

森林調査等におけるICTの活用

屋森 修一

林野庁 近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター (〒718-0003岡山県新見市高尾786-1)

地上型三次元レーザースキャナ機器を用いることにより森林調査の省力化・低コスト化が図れるかどうかについて検証を行った。精度について、樹高20m以下の林分であれば概ね検査基準を満たすことが確認された。一方、樹高が20mを超えると樹高が過小評価となり、立木材積の誤差が大きくなることから、樹高を補正する等の対応が必要である。作業工程については、レーザースキャナ機器を用いることで、大幅に削減することができ、省力化・低コスト化に寄与することが示唆された。また、林内の三次元画像などが簡単に作成できることから、アカウントビリティの向上のツールとしても有効である。

キーワード ICT, 地上型三次元レーザースキャナ, 森林調査, 省力化, 業務改善

1. 研究の目的

戦後造成された我が国の人工林は、本格的な利用期を迎えており、豊富な森林資源を循環利用し、森林・林業の持続的な発展と公益的機能の高度発揮を図ることが課題となっている。これらを進めていくためには、森林資源量の正確な把握が必要となる。しかしながら、従来の輪尺等を用いる森林調査方法は、労力、時間及び技術を要することから、森林所有者の利益を最大化するためには、森林調査の低コスト化が欠かせない。また、国土の2割を所有し、国産木材供給量の2割を供給する国有林野事業としても、国の利益を最大化する観点から、森林の調査や管理経営に係る経費の節減は大きな意味を持つ。

近年、森林・林業の分野においても、ICT機器が開発されてきた。このうち、地上型三次元レーザースキャナは、森林内でレーザーを照射し、点群を解析することで立木の樹高、胸高直径、位置、形状（曲がり、高さごとの直径）、地形及び林内の三次元画像などのデータを得ることができるシステムである。

本研究では、この地上型三次元レーザースキャナについて、樹高や胸高直径等の測定データの精度検証を行うとともに、作業工程を調査し、従来の森林調査方法と比べて省力化・低コスト化が図られるのか検証することとした。また、森林資源量の把握以外の業務への活用の可能性についても検討することとした。

2. 調査方法

(1) 調査地の概要

調査地は、岡山県新見市内の針葉樹人工林9調査区（ヒノキ人工林6調査区、スギ人工林3調査区）、広葉樹人工林1調査区とした。レーザースキャナ機器による測定に加え、比較対象として、輪尺、バーテックス（測高器）及びポケットコンパスによる毎木調査を行った。

（表-1）

表-1 調査区一覧

調査区	国有林名	面積 (ha)	林齢 (年生)	毎木調査結果					備考
				立木本数(本)	立木密度(本/ha)	平均胸高直径(cm)	平均樹高(m)	総材積(m ³)	
ヒノキ①	入開山	0.19	57	101	589	28.9	19.0	70.4	列状間伐試験地 ※
ヒノキ②	入開山	0.12	59	132	842	26.9	19.0	54.2	列状間伐試験地 ※
ヒノキ③	入開山	0.07	57	112	1,868	20.7	18.0	43.7	列状間伐試験地 ※
ヒノキ④	水晶山	0.04	45	50	1,351	19.5	19.0	15.8	列状間伐試験地
ヒノキ⑤	水晶山	0.04	45	37	925	24.4	19.5	17.5	列状間伐試験地
ヒノキ⑥	水晶山	0.04	45	35	875	23.8	19.0	15.6	列状間伐試験地
スギ①	入開山	0.1	57	92	945	27.8	21.3	61.6	※
スギ②	入開山	0.12	57	95	822	29.0	22.1	68.4	※
スギ③	釜谷	0.01	85	6	433	61.0	38.1	26.2	遺伝子保存林 ※
広葉樹①	上下田	0.03	20	48	1,811	10.7	8.9	3.3	ユリノキ植栽試験地

※据置型だけでなく歩行型でも調査を行った調査区

(2) 調査に用いたレーザースキャナ機器

地上型三次元レーザースキャナには、大別すると、一定時間林内に設置して測定する①据置型と歩行しながら連続して測定する②歩行型の2タイプが存在する。今回は、①据置型として株式会社 アドイン研究所の「OWL」、②歩行型として株式会社 woodinfoの「3DWalker」を用いて調査を行うこととした。(表-2)(図-1)

3. 調査結果

(1) 測定値の精度検証

面積、立木本数、胸高直径、樹高及び林分材積について、毎木調査による測定値とレーザースキャナ機器による測定値の比較を行った。

表-2 調査に用いたレーザースキャナ機器の概要

		①据置型	②歩行型
機器名		OWL	3DWalker
解析ソフトウェア		OWL Manager	Digital Forest
機械性能	計測点 / 秒	43,200点/秒	300,000点/秒
	1日作業量	1~2ha	10~20ha
	スキャン時間	45秒/scan	連続
	最大検出距離	30m	100m
測定方法		約10m毎に設置し、45秒静止して計測	背負い式で、時速約2kmで歩行しながら、連続して計測
計測データ等		胸高直径、樹高、曲がり(矢高)、面積、立木位置、立木本数、立木材積、直径分布、地形情報、立木ウォークスルー	



図-1 ①据置型(左)と②歩行型(右)の測定状況写真

a) 面積

毎木調査による測定値との誤差は、据置型で最大0.004ha、歩行型で最大0.011haと僅かであった。レーザースキャナ機器による面積測定の精度は高いと考えられる。(図-2)

b) 立木本数

据置型では、スギ①、スギ②及び広葉樹①調査区において、立木本数が毎木調査での測定値と比べ過小となった。これは、下層植生等が立木等の根元部を遮蔽したため、レーザースキャナ機器が立木として認識しなかったためである。歩行型では、ヒノキ③において、大幅に過大となった。これは、枯損木を計測してしまったためである。それ以外の調査区では、どちらの機器でも誤差は僅かであった。(図-3)

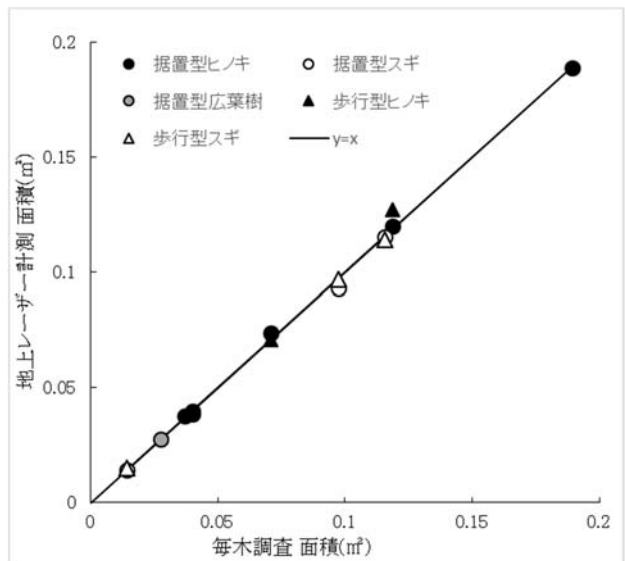


図-2 地上レーザースキャナ計測と毎木調査による面積の測定値比較

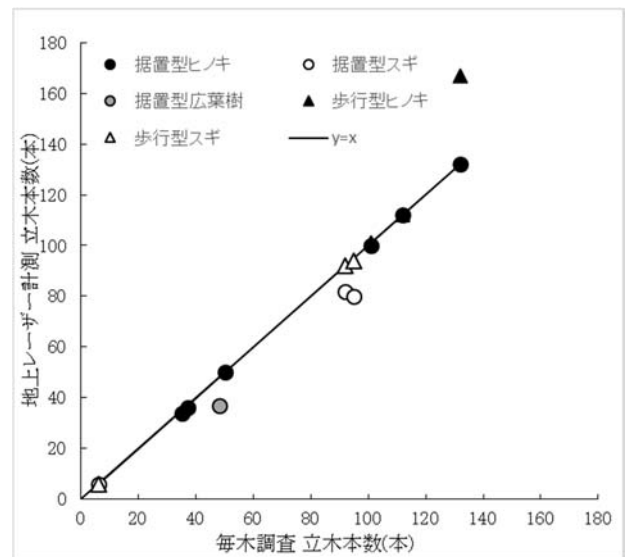


図-3 地上レーザースキャナ計測と毎木調査による立木本数の測定値比較

c) 胸高直径

平均胸高直径について、据置型では、全体的に過大傾向が見られ、最大+2.3cmの誤差が発生した。広葉樹①調査区では、レーザースキャナ機器が下層植生等を樹幹の一部と認識したため、誤差が大きくなったと考えられる。歩行型では、ヒノキ③調査区において、枯損木を含んだ平均胸高直径となったため、誤差が大きくなった。(図-4)(表-3)

また、単木毎の胸高直径については、据置型での誤差は、ヒノキで-2cm~+3.2cm、スギで-4.9~+6.6cmであった。毎木調査による測定値に比べて過大となるケースと過小ケースに規則性は見いだせなかった。(図-5)

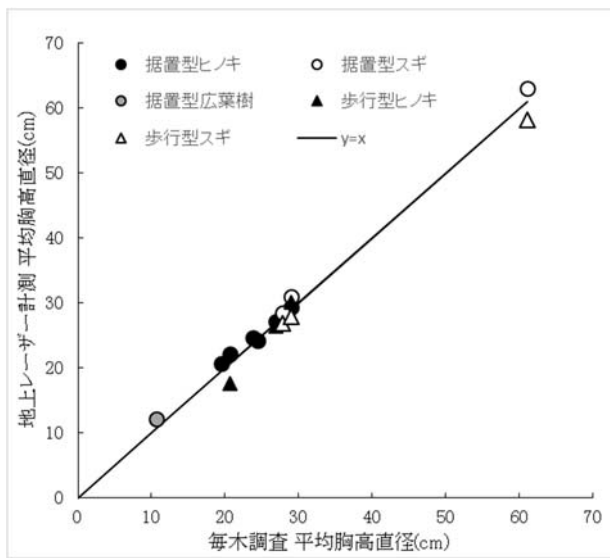


図-4 地上レーザー計測と毎木調査による平均胸高直径の測定値比較

表-3 地上レーザー計測と毎木調査による平均胸高直径測定値の誤差率

調査区	据置型 一毎木調査		歩行型 一毎木調査	
	差	誤差率	差	誤差率
ヒノキ①	0.5cm	1.7%	1.2cm	4.2%
ヒノキ②	0.3cm	1.1%	0.1cm	0.4%
ヒノキ③	1.4cm	6.8%	-3.1cm	-15.0%
ヒノキ④	1.2cm	6.2%	—	—
ヒノキ⑤	-0.2cm	-0.8%	—	—
ヒノキ⑥	0.9cm	3.8%	—	—
スギ①	0.7cm	2.5%	-1.0cm	-3.6%
スギ②	2.0cm	6.9%	-1.1cm	-3.8%
スギ③	2.3cm	3.7%	-3.4cm	-5.5%
広葉樹①	1.4cm	13.1%	—	—

※誤差率は、下記の式で算出した。

(地上レーザー計測測定値-毎木調査測定値) / 毎木調査測定値

d) 樹高

平均樹高について、据置型と歩行型のどちらの機器においても、毎木調査による測定値と比較して過小傾向が見られた。特に、樹高が20mを超えると誤差が拡大した。(図-6)(表-4)

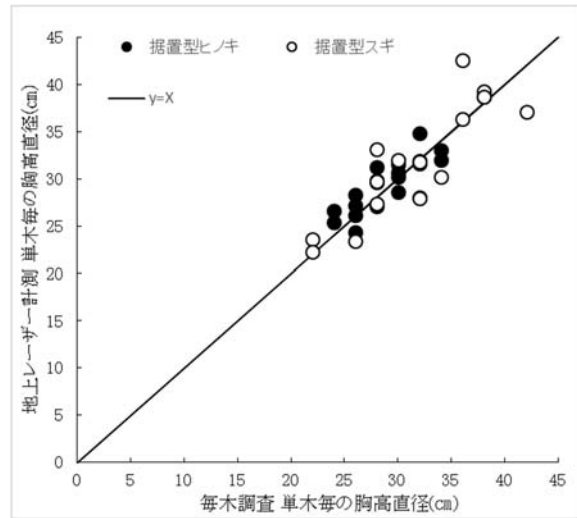


図-5 地上レーザー計測と毎木調査による単木毎の胸高直径の測定値比較

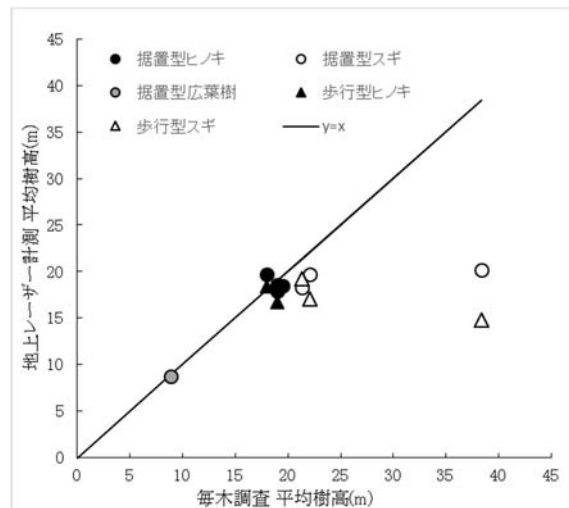


図-6 地上レーザー計測と毎木調査による平均樹高の測定値比較

表-4 地上レーザー計測と毎木調査による平均樹高測定値の誤差率

調査区	据置型 一毎木調査		歩行型 一毎木調査	
	差	誤差率	差	誤差率
ヒノキ①	-0.4m	-2.1%	-2.3m	-12.1%
ヒノキ②	-0.6m	-3.2%	-2.3m	-12.1%
ヒノキ③	1.7m	9.4%	0.4m	2.2%
ヒノキ④	-0.6m	-3.2%	—	—
ヒノキ⑤	-1.0m	-5.1%	—	—
ヒノキ⑥	-1.1m	-5.8%	—	—
スギ①	-3.0m	-14.1%	-2.1m	-9.9%
スギ②	-2.4m	-10.9%	-5.0m	-22.6%
スギ③	-17.9m	-47.0%	-23.58m	-61.4%
広葉樹①	-0.2m	-2.2%	—	—

また、単木毎の樹高について、据置型での誤差は、ヒノキで-3.0m~+1.5m、スギで-6.4m~+2.1mであった。樹高が20m以下の個体では、-3.0m~+1.5mの誤差に留まるのに対して、樹高が20mを超えた個体では、-6.4m~+2.1mの誤差となっており、20mを超えると誤差が拡大する。(図-7)

e) 材積

調査区内の総材積の誤差は、据置型では-11.3m³~+9.6m³、歩行型では-19.0m³~+0.5m³であった。誤差率で表せば、据置型では-43.0%~+22.0%、歩行型では-64.1%~1.1%となる。近畿中国森林管理局における収穫調査においては、総材積±5%以内が検査基準となっている。据置型では、樹高が高いスギ①~③及び広葉樹①調査区において大幅に過小となり、胸高直径及び樹高で誤差が大きかったヒノキ③調査区において大幅に過大となった。歩行型では、全体的に過小傾向であり、特に、樹高が高いスギ①~③調査区において大幅に過小となった。(図-8) (表-5)

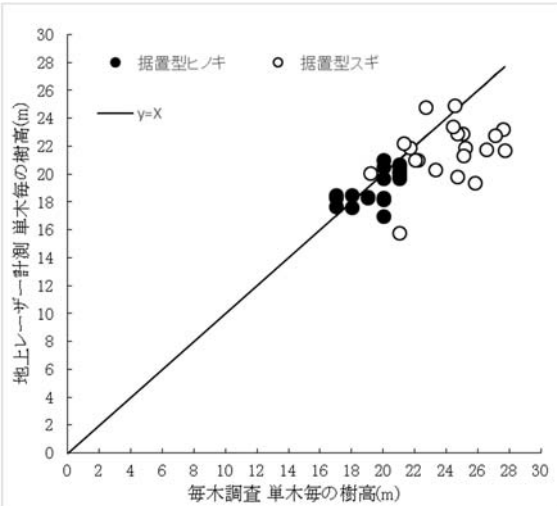


図-7 地上レーザー計測と毎木調査による単木毎の樹高の測定値比較

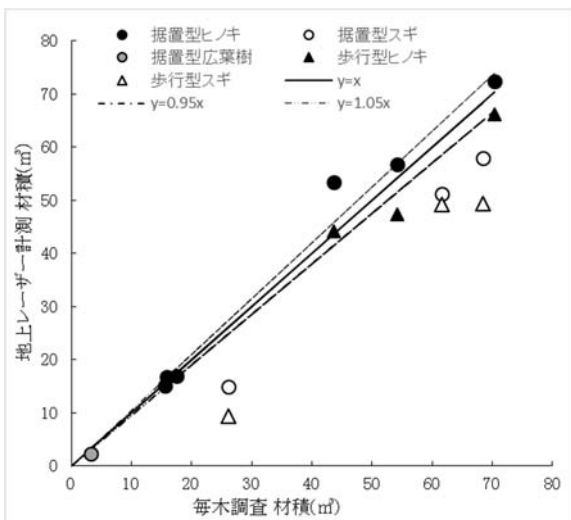


図-8 地上レーザー計測と毎木調査による総材積の測定値比較

(2) 作業工程の比較

ヒノキ調査区③(面積0.07ha)において、地上レーザー計測と毎木調査の作業工程を調査し、比較を行った。

計測時間は、地上レーザー計測が毎木調査に比べて大幅に工程を短縮することができた。特に、歩行型では、毎木調査に比べて1/32の工程となった。

一方で、データ解析(入力)時間については、据置型では、毎木調査に比べて時間が短縮されたのに対し、歩行型では、毎木調査に比べて時間を要する結果となった。しかしながら、毎木調査においては、パソコンに入力する人員を要するのに対して、地上レーザー計測では、パソコンにデータを移動させれば自動で計算がなされるため、省力化となる。(表-6)

4. 考察

地上型レーザースキャナ機器については、概ね樹高20mまでの林分であれば、森林調査に活用できることが示唆された。樹高20m以上の林分については、樹高の誤差が大きいため、補正式を作成するなどの対応が必要となる。また、個体毎の測定値にはばらつきが見られるため、さらに検証が必要である。

作業工程については、地上レーザースキャナ機器を用

表-5 地上レーザー計測と毎木調査による総材積の誤差率

調査区	据置型 一毎木調査		歩行型 一毎木調査	
	差	誤差率	差	誤差率
ヒノキ①	2.0m ³	2.8%	-4.3m ³	-6.1%
ヒノキ②	2.6m ³	4.8%	-6.8m ³	-12.5%
ヒノキ③	9.6m ³	22.0%	0.5m ³	1.1%
ヒノキ④	0.9m ³	5.7%	-	-
ヒノキ⑤	-0.6m ³	-3.4%	-	-
ヒノキ⑥	-0.5m ³	-3.2%	-	-
スギ①	-10.4m ³	-16.9%	-12.7m ³	-20.6%
スギ②	-10.5m ³	-15.4%	-19.0m ³	-27.8%
スギ③	-11.3m ³	-43.0%	-16.8m ³	-64.1%
広葉樹①	-0.9m ³	-27.3%	-	-

表-6 ヒノキ調査区③における作業工程比較

種類	据置型 (OWL)	歩行型 (3D 刈)	毎木調査
計測点	18点	連続	毎木(測量含む)
計測時間	40分	5分	80分
人数	2人	2人	4人
総時間	80人分	10人分	320人分
データ解析 時間	4分	90分	50分 (データ入力)

いることで大幅に削減でき、省力化や低コスト化につながることを示唆された。ただし、林内での計測においては、据置型は、急傾斜地において45秒間静止することが難しく、足を滑らせて計測をやり直したことがあった。歩行型についても、急傾斜や灌木等が多い場所において、同じ姿勢・速度で歩行することが困難であった。急傾斜地での測定も容易とするような機器の改良が望まれる。

森林調査以外への活用としては、地上レーザースキャナ機器では、立木情報だけでなく地形情報も取得できることから、崩壊地等の調査、GISソフトを併用することで森林作業道等の路網の設計にも活用できる可能性がある。(図-9)

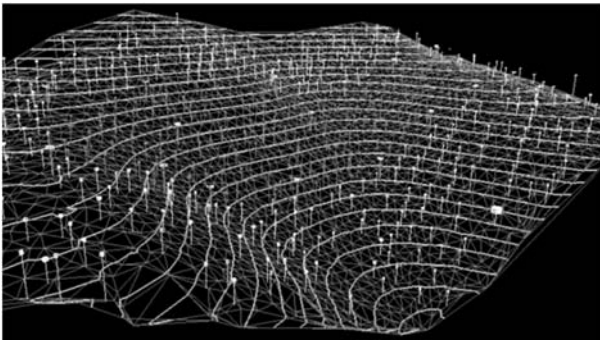


図-9 据置型で取得した地形データ

また、林内の三次元画像、立木ウォークスルーなど、一般の方にも分かり易いデータを簡単に作成することができることから、業務の効率化だけでなく、森林所有者や地域住民の方々への事業予定説明時など、アカウントビリティ向上のためのツールとしても有効であると考えられる。(図-10)

5. おわりに

これらの課題の検証を継続するとともに、その成果を情報発信することにより、林業の成長産業化に貢献してまいりたい。

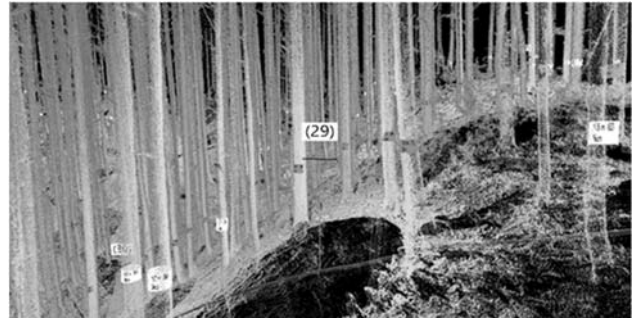


図-10 据置型で取得した林内の三次元画像