

5. 収穫調査復命書等のとりまとめ方法及び検査方法の検討

5.1 収穫調査復命書等のとりまとめ項目

5.1.1 関係機関ごとのとりまとめフロー

(1) レーザ解析を実施者の場合

レーザ解析の実施者のデータとりまとめフローを図 5-1 に示す。

レーザ解析の実施者は、貸与されたレーザ計測データの計測年月や計測範囲、計測諸元などを確認し、DCHM や DEM のデータ作成を行う。レーザ解析実施者ごとの手法で樹頂点抽出、樹高や樹冠情報の算出を行う。このとき、既存式を用いるか、回帰式を新規作成するかを委託者の了承を得て選択し、必要に応じて現地プロット調査を実施する。精度検証は、収穫調査対象小班で、標準地調査をおこない、比較することが望ましい。また、樹高と胸高直径の成長補正や、標準地調査の結果からの被圧木の補正を検証する必要がある。

レーザ解析結果は図 5-1 の右側に示したような汎用的なデータ形式で作成し提出する。

作成するデータの様式例や精度検証内容については、別途マニュアルに記載した。

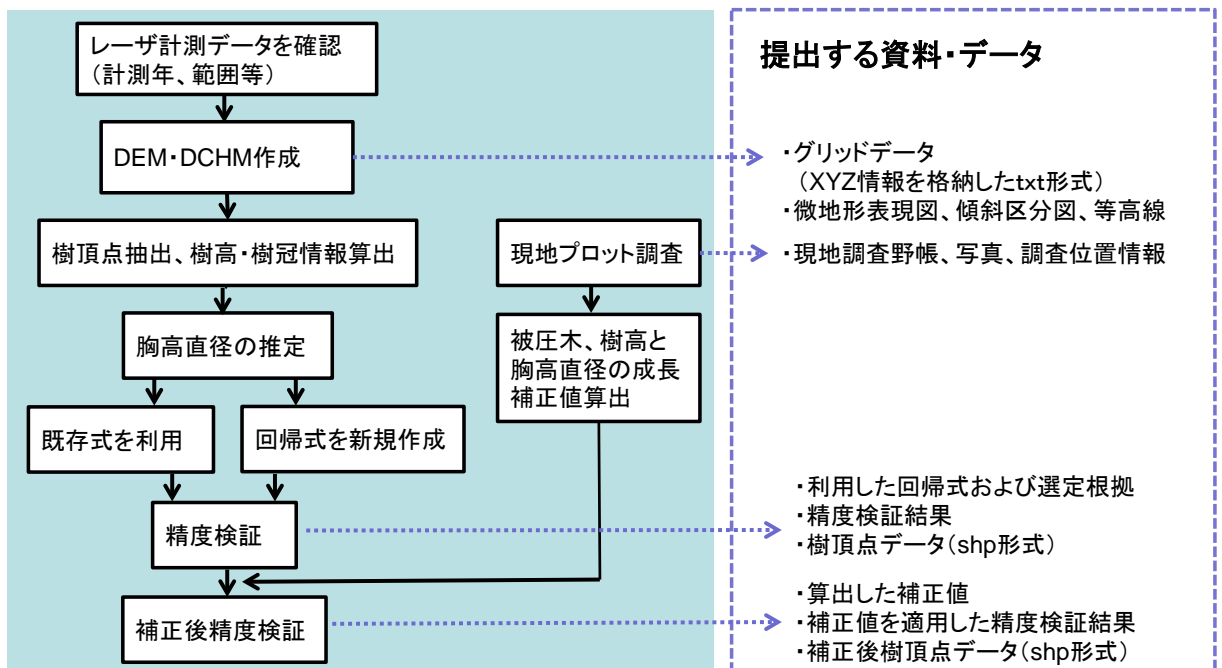
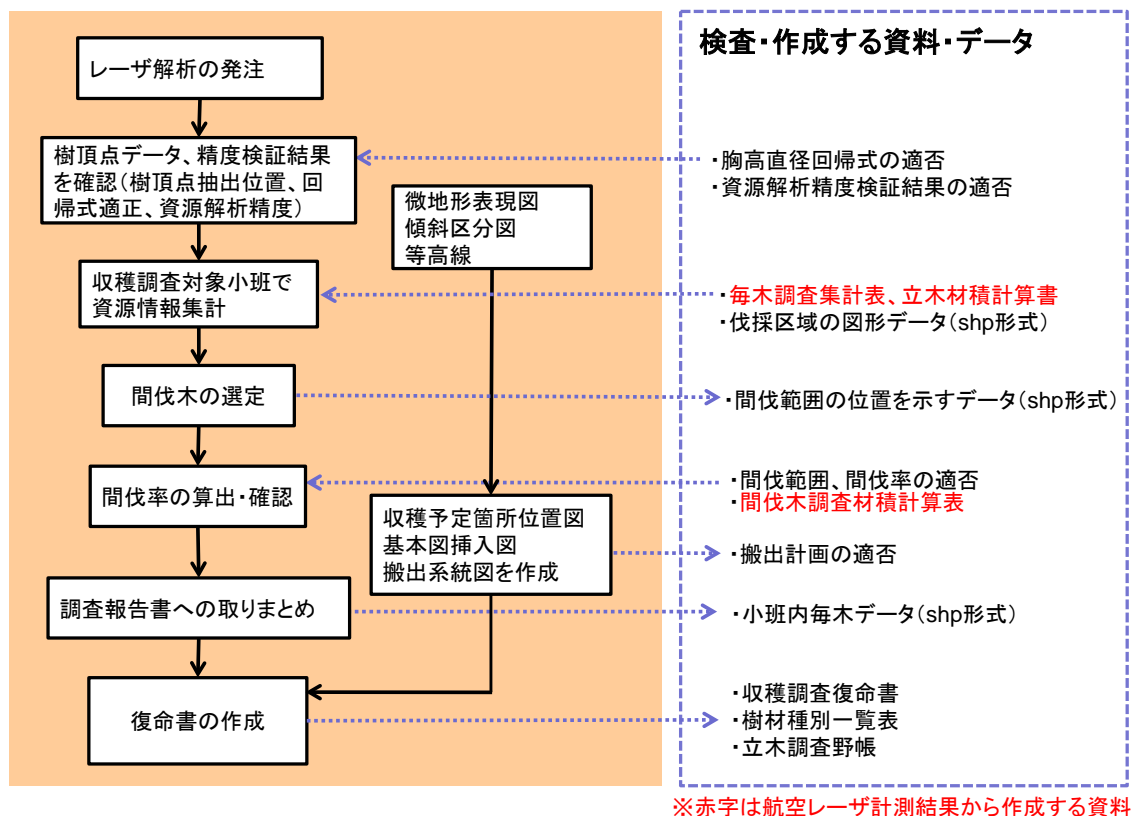


図 5-1 レーザ解析の実施者のデータとりまとめフロー

(2) 森林管理署・局の場合

森林管理署・局のデータとりまとめフローを図 5-2 に示す。

森林管理署・局は、仕様書に基づきレーザ解析を発注し、樹頂点データや各種精度検証結果を受領する。受領した解析精度検証結果が妥当であるかを判断し、樹頂点データを活用して収穫調査復命書等の書類を作成する。樹頂点データから各書類の様式へ取りまとめる手法については、別途マニュアルに記載した。



※赤字は航空レーザ計測結果から作成する資料

図 5-2 森林管理署・局のとりまとめフロー

5.1.2 航空レーザ計測による手法でとりまとめ可能な資料について

本手法により作成できる資料について表 5.1 に示す。航空レーザ解析では、単木ごとの資源量を把握できるのは上層木のみであること、立木の材種や品質に関する情報は得られないことから、とりまとめ結果もそれに準ずる内容となる。

表 5.1 航空レーザ計測による手法でとりまとめ可能な資料一覧

調査項目	航空レーザ計測結果	備考	資料番号
樹材種別一覧表	作成可	国有林野情報管理システムにより作成	-
立木調査野帳	作成可		-
立木調査			
毎木調査集計表	作成可	上層木のみ	2
立木材積計算表	一部可	上層木のみ、生被等区分、材種、品質は不可	3
調査野帳	一部可		4
測量			
測量野帳	作成可	GISで代替可能	-
実測図	作成可		
面積計算簿	作成可		
図面			
位置図	作成可	GISで代替可能	5
実測図、基本図挿入図	作成可		
搬出系統図	作成可		
搬出関係調査表	一部可		

5.2 収穫調査復命書等の審査項目

5.2.1 審査項目と審査の視点

収穫調査復命書の作成後に実施する書類審査については、表 5.2 の審査項目および視点が考えられる。審査の項目や視点については、森林管理署・局の規定に準ずる。

表 5.2 書類審査項目と審査の視点

書類審査項目	審査の視点
(1) 伐採区域の適否。	
(2) 測量及び実測図等の作成の適否。	GNSS測量の場合、局が定める基準を満たしているか
(3) 立木の調査方法及び材積計算の適否。	伐採区内の立木を、GISで正しく集計しているか、間伐率は適切か
(4) 搬出関係等立木価格評定因子の適否。	
(5) その他必要な事項。	成長量の補正は適切か。被圧木の補正は適切か。被圧木の有無を林内写真で確認

上記のほか、必要に応じて現地検査を実施する。検査項目は以下のようなものが例として考えられる。

- ・被圧木の有無またはその状態
- ・レーザ計測後の災害等による地形、林分等の状況変化の有無
- ・間伐木の選木や表示の適否
- ・伐採区域の表示の適否

6. 最適な作業システムの検討に向けた航空レーザの活用

6.1 作業システムの区分

6.1.1 区分の方法

航空レーザ解析により、森林資源および地形によるデータを得ることができる。このうち、森林資源量や、傾斜度、路網密度などを利用して、現地状況に最適な作業システムを区分することができる。

本事業では、表 6.1 の区分をもとに、事業対象範囲の作業システム適性を区分した。

なお、路網密度を 0 から計上するものとし、急傾斜地の路網密度区分が 60~150、15~50 となっていたため、55~150、0~55 とした。また、路網がない場合は傾斜区分のみをおこなうこととした。このため、図 6-1 のフローに基づき区分をおこなった。作業システム区分図および区分ごとの面積算出結果を以下の図 6-2 に示す。

表 6.1 傾斜区分による作業システム適正区分

区分	作業システム	基幹路網			細部路網	路網密度
		林道	林業専用道	小計	森林作業道	
緩傾斜地 (0° ~15°)	車両系	15~20	20~30	35~50	65~200	100~250
中傾斜地 (15° ~30°)	車両系	15~20	10~20	25~40	50~160	75~200
	架線系				0~35	25~75
急傾斜地 (30° ~35°)	車両系	15~20	0~5	15~25	45~125	60~150
	架線系				0~25	15~50
急峻地 (35° ~)	架線系	5~15	-	5~15	-	5~15

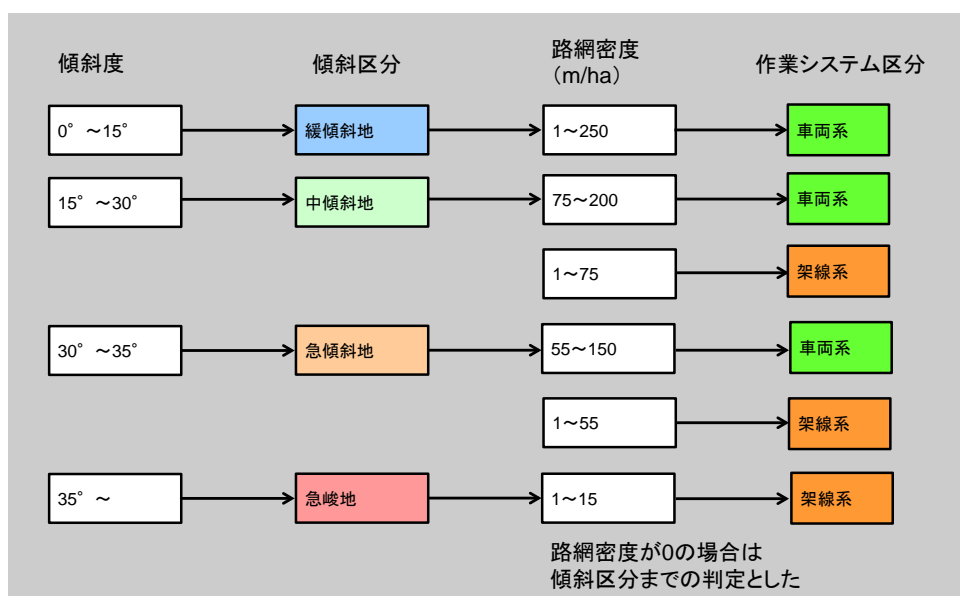


図 6-1 作業システム区分のフロー

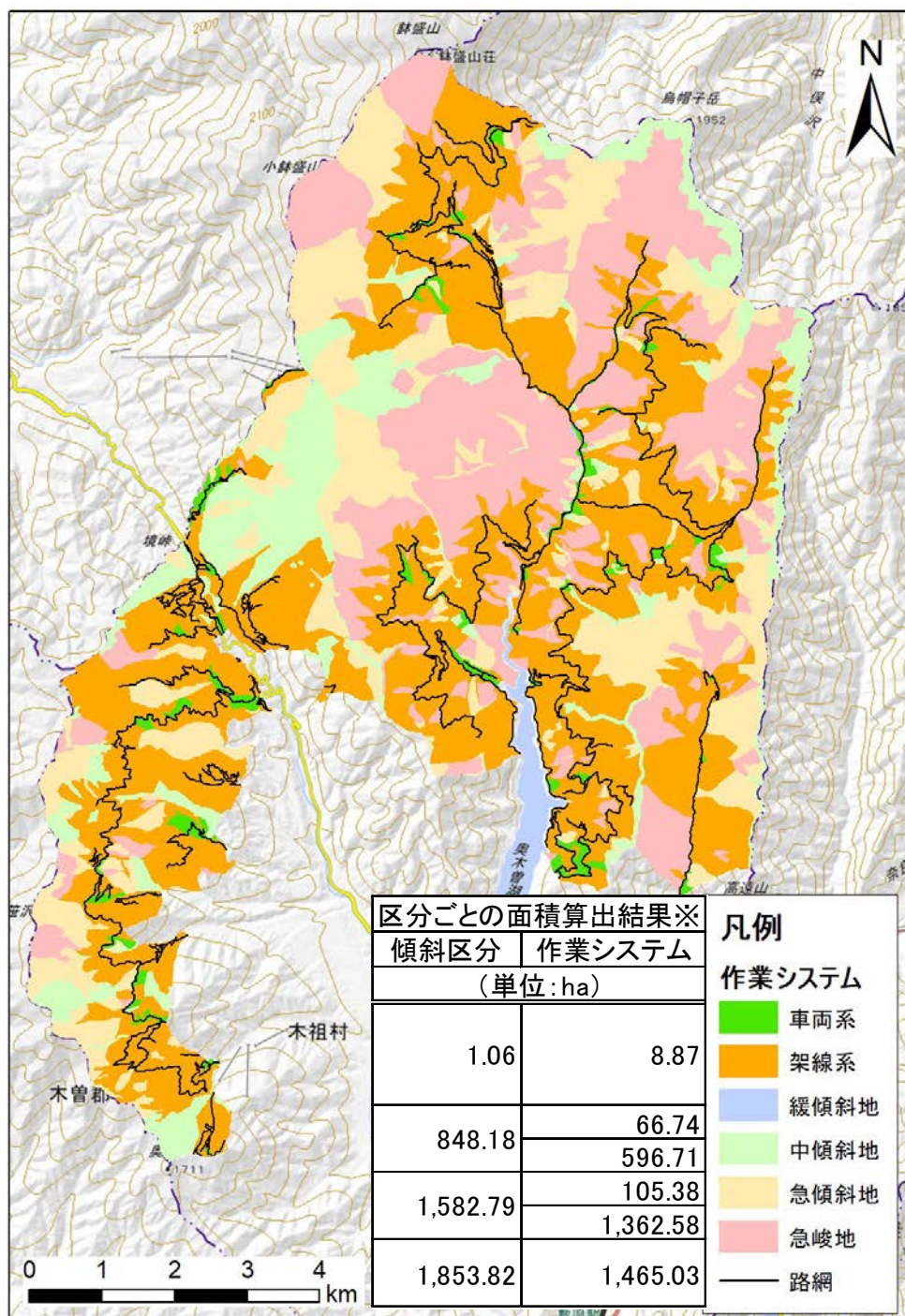


図 6-2 作業システムと路網の重ね合わせと区分ごとの面積算出結果

※傾斜区分の面積は、路網がなく作業システム区分ができない箇所合計。

作業システムは作業システム区分ができた箇所合計。

6.1.2 作業システム区分結果の現地状況

(1) 車両系システムに区分された箇所为例

図 6-3 の上図から、この地区では緩斜面～急峻地が含まれており、林道が斜面中腹を通っていることが確認できる。図 6-3 下図では作業道の開設により車両系の集材を実施できる。南側一部に架線集材の跡が線状の未立木地として確認できる。

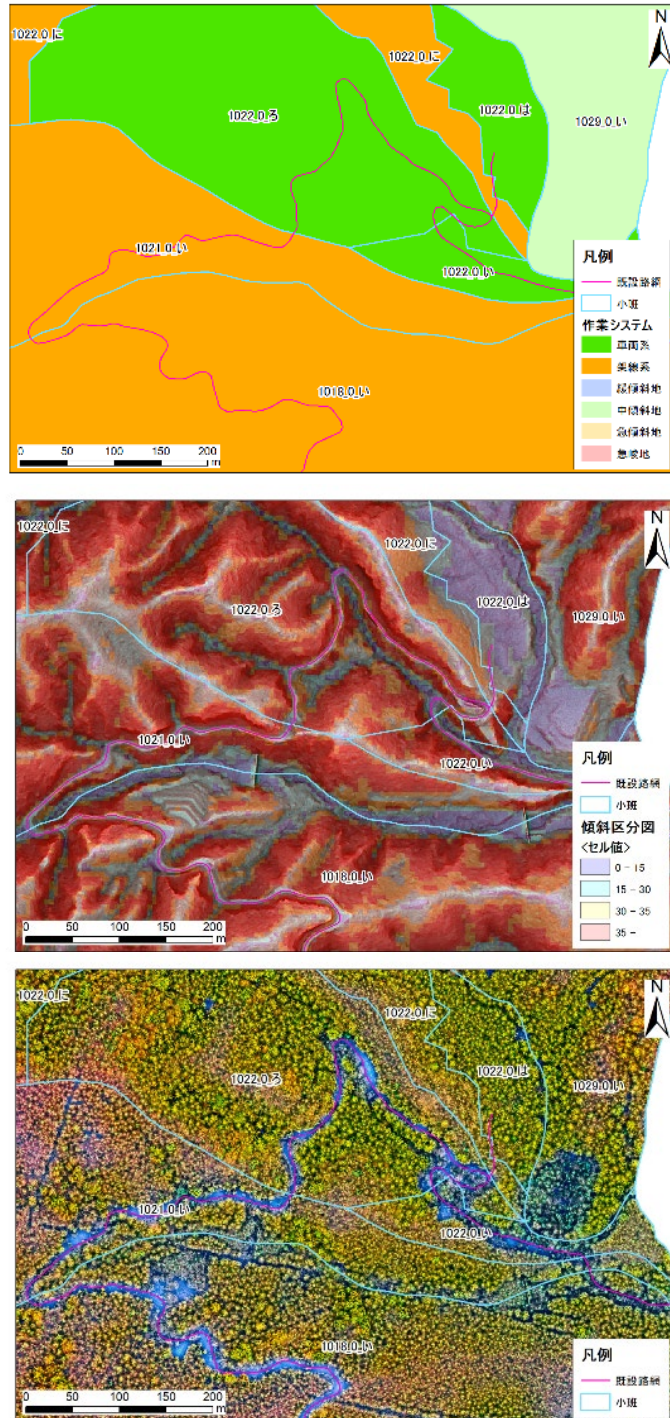


図 6-3 車両系システムに区分された箇所为例

(2) 架線系システムに区分された箇所为例

図 6-4 の上図から、この地区では緩斜面～急峻地が含まれているが、緩斜面は尾根と谷にのみ存在している。山腹に林道は開設されておらず、図 6-4 下図では、全域に架線集材の跡が線状の未立木地として確認できる。

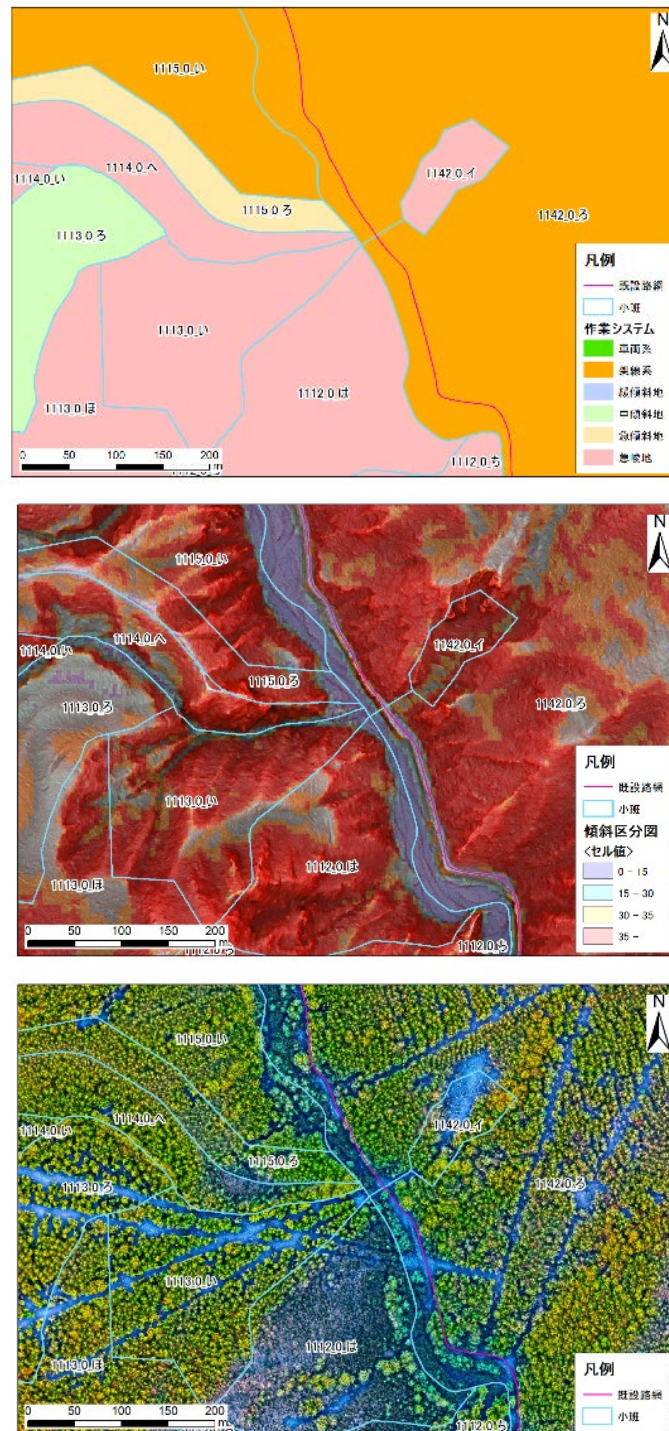


図 6-4 架線系システムに区分された箇所为例

6.2 採材シミュレーションによる出材量予測

(1) 採材シミュレーションの手法

採材シミュレーションによる出材量予測は、相対幹曲線式を利用している（図 6-5）。ある立木の樹頂部の高さを 0、地際を 1 とした時、任意の地上高の直径を、胸高直径に対する比から算出している。この直径と材長から末口二乗法で材積を算出する。なお、相対幹曲線式は地域によって作成されていない場合があるため、近隣の式を利用する場合がある。

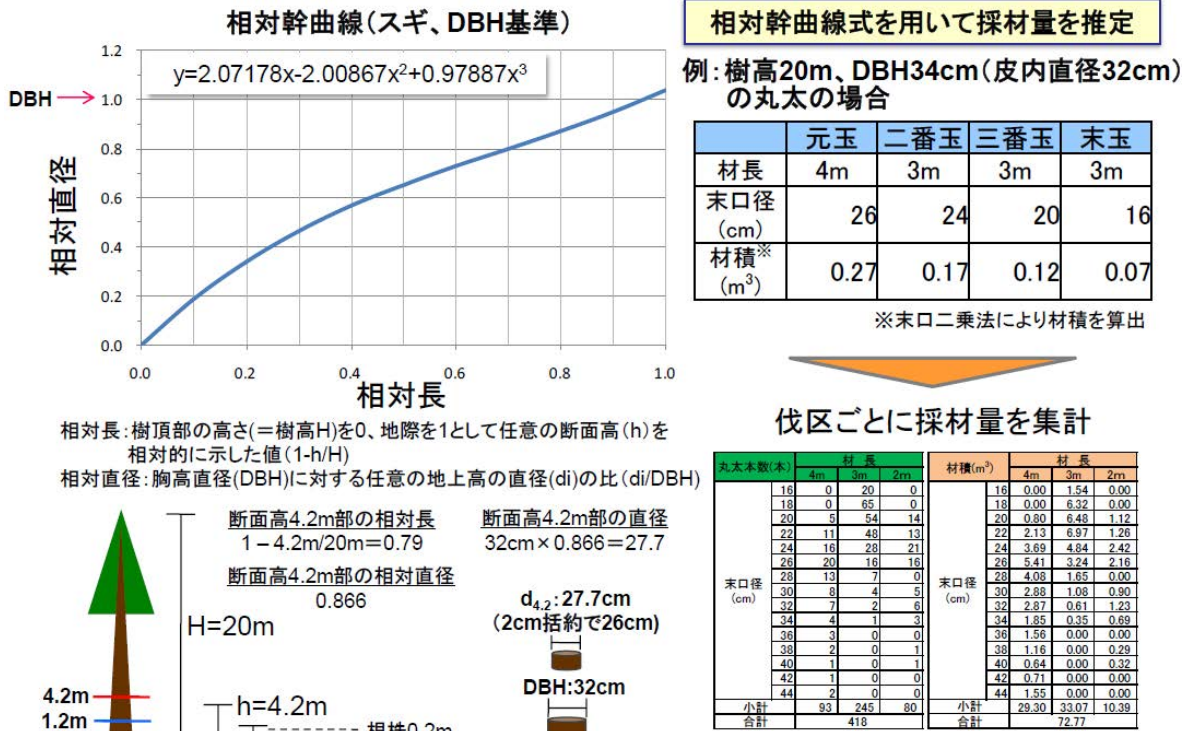


図 6-5 採材シミュレーションの手法

(2) 採材シミュレーションによる出材量予測の結果

今後の製品生産事業で実際の出材量比較をすることを想定し、本事業対象の小班を例に、採材シミュレーションを行った。いずれの小班も作業システム区分は路網のない急傾斜地である（図6-7）。

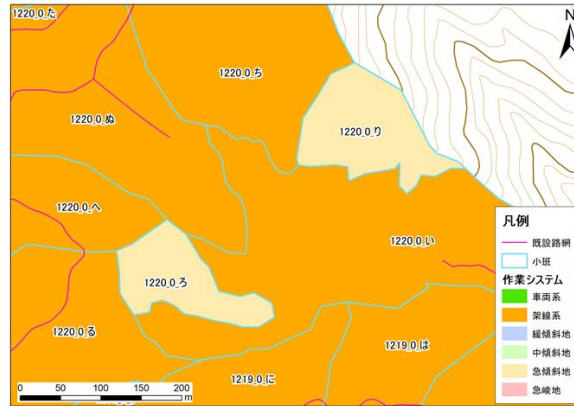
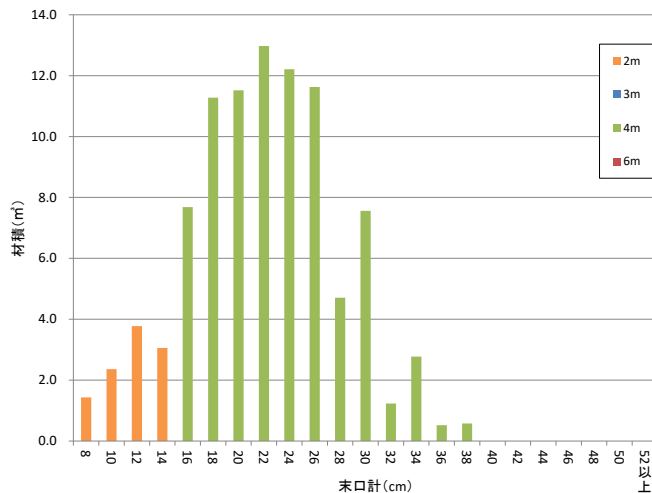


図 6-6 事業対象小班の作業システム区分

①1220 ろ小班の結果

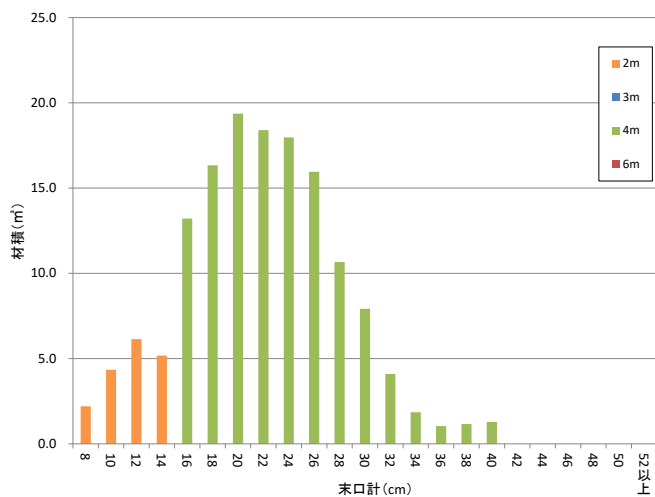
材積間伐									
丸太本数(本)	材 長(m)				材積(m ³)	材 長(m)			
	6	4	3	2		6	4	3	2
8	0	0	0	112	8	0.0	0.0	0.0	1.4
10	0	0	0	118	10	0.0	0.0	0.0	2.4
12	0	0	0	131	12	0.0	0.0	0.0	3.8
14	0	0	0	78	14	0.0	0.0	0.0	3.1
16	0	75	0	0	16	0.0	7.7	0.0	0.0
18	0	87	0	0	18	0.0	11.3	0.0	0.0
20	0	72	0	0	20	0.0	11.5	0.0	0.0
22	0	67	0	0	22	0.0	13.0	0.0	0.0
24	0	53	0	0	24	0.0	12.2	0.0	0.0
26	0	43	0	0	26	0.0	11.6	0.0	0.0
28	0	15	0	0	28	0.0	4.7	0.0	0.0
30	0	21	0	0	30	0.0	7.6	0.0	0.0
32	0	3	0	0	32	0.0	1.2	0.0	0.0
34	0	6	0	0	34	0.0	2.8	0.0	0.0
36	0	1	0	0	36	0.0	0.5	0.0	0.0
38	0	1	0	0	38	0.0	0.6	0.0	0.0
40	0	0	0	0	40	0.0	0.0	0.0	0.0
42	0	0	0	0	42	0.0	0.0	0.0	0.0
44	0	0	0	0	44	0.0	0.0	0.0	0.0
46	0	0	0	0	46	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0	0	0	0	48	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0	0	0	0	50	0.0	0.0	0.0	0.0
52以上	0	0	0	0	52以上	0.0	0.0	0.0	0.0
小計	0	444	0	439	小計	0.0	84.6	0.0	10.6
合計		883			合計		95.3		



丸太材積(m ³)	本数間伐率(%)
95.3	30
残余材積(m ³)	歩留り(%)
33.7	74
伐採材積(m ³)	伐採本数
129.0	172

①1220り小班の結果

材積間伐										
丸太本数(本)	材長(m)				材積(m ³)	材長(m)				
	6	4	3	2		6	4	3	2	
末口径 (cm)	8	0	0	0	172	8	0.0	0.0	0.0	2.2
	10	0	0	0	217	10	0.0	0.0	0.0	4.3
	12	0	0	0	213	12	0.0	0.0	0.0	6.1
	14	0	0	0	132	14	0.0	0.0	0.0	5.2
	16	0	129	0	0	16	0.0	13.2	0.0	0.0
	18	0	126	0	0	18	0.0	16.3	0.0	0.0
	20	0	121	0	0	20	0.0	19.4	0.0	0.0
	22	0	95	0	0	22	0.0	18.4	0.0	0.0
	24	0	78	0	0	24	0.0	18.0	0.0	0.0
	26	0	59	0	0	26	0.0	16.0	0.0	0.0
	28	0	34	0	0	28	0.0	10.7	0.0	0.0
	30	0	22	0	0	30	0.0	7.9	0.0	0.0
	32	0	10	0	0	32	0.0	4.1	0.0	0.0
	34	0	4	0	0	34	0.0	1.8	0.0	0.0
	36	0	2	0	0	36	0.0	1.0	0.0	0.0
	38	0	2	0	0	38	0.0	1.2	0.0	0.0
	40	0	2	0	0	40	0.0	1.3	0.0	0.0
	42	0	0	0	0	42	0.0	0.0	0.0	0.0
	44	0	0	0	0	44	0.0	0.0	0.0	0.0
	46	0	0	0	0	46	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0	0	0	0	48	0.0	0.0	0.0	0.0	
50	0	0	0	0	50	0.0	0.0	0.0	0.0	
52以上	0	0	0	0	52以上	0.0	0.0	0.0	0.0	
小計	0	684	0	734	小計	0.0	129.2	0.0	17.9	
合計		1418			合計		147.1			



丸太材積(m ³)	本数間伐率(%)
147.1	30
残余材積(m ³)	歩留り(%)
52.2	74
伐採材積(m ³)	伐採本数
199.3	261

図 6-7 採材シミュレーションの結果

7. 総合考察

7.1 航空レーザ計測を活用した収穫調査

航空レーザ計測を活用した収穫調査では、昨年度事業の手法を踏襲し、単木ごとの資源量の解析を行った。

胸高直径推定回帰式の既存式の適用については、当年度式と比較して平均誤差率が3~4%精度が低下したが、新たに現地調査プロットを設ける労力を考慮すると既存式を利用することも一つの手段になると考えられる。また、既存式が一定の精度で利用できる可能性があることから、今後現地プロット調査結果の蓄積により現地調査を省き、データ解析の省力化が可能になると考えられる。

立木の成長補正について、計測から現地調査までが1年の成長補正では、大きな精度向上は見られなかった。しかし、昨年度事業では7年間の補正で精度向上が確認されたことから、より長期間での補正では有効であると考えられる。今後レーザ解析データを利用していくときには計測年を把握し、成長補正をしていくことが望ましい。

被圧木の補正では、レーザ計測で直接解析できない被圧木の本数や樹高、胸高直径、合計材積を上層木情報から補正することを試みた。補正係数として、被圧木の出現率を収穫調査対象小班以外で行われた現地プロット調査（胸高直径推定などのために行われた調査）から算出した場合と、収穫調査対象小班内の標準地調査から算出した場合で補正結果を比較して検証した。現地プロット調査では胸高直径推定のための回帰式作成を目的として針葉樹の一斉林（純林）で調査するが、標準地調査では小班全体の状況を把握するために広葉樹が含まれる小班を代表する箇所を調査するため、前者の補正結果は誤差が大きくなり、後者では誤差率が減少した。昨年度事業で被圧木の補正は収穫調査対象小班内で標準地調査を実施して行うことが有効だと示唆されたが、現地の被圧木の状況により被圧木の補正が不要な場合もあることから、補正の有無について現地を確認して判断することが求められる。

7.2 収穫調査復命書のとりまとめ方法及び審査方法の検討

収穫調査復命書へのとりまとめについては、調査対象となる樹木が上層木であることと、材種や品質等が入力できないことを除き、すべての項目を網羅して作成することができた。レーザ計測で記載できない部分については、現地調査や林内写真などの手法で補完することが考えられる。一方で、林業DXではICTやIoTを活用した業務プロセス改善の流れがあり、航空レーザ計測などリモートセンシング技術が一般的な調査方法と認識されつつある。このような背景から従来の手法とは異なり上層木の調査手法、標準地ではなく毎木調査（悉皆調査）という考えの下で航空レーザ解析結果を活用し、業務の効率化や生産性の向上を行っていくという視点を持つことが重要になると考えられる。

復命書等の書類の審査については、各森林管理署・局で定められる基準により行われるべきであり、共通すると考えられる書類審査の項目や視点について検討した。従来法の審査基準を航空レーザによる手法にそのまま適用することはできず、本手法で作成されるデータの精度や特性を踏まえた審査が必要となる。特に航空レーザ解析では、広域に対して一括で胸高直径推定の回帰式を適用し、単木の資源情報を算出する。このため、幅広い林分状況下で要求精度を発揮する

ために、現地特性を考慮し、現地調査地点の点数、配置、林齢構成、疎密状況などに偏りなく満遍に選定された箇所となっているか確認することが求められる。この現地調査の配点や森林資源量に応じて解析結果が変わり、例えば、現地調査が行われた林分の胸高直径までは回帰分析で説明できるものの、それ以上の林分については回帰式で得られた胸高直径の精度が低下すると考えられる。このように現地調査は解析対象林分の成長段階を示す代表的な箇所であることが重要であり、現地調査結果が示すレーザ解析の適用範囲を意識することが重要となる。さらに、航空レーザ解析結果の活用及び現地確認と施業後の情報を蓄積して、それぞれの結果を比較し、航空レーザ解析を利用する場合の注意点についての知見を集約していくことが重要である。そして、そのような知見の集約を行いつつ、航空レーザの解析を利用した復命書の審査方法を取りまとめていくことが今後の課題となる。

7.3 最適な作業システムの検討に向けた航空レーザの活用

航空レーザ計測により詳細な地形情報と単木レベルの森林資源情報を取得することができ、これらを活用した作業システムの検討を行った。詳細な地形情報により広域を対象として、傾斜区分や路網密度を小班などの区画情報で集計し、車両系や架線系の作業システム適正区分毎に面積や分布を把握することができた。この適正区分は将来の森林計画の基礎情報として活用することができる。さらに、赤色立体地図などの微地形表現地図から判読できる荒廃地形の分布状況、既存の路網分布図、傾斜区分図や等高線図を活用して精緻な搬出系統図を作成することができた。これらの検討は GIS 上で行い、関係者と情報を共有して、実績と比較しながら次回以降の計画改善に役立てることが望まれる。

単木レベルの情報は胸高直径や樹高が含まれ、相対幹曲線に適用して対象小班全域の一本一本の立木の採材をシミュレーションすることができた。一番玉から末玉まで 3m や 4m など材長を選択して、素材生産量を計算し、歩留まりも算出することができた。歩留まりの高さや市況に合わせた採材方法を検討し、販売価格の最大化を検討することに活用することができる。ここでは A～C 材の割合については現地調査や過去の実績を利用して見積もる必要があるが、これまでよりも高度に素材生産量を推定できるため、上述した搬出系統図と合わせて生産性の高い施業検討につなげることが可能になる。

現地調査を全てなくすことはできないものの、これまで行ってきた多くの作業を航空レーザ解析結果で代替することができ、さらに、標準地から毎木調査へと情報の利用方法が変わることにより多くの情報を取得することができる。航空レーザ解析の実務レベルの利用を目指して、解析結果の特性を取りまとめつつ、教育・研修を通して航空レーザ解析の特性に関する理解を深めていくことが今後の課題と考える。