

北海道 帯広農業高等学校 スマート林業教育プログラム

課題

- 学校林のカラマツが高齢級に偏っており、林齢構成を平準化したい
- スマート林業技術を身につけた即戦力となる担い手を育成したい

作成方針

- ◆ 学校林の現状把握、施業計画立案、伐採・造林・保育作業に係るプログラムをとおしてスマート林業技術をトータル的に学ぶ
- ◆ 高校は機材を保有していないため、授業に合わせて事業体が持参する

実施プログラム

学校林の計画的な更新を通して スマート林業技術を幅広く学ぶ

第1回 スマート林業の基礎

- 十勝総合振興局森林室から、林業現場の課題とスマート化の意義について講義
- 北の森づくり専門学院から林業労働災害とシミュレーター教育について講義を受けた後、学院のシミュレーターを使って体験。



第2回 コンテナ苗の活用

- (有)大坂林業から、裸苗とコンテナ苗の違いなどについて講義
- 植栽位置誘導・記憶装置(試作)とオーガ式植栽機でコンテナ苗の植栽体験
- 年齢の近い若手社員の指導で生徒が将来の自らの姿を想像。

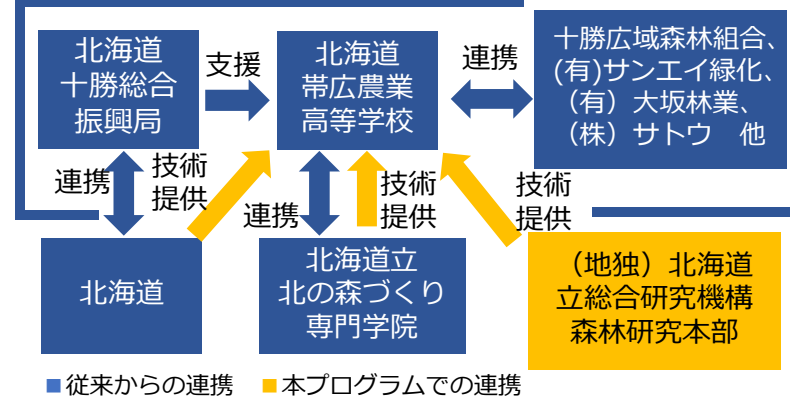


第3回 UAV を用いた学校林の林況把握

- (株)サトウによるUAV自動飛行の実演と、学校林の空中写真を撮影、オルソ画像を作成。
- オルソ画像をQGISに取り込み、カラマツを判別するとともに樹頂点をカウントして1つの林班のカラマツ本数を数える。



十勝地域林業担い手確保推進協議会



第4回 学校林の林況に基づくゾーニング区分と資源調査の実施

- 北海道から地上型LiDAR機器による森林資源把握について講義を受けた後、学校林の点群データ取得を実習
- 十勝広域森林組合から、GNSS測量について講義、学校林内の植生界を測量、QGISで作図と面積計算を行う。



←地上型
LiDAR機器

ICTハーベスタによる伐採作業→



第5回 スマート林業の現状や新しい林業の形について

- (有)サンエイ緑化、KITARINラボから伐木造材・流通のスマート化について講義を受けた後、学校林内でICTハーベスタによる伐採作業を見学、コンピュータによる採材提案で価値の高い木材生産ができることを学習。

(1)北海道帯広農業高等学校

① 教育プログラムの概要

帯広農業高等学校では、十勝地域林業担い手確保推進協議会（構成員：十勝地域の森林組合や林業・木材産業の企業、林業関係団体、教育機関、行政機関等 54 者、以下「担い手協議会」という）、地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部（以下、「道総研森林研究本部」という）、北海道立北の森づくり専門学院（以下、「北森カレッジ」という）、北海道（北海道水産林務部森林海洋環境局成長産業課（以下、「北海道成長産業課」という）、北海道十勝総合振興局森林室普及課・産業振興部林務課（以下、「十勝総合振興局」という））で検討委員会を設置し、地域協働型スマート林業教育プログラムを作成、実施した。プログラムの概要は次のとおり。

実 施 概 要
学校林のカラマツ人工林の林齢構成の平準化をテーマに、学校林の現状把握、施業計画立案、伐採・造林・保育作業に係るプログラムをとおしてスマート林業技術をトータルで学ぶ。 北海道帯広農業高等学校では、学校林のカラマツ人工林の林齢構成が高い林齢に偏っており、学校林で森林造成や利用などを学習することが難しい状態となっている。学校林の林齢構成を平準化させ、実践的な森林・林業の循環利用に係る学びの場として活用するために、次の 5 つの教育プログラムをとおして課題解決に向けて取り組むこととした。
A スマート林業の基礎 林業のスマート化の目的や方向性を学ぶため、北海道の林業の現状・課題（講義）、スマート林業の基礎（講義）、林業機械シミュレーター操作体験（講義、実習）を行った。 高等学校用教科書「森林経営」の以下項目に対応 第 2 章 世界と日本の森林・林業 ＞第 2 節 日本の森林と林業 ＞第 2 日本の森林資源と林業
B コンテナ苗の利用 植え付け・保育のスマート化の必要性、コンテナ苗の特徴を生かしたスマート林業の展開を学ぶため、植え付け・保育のスマート化（講義）、コンテナ苗植栽（実習）、植栽位置誘導装置体験（実習）を行った。 高等学校用教科書「森林科学」の以下項目に対応 第 5 章 森林の施業技術や管理技術 ＞第 1 節 生産林の施業技術 ＞第 1 生産林の更新技術
C UAV を用いた学校林の林況把握 学校林の平準化計画の基礎となる林況の把握を目的に、UAV を活用した林況調査（実習）、UAV を活用した調査の仕方（講義）を学んだ。 高等学校用教科書「森林経営」の以下項目に対応 第 4 章 森林の測定と評価 ＞第 2 節 リモートセンシングの利用 ＞第 1 空中写真による森林調査

D 学校林の林況に基づくゾーニング区分と森林調査

森林・林業分野での GNSS・GIS の活用を学び、学校林の平準化計画の基礎データ取得を行うため、LiDAR を活用した森林調査（実習・講義）、GNSS を用いた学校林の林況に基づくゾーニング区分（実習・講義）を行った。

高等学校用教科書「森林経営」の以下項目に対応

第3章 森林経営の目的と組織

＞第3節 森林経営の計画 ＞第3 森林 GIS

第4章 森林の測定と評価

＞第1節 森林の測定 ＞第2 林分の測定

E スマート林業の現状や新しい林業の形について

伐木・造林作業に係るスマート林業技術を学ぶため、ICT ハーベスタによる生産管理（講義）、ICT ハーベスタによる伐木・造材（講義）、ICT ハーベスタによる伐木・造材（実習）を行った。

高等学校用教科書「森林科学」の以下項目に対応

第6章 木材の収穫

＞第3節 伐採・造材・集材 ＞第1 林木の伐採・第2 造材と集材



【写真】外部講師が UAV を飛ばし、上空からの映像をタブレット画面で確認する様子（第3回 UAV を用いた学校林の林況把握）



【写真】UAV を活用したオルソ画像の作成について講義を聞く様子（第3回 UAV を用いた学校林の林況把握）

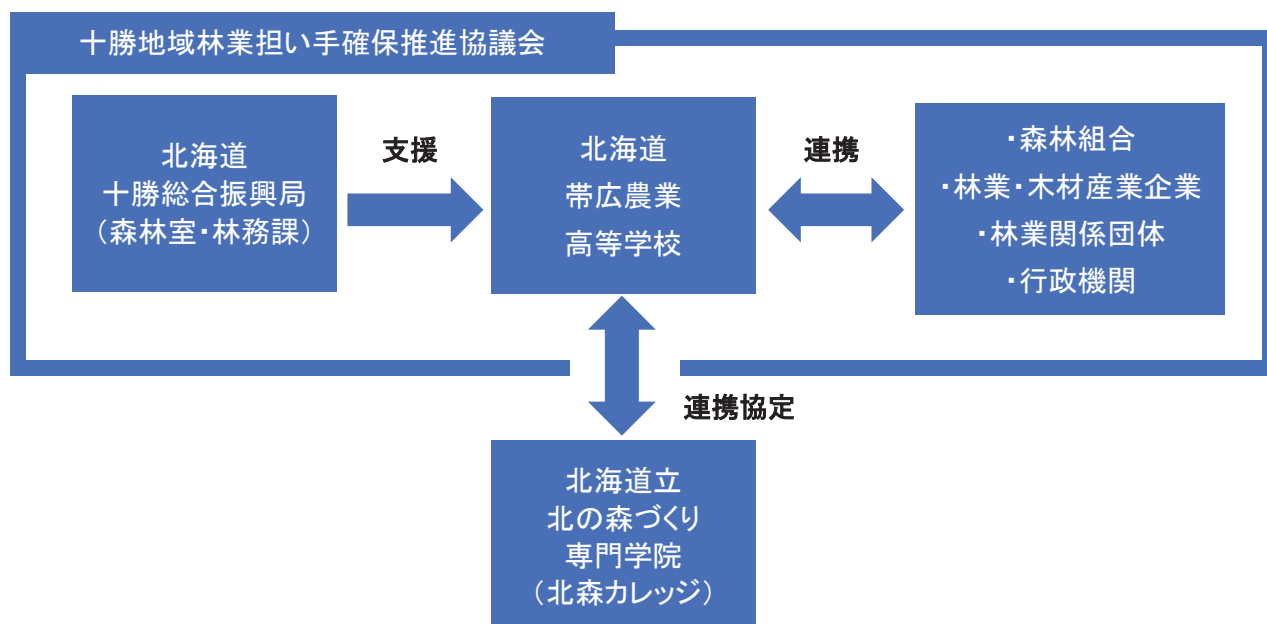
指導体制（帯広農業高等学校）

指導者	参加生徒	実施授業
教諭 2名	森林科学科1年 32名 森林科学科2年 39名 森林科学科3年 35名	・総合実習 ・森林科学 ・森林経営

② 背景

■帯広農業高等学校と地域との関係

帯広農業高等学校は、林業・木材産業の担い手育成・確保の取組を行っている担い手協議会と連携を図っており、また、北森カレッジとは連携協定を結んでいる。



ア 帯広農業高等学校と十勝総合振興局との連携の経緯

時期	内容
令和6年6月	帯広農業高等学校がスマート林業教育推進事業への応募エントリーシートを事務局に提出。北海道からも推薦書が提出された。

イ 帯広農業高等学校と十勝地域林業担い手確保推進協議会との連携の経緯

時期	内容
—	北海道十勝地域では、林業事業体や市町村、教育機関として帯広農業高等学校が参画する「十勝地域林業担い手確保推進協議会」を設立し、林業・木材産業の担い手の育成・確保の取組を行っている。
令和6年6月以降	十勝地域林業担い手確保推進協議会に参画している、十勝広域森林組合、(有)サンエイ緑化、(有)大坂林業、(株)サトウは、帯広農業高等学校の依頼を受けて本事業の外部講師として協力することとした。

③ 検討委員会の設置

②の背景により、高校へのスマート林業教育導入を目的として、帯広農業高等学校、担い手協議会、道総研森林研究本部、北森カレッジ、北海道成長産業課、十勝総合振興局で検討委員会を設置し、地域協働型スマート林業教育プログラムを作成、実施。

■検討委員会の構成員と役割分担

構成員	主な役割
帯広農業高等学校	・教育プログラムの作成、実施、各講師との調整等

北海道成長産業課 十勝総合振興局	・教育プログラムの作成支援 ・帯広農業高等学校及び全体の連絡調整 ・北海道の林業の現状・課題、スマート林業の基礎 ・LiDAR を活用した森林調査の講義
担い手協議会	・会のメンバーである林業事業体（十勝広域森林組合、(有)サンエイ緑化、(有)大坂林業、(株)サトウ）が実際の業務で使用しているスマート林業技術を用いた技術支援
道総研森林研究本部	・最先端のスマート林業の取組に係る講義
北森カレッジ	・シミュレーターを活用したオペレータ教育の講義 ・シミュレーターでのハーベスタ操作体験支援

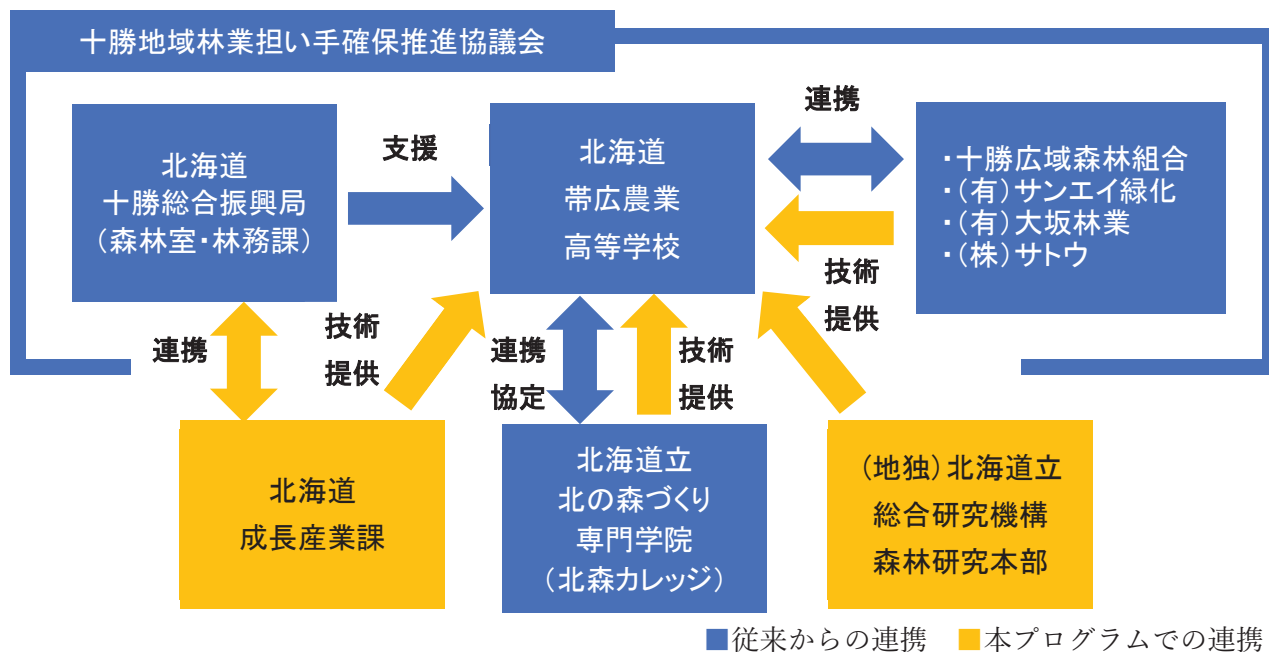
■ 検討委員会での課題検討、授業計画の作成、協力体制づくりの過程

帯広農業＝帯広農業高等学校、北海道＝北海道成長産業課、十勝振興＝十勝総合振興局、十勝協議会＝十勝地域林業担い手確保推進協議会会長（足寄町森林組合）、十勝広域＝十勝広域森林組合、サンエイ＝有限会社サンエイ緑化、有限会社大坂林業＝大坂、株式会社サトウ＝サトウ、道総研＝地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部、北森＝北海道立北の森づくり専門学院

日時	担当	所要時間	内容（実施場所・方法）
7月23日	帯広農業 北海道 十勝振興 事務局	1時間	（オンライン） ・事業実施打合せ ・事業の概要説明 ・外部講師となる林業事業体の検討
8月2日	帯広農業 北海道 十勝振興	2時間 20分	（帯広農業高等学校（対面）） ・プログラム実施内容検討・打合せ
8月16日	帯広農業 十勝振興 大坂	1時間	（(有)大坂林業（対面）） ・地域連携打合せ
8月19日	帯広農業 十勝振興 サトウ	1時間	（(株)サトウ（対面）） ・地域連携打合せ
8月19日	帯広農業 十勝振興 サンエイ	1時間	（(有)サンエイ緑化（対面）） ・地域連携打合せ
8月20日	帯広農業 十勝振興 十勝協議会	2時間	（足寄町森林組合（対面）） ・地域連携打合せ
8月26日	帯広農業 北海道 十勝振興 十勝協議会	40分	教育プログラム検討委員会（オンライン）の開催 （報告・検討内容）※詳細は【資料1、資料2】 ・地域林業の現状、課題等 ・教育プログラムの作成方針

	大坂 サトウ 道総研 北森 林野庁 事務局		・スマート林業教育の対象となる生徒について ・教育プログラムの実施時期、内容、実施場所、講師
8月29日	帯広農業 十勝振興 サンエイ	1時間 30分	((有)サンエイ緑化(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
9月2日	帯広農業 十勝振興 サトウ	1時間 15分	(帯広農業高等学校(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
9月2日	帯広農業 十勝振興 サンエイ	1時間	(帯広農業高等学校(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
9月12日	帯広農業 十勝振興 十勝協議会	3時間	(足寄町森林組合(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
9月25日	帯広農業 十勝振興 十勝広域	1時間	(十勝広域森林組合(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
9月25日	帯広農業 十勝振興 サトウ	2時間 30分	(帯広農業高等学校(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
9月28日	帯広農業 大坂	1時間	(帯広農業高等学校(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
10月2日	帯広農業 十勝振興 十勝広域	1時間 30分	(帯広農業高等学校(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
11月8日	帯広農業 十勝振興 十勝広域	1時間 30分	(帯広農業高等学校(対面)) ・プログラム実施内容打合せ
11月14日	帯広農業 北海道 十勝振興	1時間 40分	(帯広農業高等学校(対面)) ・プログラム実施内容打合せ

■授業実施における協力体制



④ 教育プログラムの作成・実施

■授業の実施

課題
🚩 学校林のカラマツ人工林の林齢構成が高い林齢に偏っており、学校林で森林造成や利用などを学習することが難しい - 学校林を実習で利用するため林齢構成の平準化を行う必要があり、毎年小面積ずつ伐採・更新を行う計画を立て、実践的な森林・林業の循環利用を学ぶ場にする。 🚩 即戦力と成り得る担い手の育成 - 次の世代を担っていく生徒たちに必要となる林業技術を身につけさせるため、スマート林業技術の基礎から学ぶ構成とする。



検討
学校林のカラマツ人工林の林齢構成の平準化に向けて、学校林の現状把握、施業計画立案、伐採・造林・保育作業に係るプログラムを通してスマート林業技術をトータルで学ぶため、全5回にわたり下記のプログラムを実施する。高校はスマート林業に関する機材を保有していないため、授業に合わせて事業体等が学校に持参いただくこととする。 🚩 第1回 スマート林業の基礎 - 十勝総合振興局からの講義により北海道の森林・林業の現状、スマート林業の基礎を把握し、道総研森林研究本部から森林資源の循環利用に係るスマート林業の取組の講義、北森カレッジの協力を得て生徒自身がシミュレーター体験を行う。 🚩 第2回 コンテナ苗の生産と利用 (有)大坂林業、KITARIN ラボ（林業事業体の技術的な支援として協力）の協力を得て、コンテ

ナ苗の有効性、植え付けや下刈り等作業を高精度・省力・安全・低コストにする新技術について学び、位置誘導装置を活用した植栽体験を行う。

第3回 UAVを用いた学校林の林況把握

- ・(株)サトウの協力を得て、学校林で UAV を飛行し、学校林の平準化計画の基礎となる林況把握の基礎資料となる UAV データの活用について学ぶ。

第4回 学校林の林況に基づくゾーニング区分と資源調査

- ・十勝広域森林組合、北海道成長産業課の協力を得て、森林・林業分野での GNSS・GIS の活用と学校林の平準化計画の基礎データの取得を目的に、林相の違う箇所における DGPS を活用した測量、QGIS を活用したポリゴン作成実習、最新のスマート機器歩行型 LiDAR を体験、活用紹介を学ぶ。

第5回 ICT ハーベスタによる生産管理

- ・(有)サンエイ緑化、KITARIN ラボの協力を得て、次年度以降どのように学校林の平準化計画に結びつけるかを学ぶため、ICT ハーベスタによる皆伐作業実習を実施する。

以上の授業は、地域の事業者が実際に取り組んでいるスマート林業技術によって実施する。現場の最前線で実践されているスマート林業技術を生徒が見聞きし触れることで、林業に魅力を感じてもらおうきっかけとする。



上記検討より課題解決のために今回以下A～Eの授業を実施した。

授業内容	
A	第1回 スマート林業の基礎 (P14～)
B	第2回 コンテナ苗の生産と利用 (P18～)
C	第3回 UAVを用いた学校林の林況把握 (P22～)
D	第4回 学校林の林況に基づくゾーニング区分と資源調査 (P25～)
E	第5回 ICT ハーベスタによる生産管理 (P29～)

A 第1回 スマート林業の基礎

高等学校用教科書「森林経営」の以下項目に対応

第2章 世界と日本の森林・林業＞第2節 日本の森林と林業
＞第2 日本の森林資源と林業

この授業のポイントやメリット

- 林業のスマート化の目的や方向性を学ぶ。
- 授業全体の導入部分にあたるため、「スマート林業とは」「北海道的林業とは」を分かりやすく伝える。
- ハーベスタ操作をシミュレーターで体験し、生徒に新しい技術を体感してもらう。

準備するもの	詳細
ハーベスタシミュレーター5台	(北森カレッジより借用)

実施前の状況

- ・生徒はスマート林業の基礎知識が少なく、シミュレーターの操作経験が無い。

指導実施者	対象授業・生徒
教諭 2名 外部講師(十勝総合振興局 1名、道総研森林研究本部 1名、北森カレッジ 4名)	森林経営 森林科学科1年生 29名 森林科学科2年生 37名
実施場所	実施日・所要時間
帯広農業高等学校(教室)	令和6年9月19日 午前:約2時間、午後:2時間

手順

1	スマート林業の基礎 林業現場の課題とスマート化の意義について(座学) ※詳細は【資料3】 十勝総合振興局森林室の外部講師より、スマート林業の基礎として、林業現場の課題とスマート化の意義について講義を行った。 ① 北海道の森林・林業の現状・課題 ② これからの林業(スマート林業とは) ③ 普及されつつあるスマート林業(植林、下刈り、調査、伐採～搬出) ④ 帯広農業高校の学校林の課題、目指す姿
---	--



【写真】講師からの説明を聞いている様子

(生徒の感想)

スマート林業とは ICT ハーベスタ、UAV など新しい技術を取り込んで林業を便利に効率よく安全に行うという取り組みだということがわかった。

スマート林業の基礎 2 (座学) ※詳細は【資料 4】

1 の講義で北海道の現状、スマート林業の必要性を確認したうえで、道総研森林研究本部の外部講師より、UAV を使って森林蓄積や地形などの情報を把握すること、伐採現場と製材工場が ICT を介して情報共有を行い、木材流通の省力化につなげていること、また丸太の自動計測など、具体的なスマート技術について講義を行った。具体には以下の内容説明がなされた。

- ① 従来の林業と新しい技術を取り込んだ林業
- ② 北欧をモデルにした北海道十勝型機械化林業経営について
- ③ 航空機レーザと UAV レーザの比較、オルソ画像について
- ④ 素材生産・流通について
- ⑤ ICT ハーベスタの機能、利点について
- ⑥ スマート林業の未来について

2



【写真】外部講師資料「スマート林業の基礎—十勝モデルの取り組みから—」素材生産・流通に関するスマート林業技術について抜粋



ICT ハーベスタの機能。
 【写真左上、左】丸太のカラーマーキング。
 径級と長さを加味して色分け
 【写真右上】造材の一連の作業を行う過程
 で、自動的に、径級・長さなどの生産データを管理

林業機械シミュレーター操作体験実習（座学、実習）※詳細は【資料5】

2の講義でスマート林業の基礎を学んだ後、北の森づくり専門学院より「シミュレーターを活用したオペレータ教育」について講義（下記概要）があり、北欧の林業は日本と比べ労働災害が少ないこと、実機に乗る前に安全性を高めるためにシミュレーター教育を行うこと、日本と環境が似ているフィンランドの林業のことなどを学んだ。その後、北森カレッジのハーベスタシミュレーターを借りて、操作体験を行った。

講義の概要

- ① 林業労働災害の現状。
- ② 安全かつ的確な現場作業技術の習得（チェーンソーの理論と技能）、高性能林業機械の操作技術の習得（ハーベスタの理論と技能）について。
- ③ フィンランドとの教育連携、フィンランド林業の現状について。
- ④ シミュレーター教育のメリット等について。

以上の説明後、シミュレーターの操作体験を行った。



【写真】生徒が林業機械のシミュレーターを操作している様子

	シミュレーター教育のメリットは次のとおり ・ 経験の無い生徒も安全に学べる ・ 誰もが同じ条件で繰り返し学べる（苦手箇所や到達度が分かりやすい） ・ 立木・機械など施設・設備・資材や準備の手間・経費の節減 ・ 指導者が指導しやすく安全 （生徒の感想） シミュレーターでは操作に応じて採点され、終了時に点数が出て、自分の技術が目に見えるようになっていた。スマート林業について初めて学んだが、今後の林業が新しい技術により、安全に楽になっていけばいいと思った。
今後の予定	スマート林業の基本を学ぶために、今後も同様の内容で継続して実施する。

Aの実施に要した費用

費目	内容
講師謝金	なし（北海道職員が公務として講師を担当したことから謝金は発生しない）
賃借料	なし（ハーベスタシミュレーターは北森カレッジの所有であることから賃借料は発生しない）

B 第2回 コンテナ苗の生産と利用

高等学校用教科書「森林科学」の以下項目に対応

第5章 森林の施業技術や管理技術＞第1節 生産林の施業技術

＞第1 生産林の更新技術

この授業のポイントやメリット

- 🌱 コンテナ苗の特徴と育成の意義を学ぶ。
- 🌱 コンテナ苗の特徴を生かしたスマート林業の展開を学ぶ。
- 🌱 植え付け・保育のスマート化の必要性を学び、コンテナ苗の有効性や、植え付けや下刈り等作業を高精度・省力・安全・低コストにする新技術に触れる。

準備するもの	使用機器の詳細
植栽位置誘導装置 オーガ式植栽機 コンテナ苗植栽器具	・CLAS 対応の GNSS を装備し、指定された植栽位置にカ ラースプレーで目印をつけることができ、実際に植栽し た個所の位置情報を記憶することができる試作段階の 装置。オーガ式植栽機にも同様の位置誘導装置が装備さ れている。(林業事業体より借用)

実施前の状況

植え付け・保育のスマート化の必要性を把握できていない状況

指導実施者	対象授業・生徒
教諭 2名 外部講師((有)大坂林業 4名、KITARIN ラボ 1名、十勝総合振興局 1名)	森林科学 森林科学科2年生 39名 森林科学科3年生 35名
実施場所	実施日・所要時間
帯広農業高等学校(教室) 帯広農業高等学校演習林 (学校から徒歩15分程度)	令和6年9月30日 午前:約2時間

手順

1

コンテナ苗の利用(座学) ※詳細は【資料6】

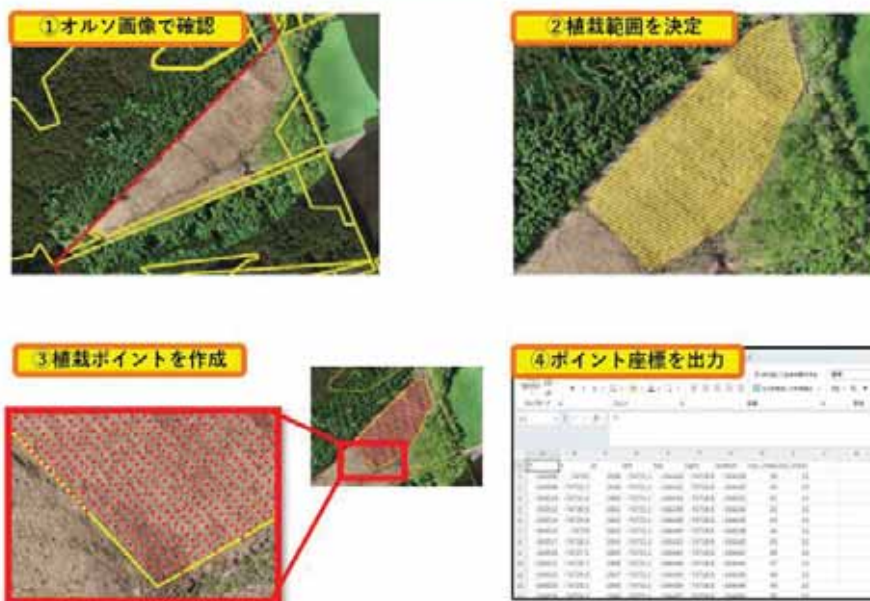
(有)大坂林業(*)の外部講師により、「コンテナ苗の特徴を生かしたスマート林業の展開」について講義を行った。農業では1960年代から作付がほぼ機械化されている。一方、林業はそれから60年が経過しているにもかかわらず、機械化が進まず、手作業で植え付けられている。授業では、同社による高精度、省力、安全、低コスト造林作業を目指す取組について学んだ。

* (有)大坂林業では、造林用の苗木を中心に、針葉樹、広葉樹合わせて年間200万本以上を育てている。

講義概要は次のとおり。

- ① 林業のサイクル。
- ② 裸苗とコンテナ苗の違い。
- ③ 現在の造林作業と目指すこと。
- ④ 植栽位置誘導装置（次頁）により見込める効果。

QGIS上で植栽位置を作成



位置誘導装置＋人力植栽器具

従来の間縄を使用した植栽



GNSSを活用した位置誘導植栽



【写真上下】講師の説明資料より。QGIS上で植栽するポイントを決めて、ポイント座標を出力。現場では人力植栽器具に位置誘導装置を取り付けて、GNSSを活用してポイント座標に植栽を行う。

栽位置誘導装置により見込める効果

間縄（＊）を張る時間・労力を省ける（＊植え付け位置を見当するために現場に張る縄（紐））

- ・ 間縄を使用しないので、移動時間や作業時間が省略可能
- ・ 斜面の場合に間縄の伸びを考慮しなくてもよい
- ・ 少人数単位での作業が可能になる

UAV 測量による造林計画との相性がいい

- ・ 外杭や境界の杭が必要なくなる
- ・ 現場の状況に応じた植栽列の方向が決められる

植栽位置を記録し、下刈りにも活かせる

- ・ ラジコン式草刈機などの導入も可能
- ・ 苗間の下草を残した列間刈りに植栽位置が利用可能

コンテナ苗の利用（実習）

1 の講義で、多くの利点を持つコンテナ苗を主流とし、機械化を導入していく必要性を学び、次に演習林に移動し、コンテナ苗の植栽実習を行った。

大坂林業が所有する GNSS を利用した位置誘導装置とオーガ式植栽機を生徒が使用し、カラマツコンテナ苗の植栽を行った。実際に使用し、作業効率が向上することや、植栽位置を記録することにより、下刈りを始めとした、その後の管理作業に幅広くデータを活用できるスマート林業技術を学んだ。



2

【写真左・真ん中】GNSS を利用した位置誘導装置のモニター（写真右）で植栽位置を確認しながら、「オーガ式植栽機」でコンテナ苗の植え穴を掘っている様子。植栽位置を記録することで、そのデータはその後の管理作業に幅広く活用できる

（困難だった点・取組のコツ）

実習では、同社の本校卒業生の若い社員も指導を行った。生徒と年齢ができるだけ近い社員が講師を行うことで、生徒が近い未来の自らの姿を想像し、共感につながる工夫となった。

今後の 予定	次年度以降も継続して実施し、植栽木の位置情報の記録を残す。位置情報を下刈りの自動化に用いることにも挑戦したい。
-----------	---

Bの実施に要した費目

費目	内容
講師謝金	技術支援
賃借料	植栽位置誘導装置等

C 第3回 UAVを用いた学校林の林況把握

高等学校用教科書「森林経営」の以下項目に対応

第4章 森林の測定と評価

>第2節 リモートセンシングの利用 >第1 空中写真による森林調査

この授業のポイントやメリット
 森林・林業での UAV 活用について学ぶ。  平準化計画の基礎となる学校林の林況を把握する。

準備するもの	使用機器の詳細
ドローン (UAV) 一式	・ドローン (Inspire2) ・カメラ (可視光カメラ) (ZenmuseX5S) (林業事業体より借用)

実施前の状況
学校林の現況が把握できていない。

指導実施者	対象授業・生徒
教諭 2名 外部講師 ((株)サトウ 2名) 十勝総合振興局 1名	森林経営 森林科学科1年生 31名 森林科学科2年生 34名 森林科学科3年生 28名
実施場所	実施日・所要時間
帯広農業高等学校演習林 (学校から徒歩15分程度) 帯広農業高等学校(教室)	令和6年10月16日 午後: 約1時間30分

手順	
1	UAVを用いた学校林の林況の把握(実習) ※詳細は【資料7】 帯広農業高校の学校林にて、(株)サトウ(*)の外部講師より学校林の林況の把握のために、UAVを使ったデモフライトの実演を行い、次に教室で取得したデータの活用概要について講義を行った。データ(オルソ画像)については別日にUAVを用いて取得したものを利用した。 * (株)サトウは、年間103,500m³(2022年)のカラマツ等の原木を自社で製材・加工し、産業用資材(パレット材/梱包材等)を生産している。原木を生産する山林や業者は自社で手配し、造材、原木の搬入まで自前ですべて行っている。近年山林調査の機会、重要性が増え、効率化・省力化のために2018年より森林調査にUAVを導入している。 講義の内容については次のとおり。 ① UAVとメタシェイプの活用概要

- ② カラマツ本数調査の流れ（飛行計画の作成、UAV で山林全体を撮影、撮影した航空写真から、メタシェイプで山林全体のオルソ画像作成、オルソ画像でカラマツ本数をカウント）
- ③ デモフライトについて
事前に作成した飛行計画のルート、撮影方法に沿って UAV が自動的に飛行と撮影を行った。



【写真】実習に使用した UAV



【写真】飛行した UAV のコントロールパネルに映した上空からの映像を見る様子

オルソ画像を用いた本数調査（実習）※詳細は【資料 8】

1 の実習で UAV デモを確認後、教室へ移動し、(株)サトウで実際に取り組んでいる森林調査の方法について説明し、実習を行った。同社では、オルソ画像をもとに樹冠の形や色調から、カラマツを判別し、QGIS 上で一つ一つ樹頂点に点を付けて、最終的に印を付けた点の数を QGIS でカウント表示させ、林分の本数を調査している。同様の方法で、学校林の 1 つの林班でカラマツ本数を数える作業を体験した。

講義の概要は次のとおり。

- ① UAV の機器等説明
- ② UAV での調査／分析方法
- ③ オルソ画像について
- ④ 撮影した学校林の空中写真
- ⑤ 飛行計画（UAV に関する規制、オルソ画像を作るのに必要な空中写真、学校林撮影時に設定した飛行計画
- ⑥ オルソ画像作成（オルソ画像作成の流れ）
- ⑦ 本数のカウント（QGIS でオルソ画像を開く、山林の必要な情報を取得、樹種の判定、カラマツを判別して点を打つ（印付け）、帯広農業高校・学校林カラマツ本数）



【画像】オルソ画像



【写真】パソコン画面上でカラマツを判別している様子



【画像】全体完成図

(生徒の感想)

撮影された木々の中から、今年度伐採予定地にあるカラマツを見分けて数えるのは熟練が必要で難しかった。今回は 0.1ha という狭い区画の森林調査で、大幅な時間短縮を感じなかったが、講師によると実際の 5ha 調査では6 時間分の調査が半分の時間で済むようになったということで、UAV を森林調査に導入する効果は大きいということを知った。

今後の予定

空撮、解析が余裕をもって行えるよう授業の進め方を改善する。本数の実測値と、オルソ画像からカウントされる立木本数の差が発生する原因を把握して、測定誤差が小さくなるようにする。

Cの実施に要した費用

費目	内容
講師謝金	技術支援
賃借料	ドローン (UAV) 一式

D 第4回 学校林の林況に基づくゾーニング区分と資源調査の実施

高等学校用教科書「森林経営」の以下項目に対応

第3章 森林経営の目的と組織

>第3節 森林経営の計画 >第3 森林GIS

第4章 森林の測定と評価

>第1節 森林の測定 >第2 林分の測定

この授業のポイントやメリット

 GNSS、GIS の活用法や最新の調査技術を学び、林況に基づくゾーニング区分を行う。

準備するもの	使用機器の詳細
GNSS 装置一式	・ MobileMapper 120 (十勝広域森林組合より借用) ※ 30 cm以下の制度での測位が可能なハンドヘルドのディファレンシャル GNSS 端末
LiDAR 一式	・ mapry LA-03 (北海道成長産業課より借用) ※ 歩くだけで立木資源量・地形情報を計測・解析できる中距離型の LiDAR 計測器

実施前の状況

GNSS、GIS の知識がない状況。

指導実施者	対象授業・生徒
教諭 2名 十勝広域森林組合 3名 北海道 1名 十勝総合振興局 3名	森林経営 森林科学科2年生 36名 森林科学科3年生 34名
実施場所	実施日・所要時間
帯広農業高等学校演習林 (学校から徒歩 15 分程度) 帯広農業高等学校 (教室)	令和6年11月15日 午後: 約1時間30分

手順

1

地上型 LiDAR 機器を使用した資源把握について (座学) ※詳細は【資料9】

帯広農業高校学校林にて、学校林の林況に基づくゾーニング区分と森林調査というテーマで授業を行った。まず、北海道の外部講師より「地上型 LiDAR 機器を使用した資源把握について」講義を行った。

*LiDAR とは物体にレーザを放射状に照射し、その反射光が戻ってきた時間や波長から物体の形状や距離を測定するリモートセンシング技術の一つ

講義の概要は次のとおり。

	① 令和6年度、北海道に地上型 LiDAR（ライダー）を導入、検証内容の説明 ② LiDAR(ライダー)の特徴 ③ LiDAR で調査した林分について ④ LiDAR を活用した試験結果について
2	森林調査における LiDAR 活用の調査体験（実習） 1の説明後、地上型 LiDAR を活用し、演習林で実習を行った。機器を背負って林野林内を歩くだけで、調査地とした令和7年植栽予定地の0.14haの林班の調査がわずか10分ほどで完了した。 【写真】実習で使した LiDAR 【写真】林分を歩いて立木資源量・地形情報を取得している様子
3	GNSS を用いた林相区分（実習）※詳細は【資料10】【資料11】 2の実習後、十勝広域森林組合の外部講師より GNSS を用いた林相区分について講義・実習を行った。現地ではカラマツの中にあるカラマツ以外の林分の位置形状を測量して林相区分を行った（写真）。 講義の概要は次のとおり。 ① GPS、GNSS、GIS の特徴 ② 森林組合での GNSS の業務活用内容 ・GPS → 位置の測定時に使用（GPS 単体だけではほとんど使用せず GNSS と同時使用）。 ・GIS → 山林情報の管理、測量データの管理などに使用している。 ・GNSS → 測量、山林の境界確定をするときに使用している。 ・測量 伐採後、造林をする際に地拵え後に GNSS を利用して測量を行い造林する面積を計測する（最近ではコンパス測量を行っていない）など、実際の業務での機器の活用について講義を行った。



【写真左右】mobile mapper で測量点を確認



【画像】エゾマツ・アカエゾマツ
ヨーロッパトウヒ
アカエゾマツ・その他

4

LiDAR を活用した森林調査（講義）

3の実習後教室へ移動し、北海道の外部講師より LiDAR の点群データの解析結果の説明を行った。調査林班の材積 91.78m^3 、全体本数 81 本であり、生徒は 5 月と 10 月に輪尺とバーテックス測定した結果と比較し、若干大きな値がでた。

講義の概要は次のとおり。

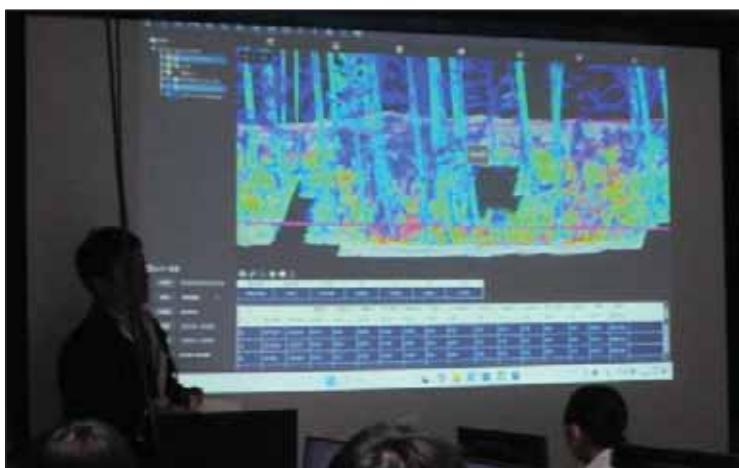
- ① LiDAR 調査データの活用 of 解説
- ② 点群データの表示や樹木認識
- ③ 本数・直径・樹高・材積等の演算作業のデモ

GNSS を用いた林相区分（講義）

QGIS に GNSS 測量の結果を取り込み、カラマツ以外の林分の位置形状を表示させた（上記 3 の項目の画像）。

講義の概要は次のとおり。

- ① QGIS への GNSS データの取り込み・ポリゴンの作成
- ② 面積計算



【写真】外部講師がLiDARの点群データの解析結果の説明をしている様子

(生徒の感想)

スマート林業機器を用いることにより、森林作業の省力化や森林資源情報の把握、管理の効率化も重要であることを改めて感じた。

今後の
予定

調査と解析が余裕をもって行えるよう授業の進め方を改善する。小班界のくい打ちを進めるとともに精度の高いGNSS測器による測量を進める。地上型LiDARによる測定値と実測値に差が発生する原因を把握して、測定誤差が小さくなるようにする。

Dの実施に要した費用

費目	内容
講師謝金	技術支援
賃借料	GNSS 装置一式

E 第5回 ICT ハーベスタによる生産管理

高等学校用教科書「森林科学」の以下項目に対応

第6章 木材の収穫

>第3節 伐採・造材・集材 >第1 林木の伐採・第2 造材と集材

この授業のポイントやメリット
 伐木・造材と流通のスマート化について学ぶ。  スマート林業の現状、今後の新しい林業の形を把握する。

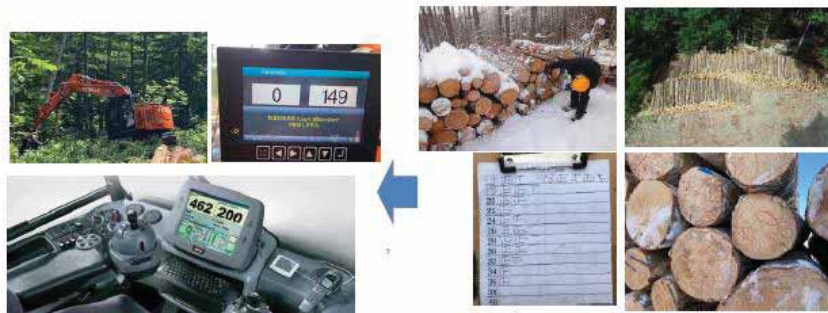
準備するもの	使用機器の詳細
ICT ハーベスタ	・ ICT ハーベスタ (PONSSE) ((有)サンエイ緑化より借用)

実施前の状況
ハーベスタの知識がない状況。

指導実施者	対象授業・生徒
教諭 2名 (有)サンエイ緑化 3名 KITARIN ラボ 1名 十勝総合振興局 3名	森林科学 森林科学科1年生 31名 森林科学科2年生 39名 森林科学科3年生 31名
実施場所	実施日・所要時間
帯広農業高等学校(教室) 帯広農業高等学校演習林 (学校から徒歩15分程度)	令和6年11月19日 午前:約2時間

手順	
1	ICT ハーベスタによる生産管理(講義)※詳細は【資料12】 帯広農業高校教室にて、KITARIN ラボ、(有)サンエイ緑化の外部講師より、「林業が未来をつくる」をテーマとして、スマート林業で変えることができる現場の現状や、新しい林業の形について講義を行った。

人力で繰返し行われる丸太測定の合理化



□ハーベスタDataによる流通

□山土場・工場などで行き返される人手による検知

素材生産者と工場の相互理解が必要

【写真】外部講師の資料より。伐木・造材と流通のスマート化では、丸太測定の合理化には ICT ハーベスタが果たす役割が大きい、関係者間の相互理解の上で進められる必要がある

ICT ハーベスタによる伐木（実習）

1 の講義後、帯広農業高校学校林へ移動し、(有)サンエイ緑化が行う、ICT ハーベスタによる伐採作業を視察見学した（今回の伐採地は、次年度に植栽する予定）。ICT ハーベスタには、高度なコンピュータを搭載しており、伐採した材の情報を認識し、採材に適した長さを提案し、木材市場での価値が高い材を生産することができる。また、直径や材積、材の細り（材の元から末にかけてどれだけ細くなるか）などのデータを収集することもできる。



【写真】実習で使用した ICT ハーベスタ（PONSSE）



電子輪尺によるキャリブレーション作業（測尺データの校正）（実習）

ハーベスタで収集したデータの誤差を減らし、高い測尺精度を担保するために、電子輪尺で指定された箇所を測定し、キャリブレーション作業を行った。数値は 99～101% で一致、誤差無しであった。



【写真】電子輪尺で指定されたところを測定し、ICT ハーベスタの測定のキャリブレーション作業を行った



【写真】データを収集

	(生徒の感想) ・キャリブレーション作業を体験し、ハーベスタで読み取ったデータと、電子輪尺での測定値は 99～101%で誤差がほぼなく、一致していることに驚いた。今後ハーベスタで収集したデータを運送業者や製材業者へ共有することができれば、より林業のスマート化が実現できる。 ・集材と積み込みに用いられていたグラップルが、伐採後の林地を綺麗に片付けていた。今年度の春の植え付け前に生徒みんなで行った地拵え作業が機械によって終わらせることができる一貫作業は、人手不足の解消には大変に有効だと感じた。																												
3	立木価格の算出 伐採したカラマツ林から得られた素材材積の合計は約 59m³で、素材価格は約 82 万円だった。そこから伐木経費、運材費、手数料を差し引いた立木価格は約 26 万円となり、1 m³当たりの単価は 3,190 円となった。 今回の伐採面積が 0.14ha と小さく、素材価格に占める伐木経費（ハーベスタ・グラップルの 2 日分の使用料、移動費）の割合が大きくなったが、(有)サンエイ緑化によると、伐採面積を 2 倍にしても、同じ日数で伐採できるということだった。そのことを元に倍の面積（2 区画）分を伐採した場合の収支を試算した（下表）。2 区画をまとめて伐採した場合、立木価格(所有者の利益)1.75 倍、手数料(事業体の利益) 2 倍となった。 【表】立木価格の算出 <table><tr><td></td><td>税抜き</td><td>税込み</td><td>2 区画なら？</td></tr><tr><td>素材価格</td><td>743,313</td><td>817,644</td><td>1,635,289</td></tr><tr><td>伐木経費</td><td>360,000</td><td>396,000</td><td>396,000</td></tr><tr><td>運材費</td><td>88,454</td><td>97,299</td><td>194,599</td></tr><tr><td>手数料</td><td>58,989</td><td>64,888</td><td>129,776</td></tr><tr><td>立木価格</td><td>235,870</td><td>259,457</td><td>914,914</td></tr><tr><td>1 m³の立木価格</td><td></td><td>3,190</td><td>5,625</td></tr></table> 単位：円		税抜き	税込み	2 区画なら？	素材価格	743,313	817,644	1,635,289	伐木経費	360,000	396,000	396,000	運材費	88,454	97,299	194,599	手数料	58,989	64,888	129,776	立木価格	235,870	259,457	914,914	1 m ³ の立木価格		3,190	5,625
	税抜き	税込み	2 区画なら？																										
素材価格	743,313	817,644	1,635,289																										
伐木経費	360,000	396,000	396,000																										
運材費	88,454	97,299	194,599																										
手数料	58,989	64,888	129,776																										
立木価格	235,870	259,457	914,914																										
1 m ³ の立木価格		3,190	5,625																										
今後の予定	・ 5 回に渡って行われたカリキュラムを、時間割等の都合上、全学年が全ての授業を受けていないため、全学年で本事業の報告会を行う。 ・ 次年度以降も学校林の平準化計画に結びつけて継続して実施する。																												

E の実施に要した費用

費目	内容
講師謝金	技術支援

■授業の成果・効果

A～Eの授業の実施により、各課題に対しては以下のような成果、効果が得られた。

課題
 学校林のカラマツ人工林の林齢構成が高い林齢に偏っており、学校林で森林造成や利用などを学習することが難しい ・学校林を実習で利用するため林齢構成の平準化を行う必要があり、毎年小面積ずつ伐採・更新を行う計画を立て、実践的な森林・林業の循環利用を学ぶ場にする。  即戦力と成り得る担い手の育成 ・次の世代を担っていく生徒たちに必要となる林業技術を身につけさせるため、スマート林業技術の基礎から学ぶ構成とする。
成果・効果
 学校林のカラマツ人工林の林齢構成が高い林齢に偏っており、学校林で森林造成や利用などを学習することが難しい ・5回にわたるスマート林業にかかる授業（スマート林業の基礎、コンテナ苗の生産と利用、UAVを用いた学校林の林況把握、学校林の林況に基づくゾーニング区分と資源調査、ICT ハーベスタによる生産管理）を演習林で実施することができた。 ・学校林に対して価値のある作業を実施したことで、教員、生徒に学校林の経営に対しての意識も浸透してきた。 ・活動を通して地域の事業体の方々の協力を得られるような関係を構築できたことは大きな財産となった。  即戦力と成り得る担い手の育成 ・生徒からは、スマート化したことで「安全になったことが分かった」「スマート化が就業増に繋がると思う」といった感想が多かった。林業に就きたいという感想はまだないものの、スマート林業を体験したことで林業に前向きに取り組む生徒も出始めている。

■第2回検討委員会の実施

教育プログラム終了後は、以下のとおり第2回検討委員会（意見交換会）を実施した。

✓ 日時：令和7年2月13日（木）11：00～12：00

✓ 開催方式：Web 会議

✓ 出席者：

氏名	所属
佐藤 裕二	北海道帯広農業高等学校 校長
今井 直樹	北海道帯広農業高等学校 教諭
竹久 尚輝	北海道帯広農業高等学校 教諭
佐野 博志	北海道帯広農業高等学校 教諭
沖山 義徳	北海道帯広農業高等学校 教諭
中村 隆史	有限会社大坂林業
邊見 秀明	有限会社サンエイ緑化
佐々木尚三	KITARIN ラボ
斉藤 大介	十勝広域森林組合 業務主任
対馬 俊之	地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部
阿部 哲也	地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部
宮田 久	北海道立北の森づくり専門学院 教務課長
只野 泰光	北海道水産林務部森林海洋環境局成長産業課 総括普及指導員兼主幹
佐藤 祥太	北海道水産林務部森林海洋環境局成長産業課 主任普及指導員
白川 伸輔	北海道十勝総合振興局森林室 主幹兼普及課長
佐々木健人	北海道十勝総合振興局森林室普及課 普及推進係長
長水 崇	北海道十勝総合振興局産業振興部林務課 主幹
丸山 晃輔	北海道十勝総合振興局産業振興部林務課 主事
近江 隆昭	林野庁 森林整備部 研究指導課 普及教育班 研究企画官
本永 剛士	事務局（一般社団法人 全国林業改良普及協会）
宇田 恭子	事務局（一般社団法人 全国林業改良普及協会）

✓ 意見交換の内容

意見等
◆ 北海道帯広農業高等学校 （感想） ・学校林を活用した事業体による授業を実施し、事業体と連携を構築できたことは良かった。 ◆ （有）大坂林業 （感想） ・講師依頼を受けた際、これまでスマート林業の授業がなかったと聞き驚いた。スマート林業を学ぶ上で高性能ハーベスタ等の機械システムが主であるものの、座学で造林や再造林、保育も学んでもらえたのは良い機会だった。 ◆ （有）サンエイ緑化

(感想)

- ・機械化を進めることで労働災害が減り、生産労働人口の減少を補うことができることを伝えられたことは良かった。
- ・造林・伐採・調査にかかる事業体、研究機関が協力したため構成バランスが取れていた。

◆ 十勝広域森林組合

(感想)

- ・授業では造林事業で行っている測量方法や施業図の作り方を説明した。生徒に GIS や GNSS といった類似する用語を理解してもらうことが難しかったが、今後は GIS、GPS の仕組みを最初に説明することで改善が図れると思う。

◆ 北海道立北の森づくり専門学院

(感想)

- ・学院で使用しているシミュレーター5台を学校に持ち込み、操作体験できるということを軸に置いて授業を行ったが、林業の機械化の一端を知る良いきっかけになったと思う。

◆ 北海道成長産業課

(感想)

- ・北海道庁では、担い手対策を念頭に施業の効率化・省力化を進めるため、職員や森林組合、林業事業体を対象に、スマート林業機器を使いこなせる人材育成の研修を進めているが、今後も将来の担い手となる農業高校生を対象としたスマート林業授業を行うことにより、直接的な担い手不足対策として有効だと感じた。

◆ 十勝総合振興局

(感想)

- ・農業高校のみならず、普通高校に対しても林業の魅力を伝えたい。どのように「スマート林業」を発信し、林業への就業に結びつけるかを考えるきっかけになった。

⑤ 教育プログラムの実施を経て(全体の事後評価等)

授業全体のまとめ
・「学校林の林齢構成の平準化」に向けて、事業体等の最先端のスマート林業技術に触れ、将来地域の林業を担っていきたくてくれる生徒が多くなるような計画を検討した。 ・帯広農業高等学校が参画している「十勝地域林業担い手確保推進協議会」と連携し、様々な事業体の技術を活用した授業を行えた。
取組が進んだ要因
・様々な職種の事業体が参画している「十勝地域林業担い手確保推進協議会」を活用したことで、授業では森林資源の循環利用を学べるカリキュラムを実施し、事業体等の仕事の理解促進にもつなげることができた。
困難だった点・留意した点
・実習が9月から11月までの間に集中したことで、日程が非常にタイトだった。また植え付けや下刈りなど、春から夏にかけて行う作業が事業のスケジュール都合で実施できなかった。 ・学校林が近いので、学校林で取得したデータを学校のパソコン室に持ち込み、解析までを2時間の授業で完成させる計画だったが、時間が不足していた。来年度以降は時間に余裕を持たせる等で、改善したい。
次回への改善案
・今年度構築した事業体の方々との関係の維持がとても大事になる。来年度もぜひ関係を継続していただきたい。また、今年度時期的にできなかった下刈り作業等のスマート化に係る授業も実施できればと考える。 ・今年度構築した連携体制を活用し、スマート林業技術の提供から地域林業を担う人材の輩出につなげられるような形を目指していきたい。 ・森林経営の授業で、育てた木の値段をどうしたら高くできるか検討しているが、来年度は1回に伐る面積を増やすアイデアが出ているので、生徒と話しながら進めたい。
今後のスマート林業教育の取組について
・林齢構成の平準化への課題は、毎年同じ内容を繰り返して解決していくのではなく、続けるべきものと新しい技術を取り入れながら継続していきたい。 ・学校林の林齢構成の平準化を前進させ、林齢が分散し、幼齢林から高齢林まで各段階の林齢となることで、さまざまな技術を適用する場面を創出することができ、教材としての価値を高めることができる。単木レベルでの立木資源管理等、新たな林業の姿を求めていきたい。 ・これから先、新しい林業を子どもたちが担う時代にふさわしい林業の学習のあり方を今後模索していきたい。
関係者へのインタビュー
◆ 北海道帯広農業高等学校教諭 ・生徒からはスマート化したことで、「安全になったことが分かった」「スマート化が就業増に繋がると思う」といった感想が多かった。林業に就きたいという感想はまだないものの、スマート林業を体験したことで林業に前向きな生徒も出始めているので、今後も後押ししていきたい

い。 ・どうしても予算措置が必要な部分が出てくる。その点は課題である。
◆ 北海道帯広農業高等学校生徒 ・軽労化、時間の短縮に繋がり、スマート化がますます進んでいくべき。
◆ (有)サンエイ緑化 ・林業の将来のためにも行政等に働きかけながらこの連携を続けてほしい。
◆ 北海道成長産業課 ・今年度連携体制が構築できた事業体と連携が続き、農業高校に対するスマート林業教育が充実されると良いと思う。
◆ 十勝総合振興局 ・今年度の授業では、従来の林業技術とスマート林業技術をセットで体験することで効果的に授業を行えた。今後も、従来の技術とスマート技術の両方を活用して実施できると良い。

スマート林業教育推進事業「地域共同型教育プログラムの開発実証」 プログラム案

1 作成方針

本校学校林のカラマツ人工林は50年以上前に植えられたものが大半で林齢構成が偏っていることから、森林の取り扱いに関する学習に支障がある。学校林のカラマツ人工林の林齢構成平準化の取り組みを通してスマート林業を体験的に学習させる。

2 プログラム案

①「スマート林業の基礎」

- 目的 : 林業のスマート化の目的や方向性を学ぶ
- 指導 : 北森カレッジより講師派遣依頼
- 対象 : 2、3年生「森林経営」
- 場所 : 森林経営実習室
- 時期 : 9月中旬（各学年2時間ずつ）
- 内容 : 【講義】スマート林業の基礎、【実習】シミュレーター体験実習
林業のスマート化が必要な理由
現在どのようなことがスマート化されているのか
今後スマート化が期待される技術
スマート化で林業はどう変わるのか
シミュレーター体験実習

②-1「コンテナ苗の生産」

- 目的 : コンテナ苗の特徴と育成の意義を学ぶ
- 指導 : 有限会社大坂林業での見学
- 対象 : 1年生「森林科学」
- 場所 : 有限会社大坂林業 苗畑ほか
- 時期 : 10月
- 内容 : 【見学】コンテナ苗の生産
コンテナ苗とは
コンテナ苗が必要とされる理由
コンテナ苗の生産技術（現地で体験または後日実習）

②-2「コンテナ苗の利用」

- 目的 : コンテナ苗の特徴を生かしたスマート林業の展開を学ぶ
- 指導 : 有限会社大坂林業
- 対象 : 2年生「森林科学」
- 時期 : 9月
- 内容 : 【講義】
植え付け・保育のスマート化
【実習】コンテナ苗植栽実習、植栽位置誘導

コンテナ苗の植栽
植栽位置誘導体験
コンテナ苗の活着・成長の追跡調査（後日、数年間）

③「学校林の林況の把握」

目的：森林・林業での UAV 活用について学ぶ
指導：株式会社サトウより派遣
対象：2年生「森林経営」
時期：10月
内容：【実習】UAV を活用した林況調査、データ活用（調査簿と林況の照合）
UAV による空撮
画像に基づく林相の区分
森林調査簿、森林計画図と林況の照合
現地踏査（後日）

④－1「学校林の整備計画に基づく小班区分」（森林組合）

目的：GNSS、GIS の活用法を学び、現地に小班界を設置する
指導：森林組合
対象：3年生「測量」
時期：10月
内容：【講義】GNSS、GIS の活用について
【実習】GNSS・GIS を活用した森林測量・調査
今後10年間に主伐を予定する区画（小班）を GNSS を用いて区分
区画した林分に杭・標識を設置
小班の図を GIS に反映

④－2「学校林の整備計画に基づく資源調査」（道成長産業課）

目的：LiDAR を用いた森林調査技術を学ぶ
指導：北海道水産林務部成長産業課
対象：2年生「森林経営」
時期：11月
内容：【実習】レーザー機器（LiDAR）を活用した毎木調査、データ活用
今後10年間に主伐を予定する区画（小班）の資源調査
LiDAR を活用した林分調査
輪尺・バーテックスを組み合わせた毎木調査
データの集約と照合

⑤「ICT ハーベスタによる生産管理」（サンエイ緑化）

目的：伐木・造材と流通のスマート化について学ぶ
指導：サンエイ緑化
対象：2、3年生「森林科学」
時期：11月
内容：【講義】ICT ハーベスタによる生産管理
【見学】ハーベスタ伐倒の見学

※ 学習内容の学年配置の都合により、生徒全員が一連の過程をすべて1年間のうちに体験できるわけではない。各学年で全体像を把握させ、全体の中での位置づけを理解させたうえで個別の内容を実施するよう配慮する。

3 費用

金額：総額50万円程度

内訳：講師謝金、会場費、現地実習地への移動手段（バスレンタル）、教育プログラムで使用する機器の準備（レンタル）、フィールド等での安全確保（傷害保険、賠償責任保険、防蜂網等）、備品代等（単価5万円以下）

帯広農業高等学校 スマート林業教育プログラム（案）

ver2.1

課題

学校林のカラマツ人工林の林齢構成に偏りがあり、森林の造成から利用までの一連の学習に利用することが難しい → 実習利用のための整備が必要

作成方針

- ・ 学校林を、より実践的な森林・林業の循環利用に係る学びの場として活用したい
- ・ 林齢構成の平準化という課題解決の過程を生徒の主体的な学びに活かしたい

実施プログラム

学校林の林齢構成平準化に向けた現状把握、施業計画立案、伐採・造林・保育作業に係るスマート化技術を学ぶ

協力体制

十勝地域林業担い手確保推進協議会

～林業・木材産業の担い手育成・確保の取組

北海道十勝総合振興局
(森林室・林務課)

支援

北海道
帯広農業高校

十勝管内森林組合
(有)サンエイ緑化
(有)大坂林業
(株)サトウ

連携

技術
提供

連携
協定

技術
提供

北海道立
北の森づくり専門学院

(地独)道総研
林業試験場

↑ 従来からの連携

↑ 新たな連携

目指す姿

新たなつながりにより、学校林の高度な実習利用の場としての構築だけでなく、スマート林業技術の提供と担い手の育成、人材の輩出の好循環を生み出す

帯広農業高等学校 スマート林業講座①
令和6年9月19日(木)

～ピンチをチャンスに！～ 未来をつくるスマート林業

北海道十勝総合振興局森林室普及課
普及推進係長 佐々木 健人

◆ 北海道の森林・林業は今

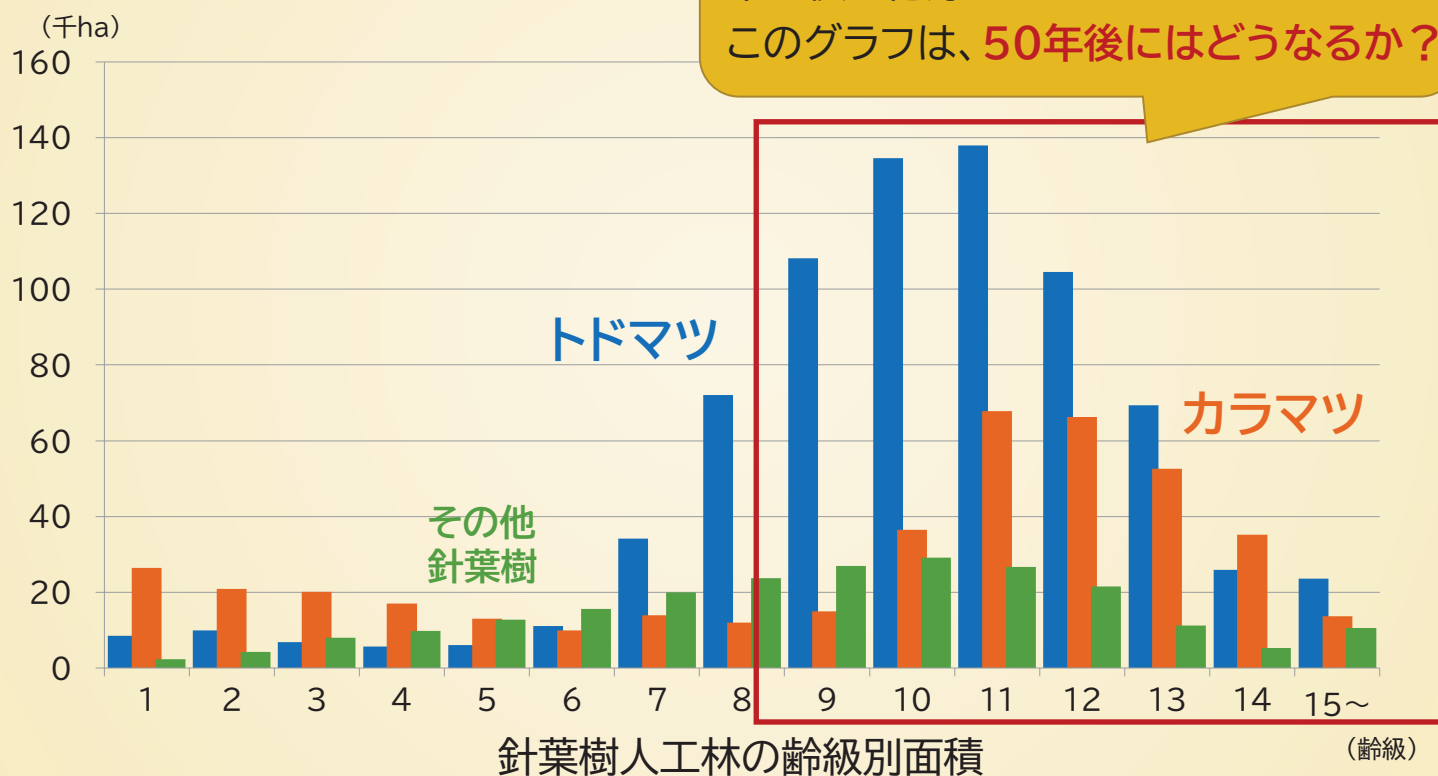
▶ 北海道は森林王国！

北海道の森林面積は **全国No.1**
土地面積の**70%以上** 緑色が全て森林！



▶ 今がまさに利用期！

6割が利用期を迎えている
木を使う絶好のチャンス！
このグラフは、50年後にはどうなるか？



出典：令和4年度 北海道林業統計 3

◆ 日本の未来産業！★林業・木材産業★

Hokkaido College of Northern Forestry
北海道立北の森づくり専門学院

▶ 仕事としての「林業」の特性

- ① 育成期間が長い！
- ② 広大なエリアが現場！
- ③ 自然が相手！



▶ 従来の森林調査や林業作業



広大なエリア
を歩く

一本一本手作業



厳しい労働環境



担い手の不足



軽労化や効率化が求められている！

5

◆ これからの林業は

だから… 『スマート林業』！

- ・ 人手不足や高齢化の課題を解消
- ・ 生産性と安全性の向上

の必要性

将来人口推計【北海道】

2015年：538万人

2040年：428万人（20%減）

2060年：320万人（40%減）

（出典：北海道HP・北海道人口ビジョン）

もしスマート林業が普及したら…

- ・ 3人がかりで下刈り作業→ロボット1台で下刈り作業
- ・ 体力に自信のない女性や高齢者でもらくらく作業
- ・ 3K(きつい・汚い・危険)林業からの脱却

▶ 『スマート林業』とは？

デジタル管理・ICTによる林業 安全で効率的な自動化機械による林業

効率的な
森林施業

需要に応じた
木材の安定供給

生産性の向上

担い手の
確保・育成

(出典:スマート林業実践マニュアル 総集編)

ICT = 情報通信技術 のこと！

身近なICTの活用例

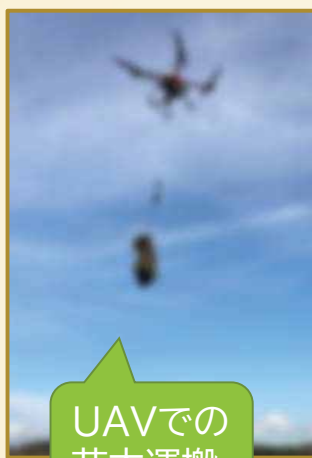
- ・スマートフォンでメール(情報)をやりとり
- ・授業でのプロジェクトの活用
- ・農業における収穫作業の自動ロボット化 など

7

▶ 普及されつつあるスマート林業（植林）



コンテナ苗による
植栽の省力化



UAVでの
苗木運搬

林業用
アシストスーツ



植え付け作業も
機械化！

▶ 普及されつつあるスマート林業（下刈り）



自走式刈払機による
下刈り作業の
効率化・軽労化



9

▶ 普及されつつあるスマート林業（調査）

- ・ 航空レーザやUAV(ドローン)により
森林蓄積や地形等の情報を把握
- ・ システムをクラウド化し関係者間で
森林資源情報等を共有

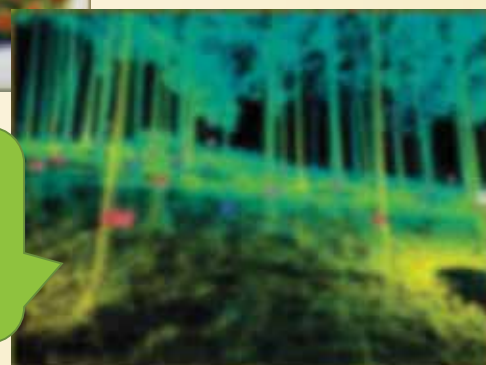
スマホ・タブレットで
樹木の直径が測れる



丸太検知アプリ
丸太の本数・太さ・
材積を瞬時に測定



森林データ計測ツール
レーザースキャンで
全立木の位置や材積
を計測



▶ 普及されつつあるスマート林業（伐採～搬出）



◆ 未来の帯広農業高等学校 学校林

課題

- ・ 学校林のカラマツ人工林の林齢構成に偏り
- ・ 森林の造成から利用までの一連の学習に利用できる学校林へ整備が必要

目指す姿

- ・ 毎年小面積ずつ伐採・更新 → 林齢構成を平準化
- ・ 実践的な森林・林業の循環利用に係る学びの場に！

植えて育てて、
伐って使って、
様々な実習を実践的に！



スマート林業の基礎

―十勝モデルの取り組みから―



ICTなど新しい技術を取り込んで、
山の調査や現場作業を「楽」にする林業

北海道立総合研究機構 森林研究本部 対馬俊之

なぜ？

長い間変わらない
人手のかかる林業作業



ものさし・木材チョーク

人力植栽

足で稼ぐ山林調査

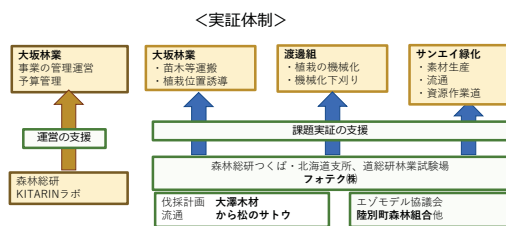


労働力不足・人口減少

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（林野庁）より

令和4-6年度林野庁「新しい林業」経営モデル構築事業

北欧をモデルにした北海道 十勝型機械化林業経営



新しい林業
@とにかち



今はUAV（ドローン）を使うのが機動力高い、正確

Structure from Motion - Multi View Stereo



SfM

- ①外部評定要素の推定
Ex) 撮影位置と姿勢
- ②内部評定要素の推定
Ex) レンズ歪み
- ③画像特徴点の推定



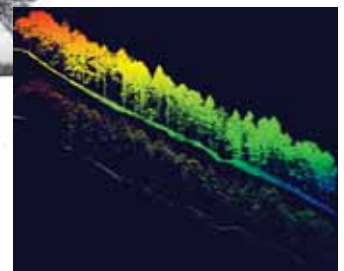
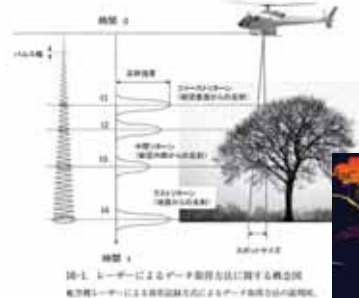
MVS

- ①SfMで推定した画像特徴点と複数のステレオペア画像を基に、高密度点群を構築

AgiSoft HP より引用 Metashape

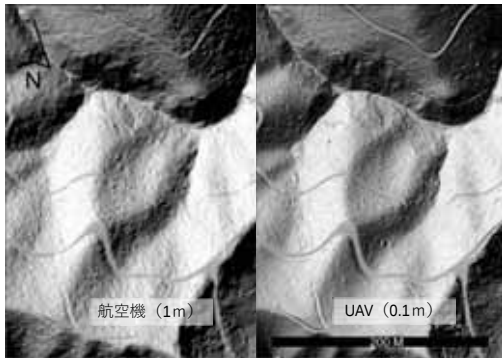
光学センサ → レーザー

Light Detection and Ranging
LiDAR



レーザーリモートセンシングの森林生態学への応用（加藤ら2014）

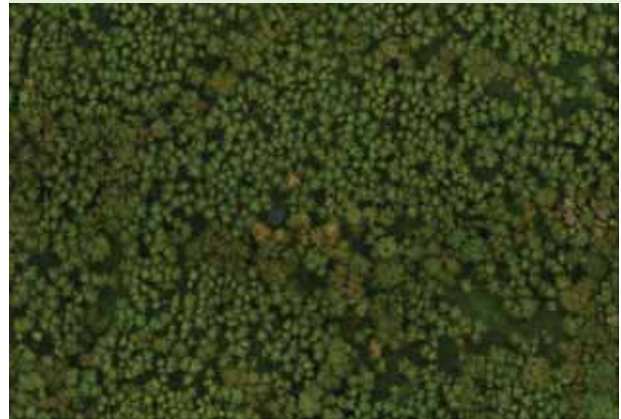
航空機レーザーとUAVレーザーの比較（陰影起伏図）



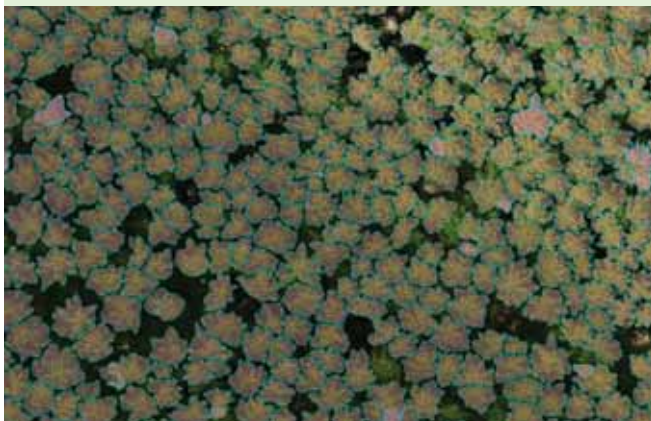
- ・航空機レーザーに比べUAVレーザーのほうがより鮮明に地形を表現。
- ・旧作業道などの抽出も可能。

調査で山に入る時間を縮減

オルソ画像（地形補正された結合画像）から松のサトウ



AIによる樹冠抽出（拡大） 閾値0.5



DSM 数値表層モデル
DCHM 数値樹冠高モデル
DEM,DTM 数値標高モデル



森林資源を測るリモートセンシングの最新事情
(村上拓彦、2015、森林科学) より引用

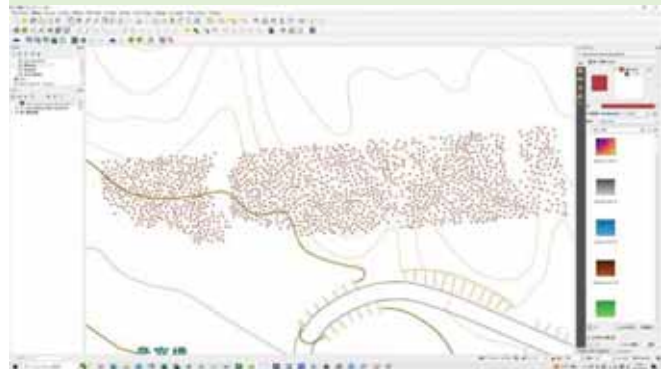
LiDAR搭載UAVの活用（大澤木材、阿寒）

森林資源量把握の試み



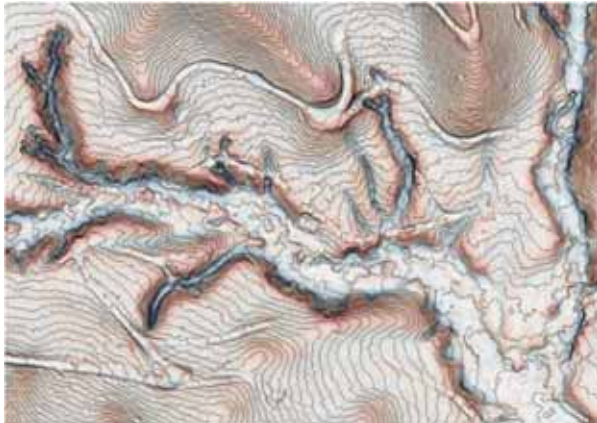
調査対象林分の点群データ処理 (DJI Terra)

LiDAR搭載UAVの活用（大澤木材、阿寒）

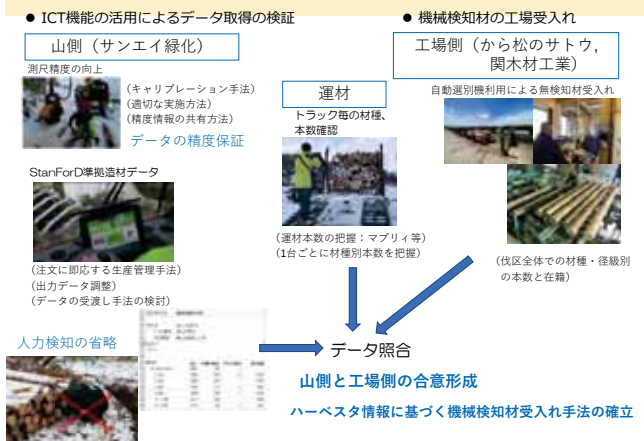


SCANXで樹木の重心位置を出力、QGISで表示し共有

CS立体図：地形の変化が鮮明、既存路網



2. 素材生産・流通



ICTハーベスタの機能

- (1) 素材生産のデータ管理
- (2) カラーマーキング（色分け）
- (3) バリュバッキング（採材提案）
- (4) リミテーション（生産制限）



ICTハーベスタの利点

- (1) 伐区ごとの採材データを全て保存し、必要な情報を出力できる

材種別、径級別の本数や材積を
計算可能

(4)リミテーション（生産制限）



2022.11.30 10:57 365材1回目

TECHNION社
iLogger

（生産管理ファイル）
Hpr形式、
xls形式で保存可能

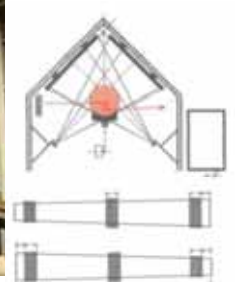


工場受入（から松のサトウ、フォレスト十勝）



ILC-600型 センサ：イタリア製

赤外線センサ部分
（90度で2方向）



直径：先端径、中間径、後端径
材長：コンベアのエンコーダで計測

結果

ハーベスタと自動選木機の材積と誤差率

材長	セット	ハーベスタ		自動選木機	
		材積	誤差率 (対50m ³)	材積 (対ハーベスタ)	誤差率
365	1	52.005	0.040	51.608	-0.008
365	2	51.406	0.028	50.586	-0.016
365	3	50.174	0.003	50.185	0.000
365	4	50.133	0.003	50.967	0.017
300	1	46.740	-0.065	45.798	-0.020

- ・ハーベスタ指定50m³に対し、振れ幅あった
- ・ハーベスタに対して、自動選木機は同じかやや小さい

再造林・保育のスマート化



- ・クラッシャによる地寄せ
- ・自動植付機による植栽
- ・乗用刈払機による下刈り
- ・植栽位置誘導装置
- ・位置情報管理システム



電動一輪車で苗運搬

カラマツ
コンテナ苗
(大坂林業)

クラッシャ：地寄せ



自動植付機：植栽



乗用刈払機：下刈り

植栽



自動植付機 (Bracke P12.a) 植栽



通常位置決め+人力植栽

誘導装置
+人力植栽

植栽位置誘導装置：

GNSS測位により、作業者及び作業機を事前に設定した植栽位置に高精度に誘導する装置

検証テーマ

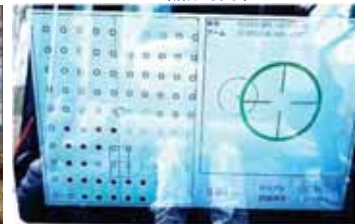
- ・自動植付機の作業性能：人力作業との比較
- ・植栽位置誘導装置の省力効果：位置決め不要に
- ・植栽位置誘導装置の位置精度

実際の植栽位置を記録し、下刈り時に活用

山もっとモットと位置誘導装置による
下刈り実証試験

山もっとモット
(株)筑水キャニオン

位置誘導装置
(株)フォテック



検証テーマ

- ・衛星データ (GNSS) による位置情報の正確性
- ・植栽木の位置を期間を置いて正確に再現できるか
- ・走行しながらリアルタイムで機械位置を表示できるか
- ・位置誘導装置頼りで、植栽木を刈らずに列間刈りができるか
- ・そして、これらにより下刈り作業の省力化や効率化が実現できるか

位置情報の活用

→ 造林作業の省力化！

課題

- ・実機作成にむけた取り組み
- ・150ccコンテナ苗の保育方法
(地ごしらえ強度、苗木サイズ、
植付けなど、一貫したシステム化)

スマート林業の未来

→ 良さ、
山と木材業界、
とりまく社会に
広げていく

ICT Information and Communication Technology

シミュレータを活用した オペレータ教育



北海道立北の森づくり専門学院

林業労働災害の現状

森林での伐採作業



森林を育てるためには間伐が必要

立木の状態は

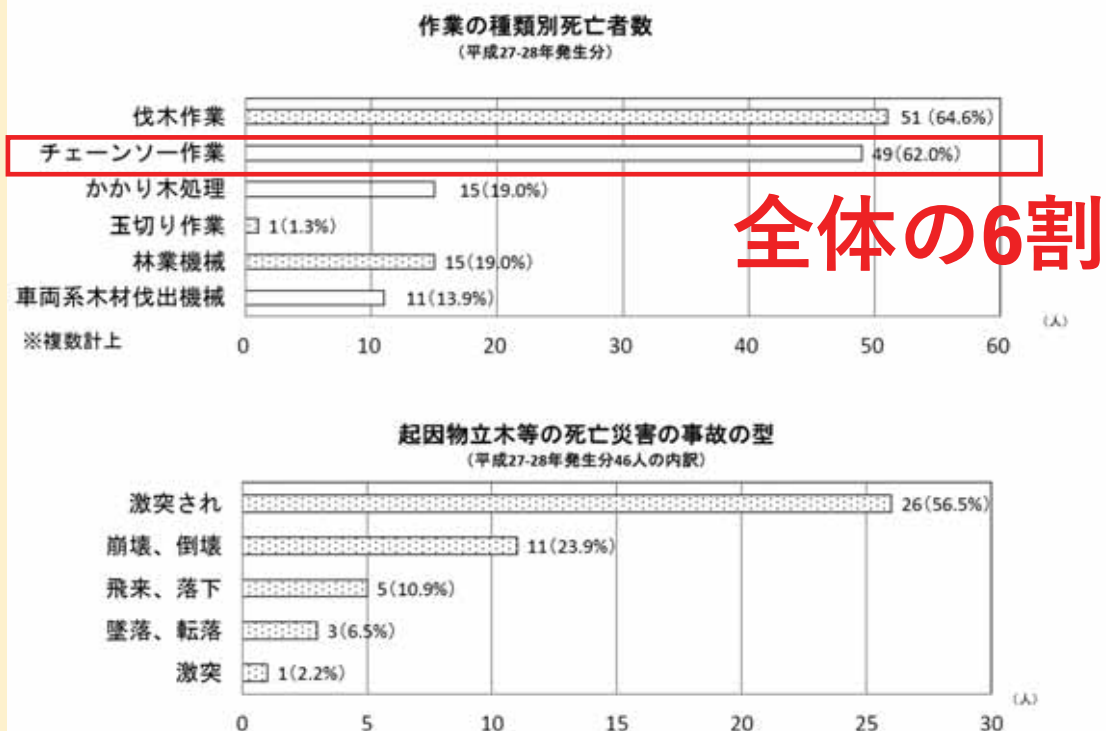
1本1本すべて異なる

伐倒には経験と技術が必要



労災の大半はチェーンソー伐倒

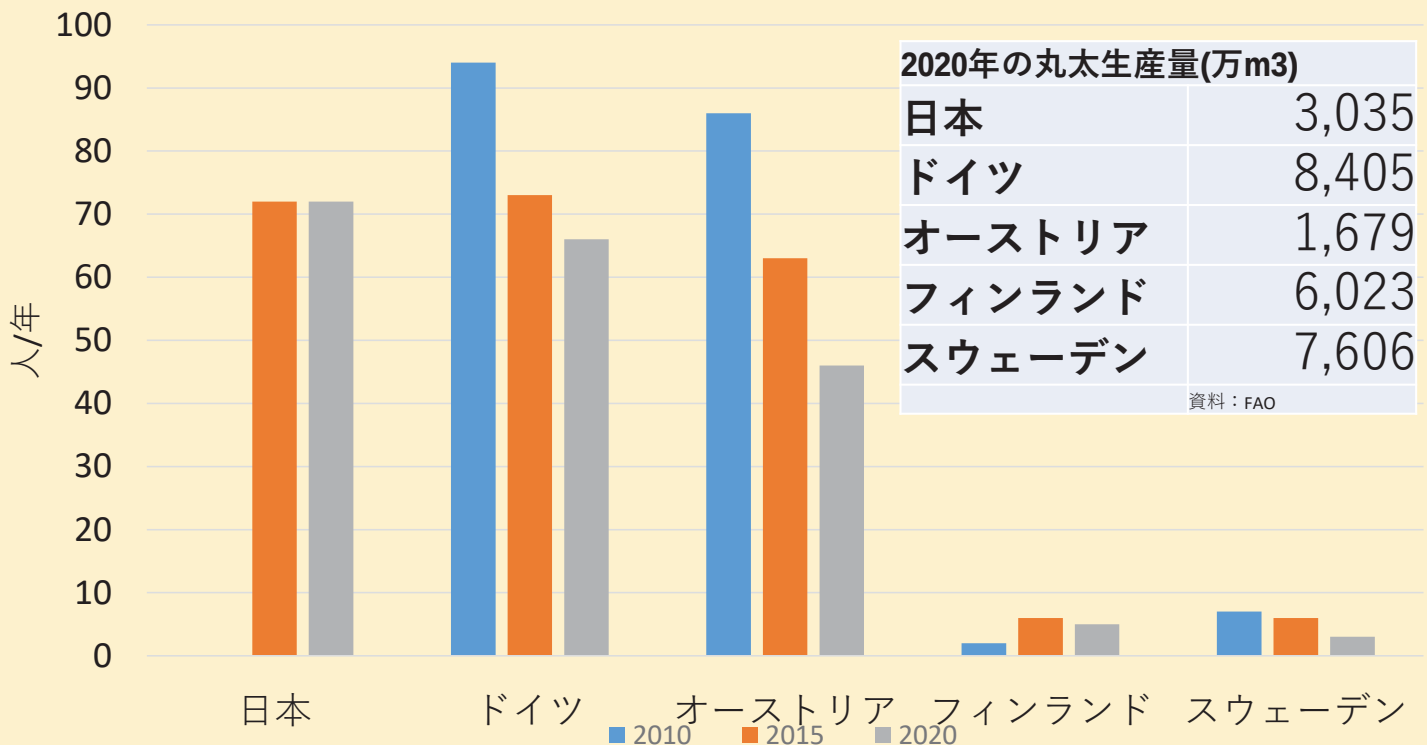
林業における最近の労働災害発生状況
(作業の種類別死亡者数、起因物立木等の事故の型別死亡者数)



資料：「林業における労働災害発生状況」厚生労働省

北欧は圧倒的に労災が少ない

農林水産業における労働災害死亡者数の推移



資料：国際労働機関 (Cases of fatal occupational injury by economic activity)

林業の労働災害を根絶するためには？

北森カレッジのチャレンジ

その1

安全かつ的確な現場作業技術の習得
・チェーンソー理論と技能

その2

高性能林業機械の操作技術の習得
・ハーベスタ理論と技能

北森カレッジにおける取組

段階的・体系的な伐倒技術教育プログラム

伐木造材の例（R5年度）



1年次

技術の習得→反復・定着

68コマ(必修)

伐木造材実習1

- ・構造と取扱（S社製）
- ・輪切り→受け口→伐倒
- ・伐倒/玉切り/枝払い（小径木）
- ・かかり木処理

31コマ(選択)

伐木造材実習3

- ・伐木競技
- ・特殊な伐採
- ・立木伐採（中小径木）

22コマ(必修)

伐木造材実習2

- ・構造と取扱（H社製）
- ・左右の立ち位置からの伐採
- ・傾斜地での伐倒

92コマ(選択)の一部

総合選択実習（技能養成）

- ・伐木技術のスキルアップ

長期インターンシップ

- ・実践力の養成

2年次

技術の実践・応用



R4年度日本伐木チャンピオンシップに4名の2年生が参加

フィンランドとの教育連携による効果的な授業

北森カレッジは、本道と気候や植生などが類似し林業先進地であるフィンランドの「リベリア林業専門学校」と締結した覚書に基づき、高性能林業機械の教育プログラムの開発をはじめ、教員及び生徒の相互交流などの取組を実施。

※ 覚書の内容：①オペレータの指導者への教育や教育プログラムの開発等

②生徒と教職員の相互交流、

③教育ノウハウの共有及び共同プロジェクトの構築 など



【林業先進地域のフィンランド製シミュレーターによる教育プログラム】



○ シミュレーター教育の利点

- ・ 林業機械操作の基礎技術を養成できる
- ・ 経験の無い生徒も安全に学べる
- ・ 誰もが同じ条件で繰り返し学べる
- ・ 立木・機械など施設・設備・資材や準備の手間・経費の節減
- ・ 指導者が指導しやすく安全

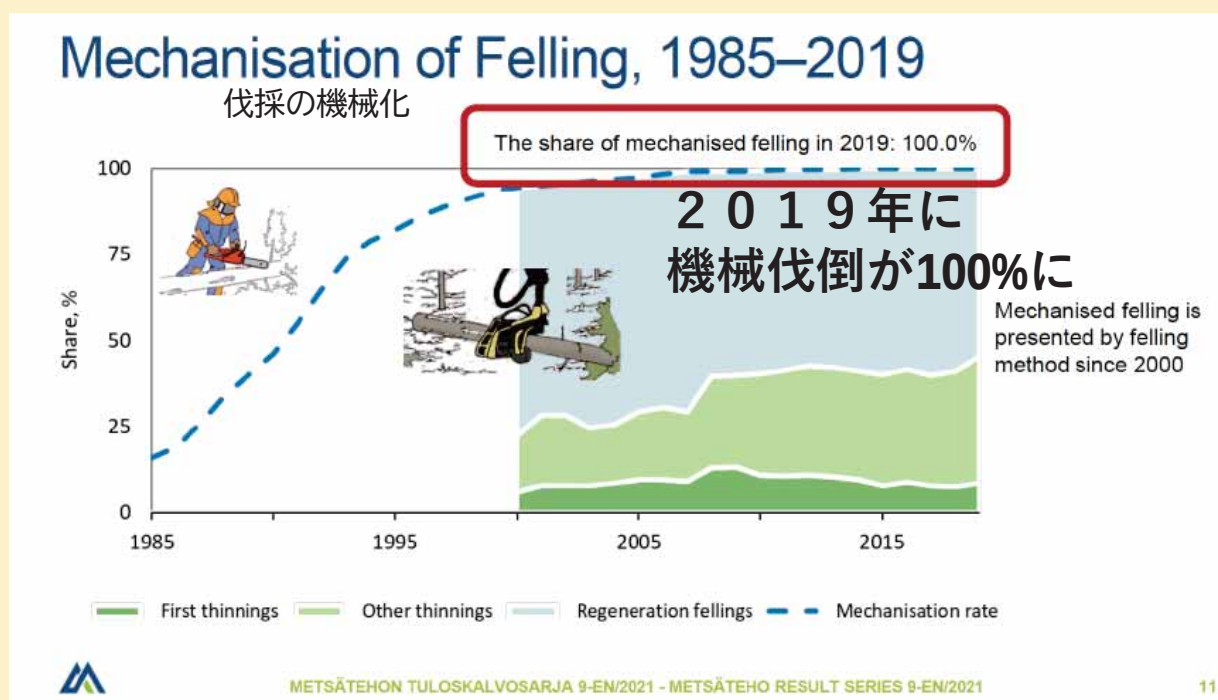
令和4年5月30日

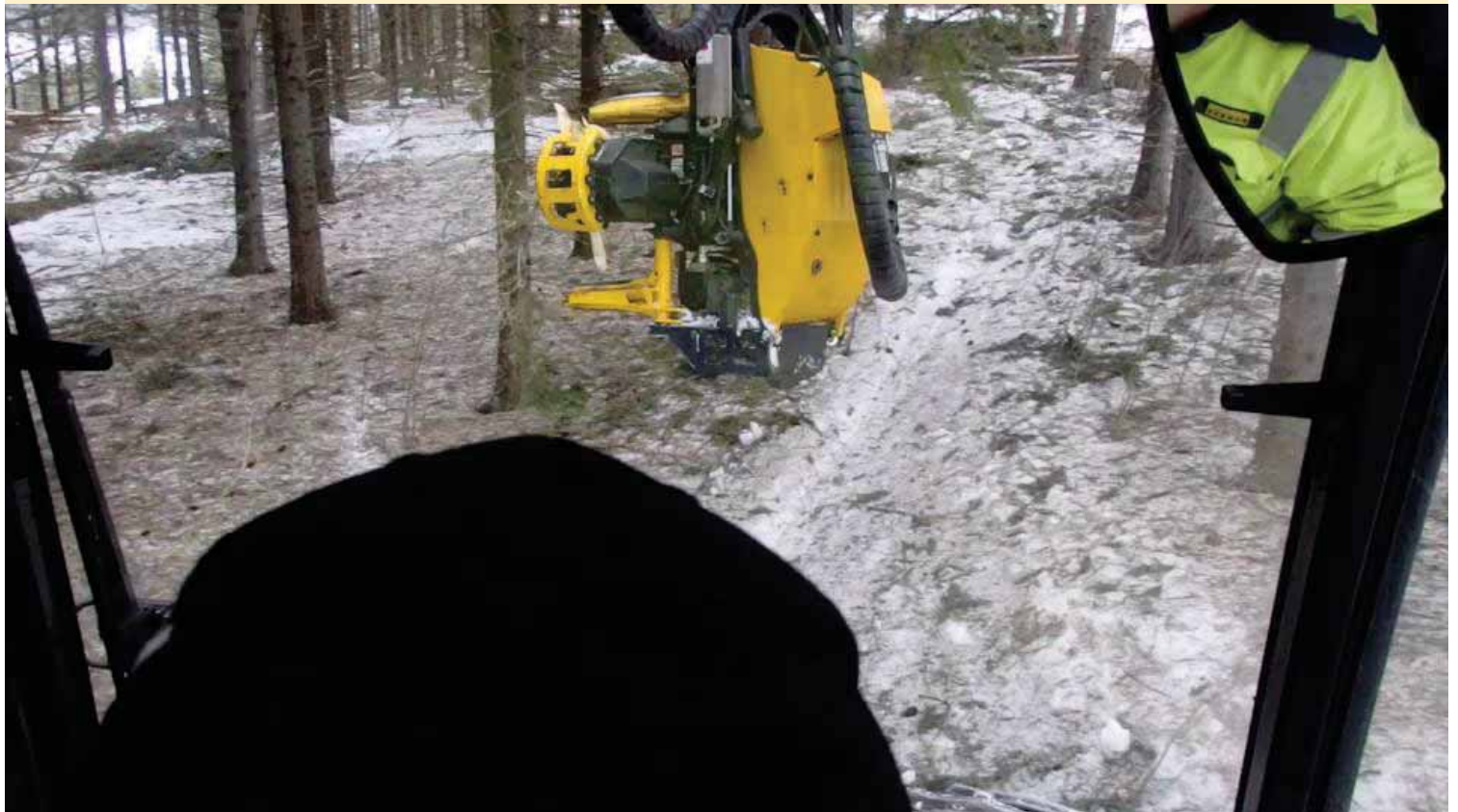
○全国初のシミュレータ競技大会開催

リベリア林業専門学校とオンライン対戦

フィンランド林業の現状

労働力不足を補う機械化の取組

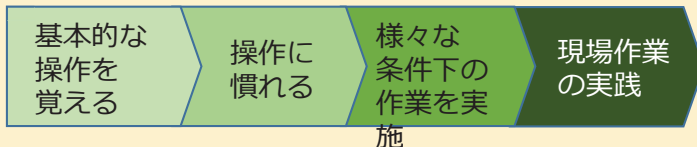




▶ シミュレーター教育のメリット

- ・ 経験の無い生徒も **安全に学べる**
- ・ **誰もが同じ条件**で繰り返し学べる （**苦手箇所**や**到達度**が分かりやすい）
- ・ 立木・機械など施設・設備・資材や準備の **手間・経費の節減**
- ・ **指導者が指導しやすく安全**

▶ シミュレーターによる段階的な育成

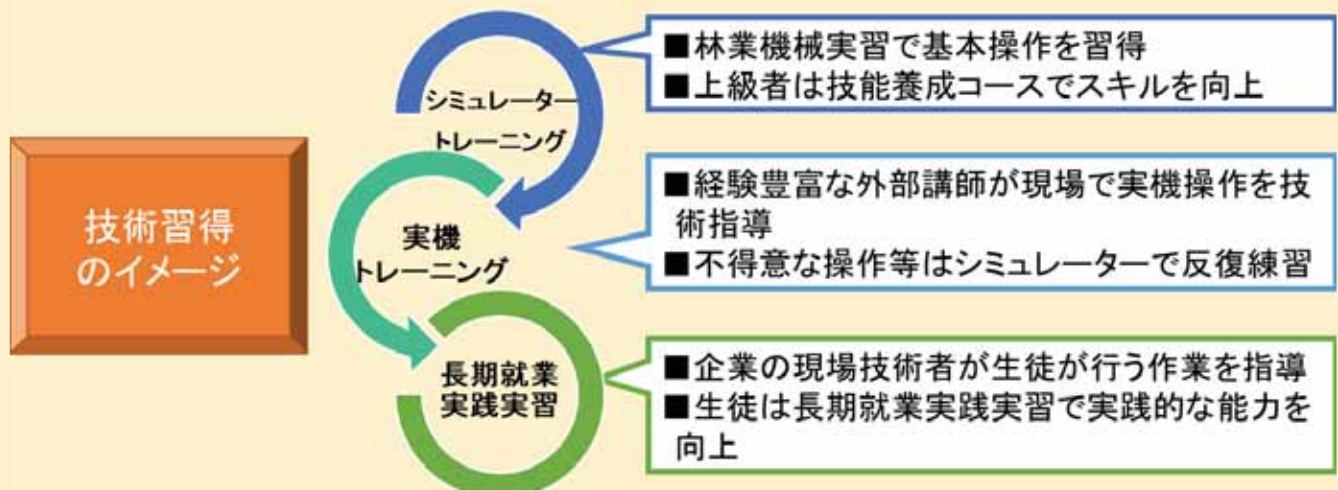


- ・ 個人個人の **習熟段階**に合わせてプログラムを進める。
- ・ タスクの操作を自動で採点、レポート表示
- ・ **到達度を判断**して**次のレベルに移行**



- ・ 伐採方向、伐採の順番、造材の仕分けの基本を習得
- ・ それぞれの作業の狙いを理解することが重要

北森カレッジにおける取組



□ ハーベスタは5区分29課題、フォワーダは8区分38課題

ハーベスタのプログラム
D 1 (立木伐倒)
D 2 (側方伐倒)
D 3 (前方伐倒)
D 4 (皆伐作業)
F 1 (FSC認証)

フォワーダのプログラム
B 1 (丸太の扱い)
B 2 (バンドルの取り扱い)
B 3 (丸太の集積)
B 4 (荷台への集積)
B 5 (荷台からの荷下ろし)
B 6 (集積からの丸太の分割)
B 7 (少量の積荷の集材と荷下ろし)
B 8 (集積材をまとめる効果)

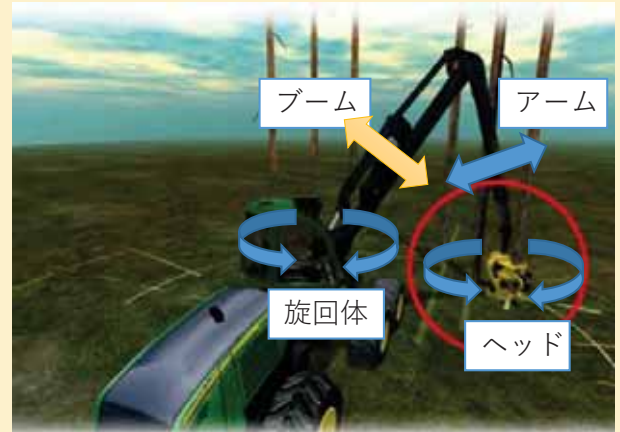
シミュレータを体験しよう！

新時代に求められるオペレーターとは？

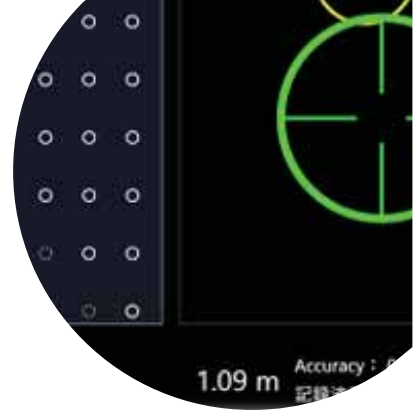
- ①選木や伐倒、植林など林業の知識を有する。
- ②作業を正確かつ効率的に行うスキルを有する。
- ③効率的な作業計画を立てることができる。
- ④マシンのメンテナンスを適切にできる。
- ⑤ICT技術を活用できる。

正確かつ効率的に行うスキルとは？

- ①**複数の動作を連動**させながら、最短距離で作業する。
ブーム、アーム、ヘッド、旋回体の4つの操作を連動することで、最小の動作で作業が可能⇒省燃費
- ②**動作を適切に制御**するため、自分のスキルに応じた速度で操作する。
⇒やり直しによる無駄な動きを削減
⇒立木やマシンの損傷を削減

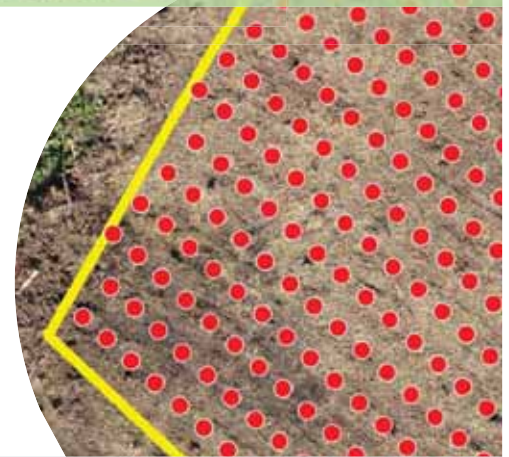


連動操作を身に付けよう！



GNSSを利用した位置誘導植栽

～コンテナ苗の特徴を生かしたスマート林業の展開を学ぶ～



会社概要

会社名 有限会社 大坂林業
所在地 中川郡幕別町忠類錦町4 3 8
設立 1949年4月

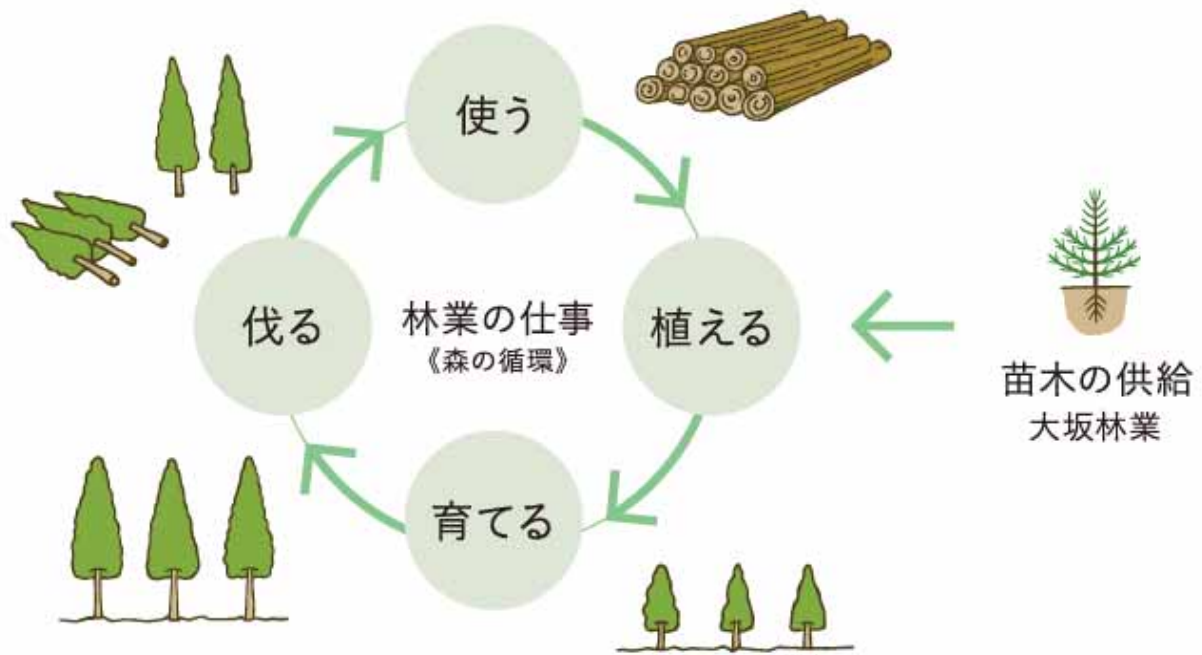


OSAKA NURSERY

事業

- ・ 苗木生産販売
 - 一 造林用苗木(裸苗、コンテナ苗)
 - 一 幼苗委託生産販売
 - 一 緑化木生産販売
- ・ 薪の製造 & 販売
- ・ 生薬加工委託
- ・ 組織培養
- ・ 造林作業
- ・ 製材所
- ・ レストラン など

林業のサイクル



裸苗とコンテナ苗の違い



畑に播種し幼苗を育成
掘り取り後・・・
カラマツは1年で植え替え
トド・アカエゾは2年で植え替え

畑に植える



- ・ 植栽時期は、4～5月
10～11月に限られる
- ・ 掘り取りの際に土を
振るい落とすので、成
長が一時止まる
- ・ 植付けに技術が必要



コンテナに植える



- ・ 植栽時期は、4～7月9～
11月と長期間可能
- ・ 土付きで出荷するので、
初期成長が良い
→ 下草刈りの回数減
- ・ 植付けが容易
- ・ 枯損率が低いので、植栽
本数を減らせる
- ・ 生産の機械化が可能









植える



育てる

現在の造林作業と目指すこと

現状

- 労働集約的作業
- 苗木等需給のアンバランス
- 下刈時の誤伐、など



新技術

- ドローン等による現場状況の把握（傾斜、土壌、etc.）
- 新しい機械と機械化作業に適した造林仕様
- CLAS等誘導による高精度作業と位置記録

目指すこと

- 高精度、省力、安全、低コスト造林作業

QGIS上で植栽位置を作成

①オルソ画像で確認



②植栽範囲を決定



③植栽ポイントを作成



④ポイント座標を出力

	id	name	geometry	area	perimeter	centroid	area	perimeter	centroid
1	1340000	-74723.1	-74723.1	-74723.1	-74723.1	29	1.0		
2	1340000	-74723.2	-74723.1	-74723.1	-74723.1	40	1.0		
3	1340000	-74723.4	-74723.1	-74723.1	-74723.1	41	1.0		
4	1340000	-74723.6	-74723.1	-74723.1	-74723.1	42	1.0		
5	1340000	-74723.8	-74723.1	-74723.1	-74723.1	43	1.0		
6	1340000	-74724.0	-74723.1	-74723.1	-74723.1	44	1.0		
7	1340000	-74724.2	-74723.1	-74723.1	-74723.1	45	1.0		
8	1340000	-74724.4	-74723.1	-74723.1	-74723.1	46	1.0		
9	1340000	-74724.6	-74723.1	-74723.1	-74723.1	47	1.0		
10	1340000	-74724.8	-74723.1	-74723.1	-74723.1	48	1.0		
11	1340000	-74725.0	-74723.1	-74723.1	-74723.1	49	1.0		
12	1340000	-74725.2	-74723.1	-74723.1	-74723.1	50	1.0		

位置誘導装置 + 人力植栽器具

従来の間縄を使用した植栽



GNSSを活用した位置誘導植栽



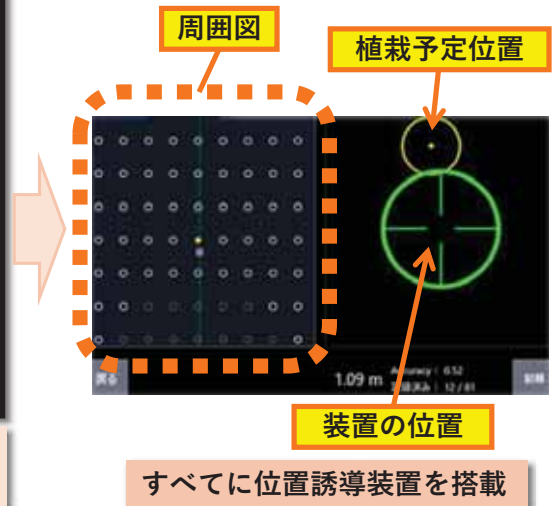
電動オーガ
【植穴名人】



エンジンオーガ
【ほるほる君】



スプレーマーキング
【株フォテク作成】





植栽位置誘導装置により見込める効果

間縄を張る時間・労力を省ける

- ・ 間縄を使用しないので、移動時間や作業時間が省略可能
- ・ 斜面の場合に伸びを考えなくてもよい
- ・ 少人数単位での作業が可能になる

ドローン測量による造林計画との相性が高い

- ・ 外杭や境界の杭が必要なくなる
- ・ 現場の状況に応じた植栽列の方向が決められる

植栽位置を記録し、下刈りにも活かせる

- ・ ラジコン式草刈機などの導入も可能
- ・ 苗間の下草を残した列間刈りに植栽位置が利用可能

帯広農業高等学校 スマート林業講座「UAV を用いた学校林の林況の把握」

【概要】

サトウではドローンをメタシェイプというソフトと組み合わせてカラマツの本数を把握する為に活用しています。

今回の講座では実際に帯広農業高校の学校林をドローンで撮影し、カラマツの本数を把握するプロセスを見て頂きながら、ドローンを用いた山林調査のご説明をさせていただきます。

【カラマツ本数調査の流れ】

- ① 飛行計画を作成
- ② ドローンで山林全体を撮影
- ③ 撮影した航空写真から、メタシェイプで山林全体のオルソ画像の作成
- ④ オルソ画像でカラマツ本数のカウント

オルソ画像とは、真上から見下ろしたような傾きのない状態になっている画像の事。

オルソ画像を作成するには、ある程度重なるよう連続的に撮影した空中写真が大量に必要。

【デモフライトについて】

今回のデモフライトは角度を変えて2回行います。

事前に作成した飛行計画のルート、撮影方法に沿ってドローンが自動的に飛行と撮影を行います。

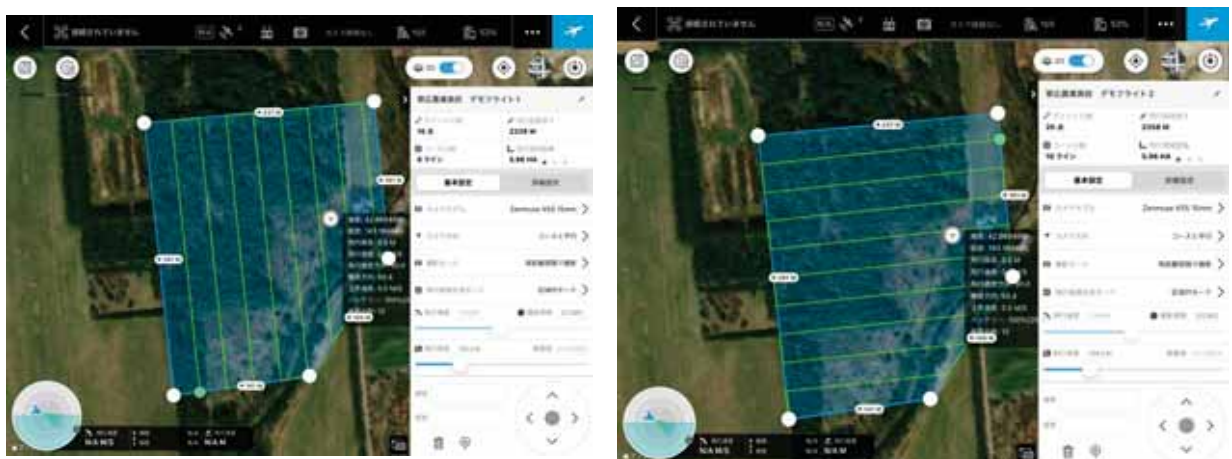


図 今回フライトする飛行計画

(株)サトウ

UAVを用いた学校林の林況の把握

株式会社サトウ

商材課 須藤達也

佐藤直希

- ・はじめに … 須藤
- ・ドローンでの調査/分析方法について … 佐藤

はじめに

- ・株式会社 サトウ (から松のサトウ)



- ・創業76年
- ・国産(道産)のカラマツを使った商品を作る製材メーカー(工場)
- ・パレット材/梱包材等 産業用資材を主として生産・販売
- ・帯広市 (本社工場 / 加工工場) 、 足寄町芽登 (小径工場)

取扱い商品（産業資材）



完成品パレット



パレット仕組材



梱包材

- ・ 梱包材（ダンネージ材も含む）
- ・ パレット材（完成品パレット）

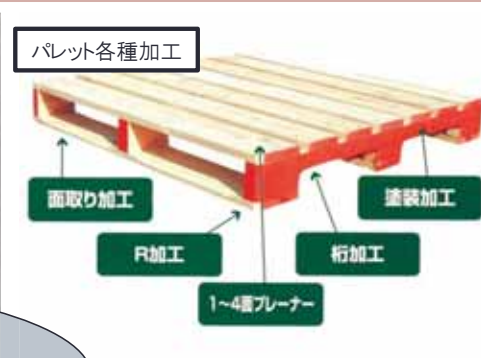
サトウは何が出来る?? ～特徴① パレット梱包材(仕組材・加工)・パレット完成品～



木製パレット



梱包材(斜めカット)



パレット各種加工



梱包材(溝加工)



梱包材(面取加工)



梱包材(穴明加工)

サトウは製材だけじゃない！
加工が得意！
完成品パレットも作れる！

梱包材とは...



はじめに

- ・年間103,500m³(R4年)の原木を自社で使用 カラ:トド=7:3
(トラック1台≒約20m³ 約5,000台以上分の原木を使用)
- ・商材課が専門で調達
 - 一 原木の仕入・販売・在庫管理、**山林の調査**・購入・自己造材

自己造材

=自分たちで山林手配、業者手配して造材、原木の搬入まで
自前ですべて行なう。

- ・近年山林調査の機会、重要性が増、効率化・省力化へ
⇒平成30年7月より 調査に**ドローン**を導入

原木の運搬トラック(原木車)



調査風景

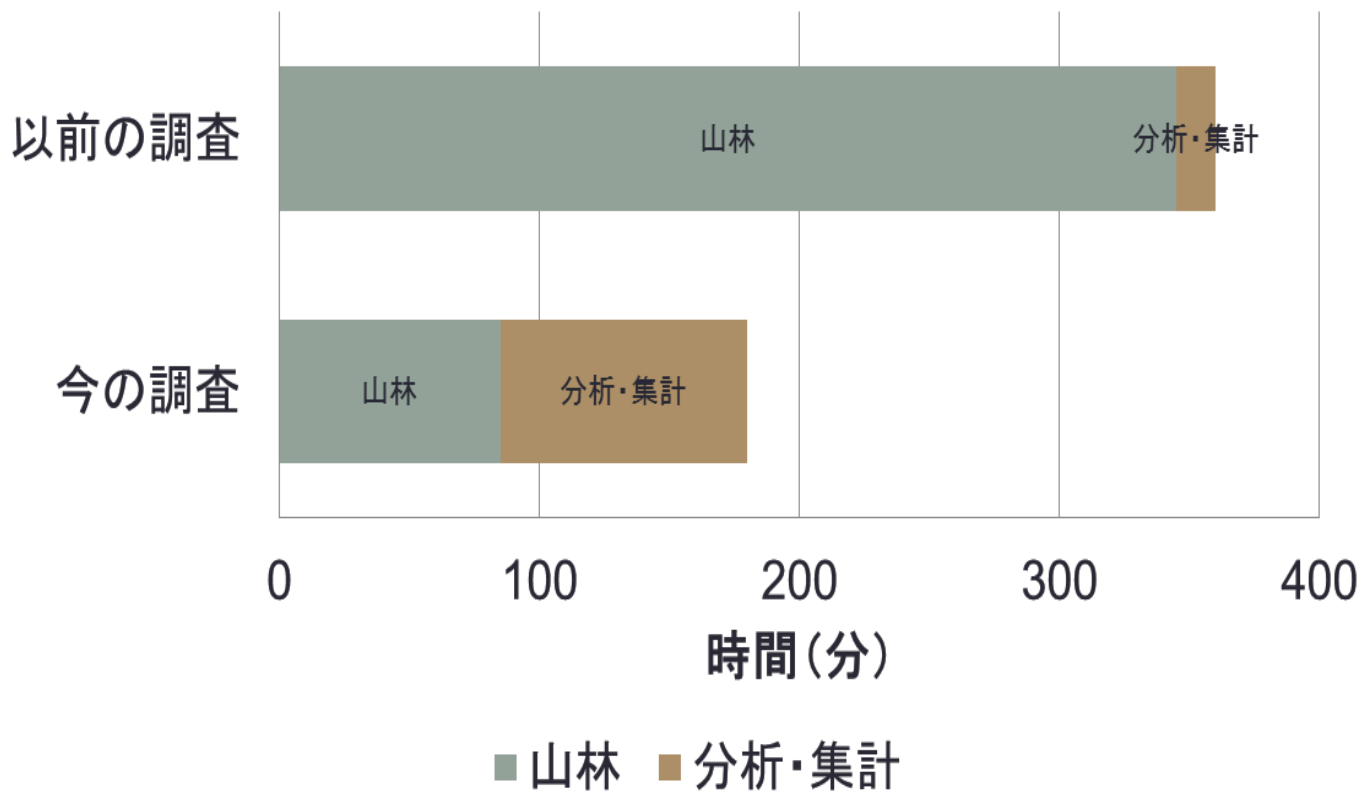












※5haの調査 : 6時間⇒3時間に
半分に時間短縮 (1ha当り36分の短縮)

導入した機器等

- ・ドローン : Inspire2
(飛行時間)27分 (速度)94km/h
- ・カメラ : ZenmuseX5S
(分類)可視光カメラ
(静止画)2,080万画素
(動画)2,160p 4K 60fps
- ・画像処理ソフト : Metashape
- ・その他 : PC、ドローンの備品



サトウ:ドローンでの調査/分析方法

【目的】

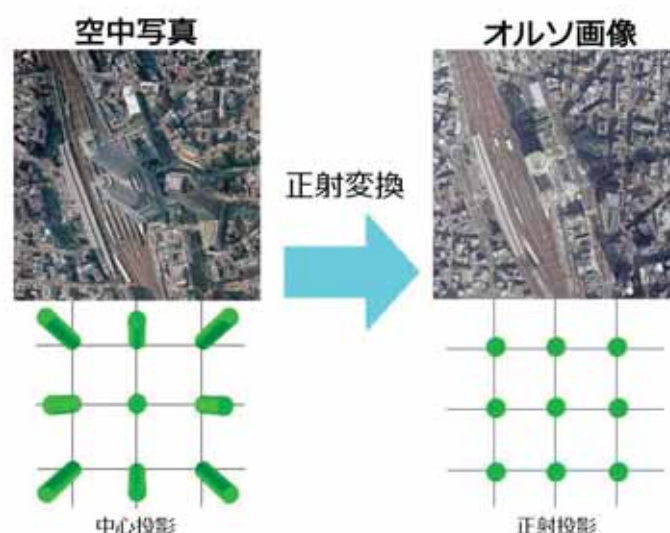
カラマツの本数を数えたい。数える為のオルソ画像を作りたい。

【流れ】

- ①飛行計画 …… どのように飛ばすか事前に設定
- ②ドローン空撮 …… オルソ画像の基になる山林の空中写真の撮影
- ③オルソ画像作成 …… 空中写真をメタシェイプに入れ、自動解析、作成
- ④本数カウント …… GISソフトでオルソ画像を見てカラマツ本数を数える

オルソ画像について

- ・オルソ画像とは …… 空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に正射変換したもの。

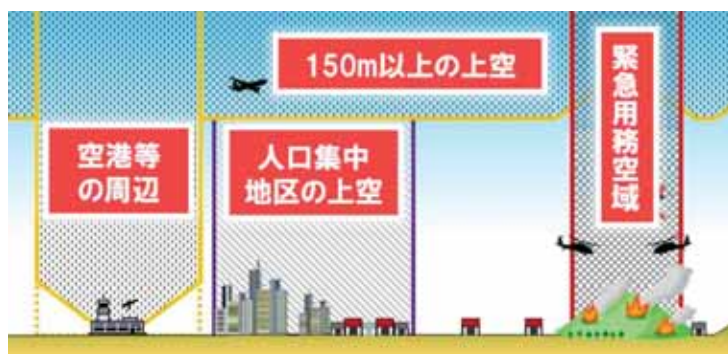


撮影した学校林の空中写真



①飛行計画

ドローンに関する規制



これらの飛行区域、飛行方法で飛ばす場合は事前に国土交通省の許可・承認が必要

①飛行計画

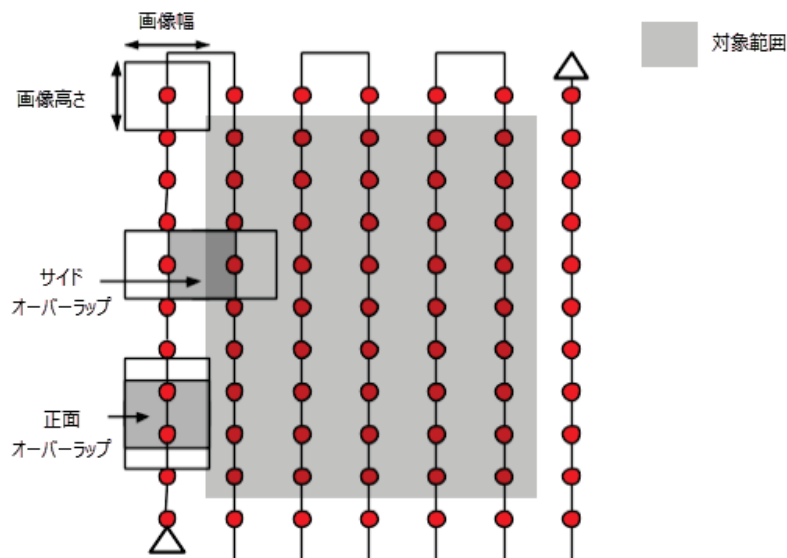
オルソ画像を作るのに必要な空中写真

・他の写真と縦・横がある程度重なるよう(オーバーラップするよう)連続的に撮影した空中写真が大量に必要。

・必要なオーバーラップ率

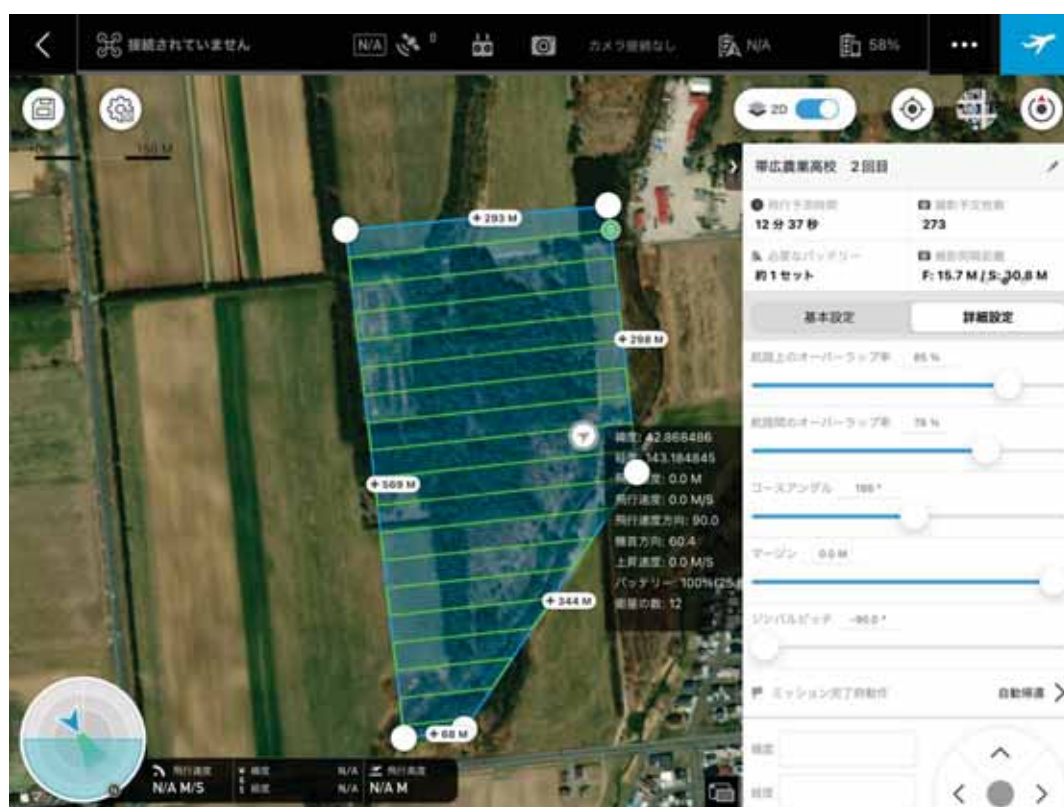
縦(正面) ... 80%

横(サイド) ... 60%



①飛行計画

学校林撮影時に設定した飛行計画



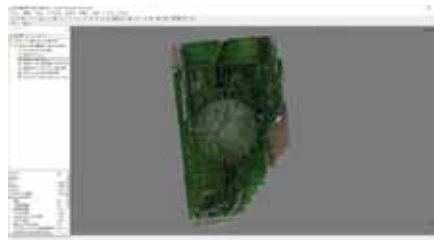
③オルソ画像作成

オルソ画像作成の流れ

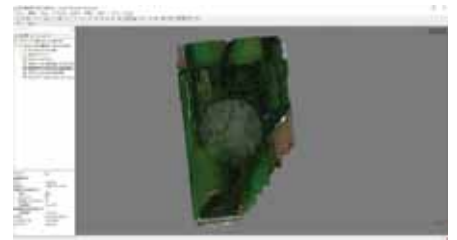
①メタシェイプに写真を取り込む



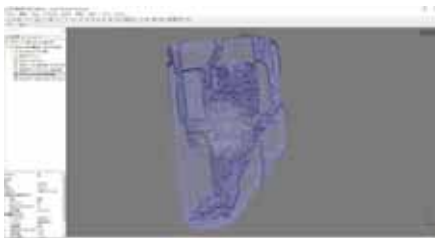
②アラインメント処理



③ポイントクラウド構築



④モデル(メッシュ)構築



⑤オルソ画像構築(完成)



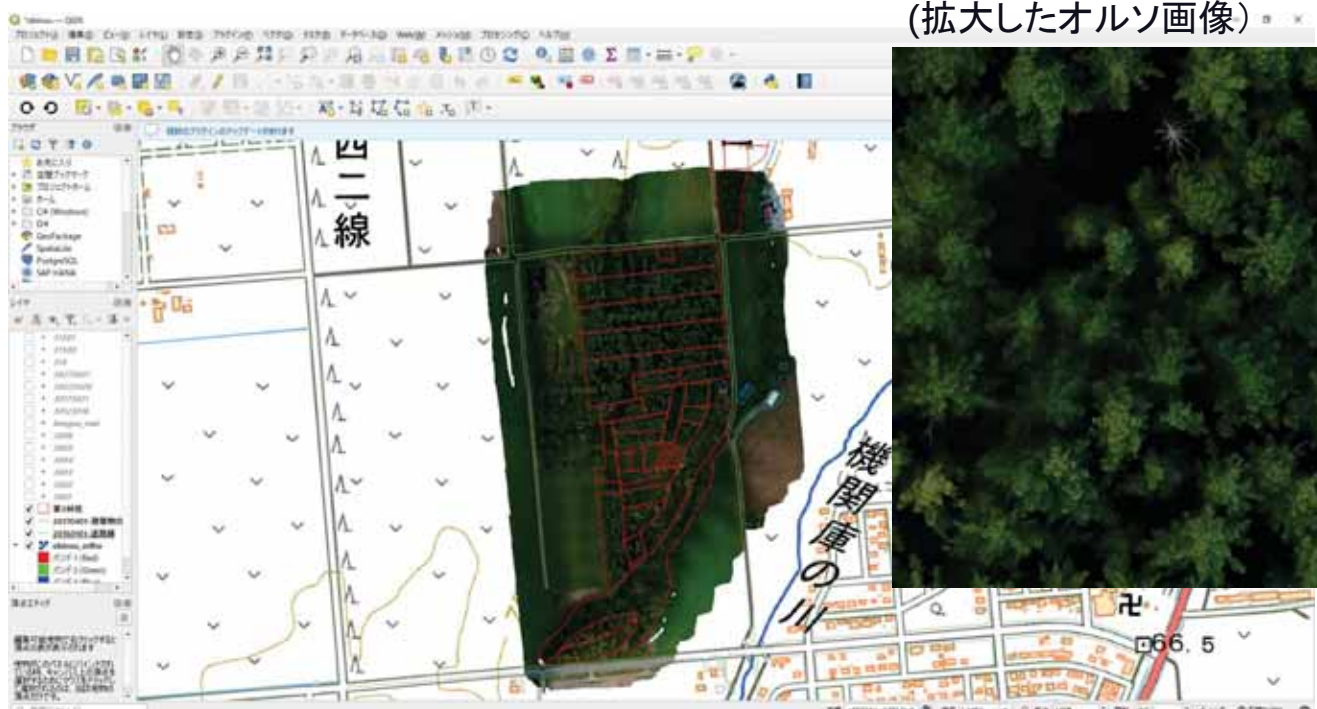
ほぼ自動で解析、構築

完成まで約30分と短時間

④本数のカウント

QGISでオルソ画像を開く

- QGISでオルソ画像と必要なデータ(境界の線等)を重ねる

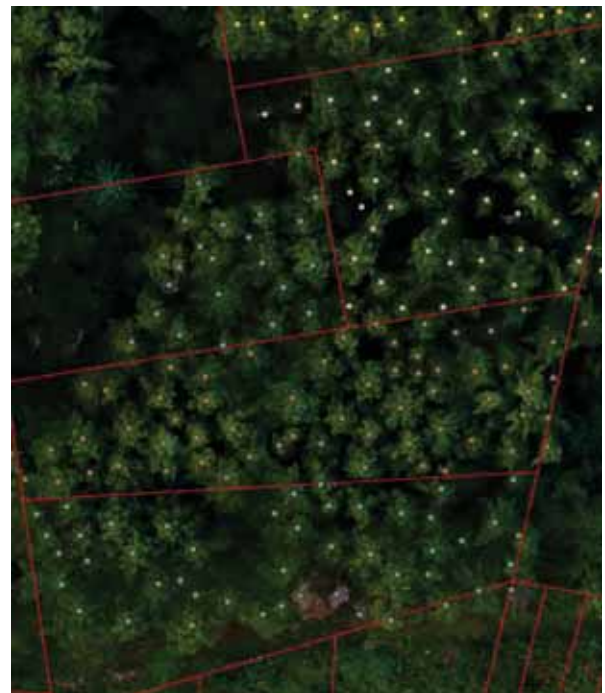


(拡大したオルソ画像)

④本数のカウント

山林の必要な情報を取得

- 山林の様子や樹種の把握
- カラマツ本数の把握



④本数のカウント

樹種の判定

- 樹冠の形や、葉の形で判断



④本数のカウント

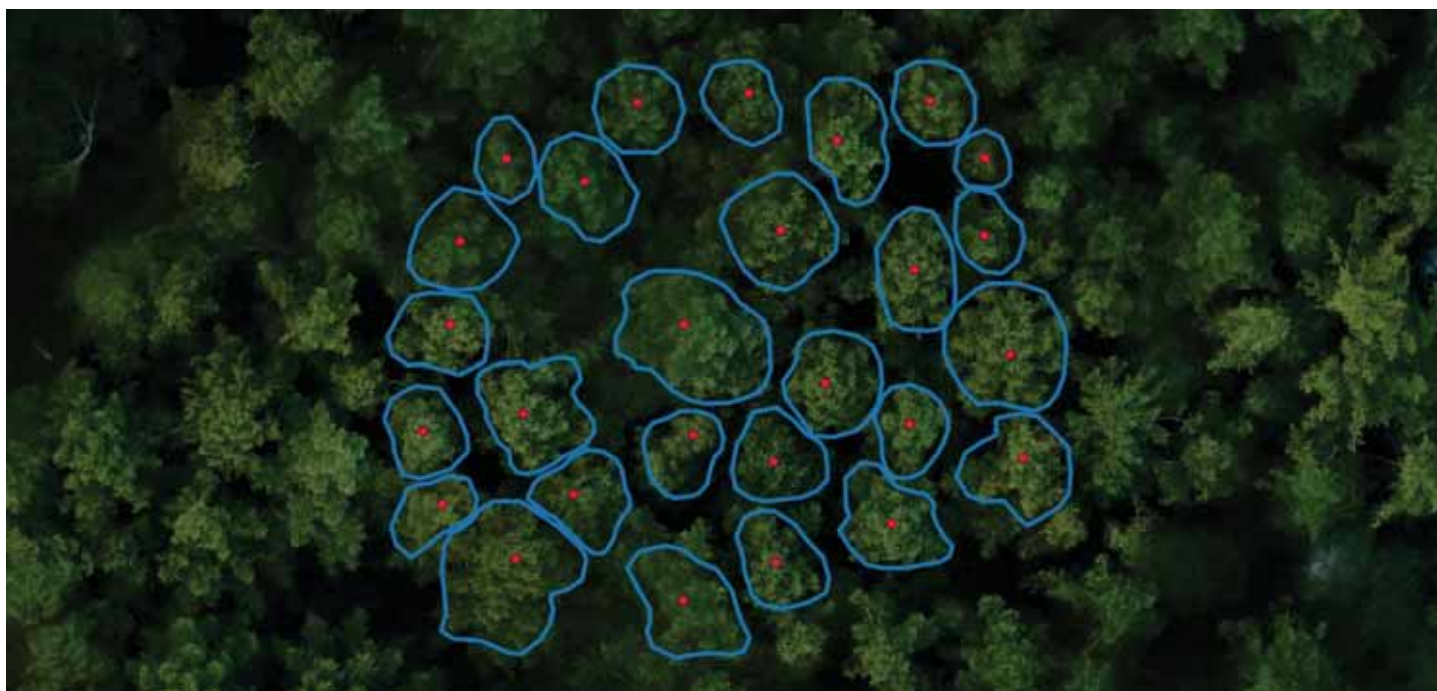
樹種の判定

- ・ 広葉樹は樹冠の形が一定では無いので数える事は困難



④本数のカウント

カラマツを判別して点を打つ



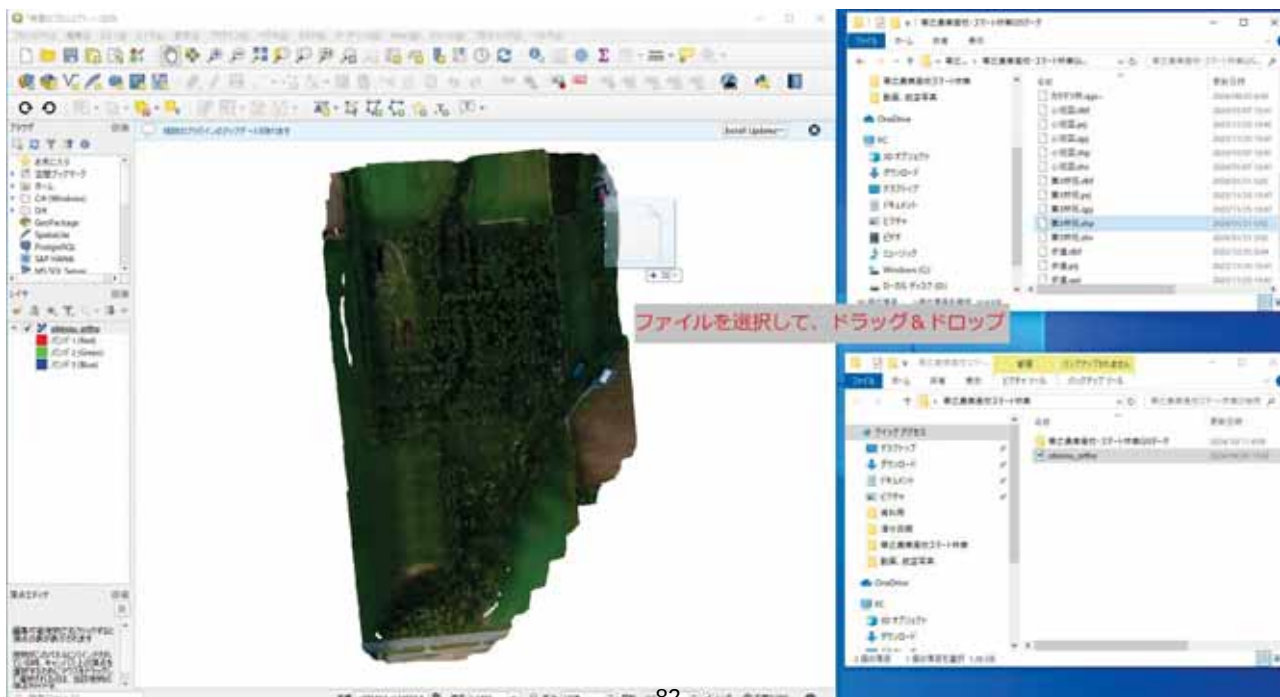
帯広農業高校 学校林カラマツ本数

事業区ナンバー	カラマツ本数(本)
314	133
3001	47
3002	61
3003	31
3004	55
3005	47
3006	51
31500	6
31501	13
30123016	162
30173021	137
30223026	73
30273031	71
番号無し	158



実際に数えてみましょう

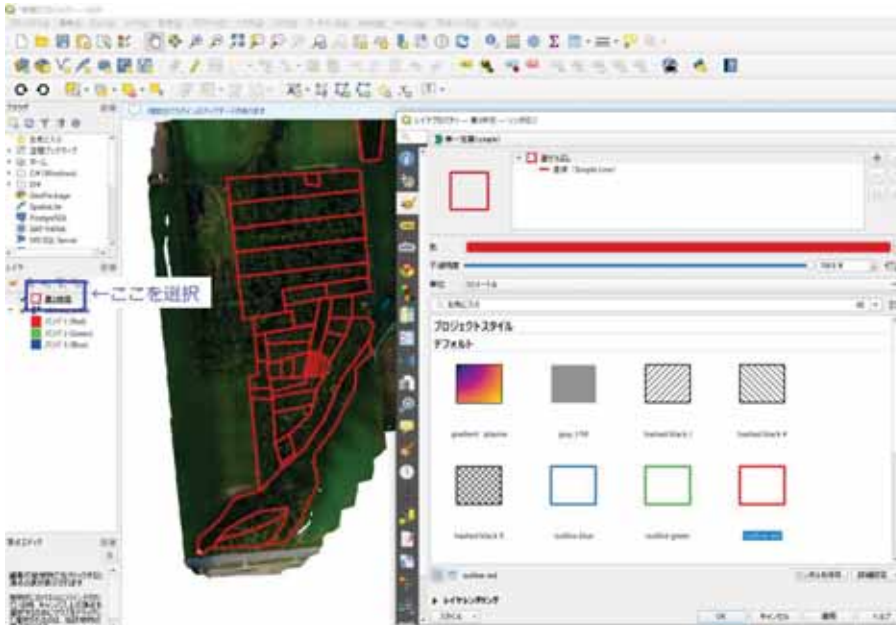
- ①QGISにオルソ画像「obinou_ortho」を入れる
- ②QGISに学校林の区分けの線「第3林班.shp」を入れる



実際に数えてみましょう

③「第3林班」を塗りつぶしから枠線に変える

左レイヤにある「第3林班」を右クリック>プロパティ>outline red を選択して右下の適用



実際に数えてみましょう

④新規一時スクラッチレイヤを作成

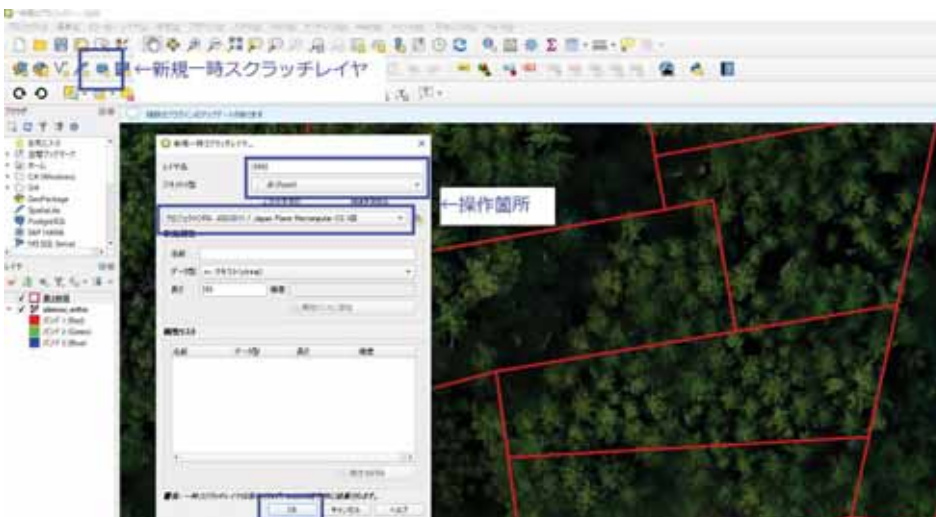
左上にある新規一時スクラッチレイヤを選択

レイヤ名は「3002」にしておきましょう

ジオメトリ型は「点(Point)」を選択

下の選択箇所は「プロジェクトCRS JGD2011 / Japan Plane Rectangular CS X Ⅲ」を選択

選択し終わったら下の OK



実際に数えてみましょう

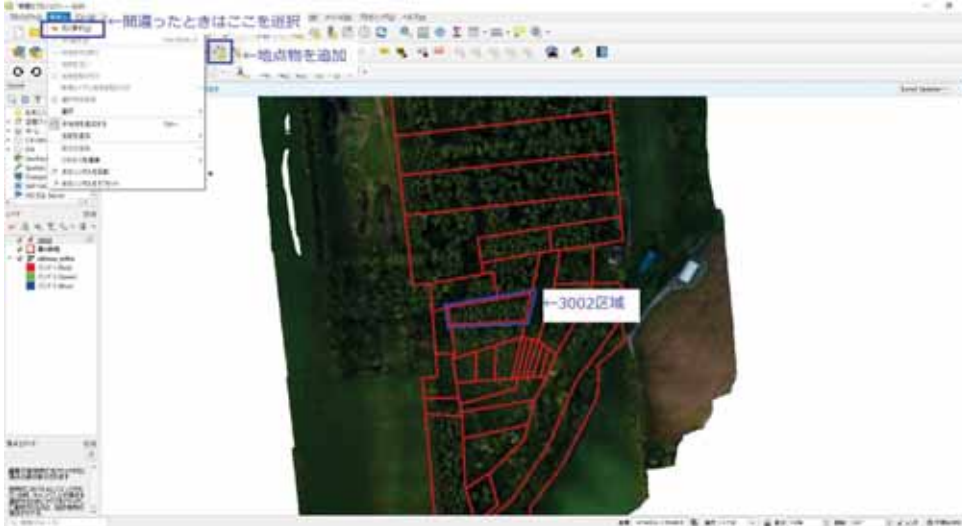
⑤「地点物を追加する」を選択するとクリックした場所に点が打てるようになります。

⑥3002区域内のカラマツ全てに点を打ってみましょう。

マウスのホイール動かすと拡大・縮小

ホイールを押し込みながらマウスを動かすと図面を動かせます

操作を間違えた時は左上の編集の中の「元に戻す」

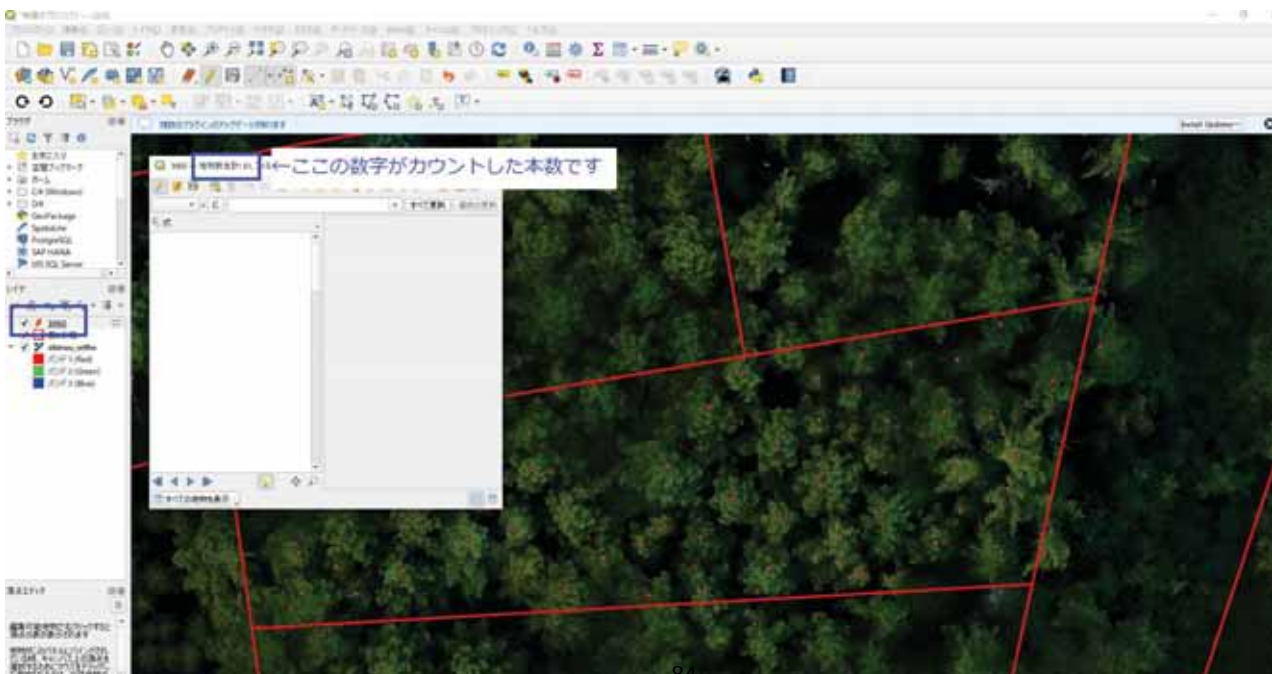


実際に数えてみましょう

⑦数えた本数(点の数)を調べる。

左レイヤにある「3002」を右クリック>属性テーブルを開く

表示されるウインドウの左上に「地物数合計: ○○」と表示され、それが本数になります。



地上型 LiDAR 機器を使用した資源把握について

成長産業課

主任普及指導員 佐藤 祥太

【はじめに】

担い手の確保が厳しい状況下で、森林整備を着実に進めていくには、森林施業の省力化はもちろんですが、森林資源情報の把握・管理の効率化も非常に重要となります。今回は成長産業課で令和6年度に導入した地上型 LiDAR（ライダー）機器を使った簡易な資源把握について精度の検証を試みたので報告します。

◆LiDAR（ライダー）とは

LiDAR とは、物体にレーザ光を放射線状に照射し、その反射光が戻ってきた時間や波長から物体の形状や距離を測定するリモートセンシング（触らずに調べる）技術の一つです。

集めたデータは、コンピュータ上で点の集まりとして立体的に表現されます。

LiDAR の語源は、「Light Detection and Ranging」や、「Laser Imaging Detection and Ranging」の頭文字をとったものです。

◆LiDAR 機器「mapry LA-03」

導入した機器は、立木資源量・地形情報を「歩くだけ」で計測・解析できる中距離型の LiDAR 計測器です。（写真1）

レーザは、360度方向、照射距離は約40m先を検知できるため、1haの調査地であれば約20分程度で3次元点群データ（レーザ照射で取得した3次元の座標情報をもった点の集まり）の取得が可能です。

連携ソフトウェア（PC）に点群データを取り込み、解析を行うことにより、樹高、胸高直径、材積に加え、地形の情報を効率的に把握することができます。

今回は、20m×20mの標準地について、従来の調査（毎木調査）と LiDAR 機器を使った調査について精度や調査時間を比較してみました。



（写真1） mapry LA-03

◆今回調査した留萌市内の林分

実際に LA-03 で、標準地内を10m間隔で両サイドと中央を歩き計測しました（写真2）。

取得した点群データを連携ソフトウェア（PC）に取り込んだところ、立木の形状や、地形等が鮮明に表示されます（写真3）。



（写真2）調査林分

取り込んだデータについて、現地にて取得した四隅のポイントデータを基に標準地内を解析した画像が右の点群データです（写真4）。立木の状況に加え地形の状況（DEMデータ）なども取得することができます。

なお、解析されたデータの代表的なものとして、直径、樹高、枝下高、樹冠長、枝張、標高など様々なデータを得ることができました。

◆試験結果について

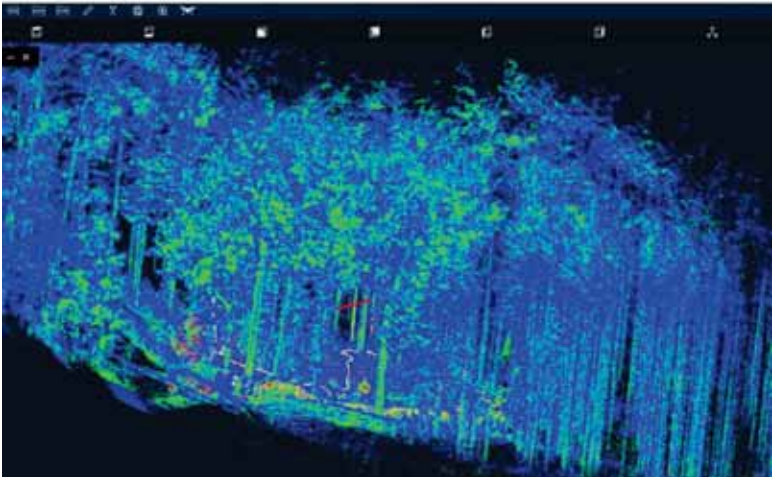
試験結果（表1）として、0.04haの標準地内での実測値とLiDAR計測値の比較です。平均直径や平均樹高については、それほど大差は無いですが、単木毎の直径でみると、±3cm以上の差が、41本中9本ほどありました。（解析後は、カウントされている樹木は、胸高部に白く表示されます（写真5）。

乖離部分は、ソフトウェア上で修正することも可能ですが、今回はLiDARの計測値をそのまま使用し各平均値を算出しています。

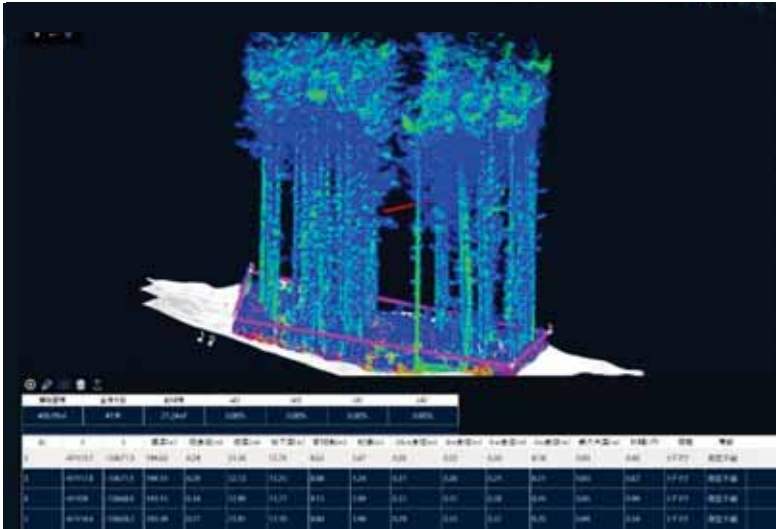
樹高についてはバーテックスとの比較なので、実際に伐倒して樹高の絶対値との比較を今後検証する必要があります。

現場での運用方法は、点群データの分析結果と人力調査が乖離している部分を確認し、解析結果から異常値を見つけ出し修正することで精度を上げながら使用方法になるかと思います。

今回の調査結果・精度は、ご覧のとおりとなりましたが、調査時間の圧倒的な短さが省力化に非常に有効であると感じました。



（写真3）点群データをパソコンに表示



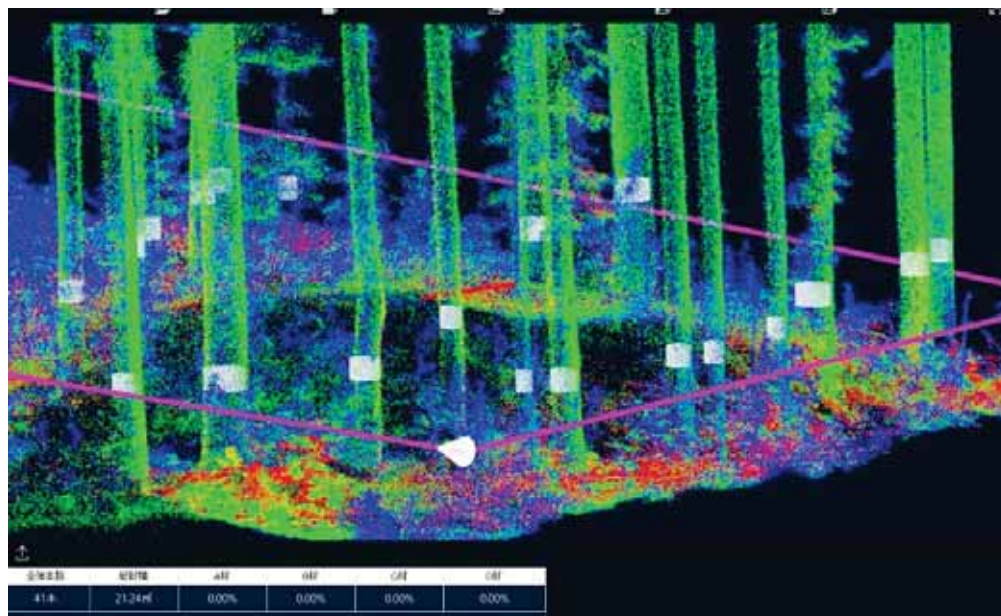
（写真4）点群データから標準地を解析

（表1）標準地調査結果比較（0.04ha）

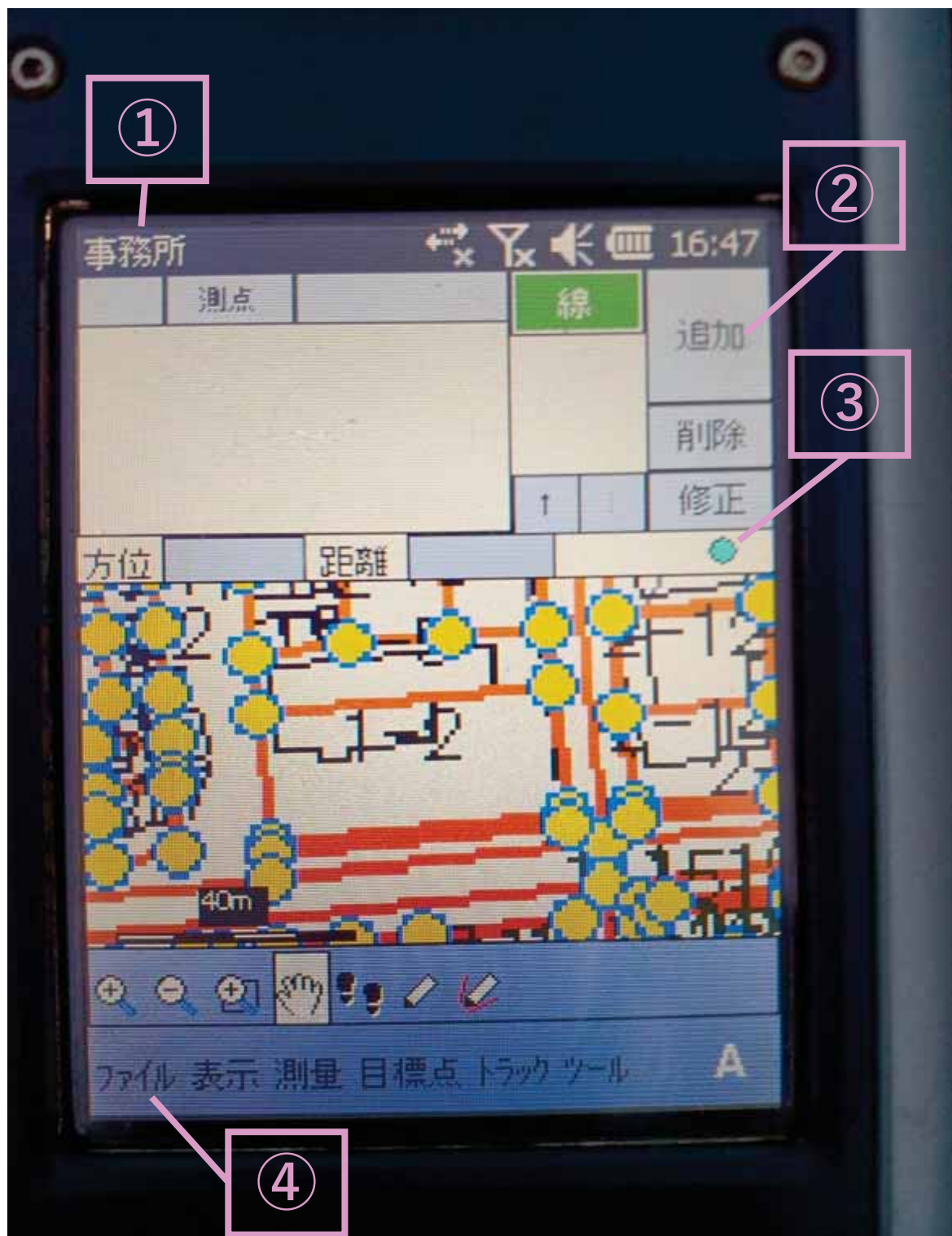
区分	人力調査 (毎木調査) A	LiDAR 調査 B	比較 A/B
本数 (本)	41 本	41 本	100%
材積 (m ³ /ha)	539 m ³	531 m ³	102%
平均直径 (cm)	24.1	25.6	94%
平均樹高 (m)	21.3	21.5	99%
調査人工 (分)	計 110分 内訳 ・野帳 1人× 30分 ・輪尺等2人× 30分 ・野帳まとめ1人×20分	計 10分 内訳 ・LiDAR 1人× 5分 ・分析 1人× 5分 ※分析は PC のスペックによります。	11倍
参考 (購入金額)		OLA-03 約30万円 Oアプリ使用料 1万円/月	アプリ使用 料がかかります。

【おわりに】

今後は、現在導入している地上 LiDAR 機器と、レーザ機器を搭載した UAV（ドローン）を組み合わせた広範囲の森林資源の把握方法についても検証を進め、リモートセンシング技術の普及定着に向けて地域におけるスマート林業研修を充実させていきたいと考えています。



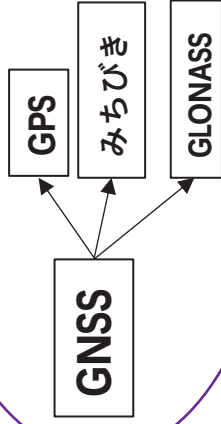
（写真5）立木の解析後は、胸高部が白く表示される



- ① ファイル名になります。
- ② 測点を増やしたいときに"追加"を押します。詳しくは裏面へ
- ③ 点滅している色が水色なら精度の良い測点が取れて、緑色だと精度の悪い点が取れます。 緑or赤の場合は水色点滅していた箇所まで戻るか、電波が受信し易そうな開けたところで少し待つ。
- ④ ファイルの保存をするときにここを押して、保存を実行する。



- ① 測点している箇所の名前になります。
- ② 測点している箇所の座標を読み込むと緯度経度が更新され続けます。
- ③ 測点している箇所の座標を読み込んでいる際に、毎秒1点ずつ
現在地のデータが更新されています。緑色の円内で直径1mの幅があります。
- ④ 先ページの③で水色点滅なら画面通りの文字が点滅します。
緑の場合は"単独測位"と出て測量点を取ると精度の悪い点になってしまいます。
- ⑤ ③のデータ更新が10回ほど出来たらOKを押して、測量点を取ります。

● GPS Global Positioning System はんちきゅうそくい 汎地球測位システム 地球を周回している衛星を利用し、その衛星から発信された電波を受信して瞬時に受信位置の3次元的な位置情報(座標)※₁を得るもの。 ※主な例：スマホの位置情報・カーナビの位置情報 ※₁X軸、Y軸、Z軸のこと	補足 正確なGPS衛星の数はわからないが常時30機は運用しているとの事。位置情報を得るために、1機の衛星から電波を受信して位置を特定する。1機からの電波だけでだと約10m程の誤差が生じる。
● GNSS Global Navigation Satellite System ぜんきゅうそくいせい 全球測位衛星システム 世界各国独自に運用している衛星を利用し、正確な位置情報を得るもの。（日本の場合は「みちびき」） ※主な例：スマホの位置情報・カーナビの位置情報	補足 (みちびき) 2018年度から今まで4機軌道上を飛んでいて、2026年度には7機を目標に増やし、将来的には11機まで増やす予定との事。現在でも常に1機は日本上空を飛んでいる。
● GIS Geographic Information System ちりじょうほう 地理情報システム 地図上に様々な情報を重ねて、編集・検索・分析・管理などを行えるシステムのこと。 ※主な例：スマホの地図情報、カーナビの地図情報	GNSSの中の一つが[GPS]や[みちびき]というイメージ 
— GPSとGNSSの違いは — - アメリカのGNSS → GPS - 日本のGNSS → みちびき - ロシアのGNSS → GLONASS - 中国のGNSS → BeiDou	これらの衛星測位システムの総称をGNSSと言います。 また、「みちびき」はアジア・オセアニア地域のみを対象とする為 RNSS (Regional Navigation Satellite System) に含まれる場合があります。 ※Regional = 地域

○十勝広域森林組合で使用しているもの

GPS → GPS単体だけではほとんど使用していない。(GNSSと同時使用している。)

GIS → 山林情報の管理、測量データの管理などに使用している。

GNSS → 測量、山林の境界線を出すときに使用している。

○伐採時の境界付け

同じ樹種・林齢で山林所有者が違ったりするので、現地で地杭を探して境界線をはっきりなど行います。

- ① GPS等を用いて地杭があるポイントまで行き、辺りを探す。
- ② 隣接する山林によって植え方が変わっている場合があるので、現地でGPSなどを使用して境界付近まで行き現地で確認する。
- ③ 地杭も見つからず、植え方の違いもない場合は機械上で出ている境界線をもとに現地で印をつけ、隣接した所有者同士でトラブルにならないように説明を行います。

○測量

伐採後、造林をする際に地拵え後にGNSSを利用して測量を行い造林する面積を計測する。

→ 最近ではコンパス測量を行っていない。

●コンパス測量を行うにあたり必要な人の数

- ・コンパスを覗く人
- ・ポールを持つ人
- ・杭を地面に打ち込む人

少なくとも2～3人が必要。

●GNSS測量を行うにあたり必要な人の数

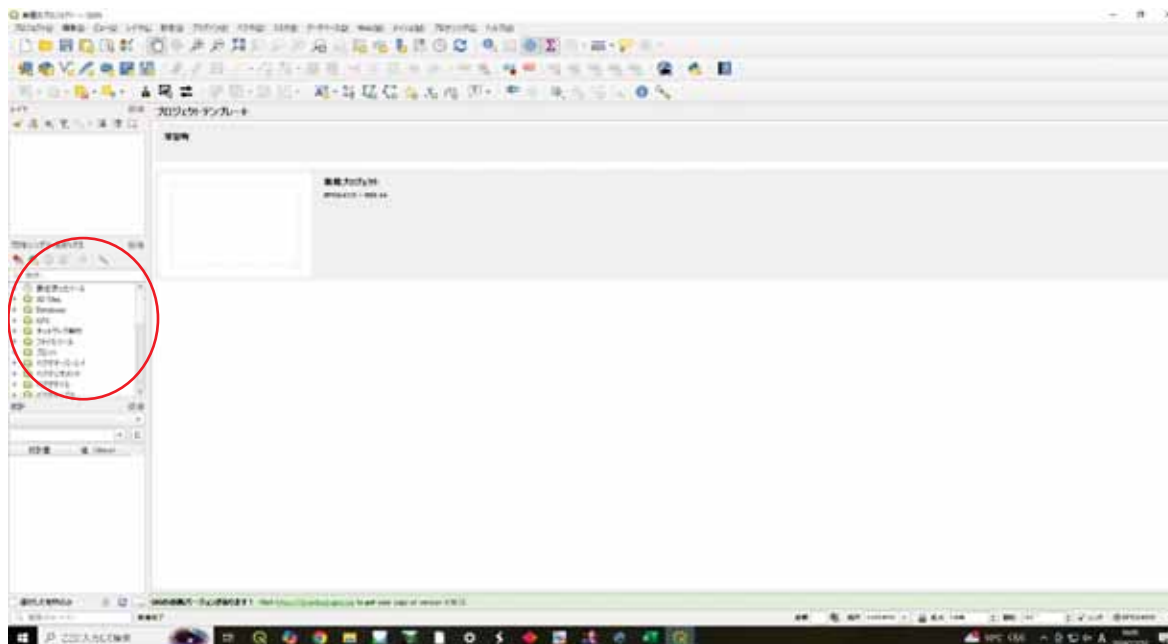
- ・機械を操作する人
- ・杭を打つ人

少なくとも1～2人が必要。

GNSS測量の方が必要な人の数も減っており、コンパス測量の時のように測量点を取る際に一回一回機械に補正をかける必要が無い為、業務のスマート化になっています。

また、測量に関してはドローンで取ったオルソ(合成)画像を使用して面積を確定させるやり方も行っている森林組合などもあるそうです。

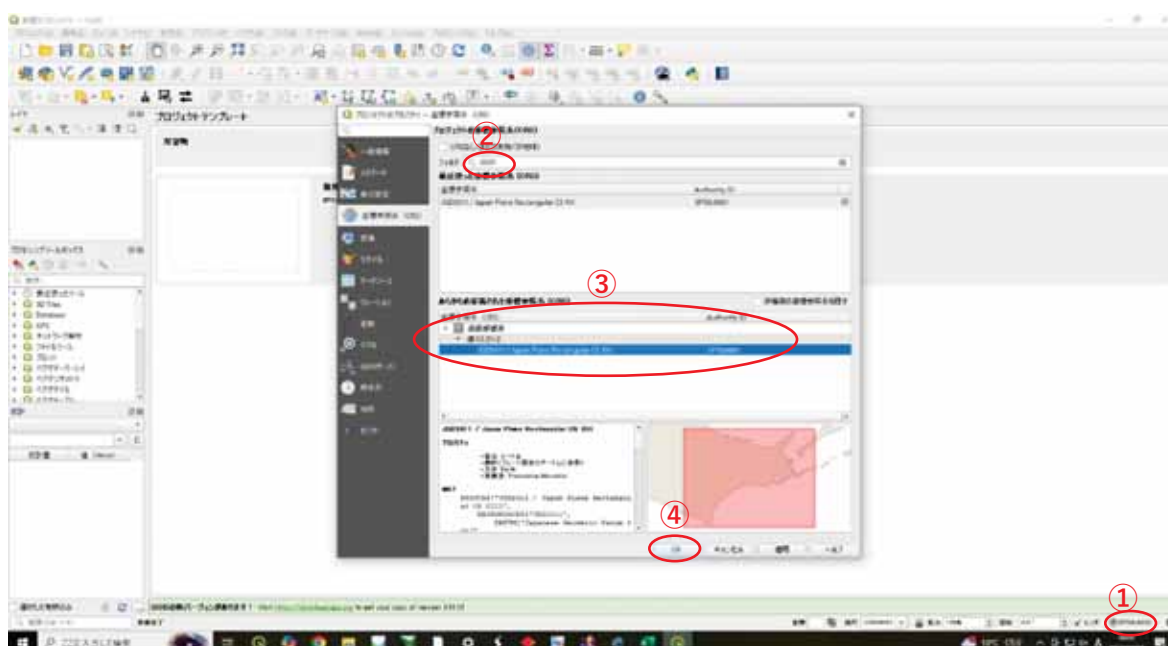




1. QGISを開きます。

開いた際に、画面左側に[プロセッシングツールボックス]が表示されているのを確認してください。

表示されていない場合は、**[Ctrl+Alt+T]**を同時押しして表示させてください。



2. 測地系を設定します。

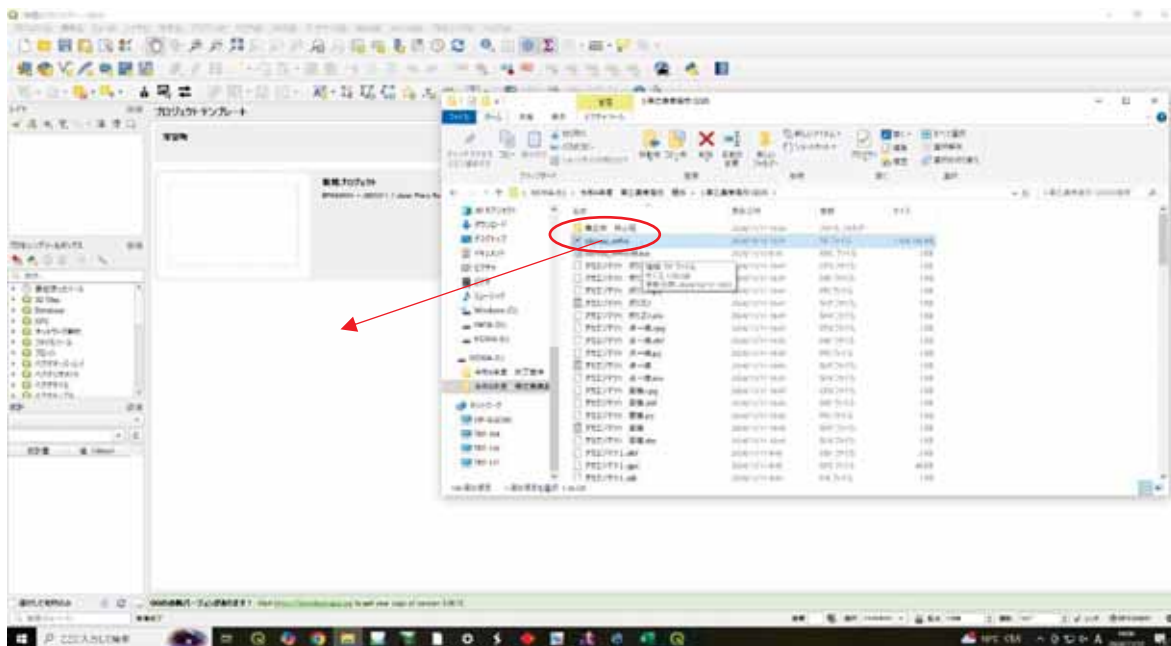
① 画面右下の**[EPSG:4326]**と表示されているところをクリックしてください。

② 新しいタブが開いたら、フィルタ部分に**[6681]**と打ち込んで、

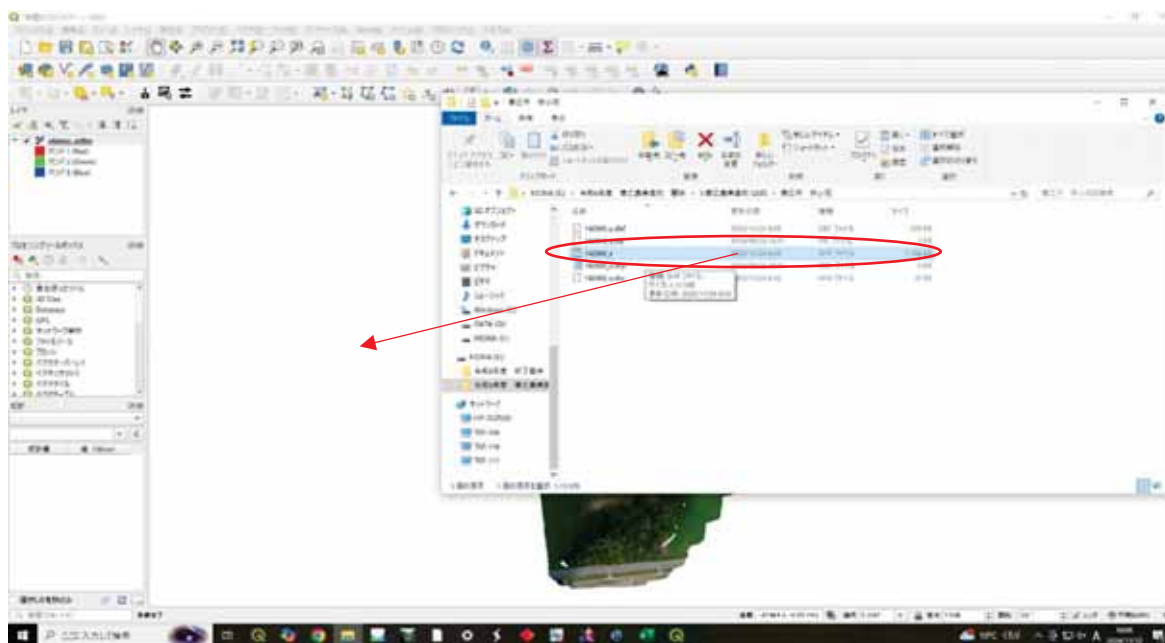
③ タブの中央にある**[あらかじめ定義された座標参照系]**から、

[投影座標系]→**[横メルカトル]**→**[JGD2011/…]**と表示されているところをクリックして

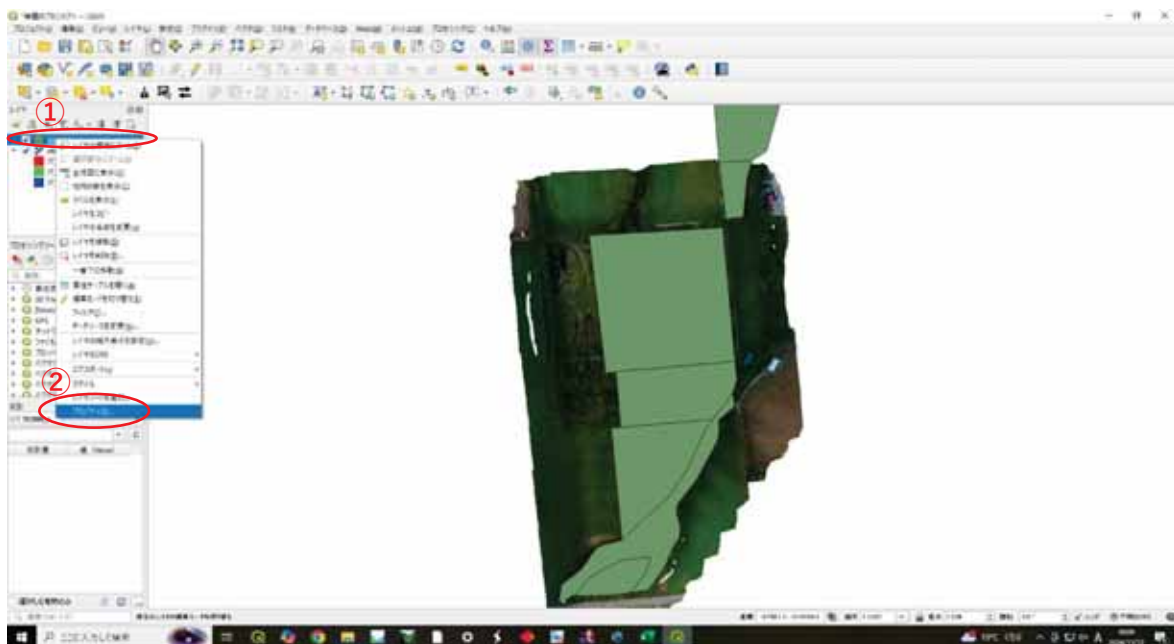
④ タブの下にある**[OK]**をクリックして、タブを閉じます。



3. ドローンで撮った画像をQGIS上に表示させます。
[obinou_ortho]をQGISの画面に**ドラッグ&ドロップ**してください。

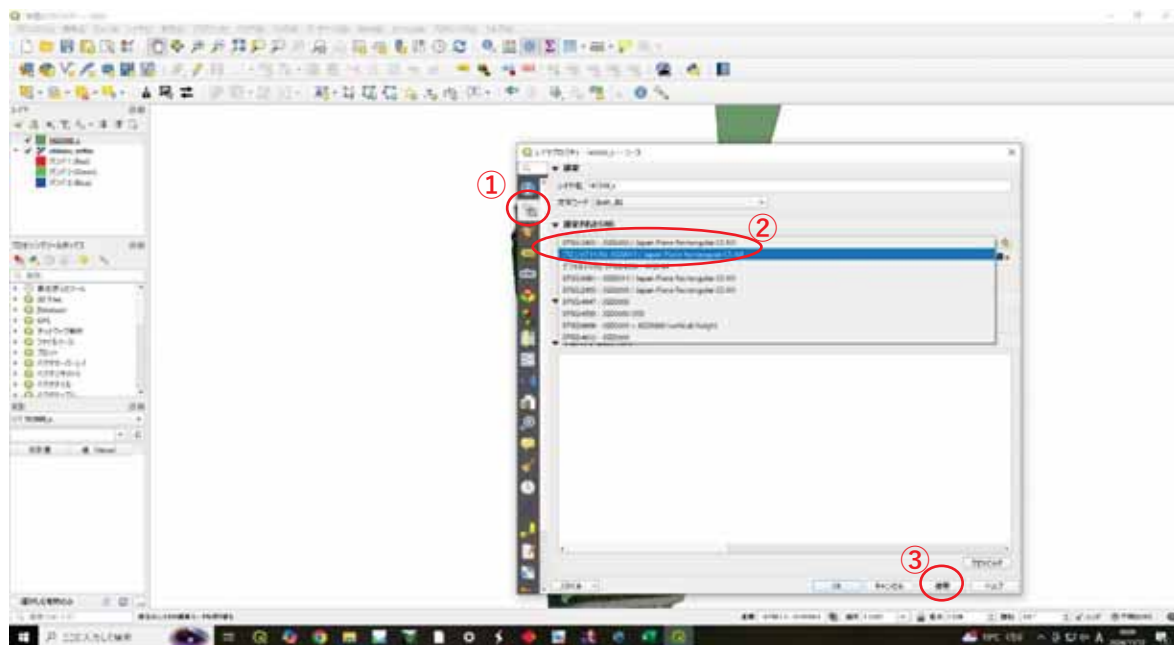


4. 帯広市の林小班のデータをQGISに表示させます。
[帯広市 林小班]のフォルダから**[142000_s.shp(ファイルサイズ: 1,188KB)]**をQGIS上に**ドラッグ&ドロップ**してください。

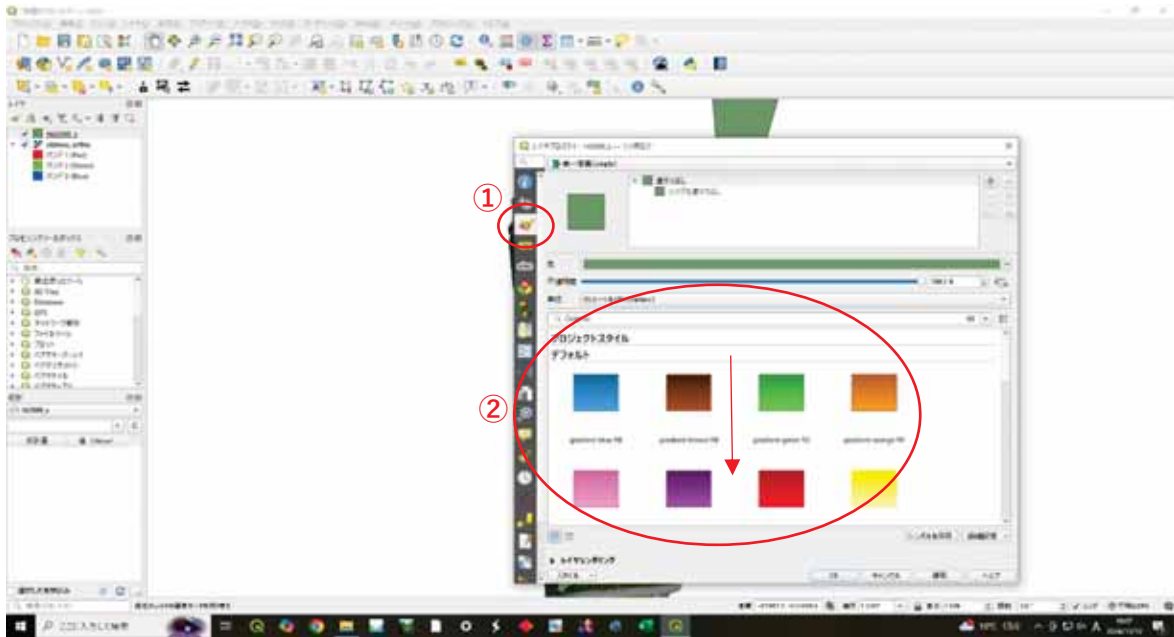


5. このままではオルソ画像に被って見づらいので林小班のデータを外周のみ表示させる作業を行います。

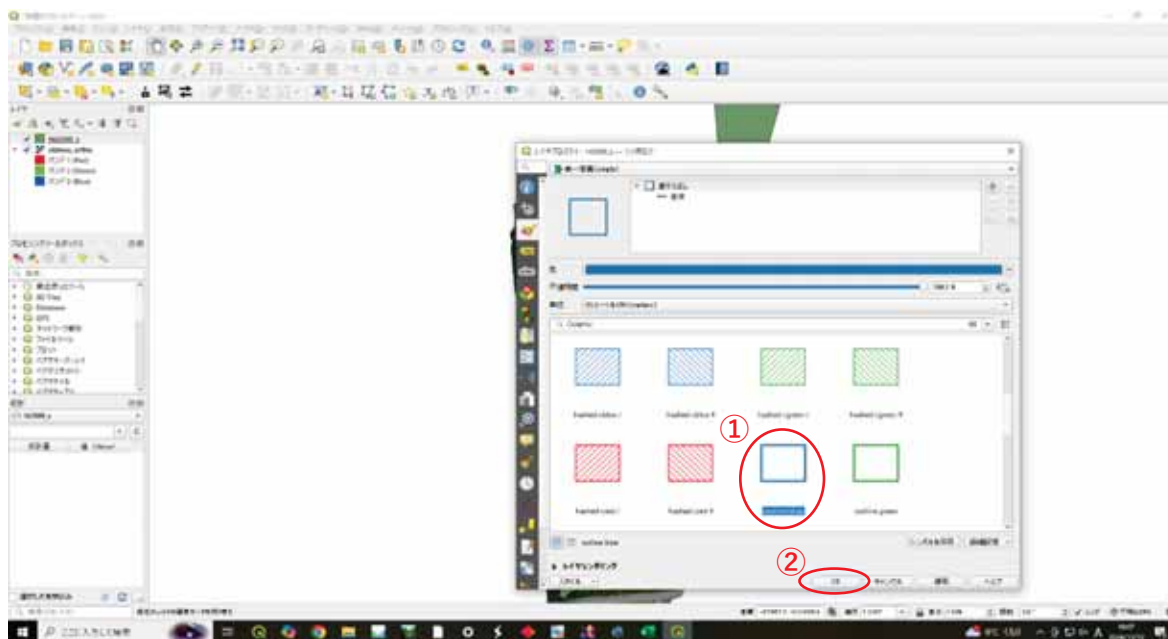
- ① **レイヤ**にある**obinou_ortho**を**右クリック**します。
- ② **プロパティ**を開きます。



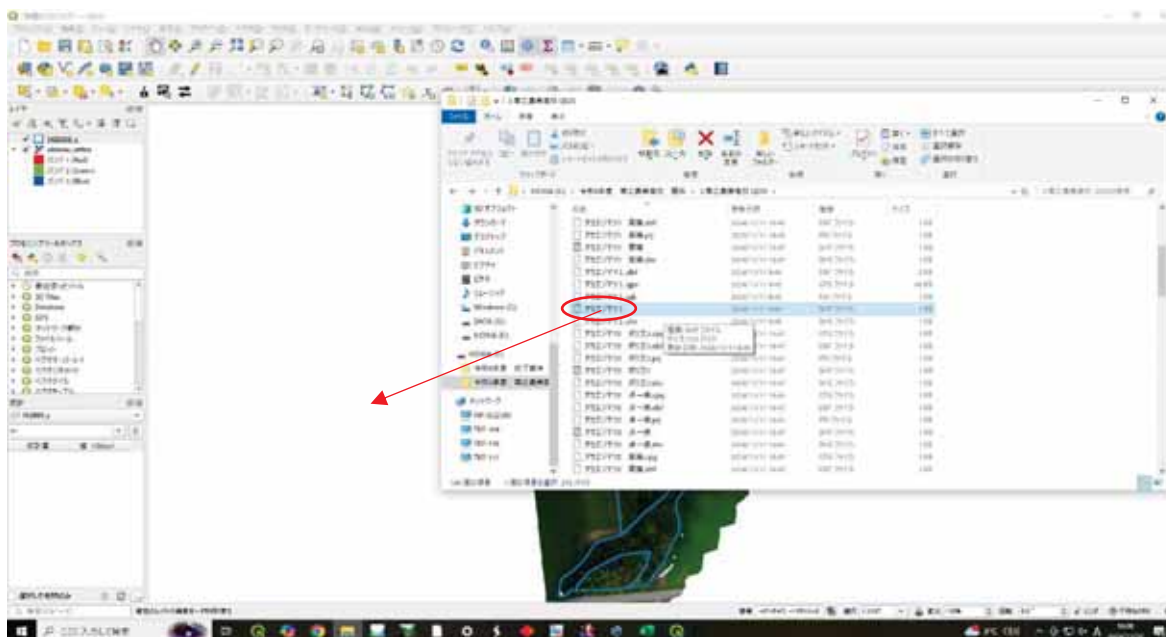
6. ① プロパティのタブで上から2つ目の歯車とレンチのマークをクリックし、
- ② **設定されたCRS**の**[EPSG:2455…]**をクリックして、**[プロジェクトのCRS JGD2011…]**をクリックしてください。
- ③ 下にある**適用**を押してください。※プロパティのタブはまだ閉じません。



7. ① プロパティの上から3つ目のブラシのマークをクリックし、
- ② プロジェクトスタイルと表示されているところを下にスクロールしてください。

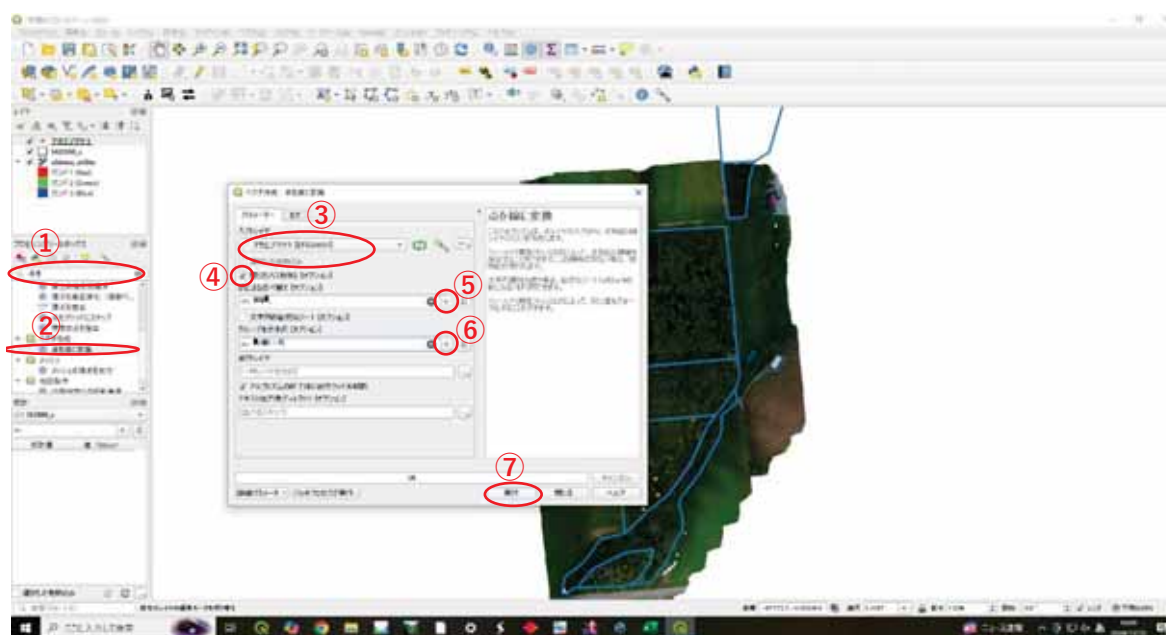


8. ① 下にスクロールすると、[outline blue]とあるのでダブルクリックしてください。
- ② 下の[OK]を押してプロパティを閉じてください。



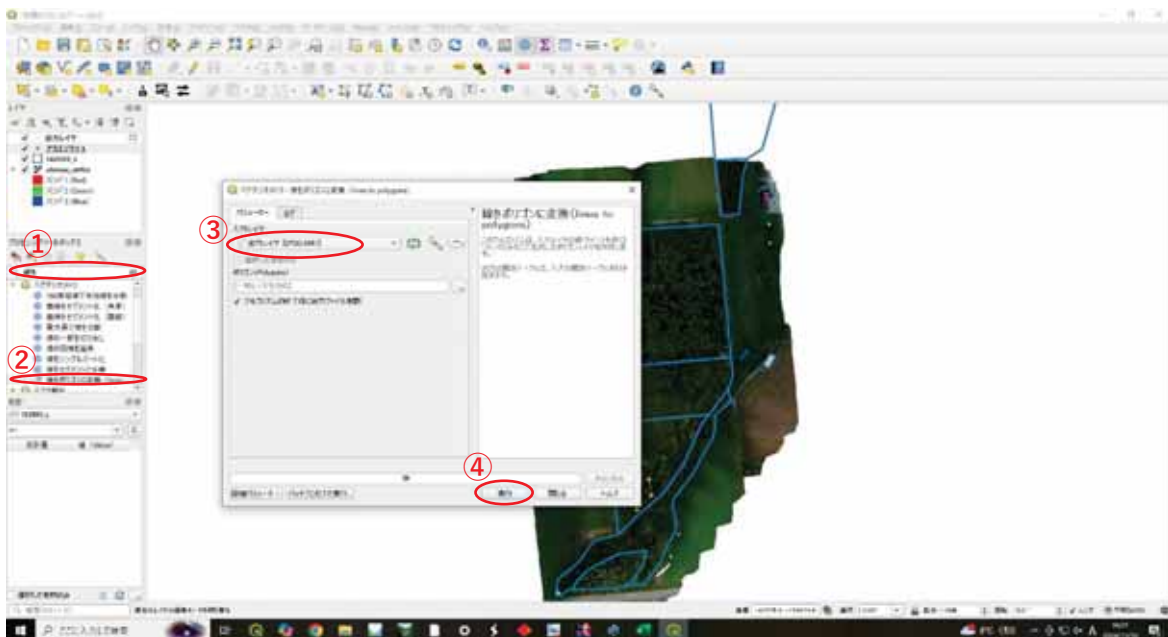
9. 現地で測量してきたデータをQGIS上に表示させます。

それぞれ自分たちの測量した箇所と同じ名前のファイル名を
QGIS上にドラッグ&ドロップしてください。



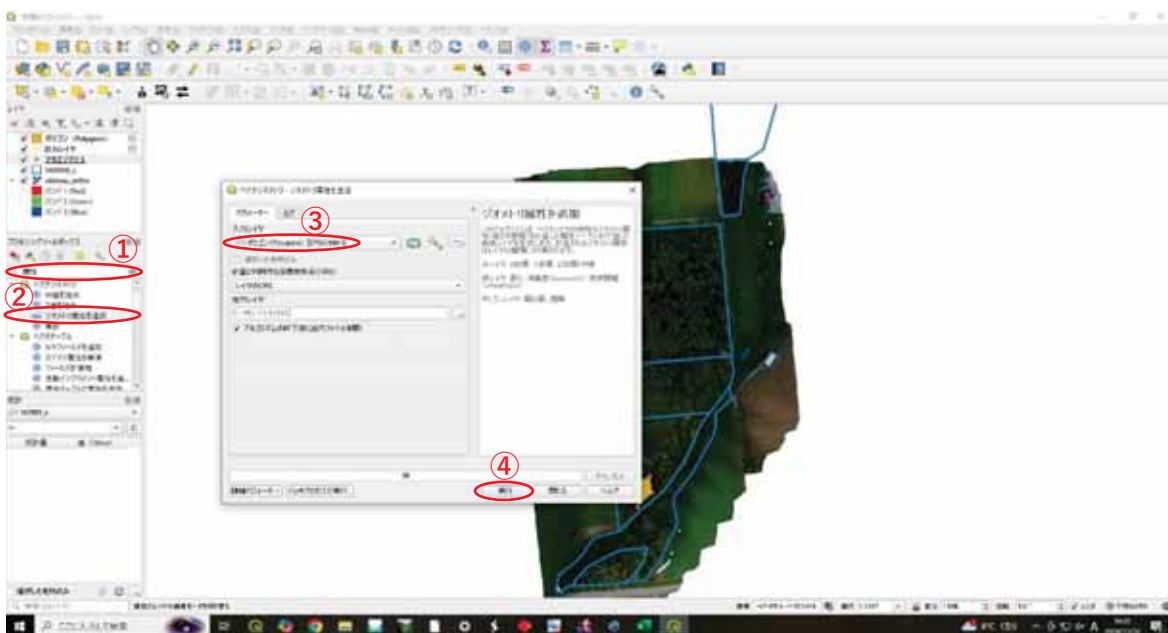
10. 測量してきた点と点を結ぶ作業を行います。

- ① プロセッシングツールボックスの検索バーに「点を」と打ち込みます。
- ② 「ベクタ作成」の欄にある「点を線に変換」をクリックして新しいタブを開きます。
- ③ 「入力レイヤ」で測量してきたデータを選択します。
- ④ 「閉じたパスを作る」にチェックマークを付けます。
- ⑤ 「式による並べ替え」の右にある▼をクリックして、一番上の文字化けを選択します。
- ⑥ 「グループを示す式」の右にある▼をクリックして、一番下の文字化けを選択します。
- ⑦ 以上の選択を全部行ったら、下にある「実行」をクリックしてタブを閉じます。



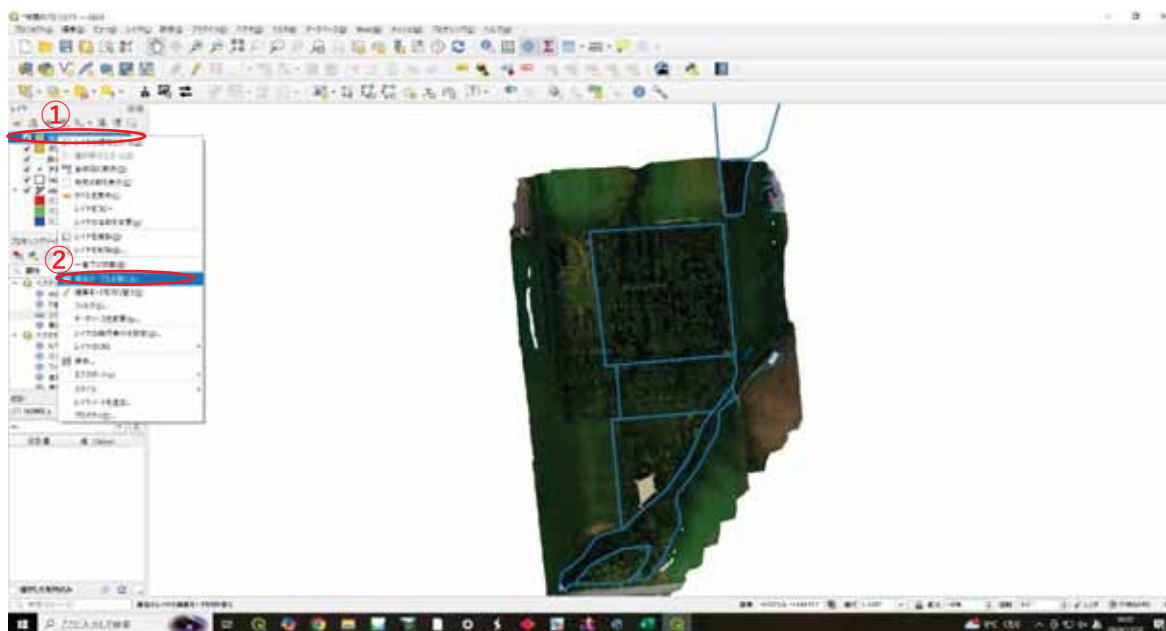
11. 測量した範囲の塗りつぶしを行います。

- ① プロセッシングツールボックスの検索バーに[線を]と打ち込みます。
- ② [ベクタジオメトリ]の欄にある[線をポリゴンに変換]をクリックします。
- ③ [入力レイヤ]には手順10で出した[出力レイヤ]を選択します。
- ④ 下にある[実行]をクリックしてタブを閉じます。



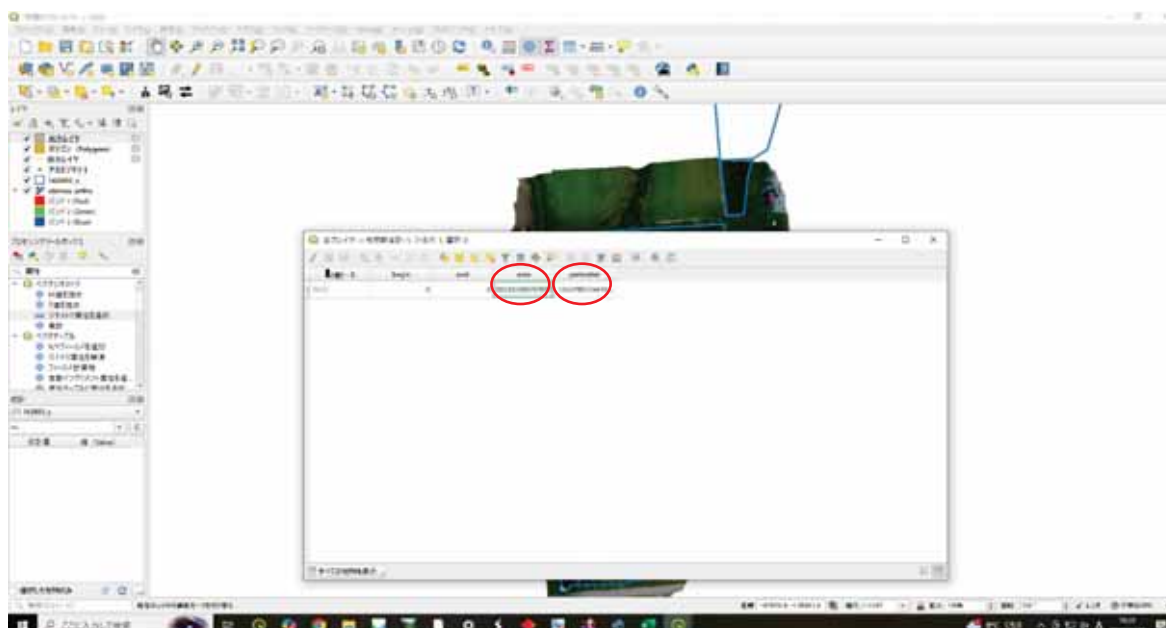
12. 面積の計算をします。

- ① プロセッシングツールボックスの検索バーに[属性]と打ち込みます。
- ② [ベクタジオメトリ]の欄にある[ジオメトリ属性を追加]をクリックします。
- ③ [入力レイヤ]には手順11で出した[ポリゴン]を選択します。
- ④ 下にある[実行]をクリックしてタブを閉じます。



13. 面積の計算を終えたので、データを確認します。

- ① **[レイヤ]**の一番上にある**[出力レイヤ]**を**右クリック**します。
- ② **[属性テーブルを開く]**をクリックします。



14. **[area]**に出ている数値は**面積**になります。 **単位は m^2** になります。

[perimeter]に出ている数値は**外周の長さ**になります。 **単位はm**になります。

林業が未来をつくる スマート林業入門

(有)サンエイ緑化・KITARINラボ

林業の重要性

- 森林は地球の肺：CO₂を吸収し、気候変動対策に貢献
- 森林がなければ水源も守れない
- 林業は木を植えて、育て、利用する、森を守る仕事！
- 地域経済を支える重要な仕事

林業の課題とスマート林業

- 課題：
 - 高齢化と担い手不足
 - 作業の効率化が必要
- スマート林業：
 - 技術を使って森林を賢く管理！
 - 最新技術で安全性と効率をアップ
 - ICT、GNSS、LiDAR、rtk、CLAS、SLAM..

スマート林業技術 ：ドローンとLIDAR

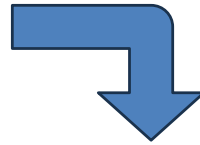
- ドローンで森の情報を上から確認
- 木の本数や高さ、地形を把握
- 作業道の計画も効率化！



UAVで何が得られるか？



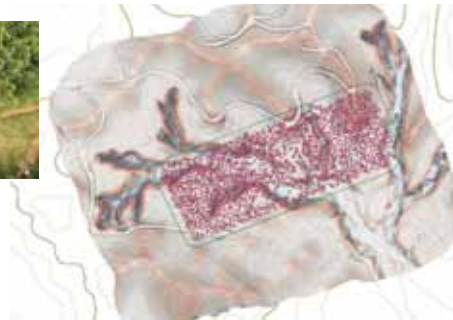
自動飛行



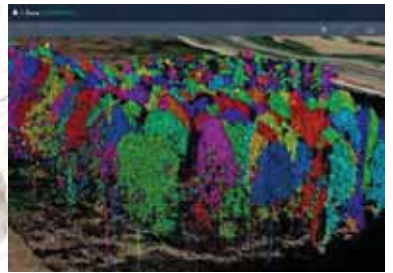
1回のフライトで様々なデータを取得



オルソ画像(上から見た
歪みない画像)



微地形データ:
CS立体図



単木データ:
解析ソフト

スマート林業技術 : ICTハーベスタ

- ハーベスタとは？
 - 木を伐採し、丸太にする機械
 - サイズやデータを自動記録
- 作業効率が大幅にアップ！
- 人手の作業より、安全で楽な作業



人力で繰返し行われる丸太測定の合理化



□ハーベスタDataによる流通

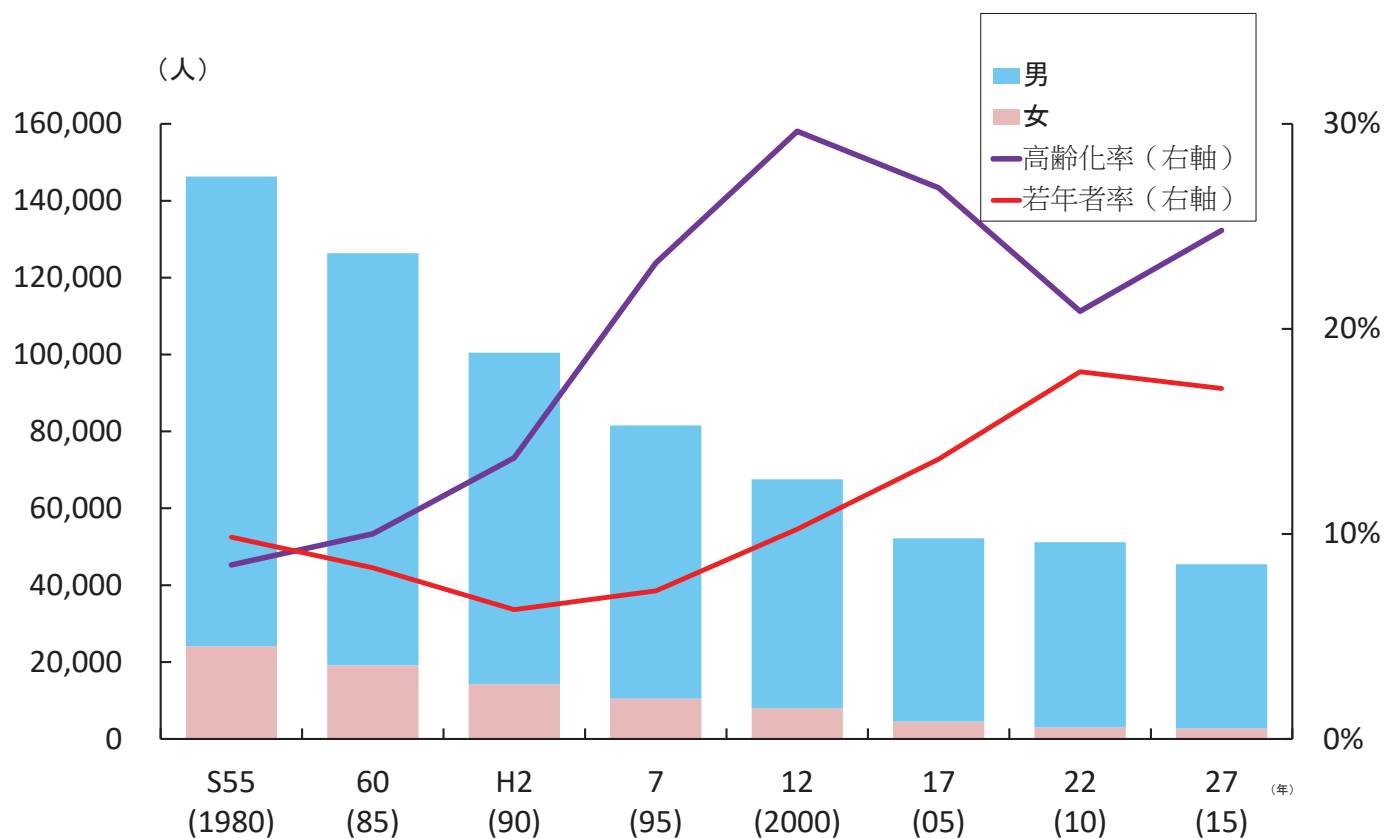
□山土場・工場などで行き返される人手による検知

素材生産者と工場の相互理解が必要

林業の未来と地域への貢献

- 森林の持続可能性を守る
- 技術で地域経済を活性化
- 若い世代が新しい林業を作る！

全国林業労働者数の推移



まとめ

- 林業は地球環境を守る重要な産業
- スマート技術で仕事が効率的かつ魅力的に！
- あなたの未来に林業を！





林業の現場から 未来を見据えた挑戦



(有)サンエイ緑化





私の視点：現場と未来

- 林業は単なる仕事ではなく、地球と地域の未来を作る営みです
- 私たちが管理する森は、次世代のために豊かであるべきです
- 技術革新とともに、持続可能な林業を現場から築いています



現場の一日：技術と自然の調和

- 森を守り育てる調査：
 - ドローンで地形・資源を的確に把握
- 木を活かす伐採と運搬：
 - ICTハーベスタで効率的かつ安全な伐採
- 森を未来へ繋ぐ植林：
 - 誘導装置で新たな苗木を植える作業







技術が切り開く林業の未来

- ドローン：森の全貌を迅速に把握
- ICTハーベスタ：作業効率とデータ精度を両立
- クラウド技術：森から流通まで、一貫したデータ管理

林業の特別な魅力

- 自然の中で働きながら、先端技術を操る
- 森を育て、地域を守るやりがい
- 地球規模の課題に、現場から貢献する充実感



林業の未来を共に

- 技術は進化し続けていますが、林業の心は「自然を守ること」
- 皆さんの一歩が、林業の未来を変えます
- 共に、次世代の森を築いていきましょう

