

## UAV を活用した

### 「的確な更新が認められる区域」の設定における業務効率化の提案

下北森林管理署 発表者・チームリーダー 主事 安達 昂太  
チーム員 森林整備官 三上 和馬  
地域技術官 松田 悠吏  
アドバイザー 森林技術指導官 畑中 賢幸

#### 1 はじめに

「的確な更新が認められる区域」（以下、「的確な…」という。）とは、人工林の伐採跡地で天然更新したヒバ等の天然稚幼樹の本数が指定施業要件の植栽本数を満たす区域のことで、既に生育している天然稚幼樹を活用して多様性に富む森林の整備に資することを目的として設定されます。

「的確な…」の設定を行うには、人工林の皆伐及び複層伐の跡地において、ヒバなどの天然稚幼樹が密に生育している区域を UAV や GNSS 機器のトラッキングデータを活用し特定し、QGIS 上で区域の面積の計測、及びその面積の 5 % 以上となるように 0.01ha のプロットを無作為に抽出します。その後、現地でプロット調査を行い、結果を集計して保安林の指定施業要件の植栽本数を満たしていれば「的確な…」として設定することができます。

このように、「的確な…」の設定までには複数回の外業に加えて様々な内業が必要であり、設定の可否の判断に長期間を要するため、設定は進んでいません。そのため、UAV を用いて撮影される空中写真や、その空中写真から作成したオルソ画像などを活用して画像上で稚幼樹の本数を数えることで「的確な…」の設定の省力化を図ることができないか検討しました。

#### 2 研究方法

##### (1) 対象地

対象地は当署管内のスギ人工林の主伐跡地で、ヒバの天然稚幼樹が生育している可能性がある 4 つの小班を選定しました（表 1）。しかし、835 と 2 林小班は現地踏査の結果、ヒバ稚幼樹が見当たらなかったためプロット調査等はいませんでした。

表 1 対象地

| 林小班名   | 小班面積(ha) | 主伐年度(年度) |
|--------|----------|----------|
| 786い3  | 6.63     | 2019     |
| 835と1  | 2.41     | 2020     |
| 835と2  | 1.54     | 2020     |
| 1004は1 | 3.34     | 2022     |

##### (2) 方法

###### ①プロットの設定

各小班で現地踏査を行い、作為的にヒバ稚幼樹の多い箇所を選定し 0.01ha を調査プ

ロットとして1箇所設定しました。

## ②本数調査

現地プロット調査、高解像度オルソ画像を用いた本数調査、及び空中写真を用いた本数調査の3種類の本数調査を行いました。なお、ヒバ稚幼樹の本数調査を優先したため、広葉樹が落葉してから調査を開始したので、広葉樹については本数調査を実施しておりません。

### ア 地プロット調査

①で設定したプロット内で樹高 30 cm以上のヒバ稚幼樹について現地で本数調査を行いました。

### イ 高解像度オルソ画像を用いた本数調査

対象地を標高ごとにブロック分けをして、対地高度 50mの低高度で UAV を自動飛行させ各小班の全域の空中写真を撮影し、対象地全域の高解像度オルソ画像を作成しました。その高解像度オルソ画像を判読し、画像内でヒバと樹種を判別できるものについては樹高 30 cm以上と仮定して、当該プロット内のヒバ稚幼樹の本数を調査しました。UAV は AUTEK 社の EVO II、オルソ画像作成には Agisoft 社の Metashape を用いました。

### ウ 空中写真を用いた本数調査

10m×10mのプロットが UAV のカメラの画角に収まるよう低高度で撮影を行い、その空中写真から本数を調査しました。イと同様、UAV は AUTEK 社の EVO II を用いました。

## ③調査結果の比較

②アの結果と②イ・ウの結果を比較し、実際に「的確な…」の設定を省力化できるのかについて検証しました。

## 3 結果

### (1) 高解像度オルソ画像と従来のオルソ画像の比較

高解像度オルソ画像と従来の高度（本文では対地高度 120m）で作成したオルソ画像を、Metashape の設定はすべて同一にし、空中写真撮影枚数と作成時間、及び解像度（cm/pix）の観点から比較しました（表2）。なお、従来の高度で撮影を行ったのは対象地の中で 1004 は 1 林小班のみであるため、1004 は 1 林小班に絞り比較を行いました。

その結果、対地高度 50mで撮影を行うと従来の高度と比較して、空中写真撮影枚数は約 3.21 倍、オルソ画像作成時間は約 1.25 倍に増加しましたが、解像度は約 1.7 倍向上しました。

表2 対地高度の違いによる空中写真撮影枚数、オルソ画像作成時間、及び解像度

|          | 空中写真枚数（枚） | オルソ画像作成時間（時間） | 解像度（cm/pix） |
|----------|-----------|---------------|-------------|
| 対地高度120m | 224       | 4.47          | 4.72        |
| 対地高度50m  | 721       | 5.63          | 2.77        |

## (2) 本数調査結果比較

現地プロット調査、高解像度オルソ画像を用いた本数調査、及び空中写真を用いた本数調査の結果を比較しました(表3)。現地プロット調査と比較して高解像度オルソ画像、空中写真を用いた調査では本数が少なくなりました。

また、高解像度オルソ画像を用いた調査結果の誤差(表3中①-②)は標準偏差の値が大きく、平均誤差は8本となったのに対し、空中写真を用いた調査結果の誤差(表3中①-③)は標準偏差の値が小さく、平均誤差は3本でした。

このことから、高解像度オルソ画像を用いた調査は空中写真を用いた場合と比較して正確性を欠くことが分かりました。対して、空中写真を用いた調査では比較的正確に本数を数えることができ、平均誤差及び標準偏差は、指定施業要件の植栽本数を満たすか否かの条件調査として許容できるものでした。

したがって、空中写真を用いた本数調査で「的確な…」の設定を省力化できる可能性が示唆されました。

表3 各手法の本数調査結果の比較 (単位: 本)

|        | ①現地調査 | ②高解像度オルソ画像 | ③空中写真 | ①-②  | ①-③  |
|--------|-------|------------|-------|------|------|
| 786い3  | 19    | 11         | 16    | 8    | 3    |
| 835と1  | 27    | 24         | 25    | 3    | 2    |
| 1004は1 | 21    | 9          | 18    | 12   | 3    |
| 平均     | 22    | 15         | 20    | 8    | 3    |
| 標準偏差   | —     | —          | —     | 3.68 | 0.47 |

## 4 考察・結論

### (1) 誤差要因についての考察

#### ①高解像度オルソ画像を用いた本数調査

##### ア 解像度

本研究では従来のオルソ画像の約1.7倍の解像度の高解像度オルソ画像を作成しました。しかし、ヒバ稚幼樹の細かな形状を判読するにはまだ不十分な解像度であるため、ササ類との区別がつきにくいなど判読の難易度が比較的高くなったと考えられます。

##### イ オルソ画像の特徴とヒバの更新の特性

高解像度オルソ画像上では1本の大きなヒバと判読できたものが、現地調査や空中写真上では複数本の場合が多々ありました。これは、オルソ画像の特徴とヒバの更新の特性が要因であると推測されます。

まず、オルソ画像は中心投影で撮影された空中写真を正射変換し、空中写真の歪み等を補正することで正確な地形情報を反映した画像です。よって、画像内の地物はすべて真上から見た形状をしています。

また、ヒバの更新の1つに地面に接した枝から根を出す伏条更新という更新方法があります。

伏状更新したヒバは別個体ですが、元は枝から成長したものなのでオルソ画像などで上方から見た場合には複数個体でも1個体と誤判読してしまうと考えられます。

## ②空中写真を用いた本数調査

3 (2) から空中写真を用いた本数調査は条件調査の許容範囲の誤差ですが、現地プロット調査と比較すると本数が少ない傾向があることが分かりました。これも、ヒバの伏条更新が大きな要因となっていると考えられます。

しかし、本研究ではプロットが画角に収まる最低の高度である20mで撮影を行ったため、周縁部にある比較的樹高の高い個体については倒れこみが発生し、そのほかの個体についても高解像度オルソ画像と比較して空中写真の解像度が高かったことから、伏条更新をしていても比較的数えることが容易であり、誤差は許容範囲内に収まったと考察されます。

## (2) 誤差改善についての考察

### ①高解像度オルソ画像を用いた本数調査

本研究では人の目によって高解像度オルソ画像の判読を行いましたが、ササ類との区別の難易度の高さなどから誤差が大きくなってしまいました。しかし、大量のヒバ稚幼樹の画像をニューラルネットワークモデルに学習させ、ヒバ稚幼樹を抽出させることができれば誤差は少なくなると考えられます。

ただし、この手法では学習のために上空からのヒバ稚幼樹の様々な画像を用意することや、精度の高い判読を行わせるためにある程度時間をかけて学習させなければいけないなど、調査を行うまでに入念な準備が必要です。

### ②空中写真を用いた本数調査

空中写真を用いた本数調査の場合、本研究でのプロットの条件下では誤差は許容範囲に収まりました。しかし、今後別のプロットなどで調査を行う際に許容範囲以上の誤差が生じることも考えられます。

その事態を防ぐためには、プロットが画角に収まるように1枚の空中写真を撮影するのではなく、加えて斜め方向からプロットを撮影した写真を複数枚用意する必要があると考えます。斜め方向からプロットを撮影することで、地物も斜め方向から撮影され伏状更新をしたヒバ稚幼樹についても本数調査の難易度が下がることが期待できます。

## (3) 結論

本研究では、UAVを用いて撮影される空中写真や、その空中写真から作成したオルソ画像などを活用して画像上で稚幼樹の本数を数えることで「的確な…」の設定を省力化することを試みました。その結果、高解像度オルソ画像を用いた本数調査は困難ですが、空中写真を用いた本数調査は可能であり、「的確な…」の設定の省力化が示唆されました。

QGIS上でのプロット箇所の設定についても、UAVにより特定する区域をランダムに撮影することで、無作為抽出と同様の効果が得られると考えます。

また、機械学習を活用することで、高解像度オルソ画像を用いた本数調査でも誤差が小さくなる可能性があると考えます。

本研究の結果から、「的確な…」設定の省力化はもちろんのこと、地拵等の跡地検査についても、空中写真を撮影しておけば業務を省力化することができると期待できます。

課題としては、4 小班に絞って本研究を行いました。プロット箇所の傾斜等の条件によっては空中写真を用いて本数調査を行う場合でも誤差が大きくなる可能性があります。

また、本研究では広葉樹が落葉した秋に撮影を行いました。別の季節で調査を行うことでも異なる研究結果になると推測されます。

そのため、今後も様々な条件下や手法で研究を継続することが求められます。