

第6章 地上レーザ計測による収穫調査

収穫調査では樹種判別および品質区分が必須項目であるが、地上レーザ計測ではその対応が現状では困難である。その解決策として、標本調査で得られる樹種判別および品質区分の基本データを調査地全体に割り振る集計方法を提案した。その際、従来の標準地調査に代えて、より簡便な「標本木法」を提案しその調査手法についても併せて提案し、地上レーザ計測による収穫調査の手順について取りまとめた。

6-1 収穫調査で求められる樹種判別と品質区分の対応

収穫調査では、立木の樹種判定、枯死木や腐れ等の判定、品質区分（一般材と低質材はなど）は必須の調査項目であるが、レーザ計測でこれら項目を自動識別すること現状ではむずかしい。品質区分の主たる判断基準である「矢高」に関しては OWL で算出されるが、それは樹幹中心軸からの矢高（地上高 0.5m～6.5m の範囲で）であり、本来の矢高の定義である「樹幹表面」からの値ではない。また、矢高の評価そのものが地域の取引慣行等によって異なるといった事情もあり、地上レーザで幹曲がりを一律に判別することは躊躇せざるを得ない。

品質区分や樹種判別のための次善の方策としては、OWL で自動識別可能な強反射テープ（3 本まで識別可能）を樹幹に巻きつける手法もあるが、反射テープの装着位置あるいは隣接木との位置関係などによって、反射テープそのものが必ずしも識別できないケースもあり、反射テープの利用も万全とは言えない。しかも調査地が広い場合に、すべての対象木に反射テープを装着する作業それ自体が現実的とはいえない。

そのため、地上レーザによる収穫調査で樹種判別や品質区分を行う場合は、標準地（あるいは後述する”標本木”）の調査データを使って、樹種別、径級別、品質区分別の本数割合等を算出して、収穫調査結果に反映させるのが实际的である。標準地調査（あるいは標本木調査）に関しては、後述する「検査」でも必要な調査であり、そのデータを収穫調査そのものにも活用するものであり、調査工程としては何ら不都合は生じない。

以下、標準地あるいは標本木による標本調査でのデータを用いて、樹種判別および品質区分を収穫調査に反映させる手法について述べる。

標準地調査あるいは標本木調査（以下、両者を区別せず「標本調査」という）で調査対象として必要な立木本数について、収穫調査規程において、統計的な根拠に基づいた規定があるわけではない。今回の調査対象地で実施した熊本南部ヒノキ林(3.18ha)では 77 本、宮崎ヒノキ・スギ林では 105 本であった。ある程度標本数が多ければ、図 6.1.1 のように、一般材と低質材の径級別本数分布の違いが明瞭に現れるので、標本木の品質区分から、全立木の径級ごとの品質区分を割り当てることとした。

熊本南部ヒノキ・スギ林の標準地調査における品質区分（一般材、低質材）の径級別本数分布（ヒストグラム）を図 6.1.2 に示す。この調査地では低質材の本数が少なく、図 6.1.1 のように、一般材と低質材のヒストグラムが明瞭に分離していない。そのため、このようなヒストグラムをもとに、標準地調査結果の品質区分を単純に林分全体に割り当てると、径級分布に不自然な偏りが生じることになり、不都合が生じると考えられる。

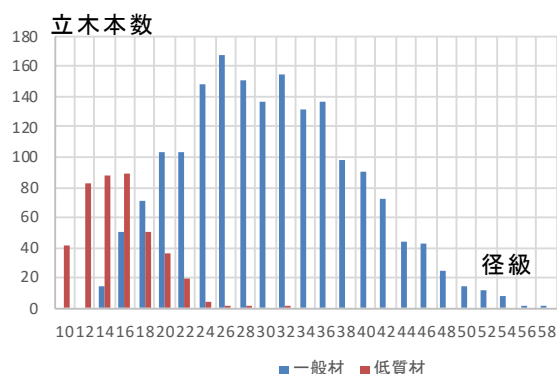


図 6.1.1 スギ林における品質区分の径級別本数
高萩森林管理署管内の国有林の例

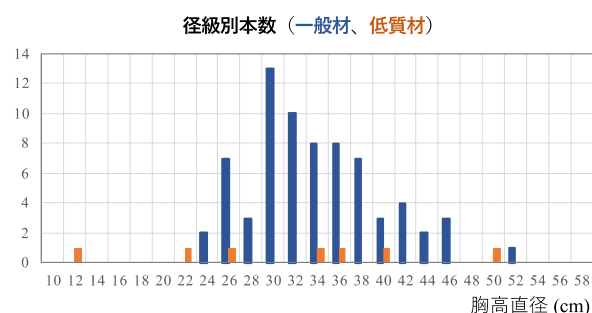


図 6.1.2 標本調査区における品質区分の
径級別本数
熊本南部ヒノキ林の例

そこで、標準地調査結果から、品質区分を林分全体に割り当てる方法として、以下の解析法を考案した。標準地の立木について、最大径級の立木から、順次、本数を積算すると図 6.1.3 のような関係が得られる。最小径級に向かって積算本数が増加するので、最小径級での積算本数が、調査本数の合計ということになる。

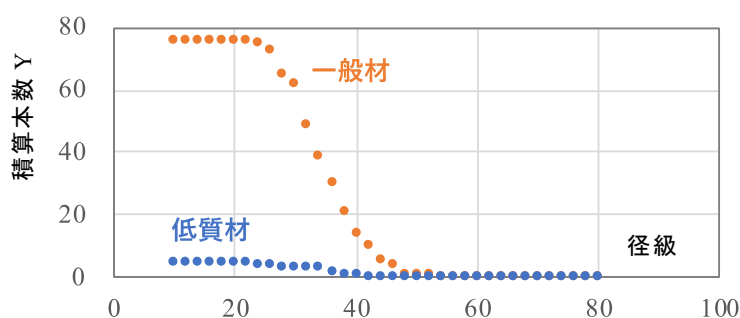


図 6.1.3 最大径級から順に積算した積算本数と径級との関係
熊本南部ヒノキ林における標準地の品質区分の
径級別ヒストグラム（図 6.1.2）から作図した。

一般材および低質材それぞれのヒストグラムについて同様のデータ処理を行って、これを正規分布曲線で近似し、すべての立木を対象に径級別の品質区分割合を割り当てることとした（図 6.1.4 参照）。この方法は一見煩雑ではあるが、方法論として確定すれば、エクセル等で、簡便に解析処理として提供できるようになる。

径級別本数を最大径から積算した本数分布を次式で近似する

$$f(x) = \frac{A}{\sqrt{\pi} \sigma^2} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

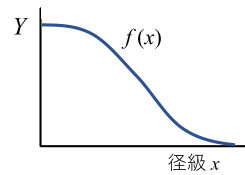
x : 直径

$f(x)$: 直径 d の出現頻度

μ : 最小直径 (10cm)

σ^2 : 分散

ただし、 $x = \mu$ のとき、 $f(\mu) = Y$ (最大値)



$f(x)$ を微分すれば、径級別本数 (次式) が得られる :

$$\frac{df}{dx} = \frac{A(x - \mu)}{\sqrt{\pi} \sigma^3} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

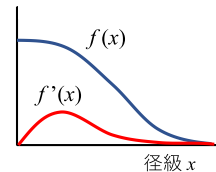


図 6.1.4 積算本数 Y と径級 x の近似式および径級別本数の計算式

上記計算方法に基づいて、調査対象地の全立木に品質区分を割り当てたのが図 6.1.5 である。標本調査本数が少ない場合は、品質評価それ自体に偏りが生じる懸念があるので、可能であれば標本数は多い方が望ましい。ただ実際には、立木の生育状況等に応じて品質区分の割合も異なるので、そうした現地の状況を考慮して標本数の目安を検討する必要がある。

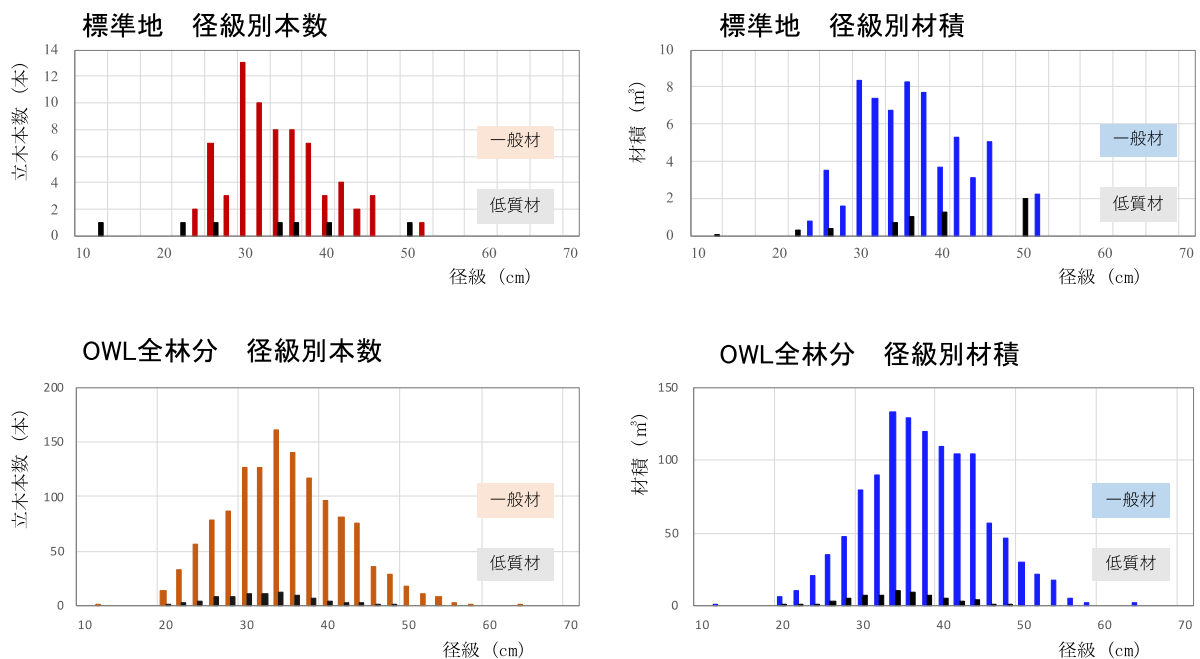


図 6.1.5 標本調査の品質区分を全立木に反映させた結果(例)

熊本南部ヒノキ林を対象とした例示である。

上段：標準地調査における品質区分のヒストグラム

下段：今回提案した品質区分の割当を全立木に反映したヒストグラム

6-2 標本木法の提案

地上レーザによる収穫調査では、樹種判別や品質区分の自動評価が困難であるため、前節で述べた方法により、標本調査（標準地調査あるいは標本木調査）の結果を林分全体に反映させるのが適当と判断される。また標本調査は、こうした樹種判別や品質区分を収穫調査結果に反映させるためだけに必要なものではなく、収穫調査の「検査」対応としても必要なものである。

一方で標本調査のうち、標準地調査となると、調査地設定など付随作業が避けられず、調査業務の効率化という観点から望ましくない。そこで、調査区域の設定を必要としない標本調査として、林内から標本木を選木して必要なデータを計測する「標本木法」が望ましい。以下、地上レーザによる収穫調査を念頭に、必要なデータを補完的に取得するための「標本木法」を提案することとし、調査内容および留意すべき事項について整理する。

(1) 標本木の選定

- ① 樹頂点の確認：第3章で述べた標準地法と同じであるが、収穫調査の事前調査において、UAVによる対象区域の空撮、オルソ画像作成、簡易画像解析法による樹頂点抽出（立木位置図作成）を行う。
- ② 標本木選定の条件設定：これも標準地法の場合と同じであるが、①で抽出された樹頂点データをもとに、林分密度を指標とした層化抽出法を行って、10m×10m メッシュについて立木密度を3段階（高・中・低）に層化して、区域内の立木密度マップを作成し、各段階の比率を算出する。
- ③ 標本木の選定：オルソ画像や現地踏査で確認した地形的凹凸や斜面位置等を考慮しつつ、立木密度の階層分布が林分全体と類似の比率となるように標本木を抽出する。およそのライン（**標本ライン**）を設定する。すでに作成してある立木位置図（樹頂点位置図）を確認しながら標本木の候補を事前にチェックした上で、現地状況を確認しながら、標本ラインに沿って標本木を選定・調査を行う。

本事業では標本ラインの設定を実際に行ったわけではないが、熊本南部ヒノキ林で設定した標準調査地（図5.2.9）ではライン状に標準区を設定しており、イメージとしてはこれと同様に“標本ライン”を設定する。

図6.2.1は、熊本南部の標準地を利用して選木（●）したイメージである。標本ラインは必ずしも直線である必要はなく、熊本南部ヒノキ林の標準地のように鉤型であったり、あるいは曲線状であっても差し支えない。設定した標本ラインに沿って両側2～3mの幅の中にある立木を標本木とすればよいであろう。

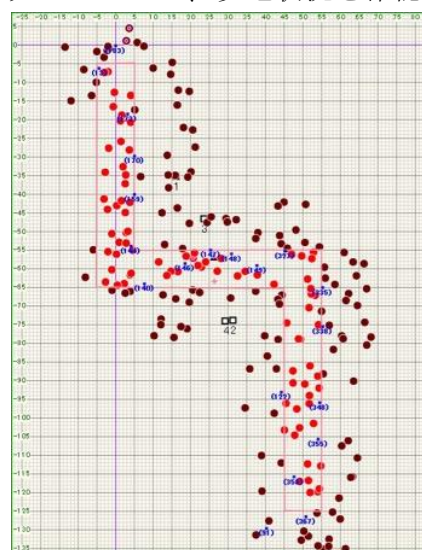


図 6.2.1 標本ライン設定による標本木選定イメージ

(2) 選定された標本木の調査項目

上記(1)で選定したラインおよびその始点と終点を現地で確認し、ある程度の幅（ラインの両側 2～3 m 程度）をもたせて、そのラインに沿って標本木を計測する。標本木にはナンバーテープを付し、胸高直径及び樹高を計測し、樹種判定および品質区分（一般材・低質材）を評価して、野帳に記録する。

標本木として抽出する本数は、その調査目的（OWL 計測で対応困難な樹種判定および品質区分の割合を算出すること）から考えると、立木の形質が比較的均一であるとしても最低 30～40 本程度（混交林の場合は、針葉樹と広葉樹それぞれ 15～20 本程度）以上は必要であろう。品質区分割合を全立木に反映させる際に不適切な偏りが生じないようにするためには、多めに選木することが望ましい。なお、熊本南部ヒノキ林（林地面積 3.18ha）における“標準地”の調査本数は 84 本であったが、“標本木”調査の場合は区域設定等をする必要はないので、同程度の本数を調査することについては、特に負担・不都合はないであろう。

(3) その他

多様な樹種が混在する混交林あるいは優良広葉樹等の高品質材が含まれる林分などで、例えば高品質・高価な広葉樹等について別途品等区分が必要な場合には、標本木調査の際に、品等区分等の必要な情報を追記・記録する必要がある。また、そうした配慮が必要な立木が多いような林分では、地上レーザ計測によるのではなく、従来どおりの収穫調査を行うなどの判断が必要である。

(用語説明)

標本ライン:オルソ画像から目視判読された樹頂点(立木位置)の分布状況から、現地調査の対象区域を選定するための基準となるライン(図参照)

標本木:標本ライン上の調査対象立木（現実的には、標本ラインに沿った一定幅(ライン左右それぞれ 5m 幅)にある立木から選木)

標本木調査:標本ラインの設定、標本木の選定・現地調査(胸高直径、樹高、品質区分)を含めた一連の調査

6-3 地上レーザ計測による収穫調査の留意事項

地上レーザ計測で得られる調査対象林分の点群データによって、立木だけでなく、林床の地形、下層植生の繁茂状況、作業道の配置などを視覚的に確認できるようになり、しかもこうした情報がデジタルデータとして記録・保存されるので、森林情報そのものの利用価値と利便性は高いといえる。しかし、地上レーザで収穫調査を行うということは、従来にないデータ量を扱うことになるため、地上レーザ計測装置の性能・規格およびデータ解析する PC のスペック等との関係について、理解しておくべき留意点がある。本報告書ですでに指摘している事項もあるが、改めて要点のみ整理しておく。

(1) 対象面積とデータ解析

- ✓ レーザ計測装置で林内を隈無くスキャンするためには、適切な計測箇所を選定する必要がある、対象区域が広ければ、事前に林地の状況を確認して、スキャン地点の植生や林分密度などに留意して、スキャン地点を選択するような配慮が必要である。
- ✓ 計測範囲が広くなれば、取得データ量が増加するだけでなく、各スキャン地点のデータファイルを結合・解析するための高スペック PC が必要となり、当然のことながら、データ解析の所要時間も長くなる。
- ✓ 計測装置 OWL を使用する場合、目安としては林内を約 10m 間隔で計測を繰り返す必要がある。1ha 程度の計測面積であれば、当日のうちに、林内計測とデータ確認作業を現地で済ませることが可能と思われる。さらに面積が広がると、計測点数が多くなるだけでなく、計測データの結合順の調整等で解析作業が煩雑になる恐れがある。計測面積が増えれば、前述したように高スペック PC が必要であるだけでなく、解析の準備作業や解析処理の所要時間も増えることなどに注意が必要である。

(2) 計測精度とデータ出力

① 立木の本数認識率及び位置図の作成

- ✓ これまでの調査報告等でも地上レーザ計測による立木の認識率はほぼ 100%近いが、4-2節でも詳述したように、立木の誤認識が起り得る（“欠落 omission error”あるいは“誤認 commission error”）。OWL 計測でも、樹高の低い灌木等を主立木と誤認したり、あるいは逆に主林木が認識されないケースがある。レーザ計測結果については、正確を期すため、立木の誤認識を”ノイズ”として除去または修正する必要がある。その方法については5-2節(1)で述べた。
- ✓ 地上レーザによる収穫調査では、木材チョーク等による現地立木への表示は省略して差し支えないと判断される。UAV オルソ画像により調査区域全体の立木位置図が得られることが前提である。この立木位置図は収穫調査の検査における客観的な判断根拠として、OWL 計測の立木位置と対比させることができるので、木材チョーク等による現地立木の表示は省略できる。

② 胸高直径の計測精度

胸高直径については、山側の地上高 1.2m（初期設定で変更可能）の直径として算出される。計測精度は相対誤差 4～8%程度と比較的高い。現状で、OWL の胸高直径は、若干過大（5%程度）の傾向があるが、今後ソフト的な修正で対応できるものである。

③ 樹高の計測精度

樹高は、レーザ計測の特性上、過小（一脚型で－8～11%、背負子型で－17～24%）になることは避けられない。樹高補正については**5-2節**で述べたが、既存の樹高曲線を利用する場合もあるので、改めて樹高補正について列挙する。

ア 既存の樹高曲線の活用

北海道の国有林で行われているように、地域別樹種別に予め定められた樹高曲線の使用が前提となっている場合には、当該樹高曲線を適用する。材積は、胸高直径および樹高から幹材積表により算出する。

イ 樹高曲線による補正

標本木法または標準地法により標本木の樹高を測定して樹高曲線を作成する方法である。できるだけ樹高範囲が広がるように、沢から尾根に至る区域を含むように選木し、可能な限り最大径級の樹高を計測する。適用する樹高曲線の近似式は、適合性が高いものを利用する。本報告**5-2節(2)**では、ネスルンド式で近似した。その他の関数（Mitscherlich 式、Richards 式等）でも差し支えない。材積は、胸高直径および樹高から幹材積表により算出する。

ウ 樹幹モデルによる補正

地上レーザ計測で得られる「地上高別直径」（幹の細り）等から、樹幹形モデルおよび樹冠長の近似式等を用いて樹高を算出する方法により樹高補正を行う（詳細は**5-2節(3)**参照）。材積は、補正計算の過程で近似される樹幹形モデルにより数値計算で算出する。

④ 樹種や品等区分の可否

樹種判定、枯死木や腐れ、品質区分については、レーザ計測による識別は現状困難である。そのため、上述した樹高曲線の取得を兼ねて実施する標本調査の際に、樹種および品質区分を記録して、その本数割合等を算出して、収穫調査結果に反映させる。反映方法については**6-1節**で述べた。

⑤ 林内地形データの取得

調査区域全域を対象に地上レーザ計測を行える場合は、当該区域内の地表面のスキャンデータが得られ、調査区域内の地形が三角ポリゴン（TIN：Triangulated Irregular Network）で表示される。TIN の交点座標は csv ファイルでダウンロードでき、さらに DEM データ（一定間隔のメッシュデータ）に変換すれば、地形データとしてその後様々な利用が可能である。

⑥ 周囲測量

調査区域全域を対象に地上レーザ計測を行うことが前提であるが、収測杭の地点で OWL 計測も確実に行うことができれば、OWL で周囲測量ができる。OWL 計測地点については 3 次元座標値が与えられるので、面積計算は容易である。

(3) データ処理および復命書作成

地上レーザおよび標準地調査による計測データを整理する基本的な様式を整えておくことにより、プログラム計算である程度自動的に必要な集計作業が完結する。本事業では Microsoft Excel で必要に応じてマクロプログラムを作成して、ノイズ除去、樹高補正、品質区分等の処理を行い、径級別の立木本数および幹材積を出力した。

今後、収穫調査復命書で必要な様式が確定すれば、統一的な復命書作成プログラムを開発することで、計測データの入力 (csv ファイル等の読み込み) により自動的に復命書作成が可能である。このようにデジタルデータを活用することで、収穫調査後の内業が大幅に簡略化されることが期待される。地上レーザの計測データ処理については、可能な限り、データの入力や解析に係る内業の所要時間を短縮し、解析作業そのものを簡略化することが望ましい。

収穫調査法として地上レーザ計測の採用にあたっては、UAV 空撮画像のオルソ化、周囲測量、地上レーザ計測、標本木調査、内業としてのデータ解析などをすべて、収穫調査の一連の作業プロセスとして構成することによって、各工程を連携させたデータ管理・データ処理の方式を整えることができる。したがって、地上レーザデータの出力フォーマットや標本木調査の野帳等についても、一連の解析プロセスを念頭に統一的な様式に組み直すことによって、データの入力・処理・出力が自動化されるはずである。

本事業では、地上レーザ計測結果の比較検証や各種解析法の是非等を検討するための分析作業に主力をおいていたため、地上レーザ計測の採用を前提としたデータ様式や解析プロセスの統一には至っていない。ただ、収穫調査に係る現地調査や精度検証の手順が確定すれば、一連の解析プロセスをシステム化することは容易であり、必要な解析アプリケーションを整備することによって、外業・内業を含めた効率化・省力化を図ることは可能である。

第7章 OWL による現地計測での留意事項

収穫調査の対象となる森林は、樹種構成、地形、生育経過など、その状況は様々であり、また計測する際の環境条件・気象条件も異なる。森林計測ではその時点で臨機応変に判断・工夫することもあり、地上レーザ計測においても同様である。地上レーザ計測の実際的な計測方法および留意点等について、地上レーザ装置 OWL の資料等を参考にしつつ、経験的に現時点で明らかになっている事項を整理した。

(1) 樹種や枯損木の判別

現状ではレーザ計測で、樹皮や枝ぶりなどを定量的に分析して、樹種を識別したり、枯損・腐れ等の欠点を認識させることはできない。ウォークスルー機能の3次元点群画像を動画で確認すれば、枝葉の状況からスギ、ヒノキ、カラマツなどを視覚的に判断できる場合もあるが、人間の目で見ても識別しがたい場合があり、レーザ計測で自動判別するのは困難である。



ヒノキとスギの樹皮の状態

地上レーザでは、樹皮の凹凸や滑らかさ等、微細な状態を識別できないため、樹種の識別は現状では難しい。

(2) 計測限界

- ・地上レーザでは樹高が低く計測される傾向があるが、孤立木のように樹頂点が明確に見通せる場合であっても、OWL が搭載しているレーザセンサの規格により、樹高が 30m 程度以上の高木では、レーザの到達限界となるため正確な計測はできない。

- ・OWL の専用解析ソフト OWLManager の初期設定では、胸高直径 100cm 以上の大径木の胸高直径については計測精度の関係から、計測対象外である。



樹高 30m 以上、立木本数が少ない、胸高直径 80cm 以上の大径木や根上がり木等では計測できない。

・OWLでは、立木を認識するための基本アルゴリズム SLAM (Simultaneous Localization and Mapping, 自己位置推定と環境地図作成の同時実行) を採用しているが、レーザセンサのレーザ到達限界距離の関係もあり、立木間隔が離れすぎると、立木同士の位置関係を解析するだけの点群データが得られなくなる。そのため疎林（概ね 400 本/ha 以下）では立木間隔が広すぎるため、データ解析（空間結合）が困難となる場合がある。

・疎林とは逆に、立木が密生している場合や枝下高が低い場合などは、幹・枝・葉によってレーザが遮られるため、立木そのものの識別が困難で計測できなくなる。枝下高が低く、レーザセンサ自体に枝葉が覆いかぶさるような場合は計測できない。

(3) 下層植生等

下層植生や枝葉の繁茂が著しい以下のような場合には、計測できないことがある。

- ・枝下高が概ね 2m 以下の立木（苗木や幼木等）
- ・灌木や低層木が密生している場合
- ・腰付近までシダや笹などが密生している林内



灌木などの低層木やシダ・ササが密生している場合、レーザーが遮られ計測できないことがある。

(4) 林縁付近やギャップ内

林縁付近や林冠ギャップ内では、林内に灌木や下層木が密生していたり、主要な立木立木そのものの本数が少ないといった条件になるため、計測して得られるスキャンデータの解析処理ができないことがある。調査対象区域にこのような場所がある場合は、OWL の計測地点をずらしてこのような場所を避けるなど、OWL 計測を臨機応変に変更する。



倒木による林冠ギャップや林縁付近で、立木が少なく、灌木が多いと計測できないことがある。



林床にササが密生している場合は、レーザーが遮られ、地面や胸高位置が判定できないため、計測できないことがある。

(5) 渓流域での計測

実際に OWL で計測を試みた事例は少ないが、これまでの経験から、河畔林等のように水際に生える樹木の計測は困難である。その理由は、水面ではレーザーが乱反射するため、水面を検出できず、立木があったとしてもその“地際”が判定できないことが原因と考えられる。

(6) 天候による計測の可否

空中に微粒子が浮遊しているような状態にあっては、レーザーが乱反射または吸収されるため、レーザーの反射光を検出するのが難しくなる。そのため、上述した水面のほか、霧でも計測はできない。

雨や雪の場合は（大雨や大雪は計測経験なし）、若干レーザーの反射量そのものが減少すると思われるが、計測そのものは可能である。ただし、OWL 本体およびバッテリー周りが濡れないようにすることと、レーザーセンサ部の水滴を頻繁に拭き取るように気をつける。

第8章 地上レーザ計測による収穫調査の検査方法

「立木調査の検査」に関して、従来の立木調査と地上レーザによる調査では、計測方法や調査手順等が異なるため、その特性を踏まえた検査方法が必要である。一方、地域による樹種構成や優良材の市場価格、あるいは木材の取引慣行等を反映して、従来の収穫調査そのものの地域差ともなっている。そのため、各森林管理局における収穫調査規定等を考慮しつつ、地上レーザによる収穫調査の検査方法について検討した。

8-1 地上レーザ計測の適用可能な条件

自然条件下で生育する森林にあってはその生態的特性を反映し、あるいは間伐段階の施業の影響が相まって人工林が様々に変化し、多種混交林に移行するケースもある。こうした生態的な地域特性に加えて、各地域の木材需給や取引事情の様々な経緯があつて、現在の収穫調査方法が定着してきたものと考えられる。ただ、各地域における収穫調査方法や検査方法は、地域事情の相違よりは、供給される樹種の違いに依拠した相違点として、集約できるように思われる。つまり、針葉樹一斉人工林か多種混交林かという違いによって、収穫調査方法と検査方法を大まかに区分できると考えられる。ただし、有用広葉樹等の優良木の評価についても考慮する必要がある。

(1) 広葉樹の混交状況に応じた収穫調査の現状

北海道の人工林では、造林樹種以外の多様な広葉樹が混交する森林が少なくない。本事業で実施した調査地における他樹種の混交状況は以下のとおりであり、植栽樹種と同程度あるいはそれ以上の混交樹種が出現する。また比較的高値で販売される径級 34cm 以上の広葉樹については、収穫調査規定により、品等区分が求められている。

① 空知カラマツ林 (3065 ろ、0.77 ha)

カラマツ (129 本) 以外に広葉樹 21 種 296 本が出現 (出現率 70%)。

品質区分を要する 34cm 以上の広葉樹は 4 種 6 本 (出現率 1.4%)。

② 空知トドマツ林 (4490 ろ、0.56 ha)

トドマツ (144 本) 以外に広葉樹等 17 種 107 本が出現 (出現率 43%)。

品質区分を要する 34cm 以上の広葉樹は 10 種 15 本 (出現率 6%)。

また北海道森林管理局では、森林事務所ごとに樹種別の樹高曲線が定められており、収穫調査において樹高を計測する必要はない。

収穫調査対象林分の樹種構成が多様な混交林では、立木調査における計測精度や品質区分の必要性等を考慮しつつ、現地作業の効率性も勘案して、収穫調査規定が運用されているものと考えられる。混交林を対象とした収穫調査では、北海道だけでなく他地域でも、同様の観点から、その地域の実情に即して調査規定が運用されている。

【参考】 広葉樹の丸太価格

胸高直径 34 c m 以上（丸太にした場合の末口径 30 c m 以上）の広葉樹は、カラマツやトドマツよりも材価が高い傾向があり、樹種や品等により以下のような価格となる。このため、胸高直径 34 c m 以上の広葉樹は品等区分が必要である。

カラマツ	径級により	7,300～11,100 円/m ³
トドマツ	〃	9,000～12,600 円/m ³
ナラ	末口径 30～38cm	25,200 円/m ³
マカバ	〃	17,900 円/m ³
ザツカバ	〃	15,800 円/m ³
アサダ	〃	14,700 円/m ³
イタヤ	〃	14,200 円/m ³

※ 出典：北海道「木材市況調査令和 2 年 11 月価格」

（2）広葉樹が混交する林分の課題と対応方法

収穫調査では樹種判定と品質区分が求められるが、地上レーザ計測で、人工林に混交する多様な樹種を評価するのは困難であるため、以下の対応が現実的と考えられる。

① 多様な樹種の判別

OWL で計測する場合は、識別したい立木に反射テープを巻きつけて樹種判別する方法もあるが、広い林内で必要な立木に漏れなく反射テープを装着する作業は実務的に困難である。また、装着の仕方によっては確実な識別ができない場合もあり、反射テープでの対応は万全とは言い難い。そのため、樹種判別については標本調査を併用することとし、樹種、胸高直径を本数比例法で全林分に拡大する方法が適当と考えられる。標本調査の具体的な方法等については**第6章6-2**参照。

② 広葉樹で求められる品等区分

幹曲がりのほか、腐れや空洞といった欠点を包括的に評価する品質区分についても、レーザ計測で判定することは困難である。そのため、品質区分が必要な一定径級以上の広葉樹については、地上レーザ計測の際に併せて、該当立木が出現した際に個別に品等区分を行って記録することとする（**第6章6-2**参照）。これまでの経験的な状況判断ではあるが、品質区分を要する広葉樹の出現率は、全調査木の数%以下と少ないので、レーザ計測作業の際に付随的に調査することは可能であろう。

針葉樹人工林に広葉樹など多樹種が混交する林分で、地上レーザ計測による収穫調査を行う際の主な留意点は以上のとおりである。樹種判別や品等区分による厳密な評価が求められるような場合には、地上レーザ計測を選択せず、従来の調査方法が現実的である。敢えて混交林で地上レーザ計測を選択する場合は、標本調査を併用するか、特定項目のみ個別調査で補うなどの対応が現実的と考えられる。

8-2 一般的な検査：抽出検査

(1) 具体的な立木調査方法

地上レーザ計測では樹高の補正、低質材や他樹種のチェックが必要になるため、樹高曲線取得のために実施する調査を検査に利用する。一般的な標準地調査（第3章参照）でもよいが、より簡便な標本木法（第6章6-2参照）もある。

(2) 地上レーザ計測による立木調査の検査方法

現在の毎木調査法（樹高曲線法）の検査に準じて抽出検査を行う。抽出率は各森林管理局の検査要領による。

ア 具体的な立木調査方法

① 現在の立木調査方法

立木販売箇所（主伐）の現在の立木調査方法は毎木調査によるケースが多い。また、樹高測定は、山側地際より梢頭までの全長を毎木測定する場合と樹高標準地又は適当数の標準木の樹高を測定する場合とがあるが、後者の方が一般的である。

② 地上レーザ計測による立木調査方法

地上レーザ計測では、胸高直径や樹高の測定に加え、立木配置・地形データ、幹の細りデータの計測及び区域の測量も実施する。

なお、レーザ計測が難しい樹種の区分はレーザ計測時に目視により、品質の区分や樹高補正のための樹高データ計測は、別途標本木調査により行うこととする。

イ 地上レーザ計測による立木調査の検査方法

現在の毎木調査法（樹高曲線法）の検査に準じて抽出検査を行う。抽出率は各森林管理局の検査要領に基づくものとする。

（抽出検査の例）調査木、樹高標準木又は標準地内の調査木から 20 本以上無作為に抽出して検査する。抽出木の材積誤差が 10%未満であること。

8-3 針広混交林等での検査

(1) 具体的な立木調査方法

樹高補正については樹高曲線がない場合に限られる。地上レーザ計測では樹種の判別が困難なため、標本調査（第6章6-2）を併用する。また D34cm 以上の広葉樹は品質区分が必要なため、地上レーザ計測作業と並行して品質区分等を個別に行う。

(2) 北海道における地上レーザ計測による立木調査の検査方法

現在の複層伐の検査方法に準じて検査する（抽出検査の例：針・広で各 15 本以上を抽出し検査する）。北海道の国有林では、予め指定された担当区毎の樹種別の樹高曲線を用いて調査することや、多様な広葉樹が混交する主伐地が少なくないなど、他の地域と異なる調査条件があることから、その立木調査方法と検査方法の案を示す。

ア 具体的な立木調査方法

①現在の立木調査方法

北海道内の国有林の立木販売箇所（主伐）の現在の立木調査方法は次のとおり。

（i）皆伐～毎木調査

調査立木への標示、樹種の区分、胸高直径の測定及び広葉樹の胸高直径 34 センチ以上の立木は品質の区分

（ii）複層伐～標本調査と本数比例法

標準列（尾根から沢に 1～2 列）は毎木調査、標準列以外は標示（本数カウントと売払木の標示）及び胸高直径 34 センチ以上の立木は品質の区分

なお、殆どの契約において担当区毎の樹種別樹高曲線を署が予め提示して調査を行うため、樹高曲線がない場合に限り樹高を計測する。

②地上レーザ計測による立木調査方法

樹高曲線がある場合は、レーザ計測した胸高直径に応じた樹高を適用する。そのため、樹高補正は、樹高曲線がない場合に限られる。なお、樹高以外の地上レーザ計測についての課題と対応方法は次のとおりとする。

＜課題 1＞地上レーザ計測では樹種の判別が難しい。

＜対応方法＞地上レーザ計測と標本調査を併用する。標準列（尾根から沢に 1～2 列）は毎木調査を行い、樹種、胸高直径を本数比例法で全林に反映する。

＜課題 2＞胸高直径 34 c m 以上の広葉樹は品質区分を行う必要がある。

＜対応方法＞林内の胸高直径 34 c m 以上の広葉樹は、地上レーザ計測時に、対象立木について品質区分等を個別に行う（今回調査地の出現率は 1～6 %）。

イ 北海道における地上レーザ計測による立木調査の検査方法

現在の複層伐の検査方法に準じて検査する（抽出検査の例：針・広で各 15 本以上を抽出し検査する）。

8-4 共通的な検査：立木位置・地形等による検査

（1）立木位置図の検査

立木位置図に大きな空隙がないかを検査する。大きな空隙がある場合は当該箇所の林内写真又は UAV 空中写真を提出するよう予め仕様書で指示し、これらを用いて空隙の妥当性を確認する。

（2）立木データ一覧の検査

立木の主要データが記載されているかを検査する。

（3）林内地形の 3 次元データ

レーザ計測された林内地形の 3 次元データについて、欠落箇所等が無いかを検査する。