

UAVオルソによる業務効率化の可能性 ～収穫調査に着目して～

九州森林管理局 宮崎森林管理署

井 崇行

牧島 京右

林野庁 森林整備部 森林利用課 森林集積推進室

室木 直樹

(元 宮崎森林管理署)

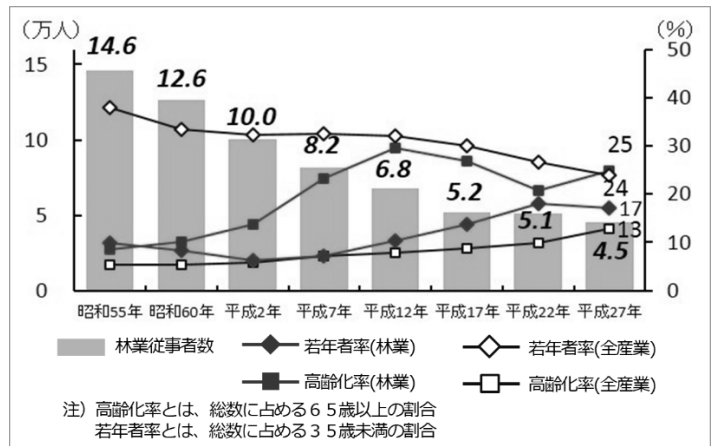
1. はじめに

我が国における人工林の大部分が主伐期を迎え、森林資源の循環利用について大きな課題を抱える昨今、目下の課題のひとつとして森林調査・収穫調査にかかる労働力の確保があります。

総務省の平成27年度における国勢調査(参考)を見ても、林業従事者数は年々減少し、「全産業」に対し「林業」における高齢化率は高く、担い手問題は喫緊の課題といえます。

一方、国有林における現場作業のなかでも特に労力を要する作業が「収穫調査」であり、その手法では毎木調査や標準地調査などによって進められていますが、どの調査も人力によって支えられているのが実情です。

そこで、近年普及しつつある「UAV」に着目し、収穫調査における労働力確保の課題解決と調査コストの低減に対応できないか検討することとしました。



参考：総務省「H27国勢調査」

2. 具体的な取組

「収穫調査」のなかでも特に精度は高いが労力を要する『毎木調査』について、UAVを活用した手法を考案し、簡素化出来ないか検討を行いました。

その手法として、

- ① カメラ付きUAVによる上空からの撮影を行う。
- ② 撮影した写真をオルソ化する。
- ③ オルソ化した画像から収穫対象区域の該当する樹木の梢端を数え、立木本数を計測する。
- ④ 現地でプロットを設定し該当する樹木の一部を調査する。
- ⑤ 現地調査したデータを③で計測した立木本数分に拡大し収穫量を推定する。

という流れで検討してみたいと思います。

使用する機器は、撮影に使用するUAVは一般的に販売されているカメラ付きUAVとして、Phantom 4 Pro (DJI社、写真1)を使用することとし、自動飛行アプリ「DJI GroundStation Pro」を活用して収穫対象区域を撮影、オルソ化の処理に使用する解析ソフトは「PhotoScan」を、本数をカウントする際には「QGIS」を使用することとしました。

図1の画像は自動飛行アプリを使用する際の画面です。はじめに区域を設定し、画面右側の設定項目をいくつか入力するだけで飛行ルートを自動で設定してくれるので、少しの練習で誰でも操作出来る簡単なソフトです。



写真1：Phantom 4 Pro
(DJI社HPより)

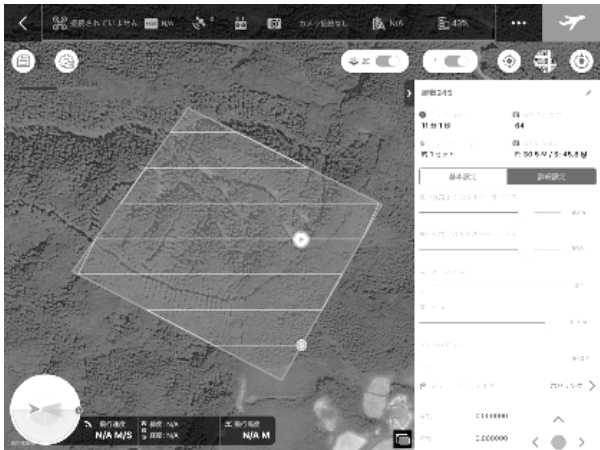


図 1 : 自動飛行アプリの画面

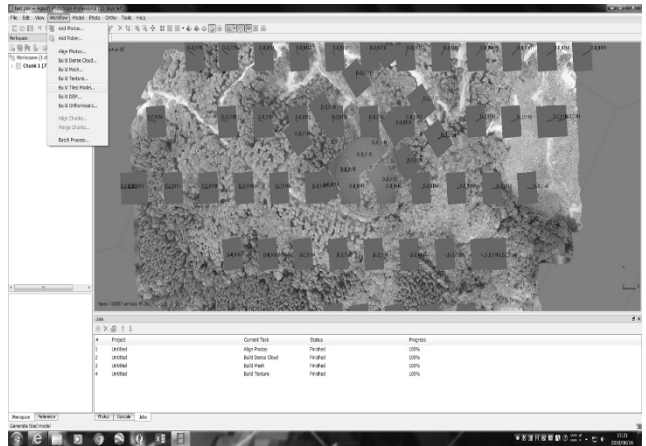


図 2 : 解析ソフトの画面

図 2 の画像はオルソ化する際に使用した解析ソフト「PhotoScan」の画面です。

複数の写真を取り込み、画面に表示される項目どおりに数回クリックして、あとは出来上がるのを待つだけの簡単な操作でオルソ化することができ、こちらも少し練習するだけで誰でも操作できる簡単なソフトです。

下の写真 2 はオルソ化する前の写真で、写真 3 はオルソ化した写真になります。オルソ化したことで、樹木を真上から見たような画像となり、梢端を数えることが出来るようになりました。



写真 2 : オルソ化する前の写真



写真 3 : オルソ化した後の写真

次にオルソ化した画像から立木の梢端を数える作業を行います。

はじめにオルソ化した画像を「QGIS」に取り込み、あとは収穫対象区域内の該当樹種の梢端をマウスのクリックでマーク（写真 4）しながら数えるだけの単純な作業を行い、本数を計測します。

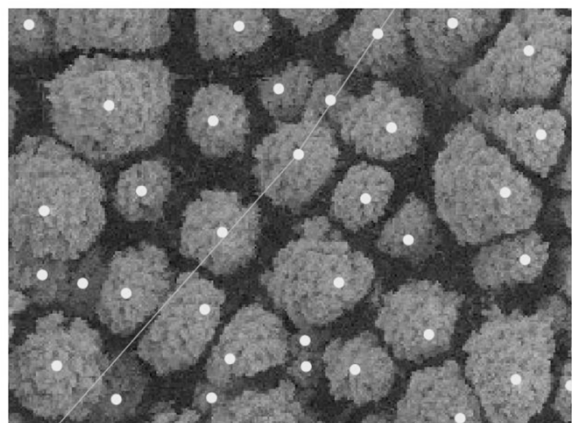


写真 4 : 立木の梢端を数えたマーク

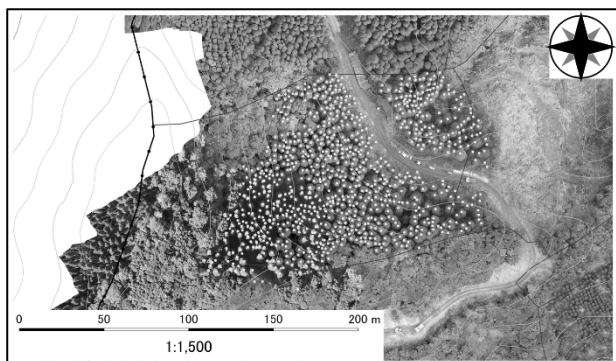
3. 毎木調査との検証方法及び検証結果

先に述べた手法を用いて、毎木調査にて実行された収穫調査結果と同程度の精度を保ったまま調査することが可能かどうか検証します。

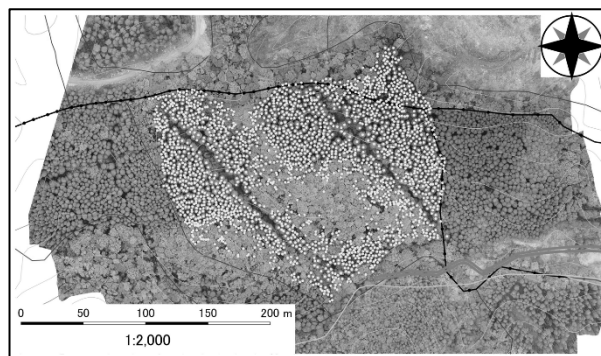
検証方法としては、実際に毎木調査した主伐林分のスギ人工林で立木密度が違う林分の収穫予定箇所から4箇所（資料1～4）の試験地を選定し、UAVで撮影したオルソ画像から立木本数を推定する手法にて算出した結果と毎木調査結果とを比較してみました（表1）。

試験地	立木密度 (本/ha)	実本数 (本)	推定本数 (本)	推定率 (%)	所要時間 (分/ha)
1	630	895	895	100.0	17.6
2	845	2,417	2,343	96.9	19.9
3	1,107	2,236	2,148	96.1	32.2
4	1,494	1,300	1,192	91.7	36.8

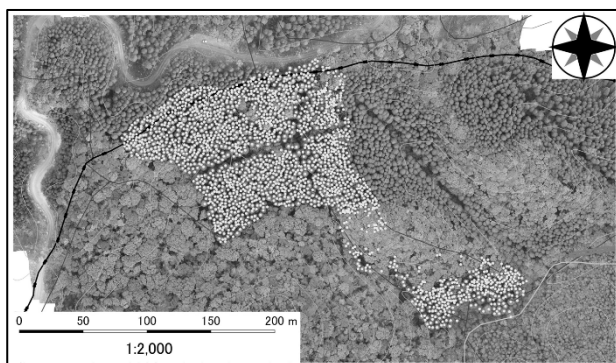
表1：立木本数の推定結果及び所要時間



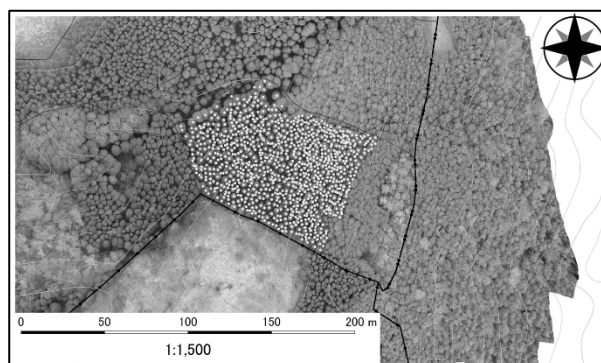
資料1：試験地1（630本/ha）



資料2：試験地2（845本/ha）



資料3：試験地3（1,107本/ha）



資料4：試験地4（1,494本/ha）

比較した結果として、立木密度が高くなるにつれ、画像から読み取った推定本数と実際の毎木調査本数との差が開く結果となり、立木密度が1,000本/ha程度であれば推定率は95%以上、1,500本/ha程度の林分であっても90%以上の精度で、UAVで撮影した写真から立木本数の判読が可能であり、本数を計測する時間もha当たり30分前後で実行できるということから、実際に林内の全立木を計測するよりも圧倒的に時間の短縮を図ることが可能となります。

次に、判読した立木本数からいかに材積を算出するかという課題が残りますが、毎木調査と同程度の精度を保った結果を出すためには、現地でのどのくらいのサンプルを調査する必要があるのかという点について検討してみました。

検証の方法ですが、まずは毎木調査した収穫調査野帳から無作為にサンプルを抽出します。

野帳から無作為に100本単位（100本、200本、300本・・・500本）で抽出する試行を試験地4箇所全てにおいて行い、さらに抽出時の偏りを防ぐために、それぞれの抽出本数で100回繰り返し、全てのサンプリングで推定誤差が10%以内、かつ9割以上のサンプリングで誤差5%に収まる際のサンプリング数を調べてみました（表2）。

試験地	林分の特徴 〔 単木材積の 平均±標準誤差 〕	立木密度 (本/ha)	必要な抽出本数 〔 抽出本数 毎木結果 〕	本数比率	100回抽出したうち、誤差5%以内に収まった確率
3	バラつき小さい 0.91±0.47	1,107	300本/2,236本	13.4%	94%
2	バラつき小さい 0.91±0.58	845	500本/2,417本	20.7%	94%
1	少しバラつく 1.28±0.66	630	300本/ 895本	33.5%	98%
4	バラつき大きい 0.84±0.67	1,494	500本/1,300本	47.5%	93%

表2：毎木調査と同程度の材積が推定できるサンプリング本数や条件
※単木材積のバラつきが小さい順に並べ替えたものである

この表（表2）は、抽出を100回繰り返して100回とも毎木調査結果の材積との誤差が10%以内に収まり、かつ9割以上が誤差5%以内に収まったときの抽出本数を示しています。

結果として、抽出本数が一番少なかったのは試験地3の13.4%となり、一番多かったのは試験地4の47.5%となりました。

影響したのは、林分の特徴として単木材積にバラつきが大きい箇所ではより多くのサンプリングが必要となり、単木材積にバラつきが小さい林分、いわゆる粒が揃っているような林分では1～2割程度のサンプリングで毎木調査と同程度の精度を保った収穫調査が可能であるということが判りました。

4. まとめ

先の検証結果から、一般的に市販されているカメラ付きUAVにより撮影された写真をオルソ化し、その写真から立木の梢端を数えることで、ha当たり1,500本程度の立木密度である収穫対象区域であれば立木本数を算出することは可能であることから、主伐期を迎えるスギ人工林のような林分であれば立木を数える現場作業を省略出来る可能性は十分にあります。

また、材積算出にあたっては、単木材積のバラつきが小さい林分であれば現地調査を全体の1～2割程度、単木材積のバラつきが大きい林分でも半分程度の調査を行うことで、毎木調査手法と同程度の精度で標準地調査を行うことが可能といえ簡略化出来ると考えます。

さらに、写真から立木の梢端を数える際にマークした画像（図3）を活用することで、立木の分布が俯瞰的に見ることができ、標準地を設定する場所の判断材料に使用することで標準地調査の精度向上も期待できます。

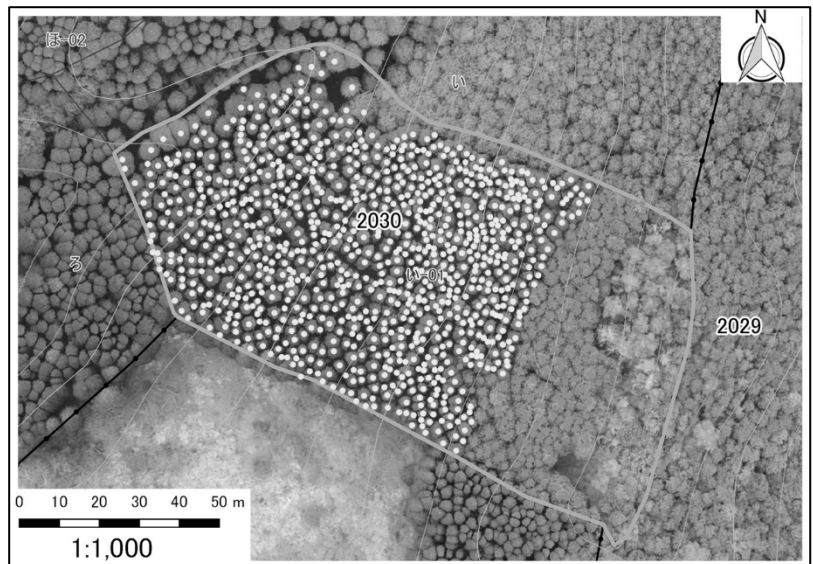


図3：立木にマークした際の画像

必要とする機材もレーザー測定器のような高価なものではなく、一般的に市販されている機器やソフトウェアを使用していることから導入しやすく、この手法を取り入れることで、これまで労力と時間と経費をかけて行っていた収穫調査をより簡素化でき、効率的に行うことが可能となります。

さらに、現地作業に従事する時間が短縮されることで労働安全性も向上することが期待できます。

5. 今後の取組

先の検証結果を踏まえ、九州地方の主伐期におけるスギ人工林での試験地においては、カメラ付きUAVによるオルソ画像を基に算出したこの手法で、毎木調査手法と同精度の調査データを作成することが出来ましたが、今後はスギ以外の樹種で同様の立木本数の判読が可能かどうか、また、他の地方の林分においても同様の精度で実施することが可能かどうかなど条件を変えた比較検証を行う必要があると思いますので、引き続き検証を行いたいと思います。

また、平成30年11月には宮崎県及び関係市町村の林務担当者や収穫調査の指定調査機関などを対象とした現地検討会（写真5）を開催し、本手法の紹介及び意見交換を行い、その模様について地元テレビ局の取材（写真6）を受けました。

また、林野庁においてUAVを活用した収穫調査手法についてとりまとめた「UAV立木調査マニュアル」を作成し林野庁HPにて公表（資料5）をしています。

6. おわりに

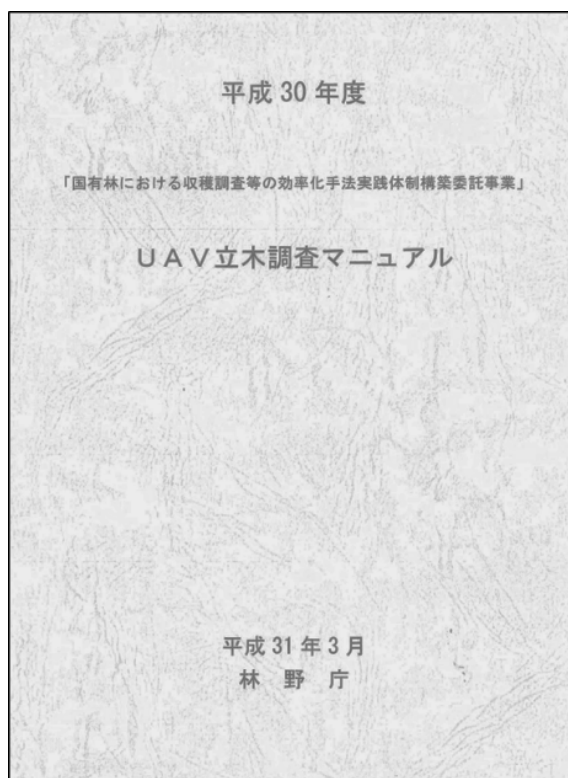
「UAVを活用した収穫調査」のこの手法は、まだまだ発展途上にあり、今後の取り組みのなかでさらに条件を変えた比較検証を進めていかなければなりません。今後も更なる実用化を図って実作業に落とし込めるように林業関係者への普及活動及び意見交換を進めながら、本手法の確立に向け取り組みを進めていかなければなりません。



写真5：現地検討会の開催状況



写真6：現地検討会の開催状況



資料5：UAV立木調査マニュアル