

令和 2 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 3 年 3 月

林 野 庁

目 次

第1章 事業の概要	1
1-1 事業の背景と目的	1
1-2 検討委員会の設置・運営	1
1-3 事業の実施方針ならびに検討すべき事項	2
第2章 調査対象地	5
2-1 調査対象地の概況	5
2-2 事前調査	7
第3章 標準地調査	15
3-1 調査方法	15
3-2 標準地調査の結果	18
第4章 地上レーザ計測	19
4-1 地上レーザの計測方法	19
4-2 計測データ処理	23
第5章 データ補正後の精度と検証	28
5-1 補正しない状態での計測精度	28
5-2 計測値の補正処理	32
5-3 補正結果の精度比較	41
コラム 地上レーザ計測装置 3DWALKER による計測	44
第6章 地上レーザ計測による収穫調査	46
6-1 収穫調査で求められる樹種判別と品質区分の対応	46
6-2 標本木法の提案	49
6-3 地上レーザ計測による収穫調査の留意事項	51
第7章 OWL による現地計測での留意事項	54
第8章 地上レーザ計測による収穫調査の検査方法	57
8-1 地上レーザ計測の適用可能な条件	57
8-2 一般的な検査：抽出検査	59
8-3 針広混交林等での検査	59
8-4 共通的な検査：立木位置・地形等による検査	60

第9章 立木販売公売公告における提供情報の検討	61
9-1 需要者アンケート調査	61
9-2 立木公売公告における情報提供	66
各章の要約（抜粋）	71
まとめ	73
参考文献	75
（巻末資料）	77

第 1 章 事業の概要

1-1 事業の背景と目的

(1) 事業の背景

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、立木販売を中心に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。

(2) 事業の目的

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、立木販売箇所の調査結果報告書を作成するとともに、立木販売公告における地上レーザデータの活用方法の検討を行う。

1-2 検討委員会の設置・運営

(1) 検討委員会

事業の実施にあたっては「令和 2 年度地上型 3D レーザスキャナを活用した収穫調査実践検討委員会」（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る。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まれるよう、林野庁監督職員（以下「監督職員」という）と調整の上、構成した。検討委員会は令和 2 年 10 月 2 日、令和 3 年 2 月 5 日の 2 回開催した。検討委員会の構成員及び検討委員会における検討事項は、それぞれ表 1.2.1、表 1.2.2 のとおりである

表 1.2.1 検討委員会の構成

氏名	所属等
田中 和博	京都先端科学大学 教授
松村 直人	三重大学生物資源学部 教授
西園 朋広	森林総合研究所森林管理研究領域 チーム長
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
平川 素行	一般財団法人経済調査会 監事

(2) 検討委員会の開催と検討事項

表 1.2.2 検討委員会検討事項

委員会	検討事項	開催日
第1回検討委員会	<ul style="list-style-type: none"> ・調査対象技術の選定 ・調査実施計画の検討 	令和2年10月2日
第2回検討委員会	<ul style="list-style-type: none"> ・調査結果の分析と評価 ・とりまとめ方針の検討 	令和3年2月5日

1-3 事業の実施方針ならびに検討すべき事項

(1) 事業の実施方針

地上レーザによる収穫調査を実施するために求められる計測機器の性能と計測精度を検証するとともに、収穫調査を発注する際の実務的な調査手法、報告作成、検査等の作業プロセスを明らかにする。また、収穫調査だけにとどまらず、地上レーザ計測の今後の活用可能性についても検討する。

本事業における検討事項の相互関係を下記フローチャートに示す。留意すべきこととしては、地上レーザ計測装置という新たな機材を導入するに際して、その特性・利点を活かすような配慮が必要であり、結果として従来法とは異なる調査手法や手順が必要となることが想定され、それに応じた検査項目についても検討を要する。そうした点を考慮して本事業では、事前調査での UAV の活用、周囲測量における地上レーザの活用、地上レーザ計測における樹高補正等を特段の検討項目とした。収穫調査の方法論を取りまとめる段階では、従来法と異なる調査手法を含めて、得られた結果を総合的に判断し、調査効率等を考慮して提案を取りまとめる。

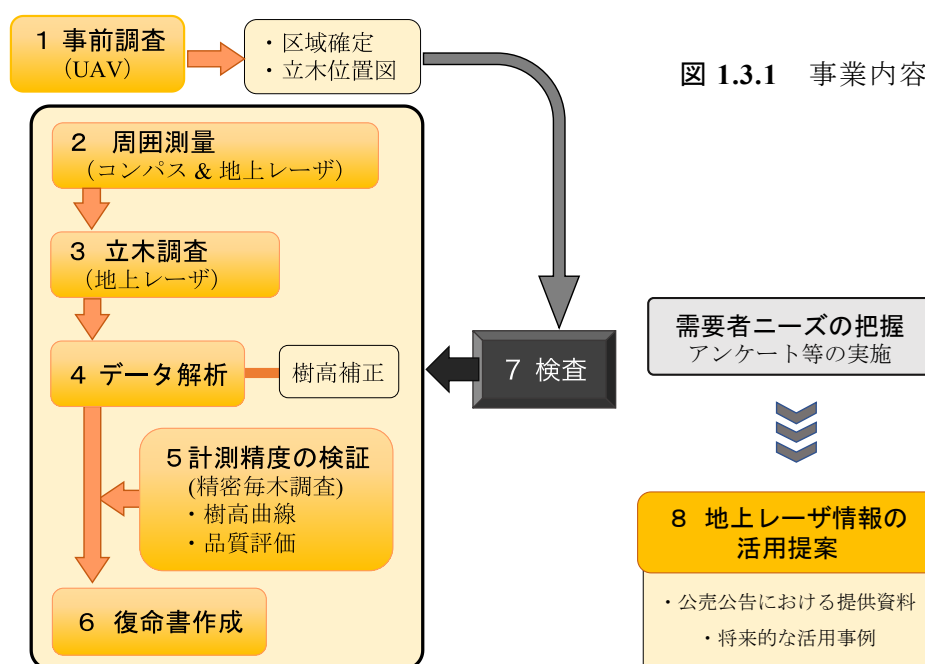


図 1.3.1 事業内容フローチャート

(2) 本事業で使用する地上レーザ計測装置

収穫調査を目的とした地上レーザ計測装置としては、① 立木の直径及び樹高をそれぞれ cm 単位、m 単位で計測できること、② 立木の位置情報を記録できること、③ 調査地の精密地形情報を取得可能であること、④ 汎用 PC で計測結果を閲覧・分析できること、が最低限求められる要件である。しかし、ある程度の広がりを持った森林で、地形的な起伏や植生状況等にも配慮して実施する収穫調査業務の実務を考慮すると、以下の事項に関しても実用性を具備した機種を選定する必要がある：

- ・ 立木の計測精度が確保されること（胸高直径、樹高、材積、立木認識率）
- ・ ha 規模の林地計測とそのデータ解析が簡便であること
- ・ 起伏等の地形条件にも柔軟に対応して計測可能であること
- ・ 現地調査の後、直ちに解析結果を確認できること（解析処理の所要時間）
- ・ 林地境界や樹種識別への対応が可能であること

特に ha 規模のレーザ計測では点群データ量が大きく、その解析処理に必要な PC スペックや解析の所要時間に大きく影響する。

地上レーザ計測装置で、現在、上記要件をある程度満たし、森林内での携帯性を備えた機種としては、**森林3次元レーザ計測装置 OWL**（株式会社アドイン研究所）及び**3DWalker**（株式会社 woodinfo）の2機種が考えられる（図 1.3.2）。両機種の規格・性能・動作環境等について、ある程度公表されている資料等から表 1.3.1 に示した。

OWL は一脚式で、計測時（45 秒間）は立ち止まって手で装置を支え、計測終了後、次の計測地点に 10m 程度の間隔で移動することを繰り返す。3DWalker は、背負子式で、装置を背負ったまま林内をゆっくり歩行しながら計測する。

林内計測の操作に関しては、OWL は移動した計測地点ごとにレーザ計測の開始ボタンを押すという動作があるが、3DWalker の場合は最初の計測開始の操作のみでその後の操作は基本的に不要である。

計測終了後の解析処理に関しては、両機種それぞれ異なる解析作業が必要だが、3DWalker で調査区域全体を計測した場合レーザ計測点数が多くなるため、データ解析の処理工程および解析時間がかなり長くなるようである。表 1.3.1 に示した 3DWalker の動作環境では、PC スペックについて必ずしも高スペックは必要ないように見受けられるが、広い森林を調査対象とした場合の動作環境ではないように見受けられる。OWL でも、調査区域が広くなればデータ量も大きくなるが、林況等に応じて計測データを分割処理するなど、解析処理のしやすさ、比較的短時間で解析結果を確認できることなどを考慮して、本事業では OWL を主たる計測機器とすることで、検討委員会でも了承された。ただし、地上レーザ計測による収穫調査で留意すべき事項を確認するため、3DWalker についても樹種・林相が代表的と見なせる箇所を使用することとし、熊本南部ヒノキ林で使用した。



地上レーザ計測装置
OWL
(一脚型)



地上レーザ計測装置
3DWalker
(背負子型)

図 1.3.2 候補となる地上型レーザ計測装置

表 1.3.1 地上レーザ計測装置の規格・性能

		OWL	3D Walker
装置	計測作業タイプ	一脚固定式	背負子式
	装置本体	自社製品 (日本製)	Paracosm (米国、Paracosm 社製)
	レーザセンサ	UTM-30LX-EW (北陽電機製)	Velodyne (米国、Velodyne 社製)
	装置重量	3.7 kg (一脚, バッテリー含む)	5.0kg (背負子, バッテリー, タブレット含む)
	連続稼働時間	5~6 時間	1.5~4 時間 (表示モードによる)
性能	計測点数/秒	43,200 点/秒	約 300,000 点/秒
	最大到達距離	60m (センサ-公称値)	100m (センサ-公称値)
	推奨計測間隔	約 10m	約 20m
動作環境	使用 OS	Windows 7/8/10	Windows 7/8/10
	推奨 CPU	Intel Core i5 以上	Intel Core i3 以上
	メモリ (RAM)	4GB 以上 (8GB 以上推奨)	4GB 以上
	外部記憶装置	10GB 以上 (SSD 推奨)	100GB 以上の HDD

参考資料：・株式会社アドイン研究所 <http://www.owl-sys.com>
 ・株式会社 woodinfo <https://maple96.wixsite.com/woodinfo>
 ・林野庁(2019) 平成 30 年度森林資源情報整備技術実証事業(国有林)報告書
 ・森林総合研究所 (2020) 平成 30 年度森林林業振興助成事業報告書
 「地上型レーザ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」

(3) 調査対象林分

本事業における収穫調査の実施予定箇所は、表 1.3.2 に示す 5 林分とし、北海道森林管理局管内のカラマツ及びトドマツの各 1 林分、九州森林管理局管内のスギおよびヒノキを主林木とする 3 林分である。いずれも収穫調査対象林分である。

表 1.3.2 調査対象林分

森林管理署	林小班	面積 (ha)	林齢	樹種
空知	3065 ろ	0.77	65	カラマツ
空知	4490 ろ	0.56	77	トドマツ
熊本南部	49 な	3.06	68	ヒノキ
宮崎	61 こ	3.25	60	スギ
宮崎	4021 と	4.08	60	ヒノキ、スギ

注：面積及び林齢は森林簿に掲示されている数値である。

