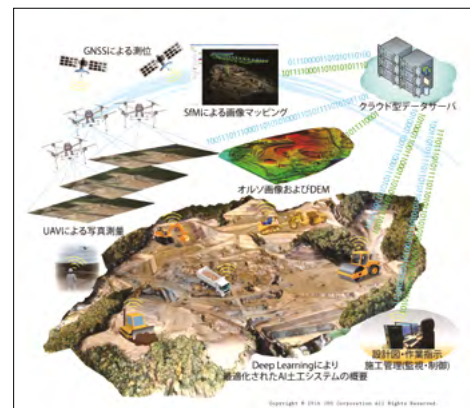


iPad による AR を活用した施工管理

AI とクラウドを駆使した近未来の土工現場

日本国土開発は、オートデスクの CIM ソリューション導入からわずか 2 年半ほどで、ドローンを使った 3D 測量から ICT バックホーや ICT ブルドーザーによる土工、そしてメガソーラーや EPS 盛り土など、i-Construction への対応を着々と進めてきた。

いわば、「土工現場における IoT (モノのインターネット)」とも言える構想だ。「オートデスクの CIM ソリューションや ICT 建機、測量機器、クラウド技術など、最新の技術を組み合わせることによって、こうした自動施工システムは実現の一手前まで来ている」と、佐野課長は語った。



AI とクラウドを活用した近未来の自動施工システム

納入日	材質	巻取日	ロット番号	設置位置
2017/01/01	EPS	2017/01/01	001	A
2017/01/02	EPS	2017/01/02	002	B
2017/01/03	EPS	2017/01/03	003	C
2017/01/04	EPS	2017/01/04	004	D
2017/01/05	EPS	2017/01/05	005	E
2017/01/06	EPS	2017/01/06	006	F
2017/01/07	EPS	2017/01/07	007	G
2017/01/08	EPS	2017/01/08	008	H
2017/01/09	EPS	2017/01/09	009	I
2017/01/10	EPS	2017/01/10	010	J

ICT による EPS 軽量盛土の施工管理のワークフロー



AI とクラウドを活用した未来の土工現場について語る 佐野課長

オートデスク株式会社 www.autodesk.co.jp

〒104-6024 東京都中央区晴海 1-8-10 晴海アイランドトリトンスクエア オフィスタワー X 24F
 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラスタワー 3F

Autodesk は、米国および/またはその他の国々における、Autodesk, Inc.、その子会社、関連会社の登録商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。該当製品およびサービスの提供、機能および価格は、予告なく変更される可能性がありますので予めご了承ください。また、本書には誤植または図表の誤りを含む可能性があります。これに対して当社では責任を負いませんので予めご了承ください。© 2017 Autodesk, Inc. All rights reserved.



会社名
日本国土開発株式会社

所在地
東京都港区
〒107-8466
東京都港区赤坂四丁目9番9号
http://www.n-kokudo.co.jp

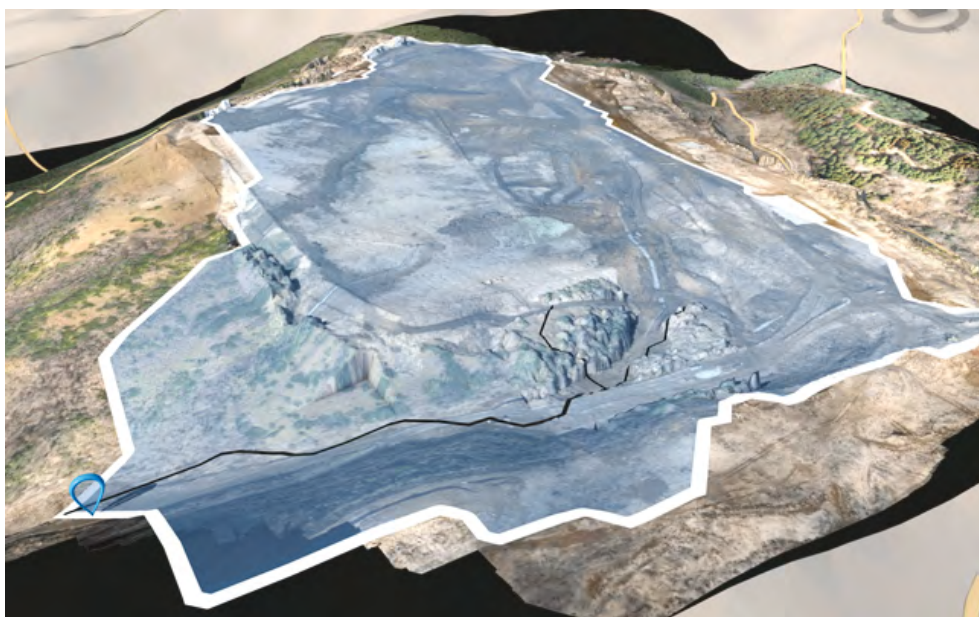
建設・土木業界向けコレクション
Autodesk® Architecture,
Engineering & Construction Collection



含まれる主なソフトウェア
Autodesk® Revit®
Autodesk® Navisworks®
Autodesk® ReCap 360™ PRO
AutoCAD® Civil 3D®
Autodesk® InfraWorks® 360
Autodesk® 3ds Max®
AutoCAD® Plant 3D
AutoCAD®

i-Construction 時代の情報化施工に挑む 日本国土開発 AI を活用した未来の土工現場とは

重機を使った土工を強みとしてきた日本国土開発は、国土交通省の「i-Construction」政策の推進をきっかけに、ICT（情報通信技術）建機やドローンを駆使した情報化施工の技術開発に取り組んでいる。設計・施工の中心となるツールは、オートデスクのCIM（コンストラクション・インフォメーション・モデリング）用ソリューションだ。同社で CIM に取り組む技術者に直撃取材した。



ドローンによる空撮データをもとに作成した造成現場の 3D モデル。オートデスクの InfraWorks 360 により、降雨時の水みちを正確に解析した

ドローン空撮と InfraWorks 360 で 造成時の水みちを解析

大規模な造成現場では、雨が降ったときの濁水処理が必要となる。日本国土開発は熊本県大津町の造成現場で、ドローン（無人機）とオートデスクのクラウド対応 CIM ソフト「Autodesk InfraWorks 360」を、造成現場に雨水が流れ込む範囲や、濁水の「水みち」を正確に割り出した。



i-Construction への対応や CIM 活用について語る日本国土開発 土木事業本部機電部 CIM/ICT 推進チームサブリーダーの佐藤裕氏（左）と土木事業本部技術部 CIM/ICT 推進チームリーダーの佐野健彦課長（右）

ドローンで現場上空からの連続写真を撮り、パソコンで解析して地盤の点群データを算出。これに面を張った 3D モデルを InfraWorks 360 に読み込み、造成現場を囲む「分水嶺」となる尾根や、水みちとなる谷線を 3D 解析により求めたのだ。

日本国土開発 土木事業本部技術部 CIM/ICT 推進チームリーダーの佐野健彦課長は「以前は地形図の等高線を頼りに、施工時の盛り土、切り土のデータを加えて集水域や水みちを割り出していた。ドローンの空撮写真に基づく正確な 3D モデルを InfraWorks 360 で解析した結果は、かなり違いがみられた」と語る。

さらに InfraWorks 360 には、熊本県内における短期間確率降雨強度式や流出係数をインプットし、降雨量と降雨継続時間による流量も自動算定。仮設防災計画を最適化する手法を確立した。



造成前の現地形から求めた集水域と水みち



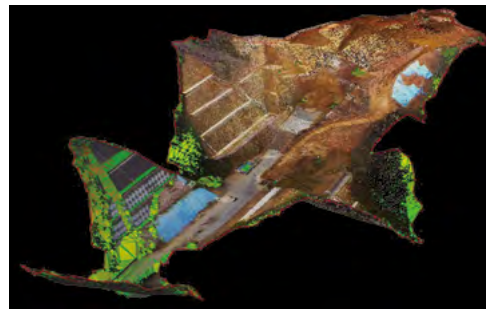
造成後の地形の集水域と水みち。造成前に比べるとかなり変わっているのがわかる

オートデスクの CIM ソリューションで急速に CIM が進展

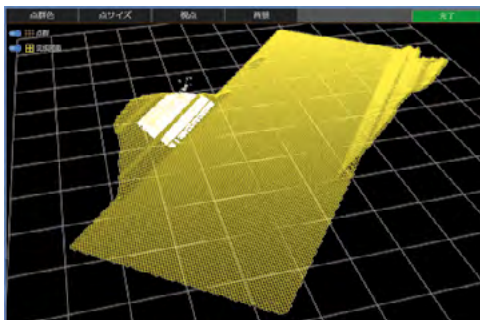
日本国土開発が InfraWorks 360 や AutoCAD Civil 3D など、オートデスクの CIM ソリューションを導入したのは、2014年 5月だった。当初は、土木事業本部執行役員技術部長の四宮圭三氏を含め、4人の土木技術者が導入時のトレーニングを受け、CIM 活用をスタートさせた。

以来、ドローンや 3D レーザースキャナーによる現場の 3次元測量から造成現場やメガソーラー施設の設計、そして ICT 建機を使った情報化施工、さらには発泡スチロールのブロックを積み上げて軽量盛り土を造る EPS 工法まで、短期間のうちに同社の CIM 活用は急速に拡大していった。

「CIM 導入から 2年後の 2016年度には、国土交通省の i-Construction 政策により、情報化施工による工事の発注が急増したこともあり、同年には CIM ソリューションを活用する技術者数も 10人近くまで増えた」と佐野課長は CIM 導入からの 2年半を振り返る。



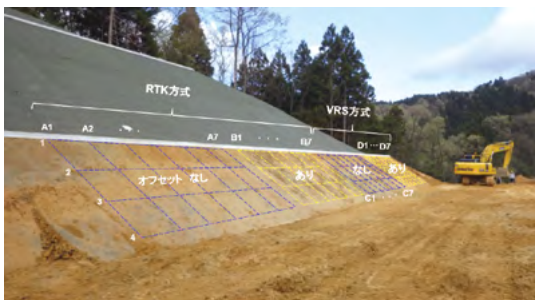
切り土現場を 3D スキャナーで計測した結果を 3D モデル化したもの(左)。さらに現場の写真を張り付けたもの(右)



設計面の LandXML データ(左)と、マシンコントロールバックホーによる施工(右)

ステレオカメラ付き MC バックホー 第 1 号を導入

中でも、ICT 土工に使われる現場の 3D 計測と情報化施工の精度向上には力を入れて取り組んでいる。掘削や法面仕上げなどの作業時に、バケットの動きを 3D モデルに基づいて自動制御する、コマツ製のステレオカメラ付きマシンコントロール (MC) バックホー「PC200i-10」の第 1 号機を導入したことが、その現れのひとつだ。



条件を変えて施工した現場(左)とオフセット補正値の確認作業(右)

早速、このバックホーを使い、切り土の設計データをマシンコントロール機能で施工する際の精度検証を行った。建機の位置座標を取得する方法として、基準局を設置する「RTK-GNSS 方式」と基準局の代わりに仮想局を設置する「VRS 方式」の 2 種類を使い、それぞれオフセット補正あり／なしの結果を比較したのだ。

「山間部などでは GNSS 衛星からの電波をとらえにくくなることもある。各方式による精度を検証し、要求される施工品質が得られるかどうかを確認しておきたかった」と、土木事業本部機電部 CIM/ICT 推進チームサブリーダーの佐藤裕氏は語る。

その結果、RTK 方式と VRS 方式のどちらでも、基準点でオフセット補正を行うことで土工の基準高の施工管理基準値(−70~+70mm)の施工精度が得られることがわかった。

写真 1ピクセルあたりの地上分解能は、撮影高度と焦点距離、カメラの画像分解能で決まる。日本国土開発は国土交通省の基準を満たす写真を撮影するため、この理論に基づいて現場で検証を行った。

ドローンによる 3D 測量の精度も徹底検証

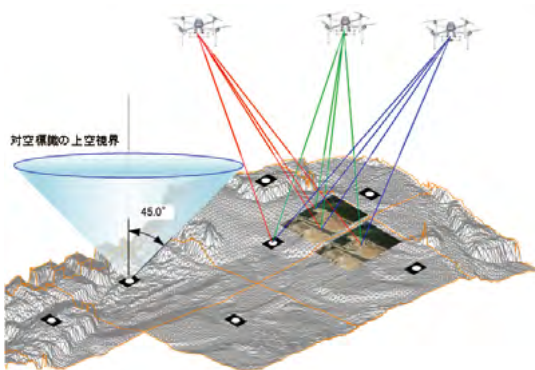
ドローンで撮影した現場の連続写真をパソコンで解析し、3D モデルを作るのは簡単だが、肝心なのはその精度だ。

撮影高度を 50 m と 80 m の 2 ケースとして、仮置き土工の現場をドローンで撮影し、3D モデルを作成。その結果を、トータルステーションで計測した座標と比較したのだ。

その結果、撮影高度 50 m の方が精度のばらつきは小さくなったが、高度 80 m の場合でも出来形管理検査要領を満足する結果が確認された。

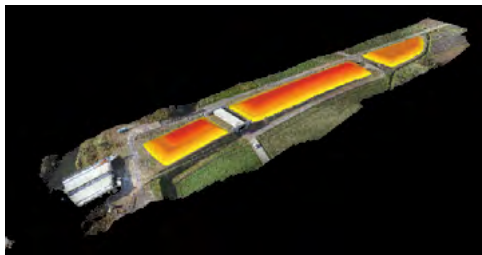
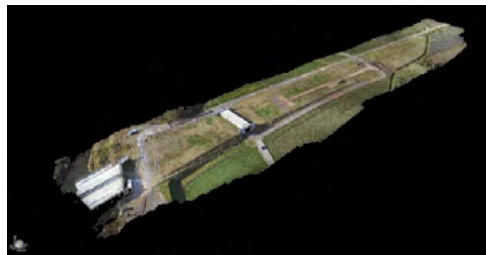


ICT を全面活用した道路土工の現場



ドローンによる撮影イメージ(左)と地上に設置した直径 200 mm の対空標識(右)





盛り土前の現場モデル(左)。黄色や赤色の部分が盛り土した部分。盛り土前のモデルと比較すると土量が得られる(右)

また、撮影高度の違いが土量計算に与える影響についても検証した。撮影高度 50m と 80m との違いによる土量計算結果の誤差は最大で 4% 程度に過ぎず、切り盛り土量の差では 0.8% 精度にすぎないことがわかった。

つまり日々の施工管理を目的とした土量の把握では、高度の違いはあまり影響しないのだ。この成果が得られたことは、土工の生産性向上にもつながりそうだ。

マシンコントロールブルドーザーも活用

メガソーラー発電所の造成現場では、マシンコントロールのブルドーザー、コマツ「D65PXi-18」を全面的に活用した。

施工開始前にドローンによる写真測量で 3D 現況地盤モデルを作成し、施工が進むごとにドローンによる測量を実施し、盛り土・切り土の進捗状況や土量の管理を行った。



マシンコントロールのブルドーザーによる施工

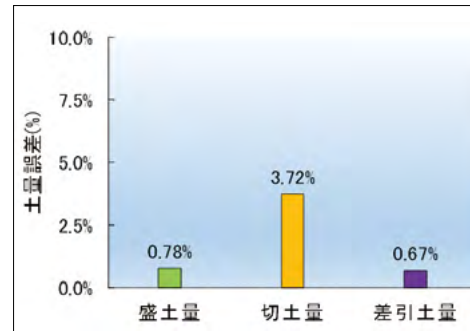
この現場でも、施工精度を確認するため、40m x 20m のエリアを碁盤の目のように区切り、各交点の高さを設計値、トータルステーションによる計測値、ドローンによる 3D 測量と比較検討した。

その結果、土工における基準高の施工管理基準値 (±50mm) を十分満たす精度であることがわかった。ドローンによる測量精度もほぼ同様だった。

一方、造成工事を行わず、地形に沿ってソーラーパネルを並べていくメガソーラーの工事もある。

こうした現場では、現況地形を 3D モデル化し、AutoCAD や AutoCAD Civil 3D のスクリプトコマンドにより、地盤面に合わせてソーラーパネルを自動配置し、それぞれのパネルによって異なる支柱の高さを自動算出している。

「手作業だとかなりの手間ひまがかかる作業だが、CIM による自動設計によって手戻りもなく、効率的な設計・施工が実現している」と佐野課長は語る。



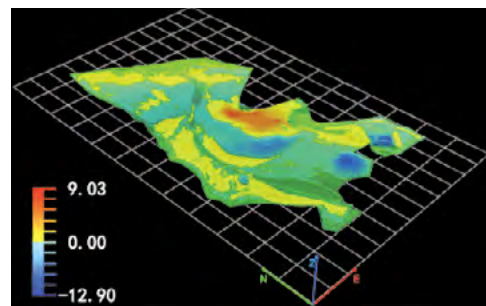
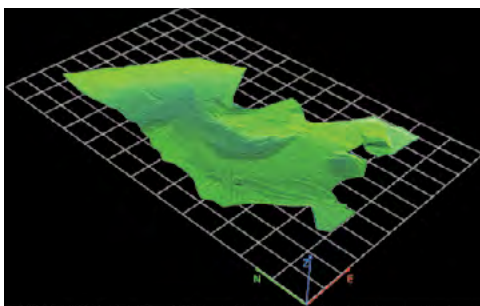
撮影高度 50m と 80m の違いによる土量誤差。差し引き土量では 0.67% しか変わらないことがわかった

iPad による AR も EPS 盛り土工事で活用

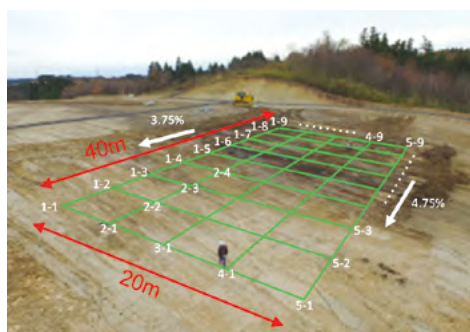
日本国土開発はこのほか、発泡スチロールのブロックを積み上げて造る軽量盛り土である EPS 工法にも CIM ソリューションを活用し、施工計画や施工管理を行った。

EPS 盛り土の現場を AutoCAD Civil 3D や AutoCAD で 3D モデル化。現場で使われる EPS ブロックの 1 つひとつにはバーコードを張り付けて、施工時に GNSS による設置位置の情報とバーコードを読み取った。

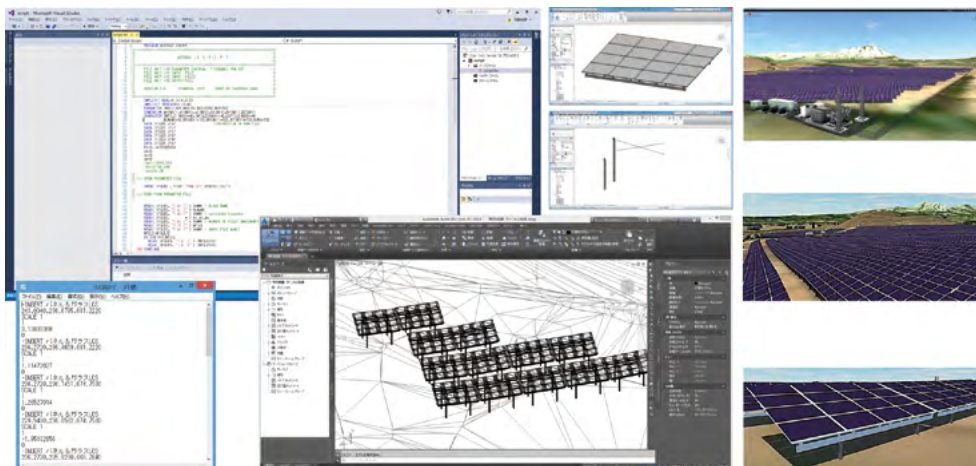
そして、これらの情報を属性情報として Navisworks の 3D モデルに入力し、どこにどのブロックが現場で配置されたのかが後で追跡できるように、施工管理を行ったのだ。



施工開始前(左)と施工開始 2カ月後(右)の 3D モデル



MC ブルドーザーの施工精度を格子状の点で確認



自動配置プログラムを用いたモデル作成の概要