

## 第4章－2 情報化施工技術活用工事段階の留意点（農業用UAV）

### 第1 「情報化施工ガイドライン」及び「BIM/CIM活用ガイドライン」の適用

本章では、「情報化施工ガイドライン」を適用した工事において、本ガイドラインを活用する際に「BIM/CIM活用ガイドライン」も適用する。本ガイドラインの活用にあたっては、情報化施工ガイドライン（実施編）及び（出来形管理編）を参照されたい。また、BIM/CIM活用ガイドライン（第1編 共通編）を参照されたい。

### 第2 出来形測量の留意点

#### 1 データ取得技術

農業用UAV用の地図データの航行経路作成では、水張区画等の航行範囲の正確な形状が把握できるデータ（3次元点群データ等）を用いることで当該区画のUAV自動航行経路作成が可能であるが、オルソ画像を取得することで、地物の種類や境界を視覚的に把握しやすくし、精度の高い航行経路の作成が可能となる。よって、UAV空中写真測量により出来形管理を行う場合には空中写真測量で撮影したデジタル写真からオルソ画像を作成することを推奨する。

#### 【解説】

農業用UAV用の地図データの航行経路作成では、水張区画等の航行範囲の正確な形状を基にその範囲内で飛行経路を生成するため、水張区画等の航行範囲の正確な形状が把握できるデータ（3次元点群データや2次元の水張区画の形状データ）を用いることで当該区画のUAV自動航行経路作成が可能である。この際、オルソ画像を基に点群にRGB情報を付与することで、地物の種類や境界を視覚的に判別しやすくなるため、静的地物をより精度よく特定でき、航行経路作成の参考となるため、本ガイドラインを適用する工事ではUAV空中写真が取得できる技術を推奨する。

これ以外の技術を用いる場合でも水張区画等の航行範囲の正確な形状が把握できるデータを取得することが可能であれば、農業用UAV自動航行用の地図データ作成が可能である。

なお、工事の出来形計測には情報化施工技術を用いず、確定測量でUAV空中写真測量を実施する場合は、工区全体の施工完了後に一括で実施することが効率的となる場合もある。

#### 2 機器の機能及び要件

機器の計測性能は、情報化施工ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3の記載を、点群処理ソフトウェアの機能と要件は、別紙－1点群処理ソフトウェアの機能と要件をそれぞれ参照すること。

### 3 UAV空中写真測量による出来形計測

#### (1) 撮影計画の立案

情報化施工ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3 6 UAV空中写真測量出来形管理技術（面管理）に記載されている留意点に加え、以下の点に留意し、空中写真測量の撮影コース及び重複度を施工計画書に記載する。

##### ア 3次元計測範囲

情報化施工技術活用工事における3次元出来形管理の実施範囲に準拠するが、農業用UAV自動航行を行う区域を包含する計測範囲とすることが望ましい。また、周囲に農業用UAV航行時に支障となる静的地物がある場合、計測範囲に含むか、その位置や寸法の情報を記録することが望ましい。

#### 【解説】

農業用UAVの飛行範囲はほ場の水張区域等作付けが行われる範囲であり、これは基本的にほ場整備工における出来形管理の計測範囲に含まれること、情報化施工ガイドラインに準拠し作成される農地基盤整備データは農業用UAV用データに求めるデータ精度を満足することから、情報化施工技術活用工事における3次元出来形管理の実施範囲に準拠する。ただし、支障となる静的地物を計測範囲に含めることにより農業用UAV用地図データの作成が容易になる場合や、複数の区画をまたがって飛行する場合は、3次元出来形管理の実施範囲から外れる範囲についても計測範囲に含める必要がある。UAV空中写真測量で映りにくい静的地物（電線や樹木の枝等）については、被写体に含めずその位置と寸法を記録し農業用UAV用地図データ作成時に支障物として登録することも可能である。なお、高低差のある区域で航行する場合や周囲に法面や土手が存在するなど航行する高さに影響を及ぼす地域で農業用UAV用地図データを作成する場合は、鉛直方向の座標値も活用する。

農業用UAV航行時に支障となる静的地物の例

- ・ 給排水桝
- ・ 給水栓
- ・ 集水桝
- ・ ガードレール
- ・ 電柱
- ・ 電線
- ・ 獣害防止柵
- ・ 樹木
- ・ ポール
- ・ 鉄塔
- ・ 仕切弁、空気弁

- ・その他構造物（倉庫、ハウス、家屋等）
- ・電柱等の側にかかる引き込み線
- ・高さ2m以上の法面

空中写真測量の撮影コース、重複度（ラップ率、地上画素寸法）などは、情報化施工ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3 6 UAV空中写真測量出来形管理技術（面管理）（5）出来形管理の計測手順及び実施手順に準拠する。

#### イ 撮影時期・時間帯

農業用UAV用地図データ作成の観点からは、以下の点に留意することが望ましい。

- ・雑草の影響を軽減するため、撮影は極力施工直後に工事単位で実施。
- ・上記が困難な場合は、秋～冬の雑草の少ない時期、正午前後又は太陽光の影響が少ない時間帯でUAV空中写真測量を用いて撮影。

### （2）標定点及び検証点の設置・計測

情報化施工ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3 6 UAV空中写真測量出来形管理技術（面管理）（5）出来形管理の計測手順及び実施手順 イ 標定点及び検証点の設置及び計測と同様とする。

### （3）精度確認

情報化施工ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3 6 UAV空中写真測量出来形管理技術（面管理）（3）UAV空中写真測量の精度確認と同様とする。

### （4）出来形計測箇所

出来形計測範囲は、情報化施工ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3 6 UAV空中写真測量出来形管理技術（5）出来形管理の計測手順及び実施手順 ウ 空中写真測量の実施と同様とする。

## 4 オルソ画像の作成

農業用UAV用の地図データの航行経路作成では、オルソ画像を取得することで、地物の種類や境界を視覚的に把握しやすくし、精度の高い航行経路の作成が可能となる。よって、UAV空中写真測量により出来形管理を行う場合には空中写真測量で撮影したデジタル写真からオルソ画像を作成することを推奨する。

UAV空中写真測量による出来形計測を行う際、撮影したデジタル写真からオルソ画像データを作成する場合は、以下のとおりとする。

### （1）オルソ画像の作成

UAV空中写真測量等で撮影した写真を正射変換し、オルソ画像を生成する。オル

ソ画像の解像度は撮影した元の画像と同一の画素寸法にて作成することとする。

## (2) プロパティ情報の付与

オルソ画像のプロパティの詳細に作成者、作成日時情報を付与する。

## (3) ファイルの作成

発注者は、事業完了時に各工区のオルソ画像を重ね合わせ、地区全体の出来形の確認を行う。そのため、作成するオルソ画像のファイル形式は、発注者が指定する。発注者は、自身のシステム環境を考慮し、ファイル形式を指定する。本ガイドラインでは、幅広いシステム環境に対応可能な①GeoTIFF形式での作成、または、②オルソ画像の位置情報を示すワールドファイルを添えたTIFF、JPEG形式（「.tfw」、「.tifw」、「.jgw」、「.jpgw」等）を推奨する。

## 5 3次元点群データの加工

本ガイドラインが対象とする工事の点群処理ソフトウェアによる3次元点群データの加工工程及び納品データを図4-7に示す。なお、取得した点群データは、時間の経過に伴い経年変化が生じる可能性があるため、データの取得時期等の情報を明示する。明示する情報は、(5)メタデータの作成を参考にする。また、取得からの時間経過や空中写真測量の技術的特性により、静的地物が網羅的に取得されていない可能性があるため、農業用UAV用地図データを作成する際に留意する。

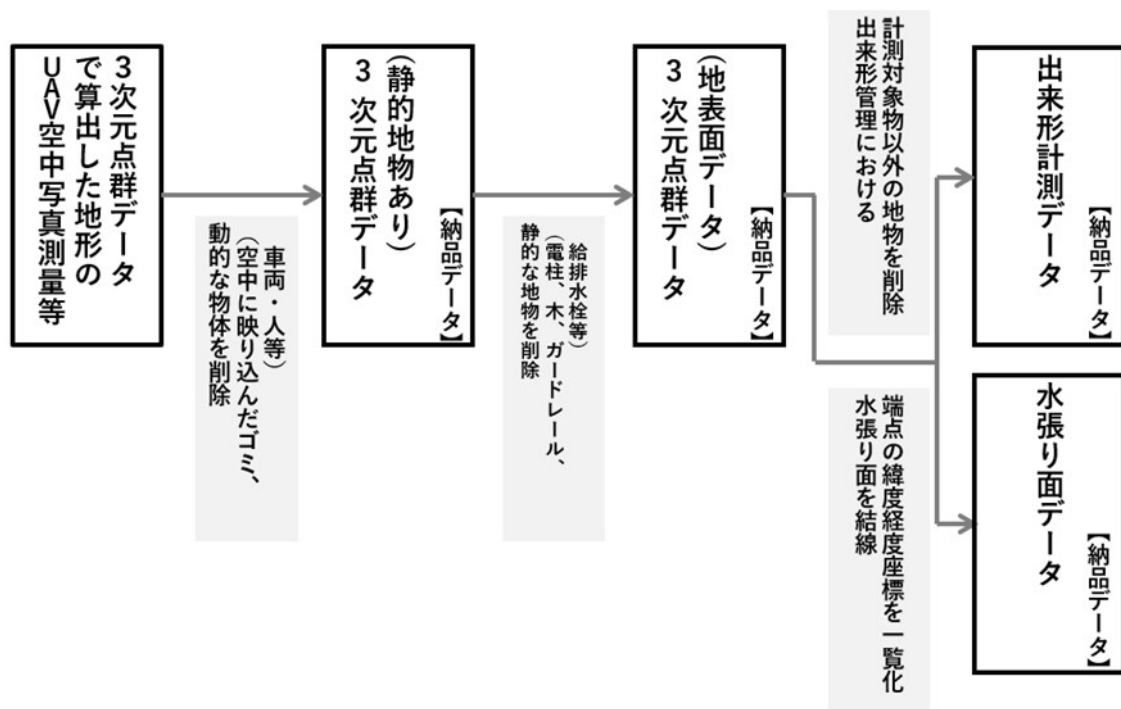


図 4-7 3次元点群データの加工工程及び納品データ

### (1) 3次元点群データ（静的地物あり）の作成

出来形計測時にUAV空中写真測量等により算出した地形の3次元点群データから、動的物体を除去し、静的地物を有する点群データを作成する。

UAV空中写真測量による出来形測量（ア）3次元計測範囲で示した必須の3次元計測範囲及び計測範囲内のUAVの航行空域（地表面から15m程度※）の静的地物のデータは原則、3次元点群データ（静的地物あり）として納品する。

3次元点群データ（静的地物あり）は、オルソ画像を基に点群にRGB情報を付与する。RGB情報を加えることで、地物の種類や境界を視覚的に判別しやすくなるため、静的地物をより精度よく特定できる。

※対象は場の勾配等も考慮し、適宜検討。

#### 【解説】

情報化施工の3次元出来形管理においては、静的地物のデータは基本的にノイズデータとして除去されるが、本ガイドラインの適用に当たって、農業用UAV用地図データ作成のため、静的地物の情報を残し、「3次元点群データ（静的地物あり）」として納品する。また、中山間地等起伏のある地形における出来形測量時には、UAV航行範囲の地形情報についても留意する。

なお、現状、UAV空中写真測量では、電柱や樹木といった細長い形状の静的地物の先端部分の情報を網羅できない可能性があるため、写真測量では映らない静的地物の情報をUAVレーザーやTLS等により取得し農業用UAV用地図データ作成時に支障物として登録するなどすることが望ましい。

3次元点群データ（静的地物あり）に残す静的地物の例は下記のとおり。

- ・ ガードレール
- ・ 電柱
- ・ 電線
- ・ 獣害防止柵
- ・ 樹木
- ・ ポール
- ・ 鉄塔
- ・ その他構造物（倉庫、ハウス、家屋等）
- ・ 電柱等の側にかかる引き込み線
- ・ 高さ2m以上の法面

### (2) 3次元点群データ（地表面データ）の作成

出来形計測時にUAV空中写真測量で算出した地形の3次元点群データから静的地物を除去し、地表面データを作成する。作成したデータは、出来形計測データや水張り面データ等の航行範囲の正確な形状が分かるデータの作成に活用する。

### (3) 出来形計測データの作成

情報化施工ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3 6 UAV空中写真測量出来形管理技術（面管理）(5) エ 計測点群データの作成に記載の手順にて、出来形管理における計測対象物の計測点群データを作成する。

### (4) 座標変換

G N S S ガイダンスシステムを搭載した自動走行農機等は平面 (x, y) 座標として緯度経度座標系を、鉛直 (z) 座標として楕円体高を用いて位置情報を取得する。このため、情報化施工技術活用工事の成果品で平面 (x, y) 座標として平面直角座標系が、鉛直 (z) 座標として標高が用いられている場合、G N S S ガイダンスシステムを搭載した自動走行農機の走行経路パスを作成するために、平面 (x, y) 座標については平面直角座標系で表現された座標を緯度経度座標に、鉛直 (z) 座標については標高を楕円体高に、それぞれ変換する必要がある。

#### ①座標変換を行ったデータを納品する場合

3次元点群データ（静的地物あり）、3次元点群データ（地表面データ）、出来形計測データ（計測点群データ）の作成の段階で座標変換する場合には、平面直角座標系の系番号及び準拠する測地系を基に変換を行う。この際、経緯度座標系の表現方法（度分秒形式又は十進法形式）、平面直角座標系の系番号と準拠する測地系を引継ぐ。また、鉛直 (z) 座標は、標高の基準となるジオイド（東京湾平均海面等）及び準拠する測地系のジオイド高を確認の上、標高にジオイド高を加えて楕円体高に変換する。平面直角座標でmmの精度（m表現であれば、小数点以下3桁）を有することを確認の上、経緯度座標系の度分秒形式又は十進法形式に変換し、mmの精度を担保できる桁数まで記載する。標高 (z) 座標を変換する場合も標高でmmの精度（m表現であれば、小数点以下3桁）が必要である。mmの精度を担保できない場合は、どの程度の精度を有するか記載すること。

#### 【解説】

mm単位の精度を確保するため、座標変換時の桁落ちによる精度低下に留意する。

##### ・度分秒形式の場合

緯度1秒は、地球上でおよそ30.9mに相当する。この関係性をもとに1mmを秒で表すと、 $0.001 \text{ (m)} / 30.9 = 3.2 \times 10^{-5}$  秒となる。すなわち、小数点以下5桁の精度で緯度・経度を表現すれば、地上でmmの精度を得ることができる。したがって、座標変換時に度分秒形式を用いる場合にmmの精度を担保するためには、小数点以下5桁程度の精度を確保することが望ましい。

・十進法形式の場合

緯度1度は、地球上でおおよそ111,000mに相当する。この関係性をもとに1mmを度で表すと、 $0.001 \text{ (m)} / 111,000 = 9.0 \times 10^{-9}$  度となる。すなわち、小数点以下8桁～9桁程度の精度で緯度・経度を表現すれば、地上でmmの精度を得ることができる。したがって、座標変換時に十進法形式を用いる場合にmmの精度を担保するためには、小数点以下8桁～9桁程度の精度を確保することが望ましい。

②座標変換を行わずデータを納品する場合

メタデータとして変換に必要な情報を記録し引継ぐ。記録しておく情報の記載例を以下に示す。

(記載例)

- ・準拠する座標系：平面直角座標系（IX系）
- ・測地系：測地成果2024
- ・点群データの取得方法：UAV空中写真測量※
- ・計測性能：地上画素寸法10mm/画素以内（デジタルカメラ）※
- ・測定精度：±50mm以内※
- ・点群密度：0.01m<sup>2</sup>当たり1点以上（10cm×10cmメッシュ）※

※座標変換に直接必要なメタデータではないが、農業用UAV用地図データ作成に必要なメタデータとして記載する。

(5) メタデータの作成

農業用UAV用地図データの作成段階において、農地基盤整備データを効率的に活用するため、メタデータを作成する場合は、以下の項目をメタデータとしてテキストファイルとして作成する。作成の際は「本ガイドライン 第4章-1 第2 6 (5)」も参考にする。

(項目の例)

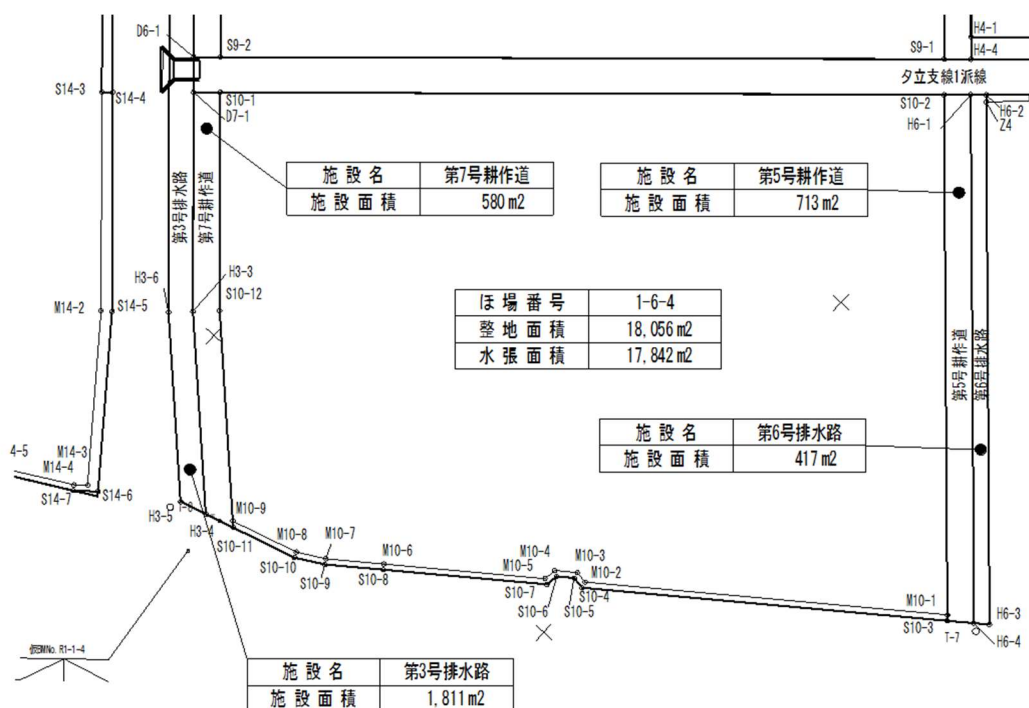
- ・撮影年月日
- ・機器の情報
- ・計測密度（「0.01m<sup>2</sup>当たり1点以上（10cm×10cmメッシュ）等」）
- ・計測性能（「地上画素寸法10mm/画素以内（デジタルカメラ）」等）
- ・準拠座標系（「平面直角座標系IX系」等）
- ・測地系（「測地成果2024」等）

### 第3 水張り面データの作成

水張り面データの作成では、2次元の全体計画平面図※から水張り区画の範囲を決定し、端点座標値を取得する。

高さ情報については、全体計画平面図を活用する場合には、計画田面高を参考に高さ情報を付与することが望ましい。また、3次元の計測点群データを活用する場合には、水張り区画内で最も標高が高い点群データの座標を高さ情報として付与することが望ましい。

※計画から変更になった場合等は、2次元の工事完成図（全体平面図）を使用することも可。



地番	⑩ほ場 1-6-4 水張面	
点名称	緯度	経度
S10-1	43° 17' 07.94380"	141° 46' 42.86004"
S10-2	43° 17' 04.02660"	141° 46' 47.71473"
M10-1	43° 17' 01.44959"	141° 46' 43.89033"
M10-2	43° 17' 03.56511"	141° 46' 41.69638"
M10-3	43° 17' 03.65589"	141° 46' 41.71342"
M10-4	43° 17' 03.78690"	141° 46' 41.57787"
M10-5	43° 17' 03.79971"	141° 46' 41.45352"
M10-6	43° 17' 04.74128"	141° 46' 40.47664"
M10-7	43° 17' 05.08078"	141° 46' 40.12450"
M10-8	43° 17' 05.27243"	141° 46' 39.97566"
M10-9	43° 17' 05.76819"	141° 46' 39.77806"
S10-12	43° 17' 06.87510"	141° 46' 41.24433"

図 4-8 水張り面データの例

<出典>北海道経営体二号ため池地区の求積図(北海道空知総合振興局 提供)

## 第4 積算方法

本ガイドラインを対象とする工事の積算においては、以下の作業について、必要に応じて見積（諸経費込み）を徴収の上、工事価格に一括計上する。

- ・ 閉鎖区域の設定エリアが工事区域を超える場合は、事業完了時に別途補測を行う業務の実施が必要となるが、他の工事でカバーできない範囲が明確である場合は当該工事を含め、そのための追加の経費を計上する。
- ・ UAV空中写真測量による出来形計測において、農業用UAVの航行時に支障となる施設が計測対象に含まれるよう、当該施設を含む3次元出来形管理の実施範囲外も計測範囲に含める場合は、必要に応じ、そのための追加の経費を計上する。
- ・ 出来形計測データ（計測点群データ）を作成する過程で、静的地物を残した3次元点群データのファイル（3次元点群データ（静的地物あり））、静的地物を除去した地表面の3次元点群データのファイル（3次元点群データ（地表面データ））を別途作成するために追加の作業が生じる場合は、必要に応じ、そのための追加の経費を計上する。
- ・ 農業用UAV用地図データの作成段階において、農地基盤整備データを効率的に活用するため、メタデータを作成する場合は、必要に応じ、そのための追加の経費を計上する。
- ・ ほ場整備後に水張り面を結線した図及び端点の緯度経度座標を一覧にした水張り座標一覧図の作成について、必要に応じ、そのための追加の経費を計上する。

## 第5 施工後における農地基盤整備データの納品

### 1 納品データ及びフォルダ構成

情報化施工ガイドライン（実施編）第1章 総則 第13 施工後における報告及び納品

2 電子納品のうち、本ガイドラインの対象となる工事において必須となる納品データ及び追加で納品が必要なデータを表 4-6に示す。なお、納品データの形式は、今後のソフトウェアの開発動向を引き続き注視し、適宜、見直しを図る。各データのフォルダ構成は基本的に「工事完成図書の電子納品要領（案）」及び「情報化施工ガイドライン」に基づく。工事完成図書のフォルダ構成を図 4-9に示す。

表 4-6 本ガイドラインに基づいて作成する電子成果品

	納品データ	形式	格納フォルダ	備考
情報化施工で得られるデータ	出来形計測データ (計測点群データ)	CSV、LandXML、LASのポイントファイル	NNICT ¥ EW ¥ U A V	
	工事基準点及び評定点データ	CSV、LandXML、SIMAのポイントファイル	NNICT ¥ EW ¥ U A V	
	オルソ画像	撮影範囲の位置情報が付与されたGeoTIFF形式又はオルソ画像の位置情報を示すワールドファイルを添えたTIFF形式	NNICT ¥ EW ¥ 「ファイルの命名規則」の末尾にPIC	格納フォルダ名の例(U A V 0AS001PIC)  ワールドファイルを添えて納品する場合、オルソ画像及びワールドファイルのファイル名は拡張子を除き同一とする
	3次元設計データ	LandXMLのオリジナルデータ (TIN)	NNICT ¥ EW ¥ U A V	工事内の一部の工種のみICT建設機械により施工する場合は2次元の工事完成図を納品
上記に一部加工が必要(必要な加工・任意の加工含む)	3次元点群データ (静的地物あり)	CSV、LandXML、LASのポイントファイル	NNICT ¥ EW ¥ U A V	
	3次元点群データ (地表面データ)	CSV、LandXML、LASのポイントファイル	NNICT ¥ EW ¥ U A V	
新しく作るデータ	水張り面データ	P21、sxfのCADファイル	DRAWINGF	
	メタデータ	テキストファイル	NNICT ¥ EW ¥ U A V	

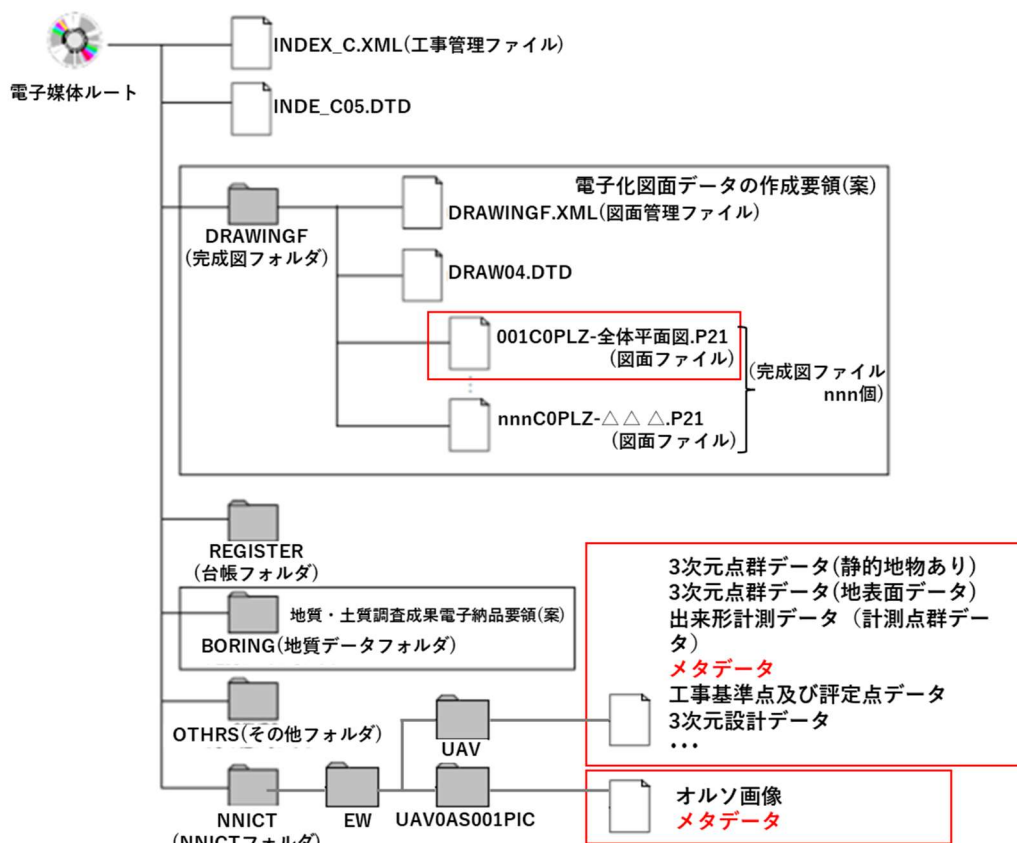


図 1-11 「工事完成図書の電子納品要領 (案)」のフォルダ構成

(工事完成図書の納品)

<出典>農林水産省農村振興局整備部設計課 施工企画調整室：電子化図面データの作成要領 (案) (R1)，図1-11を一部加筆

図 4-9 工事完成図書のフォルダ構成

## 2 ファイルの命名規則

各データのファイルの命名は基本的に「工事完成図書の電子納品要領（案）」及び「情報化施工ガイドライン」に基づく。ファイルの命名規則を表 4-7に示す。

表 4-7 ファイルの命名規則

計測機器	整理 番号	図面 種類	番号	改訂 履歴	内容	記入例
UAV	0	SF	001 ～	—	3次元点群データ (静的地物あり)	UAV0SF001. 拡張子
UAV	0	SD	001 ～	—	3次元点群データ (地表面データ)	UAV0SD001. 拡張子
UAV	0	AS	001 ～	—	出来形計測データ (計測点群データ) ※	UAV0AS001. 拡張子
UAV	0	PO	001 ～	—	工事基準点及び評 定点データ※	UAV0PO001. 拡張子
UAV	0	DR	001 ～	0～Z	3次元設計データ※	UAV0DR001. 拡張子
UAV	0	OR	001 ～	—	オルソ画像、ワールド ファイル	UAV0OR001. 拡張子
UAV	0	MT	001 ～	—	メタデータ	UAV0MT001. 拡張子
工事完成図書の電子納品要領（案）に基 づく					水張り面データ	水張り面データ. 拡張 子

※情報化施工技術活用工事の施工後に情報化施工ガイドラインに基づき作成される電子成果品である。

## 第6（参考）航行経路の作成手法の例示

### （1）農地基盤整備データの活用

情報化施工技術活用工事で得られた農地基盤整備データから農業用UAV自動航行用の地図データを作成する方法は、情報化施工技術活用工事から農業用UAV用地図データの搭載までの流れでいう競争領域に対応する。

ここでは、その作成手順を一例として示す。なお、作成手順は、機体やデータ作成者（メーカーや農業用UAVサービス提供事業者）により異なるため、ここで示す手順どおりに実施することを指示するものではない。

- ・水張り面データ

水張り面データは、農業用UAVの航行範囲を決定する際に用いられる。これにより、飛行可能エリアを正確に把握し、航路を図示・生成することが可能となる。

- ・3次元点群データ（静的地物あり）

電柱や水路などの静的地物の位置情報は、自動航行時の障害物回避に有効であり、航行経路の安全性を高めるための重要な要素となる。

- ・3次元設計データ

地形や構造物の高さ・形状などの空間情報を含む3次元設計データは、航行経路の作成において有用である。特に、起伏や障害物の位置を正確に把握することで、より現実的で安全な飛行ルートが設計が可能となる。なお、工事の一部工種のみをICT建設機械で施工する場合には、2次元の工事完成図が納品されることもある。

- ・オルソ画像

オルソ画像を活用することで、点群データにRGB情報を付加でき、地物の種類や境界を視覚的に判別しやすくなる。その結果、水張り面や静的地物の特定精度が向上し、航行経路の作成における判断材料として有効に機能する。

表 4-8 営農段階で活用する情報（農業用UAV）

データ・情報の種類	営農段階での活用情報	情報化施工技術活用工事で得られるデータ
自動航行に必要なデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水張り面の正確な範囲を示すデータ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水張り面データ（必須）</li> <li>3次元設計図面（任意）</li> <li>オルソ画像（任意）</li> <li>出来形計測データ（任意）</li> </ul>
図形情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>地表面</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オルソ画像（任意）</li> <li>出来形計測データ（任意）</li> <li>3次元点群データ（地表面データ）（任意）</li> </ul>
状況に応じて付加する属性情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>航行の支障となる地物※（電柱、電線等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計図面（任意）</li> <li>オルソ画像（任意）</li> <li>3次元点群データ（静的地物あり）（任意）</li> </ul>



※静的地物ありの点群データや設計段階・施工段階で静的地物の位置や形状が得られている場合等。

## (2) 航行経路の作成手法

農地基盤整備データを、農業用UAVで利用可能な地図データへと変換するデータ形式及び変換手順の一例を以下に示す。

### [1 3次元点群データから航行経路を生成する手順 (例)]

#### (1) 点群データ (CSV形式) の3Dtiles形式への変換

点群データ (CSV形式) は、X・Y・Z座標等の属性情報を保持するデータであり、そのままでは三次元空間上での点群の空間的分布を確認しながら区画形状を把握することが困難である。このため、点群の可視化及び区画形状の把握、座標抽出を目的として、GISソフトウェアを使用した。点群データの読み込みや農業用UAVが読み込めるデータ形式で出力が可能なGISソフトウェアを用いることが可能である。GISソフトウェア上では以下のような作業を行う。(必要な作業は、農業用UAV用地図データの形式により異なり、以下にない作業が必要となる場合もある。)

##### ① 平面 (x, y) 座標や鉛直 (z) 座標の変換を行う

点群データの平面 (x, y) 座標が平面直角座標で表現されている、鉛直 (z) 座標が標高で表現されている場合は、座標変換を行う。変換作業には準拠する測地系や平面直角座標系の情報が必要である。座標変換の技術的手法については、「本ガイドライン 第4章-2 第2 5 (4)」を参照する。

##### ② ほ場区画の端点座標値を抽出する

ほ場の区画形状を抽出するための作業である。端点座標値を記録して、農業用UAVのフライトパス作成時に直接登録する。端点座標値はGeoJson形式などの空間データを記録するフォーマットで出力することも可能

##### ③ ほ場区画のポリゴンを作成する

②と同様、ほ場の区画形状を抽出するための作業である。点群からほ場の区画形状を表すポリゴンを作成して農業用UAVに読み込ませる。②、③において、広域エリア (複数のほ場区画) で航行する場合、複数のほ場を含む点群データを読み込んだうえで、航行エリアの端点座標値を抽出する。

##### ④区画の位置や形状の整合性を確認する。

座標系が正しく設定されているか、区画形状が正しく作成されているか等、GISソフトウェア上で地理院地図や航空写真などと重ね合わせて区画の位置や形状の整合性を確認する。

#### (2) フライトプラン作成システムでのフライトプラン作成

(1) で作成したほ場の区画形状を示すデータを読み込み、フライトプランを作成する。点群データに含まれる、又は設計段階・施工段階で把握した静的地物の情報

はここで登録する。

### (3) 現地確認

(2) で生成されたフライトプランにより航行が可能か現地で確認する。確認が必要な項目は、区画形状（平面上の位置）、高さ、事前には把握できなかった支障となる静的地物等である。また、農業用UAV用地図データ作成の元となった点群データは、取得からの時間経過や空中写真測量の技術的特性により、静的地物が網羅的に取得されていない可能性があるため、現地確認において支障となる静的地物がないか留意し現地確認を行う。

## [2 2次元CADデータから航行経路を生成する手順 (例)]

### (1) 2次元CADデータ上での事前準備

2次元CADデータである全体計画平面図（計画から変更になった場合は工事完成図も可）から水張区画の形状を正確に把握するため、畦畔を考慮した区画データを新たなレイヤで作成する。この作業は、用いる平面図において畦畔と区画が別レイヤで作成されている場合、後の変換工程で畦畔位置を含まないデータとして出力されてしまうため必要な作業である。

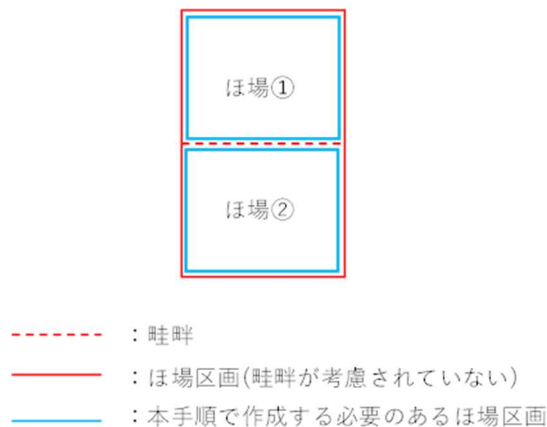


図 4-10 畦畔データ含む区画形状の領域定義イメージ

### (2) 座標系の設定・変換

用いる平面図で座標系が設定されていない場合は、座標系の設定を行う。座標系の設定は、当該工事が準拠する測地系や公共基準点の情報を基に設定する。

また、平面 (x, y) 座標が平面直角座標で表現されている、鉛直 (z) 座標が標高で表現されている場合は、座標系の変換を行う必要がある。変換作業には準拠する測地系や平面直角座標系の情報が必要である。座標変換の技術的手法については、「本ガイドライン 第4章-2 第2 5 (4)」を参照する。

### (3) SXF (P21) 形式からSHP形式への変換

図面に記載の座標値から区画形状を視覚的に把握し、農業用UAV用地図データへの座標抽出を目的として、GISソフトウェアを用いた。

図面ファイルの読み込みや農業用UAVが読み込めるデータ形式で出力が可能なGISソフトウェアを用いることが可能であるが、図面ファイルを読み込むために予めshpファイルなどの形式に変換する必要がある場合がある。変換ソフトウェアは任意であるが、国土地理院が公開している「公共測量成果検査支援ツール」\*を使用することも可能である。GISソフトウェア上では以下のような作業を行う。(必要な作業は、農業用UAV用地図データの形式により異なり、以下にない作業が必要となる場合もある。)

※<出典>国土地理院：公共測量成果検査支援ツール、

<https://www.gsi.go.jp/KOUKYOU/sokuryosidou41021.html> (2026年2月3日時点)

#### ① 座標変換

GISソフトウェア上で座標変換を行う場合は、(2) 座標系の設定・変換を参考に座標変換を行う

#### ② ほ場区画の端点座標値を抽出する

ほ場の区画形状を抽出するための作業である。端点座標値を記録、GeoJson形式などの空間データを記録するフォーマットで出力し、次工程で鉛直(z)座標値を付与する。

#### ③ ほ場区画のポリゴンを作成する

②と同様、ほ場の区画形状を抽出するための作業である。平面(x,y)座標値からほ場の区画形状を表すポリゴンを作成、GeoJson形式などの空間データを記録するフォーマットで出力し、次工程で鉛直(z)座標値を付与する。

#### ④ 区画の位置や形状の整合性を確認する。

座標系が正しく設定されているか、区画形状が正しく作成されているか等、GISソフトウェア上で地理院地図や航空写真などと重ね合わせて区画の位置や形状の整合性を確認する。

### (4) 高さ情報の付与

2次元図面には高さの情報がないため、何らかの方法で高さの情報を取得し付与する必要がある。付与の方法は、区画内の高低差がないほ場では、田面高を用いる方法、現地で高さの情報を取得するなどの方法がある。取得した高さが標高で表現されている場合、高さの変換(楕円体高への変換)が必要である。高さ情報の付与として、UAV空中写真測量で取得した3次元点群データを用いて各区画の田面高を決定する。また、区画内の電柱、給水栓、獣害防止柵などは田面高として不適切なため、事前に

位置を確認し、一定距離内の点群を除外して高さ情報を付与することに留意する。

(5) フライトプラン作成システムでのフライトプラン作成

(1) で作成したほ場の区画形状を示すデータを読み込み、フライトプランを作成する。点群データに含まれる、又は設計段階・施工段階で把握した静的地物の情報はここで登録する。

(6) 現地確認

(2) で生成されたフライトプランにより航行が可能か現地で確認する。確認が必要な項目は、区画形状(平面上の位置)、高さ、事前には把握できなかった支障となる静的地物等である。また、農業用UAV用地図データ作成の元となった点群データは、取得からの時間経過や空中写真測量の技術的特性により、静的地物が網羅的に取得されていない可能性があるため、現地確認において支障となる静的地物がないか留意し現地確認を行う。

### 〔コラム〕 3次元点群データを用いたUAVの航行経路の決定

現状、UAVの自動航行経路設定は、現地測量等による平面直角座標の情報を基に行われており、3次元点群データは活用されていない。一方、UAVを活用した物流の社会実装が想定される中で、航空写真測量等により取得した3次元点群データを利用して航行経路を設定する手法の開発も進んでいる。本コラムでは、UAVを用いた物流関係における3次元点群データ活用の検討事例を紹介する。

事例名：離発着地点、飛行ルート上の詳細な3次元地図製作とドローン管制システムの構築に向けた検討

本事例は、UAV等の安全運航が確保できる環境を構築することを目的とし、整備対象地域の離陸・着陸・緊急時着陸などを行う離発着場周辺や飛行ルート上の送電線、鉄塔、電柱、電線、避雷針、電話線、木の枝などの3次元点群データを取得し、詳細な3次元地図を作成する。作成した3次元地図はAI管制システムに取り込まれ、飛行シミュレーション等にも活用が見込まれる。

このような3次元点群データの活用は将来的に普及していく可能性があり、測量技術の開発動向に応じて測量方法等についても検討が必要である。

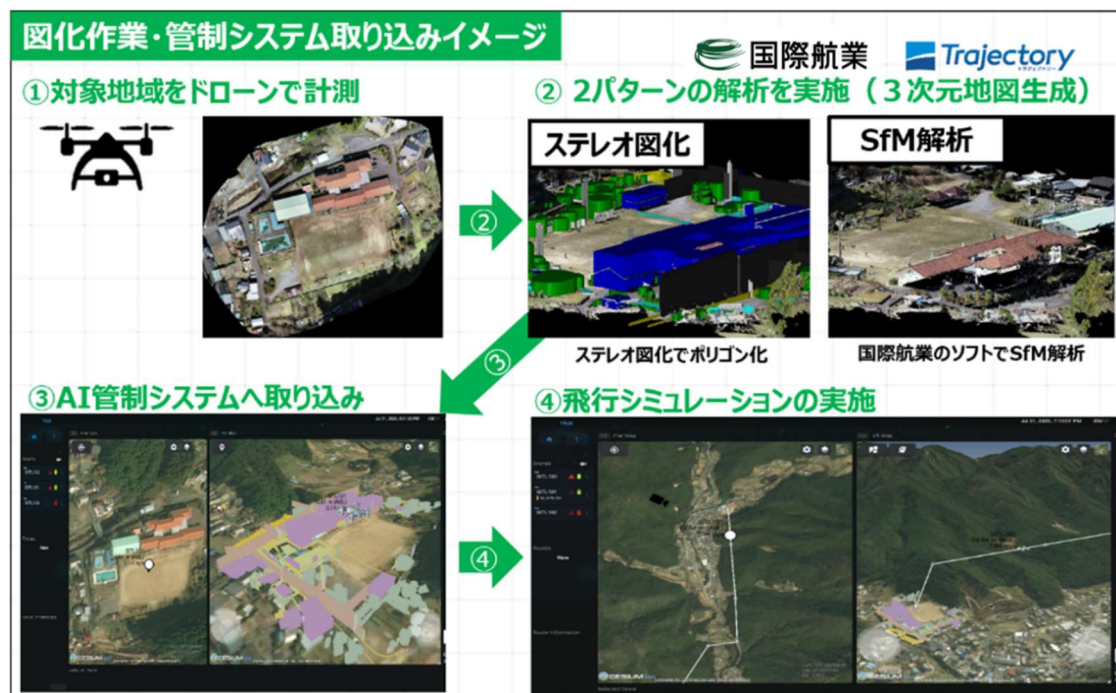


図 4-11 3次元点群データ（静的地物）を用いたUAVの航行経路の設定

<出典>国際航業株式会社：愛知県豊川市、新城市、トラジェクトリー社と地方創生に関する包括連携協定を締結 ～ドローン・エアモビリティの安全運行実現に向けて～、  
[https://www.kkc.co.jp/news/release/2020/08/04\\_2107/](https://www.kkc.co.jp/news/release/2020/08/04_2107/) (2026年2月3日時点)

## 第5章 事業完了時の留意点

閉鎖区域のエリアが複数の工区に分けられる際に工区の境目等で農地基盤整備データの抜けが生じる場合には、T L S等による補測を行う必要がある。ハンディスキャナやスマートフォンアプリによる簡易な補測技術を活用することも可能であるが、検証点による補正操作がない機器の場合、位置ずれが大きくなるおそれがあるため、注意が必要である。

データの抜けを確認する方法としては、各工事で得られたオルソ画像を地図上に重ね合わせて結合する機能を有するソフトウェアを活用することで、視覚的に確認することが可能である。

3回に分けて測量した3次元点群データの結合例（LiDAR3次元測量アプリによるデータ取得）

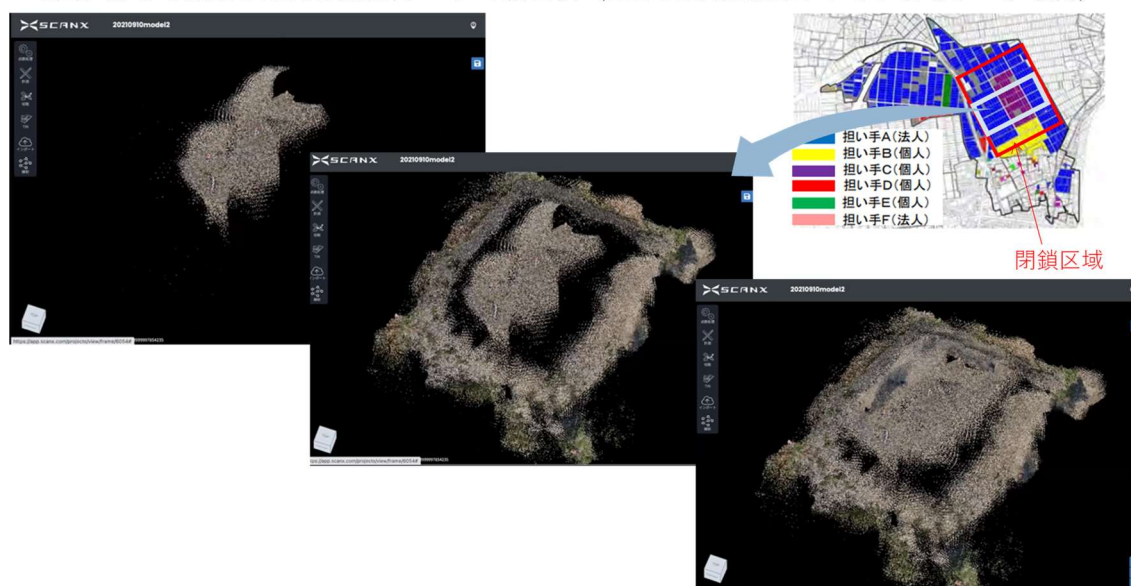


図 5-1 ハンディスキャナ及びスマホアプリによる簡易な補測技術  
＜出典＞ 3次元データの結合例の写真（スキャン・エックス株式会社 提供）