

農業農村整備事業の景観配慮対策に関わる 調査における小型 UAV 活用ガイド

農業農村整備事業の景観配慮対策に関わる調査において、
小型 UAV を用いた空中撮影及び同撮影画像を用いた
三次元化技術を有効に活用する方法

令和 2 年 6 月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

農村工学研究部門

目次

	頁
1 はじめに	1
1.1 小型 UAV の概要	2
1.2 三次元化技術の概要	2
2 景観配慮における小型 UAV 活用の利点と留意点	3
2.1 小型 UAV 活用の利点	3
2.2 小型 UAV 活用の留意点	4
3 小型 UAV を用いた景観情報の収集	5
3.1 小型 UAV を用いた空中撮影	5
3.2 小型 UAV を用いた景観情報の収集	7
4 小型 UAV 撮影画像を用いた三次元コンテンツの作成と活用	11
4.1 景観配慮対策に活用できる三次元コンテンツの種類	11
4.2 小型 UAV 撮影画像を用いた三次元モデル生成の流れ	12
4.3 三次元コンテンツの活用例	14
5 撮影画像・三次元コンテンツを用いた情報共有	16
参考文献	17

1 はじめに

近年、マルチコプター（電動マルチローターヘリコプター）に代表されるラジコン操作可能な小型 UAV（Unmanned Aerial Vehicle：無人航空機）（通称：ドローン）が注目を集めています。バッテリーやモーター、各種センサー類等の進歩にともない高性能化と低価格化が顕著となり、様々な分野において急速に普及と活用が進んでいます。農業・農村の現場においても、ドローンを用いた空中写真撮影や撮影画像からの三次元化技術などの活用が、スマート農業から測量や施設の点検・メンテナンスまで、多岐にわたる分野で進められています。

必要な時期、必要な場所の広範な情報の収集が可能であるドローン空中撮影や撮影画像を用いた三次元化技術は、広範な地域を対象とした景観情報の収集や、見え方などの三次元的な検討が重要となってくる農村地域を対象とした景観配慮においても、極めて有効な調査ツールになり得ます。

農林水産省が「農業農村整備事業における景観配慮の手引き」（2006年）を受けて、2018年5月に策定された「農業農村整備事業における景観配慮の技術指針」においても、小型 UAV の活用が記されており、景観に関わる調査、景観配慮の取組みにおける地域住民の合意形成などへの小型 UAV の効果的な活用方策が期待されています。

景観に関わる調査では、特に、整備対象施設周辺の景観構成要素、視点場、デザインコード等の調査をおこなう前段として、地域の景観要素など地域景観特性を把握するために必要な情報を収集する「概査」において、小型 UAV による空中撮影画像などを活用することが期待できます。

本ガイドは、農業農村整備事業の景観配慮対策に関わる調査において、小型 UAV による空中撮影と同撮影画像を用いた三次元化技術を有効に活用する方法をまとめたものです。

■農業農村整備事業における景観配慮の手引き（農林水産省）

https://www.maff.go.jp/j/nousin/keityo/kankyo/keikan_tebiki.html

■農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（農林水産省）

https://www.maff.go.jp/j/nousin/keityo/kankyo/keikan_shishin.html

1. 1 小型 UAV の概要

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) は、直訳する無人航空機であり、軍事用の大型の無人偵察機のようなものも含むため、小型 UAV という用語が用いられています (近年では、UAV を含むシステムという意味で UAS : Unmanned Aerial System という言葉も用いられています)。一般には、ドローン (Drone) の方が通りが良いですが、厳密にはドローンは、自律移動する端末ロボットのことを指します。



図1 小型 UAV (マルチコプター)

小型 UAV には大きく分けて、2つのタイプが存在しています。1つはマルチコプターと呼ばれる複数枚の回転翼で飛行する機体 (図1)、もう一つは、固定翼機と呼ばれる主翼が機体に固定されており、前進することで揚力を得る機体です。それぞれ特徴があり、マルチコプターは、ホバリング等も可能で安定しており操縦も容易で、比較的重いものを運ぶ (搭載する) ことができます。一方で、固定翼機は、巡航速度が速く、航続時間が長いいため、広い範囲を撮影可能という特徴を有しています。

輸送・デリバリー、災害対応、測量、点検・メンテナンス、農業、監視・警備・捜索、エンターテイメントなど、様々な分野において活用がされていますが、農業分野での活用には、大きく分けて、農薬や肥料などの散布用としての活用と空中撮影で情報を得るための活用があり、後者の例は、精密農業などのための圃場センシングや、農地や水路など農業用施設の点検などがあり、景観配慮に関わる調査での活用も後者の例にあたります。

1. 2 三次元化技術の概要

三次元化技術 (三次元形状復元技術 : SfM-MVS) は、SfM (Structure from motion)、複数の写真画像からカメラの撮影位置を推定し、撮影画像中の特徴点 (被写体) の三次元分布を推定する技術と、MVS (Multi-view Stereo)、SfM で推定したモデルから高密度の三次元点群を構成する技術を組み合わせることにより、複数の写真から被写体の三次元モデルを作成する技術です。SfM は、コンピュータービジョンの分野において開発され、発展してきた技術で、バーチャルリアリティやロボットの自律制御、自動車の衝突防止などの分野で活用されています。写真から三次元モデルの生成までの解析については、一連の機能を有したソフトウェア (SfM ソフトウェア) を用います。SfM ソフトウェアを用いた解析によって出力が可能な三次元点群データ、三次元 (立体) モデル (図2)、オルソ空中写真、数値表層モデル (DSM : Digital surface model) などは、立面での検討が必要な様々な場面において有効であり、景観配慮対策においては活用が期待できます。

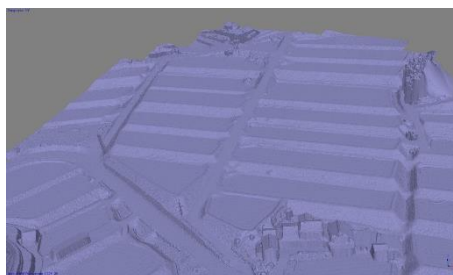


図2 三次元モデルの例

2 景観配慮における小型 UAV 活用の利点と留意点

2. 1 小型 UAV 活用の利点

小型 UAV による空中撮影及び撮影画像を用いた三次元化技術の特徴を整理すると、以下の3つの特徴が挙げられます。

- 1) 適時性：撮影したい時に撮影が可能
- 2) 高解像度：従来の航空写真などよりも地表面の詳細な状況の判別が可能
- 3) 三次元：地形や地表面の傾斜や凹凸などの詳細な状況の把握が可能

図3は、秋の紅葉の時期（11月）に水田周辺の林地を撮影したものです。同一範囲を夏期（6月）に撮影した画像と比較すると、常緑樹と落葉樹が容易に判別できることが分かります。このように小型 UAV では適時の空中撮影が可能であり、ピンポイントの撮影時期において空中撮影画像を得ることができます。図4は、収穫直前的大豆の圃場を低空で撮影した画像です。右下はその一部を拡大したのですが、大豆の葉、一枚一枚までははっきり判別でき、地上からでは分かりにくい大豆圃場内の様子（雑草の繁茂、病害の発生の有無）が細部まで把握できることが分かります。小型 UAV を用いて、撮影高度やカメラ等を工夫することにより、従来の航空写真では得ることが難しかった高解像度の写真等の情報を得ることが

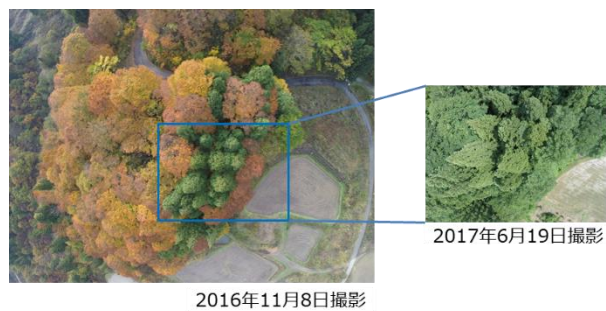


図3 適時性の例（林地の季節変化）



図4 高解像度の例（大豆圃場）

ことができます。こうした小型 UAV による空中撮影及び撮影画像を用いた三次元化技術の特徴により、事業の実施前後、収穫や管理作業の前後、災害の発生直後などの地形（傾斜や凹凸）や土地利用、作物等の成長量などの情報の取得が可能となります。

以上の特徴を踏まえた上で、景観配慮における小型 UAV 活用の利点を整理すると、以下の3点が挙げられます。

- 1) 高解像で広範囲、適時性を有した地域の概況把握
- 2) 対象地域の地形や景観の状況を三次元的に再現
- 3) 地域景観を分かりやすく可視化、情報共有を促進

1点目は、従来までの地図や航空写真などでは困難であった小さな施設や農地の一筆が確認できるほどの高解像度で、かつ地上からの眺めより多くの情報を一度に把握することができるなど広範囲の調査が可能となります。さらに、季節や作物の栽培暦など調査時期が重要な検討事項となる農村景観の調査において、今の状況をその場で調査・確認できる適時性も有しています。そのため、景観配慮対策において求められる地域の概況把握を効率的かつ効果的に実施することができます。

2点目は、写真や地図などを用いた平面（2次元）での検討が中心であった対象地域の地形や景観の状況を、小型 UAV 空中撮影と撮影画像を用いた三次元化技術を用いることにより、3次元で再現することが可能となり、例えば、視点場の検討や各種景観シミュレーションに活用することができます。

3点目は、小型 UAV で俯瞰的な視点からの撮影した写真や映像は、施設や農地などの狭い範囲にとどまりがちな検討の視野を広げる点で、住民参加などによる景観づくりの有効な手段となります。また、動画や三次元コンテンツ等の活用は、担当者や住民間での情報共有を容易にすることもできます。

2. 2 小型 UAV 活用の留意点

一方で、入手のしやすさ、操作のしやすさ故の小型 UAV の事故やトラブルも多発しており、飛行や撮影は、安全対策の徹底と法令の遵守を留意しつつ行わなければなりません。人家のある場所（市街地）、人通りのある場所では飛行しない、天候（特に風）などには細心の注意を払い、無理な飛行はしないなど、十分な余裕を持った飛行計画が必要であり、バッテリー残量の確認、コンパスキャリブレーションなど機体の安全確認や、操作技術の訓練などが必要です。

また、関係法令には航空法や電波法などがありますが、航空法については、近年の小型 UAV 普及に伴い、関係部分が改正（平成 27 年 12 月 10 日施行）されるなど、関係法令の動きにも十分留意する必要があります（詳細については、国土交通省の HP などにおいて、必ず最新の情報を確認）。

◇航空法（平成 27 年 12 月 10 日より適用、令和元年 9 月 18 日より適用*）

- (1) 無人航空機の飛行にあたり許可を必要とする空域（図 5）
 - 空港等の周辺、地表又は水面から 150m 以上の高さなど、航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれがある空域
 - 人又は家屋の密集している地域の上空

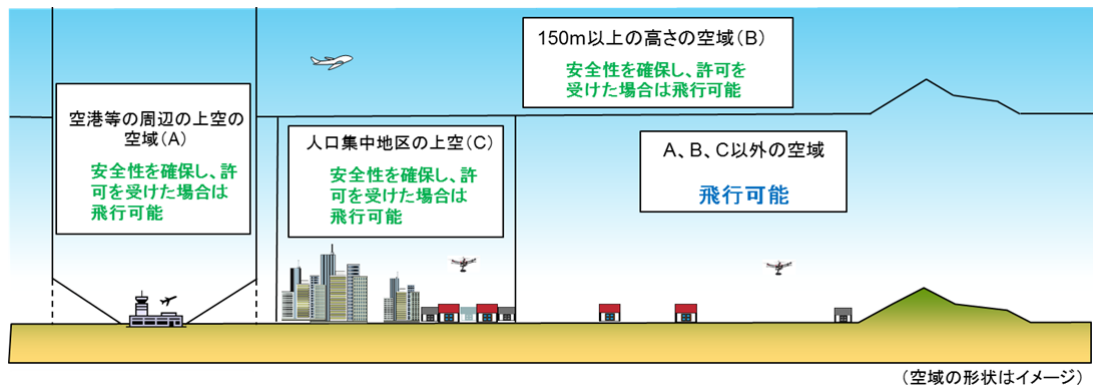


図5 無人航空機の飛行にあたり許可を必要とする空域（出典：国土交通省 航空局）

(2) 無人航空機の飛行の方法

- 日中において飛行させること
- 周囲の状況を目視により常時監視すること
- 人又は物件との間に距離を保って飛行させること
- アルコール又は薬物等の影響下で飛行させないこと*
- 飛行前確認を行うこと*
- 航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するよう飛行させること*
- 他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと*

■無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール（国土交通省）

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

◇電波法：「技術基準適合証明」マークのついた無線機器以外は使用しない

3 小型UAVを用いた景観情報の収集

3.1 小型UAVを用いた空中撮影

小型UAVを用いた空中写真の撮影は、マルチコプターなどの機体に小型のカメラを装着し、自動（インターバル撮影等）ないし遠隔操作をおこなうことにより行います。小型UAV本体の価格は、タイプや大きさなどにより様々ですが、最も普及しているカメラ一体型の小型の機体であれば十数万円で入手可能なものもあります。操作そのものは、GPSやジャイロセンサーを用いた姿勢制御などの操作補助の機能により、従来までのラジコンヘリコプター等に比べて容易です。あわせて、手動での操作の他にGPS位置情報等を用いた自律航行（オートパイロット）システムを備えている機体も存在します。後で触れる三次元コンテンツの作成などに用いる場合は、一定の重なり（オーバーラップ）を有する空中写真の撮影

が必要となり、一定の間隔（1秒間隔等）での連続撮影が可能なインターバル撮影や、指定した撮影範囲、オーバーラップ率に応じた飛行経路・撮影間隔を自動的に作成するプログラムなどを用います。

以下、小型 UAV を用いた空中撮影をおこなうに当たって、検討すべき事項を順に整理します。

（1）目的、対象、画像・映像タイプ

まず、どんな目的で何を撮影するのかを検討する必要があります。景観配慮対策においても、小型 UAV の活用場面は多岐に渡り、目的や対象によって、撮影する画像・映像タイプや撮影方法なども大きく変わってきます。例えば、地域景観の概況把握のための撮影と、景観構成要素の見え方などを検討するための三次元コンテンツの作成のための撮影とでは、前者は水平方向の360°パノラマ画像や動画などを撮影することになりますが、後者はオーバーラップのある鉛直下向きの画像の撮影が必要となります。

（2）機材、場所、日時

次に、撮影に用いる小型 UAV やカメラなどの選定、撮影場所や撮影日時などの検討をおこないます。撮影することが決まってから小型 UAV を購入するという例は少なく、実際には、所有している小型 UAV とカメラで、先述の目的や対象の撮影が可能かどうかの検討となることが多いと思われれます。その上で、撮影場所と撮影日時の検討をおこないます。両者の検討においては、当該撮影場所と撮影日時において、



図6 無人航空機の飛行にあたり許可を必要とする空域（首都圏周辺の例：地理院地図より）

安全な飛行・撮影が実施できるかどうかの判断が重要となります。撮影場所については、先述の航空法による無人航空機の飛行にあたり許可を必要とする空域（図6）などに加えて、現地で実際の離陸、飛行、着陸などを想定した障害物の有無、無線などに影響を与えるものが無いか、見通しは確保できているかなどの検討が必要です。特に、離着陸時は小型 UAV が不安定になることも多く、操縦者も含めて人や物件との接触の可能性が高まることから、安全な離着陸場所を事前に検討しておくことが重要です。撮影日時については、撮影日時の天候について、天気予報など通じて細心の注意を払う必要があります。降雨・降雪に加えて、小型 UAV は風の影響を受けやすいため、当日の最大風速なども確認をしておく必要があります。用いる機体にもよりますが、一般に風速5mを越えると機体が風の影響を受け始めるので注意が必要です。また、極端な高温や低温などもバッテリーやモーターなどに性能に影響を与える可能性があります。撮影日時と撮影場所が決まった時点で、現地での小型 UAV

による撮影の影響を受ける可能性がある関係者に対する事前の連絡や調整も重要です。

(3) 撮影方法（地点、方向、高度、角度）、飛行方法

最後に、目的の撮影を実現するための撮影方法と小型 UAV の飛行方法を決定します。地点や方向、高度などについては、現地で実際に撮影してみて調整が必要な場合がありますが、あらかじめ、地図や既存の航空写真などを用いて、事前に検討しておくことが重要です。撮影地点については、一地点（定点）での撮影であるのか、複数地点や小型 UAV の飛行経路に沿って移動しながらの撮影なのかによって、現地での対応が変わってきます。撮影方向については、撮影する方位のほか、パノラマ撮影などにおいては、 180° や 360° など撮影する角度を決めておきます。撮影高度や撮影角度については、撮影される範囲は変化します。図7は、水平方向（俯角 0° ）での撮影の例（使用 UAV：DJI 社 Phantom2 vision⁺）、図8は、鉛直下向き（俯角 90° ）での撮影の例（使用 UAV：DJI 社 Phantom2 に GoPro 社 HERO3⁺を装着して使用）を示しています。



図7 水平方向（俯角 0° ）での撮影の例
（富山県立山町：散居村を撮影）



図8 鉛直下向き（俯角 90° ）での撮影の例
（新潟県十日町市：棚田を撮影）

また、三次元コンテンツの作成のための撮影においては、鉛直下向きの撮影や斜め方向（水平方向と鉛直下向きの間、俯角を付けた撮影）が必要となります。

3. 2 小型 UAV を用いた景観情報の収集

景観配慮対策では、整備を行う施設が周辺景観と調和するよう配慮し、対策を検討します。そのため、整備を行う施設がどのような景観的な特徴のある場所に立地しているかを把握することが重要となります。

従来は、当該自治体の景観計画や事業誌等の既存資料、航空写真、地図等の読み取りによる情報収集を行ったうえで、現地調査で展望台などの広範囲を見渡せる所から地域全体の様子を捉えていく作業を行います。しかしながら、展望台のような場所がない場合も多く、地域の全体像を捉えることが難しいこともあります。小型 UAV による空中撮影は、展望台がない場所でも容易に広範囲を俯瞰して見るができることから、整備施設の周辺地域の景観的な特徴などの景観情報の収集を効率的かつ効果的に実施することができます。

小型 UAV 空中撮影を用いた景観情報の収集は、小型 UAV に装着したカメラにより地域の俯瞰景を撮影することにより可能となります。地域を広範囲に捉えようとする際には、撮影角度を水平（俯角 0° ）にすることが一般的です。特定の施設や構造物を対象として、周辺の状況を含めた範囲を撮影する場合には、撮影角度を斜め（俯角 $5\sim 20^{\circ}$ 程度）に設定し、特定の施設が中心にくるように撮影します。高度を高くするほど、遠くの対象を含めた眺望を得ることができ、より広範囲の地形の起伏や土地利用の状況を確認することができます。

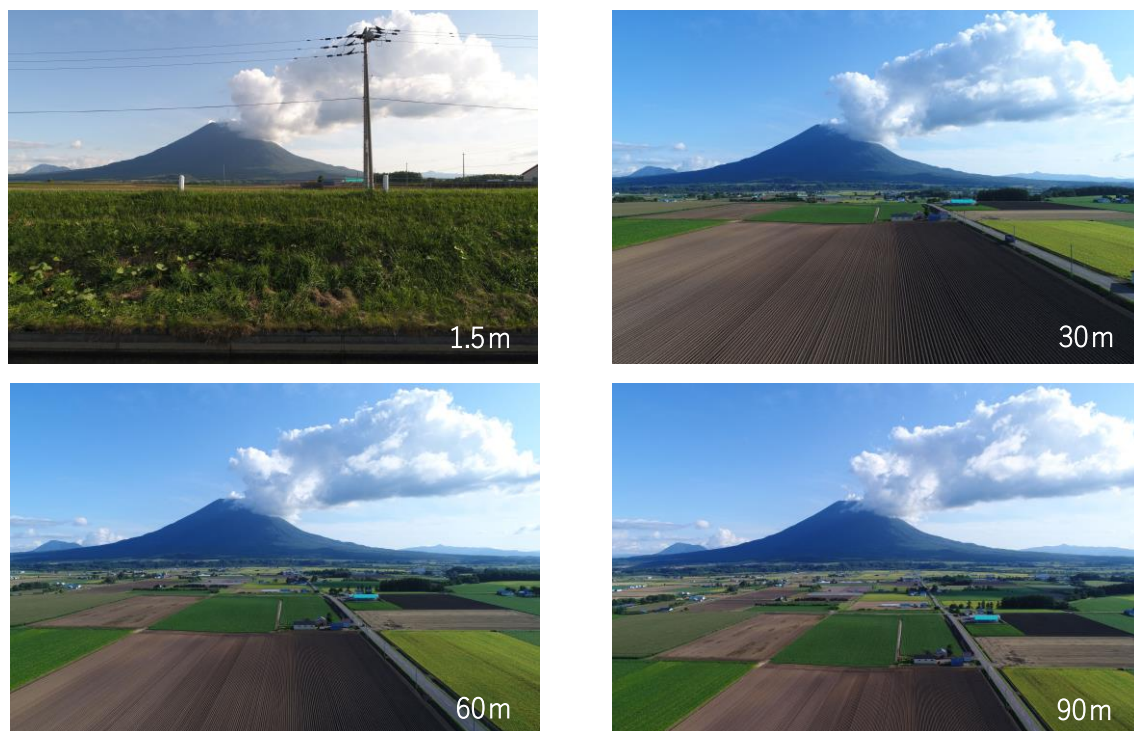


図9 撮影高度による視認域の違い（1.5m～90m）
（北海道倶知安町：羊蹄山麓を撮影）

図9は、撮影高度による視認域の違いを示したもの（使用 UAV：DJI 社 Phantom4 Pro）です。地上の人の目線とほぼ同じ高さからでは、建物や構造物、林などにより視界が遮られることがありますが、地表面から 30m まで高度を上げると、近傍の構造物や林など配置や農地の形状等を捉えることができます。高度を上げて 60m くらいでは、林地や農地の配置から土地利用の状況がより明確に把握することができ、加えて段丘などの地形の起伏を捉えられます。さらに高度を上げて 90m くらいでは、手前は標高が高く畑地が広がり、奥に行くほど標高が低くなり水田が形成されている様子、高低差が発生する段丘崖に林地が形成されている様子が確認でき、かなり遠方まで景観の広がりをつ捉えることができます。

図10は、俯角の違いによる見え方の変化を示したもの（使用 UAV：DJI 社 Phantom4 Pro）です。4枚の写真はいずれも同一の施設（揚水機場）を高度 40m で撮影したもので、撮影角度を俯角 0° 、 5° 、 10° 、 20° と変化させています。俯角 0° では、地平線が写真

の中央に位置し、揚水機場は写真の下部に位置していますが、俯角 10° では撮影対象である揚水機場が写真の中央に位置する形となっています。

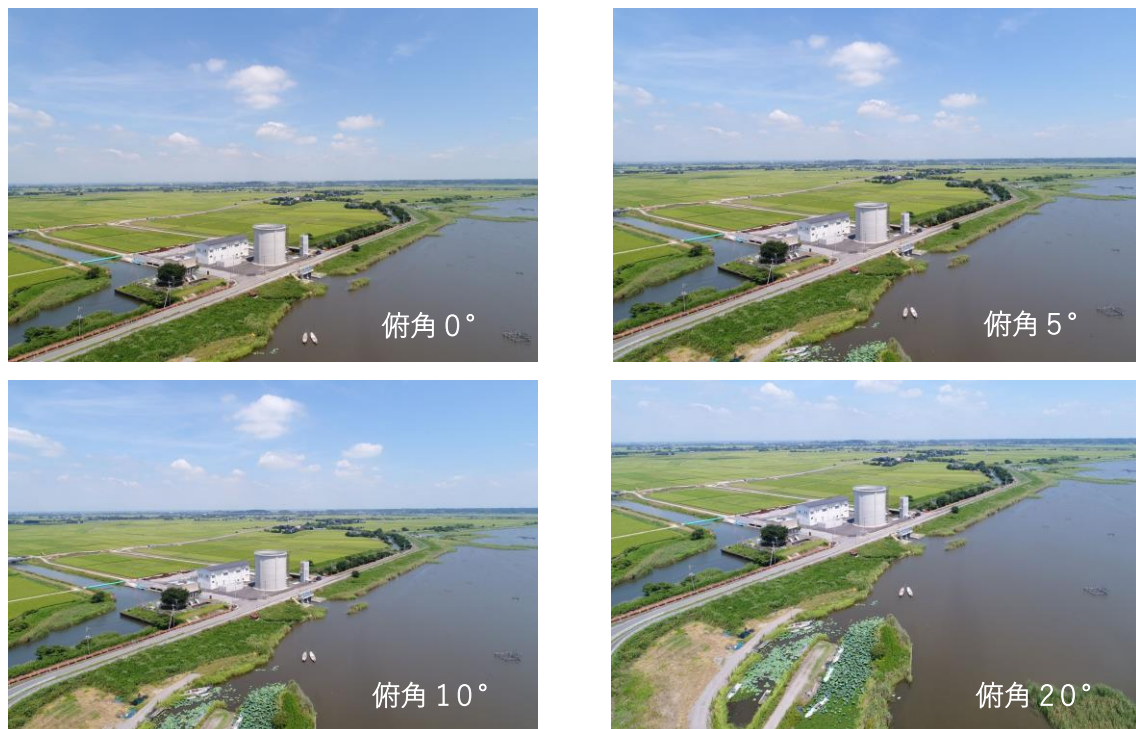


図 10 俯角の違いによる見え方の変化 (0° ~20°)
(千葉県印西市：揚水機場を撮影)

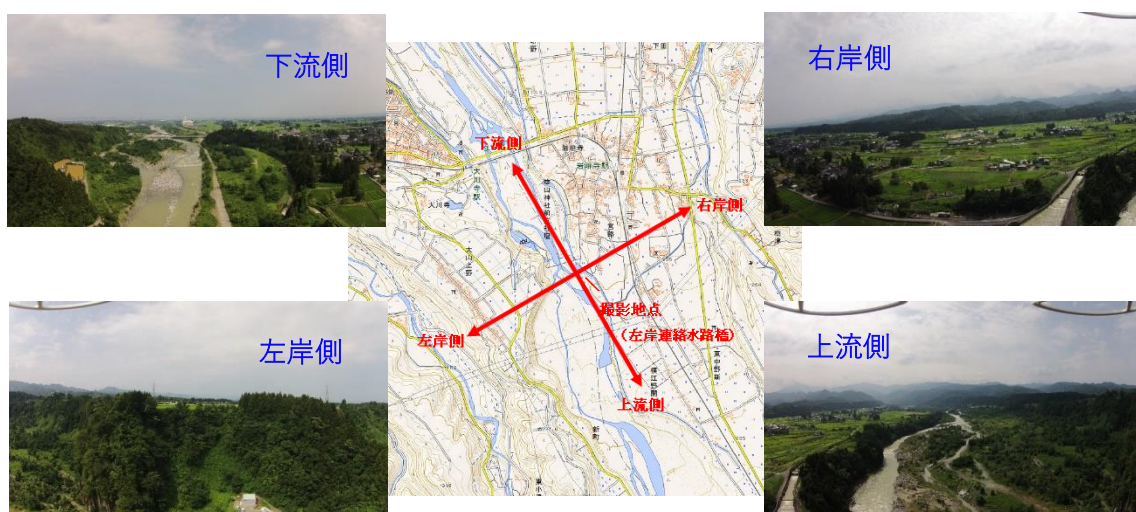


図 1 1 4 方位撮影の例 (水路橋の上下流・右左岸)

静止画撮影では、東西南北などの4方位、8方位など撮影の方角を決めて撮影を行うことにより周囲の状況が把握できます。図11は、河川上の水路橋の上下流、左岸・右岸の撮影をおこなった例です。左岸側の地形（台地）や下流、右岸側の平地の散居集落の様子を確認することができます。

また、パノラマ撮影や動画による撮影などを用いることにより360°全方位の撮影をおこなうことも可能です。図12は、小型UAVを用いて、動画による360°全方位の撮影を行った例です（図12の上、高度100m、俯角0°で撮影（使用UAV：DJI社 Phantom 4 Pro）、動画からパノラマ画像を後処理で生成）。土地利用、景観構成要素に加えて、地図や現地踏査だけでは難しい地域景観の特性などの把握が可能であり（図12の右下）、景観配慮対策における視点場設定に関わる調査などに活用できます。



図12 小型UAVによる360°全方位撮影の例（上が撮影画像、左下が撮影地点と視距離）と撮影画像から把握できた景観特性（右下）

なお、360°全方位撮影において、中景域（～2.5km）全体を無理なく視認できる（俯瞰一般上限内）画像を得るためには、高度90m以上からの撮影が必要となります。また、近景域（～400m）中心の画像を得るためには、高度60m以下もしくは俯角5°程度で撮影をおこなう必要があります。

4 小型 UAV 撮影画像を用いた三次元コンテンツの作成と活用

4. 1 景観配慮対策に活用できる三次元コンテンツの種類

小型 UAV による空中撮影画像から作成でき、景観配慮対策において活用が可能な三次元コンテンツには、大きく分けて、三次元点群データ（図 13 左上）、三次元（立体）モデル（図 13 右上）、DSM（数値表面モデル）（図 13 下）の 3 つがあります。三次元点群データは、コンピューター上の三次元空間で扱う点の集合のデータで、直行座標系 (x,y,z) で表現されます。SfM ソフトウェアを用いた多視点画像計測やレーザーを用いた三次元スキャナによって生成することができます。地物も含めた地表面を無数の点の集まりで表現したものになります。一方で、三次元モデルは、同じくコンピューター上の三次元空間で表す立体的な形状モデルで、SfM ソフトウェアからも出力できますが、一般的には 3DCAD などを用いて作成されます。こちらは地物も含めた地表面を面（多面体）で表現したものになります。面に撮影画像から得られるテクスチャを張り込むことで、より現実に近い見た目となります。最後に、DSM（数値表面モデル）は、地物も含めた地表面の高さを示すデータで、GIS（地理情報システム）を用いて、他の GIS データと組み合わせることにより、高さを含めた解析等をおこなうことができます。

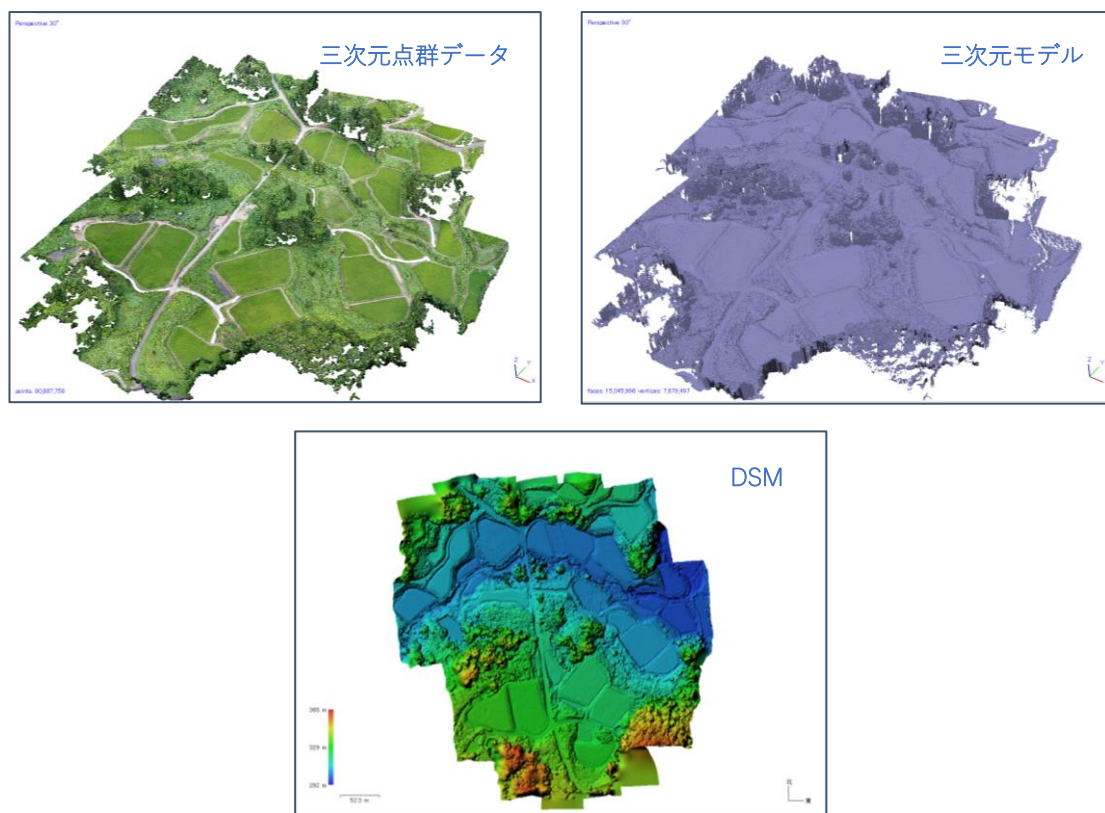


図 13 小型 UAV による空中写真画像から作成できる三次元コンテンツ

4. 2 小型 UAV 撮影画像を用いた三次元モデル生成の流れ

景観配慮対策において、見え方の検討や住民との情報共有などに有効な三次元コンテンツの作成方法について説明します。小型 UAV による撮影画像を用いた三次元モデル生成の流れを図 1 4 に示します。(1)小型 UAV (マルチコプター) に装着した小型のデジタルカメラ (カメラ一体型の小型 UAV のカメラ) を用いて、鉛直下向き方向 (地表面) を撮影。(2)空中撮影は、十分なオーバーラップを確保しながら、撮影対象範囲をカバーできる飛行高度・飛行ルートを設定し、デジタルカメラのインターバル撮影機能を用いて連続撮影。プログラミング飛行やオートパイロット機能を有する小型 UAV の場合はプログラミング飛行などを活用。(3)SfM (Structure from motion)ソフトウェア (写真は Agisoft 社 Metashape Professional Edition) を用いて、写真画像からの三次元形状復元を実施。SfM ソフトウェアでの処理の流れ (図 1 5) は、①小型 UAV で撮影した複数の写真画像から各写真 (カメラ) の撮影位置を推定、②撮影画像中の特徴点 (被写体) の三次元分布を推定し、三次元点群データを作成、③作成された三次元点群を高密度化処理し、高密度の三次元点群データを作成、④三次元点群データをもとにメッシュ構築をおこない、三次元モデルを生成、⑤、⑥生成された三次元モデルをもとに、テクスチャ構築などの処理を経て、DSM (Digital Surface Model: 数値表面モデル)、オルソモザイク画像を出力。GIS などに用いるための正確な画像、モデルの出力には、撮影時に地上基準点 (GCP) を設置するなどして、モデルに正確な位置情報を付加する必要があります。

■代表的な SfM ソフトウェア

Agisoft 社 Metashape : <https://www.agisoft.com/>

Pix4D 社 Pix4Dmapper : <https://www.pix4d.com/jp>



(1)小型 UAV による空中撮影

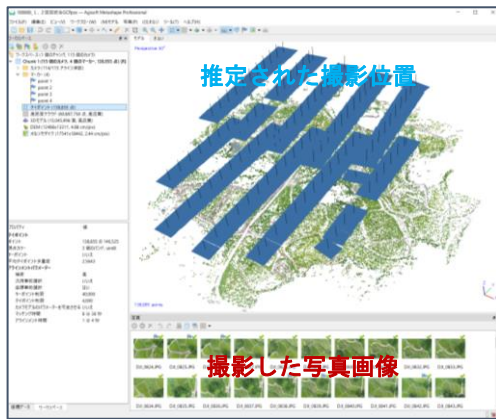


(2)連続撮影されたオーバーラップを有する空中写真画像群

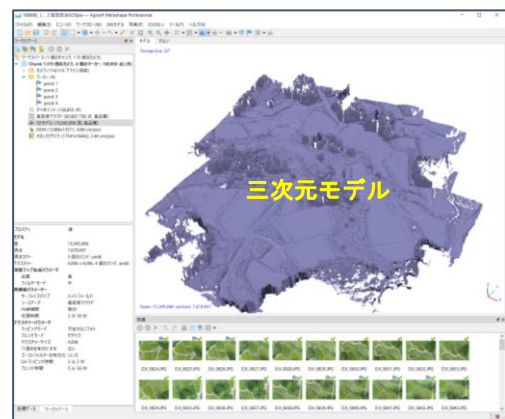


(3)SfM ソフトウェアにより処理

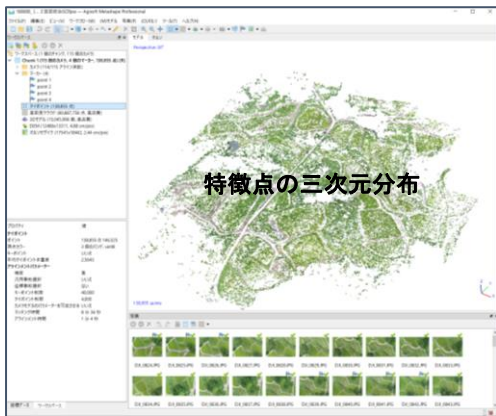
図 1 4 小型 UAV による空撮画像を用いた三次元モデル生成の流れ



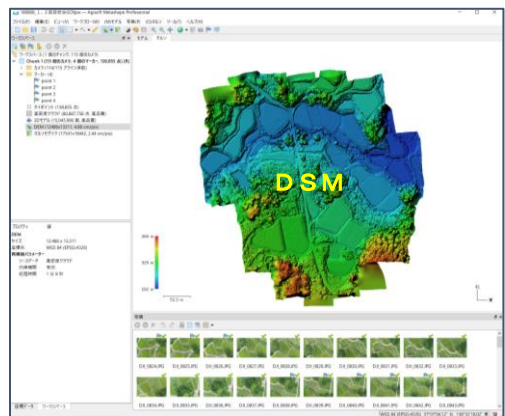
①写真の撮影位置の推定：小型 UAV で撮影した複数の写真画像から各写真（カメラ）の撮影位置を推定



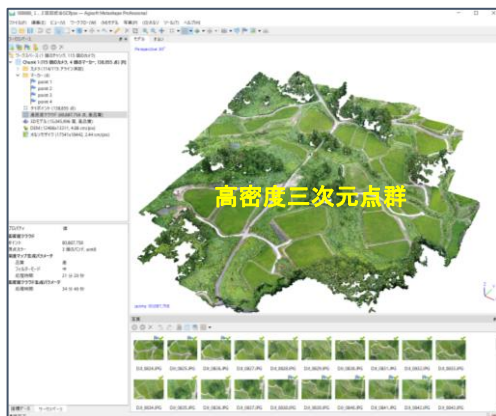
④メッシュ構築：高密度三次元点群もとにメッシュ構築をおこない、三次元モデルを生成



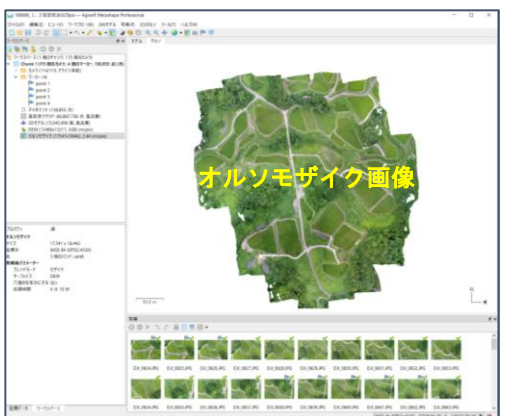
②三次元点群データ：撮影画像中の特徴点（被写体）の三次元分布を推定し、三次元点群データを作成



⑤DSM 構築：生成された三次元モデルをもとに DSM を出力



③高密度三次元点群の構築：作成された三次元点群を高密度化処理し、高密度の三次元点群データを作成



⑥オルソモザイク構築：三次元モデルをもとにテクスチャ構築を経て、オルソモザイク画像を出力

図 15 SfM ソフトウェアによる処理の流れ

4. 3 三次元コンテンツの活用例

図16は、棚田（長野県千曲市：姨捨棚田）を対象に小型 UAV による空中撮影を実施し、得られた画像を SfM ソフトウェアで処理することにより作成した三次元点群データを、無料の三次元点群ビューアソフト（CloudCompare Viewer を使用）で可視化した例です。4枚のキャプチャー画像はいずれも同一点群データですが、点群データを三次元空間上で回転させることによって、様々な視点からの見え方を検討することが可能となります。

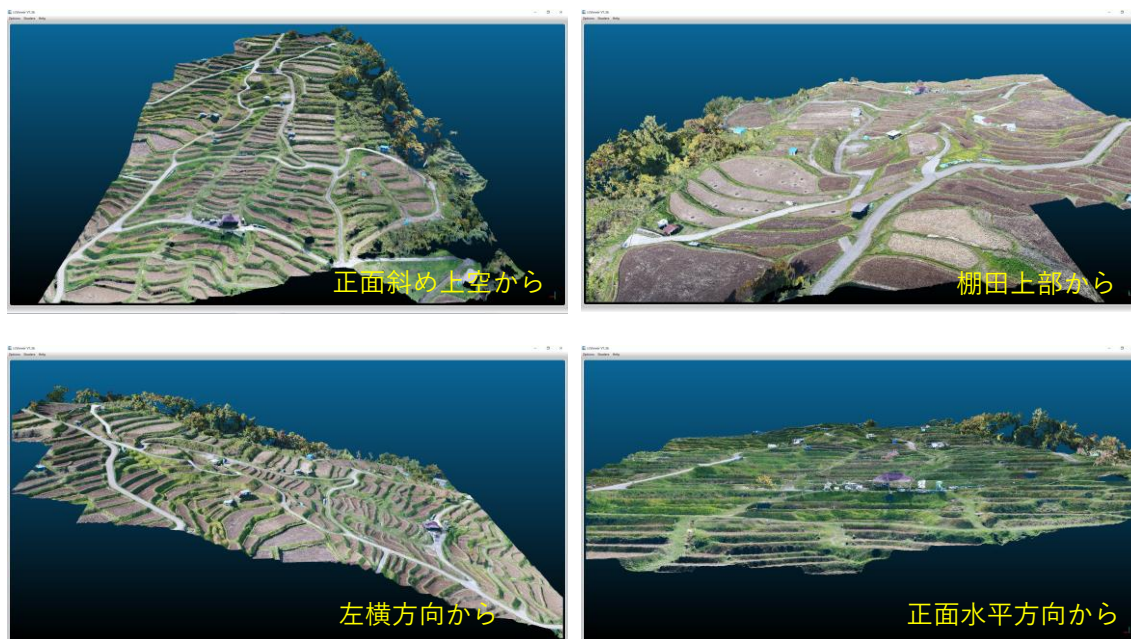


図16 三次元点群データの活用例（棚田）

図17は、居久根（屋敷林）（宮城県大崎市）を対象に作成した三次元点群データを可視化した例です。図16同様に、3枚のキャプチャー画像は同一点群データであります。居久根などの高さのある対象物は平面での検討は難しいですが、三次元点群データを用いることにより、樹木や屋敷の配置などをみる平面での検討（図17上）と個々の樹木の高さ等を含めた立面での検討（図17下）をシームレスに実施することができます。



図17 三次元点群データの活用例（居久根）

また、三次元点群データや三次元モデルと合わせて得られる DSM（数値表面モデル）を用い、GIS を用いた解析を実施することにより、対象物の高さを推定することも可能です。図18は、先に点群データで示した居久根（屋敷林）の高さの推定に適用した例であります。本事例では、小型 UAV 撮影画像による推定値と実測値との誤差は 1.5m 以内に収まっています。

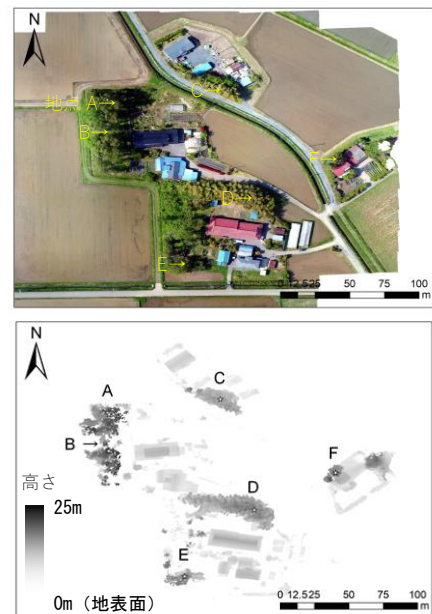


図18 小型 UAV 空撮と三次元化技術を用いた居久根の高さの推定
（左が推定結果、右が推定地点）

(単位：m)

地点	A	B	C	D	E	F
推定値	21.7	19.1	11.5	13.2	13.5	14.4
実測値	22.0	19.2	11.0	13.8	13.8	15.8
差	-0.3	-0.1	0.5	-0.6	-0.3	-1.4

■点群データの編集・閲覧ソフトウェアの例

CloudCompare : <http://www.danielgm.net/cc/>

5 撮影画像・三次元コンテンツを用いた情報共有

小型 UAV による空中撮影画像や動画は視覚的に分かりやすく地域景観の様子を表現することができます。地域住民等のなかには図面の読み取りに慣れていない方もおり、施設の設計図面のみを用いた説明では、内容が十分に伝わらないこともあります。

そこで、景観配慮対策に係る地域住民とのワークショップや意見交換等の場において、地区の景観の概況を説明するために、小型 UAV で撮影した地区全体の俯瞰する動画（図 19）や画像（図 20）（使用 UAV はいずれも DJI 社 Phantom4 Pro）を用いたり、三次元解析結果を出力した DSM（数値表面モデル）を示したり、整備内容や景観配慮対策の検討内容を説明するため撮影画像を加工した景観シミュレーション画像や三次元 CG（コンピューターグラフィック）を組み合わせた画像や映像を提示することで、事業や整備内容、対策についての住民の理解を促す効果が期待できます。図 21 は、小型 UAV による空中撮影画像（三次元データ）を用いて地区の現況の景観を示し、撮影画像に整備予定の施設の CG 画像を重ねて、整備後の景観シミュレーション画像を作成したものです。

こうした説明では、紙面に印刷した資料だけではなく、プロジェクタを使用して画像や映像を大画面に投影したプレゼンテーションが有効に活用され、今後はタブレット端末等の活用場面も増えると考えられます。



図 19 小型 UAV 空撮による地区の俯瞰動画
（キャプチャー画像）の例
（千葉県・印旛沼）



図 20 小型 UAV 空撮による地区の俯瞰画像の例
（宮城県大崎市）



空撮画像（三次元データ）



空撮画像にため池のCG画像を重ねた
景観シミュレーション画像

図21 小型 UAV 空中撮影画像による景観の三次元表示を用いたプレゼンテーションの例

参考文献

- ・井上公・内山庄一郎・鈴木比奈子（2014）：自然災害調査のためのマルチコプター空撮技術：防災科学技術研究所 研究報告，81，61-98.
- ・内山庄一郎・井上公・鈴木比奈子（2014）：SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究：防災科学技術研究所 研究報告，81，37-60.
- ・内山庄一郎（2018）：必携ドローン活用ガイドー安全かつ効果的な活用を目指してー：東京法令出版，185pp
- ・栗田英治・福本昌人（2016）：小型 UAV 空撮・三次元形状復元技術による傾斜地農地環境の把握：農業農村工学会誌，84(9)，753-756.
- ・栗田英治（2018）：多様な主体の参画に向けた傾斜地水田管理に関わる知の共有：農業農村工学会誌，86(12)，1117-1120.
- ・栗田英治（2019）：世界農業遺産「大崎耕土」における居久根景観保全に向けた取組み：農業農村工学会誌，87(10)，825-828.
- ・栗田英治（2020）：ドローン空撮・3次元化技術を活用した農地基盤情報の可視化：農研機構技報，(5)，18-21.

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/naro_technical_report/135031.html

農業農村整備事業の景観配慮対策に関わる

調査における小型 UAV 活用ガイド

令和 2 年 6 月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門

(執筆者：栗田英治)

問い合わせ先：

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

農村工学研究部門 農地基盤工学研究領域

農地利用ユニット (栗田英治)

〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6

TEL：029-838-7558 (農地利用ユニット)

※本書からの転載・複製をおこなう場合は、当部門の許可を得て下さい。