

図3.3.2 調査区2の飛行コース



図3.3.3 調査区3の飛行コース

3.4 画像処理

3.4.1 3次元点群データのフィルタリング処理

UAV レーザ計測で得られた樹冠表層高(DSM)と地盤高(DEM)から樹冠高データを作成する。DEMデータの取得のため、はじめに UAV レーザ計測で得られたオリジナルデータにフィルタリング処理を行って、地物を除去することで、グラウンドデータを作成した。本業務では、Bently 社の CAD ソフトウェア「Microstation」のアドオンソフトウェアである TerraSolid 社の「TerraScan」を用い、自動フィルタリングによってグラウンドデータを作成した。除去結果の1例を図 3.4.1 に示す。

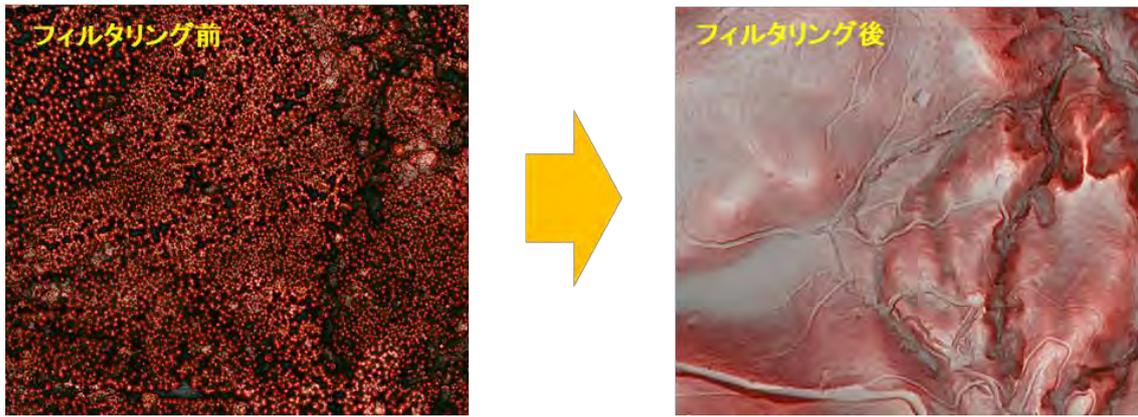


図3.4.1 フィルタリング処理による地物除去後のイメージ

フィルタリング処理によって作成したグラウンドデータに対して、TIN (Triangulated Irregular Network: 不定三角形網) モデルを作成して三角形の頂点の高さから内挿補間して、0.5m メッシュのグリッドデータを作成した。このグリッドデータが DEM データとなる。TIN による内挿計算の概念を図 3.4.2 に示す。

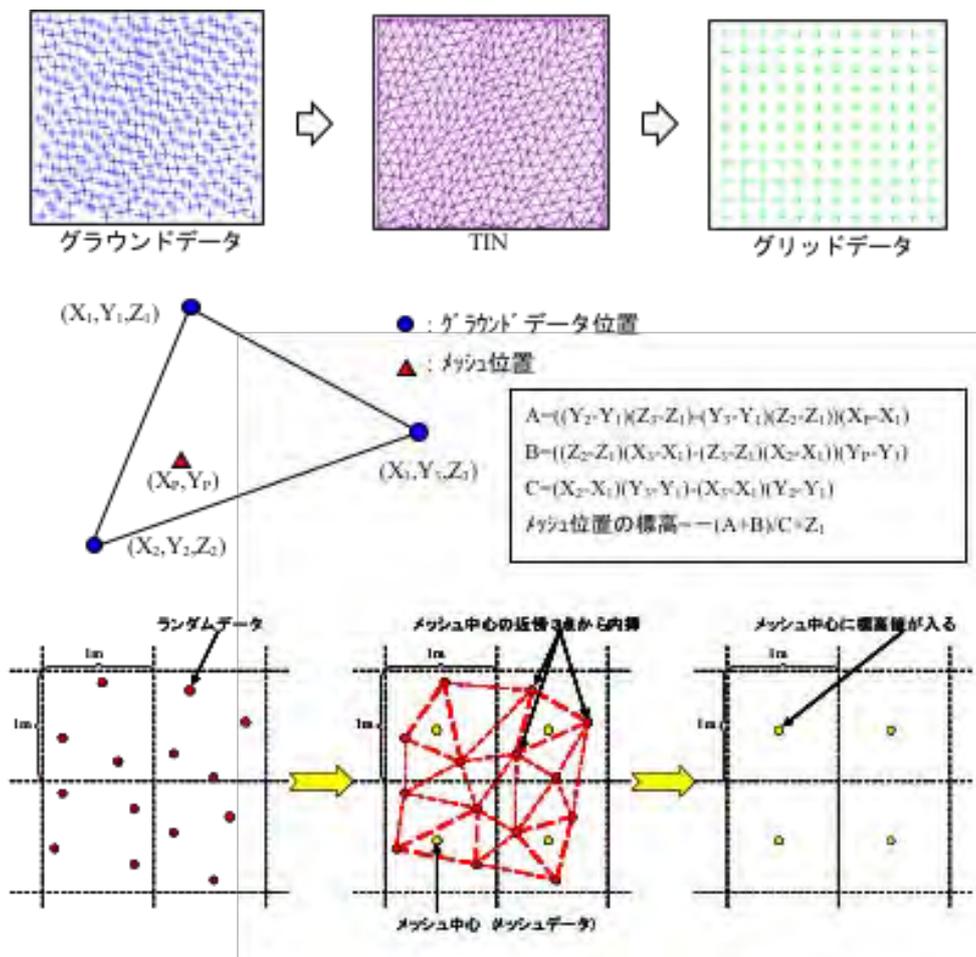


図3.4.2 グラウンドデータからDEMデータを作成する概念図

3.4.2 樹冠高データの作成

UAVレーザ計測では、レーザセンサから照射されるひとつのレーザパルスに対して、1点もしくはそれ以上の反射が返ってくる。その反射データのうち、最初の反射をファーストパルスデータ、最後の反射をラストパルスデータ、その他のデータは中間パルスデータと呼ぶ。照射されるレーザパルス1点に対して、反射してくるファーストパルスデータがラストパルスデータよりも早く返ってくるといことは、ファーストパルスデータは相対的に高い標高を示すデータとなる。UAVレーザ計測で得られた反射データの1例として、林内の断面図を図3.4.3に示す。

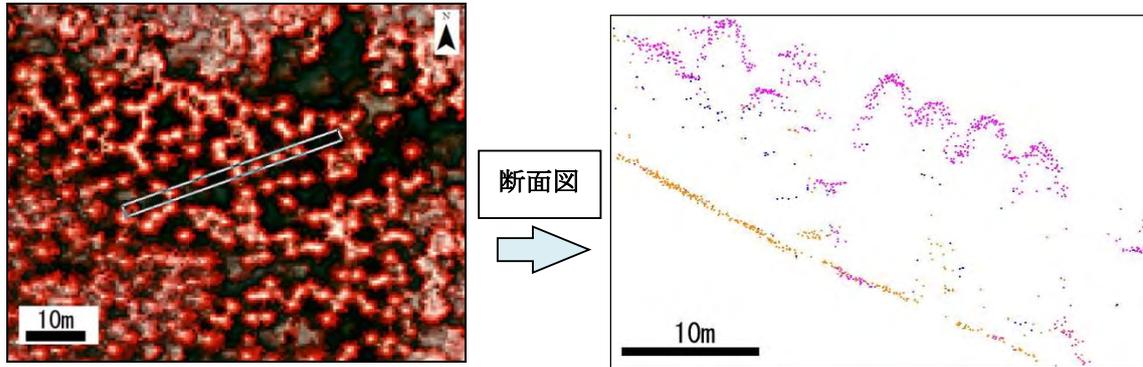


図3.4.3 点群の断面図

しかしファーストパルスデータは、樹冠表層面で反射したレーザパルスだけではなく、UAVに近い地物（例えば高圧鉄塔や電線）からの反射、あるいは何らかのエラーによる外れ値等を含む。樹木を適切に解析するためには、樹冠表層面のみのデータが必要となるため、ファーストパルスデータから樹冠表層面のみを抜き出す除去処理を行った。これにより樹冠表層面の高さ精度の向上を図った。除去処理前後のファーストパルスデータの標高図と断面図を図3.4.4に示す。

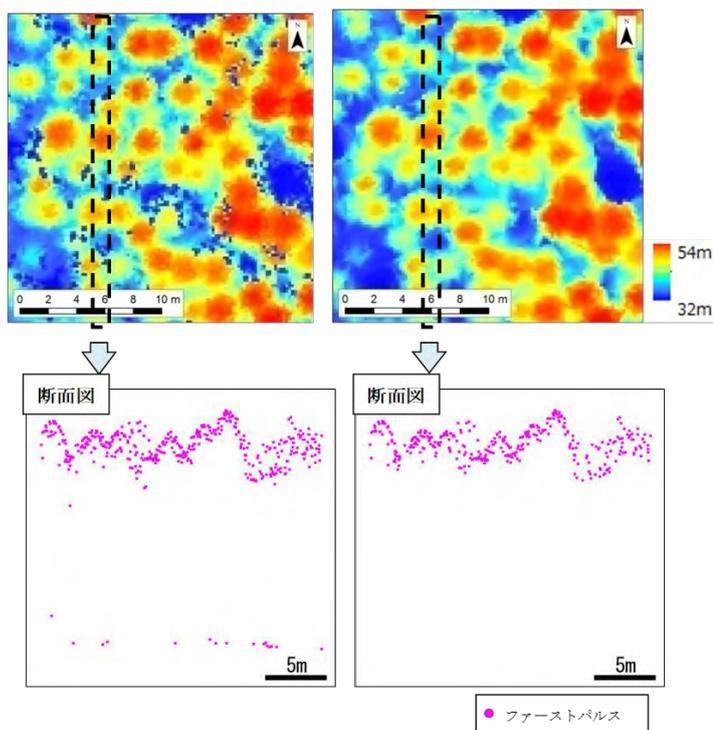
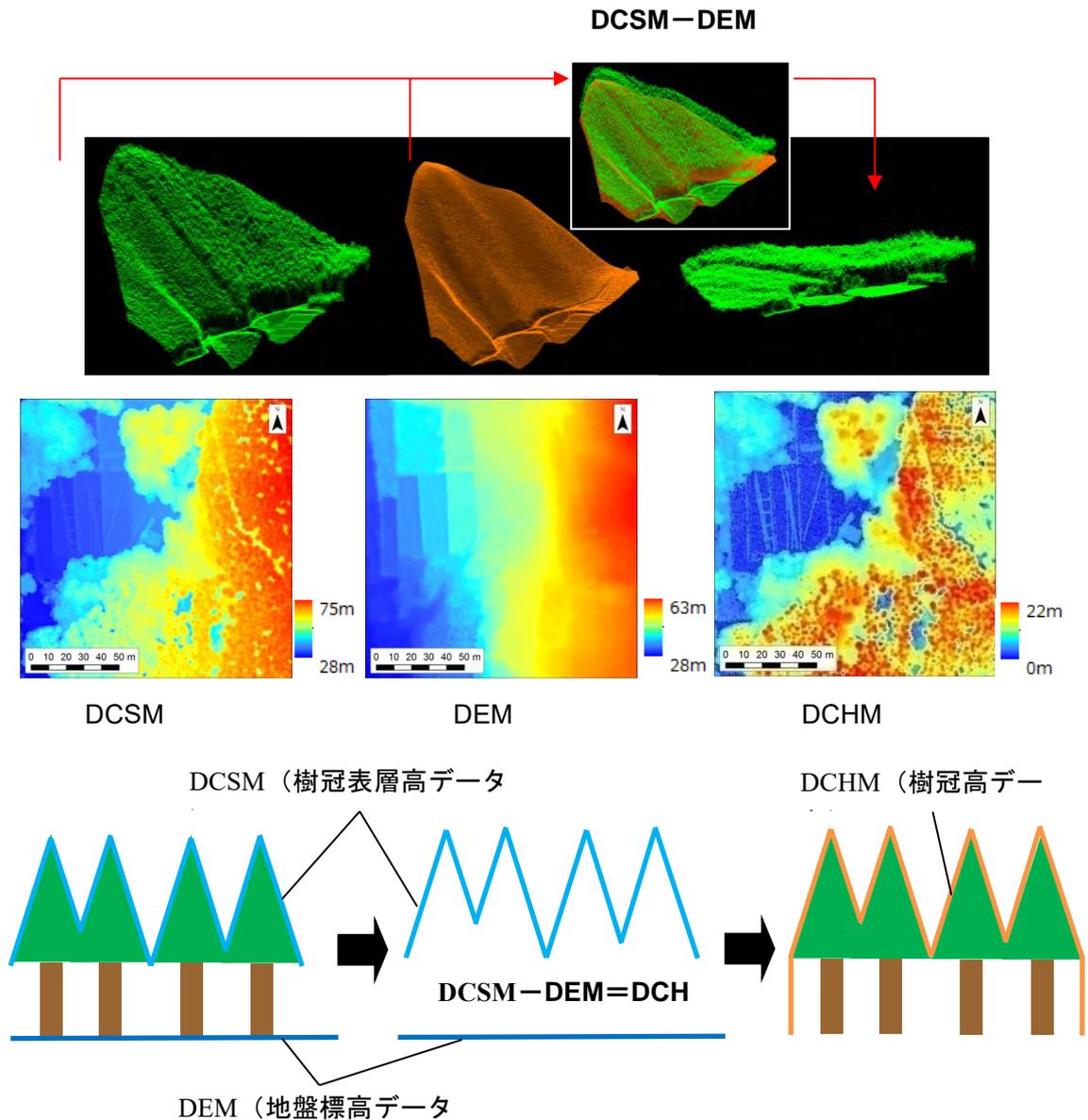


図3.4.4 除去処理前後の
ファーストパルス
左：除去前、右：除去後

除去処理を行ったファーストパルスデータをTIN補間でメッシュ化することにより50cm間隔のDCSM (Digital Canopy Surface Model : 樹冠表層モデル) を作成した。その後、DCSMと50cm間隔のDEMとの差分をとることで、樹冠部の高さを表す50cm間隔のDCHM (Digital Canopy Height Model : 樹冠高モデル) を作成した。同じ範囲のDCSM、DEM、DCHMの3Dモデルとその標高段彩図および断面のイメージを図3.4.5に示す。



- ・ DCSM (Digital Canopy Surface Model : 樹冠表層モデル) 地盤を含めた樹冠表層の高さ
- ・ DEM (Digital Elevation Model : 地盤高モデル) 地盤の高さ
- ・ DCHM (Digital Canopy Height Model : 樹冠高モデル) 樹冠表層の高さ

図3.4.5 DCSM、DEM、DCHMと樹高段彩図

3.5 調査プロットによる現地調査

本事業では、UAVレーザ計測のほか、4章で述べる既存の航空レーザ計測についても、収穫調査のための計測精度等の検討を行う。そのため、レーザ計測の対象林分である調査区1～3に円形プロット（面積200m²）を設置して立木調査を行った。現地調査における調査項目及び要領等については、本節後段で（参考）として掲載した。

調査プロットの設置にあたっては当該調査区の林相を代表する地点を選定し、図3.5.1に示すように、調査区1～3にそれぞれ10箇所、7箇所、7箇所の合計24箇所に設置した。ただし、林況によって調査区内に設置が困難な場合は、当該調査区と同一小班内でも可とした。そのため、調査区2ではプロット1箇所だけが調査区外となっている。

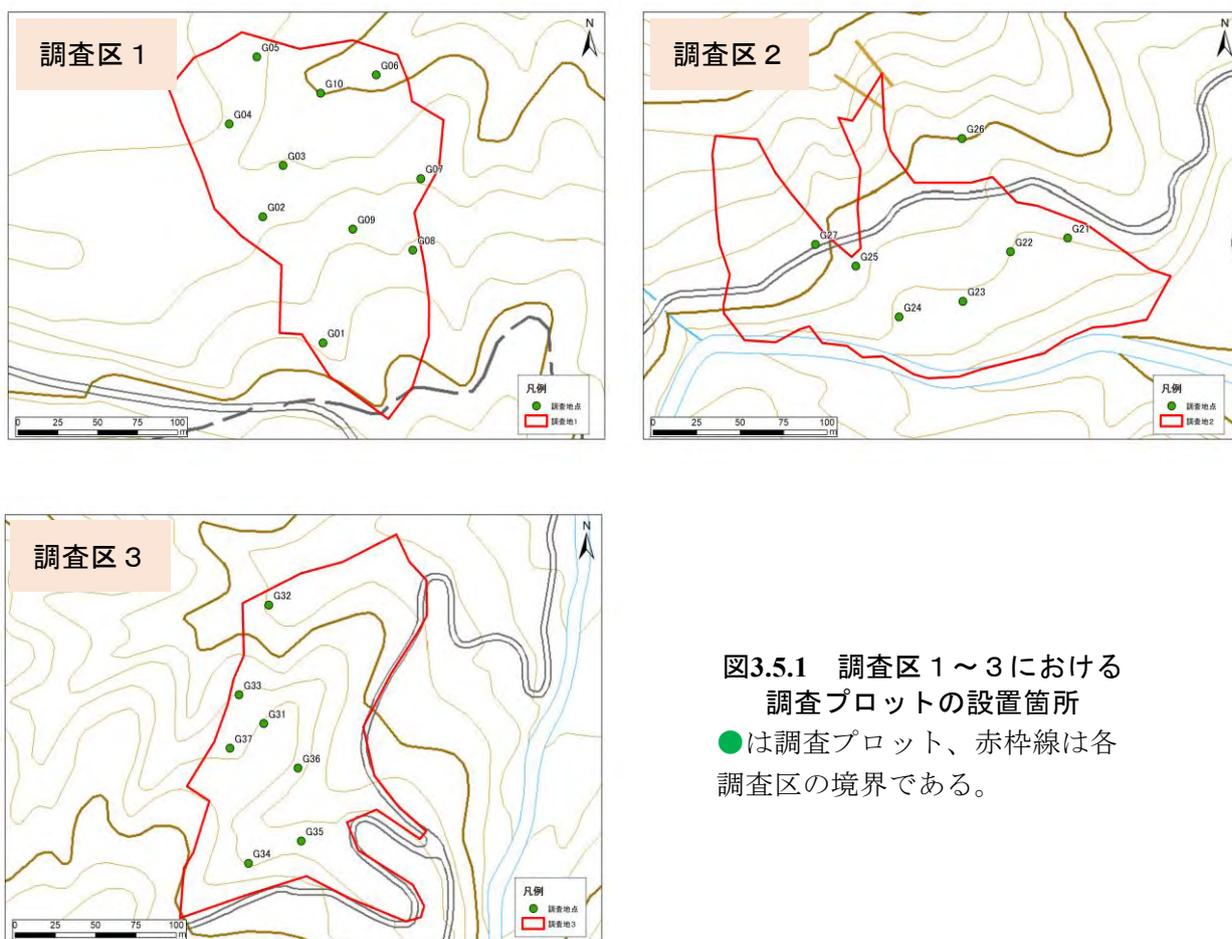


図3.5.1 調査区1～3における調査プロットの設置箇所
●は調査プロット、赤枠線は各調査区の境界である。

各調査区における調査プロットでは、後述する立木調査および林況データを取得し、レーザデータの解析が必要となる立木本数、胸高直径、樹高、枝下高等を計測した。全24プロットにおける調査結果を表3.5.1に集約した。また、24プロットの平均樹高および立木密度の頻度分布を、それぞれ図3.5.2、図3.5.3に示す。

表3.5.1 現地調査結果一覧

調査 プロット	上層木 本数	全立木 本数	平均DBH	上層木 平均樹高	上層木 材積	haあたり 材積	立木密度	haあたり 合計材積
G01	12	12	32.7	20.4	10.518	600	600	525.9
G02	21	21	28.2	19.2	12.454	1,050	1,050	622.7
G03	21	22	27	19.9	11.970	1,050	1,100	598.5
G04	17	17	29.8	19.3	10.079	850	850	554
G05	13	13	29.2	19.2	8.609	650	650	430.5
G06	10	10	32.6	18.7	7.970	500	500	398.5
G07	18	18	28.4	20.1	11.261	900	900	563.1
G08	19	19	29.7	20.1	19.937	950	950	646.9
G09	25	25	27	17.9	12.984	1,250	1,250	649.2
G10	15	15	30	20.1	10.608	750	750	530.4
G21	22	22	31.4	25.6	20.734	1,100	1,100	1036.7
G22	24	24	30.5	25.5	21.247	1,200	1,200	1062.4
G23	27	27	30.9	24	23.271	1,350	1,350	1163.6
G24	24	24	31.8	24	21.640	1,200	1,200	1082
G25	18	19	33.9	24.6	19.073	900	950	953.7
G26	22	22	28	21.3	14.019	1,100	1,100	701
G27	26	27	28.9	22.1	18.209	1,300	1,350	910.5
G31	17	17	33.5	22.5	15.406	850	850	770.3
G32	13	14	38.8	23.9	15.658	650	700	782.9
G33	12	13	34.6	21.9	10.761	600	650	538.1
G34	16	17	38.9	25.1	22.077	800	850	1103.9
G35	12	14	35.5	23.6	12.312	600	700	615.6
G36	14	14	31.5	17.8	9.174	700	700	458.7
G37	14	15	31.9	22	10.963	700	750	548.2

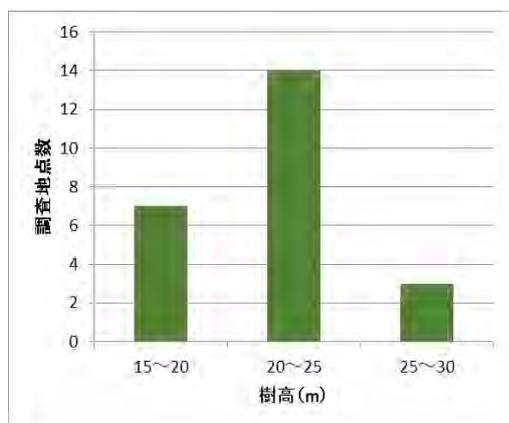


図3.5.2 現地調査地点の上層木樹高

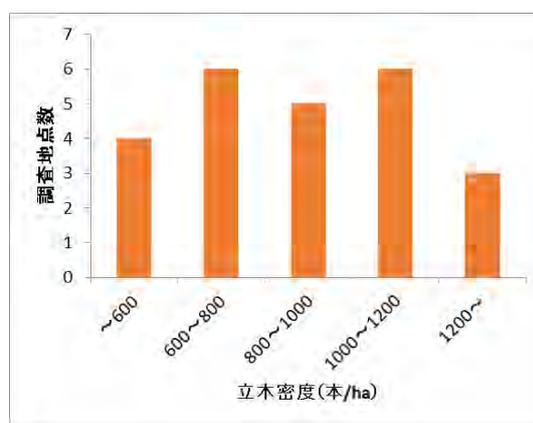


図3.5.3 現地調査地点の上層木立木密度

(参考) 現地調査における調査項目及び調査要領

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)		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 (m³)	No	樹種	DBH (cm)	H(m)	枝下高 (m)	樹冠 未到達	境界木	材積 (m³)	No	樹種	DBH (cm)	H(m)	枝下高 (m)	樹冠 未到達	境界木	材積 (m³)
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								樹冠透視度		(%)						
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								高木層	高さ	m	植被率	%				
36							78								垂高木層	高さ	m	植被率	%				
37							79								低木層	高さ	m	植被率	%				
38							80								草本層	高さ	m	植被率	%				
39							81																
40							82																
41							83																
42							84																

図3.5.4 現地調査票（現地用）

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 0.02ha（半径 8.0m）の円形の調査プロットを作成した。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）を対象として実施した。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、現地に設置した。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した。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、森林簿の齢級等のデータ、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した。調査プロット設置イメージを図 3.5.5 に示す。

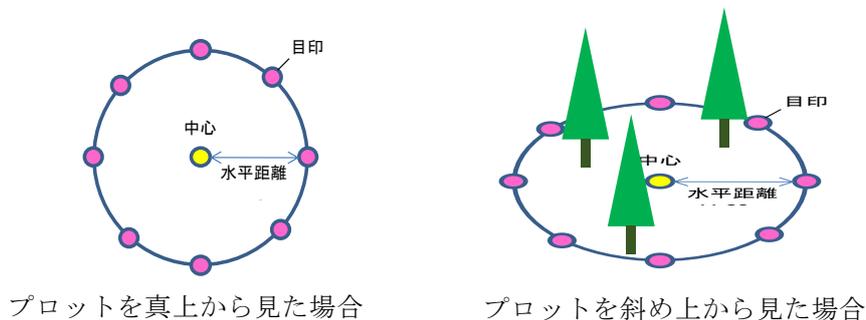


図3.5.5 調査プロット設置イメージ

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した。位置座標については、プロットの中心にGPSを設置し、そのプロットでの調査の間、ログを継続取得した。衛星の捕捉状況が安定した後、中心点の座標値を記録した。

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）で測定した。斜面方位はハンディGPSまたはコンパスを用いて測定した（方位360°式 例：60°,280°）。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）」とした。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」とした。斜面位置は、調査者が現地で確認できる地形（小地形）を基準とした。

④ 樹種

樹種はプロット内で計測した樹木の樹種を記載した。

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）を測定した。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単位で計測した。

⑥ 樹高、枝下高

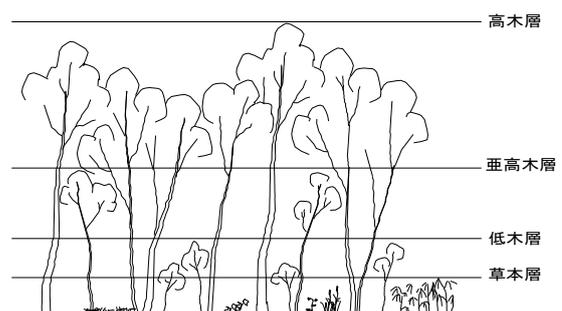
樹高は「森林測定 林業技士養成研修テキスト（日本森林技術協会 2004）」の毎木調査の方法に準じて測定した。胸高直径測定を行った立木の一部について樹高を測定し、樹高曲線を描き、直径階ごとに平均樹高をグラフから求めた。現地の樹高は、（各面積プロットの半径）を超音波式樹高測定器（VertexIV、Haglof社 スウェーデン）を用いてm単位で測定した。計測対象木は直径階ごとに同数か、直径階の本数に比例するようにプロット範囲内の10本程度を胸高直径の大小、斜面位置を考慮し、偏りなく選定した。計測後、取得した樹高データと胸高直径の回帰式から、樹高を測定していない樹木の樹高を推定した。枝下高は力枝（生枝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した。

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した。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した。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した。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した。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。



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%単位で記録した。

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した。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%単位で記録した。

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した。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した。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」から選択して記録した。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」から選択して記録した。「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」とした。

⑫ 調査地の写真

林内状況がわかる写真を7枚程度撮影した。各地点3枚の写真を取りまとめ、写真票に整理した。本業務の写真票は、巻末に資料編として添付した。

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した。