

ドローンの活用による災害時の 調査・設計への適用性

村上 功

技術士（建設部門，総合技術監理部門） 株式会社昭和土木設計 代表取締役
〒020-0891 岩手県紫波郡矢巾町流通センター南4丁目1-23
E-mail : mura@showacd.co.jp

近年，局地的大雨にともない，土石流や洪水による被害が全国各地で多発している．岩手県内においては，2016年8月の台風10号に起因する大雨により，甚大な被害が生じており，被災地の早期の復旧・復興に向けて，調査・設計工程においても迅速かつ的確な対応が求められている．

一方，災害復旧・復興等の公共事業においては，新たな用地の取得や建物等の補償といった一連の手続きが必要になる．これらの手続きをスムーズに進めるためには，関係者間の合意形成が重要になる．

このような中，調査・設計に関連したICT技術が急速な進歩を遂げている．調査分野では，無人航空機（UAV: Unmanned Aerial Vehicle, 通称ドローン）による3D空間計測技術を用いた3D地形・地物データの取得があげられる．また設計分野においては，3Dモデリングツールとして有用な各種ソフトウェアが提供されている．

本稿では河川災害復旧事業の事例をとりあげ，計画・設計を進めるうえでの関係者間の合理的な合意形成と，建設分野におけるICTの活用推進を目的とした，3D現況モデルと3D設計モデルの連係・統合による新たな設計表現となる，3D完成形可視化技法へのドローンの適用性について考察する．

Key Words : Drone, 3D-Spatial measurement, Structure from Motion, CIM/i-Construction

1. はじめに

気象庁のデータによると，近年における局所的短時間大雨の発生回数が増加の傾向を示している．

岩手県においては東日本大震災の惨禍が癒えないなか，2016年8月30日に台風10号が大船渡付近に上陸し，三陸沿岸を中心に猛烈な雨を降らせ甚大な被害をもたらした．この台風はその後，速度を上げながら東北地方を通過して日本海に抜ける，特異な進路をたどった．台風が東北地方太平洋側に上陸したのは，気象庁が1951年に統計を開始して以来初めてとなった．

この事象のほかにも近年の気象は，過去のデータからだけでは，予測が難しい状況が数多く発生しており，その被害規模も大きくなっている．

こうした状況を受けて，被災地の早期復旧・復興にむけた，発災時の道路や河川の被災状況や原因の把握などの情報収集，復旧工法の検討など，従来にも増した迅速かつ的確な対応が求められている．

なお，上記の対応にあたっては社会的要請といえる，次の2つ事項を考慮する必要がある．

1.1 合理的な意思疎通と合意形成

現在，土木設計分野において主流をなしている2D設計は，地形や構造物を表現するにあたって，線分や寸法などを平面上に展開することによって，完成形を間接的に表している．この表現方法では，複数の2D図面からの情報を3Dに組み立てて完成形をイメージする必要がある．とくに複雑な構造物などでは情報量が多くなり，完成形を正確にイメージすることが難しい場合がある．

また，図面を補強する情報として2D-CGパースなどが用いられてきた．パースは画像合成によるものが多く，視点場をかえて全体をみることができないため，部分的イメージにとどまり，関係者間の合意形成に必要な情報としては十分ではなかった．

このため事業者，設計者，地権者など，関係者間の意思の疎通が不十分なまま事業が進められるケースもある．このような場合，施工の進捗にともなって，現場で形が見えはじめてくると相互の認識に齟齬があったことに気づくなどの問題があった．

このような問題をなくすために，合理的な方法で関係者間の意思疎通を図り，早期の合意形成につな

げることが課題となっている。

1.2 ICT の活用

国土交通省は建設分野の技能者の減少等にもない、生産性の向上を図らなければ社会的使命を果たしていくことが困難な状況になることを重視し、2016年3月に「生産性革命本部」を設置し、建設ICTの導入・活用を前提とした「CIM（Construction Information Modeling/Management）/i-Construction」を国家的な施策として位置付けた。この施策の展開によって、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産工程におけるイノベーションを実現しようとしている。

この中で、根幹をなすデータは3D情報が基本であり、データを建機等のコントローラに転送し、マシンコントロール（MC）、マシンガイダンス（MG）といった情報化施工を行うものである。情報化施工の実現にあたり、地形などの3D空間計測データを取得するためのツールとして、ドローンは重要な位置にある。

こうした中、ドローンの空中写真画像から SfM（Structure from Motion）といわれる高密度多視点画像解析による、撮影位置の推定と3D形状の再現に関する解析技術が急速な進歩を遂げている。

CIM/i-Constructionの推進ともなっていて、調査・設計工程においては、従来の2D設計表現から3D設計表現への転換の必要性が一段と高まっている。

2. 研究の目的と内容

2.1 研究の目的

本研究では計画・設計を進めるうえでの合理的な合意形成と、建設分野におけるICTの活用推進を目的とした、3D現況モデルと3D設計モデルの連係・統合による新たな設計表現となる、3D完成形可視化技法へのドローンの適用性について考察するものである。

2.2 既往研究

本稿の研究に類するものとしては、佐々木らによる「橋梁計画における3Dデータを用いた景観シミュレーションの有効性について」平成27年5月⁵⁾が

あげられる。なお、3D完成形可視化技法へのドローンの適用性に関する研究成果は、現時点では極めて少ない。

2.3 研究対象

研究対象は2016年8月に上陸した台風10号がもたらした大雨によって、甚大な被害をうけた二級河川安家川の岩泉町安家地内の改良復旧事業区間を選定した。（写真-1、図-1）



写真-1 安家川改良復旧事業区間



図-1 位置図

(1) 被災状況

台風10号は、8月30日～31日にかけて記録的な大雨をもたらした。この大雨によって安家川においては、現況河道の流下能力を大きく超過する洪水が発生し、人的被害、家屋の流失などにくわえ道路、水道、電力、通信、などのライフラインが寸断され住民生活に多大な影響をもたらした。

岩泉町は急峻な山間狭窄部に多くの小集落が点在しており、ひとたび大雨が発生すると短時間のうちに谷筋に流水が集中して、一気に流出する地勢的特性が被害を拡大させた。(写真-2～写真-5)



写真-2 沿川の被災状況



写真-3 家屋の損壊状況



写真-4 家屋の損壊状況



写真-5 河道の被災状況

(2) 流域特性

二級河川安家川は岩手県沿岸北部の岩泉町と葛巻町との境の安家森に源を発し、東流しながら野田村で太平洋に注いでいる。流路延長は約 28km、流域面積は 224km²である。

本稿の対象区域である安家地区は、流路の中間地点に位置している。この地区は河川の両岸に沿う形で発達した山間集落であり、川は地域住民にとって生活の中に溶け込んだ身近な存在となっている。

河川空間の利用実態としては、養殖や生活用水、水遊び、釣りなどがあげられる。

(3) 自然特性

本川は、石灰岩が卓越した河床で形成されており、所々に露岩や落差がみられるなど、総じて多様性に富む原始河川の様相を呈している。

また、ヤマメ、エゾイワナ、ハナカジカなどの溪流魚類や絶滅危惧Ⅱ類に指定されているカワシンジュガイが生息するなど、生息環境が豊かな河川として広く知られている。なお、カワシンジュガイの生息には、ヤマメが密接に関係していることが分かっている。

(4) 改良復旧事業計画

事業主体である岩手県は、安家川安家地内の改良復旧事業計画における多自然川づくりのポイント⁶⁾として、以下の 10 項目を示している。

- ① 現況のみお筋、瀬・淵を保全・復元
- ② 現況の河床材料等を工事後に投入
- ③ 多様な水環境を創出
- ④ 生物の生息環境に配慮した川づくり
- ⑤ 河畔林の保全
- ⑥ 縦断の連続性、多様な水際環境
- ⑦ 岩河床の活用
- ⑧ 景観に配慮した川づくり
- ⑨ 親水性に配慮した川づくり
- ⑩ 水域と陸域のつながりがある河川空間の創出

これらの項目を多自然川づくり計画として現地に再現するためには、現地において河川空間および周辺の微地形や環境特性を捉えるとともに、利用実態等を調査しておくことが重要である。

3. 完成形可視化モデルの作成

ドローンによる空間計測から 3D 現況モデルと 3D 設計モデルの連係・統合による 3D 完成形可視化モデル作成に至るまでの概略工程 (図-2) を以下に示す。

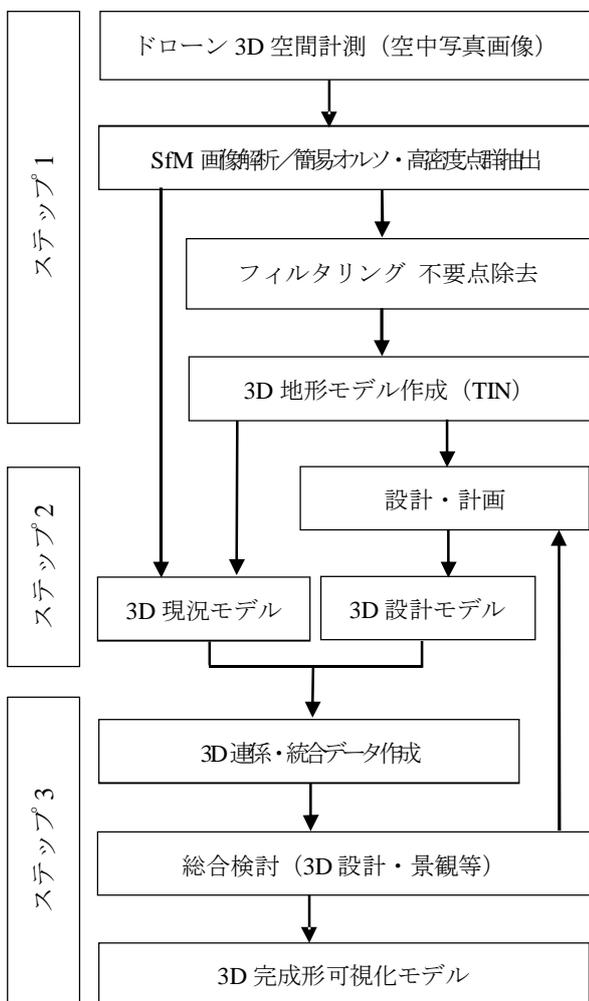


図-2 3D 可視化モデル作成工程

以下に作成工程における、各段階の内容について説明をくわえる。

【ステップ 1】

ドローンで撮影した空中写真画像を標定して、複数の画像を接続する。次に撮影位置およびカメラの傾きの概略空中定位 (標定) を行い、写真画像の概略位置を定める。空中定位された簡易オルソ画像から、SfM を用いて画像相関によるマッチング処理・解析をおこない、地形・地物の 3D 高密度点群データを生成する。

次に点群データの不要点を除去したうえで、TIN (Triangulated Irregular Network) サーフェース化し、3D 地形モデルを作成する。この地形モデルに簡易オルソと点群データを重ねた 3D 現況モデルは、地形と同時に植生などの景観を構成する要素も色彩表現することが可能であるため、現地の再現性に優れた景観モデルとしての特性も有する。

【ステップ 2】

計画を行うため、3D 地形モデルから断面データなどの抽出した地形情報をもとに線形、横断面²⁾等を付与し、3D 設計モデルを作成する。

【ステップ 3】

現況モデルと設計モデルを統合した 3D データを用いて、計画位置および構造デザインを進めながら、事業計画に示された川づくりのポイントを満足するものであるか総合検討を行う。検討にあたっては、3D 画像上で視点場を移動させながら、河川空間全体を画像で確認しながら行う。

このような一連の作業によって、3D の地形と設計モデルを連係・統合させて完成形可視化モデルを作成する。

以下に橋梁計画における、ドローン空間計測による 3D 現況モデル (図-3) と 3D 設計モデル (図-4) を連係・統合した 3D 完成形可視化モデル (図-5) 作成事例⁵⁾を示す。



図-3 3D 現況モデル

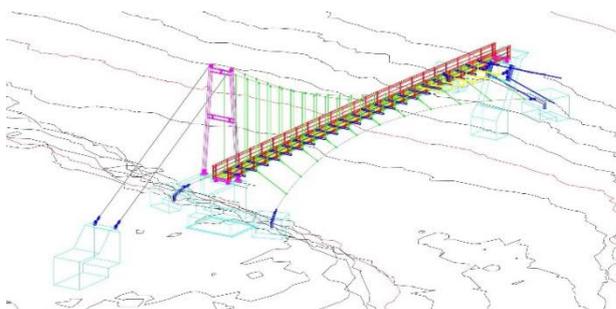


図-4 3D 設計モデル



図-5 3D 完成形可視化モデル

3.1 ドローンの特性

ドローンは、UAV やマルチコプターとも呼ばれ、市販のデジタルカメラを搭載した小型無人飛行装置である。GNSS (Global Navigation Satellite System : 全地球測位衛星システム) を利用した自律飛行あるいは地上からの制御によって、比較的容易に空中写真を撮影することが可能である。システムとしては、従来の有人航空機をプラットフォームとした、航空測量のダウンサイジング版である。

表-1 にドローンと航空測量の違いをあげる。

表-1 ドローンと航空測量の比較

比較項目	ドローン	航空測量
プラットフォーム	小型無人飛行装置	有人航空機
非常時対応力	<ul style="list-style-type: none"> 小型の無人飛行装置であり、災害時等における迅速な対応が可能 低高度撮影のため、曇天時においても計測が可能 	<ul style="list-style-type: none"> プラットフォームに有人航空機を利用するため、非常時における迅速な対応が難しい 高高度で撮影するため、曇天時には撮影が困難
計測範囲	1 回当りの飛行時間が短く、低高度撮影のため小規模範囲に適す	広範囲の計測に有利
出力データ	オルソ画像、3D 高密度点群データ、数値地形図、断面図	オルソ画像、数値地形図
地形等再現性	低高度で大縮尺の画像データを取得することが可能であり、微地形や地物の再現性が高い	高高度撮影のため微地形等の再現性に難点
応用性	<ul style="list-style-type: none"> 3D 設計、2D 設計 点群に写真画像を投影し各点の RGB を抽出することにより、現地の状況を 3D で再現できるため、景観シミュレーションなどへの応用が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 主に 2D 設計に適応 地上解像度を考慮すると 3D 設計への適応性は低い
計測精度	<ul style="list-style-type: none"> 大縮尺撮影が可能であるため航空測量に比較して精度が高い 直接測量に比較すると低い 	<ul style="list-style-type: none"> 高高度小縮尺撮影のため総体的に精度は低い ドローンに比較すると低い
コスト	直接測量および航空測量に比較して低廉	直接測量およびドローンに比較して高い
工程総時間	直接測量に比較して短時間で成果を得ることが可能	大規模の場合は直接測量に比較して短時間で成果が得られる

3.2 機体の選定



写真-6 DJI 社 Inspire1 Pro

計測に使用する機体 (写真-6) は、飛行実績の多い DJI 社の Inspire1 pro を使用した。

機体およびカメラの諸元は以下の通りである。

サイズ : 450×450 (プロペラシャフト間寸法)
× 320 (mm)

重量 : 約 3.4kg

飛行時間 : 約 15 分 / フライト

カメラ : 解像度 1600 万画素

3.3 3D 写真測量

3D 写真測量は、SfM といわれるソフトウェアにより、複数の空中写真から 3D 地形モデルを作成する技術である。特性としては次の点等があげられる。



写真-7 ドローンによる撮影

- ① 地表の比高差が大きい場合、地上解像度に差が生じる。
- ② 地表面の色彩が近似しているなど特徴が希薄な場合、色の三属性 (色相, 明度, 彩度) のバランスが崩れ、解析精度に影響をおよぼす傾向にある。
- ③ 植生密度が濃い場合、地表面情報を取得できない。
- ④ フィルタリング時のノイズ等の処理レベル

によっては、異なる結果が得られる可能性がある。

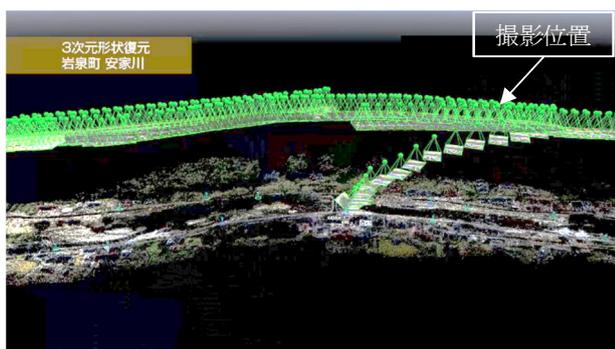


図-6 空間計測飛行ルート

撮影は次のような飛行計画に基づいて行った。

- 飛行申請：災害時時における地方公共団体からの依頼を受けた者として適用除外
- 撮影日時：平成 28 年 10 月 1 日～2 日
- 気象条件：曇天，気温 22℃前後，風速 4m/s 前後
- 計測範囲：改良復旧区間延長 6.0km，幅 200m

撮影にあたっては、以上の点および安全確保³⁾に配慮しながら、マニュアル¹⁾に則って地上基準点を計測範囲内外に配置するとともに、規定の地上解像度が確保できるよう飛行ルート(図-6)を設定した。図-6の軌跡は、画像撮影位置を表している。

また、微地形などの地表面の情報を正確に捉えるために、飛行高度や撮影角度を調整するなどの工夫を行った。

3.4 画像解析

画像解析は、ドローンで撮影した画像を基に高密度多視点画像解析である SfM-3D モデリングソフトウェアを使用してオルソ画像の作成、点群データの抽出を行った。なお、ソフトウェアは Pix4D 社の Pix4D Mapper Pro を使用した。

この工程では、ドローンで撮影した複数枚の空中写真から特徴点を検出し、写真の撮影位置、傾きを求める相互標定に続いて、評定点を基準にした対地標定を行った。

標定された写真画像を用いて画像相関によるマッチング処理・解析を自動計算で行い、色彩を含んだ地形・地物の 3D 点群データおよび簡易オルソ画像を生成した。



図-7 画像解析による点群表示

これら空間計測データを統合して作成した 3D 現況モデルは、地形と同時に草や樹木などの景観を構成する要素も色彩表現することが可能であり、高解像度でリアリティにとんだ景観モデルとして活用できる。ただし、空中写真による 3D 現況モデルは水面上の微地形を再現することができるが、流水や植物の影響等を受けるため、状況に応じて補正や現地補測を行った。(図-7)

3.5 3D 完成形可視化モデル

3D 現況モデルと 3D 設計モデルを連係・統合し、3D 完成形可視化モデルを作成する過程で使用した 3D-CAD アプリケーションは、いずれも Autodesk 社の Civil 3D, InfraWorks360, Recap360 である。



図-8 地点 Aー改良前現況モデル



図-9 地点 Aー改良計画完成形可視化モデル



図-10 地点Bー改良前現況モデル



図-11 地点Bー改良計画完成形可視化モデル

作成にあたっては周辺の自然地形になじむ形で、構造物等の施設を配置計画することが求められる。そのため現況モデルと設計モデルの座標系 (X, Y, Z) の整合を図りながら連係・統合させる技術が必要となる。

このモデルは、完成時の現場を再現したものであり、従来用いられてきたCG パースなどとは表現方法が異なる新たな3D 設計表現に基づく3D 完成形可視化技法によるものである。(図-8~図-11)

この技法により作成される3D モデルの特徴を次にあげる。

- ① 設計内容の可視化によって、細部にわたる設計思想の伝達が可能なる。
- ② 地形・地物は現地を3D 復元したものであり、CG パースとは再現性において異質のものである。
- ③ 臨場感の高い完成形の再現は、関係者間の双方向の意思疎通に有効に作用し、認識の熟度が高まり、早期の合意形成につながる。
- ④ 視点場を自由に移動させてのシミュレーションや人の動線を想定した動画を製作することができる。
- ⑤ パソコンとヘッドマウントディスプレイ (写真-

8) の組合せによって、仮想空間にアクセスして現場内を自由に移動しながらの、疑似体験が可能になる。



写真-8 ヘッドマウントディスプレイ疑似体験例

- ⑥ 画像解析や3D 完成形可視化モデルの作成までのリードタイムは、2D 設計に比べ3~4割増になる。

4. まとめ

災害時において、計画・設計を進めるうえで完成形の可視化を実現することで関係者間の意思疎通を容易にすることを目的として、ICT を活用した3D 現況モデルと3D 設計モデルの連係・統合による、新たな設計表現である3D 完成形可視化技法におけるドローンの適用性について以下に述べる。

4.1 調査・計測

従来の地上計測とドローンによる3D 計測との所要時間を表-2にまとめた。

表-2 地上計測と3D 計測の所要時間の比較
(1/500 レベル 0.1km² 当り)

工 程	地上計測	ドローン 3D 計測	比率(%)
基 準 点	144	118	82
現地計測	190	48	25
室内作業	91	76	83
計	425	242	57

表から分かる通り、地上計測に比べドローンを利用した3D 計測の場合、時間を大幅に短縮できることが明らかになった。こうしたデータから、災害等

の迅速な対応が求められる事態においては、とくに優位性が高まると考えられる。

4.2 3D 完成形可視化モデルと合意形成

公共土木事業においては多くの場合、用地の取得が必要となるため、関係地権者等との合意形成が事業推進の重要なポイントとなる場合が多い。この場合、3D 完成形可視化モデルを用いて情報を提供することにより、受け手側にイメージが移入され、関係者間の意思疎通が円滑になると考えられる。

このような最新の ICT を活用した技法を用いることによって、従来の紙図面やスライド等を用いた 2D 表現に比べ、合意形成がスムーズに進むことが、実際の現地事業説明会において確認することができた。

こうした結果から、事業の進捗が円滑になることで、事業効果の早期発現につながるなど、大きな効果が得られるものと考えられる。

今後の公共土木事業において、3D 完成形可視化モデルを用いた情報提供は、双方向コミュニケーション・インターフェースとなり得る新たな手法として評価できる。

ただし、3D データの作成に要する時間は、2D の場合に比べて 3 割程度余計にかかることが明らかになった。

4.3 建設分野における ICT 活用

建設分野においては、生産性の向上、若年就業者などの担い手の確保、労働環境の改善等が喫緊の課題となっている。

こうした建設分野が直面している課題解決に向けて、ICT 導入の推進が図られている。この中で、ドローンの 3D 空間計測を始めとした ICT の活用は、重要な位置にあるといえる。とくに土工においては、3D 地形モデルの差分解析による土量や出来形管理などへの適用実績⁷⁾が多くなってきており、課題解決に向けた方策の一つとして評価できる。

こうした動きは、今後のさらなる活用範囲の拡大や派生技術を生むことが期待できる。

4.4 生産性向上に向けた全体最適化

建設分野における生産性向上の実現にあたっての、

全体最適化イメージを図-12 に示す。

各工程間でのデータの共有を基本とし、ICT を活用した場合の詳細工程はもとより、入札・契約制度の見直しの検討も要する。

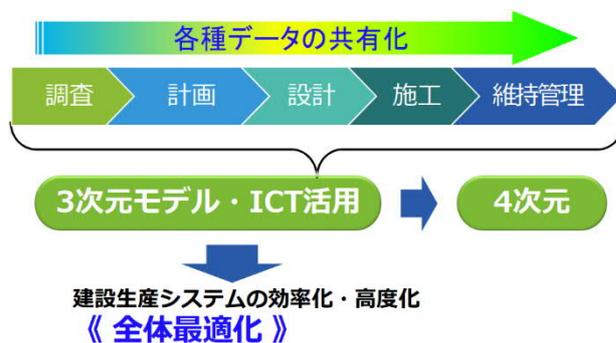


図-12 全体最適化イメージ

全体最適化にあたって、全体工程の中で設計と施工を主体とした結果と考察を以下に述べる。

① 設計工程

従来の 2D 設計では、関係図面間の不整合、構造物の干渉問題など施工段階において、はじめて判明する不具合を少なからず内在している。

これに対し、3D 設計モデルでは、構造物の配置計画、付帯施設等の不整合に関する問題の事前の把握が容易になり、ヒューマンエラーの低減につながるなどの新たなメリットを見込むことができる。

一方、3D 完成形可視化モデルの作成は、従来の 2D 設計に比べ作業工程が複雑になるため、リードタイムが伸びてしまうなどの課題がある。ただし、ここで指摘するリードタイムの伸びは、調査 ⇒ 設計 ⇒ 施工までの一連の生産工程を俯瞰的に捉えた場合、時間的に微少であり、十分カバーできる範囲にある。したがって、全体最適化（図-12）の実現には支障がないといえる。

このことから、3D 完成形可視化モデルの本格的な適用にあたっては、従来の各生産工程でのリードタイムの見直しが必要となる。

② 施工工程

仮設計画・工法の妥当性、施工手順のチェック等の施工サイドからの検討による手戻りの防止、設計段階や施工段階における維持管理を見据えた、仕様変更等への効果も考えられる。

また、3D 設計モデルを施工段階に適用した場合、

土工などにおいて MC, MG といった高度情報化施工につながることから品質の確保や生産性の向上に寄与できる。

さらに、3D に時間軸を付加することによって、4D での工事進捗状況等の把握が視覚的に確認できることになる。4D 施工ステップ設計図や 3D 仮設構造物設計図を作成することによって、施工時における手戻りの回避につながると考えられる。

以上の 4.1 から 4.4 までの 4 項目に基づいて総合的に評価した結果、最終的なアウトプットである 3D 完成形可視化モデルは、建設生産工程における調査・設計のみならず維持管理まで包含した全体最適化につながることを考えられる。したがって、建設分野の総合的な品質向上効果が発揮できるなど、ドローンの適用性は非常に高いことが明らかになった。

5. 今後の課題

ドローン 3D 空間計測に基づいた 3D 完成形可視化モデルが建設生産システム全工程にわたって、導入・普及した場合、設計の最適化・効率化、生産現場の効率化、維持管理の適正化などによって、社会インフラの総合品質の向上につながる事が明らかであるが、一方ではさまざまな課題もみえる。

5.1 調査・計測

調査・計測にあたっては、飛行計画の適否が撮影時間やその後の画像解析時間等に大きな影響を与える。したがって、現地においてドローンを安全かつ効率的に運航するためには、状況や必要とする情報に応じた適切な飛行計画を立案することが重要となる。

飛行計画の立案にあたっては、気象、航空法、倫理、事故対応など広範な知識をそなえたパイロットの確保・養成が必要であるが、現状では不足しているのが実情である。

また、現時点においてパイロットの公的資格制度が整備されておらず、急速な技術の発展や用途の拡大に法的対応が追いついていない状況にあり、早期の制度化が必要である。

5.2 3D 完成形可視化モデル

現状における 3D 可視化モデル作成においては、設計者自身の 2D 設計からの思考の切り替えが最大の課題といえる。発注者と設計者の双方が 3D 設計のメリットについて理解を深め、理論やオペレーティング技術の習得に努めていくことが求められる。

本稿事例の多自然川づくり計画においては、自然環境の改変を最小化するために、基本的に定規断面を設定しない。このため、堤防・護岸等の計画構造物と不規則に変化する自然地盤とのすり付けなどにおいて、計画オペレーションの難易度が高いといえる。

今後、計画事例を積み重ねることによって、リードタイムの短縮につながる効率的な手法の考案が望まれる。

また、3D 設計モデルの詳細度⁴⁾を高めることによって、設計図書の作成や設計数量の自動算出を考慮した基準類の整備が求められる。

5.3 建設分野における ICT 活用

今後、ICT の活用を本格的に推進し、実効性を高めていくためには、ドローン、地上レーザースキャナー等の計測技術、3D-CAD 等の設計技術、ICT 建機などに対応できる技術者・技能者およびトータルで ICT を使いこなし、工事全体をマネジメントして生産システムを確立できる技術者の養成も求められている。

また、生産性向上に直結する全体最適化を推進するためには、ICT 活用工事に関係する発注機関、測量、コンサルタント、建設、建設機械、測量機器、ソフトウェアなどの関係者が共通の目的意識のもとでの連携・協働が不可欠である。

しかし、現状の事業発注形態では、各工程が分断されているため、枠を超えた改善・提案の機会がないのが実態である。今後は、発注者、設計者、施工者間の協議の機会が必要と考える。

5.4 情報化の一層の推進

計測から維持管理までの建設工程全般のデータを一元的かつ効率的に共有管理するプラットフォームとして Web GIS (地理情報システム) の活用が望ま

れる。これによって、必要な情報をどこからでもタイムリーに取得することが可能になる。

5.5 広報ツールとして

建設分野において、一般向けの広報活動はあまり行われていないのが現状であり、この分野に対する社会的理解度の低さにつながっていると考えられる。

3D 完成形可視化モデルは、事業関係者のみならず、一般向けの広報ツールとしての活用も考慮すべきである。

5.6 技術領域の拡大

建設分野への ICT 導入を本格的に推進し、新たな建設生産システムを構築するためには、従来の土木工学に包含された要素技術では、カバーしきれないことが明確になってきている。例をあげると、次のような技術分野からの、要素技術の取り込みが必要と考える。

- ① 情報通信
- ② 画像解析
- ③ 可視化技術（MR：複合現実，VR：仮想現実，AR：拡張現実）
- ④ 人工知能，ロボット
- ⑤ ①～④の連係マネジメント

6. おわりに

災害時の対応やインフラ整備に対する社会の要求が多様化するなか、建設分野の使命として ICT を主体とした新技術を積極的に取り込むことで、社会の要求に応じていくことが産業全体の発展につながるものと考えられる。

本稿で示したドローンを活用した 3D 完成形可視化技法が、社会の要求を満たすベストプラクティスに位置付けられることを期待してやまない。

謝辞

本研究を実施するにあたり、関係者の皆様から、貴重なご意見・感想などのご協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

あわせて研究補助員である佐々木氏においては、計測から 3D モデル作成および貴重な意見をいただ

いたことに感謝申し上げます。

参考文献等

- 1) 国土交通省国土地理院：UAV を用いた公共測量マニュアル（案）平成 28 年 3 月
- 2) 国土交通省国土地理院：3D 点群を使用した断面図作成マニュアル（案）平成 28 年 3 月
- 3) 国土交通省国土地理院：公共測量における UAV の使用に関する安全基準（案）平成 28 年 3 月
- 4) 国土交通省 CIM 導入推進委員会：CIM 導入ガイドライン（案）平成 29 年 3 月
- 5) 佐々木高志，岩崎正二，山村浩一，鈴木浩行，藤原聖子：平成 27 年度土木学会東北支部「橋梁計画における 3D データを用いた景観シミュレーションの有効性について」平成 27 年 5 月
- 6) 岩手県：安家川改良復旧事業計画資料
- 7) 佐々木高志，村上功，藤原聖子，太田啓介，千葉一博，原田昌大：平成 27 年度土木学会東北支部「複雑地形現場における UAV-3D 土工計測の適用性について」

Applicability to measurement and design at the time of disaster by using drone

Isao MURAKAMI

To promote the planning and design of the river disaster restoration project in order to realize the visualization of the completed form and facilitate communication between all stakeholders a 3D present condition model which is a visualization technique based on a new design expression and consider the applicability of drone in cooperation / integration of 3D design model