

## UAV を用いた下刈り作業地の作業確認

大地純平

Confirmation of work in weeding area using UAV

Jumpei OCHI

Summary: To enhance the efficiency of work verification (inspection) for weeding areas using UAV (Unmanned Aerial Vehicle) orthoimages, a study was conducted at five test sites to investigate (1) Shooting method, (2) Timing of shooting, and (3) Utilization. Utilizing a commercially available small UAV for professional use, orthoimages (with a resolution of 2-3 cm) adequate for inspection were acquired by capturing at least two shots (at an altitude of 60 m, OL (Over Lap): 80%, SL (Side Lap): 60%) before and after weeding. Additionally, comparing orthoimages taken between 1 week and 3 weeks after the weeding operation (where the weeding had withered and turned flaxen) with orthoimages taken before the weeding operation proved to be a convenient method for confirming the operation. Vegetation height after weeding cannot be clearly determined solely from the ortho image. However, by focusing on specific points to check the vegetation height based on changes observed in the ortho image, the efficiency and accuracy of field confirmation work can be enhanced.

Keyword: Ortho image; UAV; Undergrowth mowing

要旨: 下刈り作業地の作業確認(検査)の効率化を目指すため、UAV オルソ画像等を活用して5試験地で調査を行い、①撮影方法、②撮影タイミング、③利活用について検討を行った。市販の業務用小型 UAV を使用し、下刈り前と下刈り後の最低2回の撮影(高度60m、OL(Over Lap):80%、SL(Side Lap):60%)で検査に十分なオルソ画像(解像度2~3cm)を取得できた。また、下刈り作業から1~3週間経過後の間に撮影したオルソ画像(刈り取った下草が枯れ、亜麻色に変色)と下刈り前のオルソ画像を比較することで、作業確認が容易であることが分かった。下刈り後の「刈り高」はオルソ画像のみで明確に確認することは出来なかった。しかし、オルソ画像上の変化から、「刈り高」を確認するポイントを絞ることで、現地確認作業の効率と精度を高めることができる。

キーワード: オルソ画像、下草刈り、UAV

### 1 はじめに

下刈りは森林整備に係る造林補助事業の対象であり、申請や報告には現地確認等による検査が必要である。下刈り作業地は、一作業地あたり数 ha 以上の場所も珍しくなく、夏季の炎天下の作業となるため、人手不足の昨今において、作業地全体を確認するのも容易ではない。林野庁は2020年度から森林整備事業の申請・検査において、UAV や ICT 機器を用いた現地計測結果を活用することを追加し、UAV で撮影した写真から生成する「オルソ画像(以下「UAV オルソ画像」)」を元に、施工地の境界測定、施工状況の確認などが可能となった(林野庁2023)。

本報告では研究課題「UAV、ICT 機器を活用した森林

整備事業の業務効率化」の中で行った、「UAV を用いた下刈り作業地の作業確認」について報告する。

### 2 試験方法

試験ではUAVオルソ画像等を活用して、5試験地で調査を行い、①撮影方法、②撮影タイミング、③利活用について検討を行った。

#### 2.1 撮影方法

UAV を用いて、オルソ画像を生成するための計測撮影(基本的には「自動航行」による)を行う場合、「飛行高度」「オーバーラップ(Over Lap:以下「OL」)」「サイドラップ(Side Lap:以下「SL」)」の3点を決定し、飛行計画(飛行

コース)を設計する。

飛行高度は「飛行開始地点の地面から飛行する UAV までの高さ(対地高度)」を「飛行高度」として設定し、これを基準として航行する。UAVの自動航行には、「水平面航行」と「地形追従航行」がある。山林に多い傾斜地での撮影品質を重視するならば「地形追従飛行」が有効であるが、事前準備や現場での修正対応に一定の知識と経験が必要であり、本研究では普及の観点から「水平面航行」を傾斜と対地高度に留意しながら、階段状に複数飛行コースを設定して行う方法を採用し、撮影解像度が2cm以下になるように「対地高度60m」で設定した。階段状の各水平面はコース斜面側の対地高度が30mよりも低くならないようにし、各水平面は上下で20~30m重なる

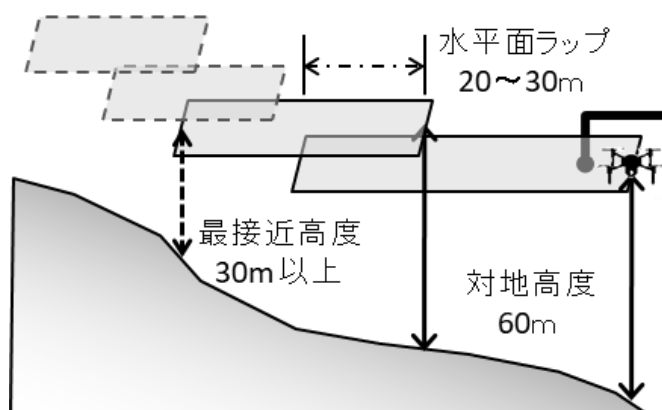


図1 対地高度、最接近高度、水平面ラップの関係

ように配置した(図1)。

各水平面内の飛行コースの OL、SL については、国土交通省マニュアル(国土交通省 2017)に則り「OL:SL=80%:60%」に設定した(図2)。

UAVによる計測撮影は、県内5か所の下刈り作業地を試験地として設定し、小型 UAV「MAVIC PRO (DJI 社製)」を使用して撮影を行った。

また、自動航行アプリケーション「Pix4DCapture」を使用して計測撮影コースを設定し、撮影を行った。

取得した UAV 計測画像は SfM ソフトウェア「Pix4Dmapper」を用いてオルソ化し、下刈り作業確認のための検証を行った。

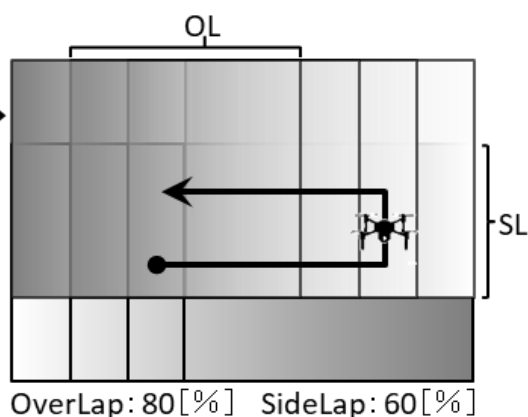


図2 オーバーラップ、サイドラップ

## 2.2 計測撮影タイミング

オルソ画像を用いて下刈り作業の確認を行うためには、下刈り後の適切な期間に再度 UAV による計測撮影を行う必要がある。

下草は刈払い後の時間経過により次第に回復するため、「下刈り前、下刈り1週間後、2~4週間後」に UAV による計測撮影を行った。

計測撮影で得られたオルソ画像より、下刈り作業地を抜き出し、画像を2値化して下草による被覆率を算出して「下刈り後の適切な計測撮影期間」を検討した。

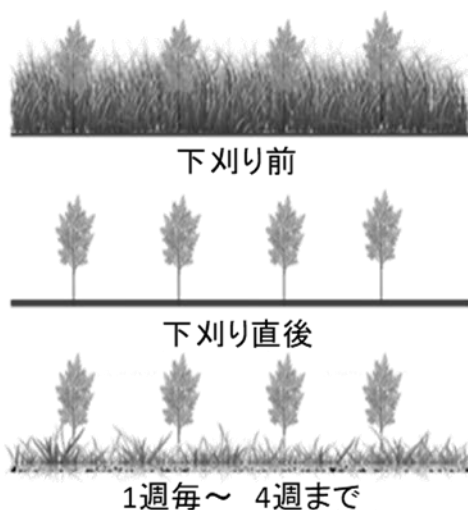


図3 計測撮影タイミング

### 3 結果及び考察

#### 3.1 撮影方法

各試験地で UAV を用いて撮影した単画像(オルソ化前の 1 カット画像)の「解像度は 2 cm/pix 以下」であったが、SfM ソフトで作成したオルソ画像では全ての試験地で「解像度 2~3cm/pix」となった。単画像の解像度よりオルソ画像の解像度が低くなった原因としては、階段状に配置した各飛行コースの解像度差や地形変化による局所的な対地高度の変化等に影響を受け、オルソ化を行う際に、解像度の低い側に生成結果が引っ張られたためと考えられる。

#### 3.2 撮影タイミング

試験地撮影で得た UAV 画像を元に、下刈り作業前後の各オルソ画像を作成し比較を行った。写真 1~3 は試験地のオルソ画像の一例である(下刈り前と下刈り 1 週間後)。オルソ画像を比較すると、刈り払われた下草が 1 週間の間に枯れ、垂麻色に変わったことで苗木の葉色がそのまま残り、下刈り範囲及び残存する苗木の位置が明確となった。

下刈りからの時間経過による下草の回復、再被覆については、下刈り後の時間経過別の 2 値化図(植生の緑系色を「黒」、それ以外を「白」に区分)より被覆率を算出、比較した(図 4)。

回復した下草等による、下刈り後 1 週目の被覆率は約 18%(植栽木の被覆率)、3 週目で約 30%(下草のみで約 12%)、4 週目以降約 50%(下草のみ約 32%)となった。下刈りから 3 週目以降は下草の再被覆範囲が作業地の 30%以上に拡大し、植栽木との境界が不明瞭になったことから、オルソ画像を下刈り作業の確認のために使用する場合は「下刈り作業日から 1 週間経過後~3 週目」の間で 2 回目の UAV 計測撮影を行うことが推奨される。

下刈りから 3 週目以降に取得したオルソ画像では、植栽木と下草の境界が不明瞭になる一方で、下刈り時の誤伐などで損傷・枯損した植栽木が枯損、変色し画像上で確認できるようになった(写真 4)。

#### 3.3 利活用とまとめ

下刈り作業の確認を目的として UAV オルソ画像を用いる場合、計測撮影飛行のコース設定条件は「OL:SL=80%:60%」「対地高度 60m」、撮影タイミングは「下刈り前」「下刈り作業日から 1~3 週間経過後の間」の計 2 回撮影することで、下刈り作業の有無、植栽木の配置状況等を比較しやすい画像を得られることが分かった。

今回の撮影条件で得られたオルソ画像の解像度は 2~3 cm/pix であったが、下刈り作業の確認を行うには十分な解像度であり、UAV オルソ画像を活用することで下草刈り作業地全体の作業状況を明確かつ、詳細に把握することができた。

現地で目視内飛行による UAV 計測撮影を行う場合は、対地高度が低いほど機体を見失いにくい。一方で飛行高度が低くなると、飛行コースの設定に余裕がなくなり、地表への激突や、突発的事象への対応が難しくなるなどのリスクもある。オルソ画像の解像度を調整したい場合は、今回の計測撮影条件を元に「飛行高度」を安全性に配慮して変更することで、目的に応じた精度調整が可能である。

下刈り後の「刈り高」はオルソ画像が平面図であることから、オルソ画像のみで明確に確認することは出来ない。しかし、オルソ画像上の変化から、刈り高を確認するポイントを絞ることで、現地確認作業の効率と精度を高めることができる。

今後の課題としては、UAV による「計測撮影」「オルソ化」「解析(判断)」をそれぞれ「誰」が担当するか明確にし、実務での活用をどう進めていくか検討する必要がある。

#### 引用文献

林野庁森林整備部整備課長通知(2023)森林環境保全整備事業実施要領の運用, 5 林整整第 491 号  
国土交通省(2023)空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案), R5.3.31 改定

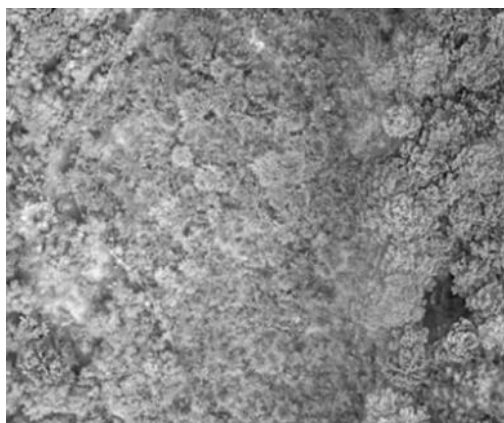


写真1 下刈り前

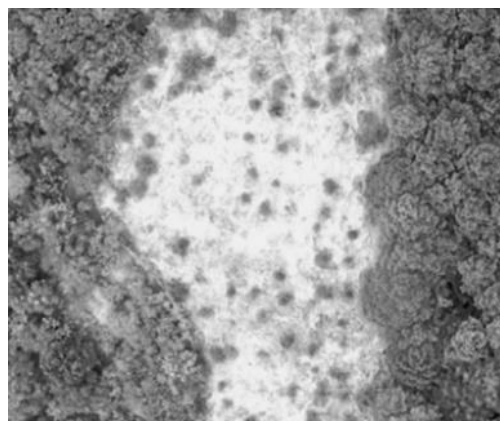


写真2 下刈り1週間経過後

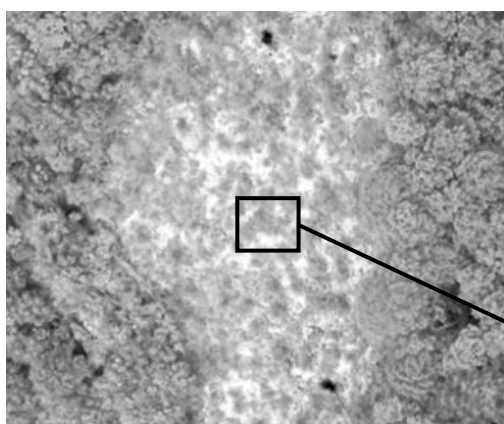


写真3 下刈り4週間後

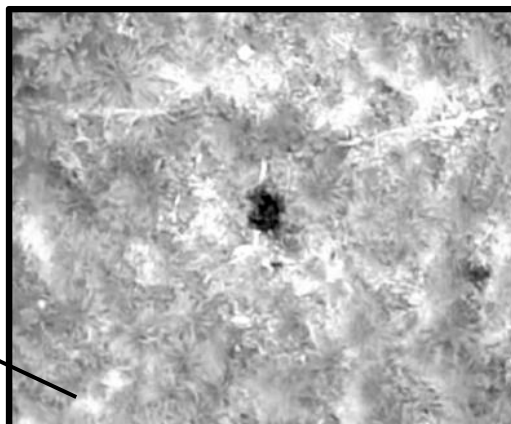


写真4 根元誤伐等で枯損した植栽木

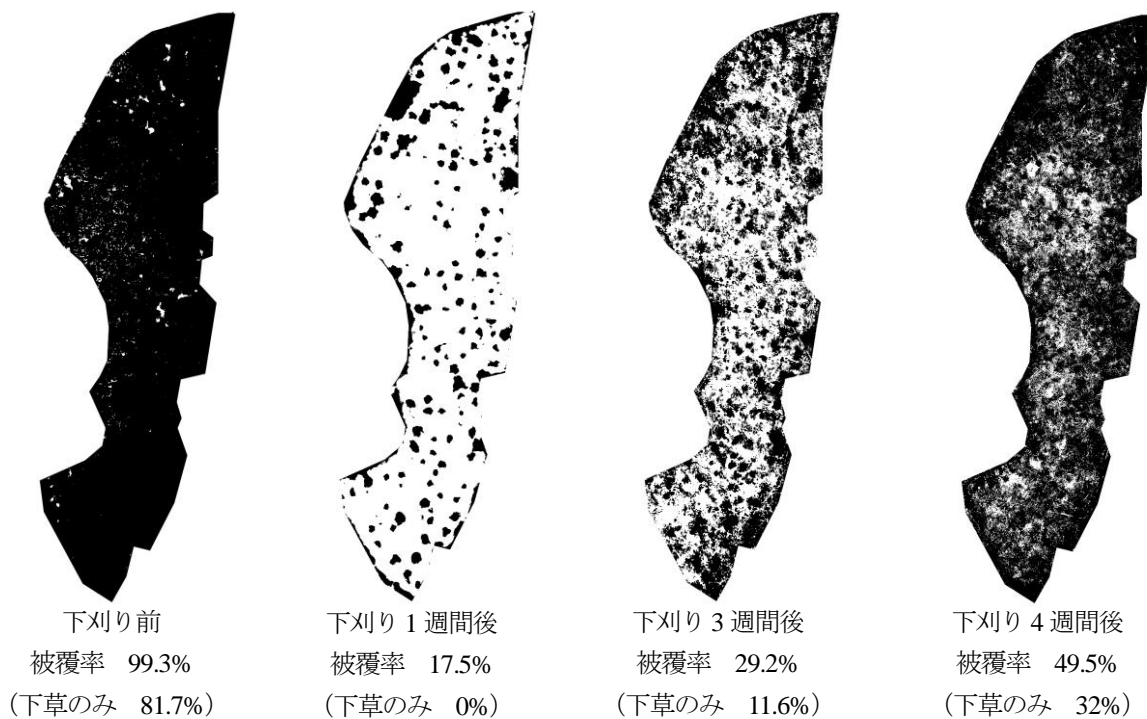


図4 2値化した下刈り作業区の時間経過ごとの被覆率の変化