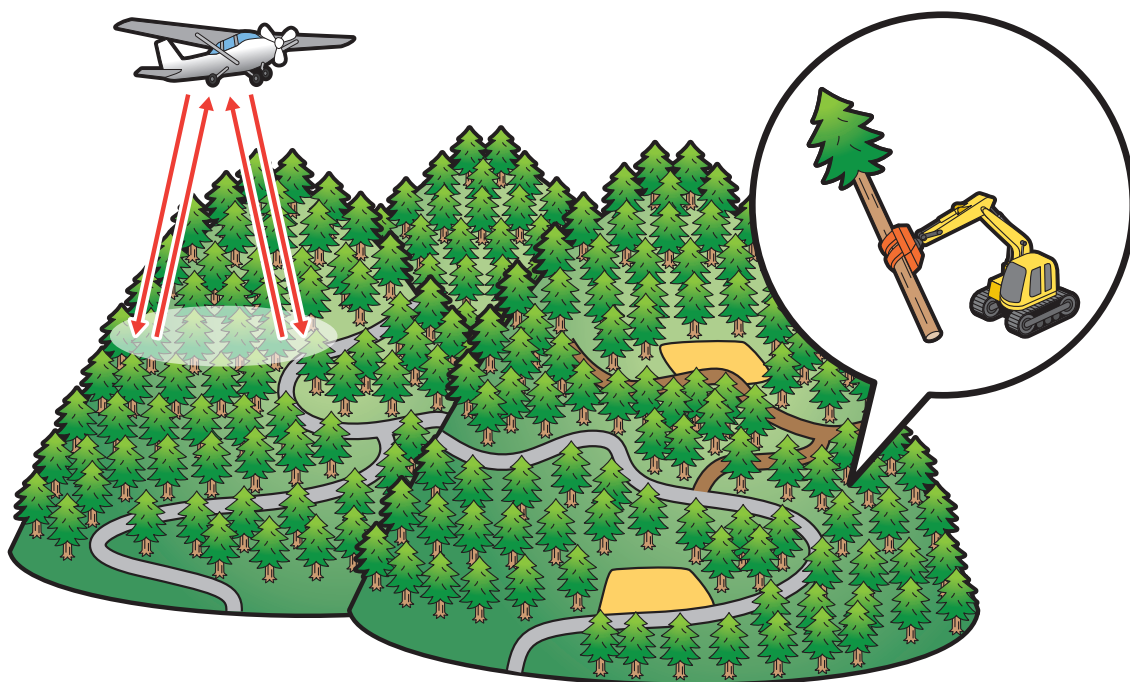


研修教材 2023

# 新技術を活かした 森林作業システム

～これから始めるデジタル化～



林野庁

# はじめに

---

本格的な利用期を迎えている森林資源の循環的な利用を図り、森林の公益的機能の高度発揮と持続的な林業経営を進め、林業の成長産業化を実現するためには、林業の生産性の向上を図ることが必要です。そのため、木材生産現場における効率的な作業システムを実践するとともに、ICT や新技術を活用した「林業イノベーション」を推進し、林業現場へ導入していくことが重要となっています。

このような中で、新技術を活用して森林作業システムを高度化する技術の確立やその普及が課題になっていることから、高度な森林作業システムを実践できる現場技能者を育成するための教材及び研修プログラムを作成することとなりました。

対象となる現場技能者は、木材生産現場での新技術の導入を担い、経営側と木材生産現場の連携を促進し、現場の状況に応じて、森林施業を効率的かつ効果的に実践する際に主体となる者を想定しています。そして、今後、木材生産現場のデジタル化を図るには、オープンソース等を活用した、実践的な計画作成の考え方の習得や、作業日報等を活用した、進捗状況や出材情報等の効率的な管理方法の習得が必要になると考えています。

本書の内容は、このような現場技能者の育成を目指して、新技術を木材生産現場へ導入するために必要な知識・技能を中心に記載したものです。

第1章では、我が国の林業の現状と課題を再確認して、木材生産現場の課題解決に向けた新技術の役割を記載します。

第2章では、新技術の活用に向けた人材育成と組織内の取組みについて記載します。

第3章では、木材生産現場におけるデジタル管理に期待することと、現在、普及が進んでいる様々な新技術の取組みを記載します。

第4章では、これから木材生産現場のデジタル化を始める際に、必要となる考え方とその活用事例を記載します。木材生産現場におけるデジタル管理では、森林資源情報や木材生産情報といったデータの収集と分析が重要であり、林業経営体等でこれから始めやすいように、無償で利用できるオープンソースや作業日報を活用した事例を紹介します。

本書で用いる用語や専門的な用語は、巻末で説明していますので、ご活用ください。

技術は日々進歩することから、本書で紹介する新技術だけでは十分なものとは言えませんが、基本的な考え方の理解に少しでもご参考にしていただければと考えております。

なお、本書の作成に当たっては、検討委員会（座長 酒井秀夫 東京大学名誉教授）を設置して、委員各位から様々なご指導、ご助言をいただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

令和6年3月

# 本書の使い方

- 新技術を木材生産現場へ導入するためのヒントが得られる
- 普及が進んでいる技術が分かり、作業システムを比較検討する際の選択肢が増える
- 実践的な木材生産のデジタル化をこれから始める時に必要な考え方が学べる

## 特長 1

内容が一目で分かる  
ように **Point!** を記載

## 特長 2

注釈の \* は、ページ  
下部に引用先を紹介

## 特長 3

注釈の [ ] は、巻末で  
用語の意味を説明

これが木材生産の未来

### 4-1 デジタル化の基本的な考え方

(1) 経験や記憶に頼る林業からの転換

**Point!**


近年、入手しやすくなった様々なデータを活用し、木材生産や流通の効率化

レーザ計測や ICT<sup>[6]</sup>による森林資源情報の高度化・デジタル化等により、記憶や経験に頼る林業から脱却し、生産管理システムによるデジタル管理の林業経営が求められます。デジタル管理をすることで、木材生産や流通の効率化が促進されます<sup>\*1</sup>。

木材生産現場では、基礎的な森林情報や森林境界データ、レーザ計測データ、運材業者・納材先といった業務情報等の様々なデータがあり、デジタル化により生産量予測や工程・進捗管理、日報管理、損益計算等への活用が期待されています。

近年、様々なデータが入手しやすくなっており、デジタル管理の林業経営が始めやすくなっています。例えば、インターネットから無償でダウンロードして使用できるオープンソース<sup>[2]</sup>の GIS<sup>[3]</sup>や無償で入手できるオープンデータ<sup>[3]</sup>があり、作業日報においても、使用することで効率的かつ効果的にデータの収集・集計を行うことができます。

本章では、これからデジタル化を始める際に参考となるように、オープンソースの活用事例と作業日報の活用事例について紹介します。



様々なデータの収集 → 木材生産・流通の効率化

**生産管理システム**

○森林情報・業務情報	○各種機能
・基礎的な森林情報	・生産量予測
・森林境界データ	・工程・進捗管理
・レーザ計測データ	・日報管理
・運材業者、納材先	・業務別損益計算
	・売上・経費情報管理

出典：林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」4ページ  
林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatsu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf> より引用し一部改変

\*1 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」4ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatsu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>

## グラップル搬器のリモコン操作



写真提供：高知県立森林技術センター

無線でグラップルを操作して、荷掛け作業や荷おろし作業を安全に行うことができます。

リモコンによる操作は、2～3日で習得可能と言われています。

しかし、先山での荷掛けは、引戻索の動き等に気を付ける必要があるため、先山での遠隔操作では荷掛けに関する知識や経験が必要です。

### 特長 4

取組み事例を**写真と**  
**解説付き**で紹介

#### データ収集のポイント

##### 1. 必要なデータの仕様を統一しておく

収集するデータは、誰が収集しても同じデータであることが求められます。例えば、伐倒した作業量を本数で記録するか、材積で記録するかの違いがあると、収集したデータを取りまとめる際に手間がかかります。また、現地踏査の際の位置情報を、GNSS<sup>44</sup>機能の付いた道具から緯度経度で記録するか、紙の図面にアナログで記録するかの違いがあると、改めて机上で整理する際に手間がかかります。

このため、あらかじめ組織の間で「どんなデータ」を収集するかといった、必要なデータの仕様を統一しておくこと、あとで整理する作業が省力化します。

##### 2. 許容できる誤差の範囲を決めておく

データ活用の目的に応じて、要求するデータの精度が変わります。例えば、進捗管理のために作業日報を活用する際、秒単位で入力・集計してもあまり意味はありません。

また、作業の状況に応じて、取得できるデータの精度に限界もあります。例えば、先山での伐倒作業では、伐倒した本数は把握できますが、1本ごとの材積を測るのは現実的ではありません。

つまり、誰が収集しても同じデータであることは重要ですが、精度の許容範囲について、あらかじめ組織の間で決めておくこともポイントです。

##### 3. 外部組織とのやりとりではデータの規格に関する合意形成が必要となる

データを外部組織とのやりとりで活用する際には、データの規格について、相手との合意形成が必要です。「どういった仕様のデータ」「どれくらいの精度」を要求するかを事前に決めておく必要があります。

また、組織内で扱うデータも外部組織とのやりとりで活用することを意識して、データの仕様や精度等の規格を揃えて収集するようにすると外部組織との連携が円滑化されます。

第4章

### 特長 5

本文に関連する  
**コラムを紹介**



# 目次

---

はじめに .....	1
本書の使い方 .....	2
目次 .....	4
第1章 林業の課題と新技術の役割 .....	6
1-1 林業の課題 .....	6
(1) 森林資源の循環利用 .....	6
(2) 適切な森林管理 .....	7
(3) 森林施業の集約化 .....	7
(4) 森林施業の効率化・省力化 .....	8
(5) 安定供給体制の構築 .....	8
1-2 木材生産現場における新技術の役割 .....	9
(1) 安定した林業経営の実現 .....	9
(2) デジタル化による経営の改善 .....	10
(3) 効率的で安全な木材生産 .....	11
第2章 新技術の活用に向けた人材育成と組織内の取組み .....	12
2-1 新技術を活用できる技能者の役割 .....	12
2-2 新技術の活用に向けた組織体制 .....	13
(1) 組織体制づくり .....	13
(2) 新技術高度技能者の育成 .....	13
2-3 新技術の導入につながる契機 .....	14
(1) 問題解決型による方法 .....	15
(2) 可能性探求型による方法 .....	16
2-4 組織内での新技術の普及に向けた取組み .....	19
第3章 木材生産現場における新技術導入の取組み .....	22
3-1 デジタル管理に期待すること .....	22
(1) 計画から出材までの適切な管理 .....	22
(2) 生産性の向上 .....	24
(3) 事務作業における業務量の平準化 .....	27
3-2 森林資源の把握に関する取組み .....	28
(1) レーザ計測 .....	28
(2) 電子輪尺 .....	30
3-3 木材生産の計画に関する取組み .....	31
(1) GIS の活用 .....	31
(2) 森林クラウド .....	35
3-4 木材生産の管理に関する取組み .....	36
(1) 作業日報の活用 .....	36
(2) 機械管理のデータ活用 .....	38
(3) ICT ハーベスタ .....	39
(4) 検知アプリ .....	43

3-5 現場の条件に適した林業機械の導入.....	46
(1) 林業機械の遠隔操作.....	46
(2) 集材機による省人化.....	47
(3) タワーヤードによる省人化.....	48
(4) 林内走行の機械.....	50
(5) バイオマス用材を収穫する機械.....	51
(6) 再生林で使用する機械.....	52
3-6 UAV の活用 .....	54
(1) 安全管理上の注意点.....	54
(2) 空中写真の活用.....	56
(3) 資器材等の運搬.....	57
3-7 GNSS の活用 .....	58
(1) 位置情報の確認・記録.....	58
(2) 測位する精度の向上.....	59
3-8 通信環境の整備.....	60
3-9 安全教育に関する取組み .....	61
第4章 これから始める木材生産現場のデジタル化.....	62
4-1 デジタル化の基本的な考え方 .....	62
(1) 経験や記憶に頼る林業からの転換 .....	62
(2) 木材生産の計画におけるデジタル化.....	64
(3) 木材生産の管理におけるデジタル化.....	65
4-2 オープンソース等を活用した木材生産の計画 .....	67
(1) 各現場の作業計画の手順 .....	67
(2) 資料収集 .....	68
(3) 机上計画 .....	75
(4) 現地踏査 .....	83
(5) 労働生産性の推定 .....	84
4-3 作業日報等を活用した木材生産の管理.....	86
(1) データ分析までの流れ.....	86
(2) 進捗管理 .....	89
(3) 出材情報の管理.....	90
(4) 評価・改善.....	91
4-4 新技術をフル活用させる森林作業システム.....	93
用語の説明.....	94
主な引用文献・参考資料 .....	95
写真提供 .....	99

## 1-1 林業の課題

### (1) 森林資源の循環利用

#### Point !

「伐って、使って、植えて、育てる」という循環利用で、適切な森づくりを実施

我が国の人工林は、現在その半数以上が一般的な主伐期である50年生を超え、本格的な利用期を迎えています\*1。このような中、人工林を「伐って、使って、植えて、育てる」という森林資源の循環利用で、安定的な林業経営を図ることが重要です\*2。

現在、我が国の森林資源量は、人工林を中心に増加していますが、その森林資源の利用が少ない状況にあります。森林資源の利用がその再生を下回れば、森林の放置による荒廃や資源の著しい高齢化を招くことにつながります\*3。

したがって、適切な森づくりを実施していくためにも、積極的に木材生産を進めていくことが求められています。



\*1 林野庁(2022)『令和3年度 森林・林業白書』18 - 19 ページ

\*2 林野庁(2019)『平成30年度 森林・林業白書』14 - 15 ページ

\*3 林野庁(2015)『平成26年度 森林・林業白書』8 - 9 ページ

## (2) 適切な森林管理

**Point !**

主伐期を迎えた人工林では、費用を抑えながら木材生産を進めて適切に再造林を実施

我が国の人工林の多くは、主伐期を迎えた現在においても、木材価格の低迷や造林費用の負担が大きいことにより、主伐及び主伐後の再造林が進まない現状にあります\*4。その要因の一つとして、伐出・運材等に掛かる費用が高くなることが挙げられます。

したがって、主伐期を迎えた人工林を適切に管理するためには、災害リスクの低減に配慮しつつ、木材生産の基盤となる路網整備等により費用を抑えながら効率的に木材生産を進め、丸太の売上げの一部を森林所有者に還元して再造林の費用に捻出していくことが重要になります\*5。



## (3) 森林施業の集約化

**Point !**

隣接する森林をまとめて、路網を合理的に配置し効果的な森林作業システムを運用

我が国では、森林保有面積 10ha 未満の林家数が全林家数の約 9 割を占めています\*6。しかし、小面積の場合でも、隣接する森林と一緒にまとめることで木材生産が可能となる場合があります。

このため、効率的な木材生産を実施して森林所有者へ利益を還元していくためには、隣接する複数の森林所有者が所有する森林を取りまとめて路網整備や間伐等の森林施業を一体的に実施するという「施業の集約化」を図ることが重要です。これにより、作業箇所がまとまり、路網の合理的な配置や高性能林業機械を効果的に使った森林作業システムが可能になります\*7。



\*4 林野庁(2020)「林政審議会(令和2年10月12日)配付資料 再造林の推進」1ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/attach/pdf/201012si-18.pdf>

\*5 林野庁(2022)『令和3年度 森林・林業白書』108 - 109 ページ

\*6 林野庁(2023)『令和4年度 森林・林業白書』82 ページ

\*7 林野庁(2022)『令和3年度 森林・林業白書』109 - 111 ページ

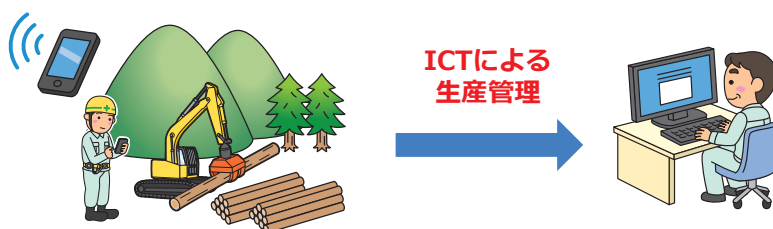
#### (4) 森林施業の効率化・省力化

##### Point !

森林資源情報を把握して、現場の条件に応じた効率的で安全な作業を実施

我が国の林業は、厳しい地形条件や過酷な現場作業、人口減少による担い手不足等と乗り越えなければならない壁があります\*8。

したがって、現場の条件に応じて効率的で安全な作業を実施するため、森林資源情報を把握して森林施業の効率化・省力化を図ることが重要です\*9。例えば、詳細な地形情報等を把握して適切な森林作業システムを採用することや、ICT<sup>[6]</sup>により進捗状況を作業と同時進行で把握して生産管理をすること、現場の条件に適した林業機械を導入することなどが挙げられます。



#### (5) 安定供給体制の構築

##### Point !

木材生産に関する情報を共有して、木材需給のマッチングを図ることが重要

我が国の林業では、需要に応じた供給体制が十分とは言えない状況にあります。今後は、データ活用により生産から販売までの木材 SCM<sup>[9]</sup>の構築を図ることが重要になります。木材生産に関する情報を



共有した結果、木材の本来の価値で商品化したり、新たな商品開発による付加価値をつけることにつながれば、森林所有者や林業経営体に利益が還元されることが期待されます。

したがって、木材生産に関する情報を木材流通業者や木材加工業者等と共有することによる、木材需給のマッチング<sup>[15]</sup>を図ることが重要になります。

\*8 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム (令和4年7月アップデート版)」1ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatsu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>

\*9 林野庁(n.d.)「森林資源情報のデジタル化/スマート林業の推進」林野庁.  
[https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart\\_forestry.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html)



## 1-2 木材生産現場における新技術の役割

### (1) 安定した林業経営の実現

#### Point !

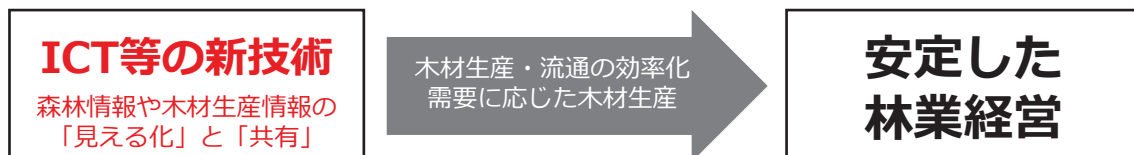
情報の「見える化」により、木材生産や流通の効率化、需要に応じた木材生産を促進

人口減少社会を迎えて、森林・林業分野でも人手不足が懸念されています\*10。このような中、林業の特性を踏まえた ICT<sup>[6]</sup>等の新技術を活用しながら、安定した林業経営の確立と地域の活性化の実現を目指していくことが重要です。

これまで記憶や経験に頼っていたことが、今後、ICT 等の新技術を活用することで、森林情報や木材生産情報として「見える化」と「共有」することが可能なり、木材生産や流通の効率化、需要に応じた木材生産が期待できます\*11。

また、情報を「見える化」と「共有」することにより、丸太等の商品がどこにあると関係なく、木材生産に関する情報だけを使って商取引を行うことが可能となるため、生産から販売までの木材 SCM<sup>[9]</sup>の構築につながります\*12。そして、木材製品の需要動向や原木の供給見込み等の情報を「共有」することで、木材需給のマッチング<sup>[15]</sup>の円滑化につながり、利害関係者間の相互利益の拡大や森林所有者への利益還元等が期待されます。

さらに、森林も需要も、時間とともに変化するため、時代の流れに沿って素早く経営の改善を行うことが、多様な森林資源を上手に需要と結びつける上で重要となります\*13。



- \*10 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」1ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>
- \*11 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』104ページ
- \*12 椎野潤(2017)『林業改良普及双書 No.186 椎野先生の「林業ロジスティクスゼミ」ロジスティクスから考える林業サプライチェーン構築』17-24ページ,全国林業改良普及協会
- \*13 遠藤日雄・吉田美佳・全林協(2019)『林業改良普及双書 No.191 丸太価値最大化を考える「もったいない」のビジネス化戦略』94-95ページ,全国林業改良普及協会

## (2) デジタル化による経営の改善

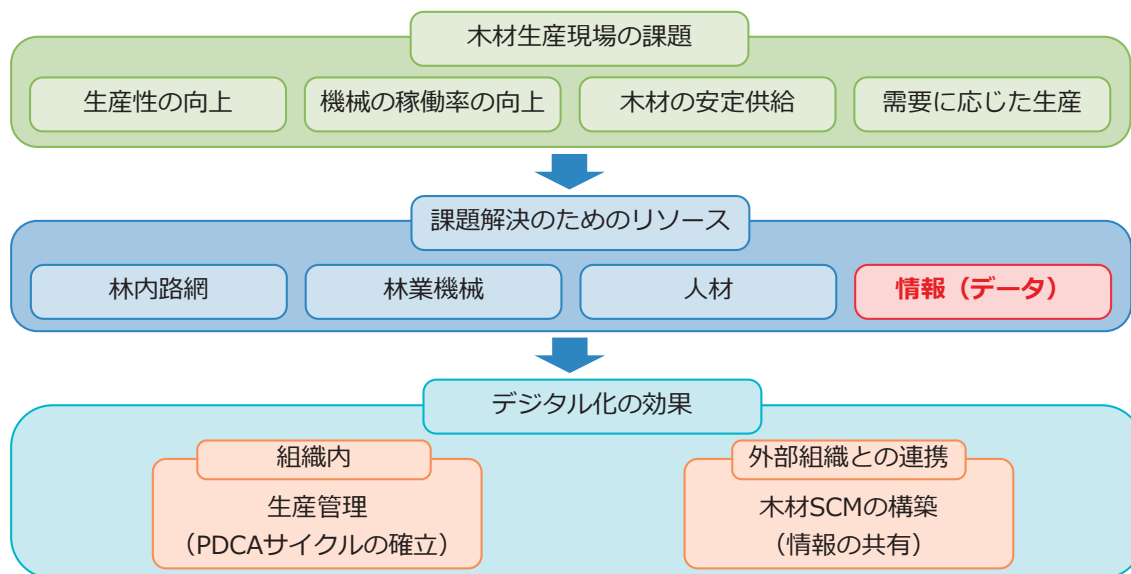
### Point !

情報（データ）を収集して、様々な課題解決に向けて有効に活用

安定した林業経営の実現を目指す上で、木材生産現場の課題として、生産性の向上や機械の稼働率の向上、木材の需要先への安定供給、需要に応じた生産等が挙げられます。これらの課題を解決するための手段として、林内路網や林業機械、人材、情報（データ）をフル活用させることが重要になります。

これまで、林内路網の整備や林業機械の導入、人材の確保と育成等を行っていますが、今後はこれらに加えて、ICT<sup>[6]</sup>等の新技術により、情報（データ）を収集して、課題解決のためのこれらのリソースを有効に活用しながら、経営の改善を図ることが求められます。例えば、森林資源や木材生産に関する情報等を収集して、効率的な路線案の作成や適切な人員配置・機械配置、生産性等の効果的な分析等に活用することができます。

このように、デジタル化により経営の改善を行うことで、組織内では適切な生産管理につながり、外部組織との連携では木材 SCM<sup>[9]</sup>の構築が期待できます<sup>\*14</sup>。



出典：日本森林技術協会・住友林業(2022)「ICT 林業生産管理システム標準仕様書（機械管理編）Ver. 1」  
3 ページ, 日本森林技術協会より引用し一部改変

\*14 日本森林技術協会・住友林業(2022)「ICT 林業生産管理システム標準仕様書（機械管理編）Ver. 1」3 ページ,  
日本森林技術協会。  
[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/2\\_R3\\_ICTseisanakanri\\_hyoujunsiyousho\\_kikaikanri.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/2_R3_ICTseisanakanri_hyoujunsiyousho_kikaikanri.pdf)

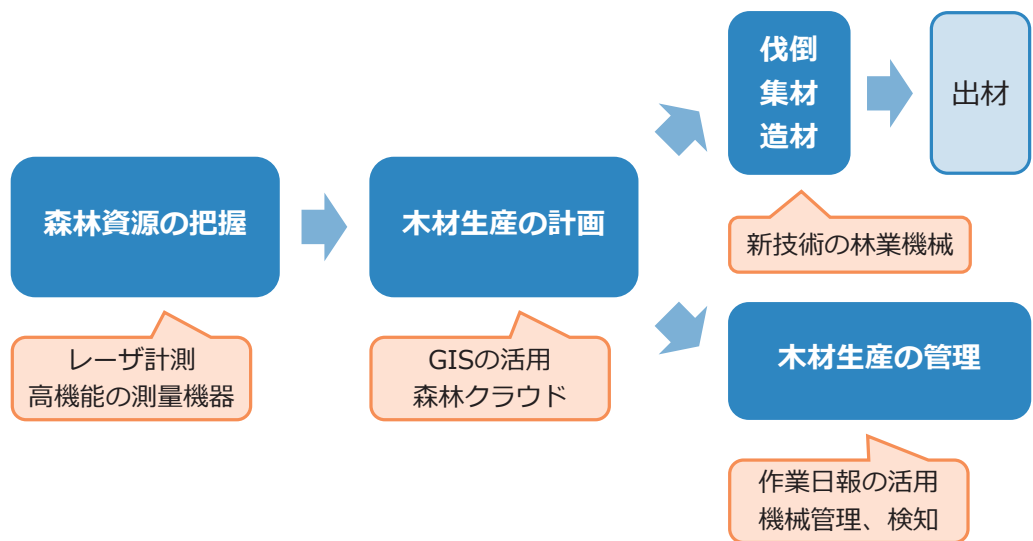
(3) 効率的で安全な木材生産

**Point !**  
 木材生産の計画・管理の情報をデジタル化し、生産性や安全性の高い木材生産を促進

組織内で木材生産を行うにあたり、我が国の林業は、諸外国と比較して生産性が低く、我が国の他産業と比較して労働災害の発生率が高いと言う問題があります。今後、生産性や安全性の高い木材生産に向けて、ICT<sup>[6]</sup>等の新技術を活用していく必要があります<sup>\*15</sup>。

木材生産現場では、伐倒から集材・造材等の作業を行う際に、現場の条件に適した新技術の林業機械を導入することで、木材生産の生産性と安全性が向上します。また、近年では、森林資源情報等はオープンデータ<sup>[13]</sup>として公開が進められ、今後は、これらを活用しながら木材生産の計画を高度化させることが期待されます。さらに、作業日報等を活用して収集したデータを分析しながら、効果的な生産管理が行うことができます。

このように、ICT 等の新技術を活用して、木材生産の計画・管理の情報をデジタル化することで、効率的で安全な木材生産につなげることが期待できます。



\*15 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム (令和4年7月アップデート版)」1-4 ページ, 林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>

# 新技術の活用に向けた 人材育成と組織内の取組み

## 2-1 新技術を活用できる技能者の役割

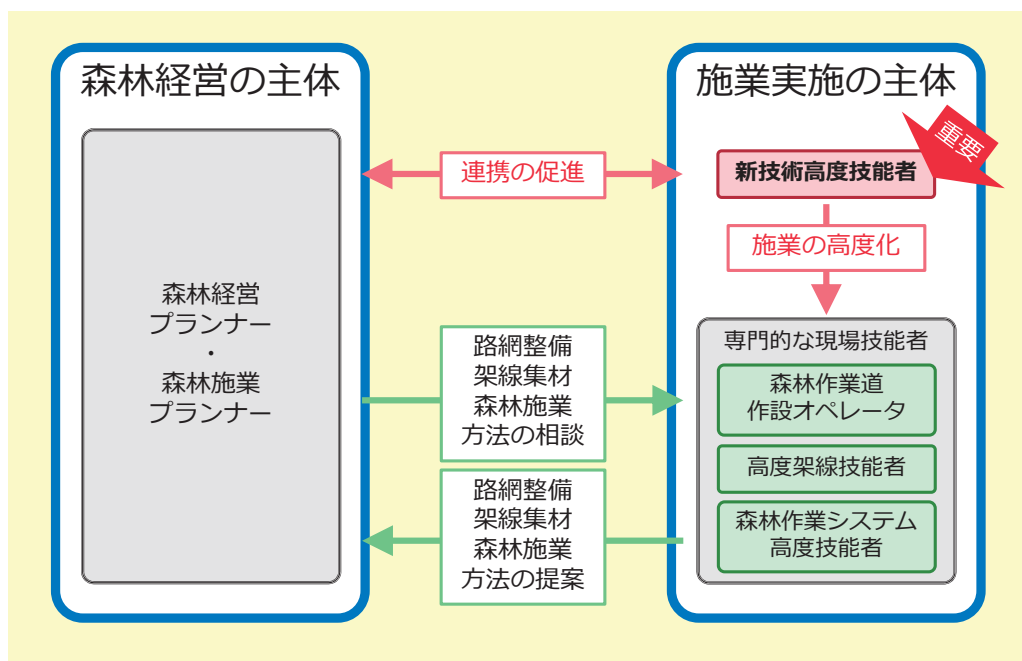
### Point !

新技術を活用して、森林経営の主体との連携を促進し、森林施業の高度化を実現

新技術を活用して、木材生産現場での森林施業を効率的かつ効果的に実践していくためには、実際の現場に ICT<sup>6)</sup>等の新技術を活用できる人材（以下、「新技術高度技能者」という。）の育成が重要です。

新技術高度技能者の役割には、森林経営の主体との連携を促進して木材生産の計画・管理を高度化させることと、実際の木材生産現場において施業を高度化させることが挙げられます。

ICT 等の新技術を木材生産現場で活用していく際に、新技術高度技能者は、森林施業プランナー等とともに現状に即した計画を立て、現場ではそれぞれの専門とする現場技能者とともに生産性や安全性の向上を図ります。このため、組織内で何が必要かを把握して、具体的な ICT 等の新技術の活用方法を検討し、現場への普及に向けた取組みを中心となっ  
て行うことが求められます。



## 2-2 新技術の活用に向けた組織体制

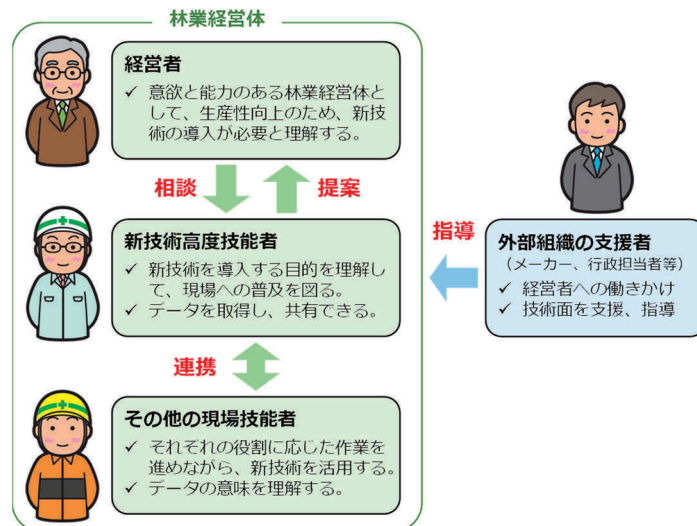
### (1) 組織体制づくり

#### Point !

新技術の普及には組織内での理解が必要となり、活用に向けた組織体制づくりが重要

新技術を導入した際、新技術高度技能者だけが新技術に詳しくなっても組織内で浸透しなければ定着しません。要するに、新技術の普及を図るには、組織内の理解が必要であり、活用に向けた組織体制づくりが重要になります。

例えば、新技術高度技能者は、経営者に対して現場の状況に応じた提案をし、新技術の導入目的を共有して、外部組織の支援者から指導を受けながら、デジタル機器の操作方法等を理解し、その他の現場技能者と一緒に新技術を活用して、新技術の普及を図ります。



### (2) 新技術高度技能者の育成

#### Point !

新技術を活用するための手順を理解し、デジタル化に必要な考え方を学ぶことが重要

新技術高度技能者には、基本的なデジタル機器の操作方法を身に付け、正しくデータを取得することや、実際に現場でデータを用いて作業を高度化することが求められます\*1。

このため、ICT<sup>[6]</sup>等の新技術に関心が高く、組織内の保有機械や森林作業システム等といった現場を知る人材が適しています。これから新技術を現場へ導入するには、組織内で新技術を活用するための行動計画を立て共有・実行するための手順を理解し、木材生産の計画や管理のデジタル化を実践的に行う上で必要な考え方を学ぶことが重要になります。

\*1 日本森林技術協会・住友林業(2023)「スマート林業実践マニュアル総集編 (令和4年度スマート林業構築普及展開事業)」5-6ページ,林野庁.[https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/attach/pdf/smart\\_forestry-1.pdf](https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/attach/pdf/smart_forestry-1.pdf)



## 2-3 新技術の導入につながる契機

### Point !

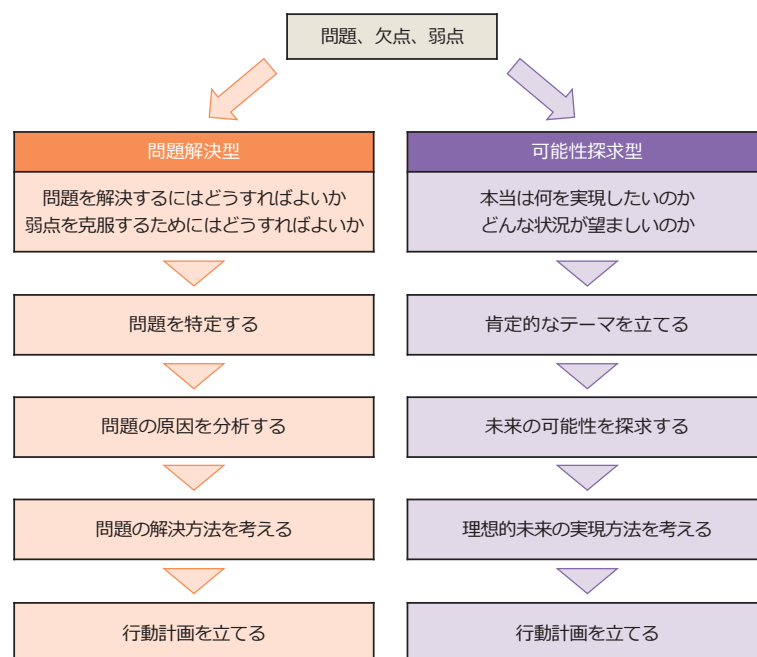
問題や欠点、弱点への対処方法を検討する過程が、新技術を導入する最大の機会

木材生産現場の諸問題を解決するために、新技術の開発・実証が進められています。林業経営体には、安定した林業経営に向けて、問題を解決するための手段となり得る新技術の動向を追いながら、有効な新技術を模索することが求められます。つまり、問題への対処方法を検討する過程が、新技術を導入するきっかけとなり得ます。

このとき、問題や欠点、弱点の対処方法として、問題解決型と可能性探求型による方法が挙げられます\*2。

問題解決型による方法は、問題の特定から始まり、あるべき姿と現状の差を埋めるために必要な解決策を考えるという方法です。

一方、可能性探求型による方法は、問題の裏返しに「ありたい姿」や「可能性」と捉え、理想的な未来を思い浮かべ実現方法を考えることで、結果的に問題等は解決されるという発想に基づいた方法になります。



出典：香取一取・大川恒(2012)「俊敏な組織をつくる10のステップ」43ページ,ビジネス社より引用

\*2 香取一取・大川恒(2012)「俊敏な組織をつくる10のステップ」43ページ,ビジネス社

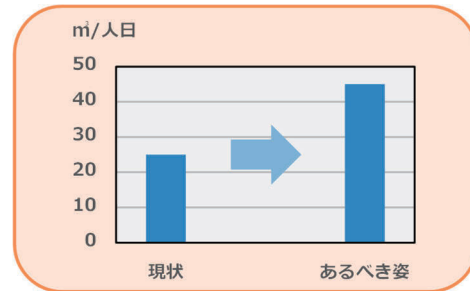
(1) 問題解決型による方法

**Point !**  
あるべき姿と現状の差が分かりやすく、問題が比較的特定しやすい場合に有効

問題解決型による方法は、あるべき姿と現状の差が分かりやすく、問題が比較的特定しやすい場合に有効です。

何が問題なのかを特定した後は、「なぜ」を繰り返して、問題の原因を分析します。「なぜ」を繰り返していくと、様々な要因が見えてくるため、ひとつずつ要因について調べることが、原因の追究につながります。

そして、問題を引き起こしている主たる原因が分かれば、問題の具体的な解決方法を考えます。



- 【原因の追究】**  
保有機械の稼働が良くない？
- 【解決策の検討】**
- ✓ 事業地の確保？
  - ✓ 整備体制の見直し？
  - ✓ 作業班の育成？



**Point !**  
原因を分析するには、組織内の保有機械や各作業工程を把握しておくことが重要

新技術高度技能者は、現行の森林作業システムにおけるボトルネック<sup>[14]</sup>や課題を把握した上で、具体的な原因を分析するためには、組織内の保有機械や、伐倒から集材、造材、小運搬までの各作業工程を把握しておく必要があります。

現行の森林作業システムにおける問題の原因を追究するためには、PDCA<sup>[8]</sup>サイクルが有効であり、専門とする現場技能者とともに各作業工程における使用機械や目安となる生産性・コスト、作業時の留意点等を整理することが重要です。

今後、分析に必要な情報は、手間をかけずに正確なデータとして収集・集計できるようになると、誰が分析しても同じ結果が得られるようになり、問題の早期解決が期待されます。



## (2) 可能性探求型による方法

### Point !

組織全体の大きな問題や複雑な問題等を、包括的に解決したい場合に有効

可能性探求型による方法は、組織全体の在り方等に関する大きな問題や多くの関係者が絡み合っている複雑な問題、我が国の林業が抱える社会的な問題等を包括的に解決したい場合に有効です。

包括的な解決に向けて、関係する多くの参加者を集め、肯定的なテーマを立てた上で、未来の可能性について話し合いながら実現方法を考えます。肯定的なテーマを用意することで、参加者はお互いに前向きな意見を出せるようになり、短時間で多くの新しいアイデアを集めることが期待できます。

### Point !

多くの参加者が集まって効果的な話し合いができるように事前の準備が必要

組織内で肯定的なテーマを立てて話し合う際には、組織の在り方に関わる全体的な問題等を扱うことから、経営者を含めた多くの参加者が関わるように留意します。

話し合いの結果、作業工程全体の見直し等、大きな変化が必要となった場合、これまで経験したことがない新しいことを始めることになるため、経営者等が決めたことに対してただそれに従って行動するというわけにはいきません。このため、理想的な未来の実現に向けた話し合いは、関係する多くの参加者を集めて行い、お互いに前向きな意見を出し合うことが重要になります。

このとき、多くの参加者が集まって効果的な話し合いができるように、以下に示すような事前の準備が必要です\*3。

#### ■ 可能性探求型による話し合いを行う前の準備事項

- ✓ どんな組織を実現したいのか目的を明確にする
- ✓ 経営者が責任を持って関わる
- ✓ 新技術を導入する際に中心となるメンバーを編成する
- ✓ 参加者が自由に意見を言える安全な場所を設ける

出典：香取一取・大川恒(2012)「俊敏な組織をつくる 10 のステップ」28 ページ, ビジネス社より引用し一部改変

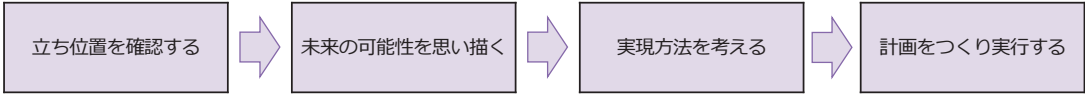
\*3 香取一取・大川恒(2012)「俊敏な組織をつくる 10 のステップ」26-31 ページ, ビジネス社

**Point !**  
**未来の可能性について思い描き、実現に向けた行動計画をつくり実行**

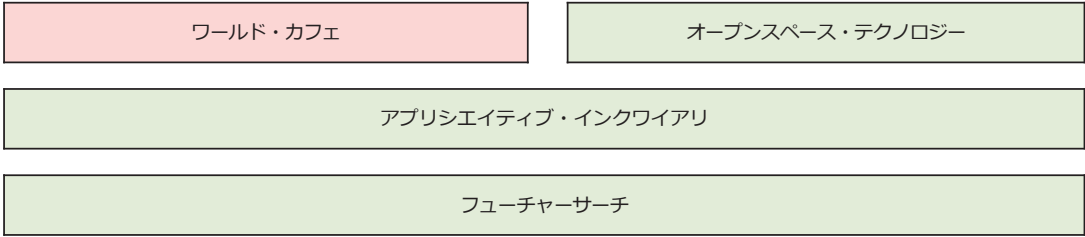
可能性探求型による方法は、理想的な未来の実現に向けた話し合いをして、自分たちの思いを共有し、その実現に向けて力を合わせるという流れになります。

いくつかの決まった手法（ワールド・カフェ等）がありますが、共通する標準的な流れは、以下のフロー図のとおりです\*4。

■ 標準的な流れ



■ 可能性探求型の各種手法



出典：香取一取・大川恒(2012)「俊敏な組織をつくる10のステップ」33ページ, ビジネス社より引用

【立ち位置を確認する】

関係する多くの人に参加することになるため、参加者の立ち位置を確認することから始めます。これは、普段の業務では接する機会の少ない立場の人とも話し合うことになることから、最初に自己紹介をして、各々の考えを確認し合う作業になります。

これにより、全体としての一体感が生まれるほか、組織内で行う場合にはこれまで意識しなかった組織の強み等の発見につながります。

【未来の可能性を思い描く】

未来の可能性を思い描きながら、話し合いを行います。  
 このとき、習慣的な思考の枠組みを捨てて自由な発想で考えられるように、自由に意見を言える場を設けることに留意します。

【実現方法を考える／計画をつくり実行する】

思い描いた未来の実現に向けて具体的な道筋を考えて、行動計画をつくり実行します。

\*4 香取一取・大川恒(2012)「俊敏な組織をつくる10のステップ」26-31ページ, ビジネス社

## ワールド・カフェ

ワールド・カフェとは、理想的な未来の実現に向けた話し合いを効果的に行うための手法のひとつであり、新技術を導入するきっかけづくりになり得ます。

実際のカフェでの会話を想定し、落ち着いた雰囲気テーマに集中して話し合いを行うことができます。班に分けて対話をして、途中で班構成を変えながら対話を続けることで、参加者全員が話し合っている効果が得られます\*5。

### 標準的な流れ

#### ①各班の対話（3回程度）

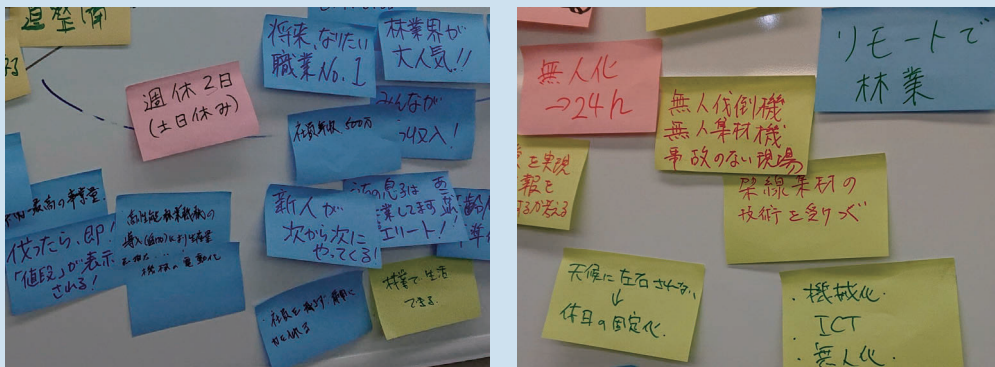
- 自由に使える模造紙と付箋を用意し、テーマについて対話を実施
  - ・ 付箋は内容が分かるようにできるだけ大きく記入
- 他の人に伝える役割があり、話を聞くことが重要
  - ・ 残る人は新しく来た人に内容を説明
  - ・ 新しく来た人は前の班の内容を説明

#### ②全体意見交換

- 各班で意見を整理して気づきや発見を付箋に記入しホワイトボード等に貼付
- 全員で共有して、全体の意見交換を実施

#### ③ふりかえり

- 1～2分程度、静かに振り返る時間を設定
- 自分自身の中で振り返り、考えや最も印象に残ったことを整理
- 気づいたことや意見、感想等を発表



\*5 香取一取・大川恒(2017)「ワールド・カフェをやろう 新版」47-53 ページ,日本経済新聞出版社



## 2-4 組織内での新技術の普及に向けた取組み

### ア 行動計画

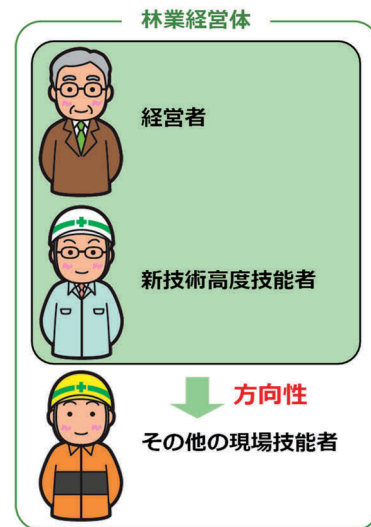
#### Point !

新技術の特徴を理解し、組織全体で方向性を共有して行動計画を作成

実際に新技術を導入することになった場合は、組織全体で方向性を共有して、木材生産現場での新技術の普及を図ることになります。

このとき、まず新技術高度技能者は、経営者とともに新技術の特徴を理解する必要があります。新技術を導入する目的や必要性、メリットとともに整理しておきます。

そして、これから新技術を使いこなすために、整理された内容をその他の現場技能者等に伝えて方向性を共有して、行動計画を立てます。行動計画を立てる際には、新技術を使う際に注意すべき点や新しいことに取り組む時の役割分担、取り組むべき課題の優先順位等を決めます。



#### Point !

メリハリの利いた改善に向けて、見直しの方向性を検討

新しいことに取り組む際には、改善に向けて、これまでの手法を見直して新しい手法に変えていくことになります。

このとき、新しい手法に変えたことによるリスクを考慮する必要があります。例えば、レーザ計測により細密な DEM<sup>[1]</sup>を取得できるようになり、林班単位ではなく、10m メッシュのポリゴン単位のように細かく区切り地形情報等を把握することができるようになりました。これにより、同じ林班内でも地形等に応じて適切な複数の森林作業システムを採用しやすくなりました。しかしながら、これまで蓄積されてきた森林簿等のデータまで同様にポリゴン単位で区切り直して管理することは容易ではないため、このようなデータはこれまでと同じように林班単位で参照することになると考えられます。

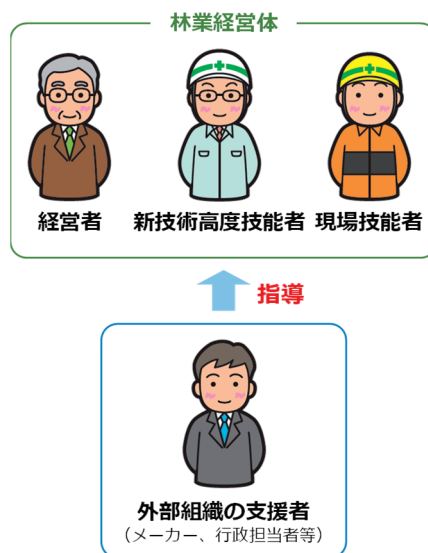
このように、新技術を導入する際には、これから新しく変えるべきことと残すべきことを整理するなどしながら、見直しの方向性を決めておくことにより、メリハリの利いた改善が期待されます。

## Point !

外部組織との研修会を開くことで、新技術を活用する際の疑問を解消

メーカーや行政担当者等の外部組織の支援者による、組織全体向けの研修会等の機会を設けることで、組織内の新技術活用への醸成を高めます。外部組織との研修会は、現場技能者から現場の声を直接、支援者に伝えることができるため、新技術を活用することになる現場技能者の疑問解消が期待できます。

また、組織全体で新技術への理解を深めることは、組織内の新技術の定着につながります。これにより、新技術高度技能者は、普及に向けた取組みに伴う負担が軽減され、森林施業プランナー等との連携や施業の高度化といった本来の役割を發揮できるようになります。



## Point !

組織内での研修会を開くことで、新技術の活用に向けた理解を醸成

現場技能者には、それぞれの役割に応じた作業を進めながら、新技術を活用して、各作業を効率化・高度化することが求められます。

このとき、組織内で一律に技術の習得を図るのではなく、新技術高度技能者に役割を分担して、研修会を開くことが効果的です。新技術高度技能者は、新技術を使いこなすため、必要に応じデジタル機器の使い方等を習得し、このデジタルに詳しい新技術高度技能者が中心となって研修会を開きます。これにより、新技術高度技能者の一層の技能向上と組織内の理解が進みます\*6。



\*6 日本森林技術協会・住友林業(2023)「スマート林業実践マニュアル総集編 (令和4年度スマート林業構築普及展開事業)」5-6ページ,林野庁.[https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/attach/pdf/smart\\_forestry-1.pdf](https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/attach/pdf/smart_forestry-1.pdf)

イ 導入・検証

**Point !**

中長期的な視点を持ち「現場に活かす」という姿勢が、新技術の普及を促進

新技術を導入すると、今までの森林作業システムを変えることになるため、最初のうちは手間やコストがかかります。しかし、新しい森林作業システムを変える目的や必要性を理解した上で、実際に新技術を導入して使い続けた結果、生産性や安全性の向上といった効果を感じられるようになると新技術は組織内に定着します。

このため、現場に定着するところまでを見据えて、中長期的な視点を持ち「現場に活かす」という前向きな姿勢で活用していくことが新技術の普及を促進します。

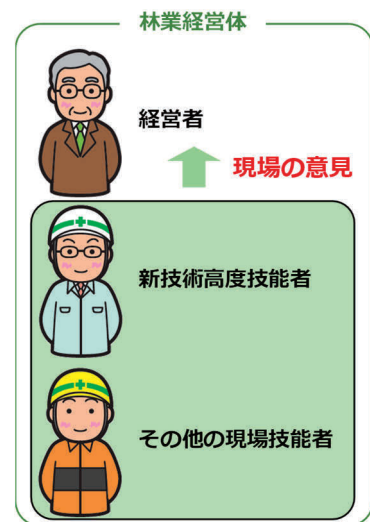
**Point !**

実際に使用した感想等の現場の意見を共有して、新技術の導入結果を検証

新技術高度技能者は、木材生産現場で新技術を使いこなし、施業の高度化を図る中で、その他の現場技能者とともに実際に使用した感想等の現場の意見を経営者に伝えて組織内で共有します。

実際に新技術を活用して木材生産を行った効果として、労働生産性や利益等の数値から把握するだけでなく、現場からの意見が参考になります。現場の意見を聞きながら、新技術のフル活用に向けた課題を整理して、次の現場で活用する際の解決策を検討していくことが重要です。

このように、現場の意見は、当初の導入した目的が達成されたか、森林作業システムの改善につながっているかを検証する際に重要な手掛かりとなります。



**Point !**

成功体験を得ることの繰り返しが、継続的に使い続ける上で重要

人は困難であるものの達成可能な目標を立て、それを達成していくことでモチベーションの向上につながると言われています。このため、新技術を継続的に使い続けるには、成功体験を得ることの繰り返しにより、試行錯誤をしながら検証を進めることが重要です。

ただし、成功とはその時のニーズに的確に応えた結果であって、いつも同じようにはいかないため、ニーズに合わなくなった古い成功体験は捨てる勇気を持つことも必要です。

# 木材生産現場における 新技術導入の取組み

## 3-1 デジタル管理に期待すること

### (1) 計画から出材までの適切な管理

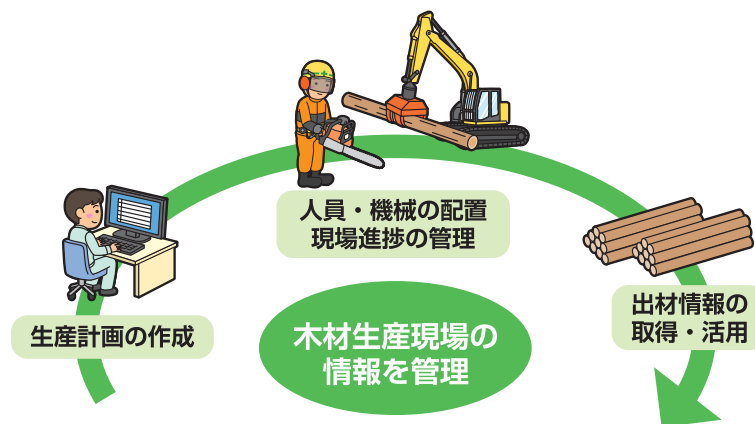
#### Point !

現場の一連の作業をデジタル化することで、効率的な木材生産に向けた管理が可能

今後、森林資源情報や木材生産情報のデータを正確かつ円滑に取得することができるようになると、木材生産の計画から出材までの木材生産現場の一連の作業のデジタル管理が可能になると期待されます。

これまでの記憶に頼る資源・境界情報をデジタル化することで、人手と手間を無駄にかけなくても森林を管理・利用することができるようになり、効率的な生産計画の作成が可能となります\*1。

また、計画から出材までの木材生産現場の情報を管理することで、現場の進捗管理が円滑になり人員配置の最適化や保有機械の稼働率向上につながるだけでなく、組織内のPDCA<sup>[8]</sup>サイクルに活用できるほか、外部組織との木材 SCM<sup>[9]</sup>の構築が促進されます。



出典：林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」4ページ，  
林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf> より引用し一部改変

\*1 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」4ページ，  
林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>

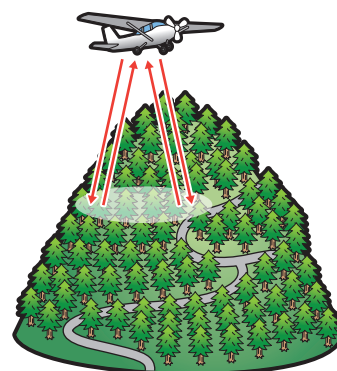
**Point !**

正確な森林資源情報の取得により、現状に即した計画を立てることが可能

木材生産の計画においては、今後、正確な森林資源情報を取得できるようになると、現場の状況が円滑に把握できるようになり、森林所有者への施業提案が効率化され、現状に即した木材生産の計画を立てることが可能になると期待されます\*2。

例えば、現場の森林資源量を把握するためのプロット調査では、レーザ計測から得られる点群データの活用により高度化し、電子輪尺の使用により省力化します。

さらに、今後、立木1本ごとの樹高や位置等の情報を取得できるようになると、プロット単位だけではなく作業範囲全体を網羅する森林資源量の把握が可能となります。

**Point !**

現場の状況を作業と同時進行で把握することにより、適切な生産管理が可能

木材生産の管理においては、今後、現場での各作業工程の作業量や機械の稼働状況を作業と同時進行で把握することができるようになると、現場ごとや作業工程ごとの生産管理が可能になると期待されます\*3。

「いつ・どこで・どれくらい」の作業をしているという情報が作業と同時進行で分かるようになると、作業工程間の連携の強化や効率的な機械の回送、機械の定期的なメンテナンス、故障時の迅速な修理等といった適切な生産管理につながります。



\*2 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」4ページ, 林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>

\*3 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」4ページ, 林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>



## Point !

信頼性の高い出材情報の取得により、商取引等への活用が促進

出材情報の活用においては、今後、外部組織と共有するために、精度の高い信頼できるデータとして取得できるようになると、川下との木材需給のマッチング<sup>[15]</sup>が可能になると期待されます\*4。

土場にある丸太の在庫量やトラックの積載量等から得られる出材情報を、誰が取得しても同じデータとして記録することができれば、信頼できる情報として商取引等への活用が促進されます。

## (2) 生産性の向上

### Point !

現場の条件に適した林業機械の導入により、施業の効率化・省力化を実現

各作業工程において、現場の条件に適した林業機械を選定して導入することで、施業の効率化・省力化を可能とすることが期待されます\*5。

今後、木材生産現場をデジタル管理して森林作業システムのボトルネック<sup>[14]</sup>や課題を「見える化」できるようになると、その課題の解決に向けて、新技術の林業機械を導入するなどの改善を図ることにより、木材生産現場の生産性と安全性の向上が促進されます。



\*4 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』114 ページ

\*5 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム (令和4年7月アップデート版)」4 ページ, 林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>

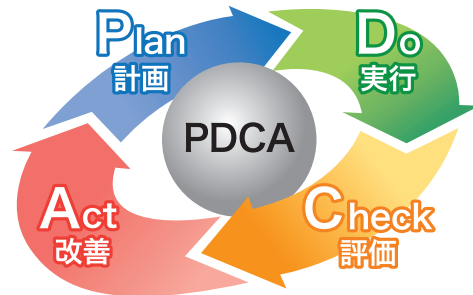
**Point !**

作業実績等の情報を取得して、PDCA サイクルに活用

施業後の評価において、今後、機械や人の作業実績等の情報が円滑に取得できるようになると、効率的に PDCA<sup>[8]</sup>サイクルを確立させることが可能となり、改善案を練ることで、生産性の向上につながることを期待されます\*6。

PDCA サイクルによって、計画段階で検討した目標値と実績値を比較して評価することで、次の作業へと反映させることができます。

このため、データの収集・集計作業を効率化して、集計・分析結果をグラフ化するなどにより、森林作業システムのボトルネック<sup>[14]</sup>や課題を「見える化」して組織内で「共有」していくことが重要です。今後、機械を使用して作業している中で必要なデータが収集できるなど、データ収集の自動化が期待されます。

**Point !**

森林作業システムを標準化して、保有機械をフル活用できる状態を維持

PDCA サイクルにより改善を図った後に、一度改善したものが後戻りしないよう歯止めをするために標準化を行うことが重要です。

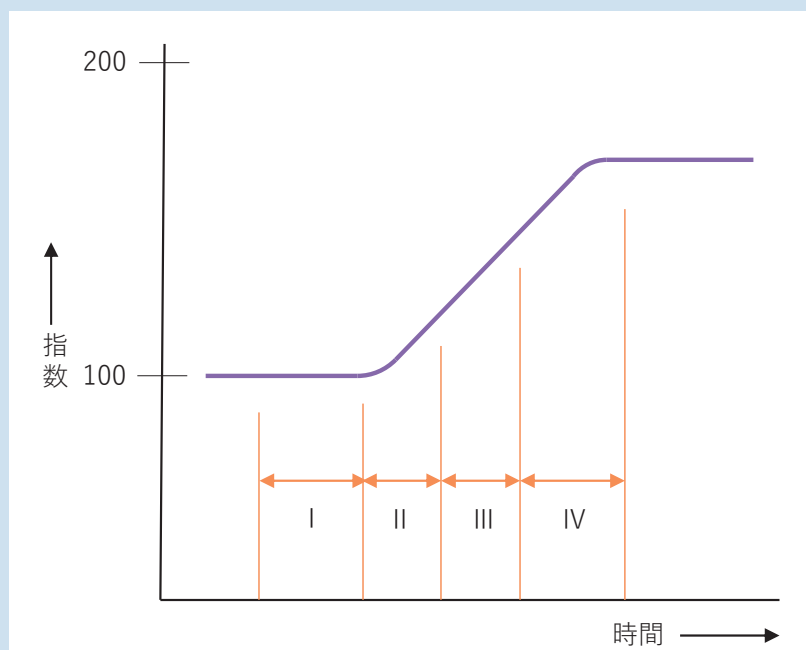
例えば、組織内の保有機械を活用して PDCA サイクルを回していくと、最初のうちは生産性が向上するものの、繰り返すうちにやがて頭打ちになり、それが保有機械をフル活用できている状態だと言えます。そして、その状態を維持するためには、組織内で効果的に使用するためのマニュアルやチェックリストを作成するなどして標準化を行うことで、組織内の森林作業システムは改善したままの状態に定着し、現場技能者が変わっても生産性を落とさずに作業を続けることが期待できます。

そして、また別の問題が見つければ、対策を講じた上で、保有機械のフル活用に向けて再び PDCA サイクルを回して改善を図ります。このように、PDCA サイクルと標準化を繰り返すことは、組織の発展にもつながります。

\*6 日本森林技術協会・住友林業(2021)「令和2年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」31 - 33 ページ、日本森林技術協会。  
[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanri-hyoujunka/0\\_R2\\_ICTseisanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanri-hyoujunka/0_R2_ICTseisanrihyoujunka_report.pdf)

## 不連続性進化の法則

サムセット教授はノルウェーで1945年から1965年までの20年間の統計数字を検討して、労働生産性を示す曲線を求めました。作業法の移り変わりを詳細に見ると、ある時点を境として不連続な段階的な跳ね上がりを示すという傾向があることが分かりました。この傾向はノルウェーのみでなく、他の諸国においても同様の類型的な傾向が見られ、サムセット教授は「不連続性進化の法則」と命名しました。<sup>\*7</sup>



出典：加藤誠平(1967)「サムセット教授の「不連続性進化の法則」についての解説（後）」より引用して一部改変

### 第Ⅰ段階（経済圧迫期）

従来の作業を継続していると、物価上昇等で原価が高まり経済が圧迫される。

### 第Ⅱ段階（新技術開発期）

対策として新技術が開発されるが、生産性はまだまだあまり向上しない。

### 第Ⅲ段階（新技術導入期）

実証により有利性が認められると一般に普及し始める。

### 第Ⅳ段階（安定期）

全面的に実用化され、改善・改良により進歩を続けるが、やがて頭打ちとなる。

\*7 加藤誠平(1967)「サムセット教授の「不連続性進化の法則」についての解説（後）」1-11 ページ,機械化林業 162 号

## (3) 事務作業における業務量の平準化

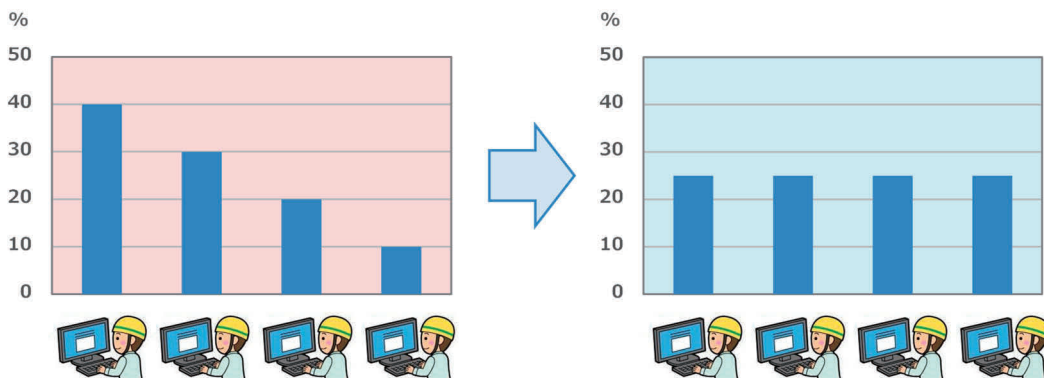
**Point !**

特定の担当者の負担が偏らないようにして、年間の事業量を増やしていくことが重要

事業地の集約化に関するプランナー業務や作業前の見積書の作成等といった事務作業では、これまで一部の人が記憶や経験を頼りに行っていた作業内容をデジタル化することで、多くの人が作業内容を共有することができるようになると、特定の人ばかりに負担がかからないようになり、業務量の平準化が期待されます。

業務量の平準化とは、業務量が特定の担当者や時期に偏らないように均一にする取組みのことです。1つの業務だけでなく、多くの業務をこなせるように工夫して、年間の事業量を増やしていくことが、安定した林業経営をしていく上で重要になります。

例えば、表計算ソフト等を用いて集計作業を自動で行えるようにし、集計結果にもとづいた判断基準をあらかじめ整理して決めておくことで、データを収集するだけで、誰でもある一定の水準で判断することが可能となるため、特定の担当者の負担が偏らないようにできます。

**Point !**

木材生産現場では、専門とする者同士でお互いに補い合って協力していくことが重要

業務量の平準化は、業務を効率化させるための考え方のひとつですが、全ての業務量を均等に割り当てることはできません。特に、木材生産現場では配慮すべき点が多く、それぞれ専門とする者同士でお互いに補い合って協力していくことが重要になります。

例えば、作業計画を立てる際に行う現地踏査では、机上計画を担当するプランナーだけでなく、作業に必要なノウハウ・コツを有している専門的な現場技能者と一緒に確認することで、作業を実施する上で気を付けるべき地形や植生等に気付くことができ、効率的かつ安全な計画を立てることができます。

## 3-2 森林資源の把握に関する取組み

### (1) レーザ計測

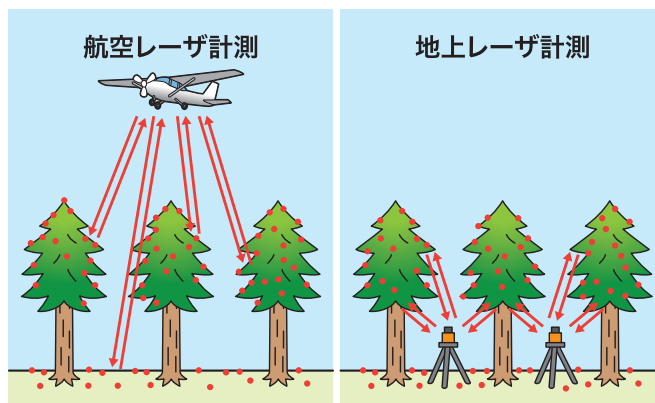
#### Point !

座標 (X,Y,Z) を持つ点のデータから、地形情報や立木の情報等を取得

レーザ計測では、照射されたレーザが地物等から反射して戻ってくるまでの時間差を計測して距離を測定することにより、3次元の座標 (X,Y,Z) を持つ点のデータとして取得されます。

この点の集まりが点群データとなり、点群データを解析することで、詳細な地形情報や立木の大きさや本数、位置等の情報を取得することが可能となります。

レーザ計測には、航空レーザ計測や地上レーザ計測、UAV<sup>[10]</sup>によるレーザ計測等があります。それぞれに特徴があり、位置情報をもとにつなぎ合わせることで、より多くの情報を活用することが可能となります。



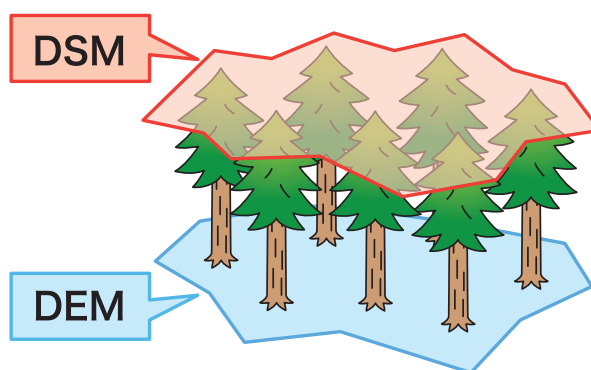
#### Point !

航空レーザ計測の結果から得られる DSM と DEM から樹高を推定

レーザ計測の結果をフィルタリング処理することで、樹木や建物等の高さを含んだ DSM<sup>[2]</sup>と地盤の高さを示す DEM<sup>[1]</sup>を取得することができます。

航空レーザ計測では、上空からレーザを照射させることから、航空レーザ計測の結果から得られる DSM と DEM の差を取ることで樹高を推定することができます。

ただし、航空レーザ計測は、現状では計測に掛かる費用が高いため、経営体が計測することは困難となりますが、近年、オープンデータ<sup>[13]</sup>として公開が進められていることから、今後は活用の機会が増えることが期待されます。



**Point !****地上レーザ計測の結果から立木の太さや形状を推定**

地上レーザ計測では、林内を一定の間隔で計測を繰り返して、施業区域を網羅的に計測することができます。

立木の太さや形状は、航空レーザ計測では樹冠に遮られて計測が困難ですが、地上レーザ計測により得られる点群データから推定することができます。

短い間隔で計測するため、同一範囲内において、航空レーザよりも多くの林内の森林資源情報を取得できます。



写真提供：一般社団法人 日本森林技術協会

**Point !****詳細な地形を把握することで、現状に即した計画を立てることが可能**

レーザ計測の結果を活用して、現状に即した計画を立てることができます。

点群データから、細密な DEM<sup>[1]</sup>を取得することで、詳細な地形を把握できるようになります。DEM は、GIS<sup>[3]</sup>の背景となるベースマップを用意する際に等高線データにして使用したり、等高線図や傾斜区分図等を作成して地形情報等を把握する際に活用することができます。

また、現状を把握する際には、いつの情報であるかということに注意する必要があります。このとき、UAV<sup>[10]</sup>によるレーザ計測では、UAV の機動性を活かすことで、常に最新の状況を把握することができるようになり、現状に応じた木材生産の計画・管理や山地災害時等の迅速な対応に活用されています。



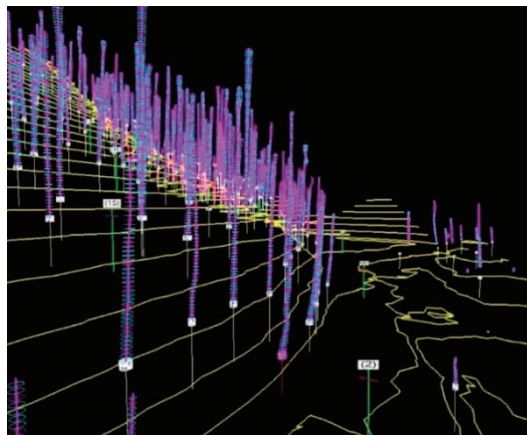
## Point !

立木の位置を特定して、単木単位での森林管理や需要に応じた木材生産を促進

今後は、立木1本ごとの森林資源情報を収集して活用することが期待できます。

航空レーザ計測では、立木1本ごとの樹高、位置等の情報を取得して、地上レーザ計測では、立木1本ごとの太さや曲がり、位置等の情報を取得することが可能です。

これにより、立木の位置を特定して、単木単位での森林管理ができるようになります。さらに、関係者とデータ共有に関する合意形成ができると、需要に応じた木材生産への活用が期待できます。



## (2) 電子輪尺

### Point !

電子輪尺の使用により、毎木調査が1人で実施可能となり入力作業も省力化

レーザ計測以外にも電子輪尺による森林調査の効率化への取組みが行われています。電子輪尺を使用することで、計測結果がデータとして蓄積されるため、野帳への入力作業を省くことができ、従来2~3人体制で行っていた毎木調査を1人で実施できるようになるほか、雨天時での調査も可能になります。

また、パソコンへの入力作業も省けるため、入力ミスを防ぐこともできます\*8。



写真提供：一般社団法人 日本森林技術協会

\*8 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』110 ページ

### 3-3 木材生産の計画に関する取組み

#### (1) GIS の活用

##### Point !

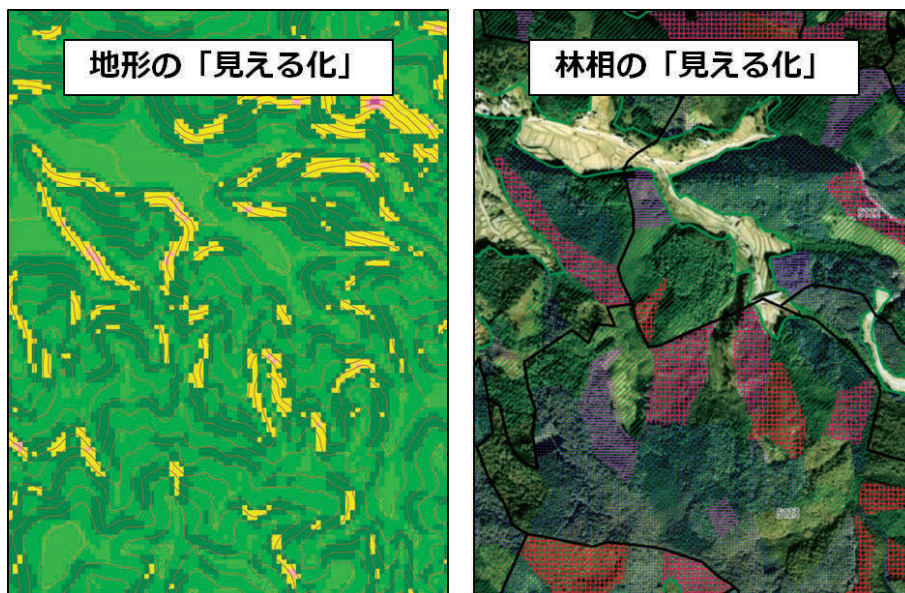
適切な判断を行う支援をしてくれるため、GIS の活用がデジタル化には必要不可欠

GIS<sup>[9]</sup>は、地理的な位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータを総合的に管理・加工して、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術です\*9。

GIS の機能には、地理情報を保管して検索や閲覧を可能とするデータベース機能と、情報を持った地図を重ね合わせ任意の範囲で分類する空間解析機能等があります。

これまで記憶や経験を頼りに行っていた現場の状況確認等の作業が、GIS 等を活用することで効率化できます。例えば、木材生産現場では、地形や林相を「見える化」することにより、施業区域の確認や作設可能な路網の把握を可能とし、効率的な作業計画を支援してくれます。

このように、GIS 等を活用して森林資源や木材生産に関するデータを閲覧・解析等することで、安全で効率的な森林作業システムを検討する際に活用できるほか、災害リスクが低く収益性が高い森林の把握や、住民参加型の森林づくりに向けた情報共有の円滑化等、様々な場面で適切な判断を行うための支援をしてくれることが期待できます。このため、今後、木材生産のデジタル化を図る上で、GIS の活用は必要不可欠になります。



出典：左図は、「基盤地図情報」（国土地理院）（<https://www.gsi.go.jp/kiban/>）をもとに作成  
右図は、「愛知県統合型地理情報システム マップあいち」（愛知県）（<https://maps.pref.aichi.jp/>）を使用して作成、背景は地理院タイル（<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>）

\*9 国土地理院(n.d.)「GIS とは…」国土地理院.<https://www.gsi.go.jp/GIS/whatisgis.html>

## Point !

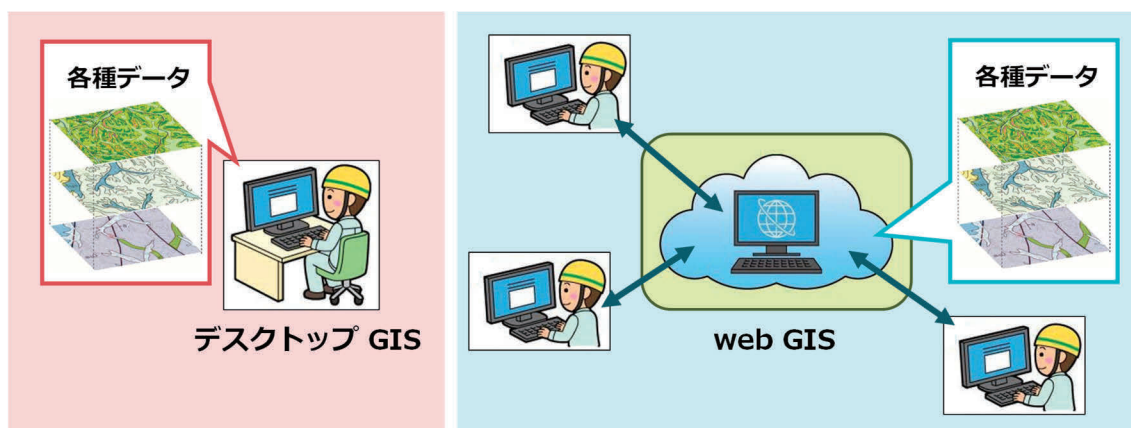
デスクトップ GIS は、データを収集して編集等することで効果的な計画作成が可能

GIS<sup>[3]</sup>を利用する形態には、デスクトップ GIS や webGIS 等があります。

デスクトップ GIS とは、個々のパソコンのデスクトップで使用する GIS となります。現在、インターネットからオープンソース<sup>[12]</sup>としてダウンロードして使用できる GIS ソフトがあり、データを収集して編集等を行う知識や技術を習得することで、効率的かつ効果的な木材生産の計画作成に活用することができます。

一方の webGIS とは、インターネット上にある web マップを使用する GIS となります。例えば、インターネット上の地形図や空中写真、特定の目的に作成された図面等の閲覧で活用されています。幅広いユーザにおいて、データ編集を必要とせず、手間をかけずに地図情報を確認することができます。

このように、GIS と言っても利用形態やできることは様々であり、特長を理解することで、目的に応じて誰でも使える便利なツールとなります。



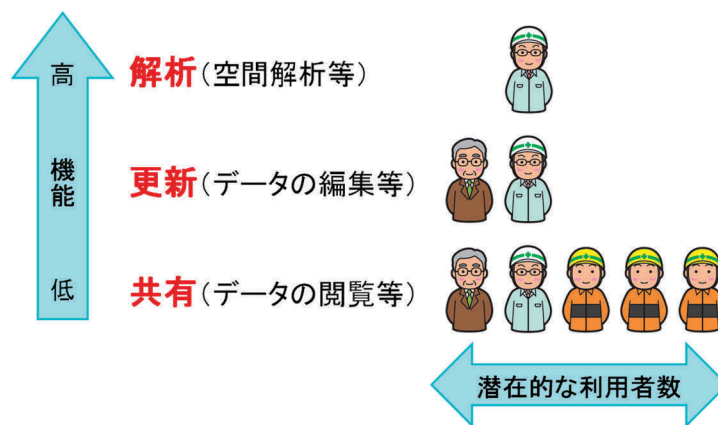
**Point !**

必要なデータを収集し閲覧しやすいように加工して、森林施業の高度化を促進

下の図は、GIS<sup>[3]</sup>の機能と潜在的な利用者数の関係を現わしているイメージ図です。

データを閲覧する利用者数が一番多く、業務の効率化を目的に利用していると言えます。データの更新や地図編集の機能を使う利用者は限定され、また、データを使って解析を行う利用者になると更に少なくなり、これらの利用者は、業務の高度化を目的にしていると言えます。

したがって、GIS を活用して作業計画等を作成する者は、他の利用者がデータを閲覧しやすいように加工することが求められます。必要に応じてデータの編集や解析を行いながら、データの「見える化」や「共有」を図ることが、業務の高度化につながります。

**Point !**

近年では、GIS の活用に便利なオープンデータを入手することが可能

近年、GIS を活用していく上で便利なデータが、手間をかけずに入手しやすくなりました。例えば、国土地理院のウェブサイトから、オープンデータ<sup>[13]</sup>の DEM<sup>[1]</sup>等の基盤地図情報をダウンロードすることができます。木材生産の計画では、DEM や DSM<sup>[2]</sup>、ポイントデータ、点群データ、オルソ化された画像等のデータを使用することになります。

今後は、レーザ計測の結果等から得られる 1m 以下のメッシュの細密な DEM をオープンデータとして入手できるようになると、詳細な地形情報等の分析が可能となり、現状に即した計画作成が期待できます。



## Point !

効果的に作業前の状況を把握するには、最新のデータが必要

現状に即した計画を立てるためには、最新のデータを使う必要があります。例えば、GIS<sup>[3]</sup>上で作業前の状況を確認する場合、作業の直前に UAV<sup>[10]</sup>を用いて空撮し、その空中写真を正射投影のオルソ画像に変換した画像データを用いることで、効果的に作業前の状況を把握することができます。

このように、GIS を活用して計画を立てる際は、最新のデータを入手することや、最新のデータに更新することが求められます。

## Point !

GIS で整理したデータをもとに、実際の現場で確認して最終判断を行うことが重要

机上計画の際に、GIS 等を活用して、事前にある程度の情報を「見える化」しておくことで、現地踏査の効率化につながります。

特に、GIS で整理したデータをタブレット等に入れておくことで、GNSS<sup>[4]</sup>により現在位置を確認しながら、現地踏査を行うことができるようになります。

机上計画の段階では、土場や路網の取付け位置等の候補地や現場で確認すべき留意点等を整理しておき、実際の現場で最終判断を行



写真提供：一般社団法人 日本森林技術協会

うことが重要になります。現地確認の際には、机上で整理した図面と実際の詳細な微地形とを比較したり、机上では把握できなかった植生等から得られる情報を読み取るなどをして、安全で生産性の高い木材生産が行えるように計画の修正を行います。

なお、現場で最終判断を行うためには、現地で修正が必要な箇所を発見し、計画の修正案を提案できる人材の育成が必要になります。

## (2) 森林クラウド

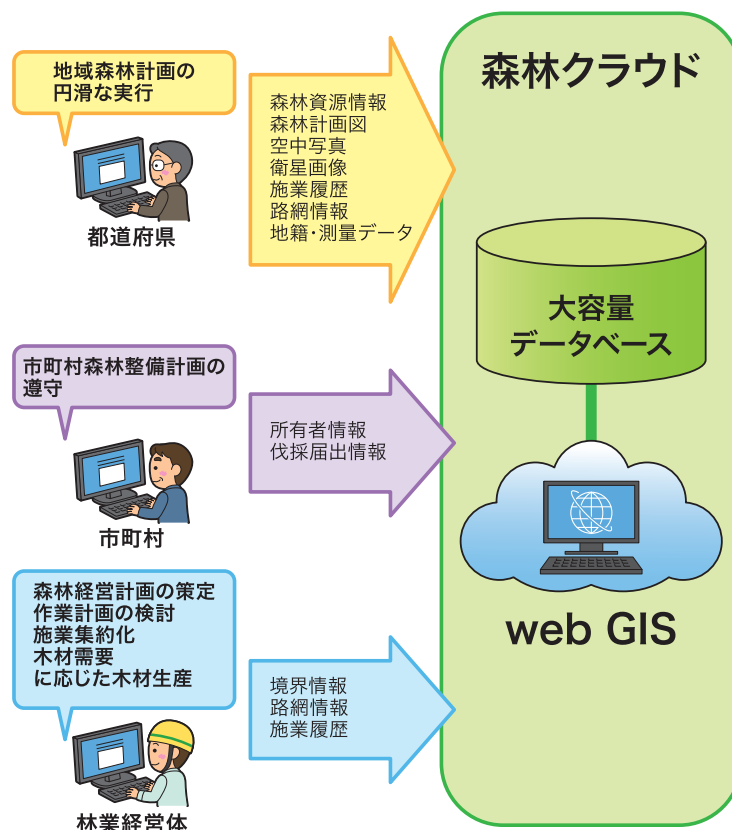
**Point !**

クラウド上で森林情報を共有し、それぞれの目的に応じて利用することが可能

施業の集約化を進めていくためには、異なる組織に所属する関係者同士が森林情報を共有できる仕組みが重要になります\*10。情報共有を円滑にするため、森林クラウドによる森林情報の共有と web GIS<sup>[3]</sup>による活用の取組みが行われています。

森林クラウドは、各ユーザ（都道府県・市町村・林業経営体等）で個別に管理をしていた森林情報を、インターネット等を経由してクラウド上で一元的に管理するシステムです。ネットワークを経由することで、利用者はどの端末からでも様々なサービスを利用することが可能となります。共同で利用するため、運用に要する経費の削減につながります。

また、森林クラウドは、GIS の機能を持ちます。クラウド上で共通のデータを web GIS で閲覧することで都道府県・市町村・林業経営体等の情報共有が容易になり、それぞれの目的に応じて活用することができます。



\*10 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』105 ページ



### 3-4 木材生産の管理に関する取組み

#### (1) 作業日報の活用

##### Point !

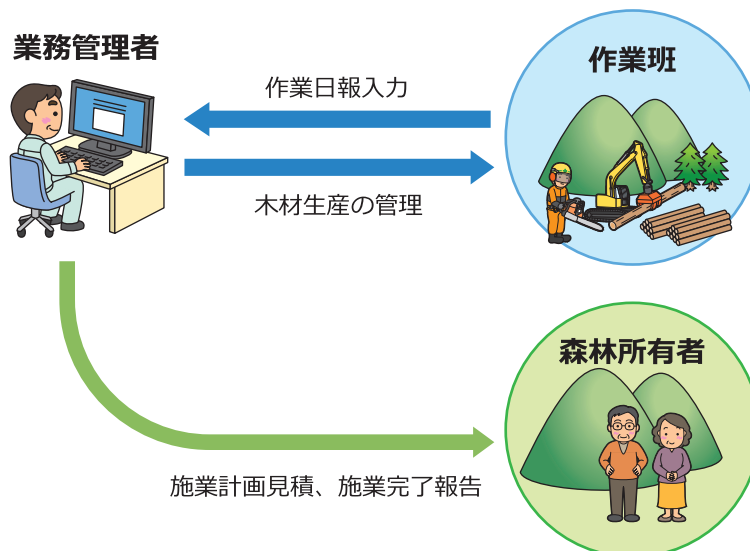
作業日報データから、適切な木材生産の管理や作業システムの改善等に活用可能

作業日報は、現場技能者ごとにその日の現場名や作業時間・内容を記録するものであり、作業結果を記録するだけの事務的なものと思われる場合が多いですが、作業日報により得られるデータは、使い方次第では、適切な木材生産の管理や森林作業システムの改善等に活用できます\*11。

組織内では、作業と同時進行で進捗状況を把握できれば、作業が遅れている場合にすぐ対応することが可能になります。また、現状の労働生産性を把握することで、森林作業システムの改善を図ることができます。さらに、どれだけ利益を出しているのか、どれだけ技能が向上しているのかを把握することで、現場技能者のモチベーションの向上にもつながります。

また、関係者に根拠のあるデータとして提示する説明資料として使うこともできます。例えば、森林所有者から施業を受託する際に必要な見積書や報告書の作成に活用できます。作業前で見積書では、以前の作業日報から得られる過去の実績値を参考にし、現実に近い見積プランが作成でき、作業後の報告書では、当初と実績値の比較を示すことができます。

このように、作業日報データを分析することで、様々なことに活用することができます。



\*11 林野庁(2018)「生産性向上ガイドブック」15 ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/torikumi-11.pdf>

**Point !**

日報管理アプリの使用により、パソコンへの入力作業を省力化

日報管理アプリとは、「生産性の把握や労務管理を目的として、人または機械等の作業内容と、それに付随する情報を、デジタルデータとして記録・集計・分析・保存するアプリ」を言います\*12。



業務管理者は、アプリに保存された情報をパソコンに出力するだけとなり、紙面の作業日報をパソコンに入力する手間が省けます。

また、日報管理アプリに限らず、クラウドサービスを活用することで、作業日報データ等を業務管理者に送信できます。通信環境が整備されている場所であれば、作業状況を即時に報告することが可能となり、作業の遅れ等にも迅速に対応することが可能になります。

**Point !**

表計算ソフト等を用いて集計し、生産性やコスト等の分析を行うことが可能

現在、一般的に普及している日報管理アプリは、作業内容に関する情報を記録・保存する機能のみとなり、業務管理者は表計算ソフト等を用いて集計・分析する必要があります。

このとき、経営体により保有機械や作業班の人数等の作業条件が様々で、地域により地形や地質等の自然条件が異なることから、必要な分析の仕方も様々であると考えられます。

このため、まずは組織内で目的を明確にし、分析に必要な情報を事前に整理して、入力する項目や形式を決めた上で、業務管理者と現場技能者の間で必要となる作業を共有することが重要です。これにより、日報管理アプリ等を活用しながら、分析に必要な情報を収集することが可能となり、生産性やコスト等の分析ができるようになります。

したがって、既に作業日報等を用いて分析を行う経営体であれば、収集する際に必要な情報を把握しているため、日報管理アプリの導入効果も高くなると考えられます\*13。

\*12 日本森林技術協会・住友林業(2022)「ICT 林業生産管理システム標準仕様書 (アプリ編) Ver. 1」8 ページ、日本森林技術協会。

[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/1\\_R3\\_ICTseisanakanri\\_hyoujunsiyousho\\_app.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/1_R3_ICTseisanakanri_hyoujunsiyousho_app.pdf)

\*13 日本森林技術協会・住友林業(2022)「令和3年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」36 ページ、日本森林技術協会。

[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/0\\_R3\\_ICTseisanakanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/0_R3_ICTseisanakanrihyoujunka_report.pdf)

## (2) 機械管理のデータ活用

### Point !

機械管理から得られるデータと作業日報データを組み合わせて、効果的な分析を実施

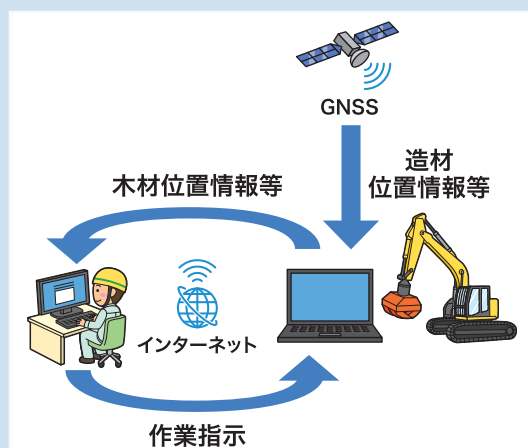
作業日報だけではなく、機械の燃料の使用量や運搬回数等、機械管理の際に得られるデータを活用することで、作業日報等のデータを分析する際に参考になります。

作業日報では人工数を把握し、機械管理のデータでは機械の稼働時間・稼働日数等を把握します。そして、これらを組み合わせることで、作業と同時進行に現時点での各作業工程の生産性・コストを推定することができます。

### IoT 林業機械

IoT<sup>[7]</sup>は、「モノ」をインターネットに接続する技術です。通信機能を保有しているため、情報をインターネット経由で送受信することができます。

IoT 林業機械を使用することで、人の手間や時間をかけずに木材生産情報を円滑に取得することを可能とします。IoT 林業機械から得られるGNSS<sup>[4]</sup>による位置情報や稼働時間のような木材生産に関する情報等は、進捗管理や生産性分析、機械メンテナンス等といった、適切な生産管理への活用が期待できます。



## (3) ICTハーベスタ

**Point !**

木材生産情報を蓄積する機能により、手作業でのデータ入力を省力化

ICT ハーベスタには、造材作業をしながら丸太の直径・材長・本数等の木材生産情報を蓄積する機能があります。蓄積したデータは出力可能であるため、手作業でデータを入力することなく、造材のデータを収集することが可能となります。

収集した木材生産情報の活用事例として、2台のタブレット等を使用してハーベスタとフォワーダとの間でデータを共有することにより、作業工程間の連携を高めることが挙げられます。ただし、タブレット等を使ってデータを共有するには、データを送受信するための通信環境を確保する必要があります<sup>\*14</sup>。

さらに、今後は、直径・材長等の木材生産情報を製材工場等と共有することができるようになると、円滑な木材需給のマッチング<sup>[15]</sup>が期待できます。

**Point !**

採材プランの選択により自動で玉切りが行われ、作業負担が軽減

ICT ハーベスタには、需要に応じた木材生産に向けて採材プランを機械が提案する最適採材機能（バリューバックキング機能）があります。内蔵されたコンピュータが、高精度の「細り予測」から、丸太1本が最大の価値となるように、採材プランを立ててくれます。

オペレータは樹種や曲がりを目視で判断しながらモニタに表示された採材プランを選択することで、自動で玉切りが行われます。このため、オペレータは価格表等を気にする必要がなくなり作業負担の軽減につながるほか、経験の少ないオペレータでもモニタを確認することで熟練技能者のような最適な採材ができるようになります。



出典：日立建機日本(2018)「ティエラプラスNo.125 特集 林業ビジネス活性化のカギ」日立建機日本。  
<https://japan.hitachi-kenki.co.jp/files/4106-TIERRA+125.pdf> より引用

\*14 柴田産業・住友林業・岩手大学農学部(2023)「ICTを活用したCTLシステムによる垂直統合型経営モデルの構築事業成果報告書」17ページ,林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-64.pdf>

## Point !

定期的にキャリブレーション（較正）を行い、高い測尺精度を担保

ICT ハーベスタが玉切りの際に行う測尺の誤差を減らし、高い測尺精度を担保するには、定期的に造材した丸太の直径や長さを電子輪尺等で計測して調整するキャリブレーション（較正）という作業が必要です\*15。

キャリブレーション（較正）の手順として、まずはハーベスタで測尺をします。その後、電子輪尺により計測を行います。電子輪尺に蓄積した計測結果は、ハーベスタ内のモニタに直接つなげてその場で転送します。最後に、ハーベスタの測尺結果と電子輪尺の計測結果を比較して修正を行います。

キャリブレーション（較正）を実施する際は、電子輪尺等の計測結果が正しい数値となるように、計測器具を正しく取り扱うことに注意する必要があります。



写真提供：株式会社 守岡林産

\*15 日本森林技術協会・住友林業(2021)「令和2年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」48 ページ、  
日本森林技術協会。  
[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/0\\_R2 ICTseisankanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/0_R2 ICTseisankanrihyoujunka_report.pdf)



**Point !**

事前に組織内で作業指示書を用意して、無駄のない木材生産を実施することが重要

今後、製材所等に直送する機会が増えて造材の区分が複雑になると、事前に組織内で作業指示書を用意しておくことが重要になります\*16。同じ径級で異なる材長の注文があった場合、どちらを優先するかオペレータが迷わないようにするための判断基準が必要です。

このとき、ICT ハーベスタには、指定した数量以上は生産しないように制限する機能（リミテーション機能）があり、最適採材機能と組み合わせて価格や需要に応じた生産指示をしておくことで、無駄のない木材生産が可能となり、作業指示書に沿った造材作業が効率化されます。

**Point !**

カラーマーキング機能により、見分けやすさが向上して効率的な仕分けが可能

指定した材長・径級に対して、造材作業と同時に木口にスプレーで色付けする機能（カラーマーキング機能）により、効率的に仕分けができます。使用できるスプレーには限りがあるため、例えば、赤と青の2色の場合、「赤」・「青」・「赤+青」・「色無し」の4種類の仕分けに限定されます。

カラーマーキング機能の活用事例として、導入前にチョーク等で印を付けている場合には時間の短縮になる\*17ほか、フォワーダに仕分けをしながら積み込み作業をする際に見分けやすさが向上します\*18。



写真提供：株式会社 柴田産業

\*16 日本森林技術協会・住友林業(2021)「令和2年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」19 ページ、日本森林技術協会。

[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/0\\_R2\\_ICTseisanakanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/0_R2_ICTseisanakanrihyoujunka_report.pdf)

\*17 白鳥林工協業組合・中江産業・岐阜県立森林文化アカデミー・岐阜県郡上農林事務所(2023)「最新式集材機と ICT ハーベスタ等を核とした主伐・再造林システム実証・普及事業 事業成果報告書」13 ページ、林野庁。<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-66.pdf>

\*18 柴田産業・住友林業・岩手大学農学部(2023)「ICTを活用した CTL システムによる垂直統合型経営モデルの構築 事業成果報告書」19 ページ、林野庁。<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-64.pdf>



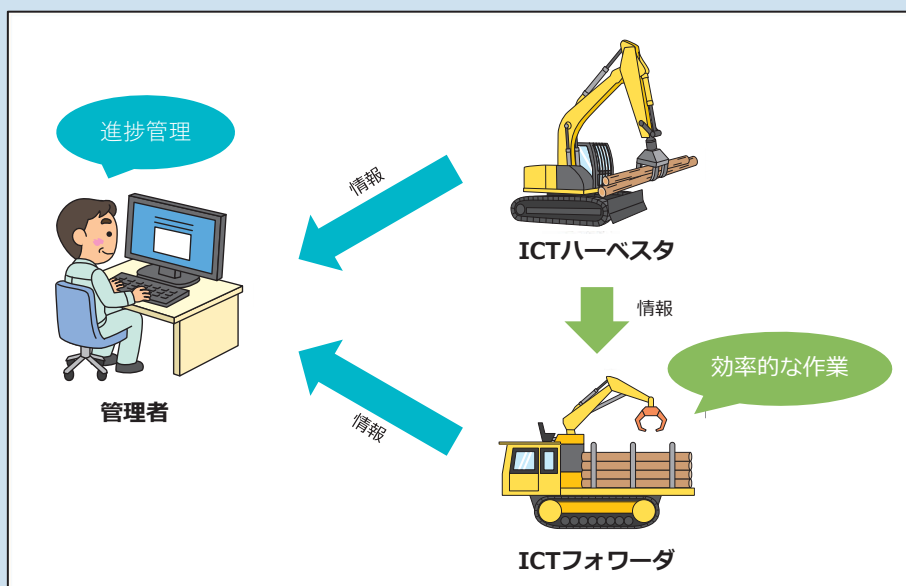
## 木材生産のモニタリングシステム

モニタリングシステムは、走行機械の軌跡や造材情報といった様々な情報を地図上に表示させることで、作業状況を把握できるシステムです。

北欧では、ハーベスタとフォワーダがそれぞれ単独で行う作業システムが一般的であり、この作業システムを効率的に運用するために、ハーベスタとフォワーダの間で造材情報、位置情報、作業の進捗状況等をモニタリングシステムで確認しています。これにより、フォワーダのオペレータは、ハーベスタからのデータを有効活用しながら効率的に集材することができます。また、管理者は、作業と同時進行でハーベスタとフォワーダの進捗管理が可能となるため、出材量等が把握しやすくなります。

今後、人手や時間をかけずに位置情報や作業の進捗状況等のデータを収集できるICTハーベスタとICTフォワーダの導入が進めば、このようなモニタリングシステムにより、効率的な木材生産の運用が期待できます。

なお、北欧でのモニタリングシステムで使われるデータは、形式等が標準化されたデータであることから、組織内の活用だけでなく外部組織とのやりとりにも使用されています<sup>\*19</sup>。



\*19 日本森林技術協会・住友林業(2021)「令和2年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」5 ページ、日本森林技術協会。  
[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/0\\_R2\\_ICTseisanakanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/0_R2_ICTseisanakanrihyoujunka_report.pdf)

## (4) 検知アプリ

**Point !**

検知アプリの使用により、1人で計測を行うことが可能となり入力作業も省力化

検知アプリとは、「取引や在庫管理に用いる数量の把握を目的として、定められた検知方法により、原木の数量とそれに付随する情報をデジタルデータとして記録・集計・分析・保存するアプリ」を言います\*20。

通常の手検知では、2人1組となり1人が計測を行いもう1人が野帳等に記入する作業を行います。検知アプリを使うことで、1人での検知が可能となるほか、現場での野帳への入力時のミスが無くなり、野帳からパソコンに再入力する手間も不要となります。

現在、検知アプリには、従来通りに作業者が手検知したものをタップ入力や音声入力で支援するアプリと、タブレット端末で撮影した画像から写真検知で自動入力するアプリ等があります。

なお、JAS規格（末口二乗法）に則った検知を行うためには、末口の樹皮を除いた最小径を計測する必要があります。

**Point !**

タップ入力等により、すぐに現場で検知したデータを記録・保存

タップ入力等で手検知を支援するアプリは、土場で測定した直径の数値を丸太の木口にチョーク等で記入する時や、トラック積載時に測定した数値を記録する時等、現場で検知した数値をすぐに記録・保存して進捗管理を行う場合に有効です。

計測方法は、従来通り定規等を用いた手検知となり、目視で判断することになります\*21。



\*20 日本森林技術協会・住友林業(2022)「ICT 林業生産管理システム標準仕様書（アプリ編）Ver. 1」8ページ，日本森林技術協会。

[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/1\\_R3\\_ICTseisankanri\\_hyoujunsiyousho\\_app.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/1_R3_ICTseisankanri_hyoujunsiyousho_app.pdf)

\*21 日本森林技術協会・住友林業(2022)「令和3年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」66ページ，日本森林技術協会。

[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/0\\_R3\\_ICTseisankanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/0_R3_ICTseisankanrihyoujunka_report.pdf)

## Point !

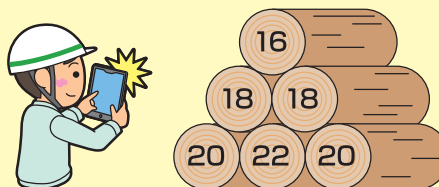
写真検知は、トラック等の積載量を把握して配車計画を立てる場合等に有効

写真検知のアプリは、事務所で効率的な配車計画を立てる際、フォワーダやトラックの積載量に応じた必要な往復回数を把握する場合等に有効です\*22。

写真検知は、取り込まれた画像から丸太を認識させた後に、基準となる丸太の径級を入力することで、全ての丸太に相対的な値を割り当て、直径・本数等を計測しています。JAS規格に準拠したデータを作成するためには、材積を1本ずつ末口二乗法で算出する設定を行った上で、許容される誤差の範囲に収まる精度を満たすことが求められます\*23。

また、写真検知では、丸太の木口の外周から面積を算出することができ、木口の総面積に長さを掛けることで、層積計算方式の検知データを取得することができます。

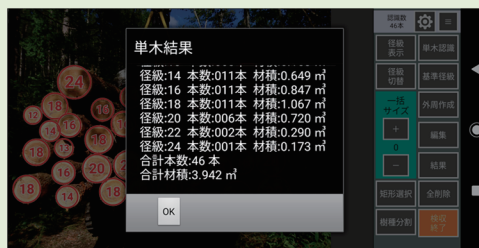
### 写真検知(自動入力)



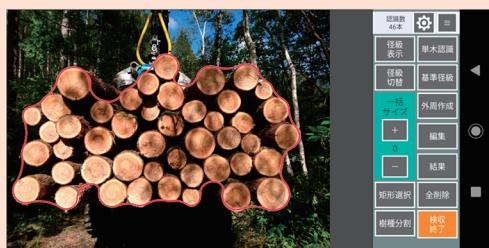
#### ■ 単木認識 (写真認識結果)



#### ■ 単木認識 (本数・材積確認)



#### ■ 層積計算 (外周作成)



#### ■ 層積計算 (材積確認)



写真提供：株式会社 ジツタ

\*22 日本森林技術協会・住友林業(2022)「令和3年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」16 - 17 ページ、日本森林技術協会。

[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanri-hyoujunka/0\\_R3\\_ICTseisanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanri-hyoujunka/0_R3_ICTseisanrihyoujunka_report.pdf)

\*23 日本森林技術協会・住友林業(2022)「令和3年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」66 ページ、日本森林技術協会。

[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanri-hyoujunka/0\\_R3\\_ICTseisanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanri-hyoujunka/0_R3_ICTseisanrihyoujunka_report.pdf)

### 合理的な運材計画

木材を無駄なく出材するためには、「どのような製品を生産し、どこに納品するか」といった合理的な運材計画を立てることが重要になります。

例えば、立木1本の売り上げの最大化を図るため、素材生産者が土場で仕分けをして製材所等へ直送する方法があります。この方法は、経費の削減につながり、今後、ICTハーベスタ等から取得したデータを、納品先と共有することで、土場での仕分けと運材の効率化が期待されます。

このほか、山での作業の手間を少なくするため、山から全ての丸太を製材所や市場等に納入して機械選別等により仕分けを行う方法があります。この方法は、土場で細かく採材する必要が無い場合に有効であり、山での仕分け作業を省き、出材量の増加が見込めます。

このように、「どのような製品を生産し、どこに納品するか」といった運材計画をもとに、機械化やトラックの配車、ストックヤードの整備等を進めることが、適切な森林作業システムの構築につながります<sup>\*24</sup>。



ストックヤードでの機械選別による仕分け

写真提供：一般社団法人 日本森林技術協会

\*24 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』44 ページ

## 3-5 現場の条件に適した林業機械の導入

### (1) 林業機械の遠隔操作

#### Point!

安全な場所から遠隔操作をすることで、現場での重大事故を未然に防止

今後、運転席に搭乗せずに遠隔操作が可能な林業機械を活用することで、過酷な場所に立ち入らず安全な場所からの作業の実施が期待できます。

また、人と機械の距離をおくことで、現場の重大事故の発生を未然に防止することにつながります。

なお、遠隔操作の中には、オペレータが他の場所から機械に搭載された高画質カメラからの映像情報をモニタ等で確認しながら操作するものがあります。このとき、オペレータには、必要な映像情報を読み取り適切な操作の判断を行うため、現場作業に関する基礎知識が求められます。

#### 多目的機械の遠隔操作



写真提供：松本システムエンジニアリング 株式会社

林内に進入し、伐倒から造材、集材、小運搬の一連の作業を遠隔操作で行う多目的機械の開発・改良等が進められています。ハーベスタや丸太を吊り上げて掴むグラップルを搭載しています。

車体やアタッチメント部等にカメラを装着して、専用グラス（眼鏡）をかけ、その場にいるような感覚で離れた場所から操作が可能です\*25。

#### 林内運搬車の遠隔操作



写真提供：株式会社 諸岡

遠隔操作が可能な林内運搬車の開発・改良等が進められています。

遠隔操作をすることで、林内運搬車への丸太の積み込み作業を1人で行う際に、林内運搬車とグラップルを何度も乗り降りせずに済むため、オペレータの負担を軽減して、安全性の向上と作業効率の改善が期待できます\*26。

\*25 日本林業調査会(2022)「機械メーカーとタッグを組み無人化林業へ、久大林産」『林政ニュース』第690号

\*26 農村ニュース(2023)「天竜林業技術者協会 遠隔操作フォワード検討会」国際農業社。

<https://www.nouson-n.com/media/2023/01/31/8521>



## (2) 集材機による省人化

**Point !**

グラップル搬器と油圧集材機により、安全な場所から2人体制での架線集材が可能

集材機を使用した3胴式エンドレスタイラー方式は、横取り範囲が広く、急峻な地形での皆伐に適した架線集材の索張り方式です。1回の架設で大量の材を搬出することができるため、広い面積の皆伐等に適しています\*27。しかし、先山での荷掛け作業は、移動・荷掛け・退避を繰り返すことにより重労働になります。

そこで、グラップル搬器を用いて、先山での荷掛け作業をリモコン操作して行う方法があります。この方法は、グラップル搬器を動かして丸太を掴んで集材します。これにより、荷掛けを行う者は、危険な場所に立ち入らず安全な場所で作業が可能になります。

そして、グラップル搬器と油圧集材機と組み合わせたシステムでは、土場付近で機械造材と併せて行う者と先山で荷掛けを行う者と2人体制での集材・造材作業が可能となり省人化につながります。それぞれリモコンを1個ずつ持ち、操作する担当を交代しながら、グラップル搬器を動かします。

**グラップル搬器のリモコン操作**

写真提供：高知県立森林技術センター

無線でグラップルを操作して、荷掛け作業や荷おろし作業を安全に行うことができます。

リモコンによる操作は、2～3日で習得可能と言われています。

しかし、先山での荷掛けは、引戻索の動き等に気を付ける必要があるため、先山での遠隔操作では荷掛けに関する知識や経験が必要です。

**油圧集材機のリモコン操作**

写真提供：イワフジ工業 株式会社

3胴式エンドレスタイラー方式に対応した油圧制御の集材機は、複数のドラムが連動して滑らかに動きます。

集材機の運転手は運転のために張り付く必要がなくなり、他の作業との連携しやすくなります。

操作をしていない時は、ドラムが停止するような安全な仕様が備わっています。

\*27 林野庁(2015)『高度架線技能者技術マニュアル2014』70-74ページ



### (3) タワーヤーダによる省人化

#### Point !

タワーヤーダは架設がはやく、2人体制で移動しながらの安全な架線集材が可能

複雑な地形や地質等を有する奥地の森林では、高密度の路網整備は困難となりますが、集材距離が 100～500m 程度となるタワーヤーダ等の架線系集材システムにより木材生産を行うことができます。タワーヤーダは、集材機と比較して架設がはやく、移動しながら張り替えを繰り返す機動性の高い架線集材が可能であり、皆伐だけでなく、列状間伐や択伐にも使用できます<sup>\*28</sup>。

タワーヤーダの一般的な動力伝達装置は油圧式であり、油圧を電子制御で調整しながらドラムを動かすため、リモコン操作が可能となり、運転操作が容易となります<sup>\*29</sup>。

そして、木材生産現場では、先山の荷掛けを行う者と土場の造材作業との 2 人体制により、安全な場所から搬器をリモコン操作しながら集材を行うことができます。

#### 集材作業のリモコン操作



写真提供：前田商行 株式会社

搬器は、土場の荷おろし場所や先山の荷掛け場所等を設定することにより、自動で走行・停止させることができます。

中間サポート位置を設定することにより、通過時に減速させる半自動運転が可能となります。

なお、電波が届かない場合、アンテナの延長や中継装置の導入を検討する必要があります<sup>\*30</sup>。

#### 架設・撤収作業のリモコン操作



写真提供：株式会社 森淵林業

作業索がすべてタワーヤーダ内部に収納され、架設から撤収まで遠隔操作ができるため、安全な場所での作業が可能です。

架設 1 日程度、張り替え数時間、撤収半日程度でできると言われています。さらに、自走式のタワーヤーダは、けん引する必要がなく、林内路網を自走して円滑に搬入することができます。

\*28 林野庁(2017)『高度架線技能者技術マニュアル 2016 (タワーヤーダ編)』9 ページ  
\*29 林野庁(2017)『高度架線技能者技術マニュアル 2016 (タワーヤーダ編)』17 ページ  
\*30 林野庁(2017)『高度架線技能者技術マニュアル 2016 (タワーヤーダ編)』17 ページ

**Point !**

現場作業を効率化する器材を活用し、タワーヤードの稼働率を向上させることが重要

現在導入が進んでいる欧州製のタワーヤードは、高い牽引力や安全装置等を有しているほか、簡単な索張り方式でのラジコン操作等により 2 人体制での集材が実現できることから、急傾斜地における安全で効率的な木材生産を可能とします。

タワーヤードの活用を考慮した場合、集材作業や架設・撤収を効率化するための器材を活用しながら、タワーヤードの稼働率を向上させて、収益性の高めることが重要です\*31。

**ラジコン式荷外しフック**

写真提供：松本システムエンジニアリング 株式会社

荷掛けしたスリングをリモコン操作により荷外しできる器材です。

荷外し作業にかかる手間を減らすことができるため、集材作業の効率化につながるほか、荷外し作業による災害を回避し、安全性が向上します。

なお、スリング部分は消耗品のため、交換が必要になります\*32。

**滑落防止柵**

写真提供：前田商行 株式会社

タワーヤード等で上げ荷集材を行う際は、プロセッサ等で材を掴んでから外すことで材の滑落を防止できますが、複数の材を荷掛けした場合、荷下ろし場所での滑落防止柵の活用が効果的です。

柵の配置にもよりますが、一般的に高い位置で荷外し作業を行うことになるため、ラジコン式荷外しフックとの組み合わせが最適です\*33。

\*31 前田商行・日本森林技術協会(2023)「先進的林业経営体によるタワーヤードフル活用モデルの構築 事業成果報告書」10 ページ、林野庁。<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-68.pdf>

\*32 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』73 ページ

\*33 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』73 ページ

#### (4) 林内走行の機械

### Point !

CTL システムで独立した作業が可能となり、機械の能力を最大限に活用

平坦地や緩傾斜地等では、路網から林内に直接進入することを想定して開発された林業機械を使用することで、オペレータは機械に乗ったまま安全で効率的な作業ができます\*34。

このとき、ハーベスタが林内を走行して伐倒・造材を行い、フォワーダが丸太を集材して巡回する CTL (Cut to Length : 短幹集材) システムは、それぞれ独立した 1 人 1 台の作業システムであることから、それぞれの機械の能力を最大限活用することができます。

ホイール型林業機械の林内走行において、軟弱地等では、タイヤとタイヤの間にバンドをまくことで対応できる場合があります。このバンドには、様々な種類があるため、機械や使用する環境に対応しているかを確認する必要があります。

なお、機械に乗ったままの作業においても、ハーベスタでは伐倒時の材の飛来やベースマシンの転倒等の報告があり、絶対安全ということではないことに注意が必要です\*35。

#### 林内走行可能なホイール型ハーベスタ



写真提供：株式会社 柴田産業

林内で伐倒から造材、集材までを 1 台でこなせる専用のハーベスタです。

クラムバンクにより丸太を掴んで作業路まで運ぶことが可能です。

建設機械には無い機能や中折れ式による走行等の理由から、オペレータには技能と慣れが必要と言われています。

#### 傾斜地を林内走行する工夫



写真提供：株式会社 柴田産業

地形勾配 20~30 度程度の斜面では、機械の走行と同期するアシストウチを使用して、上部からウインチで支えながら走行することができます。上部の固定には、太い根株や建設機械をアンカーとして使用します。

ただし、土壌支持力が低い場合等は、土壌保護の観点から、林内走行の適用は避けます。

\*34 吉岡拓如・酒井秀夫・岩岡正博・松本武・山田容三・鈴木保志(2020)『森林利用学』40 - 41 ページ,丸善出版

\*35 林業・木材製造業労働災害防止協会(n.d.)「伐木造材機械(高性能林業機械)による作業の安全」  
林業・木材製造業労働災害防止協会.<https://www.rinsaibou.or.jp/safety/method/method2.html>



## (5) バイオマス用材を収穫する機械

**Point !**

全木集材することで効率的にバイオマス用材を集めることが可能

立木を伐採した際、伐採量がすべて木材として利用されることはなく、造材歩留まりが生じます。この木材として使われない未利用材の一部は、バイオマス用材として利用することができ、効率的に収穫する方法を検討することが重要です。未利用材の内訳には、枝条や末木、根株、玉切りの際に発生する端材等があり、収穫の手間や利用目的に応じた品質確保の観点から、収穫方法は異なります。

近年は、機械化により、伐倒木を土場まで全木集材することで、プロセッサやハーベスタで造材する際に生じる端材から、効率的にバイオマス用材を集めることができます<sup>\*36</sup>。

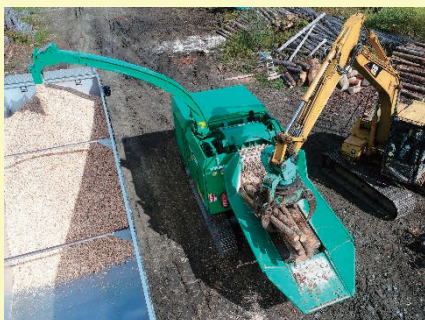
バイオマス用材を運搬する際は、丸太に比べてかさ張るため、残材のまま効率よく搬出するためにトラックや専用の機械等を使用したり、一度に運べる量を増やすために現場で破砕してコンテナ等に入れて搬出したりするなどの工夫が必要になります。

**架線系集材でのバイオマス用材の搬出**

写真提供：前田商行 株式会社

架線系集材システムにより全木集材を行うと、荷おろし場所には、ハーベスタ等による造材作業の過程で未利用材が多く発生します<sup>\*37</sup>。

造材作業で発生した端材は、コンテナ等に入れてストックヤード等まで搬出することにより、生産能力の高い大型の木材破砕機を用いた効率的な生産につながります。

**クローラ自走式の木材破砕機**

写真提供：緑産 株式会社

現場に残置されている枝条や末木をバイオマス用材として破砕して運搬する場合、枝条や末木を土場まで集めた後、木材破砕機を土場まで運んでくることで、土場で破砕を行うことができます。

このとき、クローラ自走式やトラクターけん引式等の機動性に優れた木材破砕機が、土場までの移動に有効です。

\*36 吉岡拓如・酒井秀夫・岩岡正博・松本武・山田容三・鈴木保志(2020)『森林利用学』229ページ,丸善出版

\*37 前田商行・日本森林技術協会(2023)「先進的林業経営体によるタワーヤードフル活用モデルの構築 事業成果報告書」4ページ,林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-68.pdf>

## (6) 再造林で使用する機械

### Point !

造林作業に特化した機械や伐採と造林の一貫作業システムで、省力化・効率化を促進

造林適地の人工林では、主伐後には再造林を行います。その際、造林作業の過酷さにより、必要な労働力が不足することが懸念されています\*38。このため、造林作業を省力化・効率化するために特化したアタッチメントを備えた機械の導入が進められています。

また、このほかにも、造林作業を省力化・効率化する取組みとして、伐採と造林の一貫作業システムがあります\*39。このシステムは、伐採や搬出に使用した林業機械を有効に活用して、地拵えや植栽の省力化・効率化を図ります。例えば、グラップルを使用して地拵えを実施したり、フォワーダや架線を用いて苗木を運搬したりします。

このように、造林作業の労力の低減を図ることが、確実な再造林につながります。

### 造林作業の多目的機械



写真提供：キャニコム

造林作業に特化した機械であり、アタッチメントを取り替えて、様々な作業を行えます。

効率的な下刈りを行うアタッチメントやコンテナ苗等の運搬を目的とした運搬荷台アタッチメント、林地残材を整理する残材集材アタッチメントがあります。また、伐根や残材を粉碎することが可能な機械もあります。

### 電動クローラ型一輪運搬車



写真提供：茨城県森林組合連合会

比較的平坦な場所で、苗木や獣害対策の資器材等の運搬に使用する電動一輪運搬車の開発・改良が進められています。

等高線方向への移動が容易であり、約 35 度の斜面まで走行できます。傾斜不整地での走破性が高く、根株や岩等を容易に回避できます。

積載重量は、約 60 kg となります。

\*38 林野庁(2020)「林政審議会(令和2年10月12日)配付資料 再造林の推進」12ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/attach/pdf/201012si-18.pdf>

\*39 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』56 - 61 ページ

### 林業機械をフル活用させるための路網整備

車両系集材システム、架線系集材システムいずれのシステムで実施する場合においても、効率性や安心・安全の観点から路網は必要不可欠です。今後は、大型の林業機械の搬送・設置や木材の大量輸送に対応するため、地域の状況を踏まえて、幹線林道と支線・分線を適切に組み合わせて路網配置を検討する必要があります<sup>\*40</sup>。

例えば、タワーヤードの場合、上げ荷集材を基本とするため、稜線林道と組み合わせた堅固な構造の路網が必要となります。

また、CTLシステムの場合、集材路を起点に往復することで、安全かつ効率的に林内を走行して木材生産を行うことができます。



タワーヤードの走行を想定した路網

写真提供：株式会社 森淵林業



CTLシステムを想定した路網

写真提供：株式会社 柴田産業

### ホイール型林業機械の公道走行に係る手続き

ホイール型林業機械の公道走行には、必要な手続きがあります。

詳しくは、林野庁のウェブサイトでご確認ください。海外で普及しているホイール型のハーベスタやフォワーダを国内で導入している事例の紹介もしています。

**ホイール型林業機械及び大型の林業機械の走行・輸送に係る手続きについて**

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/wheel.html>

\*40 林野庁(2021)「今後の路網整備のあり方検討会報告書」9 - 10 ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/attach/pdf/kentokai-25.pdf>



## 3-6 UAVの活用

### (1) 安全管理上の注意点

#### Point !

使用前の確認や定期的な点検等を行い、安全に飛行できるようにしておくことが重要

UAV<sup>[10]</sup>の使用の際には、必要に応じて、事前に UAV 本体やバッテリー、発電機、充電器等の機材の確認や動作確認、バッテリーの充電状況の確認を行います。

また、UAV の機体は、飛行前に故障や破損等がないか確認を行い、定期的に専門業者によるメンテナンス等を受ける必要があります。UAV の運用に際しては、飛行記録とともに、毎回チェックリスト等により、機体の状態を確認、記録することが重要です<sup>\*41</sup>。

#### 飛行に関するルール

UAV の制度や安全等に関する情報は、国土交通省の以下のウェブサイトでご確認ください。手続きにあたっては、必ず最新の情報を確認する必要があります。

##### 無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール

[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)

##### 無人航空機登録ポータルサイト

<https://www.mlit.go.jp/koku/drone/>

##### 無人航空機機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン

<https://www.mlit.go.jp/common/001303818.pdf>

##### 無人航空機操縦者技能証明等

<https://www.mlit.go.jp/koku/license.html>

#### Point !

安全な業務遂行のため、正しい操縦法を学び、操作技術の向上に努めることが重要

人口集中地区等に該当しない山間部において「目視内飛行」を行う場合は、法令上は特段の申請義務はなく、飛行経歴が少ないオペレータも操縦することが可能です。しかしながら、安全管理の観点から、オペレータは、UAV に関する構造の把握や関連法規等を理解するとともに、専門のスクールや指導者の下で、正しい操縦法を学ぶことが重要です<sup>\*42</sup>。

\*41 日本森林技術協会(2023)「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」41 - 42 ページ,林野庁。  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/doron-10.pdf>

\*42 日本森林技術協会(2023)「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」35 ページ,林野庁。  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/doron-10.pdf>

### 森林・林業における無人航空機に関する新たな制度の運用

現在、100g以上の無人航空機は機体登録が義務化されています。林業においては、無人航空機操縦者技能証明、機体認証を必要としない飛行もありますが、無人航空機操縦者技能証明、機体認証を取得すれば、飛行毎の許可・承認が不要となる場合があります。

詳しくは、林野庁のウェブサイトでご確認ください。

#### 森林・林業における無人航空機に関する新たな制度の運用 (機体登録・機体認証・操縦ライセンス制度)

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kouhou/bunyabetsu/attach/pdf/index-2.pdf>

### Point !

墜落や衝突等の事故に備え、保険の加入を検討

UAV<sup>[10]</sup>を操縦する上で、墜落や衝突等の事故発生リスクは避けられません。このため、万が一の事故に備え、保険の加入を検討します。

UAVの保険は大きく分けて2つあり、墜落等により他人へ損害を与えてしまった時に支払う損害賠償を補償する「賠償責任保険」と、所有している機体が被る損害に備える「機体保険」等があります<sup>\*43</sup>。

### 飛行に関する注意点

UAV以外の電波により、電波干渉が生じ通信環境が不安定になる場合があります。また、UAVは地磁気センサーにより、機体の向き(方位)や姿勢を知ることができます。地磁気の検出は鉄や電流からの影響を受けるため、このような場所では機体の姿勢や進行方向に影響を与える場合があります<sup>\*44</sup>。

いずれもUAVの墜落の原因になるため、近くに携帯基地局や高圧送電線等がある場合は注意する必要があります。

\*43 日本森林技術協会(2023)「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」34ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/doron-10.pdf>

\*44 国土交通省(2022)「無人航空機の飛行の安全に関する教則」41-44ページ,国土交通省.  
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001520517.pdf>

## (2) 空中写真の活用

### Point !

撮影した時点での状況を把握して、事前確認や進捗確認、安全点検等を効率的に実施

UAV<sup>[10]</sup>で空中写真を撮影することで、現場の現在の状況を把握することができます。

空中写真を撮影した時点での状況を把握できるため、作業前の事前確認や作業中の進捗確認、悪天候時の安全点検等を効率的に行うことが可能となります。

このほか、皆伐後は樹冠で覆われて見えなかった部分が見えて、正確な植栽面積等を確認できるようになるため、必要な苗木の数量の把握に活用できます。



写真提供：一般社団法人 日本森林技術協会

### Point !

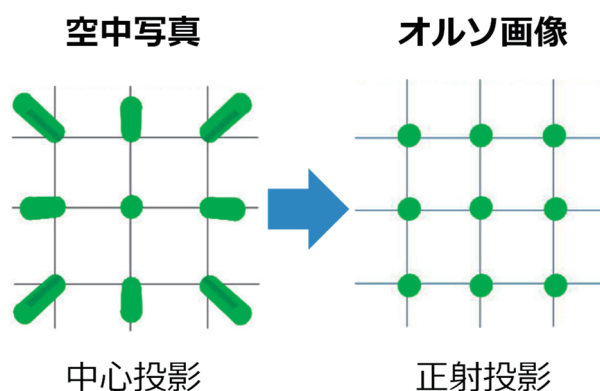
UAV 等による空中写真は、オルソ画像に変換することで GIS での活用が可能

空中写真は、中心投影されレンズの中心からの距離の違いにより位置ズレが生じますが、補正をして位置ズレをなくしたオルソ画像が作れます。

オルソ画像とは、傾きのない正しい大きさと位置に表示される正射投影の画像です<sup>\*45</sup>。GIS<sup>[3]</sup>上に表示させる際には、オルソ画像が必要になります。

また、複数の視点から撮影して、SfM (Structure from Motion) 処理等により、点群データや DSM<sup>[2]</sup>を取得できます。撮影する際には、コース方向

の重複率 80%、コース間の重複率 60%を確保することが重要で、森林の場合は樹高や山地による高低差の影響を考慮する必要があります<sup>\*46</sup>。



出典：国土地理院(n.d.)「オルソ画像について」国土地理院。  
<https://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa40002.html>  
より引用し一部改変

\*45 国土地理院(n.d.)「オルソ画像について」国土地理院。  
<https://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa40002.html>

\*46 加治佐剛・寺岡行雄(2022)『林業改良普及双書 No.201 スマート林業から林業DXへ ICT林業の最新技術』81 - 83 ページ,全国林業改良普及協会

## (3) 資器材等の運搬

**Point !**

目的に応じた機種を使用して、労働強度の低減や作業の効率化を促進

運搬に対応した UAV<sup>[10]</sup>を使うことで、労働強度の低減や作業の効率化につながります。

架線集材で機械集材装置を架設する場合、リードロープを引き回す際に、前段階としてリード線を UAV で運搬し布設することができます。また、再造林では、苗木や獣害防護柵等の運搬で使用されています。

UAV の機種には、1 人で操縦できる機種や発着地点と到着地点で交代して操縦する機種、一度に 20 kg 以上の資器材等の運搬が可能な大型の機種等があり、目的に応じた UAV を選定します<sup>\*47</sup>。



写真提供：林野庁

**Point !**

UAV による運搬に適した条件であるかを確認し、費用対効果が見込めるか検討

UAV の運搬は、遠くまで運ぶ必要がある現場や高低差が大きい現場で効果を発揮します。路網の配置に関係なく直線的な飛行が可能であることから、短時間での運搬が可能となります。一方で、一度に運搬できる量は機種により制限があることなどから、苗木等を UAV で運搬する際には、費用対効果が見込めるか検討する必要があります<sup>\*48</sup>。

**Point !**

UAV の発着地点は、上空及び周辺が開けた水平な場所に設定

UAV の操縦は、上空及び周辺が開けた空間が必要となり、着陸時の転倒事故の防止の観点からも、なるべく水平な場所を設定します。

苗木や獣害防護柵等のように重量のある資器材は、軽トラック等で運ぶことになるため、資器材の搬入場所と UAV の発着地点の距離をできるだけ近く設定するようにします<sup>\*49</sup>。

\*47 日本森林技術協会(2023)「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」30 - 32 ページ,林野庁.

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/doron-10.pdf>

\*48 日本森林技術協会(2023)「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」10 - 14 ページ,林野庁.

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/doron-10.pdf>

\*49 日本森林技術協会(2023)「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」36 ページ,林野庁.

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/doron-10.pdf>

## 3-7 GNSSの活用

### (1) 位置情報の確認・記録

#### Point !

現在地の位置情報を使用して、作業前の現地踏査や作業中の進捗管理を効果的に実施

GNSS<sup>[4]</sup>とは、米国のGPS<sup>[5]</sup>や日本の準天頂衛星「みちびき」等の衛星測位システムの総称になります。4個以上の衛星からの距離を同時に知ることによって位置を決定します<sup>\*50</sup>。

木材生産現場では、GNSSで現在地の位置情報が分かることで、作業前の効果的な現地踏査、作業中の適切な進捗管理を可能とします。

作業前の現地踏査においては、GNSSから位置情報を測位・記録する道具（専用のGNSSロガー、GNSS機能付きのタブレット・スマホ・カメラ等）を携行して、踏査した軌跡やメモをした場所、撮影した場所等を位置情報とともに記録することで、効率的に作業計画を作成できます。

作業中においては、機械等の位置情報を記録することで、機械の稼働状況を円滑に把握できるようになり、適切な進捗管理が期待できます。

ただし、測位方法等による誤差を考慮しながら扱う必要があることに注意します。特に森林内では、衛星からの信号が樹木や斜面等に阻害され、受信機が不正確な位置を示す可能性も懸念されています。



\*50 国土地理院(n.d.)「GNSS 測位とは」国土地理院.[https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi\\_aboutGNSS.html](https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi_aboutGNSS.html)



## (2) 測位する精度の向上

**Point !**

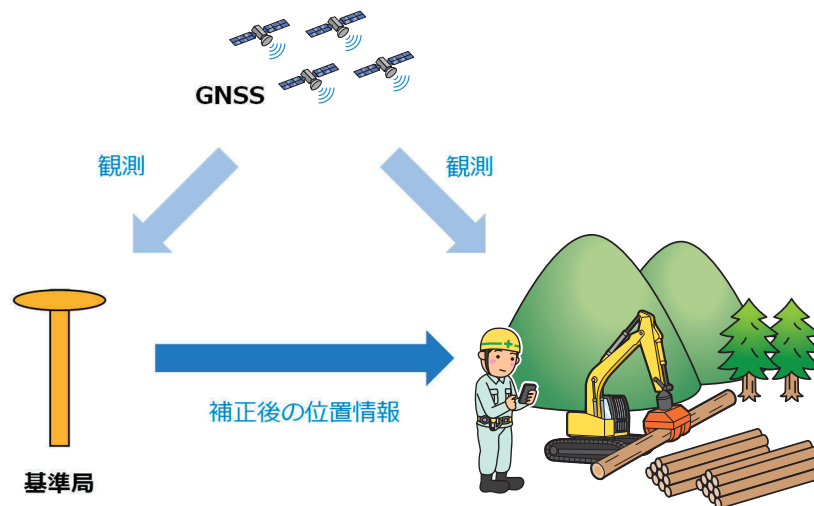
高精度の位置情報の取得により、森林資源量の解析や高度な木材生産の管理が可能

森林資源量の解析や高度な木材生産の管理をするためには、誤差の少ない高精度の位置情報が必要です。

測位精度を向上するための技術の一つである RTK（リアルタイムキネマティック）測位は、固定する基準局と移動する観測点で同時に観測後、2つの受信機の間で情報をやりとりしてズレを補正する技術です。

単独測位では10m程度の誤差が生じますが、RTK測位では数cm程度の誤差で位置が決定されます<sup>\*51</sup>。このため、踏査が困難な地形での境界確認等に活用できます。

ただし、前述同様、森林内では、衛星からの信号が樹木や斜面等に反射して、不正確な信号のみを受信してしまうと、大きな誤差が生じる場合があるため注意が必要です。



\*51 国土地理院(n.d.)「GNSSを使用した測量のいろいろ」国土地理院.  
<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>

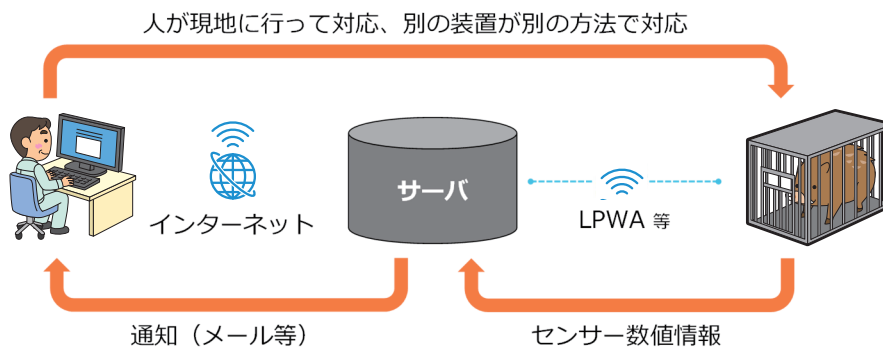
### 3-8 通信環境の整備

#### Point !

低消費電力・長距離の通信環境は、緊急連絡やセンサー通知に活用

森林内には携帯電話の電波が届かないエリアが多いため、通信環境の確保が必要です\*52。低消費電力で長距離での無線通信が可能な技術として LPWA (Low Power Wide Area) がありますが、一度に転送できるデータ量は少なく特徴を理解した上で使う必要があります。

このような通信距離が長い通信環境を確保することで、災害発生時の緊急通報や、獣害対策としてワナの遠隔監視が期待できます\*53。例えば、獣害対策のワナが作動した時に、「作動した」という情報をセンサーで読み取り、管理者に通知することが可能となります。



#### Point !

高速・大容量・低遅延の通信環境は、遠隔操作や自動運転を促進

将来的に、林業機械の自動化・遠隔操作化の実現を目指すには、大容量高速通信が必要になります。なぜなら、機械を制御するには、大容量の情報を高速で遅延なく送信する必要があるからです。その際に送信するデータは、位置情報や音声・映像情報、動作指示信号等が考えられます。必要となる伝送速度は、送信するデータの内容量と、圧縮技術等により大きく変わると予想されます\*54。

現在、衛星通信を含めて、様々な通信技術が実証中です。なお、通信環境を整備するには、システム導入コストが高価である場合や、免許申請が必要な場合があります。

今後、どこからでもインターネットを利用できる通信環境が整備されると、スマホやタブレット等の作業の効率化につながる各種アプリの使用が可能となります。

\*52 林野庁(n.d.)「森林・林業に係る情報基盤整備について」林野庁。

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/jouhoukibanseibi.html>

\*53 林野庁(n.d.)「林業イノベーションハブセンター (森ハブ)」林野庁。

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/morihub.html>

\*54 林野庁(2023)「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」13 - 18 ページ,林野庁。

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-2.pdf>

## 3-9 安全教育に関する取組み

## Point !

安全教育を支援する機械や道具を使い、組織全体の安全意識を醸成

林業における労働災害の特徴を認識して、適切な安全対策を講じることで、林業労働災害の未然防止につながります<sup>\*55</sup>。

安全対策には、新規就業者を対象とした安全教育だけではなく、ベテラン技能者向けの学び直しの研修もあり、組織全体で安全意識を作り上げていくことが重要です。

研修効果を高める機械には、VR<sup>[11]</sup>技術を利用したグラップルやチェーンソーの体験シミュレータがあります。外部モニターで、他の人も操作中の画面を共有できるため、指導者からアドバイスを受けやすくなり、各操作の精度向上につながります。さらに、普段できない危険な状況も確認することが可能となり、危険予知のトレーニングにもなります。

このほかにも、伐倒方向をレーザで支援する補助装置や伐倒練習用に丸太を固定する装置等といった安全教育を支援する道具が普及しています。

## 搭乗型 VR シミュレータ



写真提供：コマツ

画面を見ながら、実際のハーベスタと同様にペダルやコントローラを用いて、伐倒や造材等の基本操作を学ぶためのシミュレータです。

複数人で同時に確認することで、効率的な学習につながります。

速さや正確性等の要素を評価して採点され、技術力を確認することができます。

## 伐倒の補助装置



出典：藤興業(n.d.)「守のきこり バンフレット」藤興業.<https://www.fjk-akita.jp/wp-content/themes/fuji/pdf/doc01.pdf> より引用

正確な伐倒方向を確認するための補助装置です。作業者の負担を減らし、安全性を高めます。

使い方として、まず、水平器で立木の傾きを確認します。そして、ガイドレーザで正確な伐倒方向を確認して受け口を作ります。受け口ができたから補助装置を外して、後は追い口を作りクサビを入れて伐倒します。

\*55 林野庁(2022)『令和3年度 森林・林業白書』106 ページ

# これから始める 木材生産現場のデジタル化

## 4-1 デジタル化の基本的な考え方

### (1) 経験や記憶に頼る林業からの転換

#### Point!

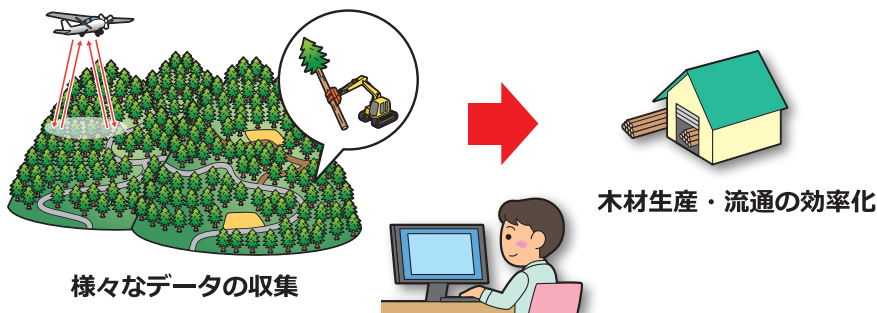
近年、入手しやすくなった様々なデータを活用し、木材生産や流通を効率化

レーザ計測や ICT<sup>[6]</sup>による森林資源情報の高度化・デジタル化等により、記憶や経験に頼る林業から脱却し、生産管理システムによるデジタル管理の林業経営が求められます。デジタル管理をすることで、木材生産や流通の効率化が促進されます\*1。

木材生産現場では、基礎的な森林情報や森林境界データ、レーザ計測データ、運材業者・納材先といった業務情報等の様々なデータがあり、デジタル化により生産量予測や工程・進捗管理、日報管理、損益計算等への活用が期待されています。

近年、様々なデータが入手しやすくなっており、デジタル管理の林業経営が始めやすくなっています。例えば、インターネットから無償でダウンロードして使用できるオープンソース<sup>[12]</sup>の GIS<sup>[9]</sup>や無償で入手できるオープンデータ<sup>[13]</sup>があり、作業日報においても、使い次第では効率的かつ効果的にデータの収集・集計を行うことができます。

この章では、これからデジタル化を始める際に参考となるように、オープンソースの GIS 等の活用事例と作業日報の活用事例について紹介します。



#### 生産管理システム

- |            |            |
|------------|------------|
| ○森林情報・業務情報 | ○各種機能      |
| ・基礎的な森林情報  | ・生産量予測     |
| ・森林境界データ   | ・工程・進捗管理   |
| ・レーザ計測データ  | ・日報管理      |
| ・運材業者、納材先  | ・業務別損益計算   |
|            | ・売上・経費情報管理 |

出典：林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」4ページ、  
林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf> より引用し一部改変

\*1 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)」4ページ、林野庁、  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>

## データ収集のポイント

### 1. 必要なデータの仕様を統一しておく

収集するデータは、誰が収集しても同じデータであることが求められます。例えば、伐倒した作業量を本数で記録するか、材積で記録するかの違いがあると、収集したデータを取りまとめる際に手間がかかります。また、現地踏査の際の位置情報を、GNSS<sup>[4]</sup>機能の付いた道具から緯度経度で記録するか、紙の図面にアナログで記録するかの違いがあると、改めて机上で整理する際に手間がかかります。

このため、あらかじめ組織の間で「どんなデータ」を収集するかといった、必要なデータの仕様を統一しておくこと、あとで整理する作業が省力化します。

### 2. 許容できる誤差の範囲を決めておく

データ活用の目的に応じて、要求するデータの精度が変わります。例えば、進捗管理のために作業日報を活用する際、秒単位で入力・集計してもあまり意味はありません。

また、作業の状況に応じて、取得できるデータの精度に限界もあります。例えば、先山での伐倒作業では、伐倒した本数は把握できますが、1本ごとの材積をその都度測るのは現実的ではありません。

つまり、誰が収集しても同じデータであることは重要ですが、精度の誤差を許容できる範囲について、あらかじめ組織の間で決めておくこともポイントです。

### 3. 外部組織とのやりとりではデータの規格に関する合意形成が必要となる

データを外部組織とのやりとりで活用する際には、データの規格について関係者との合意形成が必要です。「こういった仕様のデータ」を「どれくらいの精度」まで要求するかを事前に決めておく必要があります。

また、組織内で扱うデータも外部組織とのやりとりで活用することを意識して、データの仕様や精度等の規格を揃えて収集するようにすると外部組織との連携が円滑化されます。



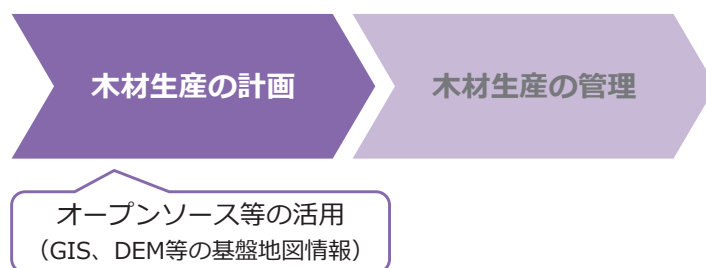
## (2) 木材生産の計画におけるデジタル化

### Point !

木材生産の計画をデジタル化して、現状に即した計画を作成

無償で利用できるオープンソース<sup>[12]</sup>の GIS<sup>[3]</sup>やオープンデータ<sup>[13]</sup>の DEM<sup>[1]</sup>等を使うことで、現状に即した計画を立てることが可能となり、木材生産の計画におけるデジタル化を促進します。

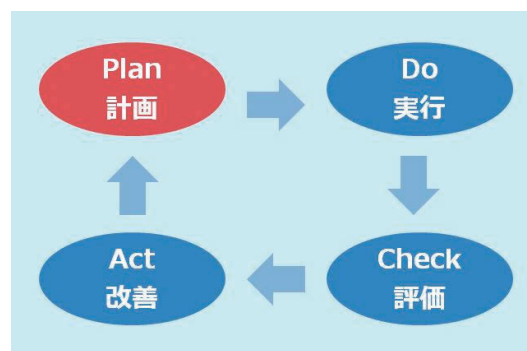
例えば、GIS を使用し DEM から作成された地形情報から、路網からの集材距離等を「見える化」することで、適切な機械配置や人員配置といった現場に合った作業計画の作成を可能とします。



### 【PDCAにおける計画】

GIS を活用しながら、森林資源情報や DEM 等の基盤地図情報を整理することで、PDCA<sup>[8]</sup>における『計画』を効率化します。

作業前の計画の段階では、生産性やコストの目標値を設定します。このとき、GIS や DEM 等を用いて、地形情報等を「見える化」して、それをもとに車両系か架線系かなどを検討し、森林作業システムに応じた各作業工程の生産性やコストの目標値を、表計算ソフト等により推定します。



(3) 木材生産の管理におけるデジタル化

**Point !**  
 木材生産の管理をデジタル化して、現場の進捗管理や出材情報の管理を高度化

作業日報を使うことで、現場の進捗管理や出材情報の管理を高度化し、木材生産の管理におけるデジタル化を促進します。

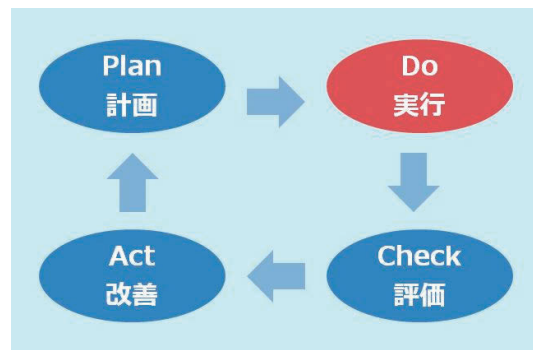
例えば、作業日報に「いつ・どこで・どれくらい」の作業をしたかという木材生産情報を記録して、表計算ソフト等を用いて集計し分析することで、各作業工程の進捗状況の確認や土場にある出材量の把握を可能とします。



**【PDCAにおける実行】**

作業日報を活用して、現在の作業量等を把握することで、PDCA<sup>[8]</sup>サイクルにおける『実行』を効率化します。

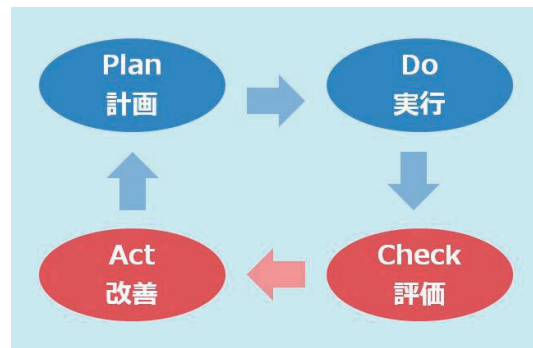
作業と同時進行で現在の進捗状況を把握することで、作業の遅延が発生した場合等、すぐに対応することが可能になります。



**【PDCAにおける評価・改善】**

作業日報を活用して、各作業工程の作業日数等を把握することで、PDCA サイクルにおける『評価・改善』を効率化します。

作業日報で各作業工程の作業時間を記録して、表計算ソフト等を用いて整理することで、各作業工程の生産性・コストの実績値を算出することができます。そして、作業前の目標値と作業後の実績値を比較することで、改善案を検討することができます。



## ICT 林業生産管理システム標準仕様書

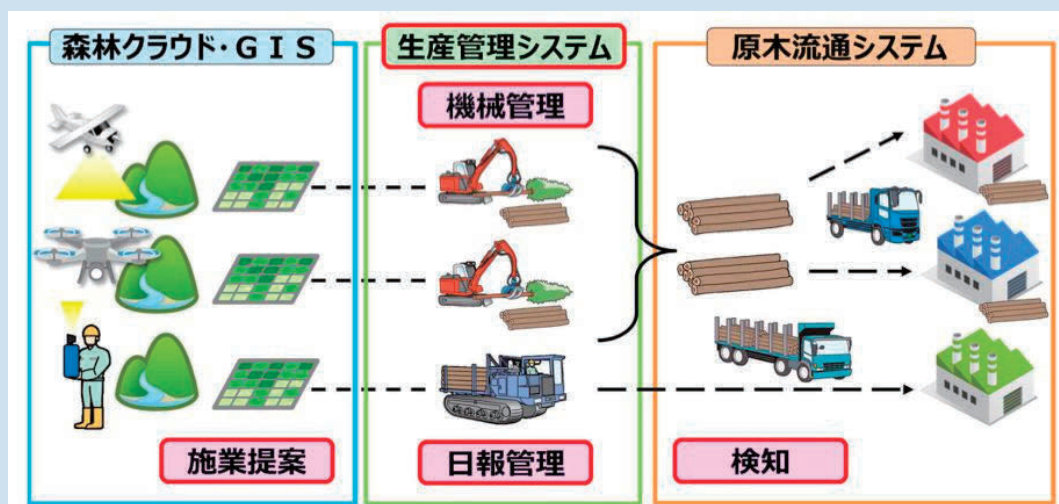
ICT 林業生産管理システム標準仕様書は、森林所有者や林業経営体等が、ICT<sup>[6]</sup>の導入効果を最大限発揮することを目的に作成されました。

この仕様書には、ICT を用いた林業生産管理システムが取り扱うデータの形式や項目案、システムの要件案を取りまとめた標準仕様が記載されています。標準化の対象は、ICT の利活用が可能なハーベスタやフォワーダから得られる造材・集材データや、スマートフォンやタブレット等で管理する作業日報データ、検知データ等です。

以下の仕様書は、以下の URL からダウンロードできます。

- ✓ ICT 林業生産管理システム標準仕様書（アプリ編） Ver.1
- ✓ ICT 林業生産管理システム標準仕様書（機械管理編） Ver.1

[https://www.jafta.or.jp/contents/jigyo\\_consulting/20\\_list\\_detail.html](https://www.jafta.or.jp/contents/jigyo_consulting/20_list_detail.html)



出典：日本森林技術協会・住友林業(2022)「ICT 林業生産管理システム標準仕様書（機械管理編） Ver. 1」より引用

## 4-2 オープンソースを活用した木材生産の計画

### (1) 各現場の作業計画の手順

#### Point !

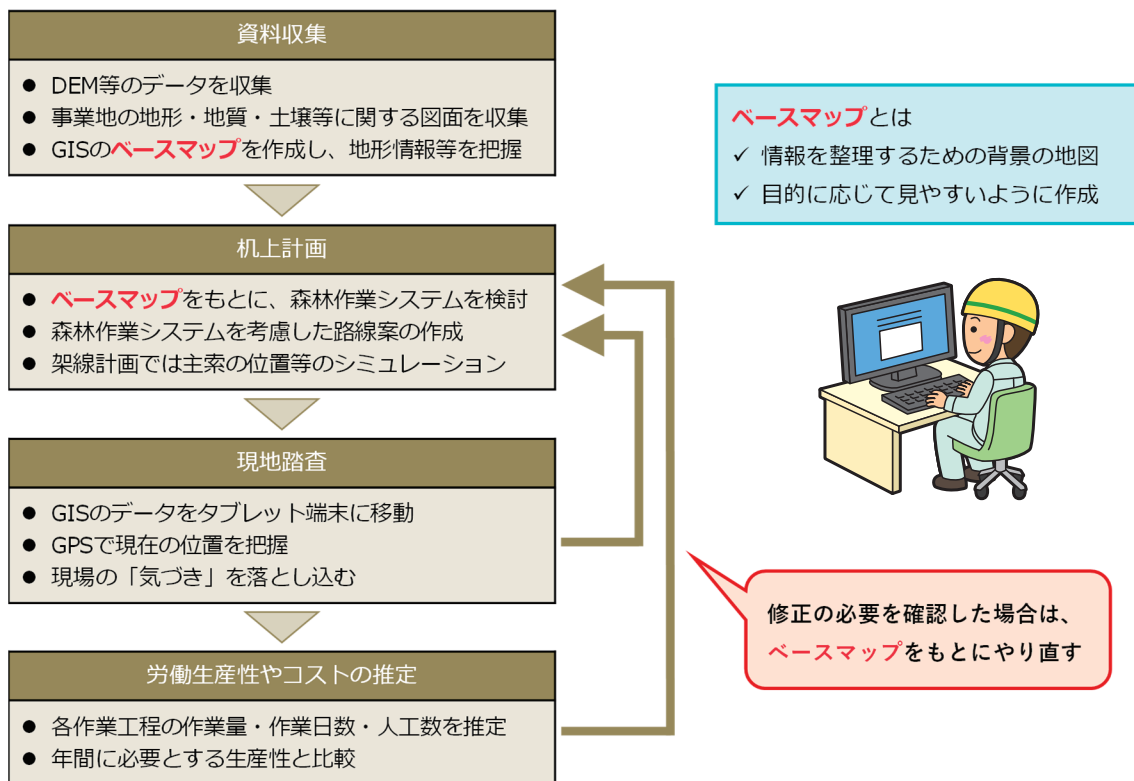
GISで作成したベースマップをもとに、最適な作業計画を検討

木材生産現場の作業計画の手順は、以下のフロー図のとおりです\*2。

まず、図面やソフトウェア等の資料収集をして、GIS<sup>[3]</sup>でベースマップを作成して地形情報等を把握します。ベースマップとは、目的に応じて情報を整理するための背景地図のことを言います。

次に、ベースマップをもとに机上計画を作成し、その後、現地踏査で確認します。最後に、現場の労働生産性やコストを推定します。

途中で修正の必要を確認した場合は、GISのベースマップをもとに机上計画からやり直しながら、最適な作業計画を検討します。



\*2 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』26 ページ

## (2) 資料収集

### ア GISの準備

#### Point !

現地の状況を分かりやすく把握するため、オープンソースのGISを準備

GIS<sup>[3]</sup>は、現地の状況を分かりやすく把握するための便利なツールです。木材生産の計画においては、地形図や空中写真、DEM<sup>[1]</sup>等の収集した資料と現地調査で得られた情報を組み合わせて表示させて、作業区域の確認や地形情報の把握等に利用できます。

現在、インターネットから無償でダウンロードして使用できるオープンソース<sup>[12]</sup>のGISがあります。本書は、オープンソースのGISとして、QGISを使用しています。以下のウェブサイトからダウンロードできます。

#### QGISのダウンロード

<https://www.qgis.org/ja/site/forusers/download.html>

初めてQGISを使う際は、まずQGISのインストール用ファイルを、インターネットからダウンロードします。QGISは、バージョンの更新を繰り返し行われています。ダウンロードをする際は、「長期リリースリポジトリ」という安定版のQGISが、様々なプラグインの機能を使う上でおすすめです。なお、本書は特に断りがない限り「QGIS3.16」を使用しています。また、使用するパソコンに合わせて、「32bit版」または「64bit版」のどちらかを選択することになります。

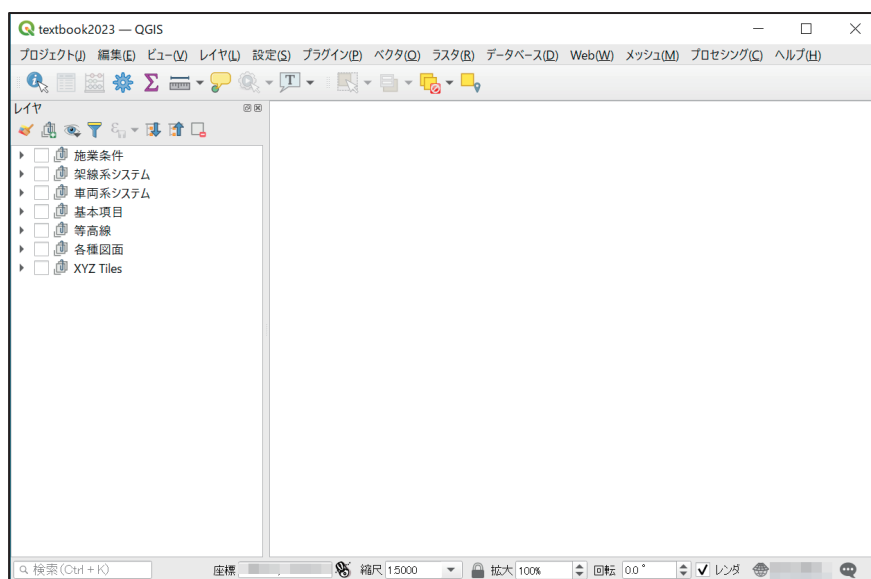


図 パソコンに表示される画面

出典：「QGISのダウンロード」(QGIS.ORG) <https://www.qgis.org/ja/site/forusers/download.html> から作成



## イ 基盤地図情報の取得

**Point !**

計画作成に必要な「数値標高モデル (DEM)」や「基本項目 (道路縁等)」を取得

DEM<sup>[1]</sup>は、建物や樹木等を取り除いた地面の形状や標高値等の情報を得ることができ、等高線図や傾斜区分図の作成等に活用できます。

国土地理院のホームページにある、以下のウェブサイトから、オープンデータ<sup>[13]</sup>として「数値標高モデル (DEM)」をダウンロードできます。このとき、データの容量を考慮し、現場周辺の必要な範囲を選択してダウンロードします。

**基盤地図情報 ダウンロードサービス**

<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>

基盤地図情報ダウンロードサービス (以下、「基盤地図情報サイト」という。) からダウンロードできる 10mDEM は、主に 1/25,000 地形図の標高線データ等をもとに作成したものであり、日本全国の DEM を入手できます。

このほかに、実際の微地形を忠実に再現できる航空レーザ計測により計測した高解像度 DEM もあります。基盤地図情報サイトからダウンロードできる 5mDEM は、航空レーザ計測または写真測量により得られた DEM となります。5mDEM は 10mDEM より詳細な標高値を得られるため、5mDEM を活用します。

同様に、基盤地図情報サイトの「基本項目」から、行政区画の境界線や道路縁、水涯線等の計画作成に必要なデータをダウンロードすることができます。この「基本項目」は、必要な項目だけをダウンロードできるほか、全項目をまとめてダウンロードし、GIS<sup>[3]</sup>にデータを取り込む時に任意の項目だけを選択して表示させることも可能です。

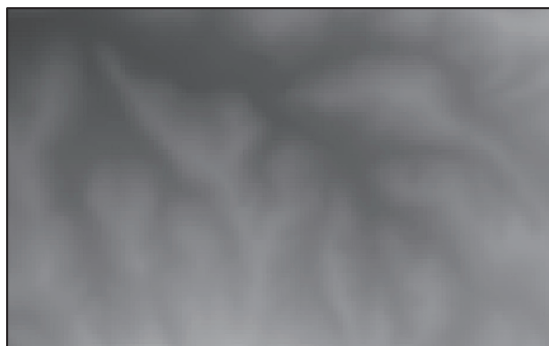


図 5mDEM データのみを表示

出典：「基盤地図情報」(国土地理院)  
(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに作成

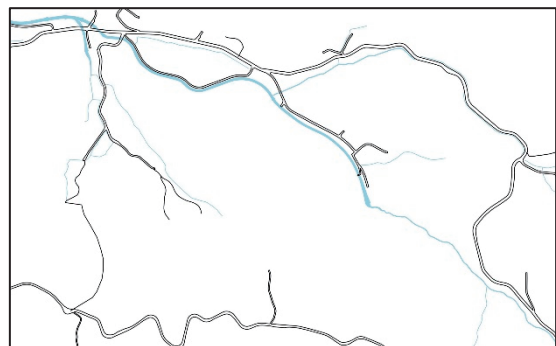


図 道路縁と水涯線を表示

出典：「基盤地図情報」(国土地理院)  
(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに作成

## ウ 必要な図面の収集

### Point !

現場周辺の既存の情報を把握するために必要な図面を収集

木材生産の計画に必要な図面を収集して、公道・人家等の社会条件をはじめ、地形・地質等の自然条件、過去の災害履歴等といった現場周辺の既存の情報を把握します\*3。

目的に応じて必要な図面を GIS<sup>[3]</sup>上で重ね合わせて表示させることができます。

#### 【地形図】

国土地理院発行の等高線間隔 10m、縮尺 1/25,000 の地図です。地図販売店や通信販売で購入することができます。また、インターネットで閲覧することも可能です。広範囲の地形や既設道が記載されており、社会条件を把握するためなどに利用します。

#### 【空中写真】

林野庁や都道府県が森林計画を立案するために撮影しているものや、平野部を中心に国土地理院が撮影した空中写真があります。また、インターネット上で閲覧できる場合があります。これらを利用することで、立木の状況や既設道等を把握できます。

#### 【土壌図・表層地質図】

都道府県土地分類基本調査で作成された図面であり、土質や地質といった自然条件を把握することができます。

#### 【災害履歴図】

既往災害履歴を確認することができ、崩壊や地すべりが発生しやすい条件であるかを把握する際に有効です。



\*3 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』27 ページ

### 林業で GIS を使う場合に便利なデータ

- ・ **国土数値情報ダウンロードサイト**：国土交通省では、地形、土地利用、公共施設等の国土に関する基礎的な情報を GIS<sup>3)</sup>データとして整備し、無償で提供しています。  
<https://nlftp.mlit.go.jp/>

例えば、以下のデータをダウンロードすることができます。

- ✓ 土地利用に関するデータ：森林地域、国有林野等
- ✓ 災害・防災等に関するデータ：土砂災害危険区域、地すべり防止区域等

- ・ **G 空間情報センター**：様々な主体が様々な目的で整備している地理空間情報（G 空間情報）の有効活用と流通促進を目的とし、一般社団法人 社会基盤情報流通推進協議会により設立されたプラットフォームです。産官学を問わず、様々なデータをダウンロードすることができます。  
<https://front.geospatial.jp/>

- ・ **シームレス地質図**：国立研究開発法人 産業技術総合研究所では、1/20 万精度の日本シームレス地質図を公開しています。路網ののり面や路体の安定に影響する表層地質の分布状況を把握することができます。  
<https://gbank.gsj.jp/seamless/>

- ・ **地すべり地形分布図**：国立研究開発法人 防災科学技術研究所では、全国の地すべり地形のデータを公開しています。災害発生の要因の把握に役立ちます。  
[https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied\\_tech\\_note/landslidemap/gis.html](https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html)

## エ ベースマップの作成

### Point !

必要な地形情報等を整理するために GIS のベースマップを作成

GIS<sup>[3]</sup>には、現場ごとに森林状況のデータや地形図、空中写真、DEM<sup>[1]</sup>、現地踏査で撮影した写真等の資料を表示させることができます。様々な情報から、木材生産の計画に必要な情報を整理して活用します。

資料収集の段階では、必要な地形情報等を整理するため、情報整理の基盤となる GIS のベースマップを作成します。国土地理院の基盤地図情報サイトからダウンロードした DEM から作成した等高線を作成して、同じく基盤地図情報サイトからダウンロードした道路線や水涯線等の「基本項目」を取り入れます。

なお、本書では、下図の GIS のベースマップをもとに、デジタル化の事例紹介をしています。また、この木材生産現場の森林状況の基礎情報は、以下のとおりとします。

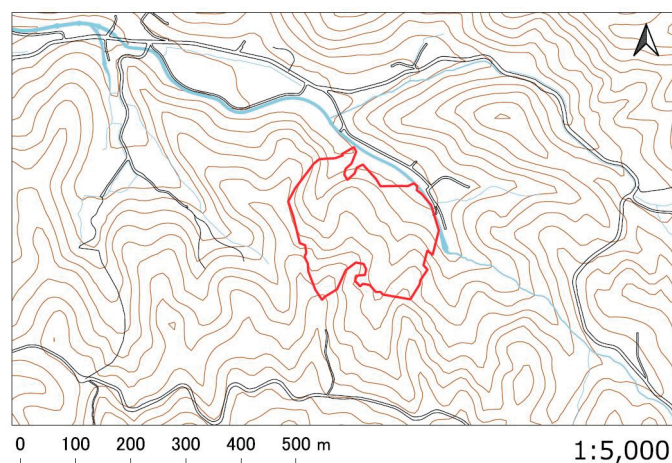


図 GIS のベースマップ

出典：「基盤地図情報」（国土地理院）(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに作成

### ■ 森林状況の基礎情報《例》

区分	値	区分	値
伐区面積	4.9 ha	対象樹種	スギ
平均樹高	20 m	平均胸高直径	30 cm
ha 当たり立木本数	700 本/ha	平均単木幹材積	0.63 m <sup>3</sup> /本
蓄積量	2,161 m <sup>3</sup>	施業方法	皆伐
伐採率	100 %	造材歩留り	80 %
木材生産量	1,729 m <sup>3</sup>	未利用材幹部	432 m <sup>3</sup>
バイオマス活用割合 <sup>※</sup>	90%	バイオマス用材生産量	389 m <sup>3</sup>

※ 収集に手間がかかる端材（根元部分）を除いた未利用材幹部の割合



## オ 地形情報等の把握に関する図面の作成

**Point !**

GISのベースマップをもとに、森林作業システムの検討に必要な図面を作成

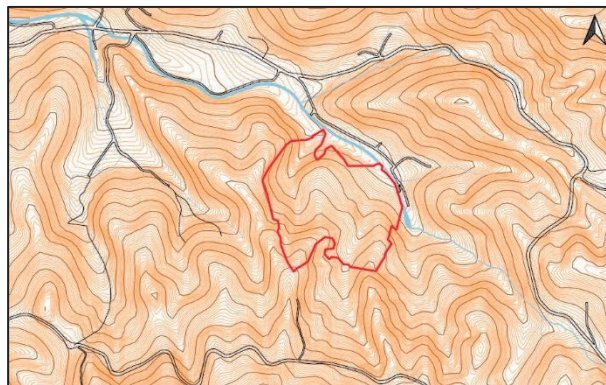
林地傾斜や尾根と谷の入り組み具合といった地形情報等は、作設可能な路網や走行可能な機械といった森林作業システムを検討する際の参考になります。

このような地形情報等を「見える化」して把握するために、GIS<sup>[3]</sup>のベースマップをもとにDEM<sup>[1]</sup>を使って等高線図や傾斜区分図等を作成します。

**【等高線図】**

DEMから任意に等高線間の比高の間隔を指定して等高線を抽出することで作成します。

下図は、等高線間の比高1mと5m、10mの間隔で指定して、3種類の等高線を作成しています。比高1mの間隔では、視覚的に林地傾斜を把握できます。



出典：「基盤地図情報」（国土地理院）(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに作成

**【傾斜区分図】**

DEMから傾斜を解析して作成します。下図は、地山傾斜20%ごとに区分しています。

傾斜に応じて色分けをすることで、定量的に林地傾斜を把握できます。



出典：「基盤地図情報」（国土地理院）(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに作成



## CS 立体図

CS 立体図は、地形判読を容易にするため、長野県林業総合センターにより開発された図面です。標高・傾斜・曲率をそれぞれ別の色調で着色し、重ねて透過処理することで作成した地形表現図法で、以下の特長があります。

- ① 視覚情報から直感的に情報を認識できる。
- ② 異なる情報を同時に認識できる。
- ③ 等高線では表現が困難な情報も認識できる。

CS 立体図の作成方法は論文等で公開されており、GIS<sup>[3]</sup>ソフトを使えば誰でも作成することができます。また、様々なアプリを使った自動作成ツールが開発され、無償で公開されているため、GIS の専門的な知識がなくても作成することができます。

QGIS 版の CS 立体図作成ツールは、以下のウェブサイトで公開されています。

### CS 立体図作成ツール (QGIS 版) (G空間情報センター)

<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cs-tool>

CS 立体図の作成で用いる DEM<sup>[1]</sup>の解像度は問いません。近年は、航空レーザ計測等により、1 mメッシュ以下の細密な DEM を入手できるようになり、0 次谷や湧泉等の微地形を判読することができます。詳しくは、以下の URL をご確認ください。

### CS 立体図を使った地形判読マニュアル

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/attach/pdf/romou-12.pdf>



図 5mDEM から作成した CS 立体図

出典：「基盤地図情報」(国土地理院) (<https://www.gsi.go.jp/kiban/>)  
をもとに、「G空間情報サービス」(出典：長野県林業総合センター)  
(<https://www.geospatial.jp/ckan/organization/nagano-frc>) のうち  
『CS 立体図作成ツール (QGIS 版)』を使用して作成

(3) 机上計画

ア 地形情報等から森林作業システムの検討

**Point !**  
 地形情報等を「見える化」して、林地傾斜に応じた適切な森林作業システムを検討

森林作業システムは、伐倒木を林内路網や土場まで集材するシステムにより、グラップルや単胴ウインチによる車両系と、タワーヤードや集材機等を使用する架線系に大別されます。

森林作業システムは、林地傾斜や作設可能な路網と密接に関連しています。これらの関係を大まかに整理すると、以下の表のようになります<sup>\*4</sup>。

区分	分類	最大到達距離 (m)		森林作業システムの例			
		基幹路網から	細部路網から	伐倒	集材	造材	運搬
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	150~200	30~75	ハーベスタ チェーンソー	グラップル ウインチ	ハーベスタ プロセッサ	フォワーダ トラック
中傾斜地 (15~30°)	車両系	200~300	40~100	ハーベスタ チェーンソー	グラップル ウインチ	ハーベスタ プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系		100~300	チェーンソー	タワーヤード	プロセッサ	トラック
急傾斜地 (30~35°)	車両系	300~500	50~125	チェーンソー	グラップル ウインチ	プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系		150~500	チェーンソー	タワーヤード 集材機	プロセッサ	トラック
急峻地 (35°~)	架線系	500~1500	500~1500	チェーンソー	タワーヤード 集材機	プロセッサ	トラック

※1 グラップルにはロングリーチグラップルを含む

※2 車両系にはスイングヤードを含む

出典：林野庁(2010)「路網・作業システム検討委員会 最終とりまとめ」より引用し一部改変

このとき、GIS<sup>[3]</sup>や DEM<sup>[1]</sup>等を活用し、現場の林地傾斜や路網の作設可能な箇所といった地形情報等を「見える化」して、効率的に森林作業システムを検討します。

例えば、GIS を活用して DEM から等高線図や傾斜区分図等を作成することで、林地傾斜を「見える化」できます。

\*4 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』45 ページ

## Point !

林内路網や土場からの集材距離を確認して、集材方法を検討

森林作業システムの検討にあたり、使用機械の集材距離の目安は、集材方法や使用機械の構造等により異なりますが、大まかに整理すると以下の表のようになります。

GIS<sup>[3]</sup>の「距離を測定する機能」から、林内路網や土場からの集材距離を確認できます。

使用機械	集材距離の目安
ハーベスタ <sup>※1</sup>	6～10m程度
グラップル <sup>※1</sup>	樹高+6～12m程度
単胴ウインチ	樹高+30m程度
スイングヤーダ	100m未満
タワーヤーダ <sup>※2</sup>	100～500m
集材機	500m以上

※1 ロングリーチを含む

※2 タワーヤーダの性能によって異なる

## Point !

作業工程別に区分する項目を整理し、使用機械や使用資器等を検討

GISで「見える化」した、林地傾斜や路網からの集材距離といった地形情報等から、現場の森林作業システムを検討します。同じ現場でも、実際には複数の作業方法で木材生産が行われます。例えば、路網からの集材距離により、ハーベスタによる先行的な集材やグラップル集材、地引き集材を行います。

このため、以下のように、作業工程別に区分する項目を整理し、必要な人員や使用機械、使用器材等を検討します。あとで目標値と実績値を比較して評価するためには、整理した作業工程別の項目に合わせてデータを収集することになります。

### ■ 森林作業システムの検討結果《例》

区分	人員	使用機械	使用器材等
路網整備	1人	ナイフ・グラップル付きバケット	碎石
伐倒・集材・造材	1人	ハーベスタ	
小運搬1	1人	グラップル付きフォワーダ	
伐倒	2人	チェーンソー	
グラップル集材	1人	ウインチ付きグラップル	
地引き集材	2人	ウインチ付きグラップル	繊維ロープ、フック、スリング
造材	1人	ハーベスタ	
小運搬2	1人	グラップル付きフォワーダ	

※ 人員や機械は作業の進捗により複数の現場を移動

※ 別の作業工程のハーベスタ、ウインチ付きグラップル、グラップル付きフォワーダは同じ機械を使用

イ 森林作業システムを考慮した路線案の作成

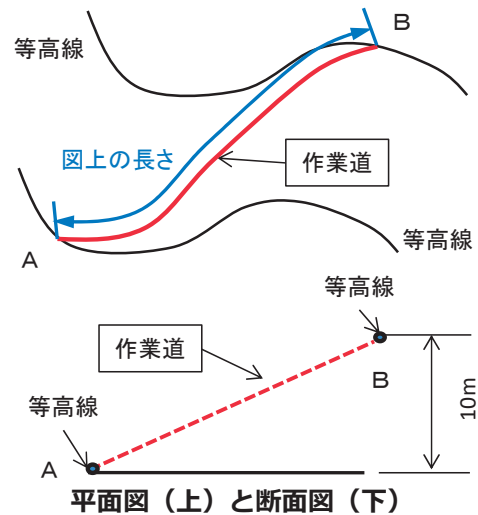
**Point !**  
等高線図を作成し、フォワーダやトラック等が安全に走行できる縦断勾配で計画

路線案を作図するには、GIS<sup>[3]</sup>のベースマップをもとに DEM<sup>[4]</sup>を使って作成した等高線図を使うことで、路線延長と高低差から計画路線の縦断勾配を確認することができます。

下表は、等高線間隔 10m で登坂する水平の路線長と傾斜角の関係を示しています。例えば、等高線間隔 10m を 100m で登坂すると、縦断勾配は概ね 6 度（10%）となります。

縦断勾配を抑えることは、フォワーダやトラック等が木材を積載して走行ができるようにするだけでなく、雨水による路面洗掘を防止することにつながります。このため、縦断勾配は、基本としてできる限り緩くします。その目安は、基本的には概ね 10 度（18%）以下とされています。また、やむを得ない場合は、短区間に限り概ね 14 度（25%）程度で計画します\*5。

勾配%	傾斜（度）	10m 登坂する 路線長（m）
6	3.43	166.67
8	4.57	125.00
10	5.71	100.00
12	6.84	83.33
14	7.97	71.43
16	9.09	62.50
18	10.20	55.56
20	11.31	50.00
22	12.41	45.45
24	13.50	41.67



\*5 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』30 ページ

## Point !

林地傾斜を「見える化」して、ヘアピンカーブ等の作設の適地を確認

路網を作設して山の上まで到達するには、ヘアピンカーブやスイッチバックの作設が不可欠です。ヘアピンカーブやスイッチバックを作設する際は、土量の移動が多くなるため、できるだけ地盤の安定している、地山勾配の緩い尾根部に計画します\*6。

このとき、GIS<sup>[3]</sup>で作成した等高線図や傾斜区分図等を用いて林地傾斜を「見える化」することで、ヘアピンカーブ等の適地となる尾根部を確認することができます。

## Point !

GIS で様々な情報から路網の作設可能な箇所を「見える化」して路線案を作成

GIS には、「複数の図面を重ねて見比べる機能（オーバーレイ機能）」があります。収集した図面を GIS で重ね合わせて表示させ、路網の作設可能な箇所を「見える化」できます。

路線案を作成する際は、地形図や空中写真、災害履歴図等から避けるべき地形と推奨できる地形を抽出したり、土壌図や表層地質図等から作設に留意すべき箇所を確認したりします。このほか、湧水地や人家等保全対象施設、取水箇所、土砂災害危険箇所等といった配慮すべき周辺環境を把握する必要があります\*7。

このように、GIS で様々な情報を確認しながら、下図のように路線案を作成します。

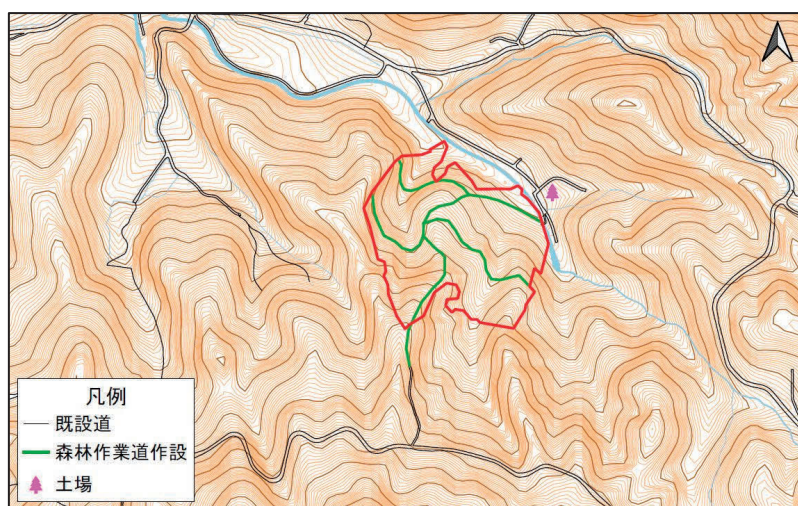


図 GIS で作成した路線案

出典：「基盤地図情報」（国土地理院）(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに作成

\*6 フォレスト・サーベイ(2022)『研修教材 2010 森林作業道づくり (改訂版)』68 - 70 ページ

\*7 林野庁(2015)『研修補助教材 2014 急傾斜地やぜい弱地等での森林作業道づくり』17 - 21 ページ



## ウ 架線計画のシミュレーション

## Point !

GIS で主索の配置や集材機械の設置場所、荷おろし場所を「見える化」

架線集材を行う場合は、路網計画と合わせて、主索の配置や集材装置（集材機・タワーヤード等）の設置場所、荷おろし場所といった架線計画を検討して整理します。

架線系集材システムの場合では、架線の架設・撤収の手間を最小にして安全性や生産性の向上を図るために、土場・支柱・集材機の設置場所の選定や張力に基づいた適切な資器材の選定といった架線計画を立てる必要があります\*8。

このとき、GIS<sup>[3]</sup>等を活用してシミュレーションによる「見える化」をすると、効率的かつ効果的に架線計画を作成できるようになります。

## Point !

主索となる位置の縦断図を確認して、架設可能な場所を選定

GIS で DEM<sup>[1]</sup>をもとに縦断図を作成することができます。主索となる位置の縦断図を確認することで、主索が地面に接地するか否かの地形を確認できます。

現地で遠景により確認する場合、伐倒前では地形が分かりづらいことがありますが、DEM を活用することで、現地の地形を事前に確認できるようになります。

また、2 点間の縦断の位置は、任意の位置に自由に変更することができるため、主索の候補となる位置を再検討することも簡単に行えます。

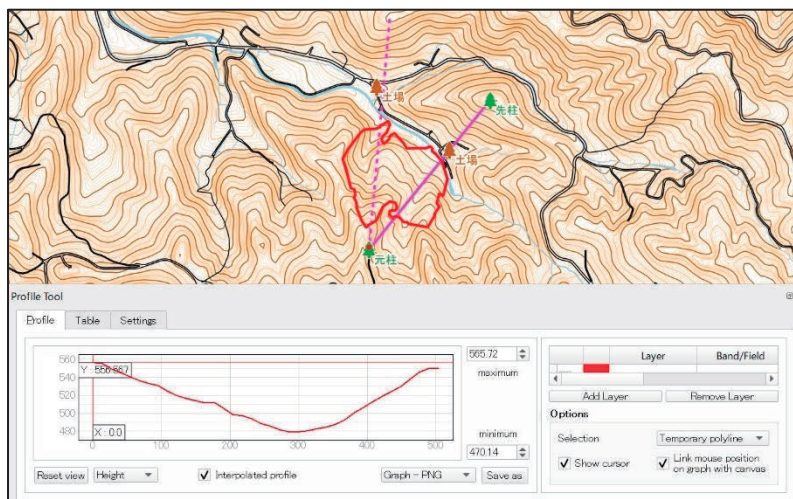


図 GIS で主索となる位置の縦断図を確認

出典：「基盤地図情報」（国土地理院）(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに、『Profile Tool』プラグインを使用して作成

\*8 林野庁(2015)『高度架線技能者技術マニュアル 2014』76 - 91 ページ

## Point !

オープンソースの集材架線設計支援ソフトにより、張力等を確認して安全作業を実施

集材機の架線計画では、材を吊り上げる時に掛かる荷重を想定して、ワイヤロープの強度が安全な使用に耐え得るかを集材架線設計計算により判断します\*9。

このとき、国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所が公開する集材架線設計支援ソフト（以下、「KPLAN7」という。）を用いて効率的に実施することができます。

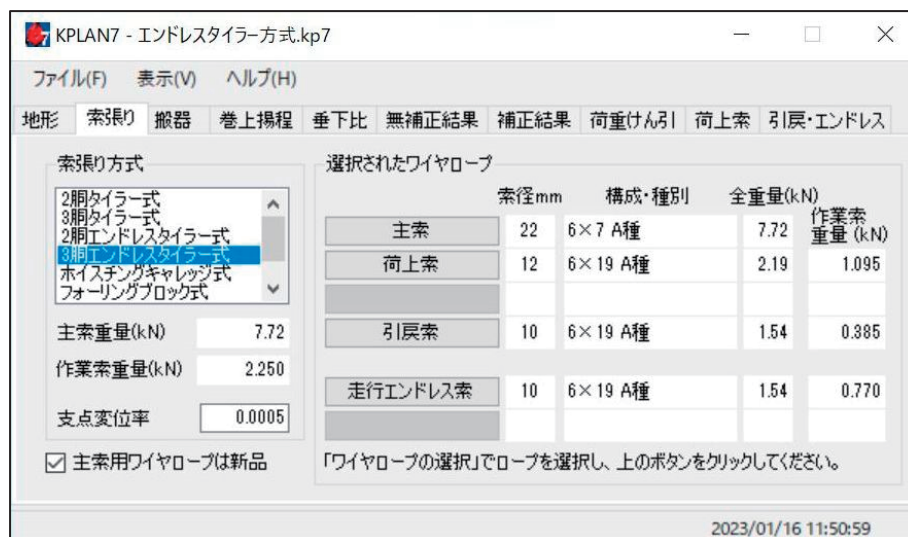
KPLAN7は、支間の水平距離や使用予定の機器等の重量、ワイヤロープの種類等の基本的な情報を入力することで、簡単に集材架線設計計算による安全係数を算出するソフトウェアであり、オープンソース<sup>[12]</sup>として、以下のウェブサイトからダウンロードできます。

### 集材架線設計ソフト「KPLAN」

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/anzen/DownLoad.html>

エンドレスタイラー方式の架線集材を行う場合、主索は必ずアンカーに固定させるので、アンカーとして用いる根株の選定には十分に注意しなければいけません\*10。

このとき、KPLAN7を用いた集材架線設計計算を行うことで、主索の張力が算出されます。架設の際には、この主索の張力をもとに、固定に必要な強度を計算して適切なワイヤ等の器材を選定し安全作業を行います。



\*9 林野庁(2015)『高度架線技能者技術マニュアル 2014』92 - 105 ページ

\*10 林野庁(2015)『高度架線技能者技術マニュアル 2014』78 ページ

**Point !**

集材架線設計支援ソフトと表計算ソフトを使用して、主索の張り上げ状況を再現

KPLAN7 等を使い集材架線設計計算を行った結果から、表計算ソフトを使用することで、下図のような主索の張り上げ状況についてのシミュレーションを行うことができます。

下図は、地形や無負荷の主索、最大積載荷重で負荷をかけた主索、負荷補正をかけた主索の状況を図に表示することができるように、表計算ソフトを使用して作成したものです。

シミュレーションの結果、主索が地面に擦れるような状況になった場合には、再び KPLAN7 を用いてワイヤロープ等の条件を変更しながら集材架線設計計算を行い、その結果から再度シミュレーションを行います。

この反復作業により、事前に安全係数を満たす安全な使用器材の把握がしやすくなり、架設に係る労働強度の軽減にもつながります。

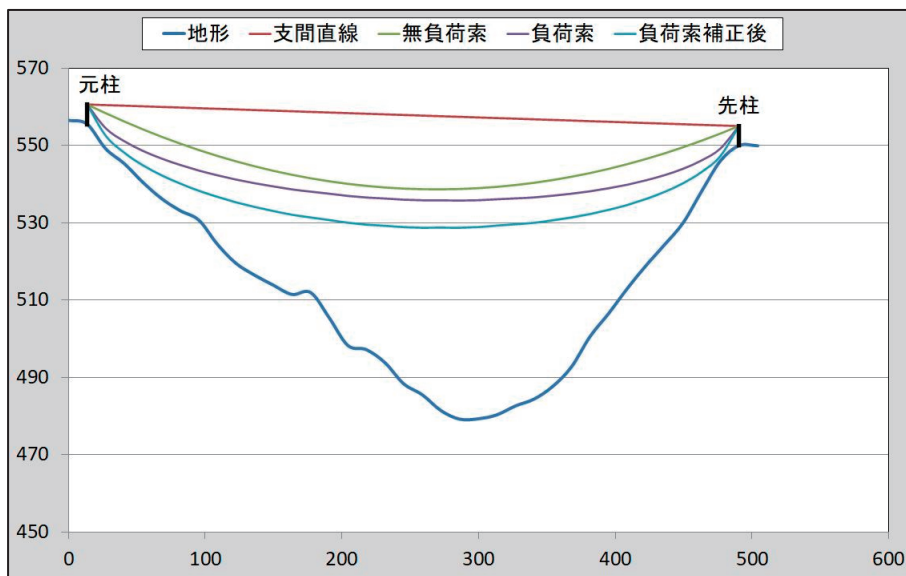


図 集材機の架線計画シミュレーション

## Point !

タワーヤードでは、中間サポートの設置を含んだ主索の張り上げ状況を再現

タワーヤードによる安全で効率的な集材を実現するためには、適切な架線高の確保や中間サポートの活用等が必要不可欠です。架線の位置等の選定に際しては、地形図等を用いた机上計画をもとに現地踏査を行い、具体的な架設場所を選定します。

タワーヤードの架線計画では、架設可能な場所を判断した後、その性能を活かすために中間サポート設置の検討が必要であることや架設時に主索の張力を調整することから、中間サポートの設置を含んだ主索の張り上げ状況のシミュレーションを行います。

タワーヤードの架線計画シミュレーションは、表計算ソフトを用いて、架線計画箇所の地形情報、タワーや支柱の位置及び高さ、主索の単位重量や破断荷重、搬器の重量や積荷重量といった設計荷重、集材方法や荷掛け方法等の基本事項を入力することで、中間支柱及び先柱を用いた架線架設状況を図に表示させることができます\*11。

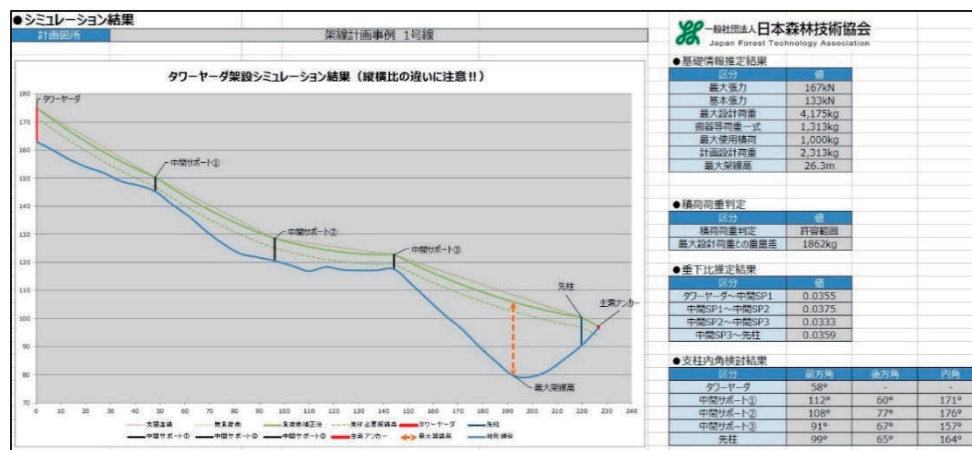


図 タワーヤードの架線計画シミュレーション

出典：前田商行・日本森林技術協会(2023)「先進的林業経営体によるタワーヤードフル活用モデルの構築 事業成果報告書」より引用

\*11 前田商行・日本森林技術協会(2023)「先進的林業経営体によるタワーヤードフル活用モデルの構築 事業成果報告書」11 ページ,林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-68.pdf>



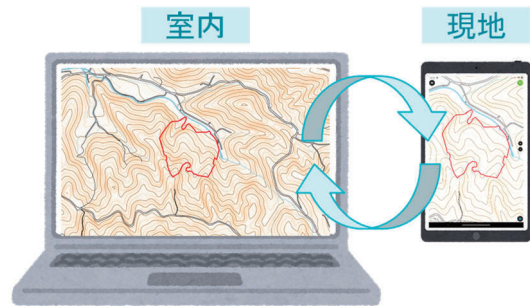
## (4) 現地踏査

**Point !**

GIS のデータをタブレット端末等に入れて、現地の状況との比較を効率的に実施

GIS<sup>[3]</sup>で整理したデータをタブレット端末等に表示できるアプリ（QGIS の場合は、QField というアプリ）を活用することで、机上計画の結果と現地の状況と比較しながら、効率的かつ効果的に現地踏査を行うことができます。

GIS で作成したベースマップをオフライン地図（通信環境がオフラインの状態でも表示させることが可能な地図）にしておくことで、インターネット通信が届かない山間部でも使用できます。

**Point !**

GNSS により位置情報とともに記録して、踏査結果の共有や計画の見直し等に活用

タブレット端末に搭載されている GNSS<sup>[4]</sup>により、現在の位置情報を確認できるため、踏査した軌跡や写真撮影場所、現地で「気づいたこと」のメモ等を位置情報とともに記録できます。

そして、室内に戻った際には、再び GIS に反映させることで、踏査結果の共有や計画の見直し等に活用できます。

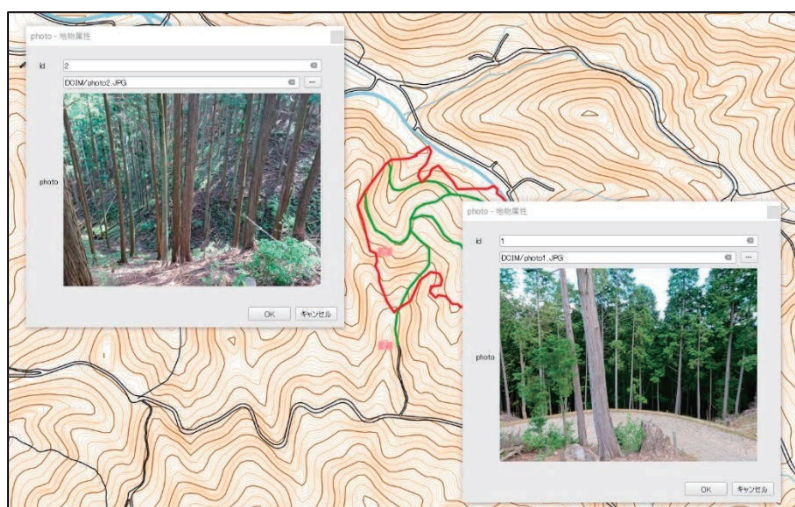


図 写真撮影場所を GIS に反映

出典：「基盤地図情報」（国土地理院）(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに「QGIS3.10」を使用して作成



## (5) 労働生産性の推定

### Point !

使用機械ごとの集材距離をもとに作業区域を色分けし、各作業区域の作業面積を推定

GIS<sup>[3]</sup>の「指定した距離に基づき範囲エリアを作成する機能（バッファ分析）」を使って、作業区域を色分けすることができます。下図は、路網の延長と使用機械ごとの路網からの集材距離をもとに作業区域を色分けしています。

同じ現場でも場所により異なる作業をする場合は、このように GIS で作業区域を色分けすることで、それぞれの作業区域の作業面積を推定することができます。

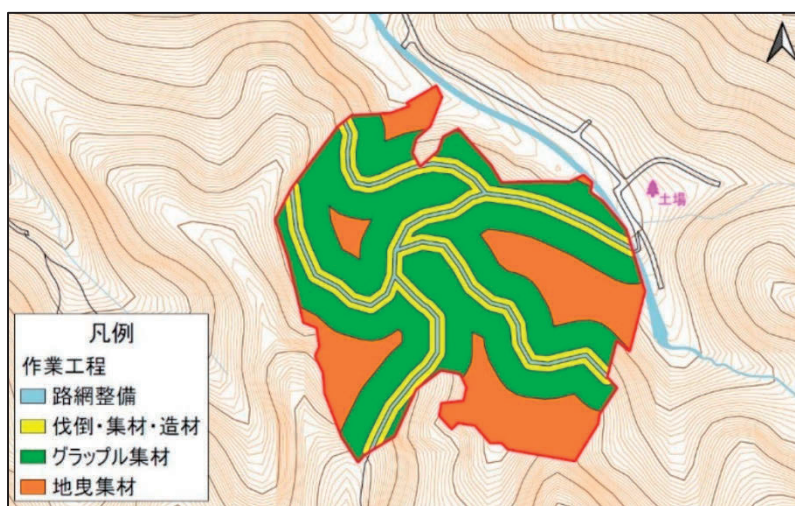


図 GIS で作業区域を色分け

出典：「基盤地図情報」（国土地理院）(<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) をもとに作成

### ■ 作業面積・蓄積量等の推定《例》

区分	使用機械	面積	成立本数 <sup>※2</sup>	蓄積量 <sup>※3</sup>
路網整備 <sup>※1</sup>	ナイフ・グラップル付きバケット	0.27 ha	189 本	119 m <sup>3</sup>
伐倒・集材・造材	ハーベスタ	0.78 ha	546 本	344 m <sup>3</sup>
グラップル集材	ウインチ付きグラップル	2.55 ha	1,785 本	1,125 m <sup>3</sup>
地引き集材	ウインチ付きグラップル	1.30 ha	910 本	573 m <sup>3</sup>
合計		4.90 ha	3,430 本	2,161 m <sup>3</sup>

※1 幅員 3m の森林作業道作設

※2 成立本数=面積 (ha) ÷ha 当たりの立木本数 (本/ha)

※3 蓄積量=成立本数 (本) ×平均単木幹材積 (m<sup>3</sup>/本)

**Point !**  
合理的かつ効率的に作業を進める上で指標となる作業全体の労働生産性を推定

GIS<sup>[3]</sup>で把握した作業区域ごとの作業面積と成立本数、平均単木幹材積等の森林資源情報から、区域内の蓄積量が推定でき、各作業工程の作業量を推定することができます。

次に、過去の作業実績を参考にして各作業工程の生産性の目標値を推定し、各作業工程の作業量をもとに作業日数や人工数を推定します。なお、過去の作業実績等は、作業日報データの集計の積み重ねにより、効果的に把握することが可能です。

そして、作業全体の労働生産性は、作業全体の人工数合計と出材量から求められます。作業全体の生産性を知ることは、進捗状況を管理しながら合理的かつ効率的に作業を進める上で重要な指標となります。

■ 各作業工程の作業日数・人工数の推定《例》

区分	人員	生産性	作業量	作業日数 <sup>※1</sup>	人工数 <sup>※2</sup>
路網整備 <sup>※3</sup>	1人	50 m/日	890 m	18日	18人日
伐倒・集材・造材	1人	70 m <sup>3</sup> /日	463 m <sup>3</sup>	7日	7人日
小運搬 1 <sup>※4</sup>	1人	50 m <sup>3</sup> /日	371 m <sup>3</sup>	8日	8人日
伐倒	2人	126 m <sup>3</sup> /日	1,698 m <sup>3</sup>	14日	28人日
グラップル集材	1人	60 m <sup>3</sup> /日	1,125 m <sup>3</sup>	19日	19人日
地引き集材	2人	40 m <sup>3</sup> /日	573 m <sup>3</sup>	15日	30人日
造材	1人	50 m <sup>3</sup> /日	1,698 m <sup>3</sup>	34日	34人日
小運搬 2 <sup>※4</sup>	1人	50 m <sup>3</sup> /日	1,358 m <sup>3</sup>	28日	28人日

※1 作業日数=作業量÷生産性（端数切上）  
 ※2 人工数=人員×作業日数  
 ※3 路網整備の作業量は、m 単位  
 ※4 小運搬の作業量（=造材の作業量×造材歩留り）は、木材生産量のみ

■ 現場の労働生産性の推定《例》

区分	人工数合計	出材量 <sup>※1</sup>	労働生産性の推定 <sup>※2</sup>
作業全体	172人日	1,729 m <sup>3</sup>	10.1 m <sup>3</sup> /人日

※1 木材生産量のみ  
 ※2 出材量÷人工数合計（小数点以下2位を四捨五入）

## 4-3 作業日報等を活用した木材生産の管理

### (1) データ分析までの流れ

#### ア 組織内での理解の醸成

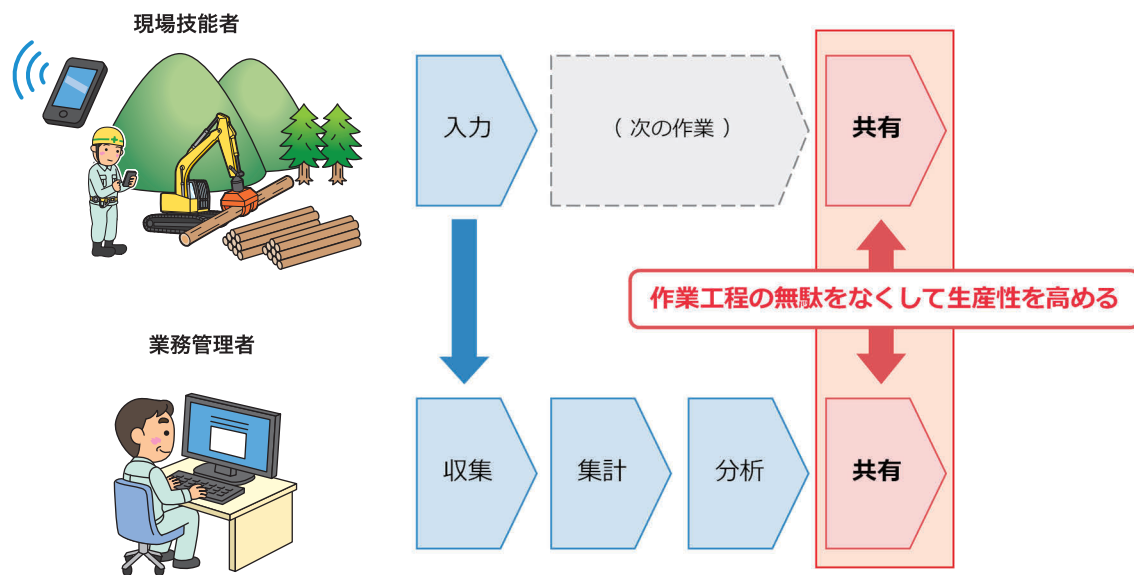
#### Point !

収集したデータを集計・分析して、組織内で共有することで生産性が向上

作業日報は、現場作業の日々の結果を事実に基づき正確に記録するためのツールです。

この作業日報を活用して管理の高度化を図るには、収集したデータを集計・分析して組織内で共有することが重要です。例えば、作業日報等のデータをもとに、各作業工程の進捗状況や出材量、現在までの木材生産に掛かる費用等を分析し、分析結果を組織内で共有することで、作業工程の無駄をなくして生産性を高めることができます。

したがって、作業日報を有効に活用していくためには、組織内の各人が作業日報を毎日つけることのメリットや必要性を正しく認識されている上で、現場に定着させていくことが重要です\*12。



\*12 林野庁(2018)「生産性向上ガイドブック」36 - 37 ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/torikumi-11.pdf>

## イ 入力項目の設定

**Point !**

それぞれの組織で集計や分析のしやすい入力項目を設定

作業日報には、何人の現場技能者が、どのような作業をどのくらい従事したかといった作業状況を記録します。記録した情報をもとに、作業工程別に区分して整理することにより、各作業工程の人工数が算出できます。

作業日報に記入する際には、遅延や作業休止の時間や理由も、併せて記録することは、生産性を評価・改善をする際に有効な資料となります<sup>\*13</sup>。

作業日報は、概ね以下の内容について記録します。作業日報には、定型的な様式はなく、組織ごとに異なります。それぞれの組織で、工夫しながら集計や分析のしやすい入力項目を設定することが重要であり、このことは現場での定着につながります。

**作業日報の主な内容**

- ・いつ（作業ごとの実働時間、休止時間等）
- ・どこで（林小班、伐区名等）
- ・誰が（人員数、使用機械名等）
- ・何を（作業内容）
- ・どれくらい（出材量、作業回数、処理本数、集材距離等）
- ・なぜ（遅延理由・短縮理由等）

**Point !**

管理の目的を明確化して、どの情報を作業日報で集計するか入力項目を厳選

作業日報の記入項目が多過ぎて、記入に時間がかかり過ぎては現場に定着しません。作業日報の入力の手間を最低限にするためには、入力項目を絞る必要があります<sup>\*14</sup>。例えば、機械の稼働状況や検知の結果をもとに作業量を把握できる場合、作業日報には各作業工程の実働時間を記入することで、各作業工程の作業日数と労働生産性は算出可能となります。

このように、木材生産の管理の目的を明確化して、どの情報を作業日報で集計するかを決めて、入力項目を絞ることが重要です。

\*13 林野庁(2015)『高度架線技能者技術マニュアル 2014』60 ページ

\*14 林野庁(2018)「生産性向上ガイドブック」36 - 37 ページ,林野庁.

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/torikumi-11.pdf>

## ウ 集計・分析作業の工夫

### Point !

目的に合わせて集計作業を自動で行えるようにして、効率的かつ効果的に分析

作業日報の集計の手間を最低限にするには、表計算ソフトや日報管理アプリ等を用いて集計作業の自動化を図ることができます。

このとき、目的に応じた分析をするためには、収集した作業日報データから、使う情報だけを選択して集計する作業が必要です。例えば、作業工程別に分けて入力するようにしておくと、各作業工程の作業量を合計することで、各作業工程の進捗状況が把握できます。同様に、各作業工程の作業班全員の実働時間を合計することで、各作業工程の人工数が把握できます。そして、作業量と人工数から、各作業工程の労働生産性が把握できます。

この集計作業を自動化することで、効率的な分析作業を可能とします。収集したデータから自動的に集計するためには、表計算ソフト等を用いて計算式を作成します。このとき、分析したい目的を明確にして、効率的かつ効果的な分析につながるよう工夫しながら計算式を作成することが重要です\*15。

このように、木材生産の管理のために行う集計・分析作業は、業務管理者による手作業になります。しかし、表計算ソフト等を用いて一度計算式を作成しておく、次の現場からは同じ計算式を使って手間をかけずに集計・分析作業を行うことができます。

## エ 分析結果の共有

### Point !

グラフ化するなどして、利用者に伝わりやすいように工夫

データを集計して分析した結果は、表計算ソフト等を用いてグラフ化することができます。例えば、作業の遅れに対応するために指示をする際には、グラフ化して具体的に示すことで、気を付けるべき点や留意すべき点等が作業班に伝わりやすくなります。

このように、分析結果を説明する際には、利用者が理解しやすいように、「見える化」することが重要です。さらに、スマホやタブレット端末等を用いて、どこにいても閲覧できるようにすると利便性が高まります\*16。

\*15 林野庁(2018)「生産性向上ガイドブック」15ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/torikumi-11.pdf>

\*16 林野庁(2018)「生産性向上ガイドブック」36 - 37 ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/torikumi-11.pdf>



## (2) 進捗管理

**Point !**

収集したデータから、現在の作業状況を「見える化」することで進捗管理が可能

作業日報等を活用して、各作業工程の現在の作業状況を把握することで、効率的な進捗管理を可能とします。

例えば、以下のように表計算ソフトを用いて現在の作業状況を「見える化」することができます。作業工程別進捗状況を管理する表において、作業予定量とは、計画段階で整理された既知の数値であり、現状作業実績とは、作業日報等により取得したデータをもとに集計した数値で、現在の各作業工程の作業量を示します。これらの数値を比較することで、各作業工程の進捗状況をグラフ化して把握することができます。また、全体進捗状況を管理する表において、出材予定量と現状作業実績を比較して、全体の進捗状況を把握することが可能です。

そして、作業日報等により収集したデータを現場ごとに振り分けて集計することで、複数の現場を同時に「見える化」できるようになり、進捗管理の高度化につながります。

このように、現在の作業状況を「見える化」することは、情報共有により PDCA<sup>[8]</sup>サイクルの推進や木材流通の効率化を促進します。

## 【全体進捗状況】

区分	出材予定量	現状作業実績	進捗状況
出材量	1729 m <sup>3</sup>	816 m <sup>3</sup>	47.19%

## 【作業工程別進捗状況】

区分	作業予定量	現状作業実績	進捗状況
伐倒・集材・造材	463 m <sup>3</sup>	470 m <sup>3</sup>	101.51%
小運搬1	371 m <sup>3</sup>	376 m <sup>3</sup>	101.35%
伐倒	1698 m <sup>3</sup>	1303 m <sup>3</sup>	76.74%
グラブ集材	1125 m <sup>3</sup>	750 m <sup>3</sup>	66.67%
地引き集材	573 m <sup>3</sup>	245 m <sup>3</sup>	42.76%
造材	1698 m <sup>3</sup>	597 m <sup>3</sup>	35.16%
小運搬2	1358 m <sup>3</sup>	478 m <sup>3</sup>	35.20%

### (3) 出材情報の管理

#### Point !

時間軸で作業状況を把握することで、林内の材の動きを確認

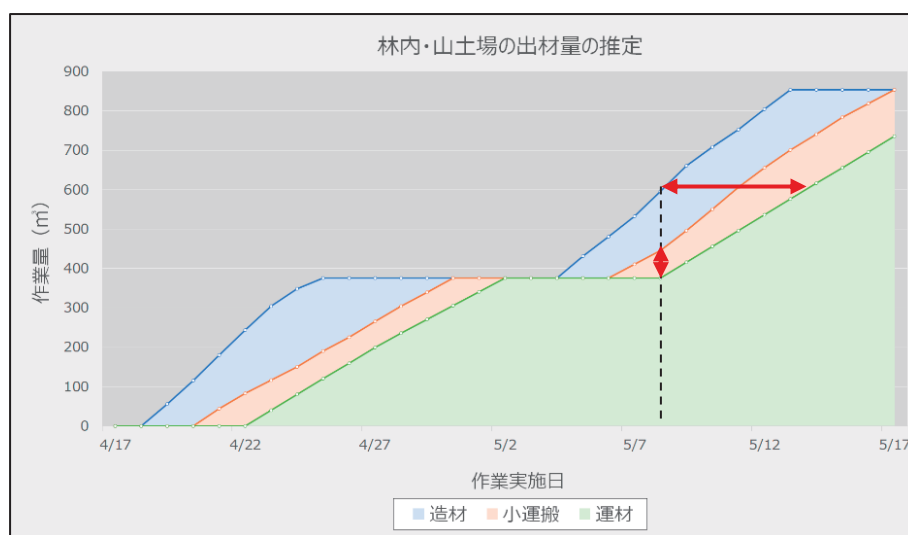
作業日報を活用して、各作業工程の時間軸を含めた作業状況を把握することで、効率的な出材情報の管理を可能とします\*17。

例えば、以下のように表計算ソフトを用いて出材情報の管理を「見える化」できます。造材とフォワーダによる小運搬、トラックによる運材の関係を各作業工程の作業量を累積したグラフを用いて表現しています。

グラフを縦に読むと、ある日の作業量を把握できます。例えば、ある日の小運搬と運材の作業量の差が、桟積みされている未搬出の木材の量になります。

一方で、グラフを横に読むと、出材量に応じた搬出までに要した時間を把握できます。例えば、造材と運材の作業実施日の差が、ある日に造材した丸太が林内に置かれている時間になります。

このように、出材情報の管理を「見える化」することは、作業道脇で造材された状態であるか、小運搬が終わり土場に桟積みされた状態であるか、林内の材の動きを確認しやすくします。このことは、木材流通の効率化につながり、木材の安定供給を可能とすることが期待されます。



\*17 林野庁(2018)「生産性向上ガイドブック」19 ページ,林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/torikumi-11.pdf>

## (4) 評価・改善

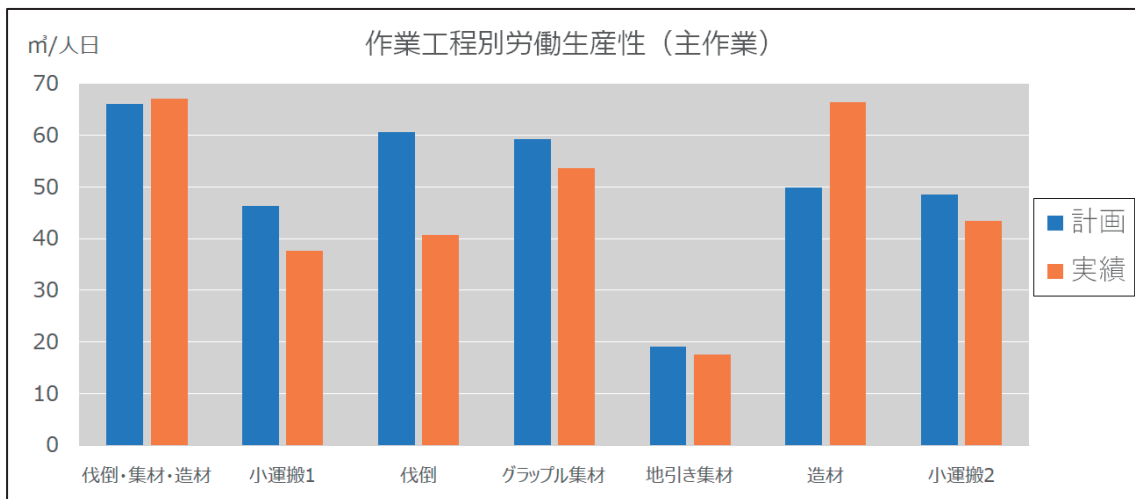
## ア 各作業工程の生産性・コストの評価

**Point !**

計画段階の目標値と実績値を比較して、視覚的に達成度を判断

作業日報データの分析結果を、表計算ソフト等を用いて「見える化」することで、組織内での効率的な情報共有を可能とします。

下図のように、計画段階での目標値と実際の作業の状況に即した実績値を比較することで、視覚的に達成度を判断することができます。

**Point !**

作業の遅れ等の迅速かつ柔軟な対応を可能とし、スキルアップを確認することも可能

作業の途中にも適宜評価を行うことで、作業の遅れ等がある場合は、迅速かつ柔軟に対応することが可能になります。

このほか、労働生産性の評価は、スキルアップを確認する指標になります。現場技能者は、経験を積み重ねることでどれだけ技能が向上しているのかを具体的な数値として把握することで、モチベーションの向上にもつながります。

ただし、評価を行う際には、現場により条件が異なる場合が多いということに留意して、実績値を慎重に取り扱う必要があります。過度な設定は、無理な作業による機械の故障や災害の発生を招くこととなります\*18。

\*18 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』99 - 100 ページ

## Point !

コストの比較は、無駄なコストを削減するなど、コスト意識を醸成

計画段階の目標値と実績値の評価は、労働生産性だけでなく、コストを比較することも可能です<sup>\*19</sup>。コストは、当初の見積もりのおりに順調に作業が進んでいるかを確認して、無駄なコストを削減するために有効な指標となります。

ただし、安全の確保を最優先することが前提にあります。安全で確実な手法で作業を実施して、労働災害や林業機械の故障等を未然に防止することに配慮した上で、必要なコストと無駄なコストを整理して、無駄なコストは削減できるように努めることが重要です。

## イ 森林作業システムの改善

### Point !

評価結果に関わらず、森林作業システムを分析・改善して、次の計画に反映

作業日報を入力する際に、各作業工程の実働時間や作業量、機械の稼働状況、遅延や作業休止の時間や理由等を記録しておくことで、森林作業システムの効率的な分析・改善につながります。

評価結果に関わらず、より効率的な作業を実施していくために、作業方法やその連携にどのような問題があるか分析・改善して、次の計画に反映させます。また、失敗した作業の改善策を考えるだけでなく、効率良くできたことを共有していくことも効果的です<sup>\*20</sup>。

### Point !

年間の平均的な労働生産性を推定して、利益を上げる木材生産ができるかを確認

条件によって 1 つの現場では生産性の確保が困難な場合もあります。そこで、1 年間で通じて目標となる平均的な労働生産性を設定することで、それぞれの現場で利益を上げる木材生産ができるかを確認する指標になります。

年間の労働生産性の目標値とは、年間必要事業量（年間の利益が経費を上回るために必要な事業量）を年間にかかる人工数で割ることで求められます。

利益を上げるには、各現場において、この年間の労働生産性の目標値以上の労働生産性を達成できる森林作業システムを構築する必要があります<sup>\*21</sup>。

<sup>\*19</sup> 日本森林技術協会・住友林業(2022)「令和3年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」36 ページ,日本森林技術協会.[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/0\\_R3 ICTseisanakanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisanakanri-hyoujunka/0_R3 ICTseisanakanrihyoujunka_report.pdf)

<sup>\*20</sup> 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』99 - 100 ページ

<sup>\*21</sup> 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』88 - 89 ページ

#### 4-4 新技術をフル活用させる森林作業システム

##### Point !

デジタルを活用しながら、新技術を活かした森林作業システムを実践

林業経営体には、デジタルを活用しながら、現場を「見える化」して、木材生産の課題解決を図ることが求められます。

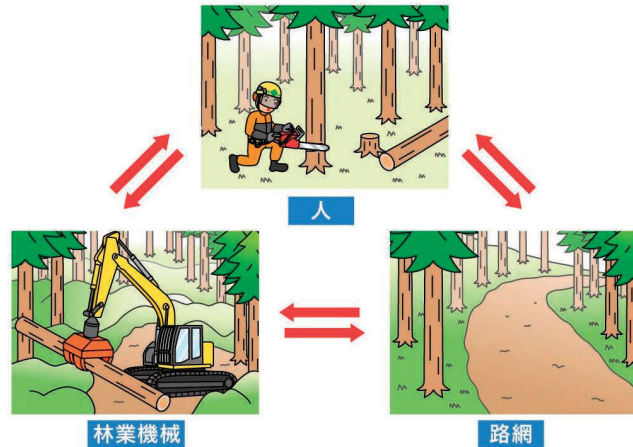
木材生産の課題解決に向けて、日進月歩で様々な新技術が開発されていますが、導入してフル活用させるには、森林作業システムの再構築が重要になります。

効率的な森林作業システムを構築するためには、人・路網・林業

機械のつながりが関わってきます。例えば、林業機械を導入した際は、効果的に活用するための路網整備や人材育成が必要になるほか、他の作業工程との連携はできないかなど模索しながら、林業機械の稼働率を向上させることにより、高い生産性につながります。

この森林作業システムの再構築の過程においても、デジタルを活用することで、導入効果を検証し改善に向けたヒントを得ることができます。

このように、木材生産現場のデジタル化は、新技術をフル活用させる森林作業システムを構築する上で必要不可欠となります。本書では、無償で利用できるオープンソース<sup>[12]</sup>や作業日報等を用いた事例を紹介しました。木材生産現場における効率的な森林作業システムの実践に向けて、参考にさせていただければと考えます。





## 用語の説明

本書での用語	本書における用語の意味
伐倒	チェーンソーやフェラーバンチャ等を使用して、立木を切り倒すこと
集材	車両系ではグラブプルや単胴ウインチ等、架線系ではタワーヤーダや集材機等を使用して、伐倒木を林内路網や土場まで集めること
造材	チェーンソーやプロセッサ等を使用して、伐倒木の枝を払い、木材の用途に応じた長さに玉切りを行うこと
小運搬	フォワードャやトラック等を使用して、伐倒木や造材した木材を土場へ運ぶこと
運材	トラックやセミトレーラ等を使用して、土場に集積した木材を製材所や市場、ストックヤード（中間土場）等へ運ぶこと

用語	用語の説明
[1] DEM	Digital Elevation Model : 数値標高モデル
[2] DSM	Digital Surface Model : 数値表層モデル
[3] GIS	Geographic Information System : 地理情報システム
[4] GNSS	Global Navigation Satellite System : 全球測位衛星システム（米国の GPS や日本の準天頂衛星「みちびき」等の衛星測位システムの総称）
[5] GPS	Global Positioning System : 汎地球測位システム
[6] ICT	Information and Communication Technology : 情報通信技術
[7] IoT	Internet of Things : モノのインターネット
[8] PDCA	Plan（計画）・Do（実行）・Check（評価）・Act（改善）の頭文字からとった、継続的に業務を改善していくための手法のこと
[9] SCM	Supply Chain Management（サプライチェーン・マネジメント）：原材料を調達・加工し消費者に届けるまでの一連の流れのこと
[10] UAV	Unmanned Aerial Vehicle : 無人航空機（ドローン、ラジコン機等）
[11] VR	Virtual Reality : 仮想現実（仮想的な空間を疑似体験できる技術）
[12] オープンソース	ソースコードを無償で公開し、誰でも自由にソフトウェアを利用できるようにすること。または、その考えに基づいて公開されたソフトウェアのこと
[13] オープンデータ	誰でも容易に無償で利用できるデータのこと
[14] ボトルネック	瓶の首が細くなっている部分では流れる量が制限されるように、作業工程の中で作業の流れが停滞してしまう工程のこと
[15] 木材需給のマッチング	需要に応じた適切な木材供給を行うために、木材の需要と供給に関する情報を共有して一致させること

※本文中の注番号は、同ページに複数用いる時には、最初のみとする。

## 主な引用文献・参考資料

---

- ・ 林野庁(2023)『令和4年度 森林・林業白書』
- ・ 林野庁(2022)『令和3年度 森林・林業白書』
- ・ 林野庁(2019)『平成30年度 森林・林業白書』
- ・ 林野庁(2015)『平成26年度 森林・林業白書』
- ・ 林野庁(2020)『研修教材 2019 路網を活かした森林作業システム』
- ・ 林野庁(2017)『高度架線技能者技術マニュアル 2016 (タワーヤーダ編)』
- ・ 林野庁(2015)『高度架線技能者技術マニュアル 2014』
- ・ 林野庁(2015)『研修補助教材 2014 急傾斜地やぜい弱地等での森林作業道づくり』
- ・ フォレスト・サーベイ(2022)『研修教材 2010 森林作業道づくり (改訂版)』
- ・ 加治佐剛・寺岡行雄(2022)『林業改良普及双書 No.201 スマート林業から林業DXへ ICT林業の最新技術』全国林業改良普及協会
- ・ 遠藤日雄・吉田美佳・全林協(2019)『林業改良普及双書 No.191 丸太価値最大化を考える「もったいない」のビジネス化戦略』全国林業改良普及協会
- ・ 椎野潤(2017)『林業改良普及双書 No.186 椎野先生の「林業ロジスティクスゼミ」ロジスティクスから考える林業サプライチェーン構築』全国林業改良普及協会
- ・ 吉岡拓如・酒井秀夫・岩岡正博・松本武・山田容三・鈴木保志(2020)『森林利用学』丸善出版
- ・ 柴田産業・住友林業・岩手大学農学部(2023)「ICTを活用したCTLシステムによる垂直統合型経営モデルの構築 事業成果報告書」林野庁。  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-64.pdf>
- ・ 白鳥林工協業組合・中江産業・岐阜県立森林文化アカデミー・岐阜県郡上農林事務所(2023)「最新式集材機とICTハーベスタ等を核とした主伐・再造林システム実証・普及事業 事業成果報告書」林野庁。  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-66.pdf>
- ・ 前田商行・日本森林技術協会(2023)「先進的林業経営体によるタワーヤーダフル活用モデルの構築 事業成果報告書」林野庁。  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/attach/pdf/keiei-68.pdf>
- ・ 林野庁(n.d.)「林業イノベーションハブセンター(森ハブ)」林野庁。  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/morihub.html>

- ・ 林野庁(2022)「林業イノベーション現場実装推進プログラム（令和4年7月アップデート版）」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-42.pdf>
- ・ 林野庁(n.d.)「森林資源情報のデジタル化／スマート林業の推進」林野庁.  
[https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart\\_forestry.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html)
- ・ 日本森林技術協会・住友林業(2022)「ICT 林業生産管理システム標準仕様書（アプリ編） Ver. 1」日本森林技術協会.  
[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/1\\_R3\\_ICTseisankanri\\_hyoujunsiyousho\\_app.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/1_R3_ICTseisankanri_hyoujunsiyousho_app.pdf)
- ・ 日本森林技術協会・住友林業(2022)「ICT 林業生産管理システム標準仕様書（機械管理編） Ver. 1」日本森林技術協会.  
[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/2\\_R3\\_ICTseisankanri\\_hyoujunsiyousho\\_kikaikanri.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/2_R3_ICTseisankanri_hyoujunsiyousho_kikaikanri.pdf)
- ・ 日本森林技術協会・住友林業(2022)「令和3年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」日本森林技術協会.  
[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/0\\_R3\\_ICTseisankanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/0_R3_ICTseisankanrihyoujunka_report.pdf)
- ・ 日本森林技術協会・住友林業(2021)「令和2年度 ICT 生産管理システムの標準化事業報告書」日本森林技術協会.  
[https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/0\\_R2\\_ICTseisankanrihyoujunka\\_report.pdf](https://www.jafta.or.jp/pdf/ICTseisankanri-hyoujunka/0_R2_ICTseisankanrihyoujunka_report.pdf)
- ・ 日本森林技術協会・住友林業(2023)「スマート林業実践マニュアル総集編（令和4年度スマート林業構築普及展開事業）」林野庁.  
[https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/attach/pdf/smart\\_forestry-1.pdf](https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/attach/pdf/smart_forestry-1.pdf)
- ・ 林野庁(2020)「林政審議会(令和2年10月12日)配付資料 再造林の推進」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/attach/pdf/201012si-18.pdf>
- ・ 日立建機日本(2018)「ティエラプラスNo.125 特集 林業ビジネス活性化のカギ」日立建機日本.  
<https://japan.hitachi-kenki.co.jp/files/4106-TIERRA+125.pdf>
- ・ 加藤誠平(1967)「サムセット教授の「不連続性進化の法則」についての解説（後）」機械化林業 162号
- ・ 藤興業(n.d.)「守のきこり パンフレット」藤興業.  
<https://www.fjk-akita.jp/wp-content/themes/fuji/pdf/doc01.pdf>
- ・ 日本林業調査会(2022)「機械メーカーとタグを組み無人化林業へ、久大林産」『林政ニュース』第690号
- ・ 農村ニュース(2023)「天竜林業技術者協会 遠隔操作フォワード検討会」国際農業社.  
<https://www.nouson-n.com/media/2023/01/31/8521>

- ・ 林業・木材製造業労働災害防止協会(n.d.)「伐木造材機械（高性能林業機械）による作業の安全」林業・木材製造業労働災害防止協会.  
<https://www.rinsaibou.or.jp/safety/method/method2.html>
- ・ 林野庁(2021)「今後の路網整備のあり方検討会報告書」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/attach/pdf/kentokai-25.pdf>
- ・ 林野庁(n.d.)「ホイール型林業機械及び大型の林業機械の走行・輸送に係る手続きについて」林野庁.<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/wheel.html>
- ・ 国土交通省(n.d.)「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール」国土交通省.[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)
- ・ 国土交通省(n.d.)「無人航空機登録ポータルサイト」国土交通省.  
<https://www.mlit.go.jp/koku/drone/>
- ・ 国土交通省(2023)「無人航空機機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン」国土交通省.<https://www.mlit.go.jp/common/001303818.pdf>
- ・ 国土交通省(n.d.)「無人航空機操縦者技能証明等」国土交通省.  
<https://www.mlit.go.jp/koku/license.html>
- ・ 林野庁(n.d.)「森林・林業における無人航空機に関する新たな制度の運用（機体登録・機体認証・操縦ライセンス制度）」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kouhou/bunyabetsu/attach/pdf/index-2.pdf>
- ・ 国土交通省(2022)「無人航空機の飛行の安全に関する教則」国土交通省.  
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001520517.pdf>
- ・ 日本森林技術協会(2023)「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/doron-10.pdf>
- ・ 林野庁(n.d.)「森林・林業に係る情報基盤整備について」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/jouhoukibanseibi.html>
- ・ 林野庁(2023)「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-2.pdf>
- ・ 林野庁(2010)「路網・作業システム検討委員会 最終とりまとめ」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/saisei/pdf/romousaisyuu.pdf>
- ・ 林野庁(2018)「生産性向上ガイドブック」林野庁.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/torikumi-11.pdf>
- ・ 国土地理院(n.d.)「オルソ画像について」国土地理院.  
<https://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa40002.html>
- ・ 国土地理院(n.d.)「GIS とは・・・」国土地理院.  
<https://www.gsi.go.jp/GIS/whatisgis.html>

- 国土地理院(n.d.)「GNSS 測位とは」国土地理院.  
[https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi\\_aboutGNSS.html](https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi_aboutGNSS.html)
- 国土地理院(n.d.)「GNSS を使用した測量のいろいろ」国土地理院.  
<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>
- 産業技術総合研究所(n.d.)「20 万分の 1 日本シームレス地質図」  
産業技術総合研究所.<https://gbank.gsj.jp/seamless/>
- 防災科学技術研究所(n.d.)「地すべり地形 GIS データ：ダウンロード」  
防災科学技術研究所.  
[https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied\\_tech\\_note/landslidemap/gis.html](https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html)
- 国土地理院(n.d.)「基盤地図情報 ダウンロードサービス」  
国土地理院.<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
- QGIS.ORG(n.d.)「QGIS のダウンロード」  
QGIS.ORG.<https://www.qgis.org/ja/site/forusers/download.html>
- 国土交通省(n.d.)「国土数値情報ダウンロードサイト」  
国土交通省.<https://nlftp.mlit.go.jp/>
- 社会基盤情報流通推進協議会(n.d.)「G 空間情報センター」  
G 空間情報センター.<https://front.geospatial.jp/>
- 朝日孝輔(2017)「CS 立体図作成ツール (QGIS 版)」G 空間情報センター,  
<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cs-tool>
- 日本森林技術協会(2023)「CS 立体図を使った地形判読マニュアル」林野庁,  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/attach/pdf/romou-12.pdf>
- 森林研究・整備機構(n.d.)「集材架線設計ソフト「KPLAN」」森林研究・整備機  
構.<https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/anzen/DownLoad.html>

※インターネットの URL は、本文も含めてすべて 2024 年 2 月 22 日に最終閲覧した。



## 写真提供

---

- ・ 一般社団法人 日本森林技術協会
- ・ 高知県立森林技術センター
- ・ 茨城県森林組合連合会
- ・ 株式会社 柴田産業
- ・ 前田商行 株式会社
- ・ 株式会社 森淵林業
- ・ 株式会社 守岡林産
- ・ イワフジ工業 株式会社
- ・ 株式会社 諸岡
- ・ コマツ
- ・ 株式会社 ジツタ
- ・ 緑産 株式会社
- ・ 松本システムエンジニアリング 株式会社
- ・ キャニコム
- ・ 林野庁

令和5年度  
新技術を活かした森林作業システム高度技能者育成事業

**研修教材 2023 新技術を活かした森林作業システム**  
～これから始めるデジタル化～

令和6年3月発行

**林 野 庁**

受託者 一般社団法人 フォレスト・サーベイ

問い合わせ先：森林技能者育成事務局  
〒102-0085 東京都千代田区六番町7 日林協会館  
TEL：03-6737-1297 FAX：03-6737-1298  
メールアドレス：romou@f-survey.jp

無断転載・複製を禁ず

