

# ドローンを用いた ほ場計測マニュアル (不陸 (凹凸) 編)



# ドローンを用いた ほ場計測マニュアル (不陸(凹凸)編)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構  
農業環境変動研究センター

平成 30 年 3 月

## 目次

<b>1</b>	<b>不陸計測の作業手順概要</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ドローンによる撮影</b>	<b>6</b>
2.1	飛行計画の策定	6
①	規制の確認	6
②	飛行ルートの設定	7
③	撮影高度の計算	8
④	撮影間隔の設定	8
⑤	飛行時間の計算	8
2.2	DJI GS Pro の設定	9
①	ミッションの新規作成	9
②	飛行範囲の設定	10
③	飛行高度（撮影高度）の設定	11
④	ラップ率（重なり具合）の設定	11
⑤	飛行ルートの設定	12
⑥	撮影モードの設定	13
⑦	ミッション完了時動作の設定	14
⑧	その他の設定	14
⑨	飛行時間の確認	14
2.3	飛行・撮影の実施	16
①	天候の確認	16
②	撮影場所の確認	16
③	対空標識の設置	16
④	飛行・撮影	16
2.4	ドローンを安全に運用するための注意事項	20
①	飛行時の注意点	20
②	飛行訓練	20
③	ドローンのメンテナンス	20
④	法規制	20
⑤	許可承認申請	21
⑥	墜落時の対応	21

<b>3</b>	<b>地上基準点（GCP）の測量</b>	22
3.1	地上基準点のレベル測量	22
①	地上基準点の選定	22
②	対空標識の設置	23
③	レベル測量	23
3.2	地理院地図より座標と標高値を取得	24
<b>4</b>	<b>Agisoft Photoscan Professional による地表高データの作成</b>	25
4.1	Agisoft Photoscan の概要	25
4.2	データ処理の手順	25
①	写真の読み込み	25
②	写真のアライメント	27
③	マーカーの配置	29
④	マーカーの座標を入力	30
⑤	カメラを最適化	30
⑥	精度の低いタイポイントの削除	33
⑦	高密度な点群の構築	34
⑧	ポリゴンメッシュの構築（オプション）	35
⑨	デジタルエレベーションモデル（DEM）構築	36
⑩	オルソモザイク構築	37
⑪	オルソモザイクの出力	38
⑫	デジタルエレベーションモデルの出力	38
⑬	レポートの出力	39
<b>5</b>	<b>QGIS による不陸量の算出</b>	40
5.1	QGIS について	40
5.2	不陸量の算出とレイアウト図の作成手順	40
①	DSM データとオルソモザイク画像の読み込み	40
②	不陸量算出範囲のポリゴン作成	41
③	平均標高の算出	42
④	平均標高ポリゴンからラスターデータを作成	43
⑤	不陸量の算出	43
⑥	不陸量ラスターのスタイル設定	44
⑦	レイアウト図の作成	45

## 1

## 不陸計測の作業手順概要

このマニュアルは、圃場を対象として、ドローンで撮影した画像から不陸計測をおこなう方法について説明します。

作業手順は、以下の通りです。まず、対象とする圃場をドローンで撮影します。次に、地上基準点（GCP）の測量を行います。そして、撮影した画像と地上基準点から、SfM ソフトを利用し地表高データ（DSM）を作成します。最後に、GIS で DSM データを解析し不陸量を算出します（図1-1）。最終成果としては、図1-2 に示したような不陸量に応じ色分けした図を作成します。

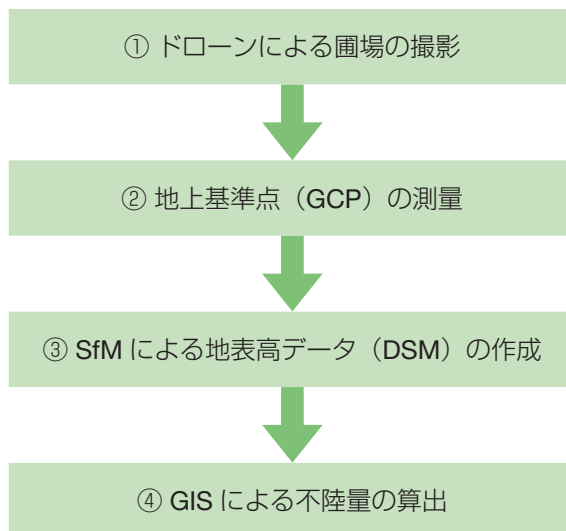


図 1-1 ドローンを利用した不陸計測の作業手順



図 1-2 圃場の凹凸具合に応じ色分けした不陸量の図



このマニュアルで使用するドローンおよびソフトは以下の通りです。

● ドローン	DJI Phantom 3 Professional
● 自動操縦ソフト	DJI GS PRO Ver. 1.2.1（現時点では ipad 版のみリリース）
● SfM ソフト	Agisoft Photoscan Professional Ver. 1.3.3
● GIS ソフト	QGIS Ver. 2.18

ドローンは、今回使用する機体の他にも、DJI Phantom 4 Professional など同等の画像を撮影できる機体であれば利用できます。また、QGIS については、Ver. 2.14 でも手順は大きく異なるないので、適宜、読み替えてください。

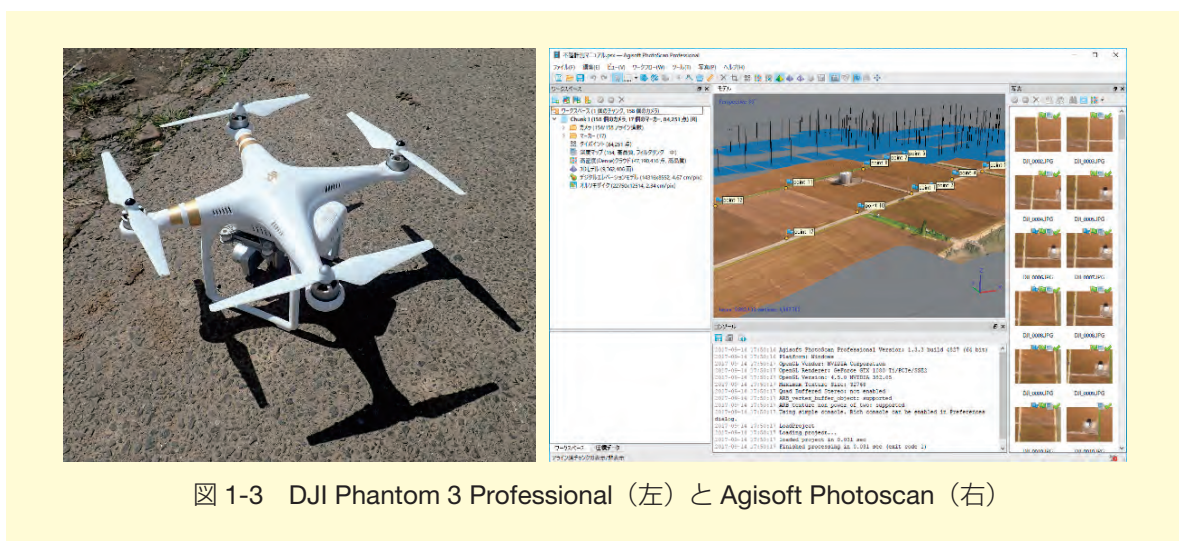


図 1-3 DJI Phantom 3 Professional（左）と Agisoft Photoscan（右）

次章から詳細な手順について説明します。

#### 用語説明：

- ※ **GCP (Ground Control Points)**：画像データの幾何補正をおこなうために使用する座標と高さが既知の基準点のこと。
- ※ **DSM (Digital Surface Model)**：数値表層モデルと呼ばれ、地盤の高さだけでなく、建物や樹木の高さの情報も含まれている高さのモデル。またそのデータのこと。
- ※ **SfM (Structure from Motion)**：カメラの視点を変えながら撮影した複数枚の画像から、カメラの位置と 3 次元形状を復元する手法。
- ※ **GIS (Geographic Information System)**：位置情報を総合的に管理・加工・視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術。またそのソフトのこと。

## 2

## ドローンによる撮影

不陸計測では、まず対象となる圃場をドローンで撮影するところから始まります。この章では、ドローンによる飛行計画の策定方法、自動操縦アプリの設定方法、飛行・撮影の実施について説明します。また、ドローンを安全に運用するための注意事項についても説明します。

## 2.1 飛行計画の策定

まずは、撮影のための飛行計画を立てます。飛行計画では、①撮影場所の規制の確認、②飛行ルートの設定、③撮影高度の計算、④撮影間隔の設定、⑤飛行時間の計算、を行います。また、飛行計画を立てる際に、自動操縦ソフトを使用するかどうかも決定しておきます。

### ① 規制の確認

撮影範囲や飛行方法が航空法の規制の対象になっていないかを確認します。

航空法では、(1)飛行させる空域、(2)飛行させる方法について規制が設けられています。

#### (1) 飛行させる空域について

空港等の周辺（進入表面等）の上空の空域や総務省が設定した人口集中地区（DID）に該当していないかを確認します。また、地表および水面から150m以上の高さの空域も規制の対象となっています。

(ア) ブラウザで地理院地図<sup>\*1</sup>にアクセスします。

(イ) 撮影範囲に移動し、画面左上にある情報パネルから「全て」→「他機関の情報」を選びます。

(ウ) 表示された一覧の中から「人口集中地区 平成27年（総務省統計局）」および「空港等の周辺空域（航空局）」を選択します。人口集中地区が赤色、空港等の周辺が緑色で表示されます。

(エ) 撮影範囲が規制の対象空域になっていないか確認します。対象空域になっている場合、地方航空局長や空港事務所長への許可申請が必要となります（詳細は2.4で説明します）。空港等の周辺の上空の空域に対する規制の場合は、空港との位置関係や飛行高度によっては許可申請が必要ない場合もありますので、各空港事務所へ確認します。

#### (2) 飛行させる方法について

航空法では飛行させる場所に関わらず、飛行させる方法についての守るべきルールがあ

<sup>\*1</sup> <https://maps.gsi.go.jp/>

ります。ここでは不陸測量での飛行に関わる箇所のみ説明します（その他のルールは 2.4 で説明します）。

(ア) 日中（日出から日没まで）に飛行させること

撮影範囲のある地域の日の出の時刻から日の入りの時刻の間のみ飛行させることができます。

(イ) 目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること

飛行させる者が自分の目で見える範囲内でのみ飛行させることができます。双眼鏡による監視や補助者による監視は上記の条件には含まれません。

(ウ) 人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に 30m 以上の距離を保って飛行させること

無人航空機を飛行させる者の関係者以外の者および関係者以外の者が管理する物件から 30m 以上離れていれば飛行させることができます。なお、土地や堤防、自然物は保護すべき物件には該当しません。国土交通省 HP の Q&A<sup>\*2</sup> の Q8-1,8-2 に具体例が記載してありますので参考にしてください。

以上のルールに則らない方法で飛行させる場合には地方航空局長への承認申請が必要となります。その他、詳細は国土交通省の無人航空機の飛行ルールのページ<sup>\*3</sup>の「2. 無人航空機に係る航空法改正について」を確認してください。

また、撮影範囲および撮影方法が上記規制の対象になっていないかを確認するために、事前に現地の下見を行い、電柱や電線、鉄塔や送電線の有無、第三者物件の有無、離発着場所周辺の状況等を調べておきましょう。

## ② 飛行ルートの設定

圃場を効率的に撮影できる飛行ルートを設定します。また飛行ルートを設定する際には、法規制や安全面、電波の送受信に悪影響を及ぼすもの（強力な電磁波を発生している施設）等について注意する必要があります。具体的には、ドローンを目視できる範囲内での飛行であるか（法規制）、第三者物件から 30m 以上離れて飛行できるか（法規制）、他者の私有地の上空を飛行しないようにルート設定できているか（法規制・安全面）、主要道路をまたがないようにルート設定できているか（安全面）、高さのある人工物や樹木にぶつからないようにルート設定できているか（安全面）、高圧線・変電所・電波塔および無線施設等の施設などが近くにないか（電波への悪影響）などの点に注意します。

自動操縦アプリ DJI GS Pro を使用すれば、単純な飛行ルートは自動で設定できるので、規制や障害物がない場所では利用すると良いでしょう。

\*2 <http://www.mlit.go.jp/common/001189948.pdf>

\*3 [http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)



### ③ 撮影高度の計算

取得したい画像の解像度から撮影高度を計算します。撮影高度を計算するためには、必要とする地上画素寸法、使用するカメラのセンサーサイズ、画像サイズ、焦点距離（35mm換算ではない）の4つのデータが必要になります。計算式は以下の通りです。

#### 計算式

$$\text{撮影高度} = \frac{\text{画像サイズ (pixel)} \times \text{焦点距離 (mm)} \times \text{地上画素寸法 (m/pixel)}}{\text{センサーサイズ (mm)}}$$

Phantom 3 pro の場合だと、横幅の画像サイズ 4000 pixel、焦点距離 3.6 mm、横幅のセンサーサイズ 6.3mm で、地上画素寸法 0.01m/pixel の画像を撮影するためには、撮影高度は 22.85m となります。同様に Phantom 4 pro では、横幅の画像サイズ 5472 pixel、焦点距離 8.8 mm、横幅のセンサーサイズ 13.2mm なので、撮影高度は 36.48m となります。なお、DJI GS Pro を使用すれば、自動で撮影高度を計算することができます。

### ④ 撮影間隔の設定

撮影高度が決まったら、次に撮影間隔を決定します。撮影間隔は、飛行経路上（進行方向上）の画像間のラップ率が 60～90%、飛行経路間（隣接コース間）のラップ率が 30～60% になるように設定する必要があります。ラップ率が低いと SfM で適切に処理できなくなります。

ラップ率を考慮しながら撮影する方法として、地上の目標物を目印として撮影する方法があります。映像に写っている地上の目標物が、カメラが映し出している映像全体の 1/3 進んだところで撮影するという作業を繰り返していくとラップ率 66% 程度、1/5 進んだところで撮影するという作業を繰り返していくとラップ率 80% 程度になります。その際は、カメラが映し出している映像に補助線（グリッド線）をいれると作業が容易になります。なお、DJI GS Pro を使用する場合は、撮影する際のラップ率を設定することができます。

### ⑤ 飛行時間の計算

撮影間隔が決まったら、そこから撮影に掛かる飛行時間を概算します。手動の場合は、飛行スピードや技術によって撮影時間が変わるので、これまでの経験から自分で計算しておきます。また、飛行時間が長くなる場合は、必要なバッテリーの本数も計算しておきます。これも DJI GS Pro を使用する場合は、自動で計算されます。

## 2.2 DJI GS Pro の設定

自動操縦アプリの DJI GS Pro を使用すると、前項で説明した飛行計画の設定を簡単に行うことができます。ここでは DJI GS Pro の設定方法について説明します。

事前に「DJI GS Pro」アプリはインストールしておきます。なお、現時点では、DJI GS Pro は iPad 版 (iOS 9.2 以降) のみとなっています。

### ① ミッションの新規作成

アプリを立ち上げると下のような画面になります。撮影範囲までマップを移動させ、左下にある「新規」を選択します。

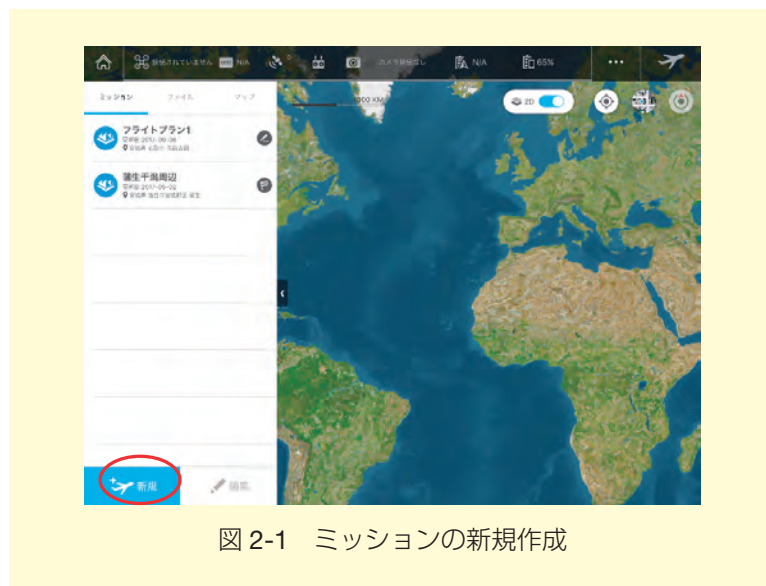


図 2-1 ミッションの新規作成

続いて、新規ミッションのモード選択画面では「計測撮影領域モード」を選択します。



図 2-2 計測撮影領域モードの選択

次の画面では「地図上指定」を選択します。



## ② 飛行範囲の設定

地図上の任意の場所をタップすると下のような画面になります。

青い枠内が撮影範囲になるので、撮影予定の形に変えていきます。角を移動させるには○をドラッグします。角を増やすには+マークをドラッグします。角を選択し、下の図の赤枠で囲った箇所の矢印ボタンをタップすることで位置の微調整ができます。また直接緯度経度を入力することもできます。角を選択した状態で、赤枠左下のごみ箱アイコンをタップすることで選択した角を削除することができます。



### ③ 飛行高度（撮影高度）の設定

飛行高度を設定する前にカメラモデルの設定を行います。使用する機種によってカメラの性能が異なるため事前に設定しておく必要があります。下の図の赤枠で囲まれた箇所をタップし、使用するカメラモデルを選択します。

撮影するための飛行高度を設定するには、青枠で囲った箇所のスライダーを使用します。スライダーを動かして飛行高度を増減させると青枠上部右にある解像度の値が変化するので、必要とする解像度になるように飛行高度を設定します。飛行高度の数字部分を長押しすると「+」が表示されるので、数値を細かく増減させることもできます。



図 2-5 飛行高度の設定

### ④ ラップ率（重なり具合）の設定

ラップ率の設定は、詳細設定のページで行います。下の図の赤枠で囲まれた箇所の「詳細設定」タブをタップします。次に、青枠で囲まれた箇所でスライダーを動かして「飛行経路上（進行方向上）のオーバーラップ率」「飛行経路間（隣接コース間）のオーバーラップ率」を設定します。オーバーラップ率の数字部分を長押しすると「+」が表示されるので、数値を細かく増減させることもできます。



図 2-6 ラップ率の設定

## ⑤ 飛行ルートの設定

飛行ルートの設定には2つの項目が関わってきます。

一つ目が基本設定ページにある赤枠で示した飛行経路生成モードです。「区域内モード」では、設定した範囲内だけで飛行経路を生成します。「スキャンモード」では設定した範囲を最短でカバーするように飛行経路を生成します。スキャンモードの方が効率よく飛行できますが、安全面等を考慮し、設定した範囲外を飛ばさないように「区域モード」に設定します。



図 2-7 飛行ルートの設定



二つ目が詳細設定ページにある青枠で示したコースアングルです。コースアングルを変えることで飛行するルートが角度が変わり、飛行予定時間が増減します。飛行時間が短くなるようにコースアングルを設定することで、効率よく撮影できます。なお、各ポイント間の距離は1～2000mの範囲に収まるように設定します。左の値の範囲外の距離で設定することはできませんが、飛行時にエラーが出るため飛行開始できません。



図 2-8 コースアングルの設定

## ⑥ 撮影モードの設定

撮影モードの設定は下の図の赤枠で囲った箇所で行います。「ホバリング撮影」では、機体が一歩停止し、ホバリングを行って撮影します。ローリングシャッター現象が起きにくく精度が高くなります。「等時間間隔で撮影」では、機体は停止せずに一定の時間ごとに撮影を行います。「等距離間隔で撮影」では、機体は停止せずに一定の距離ごとに撮影を行います。等時間・等距離間隔ではスピーディーに撮影できます。

画像の精度や撮影にかけられる時間を考慮して、適切なモードを選択します。



図 2-9 撮影モードの設定

### ⑦ ミッション完了時動作の設定

ミッション完了時に行う動作の設定は下の図の赤枠で囲った箇所で行います。「自動帰還」ではあらかじめ設定した高度を保ったまま離陸地点に戻ってきます。「ホバリング」では最後の撮影地点でホバリングを行います。「自動着陸」では最後の撮影地点で着陸します。安全面を考慮して「自動帰還」もしくは「ホバリング」を設定します。「自動帰還」を設定する場合には周辺の建物や樹木等より高くなるような高度に設定します。



図 2-10 ミッション完了時動作の設定

## ⑧ その他の設定

「カメラ方向」は飛行コースに対して機体・カメラの角度を設定する項目ですが、特別な理由がない限りは「コースと平行」を選択します。「飛行速度」は⑥でホバリング撮影を選んだ場合のみ任意の速度に変更できます。それ以外では自動的に設定され変更することはできません。「マージン」は指定した撮影範囲に対してマージン（余白）を設定します。特別な理由がない限りは0mで問題ありません。「ジンバルピッチ」はカメラの角度です。 $-90^{\circ}$ （鉛直方向） $\sim 0^{\circ}$ （水平方向）の範囲で設定できますが、特別な理由がない限りは $-90^{\circ}$ で問題ありません。

## ⑨ 飛行時間の確認

全てを設定すると「飛行予想時間」「必要なバッテリー本数」が下の図の赤枠で示した個所に自動で算出されます。

最後に、青枠で示した個所をタップしてミッションを保存します。ミッション名を変更するには緑枠の鉛筆マークをタップして編集します。また、ミッション一覧画面でミッションを左にスワイプすることで保存したミッションのコピーや削除を行うことができます。



図 2-11 飛行時間の確認とミッションの保存

## 2.3 飛行・撮影の実施

飛行計画が策定できたら、実際に撮影を行います。撮影の手順は、①天候の確認、②撮影場所の確認、③対空標識の設置、④飛行・撮影、となります。

### ① 天候の確認

安全に撮影できる天候かどうか確認します。雨や雪が降っていないか、霧が出ていないか、風速は 5 m/s を越えていないか、落雷の予報は出ていないか等の気象状況を確認します。少しでも危険を感じたら飛行させることは控えましょう。「飛ばさない勇氣」を持つことが大事です。また、画像の質に関わる明るさや水面反射についても気をつける必要があります。

### ② 撮影場所の確認

実際の撮影場所が、飛行計画と相違ないかを確認します。撮影範囲内に第三者がいないか、飛行させるルート上に障害物がないかなどを確認します。

### ③ 対空標識の設置

地上基準点に対空標識を設置します。対空標識の設置方法については、次章で説明します。

### ④ 飛行・撮影

手動で操縦する場合は、飛行計画に基づき、安全に注意して飛行・撮影を実施します。以下では DJI GS Pro を使用する場合について、手順を説明します。

以下の図の右上のある赤枠で囲った「飛行機アイコン」をタップすると飛行開始となります。ドローンが地上で静止している状態でも、空中でホバリングしている状態でも飛行開始できます。なお、ドローンの飛行モードを F モード（Phantom 3 Pro の場合）または P モード（Phantom 4 Pro の場合）にしておきます。



図 2-12 飛行の開始

飛行機アイコンをタップすると以下のようなチェック画面になります。機体の状態や衛星の補足数などが表示されます。各項目に問題がなければ緑字になり、赤枠で囲んだ飛行開始が選択できます。飛行に問題があると赤字になり飛行開始が選択できません。その場合は赤字になった項目を確認してください。飛行開始をタップするとモーターが回転して離陸します。

撮影が終了すると 2.2 の⑦で設定した動作に移行します。周囲の安全を確認してドローンを着陸させます。



図 2-13 チェック画面



飛行を中断させるには以下の図の右上にある青枠で囲んだ「一時停止アイコン」をタップしてください。ただちに機体はホバリングし、ミッションは中断され、機体の操縦は自由に送信機から行えるようになります。



図 2-14 飛行の中断

飛行を再開させるには以下の図の右上にある赤枠で囲んだ「再生アイコン」の下にある再開の一覧から選択してください。

#### (1) 前回中断した場所から再開

機体は中断した場所に戻りミッションを再開します。飛行時間が長くバッテリーの交換が必要な時は、ミッション中断後に手動で機体に戻し、バッテリーを交換したのち、このモードで飛行を再開してください。また、再開は中断直後でなくとも再開できます。中断中のミッションがある場合は、ミッション一覧の該当ミッションの脇に一時停止アイコンが表示された状態になっていますので、該当ミッションをタップし飛行を再開してください。

#### (2) 最初の地点から再開

機体はスタート位置に戻りミッションを最初からやり直します。

#### (3) 現在のミッションを取り消す

中断したミッションを再開することなくキャンセルします。

#### (4) ミッション一覧へ戻る

ミッションの一覧表示画面に戻ります。



図 2-15 飛行の再開

## 2.4 ドローンを安全に運用するための注意事項

ドローンを安全に運用するための注意事項を以下に示します。

### ① 飛行時の注意点

- (1) ドローンが予期しない動きをした際に、プロペラが人体にぶつくと重大な怪我をする恐れがあります。怪我を防止するために、飛行の際には長袖・長ズボン・保護メガメ・ヘルメット・手袋等を着用しましょう。
- (2) 操縦者は、操縦に集中しているため周辺の安全確認や第三者への対応が難しくなります。それらを補助するため、少なくとも2名1組で飛行を行う必要があります。
- (3) 飛行を行った際には、「飛行日」「飛行・着陸時間」「飛行・着陸場所」「飛行時間」等を記録しておきます。⑤で説明する許可承認申請の際に必要になります。
- (4) 第三者の土地の上空を飛行させる場合、所有権の侵害とされる可能性があります。どうしても飛行させる必要があるときは、土地の所有者の承諾を得る必要があります。
- (5) ドローンは離陸時および着陸時に姿勢が不安定になりやすい傾向があります。離着陸は広いところで行いましょう。

### ② 飛行訓練

飛行技能の維持・向上のために定期的に飛行訓練を行う必要があります。DJI GS Pro アプリを使用すると、ほとんどが自動操縦で行われる設定となりますが、飛行中にGPSの補足数が足りなくなると手動に切り替わります。このような事態に備え、手動で操作する技術を維持・向上させる必要があります。

### ③ ドローンのメンテナンス

日常的に機体のメンテナンスを行うことで、飛行時のトラブルを少なくすることができます。メンテナンスは、「日常的に行うもの」「飛行直前に行うもの」「飛行開始時に行うもの」「飛行後に行うもの」等があります。詳細なメンテナンス内容については DJI 社の安全飛行 / 点検項目のページ<sup>\*4</sup> を参考にしてください。

### ④ 法規制

2.1 の①で示した規制以外にも以下の 3 つの規制があります。これらの規制にかかる飛行を行う場合には地方航空局長への承認申請が必要となります。

- (1) 祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行させないこと
- (2) 爆発物など危険物を輸送しないこと
- (3) 無人航空機から物を投下しないこと

### ⑤ 許可承認申請

2.1 ①および 2.4 の④で説明した航空法の規制の対象となる場合には、地方航空局長や空港事務所長への許可承認申請が必要となります。詳細は国土交通省の HP<sup>\*5</sup> の「3. 許可・承認の申請手続について」を参考にしてください。なお許可承認を得るためには一定以上の技能を有している必要があり、また 10 時間以上の飛行経験を積んでいる必要があります。

### ⑥ 墜落時の対応

飛行時に墜落や機体の紛失などの事故が起きた際には、関係各所に連絡する必要があります。具体的には、人の死傷、第三者物件の損傷、飛行時における機体の紛失、航空機との衝突や接近といった事案が発生した場合には、状況に応じて警察や消防に連絡をします。また許可承認申請の有無に関わらず国土交通省への情報提供を行います。情報提供については国土交通省の HP<sup>\*6</sup> の「5. 無人航空機による事故等の情報提供」を参考にしてください。

<sup>\*4</sup> <http://www.dji.com/jp/flysafe/check>

<sup>\*5</sup> [http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)

<sup>\*6</sup> [http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)

## 3

## 地上基準点 (GCP) の測量

ドローンでの撮影と同時に地上基準点の測量も実施します。地上基準点とは、撮影範囲内に設置する位置と高さの基準点で、次章で説明する SfM ソフトの解析に使用します。

ここでは、地上基準点のレベル測量の方法と、地理院地図を利用した座標と標高値の取得方法について説明します。

### 3.1 地上基準点のレベル測量

地上基準点の高さを計測するためにレベル測量をおこないます。レベル測量は、①地上基準点の選定、②対空標識の設置、③レベル測量の実施、の手順をおこないます。

#### ① 地上基準点の選定

地上基準点は、以下の条件を満たす場所を選定して、撮影範囲内に複数設置します。

- (1) 撮影範囲を囲むように配置し、その内部にも複数点配置する。
- (2) 標高が高い部分と低い部分になるべく 1 点は含まれるように配置する。
- (3) レベル測量が実施できる平らな場所に配置する。
- (4) 地理院地図から座標が取得しやすい圃場の交差点などの特徴のある場所に配置する。

地上基準点は、最低 3 点以上あれば解析可能ですが、精度を確保するためには、少なくとも 10 ～ 15 地点は設置します。配置の間隔は、レベル測量の最大視準距離を超えない範



図 3-1 地上基準点の設定イメージ



囲（30～80 m程度）で設置できると効率的です（図3-1）。また，地上参照点の他に，検証点として2～3点を別に設置できると，後から精度の検証もおこなえます。

## ② 対空標識の設置

対空標識は，地上基準点に設置する一時的な標識で，ドローンで撮影した画像における地上基準点の目印となります。図3-2のように，撮影した画像から中心位置が判別しやすい模様になっています。なお，対空標識を設置しない場合は，ドローンで撮影した画像から測量場所が分かるように，地上基準点の場所を別途記録しておきます。



図 3-2 対空標識

## ③ レベル測量

地上基準点でレベル測量を実施します。レベル測量では，地上基準点の相対的な高さを計測します。地上基準点の中間に機器を設置し，前視と後視のスケールの値から，高低差を計算します。ベンチマークとなる地上基準点の高さを0として，すべての地上基準点の相対高度を計測し記録しておきます。



図 3-3 レベル測量の様子



### 3-2 地理院地図より座標と標高値を取得

地理院地図を利用して、地上基準点の座標を取得します。また、ベンチマークとなる地上基準点の標高値を取得します。値の取得は以下の手順でおこないます。

- (1) ブラウザで地理院地図<sup>\*7</sup>にアクセスします。
- (2) 撮影範囲に移動して、画面左上にある「情報」ボタンの「ベースマップ」タブから「写真」を選択します。
- (3) 中心に表示されている十字マークを地上基準点に合わせます。
- (4) 画面下の座標パネルを表示させ、緯度、経度、標高値を記録します。緯度、経度は、十進数の値を記録します。標高値は、レベル測量のベンチマークとなる地点のみ記録しておきます。地理院地図から取得した標高値は、レベル測量で計測した高さを標高値に変換するために使用します。

場所によっては、ベースマップの「写真」以外にも、より詳細な地図や写真が公開されている場合があるので、それらを利用しても良いでしょう。



図 3-4 地理院地図から座標値と標高値を取得

<sup>\*7</sup> <https://maps.gsi.go.jp>

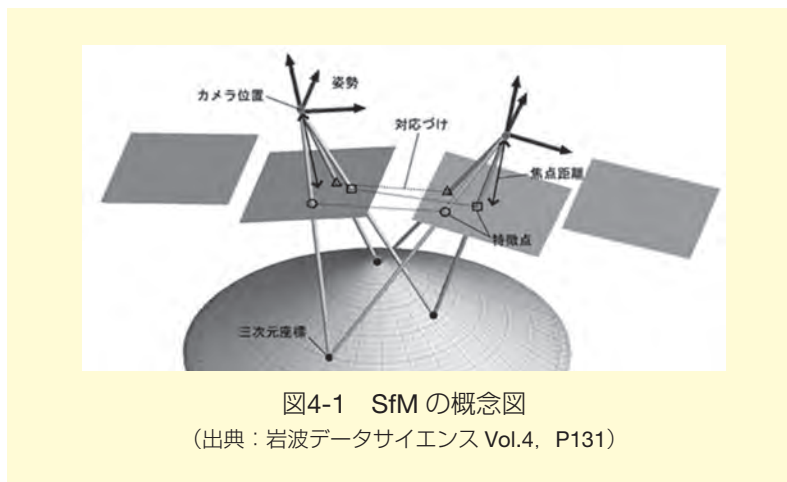
## 4

Agisoft Photoscan Professional による  
地表高データの作成

ドローンで撮影した画像と地上基準点から Agisoft Photoscan Professional を利用し、地表高データ (DSM) を作成します。

#### 4.1 Agisoft Photoscan の概要

Agisoft Photoscan は、SfM・MVS と呼ばれる手法で、3次元の物体を複数の観測点から撮影した画像から復元できるソフトです。主な処理内容は、(1)画像の特徴点の抽出、(2)画像間の特徴点の対応づけ、(3)カメラ位置とカメラパラメータの推定、(4)疎な点群の構築、(4)高密度な点群の構築、(5)ポリゴンメッシュの構築、(6)テクチャーの構築、(7)オルソモザイクの構築、(8)デジタルエレベーションモデルの構築 (DSM も含む) などです。Agisoft Photoscan を利用すると、これらの処理を簡単に実行することができます。



#### 4.2 データ処理の手順

Agisoft Photoscan Professional を利用したデータ処理の方法を順に説明します。事前に、ドローンで撮影した画像、地上基準点の計測値、地理院地図で取得した地上基準点の座標およびベンチマークの標高値を用意しておきます。

##### ① 写真の読み込み

メニューの「ワークフロー」から「写真を追加...」を選択して、ドローンで撮影した写真を読み込みます。ツールバーの「カメラ表示ボタン」が選択されていれば、写真の EXIF 情報に記録されている緯度、経度、高度から、おおよその撮影位置が青丸で表示されます (図4-2)。

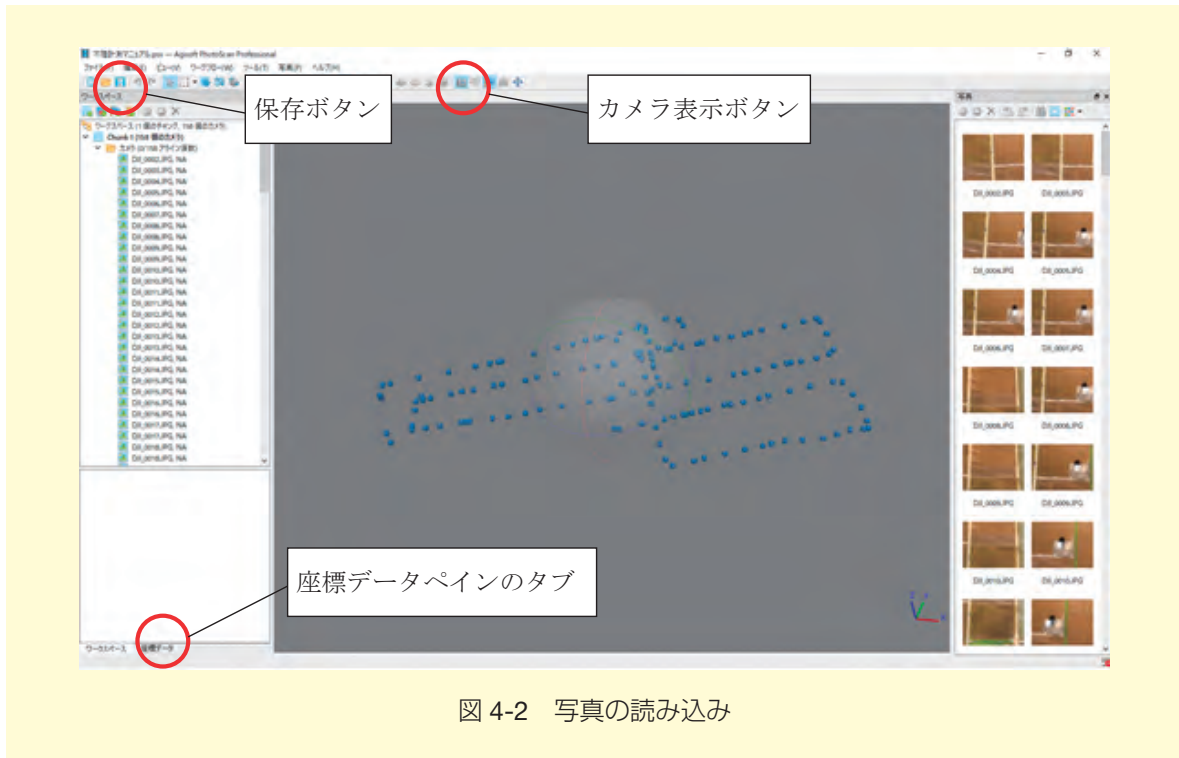


図 4-2 写真の読み込み

「座標データペイン」を開き、「ソースを表示」ボタンを押すと、撮影位置の緯度、経度、高度を確認できます。なお、現時点（2017年9月）において、Phantom 3 ProfessionalのEXIFに記録される高度は、GPSで計測した楕円体高になっています。また、GPSで計測した高度は、誤差も大きいいため、撮影高度とはズレた値となっているのでご注意ください。

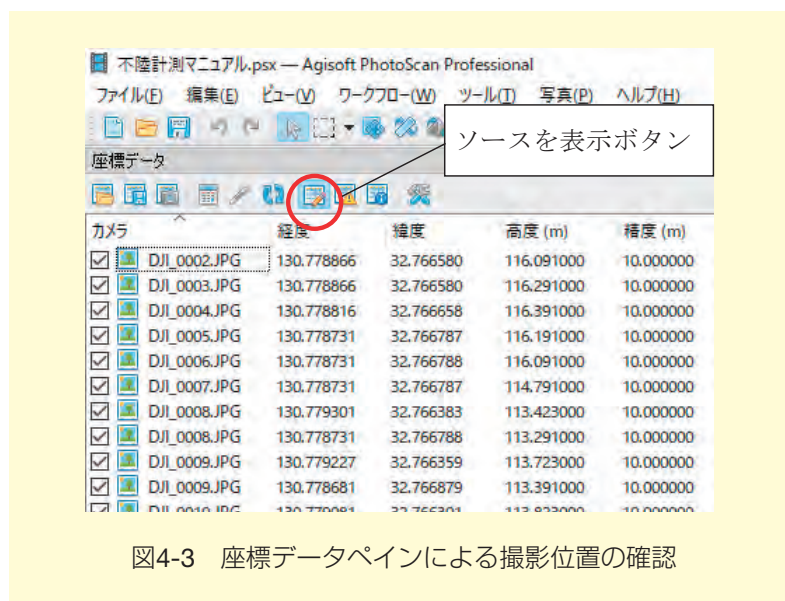


図4-3 座標データペインによる撮影位置の確認

メニューの「ツール」から「カメラキャリブレーション...」を選択すると、カメラの情報を確認できます。図4-4の例だと Phantom 3 Pro のカメラは、FC300X というフレームカメラで、焦点距離が 3.61mm、画像サイズが 4000 × 3000pix (pixel の略)、画像センサーのピクセルサイズ (1 ピクセルの大きさ) が 0.00156192 × 0.00156192mm ということが分かります。また、カメラパラメータの基準値では、焦点距離  $f$  (ピクセル単位) に 2311.25 ( $=3.61/0.00156192$ ) がセットされています。また、主点のずれ  $cx, cy$ 、半径方向の歪み  $k1, k2, k3, k4$ 、円周方向の歪み  $p1, p2, p3, p4$ 、せん断歪み  $b1, b2$  には 0 がセットされています。なお、カメラキャリブレーションを別途実行している場合は、その値をパラメータにセットしておくこともできますが、ここでは行いません。

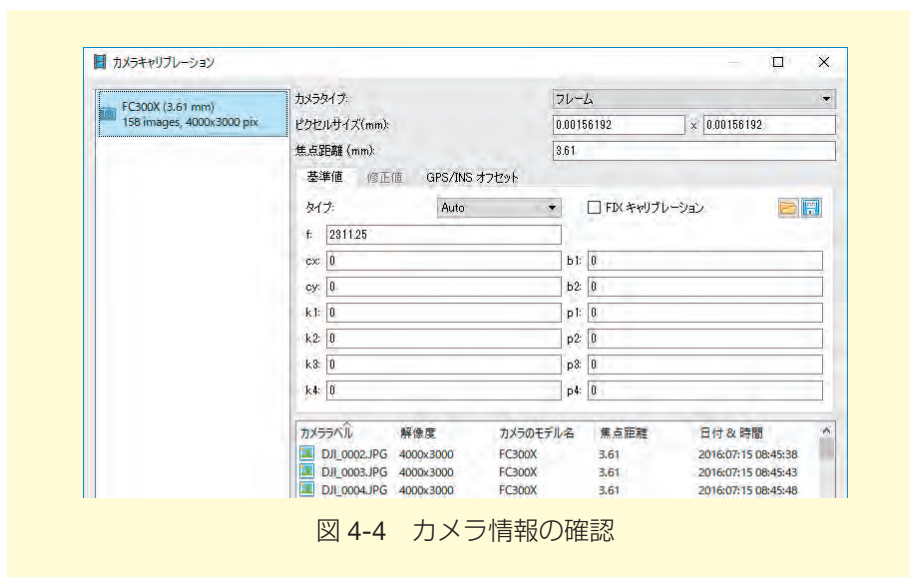


図 4-4 カメラ情報の確認

ツールバーの「保存」ボタンを押し、Photoscan のプロジェクトファイルを保存しておきます。以後、作業ごとにプロジェクトファイルを保存しておいてください。

## ② 写真のアライメント

写真から特徴点 (キーポイント) を抽出し、そこから画像間で対応づけ可能な特徴点 (タイポイント) の選択を行います。また、タイポイントから撮影位置を推測し、タイポイントの三次元座標 (疎な点群) を構築します。

メニューの「ワークフロー」から「写真のアライメント...」を選択し、設定画面を開きます (図4-5)。

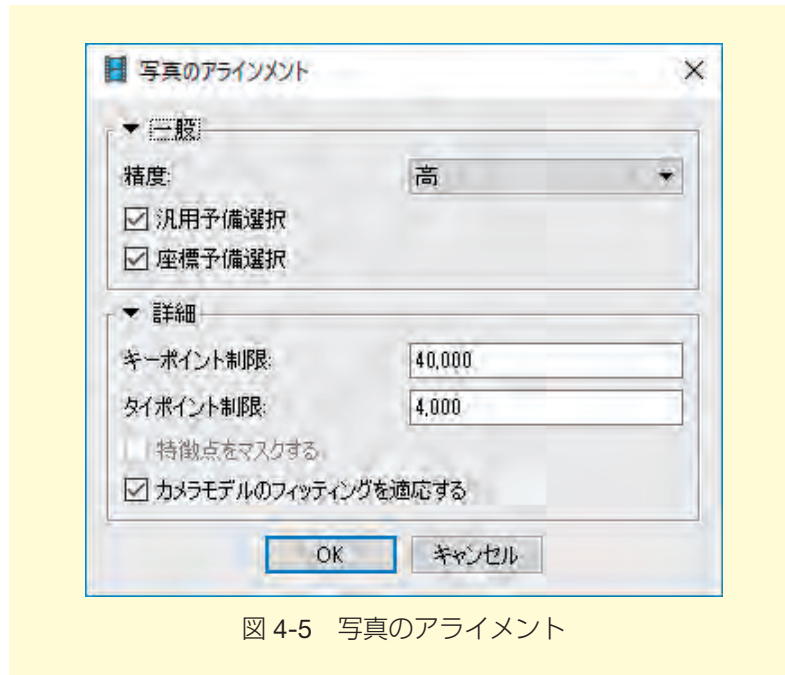


図 4-5 写真のアライメント

- (1) 「精度」は、特徴点を抽出する際の画像サイズで、「最高」はオリジナル画像を縦横 2 倍に拡大したもの、「高」はそのまま、「中」は縦横 1/2 倍、同様に「低」は 1/4 倍、「最低」は 1/8 倍となります。ここでは「高」を選択しておきます。
- (2) 「汎用予備選択」は、タイポイントの抽出を高速化するために、最初に低精度の設定で処理を実行しておき、オーバーラップしている画像を選択する設定です。「座標予備選択」は、同じく画像の位置情報でオーバーラップしている画像を選択します。ここでは、どちらもチェックを入れておきます。
- (3) 「キーポイント制限」は、画像 1 枚あたりの特徴点の上限数で、「タイポイント制限」は、画像 1 枚あたりの画像間に対応づけする特徴点の上限数です。値を 0 に設定すると無制限になりますが、信頼度の低いポイントが多く抽出される可能性があります。ここでは、「キーポイント制限」を 40,000、「タイポイント制限」を 4,000 としておきます。
- (4) 「カメラモデルのフィッティングを適応する」は、推測可能なカメラパラメータを自動で選択、修正するかどうかの設定です。推測可能なカメラパラメータは、画像を撮影した際のカメラの配置で決定されます。ここでは、チェックを入れておきます。チェックしない場合は、焦点距離  $f$ 、主点のずれ  $cx, cy$ 、半径方向の歪み  $k1, k2, k3$ 、円周方向の歪み  $p1, p2$  のみが選択、修正されます。

「OK」ボタンを押すと、処理が実行され、推定されたカメラ位置とタイポイントの三次元座標（疎な点群）が表示されます（図4-6）。



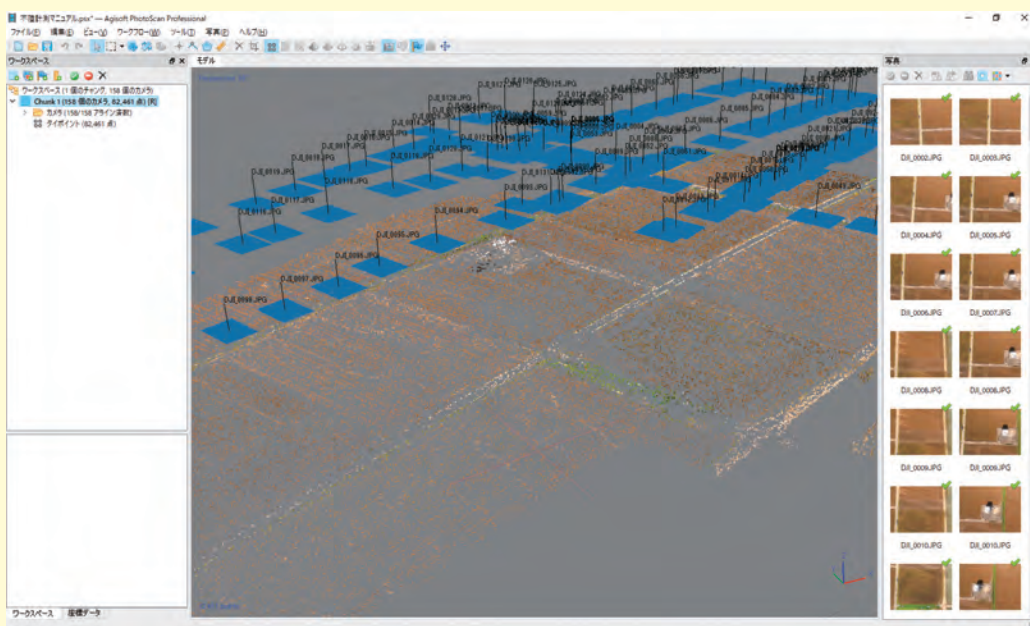


図 4-6 推定されたカメラ位置とタイポイントの三次元座標（疎な点群）

### ③ マーカーの配置

ドローンで撮影した画像から地上基準点（GCP）を探し、すべての画像にマーカーを配置します。マーカーの配置は、以下の手順でおこないます。

- (1) 写真ペインから地上基準点が写っている画像をダブルクリックして、画像を表示します。同じ基準点が写っている画像は複数あるので、良く写っているものを選びます（図4-7）。
- (2) 拡大ボタンかマウスホイールで画像を拡大し、地上基準点の中心で右クリックし、「マーカー作成」を選択します。対空標識を設置した場合は、標識の中心で、設置していない場合は、基準点を設置した際の目印（道路の交差点など）を参考にします（図4-7）。
- (3) ワークスペースペインから作成したマーカーを選択し、右クリックで「マーカーでフィルタリング」を選択すると、写真ペインにマーカーが写っている画像のみが抽出されます（図4-8）。
- (4) 抽出された写真を表示して、マーカーがずれている場合は、マーカーをドラッグして微調整をします。微調整が済んだ画像は青いフラグが緑色に変わります。
- (5) すべての地上基準点に対し（1）～（4）を繰り返して、マーカーを配置します。

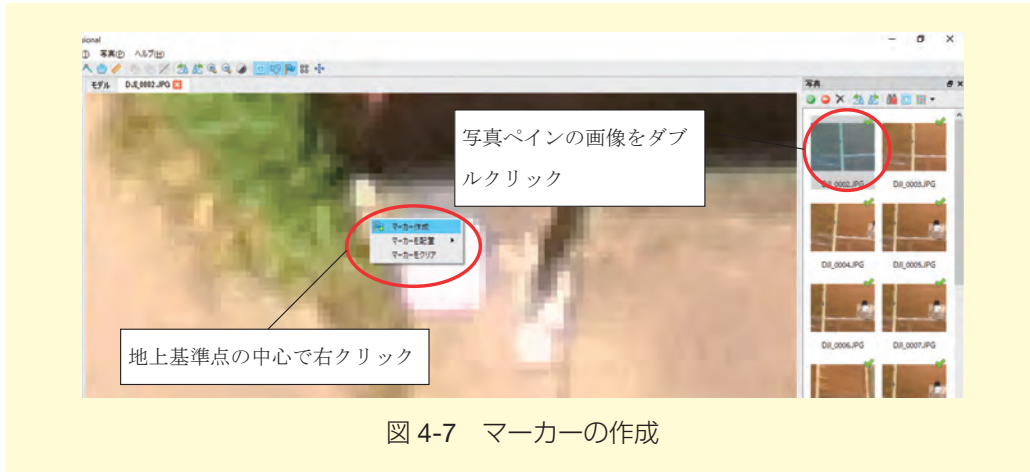


図 4-7 マーカーの作成

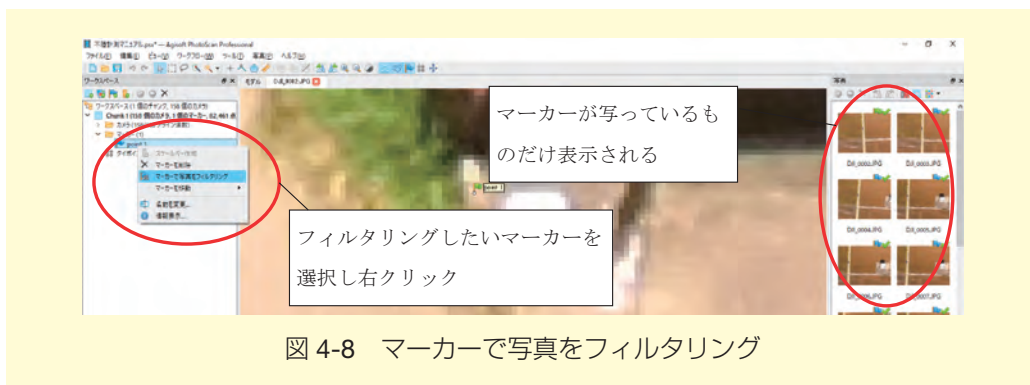


図 4-8 マーカーで写真をフィルタリング

#### ④ マーカーの座標を入力

配置したマーカーに地上基準点の座標を入力します。座標は Photoscan で直接入力することも可能ですが、ここでは別途 CSV ファイルに入力して、それを読み込みます。メモ帳などのテキストエディタで以下のように入力し CSV 形式で保存します。EXCEL に入力して、CSV 形式で保存する方法でも構いません。

```

LABEL,X,Y,H
point 1,130.778937,32.766627,4.100
point 2,130.779112,32.766634,3.935
point 3,130.779387,32.766087,3.860
以下、ポイントの数だけ入力

```

LABEL の列は、配置したマーカーの名前と同じになるように入力します（マーカー名を変更していなければ、point と数字の間にスペースが入っているので注意してください）。X 列に経度、Y 列に緯度を入力します。H 列は、地理院地図で取得したベンチマークとする地上基準点の標高値にレベル測量で計測した相対高度を足し合わせた値を入力します。

座標データペインの「インポート」ボタンを押して、計測値を入力した csv ファイルを選択します。ウィンドウが開くので、「座標系」が WGS84 (EPSG:4326) になっているのを確認し、「デリミター」でコンマを選択、「列」で対応する列番号を入力します。「列のインポートを開始（行の間違い）」は、一行目には列名が入っているため、2 を入力します。

「OK」ボタンを押すと座標データペインのマーカ一覧に座標がインポートされます。



図 4-9 マーカーの座標を CSV からインポート

## ⑤ カメラを最適化

地上基準点となるマーカーを配置したので、これをもとにカメラ位置、カメラパラメータ、タイポイントの三次元座標を再度計算（カメラを最適化）します。

まず、精度の設定を確認しておきます。座標データペインの「設定」ボタンを押すとウインドウが開くので、「計測精度」と「画像の座標精度」を確認します。「計測精度」における、「カメラ精度」はドローンに搭載されている GPS の座標精度で約 10m、マーカー精度は地上基準点の座標精度なので理想的な値として約 0.005m となっています。「画像の座標精度」における「マーカー精度」は、画像にマーカーを配置した際のピクセル精度で 0.1pix、「タイポイント精度」は画像間のマーカーのずれで 1pix としておきます。

※計測精度の「マーカー精度」を大きな値に変更すると、上手くカメラを最適化することができないので注意してください。

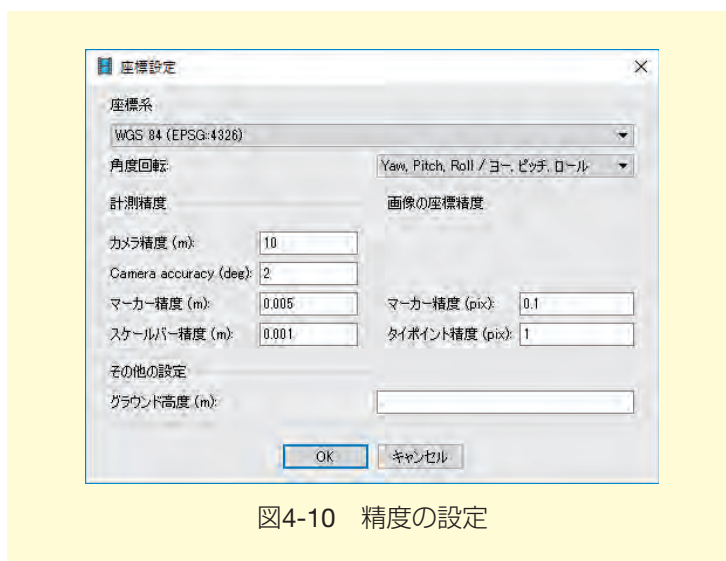


図4-10 精度の設定

次に「カメラを最適化」に使用する座標を選択します。精度の低いカメラの座標は使用せず、マーカーの座標を使用します。また、検証点を設置する場合は、検証点となるマーカーも使用しません。

座標データペインの画像をすべて選択した状態で、右クリックし「チェックを外す」を選択します。また、検証点として使用するマーカーを残し、それ以外のマーカーをチェックします。



図 4-11 カメラの最適化に使用する座標を選択

最後に、座標ペインの「カメラを最適化」ボタンを押すと、最適化するカメラのパラメータを選択するウィンドウが表示されますが、パラメータは、そのままにしておき、「OK」ボタンを押して実行します。

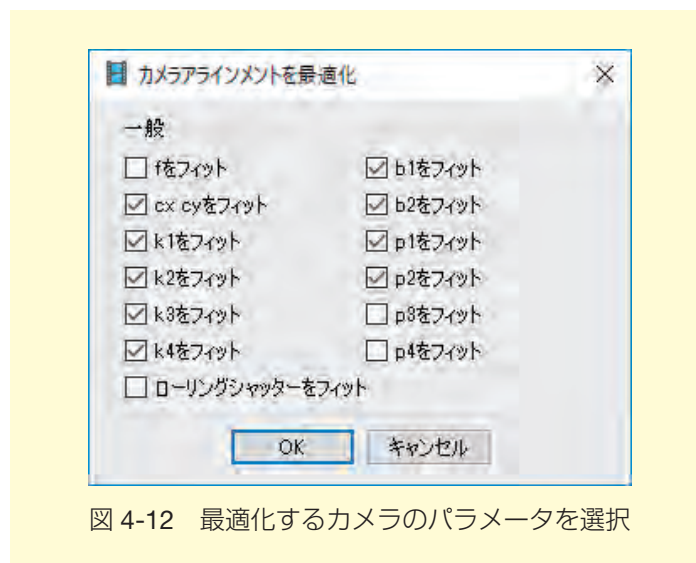


図 4-12 最適化するカメラのパラメータを選択



カメラを最適化すると、カメラパラメータが修正されます。メニューのツールから「カメラキャリブレーション...」を選択し、「修正値」タブを開くと修正されたカメラパラメータを確認できます。

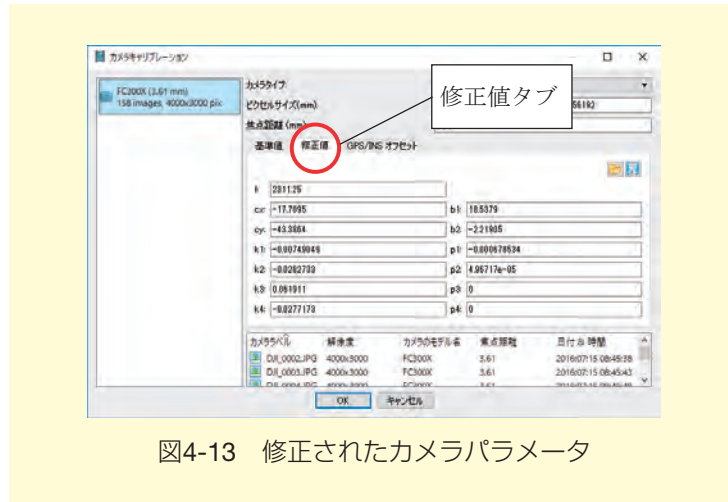


図4-13 修正されたカメラパラメータ

カメラパラメータが修正されたので、再計算されたマーカーの座標値と、もとの座標値との誤差も確認しておきます。座標データペインで「エラーを表示」ボタンを押すとマーカーの一覧表の下に、コントロールポイントとチェックポイントの誤差が表示されているので、許容できる範囲かどうかを確認します。

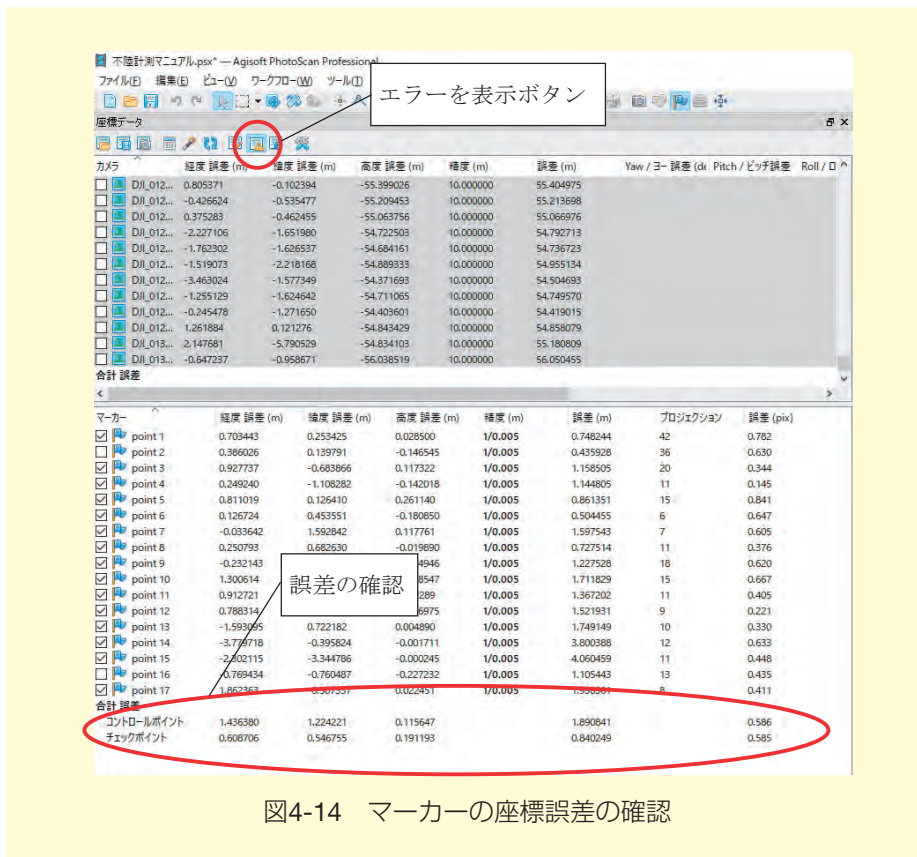


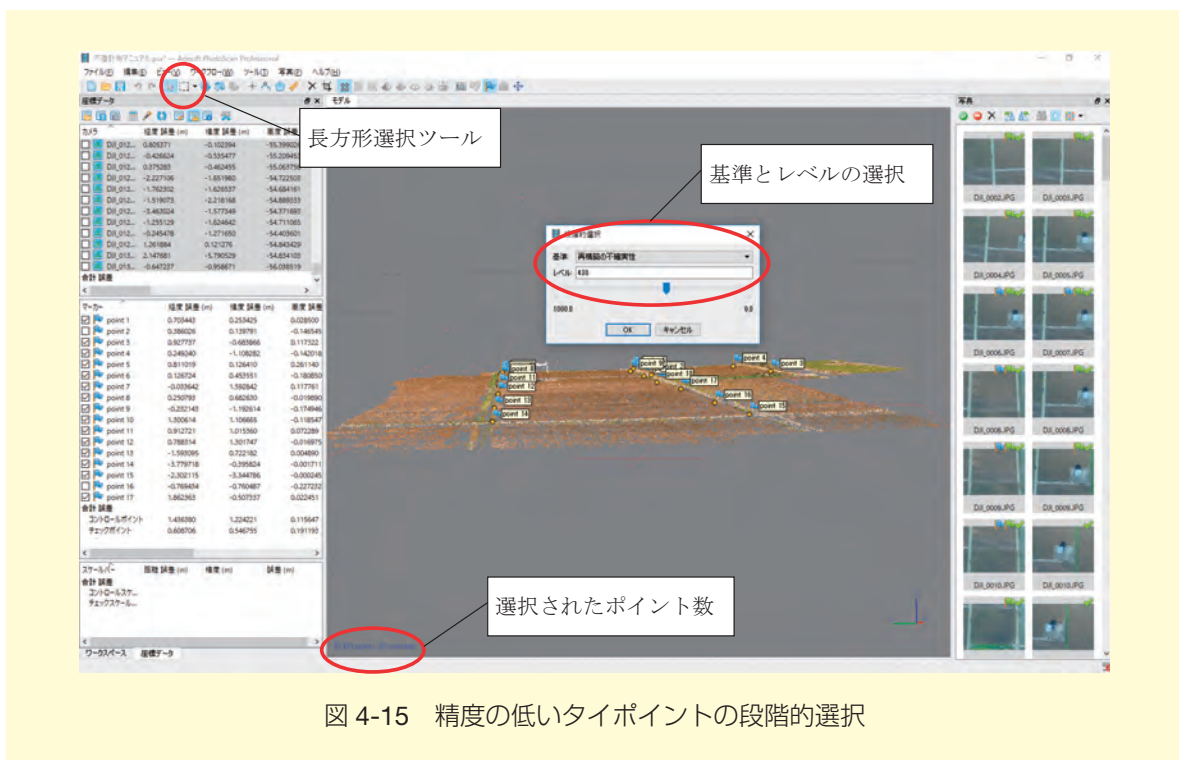
図4-14 マーカーの座標誤差の確認



## ⑥ 精度の低いタイポイントの削除

「カメラの最適化」をしても誤差が許容範囲とならない場合や、もっと精度を上げたい場合は、精度の低いタイポイントを削除し、再度「カメラの最適化」をします。

明らかに精度の悪いタイポイント（空中に浮いているなど）は、ツールバーから「長方形選択」ボタンなどを使ってタイポイントを選択し、メニューの編集から「選択範囲を削除」を選び削除します。また、メニューの「編集」から「段階的選択」を選ぶとウィンドウが開くので、「基準」から適切なものを選び、「レベル」を指定します。レベルに応じて、タイポイントが選択されるので、同様に精度の低いタイポイントを削除します。選択されているポイント数は、画面の左下に表示されます。



精度の低いタイポイントを削除したら、「カメラを最適化」して、誤差を確認します。

## ⑦ 高密度な点群の構築

カメラを最適化できたら、それをもとに高密度な点群を構築します。メニューの「ワークフロー」から「高密度（Dense）クラウド構築...」を選択します。「品質」は、写真のライメントの時と同じく、点群を作成する際に使用する写真のサイズが異なります。高品質ほど、詳細で地形の再現性が良いものが作成されますが、その分時間がかかります。ここでは「高」を選択しておきます。「深度フィルタ」は、構築する点群の外れ値を削除するための設定です。深度フィルタを「強」にする程、外れ値が除外されますが、小さな形状が失われる可能性があります。ここでは「中」を選択しておきます。「OK」ボタンを押すと高密度な点群が作成されます。

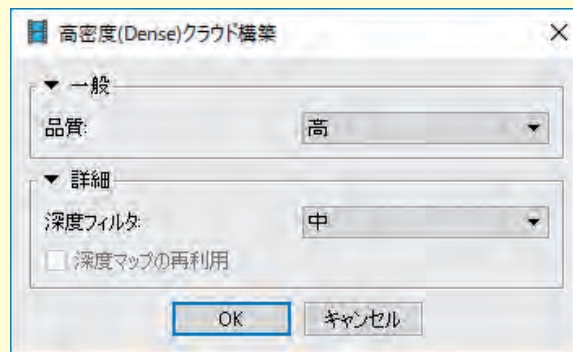


図 4-16 高密度（Dense）クラウド構築の設定

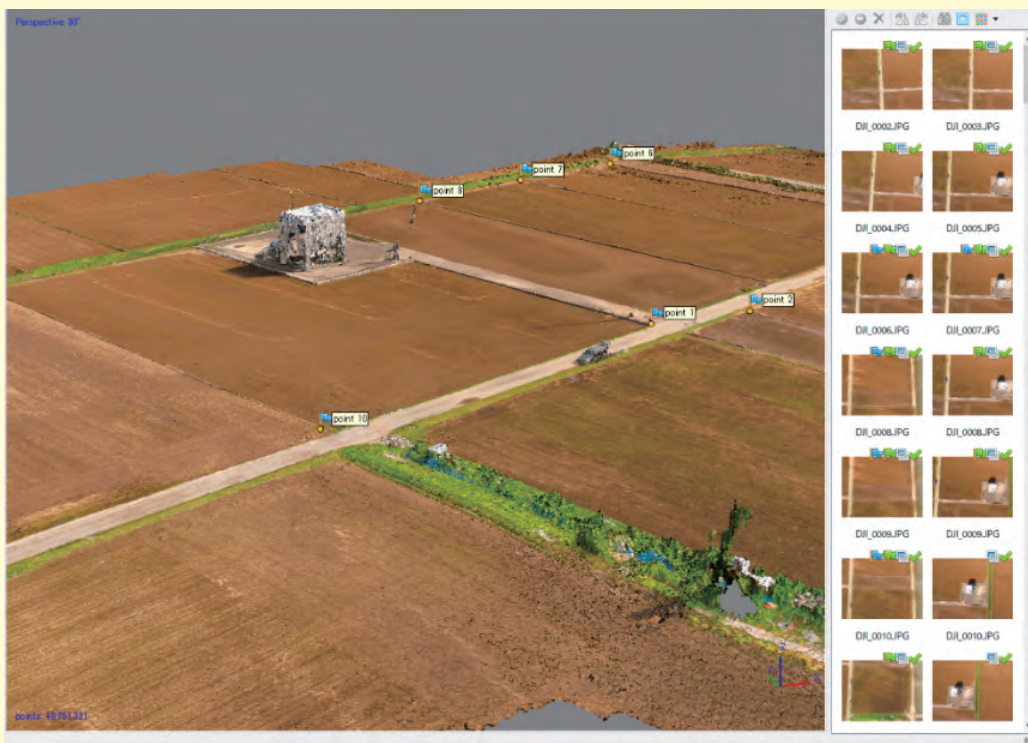


図 4-17 作成された高密度な点群

高密度な点群に不要なポイント（水面の波立ちや電線など）がある場合は、「長方形選択」ツールなどで選択し、削除しておきます。

#### ⑧ ポリゴンメッシュの構築（オプション）

高密度な点群を利用して、地表面をポリゴンの集合で表すメッシュモデルを構築します。メニューの「ワークフロー」から「メッシュ構築...」を選択し、「サーフェスタ입」を「ハイトフィールド（地平面）」、「ソースデータ」を「高密度（Dense）クラウド」に設定します。

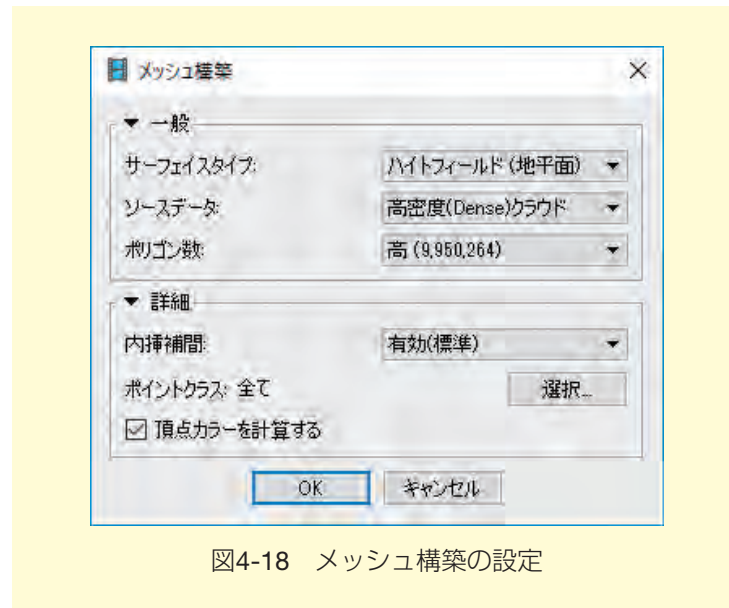


図4-18 メッシュ構築の設定

「OK」ボタンを押すとポリゴンメッシュが作成されるので、ツールバーの「シェード」「ソリッド」「ワイヤーフレーム」ボタンで表示を切り替え確認します。不要な箇所が残っている場合は、ツールバーの「高密度 (Dense) クラウド」ボタンで表示を切り替え、不要なポイントを削除しておきます。なお、⑦の時点で不要なポイントを削除できている場合は、ポリゴンメッシュを構築する必要はありません。

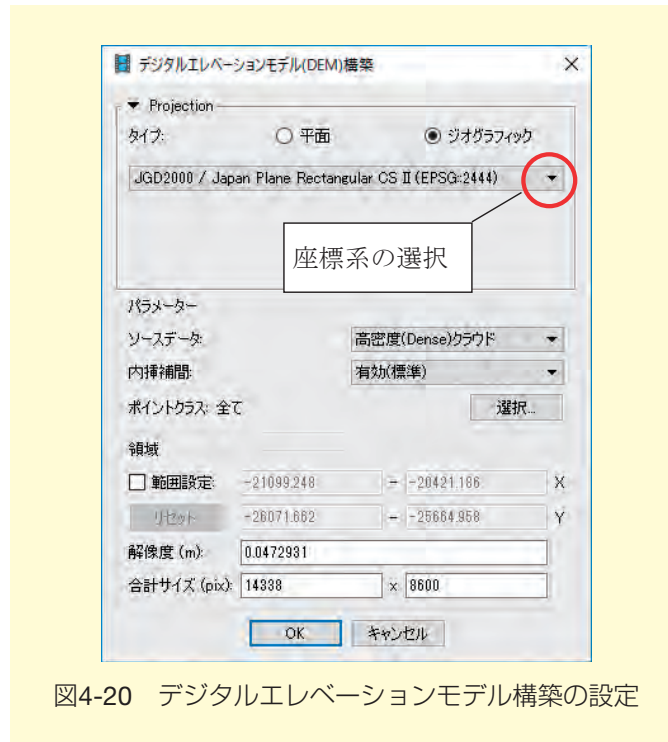


図4-19 ポリゴンメッシュのシェード表示

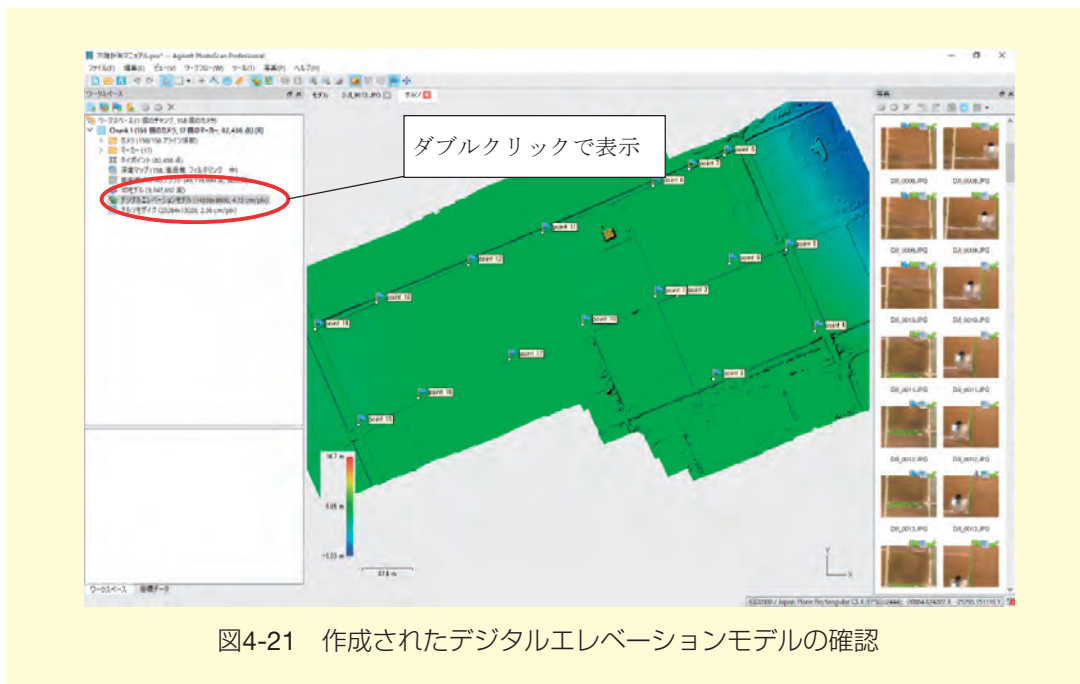
### ⑨ デジタルエレベーションモデル (DEM) 構築

高密度な点群を利用して、デジタルエレベーションモデル（厳密には DSM）を構築します。メニューの「ワークフロー」から「デジタルエレベーションモデル (DEM) 構築 ...」

を選択すると設定ウィンドウが開くので（図4-20）、「Projection タイプ」で「ジオグラフィック」を選択し、座標系をリストダウンから「もっと ...」を押し、平面直角座標系（対象地域の系番号）を選択します。「ソースデータ」は「高密度（Dense）クラウド」を選択します。「OK」ボタンを押すとデジタルエレベーションモデルが作成されます。



「ワークスペース」ペインのデジタルエレベーションモデルをダブルクリックすると作成されたモデルを確認できます。





## ⑩ オルソモザイク構築

デジタルエレベーションモデルを利用して、オルソモザイクを構築します。メニューの「ワークフロー」から「オルソモザイク構築...」を選択すると設定ウィンドウが開くので(図4-22 左)、「Projection タイプ」で「ジオグラフィック」を選択し、座標系はデジタルエレベーションモデルで選択したものと同じものになっているかを確認します。「サーフェイス」は「デジタルエレベーションモデル (DEM)」を選択します。「OK」ボタンを押すと、オルソモザイク画像が作成されます。

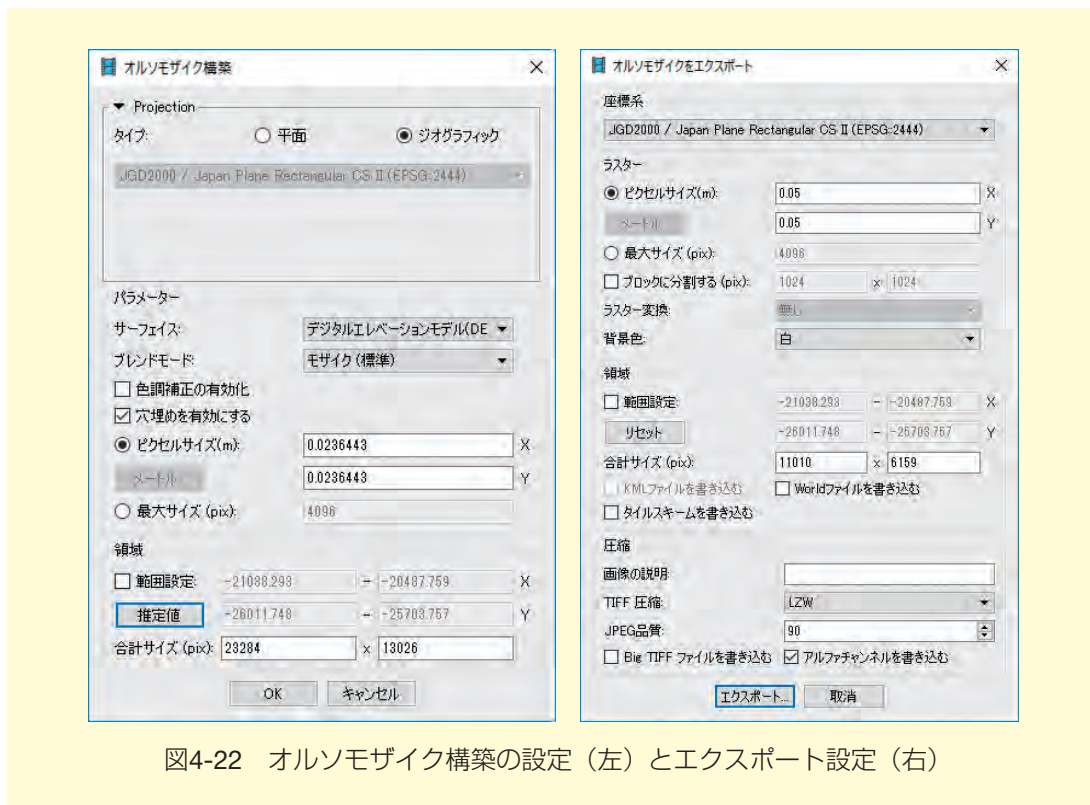


図4-22 オルソモザイク構築の設定 (左) とエクスポート設定 (右)

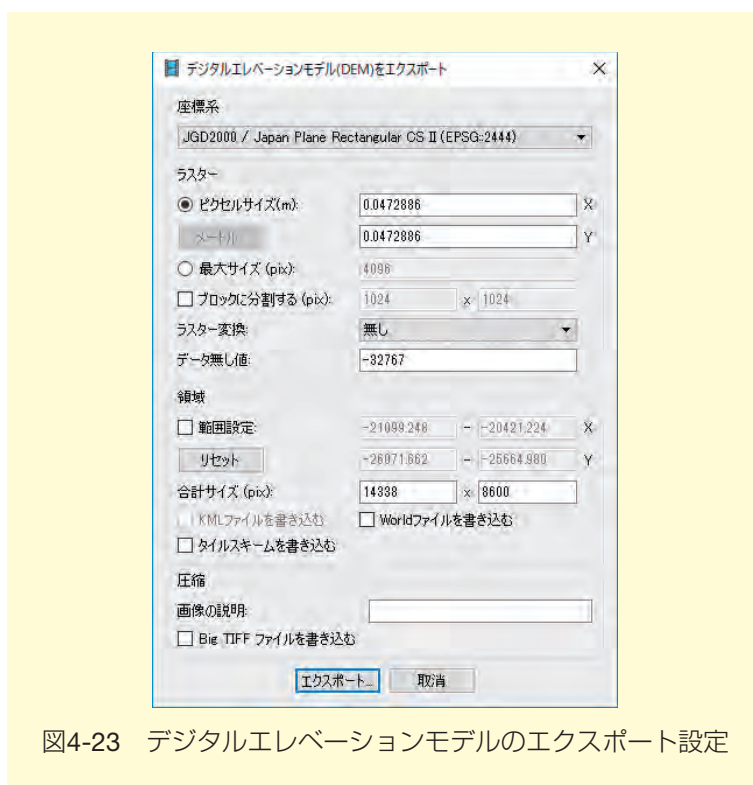
## ⑪ オルソモザイクの出力

作成したオルソモザイクをファイルに書き出します。オルソモザイクの出力は、メニューの「ファイル」から「オルソモザイクをエクスポート」を開き、「JPEG/TIFF/PNG をエクスポート...」を選択します。設定ウィンドウが開くので(図4-22 右)、「座標系」がオルソモザイクの構築で選択したものと同じになっているのを確認し、ピクセルサイズは0.05にしておきます。値を小さくすれば詳細な画像を出力できますが、その分ファイルサイズが大きくなります。「エクスポート」ボタンを押すと、ウィンドウが開くので、ファイルの種類を「TIFF/GeoTIFF」にし、ファイル名を指定して保存します。ここでは「ortho.tif」としておきます。



## ⑫ デジタルエレベーションモデルの出力

作成したデジタルエレベーションモデルをファイルに書き出します。デジタルエレベーションモデルの出力は、メニューの「ファイル」から「デジタルエレベーションモデル (DEM) をエクスポート」を開き、「TIFF/BIL/XYZ をエクスポート ...」を選択します。設定ウインドウが開くので（図4-23）、「座標系」がデジタルエレベーションモデルの構築で選択したものと同じになっているのを確認し、ピクセルサイズは変更せずデフォルトのままにしておきます。「エクスポート」ボタンを押すとウインドウが開くので、ファイルの種類を「TIFF/GeoTIFF」にし、ファイル名を指定して保存します。ここでは「dsm.tif」としておきます。



## ⑬ レポートの出力

これまでの処理の設定や、作成したオルソモザイクやデジタルエレベーションモデルの精度をレポートとして出力します。メニューの「ファイル」から「レポートを作成 ...」を選択し、タイトルを入力したら「OK」ボタンを押して、ファイル名を指定します。PDF形式のレポートが出力されるので、内容を確認しておきます。

## 5

## QGIS による不陸量の算出

Agisoft Photoscan から出力した DSM データを利用し、QGIS で不陸量の算出とレイアウト図の作成をおこないます。

## 5.1 QGIS について

QGIS は、位置情報の表示、作成、解析、印刷などができるオープンソースの GIS ソフトです。ソフトの機能は大変多く、操作の詳細をすべては説明できませんので、詳しく知りたい場合は、WEB の情報や書籍を参考にしてください。なお、本マニュアルでは、QGIS の Ver2.18 を使って操作の説明をします。

## 5.2 不陸量の算出とレイアウト図の作成手順

QGIS を使用した不陸量の算出方法と、レイアウト図の作成方法を説明します。事前に Agisoft Photoscan から出力した DSM データとオルソモザイク画像を用意しておきます。

## ① DSM データとオルソモザイク画像の読み込み

QGIS を起動して、メニューの「レイヤ」→「レイヤの追加」→「ラスタレイヤの追加...」から、作成した DSM データを選択し読み込みます。同様に、作成したオルソモザイク画像も読み込みます。

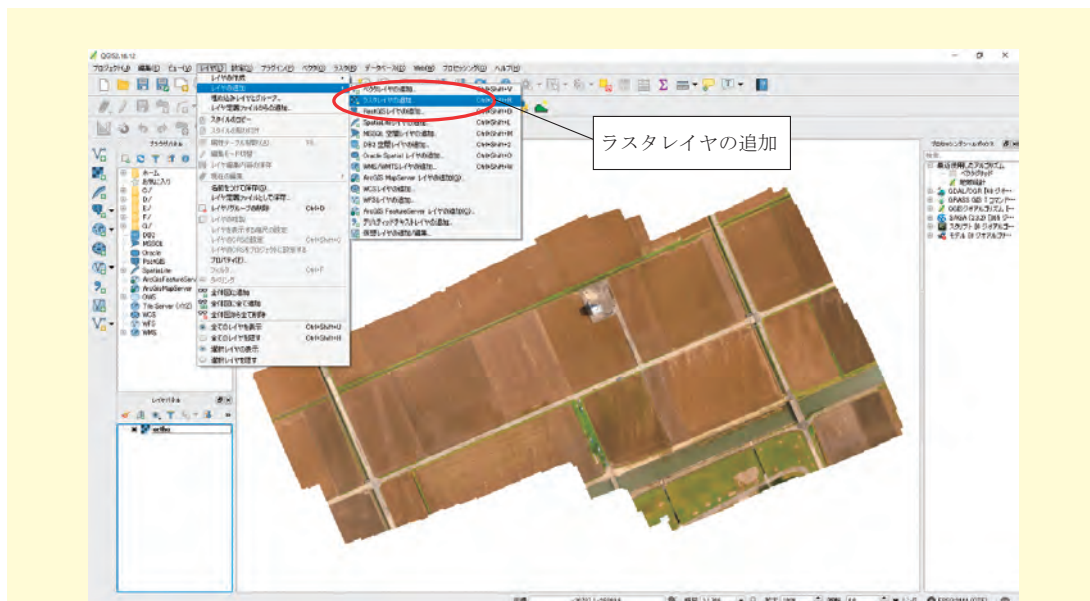
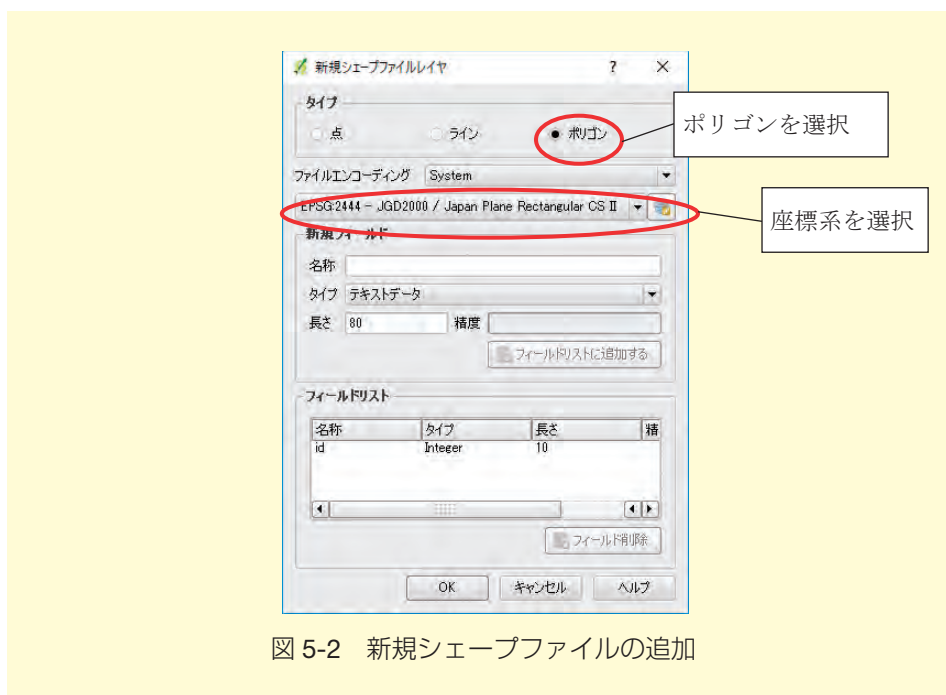


図 5-1 DSM データとオルソモザイク画像の読み込み

## ② 不陸量算出範囲のポリゴン作成

不陸量を算出する範囲のポリゴンデータを作成します。まず、新規のシェープファイルを作成します。メニューの「レイヤ」→「レイヤの作成」→「新規シェープレイヤ...」を選択します。ウィンドウが開くので、タイプを「ポリゴン」、ファイルエンコーディングを「System」、座標系を Photoscan での「デジタルエレベーションモデルの構築」で設定したものと同一のものを選択します。「OK」ボタンを押し、ファイル名を指定して「保存」ボタンを押すと、空のシェープファイルが QGIS に追加されます。ここではファイル名を「area.shp」とします。



レイヤパネルで、追加したシェープファイルを選択し、ツールバーの「編集モード切り替え」ボタンを押して編集モードにします。ツールバーの「地物の追加」ボタンを選択し、読み込んだオルソ画像を見ながら、対象範囲を囲うようにクリックしていきます。最後の地点を追加した後、右クリックすると、ポリゴンが閉じられ、属性入力ウィンドウが表示されるので ID 番号を入力します。同様にして、対象範囲の数だけポリゴンを作成し、編集が終わったら「編集モード切り替え」ボタンを押し編集内容を保存します。対象範囲の広さや形状によっては、先に大きな範囲を囲ってから、ポリゴンを分割して作成する方法もあるので、状況によって使い分けると良いでしょう。



図 5-3 不陸量算出範囲のポリゴンの作成

### ③ 平均標高の算出

DSM データの平均標高をポリゴンの範囲ごとに算出し、属性テーブルに算出結果を追加します。メニューから「プロセッシング」→「ツールボックス」を選択すると、プロセッシングツールボックスが開きます。「QGIS ジオアルゴリズム」→「ラスタツール」→「地域統計」をダブルクリックし、開いたウィンドウで「ラスタレイヤ」は DSM データを選択し、「地域ベクタレイヤ」は、作成したポリゴンデータを選択します。「地域統計」で「…」ボタンを押し、保存するファイル名を指定します。ここでは、「area\_elev.shp」とします。「Run」ボタンを押すと、属性の「\_mean」に平均標高が入ったファイルが追加されます。

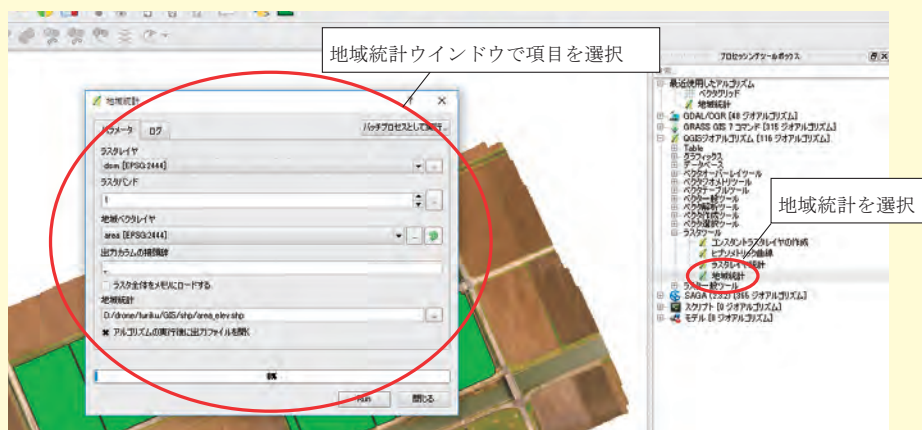


図 5-4 地域統計で平均標高を算出

#### ④ 平均標高ポリゴンからラスターデータを作成

ポリゴンデータの平均標高の値を使用し、ラスターデータを作成します。メニューから「ラスター」→「変換」→「ラスター化（ベクタのラスター化）...」を選択します。「入力ファイル」に「地域統計（area\_elev.shp）」を指定し、「属性フィールド」は「\_mean」を選択します。「出力ファイル」は「選択」ボタンを押してファイル名を指定します。ここでは、「mean\_elev.tif」とします。「地図の単位ピクセルでのラスター解像度」にチェックを入れて、「水平」「垂直」に「0.5」と入力します。右下の「編集」ボタンを押して、「gdal\_rasterize」に続けて「-a\_nodata -9999」と入力します。

「OK」ボタンを押すと、平均標高値のラスターファイルが作成され、レイヤが追加されます。

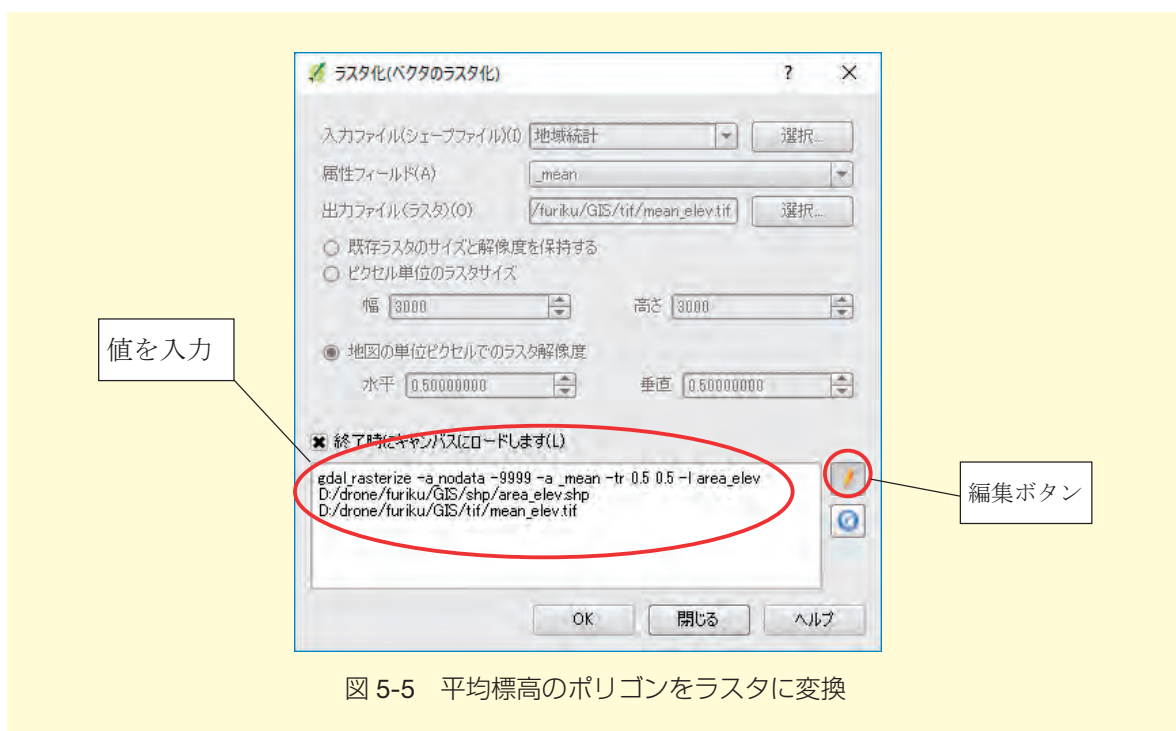


図 5-5 平均標高のポリゴンをラスターに変換

#### ⑤ 不陸量の算出

平均標高のラスターデータと DSM のラスターデータとの差分から不陸量を算出します。メニューから「ラスター」→「ラスター計算機」を選択します。ラスター計算機の「ラスター演算式」に以下の式を入力します。ラスターバンドをダブルクリックするとバンド名が入力されます。

```
"dsm@1" - "mean_elev@1"
```

「出力レイヤ」でファイル名を指定します。ここでは、「furiku.tif」とします。出力範囲を設定するために「ラスターバンド」の「mean\_elev@1」を選択し、「カレントレイヤの領域」ボタンを押します。「OK」ボタンを押すと、不陸量の値が入ったラスターレイヤが追加されます。



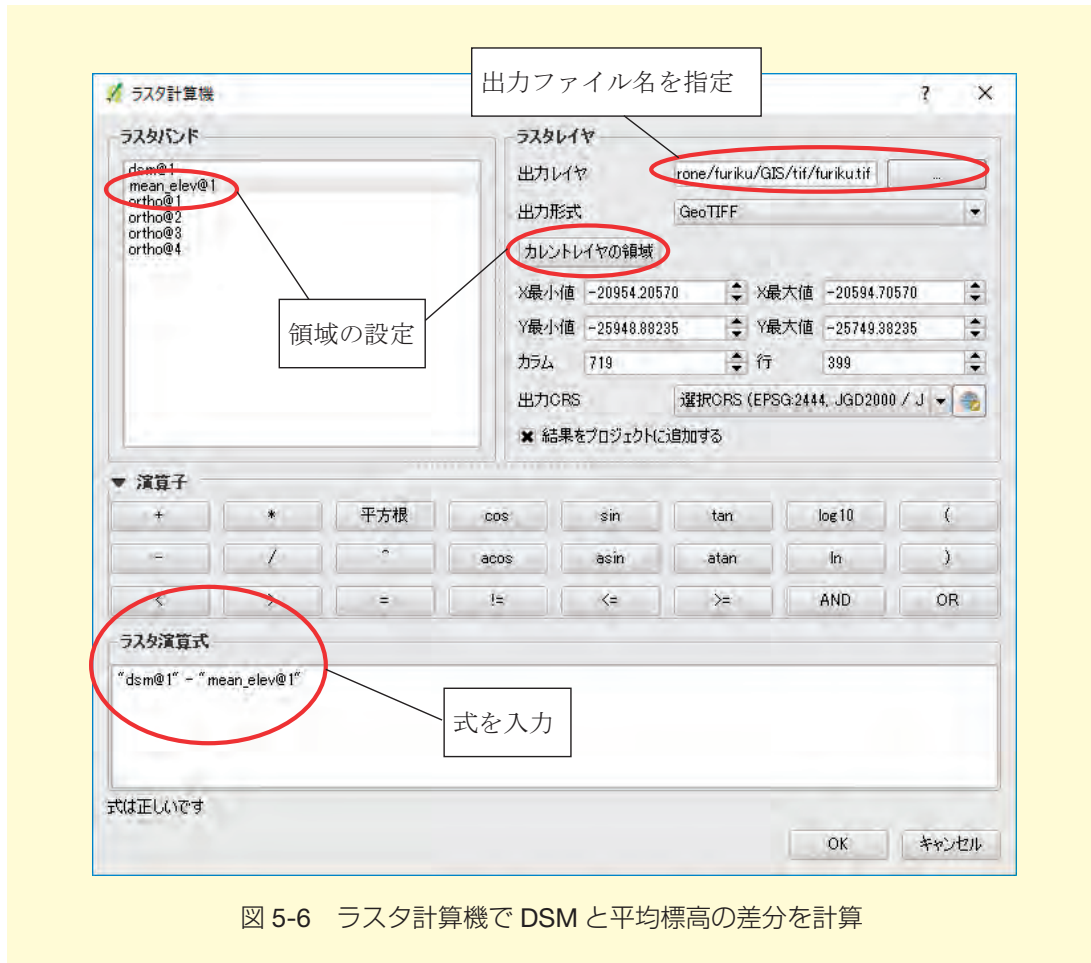


図 5-6 ラスタ計算機で DSM と平均標高の差分を計算

## ⑥ 不陸量ラスタのスタイル設定

不陸量が見やすくなるようにスタイルを設定します。レイヤパネルの「furiku.tif」を右クリックし「プロパティ」を選択します。「スタイル」タブを開き、「レンダータイプ」を「単バンド疑似カラー」に変更します（図 5-7）。画面下の「+」ボタンを押して値と色を追加します。不陸量の最小値と最大値をカバーするように値を設定し、最小値（平均標高より低い場所）に青色、平均標高を白色、最大値（平均標高より高い場所）を赤色に割り当てます。図 5-7 の例では最小値が -0.17、最大値が 0.16 であることから、-0.2 に青色、0 に白色、0.2 に赤色を割り当てています。「OK」ボタンを押すと、スタイルが適用されます（図 5-8）。

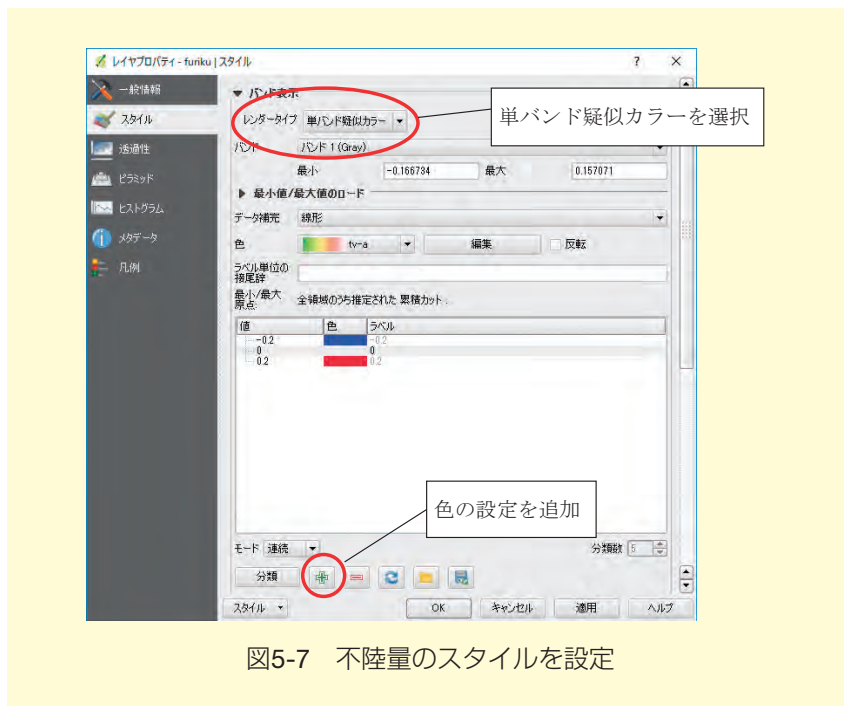
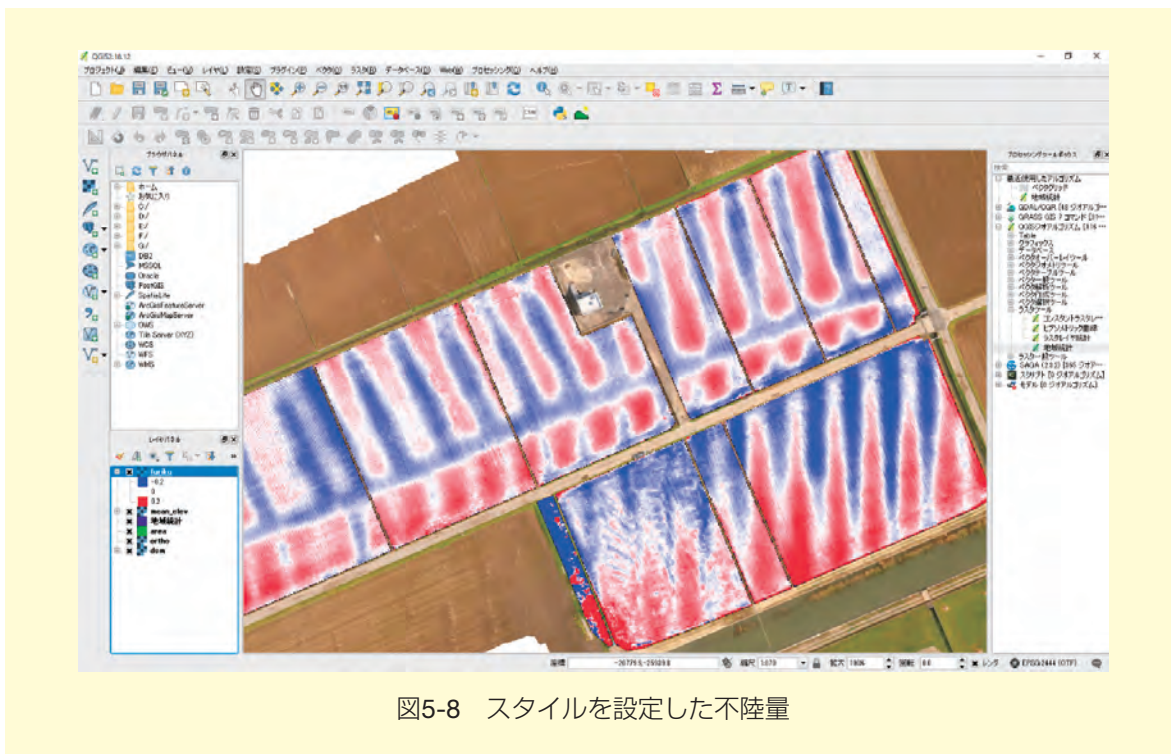


図5-7 不陸量のスタイルを設定



## ⑦ レイアウト図の作成

不陸量の図を印刷できるように地図のレイアウトをします。メニューから「プロジェクト」→「新規プリントコンポーザ」を選択し、タイトルを入力すると、プリントコンポーザが開きます。プリントコンポーザでは、まず、「コンポジション」タブから用紙サイズと方向を指定しておきます。次にツールバーから「新規地図を追加」ボタンを選択し、編集画面

で地図を表示させたい範囲にドラッグします。地図のスケールを変更したい場合は「アイテムプロパティ」タブの縮尺に値を入力します。また、地図を移動したい場合は、ツールバーの「アイテムのコンテンツを移動」ボタンを選択し、地図をドラッグします。方位記号を追加したい場合は、ツールバーの「イメージ追加」ボタンを選択し、編集画面でドラッグします。「アイテムプロパティ」タブの「検索ディレクトリ」から方位記号の画像を選択すると、ドラッグした範囲に表示されます。縮尺を追加したい場合は、ツールバーの「新規スケールバーを追加」ボタンを選択し編集画面でクリックします。「アイテムプロパティ」タブの線分列の項目を変更するとスケールバーの長さを変更できます。

レイアウトが整ったら、ツールバーの「PDFとしてエクスポート」ボタンを押し、PDFとして図を書き出します。

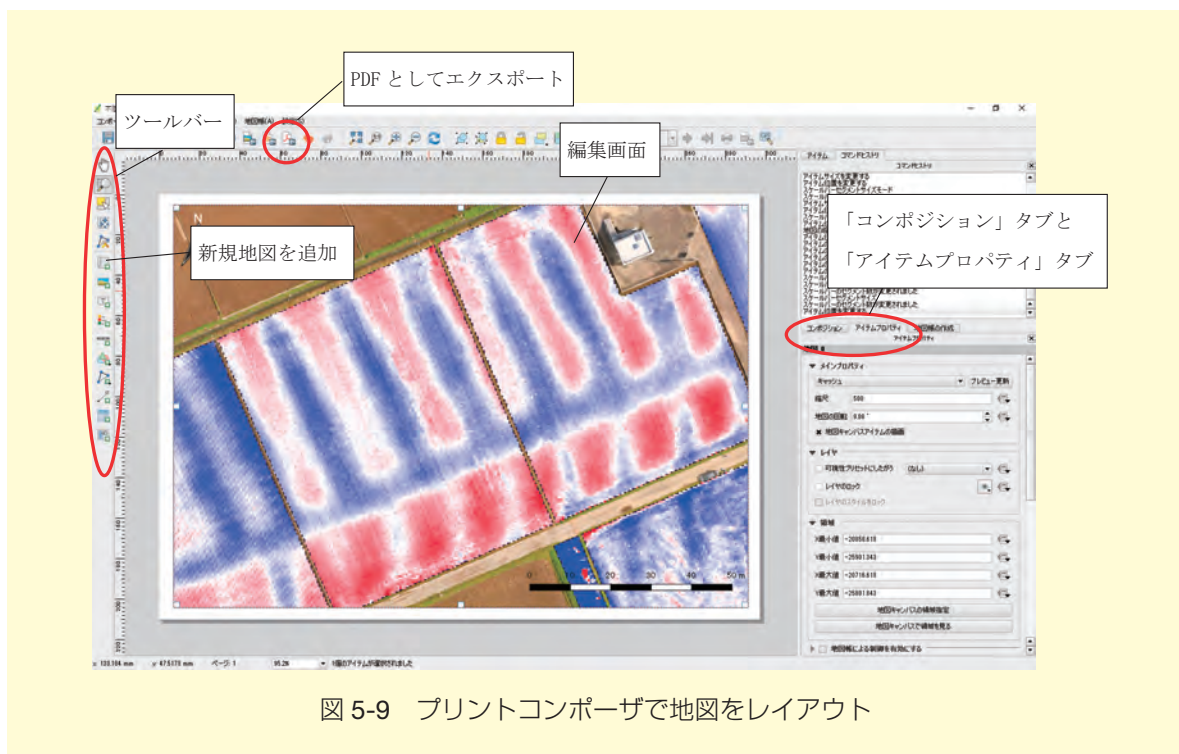


図 5-9 プリントコンポーザで地図をレイアウト

本研究は平成 28 年度農林水産省委託プロジェクト緊急対応研究  
「被災地域の営農再開にむけた熊本地震による農地・作物生育への影響に関する調査研究」の  
成果によるものです。

平成 30 年 3 月

**技術マニュアル**

**「ドローンを用いたほ場計測マニュアル（不陸（凹凸）編）」**

著 者 石塚直樹, 岩崎巨典, 坂本利弘

発行者 (研) 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター

〒 305-8604 茨城県つくば市観音台 3-1-3

問い合わせ先 農研機構農業環境変動研究センター 石塚直樹

Tel : 029-838-8191 E-mail : isituka(at)affrc.go.jp

