

令和2年度

航空レーザ計測を活用した
収穫調査実証等委託事業

報 告 書

航空レーザ解析データの取りまとめ手順参考資料
(レーザ解析実施者向け)

令和3年3月

林野庁

目 次

はじめに	1-1
1. 航空レーザ解析データの取りまとめ	1-2
1.1 森林資源解析のフロー	1-2
1.2 解析成果の整理	1-3
1.2.1 提出資料の一覧	1-3
1.2.2 提出データ形式の詳細	1-3
1.3 現地調査の手法	1-12
1.4 精度検証の手法	1-15

はじめに

国有林野事業では、森林の多面的機能を持続に発揮させるため、林分の状況や立地条件などに応じて必要な間伐を実施し、適切かつ効率的な施業を推進している。このような中、限られたマンパワーに対応しつつ、収穫調査を効率的かつ適切に実施していくことが重要な課題となっている。

「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」において、航空機によるレーザ計測技術を立木の調査に活用することで、調査の効率化を図りつつ、一定の精度で単木及び林分材積を推定できる可能性が示された。

本事業は、令和元年度事業で検証した航空レーザによる収穫調査手法を実際に国有林野事業に導入して製品生産箇所の調査結果報告書を作成するとともに、国有林野事業における航空レーザ計測技術の活用について追加の検討を行った。

本マニュアルは、この事業の成果のうち、航空レーザ解析の実施者が、収穫調査復命書添付書類の作成に必要なデータを取りまとめるための様式の一例と手順を示すものである。

1. 航空レーザ解析データの取りまとめ

1.1 森林資源解析のフロー

航空レーザ計測データを用いた森林資源解析のフローを図 1-1 に示す。レーザ計測データから胸高直径推定の詳細な手順については、解析実施者により手法が異なるため本参考資料には記載しない。よって、ここでは収穫調査復命書等を取りまとめるために、森林管理署・局に提出が必要なデータの項目や形式、属性情報を中心に記載し、現地調査や精度検証の手法についてはその手順を記載した。

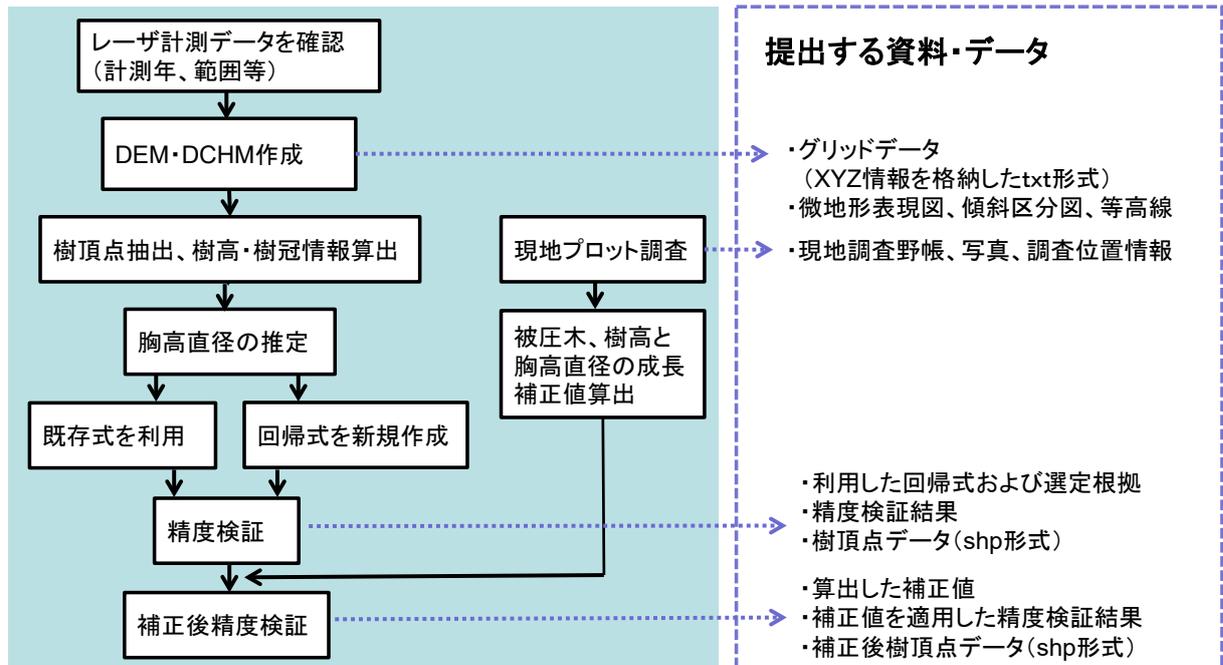


図 1-1 森林資源解析のフロー

1.2 解析成果の整理

1.2.1 提出資料の一覧

解析により得られるデータのうち、委託者へ提出する必要があるデータの例を以下に示す。なお、ここで記載した一覧は収穫調査復命書の作成に必要なデータの最小構成であり、委託者の指示がある場合はその限りではない。

表 1.1 提出データの一覧

データ名	データ形式	備考
グリッドデータ	txt形式またはcsv形式	DEM、DSM、DCHMデータ
微地形表現図	tif形式またはjpg形式	位置情報ファイル含む (tfw, jgw)
傾斜区分図	tif形式またはjpg形式	位置情報ファイル含む (tfw, jgw)
等高線	shp形式またはdxf形式	
現地調査野帳	xlsx形式およびpdf形式	
現地調査写真	jpg形式など	
現地調査位置情報データ	shp形式またはgpx形式	
樹頂点データ	shp形式	
胸高直径推定回帰式データ	word形式またはxlsx形式	
補正值算出根拠資料	word形式またはxlsx形式	
精度検証結果	word形式またはxlsx形式	

データ形式については代表的な形式を記載しており、これに限るものではない

1.2.2 提出データ形式の詳細

(1) グリッドデータの形式

グリッドデータは0.5m間隔とし、txt形式またはcsv形式データとする。

グリッドの位置情報は平面直角座標系のX座標、Y座標、Z座標の情報を、スペース区切りまたはカンマ区切りとする。小数点は第2位または第3位までを記録する。

```
1 | -67200.25 9782.75 8.05 ↓  
2 | -67200.75 9782.25 6.92 ↓  
3 | -67200.25 9782.25 7.52 ↓  
4 | -67201.25 9781.75 7.40 ↓  
5 | -67200.75 9781.75 6.41 ↓  
6 | -67200.25 9781.75 7.24 ↓  
7 | -67201.75 9781.25 7.43 ↓  
8 | -67201.25 9781.25 7.99 ↓  
9 | -67200.75 9781.25 7.52 ↓  
10 | -67200.25 9781.25 7.29 ↓  
11 | -67202.25 9780.75 8.24 ↓  
12 | -67201.75 9780.75 8.03 ↓  
13 | -67201.25 9780.75 7.83 ↓  
14 | -67200.75 9780.75 7.76 ↓  
15 | -67200.25 9780.75 7.50 ↓
```

図 1-2 グリッドデータの表記例

(2) 微地形表現図の形式

微地形表現図は、長野県林業総合センターが考案したCS立体図の作成方法がWebで公開されている。微地形表現図は、地形の凹凸を、陰影を用いずに視覚的に表現しており、傾斜区分図などと重ね合わせた際にも凹凸を確認できるようなものが望ましい。

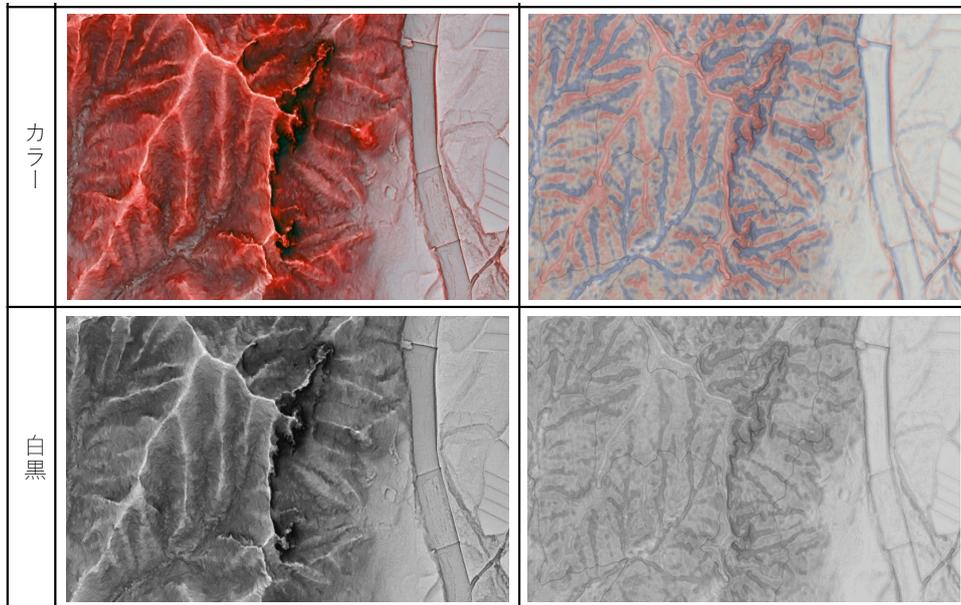


図 1-3 微地形表現図のイメージ（左：赤色立体地図、右：CS 立体図）

(3) 傾斜区分図の形式

傾斜区分図はDEMデータから作成し、地形傾斜・作業システムに対応する路網整備水準の目安（林野庁）より①0° 以上15° 未満、②15° 以上30° 未満③30° 以上35° 未満④35° 以上の4区分で作成する。

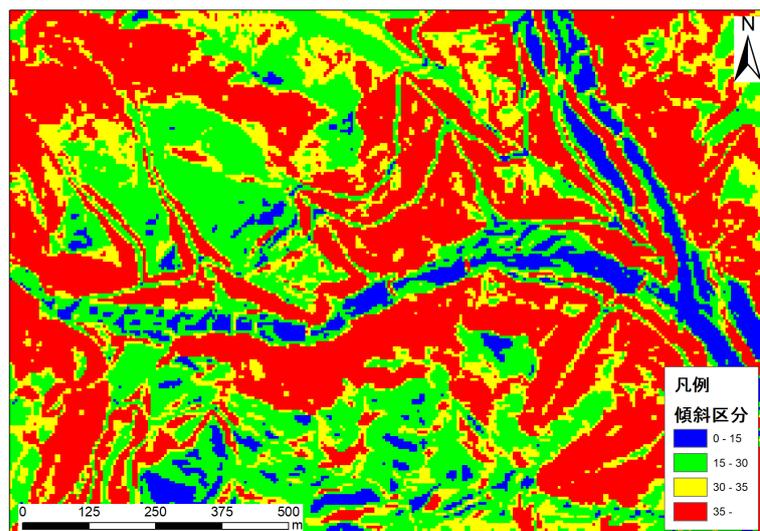


図 1-4 傾斜区分図のイメージ

(4) 現地調査野帳の形式

現地調査野帳は、樹種、樹高、胸高直径、樹冠未到達木かどうかや、地点名、調査地点座標、プロットサイズなどを記載する。現地調査票の一例を図 1-5に示す。

調査番号		市町村名						GPS番号		記入者		樹種		傾斜(度)		斜面方位								
位置座標		N E						日時分		プロット面積		天気		標高(m)		斜面位置		上 中 下 尾根 谷 平						
No	樹種	DBH (cm)	H(m)	枝下高 (m)	樹冠未到達	境界木	材積 (m ³)	No	樹種	DBH (cm)	H(m)	枝下高 (m)	樹冠未到達	境界木	材積 (m ³)	No	樹種	DBH (cm)	H(m)	枝下高 (m)	樹冠未到達	境界木	材積 (m ³)	
1								43								85								
2								44								86								
3								45								87								
4								46								88								
5								47								89								
6								48								90								
7								49								91								
8								50								92								
9								51								93								
10								52								94								
11								53								95								
12								54								96								
13								55								97								
14								56								98								
15								57								99								
16								58								100								
17								59								広葉樹混交率 (%)								
18								60								樹冠疎密度 (%)								
19								61								間伐の有無		数年内		長期間なし		なし		
20								62								枯損木の有無		なし		少し		あり		
21								63								病虫害/傷の有無		なし		少し		あり		
22								64								獣害の有無		なし		少し		あり		
23								65								現地状況								
24								66																
25								67																
26								68																
27								69																
28								70																
29								71																
30								72																
31								73																
32								74																
33								75																
34								76																
35								77																
36								78																
37								79																
38								80																
39								81																
40								82																
41								83																
42								84																
																高木層	高さ	m	植被率	%				
																亜高木層	高さ	m	植被率	%				
																低木層	高さ	m	植被率	%				
																草本層	高さ	m	植被率	%				

図 1-5 現地調査票の例

(5) 現地調査写真の形式

現地調査写真のデータ形式は、jpg形式などとし、林内状況がわかる写真を7枚程度撮影する。撮影方向は斜面上および下方向、斜面右および左方向、天空方向、林床、プロット全景を標準とする。

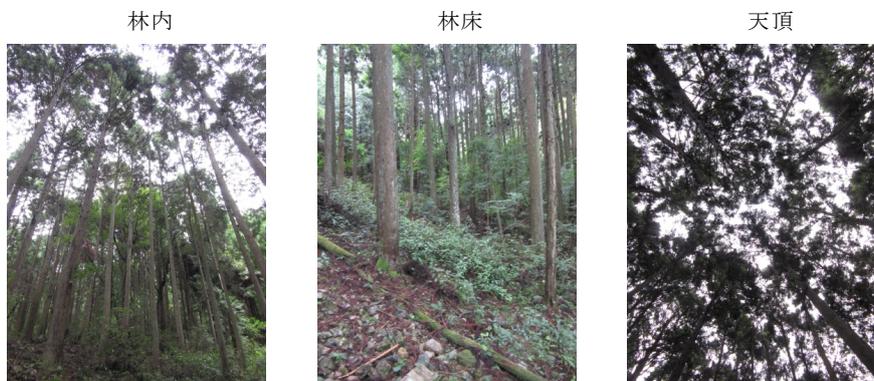


図 1-6 現地写真の例

(6) 現地調査位置情報データの形式

現地調査位置情報データは、shp形式またはgpx形式が望ましい。位置情報は緯度経度を基本とし、shpファイルの場合は平面直角座標系に変換してもよい。

(7) 樹頂点データの形式

樹頂点データはshp形式を基本とし、表 1.2に記載した情報を格納するものとする。

表 1.2 樹頂点データ 属性一覧

属性名	形式	単位	備考
樹高	double	m	
樹冠情報	double		胸高直径推定回帰式の説明変数とした樹冠情報
胸高直径	double	cm	
材積	double	m ³	
樹種ID	Integer		1:ヒノキ 2:カラマツ
樹種	Text		ヒノキ、カラマツ
小班ID	Text		林小分班林相に一意的ID
林齢	Text	年	森林簿から情報取得

(8) 胸高直径推定回帰式の形式

胸高直径推定回帰式を作成もしくは既存の式を利用した場合、その式を記載する。一例として、本事業で作成した式を示す。

- べき乗式による胸高直径推定回帰式の基本形

$$d = \alpha \times X_1^{\beta_1} \times X_2^{\beta_2} \times X_3^{\beta_3}$$

(α :定数 $X_1 \sim X_3$:説明変数 $\beta_1 \sim \beta_3$:説明変数の係数)

- ヒノキの回帰式

$$d = 6.222 \times Ca^{0.344} \times h^{0.177} \quad (Ca:樹冠投影面積 \quad h:樹高)$$

- カラマツの回帰式

$$d = 2.420 \times Ca^{0.461} \times h^{0.350} \quad (Ca:樹冠投影面積 \quad h:樹高)$$

(9) 補正值算出根拠資料の形式

補正值算出根拠資料は、word形式やexcel形式で記載する。

経年変化による樹高と胸高直径の成長量補正の場合、収穫予想表など成長量算出の出典と、成長量補正のための式を記載する。なお、成長量の補正は、使用する回帰式と現地調査実施の有無で補正パターンが異なることに注意しなければならない（図 1-7）。

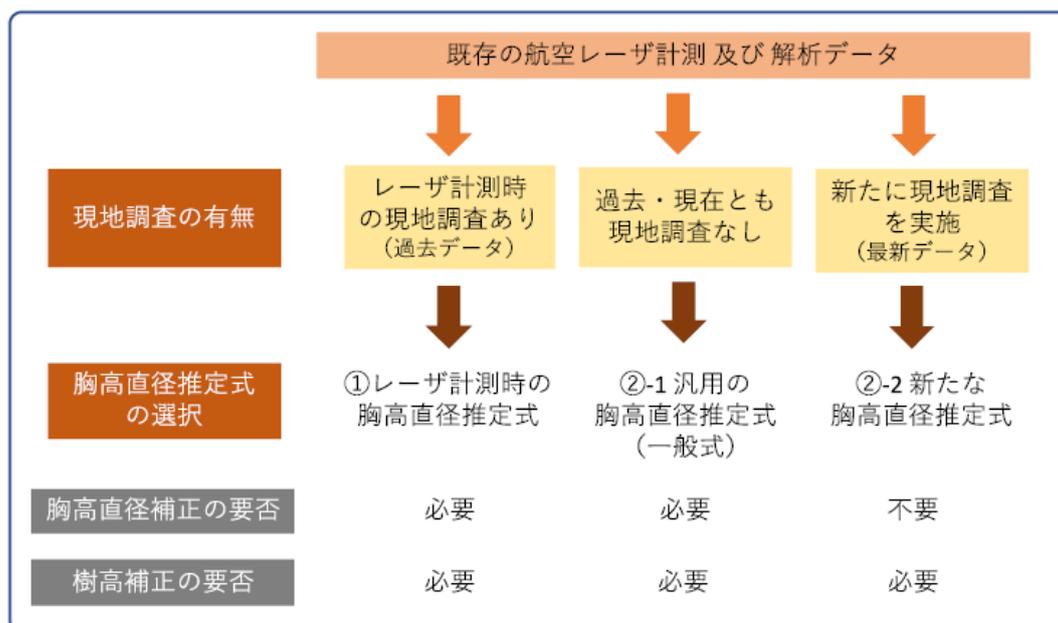


図 1-7 航空レーザデータ仕様における成長補正の場合分け

被圧木補正の場合は、補正值算出のもととなる数値と、補正係数を記載する。

本事業では、「木曾地方ヒノキ林分収穫表」および「信州地方カラマツ林分収穫表」から樹高と胸高直径の成長曲線を引用して作成した（図 1-8、図 1-9）。ここから得られる成長量から、成長率を目的変数とし、林齢を説明変数とする近似式を作成した（図 1-10、図 1-11）。この近似式で算出された値を、現在の樹高および胸高直径に乗ずることで補正後の値を算出した。

本事業で用いた航空レーザ計測データは 2019 年 6 月～9 月に計測されており、2020 年 10 月～12 月の現地プロット調査の実施までに約 1 年が経過していることから、1 年毎の成長量から成長率を算出している。

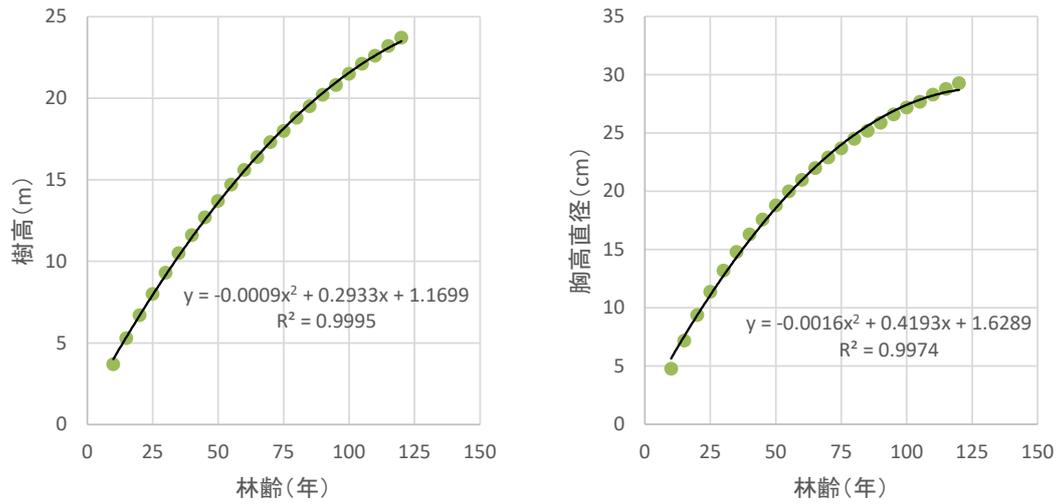


図 1-8 収穫表から得たヒノキの成長曲線(左：樹高、右：胸高直径)

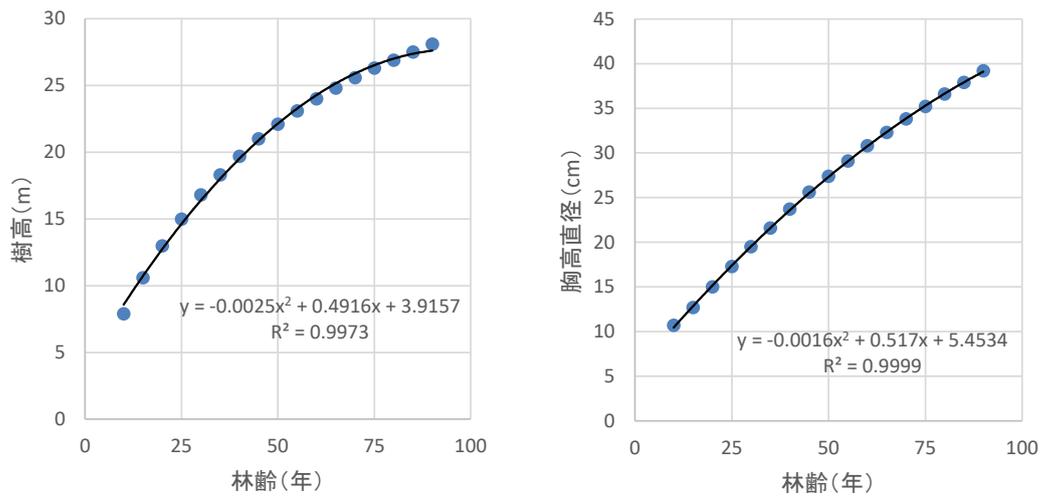


図 1-9 収穫表から得たカラマツの成長曲線(左：樹高、右：胸高直径)

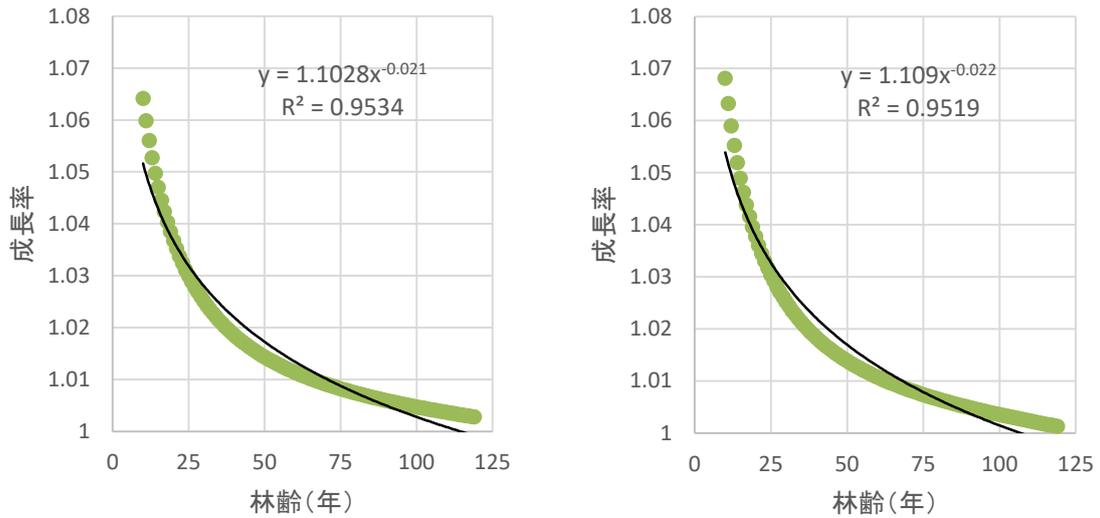


図 1-10 1年毎の成長量から近似したヒノキの成長率(左：樹高、右：胸高直径)

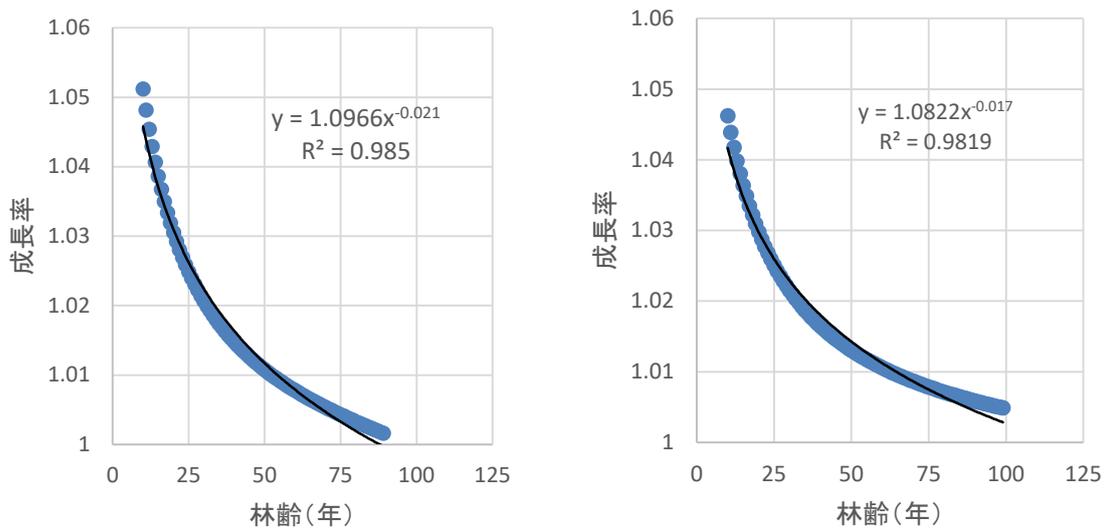


図 1-11 1年毎の成長量から近似したカラマツの成長率(左：樹高、右：胸高直径)

・ヒノキの成長率算出近似式

樹高 $h' = 1.1028 \times A^{-0.021}$ (h':樹高成長補正率 A:林齢)

胸高直径 $d' = 1.109 \times A^{-0.022}$ (d':胸高直径成長補正率 A:林齢)

・カラマツの成長率算出近似式

樹高 $h' = 1.0966 \times A^{-0.021}$ (h':樹高成長補正率 A:林齢)

胸高直径 $d' = 1.0822 \times A^{-0.017}$ (d':胸高直径成長補正率 A:林齢)

(10) 精度検証結果の形式

精度検証結果は、現地調査を実施している場合に、現地とレーザ解析の立木本数、樹高、胸高直径、合計材積の比較を行う。

比較する結果の表示例を表 1.3および図 1-12に示す。特に、樹高と胸高直径の補正を行っている場合は補正前後を比較した結果を表示する必要がある（表 1.4、図 1-13）。

表 1.3 各精度検証結果の比較結果(左：ヒノキ、右：カラマツ)

プロット名	現地調査 平均樹高 (m)	レーザ解析 平均樹高 (m)	レーザ解析 平均樹高 成長補正 (m)	誤差率	誤差率 成長補正
H01	14.3	12.1	12.4	15%	13%
H02	13.1	11.2	11.4	15%	13%
H03	19.6	20.8	21.0	6%	7%
H04	24.6	22.9	23.0	7%	6%
H05	14.3	14.1	14.4	1%	0%
H06	12.9	12.8	13.0	1%	1%
H07	14.1	12.7	12.9	10%	8%
H08	13.0	13.4	13.6	2%	4%
H09	10.6	10.3	10.4	2%	2%
H10	22.6	23.4	23.5	3%	4%
H11	24.5	25.2	25.3	3%	3%
H12	12.3	10.7	11.0	13%	10%
H13	14.5	14.8	15.0	2%	4%
H14	16.1	16.4	16.6	2%	4%
H15	21.9	22.6	22.7	3%	4%
平均	16.6	16.2	16.4	5.7%	5.5%
R		0.98	0.98		
RMSE		1.12	1.05		

プロット名	現地調査 平均樹高 (m)	レーザ解析 平均樹高 (m)	レーザ解析 平均樹高 成長補正 (m)	誤差率	誤差率 成長補正
K01	30.4	29.1	29.3	4%	4%
K02	31.3	30.9	31.0	1%	1%
K03	26.5	28.8	28.8	9%	9%
K04	25.2	25.0	25.2	1%	0%
K05	22.0	22.9	23.1	4%	5%
K06	26.1	23.9	24.1	8%	8%
K07	20.8	21.5	21.8	4%	5%
K08	23.0	21.9	22.2	5%	3%
K09	22.2	23.6	23.8	6%	7%
K10	26.9	25.5	25.7	5%	4%
K11	20.6	20.3	20.4	2%	1%
K12	22.5	22.0	22.2	2%	1%
K13	17.7	18.8	19.1	6%	8%
K14	16.8	15.7	16.0	6%	5%
K15	28.1	27.9	28.0	1%	0%
平均	24.0	23.8	24.0	4.3%	4.1%
R		0.96	0.96		
RMSE		1.19	1.16		

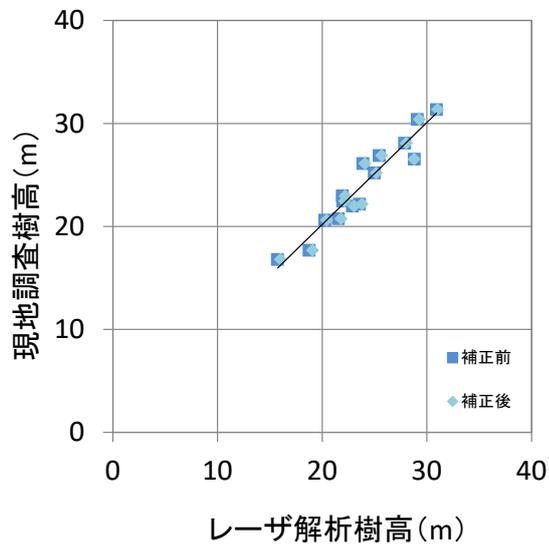
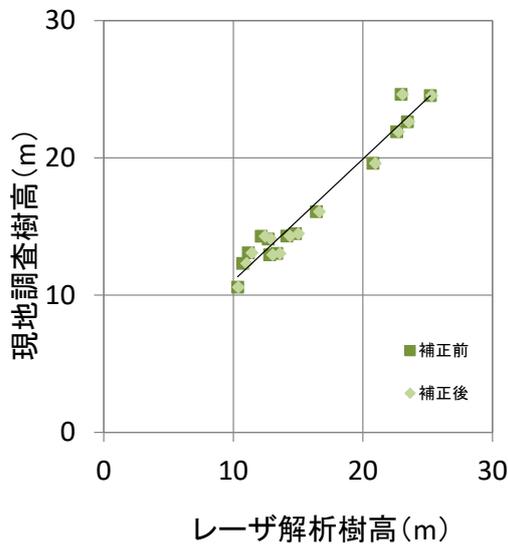


図 1-12 成長補正前後の樹高精度(左：ヒノキ、右：カラマツ)

表 1.4 各胸高直径の精度検証結果および比較 (ヒノキ)

プロット名	現地調査 平均胸高直径 (cm)	レーザ解析 平均胸高直径 R02式 (cm)	レーザ解析 平均胸高直径 R02式成長補正 (cm)	レーザ解析 平均胸高直径 既存式 (cm)	レーザ解析 平均胸高直径 既存式成長補正 (cm)	現地比 R02式	現地比 R02式成長補正	現地比 既存式	現地比 既存式成長補正
H01	21.3	18.6	18.6	21.5	22.2	12.5%	12.3%	1.3%	4.3%
H02	19.0	16.8	16.9	20.2	20.8	11.3%	11.0%	6.6%	9.7%
H03	24.4	26.0	26.4	28.2	28.5	6.4%	8.3%	15.5%	16.7%
H04	38.0	36.7	36.9	35.3	35.4	3.3%	2.8%	7.1%	6.9%
H05	21.9	20.2	20.3	22.5	23.0	8.1%	7.4%	2.5%	4.7%
H06	16.4	19.8	19.8	23.2	23.8	21.1%	21.3%	42.1%	45.3%
H07	20.9	18.8	18.9	22.0	22.5	10.0%	9.6%	5.2%	7.4%
H08	19.6	19.5	19.6	22.3	22.8	0.5%	0.0%	13.7%	16.1%
H09	14.8	15.7	15.8	19.1	19.2	6.2%	6.5%	28.9%	29.5%
H10	31.1	28.4	29.0	29.8	29.8	8.4%	6.5%	4.2%	4.0%
H11	30.6	29.6	30.4	30.6	30.6	3.2%	0.9%	0.2%	0.0%
H12	17.8	17.1	17.0	20.1	20.6	4.0%	4.2%	12.9%	16.1%
H13	21.7	20.7	20.9	23.6	24.1	4.5%	3.6%	9.0%	11.2%
H14	22.0	23.0	23.2	25.2	25.6	4.4%	5.3%	14.4%	16.5%
H15	27.6	28.2	28.7	29.6	29.7	2.1%	4.0%	7.2%	7.6%
平均	23.1	22.6	22.8	24.9	25.2	7.1%	6.9%	11.4%	13.1%
R		0.96	0.96	0.95	0.95				
RMSE		1.76	1.71	2.86	3.15				

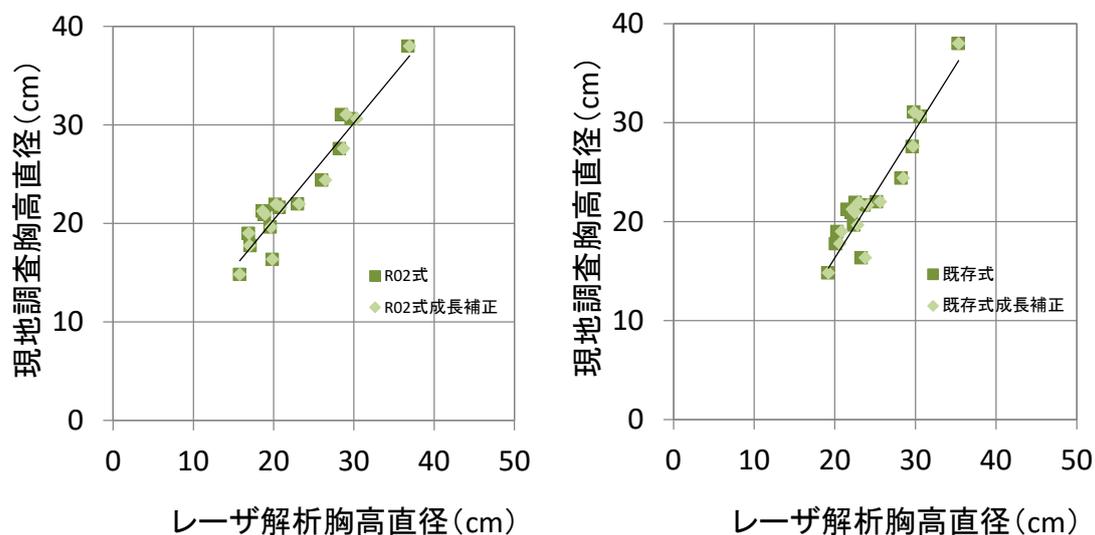


図 1-13 成長補正前後のヒノキの胸高直径精度(左: R02 式、右: 既存式)

1.3 現地調査の手法

(1) 調査プロットの面積（調査プロットの設置）

本調査では、水平面積 0.04ha の円形の研究プロット（半径 11.3m）を基本とする。対象の林分がまとまって成林していない地点では水平面積 0.02ha（半径 8.0m）の円形の研究プロットを作成する。調査は、このプロット内にある樹木（胸高直径 6cm 以上：森林施業で立木の密度管理に使用される「人工林林分密度管理図（日本林業技術協会）」の最低胸高直径が 6cm のため）を対象として実施する。

調査プロットは、中心点を設定したのち、8 方向の水平距離を測定し、目印を置くことで、現地に設置する。この際、できる限りプロット内の林相および地形が単一で、プロット境界が林道や他樹種と隣接せず、広葉樹の高木やギャップのない箇所を選定する。また、事前に選定した調査地点に到達できない場合や現地の樹種が混交または異なっておりその地点で調査できない場合は、現地の状況、森林簿の年齢等のデータ、オルソ写真等から同樹種同様の林分で代替地点を再選定する。調査プロット設置イメージを図 1-14 に示す。

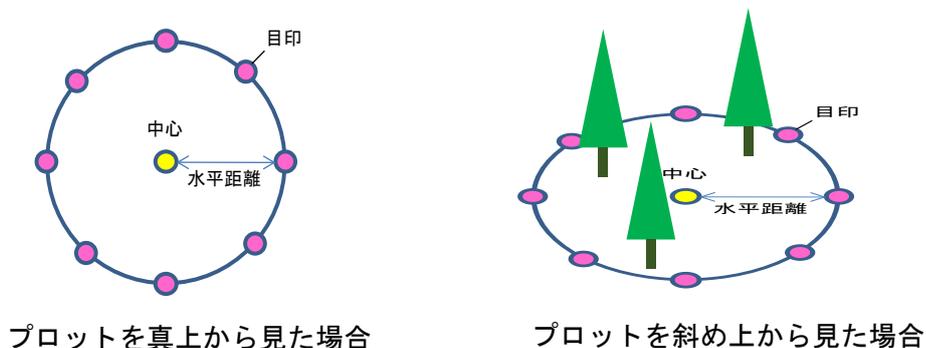


図 1-14 調査プロット設置イメージ

(2) 調査日時、位置座標

現地調査を行った日付及び時間を記録する。位置座標については、中心点の決定後中心に GNSS（ハンディ GPS 等）を設置し、プロット調査中はログを継続取得する。衛星の捕捉状況が安定したのち、中心点の座標値を記録する。

(3) 傾斜、斜面方位、斜面位置

傾斜は、プロット最上部から最下部を見通し、超音波式樹高測定器（VertexIV）で測定する。斜面方位は、コンパス（磁針）等を用いて 8 方位（N,NE,E,SE,S,SW,W,NW）で記録する。斜面位置は、尾根から谷までの斜面を 3 区分して、それぞれ「斜面（上）」、「斜面（中）」、「斜面（下）」とする。また、尾根上、谷上、平地で調査を行った場合はそれぞれ「尾根」、「谷」、「平」とする。斜面位置は、調査者が現地で確認できる地形（小地形）を基準とする。

(4) 樹種

樹種はプロット内で計測した樹木の樹種を記載する。

(5) 胸高直径

胸高直径はプロット範囲内の毎木（胸高直径 6cm 以上）を測定する。樹木の山側の地表から高さ 1.2m（森林・林業実務必携 p177）位置の直径を、輪尺を用いて cm 単位で計測する。

(6) 樹高、枝下高

樹高は「森林測定 林業技士養成研修テキスト（日本森林技術協会 2004）」の毎木調査の方法に準じて測定する。

胸高直径測定を行った立木の一部について樹高を測定し、樹高曲線を描き、直径階ごとに平均樹高をグラフから求める。現地の樹高は、（各面積プロットの半径）を超音波式樹高測定器等（VertexIV、Haglof 社 スウェーデン）を用いて m 単位で測定する。計測対象木は直径階ごとに同数か、直径階の本数に比例するようにプロット範囲内の 10 本程度を胸高直径の大小、斜面位置を考慮し、偏りなく選定する。計測後、取得した樹高データと胸高直径の回帰式から、樹高を測定していない樹木の樹高を推定する。枝下高は力枝（生枝で下から順にみて最も太い枝）の高さとし、それらの中で最も低い位置を測定する。

(7) 樹冠未到達木、境界木

樹冠上層部に達していない樹木を記録する。これは航空レーザ計測データから解析できるのは上層木のみであることから、解析で抽出できていない樹木の実態を把握するためである。また、境界木としてプロットの境界線から内側 1m に位置する樹木についても同様に記録する。これは立木情報推定の解析において、GIS 上で作成したプロットと現地で設置したプロットとの境界付近の形状から生じる誤差により現地調査結果の樹木本数とレーザ測量成果の解析で求めた樹木本数が異なっていた際、境界木の本数を許容範囲とするためである。

(8) 階層構造

航空レーザ計測では直接把握できない森林の荒廃状況の指標となる森林内部の階層構造を記録するため実施する。階層構造を高木層、亜高木層、低木層、草本層の 4 段階に分類し、その階層の面的な占有率と階層内の平均的な高さを記録する。階層構造とは林内の相対的な階層を示すもので、特定の高さが決まっているわけではなく、最も上層に達している樹冠を高木層、その一段下に樹冠を形成している層を亜高木層、低木群を低木層、草本などの最も下層を草本層として分類する。階層構造の模式図を図 1-15 に示す。

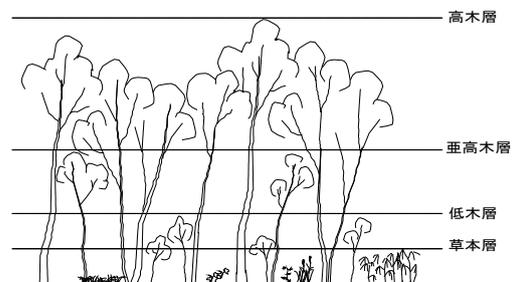


図 1-15 階層構造の模式図

(9) 広葉樹混交率

樹冠上層部に達した広葉樹がプロット内にある場合、樹冠全体の何割を占めるかを目視で確認して、10%単位を基本として記録する。

(10) 樹冠疎密度

航空レーザ計測では直接把握できない森林の荒廃状況の指標となる森林内部の疎密状況を記録するため実施する。林床から樹冠を見上げた時の樹冠上層部の占有率を目視で確認して、10%単位を基本として記録する。

(11) 間伐、除間伐の回数、枯損木、病虫害/傷の有無

航空レーザ計測では直接把握できない森林内部の枯損木等の生育状況、間伐状況などの森林の荒廃状況の指標となる項目を記録するため実施する。間伐の実施状況は、切り株の有無やその腐朽具合により「数年内・長期間なし・なし」から選択し、除間伐の回数を記録する。枯損木の有無は、立ち枯れした枯死木の分布状況を「なし・少し・あり」から選択して記録する。病虫害や傷の有無は、病虫害や大きな傷、腐朽等の被害状況を「なし・少し・あり」から選択して記録する。「なし・少し・あり」の区別については、プロット内に全く見られなかった場合を「なし」、顕著でないが被害を確認した場合を「少し」、全体に目立って存在していた場合を「あり」とする。

(12) 調査地の写真

林内状況がわかる写真を7枚程度撮影する。

(13) その他

下層植生や林分全体の特筆すべき事項を調査票の備考に記載する。

1.4 精度検証の手法

精度検証に使用する指標を以下に示す。

① 現地比 (%)

レーザ計測による解析結果と現地調査結果の比で計算され、解析結果が現地調査結果と比べて過小の場合 100%以下、過大の場合 100%以上を示す。

$$\text{現地比} = \frac{\hat{y}}{y} \quad \text{レーザ計測による解析結果: } \hat{y} \quad \text{現地調査結果: } y$$

例：レーザ計測による推定樹高 22(m) 現地調査樹高 20(m)
現地比 22/20=110%

② 誤差率 (%)

レーザ計測による解析結果と現地調査結果との差の比率を示す数値で、差と現地調査結果との比で計算される。

$$\text{誤差率} = \frac{|\hat{y} - y|}{y} \quad \text{レーザ計測による解析結果: } \hat{y} \quad \text{現地調査結果: } y$$

例：レーザ計測による推定樹高 22(m) 現地調査樹高 20(m)
誤差率 $|22-20|/20=10\%$

③ RMSE

二乗平均平方根誤差 (Root Mean Squared Error) であり、解析結果が現地調査結果からどの程度かい離しているかを示す。0に近い値であるほど誤差が小さいことを示す。平均誤差率が相対的な誤差の率を表しているのに対し、RMSE は誤差の絶対値を示している。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (\hat{y}_k - y_k)^2} \quad \text{レーザ計測による解析結果: } \hat{y} \quad \text{現地調査結果: } y$$

調査地点数: N

例：すべての現地調査プロットで、レーザ計測による推定樹高と現地調査樹高の差が 2(m)の場合、RMSE=2

④ R(相関係数)

2つのデータ群の相関の強さを表す。相関係数は-1.0~+1.0の値をとり、マイナスの場合は負の相関、プラスの場合は正の相関を表す。精度に明確な基準はないが、「絶対値 0.7 以上：強い相関がある、絶対値 0.4 以上：比較的強い相関がある、絶対値 0.2 以上：弱い相関がある、絶対値 0.2 未満：ほとんど相関がない」と考えられている。

これらの指標を用いて、現地調査とレーザ解析結果の精度検証を行う。精度検証の様式として本事業での例を示す。委託者への成果提出にあたっては精度検証結果を提示し、了承を得たうえで解析を進める必要がある。

表 1.5 精度検証の様式の一例

プロット名	現地調査 平均樹高 (m)	レーザ解析 平均樹高 (m)	① 現地比	② 誤差率
K01	30.4	29.1	96%	4%
K02	31.3	30.9	99%	1%
K03	26.5	28.8	109%	9%
K04	25.2	25.0	99%	1%
K05	22.0	22.9	104%	4%
K06	26.1	23.9	92%	8%
K07	20.8	21.5	104%	4%
K08	23.0	21.9	95%	5%
K09	22.2	23.6	106%	6%
K10	26.9	25.5	95%	5%
K11	20.6	20.3	98%	2%
K12	22.5	22.0	98%	2%
K13	17.7	18.8	106%	6%
K14	16.8	15.7	94%	6%
K15	28.1	27.9	99%	1%
平均	24.0	23.8		4.3%
		④ R	0.96	
		③ RMSE	1.19	