

発注業務のオートメーション化の検証

橋本 康平¹・濱口 貴仁²

¹滋賀県土木交通部 用地事業支援課（元 公益財団法人滋賀県建設技術 センター）

²滋賀県土木交通部流域政策局 河川・港湾室 河川環境係（元 公益財団法人滋賀県建設技術 センター）

生産年齢人口が減少していく中、社会資本の整備・維持管理を支える建設現場の大きな構造転換が期待されており、国土交通省はi-Construction 2.0を推進し、生産性の向上を目指している。一方で土木技術系公務員においても慢性的に人員が不足している中で、新たな構造転換を図らなければ、生産性の低いまま取り残されることが危惧される。そのため、その改善策として「発注業務のオートメーション化」を提案し、「積算のDX」と「図面・数量作成のDX」の効果検証を行う。

キーワード DX, 生産性向上, 積算の効率化, 3Dモデル, 点群測量, 差分解析

1. はじめに

国土交通省はi-Construction 2.0を制定し、2040年度までに建設現場の省人化を進め、生産性を1.5倍向上することを目指している。そのため、i-Construction 2.0では、遠隔建設機械を活用し、一人のオペレータが複数の建設機械の動作を管理する「施工のオートメーション化」を推進する他、BIM/CIMの推進など建設生産プロセス全体をデジタル化していく「データ連携のオートメーション化」、現場管理のリモート化やプレキャスト製品の活用によるオフサイト化（現地工程の削減）を進める「施工管理のオートメーション化」を推進し、建設現場の大きな構造転換を進めることとしている。

一方で、土木技術系公務員においても人員不足が大きな問題となっており、旧態依然の働き方を続ければ、土木技術系公務員の業務は生産性の低いまま取り残され、公共事業の推進および公共施設の適正な維持管理に支障をきたす恐れがある。したがって、土木行政においても、i-Construction 2.0と同様にデジタル化による省力化を目指し、DXによるオートメーション化を進めていく必要があると考える。そのため、本稿では「発注業務のオートメーション化」として「積算のDX」と「図面・数量作成のDX」について検討を行い、土木技術系公務員の生産性向上を提案する。

2. 積算のDX

(1) 積算DXの 導入検討

滋賀県および（公財）滋賀県建設技術センター（以下、建設技術センター）で使用している積算システムは、全ての帳票データをCSV形式でデータ保存することができ、各歩掛および単価の条件を抽出できる（図1参照）。そのため、各種CSVデータからどのような積算情報が得られるか確認し、積算情報をCSVデータから抽出して定型様式の積算資料を自動作成できるソフト開発の導入について検討した。

小型構造物 パックリ (クレーン機能付) 打設 m3				第211号単価表	
0.08	41,950	3,356		CB240010	
J01 構造物種別	小型構造物	無	無	02編04章001項	
J02 打設工法	パックリ (クレーン機能付) 打設	無	無	単位数量 1	
J03 コックリット規格	24-12-25 (20) (高炉)	無	無	管理費区分	
J05 養生工の種類	一般養生	無	無	単価適用 2024. 6	
J13 費用の内訳	全ての費用	無	無	歩掛適用 2024. 6	
				労務調整 1	
				超過・規制 00-00-00-02	
				一括割増率 0%	
				機械補正 0	
				材料補正 1.000	

図-1 積算システムから抽出できるCSVデータの一例

積算業務で作成している主な積算資料は歩掛条件根拠資料、工程計算書、仮設材質料比較資料、産廃処分比較資料の4種類であり、検討の結果、この内、歩掛条件根拠資料、工程計算書は積算システムから抽出するCSVデータを利用して自動作成が可能であることが分かった。

(2) 積算資料の自動作成

a) 歩掛条件根拠資料の自動作成

歩掛条件根拠資料作成ソフトは、CSV データから土木工事標準積算基準書の条件を抽出し、出力フォーマット

に従って条件をエクセルに出力する仕様とした。これらに積算担当者がコメントを加えることにより、歩掛条件の根拠を細やかに整理することが可能となる他、設計書を見なくても全ての積算条件とその根拠を積算資料で確認することが可能となり、積算資料作成を省力化するとともに、効率よく設計条件が確認可能となり、違算防止を図ることができる。

・コンクリート →数量計算書より0.59m3/9.530×10m=0.619m3/10m
(CB240010) 数量: 0.619m3 規格: 小型構造物 ベッタリ
入力条件 構造物種別: 小型構造物 →コンクリート断面積が1m2以下であるため
打設工法: バックホウ(クレーン機能付) 打設 →h>1.0m
コンクリート規格: 18-8-25(高炉)
養生工の種類: 一般養生
費用の内訳: 全ての費用

□: CSVデータによる自動入力
—: 設計者のコメント

図-2 自動作成される歩掛条件の一例

また、協会歩掛をはじめとする積上げの歩掛は、従来はエクセル表で積上げ結果を取りまとめていたが、出力フォーマットに従い、CSVデータから名称や単位、数量などをエクセル表に出力する仕様とした。そのため、積上げ歩掛の積算資料も作成の省力化が可能となった。

名称	規格	単位	数量	備考
クアハヤ-運転		日	1.786	
ラフレンラン-運転		日	1.786	
搬送工費	Ⅲ型	箇所	40	
土木一般世話役		人	1.786	
特殊作業員		人	1.786	
とび工		人	3.571	
溶接工		人	3.571	
諸雑費(率)	8.4%	式	1	

図-3 自動生成される歩掛単価表の一例

b) 工程表の自動作成

工程計算書は、CSVデータと国土技術政策総合研究所が公開している日作業量データベースを照合することで、従来から滋賀県で使用している工種別の工程計算書の作成が可能なものとした。

また、国土技術政策総合研究所が公開しているデータベースだけでなく、滋賀県独自作業歩掛の日作業量データベースもととりこめる仕様にし、データベースの拡張性にも考慮した。

日作業量データベースと照合

種別	細別	規格	数量	日当たりの作業量	実日数	不換日数	備考
作業土工	床張り	土質土砂	430.0 m3	220.0 m3/日	2.9	3.2	1-14-①-15 土砂運搬(1) 100.0m3以上4.0m未満
	床張り(粗砂)	土質粗砂	350.0 m3	70.0 m3/日	5.2	5.8	1-14-①-16 土砂運搬(2) 100.0m3以上4.0m未満
	床張り(細砂)	土質細砂	350.0 m3	270.0 m3/日	1.3	1.5	1-14-①-6 土砂運搬(3) 100.0m3以上4.0m未満
	運搬	土質土砂 W<1m	5.0 m3	33.0 m3/日	0.2	0.3	1-14-①-17 土砂運搬(4) 100.0m3以上4.0m未満
	埋戻し	土質土砂 1.5W<4m	30.0 m3	53.0 m3/日	0.6	0.7	1-14-①-17 土砂運搬(4) 100.0m3以上4.0m未満
	埋戻し	土質土砂 4m<W	390.0 m3	89.0 m3/日	4.4	4.9	1-14-①-17 土砂運搬(4) 100.0m3以上4.0m未満
	路床造上	路土造上2.5m未満	5.0 m3	43.0 m3/日	0.2	0.3	1-14-①-14 土砂運搬(4) 100.0m3以上4.0m未満
	路床造上	路土造上2.5m以上4.0m未満	40.0 m3	78.0 m3/日	0.6	0.7	1-14-①-14 土砂運搬(4) 100.0m3以上4.0m未満
	路床造上	路土造上4.0m以上	130.0 m3	260.0 m3/日	0.5	0.6	1-14-①-14 土砂運搬(4) 100.0m3以上4.0m未満
	基礎掘削	路土掘削4.0m以上	50.0 m2	50.0 m2/日	1.0	1.1	1-14-①-17 土砂運搬(4) 100.0m3以上4.0m未満
				16.5 日	19.1 日		
				橋台工A1 作業土工=16.9+19.1=36 日			

(1) 単位工程表

種別	名称	規格	数量	日当たりの作業量	実日数	不換日数	備考
床張り(粗砂) 土質粗砂	粗砂	100.00 m3	91.0 m3/日	1.10	1-14-①-7 粗砂運搬(1) 1,000.0m3以上5,000.0m3未満		
	粗砂(ルーベ)	100.00 m3	310.0 m3/日	0.32	1-14-①-14 土砂運搬(4) 100.0m3以上4.0m未満		
	100.0m3当たり			1.42 日			
	日当たり施工量			70.4 m3/日			

図-4 自動生成される工程計算書の一例

なお、工程の順序はユーザーフォーム(図-5)上で順序の変更が簡単に行えることから、指定した順番で工程

計算書の結果をもとに自動で工程表を作成でき、工程計算書および工程表の作成を大きく省力化することが可能である。

図-4の算出結果

種別	細別	施工日数	非表示	エラー	順序入れ替え
18 共通仮設費	準備費	0.9 日			
19 法面護岸工A1	構造物取壊し工	4.1 日			
16 仮設土工	水質工	1.3 日			
橋台工A1	作業土工	36 日			
6 法面護岸工A1	橋台躯体工(構造物単位)	83.4 日			
2 橋台工A1	作業土工	98.8 日			
6 法面護岸工A1	作業土工	12.2 日			
6 法面護岸工A1	コンクリートブロック工(コンクリートブロック)	18 日			
9 法面護岸工A1	護岸付属物工	9.4 日			
7 法面護岸工A1	法面整形工	3.4 日			
14 法面護岸工A2	構造物取壊し工	8.4 日			
15 仮設土工	土留・仮設切工	21 日			
3 橋台工A2	水質工	1.3 日			
11 法面護岸工A2	作業土工	22.5 日			
4 橋台工A2	橋台躯体工(構造物単位)	5.9 日			
12 法面護岸工A2	橋台躯体工(構造物単位)	81.2 日			
13 法面護岸工A2	作業土工	1.5 日			
	コンクリートブロック工(コンクリートブロック)	23.2 日			

矢印ボタンで工程順序を変更

図-5 工程順序を指定するユーザーフォームの一例

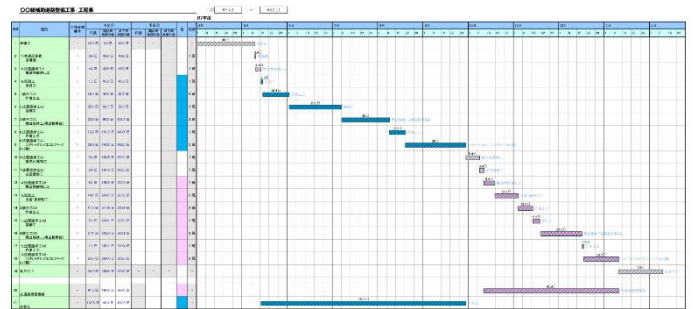


図-6 自動生成される工程表の一例

c) 産廃処分比較表(伐採木)の自動生成

従来から産廃処分比較は As 殻, Co 殻については、(一財)建設物価調査会が運営する建設物価 MaP サービスを使用して経済比較表を自動作成しているが、伐採木処分費については、運搬費(円/m3)と処分費(円/t)の単位が異なるため、正しい経済比較表を作成できなかった。上述の検討より、産廃処分比較表については CSV データを活用することができなかったが、建設物価 MaP サービスから処分単価と運搬費を抽出し、自動で運搬費の単位を(円/t)に変換し、処分費(円/t)と併せて経済比較できるソフトを作成した。そのため、伐採木処分費の経済比較表の自動作成も可能となった。

(3) 積算ソフトの有効活用

開発したソフトは、自動作成された積算資料を設計者が自由に修正・加工できるようにどのソフトもエクセルで処理できる仕様としている。また、作成したソフトは建設技術センターが管理している滋賀県と滋賀県内市町の土木技術系職員が利用できるL2WAN上のクラウド「ドボクラ」でR7年2月からオープン化しており、県内での利用促進を図っている。

今後は、全県で利用してもらう中で改善を検討していくとともに、ドボクラでは、過去の積算業務成果物やタイムラプスカメラ動画による工種解説動画など積算の理解促進を促すためのツールも公開しているため、これらの積算効率ツールの利用促進により、滋賀県全体の積算

業務の生産性の向上につなげていきたい。

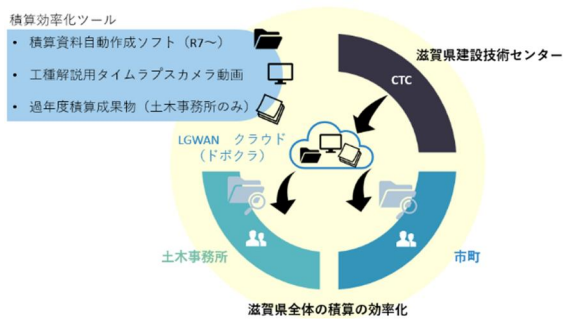


図-7 ドボクラの活用イメージ

(3) 積算ソフトの効果と今後の目標

建設技術センターでは年間約50件の積算委託業務を受注しており、現状の生産性は約25日/件・人である。自動化した積算資料を活用するだけでも最短で3.5日/件は省力化できると試算しており（根拠資料作成2日、工程表作成1日、産廃比較表0.5日）、生産性は21.5日/件・人に向上し、約1.15倍の生産性向上が期待できる。



図-8 省力化の試算

更に見積結果の自動入力といった積算システムの機能改造によるシステム入力の自動化を進め、1.5日の省力化を推進し、20日/件・人つまり中長期的に1.25倍の生産性向上を目指す計画である。

また、建設業界では建設ディレクターがデジタルツールを使用してバックオフィス業務を切り出して担当する分業化が進んでおり、一部の他都道府県の建設技術センターにおいてもデジタル化の推進と併せて土木の専門知識を有さない専門外の職員が積算を行う分業化が推進されている。そのため、積算システムにおける設計書の積算体系づくりを専門外の職員が行うような分業化の推進を行い、長期的には1.5倍の生産性向上を目指したいと考えている。（試算では受託実績の少ない舗装・河川工事を除く150百万以上の工事が全てが受託可能となる。）

3. 図面・数量作成のDX

(1) 図面・数量作成 DX の導入検討

BIM/CIMが推進されていく中で、3Dモデルによる図面・数量・積算設計書の自動化が進んでいくことが予想される。一方で地方自治体においては、維持管理関連の発注業務において、直営および現場技術業務での図面・数量の作成が多く、委託業務ではなく職員自らBIM/CIM

を推進していくことが求められることから、「発注業務」のオートメーション化を進めるために、維持管理業務における3Dモデルを活用した「図面・数量作成のオートメーション化」を検討していくこととした。

そのため、職員自ら点群測量および3Dモデル作成を行い、維持管理業務の発注に必要な図面・数量を自動作成するモデルケースとして、浚渫工事を題材に検証した。河川断面のみの3Dモデルであれば比較的構造が簡易であること、河川上の点群測量は障害物が少ない他、道路利用等への影響が少なく、容易であることがモデルケース選択の理由である。

発注に必要な横断面・縦断面は点群地形と河川の3Dモデルから自動作成させることとした。なお、発注に使用する平面図は既存の航測図等を使用することを想定しており、横断面・縦断面・数量のみを自動作成の対象としている。また、発注に必要な数量計算は点群と河川の3Dモデルを差分解析することにより自動作成することとした。

精度の検証にあたっては、発注済みの浚渫工事について、工事着手前に点群測量を行い、地形点群データと河川3Dモデルから横断面・数量を自動作成し、現地測量に基づいて作成した工事発注図面・数量と比較することで精度を確認した。なお、縦断面は再現が容易であるため検証対象外としている。

(2) 点群測量の実施

今回検証対象としたのは、滋賀県甲賀土木事務所管内の淀川水系1級河川大戸川である。施工延長約1.2km、当初設計で河川土工V=10,000m³の浚渫工事であり、R6年度春に完了している。検証箇所の3次元点群データを取得するため、建設技術センター職員2名で浚渫工事前にUAVレーザ測量を行い、現況地形の点群データを取得した。図9に現地の概要を示す。

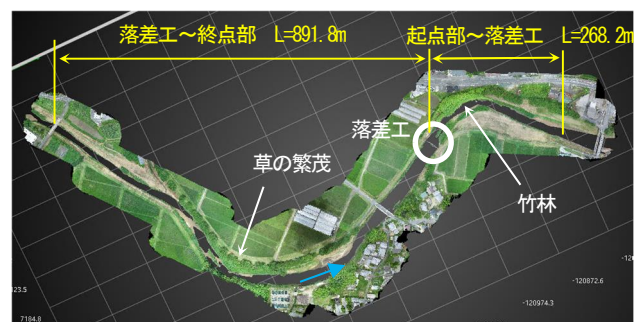


図-9 現地の概要

測量を実施するにあたっては、維持管理業務用の測量であることから、地図情報レベルは1000とし、UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）¹⁾に掲載されている標準値を参考に測量諸元を定め、飛行ルートを作成し、測量を行った。

表-1 測量諸元

諸元	設定条件	マニュアル標準値
飛行高度	50m	30m以上150m未満
飛行速度	5.9m/s	4~7m/s以上
サイドドロップ率	35%	30%以上
点群密度	429点/m ²	100点/m ² 以上

(3) 3Dモデルを使用した図面・数量の自動作成

以下の手順で3Dモデルより図面・数量を自動作成した。なお、今回使用したソフトはTREND-POINT（福井コンピュータ株式会社）【点群処理・点群解析】、EX-TREND武蔵（福井コンピュータ株式会社）【河川3Dモデル作成】、SurveyView（中日本航空株式会社）【線形・縦横断面図作成】である。

手順1：地形点群データの作成

TREND-POINTを使用して点群のノイズ処理・フィルタリング（樹木削除）を行う。フィルタリング後の点群から三角網モデルを作成した後、三角網に均一に点群を配置したグリッドデータを形成し、地形の点群データを作成する。

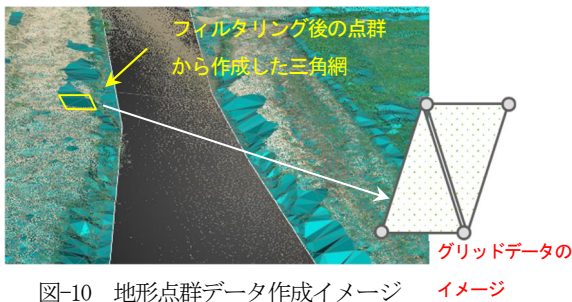


図-10 地形点群データ作成イメージ

手順2：中心線形の決定（河川整備計画がない場合）

SurveyViewを使用して、点群データの平面上でIP点や線形変化点を指定した上で、曲線半径を指定することにより、中心線を決定し、線形計算を行う。（平面図上でIP点をクリックで指定し、曲線半径を入力することで現況河川の中心線を決める。）

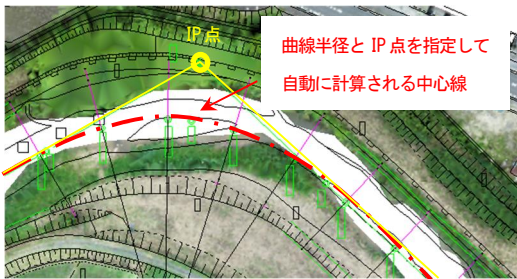


図-11 中心線作成イメージ

手順3：縦断諸元の確認（河川整備計画がない場合）

TREND-POINTを使用して、点群から起終点および落差工等の変化点の高さを確認し、縦断諸元をまとめる。

手順4：定規断面の設定（河川整備計画がない場合）

SurveyViewで点群から現況横断面を作成し、断面変化点ごとに定規断面の寸法を設定する。

手順5：河川3Dモデルの作成

中心線形、定規断面、縦断変化点をEX-TREND武蔵に登録し、河川の3Dモデルを自動作成し、地形点群データと合成する。

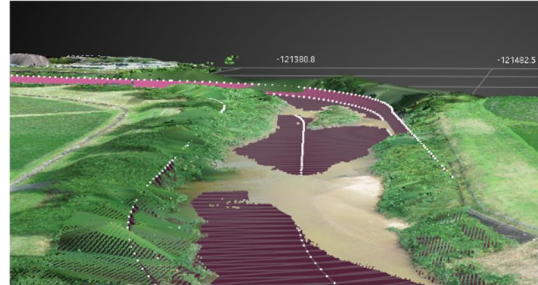


図-12 浚渫前の点群と3Dモデルの合成

手順6：数量の自動作成

TREND-POINTで地形点群データと河川3Dモデルの差分解析を行い、数量計算書を自動作成させる。

数量算出は数量算出要領のBIM/CIMモデルによる数量算出方法に従った差分解析方法により、メッシュ間隔50cmの4点平均法で行う。

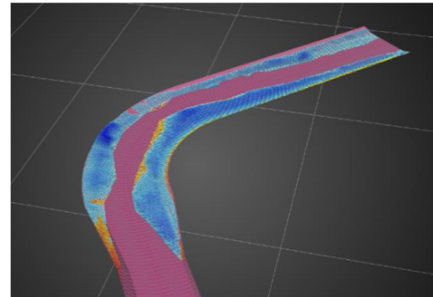


図-13 差分解析結果（落差工より上流部）

手順7：図面の自動作成

SurveyViewに地形点群データと3Dモデルのグリッドデータを登録し、縦横断面図を自動作成させる。

(4) 3Dモデルの精度検証

河川の3Dモデルと現況地形点群データから算出した数量計算の精度を検証するため、現地横断測量結果に基づいて作成した横断面図から平均断面法で算出した数量計算と河川の3Dモデルと現況地形点群データに基づいて作成した横断面図から平均断面法で算出した数量計算を比較した。なお、3Dモデルを活用する場合、差分解析を適用するが、算出方法による誤差を排除するため、どちらも平均断面法で比較した。落差工より上下流で区間分けをし、区間ごとの土量についての比較結果を表-2に示す。

表-2 平均断面法による比較結果

区間	①点群測量	②横断測量	①-②誤差
下流側	5,789m ³	5,478m ³	311m ³
上流側	10,508m ³	4,954m ³	5,554m ³

それぞれの区間について、延長当りの誤差 (m³/m) と誤差が点群測量から算出した土量に占める割合 (%) の比較を表-3に示す。

落差工より下流は誤差が5%であるのに対して、落差工より上流は誤差が53%となっており、上流側は再現性が低いことが明確である。以下に落差工の上流側と下流側に分けて、再現性に関する考察を述べる。

表-3 誤差の比較結果

区間	誤差/延長	誤差/当初土量	延長
下流側	1.2m ³ /m	5%	268.2m
上流側	6.2m ³ /m	53%	891.8m

a) 落差工より下流の考察

断面変化点の擦り付け区間では、3Dモデルと2次元設計で断面に差異がでていること、左岸竹藪区間と右岸土砂堆積部で地形に差異がでていることが、土量の差の原因と考えられる。しかしながら概ね2次元設計の計画断面と地形を3次元で復元することができている。

3Dモデルと2次元設計の擦り付け区間での断面の違いは、3Dモデルの登録断面を増やすことで近づけることができると考えられ、3Dモデルづくりにおける留意点について、今後検証を進めていく必要がある。右岸の土砂堆積区間の差異は、現地横断測量が古く土砂堆積量が増えていることが原因と考えられる。竹藪区間においては、点群測量は河床と堤防法肩を結んだような地形となっており、現地横断測量の地形と差異が出ている。

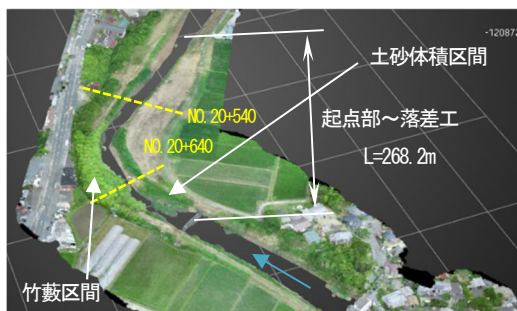


図-14 下流区間位置図

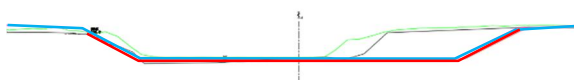


図-15 N020+540横断面図

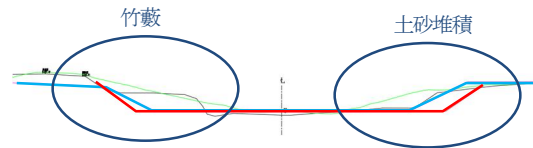


図-16 N020+640横断面図 (断面すりつけ区間)

凡例

赤色：当初設計 水色：3Dモデル
黒色：現地横断測量 緑色：点群測量

これは、竹が密集して繁茂しており、地面まで到達できた点群が少なく、精度よくグラウンドラインをとらえることができていないことが理由と考えられる。測量点群をもとに三角網を形成し、三角網内に均一に点群を再配置するが、図-17において左岸の竹藪区間はほとんど測量点群がなく、そのため三角網が大きく、精度の低いモデル形成となっていることがわかる。

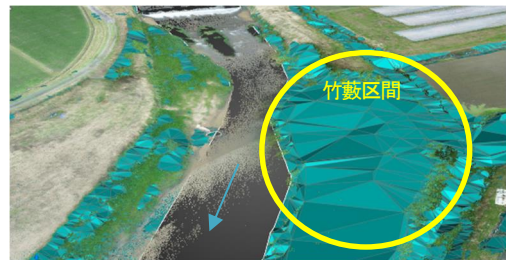


図-17 竹藪区間の三角網作成状況

b) 落差工より上流の考察

図-19より、草が繁茂している箇所は、点群測量の地形図が現地測量横断面図を外側にスライドさせたような地形図となっており、草の繁茂によりグラウンドラインが正しくとらえていないことがモデルの再現性が低い要因と考えられる。一方で堤防沿いに繁茂する樹木程度であれば精度よくフィルタリングしてグラウンドラインが測量できている。

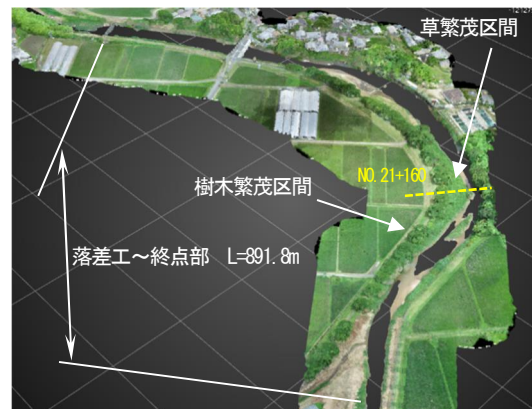


図-18 上流区間位置図

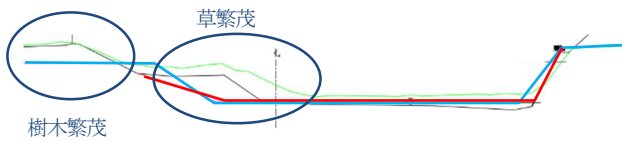


図-19 N021+160横断面図

草繁茂区間については、十分な点群を有しており、一見グラウンドラインを精度良く再現できているように思われるが、実際は草の表面で点群照射が止まっており、このことが大きな精度低下を招いていると考えられる。

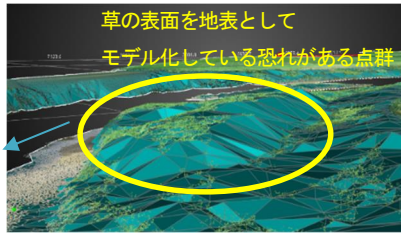


図-20 草繁茂区間の三角網の作成状況

c) 精度向上の検討

草の影響を低減させて精度を向上させる工夫を検証するため、淀川水系 1 級河川大浦川で追加検証した。草が枯れた時期を選んで測量を実施し、レーザの照査方向を変えて 2 回飛行させることにより、点群密度を増加させることにより、精度向上を図った。

自動フィルタリングで草を自動削除した結果、削除した点群の厚みが 1.38m であるのに対して、現地の繁茂高さが 1.4m で近い数値であったことから、河床まで点群が届いており、草を精度良くフィルタリングできている可能性がある。

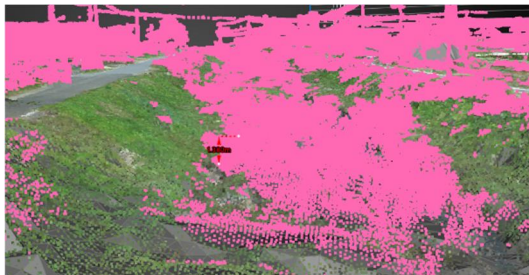


図-21 点群測量のフィルタリング結果

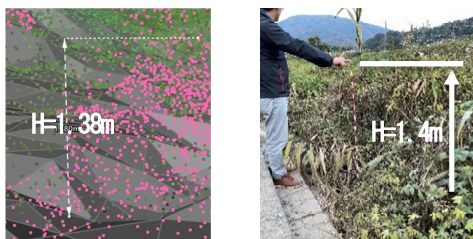


図-22 フィルタリング範囲と繁茂高さの比較

当該工事は全県で実施しているレーザ航空測量の点群測量をもとに平均断面法で当初設計数量を算出している。

そのため、UAV レーザ測量と 3D モデルを利用した手法とは異なる手法で当初設計の図面・数量を作成しており、今後は工事の出来形数量を含めた 3 つの手法を比較し、精度向上の効果検証を進めていく。

(5) 点群データ・3Dモデル活用の効果と今後の展望

点群測量が比較的容易なロケーションにおいては、導入しても問題ない精度を確保できており、小規模な工事から導入を検討できると考える。従来手法では、測量と図面・数量作成で数週間～数カ月単位の作業を要するのに対して、デジタル化により測量に 2 時間程度、3D モデル作成・差分解析に 2 日程度の作業で済むことから、導入により大きな生産性の向上が期待できる。また、維持管理用の簡易な 3D モデルを作成することにより、繰り返し活用することで、更なる生産性の向上が予想されることから、新しい維持管理手法の一つとして、導入の拡大を目指したい。

一方で今回の検証で草の繁茂による精度低下は無視できないほど大きいことが判明した。UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）では、要求仕様及び作業仕様を計画機関及び作業機関が測量の目的等を踏まえて設定すると記載されており、今回の検証から、約 1000 点/m²程度の点群密度が必要と考えているが、引き続き差分解析の精度確保に必要な点群密度を検証していく必要がある。また、今回の取り組みの中で 3D モデル作成と差分解析の具体的な手順についてマニュアル化したため、差分解析や 3D モデルを作成できる職員の増加に向けた人材教育も強化していきたい。

4. まとめ

本稿では、図面・数量計算書といった仕様書の作成から積算までの発注業務に必要な直営作業について、デジタル技術を活用したオートメーション化を導入するための具体的な手法を提案し、生産性の向上が確認できた。土木技術系公務員の実務視点から、作業のオートメーション化を検討し、一定の成果を確認できたことは、今後の新しい土木技術系公務員の働き方を提案するための重要な成果となると考えている。しかしながら、業務が年々多様化していることから、一事例に固執することなく、課題に直面した職員自らがデジタル技術をカスタマイズして業務に活用していくことが重要となる。したがって、本研究の取り組みを足がかりとして、土木技術系公務員の生産性向上への様々な取り組みが活性化し、公共事業の推進および公共施設の適正な維持管理につながることを期待したい。

（本稿は、筆者が公益財団法人滋賀県建設技術センター在籍時に検討した結果を基に執筆している。）

参考文献 1) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）：国土交通省国土地理院