

区画整理工事における UAV 出来形管理技術の活用

亀元 大地¹・北園 清徳²

¹近畿農政局 土地改良技術事務所 企画情報課（〒612-0847京都市伏見区深草大亀谷大山町官有地）

²近畿農政局 農村振興部 設計課（〒602-2090京都市上京区西洞院通下長者町下ル丁子風呂町）

国営緊急農地再編整備事業「亀岡中部地区」における区画整理工事の田面標高の出来形管理について、UAV（無人航空機）と従来のレベル測量器具を用いたものの有用性について比較、検証するとともに、諸課題について整理し今後の対応について考察したものを発表する。

キーワード 区画整理，情報化施工技術，UAV，出来形

1. はじめに

国営緊急農地再編整備事業「亀岡中部地区」は狭小な農地の区画整理工事を行い、耕作放棄地を含めた農地の土地利用の再編などを目的としている。

一昨年、工事が完了した農地で営農を開始した農家から「圃場内で排水不良が起きている」と苦情があった。

当該工事は排水不良を防ぐために、基盤整地、表土整地は用水路側から排水路側へ一律に下り勾配をつけて施工する計画としており、施工管理上も特段の問題はなかった。農家には何度も説明を行い、納得してもらったが施工品質の証明にとっても苦労した。

農林水産省では国営土地改良事業の工事における情報化施工技術の円滑な適用、普及の促進を目的として、平成29年3月から情報化施工技術を活用した工事を試行している。情報化施工は工事の施工管理等に活用することにより、従来の手法に比べて施工品質の高度化が期待される手法であり、本地区でも令和2年度の区画整理工事でUAV（無人航空機）出来形管理技術を活用した。本報文はUAV出来形管理技術について、従来のレベル測量器具を用いた出来形管理技術と比較し、検証した結果、高い施工品質の証明が実現できたため、その有用性について報告する。

2. UAVを用いた出来形管理技術及び検証の概要

本技術はUAVを用いて計測対象の地形の空中写真を撮影し、空中写真測量による3次元形状の取得を行うことで、出来形や数量を面的に把握し、3次元設計データ

と出来形測定結果との差の算出、出来形管理帳票の自動作成等を行うものである。

区画整理工事の表土整地における従来の出来形管理測定基準は、表-1に示すとおり土木工事施工管理基準¹⁾にて、計測密度は10aあたり3点以上と規定されている。これに対し、UAV出来形管理測定基準では、表-2に示すとおり情報化施工技術の活用ガイドライン²⁾にて、1m²あたり1点以上とされている。このため、従来の出来形管理と比較して、300倍以上の密度で出来形管理を行うことが可能であり、高い施工品質を証明することが期待できる。

上記に記した、従来の出来形管理と比較したUAV出来形管理の有用性について、実際にUAV出来形管理技術を活用した工事にて検証を行う。なお、該当工事は通常の建設機械を用いて施工を行う。

表-1 従来の出来形管理基準

工種	項目	管理基準値 (mm)	規格値 (mm)	測定基準
表土整地	均平度	±35	±50	10a あたり 3 点以上

表-2 UAV出来形管理基準

工種	項目	規格値 (mm)		測定基準
		平均値	個々の計測値	
表土整地	標高較差	±50	±150	特記a～d

【特記】

- a. 個々の計測値の規格値には、計測精度として±50mmが含まれている。

- b. 計測は天場面の全面とし、全ての点で設計面との標高較差を算出する。計測密度は1点/ m² (平面投影面積当たり) 以上とする。
- c. 法肩、法尻から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は標高較差評価から除く。
- d. 評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする、規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。

3. UAV出来形管理技術を用いた出来形計測

出来形計測を行うにあたって、情報化施工技術の活用ガイドラインに基づく作業手順を以下に示す。

(1) 撮影計画

空中写真測量の重複度は図-1に示すとおり、進行方向のラップ率90%以上、隣接コースとのラップ率は60%以上とする。また、出来形管理範囲は全区画を対象とし、区画毎に計測結果を取りまとめる。

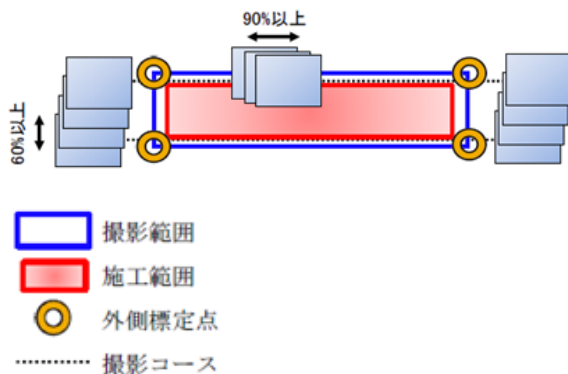


図-1 空中写真測量の重複度

(2) 標定点及び検証点の設置

UAVを活用した空中写真測量による計測結果を3次元座標へ変換するため、標定点と精度確認用の検証点を設置する。標定点及び検証点は、工事基準点からトータルステーションを用いて計測を行い、設置する。また、標定点及び検証点は空中写真測量による出来形計測中に動かないように固定し、図-2に示すとおり、計測対象範囲を包括するように、外側標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置するとともに、内側標定点として撮影区域内に200m間隔程度を目安に設置する。

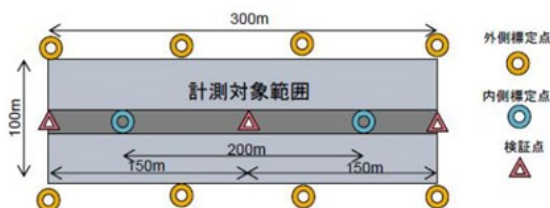


図-2 評定点及び検証点の設置位置

(3) 空中写真測量の実施

空中写真測量の実施にあたっては、航空法に基づく「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じた飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して行う。

(4) 出来形計測

計測対象範囲内で0.01 m² (10cm×10cmメッシュ) あたり、1点以上の計測点が得られる設定で計測を行い、出来形測定データ (出来高評価用データの元になるもの) として管理する。

4. 出来形計測結果取りまとめ

出来形計測結果取りまとめにあたって、情報化施工技術の活用ガイドラインに基づく作業手順を以下に示す。

(1) 3次元設計データの作成

出来形計測から得られた点群データより確認した区画中心標高を基準として、区画ごとに3次元設計データを作成する。

(2) 出来形評価用データの抽出

出来形計測結果から中央値の抽出により、測定基準1 m²あたり1点以上の出来形評価

(3) 出来形管理帳票の作成

3次元設計データと出来形評価用データを用いて、出来形管理基準上の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果を整理した出来形管理帳票の作成を行う。また、設計面と出来形評価用データの各ポイントの誤差を表した分布図(ヒートマップ)を作成し、出来形管理基準上の管理項目から出来形の良否を判断する。

5. 出来形管理結果の良否の判定及び従来の出来形管理との比較検証

(1) 出来形管理結果の良否の判定

本報文では圃場A (面積2,290 m²) の出来形管理結果を抽出して行う。

測定結果について、表-3に示す出来形管理帳票から、規格値内で適切に施工されていることが分かる。また、図-3に示すヒートマップから、一筆取水口側はプラス値、一筆排水口側はマイナス値が確認でき、下り勾配で適切に施工されていることが確認できる。

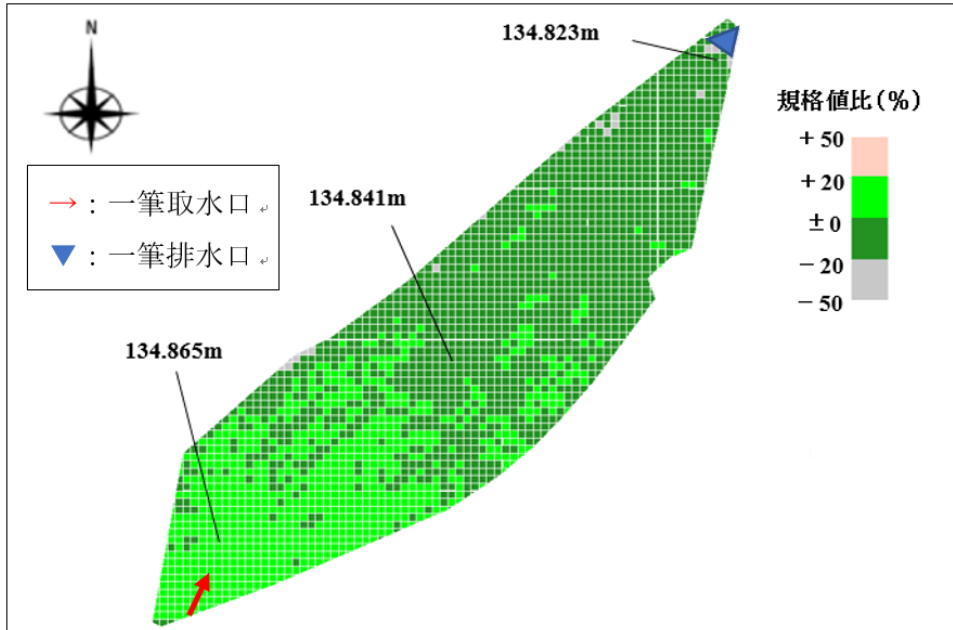


図-3 圃場Aの出来形管理結果を表したヒートマップ

表-3 出来形管理帳票

測定項目		実測値	規格値	判定
平場 標高 較差	平均値	-5.5 mm	±50 mm	○
	最大値 (個々の値)	21 mm	±150 mm	○
	最小値 (個々の値)	-54 mm	±150 mm	○
	データ数	2,313 点	1 点/m ² 以上	○

(2) 従来の出来形管理との比較検証

圃場Aの場合、従来の手法では、最低6点以上の出来形管理を行うこととなるが、UAVによる手法では2,000点以上の出来形管理を行うことが出来、また、その結果をヒートマップで表すことで、施工品質を細かく可視化して証明することが可能であった。その他、比較検証にあたって実際にUAV出来形管理技術を活用して得られたメリットやデメリットについて、施工業者等への聞き取りを行い、従来の手法と比較した結果を表4に示す。

(3) 結果の考察

検証結果からUAV出来形管理技術は従来法と比較して、時間及びコスト面で次の課題が残った。

UAV測量は短時間で広い範囲の測量が可能であるが、専門業者に委託することが必要となる場合が想定され、内業等の作業量増加により時間もかかり、費用が高額となる。これらの課題解決について、他地区の区画整理工事の事例収集を行ったところ、ICT建設機械による施工

表4 従来の手法と比較したUAV出来形管理技術のメリット・デメリット

時間 (デメリット)	<p>従来法：今回対象工事の場合、出来形計測から出来形成果作成までの日数は2日間と想定する。</p> <p>UAV出来形管理技術：現地踏査、施工計画、出来形計測(標定点設置・空撮)、解析作業、出来形成果作成までの日数は7日間であり、従来法と比較して時間がかかった。また、雨風等の天候に大きく左右されるため、実際の工程としては2週間程度の余裕を考慮していた。</p>
品質 (メリット)	<p>従来法：10aあたり3点以上の出来形管理を行う。</p> <p>UAV出来形管理技術：1 m²あたり1点以上の出来形管理を行う。また、その結果をヒートマップで表すことで、施工品質を細かく可視化して証明することが可能であり、従来法と比較して高い品質を得られた。</p>
コスト (デメリット)	<p>従来法：施工業者で対応可能。</p> <p>UAV出来形管理技術：出来形計測及び計測データの解析作業には熟練した専門業者に委託する必要がある、従来法と比較して高額となる。</p>

を併用し、起工測量からUAVを用いて3次元起工測量を行い、出来形管理まで用いることで作業日数の短縮が実現できた事例があった。

本地区で情報化施工技術を活用した工事は情報化施工技

術の受注者希望型であり、UAV出来形管理技術のみ活用したが、UAVを起工測量から出来形管理まで用いた場合に、時間及びコストの短縮が可能であるか、今後も検証を行いたい。

一方、品質では従来法と比較して300倍以上の密度で出来形管理を行い、その結果をヒートマップで表すことで、施工品質を細かく可視化して証明することが可能となる。冒頭に紹介した一昨年の農家からの苦情に対しても、ヒートマップをもとに施工品質を説明することができていればもっと容易に理解が得られ、その対応に係る時間やコストが軽減されるという副次的な効果もあるものと思われる。

その他、UAV出来形管理技術で取得した詳細な座標データから、自動走行農機や肥料散布ドローンの自動運転用地図を作成し、営農段階でも活用することでスマート農業の実践上も活用が期待できる。これらは従来の出来形管理手法では得られない、UAV出来形管理技術を応用することによるメリットである。

6. 終わりに

本事業は区画整理工事を通じて農業生産性の向上と優良農地の確保を図るものである。このため、UAV出来形管理技術のように情報化施工技術を活用することで少しでも高い施工品質を確保し、効率的な営農の実現に貢献することが肝要である。また、工事で得られた3次元情報をスマート農業のための営農にも活用することで、事業の効果をより一層高めることができると感じた。

参考文献

- 1) 土木工事施工管理基準,平成31年3月28日,農林水産省
- 2) 情報化施工技術の活用ガイドライン,平成31年3月,農林水産省
- 3) 農業農村整備における情報化施工及び3次元データ活用,令和3年9月,農林水産省
- 4) 国営土地改良事業等における情報化施工技術活用事例集,令和3年8月,農林水産省
- 5) 亀岡中部農地整備事業概要,平成26年10月,農林水産省