

令和3年度

地上型3Dレーザスキャナを活用した  
収穫調査実証等委託事業

報告書

令和4年3月

林野庁

# 目 次

<b>第 1 章 事業の概要</b> .....	<b>1</b>
1-1 事業の背景と目的 .....	1
1-2 事業内容（要点） .....	2
1-3 検討委員会の設置・運営 .....	3
(1) 検討委員会委員 .....	3
(2) 検討委員会における検討事項 .....	3
<b>第 2 章 地上レーザ計測による収穫調査手順書の作成</b> .....	<b>4</b>
2-1 収穫調査手順書案の作成 .....	4
2-2 調査手順書の構成 .....	5
2-3 地上レーザによる現地調査 .....	6
<b>第 3 章 地上レーザ計測による収穫調査の実施</b> .....	<b>8</b>
3-1 収穫調査地の概要 .....	8
3-2 手順書に沿った調査概要 .....	17
3-3 収穫調査結果の比較 .....	20
<b>第 4 章 収穫調査復命書の作成</b> .....	<b>22</b>
<b>第 5 章 収穫調査の効率化に向けた検討</b> .....	<b>23</b>
<b>第 6 章 立木公売公告における地上レーザ計測データの活用方法の検討</b> .....	<b>24</b>
6-1 立木公売公告時の提供データの作成 .....	24
6-2 需要者へのアンケート調査 .....	24
6-3 効果的な提供方法等の検討 .....	28
<b>第 7 章 地上レーザ計測による収穫調査の普及</b> .....	<b>34</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>37</b>

# 第1章 事業の概要

## 1-1 事業の背景と目的

---

国有林野事業においては、利用期に達した人工林を伐採し、将来的に均衡のとれた齢級構成に誘導するとともに、国産材の安定的・効率的な供給体制の構築に貢献するため、収穫量を増加させることとしている。そのため、収穫調査においては、調査の公正性・客観性を担保しつつ、マンパワー不足に対応した効率化・省力化を図ることが課題となっている。また、立木販売においては、材積、材質、立木位置等の詳細な立木データの公表を通じて、需要者ニーズに応じた適時適確な木材の供給により、立木の価値を向上させる取組の推進が求められている。

本事業は、国有林において地上型3Dレーザスキャナ（以下「地上レーザ」という。）を用いた収穫調査を実施し、収穫調査業務の効率化に向けた検討を行うとともに、各森林管理局署の職員等が行う収穫用務に活用できるよう検討結果を普及するほか、当該調査結果を立木公売公告の物件情報として提供した場合の効果等を実証的に分析するなど、収穫調査業務における地上レーザデータの活用可能性の検証等を行うことを目的とする。

## 1-2 事業内容（要点）

---

本事業は、地上レーザを活用した収穫調査について、令和2年度林野庁事業の成果を踏まえつつ、新たに標準地調査への活用を実証するとともに、現地調査方法及び収穫調査報告の作成方法等に関する「手順書」を作成し、国有林職員等への普及に向けた研修を行うことを内容とする。その実施内容の要点は以下（1）～（5）である。事業の詳細については、第2章以下で報告する。

### （1）検討委員会の設置・運営

学識経験者等による検討委員会を設置し、事業内容について指導及び助言を受けた。委員については、森林計測、森林経営計画等に関する学識経験者等の5名で構成し、検討委員会を令和3年9月および令和4年2月に開催した。

### （2）地上レーザ計測による収穫調査手順書の作成

令和2年度の林野庁事業成果を踏まえ、地上レーザを用いた収穫調査の「調査手順書（案）」を作成した。その案をもとに、北海道及び九州の国有林において森林管理局等の技術者の実地研修と意見交換を実施し、さらに実地で実施した地上レーザ計測による収穫調査の結果等を踏まえて必要な修正を行って「調査手順書」（別冊）を作成した。

### （3）効率的調査方法の検討

今回作成した調査手順書には UAV および地上レーザ計測のほか、UAV 空撮データの活用や従来型の立木計測等を含めた調査方法を含むが、収穫調査の目的や対象林地の状況等に応じて、必要な計測データを効率的に取得することが収穫調査の要諦であり、各種条件等を例示しつつ、効率的な調査方法の組み合わせ、作業所要時間等について比較整理した。

### （4）立木公売公告における地上レーザ計測データの活用方法の検討

令和2年度林野庁事業で実施した需要者アンケート結果を踏まえて、地上レーザ計測等で得られた情報（立木位置図、樹幹形状、3次元地形図等）を、立木公売公告の参考情報として需要者に実際に提供した。その後、それら参考情報の有用性等に関する需要者の意識調査をアンケート形式で実施して結果を取りまとめ、今後の立木公売における有益情報として提供が期待される内容等について提案を行った。

### （5）森林管理局署職員等への普及

林野庁及び各森林管理局署の収穫業務担当職員等を対象に、Web 会議システム（zoom）により計測データによる画像等のデータを活用しながら、調査手順書（案）ならびに収穫調査の進め方について解説・研修を行った。

## 1-3 検討委員会の設置・運営

事業の実施にあたっては「令和3年度地上型3Dレーザスキャナを活用した収穫調査実証検討委員会」（以下「検討委員会」という）を設置し、技術的指導及び助言を受けた。委員には、収穫調査及び地上レーザに関する学識経験者を含むものとし、林野庁業務課と調整の上で決定した。

### (1) 検討委員会委員

氏名	所属	専門分野
田中 和博	京都先端科学大学、教授	森林計画、環境情報
松村 直人	三重大学生物資源学部、教授	森林計画、森林測定等
西園 朋広	森林総合研究所 森林管理研究領域、チーム長	森林資源予測、成長解析
吉田 佳右	ノースジャパン素材流通協同組合、経営企画課長	森林経理
平川 素行	経済調査会、監事	会計・監査

### (2) 検討委員会における検討事項

本事業の開始時点で第1回委員会を開催し、事業成果が見通されてきた時点で第2回検討委員会を開催した。具体的な検討事項等は以下のとおりである。

回数	開催時期	主な検討内容
第1回	令和3年9月29日（水）	・ 全体計画及びスケジュール、実施体制等 ・ 計測調査、功程調査、効率化への工夫等 ・ 調査手順書（案）、公売公告資料（案）等 ・ 研修方針と内容等
第2回	令和4年2月4日（金）	・ 調査分析結果 ・ 調査手順書の見直し案 ・ 調査結果等を踏まえた課題等の整理 ・ 取りまとめ方針

#### (委員会が出された主な意見)

- ・ 計測精度あるいは計測手法の客観性の確保
- ・ 標本調査の結果を林分全体に反映させる方法
- ・ 樹種混交の場合のデータ集計方法（レーザでは樹種等の判別困難であるため）
- ・ 樹頂点抽出や標本ライン設定の簡便性の検討
- ・ 国有林職員への研修・技術習得に向けた検討
- ・ 公売公告への追加的情報提供の内容と方法
- ・ 調査方法等の状況に応じた選択の考え方の整理
- ・ 従来方法と新方法の整理（効率性、精度、実現性）
- ・ 適用可能な条件等の整理を取りまとめること
- ・ 費用対効果の整理

等の検討が必要である。

## 第2章 地上レーザ計測による収穫調査手順書の作成

地上レーザ計測装置を活用した収穫調査の手順書案を作成し、これに沿った収穫調査を実施して、その実用性等を確かめるとともに、収穫調査で求められるデータの取得あるいは集計方法等を確認して、必要な改善を図って、手順書を完成させた。

### 2-1 収穫調査手順書案の作成

---

地上レーザを用いた収穫調査を進めるためには、レーザスキャナ装置そのものの機能や特性もさることながら、レーザ光そのものの反射特性等を踏まえる必要がある。特に考慮すべき点は、地上レーザ計測では樹種及び品質の判定が現状では困難であるほか、一般に樹高が低く評価されることである。

一方、地上レーザ計測装置のメリットは、スキャンデータから、立木の位置や形状を識別すると同時に、周辺状況を3次元マップ化することができることである。そのため、計測装置の操作者は、立木を一本一本計測する必要はなく、しかも地面を含めた森林3次元画像が取得できるので、計測作業終了後に、計測区域の面積や計測木を確定することが可能である。

今回作成した収穫調査手順書では地上レーザのこうした特性を踏まえて、具体的な調査方法として、「標本レーザ調査」ならびに「全木レーザ調査」による収穫調査方法を取りまとめた。手順書の具体的かつ詳細な内容は、別添「地上レーザスキャナによる収穫調査実施手順書」のとおりである。ここでは手順書の概要を記載する。

#### (1) 手順書作成の方針

収穫調査で求められる調査報告事項（収穫区域、収穫物件等の報告事項等）を満たすように留意して、地上レーザ導入による収穫調査の実施方法や作業手順を示した。各森林管理局における現行の収穫調査規程等に配慮しつつ、地上レーザで得られるデジタルデータのメリットを活かす観点から、データ処理や集計結果の出力等において統一様式を採用することなどにも配慮したデータ処理方法の見直し、各森林管理局での効率化に向けた検討・見直しの必要性にも留意した。

#### (2) 地上レーザによる収穫調査方法の特徴

地上レーザの特性により、現状では、収穫調査で求められる樹種の判別や品質区分の評価は困難であるほか、地上レーザでは樹高が過小傾向となる。レーザ計測の特性に起因するこうした課題を解決すると同時に、レーザ計測の利点を活かす調査方法として、後述する「標本木調査」を採用する。この方法では、林内から抽出する標本木について樹種、品質区分、胸高直径および樹高を計測することによって、地上レーザ計測データが補完され、調査対象地全体の樹種、品質区分、樹高、材積に反映させることができる。

また森林分野で広く利用されつつある UAV を活用して、空撮画像からオルソ画像を作成し、さらに調査区域内の立木位置情報（樹頂点座標）を収穫調査に応用することとした。立木の位置情報は、収穫対象区域の林況把握や区域設定に有効であるだけでなく、収穫調査結果の妥当性を確認するための客観的データでもあり、下記「標本ライン」を設定する判断材料となる。オルソ画像及び立木位置情報は、収穫調査の必須要件ではないが、森林計測における有益な情報としての活用も期待される。

## 2-2 調査手順書の構成

収穫調査対象林分の伐採方法や林況等の情報を収集する「事前準備」を済ませた上で、主な調査手順として以下の項目を想定し、具体的な手順を検討した。

- ・ 区域設定の手法
- ・ UAV 空撮・オルソ画像の作成
- ・ 簡易画像解析による立木位置図の作成
- ・ 林分粗密度マップの作成
- ・ 標本ラインの設定
- ・ 標本レーザ調査
- ・ 全木レーザ調査
- ・ 標本木調査およびデータ取りまとめ方法
- ・ 付属資料

これらの手順により、収穫調査の報告に必要なデータ・関連情報が計測・収集され、材積計算等に係るデータ処理・集計処理が行われる。集計処理と収穫調査報告書の作成については、第3章で述べる。

地上レーザ計測による収穫調査手順書の構成

項目	記載内容
事前準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査区域情報の収集、携行機材準備</li> <li>・ 調査手順の確認、計測データ確認要領等</li> </ul>
区域調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 概況調査、区域設定、</li> <li>・ UAV 空撮、画像解析</li> <li>・ 標準地（標本ライン）設定</li> </ul>
標本レーザ調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地上レーザ計測の足取り図・空白区の確認</li> <li>・ 標本ラインの確認・レーザ計測</li> <li>・ 標本木調査（樹種判別、品質区分、胸高直径、樹高）</li> </ul>
全木レーザ調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地上レーザ計測の予定ルート等の事前確認</li> <li>・ 区域全体のレーザ計測</li> <li>・ 標本木調査（樹種判別、品質区分、胸高直径、樹高）</li> </ul>
参考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 標本レーザ調査の実際</li> <li>・ 地上レーザ計測導入可能な林況等</li> </ul>
地上レーザ計測のデータ処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 標本木調査データの集計</li> <li>・ 地上レーザ計測データの集計</li> <li>・ 調査区域の3次元点群画像および地形データ等</li> </ul>
収穫調査復命書等の作成	<p>収穫調査報告で求められる基本的報告事項作成手順（作表・作図等の様式）</p>
収穫調査の効率化に向けた検討	<p>林況や調査目的に応じた調査方法の検討</p>
巻末資料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ モバイル機器の活用</li> <li>・ 地上レーザによる現地計測での留意事項</li> <li>・ 地上レーザ計測による森林調査での工夫</li> </ul>

## 2-3 地上レーザによる現地調査

現行の収穫調査における毎木調査及び標準地調査に対して、地上レーザ計測による収穫調査ではその特性と調査効率を考慮して、以下の方法を基本とする。ただし、後述するように調査目的や林況等に応じて、UAV 空撮の必要性や調査内容、調査手順等を柔軟に組み合わせるなど、適切な判断と工夫が必要である。

### (1) 標本レーザ調査

- ①調査区域を代表すると見なせる標本ライン（図 2-1）を設定し、
- ②標本ラインに沿って選木された一部の立木（標本木）について樹種、直径、樹高、品質を調査する（下記(3) 標本木調査参照）とともに、
- ③標本ラインに沿って地上レーザ計測を行って、調査地全体の立木データを取得する（図 2-1 A）。

### (2) 全木レーザ調査

標本木調査を行うことは（1）の標本レーザ調査と同じだが、地上レーザ計測に関しては、標本ラインに沿ってのみ行うのではなく、調査区域全域を対象に実施する（図 2-1 B）。

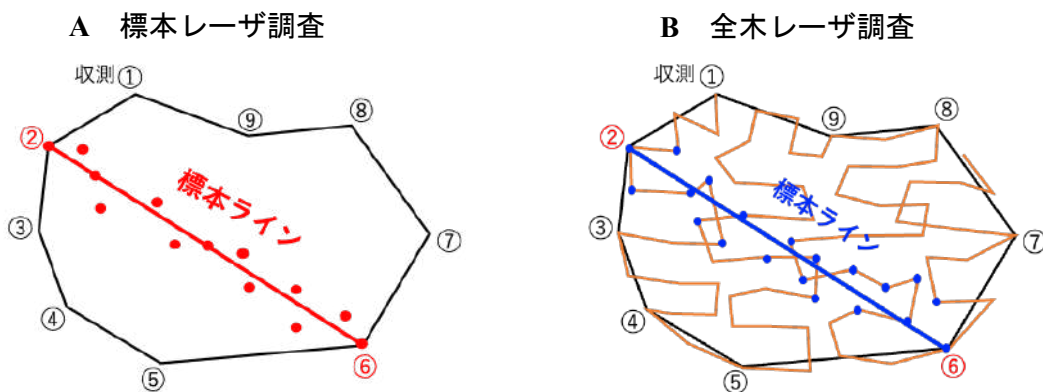


図 2-1 地上レーザ計測による収穫調査方法の概念図

標本レーザ調査 (A) および全木レーザ調査 (B) とともに、調査林分を代表する「標本ライン」を事前に設定する。標本レーザ調査にあつては、標本ラインに沿って地上レーザ計測を行い、全木レーザ調査では区域全域でレーザ計測を行う。

### (3) 標本木調査

標本ラインに沿って 40～50 本程度の立木を選定して標本木とし、すべてにナンバーテープを付し、樹種、品質区分、胸高直径、樹高を記録する。標本木の選木に際しては、地形や立木の込み具合等を考慮するとともに、恣意的とならないよう一定本数置きに選木するなど留意する。標本木調査の要点は、以下のとおりである。

- ① オルソ画像及び立木位置を参考に、林分を代表する標本ラインを設定する。
- ② 標本ラインの起点と終点は収測杭に一致させる。
- ③ 標本ラインに沿って標本木を抽出し、樹種判別、品質区分、胸高直径、樹高を記録する。



#### (4) 地上レーザ計測データの処理

(3)の標本木調査及び地上レーザ計測の結果から、樹種および品質区分に応じた径級別立木本数等の基本情報を算出する。併せて、標本木の胸高直径及び樹高から樹高曲線を近似して、地上レーザ計測の樹高計測値を補正するとともに、材積表から単木材積を算出する。

これらの算出結果に基づき、調査区域の全立木について、面積拡大法によって、樹種別本数、品質別本数、径級別本数等を出力する。

なお、集計作業にあたって、計測データの読み込みや計算処理のプロセスを画一化することにより、一連のデータ処理の大幅な効率化が期待される。暫定的な対応として本事業では、Excel®で、樹高補正、品質区分等の処理を行い、径級別の立木本数、幹材積等を出力した。こうしたデータ処理をさらに簡便化することは、計測データのデジタル化による最大のメリットのひとつであり、収穫調査に係る調査野帳や集計表等、出力フォーマットの統一化など、一連のデータ処理プログラムのカスタマイズが望まれる。

#### (5) 収穫調査復命書の作成

各森林管理局における収穫調査規程等により、収穫調査復命書およびその付属資料等が定められており、それらを考慮して、地上レーザによる収穫調査手順書に従って得られるデータを集計、出力する様式を提示した。基本的な様式としては、立木調査野帳、樹材種別立木データ一覧等である（手順書「4 収穫調査復命書等の作成」参照）。これら様式はいずれも各森林管理局で共通して使用可能と考えられるが、具体的な取扱いについては、各森林管理局における収穫調査業務の実情等を勘案して定められるものである。

その他、収穫調査結果として得られる図面として、調査区域のオルソ画像、測量図、立木位置図等のほか、地上レーザ計測による3次元点群画像などがあるが、これらデータは、調査対象区域の森林計測情報として保管・管理することが考えられる。また後述するように、立木公売公告等での提供も期待されるが、立木買受者等の需要者のアンケート結果等を踏まえて、提供可能な林分情報を選択する必要がある（第6章参照）。

#### (6) 付属参考資料

収穫調査手順書の作成にあたっては、地上レーザ導入による具体的な手法について利用者の理解を促し、必要な事項・内容がわかりやすく記載されるように配慮した。特に、従来と異なる調査内容や地上レーザの計測方法等の個別事項については、利用者の理解を助けるための解説文を引用するなどの工夫も必要である。

その他、収穫調査に係る事前準備や留意事項を巻末に配置するなど、利用者目線で参考となる付属資料（例えば、①使用機器一覧、②モバイル機器の活用、③地上レーザによる現地計測での留意事項、④地上レーザ計測における工夫事例など）についても記載したが、今後の活用状況あるいは新たな情報等を踏まえて、内容を逐次充実させていく必要がある。

## 第3章 地上レーザ計測による収穫調査の実施

上記2-1で作成した手順書案にしたがって、実際に国有林内で地上レーザを活用した収穫調査を実施し、調査手順書の実行可能性を実証的に確認するとともに、当該地域における収穫調査業務上の留意事項等について情報交換を行い、実務的な観点から手順書の改善に取り組んだ。調査対象地は、北海道森林管理局管内の2林分、九州森林管理局管内の4林分、合計6林分である。

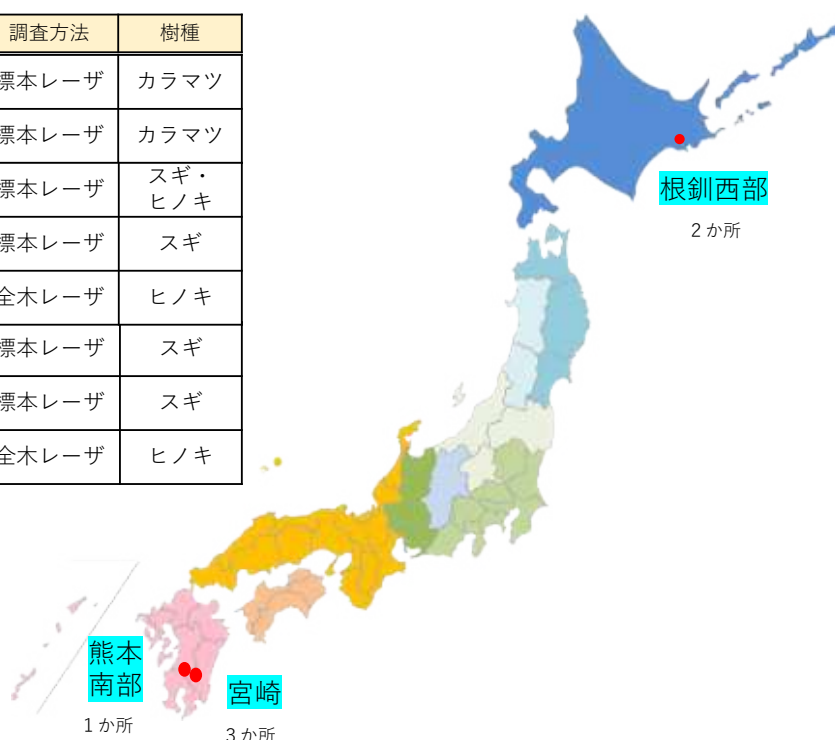
### 3-1 収穫調査地の概要

地上レーザによる収穫調査を実施した対象地の概要を表3-1に、また林況写真等を図3-1～図3-10に示す。調査対象となるのは、北海道森林管理局根釧西部森林管理署管内の2林分(208は、208と)、九州森林管理局熊本南部森林管理署管内のスギ林及びヒノキ林(53と)、同局宮崎森林管理署のスギ林(2025ほ、2025へ)ならびにヒノキ林(2025と)の6林分である。しかし実際には九州森林管理局管内の調査地は、同一の林小班が分割されているほか、異なる樹種で区分されている場合があったため、表3-1に示したように、調査対象地としては8林分に分割して計測を実施した。

また地上レーザ計測の実施にあたって、調査区域面積が1ha未満の2林分(宮崎署管内2025ほ、2025と)については、対象区域全域のレーザ計測と標本ライン調査を併用する「全木レーザ調査」で実施した。その他の林分については対象区域に設定した標本ラインに沿って標本木調査とレーザ計測を行う「標本レーザ調査」を実施した。

表3-1 調査対象林分

管理署	林小班	面積 (ha)	調査方法	樹種
根釧西部	208は	2.21	標本レーザ	カラマツ
根釧西部	208と	5.30	標本レーザ	カラマツ
熊本南部	53と	4.76	標本レーザ	スギ・ヒノキ
熊本南部	53と	2.39	標本レーザ	スギ
宮崎	2025ほ	0.83	全木レーザ	ヒノキ
宮崎	2025ほ	5.62	標本レーザ	スギ
宮崎	2025へ	2.29	標本レーザ	スギ
宮崎	2025と	0.89	全木レーザ	ヒノキ



## (1) 根釧西部 208 は

- ・カラマツ人工林 林齢 60 年
- ・区域面積 2.21 ha

平均傾斜  $18^{\circ}$  (東北東) と全体的には緩やかであるが、中央付近に沢があり、その両サイドは  $40^{\circ}$  程度の急傾斜となっている。

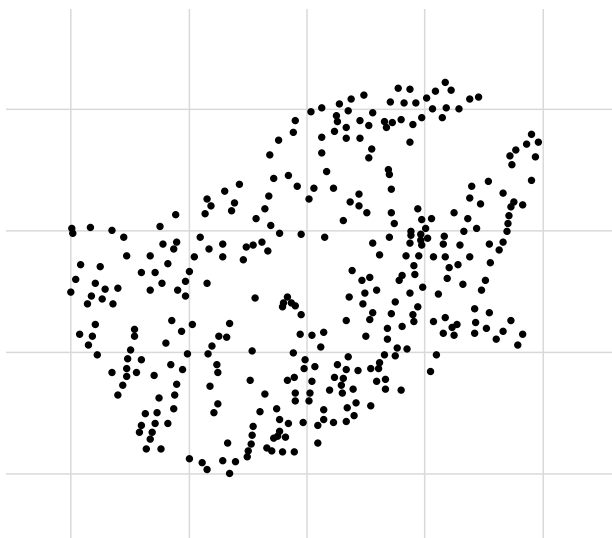
過去に列状間伐が行われたため、天然更新した広葉樹が多い。カラマツが列状に成立しているが、立木本数は広葉樹が多い。雑灌木はそれほど多いわけではないが、また部分的に 1m ほどのササで覆われている。

本調査地では、標本レーザ調査を実施した。計測場所は下段の図に示した標本ラインである。腰の高さほどのササで覆われている箇所や、急斜面があったが、林内は比較的歩きやすく、見通しも良好であったため、地上レーザ計測も比較的容易であった。唯一注意すべきことは、急に傾斜が変化する場所では、地上レーザ計測の間隔を敢えて短くするなどの配慮が必要である。

上段：オルソ画像

中段：樹頂点抽出による立木位置

下段：林分粗密度マップおよび標本ライン



## (2) 根釧西部 208 と

- ・カラマツ人工林 林齢 60 年生
- ・調査区域面積 5.30 ha

平均傾斜  $17^\circ$  (斜面方位：南東)と全体的には緩やかであるが、上段図の右上が  $30\sim 40^\circ$  程度の斜面があり、一部、過去の崩落地形と思われる箇所がある。

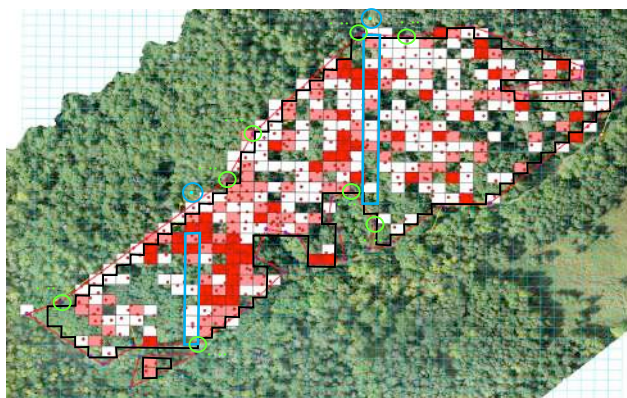
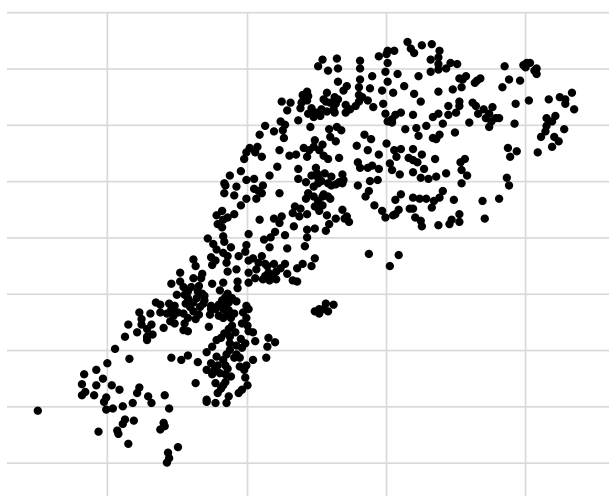
天然更新した広葉樹が多く、カラマツの本数は少ないが、雑灌木はそれほど多くなく、林内の見通しは比較的よい。

本調査地では、標本レーザ調査を実施した。計測場所は下段の図に示した標本ライン2本である。一部に急斜地はあるが、歩行を妨げるほどの灌木は少なく、レーザ計測は容易であった。一部の急斜地は無立木であり、地上レーザ計測ではその箇所を迂回しても差し支えない状態であった。

上段：オルソ画像

中段：樹頂点抽出による立木位置

下段：林分粗密度マップおよび標本ライン



### (3) 熊本南部 53 と (大伐区)

- ・スギおよびヒノキ人工林 林齢 52 年生
- ・調査区域面積 4.76 ha

対象区域が広い為、平均傾斜は  $16^\circ$  (斜面方位：西南西)であるが、林内は  $30^\circ$  程度の斜面である。林内には作業道が入っているため、その林縁となる場所では雑灌木が多い箇所もある。

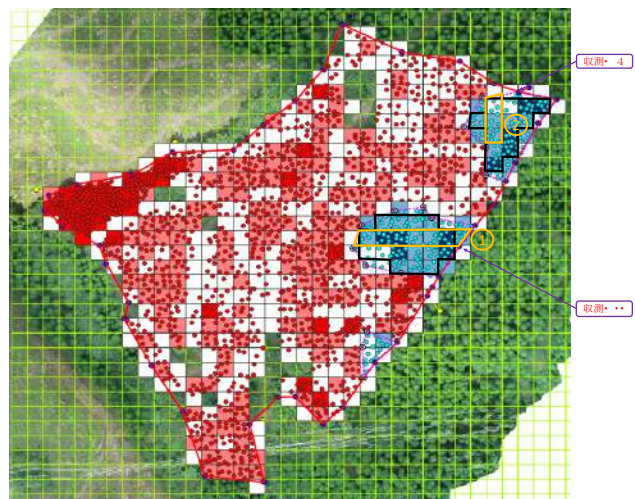
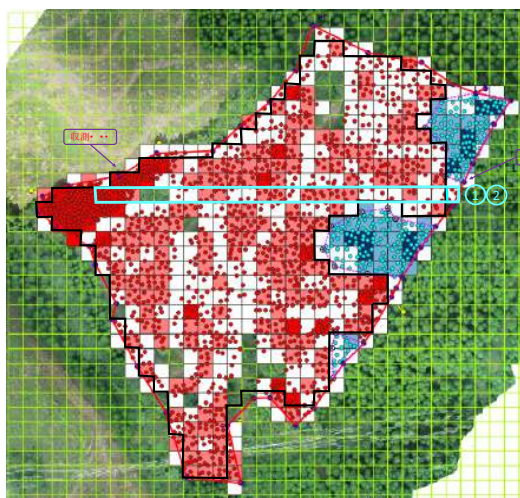
適度な間伐効果もあって、主林木であるスギおよびヒノキの成長は良好である。部分的に林分密度が疎な箇所もあって、灌木類がやや多い場所が散見される。

本調査地では、標本レーザ調査を実施した。計測場所は下段の図に示した標本ラインであり、スギ林で 1 本、ヒノキ林で 2 本を設定した。上述のように、林縁部分で灌木が繁茂している場所を除けば、急斜面がありながらも、林内は比較的歩きやすく、レーザ計測が実施できた。

上段：オルソ画像

中段：樹頂点抽出による立木位置

下段：林分粗密度マップおよび標本ライン



#### (4) 熊本南部 53 と (小伐区)

- ・スギ人工林 林齢 52 年生
- ・調査区域面積 2.39 ha

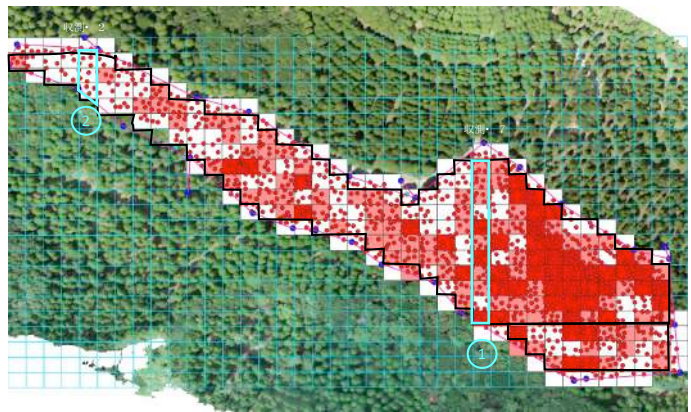
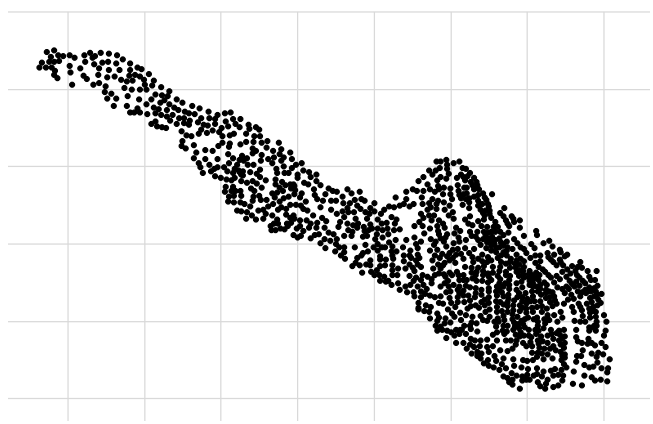
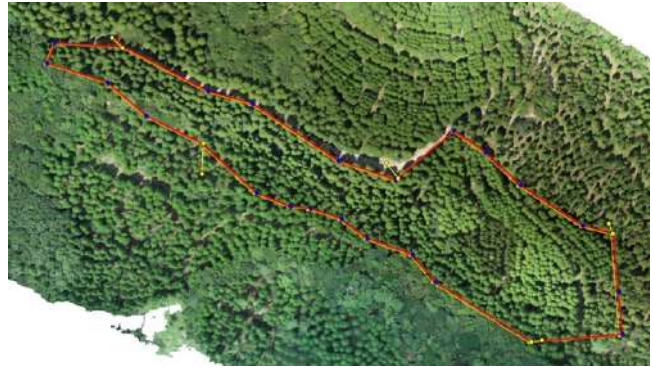
本調査地は、全体的に緩傾斜(平均傾斜  $8^\circ$ )で、雑灌木も少なく、林内の見通しも良好であり、スギの生育状況も良好であった。

本調査地では、標本レーザ調査を実施した。計測場所は下段の図に示した標本ライン(2本)である。林内は比較的歩きやすく、見通しも良好であったため、地上レーザ計測は容易であった。

上段：オルソ画像

中段：樹頂点抽出による立木位置

下段：林分粗密度マップおよび標本ライン



### (5) 宮崎 2025 ほ (大伐区)

- ・スギ人工林 林齢 61 年生
- ・調査区域面積 5.62 ha

本調査地は区域面積が広いので、平均傾斜は  $28^\circ$  (北北西) ではあるが、林内は  $30\sim 40^\circ$  の急斜面が多い林分である。作業道が入っているため、林縁部分やその近辺には小径の雑灌木が多いが、ササやシダ等は見られない。

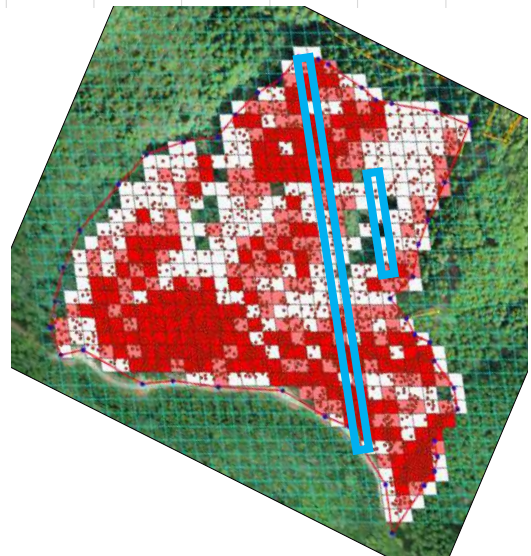
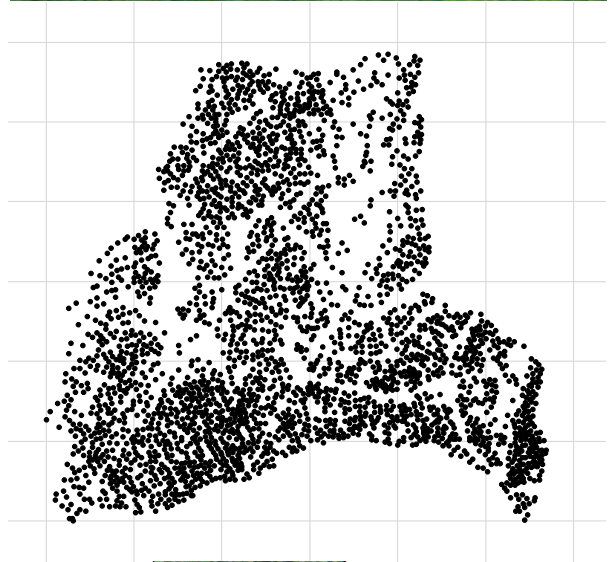
本調査地では、標本レーザ調査を実施した。計測場所は下段の図に示した標本ライン 2 本である。上述したように急斜面があり、部分的に灌木類が多いため、地上レーザ計測のスキャン地点を移動する際は、レーザ特性を意識して、灌木類に遮蔽されないよう注意が必要であった。

また地上レーザ計測データの解析処理にあたっては、3次元点群画像で、主林木であるスギを十分確認してデータ整理が必要であった

上段：オルソ画像

中段：樹頂点抽出による立木位置

下段：林分粗密度マップおよび標本ライン



## (6) 宮崎 2025 ほ (小伐区)

- ・スギ人工林 林齢 61 年生
- ・調査区域面積 0.83 ha

本調査地は、上段の図のように細長いが、上辺が中尾根で、横長の急斜面(30~40°)が谷に向かって落ち込んでいる。しかも2本の谷が入っており、小面積ながら複雑に入り組んだ地形である。

主林木であるスギの立木本数は少なく、むしろ小径の灌木類が所々密生しているが、急斜面下部の谷筋は立木が極端に少なく、比較的大径のスギが点在している。

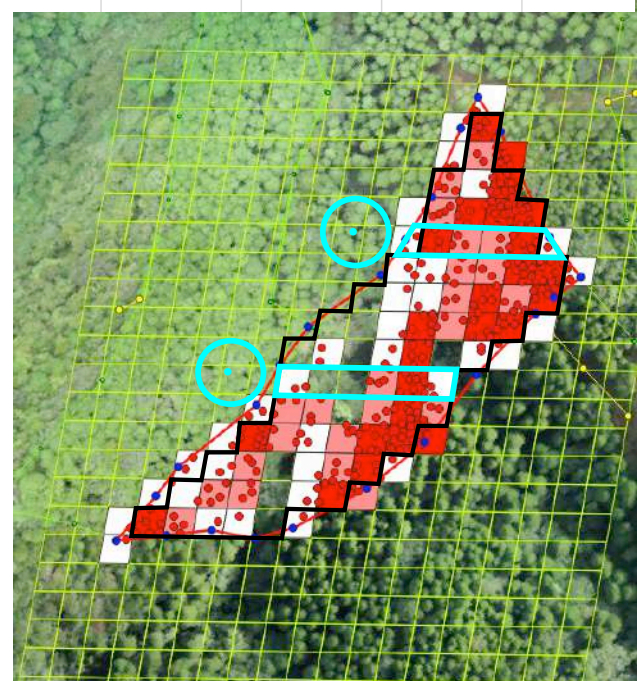
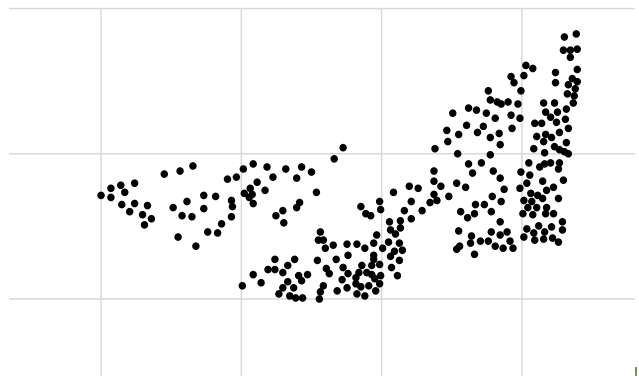
本調査地は小面積であったことから、全木レーザ調査を実施した。上述のように、急斜面であり、しかも灌木類が非常に多いが、主林木であるスギは、中段の図に示したように、部分的にはほとんど消失している状況で、その代わりに小径の灌木が密生しており、地上レーザ計測が非常に困難な林地であった。

ただ、標本ライン付近で計測したレーザデータをもとに、標本区域を設定する解析を行ったが、そのレーザデータの解析自体は比較的容易であった。このことから、標本ラインのような狭い範囲であれば、地上レーザ計測は可能と考えられる。

上段：オルソ画像

中段：樹頂点抽出による立木位置

下段：林分粗密度マップおよび標本ライン





## (7) 宮崎 2025 へ

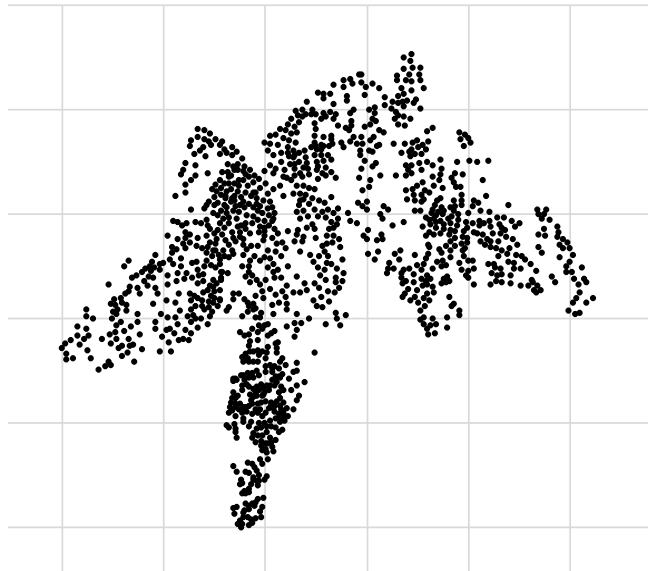
- ・スギ人工林 林齢 54 年生
- ・調査区域面積 2.29 ha

本調査地も谷が入り込み、作業道が入っているため、地形的にはやや複雑である。谷付近を除いて、斜面傾斜は 30~40° と急斜面が多い。また作業道付近の林縁に相当する場所には、小径の雑灌木が密生している箇所が点在していた。

スギの生育状況については、尾根付近では立木本数が多いこともあって芳しくはないが、谷筋では比較的良好であった。

本調査地では、標本レーザ調査を実施した。計測場所は下段の図に示した標本ライン 2 本である。急斜面もあり、雑灌木も多いという林況ではあるが、標本ラインでの地上レーザ計測では特段の支障はなく、データ結合処理も順調に完了した。

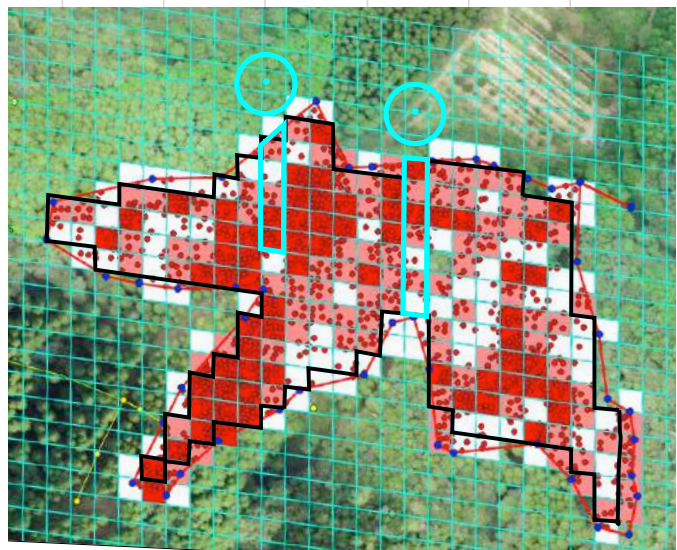
標本ライン付近でも灌木が密生している場所があり、適宜、地上レーザ計測を回避するなどの配慮が必要である。



上段：オルソ画像

中段：樹頂点抽出による立木位置

下段：林分粗密度マップおよび標本ライン



## (8) 宮崎 2025 と

- ・ヒノキ人工林 林齢 57 年生
- ・調査区域面積 0.89 ha

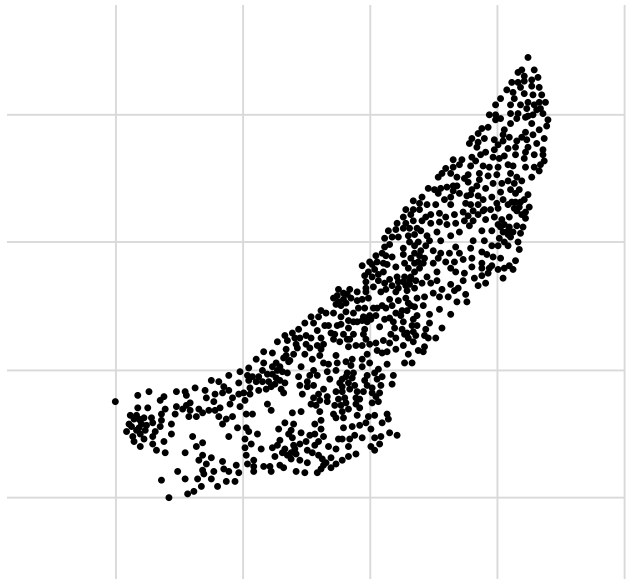
全体的な平均傾斜は  $27^\circ$  (斜面方位: 南東) であるが、2025 ほ (小伐区) と同様、細長い上辺が尾根で、全体が  $40^\circ$  前後の急斜面である。全体的に、ヒノキおよび灌木の立木本数密度が高く、小径木が多い林分である。また斜面下部の中央付近には岩が露出した箇所があるなどレーザー計測がやりにくい林分であったが、小面積であり、全木レーザー調査を実施した。

林況からも言えることではあるが、地上レーザー計測そのものが難しいだけでなく、スキャンデータを結合する解析作業も非常に困難であり、全木レーザー調査には不向きな林分であった。その大きな原因は、灌木類が密生していることと、急傾斜地で地上レーザー計測地点を選定する判断のハードルが高かったものと思われる。

上段：オルソ画像

中段：樹頂点抽出による立木位置

下段：林分粗密度マップおよび標本ライン

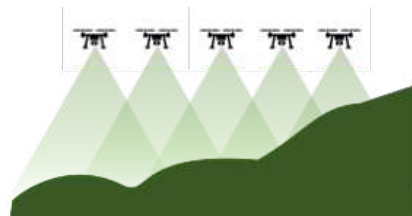


## 3-2 手順書案に沿った調査概要

各調査対象地における地上レーザを活用した収穫調査は、以下に概要を示す調査手順書案に基づく方法により行った。

### (1) 区域設定

区域調査は対象区域を設定するための調査であり、周囲実測（周囲測量）、調査地の概況確認、調査立木照合のための UAV 空撮、オルソ画像・立木位置図等の作成に必要であり、標本木調査、標本レーザ調査、全木レーザ調査において基本的かつ必須の調査である。



調査地の区域表示ならびにポケットコンパス、GNSS 等による周囲測量を行う。ただし、すべての収測杭（周囲測量の測点）で地上レーザ計測可能な場合は周囲測量を省略できる。また、下記 UAV 空撮では、水平位置及び高度の基準となる点（標定点）が必要であり、UAV 飛行経路等を考慮して、林内 4 箇所以上に対空標識を設置する。

### (2) UAV 空撮・オルソ画像の作成

調査地の林況（立木粗密度、樹種混交等）、立木の位置と本数を把握するため、UAV による空撮を行い（現地作業）、オルソ画像を作成する。詳細については、UAV 立木調査マニュアル（簡易画像解析法）参照。

UAV 空撮：区域面積や標高差等を考慮して、飛行高度やオーバーラップ率等の飛行計画を設定し、調査区域全体を空撮する。適切な画像が得られるよう、飛行計画の段階で十分に検討する必要がある。



オルソ画像作成：画像解析ソフトに UAV 空撮画像を取り込んでオルソ画像を作成する。区域内に設置した対空標識等の位置データを追加して、画像解析ソフトを活用して画像を幾何補正し、オルソ画像を修正する。

### (3) 簡易画像解析による立木位置図の作成

調査対象地の林分状況を把握するとともに標本ラインを設定するため、オルソ画像から立木位置図を作成する。具体的には、GIS ソフト（QGIS 等）にオルソ画像を取り込み、PC のディスプレイ上で目視により、立木の樹頂点をマウスでマーキングしてすべての立木の位置座標を取得するものである。手作業ではあるが、1ha 程度であれば 30 分ほどで立木位置をマーキングできる。

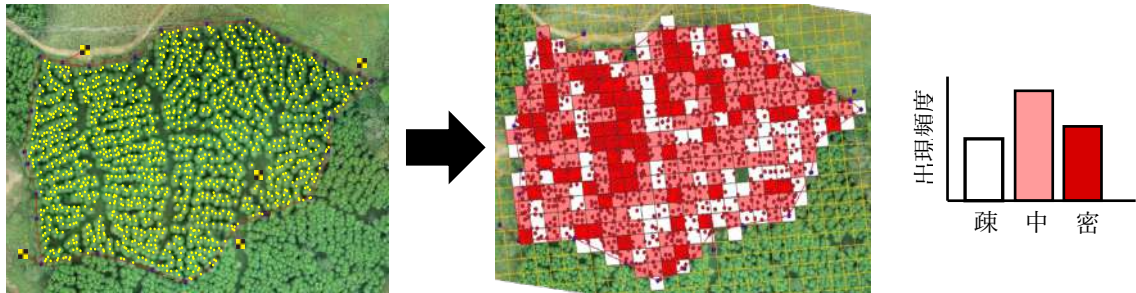


さらに、調査対象区域を 10m メッシュ化して、メッシュごとの立木本数をカウントする。

#### (4) 林分粗密度マップの作成

標本木調査における標本ラインを設定する判断材料として、立木位置図をもとに、林分粗密度マップを作成する。

PCにオルソ画像（立木位置図）を読み込んで、調査地を10mメッシュで区分し、各メッシュ内の立木本数密度を5段階程度に区分して、林分粗密度マップとする。さらに階層化した粗密度の出現頻度（ヒストグラム）を算出して、調査区域全体の林分粗密度の判断基準とする。



- ① 調査地全体を10mメッシュ化し、本数密度で3～5段階に階層化
- ② 調査地全体で、階層ごとのメッシュ出現比率を算出（右上図のヒストグラム）

#### (5) 標本ラインの設定

標本ラインを客観的な判断基準で選定するため、林分粗密度マップで算出した粗密度の出現頻度（上図）を基準とし、現地の地形や林況も考慮して、林分を代表すると見なせるルートを選定する。

- ① 林分全体の疎密度の出現割合および地形・林況を参考に標本ラインの方向を仮決めする。  
現地確認等の便宜を考慮して、始点および終点を収測杭に設定することが望ましい。
- ② 標本ラインに沿って10mメッシュ（帯状）に区分して、その粗密度の出現割合を算出する。
- ③ 標本ライン上の粗密度の出現割合が、林分全体の出現割合と一致するように、ルートや方位を検討して、標本ラインの候補を複数選定する。
- ④ 最終的な標本ラインは、現地の林況等を確認して決定する。



#### (6) 標本木調査

標本木調査において標本ラインに沿った立木をレーザ計測するが、樹種や品質区分について現状ではレーザでの判別が困難であるため、40～50本程度の標本木を計測してデータを補完する。

選木にあたっては、地形や立木の込み具合等を考慮する。標本ラインに沿って、一定本数間隔で選木するなど、恣意的とならないよう留意する。また標本木データをもとに樹高曲線を作成するため、標本ライン付近で最大径級の立木を含むよう留意する。選定した標本木については、ナンバーテープ



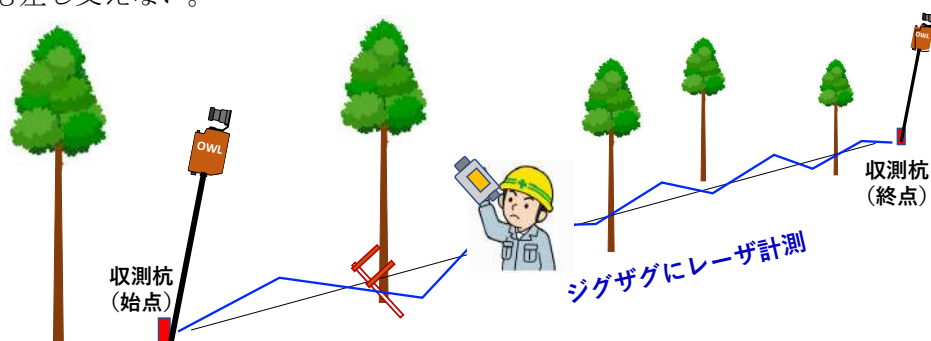
を付し、樹種判別及び品質区分を行うとともに、胸高直径及び樹高を計測する。

なお、調査対象地の隣接類似林分において、利用可能な樹高曲線や品質区分の既存データがある場合は、それを標本木調査データとして襲用することも考えられる。

#### (7) 標本レーザ調査 (標本木調査 + 標本ラインに沿った地上レーザ計測)

上述した標本ラインに沿って、その始点から終点まで、ジグザグにレーザ計測を行って立木データを取得する。標本ラインに沿って、左右にジグザグにレーザ計測を行えば、ラインを中心に幅 10m 程度の範囲内の立木については、計測データ (立木位置、胸高直径等) が取得できる。

なお、ササ・低木類の繁茂状況あるいは微地形等に応じて、当初想定 of 標本ラインから多少ずれたとしても差し支えない。

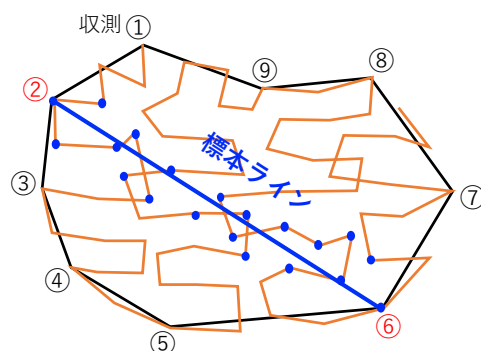


#### (8) 全木レーザ調査 (標本木調査 + 全域の地上レーザ計測)

調査対象地を事前に俯瞰して、地上レーザ計測のルートを確認した上で、調査対象区域の全体をレーザ計測する。対象区域に設定したすべての収測杭の位置でレーザ計測が可能であれば、そのデータをもって周囲測量に代えることができ、周囲測量を省略できる。

林内では、灌木・ササ・つる類の繁茂、立木との間隔、地形の段差等に留意しながら、計測地点を判断し、林内全体をレーザ計測する必要がある。計測間隔は約 10m が目安であるが、林況に応じて短い間隔での計測が必要である。

標本ライン (およびその近傍) でも地上レーザ計測が必要であるが、調査区域全体をレーザ計測する際に、右図のように、標本ライン付近でのレーザ計測も完了している場合は、標本ライン上で改めてレーザ計測する必要はない。区域全体のレーザ計測を実施する前に、標本ラインに沿ってメートル縄等を伸ばしておくなど標本ラインの目印を配置しておけば、標本ラインの近傍での確実なレーザ計測が可能である。



### 3-3 収穫調査結果の比較

#### (1) 地上レーザによる方法と従来方法との比較

本事業では、地上レーザ計測による収穫調査の手順書の妥当性について確認することを主たる目的として、北海道および九州の6箇所で収穫調査を実施したが、従来法による毎木調査は実施していない。ただ、熊本南部署管内の53と林小班で実施した標本レーザ調査では、標本区域（標本ラインに沿った幅10mの区域）を測量した上で、標本木調査（この場合は区域内の全立木を対象）を実施し、同時に、当該区域で地上レーザ計測も実施している。したがって、この1林分（標本区域はその中に2箇所設置）については、従来法による調査結果と地上レーザによる調査結果とを比較することができた。計測された立木はすべてスギである。結果を下表に示す。

表1 地上レーザ調査結果と従来法による結果の比較

	標本区域面積 (m <sup>2</sup> )	立木本数 (本/区域)	区域材積 (m <sup>3</sup> )	林分材積 (m <sup>3</sup> )
レーザ調査	1,624	91本 ※品質区分なし	100.70	1482.00
			88.20	1298.04
			12.50	183.96
従来法	1,661	91本 一般材 67本 低質材 24本	101.13	1455.29
			88.61	1275.04
			12.53	180.25

注1 調査対象面積は、2.39haである。

注2 拡大係数 = 林分面積/区域面積である。

標本区域面積は、従来法では周囲測量杭の位置をコンパス測量しているが、レーザ調査ではOWLにより周囲測量杭の位置で計測した結果であり、ほぼ一致していた。立木本数は両者とも91本と一致したが、レーザ計測では品質区分ができないため、立木本数については品質区分はない。

材積については、従来法では調査木で実測された胸高直径と樹高から、すべての立木について材積式により単木幹材積を算出している。一方、レーザ調査の場合は、標本木法を適用しているので、従来法の品質区分と径級ごとの立木出現率を算出して、レーザ計測データに按分している。当然ながら、両調査法の一般材と低質材の割合は一致する。ただし、レーザ調査での樹高は、標本木調査に基づく樹高曲線を適用して樹高を算出してから幹材積を計算しているため、両調査法の材積（区域材積および林分材積）が若干異なっている理由はその点がひとつである。

材積が若干異なったもうひとつの理由は、レーザ調査による胸高直径が、輪尺で計測している従来法よりも平均で2cm程度大きかったためである。しかし、区域材積を見ると、従来法の方が若干大きくなっており、胸高直径の大きさの違いとは逆の結果になった。

以上のように、胸高直径計測の差、樹高計測値の差、さらに集計方法の違いによって、レーザ計測と従来法の結果に違いが生じたものであるが、両者の推計値を見る限り、実用的には一致していたと言ってよいであろう。

#### (2) 収穫調査に係る作業工程の検討

地上レーザによる収穫調査手順書は、標本レーザ調査および全木レーザ調査に係る方法を取りまとめたものであるが、第5章でも述べるように、UAV空撮やオルソ画像作成などのすべてを

必須工程とするものではなく、林況等に応じて調査内容が変わり得る。また、今回の調査箇所数も8箇所と少なく、異なる計測条件に対応した作業工程の計測事例を収集するには至らなかった。そのため、収穫調査の作業工程のうち、本手順書で取りまとめた地上レーザ計測に係る作業の所要時間について、以下、その概要を述べることとする。

### ① 地上レーザ計測に係る計測時間

地上レーザ（OWL）で林内スキャンを繰り返すが、調査地の林況（傾斜、林分密度、植生の繁茂状況等）によって計測所要時間が異なると考えられたが、今回実施した6林分を比較すると、調査地による違いは少なく、計測地点1箇所あたりの所要時間は、1.6～2.3分（平均1.9分）であった。標本ラインの長さを100mとすると、ジグザグ計測するとして計測箇所数は15～20地点程度であり、標本ライン100mをレーザ計測する所要時間は、30～40分程度である。

全木レーザ調査となると、調査地面積に依存するというよりは、レーザスキャンする計測箇所数によって所要時間が左右される。比較の見通しのよい緩傾斜の林分であれば、1haあたり計測箇所数は、120～150地点と見積もられ、haあたりレーザ計測所要時間は4～5時間である。ただ、条件が厳しい林地ではhaあたり300地点以上のレーザ計測が必要な場合がある。

### ② 標本木調査に係る所要時間

標本ラインに沿って、標本木40～50本を選木し、立木調査（樹種判別、品質区分、胸高直径、樹高を計測）に係る所要時間は、3人体制で1時間未満と見積もられる。

### ③ 作業効率に影響する要因

従来法（毎木調査、標準地調査）に対して、地上レーザによる収穫調査では、レーザ計測装置の操作者による計測スキルが作業効率や計測精度等に影響する。特に林地全体を計測する全木レーザ調査では計測スキルが不可欠である。そういう意味では、標本ラインのみを計測する標本レーザ調査であれば、限定された標本区域でスキャン箇所も少なく、レーザ計測は比較的容易と考えられる。収穫調査の効率化という観点からも標本レーザ計測が望ましいであろう。

従来の標準地調査では、調査区域内に標準地を設定する必要があるが、標本ラインでの計測作業では、現地プロットの測量・設置の作業が不要である。収測杭を目印とした標本ラインが事前に想定されていれば、そのライン上を往復して、標本木調査とレーザ計測を完了させることができ、そういう点でも効率的と言えるであろう。

## （3）報告様式等に関する今後の課題

### ① 統一様式の必要性

林地測量や立木調査で使用する各種計測機器の普及により、デジタルデータの取得が一般化している。デジタルデータのメリットとして、データの入出力や解析処理を自動化できることが大きい。収穫調査においても、レーザ計測データの扱いを容易にするとともに、その後の解析処理の簡便化、解析作業効率の向上を図るため、各種様式の統一化が必要である。

### ② データ解析の自動処理

各種様式の統一化とあわせて、デジタルデータの最大のメリットは、データ取得から、解析処理、結果の出力まで、一連の処理作業をプログラム化できることである。収穫調査というアウトプットが明確なデータ処理であれば、煩雑な解析処理をプログラムで自動化することは容易である。野外調査等の外業だけでなく、その後のデータ処理等に係る内業についても、効率化が求められる。

## 第4章 収穫調査復命書の作成

収穫調査結果については、当該調査地を所管する森林管理局が定める様式にしたがって、調査報告書を作成する必要があるが、地上レーザ計測の導入によって、調査データや集計方法等が従来と異なるものがある。そこで、収穫調査報告で求められる基本的事項を満たすように配慮した報告様式を想定し、地上レーザ計測および標本木調査の結果を集約する様式により収穫調査結果を取りまとめることとした。

### (1) 収穫調査の一般的な報告事項

収穫調査の一般的な報告事項は、① 収穫区域の位置、② 収穫区域の面積、③ 林産物の種類及び品質、④ 林産物の数量、⑤ 林産物の搬出に関する事項、⑥ 跡地更新に関する事項、⑦ その他 必要事項、とされている。しかし⑤～⑦に関しては、収穫調査規程によっては、森林管理署長等の判断で省略できるとされている。

### (2) 本手順書で設定した報告様式

本事業では、上記基本的事項①～④を必須の共通様式として、標本木調査、地上レーザ計測データ、樹高曲線、材積計算、樹種・品質ごとの集計表、および総括表等を作成した。

第1表 (総括表) 調査地および調査結果の総括

第2表 (集計表) 樹材種別立木一覧

第3表 (標本木調査データ)

第4表 (地上レーザ計測データ)

第5表 (樹高曲線及び材積計算書) 樹種別の樹高曲線および材積一覧

第6表 (樹材種表) 標本木調査による樹種別 品質別 立木出現割合

第7表 (周囲測量計算書)

本事業で実施した収穫調査結果を集計・出力した上記様式への出力については、一式を表計算ソフト Excel®ファイルの各シートに取りまとめ、収穫調査手順書「4 収穫調査復命書等の作成」(p.17～24) に例示した。



## 第5章 収穫調査の効率化に向けた検討

収穫調査の対象面積や林分条件あるいは調査目的等によって、調査対象を全域とするか標準地とするかなど、状況に応じて調査要件を判断して、適切な調査方法を選択する必要がある。今回提示した調査手順書では、区域設定において UAV を活用したオルソ画像や立木位置図の作成が含まれ、また地上レーザによる調査方法として標本レーザ計測及び全木レーザ計測を想定している。

しかしながら手順書で示した調査方法のすべてを実施する必要があるわけではなく、調査目的や林況等に応じて、必要な調査手法を適切に組み合わせて、収穫調査を実施すればよい。例えば、林況が十分に把握できるような場合は、UAV 空撮やオルソ画像の作成を省略することなどが考えられる。また調査対象地の近接林分で計測された樹高や品質の既存データが活用できるのであれば、標本木調査を省略することも考えられる。

下記例示のように、調査地の面積規模や林況に応じて柔軟に調査方法を選択し、データ処理や集計方法を変更するなどの工夫により、効率的な収穫調査を実施する必要がある。

### (例1) 3～5 ha の人工林 → UAV 空撮+標本レーザ調査

- ①事前調査 UAV 空撮、区域の表示・測量  
オルソ画像から樹頂点を抽出、標本ライン（標準地）を設定
- ②立木調査 現地で標本ライン（標準地）上を地上レーザ計測  
樹種判別、品質区分、胸高直径、樹高の標本木調査
- ③集 計 ②の調査結果を区域全体に拡大（面積拡大）

### (例2) 1 ha 未満の人工林 → 全木レーザ調査

- ①事前調査 既存の空中写真等で概況を把握
- ②立木調査 区域の表示  
地上レーザ計測により区域測量+全木調査を同時に実施  
樹種判別、品質区分、胸高直径、樹高の標本木調査
- ③集 計 ②の調査結果を集計

### (例3) レーザの見通しがきかない人工林 → UAV 空撮+標準地調査（従来法）

- ①事前調査 UAV 空撮、区域の表示・測量  
オルソ画像から樹頂点を抽出、標準地を設定
- ②立木調査 標準地の区域設定、測量  
標準地内の立木調査（樹高、品質含む）
- ③集 計 ②の調査結果を区域全体に拡大（面積拡大等）

## 第6章 立木公売公告における地上レーザ計測データの活用方法の検討

従来の収穫調査では、立木本数、胸高直径、樹高、材積、材種区分、搬出経路等を調査するが、地上レーザ計測等で得られるデータを活用することで、立木の形状、単木毎の位置情報、精密地形データも取得できることから、新たな有益情報を需要者に提供できる可能性がある。このため、令和2年度成果において報告された立木公売公告における情報提供の検討結果を踏まえ、立木公売公告時に物件情報の参考資料として需要者に提供するデータを作成した。さらに、作成したデータを参考資料に用いて実施された立木公売公告について、地域の需要者へのアンケート調査を実施し、寄せられた意見を踏まえつつ、国有林野事業の立木公売公告における地上レーザ計測データ等の効果的な提供方法や内容を検討し、具体的な提案としてとりまとめた。

### 6-1 立木公売公告時の提供データの作成

---

令和2年度成果において報告された宮崎森林管理署木浦木国有林4021林小班の計測データを活用して、立木公売公告時に参考資料として提供可能な参考資料を作成し、林野庁に提出した。

その結果、令和4年1月25日に九州森林管理局のホームページに掲載された宮崎森林管理署木浦木国有林4021林小班の立木公売公告（令和4年2月25日入札）において、当該物件の参考資料として、次の4種類のデータのイメージ画像が添付されるとともに、アンケートへの協力依頼が掲載された。

#### 【立木公売公告に参考資料として添付されたデータ】

- 参考1 地上レーザで取得した林内の3D画像
- 参考2 立木の配置及び幹の高さ方向10cm毎の輪切り画像（樹幹データ）
- 参考3 林分内の地形3次元画像（地形データ）
- 参考4 UAV（ドローン）で撮影したオルソ（正射）画像

立木公売公告の中に、今回実施するアンケートへの協力依頼も併せて掲載されたほか、データの出典や計測年度を示すとともに、「これらの資料は現地の状況と必ずしも一致しない場合もあることをご理解のうえ、参考としてください」と付記された。

### 6-2 需要者へのアンケート調査

---

宮崎森林管理署木浦木国有林4021林小班の立木公売公告において、当該物件の参考資料として添付された4種類のデータについて、宮崎県内の国有林で購入実績のある生産事業者等を対象にアンケート調査を行い、需要者側の視点の把握に努めた。

アンケートの内容は、対象者の基本的なバックグラウンドとして、事業規模やICTに関する知識・経験等について把握する設問に加え、立木を購入するに当たり重視する情報（樹種、林齢、材積、品質区分など）を確認した。

また、今回立木公売公告に参考資料として添付した地上レーザ計測等により提供可能な情報について、資料の添付を希望するかどうかや具体的な活用方法についてなどの意向を調査した。

なお、今回のアンケートは、令和2年度に全国規模で実施したアンケートの内容を基本とした。

## (1) アンケート実施状況

実施期間：令和4年2月

調査対象：宮崎県内の国有林で購入実績のある生産事業体等から抽出した22法人

回答数：14件（回収率63.6%）

## (2) アンケート調査の結果

### ① 回答者の事業規模

事業体の規模別では、年間素材生産量、年間素材購入量が1万m<sup>3</sup>以上の法人がそれぞれ13法人（92%）、9法人（64%）という結果で、比較的規模が大きい事業体が対象であった。なお、令和2年度のアンケートでは、年間素材生産量、年間素材購入量が1万m<sup>3</sup>以上の法人がそれぞれ80%、76%であった。

### ② 入札公告情報について

重視する公告情報の結果は以下のとおりであった。また、その他として、作業制限や周辺の林分状況との回答もあった。また、現行の公告情報に提供していない地位について重視するとの回答は比較的少なく、基本的には現行の公告情報の項目で良いとの結果であった。

1 材積	14件	2 地形情報	14件
3 樹種	12件	4 樹高	11件
5 胸高直径	11件	6 品質区分	10件
7 路網情報	9件	8 林齢	9件
9 本数	5件	10 地位	4件

### ③ ICT関連について

ICT機器のうちドローンについては、13法人（93%）がドローンに関心あり、そのうち、10法人（71%）が実際にドローンを保有し、4法人（29%）がドローン操縦に関する有資格者がいると回答した。

地上レーザについては、5法人（35%）が関心あるとの回答であったが、実際に保有している法人は無かった。また、デジタルデータを活用しているとは回答したのは1法人（7%）であった。なお、令和2年度のアンケートでも、ドローンに関心ありと回答した法人は76%であったことから、林業業界にドローンが浸透していることが窺える。一方、デジタルデータを活用している事業体はごく一部であり、「地上レーザ」については、まだ利用されていないという結果であった。

### ④ 立木公売公告に参考資料として添付されたデータについて

#### ア 地上レーザで取得した林内の3D画像

地上レーザで取得した林内の3D画像添付の希望が4法人（29%）、不要が3法人（21%）、どちらでもよいが6法人（43%）であった。

また、当該データを希望する理由は「林内及び立木の大まかな状態が確認できる」等が、不要の理由は「見にくい」や「よくわからない」、その他の理由は「画像の有効活用

の方法がわからない」等であった。地上レーザで取得した林内の3D画像について、需要者にはその活用方法がよくわからないという現状である。

今後、実際に動画として林内の状況を確認できるような環境を整備すれば、活用が期待できると考える。

#### 参考1 地上レーザで取得した林内の3D画像



#### イ 立木の配置及び幹の高さ方向10cm毎の輪切り画像（樹幹データ）

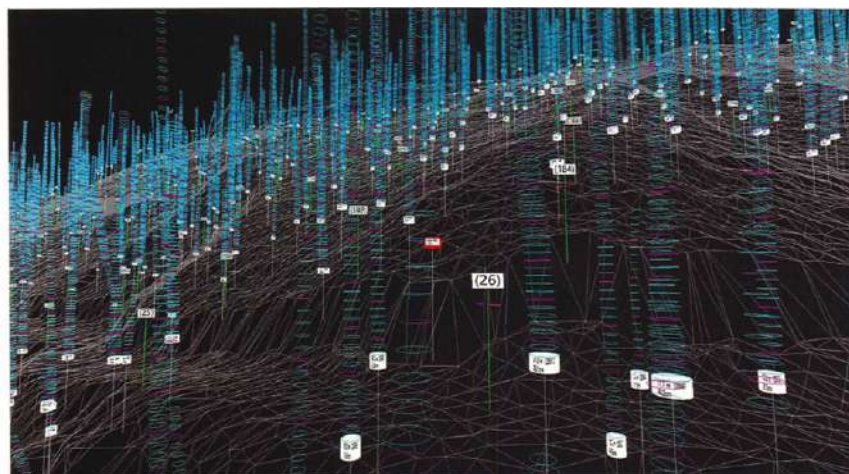
立木の配置及び幹の高さ方向10cm毎の輪切り画像（樹幹データ）添付の希望が3法人（21%）、不要が5法人（36%）、どちらでもよいが6法人（43%）であった。

希望する理由は「入札金額の算定に活用」等、不要の理由は「胸高直径のデータで十分」「よくわからない」等、その他「画像の見方や樹高の求め方が知りたい」であった。

この画像データについても、地上レーザで取得した林内の3D画像同様、需要者には活用方法がよくわからないという現状である。

これら2つの情報は、イメージとして林分の状況等は確認できるが、現状具体的にそれ以上に利用できないため添付されなくても良いということだと思われる。

#### 参考2 立木配置及び高さ方向10cm毎の輪切り画像（樹幹データ）



### ウ 林分内の地形3次元画像（地形データ）

林分内の地形3次元画像（地形データ）添付の希望が9法人（64%）、不要が1法人（7%）、どちらでもよいが4法人（29%）であった。

また、希望する理由は「路網計画に活用」や「作業路作設に活用できる」等であった。一方、不要の理由は「等高線地図で大体わかる。重要な情報は岩石の状況等」、その他の理由は「現地調査に限る」であった。

地上レーザで取得した林分内の地形3次元画像については、搬出路等の計画に活用するため、参考資料として添付することを希望する需要者が多いことが窺われる。

（添付を希望する理由）

林分内の地形等で路網計画に利用等	（5件）
地形の把握、起伏がわかりやすい	（3件）
入札金額の算定に利用	（1件）
オルソ画と併せ活用の可能性	（1件）

なお、令和2年度のアンケートでも、地形3次元画像（地形データ）は（88%）と最も希望が多かったが、地上レーザデータの中では今回のアンケートでも同様に最も希望が多い結果であった。こうした結果は、画像データで需要者が希望する情報がある程度得られることが理由だと思われる。

### 参考3 林分内の地形3次元画像（地形データ）



### エ UAV（ドローン）で撮影したオルソ（正射）画像

UAVで撮影したオルソ（正射）画像添付の希望が12法人（86%）、どちらでもよいが2法人（14%）で、不要とする法人はいなかった。

また、希望理由は「全体の林分配置が確実に把握できる」や「林分や林道の把握に有効」、「上空からの写真は材の立ち込み（立木密度）がわかりやすい」等であった。

UAVで撮影したオルソ（正射）画像については、林分全体の把握に活用するため、参考資料として添付することを希望する需要者が多いことが窺われる。

(添付を希望する理由)

全体の林分配置が確実に把握できる	(3件)
林分や林道の把握に有効	(3件)
林分全体と樹種等を確認できる	(1件)
入札金額の算定に利用	(1件)
航空写真より鮮明なため	(1件)
上空からの写真は材の立ち込みがわかりやすい	(1件)

このように希望が多い理由としては、地形3次元画像（地形データ）同様、ドローンの画像データで需要者が希望する情報がある程度得られるものと思われる。なお、令和2年度のアンケートではドローン画像の意向は確認していなかった。

#### 参考4 UAV（ドローン）で撮影したオルソ（正射）画像



## 6-3 効果的な提供方法等の検討

### (1) 提供するデータの内容

宮崎森林管理署木浦木国有林 4021 林小班の立木公売公告において、当該物件の参考資料として添付された4種類のデータについて、宮崎県で素材生産等を行う事業者を対象にアンケート調査を行い、需要者側の視点の把握に努めた。その結果、入札公売公告の参考資料としては、ドローンデータの希望が（86%）と最も多かった。これは、実際にドローンを使用している法人が多く（71%）なじみがあることが影響していると思われる。

次いで、レーザデータでは、地形データの希望が（64%）と最も多かったが、参考データは多少異なるが、令和2年度のアンケートでも、レーザデータのうち地形データを希望する者が（88%）最も多かった。一方、地上レーザで取得した林内の3D画像や立木の配置及び幹の高さ方向10cm毎の輪切り画像（樹幹データ）は、現時点では希望する者が限定的であったが、これはその活用方法が知られていないことと、現状の画像データでは需要者が求める十分な情報が得られないことが原因だと思われる。このため、立木公売公告における地上レーザ計測データ等の効果的な提供を進めるに当たり、

需要者による使用の目的がはっきりしており、提供希望の多かったUAV（ドローン）で撮影したオルソ（正射）画像と林分内の地形3次元画像（地形データ）を参考資料として添付していくことが考えられる。

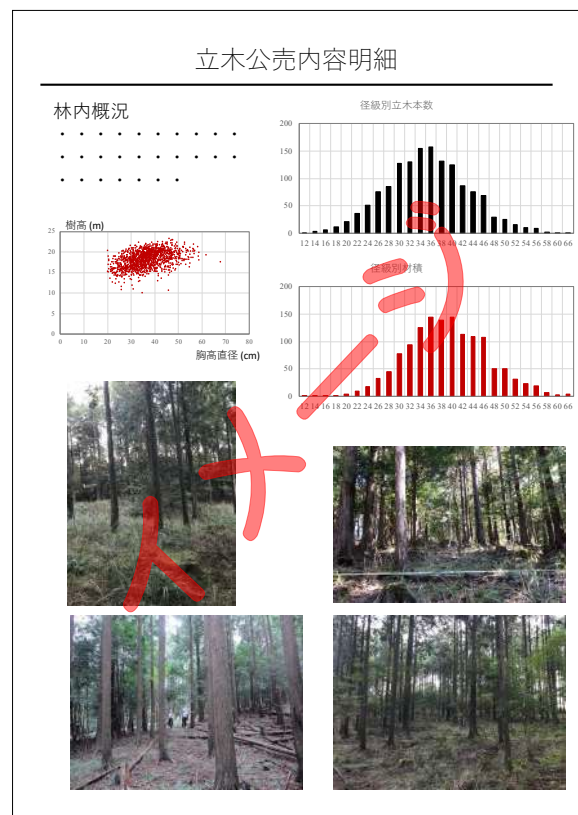
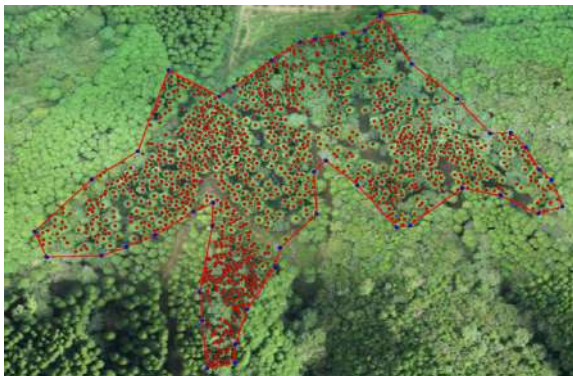
また、比較的希望者の少なかった林内の3D画像と立木の配置及び幹の高さ方向10cm毎の輪切り画像データについては、需要者は画像としては必要とする情報が得られないとしているため、今後画像データ以外に活用が可能であるかの検討が必要であるが、データ加工等がごく一部の者しかできない現状では、データ提供より、データの活用方法等を周知することが優先であると考えられる。

なお、林内の3D画像については、環境を整えた場合、動画として林内の状況を確認できるため、活用の可能性は高いとも考える。さらに、令和2年度の報告書にも記載した立木の胸高直径別のヒストグラムやドローンのオルソ画像に樹頂点を表示した画像データ等も一目で林分状況を確認できる情報として有効であると考えられる。

## （2）データの提供方法について

データの提供方法については、令和2年度の報告書にも記載したとおり、提供するデータの内容や提供方法によって工夫が必要であるが、画像データ以外はごく一部の者しか利用できない現状では、当面、立木公売公告の添付資料は画像データとすべきである。

そのため、データの提供方法も当面ホームページへの掲載とPDF（紙ベース）の手交に限定されるため、利用条件や免責事項についても必要最小限の注意事項の記載が良いと考える。また、レーザ計測データの円滑な利用を推進するためには、PCなどハード面の整備と併せ、データ供給側だけでなく、利用側もレーザ計測データの特長等を十分理解することが重要である。



(参考)

立木公売公告における地上型3Dレーザスキャナ計測データの  
活用可能性に関する買受者アンケート調査

アンケート調査の目的

現在、国有林において、地上型3Dレーザスキャナ（以下「地上レーザ」という。）を活用した効率的な収穫調査方法についての検討を進めています。

この収穫調査方法では、地上レーザ計測による点群データやドローン空撮によるオルソ画像なども調査結果として得られます。

本アンケート調査では、立木公売公告に参考として以下の①～④の資料を添付することとして、買受者となられる可能性のある皆様からご意見やご要望をお伺いするものです。

- |                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| ① 地上レーザで取得した林内の3D画像（ウオークスルー画面）    | 参考1 |
| ② 立木の配置及び幹の高さ方向10cm毎の輪切り画像（樹幹データ） | 参考2 |
| ③ 林分内の地形3次元画像（地形データ）              | 参考3 |
| ④ UAV（ドローン）で撮影したオルソ画              | 参考4 |

アンケート調査

1 基礎情報

（素材生産量又は素材購入量）

**Q1** 御社の国有林及び民有林における年間素材生産量について該当する欄に○印を付けて下さい。

- 5千 $m^3$ 未満
- 5千 $m^3$ 以上1万 $m^3$ 未満
- 1万 $m^3$ 以上3万 $m^3$ 未満
- 3万 $m^3$ 以上
- 素材を生産していない。

**Q2** 御社の国有林及び民有林における年間素材購入量について該当する欄に○印を付けて下さい。

- 5千 $m^3$ 未満
- 5千 $m^3$ 以上1万 $m^3$ 未満
- 1万 $m^3$ 以上3万 $m^3$ 未満
- 3万 $m^3$ 以上
- 素材を購入していない。

（主な立木購入地域）

**Q3** 過去3年間に立木購入実績のある森林管理署等の名称を記入してください。



(入札公告の情報について)

**Q4** 入札参加に当たっては、どのような情報を重視していますか(複数選択可)

- ( ) 樹種
- ( ) 林齢
- ( ) 材積
- ( ) 樹高
- ( ) 胸高直径
- ( ) 本数
- ( ) 品質区分
- ( ) 地位
- ( ) 地形情報
- ( ) 路網情報
- ( ) その他 ( )

(ICT 関連の有資格者等)

**Q5** GIS 等を活用した森林管理など、ICT 関連の有資格者や講習修了者がおられる場合は、具体的にお持ちの資格等についてお答えください。

資格名：

(ICT 機器について)

**Q6** ドローンや地上レーザ計測装置等の ICT 機器へのご関心についてお伺いします。

以下の機器のうち、活用にご関心があるものを選択してください(複数選択可)

また、すでに保有機器がある場合は、具体名をご記入ください。

- ( ) ドローン
- ( ) 立木計測のための地上レーザ
- ( ) レーザ距離計
- ( ) その他(機器名： )

※すでに保有されている場合は機器名をご記入ください。

保有機器名：

## 2 地上レーザ計測データに関する意向調査

(地上レーザで取得した林内の3D画像について)

**Q7** 立木販売公告に参考として添付する販売対象林分の3D画像(参考1)について、該当するものに○印をつけ、併せて理由をお答え下さい。

- ( ) 当該データは特に必要とは思わない

理由：

- ( ) 当該データが添付されることを希望する。

理由：

※具体的な活用方法についてもあればご記載ください。

- ( ) どちらでもよい

その他、当該データについてご意見やご要望があれば記載してください。

(立木の配置及び幹の高さ方向10cm毎の輪切り画像データについて)

**Q8** 立木販売公告に参考として添付する販売対象林分の立木の配置及び幹の高さ方向10cm毎の輪切り画像(参考2)について、該当するものに○印をつけ、併せて理由をお答えください。

( ) 当該データは特に必要とは思わない。

理由:

( ) 当該データが添付されることを希望する。

理由:

※具体的な活用方法についてもあればご記載ください。

( ) どちらでもよい

その他、当該データについてご意見やご要望があれば記載してください。

(林分内の地形3次元データについて)

**Q9** 立木販売公告に参考として添付する販売対象の林分内の地形3次元データ(参考3)について、該当するものに○印をつけ、併せて理由をお答えください。

( ) 当該データは特に必要とは思わない。

理由:

( ) 当該データが添付されることを希望する。

理由:

※具体的な活用方法についてもあればご記載ください。

( ) どちらでもよい

その他、当該データについてご意見やご要望があれば記載してください。

(ドローンで撮影したオルソ画像)

**Q10** 立木販売公告に参考として添付するドローンで撮影した販売対象林分のオルソ画像(参考4)について、該当するものに○印をつけ、併せて理由をお答えください。

( ) 当該データは特に必要とは思わない。

理由:

( ) 当該データが添付されることを希望する。

理由:

※具体的な活用方法についてもあればご記載ください。

( ) どちらでもよい

その他、当該データについてご意見やご要望があれば記載してください。



## 第7章 地上レーザ計測による収穫調査の普及

林野庁及び各森林管理局署の収穫調査技術指導を担当する職員を対象に、収穫調査手順書（案）ならびに地上レーザを活用しながらの収穫調査から収穫調査復命書作成までの解説や地上レーザの操作要領等を説明し実習するなどの研修を行った。

最初に、北海道森林管理局及び九州森林管理局の職員を対象とし、それぞれの局ごとに「地上レーザ計測による収穫調査手順書（案）」等を用いて、① 収穫調査手順書等の解説・説明、② 北海道森林管理局及び九州森林管理局のそれぞれの委託調査地で地上レーザによる現地調査を兼ねた実習を行った。次に③ ②で得た地上レーザ計測データを解析し調査結果をWeb会議システムの画面共有機能を利用して報告会を行った。更に全森林管理局の収穫調査技術指導を担当する職員等を対象に上記①から③に加え、地上レーザ計測データ処理に係るソフト操作、収穫調査復命書の作成等について、Web会議システムによる研修を行った。

### （1）研修の目的

収穫調査手順書、画像等を活用しながら、地上レーザ計測による収穫調査の進め方などを現地実習、web会議システムの画面共有機能を活用して解説し、森林管理局職員が収穫調査用務に地上レーザを効果的に活用することができ、さらなる地上レーザ計測の普及、スキルの向上及び職員の要望に添った収穫調査手順書を作成すること等を目的として研修を行った。

### （2）研修の開催概要

#### 【地上レーザスキャナ現地研修】

#### ① 研修実施内容

地上レーザ計測の特性に配慮した収穫調査手順書の理解を促すとともに、レーザ計測による収穫調査の実習を交えた実践的な研修を行った。

ア 地上レーザ計測による収穫調査手順書（素案）の説明（1日目）

イ 地上レーザ（OWL、3DWalker）を用いた現地実習及び意見交換（2日目）

#### ② 研修対象者

林野庁が推薦する技術指導を担当する北海道森林管理局および九州森林管理局署の職員を対象とした。

〈北海道森林管理局〉

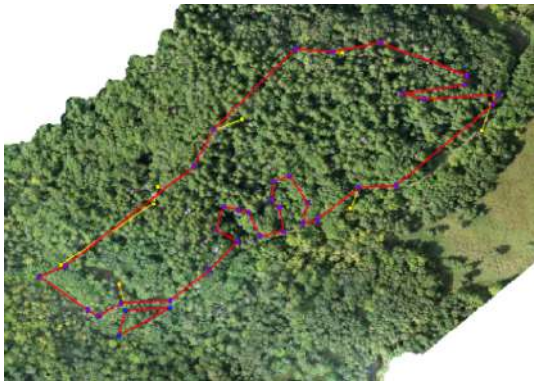
ア 開催月日：令和3年10月26日～27日

イ 開催場所：根釧西部森林管理署管内 208林班と小班（カラマツ60年生）

〈九州森林管理局〉

ア 開催月日：令和3年11月9日～10日

イ 開催場所：熊本南部森林管理署管内 53林班と小班（スギ52年生）



【研修会場：根釧西部森林管理署管内 208 と小班、研修状況】



【研修会場：熊本南部森林管理署管内 53 と小班、研修状況】

#### 【地上レーザ計測データ解析、調査結果報告会】

##### ① 報告会実施内容

地上レーザスキャナ現地実習で計測したデータを基に、OWL、3DWalker の解析方法、樹高補正と材積計算、樹種及び品質区分の本数比例による按分方法等、地上レーザデータの具体的処理方法について説明し、熊本南部森林管理署 53 林班と小班で計測した調査結果（暫定値）を報告した。

##### ② 研修対象者

林野庁が推薦する技術指導を担当する北海道森林管理局、九州森林管理局署職員及び近畿中国森林管理局森林技術・支援センター職員とした。

##### ③ 開催月日：12月14日

##### ④ 開催方法：Web 会議システムの画面共有機能を活用した報告会

#### 【地上レーザによる収穫調査に関する技術研修】

##### ① 研修実施内容

森林管理局署職員等が収穫調査用務に地上型 3D レーザスキャナを効果的に活用できるように、UAV 空撮、画像解析及び標本木調査の概要等を説明し、3D レーザスキャナによる計測

データの解析手順、解析実習等を行った。また、収穫調査の方法として、例えば3～5haの人工林はUAV空撮と標本ライン調査（地上レーザ）の組み合わせ、1ha未満の人工林については全木調査（地上レーザ）、地上レーザの見通しがきかない人工林はUAV空撮と標準地調査（従来法）を組み合わせた調査等、UAV空撮の省略、既存データ（近接林分の樹高や品質）を活用した調査も考えられることなどを説明した。

② 研修対象者

林野庁が推薦する収穫調査技術指導を担当する全森林管理局の職員とした。

③ 開催月日：令和4年2月24日

④ 開催方法：Web会議システムの画面共有機能を活用した研修

### （3）研修会、報告会等での主な意見、要望

研修会には、実際に地上レーザを既に操作している職員や初めて地上レーザ機器に触れる職員もいたが、収穫調査に十分使えると思う、操作が考えていたほど難しくないなど、レーザ計測の活用に向けた前向きな意見が出された。

#### 【主な意見】

- ア 地上レーザの操作は難しくなく輪尺に比べ効率的な調査が行われる。
- イ 地上レーザ計測で全木調査を行う際には周囲測量も兼ねることができコンパス測量等を省けるので効率的な調査が出来るのではと感じた。
- ウ 地上レーザ計測は立木から離れて計測できるので効率的で安全性も高まる。

#### 【主な要望】

- ア 地上レーザによる調査が容易な林況、困難な林況をイメージしやすいように整理できないか。
- イ 収穫調査手順書（案）では地上レーザとUAVはセットになっているが、例えば地上レーザだけの調査とか、UAVと従来の標準地調査を組み合わせた調査など、林況に応じた組み合わせが考えられないか。

などの意見・要望が出された。報告書の作成にあたっては、この意見、要望や実習等で感じたことを踏まえ作成することとした。

## 参考文献

- 細田和男 (2012) 標準地法における調査区の大きさと形状の再検討. 日林誌 94: 105-111
- 細田和男ら (2020) 地上型レーザースキャナーによる効率的な収穫調査と素材生産現場への活用方法の提案. 日本森林林業振興会、森林林業振興助成事業成果報告書
- 小林裕之 (2020) 撮影高度と DTM の違いが UAV-SfM による森林計測に及ぼす影響. 森林計画学会誌 53: 69-79
- 国土地理院 (2016) UAV を用いた公共測量マニュアル(案). 国土地理院
- Mohan, Midhun et al. (2017) Individual Tree Detection from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Derived Canopy Height Model in an Open Canopy Mixed Conifer Forest. Forests 2017, 8, 340; doi:10.3390/f8090340
- Onishi, Masanori & Ise, Takeshi (2021) Explainable identification and mapping of trees using UAV RGB image and deep learning. Scientific reports (2021)11: 903  
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-79653-9>
- 林野庁 (2020) 令和元年度 リモートセンシング技術を活用した収穫調査の効率化手法検討委託事業 : UAV 立木調査マニュアル (簡易画像解析法)、林野庁業務課
- 林野庁 (2020) 令和元年度 リモートセンシング技術を活用した収穫調査の効率化手法検討委託事業 報告書、林野庁業務課
- 林野庁 (2021) 令和2年度 地上型 3D レーザースキャナを活用した収穫調査実証等委託事業 報告書、林野庁業務課
- 島田博匡. ドローンによる空中写真画像を用いた森林資源情報の把握. 三重県林業研究所  
<http://www.pref.mie.lg.jp/ringi/hp/000232832.htm>
- 富山県農林水産総合技術センター森林研究所 (2020) ドローンによる空撮と画像解析のやり方-施行計画の立案や資源量把握のために. 28pp
- 坪倉真 (2021) 3次元点群データを用いた森林管理. イノベーション部門 No.16、近畿中国森林管理局発表会
- 林悠介ら (2021) ディープラーニングによる針葉樹の単木樹冠検出と樹種分類. 森林計画誌 55: 3-22.
- Yu, Kunyong (2022) Comparison of Classical Methods and Mask R-CNN for Automatic Tree Detection and Mapping Using UAV Imagery. Remote Sens. 2022, 14, 295.  
<https://doi.org/10.3390/rs14020295>

令和3年度地上型3Dレーザスキャナを活用した収穫調査実証等委託事業  
報 告 書

令和4年3月

業務受託 一般財団法人日本森林林業振興会

〒112-0004

東京都文京区後楽 1-7-12

TEL : 03-3816-2471

担当 : 坂井敏純