

(4) 材積の精度検証

現地調査結果とUAVレーザ解析結果のプロット合計材積およびプロット平均の単木材積を比較した。その結果、合計材積では誤差率が8.4%、RMSEが1.53m³であり、平均単木材積では誤差率が8.7%、RMSEが0.10m³であった。上述した樹高および胸高直径もそうであるが、いずれも3調査区を合算した評価である。実用的には概ね妥当な推定結果と言えるが、調査プロットごとに見ると誤差率の違いがあり、同一林内における林相の違いをどのように評価・改善すべきか、今後さらにデータを蓄積して検討していく必要がある。

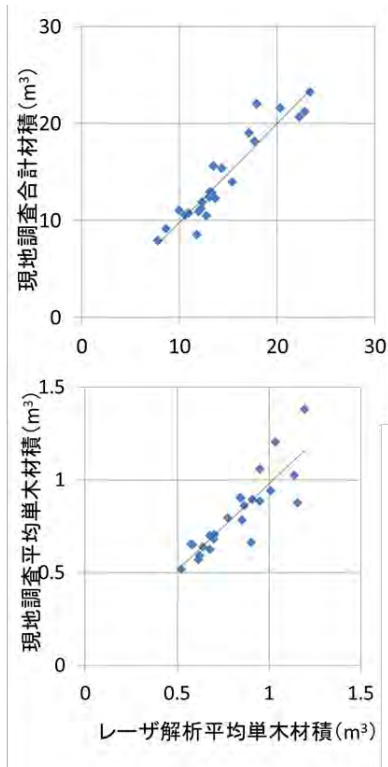


図3.7.4 材積の精度検証結果

表3.7.4 材積の精度検証結果

| Plot_ID | 現地調査 合計材積 (m ³) | レーザ解析 合計材積 (m ³) | 現地比 | 誤差率 | Plot_ID | 現地調査 平均単木材積 (m ³) | レーザ解析 平均単木材積 (m ³) | 現地比 | 誤差率 |
|---------|-----------------------------------|------------------------------------|------|------|---------|-------------------------------------|--------------------------------------|------|------|
| G01 | 10.5 | 12.7 | 121% | 21% | G01 | 0.88 | 1.16 | 132% | 32% |
| G02 | 12.5 | 13.0 | 105% | 5% | G02 | 0.59 | 0.62 | 105% | 5% |
| G03 | 12.0 | 12.3 | 103% | 3% | G03 | 0.57 | 0.62 | 108% | 8% |
| G04 | 11.1 | 9.9 | 90% | 10% | G04 | 0.65 | 0.59 | 90% | 10% |
| G05 | 8.6 | 11.7 | 136% | 36% | G05 | 0.66 | 0.90 | 136% | 36% |
| G06 | 8.0 | 7.8 | 97% | 3% | G06 | 0.80 | 0.78 | 97% | 3% |
| G07 | 11.3 | 12.2 | 108% | 8% | G07 | 0.63 | 0.68 | 108% | 8% |
| G08 | 12.9 | 13.3 | 103% | 3% | G08 | 0.68 | 0.70 | 103% | 3% |
| G09 | 13.0 | 13.1 | 101% | 1% | G09 | 0.52 | 0.52 | 101% | 1% |
| G10 | 10.6 | 10.5 | 99% | 1% | G10 | 0.71 | 0.70 | 99% | 1% |
| G21 | 20.7 | 22.2 | 107% | 7% | G21 | 0.94 | 1.01 | 107% | 7% |
| G22 | 21.2 | 22.8 | 107% | 7% | G22 | 0.89 | 0.95 | 107% | 7% |
| G23 | 23.3 | 23.3 | 100% | 0% | G23 | 0.86 | 0.86 | 100% | 0% |
| G24 | 21.6 | 20.3 | 94% | 6% | G24 | 0.90 | 0.85 | 94% | 6% |
| G25 | 19.1 | 17.1 | 90% | 10% | G25 | 1.06 | 0.95 | 90% | 10% |
| G26 | 14.0 | 15.4 | 110% | 10% | G26 | 0.64 | 0.64 | 101% | 1% |
| G27 | 18.2 | 17.7 | 97% | 3% | G27 | 0.70 | 0.68 | 97% | 3% |
| G31 | 15.4 | 14.3 | 93% | 7% | G31 | 0.91 | 0.84 | 93% | 7% |
| G32 | 15.7 | 13.4 | 86% | 14% | G32 | 1.20 | 1.03 | 86% | 14% |
| G33 | 10.8 | 10.9 | 101% | 1% | G33 | 0.90 | 0.91 | 101% | 1% |
| G34 | 22.1 | 17.9 | 81% | 19% | G34 | 1.38 | 1.19 | 86% | 14% |
| G35 | 12.3 | 13.6 | 111% | 11% | G35 | 1.03 | 1.14 | 111% | 11% |
| G36 | 9.2 | 8.6 | 94% | 6% | G36 | 0.66 | 0.57 | 88% | 12% |
| G37 | 11.0 | 11.9 | 109% | 9% | G37 | 0.78 | 0.85 | 109% | 9% |
| 平均 | 14.4 | 14.4 | | 8.4% | 平均 | 0.81 | 0.82 | | 8.7% |
| | | R | 0.94 | | | | R | 0.86 | |
| | | RMSE | 1.53 | | | | RMSE | 0.10 | |

(5) 対象区域内の全木データ

調査区1～3の全立木を対象に、樹高と胸高直径の散布図を作成した(図3.7.5)。本検証におけるUAVレーザ解析では、調査区1～3の樹高は15~28m、胸高直径は20~40cmの立木が多かった。3調査区はそれぞれ地形条件とともに林相にも違いが見られたため、樹高と胸高直径の関係もそうした違いを反映しているものと考えられる。

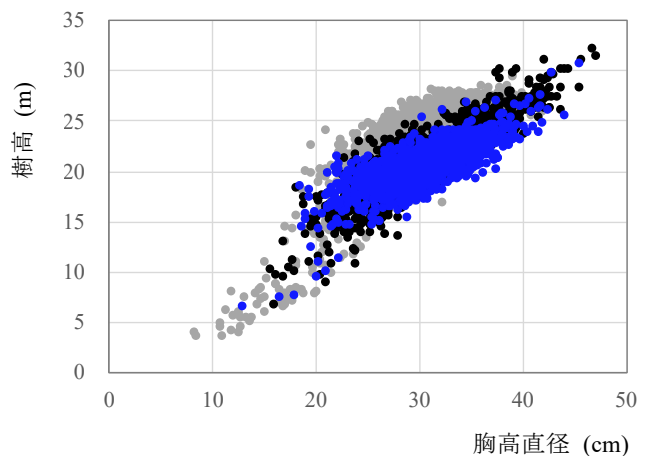


図3.7.5 調査区内全立木の樹高と胸高直径

●調査区1、●調査区2、●調査区3である。

3.8 収穫調査に向けた検討事項

(1) 収穫調査区域の設定

収穫調査における区域設定の考え方とその作業イメージを図 3.8.1 に示す。収穫調査復命書を作成するにあたっては区域設定が必要である。レーザ計測結果に区域を反映する方法としては、GIS 上で区域を設定する方法と、現地測量により座標値を取得して区域再現する方法が考えられる。その詳細については 4.6.3 項で述べることにし、ここでは割愛する。

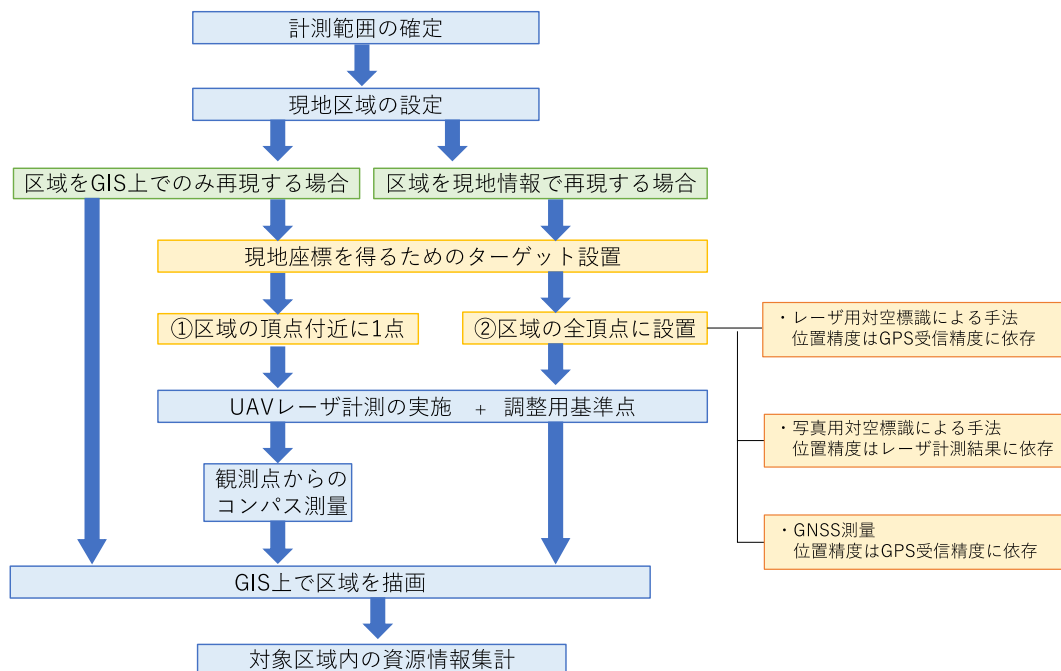


図 3.8.1 調査区域設定のフローチャート

(2) 収穫調査復命書への取りまとめ

本事業で実施した UAV レーザ計測では、主として立木調査手法を検討し、計測精度の観点から実用可能性を明らかにしてきた。その一方で、収穫調査では区域設定、実測図作成や位置図・基本図への挿入、立木調査野帳等、従来の収穫調査復命書に関する図書類の作成が求められる。現時点で、本手法によって取りまとめが可能な資料一覧を表 3.8.1 に示した。

新たな計測機材や調査手法の導入となった場合、それらの機材・手法によって出力されるデータ・情報は、従来の出力情報と往々にして異なるため、計測あるいは取りまとめデータの集約・出力方法については、今後、必要な調整を図っていく必要がある。

(3) 調査手法として課題

本事業で使用した UAV 機器は、レーザセンサを搭載可能な飛行性能を有し、またレーザセンサについても航空レーザ計測と同じ性能を発揮する機材であり、いずれも高性能機器であり、現状では高額であることは否定できない。ただ、UAV およびレーザセンサともにその性能の進化は著しく、今後、より簡便かつ低廉な機材に置き換えられていく可能性はある。

また現時点では、UAV レーザ計測の事例が少なく、森林計測技術としてさらなる作業効率の向上や計測精度の向上が図られていくことが予想される。収穫調査業務における計測コスト等の所要経費の評価については、今後の計測実績ならびに計測条件等の状況を踏まえた評価が必要と考えられる。

本調査法に係る作業工程についても、同様に、計測技術の向上や作業実績の状況等を勘案して評価

していくことになる。ただ、上空から広範囲の森林域を計測できることは、UAVレーザ計測の大きな利点であり、今後の技術的な進展によって、立木販売において一般に行われている毎木調査法（樹高標準地法）と比較して、有望な技術になっていくものと考えられる。

表 3.8.1 UAV レーザ解析データから作成できる資料

| 調査項目 | UAV レーザ計測結果 | | 備 考 |
|------------|-------------|------|--------------------|
| | 単木情報 | 地形情報 | |
| 収穫調査復命書 | 一部可 | | 区域表示や伐採木表示は現地調査による |
| 立木調査野帳 | 一部可 | | 材種以外の入力が可能 |
| 野帳本数集計表 | 一部可 | | 材種以外の入力が可能 |
| 樹高調査野帳 | 作成可 | | |
| 樹高平均曲線図 | 作成可 | | |
| 樹材種別一覧表 | 一部可 | | 材種以外の入力が可能 |
| 測量野帳 | | | 現地実測が必要 |
| 実測図 | | | |
| 位置図・基本図挿入図 | | 作成可 | GIS で位置図作成 |
| 更新計画書 | | 作成可 | |
| 更新計画図 | | 作成可 | |
| 搬出系統図 | | 作成可 | |
| 搬出関係調査票 | | 作成可 | |
| | | | |

4 既存の航空レーザ計測データの補正による立木調査

航空レーザ計測は、1回あたりの計測コストは大きいですが、計測面積の規模が大きくなるほど面積当たりの計測コストが低くなる。このため、一度に広範囲に計測を行い、取得データを後年度に補正して活用することでコストを抑えられる可能性がある。既存の航空レーザ計測データを活用して立木調査が実施できれば、作業効率の向上、所要コストの低減が期待できる。しかしながら、既存の航空レーザデータを活用するためには、計測当時と現在の森林状態の違い・成長差を如何に調整するかという問題が生じる。

そこで、計測時点との時間差を克服して既存の航空レーザデータを活用することを目的として、立木材積の算出及び経年変化した森林資源情報を推定するための補正方法を検討するとともに、その適合性等を評価して、その具体的な実施方法についてマニュアルを作成する。

4.1 使用データと調査地の確認

(1) 航空レーザ計測の概要

本業務では平成24年度に実施した「航空レーザ計測による森林及び下層植生の現況把握等の調査事業」で計測された伊豆森林管理署管内の航空レーザ計測データを使用した。計測当時の諸元について示す。

表 4.1 航空レーザ計測時の計測諸元

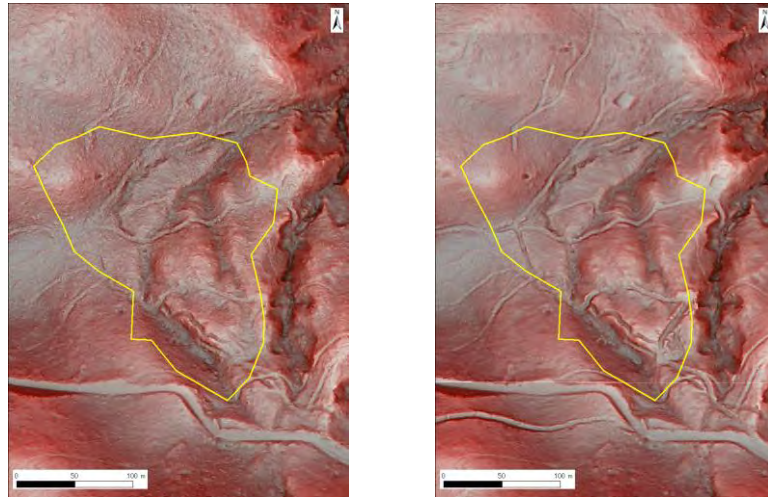
| 項目 | パラメータ設定値 |
|--------------------------|-----------|
| 飛行高度 (m) | 1800~2000 |
| 対地高度 (m) | 921~1482 |
| レーザ発射頻度 (kHz) | 70 |
| レーザスキャン頻度 (Hz) | 45 |
| レーザスキャン角 (°) | ±13 |
| 計測密度 (点/m ³) | 4 |
| コース数 | 22 |

(2) 既存の航空レーザ計測データ使用上の留意点

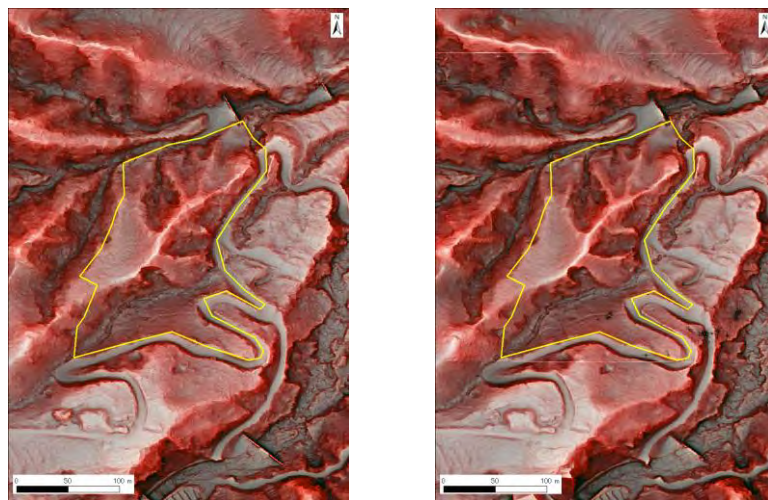
既存の航空レーザ計測データは過去の計測結果であるため、計測後に生じた自然災害による地形の変化や森林被害、伐採作業などの施業による森林資源情報の変化により、情報に齟齬が生じる。そのため既存レーザを使用する際には、計測時期から現在に至るまでの災害関連被害の有無や施業履歴を確認する必要がある。また現場に赴き目視または UAV による空中写真またはレーザ計測を活用した上空からの森林確認も必要と考えられる。

本業務で調査区とした3箇所は伐採などの人の手による変化はなかった。また UAV レーザ計測を実施したため、微地形表現図 (図 4.1) を作成することで地形変化の有無が確認できた。

調査区 1



調査区 2



調査区 3

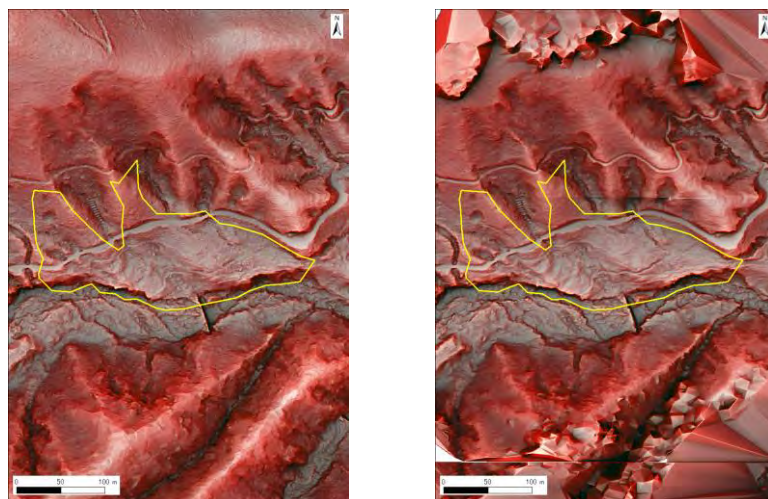


図 4.1 既存の航空レーザ解析（左）と UAV レーザ解析（右）による地形情報の比較