

熊本県立 矢部高等学校 スマート林業教育プログラム

課題

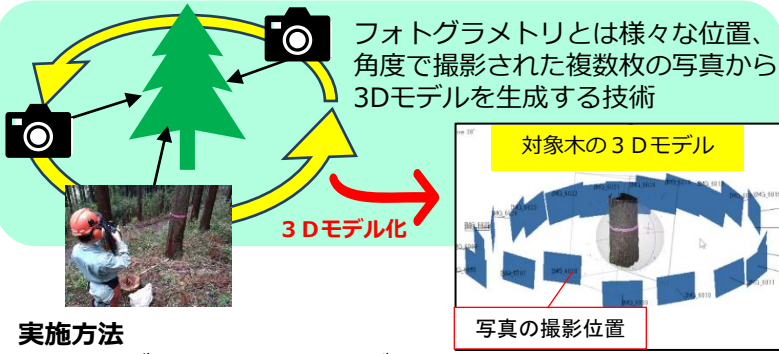
- 通常の森林・林業の授業の中でスマート林業技術にふれる機会が少ない
- まだ確立されていない新たなスマート林業の技術開発にチャレンジしたい

作成方針 課題研究で取り組んでいる間伐において、スマート林業技術を活用して**作業の効率化**を目指す

間伐の効率化について
 間伐の中でも「選木」の行程は林業の実務経験が少ない作業者の場合、判断に時間を要する。
 →選木において重要な要素である「**立木の胸高直径測定**」を作業者の技量によらないスマート林業を活用したシステムの開発を目指す

実施プログラム フォトグラメトリを活用した胸高直径の測定方法の開発と林内の通信環境整備

フォトグラメトリを活用した胸高直径の測定方法の開発



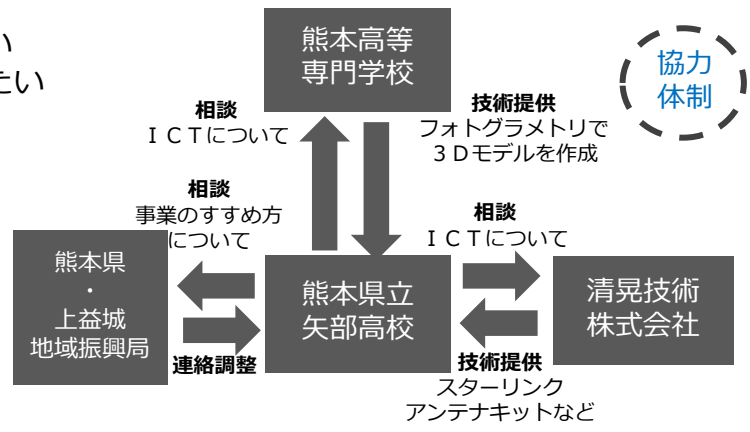
- 実施方法**
- ①フォトグラメトリで3Dモデル化する対象木を1本選定
 - ②対象木の周囲を回り切るまでカメラで立木の写真を撮影 (今回撮影した写真は21枚/本)
 - ③写真を基にフォトグラメトリで対象木を3Dモデル化 (熊本高専で実施)
 - ④3Dモデルはアプリ上で全方向から視認可能。アプリ内で胸高直径を測定



最終的なゴール
 将来的には1人で林内の写真をドローンを使って撮影し回るだけで、林内の胸高直径や樹木間距離を測定、選木を行い、少ない労働力での作業が可能になるのではと考えている

胸高直径の測定結果
 3Dモデルで測定：59.9cm
 現地で輪尺で測定：38cm

実用について
 毎木調査での胸高直径は、2cm区切り (活約) で測定するため、実用のためには誤差を2cm以内にする必要がある。
 →今後誤差を小さくするために引き続き試験予定



林内の通信環境整備 (スターリンクの利用)

フォトグラメトリを活用する際に、林内で取得したデータを、そのまま現地から事務所等までデータ通信できれば更なる効率化が狙われる。

現状
 林内では地上の基地局による携帯電話等の電波環境が整っていないため、通信ができない状況。

目標
 地上の携帯電話基地局を使用しない、人工衛星を経由し、通信を行うシステム (スターリンク/無線通信技術) が林内で利用できるか試験を実施。

結果
 スターリンクのアンテナと衛星の通信ができず、電波強度を測定することはできなかった。今後は場所を変更し、電波強度えお得られる場所の選定と検証を実施予定。



(2)熊本県立矢部高等学校

① 教育プログラムの概要

矢部高等学校では、熊本県（熊本県、県央広域本部上益城地域振興局農林部林務課（以下、「上益城地域振興局」という。）、熊本高等専門学校、清晃技術株式会社とともに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

フォトグラメトリ（画像処理技術）を利用した胸高直径の測定

間伐作業での選木は、林業の実務の経験が少ないと選木の判断に時間が掛かってしまう。作業者の経験値に頼らない選木方法の開発を目指し、選木を判断する上で重要な要素の一つである立木の胸高直径についてスマート林業（フォトグラメトリ）を用いて測定するシステムの開発を行った。

高等学校用教科書「森林経営」の以下項目に対応

第4章 森林の測定と評価

>第1節 森林の測定

>第1 樹木の測定・第2 林分の測定

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3 樹冠管理技術



【写真】フォトグラメトリの処理のために対象木の胸高位置周囲の撮影を行う

スターリンク（無線通信技術）を活用した林内での電波強度の測定

上記フォトグラメトリのような技術を使用するためには、画像やデータを送信するための通信の安定が重要である。しかし、同校の演習林のように中山間地の森林内では地上の携帯電話の基地局が近くになく携帯電話等の電波環境が整っていないところが多い。そのため、今回のプログラムで地上の携帯電話の基地局がなくても、人工衛星を経由し、通信を行うシステム（無線通信技術／スターリンク）が森林内で利用できるかの試験を行った。

高等学校用教科書「森林経営」の以下項目に対応

第4章 森林の測定と評価

>第1節 森林の測定

>第1 樹木の測定・第2 林分の測定

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3 樹冠管理技術



【写真】関係者の中央の四角いものがスターリンクのアンテナ

指導体制（矢部高等学校）

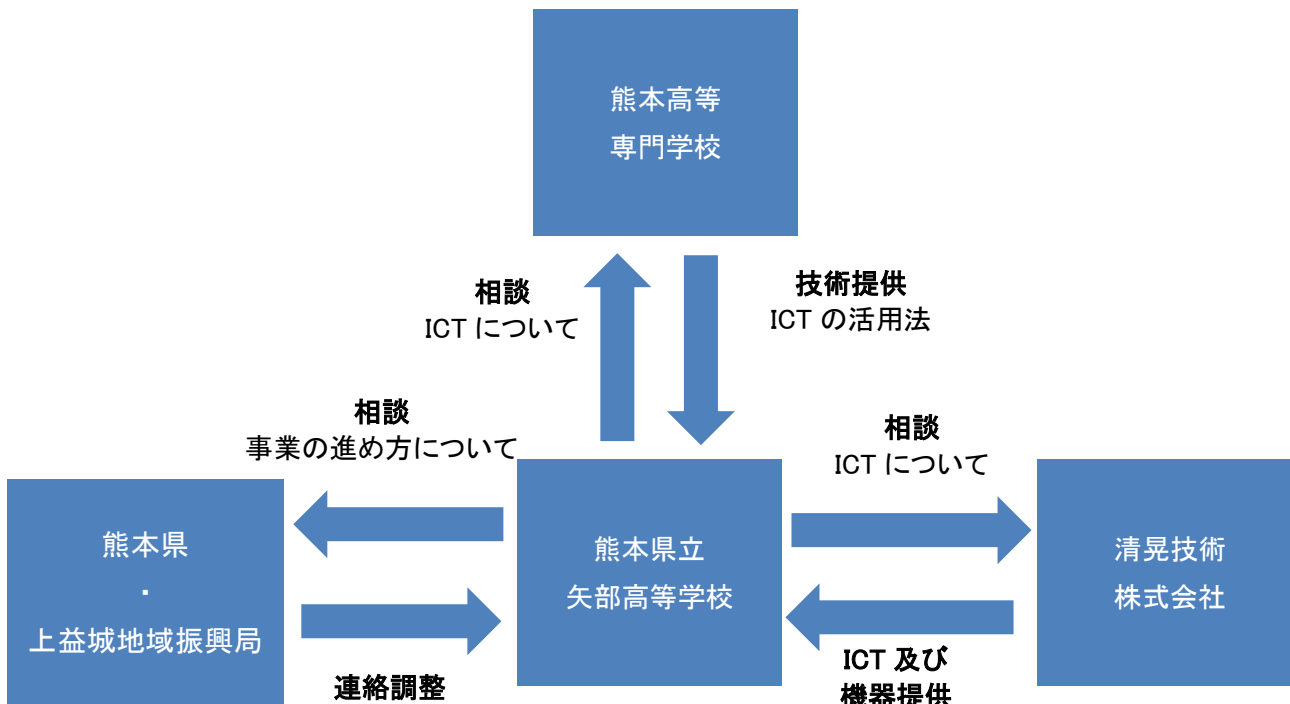
指導者	参加生徒	実施授業
教諭 2名	林業科2年生8名 林業科3年生3名	・森林経営・森林科学・課題研究

② 背景

■ 矢部高等学校と地域との関係

矢部高等学校は、これまで熊本県より高性能林業機械研修や間伐研修、視察研修、体験事業、また林業の魅力の普及啓発や高度な伐採技能者の育成を行う伐木プロフェッショナル魅力発信事業（熊本県事業）等の支援を受けている。

また、同校の特色ある学びとして、地元山都町や大学等関係機関（熊本高等専門学校など）と連携して外部講師等を招き、ドローンを活用した森林計画研修、航空レーザー技術を活用した森林情報分析を実施する授業を展開している。また、地元の民間企業（清晃技術株式会社をはじめとしたコンサルタント・測量・設計業）からは、測量等の専門性を活かして、スマート林業関連の人材や機器の紹介等で支援を受けている。



ア 矢部高等学校と熊本県との連携の経緯

時期	内容
—	矢部高等学校は熊本県から高性能林業機械研修（対象1年生）や間伐研修（対象2年生）、視察研修、体験事業（製材所、森林組合）、また林業の魅力の普及啓発や高度な伐採技能者の育成を行う伐木プロフェッショナル魅力発信事業（熊本県事業）などの支援を受けている。
令和5年5月	矢部高等学校がスマート林業教育推進事業への応募についてエントリーシートを事務局に提出。事務局より熊本県に矢部高等学校から応募があったことを報告、熊本県からも推薦書が提出された。

イ 矢部高等学校と上益城地域振興局との連携の経緯

時期	内容
—	上記熊本県の各事業の企画運営は県の出先機関を通じて実施されており、矢部高等学校は上益城地域振興局を窓口として支援を受けている。
令和5年8月	本事業受託後、矢部高等学校は上益城地域振興局からサポートを受けることとなる。

ウ 矢部高等学校と清晃技術株式会社との連携の経緯

時期	内容
平成30年～	地元でコンサルタント・測量・設計業を営む同社代表取締役社長が矢部高等学校の卒業生であることから、矢部高等学校は同社から授業等で支援を受けている。
令和5年8月	本事業の実施に向けて連携

エ 矢部高等学校と熊本高等専門学校との連携の経緯

時期	内容
平成30年～	矢部高等学校が清晃技術株式会社から熊本高等専門学校の紹介を受けたこと（清晃技術株式会社と熊本高等専門学校は業務上で関連があったため）、同時期に矢部高等学校の地元・山都町と熊本高等専門学校が連携して、町の課題解決に取り組んでいたことから、矢部高等学校と熊本高等専門学校が相互の教育研究資源（演習林やICT機器等）を有効に活用することで連携することとなった。
令和5年8月	本事業の実施に向けて連携

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導入を目的として、熊本県立矢部高等学校、熊本県、上益城地域振興局、熊本高等専門学校、清晃技術株式会社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
矢部高等学校	指導計画を作成、教育プログラムの生徒への実践
上益城地域振興局	矢部高等学校と関係各位との連絡調整及び全体の調整
熊本高等専門学校	矢部高等学校と連携して授業を実施
清晃技術株式会社	自社で実施しているスマート林業技術を用いて矢部高等学校へ技術支援

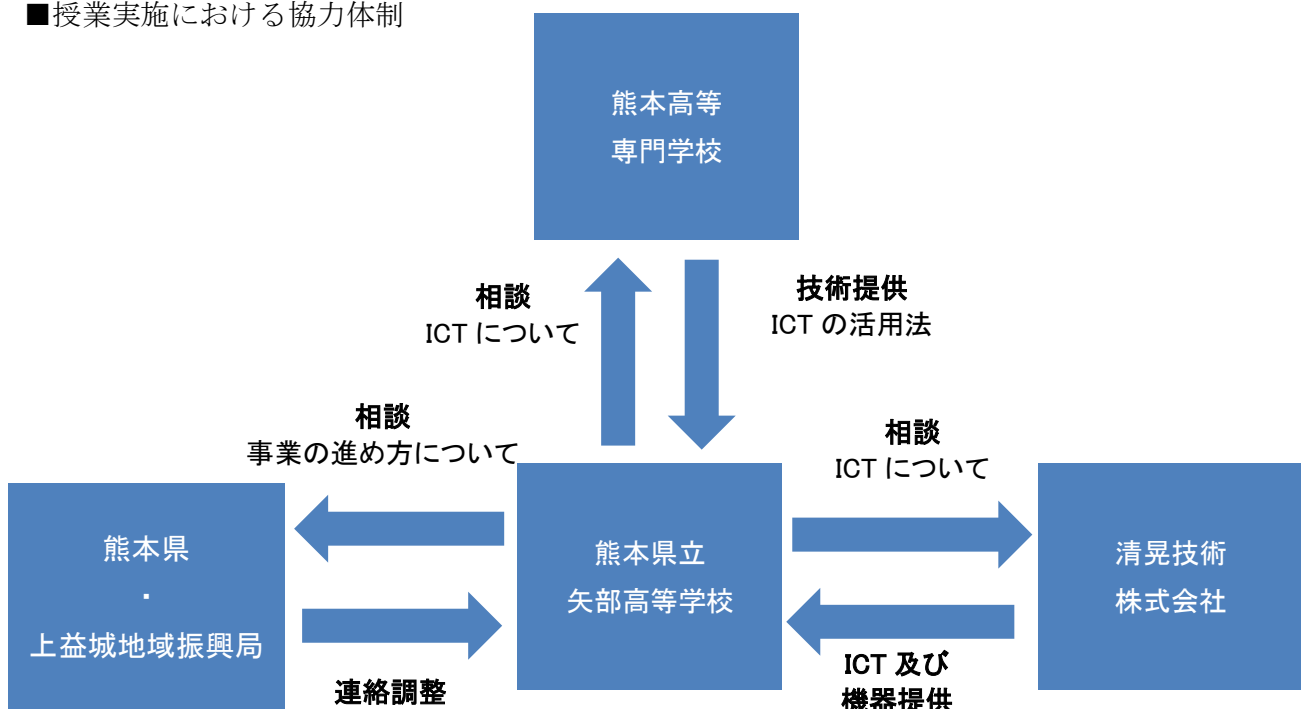
■ 検討委員会での課題検討、授業計画の作成、協力体制づくりの過程

矢部＝矢部高等学校、熊本県＝熊本県、上益城＝上益城地域振興局、山都＝山都町

高専＝熊本高等専門学校、清晃＝清晃技術株式会社、県森＝熊本県森林組合連会

日時	担当	所要時間	内容
7月4日	矢部 熊本県 事務局	1時間 15分	(矢部高等学校で対面で実施) ・事業実施打合せ ・事業の概要説明 ・外部講師となる林業経営体の検討
7月4日	矢部 高専		(矢部高等学校で対面で実施) ・プログラムの検討 ・矢部高校から熊本高等専門学校及び清晃技術株式会社へ外部講師を依頼
8月3日	矢部 熊本県 上益城 山都 高専 清晃 林野庁 事務局	1時間	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) ・林業教育の概要 ・スマート林業教育の導入状況 ・スマート林業教育プログラム協力団体 ・今年度のスマート林業教育プログラムの概要 ・スマート林業教育プログラムの計画 ・スマート林業教育プログラムの経費等 ※詳細は【資料1】
8月以降	矢部 高専 清晃		(矢部高等学校で対面及びオンラインで実施) プログラムの検討
11月9日	矢部 高専	2時間	熊本高等専門学校の入江先生と高専生が矢部高等学校に来校。本事業で実施するプログラムのモデルとする高専生の卒業研究の内容を、矢部高校の2年生、3年生に発表

■ 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

✚ 通常の森林・林業の授業の中では、スマート林業の技術に目を向ける機会が少ない
日頃の演習林の実習では、チェーンソーを使った伐倒、集材、また下刈りなどの作業が多く、スマート林業の技術に目を向ける機会があまり多くなかった。

✚ 新たなスマート林業へチャレンジしたい

スマート林業に関する前年までの授業では、調査区を設け、ドローンを用いて空中写真から林分密度の調査を行い、模擬的な間伐計画を立案していた。ドローン調査による伐採木の選定は難しく、また調査で得られた空中写真と実地との空間認識のズレが課題としてあげられた。

しかしながら、このように林業におけるドローンの活用方法についてはある授業を通して学習してきているところである。これを踏まえてドローン以外の ICT 機器の活用と得られたデータの検証・活用についてチャレンジした。



検討

✚ フォトグラメトリ（画像処理技術）を利用した選木

これまで生徒が実習で行っていた間伐（利用間伐）において、より効率よく進めるための方法の見直しを行った。効率化の1つのアイデアとして、間伐対象木の選木工程の効率化を検討した。

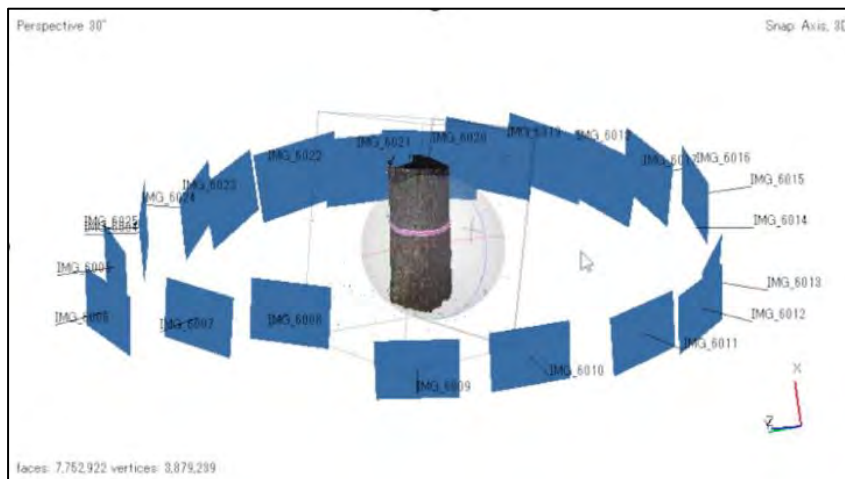
（検討理由）

選木には技術が必要であり、経験の浅い生徒（林業作業員）が選木を容易にできるようにすることで工程の効率化が図れると考えられるため。

（効率化のために）

スマート林業の技術である「フォトグラメトリ（※1／画像処理技術）」を用いることとした。本技術を活用して行う将来の林業のイメージは以下の①～③のとおりである。

- ① 体力がある作業員が現場で対象木を撮影し、写真データを事務所に持ち帰る。
- ② 事務所で上記データをフォトグラメトリで処理し、画像1のような3Dモデルを作成。
- ③ 3Dデータによって表示される対象木の幹の形や色、根元状況、周囲の木との間隔等を林業のプロが確認し、将来に向けて残すべきか今間伐すべきかを判断して、間伐を実施する際の選木を行う。



【画像1】撮影した写真を基にフォトグラメトリで作成した対象木の3Dモデル

今回のプログラムでは、上記イメージの第1段階の取組となる。
 ついては、本プログラムでは、選木を判断する上で重要な要素となる立木の胸高直径をフォトグラメトリによる立木の3Dモデル化によって推測することとした。

(将来的に)

フォトグラメトリで正確な胸高直径の算出や林内の状況を把握できる技術が確立できれば、将来的には1人で林内の写真をドローンを使って撮影して回るだけで、林内の胸高直径や樹木間距離を測定、選木を行い、少ない労働力での作業が可能になるのではと考えている。最終的なゴールはそこを目指している。

✚ スターリンク（無線通信技術）を活用した林内での電波強度の測定

フォトグラメトリを林内で行うためには、データを現場から直に携帯電話等を利用して事務所に通信できるとより効率的である。

しかしながら、中山間地の森林内では携帯電話等の電波環境が整っていないところが多いため、地上の携帯電話の基地局なしに人工衛星によって措置ができるスターリンク（無線通信技術 ※2）の利用を試みる。



【図】スターリンク利用のイメージ

✚ 「新しい技術×林業」の魅力を知る

上記、フォトグラメトリ（画像処理技術）とスターリンク（無線通信技術）を活用し、授業を進める意図は次のとおり。

- ・林業の課題発見と解決に向けた技術の応用
- ・技術を知り、活用する機会の創造
- ・「新しい技術×林業」（新しい技術と林業の融合）の魅力を学ぶ

生徒にスマート林業の新しい技術、詳しい技術に触れさせ、技術がどのような場面で活用できるかを考えさせる。新しい技術はまず見て、触れて、使ってみなければ理解することは難しい。このような実践を通して生徒の中に、新しい技術に対する魅力や好奇心が芽生えることをねらう。

※1…フォトグラメトリは、様々な位置や角度で撮影された複数枚の写真から3Dモデルを生成する技術

※2…衛星から地上にブロードバンド接続を提供する宇宙インターネットサービス。数千機の低軌道周回衛星によって民間企業によって提供されているサービスで、従来の衛星通信サービスに比べて大幅に高速かつ低遅延のデータ通信が可能となっている



上記検討より課題解決のために今回以下A～Bの授業を実施した

授業内容	
A	フォトグラメトリ（画像処理技術）を利用した胸高直径の測定（P7～）
B	スターリンク（無線通信技術）を活用した林内での電波強度の測定（P11～）

A フォトグラメトリ（画像処理技術）を利用した胸高直径の測定

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1節 森林の測定 > 第1 樹木の測定 第2 林分の測定
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3 樹冠管理技術

この授業のポイントやメリット



- ✚ 実習で行っている間伐（利用間伐）工程の見直しを行い、間伐対象木の選木の効率化を検討。
- ✚ 選木には技術が必要であり、経験の浅い生徒（林業作業者）でも選木を容易に効率よく進めるためにスマート林業技術を導入。
- ✚ スマート林業技術として、フォトグラメトリ（画像処理技術）を活用して立木の3Dモデルを作成。選木を行う上で重要な判断要素となる胸高直径を3Dモデルから測定する。
- ✚ フォトグラメトリに使用する一眼レフカメラには、撮影画像に撮影位置情報を付加できるGPSレシーバーを付加。

準備するもの	使用機器の詳細
一眼レフカメラ	・熊本高等専門学校より借用（今回は一眼レフカメラを使用したが、GPS機能があるコンパクトカメラでも可）
GPSレシーバー （GPS測位機器）	・カメラのアクセサリ。撮影画像に撮影位置情報を付加できる
2m測量ポール	・学校所有
ピンクテープ	・学校所有
フォトグラメトリアプリ	・ソフト：メタシェープ アカデミック版（熊本高等専門学校による支援）

実施前の状況

間伐作業の選木のために、毎木調査等の胸高直径の測定は輪尺等を使用して行っていた。間伐作業の効率化を図るために、選木にスマート林業の組込を試みたのが、本授業である。

指導実施者	対象授業・生徒
教員 2名 外部講師 2名 （熊本高等専門学校、清晃技術株式会社）	林業科2年生8名 林業科3年生3名
実施場所	実施日・所要時間
鍛冶床演習林 （学校から車で20分程度）	令和5年11月～12月 120～180分（半日授業）

手順	
1	<p>間伐の選木にスマート林業を組み込む</p> <p>演習林では、生徒自身が利用間伐を行い、間伐の一連の作業（選木、伐採、搬出）の効率化について、科目「課題研究」で取り組んでいる。</p> <p>今回、スマート林業を授業にどのように取り扱うかを検討する中で、フォトグラメトリ（画像処理技術）を活用する熊本高等専門学校の学生の取組を知り、その技術を取り入れ、間伐作業の効率化、具体としては選木にかかる時間の短縮のための技術開発を課題研究の授業で取り組むこととした。</p> <p>通常、選木を行う際には、立木の胸高直径と木と木の間隔の二つの観点から伐採する木を選ぶ。しかし、林業の実務の経験が少ないと選木の判断に時間が掛かってしまうため、作業者の経験値に頼らない選木方法の開発を目指した。</p> <p>試験では、選木を判断する上で重要な要素の一つである立木の胸高直径を熊本高等専門学校の支援のもと、スマート林業を用いて調査するシステムの開発を行った。</p>
2	<p>準備～課題研究のイメージの共有～</p> <p>生徒が積極的に上記のシステム開発に取り組めるように、事前に課題研究の成果モデルを生徒に伝えることとした。11月9日、熊本高等専門学校の先生と学生が来校し、学生が取り組んでいるフォトグラメトリを使った卒業研究の発表「SfM/MVSによる森林3Dフォトグラメトリの検討」を聞いた。実際の写真の撮り方や、撮影した写真をもとにフォトグラメトリアプリで生成した樹木の3Dモデルを見せてもらった。この生成した3Dモデルから胸高直径を求めることができることを学んだ。</p> <p>前日11月8日には、翌日の授業の予習として「森林経営」の授業で、「スマート林業オンライン講座」の次の章を生徒が視聴した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第1章：持続可能な林業ビジネス 林業のすすめ ・第2章：林業のプロセス 森林の測定 森林計測・調査 森林構造の画像化・森林解析 <p>*SfM は複数枚の画像からカメラの撮影位置を推定する技術。MVS はカメラの撮影位置から三次元形状を復元する技術</p>
3	<p>フォトグラメトリにより立木の3Dモデルを作成する</p> <p>① 3Dモデルを作成する対象木を選ぶ</p> <p>3Dモデルを作成しやすいように、曲がりや、変形の少ないまっすぐな木を対象木に選んだ。まず、選んだ木の胸高直径を測定し、胸高（約1.2mの高さ）に撮影時の目印となるよう、ピンクテープを巻く。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>【写真】胸高に撮影時の目印となるよう、ピンクテープを巻き、撮影</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>【写真】GPSレシーバーを付けたカメラ</p> </div> </div>

3
つづき

②被写体（対象木）の6～8割が重なるように撮影

次に、ピンクテープが写真の中央になるように対象木の周囲から撮影を行った。撮影データから3Dモデルを作成するためには、連続して撮影した被写体の画像が6～8割重なるような位置から撮影する必要がある。撮影した写真は、1本の木につき21枚となった。



【写真】胸高位置に目印として巻いたピンクテープが中心になるように連続撮影。この例では対象木を中心に反時計回りで、被写体の画像が6～8割重なるような位置から撮影。

③3Dモデルの作成

撮影したデータを持ち帰って、熊本高等専門学校にフォトグラメトリによる3Dモデルの作成を依頼した。

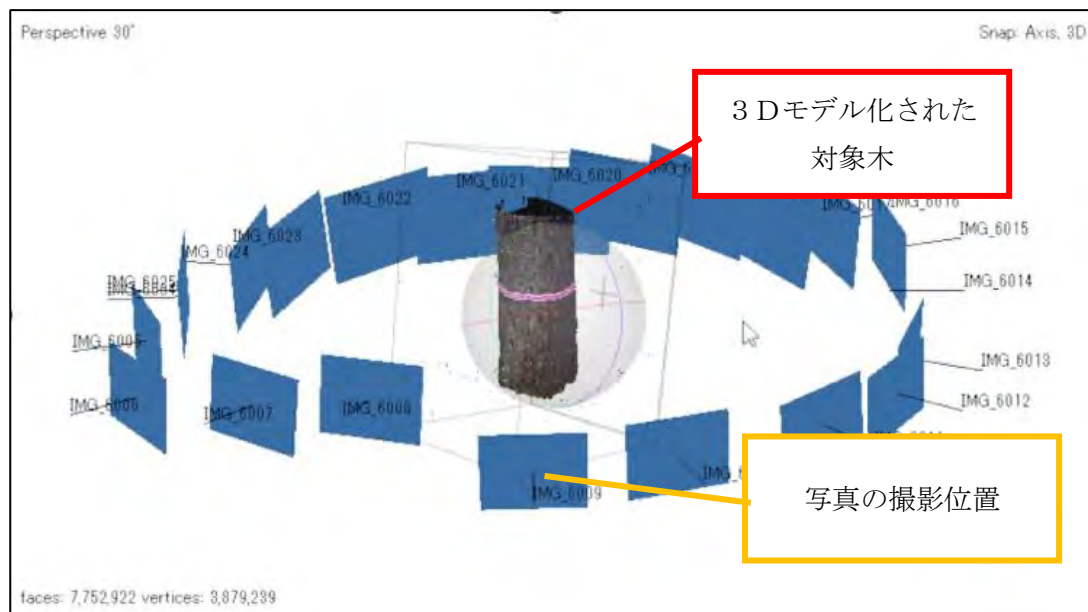
（困難だった点・取組のコツ）

胸高位置の幹の周囲の連続撮影するとき、撮影位置の目印テープを巻くことで、撮影データのブレが少なくなる。

4

3Dモデル作成の結果

【画像2】は、生成された3Dモデルと写真の撮影位置の関係を示している。3Dモデルは、画面上でどの向きからも見る事ができる。



【画像2】撮影した写真を基に作成した対象木の3Dモデル

【画像3】は、3Dモデルを回転させ小口面から見たものである。



【画像3】3Dモデルを回転させて上からのぞき込んだところ胸高位置引いた直線が直径を示している
(数値は 59.9 cm と表示されている)

(胸高直径について)

アプリケーション内で胸高直径の測定結果：59.9cm

実際の胸高直径（輪尺で測定）の測定結果：38cm

上記より、3Dモデル上の直径との差は 21.9cm となり、誤差が大きすぎる結果となった。

毎木調査での胸高直径は、2cm区切り（活約）で測定するため、今回試験を行った技術を利用するためには誤差を2cm以内まで小さくする必要がある。

4
つづき

今後の
予定

主にドローンでの3次元測量で用いられるGCP (Ground Control Point/座標がわかっている地上の位置を示す基準点。地図や写真の正確な位置を決定するために使用)を設置することで、誤差を小さくできないかを試みる。また、写真の撮影時間を短くすることで効率が上がることから、フォトグラメトリに必要な最低限の撮影枚数についても試験を行う。

Aの実施に要した費目

費目	内容
なし	—

実習時の安全確保について

授業中の怪我等は以下の制度に全加入して対応
学校保険（日本スポーツ振興センター）

B スターリンク（無線通信技術）を活用した林内での電波強度の測定

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1節 森林の測定 > 第1 樹木の測定 第2 林分の測定
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3 樹冠管理技術

この授業のポイントやメリット

- ✚ 携帯電話が通じない森林内から、無線通信技術を利用してデータの送信が可能かを検討
- ✚ データの送信には、スマート林業の技術（スターリンク）を利用する。
- ✚ スターリンクを使用して通信できる場所を検討する。

準備するもの	使用機器の詳細
スターリンク アンテナキット	・アンテナや Wi-Fi ルーター、電源アダプター、ケーブルなど、インターネット接続に必要なもの（清晃技術株式会社より支援）
ポータブル電源	・森林内で通信機器の電源として使用（清晃技術株式会社よりレンタル）
スマートフォン	・教員のものを使用
Wi-Fi アナライザー	・Wi-Fi の電波強度（dBm）を測定するスマートフォンのアプリケーション

実施前の状況

森林内では携帯電話等の電波環境が整っていないため、得られたデータ（フォトグラメトリのために撮影した写真データ等）の通信を行うことができない状況

指導実施者	対象授業・生徒
教員 2名 外部講師 2名 (熊本高等専門学校、清晃技術株式会社)	林業科2年生8名 林業科3年生3名
実施場所	実施日・所要時間
鍛冶床演習林 (学校から車で20分程度)	令和5年12月15日(金) 120～180分(半日授業)

手順

1 森林内からのデータ通信を可能とするために

Aの3②のように3Dモデル作成のために森林内で取得した写真データを、そのまま現地から事務所まで携帯電話等の通信を使ってデータ送信できれば、より効率的な運用につながる。

しかしながら、中山間地の森林内では携帯電話等の電波環境が整っていないところが多い。地上の携帯電話の基地局なしに人工衛星を経由し、通信を行うシステム（スターリンク／無線通信技術）が森林内で利用できるかの試験を行った。

スターリンクの利用に際し、必要な機材（スターリンクアンテナキット、ポータブル電源、屋外Wi-Fi機材等）は地元でコンサルタント・測量・設計業を営む清晃技術株式会社の協力（レンタルで提供等）で準備することができた。

1



【図】スターリンクによるデータ通信のイメージ

2 ①必要な機器

- ・スターリンクのアンテナ（写真）
衛星と通信し、電波を発信するための装置
- ・家庭用Wi-Fiルーター
- ・Wi-Fiアナライザー
電波の強さ（電波強度）を測定するためのスマートフォンアプリケーション
- ・スマートフォン



上記を使用して、森林内の林道にスターリンクのアンテナを設置し、衛星との通信を試みた。

【写真】スターリンクのアンテナ

2

3 ②測定を行う電波について

スターリンクを利用すると

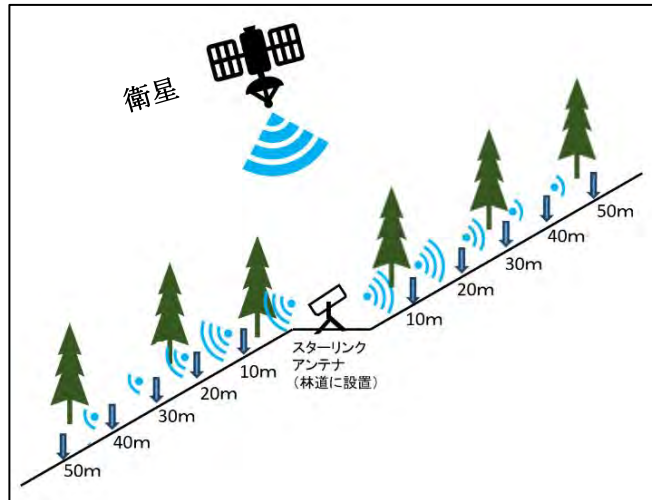
- ①衛星からの電波をスターリンクのアンテナで受信
 - ②受信した電波をパソコンに接続できるインターネットの信号に変換
 - ③変換した信号を家庭用のWi-Fiルーターのような形で電波を飛ばして、パソコンやスマートフォンに繋げる
- という手順でデータ通信が可能となる。

今回は、スターリンクのアンテナから飛ばす電波強度（※の時点）を、Wi-Fiアナライザー（スマートフォンにインストールしたアプリ）で観測する。

3

③電波強度の測定を実施

スターリンクのアンテナを中心に、斜面の上方と下方方向へ、10m刻みに 50mまでの距離で Wi-Fi ルーターからの電波強度の測定を行った。



【図】スターリンクによる通信電波強度測定のイメージ

4

測定の結果は下表のようにまとめる計画だったが、スターリンクのアンテナと衛星の通信を行えず、Wi-Fi ルーターからの電波強度を測定することはできなかった。

アンテナからの距離 (m)	電波強度 (dBm(デシベルミリワット)*)
10m	—
20m	—
30m	—
40m	—
50m	—

【表】斜面上方(下方)での電波強度

*測定値はマイナスであらわされ、wifi 機器メーカーのHPによると、良好な通信速度が期待できるのは-65dBm 以上、実用的な通信速度が期待できるのは-75~-66dBm

(困難だった点・取組のコツ)

衛星と通信ができなかった理由として考えられることは、樹上の枝や葉っぱ、樹冠による障害が起きたためと予想している。

今後の予定

今回の試験方法では、スターリンクの通信が不安定で、電波強度を得ることはできなかった。そのため、再度試験を行うために試験場所を変更し、電波強度を得られるような場所の選定と検証を行う。

Bの実施に要した費目

費目	内容
レンタル代	スターリンクアンテナキット、ポータブル電源
通信料	屋外 Wi-Fi

実習時の安全確保について

授業中の怪我等は次の制度に全加入して対応→学校保険 (日本スポーツ振興センター)

■授業の成果・効果

A～Bの授業の実施により、課題に対しては以下のような成果、効果が得られた。

課題
<p>✚ 通常の森林・林業の授業の中では、スマート林業の技術に目を向ける機会が少ない</p> <ul style="list-style-type: none">・演習林の実習では、チェーンソーを使った伐倒、集材、また下刈りなどが多く、スマート林業の技術に目を向ける機会があまり多くはなかった。
<p>✚ 新たなスマート林業へチャレンジしたい</p> <ul style="list-style-type: none">・スマート林業に関する前年までの授業では、調査区を設け、ドローンを用いて空中写真から林分密度の調査を行い、模擬的な間伐計画を立案した。伐採木の選定、また空中写真と実地との空間認識のずれが課題としてあげられた。このように林業におけるドローンの活用方法についてはある授業を通して学習してきているため、ドローン以外の ICT 機器の活用と得られたデータの検証・活用についてチャレンジした。
成果・効果
<p>✚ 通常の森林・林業の授業の中では、スマート林業の技術に目を向ける機会が少ない</p> <ul style="list-style-type: none">・生徒が課題研究で取り組んでいる利用間伐で、その効率化を図るために選木での効率化を目指し、選木工程におけるスマート林業技術を組み入れることができた。組み入れた技術は以下のとおり。・フォトグラメトリ（画像処理技術）を利用した胸高直径の測定・スターリンク（無線通信技術）を活用した林内での電波強度の測定
<p>✚ 新たなスマート林業へのチャレンジしたい</p> <ol style="list-style-type: none">①フォトグラメトリ（画像処理技術）を利用した胸高直径の測定では、3Dモデルを行う対象木に対し、周囲から写真撮影を行い、フォトグラメトリにより3Dモデルを生成、そのデータから胸高直径を求めることができた。ただし、実際に輪尺で測定した胸高直径とは誤差が大きく、今後さらなる研究が必要である。②スターリンク（無線通信技術）を活用した林内での電波強度の測定では、通信が不安定で、電波強度を測定することはできなかった。今後、試験場所を変更し、電波強度を得られるような場所の選定と検証を行う。

■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6年2月14日（水）14:00～15:00
- ✓ 開催方式：Web会議
- ✓ 出席者：

氏名	所属
米村 龍一	熊本県立矢部高等学校 教諭
永野 蒼志	熊本県立矢部高等学校 教諭
入江 博樹	熊本高等専門学校 教授
田中 晃弘	清晃技術株式会社
井上 恵太	熊本県 農林水産部 森林局 林業振興課
杉本 加奈子	熊本県 県央広域本部 上益城地域振興局 農林部 林務課
乗富 真理	森林整備部 研究指導課 普及教育班 後継者養成係長
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
<p>◆ 熊本県立矢部高等学校</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熊本高等専門学校等の協力の元に取り組んできたが、今年度できなかった内容は来年度以降行っていきたい。専門知識がないと難しい内容に取り組んだため、育林、林産を専門にしている先生は難しい印象を受けるかもしれないが、校内での研修や熊本県内の林業高校の先生等にも声をかけ、来年度、研修を行いたい。 ・スマート林業と言うとドローンを飛ばして撮影するイメージがあるが、このプログラムを通して、生徒がスターリンクやフォトグラメトリという技術に触れ、その技術について生徒が考えるところまで踏み込めたことが良かった。来年度以降、課題を改善していきたい。 <p>◆ 熊本高等専門学校</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本事業を通じて若い林業就業者が増えているのを知った。若者はIoTをうまく活用できると思うので、林業でのIoTの可能性を感じている。 ・林内での電波の伝わり方の研究は、今後も矢部高校と一緒に取り組みたい。電波が空気中を伝わる時は何も障害がないが、林内ではまっすぐに電波が伝わらない。街ではGPSの誤差3m位に対し、山林では100m位の誤差が生じる。なぜ誤差が起きるのか、改善するにはどうしたら良いか興味深いと思っている。 <p>◆ 清晃技術株式会社</p> <ul style="list-style-type: none"> ・演習林で生徒たちと一緒に取り組み、いろいろな課題が出てくる中、こちらも考えさせられることも多かった。今後も協力していきたい。 <p>◆ 熊本県</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新しい技術に取り組んでくれたプログラムだった。今年度から熊本県庁もスマート林業に取り組んでおり、今後、林内の通信環境を改善する事業に取り組む予定。林内の通信は安全にも関わるので、県全体としても力を入れて取り組んでいる。 ・今後の県の出先機関の関わり方として、高校で進めていく内容を地域の外へ共有し、逆に地域外の情報を高校に入れていく役割はできると考えている。

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
生徒からは「難しい」という感想があった。3年生は今までチェーンソーでの伐倒や集材、下刈り等を行う実習が多く、ソフトや技術に目を向けるといった切り替えが難しかったと感じている。ただ、その中でも生徒からは「すごく簡単になりますね」という意見があったり「なるほどそういうふうな技術ですね」という感想もあり、「難しい」という面もありながらも、新しい技術に対する魅力や好奇心が得られたと感じている。
取組が進んだ要因
外部講師となった熊本高等専門学校を取組を参考とさせてもらったこと、また清晃技術株式会社のサポートで、今注目を集めているスターリンクをレンタル使用することができたことから取組が進めることができた。
困難だった点・留意した点
課題研究の取組は、先輩から後輩への受け継ぎ、ある程度継続して実施される授業となる。今回スマート林業で取り組んだ課題研究は、今年初めての取組であるので、先輩と一緒にやって次の課題を見つけるということが難しい。まだまだ手探りの状況なので、なかなか生徒からこうやっていいという提案が出にくい状況にある。
次回への改善案
まず生徒たちが理解して、生徒たちが興味を持ってやってくれるともっといろいろなアイデアが出てくると思う。生徒たちの探究から「森林経営」や「森林科学」の授業にフィードバックしていくことができると考える。3年生がある程度作り上げてきたものを、今度は1、2年生の実習に生かすような形で段階的に進めていく。今回スマート林業を継続して行って、それをまた1年生2年生の授業の中で、取り組める部分は取り入れて、さらに発展させていくという流れがいいと考えている。
今後のスマート林業教育の取組について
◆ 熊本県立矢部高等学校 <ul style="list-style-type: none">今年度、本プログラムは課題研究の科目で取り組んだ。内容自体は森林経営の科目の中で取り組むことができると考える。今後は、今回、課題研究で行った内容を森林経営等の授業に入れ込み、幅広く生徒たちが学べるようにしていきたい。今後、今回のプログラムで得た内容を学校内外に伝えていきたい。生徒はまず技術に触れ、使ってみることが一番良いと考える。森林内での通信の確保は、労働安全の基礎であり、技術がどういうところで活用できるのかを生徒一緒に考えていきたい。 ◆ 清晃技術株式会社 <ul style="list-style-type: none">今回取り組んでいる技術を活用して、演習林での自分たちの山はどの範囲だとか、材積量の出し方とか、またモデルを作ったら、その樹冠投影を作って、授業で選木して、あとで現場に行くと、これとこれとを間伐するといった教室と現場でできる授業のイメージがある。最終的には演習林全体のモデルを作る目標があるので、3年生の卒業の課題で演習林の材積を測り、毎年続けることで演習林全体の差分解析できる。樹木が病気している場合にも解析で分かるようになるのではないかと考えている。
取組のコツ
まずは生徒に触れさせてみるのが一番いいと感じる。新しい技術は、まず見て触れて、触ってみて、使っていかなければ理解するのなかなか難しいので、そのような形で進めていければよい。

関係者へのインタビュー

①矢部高等学校高校教諭

今回事業は「課題研究」の教科で取り組んだ。課題研究は生徒の学びの場ではあるが、教師にとっても学びの場となる。課題研究の場で試したり、経験したりしながら、通常の林業の科目にフィードバックする形が取れる。

②矢部高等学校生徒

スマート林業といえばドローンのイメージだったが、それ以外の技術も林業に利用できることを知ることができた。これまでに触れたことのない技術だったので不安で、技術の中身については理解するのが難しかった。しかし、実際に行った作業は写真を撮ることがメインで、撮った写真から本物のようなモデルができたので驚いた。この技術が広まると、女性やあまり経験がない人でも林業に従事しやすいと思った。

③熊本高等専門学校

- ・高専の学生が取り組む卒業研究には、矢部高校で実際に演習林に入ったり、現場の方やの生徒との交流がとても有効で、その研究の背景をしっかりと理解するという意味でも今後も一緒に取り組んで、高専の卒業研究に応用したい。
- ・林内のGPSの誤差が大きいことについては、矢部高校にGNSSの基準局を設置して精度を上げていくことを考えている。

④熊本県

技術面で「ノーコードアプリ」というものが活用されている。高校にも今後取り入れてもらい、効率化を進めてもらうよう県としてもサポートしていきたい。

スマート林業教育推進事業 地域協働型プログラム

第 1 回 検討委員会 協議資料

熊本県立矢部高等学校

林業科学科主任 米村龍一

1 本校における林業教育の概要

本校は阿蘇の南外輪山の南麓に位置する上益城郡山都町で明治 29 年開校した矢部実業補習学校を前身に 128 年の歴史ある高校である。林業科学科は、昭和 19 年に林業科が設置され学科名の変更等を経て今年で 80 年目の節目であり、公務員林業職や地域林業の担い手など林業・木材産業に多くの人材を排出してきた。

令和元年に林業科学科に学科名を変更し、スマート林業を教育の柱に据え、ドローンを導入、アジア航測や熊本高専などの協力でリモートセンシング講習会を行うなど、科目「森林経営」や「課題研究」などの授業を活用して新しい林業技術について生徒が学ぶ機会を増やしてきた。

2 スマート林業教育の導入状況

○ドローンを 3 台保有（H29 年度、H30 年度購入）

総合実習などで生徒全員がドローンの操作体験を行い、飛行の安全や取り扱いについて指導を行っている。

○アジア航測との連携

山都町の協力で、アジア航測(株)による GIS、スマート林業に関する講習会を実施している。

○熊本高専との連携

森林の簡易計測・モニタリングに自作 RTK 基地局の活用による GPS 誤差補正ができないかを検討中、本校管理棟屋上に RTK 基地局の設置を検討している。

○ドローンや GPS 付カメラを用いた森林の簡易計測、間伐計画の試行（課題研究）

熊本高専の学生卒論との連携を検討中である。

○鹿児島大学との連携

森林計測学研究室寺岡教授とスマート林業に関する最新技術の情報交換等を行い、高校林業教育におけるスマート林業教育実践について相談をしている。

3 スマート林業教育プログラム協力団体

- 熊本県農林水産部森林局林業振興課 井上恵太 様
- 熊本県県央広域本部上益城地域振興局農林部林務課 杉本加奈子 様
- 山都町農林振興課林政係 係長 山邊慎哉 様
- 山都町農林振興課林政係 地域林政アドバイザー 山下正代 様
- 熊本県森林組合連合会森林整備推進部 部長 江藤雅彦 様
- 熊本高等専門学校 教授 入江博樹 様
- 清晃技術株式会社 田中晃弘 様

4 今年度のスマート林業教育プログラムの概要

(課題)

- ① スマート林業を授業でどう取り扱うべきかがわからない。
- ② ある程度知識や技術をもつ職員はいるが、機械の取り扱いや授業の進め方などのどのように継承していくか。
- ③ 町内8カ所に点在する演習林の管理をどうするか。
- ④ スマート林業に係る機材の購入やリースについてどうしたらよいかわからない。
- ⑤ 演習林が携帯電話圏外の場所が多く、電源もない。

(目標)

- ① スマート林業教育を授業で取り組むことができるようにする。
- ② 誰が担当してもスマート林業の授業ができるような教育プログラムを作成する
- ③ 生徒が演習林の状況調査などについてデジタル技術を活用して学校で体験することができる。
- ④ 演習林の状況などについてデジタル技術を使って定期的に観測することができる。
- ⑤ 高専や企業と連携して、矢部高校スマート林業教育のカリキュラムを確立させる。

5 スマート林業教育プログラムの計画

- ・ スマート林業講演（鹿大・寺岡先生）11月
- ・ GIS等の活用についての講演（山都町、アジア航測）
- ・ 高専との連携（8月～GPS、3Dモデル）
- ・ 衛星電話を活用した演習林におけるWi-Fiの導入（リース）

6 スマート林業教育プログラムの経費等

- ・ 講師謝金、旅費
- ・ スターリンクレンタル
- ・ ポータブル電源購入
- ・ 太陽光パネル充電装置購入

将来的な目標 スマート林業科学科

GISや3Dモデルを活用して演習林を
授業で紹介
森林管理のプランニング
将来の間伐計画等の立案
外部の専門家との意見交換に活用
演習林の場所や状況の引き継ぎにも
活用

1年目（R5） 今回の事業を活用

- ・ スマート林業講演（鹿大・寺岡先生）11月
- ・ GIS等の活用について（山都町、アジア航測）
- ・ 高専との連携（8月～GPS、3Dモデル）
- ・ 衛星電話を活用した演習林におけるWi-Fiの導入（リース）

2年目（R6）

- ・ RTK基地局の設置（管理棟屋上）
- ・ GPSの位置補正の研究
- ・ ICTを活用した森林管理に関する継続研究を継続

3年目（R7）

- ・ GIS等を活用した鍛冶床演習林の森林管理の実践

4年目（R8）

- ・ 町内4カ所（鍛冶床、万谷、原、名連川）

5年目（R9）

- ・ 全演習林のデータ整備完了
- ・ 管理、授業での活用