
令和 3 年度
森林資源情報整備技術実証等事業（国有林）

報 告 書

令和 4 年 3 月

林野庁

目次

1. 業務概要	1
1.1 業務目的	1
1.2 業務期間	1
1.3 業務項目	1
1.4 業務内容	2
1.5 業務範囲	3
1.6 成果品	4
2. ICT を活用した森林資源情報の整備技術の実証	5
2.1 実証概要	5
2.2 林内 UAV レーザ計測データの精度検証	8
2.2.1 上空レーザ計測	8
2.2.2 毎木調査	20
2.2.3 林内、上空レーザ解析データ検証	23
2.2.4 検証結果のまとめ	65
2.2.5 総合考察	66
2.3 委員の意見聴取	70
2.4 民有林関係者への情報提供	72
3. 広葉樹林分における調査手法の整理・分析	73
3.1 既往の研究成果の収集・整理・分析	73
3.1.1 各計測技術の整理	73
3.1.2 広葉樹林分における調査手法に関する文献調査	75
3.1.3 成果のまとめ	98
3.1.4 今後の課題	99
3.2 委員の意見聴取	99

1. 業務概要

1.1 業務目的

戦後造林した人工林が本格的な利用期を迎える中、豊富な森林資源を循環利用しつつ、森林・林業の持続的な発展と公益的機能の発揮を図ることが重要である。

このため、平成29年度から地域の豊富な森林資源から得られる利益を最大化、最適に分配して山元へ還元することにより、国産材の安定供給を実現することを目指し、川上から川下までの地域の関係者が連携して共通のビジョンを掲げて取り組む地域を「林業成長産業化地域」として指定し、ソフト・ハード両面での重点的な支援をする「林業成長産業化地域創出モデル事業」が進められたところである。

このような中、国有林は、我が国最大の森林所有者であるとともに、木材供給量は国産材の2割を占めていることから、木材の供給主体として、地域の林業成長産業化に積極的に貢献することが求められている。特に需給に応じた木材の安定供給の実現には、森林資源情報の正確な把握と供給サイドのみならず、資源を活用する需要サイドへと、適時、適切に共有できるシステムを構築していく必要がある。

また、林業成長産業化地域の中には、地域の広葉樹材活用に取り組んでいる地域があるが、一方で、広葉樹林については、針葉樹人工林のような施業の取扱いや資源量把握手法が十分に検討・整理されているとは言い難いところである。

このため、本事業では、林業成長産業化地域の国有林において、効率的な資源管理や木材生産に必要となるICTを活用した森林資源情報の整備技術等を実証し、その成果について地域内の関係者と共有するとともに、広葉樹林分における調査手法の整理・分析を行うことを目的とする。

1.2 業務期間

自) 令和3年10月21日

至) 令和4年3月11日

1.3 業務項目

- (1) 計画準備
- (2) ICTを活用した森林資源情報の整備技術の実証
 - ① 林内UAVレーザ計測データの精度検証
 - (ア) 上空レーザ計測
 - (イ) 毎木調査
 - (ウ) 林内、上空レーザ解析データ検証
 - (エ) 委員の意見聴取
 - ② 民有林関係者への情報提供
- (3) 広葉樹林分における調査手法の整理・分析
 - ① 既往の研究成果の収集・整理・分析
 - ② 委員の意見聴取
- (4) 報告書の作成

1.4 業務内容

本業務の業務フローを図 1.1に示す。

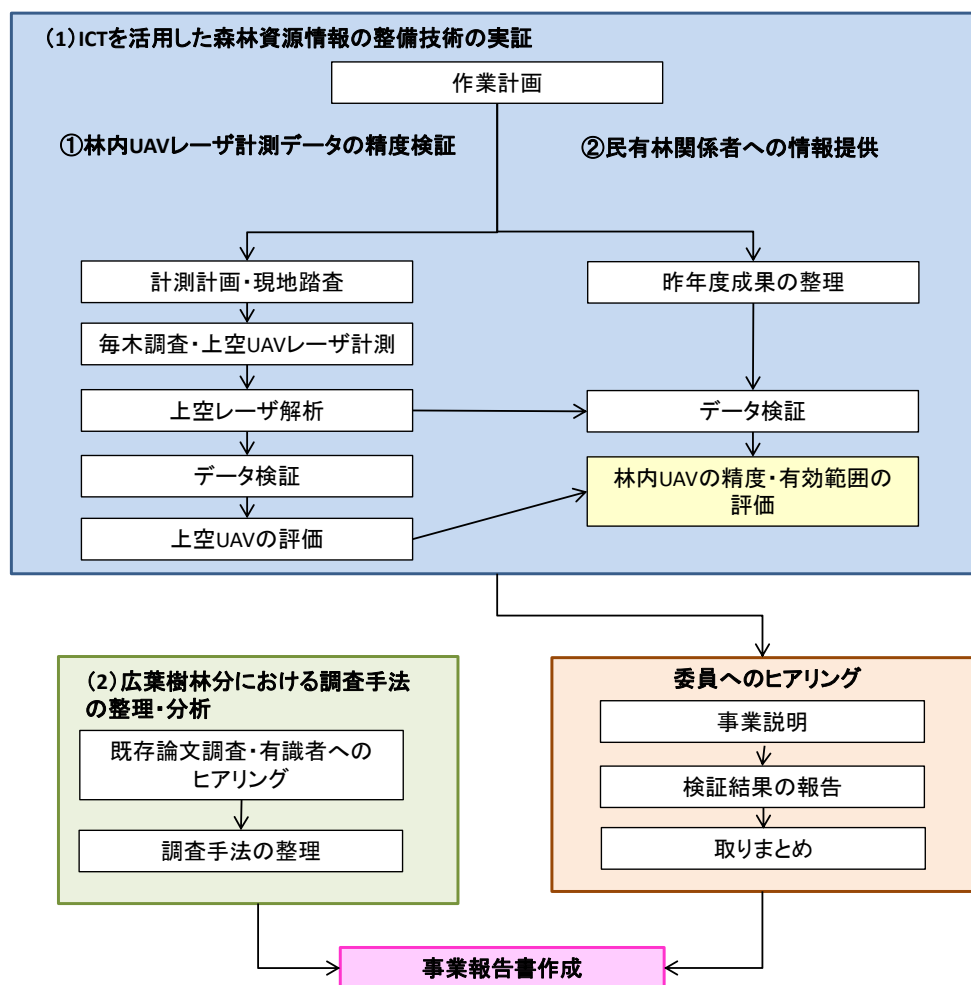


図 1.1 業務フロー

1.5 業務範囲

和歌山県日高川町西ノ河国有林を本業務の調査対象とした。業務範囲を図 1.2 に示す。

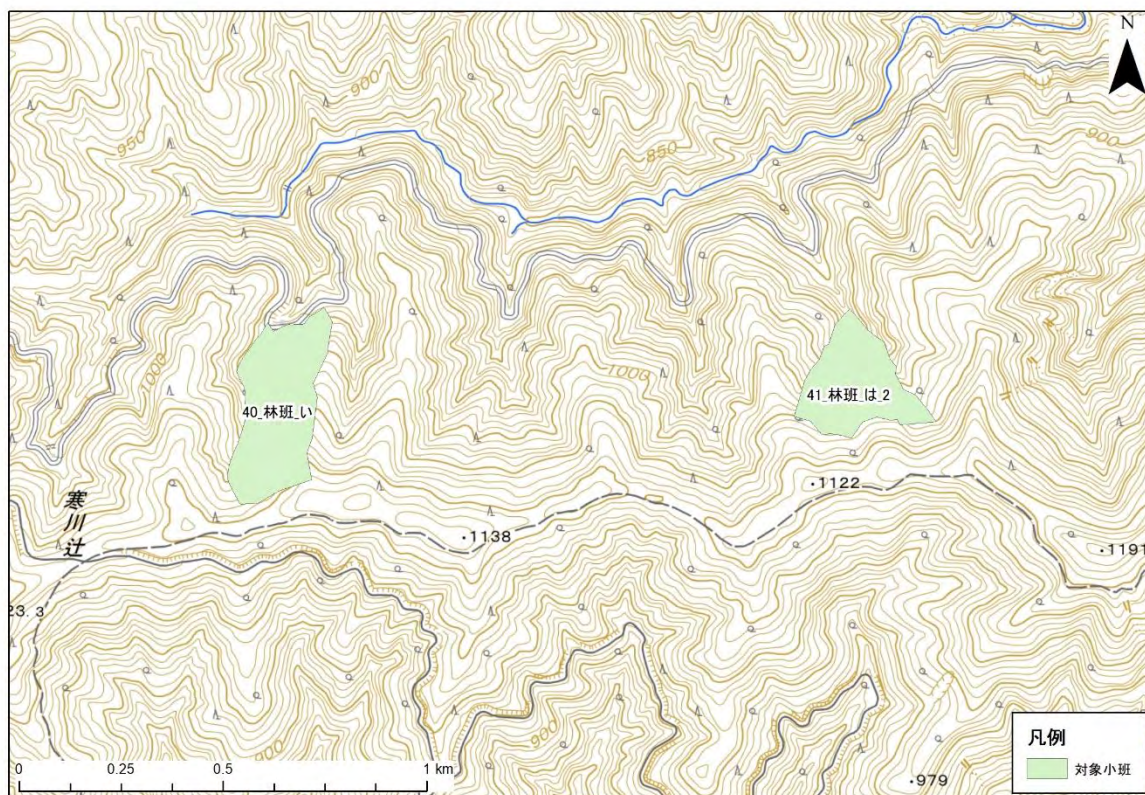


図 1.2 業務対象範囲
(上：全体図、下：拡大図)

表 1-1 業務範囲周辺林小班情報（森林調査簿）

林班	小班	樹種 1	林齢 1	樹種 2	林齢 2	樹種 3	林齢 3	面積
40	い	スギ	49	ヒノキ	49	—	—	7.84
41	は-02	ヒノキ	43	スギ	43	—	—	5.64

1.6 成果品

本業務の成果品は以下の通りである。

事業報告書	50 部
電子データ(HDD)	2 部

1. ICT を活用した森林資源情報の整備技術の実証

(1) 林内 UAV レーザ計測データの精度検証

(ア) 上空レーザ計測

- ・計測計画（PDF 形式）
- ・レーザデータ（LAS 形式、txt 形式）
- ・オルソ画像（tiff 形式）
- ・赤色立体地図（tiff 形式）

(イ) 毎木調査

- ・現地調査票（PDF 形式）
- ・調査写真（jpeg 形式）

(ウ) 林内、上空レーザ解析データ検証

- ・森林資源情報（SHP 形式、もしくは csv 形式）

(2) 民有林関係者への情報提供

- ・情報提供資料（PDF 形式等）

2. 広葉樹林分における調査手法の整理・分析

(1) 既往の研究成果の収集・整理

- ・収集資料（PDF 形式等）

3. 委員の意見聴取記録（PDF 形式）

4. 事業報告書（WORD 形式、PDF 形式）

2. ICT を活用した森林資源情報の整備技術の実証

2.1 実証概要

本事業においては、最新の ICT を活用した精度の高い森林資源情報を把握する技術実証として、UAV レーザ計測による森林資源情報の取得を行い、地上レーザスキャナ等他の手法と比較し、計測の効率性・精度等の検証を行った。

近年、森林資源情報を得るために現地調査に代わり、リモートセンシング技術の利用が盛んになっており、現地調査の省力化や森林資源情報をデジタル化した効率的な森林管理などの、林業経営における変革期となっている。そのため、新たな技術による森林資源情報整備の実証を行い、用途に応じたリモートセンシング技術の利用を広く普及する必要がある。

本事業で実施した UAV レーザ計測については、「高精度な森林情報の整備・活用のためのリモートセンシング技術やその利用方法等に関する手引き（平成 30 年度、林野庁）」（以下、リモートセンシング手引き）によれば、森林資源量、路網等の森林情報を取得するリモートセンシング技術は取得できるデータの広さとその利用用途により大きく基盤データと補完データの 2 つに分類することができるとされており、UAV レーザは補完データに分類される（図 2-1）。補完データは、基盤データが数千 ha をカバーする情報であるのに対して、局所的かつ高精度なデータである。また、使用するセンサにより光学センサとレーザセンサの 2 種類に分けられる。使用するセンサでは取得できるデータの違いを示す。

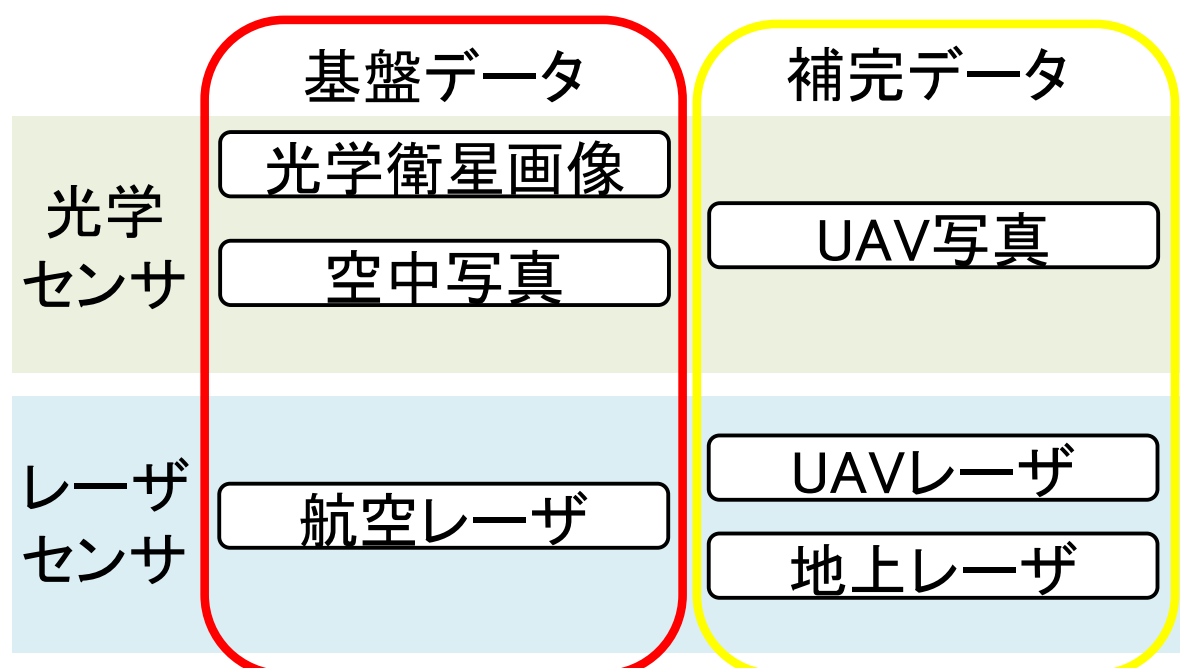


図 2.1 森林計測でのリモートセンシング技術の分類（「リモートセンシング手引き」より引用）

センサを搭載する機器（プラットフォーム）には、衛星、固定翼や回転翼といった航空機、UAV といった上空から計測を行うもの、車両や三脚等の地上から計測を行うものがある。一般的には、高高度から計測を行うことで、広範囲のデータを取得でき、低高度の場合にはデータ取

得範囲は小面積になるが、より高精度なデータが取得可能である（図 2-2）。UAV による計測は、計測面積こそ航空機に比べれば小さくなるが、地上レーザのような細かいデータ密度での計測が可能となる。

基盤データである、空中写真や航空レーザ計測では、広範囲を計測するために航空機を用い、主に測量業者が計測・処理・解析を実施している。一方で、補完データである、写真や地上レーザ計測は、基盤データの更新、高精度化のために、不特定多数が関わる。そのため、計測、及び解析をできるだけ簡易に行える必要がある。リモートセンシングの技術を適正に利用できるように地上レーザ計測や UAV レーザ計測により森林資源整備技術の実証を行った。

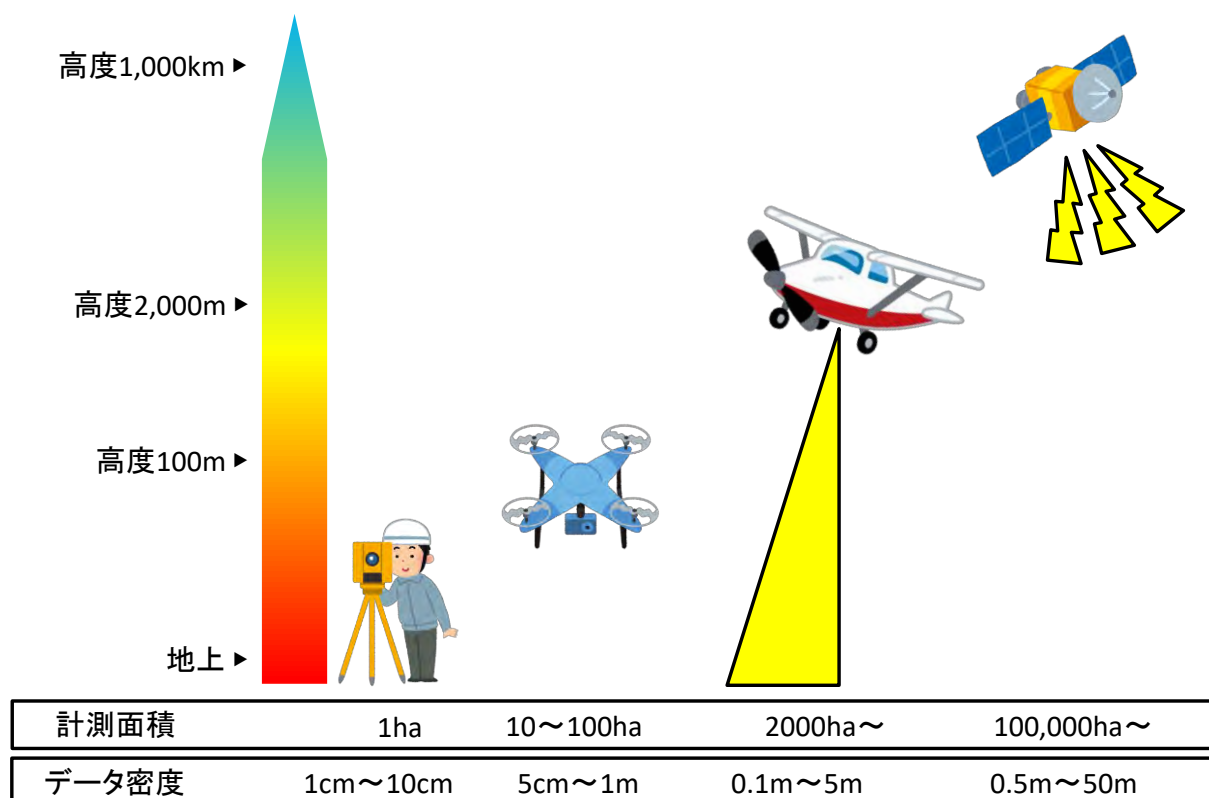


図 2.2 プラットフォームの比較（「リモートセンシング手引き」より引用）

これまでの実証事業の経緯を図 2.3 に示す。

平成 29・30 年度の森林資源情報整備技術実証事業においては、2 種類の地上レーザ（一脚式、背負子式）による森林資源情報取得の実証を行った。単木ごと樹幹形状の計測、3D モデルによる資源情報の可視化といった利点が確認された一方、1 回当たりの計測可能な面積や現地の下層植生が計測精度に与える影響といった点で課題が見られた。また、人が林内に入り、準備作業や計測作業を行うといった点では従来の調査から変わらないものであり、その点については、さらなる効率化が求められるところである。

令和元年度の森林資源情報整備技術実証事業においては、非 GNSS 環境下でも UAV 飛行が可能な技術を用いて、UAV レーザ計測による林内飛行の実現ができた。しかし、現在の技術は森林や地形の状況により計測可能な箇所が限定されることがわかった。また、令和 2 年度は林道・作業道からの林内 UAV レーザ計測及び下層植生の繁茂した箇所での林内レーザ計測を実施

し、計測した点群の取得状況を確認しながら、UAV レーザ計測による森林資源情報の取得についての効率性や精度等、その可能性についての検証を行った。

本年度事業においては、UAV レーザを活用したより効率的な森林資源情報を把握する技術実証および精度検証として、現地調査及び上空レーザ計測による解析結果との比較を行い、その精度検証を行った。

本業務の実施にあたり、業務の目的及び趣旨を十分に理解したうえで、適切な工程計画・使用機器・技術者の配置などを立案し、関係機関への手続きなどを行った。

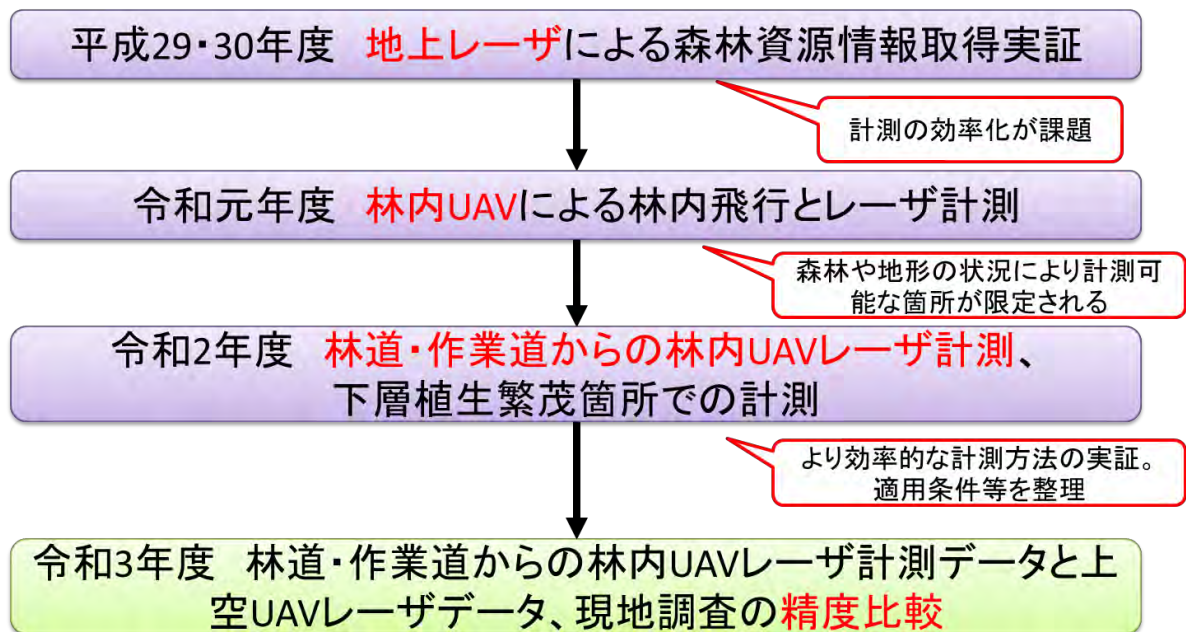


図 2.3 これまでの実証事業の経緯

2.2 林内 UAV レーザ計測データの精度検証

令和 2 年度の事業においては、和歌山県日高川町西ノ河国有林で UAV レーザを活用したより効率的な森林資源情報を把握する技術実証及び精度検証として、林道・作業道からの林内 UAV レーザ計測（40 林班・41 林班）及び下層植生の繁茂した箇所での林内レーザ計測（50 林班）を実施した。

本年度業務では、令和 2 年度事業で計測した箇所のうち 2 か所（40 林班・41 林班）で上空レーザ計測を実施し森林資源解析を行った。なお、50 林班については、昨年度の調査以降に間伐作業が実施されたことから、本年度の調査対象から除外した。

また、同箇所では現地調査を行い、現地毎木調査結果、上空レーザ解析結果、令和 2 年度事業の林内 UAV レーザ計測データの比較を行った。

検討結果については有識者へのヒアリングにより意見を聴取した。また、これまでの成果と合わせ、解析結果について林業成長産業化地域内の民有林関係者に情報提供を行った。

2.2.1 上空レーザ計測

計測諸元より、計測効率や計測範囲を考慮し、計測計画を立案した。飛行ルート、飛行高度、レーザスキャン角について検討を行った。

(1) 計測諸元

UAV の計測に使用した機材等の諸元を表 2-1 に示す。計測密度は 100 点/m²以上とし、樹頂点の本数抽出や樹高計測に十分な計測データとなるようにした。

また、表 2-1 表 2-2 及び、図 2.4～図 2.6 に使用した機器関係の仕様を示す。

表 2-1 計測諸元

項目	計測諸元
使用機体	X-F1-Pro
使用レーザ	VUX-1
対地高度	100 m
飛行速度	3.5 m/s
コース間重複度	60 %
レーザ発射頻度	550 khz
レーザスキャン角	90°
要求点密度（単コース）	230 点/m ²

表 2-2 UAV 関係機器一覧表

名称	主な仕様	数量	単位	備考
UAV レーザ用 機体	名称：X-F1-PRO 寸法：全幅 1,957 mm / 全高 660 mm 機体重量：約 13 kg 最大離陸重量：約 24 kg 連続飛行時間：約 15 分 使用バッテリー：Lipo 6S / 22.2 V / 16,000 mAh	1	台	
レーザ計測器	名称：RIEGL VUX-1 レーザタイプ：レーザークラス 1 最大測定距離：170 m（反射強度 20 %） 測距精度：10 mm 最大発射レート：550,000 測定/秒 視野角（FOV）：330°	1	台	
レーザ装置内蔵 GNSS／IMU 装 置	名称：Applanix APX20 測位精度：0.05 m 速度精度：0.01 m/s 姿勢精度：0.015 deg 方位制度：0.035 deg	1	台	
UAV 写真撮影用 機体	名称：Inspire 2 寸法：全長 427 mm / 全高 317mm / 全幅 425 mm 機体重量：約 3.4 kg 最大離陸重量：約 4.2 kg 連続飛行時間：約 25 分 使用バッテリー：Lipo 6S / 22.8 V / 4,280 mAh	1	台	
搭載カメラ	名称：X5s 搭載レンズ：MET15 mm / 1.7 ASPH センサーサイズ：COMS、4/3 インチ 有効画素数：2,080 万画素 静止画解像度：5280×3956 pixel ISO レンジ(静止画)：100-6400 シャッタースピード：8-1/8000 s	1	台	



図 2.4 UAV レーザ計測機器



図 2.5 UAV 写真撮影機器

表 2-3 調整点関係機器一覧

GNSS 測量機器	名称：TRIMBLE NetR9 寸法：26.5cm×13.0cm×5.5cm 重量：1.75kg 測位性能(ネットワーク型 RTK 方式) 水平：8mm+0.5ppm RMS 鉛直：15mm+0.5ppm RMS 取得可能衛星：GPS、GLONASS、Galileo、QZSS 取得可能衛星信号：L1、L2、L5	2	台	
対空標識	サイズ：1m×1m 設置方法：測量用三脚	10	台	



図 2.6 調整点関係機器(左図：観測風景 右図：対空標識設置風景)