

ほ場整備工事の設計における 3次元設計の試行及び従来手法との比較検証 —農業農村整備におけるデジタル技術の活用に向けて—

旭川開発建設部 旭川農業事務所 第3工事課

○代田 裕梨
三上 雄也
伊藤 誠

人口減少下における農業農村整備の確実な推進のためには、様々な場面での生産性向上が必要であり、近年発展が著しいデジタル技術の活用はその手段として有効である。本報では、「大雪東川第二地区」のほ場整備工事の設計において3次元設計を実施し、従来手法と比較した設計作業効率化や可視化によるメリットの整理、作業に必要な情報や課題等の検討を行うとともに、当該分野における各種基準類の指針となるための提案を行うものである。

キーワード：3次元設計、ほ場整備、ICT、生産性向上

1. はじめに

我が国における人口減少下で持続可能な社会を構築するためには、様々な産業分野における労働力不足への対応が重要な課題となる。農業農村整備の現場を支える建設業界においても、建設業就業者の高齢化や労働力不足の急速な進行が課題であり、生産性向上の取り組みが急務となっている。

このような状況の中、建設業界では、近年発展が著しいデジタル技術を活用した生産性向上の取組みとして、ICTを活用した情報化施工や3次元データの活用が進んでおり、農業農村整備事業分野においても、その効用が期待されている。

情報化施工とは、農業農村整備事業の工事の施工段階において施工業者がICTを活用し、「3次元起工測量」、「3次元設計データ作成」、「ICT建設機械による施工」、「3次元出来形管理等の施工管理」、「3次元データの納品・検査」を行うものである(図-1)。これら情報化施工技術の活用により、必要人員の減員や延べ作業時間の短縮が可能となるほか、機械制御による工事品質の向上、現場での錯綜回避による作業安全性の向上、可視化による合意形成の円滑化といった様々なメリットが生じている。

一方で、情報化施工技術は施工段階に特化したものであり、この技術のみでは生産性向上効果は限定的である。現状では、情報化施工の実施に際して、従来の2次元の図面を元に3次元設計データを作成する必要があるため、当該作業は設計段階ではなく、施工段階において実施している。設計時の作業効率化並びに施工時においてより一

層の負担軽減及び施工の効率化を図るためには、設計段階からの3次元設計データ作成を実施していく必要がある。

本報では、国営緊急農地再編整備事業「大雪東川第二地区」(以下、「大雪東川第二地区」という。)のほ場整備工事の設計において3次元設計を試行し、従来手法と比較した作業効率化や可視化によるメリットの整理、作業に必要な情報や課題等の検討を行うとともに、当該分野における各種基準類の指針となるための提案を行う。

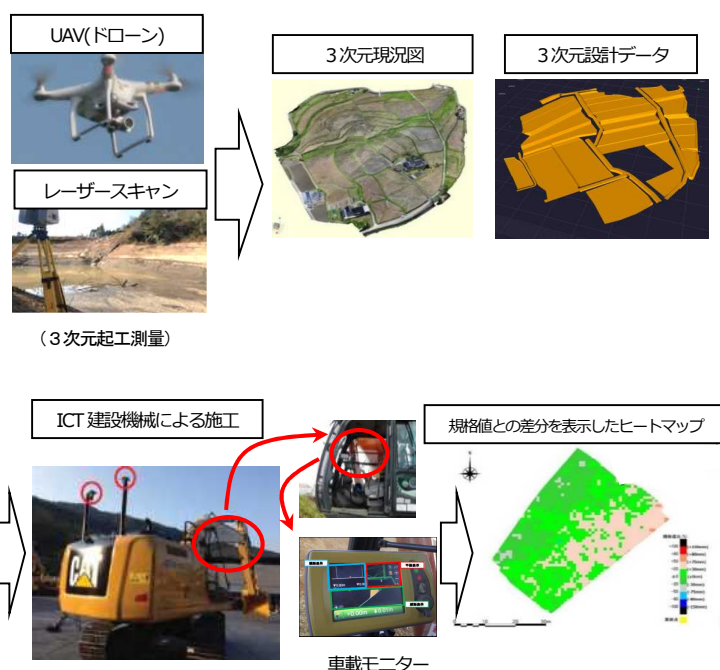


図-1 情報化施工の流れ¹⁾

2. 調査対象地区の概要

「大雪東川第二地区」は、北海道中央部、大雪山国立公園の麓にある東川町に位置し、1級河川石狩川水系の忠別川と倉沼川に広がる水田地帯である（図-2）

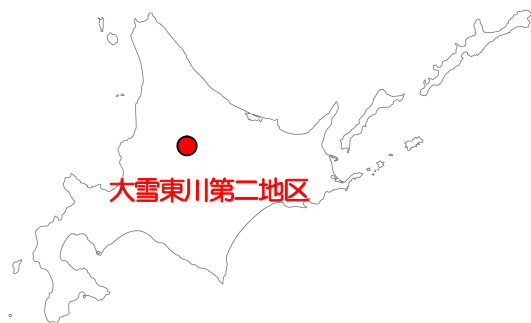


図-2 地区位置図

本地区の農地は、小区画、排水不良等のほ場条件に加え、離農跡地の継承による経営耕地の分散化が進んでいることから、農作業効率が悪く、農業生産性の向上を図る上で支障を来している。このことから、生産性の高い基盤の形成と土地利用の整序化を通じ、農業経営の合理化と効率的な土地利用を図り、農業の振興を基幹とした地域の活性化に資するため、ほ場整備事業を実施している。本調査は、「大雪東川第二地区」における78農区で実施した（図-3）。従来の実施設計と3次元設計との作業をより際立たせる為、山間部沿いで農道やほ場の線形が歪である箇所を含んでいることや、比較的、土の切り盛りが多いと想定されるエリアとして、本農区を選定した。



図-3 対象農区位置図

3. UAV空中写真測量

本調査では、3次元設計を試行するための測量として、UAV（無人航空機：Unmanned Aerial Vehicle）による

空中写真測量（以下、「UAV空中写真測量」という。）により現況地形測量を実施した。また、従来手法との比較を行うために、同調査エリアにおいて従来手法である横断測量を実施した。

UAV空中写真測量は、無人航空機であるドローンを飛行させ、所定のラップ率で撮影した写真を用いて測量計算を行い、地形の座標を算出し地形の3次元モデル化を行う手法である。本手法における測量手順及び使用した機材は下記のとおりである（表-1、写真-1）。

表-1 測量手順

作業項目	工種別の定義
1 現地踏査	地形図をもとに、現地の状況把握、範囲の確認等を行う。
2 運航計画作成（フライトプラン作成）	地形図をもとに、運航ルートを決定制。撮影高度、撮影間隔、写真ラップ率等を考慮し、ルート計画を作成する。
3 標定点の設置・観測（外業）	標定点・検証点を、ほ場の形状、撮影コースの設定、地表面の状態等を考慮して設置する。なお、標定点の設置にあたっては、GNSSの位置情報を用いて座標点を設定し、設置した。
4 撮影	設定したルートに従ってドローンを自動飛行させ写真を撮影。
5 解析準備	使用したカメラのカメラ標定を行い、レンズの歪みの補正値を計測。撮影した既知点と基準点座標値の関連付け。
6 モデリング	画像解析ソフトで解析を行い、三次元モデルや点群などを作成。
7 画像解析	画像解析を行い、DEMや三次元データ、オルソ画像、点群データなどを出力可能にする。これらのデータをGISソフトやCADソフトなどに取り込み活用可能にする。
8 オルソ画像の作成	オルソ画像による現地地形図、計画図を重ね合わせる。
9 3次元点群データファイルの作成	点群データファイルを作成する。



写真-1 空中写真測量に用いたドローン
(DJI Phantom 4 Pro V2.0)

4. 3次元設計の試行

UAV空中写真測量の成果を用いて、下記の手順で3次元設計を試行した(表-2)。また、従来手法との比較を行うために、同調査エリアにおいて従来手法である2次元設計も実施した。

表-2 3次元設計の試行手順

作業項目	工種別の定義
1 地形サーフェスモデル作成	UAV空中写真測量成果(3次元点群データ)から、地形サーフェスモデルを作成する。
2 3次元設計データ作成	3次元CADで区画形状・畦畔・用排水路・農道等の3次元設計データ(スケルトンモデル、サーフェスモデル)を作成する。
3 設計内容確認	地形サーフェスモデルと3次元設計データを重ね合わせ、現況地形と設計形状との整合性、構造物間の取り合い、周辺家屋等との干渉の有無等を確認する。
4 3次元ソフトウェアを用いた土量計算等	3次元ソフトウェアの数量算出機能を用いて、ほ場の造成・整地に係る土量計算及び運土計画の策定を行う。
5 地元説明用3次元モデルの作成	3次元設計データ等を基に、3Dアニメーション等の地元説明用3次元モデルを作成し、地元説明用資料を整理する。
6 工事契約図書用の3DAモデルの作成	従来の工事契約に用いる2次元図面のうち、3次元データによる代替が可能と考えられる項目を抽出し、うち1つ以上について、「3次元モデル表記標準(案)」(国土交通省)等を参照の上、3DAモデルを作成する。

5. 従来の実施設計業務の設計手法との比較

(1) 測量作業の効率化

UAV空中写真測量データから2次元横断面図作成までの行程について、従来手法との比較を行った(図-4)。

従来手法の全体作業(内業・外業の合計)では、35日間要したのに対し、UAV空中写真測量では19日間と約4割の省力化が図られた。外業・内業別にみると、外業の作業時間は従来手法では22日間であったのに対し、UAV空中写真測量では2日間と大幅に削減された。一方で、内業の作業時間については、従来手法が13日間であったのに対し、UAV空中写真測量では17日間とより作業時間を要する結果となった。これは、作業者がUAV空中写真測量データから横断面図を作成する経験が少なく、マニュアル等を参照しながら作業を進めたため、内業時間が増えたものと考えられる。今後、作業の熟練度が増

していくことで内業時間は短縮していくものと考えられる。

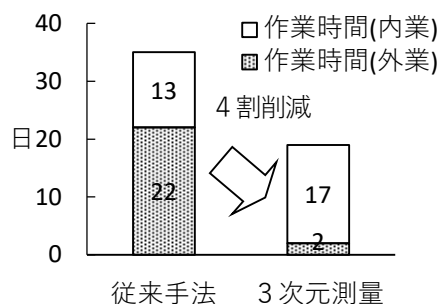


図-4 測量作業時間の比較

(2) 設計作業の効率化

a) 設計及び図面照査

3次元設計では農道や畦畔の位置を地区界に隣接する形で設定する際に、点群地形データを活用することで、設定した勾配で自動的に農道や畦畔の法面が作成され、境界との適切な配置を視覚的に検討することができるため作業進捗が向上した。

また、従来手法では横断面測量箇所のみ(約50m毎に1か所)で地区界や支障物等と限定的に干渉チェックをしていたが、3次元設計では路線の全線において干渉チェックができるため、農道線形等の決定を迅速に行うことができた。

作成した図面の照査にあたっては、従来手法の場合、当該エリアの平面図、横断面図、詳細図等の各図面及び測量データを全て揃えた上で1枚ごとに精査確認する必要があったが、3次元設計の場合は、3次元設計データ内において各測量データがリンクされていることから、1つのモデル図で平面、横断面の精査確認が可能となり、各種照査の作業効率化が図られた。

b) 地元説明会までの工程短縮について

「大雪東川第二地区」では、設計業務の実施にあたり年間を通して2回の地元説明会を開催している。1回目では、受益者に対し地区標準図を基とした大筋のほ場の区分けや、農道・畦畔の位置、宅地周りの施設の確認を行うとともに、要望を聞き取ることとしている。2回目では、1回目で聞き取った内容を反映させるほか、施設の詳細図面等を用いて、当該エリアの最終的な形状の確認を行い、設計を確定することとしている。上記で述べたように、従来手法と比べて設計作業の効率化が図られたため、同地区の他の実施設計業務よりも先行して地元説明会を開催することができた。受益者からも要望事項について具体的な形状を早期に確認することができた点について高く評価された。

c) 土量計算等における効果について

ほ場整備の設計において、ほ場の計画高を決定するための土量計算は労力のかかる作業の一つである。特に傾斜地における土量計算は幾度のトライアルが必要となり

多大な時間を要している。本調査のエリアは平坦地であったため、3次元設計と従来手法とでは同程度の作業時間だったが、土量計算に時間を要するような地形条件においては、3次元設計を用いた土量計算では運土計画の計算が従来手法に比べ容易となり、1回のトライアルにかかる作業時間を軽減することができるほか、トライアル回数も減らすことが出来るため、大幅な作業効率化が望めると考えられる。

(3) 合意形成の効率化

3次元設計データを基に作成したアニメーション等（以下、「3次元モデル」という。）を用いて、地元説明会において受益者に説明を行った（写真-2、図-5）。



写真-2 地元説明会の様子

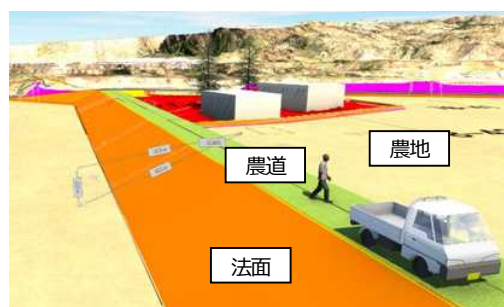


図-5 地元説明会で使用した3次元モデル

受益者に対して、3次元モデルを用いた説明についての聞き取りを行った結果、3次元モデルを用いた説明については、「以前の平面図だけの説明では十分理解しきれなかったところがあったが、3次元モデルであれば土木の知識がなくとも現地のイメージがしやすかった。」「高低差や距離がすぐに分かり、とても便利だと思った。」といった声が挙がった。また、3次元モデルを使用した説明の実施希望については、全ての参加者が「今後も継続することを希望」と答えた。

従来の2次元図面を用いた説明では、受益者が十分に区画の形状等を理解しきれなかった箇所についても、3次元モデルを用いることで、宅地との高低差等が可視化されることで双方でイメージを共有しながら説明会を進めることが可能となり、効率的な合意形成に繋がった。

6. 今後の課題と対応案

本調査で3次元設計を試行した結果、従来手法と比較し、測量作業時間の短縮や地元説明会までの工程短縮等の測量・設計双方における効率化が図られる等、一定の評価を得る事例となった。一方で、設計段階からの3次元設計の実施の普及に向けては、下記の課題に対応する必要があると考える。

(1) 3次元設計に精通した技術者の不足

現状、3次元設計においては各ソフトウェアに精通した技術者が普及しておらず、データを扱える業者は限られており、早期の技術者の育成が課題であると考えられる。

国土交通省では、「BIM/CIM教育要領（案）」が策定されており、BIM/CIMに関する知識や技術を有する人材の育成及び人材の活用を図るため、必要となる知識体系、学習目標等が示されている。ここで、農林水産省版の教育要領（案）を策定することを提案する。国土交通省の教育要領（案）を基に農林水産省独自の工種等に特化した教育要領（案）を普及することで、効率的に各組織がBIM/CIMの活用に必要な教育訓練項目を理解するとともに、知識や技能を習得していくことが可能となると考えられる。また、「BIM/CIM教育要領（案）」では、期待する学習目標を「入門」、「初級」、「中級」と「上級」毎に設定されている（図-6）。農林水産省版の教育要領（案）についても、同様に学習目標を設定し、それぞれの段階毎に研修テキスト及び学習プログラムを整備し公表することで、効率的にBIM/CIMに関する知識や技術が習得でき、3次元設計の作業時間軽減にも繋がると考えられる。

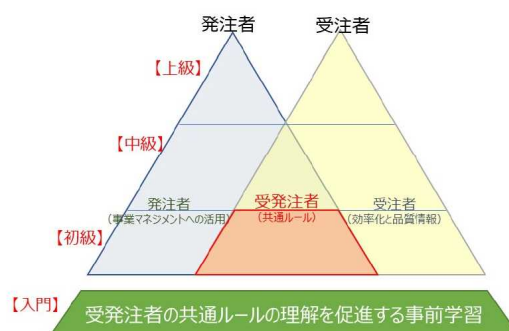


図-6 学習目標（イメージ）²⁾

(2) 3次元設計に対応した基準類の作成

a) 農林水産省独自に作成すべき基準類

本調査における3次元設計の試行に際しては、国土交通省等の既存基準類を参照し作業を実施した（表-3）。概ね、既存基準類を準用する形で作業を進めることができたが、ほ場整備の3次元設計に関しては、既存基準類

では情報が点在し、参照とすべき内容の把握が困難であるほか、ほ場整備特有の工種や構造物（水田落口や給水栓等）の設定に関する記載が不足していることから、農林水産省独自の基準策定が課題であると考えられる。

表-3 本調査で参照した既存基準・要領等

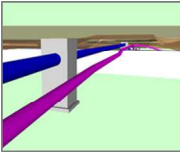
調査・設計	
設計	BIM/CIM活用業務の標準ワークフロー
	BIM/CIM活用ガイドライン（案） 共通編
	CIM導入ガイドライン（案） 共通編、土工編
	3DAモデル作成
	3次元モデル表記標準（案） 3次元モデル表記標準（案）に基づく 3DAモデル作成の手引き（案）
数量計算	工事数量算出
	土木工事数量算出要領（案） → BIM/CIM モデルによる数量算出方法
照 査	設計照査
	BIM/CIM活用ガイドライン（案） →BIM/CIMモデル照査時チェックシート
成果品	設計業務の電子納品
	BIM/CIMモデル等電子納品要領（案）及び同解説
ソフトウェア 関係	LandXML 1.2に準じた3次元設計データ 交換標準（案）（略称：J-LandXML）
	LandXML 1.2に準じた3次元設計データ 交換標準の運用ガイドライン（案）

国土交通省ではBIM/CIM活用ガイドライン（案）の各分野編（河川編、道路編等）を用いて各分野の設計をしている。農林水産省版BIM/CIM活用ガイドラインの共通編・ほ場整備編が策定されるところで円滑なほ場整備設計の業務遂行ができると考えられる。なお、ほ場整備工は多工種であることから、ICTほ場整備工（表土扱い、基盤整地、田面整地）のほかICT舗装工（砂利舗装工）、ICT作業土工（用排水土工モデル）、ICT構造物工（水田落口工、給水栓工）についても基準を整理する必要がある。これらは、ほ場整備編に含めることが適切と考えられる。

b)ほ場整備における3次元モデル詳細度（案）

3次元モデルの作成に際しては、受・発注者間で成果品の完成イメージに齟齬が生じないよう、その作りこみレベルを示すモデル詳細度（案）を定義する必要がある。国土交通省「CIM導入ガイドライン」³⁾ 及び過年度に整理されたモデル詳細度（案）⁵⁾を参照しつつ、ほ場整備におけるモデル詳細度（案）（表-4）を作成した。今回、詳細度を定義するにあたりモデル化する対象物を詳細度ごとに具体的に記載した。例えば、地元説明会用の3次元モデルは、一般の土工部の影響範囲が確認できる程度のモデルと定義し詳細度300に設定した。また、進入路等のスロープ部といった形状の変化部における盛土・切土のモデル化についても詳細度300と定義した。

表-4 3次元モデル詳細度（案）

詳細度	共通定義	工種別の定義	
		ほ場整備のモデル化の定義	サンプル
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。	対象位置や範囲を表現するモデル 【ほ場整備】 ・概略の中心線および区画線で、ほ場整備工を法線形で示す。また、道路幅員は含まない。	
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル。 標準横断で切土・盛土を表現、又は各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスワイプさせて作成する程度の表現。	対象による概略の影響範囲が確認できる程度のモデル 【ほ場整備】 ・主要な施設を標準的な形状でモデル化 ・農道・畦畔は標準断面でモデル化 ・地形情報に応じて盛土・切土もモデル化	
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形形状を正確に表現したモデル。	一般部の土工部の影響範囲が確認できる程度のモデル 【ほ場整備】 ・詳細度200に加えてスロープ部といった変化部を含む土工断面を設定し、地形情報に応じた盛土・切土をモデル化する。 ・取付道路と進入路のモデル化 ・用排水路（埋設管路工）のモデル化	
400	詳細度300に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造及び配筋も含めて、正確にモデル化する。	詳細度300に加えて小構造物も含む全てをモデル化 【ほ場整備】 ・交差構造物による影響を考慮した用排水路（埋設管路工）を正確にモデル化 ・用排水路の付帯施設（柵、給水栓、落口など）や管渠の形状、配置を正確にモデル化 ・砂利舗装工を正確にモデル化 ・埋設管路土工を正確にモデル化	
500	対象の現実の形状を表現したモデル。	設計・施工段階で活用したモデルに完成形状を反映したモデル	—

7. おわりに

本調査において、ほ場整備工事の設計における3次元設計の試行及び従来手法との比較検証を実施した結果、3次元設計の有用性が定量的、具体的に示されたほか、作業を通しての各課題についても浮き彫りとなった。

農業農村整備事業におけるデジタル技術の活用を推進するためには、ほ場整備の3次元設計だけにとどまらず、農業農村整備独自の工種等について設計段階、施工段階、維持管理段階と一連のプロセス全体での効率化・高度化を図っていく必要があるほか、農業農村整備特有の効果として、ほ場整備の施工完了時に得られる出来形管理データを用いることで、スマート農業への活用も期待でき

る。本調査が今後策定すべき基準類の検討に資することを期待したい。

参考文献

- 1) 農林水産省：農業農村整備における情報化施工及び3次元データの活用 令和3年9月
- 2) 国土交通省：BIM/CIM教育要領（案） 令和3年6月
- 3) 国土交通省：CIM導入ガイドライン（案） 令和2年3月
- 4) 農林水産省農村振興局：農業農村整備における情報化施工および3次元設計
- 5) 北海道開発局 札幌開発建設部 札幌南農業事務所：三次元設計データの施工への活用に向けて-農地再編整備事業における情報化施工への活用- 平成30年度