

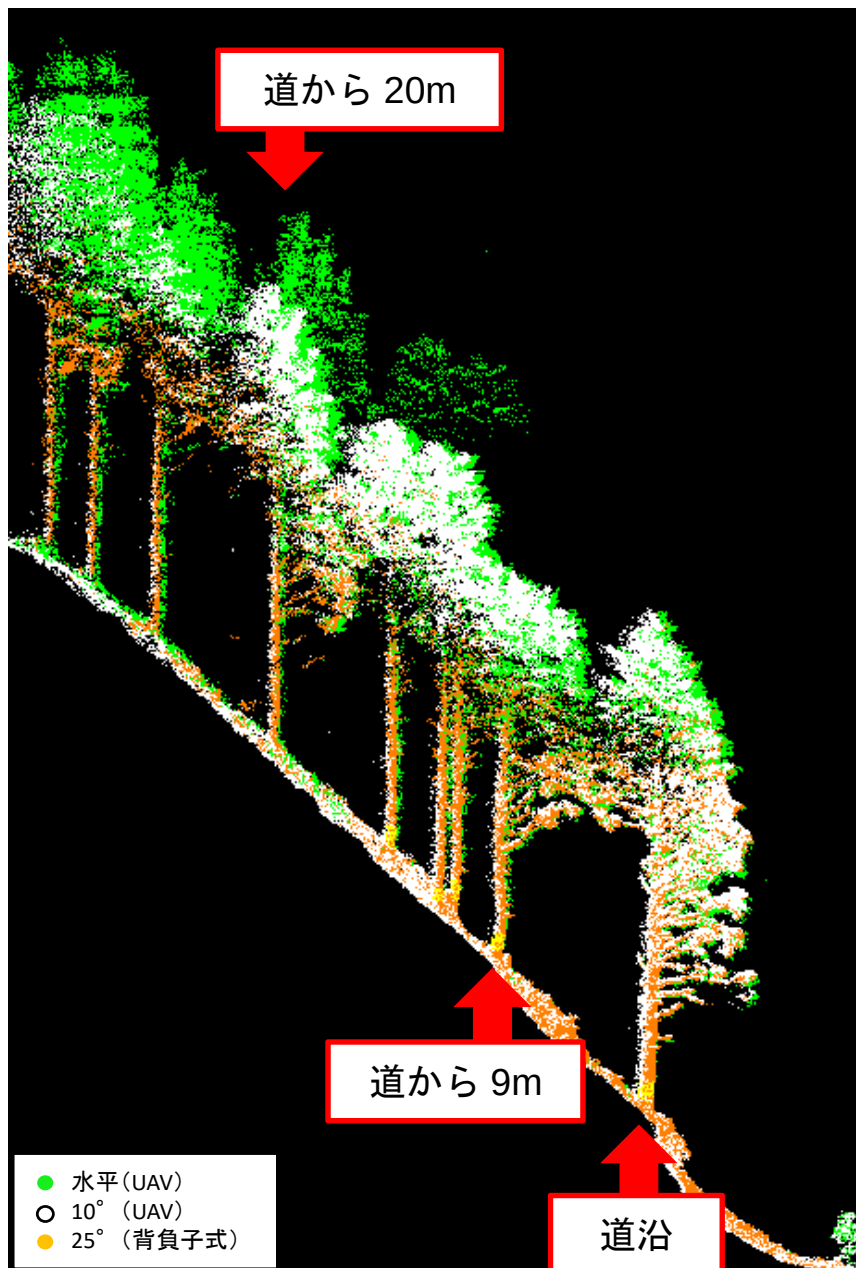


図 2-54 樹幹確認木

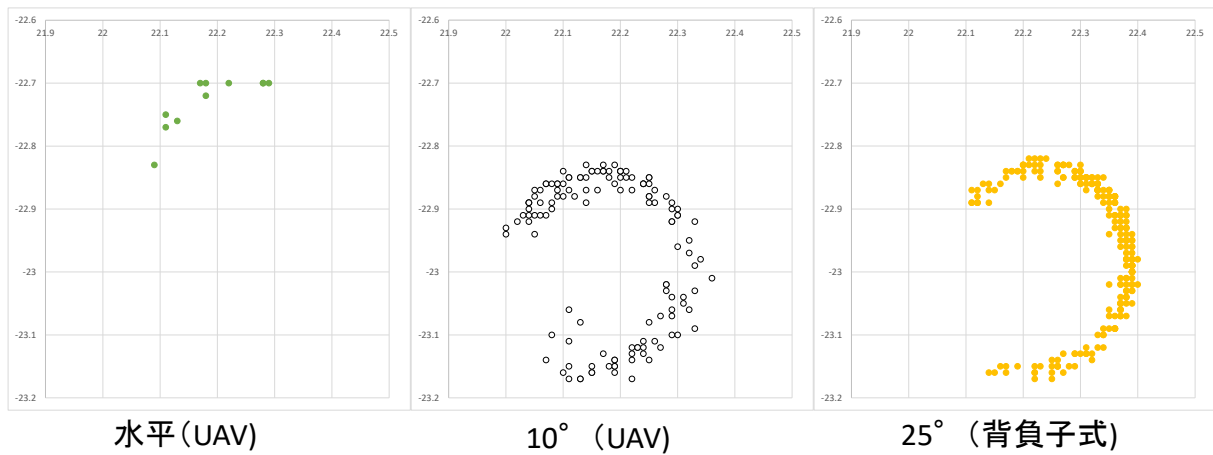


図 2-55 道沿 断面高 1.2m

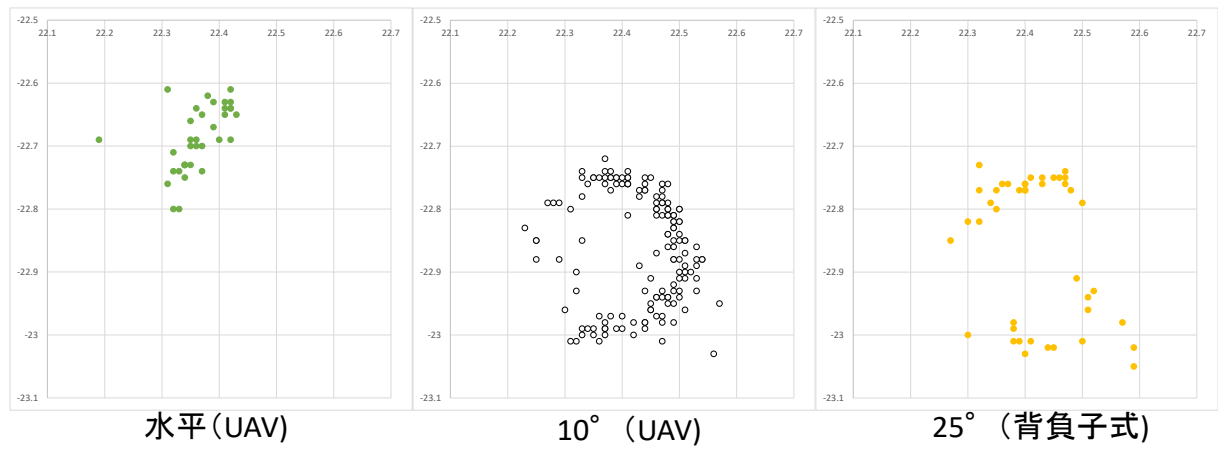


図 2-56 道沿 断面高 6.6m

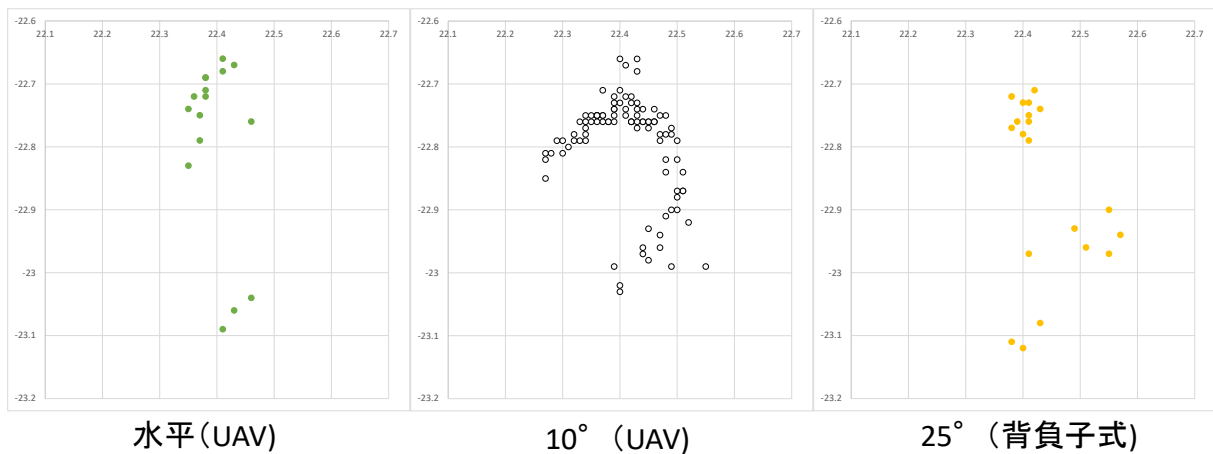


図 2-57 道沿い 断面高 8.7m

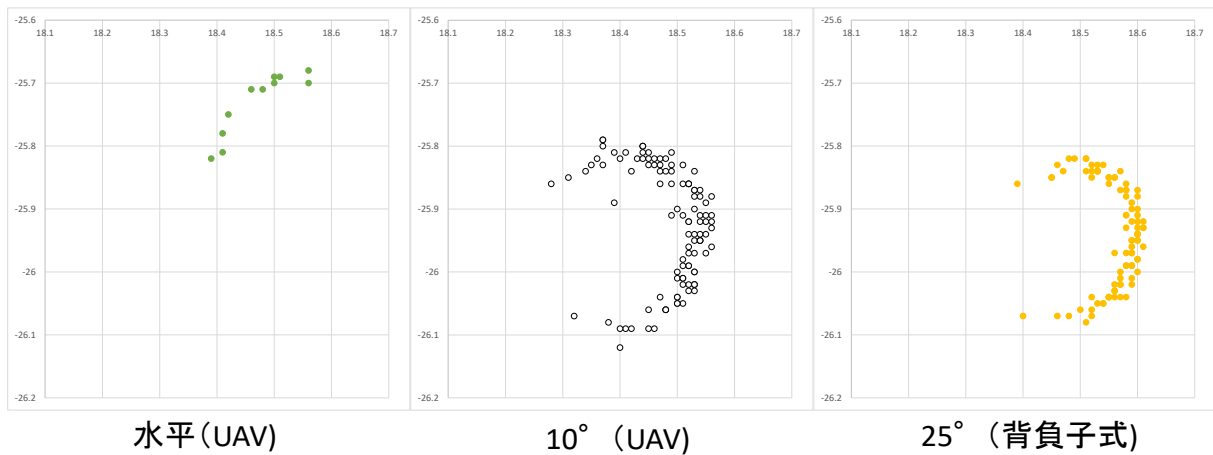


図 2-58 道から 9m 断面高 1.2m

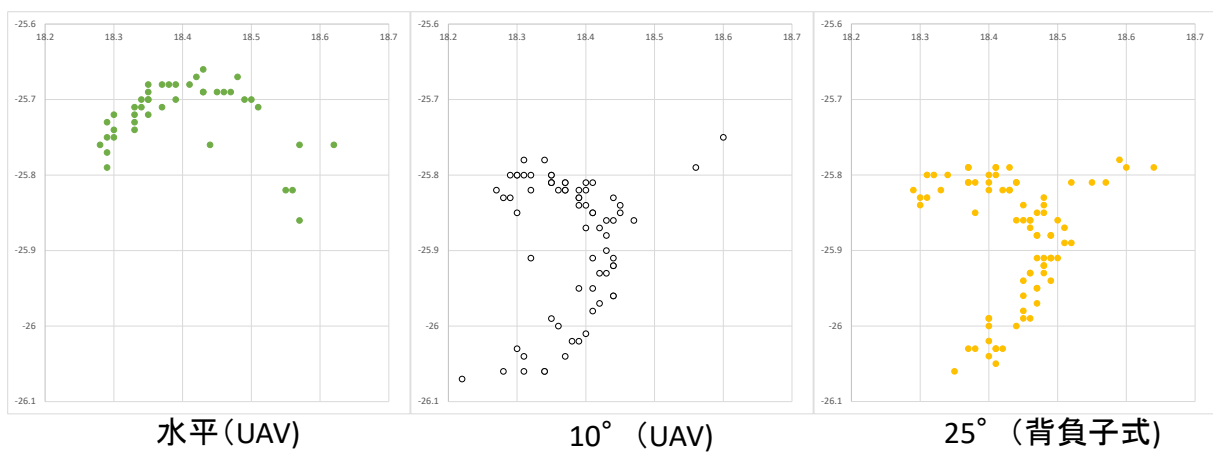


図 2-59 道から 9m 断面高 3.1m

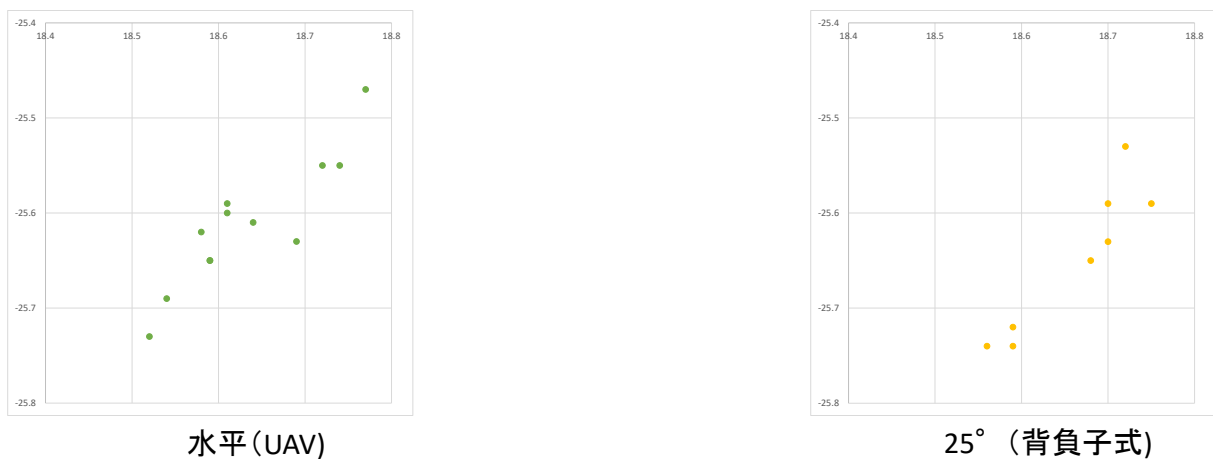


図 2-60 道から 9m 断面高 7.9m

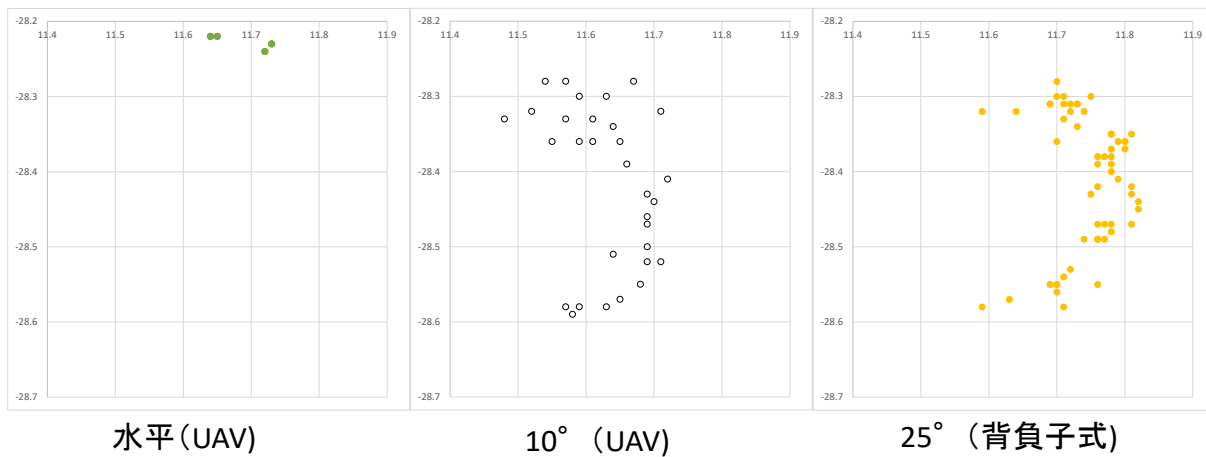


図 2-61 道から 20m 断面高 1.2m

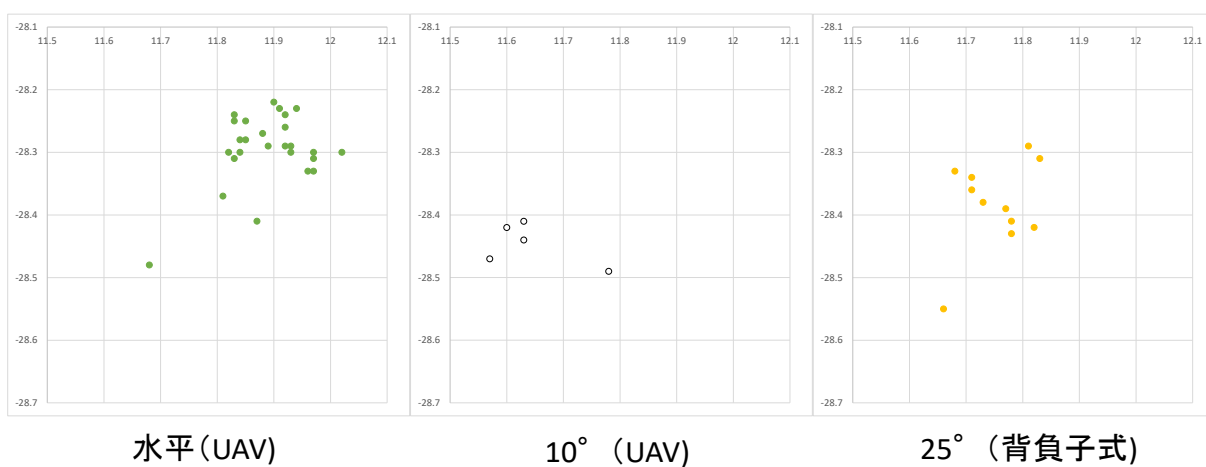


図 2-62 道から 20m 断面高 6.8m

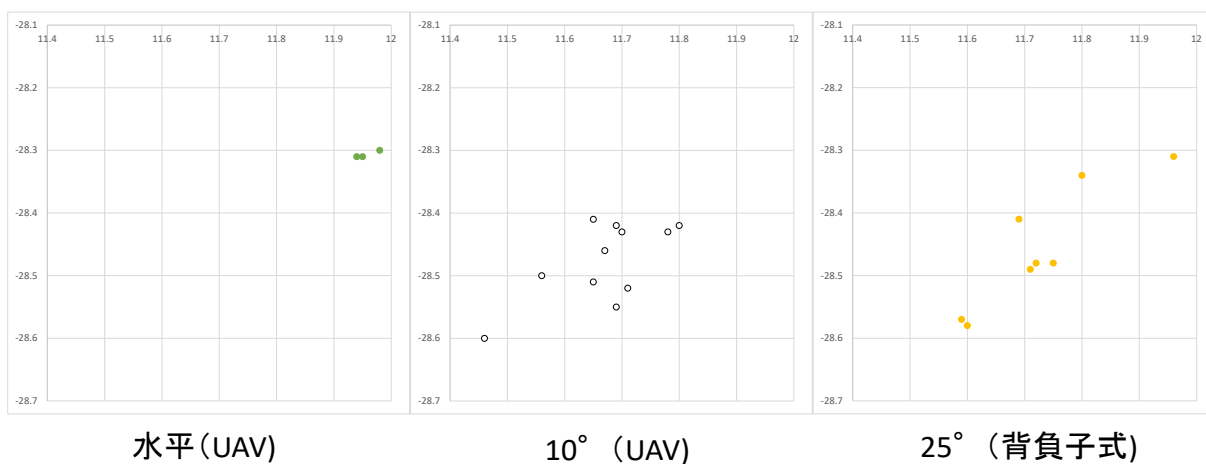


図 2-63 道から 20m 断面高 8.3m

2.3 下層植生の繁茂した箇所での林内飛行の UAV レーザ計測の有効性等の検証

レーザ計測により、樹幹などの林内の状況の情報と取得するためには、これまで、三脚や一脚、背負子式などの地上レーザ計測による手法が一般的であった。レーザ計測機器を人が携行するため、計測効率や人が行きにくい場所におけるデータ取得に限界があった。そこで、昨年度、新たな手法として、UAV にレーザ機器を搭載し林内の飛行・計測の実証を行った。本業務においては林内飛行を下層植生の繁茂した箇所での林内飛行の UAV レーザ計測し、有効性を検証した。

2.3.1 事前調査

林内 UAV を下層植生の繁茂した箇所を実施するにあたり、森林の状況を確認した。事前に現場の状況に精通している和歌山森林管理署より、過去に列状間伐と、架線集材を実施した 50 林班を候補地が挙げた。事前調査により、以下の項目について確認し、計測地を決定した。

- ・調査地までのアクセス
- ・下層植生の繁茂状況
- ・視通
- ・樹木間隔

調査地までのアクセスでは車両が通行できることを確認した。UAV による計測実施時には、UAV とレーザ計測機器、PC など関連する機材の運搬が必要である。そのため、バンタイプのような大きさの車両が通行できる林道が必要である。

下層植生は繁茂している箇所を選点したが、枝下との間に、UAV が飛行可能な空間があることを確認した。

視通は林内を飛行する際に、進行方向を変えると落下のリスクが高くなるため、視通が確保できる箇所での飛行することとした。

樹木間隔は 2m 以上離れており、飛行コースを確保できることを確認した。下層植生の繁茂状況では、下層植生と枝下に空間があり、林内 UAV が飛行できることを確認した。

現地踏査により、計測を検討した箇所を図 2-56 に示す。昨年度業務において林内 UAV を実施した箇所は樹木の間隔も広く、下層植生と枝下の間も十分に間隔があいているため、計測は容易であると考えられた。次に、架線集材を行った跡は、直線状に一定幅の空間が奥まで広がっており、林内の奥まで計測が可能であった（図 2-56 上段中央）。図 2-56 上段右の地点では、林内に UAV が飛行可能な幅の空間は存在したが、一部狭くなっていた。

図 2-56 下段の箇所においては、枝下と下層植生の間に十分な空間があったが、林内に未到達木が存在していたほか、樹木の間隔が途中で狭くなり、林内奥までの計測は困難であった。また、林道斜面上の林分では、下層植生が斜面下よりも発達しており、斜面下側に位置する林道から林内の視通は困難であった。

いずれの検討箇所においても作業道上から林内へと入ることはできても、林内への進入方向から外れて、林内を移動できる樹木間隔の開けた空間はなかった。また、急傾斜、かつ斜面下部に

行くほど斜面上部の下層植生により視界が遮られることから、林道上から樹木・下層植生の合間を縫い、林内を飛行する UAV を視通するのは困難であるとみられた。



図 2-64 現地検討箇所の様子

2.3.2 計測計画

本業務において調査対象となった地点は作業道沿いの小班であり、図 2-57 のように作業道もしくは林道を回り、林内で通れる箇所で元の位置に戻ってくるような飛行ルートを、当初は検討していた。

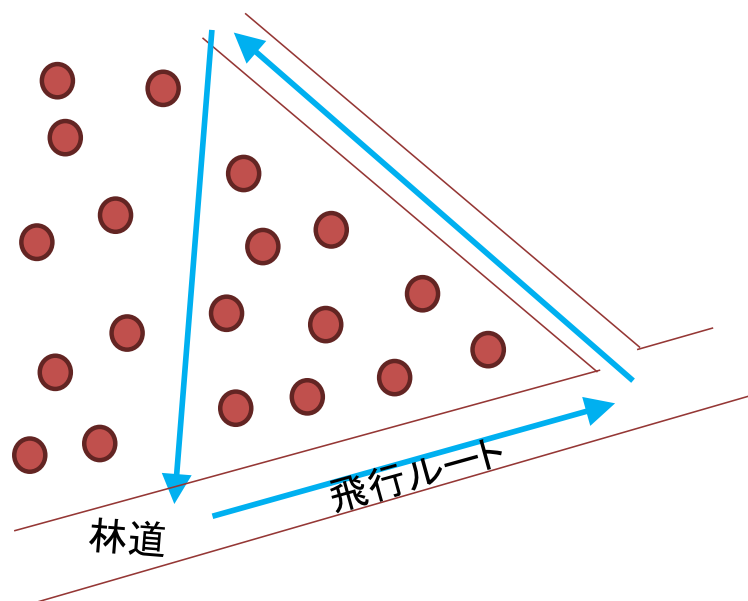


図 2-65 林地を囲うように計測する場合

しかし、現地調査を実施したところ、図 2-57 のように林道もしくは作業道から林内へ入り、また林道・作業道上へと戻ることが可能な空間が林内に存在しないことが分かった。このことから、図 2-58 のように、林道から林内へ侵入し、また林道に戻った後、別の地点から林内へと入る飛行ルートにより、計測を実施することとした。

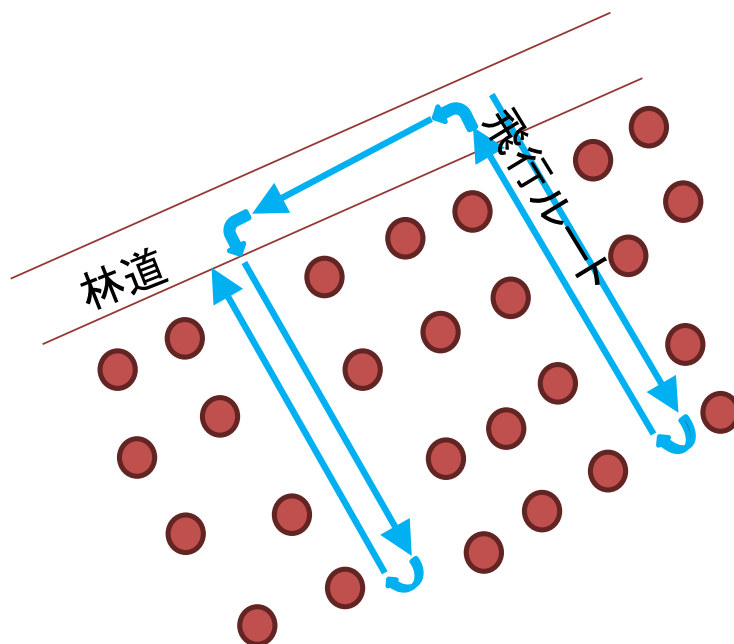


図 2-66 林地に突っ込んで計測する場合

(1) 計測緒元

機材は 2.2 林道・作業道からの UAV レーザ計測の効率性・有効性等の検証と同じ機材を使用した。ただし、林内を飛行するため、プロペラガードを取り付けたため、機器の大きさは 10cm 程大きくなった。



図 2-67 使用した機器

(2) 飛行ルート

飛行ルートについて、図 2-60 の①のように一度林内への侵入口の間を飛行してから林内へと入り、計測するルートとした。林内への侵入口の間を飛ぶ際には、梢端付近（飛行高度 15m）を飛ぶことで、林内からの計測ではデータ取得が困難であると考えられる樹木の上部のデータを取得した。

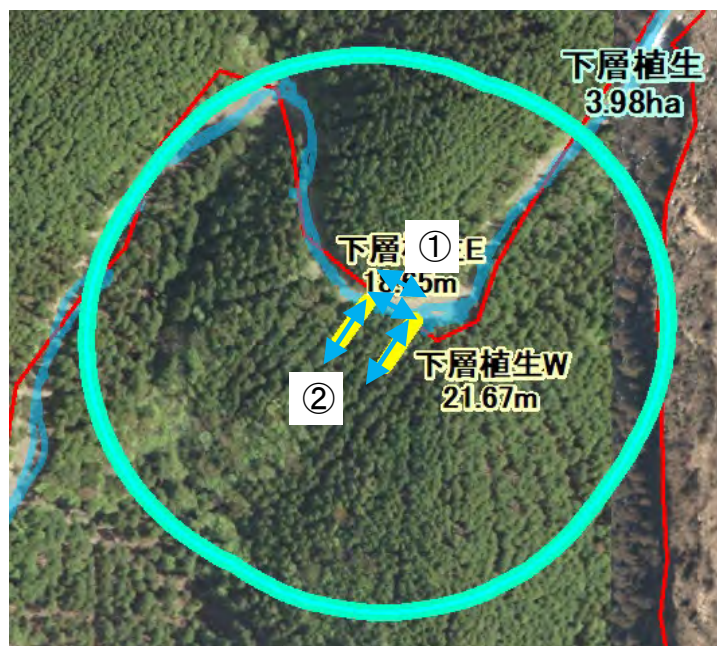


図 2-68 50 林班 飛行ルート

2.3.3 林内飛行の UAV レーザ計測

(1) 飛行ルート

林内へ侵入する前に、林内への侵入口の間を 1 往復してから林内へと入り、計測を行った。その際、侵入口の間を計測する際には飛行高度 15m、林内の計測を行う際には飛行高度 1.5~2m として、計測を行った（図 2-61）。また、計測距離は 169.2m となった（表 2-6）。

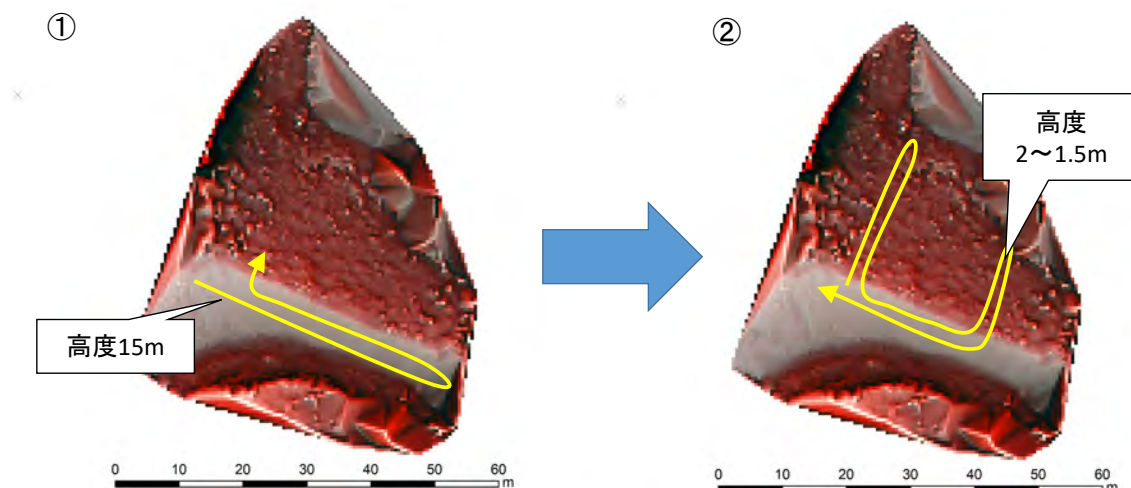


図 2-69 飛行ルート

表 2-6 50 林班計測距離

	往路 (m)	往復 (m)
林内 UAV（下層植生繁茂下） 計測 1 回目	169.2	—

(2) 功程調査

功程調査の結果を表 2-7 に示す。1、2 回目ともにオペレータによる手動の操作であり、1 回目の飛行では、林内への侵入口間を一度飛行してから林内の計測を行った。

林道・作業道からの計測とは異なり、本計測では UAV は斜面に沿って林内を移動するため樹木の下部まで計測が可能である。そのため、レーザスキャン角の変更は行っていない。

林道とは異なり、下層植生の繁茂した林内へ入っての計測となるため、事前に飛行コースの確認を行った。

表 2-6、表 2-7 より UAV の飛行速度は 0.40m/秒であり、1~2m/秒の飛行速度であった、林道・作業道上での飛行速度に比べて遅かった。これは、林道・作業道上は UAV の進行方向に障害物がないのに対し、林内飛行については下層植生、未到達木などが存在しており、接触を回避するために飛行速度を落とす必要があることによる。また、林内へ入るにあたり、林内への侵入口間を 1 往復しているほか、楕型の飛行ルートを取っているため、計測距離に対して計測面積は小さくなる。そのため、林道からの計測と比較すると、計測効率は低下するものと考えられる。

林内飛行による計測を行う場合、立木位置、下層植生の高さ、枝下高、及び未到達木（樹冠の高さが周囲の立木よりも低い立木）の存在は、林内に侵入可能な距離、計測範囲、飛行速度に影響を与え、作業効率を変化させる要因となる。

林内 UAV による計測は、林内への進入できる距離によっては林道・作業道からの計測では取得できない斜面下部の樹木の情報を取得することが可能となる。一方で、下層植生、未到達木の存在に配慮した飛行高度・速度の決定を操縦者が林内の外からの視認により決定しなければならない。立木等に支障するリスクが大きいため、操縦者への負担は大きく、計測の難易度も高い。

表 2-7 功程調査表（下層植生のある林内飛行）

作業開始時間	作業内容	作業時間	備考
00:00 (10:19)	組み立て時間	6	配線、バッテリー
00:06	飛行コース確認	3	
00:09	アルコールチェック	8	
00:17	飛行 1 回目	7	
00:24	データダウンロード	17	計測したレーザデータの確認
00:41	バッテリー交換	9	
00:50	飛行 2 回目	5	
00:55	データダウンロード	16	レーザデータの確認
01:11	バッテリー交換・データ確認	6	
01:17	片付け	6	



図 2-70 林内 UAV の準備状況



図 2-71 林内 UAV の飛行状況

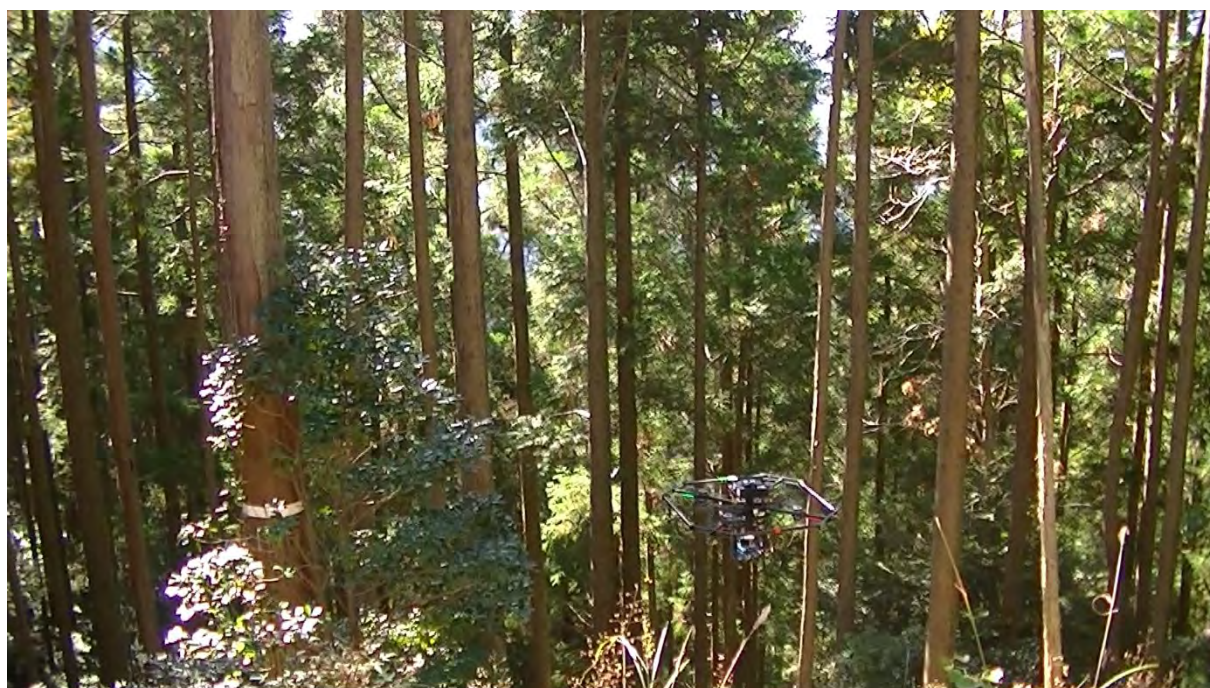


図 2-72 下層植生の繁茂した林内における UAV 飛行の様子



図 2-73 データ取得の確認画面

2.3.4 点群の取得状況

地盤の取得状況、樹木全体の取得状況、樹幹の取得状況を確認した。地盤と樹木全体の計測状況により、樹高や樹木位置の解析可否を判断し、樹幹の取得状況より、胸高直径や矢高、細りの解析可否を判断した。

(1) 地盤の取得状況（50 林班）

地盤面に照射された点群より、赤色立体地図を作成し、レーザ計測した面積を GIS 上で計測した（図 2-66）。面積は 0.19ha であり、飛行したコースから 10～15m 程までの計測となった。また、1m 四方での点群密度を確認すると、点群が取得できている範囲は 1.14ha であるが、点群密度が高い箇所でのみ地盤が取れていることがわかる（図 2-67）。



図 2-74 赤色立体地図（50 林班）

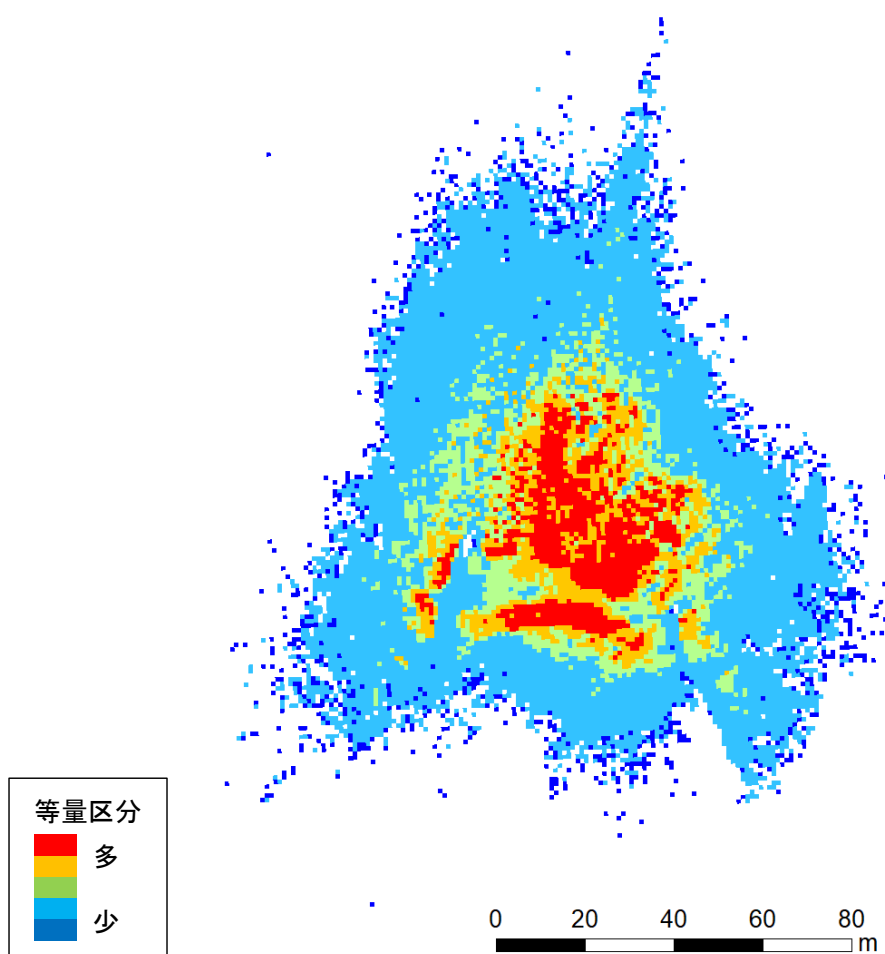


图 2-75 点群密度