

(2) 樹高

現地での毎木調査結果とマニュアルでの計測結果、OWLManagerでの解析結果を比較した。梢端付近では点群が少なくなるため、マニュアルでは梢端の判読が困難であったため、RMSEは2.15mであるが、相関については0.43であった、OWLManagerでは最も高い点を梢端として認識しており、現地調査との相関は高いものの、過大に算出されている樹木も見られた。

表 2-9 樹高の精度比較結果

	マニュアル	OWLManager
RMSE	2.15m	2.44m
R	0.43	0.55
現地比	97%	102%

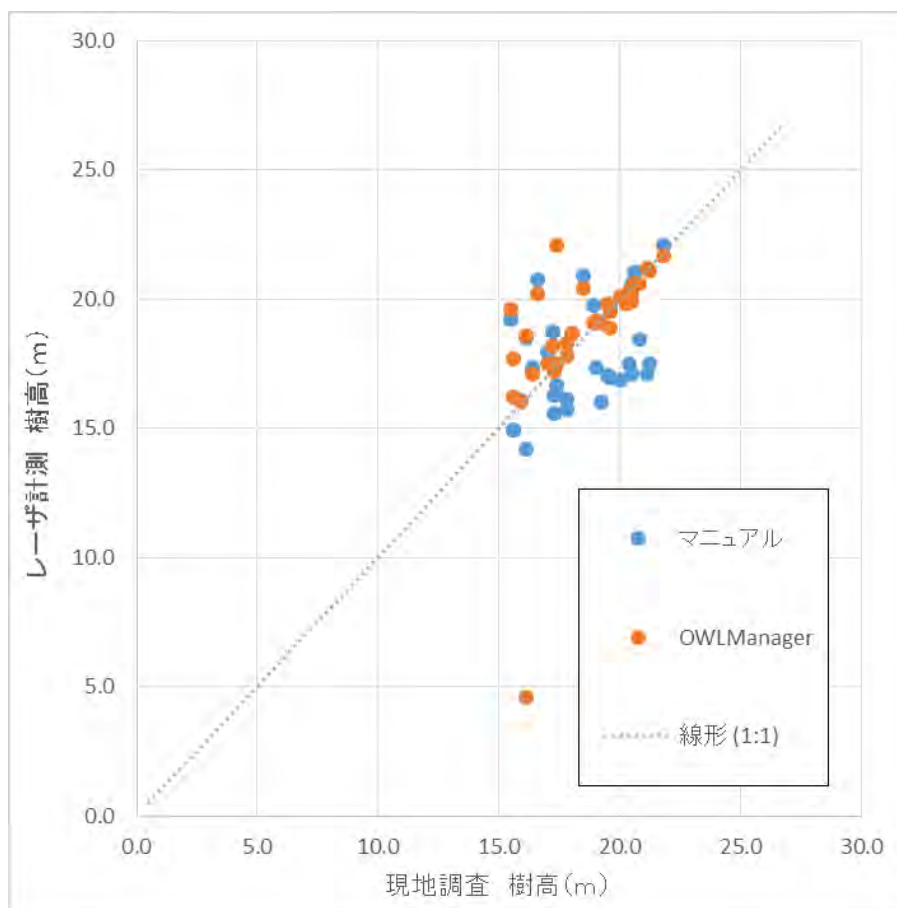


図 2-93 樹高の精度比較結果

(3) 胸高直径

胸高直径は現地での毎木調査と比較し、RMSE はマニュアルが 1.93cm、OWLManager は 1.83cm であり 2 cm 未満となった。相関係数はマニュアルが 0.96、OWLManager は 0.98 と高い相関となった。マニュアルと比較し、OWLManager のほうが高精度であったが、全体的に胸高直径が過小になった。

表 2-10 胸高直径の精度比較結果

	マニュアル	OWLManager
RMSE	1.93cm	1.83cm
R	0.96	0.98
現地比	104%	94%

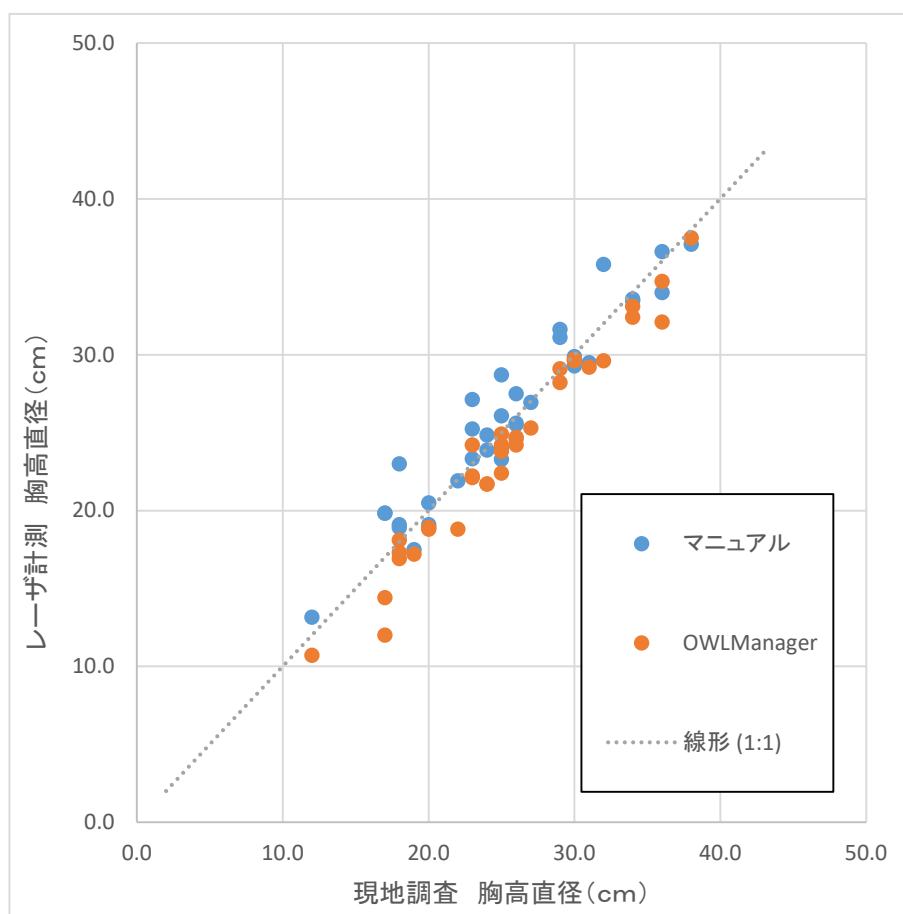


図 2-94 胸高直径の精度比較結果

胸高直径が過小傾向にある要因については、以下の 2 点が考えられた。

- ・ 胸高直径の計測位置が、現地調査位置より高い箇所であったため
- ・ 内接円近似による円推定であるため

図 2-87 では立木ウォークスルーで森林情報のラベルを表示した結果である。OWLManager では地盤面を解析し、地盤面からの距離は LAS ファイル変換時に設定する。ラベルの位置が胸高直径を計測した位置となっている。現地調査時に反射テープを胸高位置に巻き、反射強度が高くなっている箇所より高い位置にラベルが位置しているため、胸高直径がやや小さくなっていると考えられた。

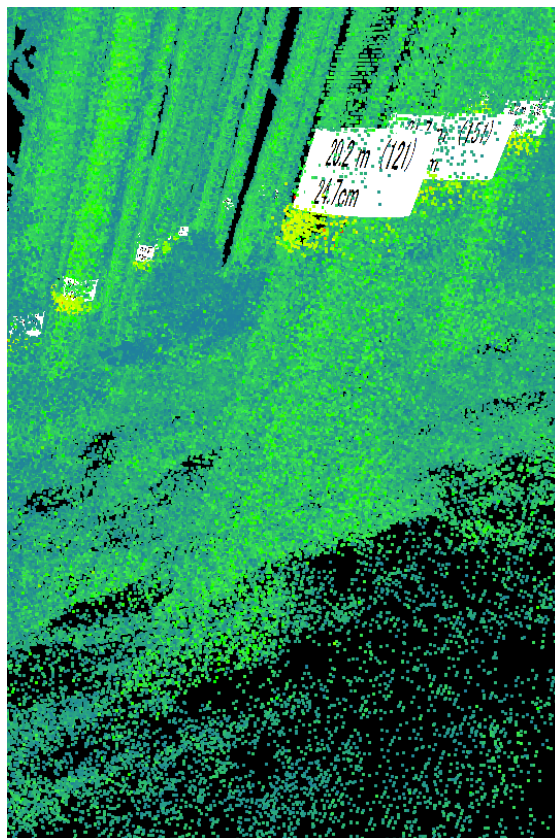


図 2-95 胸高直径計測位置

(4) 材積

材積は、現地での毎木調査、マニュアル、OWLManager とともに二変数材積式により算出した。RMSE はマニュアルが 0.089 m^3 、OWLManager は 0.075 m^3 、現地調査の平均材積を基準すると、マニュアルでは 17.7%、OWLManager は 15.0%ほど誤差であった。相関係数はマニュアルが 0.95、OWLManager は 0.98 であった。

表 2-11 材積の精度比較結果

	マニュアル	OWLManager
RMSE	0.089 m^3	0.075 m^3
R	0.95	0.98
現地比	104%	89%

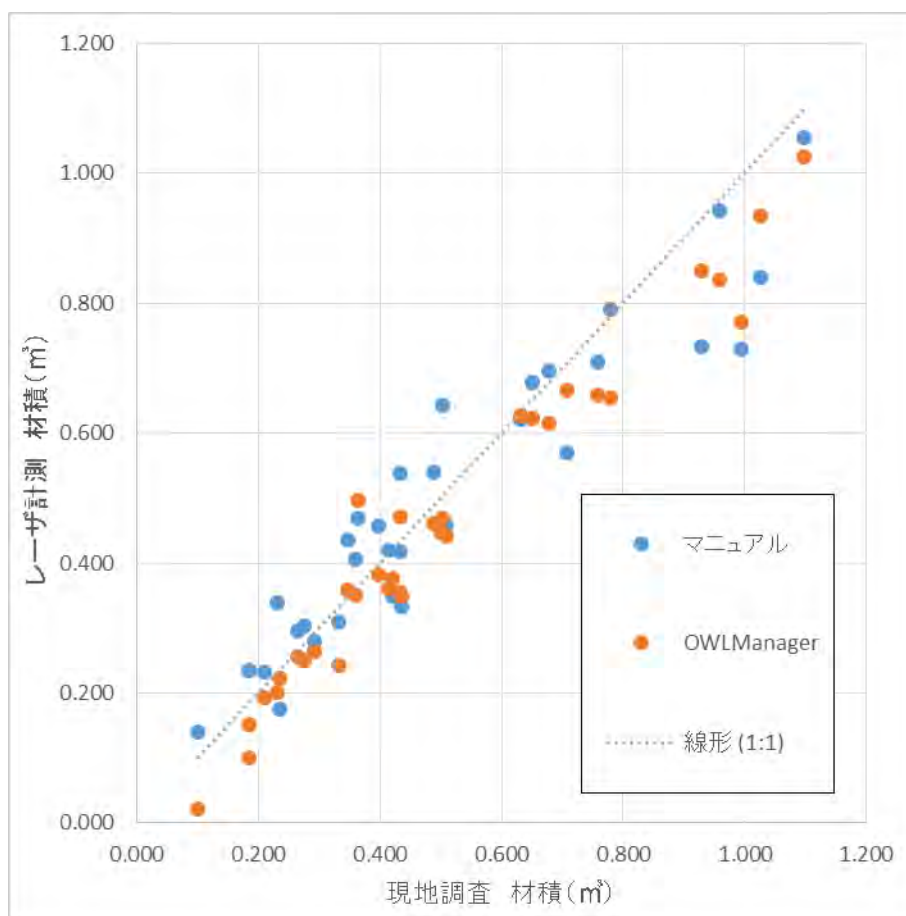


図 2-96 材積の精度比較結果

2.5 上空からの UAV レーザ計測解析結果等に関する比較検証（昨年度成果活用）

森林所有者（国有林職員を含む） 自らによる解析を想定し、令和元年度森林資源情報整備技術実証事業（国有林）内で実施した上空 UAV レーザ計測のデータを用いた森林資源解析を、市販ソフトウェアを用いて行った。解析には株式会社ジツタより一般に販売されており、森林組合等で幅広くされている、三次元森林管理システム AssistZ を使用した。昨年度業務の上空 UAV 計測により得られた点群データを用いて、樹頂点抽出、樹高、胸高直径、材積の算出を行い、昨年度の解析結果及び現地調査結果と精度を比較した。

2.5.1 ソフトウェアの概要

AssistZ はリモートセンシングにより取得したオルソ画像および点群データを用い、3次元で表示、確認できる GIS 型の森林管理システムである。株式会社ジツタから販売されており、最小契約年数は 5 年となっている。本事業において使用した AssistZ 材積パックは、5 年間利用ライセンス価格が 84 万円（税別）となっている。

AssistZ は主な機能として、取り込んだデータの 3 次元表示、計測、出力など 3D GIS としての機能を持つ。樹頂点抽出、樹高計測、胸高直径・材積推定などの森林情報解析を行うには、オプションの「材積計算」が必要である。また、森林情報解析以外のオプションもあり、CS 立体図の作成、流域計算、路線計画、傾斜メッシュの作成といった森林管理に活用可能な機能を追加可能である。

「材積計算」機能を用い、昨年度業務において上空 UAV レーザ計測したデータの森林情報解析を行った。材積計算機能においては、小班や林班などの施業区画単位による材積の集計を行えるよう、「処理区画」が設定できるようになっている。ベクタデータの読み込みが可能となっているため、小班、林班以外にも任意の範囲における材積集計が可能となる。

材積計算機能により出力される作成物と、その記載内容は表 2-12 のようになる。

表 2-12 AssistZ 材積計算 解析項目一覧

作成物	ファイル形式	掲載内容
樹高リスト	Excel	本数、面積、樹高の最大・平均・最小値、樹高階の本数
樹高胸高直径リスト	Excel	樹高・胸高直径階のマトリクス
樹高胸高直径リスト + 材積リスト	Excel	樹高・胸高直径階のマトリクス、処理区画合計材積
材積リスト (立木密度より算出)	Excel	面積、平均樹高、樹木本数、ha あたり本数、総材積、ha あたり材積

AssistZ における材積の算出手法には、二変数材積式と立木密度管理図の 2 つの手法が利用可能である。解析精度の比較を行うことから、森林資源解析と同様に二変数材積式による材積の算出をメインに行った。

点群データから樹木抽出を行う際に計算された樹冠底面積、及び材積計算機能により算出された樹高、胸高直径、材積の値は、樹頂点へと格納される。そのため、樹頂点データを shp ファイルとして出力することで、森林資源情報を持った樹頂点の作成、及び他の GIS 上での表示も可能となる。

2.5.2 ソフトウェアでの処理方法

AssistZ による材積計算は、点群データの取り込み、地盤データ作成、樹木（樹頂点抽出）、材積計算、の 4 つのステップにより分けられる。

点群データの取り込みでは、UAV 等で取得された点群をソフト内に取り込む。この際、反射強度、クラスの情報のデータも取り込み可能である（図 2-89）。

次に、取り込んだ点群データより地盤データの作成を行う。地盤データの作成では、手動と自動の二つの方法により地盤データの作成できる。自動作成は、手動作成より短時間で地盤データを作成可能である。手動作成では、ノイズとして誤抽出された下層植生等の点の確認と修正が行えるため、より正確な地盤データの作成が可能となる。

続いて、材積の算出範囲を定義する「処理区画」となる区画データの取り込みを行う。材積算出を行うにあたり、処理区画には林野庁の立木幹材積式に基づく樹種名の入力が必要となり、これにより樹種・地域に合わせた材積の算出が可能となる。

樹木抽出、材積算出では、最低樹高値や樹冠径サイズなど、使用者が求める材の大きさに応じた抽出樹木の設定や、実際の胸高直径、樹高の値をもとにした胸高直径推定式の算出が可能となっている（図 2-90）。また、複数のパラメータの入力を伴わずとも、樹木間隔と抽出したい樹木の最低樹高の入力のみで、樹木抽出が行える設定（かんたん設定）があり、これまでの資源解析の際に求められたレーザ計測やリモートセンシングの知識を持たずとも、解析が行えるようになっている。

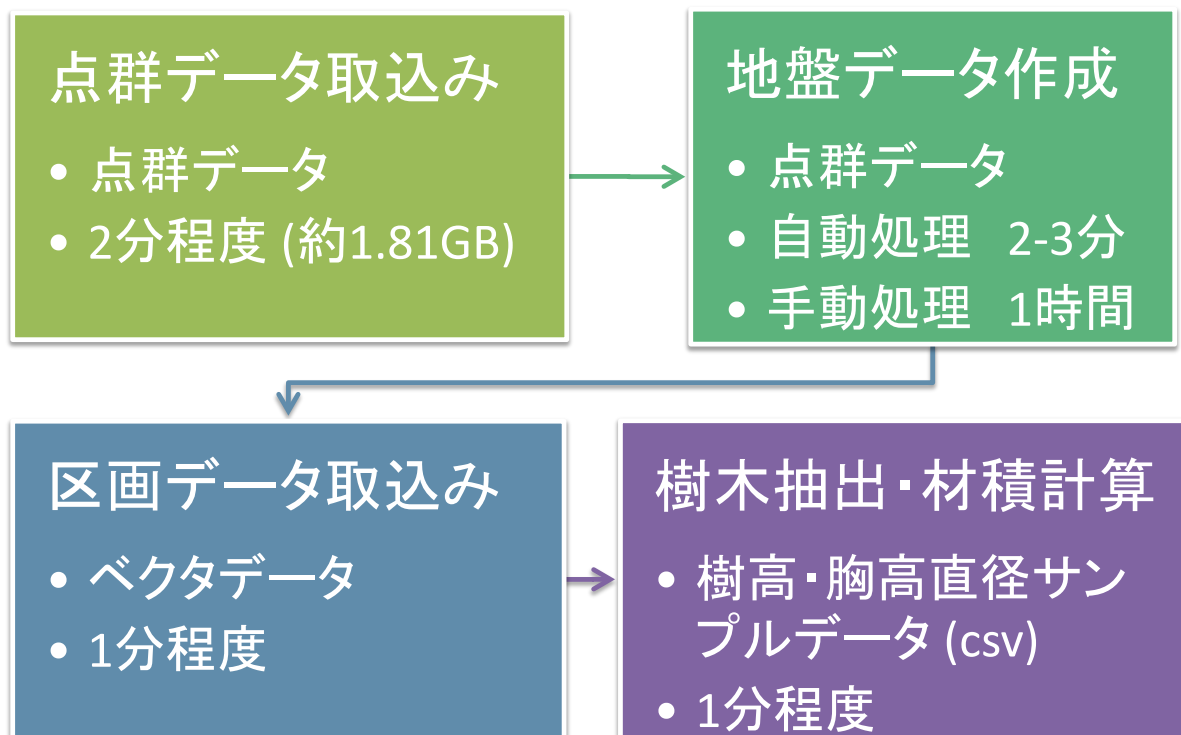


図 2-97 AssistZ による森林資源解析手順

AssistZ による樹木抽出の設定画面は図 2-90 のようになる。主な入力項目としては、計算区割り、樹冠計算モード、樹高の最低値があげられる。複数の入力項目が存在するが、「かんたん設定」を使用することで、設定ウィンドウの入力内容はかんたん設定の数値に応じた設定へと変更され、手軽に樹木抽出が行える（図 2-90）。

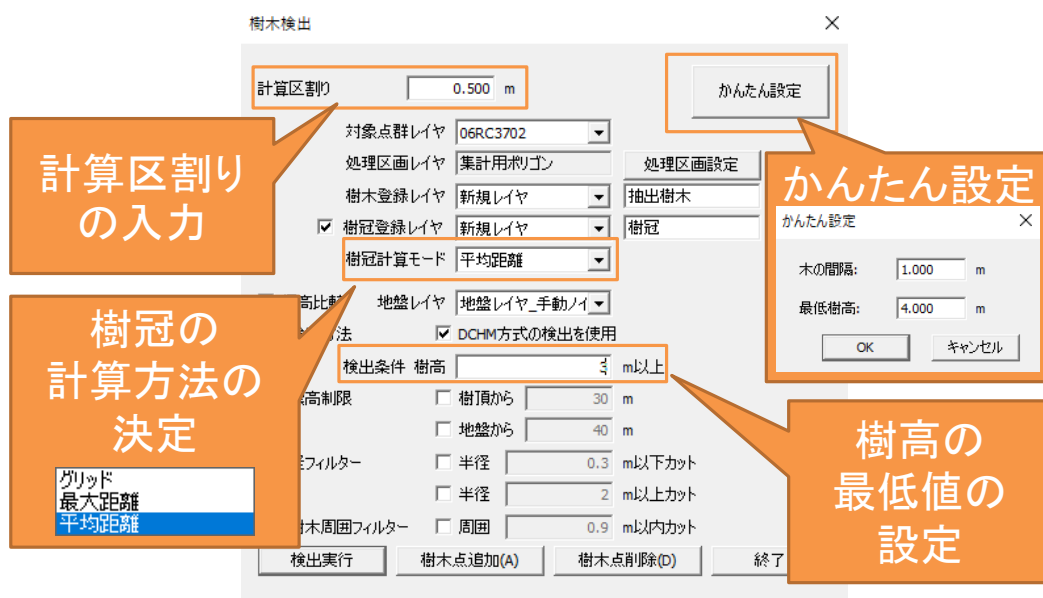


図 2-98 AssistZ 樹木抽出設定画面

材積を算出するためには処理区画の決定が必要となるほか、胸高直径を推定するにあたり、樹高・胸高直径のサンプルデータを読み込ませ、胸高直径係数を推定することが可能である（図 2-91）。現地データをサンプルとして使うことで、材積推定の精度の向上を図れる。また材積計算式は林野庁の立木幹材積式をもとにしており、解析を行う樹種、地域に応じた材積の算出が可能となっている（図 2-92）。現地の数値と地域・樹種ごとに合わせた材積式の使用することで、より現地の樹木の生育状態に即した値を推定することが可能となる。

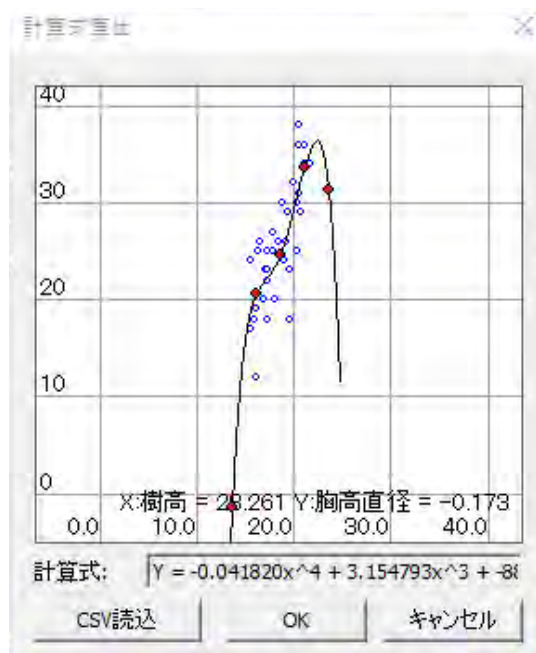


図 2-99 昨年度上空 UAV レーザ計測の現地調査結果より
作成された胸高直径曲線式

材積計算係数編集

計算式: $\text{山本式: } \log(\text{幹材積}) = A + B \times \log(\text{胸高直径}) + C \times \log(\text{樹高})$

樹種	胸高直径		係数A	係数B	係数C	係数D
名古屋カラマツ	21.0000000	≧	-4.1393040	1.7932620	0.9954310	
	11.0000000	<	-4.2178930	1.8392350	0.9617450	
	21.0000000	<	-4.3917990	1.9952520	0.9861750	
	31.0000000	<	-4.3681800	1.8732090	1.0945530	
	41.0000000	<	-4.4175330	1.6884480	1.3342070	
	41.0000000	≧	-4.1875250	1.6468440	1.2263510	
大隅ヒノキ			-4.3110100	1.8354600	1.1065500	
熊本広葉樹Ⅰ類	51.0000000	<	-4.1932740	1.8582140	0.9851160	
	51.0000000	≧	-3.7806130	1.7774300	0.7698190	
熊本広葉樹Ⅱ類	11.0000000	<	-4.0648400	1.8624800	0.8305400	
	21.0000000	<	-4.2243950	1.8831970	0.9675650	
	31.0000000	<	-4.0800590	1.7893270	0.9738180	

閉じる

図 2-100 材積式の決定

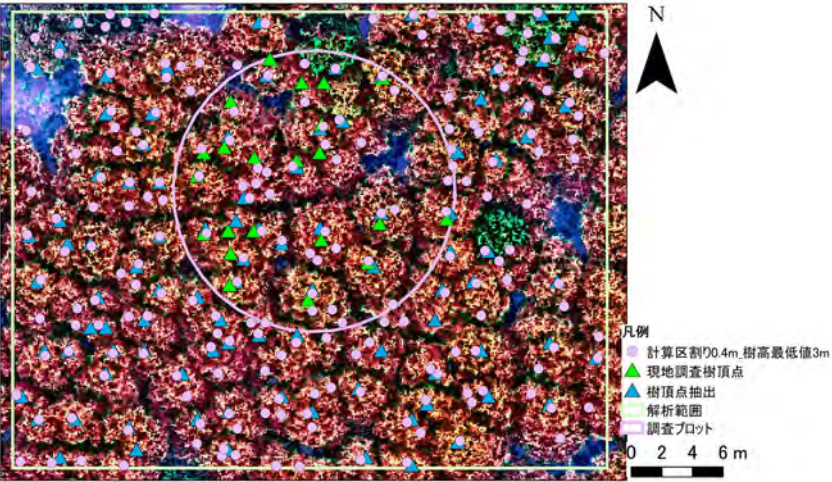
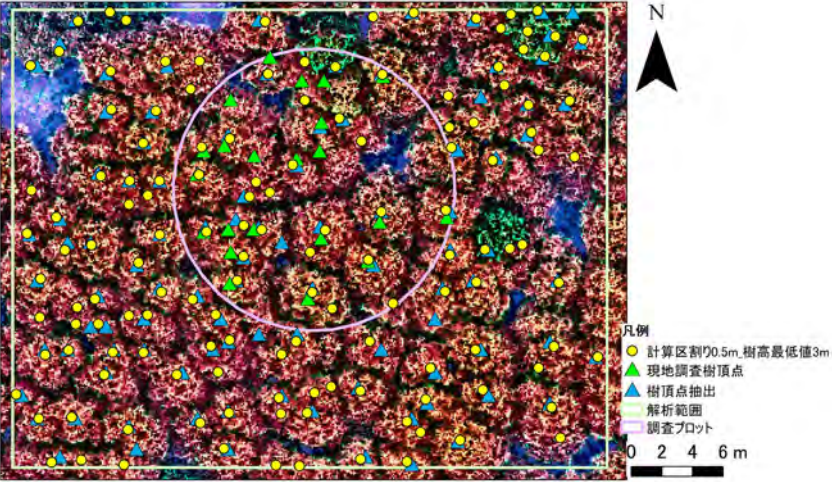
2.5.3 処理結果

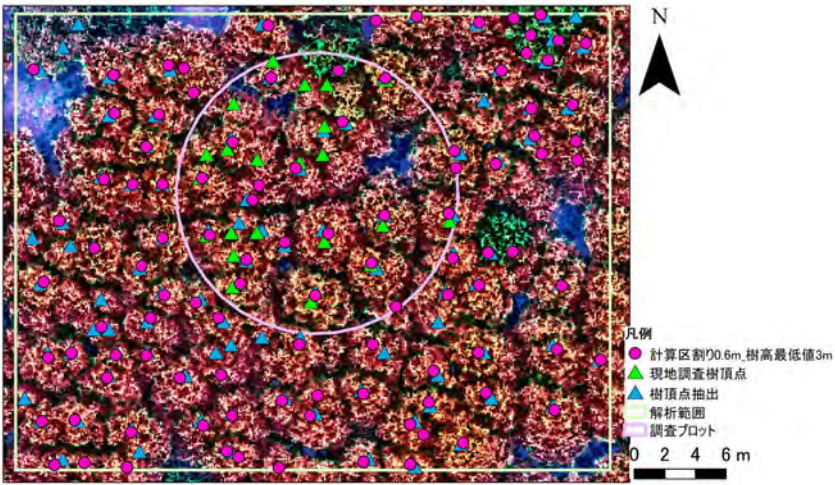
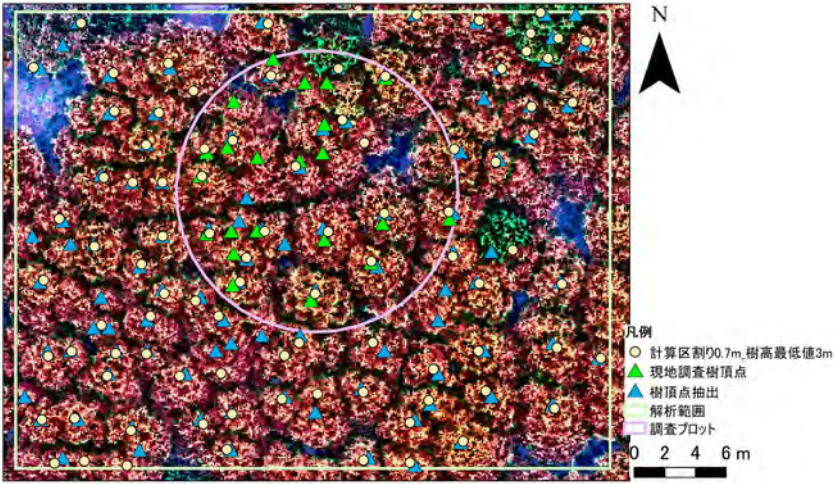
昨年度業務における上空 UAV レーザ計測により取得されたデータを使い、AssistZ による森林資源解析を行った。その際、AssistZ による解析精度の比較に、昨年度の現地調査成果、及び上空 UAV レーザ計測データから弊社で解析した森林資源解析結果（以下、「樹頂点抽出」という）を使用した。

(1) 本数

樹木抽出を行うにあたり、抽出木の本数には「計算区割り」の設定が強い影響を与えた。これは、計算区割りが樹頂点認識を行う際の識別範囲となるためである。そのため、抽出される樹頂点数は計算区割りを小さくすると多くなり、大きくすると減少した（表 2-13）。

表 2-13 計算区割りの設定による樹木抽出状況の比較

計算区割り	抽出本数	樹木抽出状況
0.4m	207	
0.5m	137	

計算区割り	抽出 本数	樹木抽出状況
0.6m	103	
0.7m	91	

計算区割りの推奨理論値は、以下の式であり、樹木間隔が 2.0m で、計算区割りは約 0.5m となる。

$$\text{推奨理論値} = \text{最小樹木間隔} / \sqrt{3}/2$$

通常のレーザ計測による森林資源解析の際に使用する DCHM と同じ間隔である 0.5m を計算区割りとして設定し、樹木の抽出を行った（表 2-13 2 段目）。

樹木抽出の結果、昨年度の現地調査により確認された調査プロット内の樹木は 21 本であったのに対し、AssistZ により抽出された樹木は 27 本、樹頂点抽出による結果は 20 本であった。このうち、AssistZ において抽出された 15 本、樹頂点抽出の 15 本が、昨年度結果より作成されたレーザ林相図と各々の樹頂点を重ねて確認した際に、現地調査で確認された樹頂点と一致していると考えられた（図 2-93）。現地樹木と一致する 15 本を以って、現地調査の結果と精度検証を行った。現地調査結果、および樹頂点抽出の結果、AssistZ による抽出の結果は、表 2-14 のようになっている。

なお、レーザ林相図、及び樹頂点抽出においては整列データを使うのに対し、AssistZ はランダムデータを使用している。そのため、樹頂点の位置に若干のズレが生じている。

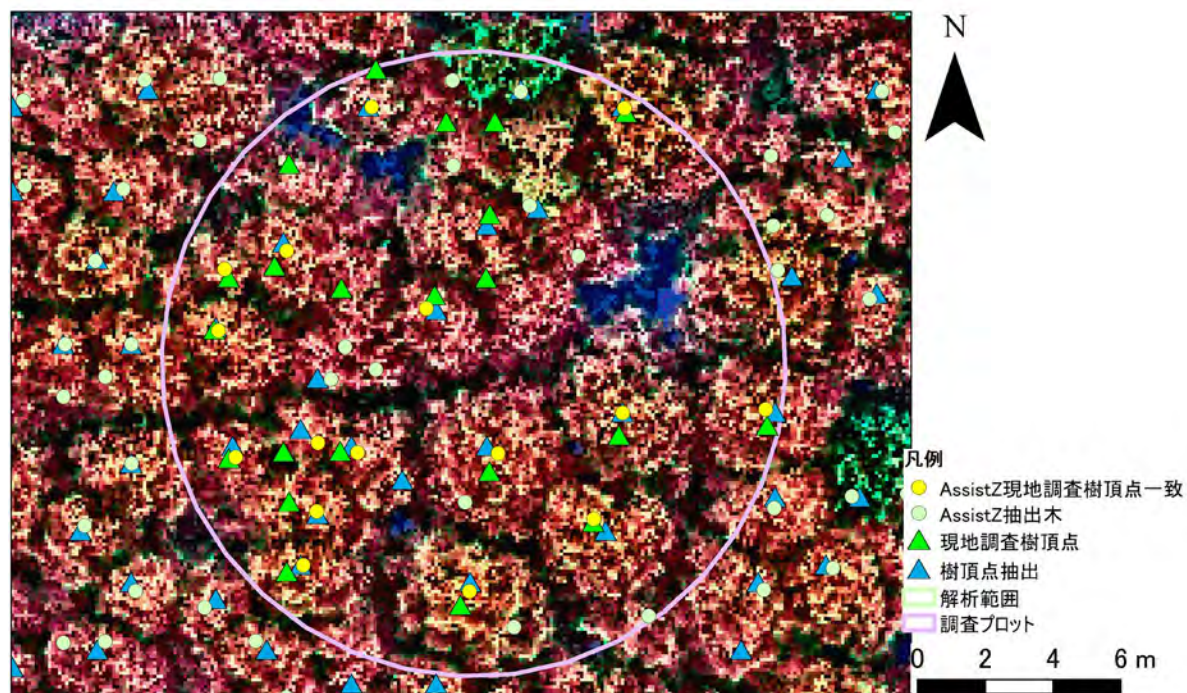


図 2-101 現地調査樹頂点、樹頂点抽出、AssistZ 抽出樹頂点の位置比較

表 2-14 現地調査計測値と樹頂点抽出、AssistZ 推定値の比較

	現地調査	樹頂点抽出	AssistZ
抽出本数	21 本	20 本	27 本
現地樹頂点一致本数	—	15 本	15 本
平均樹高	19.51m	20.59m	20.82m
平均胸高直径	28.24cm	28.01cm	32.09cm
合計材積	11.89m ³	9.83m ³	12.46m ³

(2) 樹高

AssistZ、および樹頂点抽出により算出された樹高は、現地樹高に対し高めに計測する傾向にあり（図 2-94）、AssistZ においては 0.8m 程度の誤差が生じると考えられる（表 2-15）。