

平成 28 年度

森林調査等におけるレーザ計測（航空・地上）

活用手法の開発

報 告 書

平成 29 年 6 月

(公社)森林保全・管理技術研究所

平成 28 年度事業報告の内容

はじめに

第 1 節 部会の調査研究目的

第 2 節 部会の開催状況

第 3 節 報告書の要約

第 1 章 航空レーザ計測を活用した木材供給量情報整備

第 1 節 間伐の実施内容

第 2 節 過去の実績から出材量を予測する方法

第 3 節 細り表から出材量を予測する方法

第 4 節 まとめ

第 2 章 UAV 写真計測を用いた森林資源解析

第 1 節 UAV 写真計測方法について

第 2 節 SfM 解析について

第 3 節 位置情報付与方法の検討

第 4 節 高度の違いによる森林資源解析結果の比較検討

第 5 節 間伐前後での UAV 写真計測による森林資源解析

第 6 節 UAV 写真計測による森林資源解析のまとめ

第 3 章 航空レーザ計測データを用いた林道の路線計画

第 1 節 目的

第 2 節 開設路網および開設地の概要

第 3 節 土工量の算出

第 4 節 結果と考察

第 5 節 まとめ

第 4 章 3 年間のまとめ

第 1 節 航空レーザ計測を用いた森林解析

第 2 節 地上レーザ計測による森林資源解析

第 3 節 今後の課題

はじめに

第1節 部会の調査研究目的

第1項 全体計画

国内人工林資源が利用期に達するに伴い効率的な木材生産システムの確立を通じた林業の再生が喫緊の課題となっている。

このためには、森林資源の量・質を正確に把握するとともに、路網計画を策定するためのより詳細な地盤情報を把握する必要がある。

一方で、レーザ計測のデータ解析技術は進歩してきており、森林・林業分野への活用が期待されている。

このため、レーザ計測（航空・地上）により、林分ごとの資源状況を把握し、出材予想等木材供給量情報管理システム、効率的な路網計画を立てる支援システムを確立する。

第2項 平成 28 年度実施状況

1 実施内容

1) 航空レーザ計測を活用した品質区分に応じた出材予想システムの開発検討

- ① 平成 28 年度間伐予定箇所の決定
- ② 間伐の実施
- ③ 航空レーザ計測データによる森林資源解析結果と実際の生産量との比較検討

2) 無人飛行機（UAV）による写真計測

- ① 伐採予定箇所における伐採前後の状況を無人飛行機（UAV）により写真計測
- ② 無人飛行機（UAV）写真計測結果の解析

3) 航空レーザ計測データを用いて林道の路線を計画

第2節 部会の開催状況

第1項 委員会及びワーキンググループ委員

1 委員会委員

岐阜大学流域圏科学研究センター教授	粟屋善雄
森林総合研究所森林路網研究室主任研究員	鈴木秀典
岐阜県林政課技術総括監（平成29年3月まで）	久松一男
岐阜県林政課技術総括監（平成29年4月から）	寺田秀樹
岐阜県森林組合連合会代表理事副会長	正村洋一郎
千葉大学園芸学研究科助教	加藤顕
アジア航測株式会社総括技師長	矢部三雄

2 ワーキンググループ委員

岐阜県森林組合連合会	中島義雄
岐阜県森林組合連合会	富常覚
岐阜県森林組合連合会	日比野基宏
グリーン航業株式会社	後藤智哉
(アジア航測株式会社)	矢部三雄

3 第1回WGの開催

- 1) 日時 平成28年11月28日
- 2) 参加者 グリーン航業株式会社 後藤
岐阜県森林組合連合会 富常、日比野
アジア航測株式会社 大西、大野、和田
計 5名
- 3) 場所 岐阜県中津川市苗木財産区有林
- 4) 調査内容
間伐前の状況について
 - ① 無人飛行機（UAV）により写真計測
 - ② プロット調査

4 第1回委員会及び第2回WGの開催

- 1) 日時 平成29年4月12日
- 2) 参加者 委員 鈴木、寺田、正村、矢部
WG 中島、日比野、後藤、
アジア航測 大西、大野、北林
計 10名
- 3) 場所 岐阜県岐阜市岐阜森林文化センター
- 4) 内容
 - ① 27年度実施結果及び28年度業務の概要
 - ② 無人飛行機（UAV）を用いた森林資源解析結果

5 第3回WGの開催

- 1) 日時 平成29年4月28日
- 2) 参加者 グリーン航業株式会社 後藤
岐阜県森林組合連合会 富常、日比野
アジア航測 大西、大野、金

計 6名

3) 場所 岐阜県中津川市苗木財産区有林

4) 内容 間伐実施後の

- ① 残存木調査
- ② UAV 写真計測

6 第2回委員会及び第4回WGの開催

1) 日時 平成29年5月31日

2) 参加者 委員 粟屋、鈴木、寺田、正村、矢部

WG 中島、日比野、後藤

アジア航測 大西、大野、北林、黒澤

計 12名

3) 場所 岐阜県岐阜市岐阜森林文化センター

4) 内容

- ① レーザ解析によるABC材の出材量予測手法
 - (ア) 対象地での間伐実施状況
 - (イ) 過去の実績から推計する手法
 - (ウ) 細り表から機械的に採材する手法
- ② 森林レーザ計測及びUAV写真計測による森林解析結果
- ③ 航空レーザ計測データを用いた林道の路線計画

第3節 報告書の要約

第1項 航空レーザ計測を活用した木材供給量情報整備

1 対象地での間伐実施状況

場所	43 林班イ 1-1、1-6、及び 1-7 小班		
樹種	ヒノキ		
林齢	1-1 61年	1-6、及び 1-7	53年生
実施時期	平成 28 年 12 月～29 年 2 月		
面積	9.08.ha (うち作業道面積 0.73ha)		
作業内容	定性間伐 30%		
グラップルもしくはウインチによる作業道への木寄 出材量	560.9 m ³		

2 木材供給量情報整備

モデル地区内で、9.08ha の間伐を実施した。

この地区について、航空レーザ計測データを用いた森林資源解析結果を用いて出材量の予測を行い、実際の出材量との比較検証を行った。

予測手法としては、過去の実績から推計する方式と、細りを考慮して機械的に採材する方式を実施した。

①過去の実績から推計する方式

平成 24 年度に岐阜県林政部県産材流通課と岐阜県森林研究所が開発した「品質別木材生産割合の推計式」を使用した。航空レーザ計測データから把握した間伐実施区域内のヒノキ材積、本数、平均胸高直径、平均樹高を式に当てはめ算出した。

②細りを考慮して機械的に採材する方式

岐阜県作成の相対幹曲線式（細り表）を用いて、航空レーザ計測データから把握した間伐実施区域内のヒノキ立木について、3m 材を機械的に採材し、丸太本数、材積を算出した。

ABC 材の仕訳は難しいため、合算した。

③市売り実績

最寄の市場に出荷し、販売した。ABC 区分は、販売価格により推計し区分した。

④結果

以下の表のとおりとなった。

表 1 ABC 材の区分結果

単位：m³

	過去の実績	細り表	市売り実績
A材	293.6	685.2	363.9
B材	102.2	—	157.0
C材	185.2		40.0
小計	581.0	685.2	560.9
残地材量	145.2	41.0	165.3
計	726.2	726.2	726.2

⑤課題

今年度については、A、B、C 材の合計では、市売り実績に対し、過去の実績では 104%、細り表では 122%と推定精度としては十分な結果となった。

それに対し、品質別割合は A 材の割合が高く、B、C 材の割合が低い結果となった。このことは、A 材で販売できるように現場や原木市場での努力の結果が表れていると言える。

第2項 UAV 写真計測による森林解析

1 UAV 写真計測の特徴

UAV による計測については、

- ① 地上調査に比べ立ち入りや地形上の制約が少ない
- ② 機動的な実施が可能である。
- ③ 広範囲（数十 ha）に効率的な計測が可能である。

等の利点があることから、労働者が減少している林業界での活用が期待される。

さらに、Structure from Motion (SfM) 技術を使用することにより、森林の 3 次元情報を取得できるため、樹高、毎木位置図を正確に計測でき現地調査を飛躍的に効率化できると期待されている。

2 対象地の計測

本調査では、国内で一般的に使用されている Phantom4 を使用した。写真機は Phantom4 に標準搭載されているものを使用した。

平成 28 年度間伐実施箇所 9ha について、間伐実施前と間伐実施後の状況を、対地高度 50m と 100m の 2 パターンで計測をした。

作業人員は、操従者と補助者の 2 名で実施した。

計測は、自動飛行で行い、計測時間、写真枚数は、対地高度 50m で 39 分、412 枚、対地高度 100m で 22 分、279 枚となった。

3 UAV 写真計測による森林解析結果

1) 位置精度

撮影時に GPS より位置情報が画像情報として示されている EXIF だけでは、航空レーザ計測の位置とは合わない。このため、GIS 上に GCP を設置し位置の補正を行うことが必要である。これにより高さの誤差が 2m 以内となった。

2) 点群

航空レーザに比べ樹冠形状の再現性が乏しく、樹頂点数が少なくなる傾向にあり、このため、本数精度は低くなった。

3) オルソ

解像度が細かく、枝まで識別でき、森林の状況確認には、十分使用できる。

4) 森林解析

樹高は使用できるが、本数については、現在のところ使用できない。

このため、総体積法による林分材積の算出は可能である。

第3項 航空レーザ計測データを用いた林道の路線計画

1 目的

航空レーザ計測から作成した詳細な地形図を利用することにより、林道の路線計画に関する机上検討の精度が格段に向上し、現地で確認することが難しかった崩壊危険地や開設に適した緩傾斜地などを容易に見つけることができるようになり、現地踏査作業の効率性を大きく向上することができるようになった。

また、航空レーザ計測により作成された地形図等の上で林道の路線計画を作成するための林道設計システムが開発されている。

このシステムは、地形図等の上でルートを選定し、そのルートにカーブの曲率半径、路面の縦断勾配を設定しつつ調整し、平面計画を作成する。また、このルートの縦断図、横断図が自動的に作成できる。これに、道路幅、切り土、盛り土の法勾配を設定すれば土量計算を行うことができる。

本章では、路網計画における航空レーザ計測データの有効性を確認するため、このデータから求めた土工量精度を検証する。なお、土工量は設計書類の値を真として精度検証することとし、土工量の算出

は設計書で用いられている方法を採用する。また、精度検証結果から、航空レーザ計測データを活用方法に関する考察を行った。

路網計画業務において、開設前に机上で精度よく土工量を推定することができれば、構造物の設置を抑えた経済的な路線の検討に有効である。さらに、作業道などの低規格路線で特に重要となる切盛均衡の検討や、残土処理計画などに活用することも可能となる。このように、土工量の推定は業務の効率化や低コスト化に貢献するもので、航空レーザ計測データの効果的な活用方法の一つといえる。

2 土工量の算出

1) 開設した林道の実施設計数量等

岐阜県中津川市下野字岩須地内に開設された林業専用道高鳥屋1線を対象として検討を行った。路線の主な規格を以下に示す。砂質土のため、切土のり面勾配はすべて6分になっている。また、幅員が3.0m、左右の路肩がそれぞれ0.25mで全幅員が3.5mの一般的な林業専用道である。路線延長は343.5m、起点、終点間の標高差が約32mであり、路線全体の平均的な縦断勾配は約9%となっている。

林道名	高鳥屋1線
林道区分	林業専用道
級別	2級
延長	343.5m
全幅員	3.5m
切土量	1796.5 m ³
盛土量	1306.5 m ³

2) 航空レーザ計測データを用いた土工量の算出

土工量の算出には、航空レーザデータから作成した0.5mDEM (Digital elevation model) をもとにしたTINを使用した。

これに、林道設計システムを用いて、林道を設計し、これに伴う切土、盛土の量を算出した。

当初、路面高および幅員を測点ごとに修正せず、路面高については全ての測点で変更量を±0.0mとして土工量を算出した。その結果、実際の土工量に対し、切土量で13%、盛土量で44%となった。

本線は林業専用道であるため、走行の快適性などを考慮して縦断勾配の変化点を少なく、なるべく一定勾配になるように路線を計画していること、また、カーブでは、幅員を拡張していることから、これに合わせて修正した結果、切土量で111%、盛土量で114%となった。

これは、実施設計の際の横断測量が、ポールを用いて測っていることを考慮すれば十分信頼できる精度である。

3 結果

近年、航空レーザだけでなく、地上レーザや多視点からのステレオ写真測量 (SfM: Structure from Motion)、UAV撮影によるDSM作成など種々の技術が出てきている。特に写真を用いた測量では、植生などによって地面が写らない状態では、欲しい地形情報が得られないという課題は残るものの、これまで得られなかった微地形を得られるようになれば、今後の林道設計に有用な道具となる。また、DEMなどの立体モデルの利用がさらに進めば、設計段階から土工量算出などに活用することが考えられる。従来の土工量は、測点ごとの横断測量から得た離散的な地形情報から求めていたが、正確なDEMによって開設前後の地形を比較すれば、実際の工事に取り扱った正確な土工量を求めることができ、設計業務が大きく変わることも考えられる。一般道ではそのための検討も始まったところであり (重高ら, 2012)、路線設計分野での航空レーザ計測データの有効性は今後ますます大きくなっていくものと思われる。