

先端技術導入実証事業における 3 次元測量・設計について — 国営緊急農地再編整備事業「旭東地区」 —

村上 正宜

1. はじめに

農業農村整備事業に携わる建設業界において、高齢化等による人手不足が急速に進行しており、さらに働き方改革による労働環境改善が推進される中で、生産性向上が不可欠である。また、食料自給率の課題解決や農業競争力強化、国土強靱化に資する農業農村整備を人口減少社会において着実に実施していくためには、農業農村整備に係る一連のプロセス全体の合理化が必要である。こうした課題の解消に向けて、農業農村整備においても近年発展著しい ICT の全面的な活用が推進されている。

農業農村整備のプロセス全体（調査設計、施工、維持管理、営農等）を通じて 3 次元データを引き継ぎ活用することは、生産性向上やスマート農業の導入促進にも寄与すると期待される。しかし、現時点では設計段階で 3 次元成果を作成してもソフト間の互換性の課題や必要とする 3 次元データの範囲、内容の違いなどにより、施工段階では直接使用できない例が多い。このため、設計段階での 3 次元データの活用は設計時の地元説明会用の 3 次元モデルまでにとどまっていることが多い。

本稿では、弊社が令和 6 年度に受注した「旭東地区 58 農区西工区区画整理設計等業務」（以下、「当該業務」という）において、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、「農研機構」という）が開発している「3 次元モデル自動生成ソフトウェア“FarmBlue”」（以下、「“FarmBlue”」という）の令和 6 年 12 月時点版（図－1）を用いて、2 次元設計図面を基に、簡易 3 次元モデルの作成を試行した結果について報告する。

2. 業務概要

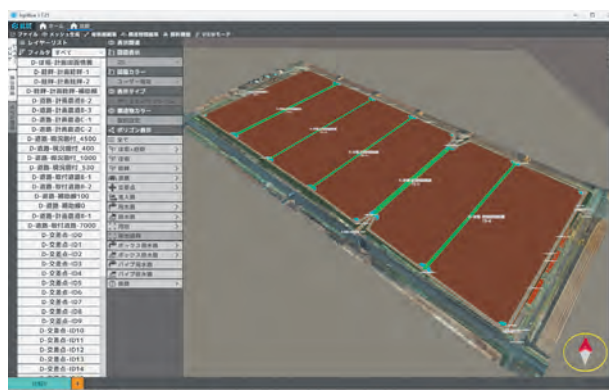
(1) 旭東地区の概要

国営緊急農地再編整備事業「旭東地区」の受益地（図－2）は、旭川市街地の南部に位置し、旭川市と東神楽町にまたがる水稻を中心に小麦や野菜を生産する農業地帯である。受益面積は 1,963ha で、地形は傾斜地と平坦地が混在しており、小区画は場の割

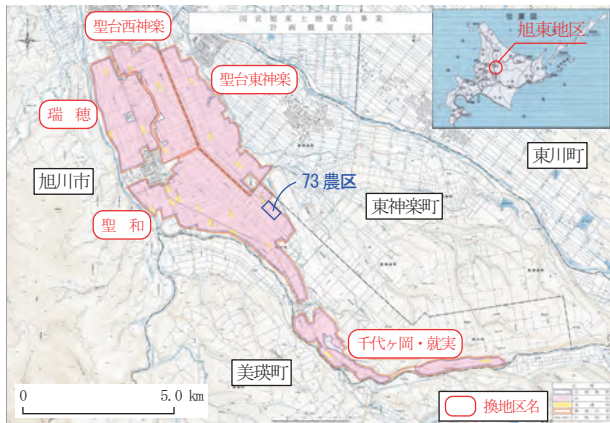
合が高いことや、排水不良が効率的な農作業の妨げとなっている。また、高齢化や後継者不足により、経営耕地の分散化や耕作放棄地の増加が課題となっている。

このため、本事業では、区画整理を行い、耕作放棄地を含めた農地の土地利用を計画的に再編するとともに、担い手への農地の利用集積を進めることにより、緊急的に生産性と収益性の向上及び耕作放棄地の解消・発生防止による優良農地の確保を図り、農業の振興と地域の活性化に資することを目的としている。

また、本地区は、国営（緊急）農地再編整備事業の実施地区を対象とした先端技術導入実証事業¹⁾のうち、ICT 導入実証事業の対象となった。この実証事業は、ICT 等を活用した先端技術を適用し、設計・施工方法の有効性や維持管理手法等について評価を行うとともに、整備手法の確立・体系化を行うことを目的とする事業である。これにより、本地区では、令和 6 年度から令和 9 年度にかけて、情報化施工や 3 次元データ等の ICT を活用した基盤整備における効率的な実施や営農・維持管理の省力化・高度化を図る取り組みを進めるものである。



図－1 “FarmBlue” の操作画面



図－２ 「旭東地区」計画区域図

(国営旭東土地改良事業計画書²⁾ 計画概要図を再編)

(2) 当該業務における３次元測量・設計の概要

本地区の ICT 導入実証事業実施の目的の一つに、「３次元設計データ作成と ICT 施工の標準化」がある。その中の取り組みに、次の２点が含まれている。①設計から施工への３次元データの引継ぎにおける課題の抽出、②施工の省力化に向けた課題の抽出である。

当該業務では、上記の①の第１段階として設計段階の３次元設計データの作成を行い、②の第１段階として施工の着手時に使用される地元説明用３次元モデルの作成を行った。

実施内容は、73 農区ほ場を対象にして、図－３に示す３次元測量による現況点群データの取得、及び２次元設計データを基にした３次元設計データの作成である。なお、73 農区は令和 7 年度施工予定であり、２次元設計データには過年度の設計成果を用いた。

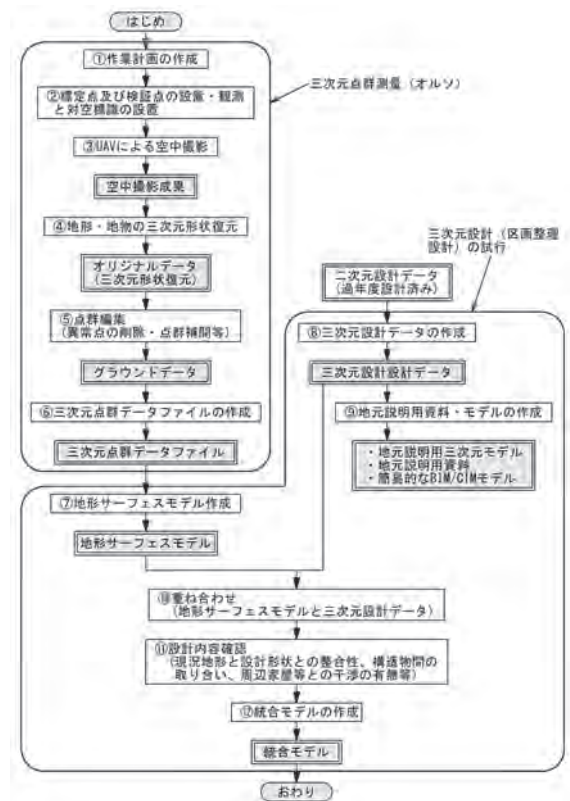
図－３に示す作業のうち、①～⑥は UAV を用いた３次元点群測量であり、⑦～⑫は３次元設計（区画整理設計）の試行である。これらの作業において特記すべき内容のあったものについて、３．と４．で説明する。また、①～⑫を通じての評価や留意点などを５．で述べる。

３．３次元測量（UAV 写真点群測量）

(1) 作業時期

３次元測量による現況点群データの取得は、UAV 写真点群測量により実施した。

撮影は、地盤面を正確に捉えるため、降雪前の植生が枯死して倒伏した時期（令和 6 年 11 月上旬）に行った。



図－３ 当該業務における３次元測量・設計の作業フロー

(2) 使用機材

３次元測量で用いた主な機器及びソフトウェアは表－１に示すとおりである。写真－１は、空中撮影で用いた UAV（DJI Phantom4 RTK）である。

表－１ 使用機器及びソフトウェア

作業内容	使用機器・ソフトウェア
標定点および検証点の設置・観測	GNSS RTK ローバー：LEICA GS18T ソフトウェア：LEICA Geo Office 8.4 ソフトウェア：LEICA ELLIPSE_Neo
空中撮影	UAV：DJI Phantom4 RTK
三次元形状復元	ソフトウェア：Pix4Dmapper
点群編集	ソフトウェア：TREND-POINT
測量計算	ソフトウェア：Wingneo INFINITY



写真－１ DJI Phantom4 RTK

(3) 作業計画

UAV 写真点群測量による測量作業を実施する際は、他の測量作業と同じように、「UAV 使用に関する作業計画書」を作成し、発注者の承認を得る必要がある。作業計画書には、業務の概要及び目的、対象範囲、測量作業の方法、使用する機器、人員、工程などを記載し、さらに使用する UAV 及びデジタルカメラの種類、対空標識、観測方法、位置精度に対して準拠すべき地上画素寸法なども記載した。なお、国土交通省公共測量作業規程³⁾に準じて作業計画を作成した。

位置精度は、取得した点群データを ICT 施工に引継ぐ場合のことを想定し、出来形管理に利用可能な 0.05m 以内とした。

撮影する数値写真の地上画素寸法は、作成するオリジナルデータの位置精度 0.05m 以内に対応させて、0.01m 以内とした（表－2）。

表－2 位置精度と地上画素寸法

位置精度	地上画素寸法
0.05m 以内	0.01m 以内
0.10m 以内	0.02m 以内
0.20m 以内	0.03m 以内

UAV を飛行させる対地高度（地表面からの高度）は、表－3 に示すデジタルカメラの仕様により次式を用いて算出する。算出結果は 36.5m であるため、対地高度を 35m とした。

$$\text{対地高度} = [\text{地上画素寸法 (m)}] \div [\text{使用するデジタルカメラの 1 画素のサイズ (mm)}] \times [\text{焦点距離 (mm)}]$$

（公共測量作業規程 第 421 条 3 より）

表－3 DJI Phantom4 RTK カメラ仕様

センサーサイズ	13.2mm × 8.8mm
ピクセルサイズ	2.41 μm
ピクセル数 (3:2)	5472 × 3648
焦点距離	8.8mm

写真重複度は、同一コース内の隣接数値写真では 90% 以上、隣接コースの数値写真では 70% 以上として撮影する計画とした。

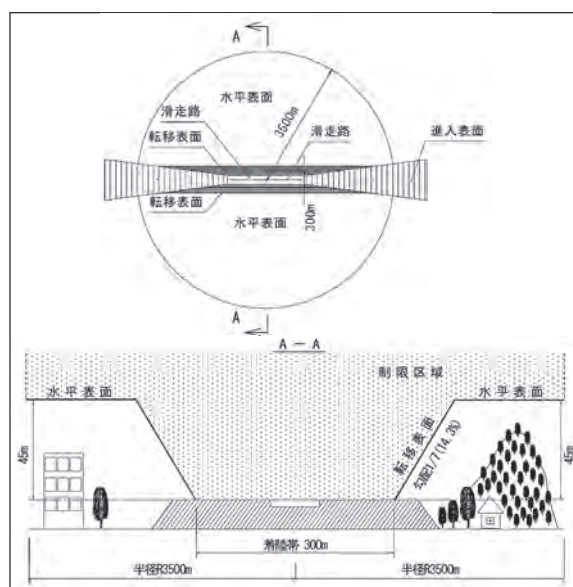
また、対象区域は旭川空港に近接しており、図－4 に示すように、制限表面区域⁴⁾（水平表面：航空法第 2 条第 9 項、転移表面：航空法第 2 条第 10 項）に位置している。制限表面区域とは、空港周辺等で航

空機の安全な離着陸を確保するための立体的な制限空域であり、無人航空機（ドローン）の飛行が制限される区域は、図－5 に示す水平表面及び転移表面よりも上空の範囲である。

このため、事前に関係機関に飛行確認を行い、対象区域での一部飛行が転移表面高に抵触するため、旭川空港運用時間外（21 時～8 時）での飛行とすることが求められ、6 時～8 時に行うことで許可を得た。



図－4 旭川空港の制限表面区域と 73 農区の位置



図－5 旭川空港の制限表面区域概要図⁴⁾

(4) UAVによる空中撮影

UAVによる空中撮影に先立ち、標定点及び検証点をほ場の形状や撮影コースの設定、地表面の状態等を考慮して設置した。標定点は、表－4に示す配点間隔に従って設置した。また、検証点は、標定点からできるだけ離れた平坦地又は傾斜が一様な場所を選定し、区域内に均等なるように設置した。

実際の撮影は作業計画に従って、日の出（6時頃）～旭川空港運用開始前（8時前）の間で自動運行により実施した。撮影後には、現地にて精度管理表を作成し、再撮影の必要がないことを確認した。

表－4 標定点の配置間隔

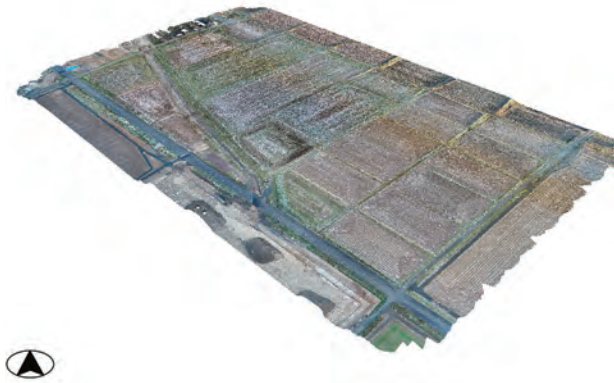
位置精度	隣接する外側標定点間の距離	任意の内側標定点とその点を囲む各標定点との距離
0.05m 以内	100m 以内	200m 以内
0.10m 以内	100m 以内	400m 以内
0.20m 以内	200m 以内	600m 以内



写真－2 ドローン飛行状況（写真奥が旭川空港）

(5) データの処理

点群データ（オリジナルデータ）及びオルソ画像の作成は、画像ファイル、標定点・検証点位置情報などにより三次元形状復元ソフト（Pix4Dmapper）を用いて行った。また、このソフトにより生成されたオリジナルデータから、点群編集ソフト（TREND-POINT）により、地形以外の現況地物やノイズなどを除去し、グラウンドデータを作成した（図－6）。



図－6 グラウンドデータ

4. 3次元設計

(1) 3次元モデル作成の詳細度

3次元設計は、国営土地改良事業等におけるBIM/CIM活用ガイドライン^{5) 6)}に基づいて実施した。当該業務における3次元モデルの作成の目的は、工事着手前の地元説明に活用できる3次元モデルを設計段階で作成し、施工着手までの期間短縮を図ることであるため、ほ場形状や畦畔、支線農道、進入路、取付道路などの擦り付け形状が確認できるよう、詳細度200～300程度を目安とした（表－5）。

表－5 BIM/CIMモデルの詳細度（案）⁶⁾

詳細度	共通定義	工種別の定義	サンプル
		ほ場整備工のモデル化	
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。	【ほ場整備工】 ・設計条件を定める概略設計レベルを想定 ・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。 標準断面で切土・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ライスさせて作成する程度の表現。	【ほ場整備工】 ・基本諸元を定める基本設計レベルを想定 ・ほ場の規模や高さ、法面の規模等が概ね確認できるモデル ・関係者間協議における説明資料として活用すること、土工量の概定に用いること等を目的とする。 ・幹線農道、用排水路（開水路のうち規模の大きいもの）、畦畔法面（規模の大きいもの）のモデル化 ・地区内の主要な水源施設（調整池、ファームpond等）の配置をモデル化	
300	附帯工等の細部構造、接続構造を除き、対象の外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 【ほ場整備工】 ・主要仕様を定める実施設計・発注図書レベルを想定 ・進入路等の変化部を含む土工断面を設定し、地形情報に応じて盛土・切土をモデル化 ・用排水路（開水路、埋設管路工）、畦畔、支線農道、耕作道、進入路のモデル化 ・用排水路の付帯施設（柵、給水栓、落水口等）の配置をモデル化 ・農道の舗装構造をモデル化	
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。	【ほ場整備工】 ・施工レベルを想定 ・交差構造物による影響を考慮し、用排水路（埋設管路工）を正確にモデル化 ・埋設管路土工を正確にモデル化 ・暗渠排水工の配置、形状を正確にモデル化 ・現場打ち構造物の配筋、プレキャスト製品の配置（スパン割）、管割を正確にモデル化 ・その他の付帯施設（擁壁、防護柵、電柱等）の形状、配置を正確にモデル化 ・地区内の水利施設（揚水機場、分水工等）の形状、配置を正確にモデル化	
500	対象の現実の形状を表現したモデル。	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	—

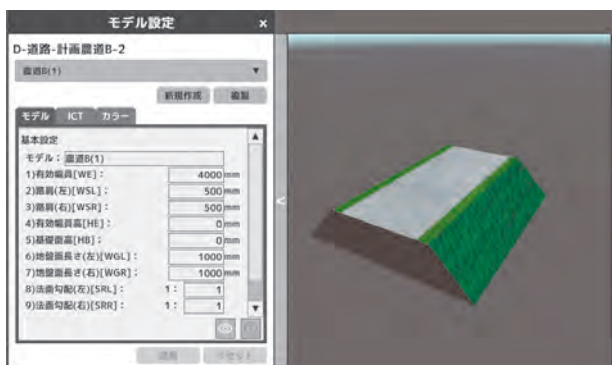
注）モデル化の対象は、ほ場整備実施地区内のものに限る。
※スライス・・・平面に描かれた図形をある基準線に沿って延長させて3次元化する技法のこと。

(2) 使用ソフト

前述のとおり 3 次元設計に用いたソフトは、農研機構が開発中の“FarmBlue”である。このソフトは開発中である現在も、プログラム利用契約により使用可能である。なお、農研機構では令和 8 年度中に、数量自動計算、情報化施工への機能対応などの実装を行い、製品化することを目指している。

本ソフトは、従来の汎用 2DCAD ソフトを用いて作図した、標高値（文字情報）を含む構造物の骨格線を工種や構造物毎にレイヤ分けしたうえで、定められたレイヤ名を入力した 2 次元図面データ（. dxf 形式）として読込ませることで、ほ場や用排水路、農道、畦畔等を自動的に 3 次元モデルに変換することができる。ほ場と道路などの構造物との間に存在する法面や地盤面は、構造物同士的位置関係の情報をもとに自動的に生成される。また、各種構造物はパラメトリックモデリング手法によって生成されている。パラメトリックモデリング手法とは、形状や構造をパラメタ（寸法、角度、材質など）によって定義・制御する設計手法である。そのため、各構造物の幅、高さ、法面勾配、隅切りなどの編集は、図－7 に示す形状パラメタを変更することで行える。

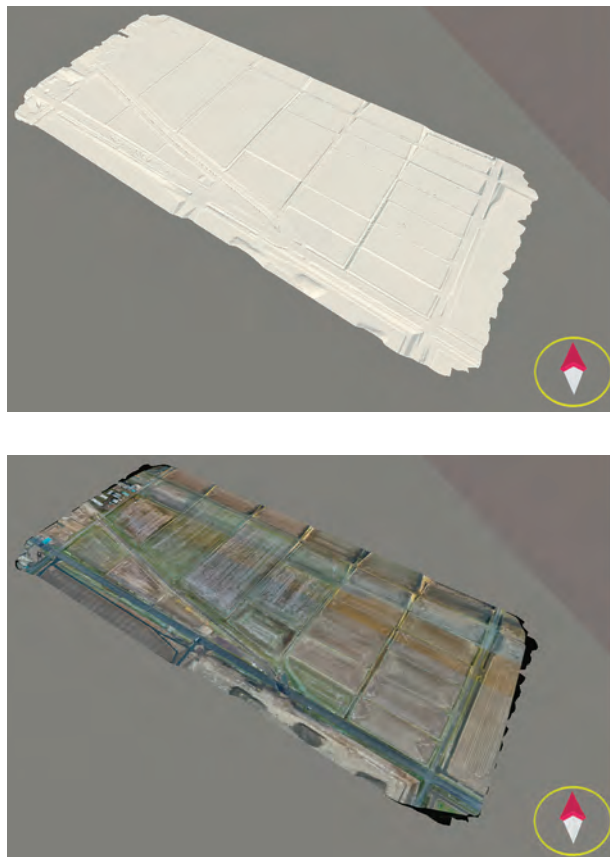
一方で、“FarmBlue”は開発中のソフトであるため、対象の 2 次元設計を 3 次元モデル化するとき、本地区で採用している円形進入路や幅広畦畔の傾斜部（農道との接続）は、機能上作成できなかった。このため、汎用 3DCAD ソフトウェア“V-nasClair”（川田テクノシステム）を用いて、円形進入路等のサーフェスを追加した。同様に、現況と計画のサーフェスの統合についても“V-nasClair”を用いた。



図－7 形状パラメタ編集画面（道路）

(3) 地形サーフェスモデル作成

3 次元測量により取得した点群データ（グラウンドデータ）に対して、点群処理ソフトによりフィルタ処理等の作業を行って、地形サーフェスモデルを作成した。図－8 に現況地形サーフェスモデルを示す。



図－8 現況地形サーフェスモデル

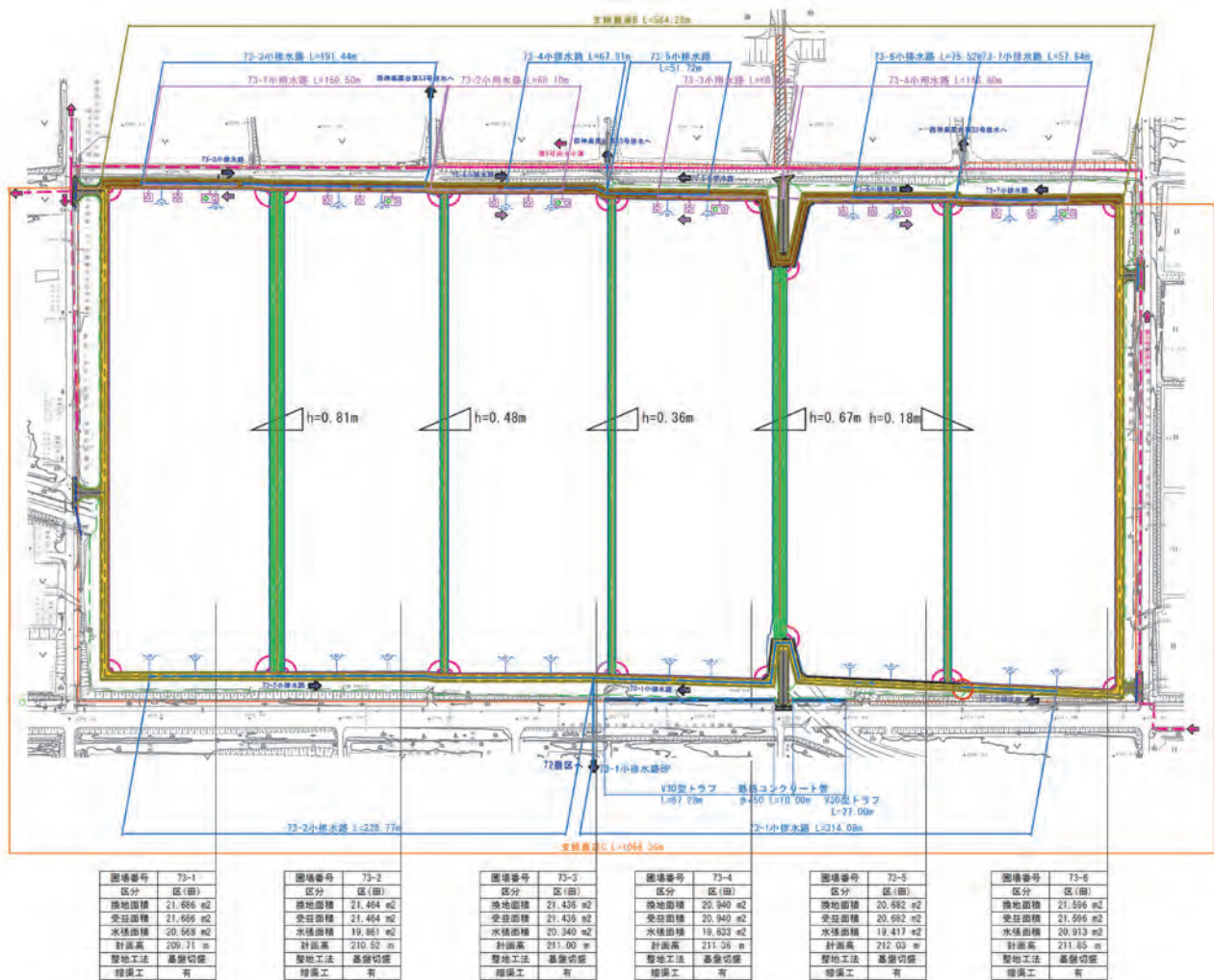
（上：オルソ画像合成なし、下：オルソ画像合成あり）

(4) 地元説明用 3 次元モデルの作成

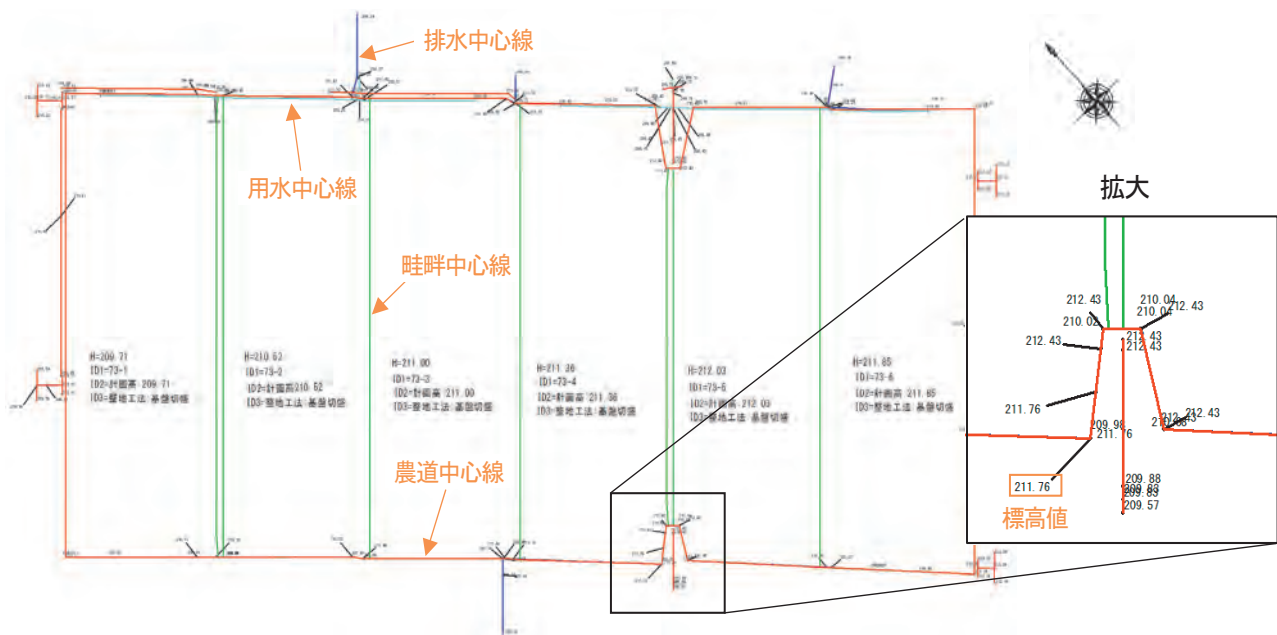
過年度設計済みの 2 次元設計データを基に、3 次元設計データを作成し、これを用いて地元説明用 3 次元モデルを整理した。作成した 3 次元モデルにより、現況地形と設計形状との整合性がとれているか、地区界との離隔 0.50m 以上が確保されているかなどを確認した。

また、地元説明用 3 次元モデルを基に、設計の完成形状で簡易的な BIM/CIM モデルを作成した。

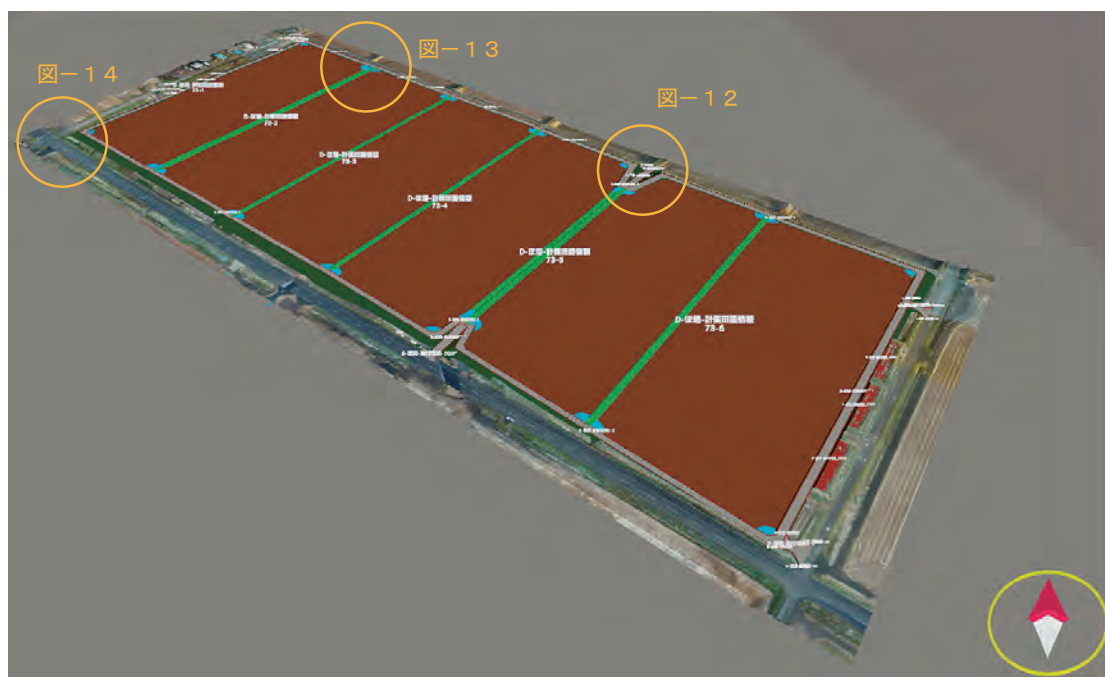
図－9 に 2 次元設計の計画平面図、図－10 に汎用 2DCAD ソフトで作成した“FarmBlue”への入力図面、図－11 に地元説明用 3 次元モデルを示す。また、図－11 に円で囲んだ位置の拡大図を図－12 ～ 14 に示す。



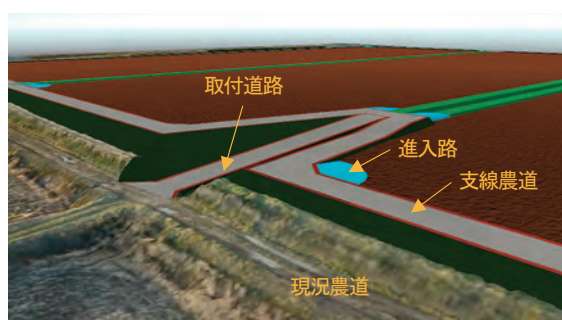
図－9 2次元設計の計画平面図



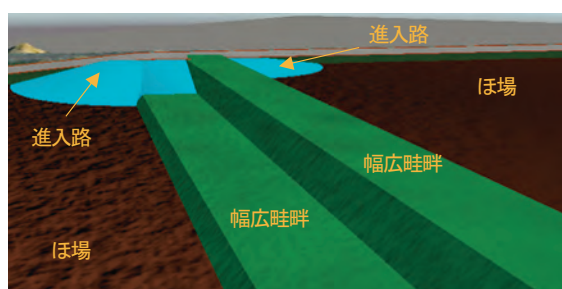
図－10 “FarmBlue” への入力した2次元図面（骨格線図面）



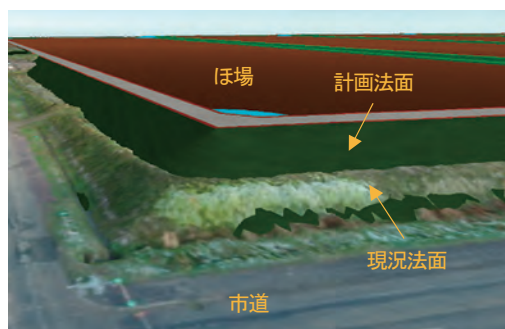
図－11 地元説明用3次元モデル



図－12 地元説明用3次元モデル拡大（取付道路）



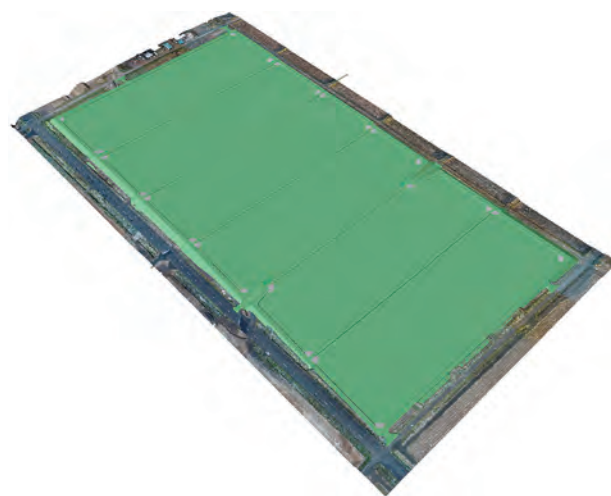
図－13 地元説明用3次元モデル拡大（ほ場間）



図－14 地元説明用3次元モデル拡大（外周法面）

(5) 統合モデルの作成

施工段階への引継ぎとして、地形サーフェスモデルと3次元設計データ（サーフェスモデル）を統合して、統合モデルを作成した（図－15）。



図－15 統合モデル（サーフェスモデル）

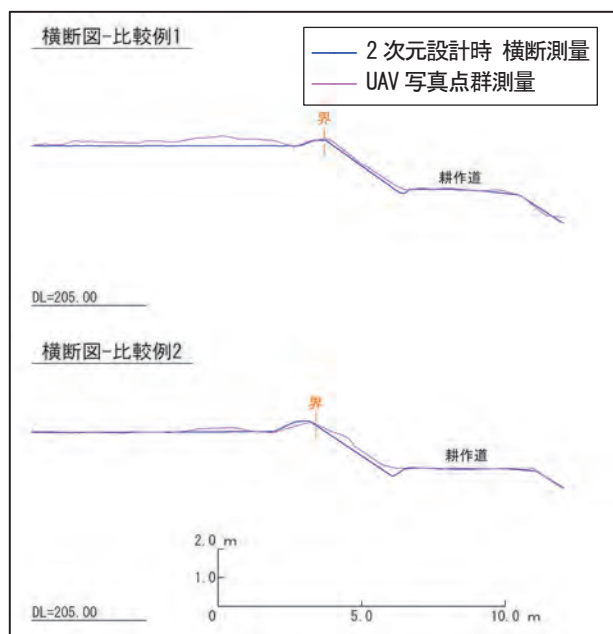
5. 評価

(1) UAV 写真点群測量の実施時期

UAV 写真点群測量は、降雪前の植生が枯死し、倒伏した時期に撮影を行ったため、植生による影響はほとんどなく、過年度実施設計時の横断測量の地形とほぼ同様の結果となった（図－16）。

3次元測量をUAV 写真点群測量の手法で行う場合は、実施時期を融雪後の植生が成長を始める前の時期、または降雪前の植生が枯死し、倒伏した時期と

することが望ましい。ただし、今回のように空港近傍などでは日中（空港運用時間）の UAV のフライトができず、日の出～空港運用時間の間でのフライトとなる場合がある。このため、日の出時間が早い春に行うことでフライト時間をより長く確保することができる考える。



図－16 横断測量と UAV 写真点群測量の結果比較図

(2) 3次元測量の手法の選定

3次元測量については、実施可能な時期や地形状況、現況地物の状況により、作業効率やコスト等を考慮し適切な手法を選定する必要があるため、対象区域の状況を予め十分に把握する必要がある。

また、状況により複数の手法を組み合わせ補完するといったことも必要になると考える。例として UAV 写真点群測量または UAV レーザ測量と、地上レーザ測量、TS 測量、LidarSLAM 技術を用いた測量のいずれかなどとの組み合わせが挙げられる。

(3) 3次元モデルの利点

3次元モデルを作成することで、高低差だけでなく、計画法面や計画構造物などが、地区外区域や現況作工物とどのような位置関係にあるかがわかりやすくなる。埋設構造物の交差箇所において、構造物間の必要離隔が確保されているかも確認が容易になる。このため、従来、施工前に気づき難かった課題について、事前に解決を図ることが可能である。また、2次元設計で行う図面間のトレース作業も不要となるため、時間短縮やトレースによるミス

もなくなることなどの有効性を再認識することができた。

(4) “FarmBlue” の利点

今回の試行を通じて、“FarmBlue” の次のような利点を感じた。

- ①当該業務の3次元設計においては、2次元設計を基に3次元モデルを作成した。使用したソフト“FarmBlue”は、作図規則に従って作成した2次元の骨格線図面を読み込むことで3次元モデルを作成できることから、効率的に作成できた。
- ②“FarmBlue”は前述のとおり形状パラメータを変更することで、3次元モデルを直接編集可能である。つまり、標高や幅等の変更に追従して法面などの形状も変更されるため、煩雑なモデル修正を行う必要がない。今回は設計済みの2次元設計図を基に3次元モデルを作成しているため、受益者等からの要望聞取りによる計画の調整はなかったが、今後は3次元モデルを表示しながら受益者等からの要望を聞き取り、その場で計画を調整するという場面が増えると想定される。そのような場面で、この機能は利便性が高いと評価できる。
- ③あくまでも筆者の限られた経験からの感想であるが、これまで使用したことのある汎用3DCADソフトウェアに比べて、複雑な操作がなく、容易に扱うことができた。

上記①～③に述べたことから、2次元設計済みや施工済みのほ場において、3次元モデルを作成した場合などにも有用であると考えられる。

(5) “FarmBlue” への期待

今回使用した“FarmBlue”は、現在も開発中（令和8年度完成予定）であることから未対応の機能があり、一部計画（法面の一部や取付道路形状など）を完全に再現できなかった。ただし、開発者の農研機構へは、今回の3次元設計での課題などに対し、機能の拡充などの要望を伝えて、機能追加の検討や対応をいただいている。今後、土量計算や数量自動計算、情報化施工の機能対応が進むことで、さらに利便性が向上し、生産性向上に寄与することを期待している。

(6) 設計から施工への3次元データの引継ぎ

前述のとおり対象の73農区は令和7年度に施工を行う。そのため、本稿の執筆時点では、設計段階で作成した3次元設計データの施工への引継ぎにおける課題や、施工の省力化に向けた課題の抽出は未実施である。このため、今後施工での3次元設計データ活用状況を確認し、その結果を踏まえた課題解決を図って行きたい。

6. おわりに

本稿は、ICT導入実証事業の対象となった旭東地区における三次元測量・設計の試行について紹介したものである。

3次元データやBIM/CIM活用が進むことで、農業農村整備プロセス全体（調査設計、施工、維持管理、営農等）の効率化が図られるとともに、円滑な事業推進に寄与することが期待される。農業農村整備事業に携わる者として、調査設計段階での3次元データやBIM/CIM活用を進めるべく、今後も精進していきたい。

当該業務及び本稿作成にあたり、ご指導、ご協力をいただきました北海道開発局旭川開発建設部旭川農業事務所、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学部門 農地基盤情報研究領域空間情報グループの各位、及び報告の機会をいただきました（一社）北海道土地改良設計技術協会に対し、感謝申し上げます。

（㈱イーエス総合研究所 設計部 技術課
課長代理（農業土木技術管理士））

引用文献

- 1) 農林水産省：先端技術導入実証事業実施要領（令和5年4月1日付け4農振第3593号制定）
- 2) 北海道開発局：国営旭東土地改良事業計画書
- 3) 国土交通省：公共測量作業規程（平成28年3月31日国国地第190号）
- 4) 旭川市：旭川空港周辺の建造物等設置制限について（空港制限表面）
- 5) 農林水産省：国営土地改良事業等におけるBIM／CIM_活用ガイドライン（案）_第1編_共通編（令和5年3月）
- 6) 農林水産省：国営土地改良事業等におけるBIM／CIM_活用ガイドライン（案）_第3編_ほ場整備工編（令和5年3月）