

4. 標準地調査の精度向上

4.1 調査計画

航空 LP データによる森林解析により算出された立木密度の検証を実施するためには、現地調査にて測定された立木密度と比較する必要がある。検証調査地は広島県の野路山国有林内の図 4.2 に示すヒノキ林班とする。精度検証のための標準値調査は、20～30 年生、30～40 年生、40～50 年生、50 年生以上の 4 つの林齢区分で実施する予定とする。

標準地調査の精度向上のため、本年度は以下の工夫を行い、調査を実施する。

【標準地調査精度向上のための工夫】

- 地上レーザスキャナを活用により、標準地面積を広げ、立木密度の計測精度を向上させる。
- 航空 LP データ、及び地上 LP データによる樹木位置の突合せの際に差異ができるだけ生じないように、調査範囲を林道沿いなどに設定する。(図 4.3)
- 地上レーザスキャナによる計測の際、林内でプロットエリア内のルートを補足する手段として、オフライン使用のモバイル GIS アプリを使用し、効率的にデータ収集を実施する。

<立木密度算出における精度向上>

地上 LP データについては、図 4.1 (右図) に示すように、データ取得範囲の森林内が三次元データとして詳細に解析できるため、下層木など、航空 LP データでは認識の困難な樹木の位置特定が可能である。そのため、上層木の樹頂点を抽出する航空 LP データと抽出樹木数に差異が生じてしまう。しかし、その差異が相対的なものであると示すことが可能であれば、現地調査結果のプロットから推定式を作成し、航空 LP データの樹頂点から、実測値に近い立木密度を推定できるのではないかと考え、既存の航空 LP データを活用した広域における森林情報取得精度の向上手法の一つとして検証を行う。



図 4.1 地上 LP データ取得例（左：測定の様子 右：取得した点群の表示例）

表 4.1 調査予定地の設定

	項目	内容		
1	調査地	広島県呉市野路山国有林内（昨年度現地検討会視察地）		
2	樹種	ヒノキ		
	検証予定の林班	林齢	最終施業後経過年数	検証面積
A	540-林班-た	21	*推定 23 年（間伐）	約 0.1ha
B	541-林班-つ	22	17 年（間伐）	約 0.1ha
C	534-林班-る-2	31	9 年（保育間伐）	約 0.1ha
D	540-林班-は-2	33	9 年（保育間伐）	約 0.1ha
E	534-林班-ぬ	43	6 年（保育間伐）	約 0.1ha
F	540-林班-へ	44	4 年（保育間伐）	約 0.1ha
G	544_林班_り	57	11 年（保育間伐）	約 0.1ha
H	546_林班_と_1	62	14 年（間伐）	約 0.1ha

*施業履歴に H7 地拵・H8 植付の記載があり、伐造簿にほぼ小班面積の間伐の記載があったため推定とした。

参考としてレーザスキャナ計測の特性を表 4.2 に整理した。

表 4.2 航空・地上レーザスキャナの特性

	項目	航空レーザスキャナ（ALS）	地上レーザスキャナ（TLS）
1	計測：樹高	計測可能	計測不可もしくは低精度
2	計測：枝下高	計測不可	計測可能
3	計測：地盤高	計測可能	計測可能
4	計測：胸高直径	計測不可	計測可能
5	計測：樹頂点	計測可能	計測不可
6	計測：樹幹位置	計測不可	計測可能

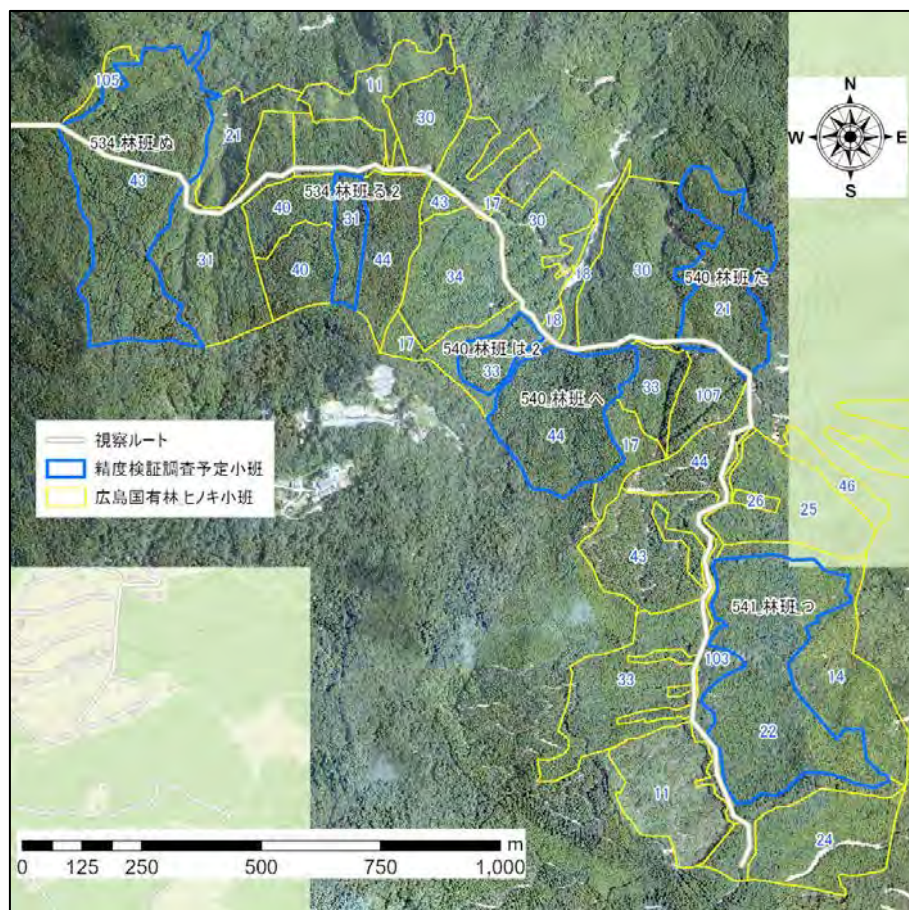


図 4.2 標準地調査の精度検証予定地（野路山国有林）

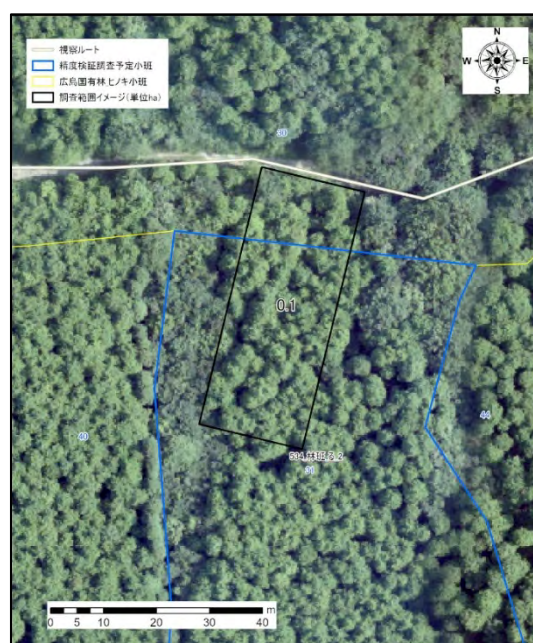


図 4.3 プロットエリア設定のイメージ（534-林班-る-2）

＜胸高直径の推定における精度向上＞

プロットエリアで収集した地上 LP データ解析による胸高直径の平均値、及び航空 LP データ解析による樹高の平均値から相関式を作成し、これを推定式として、プロットエリア以外の胸高直径の推定を行い、精度検証を実施する。(図 4.4)

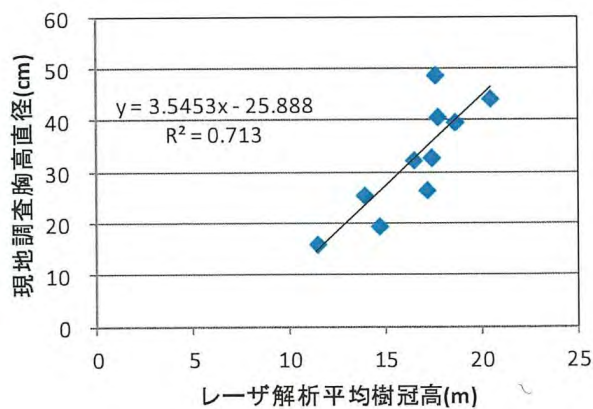


図 4.4 レーザ解析平均樹高と現地調査胸高直径との相関の一例（広葉樹）
(林野庁の手引 2016)

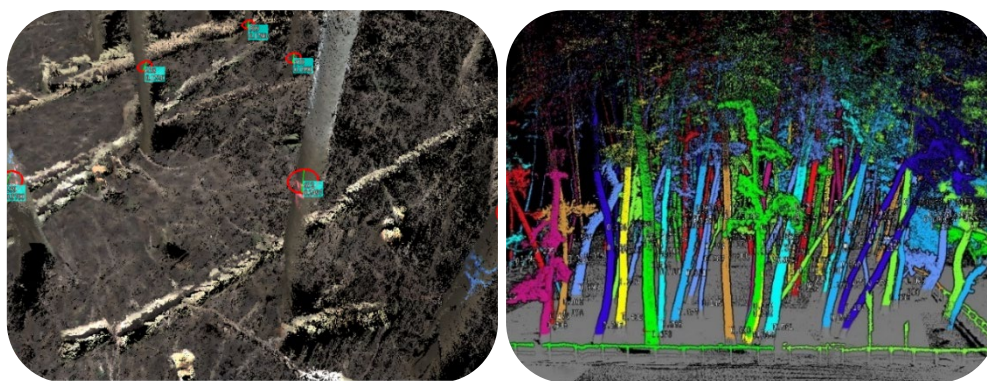


図 4.5 地上 LP データの解析例（左：胸高直径のバッチ抽出 右：樹木の自動識別）

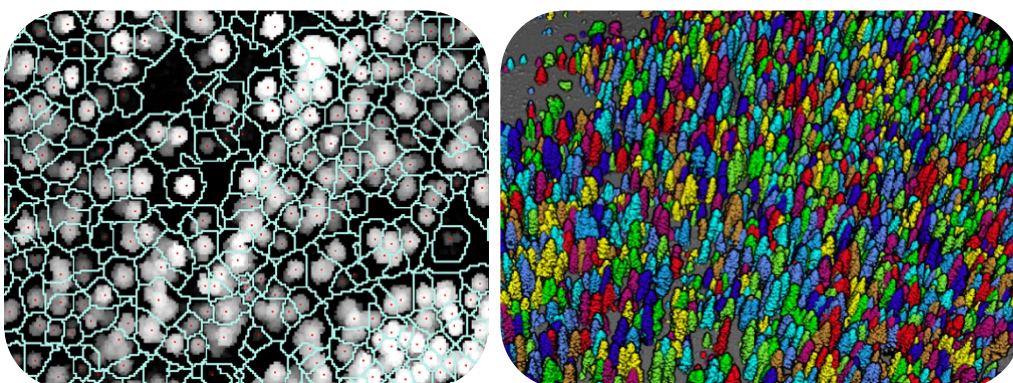


図 4.6 航空 LP データの解析例（左：樹頂点と樹冠境界の抽出 右：樹木の自動識別）

4.2 LP データを用いた胸高直径推定における精度向上

(1) 目的

本委員会で解析に用いる森林情報のうち、胸高直径については、既存の広域の航空LPデータから得られる森林情報から推定する必要がある。胸高直径推定式の作成にあたり、精度検証を行うため、毎木調査、及び地上レーザスキャナ（以後、TLS）を用いたコドラート調査を広島の野路山国有林内のヒノキ林10小班にて実施した。

※ALS…Airborne Laser scanner: 航空レーザスキャナ、TLS…Terrestrial Laser Scanner: 地上レーザスキャナ

(2) 調査概要

航空 LP データによる森林解析により算出された森林情報の精度検証を実施するため、現地の毎木調査において測定された森林情報と比較する必要がある。検証調査地は広島県の野路山国有林内の図 4.8 に示すヒノキ林班とし、精度検証のためのコドラート調査は、20～50 年生以上の林齢の小班で実施した。

<調査手順>

1. 対象小班内にコドラート（円形：表 4.1 参照）を設定。
2. コドラート内の毎木調査実施。
3. コドラート内の TLS による点群収集。

<解析手順>

- ① 既存の航空 LP データから ALS 森林解析を実施、森林情報の抽出。
- ② 収集した地上 LP データのジオリファレンスの実施。（地理情報の付加）
- ③ 地上 LP データによる TLS 森林解析の実施、森林情報の抽出。
- ④ ①及び②のデータの照合作業。（LP データによる単木ごとの森林情報の抽出）
- ⑤ 現地の毎木調査結果と④のデータの比較検証。（LP データによる森林解析の精度検証）
- ⑥ ⑤により精度が十分と確認されたデータによる推定式の作成。
- ⑦ ⑥の推定式の精度検証。



図 4.7 地上 LP データ取得の様子（野路山国有林内）

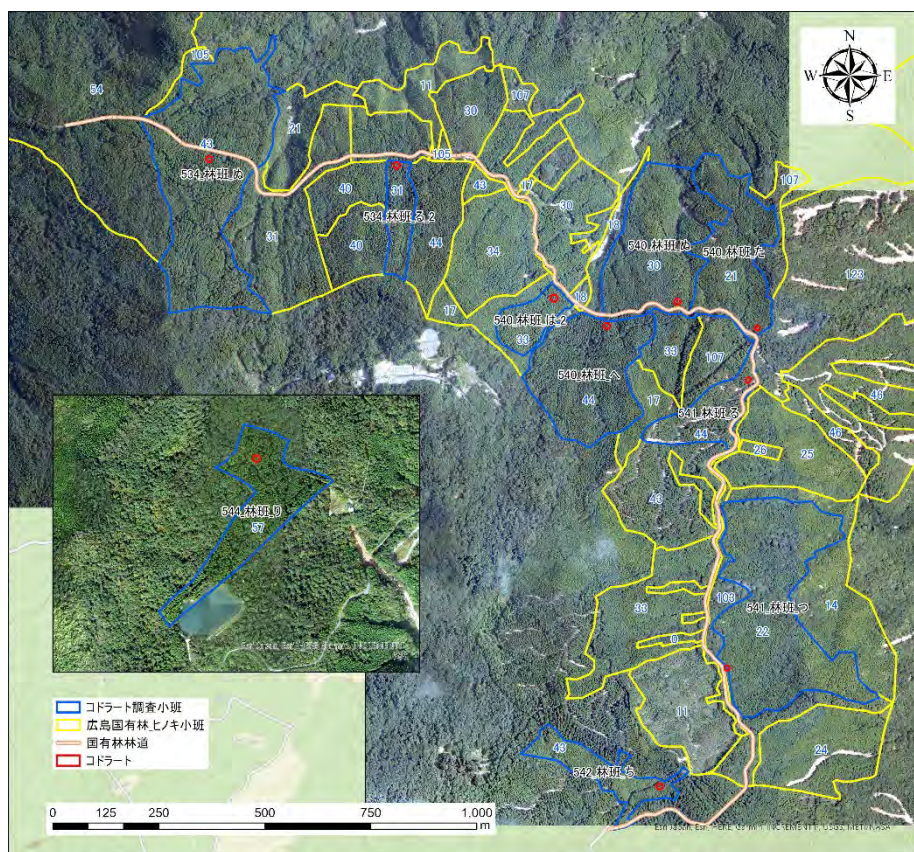


図 4.8 検証調査実施小班（青小班：調査小班、赤点：調査コドラート位置）

表 4.3 調査対象小班

No	小班名	樹種	林齢	コドラート円 直径 (m)	コドラート内 平均傾斜 (°)	施業後経過年
1	540 は 2	ヒノキ	33	7	22	9
2	542 ち	ヒノキ	43	7	24	11
3	534 る 2	ヒノキ	31	7	28	9
4	541 る	ヒノキ	44	10	14	3
5	540 へ	ヒノキ	44	7	19	4
6	540 ん	ヒノキ	30	7	27	9
7	534 ん	ヒノキ	43	7	19	6
8	541 つ	ヒノキ	22	6	26	5
9	540 た	ヒノキ	21	5	20	11
10	544 り	ヒノキ	57	7	14	11

※コドラートの大きさについては、森林状況によって調整を行った。

4.3 調査結果

4.3.1 ALS および TLS の精度検証<立木本数>

コドラート内の立木数を表 4.4 にまとめた。毎木調査結果の立木数と TLS 解析結果の立木数は同じであった。これは、TLS による取得点群は高密度であり、樹木の地際から 10m ほどの高さまでは明瞭に確認でき、高精度で立木数を抽出することが可能なためである。ALS 解析による立木数は過剰抽出されるものが多く、表 4.5 に誤差率を示すが平均で 1.25 倍の立木数が得られている。

表 4.4 コドラート内の立木数（②と③は完全一致）

No	小班名	林齢	①ALS 解析による 立木数	②TLS 解析に よる立木数	③毎木調査に よる立木数	毎木調査による 立木密度(本/ha)
1	540 は 2	33	20	20	20	1,300
2	542 ち	43	32	30	30	1,950
3	534 る 2	31	31	29	29	1,885
4	541 る	44	15	13	13	1,300
5	540 へ	44	24	20	20	1,300
6	540 ぬ	30	26	21	21	1,365
7	534 ぬ	43	16	12	12	780
8	541 つ	22	39	28	28	2,477
9	540 た	21	32	20	20	2,548
10	544 り	57	25	17	17	1,170
平均		35	26.1	21.4	21.4	1,656

表 4.5 現地調査結果と ALS 解析結果の立木数誤差率（②と③は完全一致）

No	小班名	林齢	①ALS 解析に よる立木数	②TLS 解析に よる立木数	③毎木調査に よる立木数	①と②③の *誤差率(%)
1	540 は 2	33	20	20	20	100
2	542 ち	43	32	30	30	107
3	534 る 2	31	31	29	29	107
4	541 る	44	15	13	13	115
5	540 へ	44	24	20	20	120
6	540 ぬ	30	26	21	21	124
7	534 ぬ	43	16	12	12	133
8	541 つ	22	39	28	28	139
9	540 た	21	32	20	20	160
10	544 り	57	25	17	17	147
平均		35	26.1	21.4	21.4	125

*誤差率(%)：現地調査結果と解析結果との差の比率を示す数値で解析精度と 100%との差の絶対値で計算される。

誤差が発生する要因を特定するため、考えられる 2 つの要素の相関係数を算出した結果を表 4.6 に示す。また、精度に明確な基準はないが、一般的な強さの指標は以下のとおり。

<相関の強さ>

- 0～0.2・・・ほとんど相関がない。
- 0.2～0.4・・・弱い相関がある。
- 0.4～0.7・・・比較的強い相関がある。
- 0.7～1.0・・・強い相関がある。

表 4.6 ALS による立木数抽出誤差の要因（相関関係 R による）

No	要素	相関係数 R	相関関係
1	立木密度	0.29	弱い正の相関がある
2	ALS の点群密度	-0.44	比較的強い負の相関がある

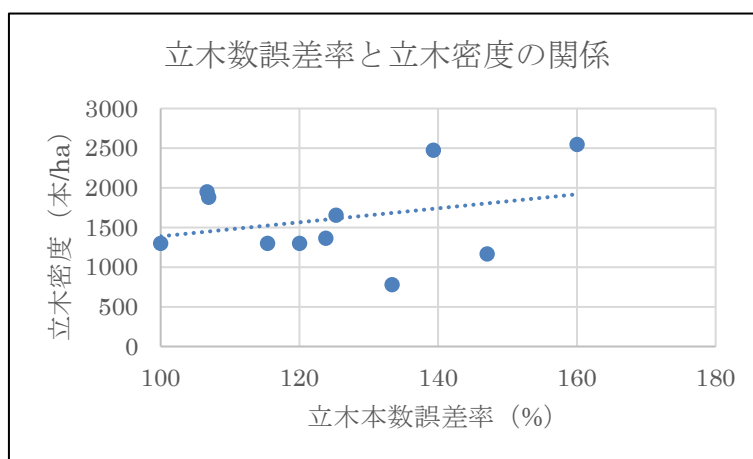


図 4.9 立木数誤差率と立木密度の関係

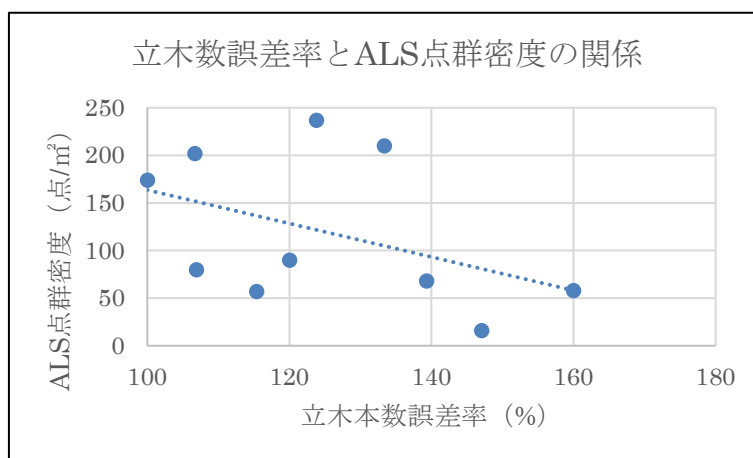


図 4.10 立木数誤差率と ALS 点群密度の関係

立木密度の高い森林については、樹冠の重なりが多くなるため、また、樹齢の若い森林についても、樹形が小さいため、単木の識別が困難であると考え、要素の一つに挙げたが、相関関係 R は 0.29 と、弱い正の相関であった。もう一つの要素として挙げた ALS 点群の密度は、航空 LP データのオリジナルデータのコドラート内の点群密度を示すが、疎であれば、樹形を捉えにくく、点群による樹頂点抽出の精度は低下すると考え、要素の一つとして挙げた。これについて、相関係数 R は -0.44 と負の相関が認められたため、解析誤差の要因の一つとして考える。しかし、本検討委員会では既存の航空 LP データを使用して解析を行うため、所与のデータからできるだけ精度よく樹頂点の抽出を行う方法、もしくは真値に近付けるための推定式を検討する必要がある。

表 4.7 各小班の立木密度および ALS 点密度と誤差率

No	小班名	林齢	立木密度	ALS 点密度 (点/㎡)	誤差率 (%)
1	540 は 2	33	1,300	174	100
2	542 ち	43	1,950	202	107
3	534 る 2	31	1,885	80	107
4	541 る	44	1,300	57	115
5	540 へ	44	1,300	90	120
6	540 め	30	1,365	237	124
7	534 め	43	780	210	133
8	541 つ	22	2,477	68	139
9	540 た	21	2,548	58	160
10	544 り	57	1,170	16	147

表 4.7 の誤差率の最も高い小班と低い小班の点群表示例を図 4.11 に示す。ALS 点群は緑色で表し、TLS 点群は RGB カラー、もしくは黄色で表した。

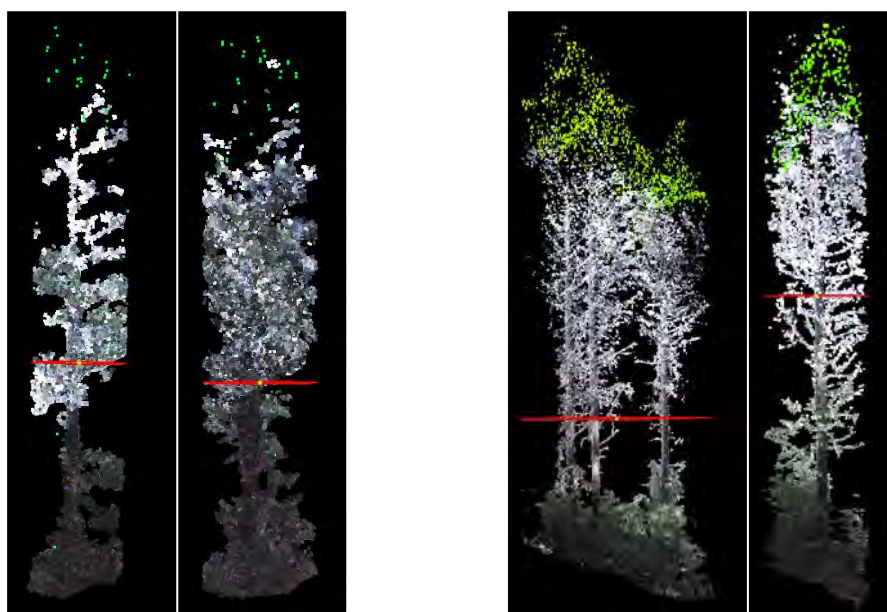


図 4.11 ALS 点群の表示例 (左 : 540 た (誤差率 160%)、右 : 540 は 2 (誤差率 100%))