

# テーマ 2 : 機械開発 報告書

# 目次

1.調査の実施方針	3
2.分科会の設置	5
3.メーカーヒアリングの実施	11
4.成果物のとりまとめ	14

# 1.調査の実施方針

# 林業機械の自動化・遠隔操作化について、機械メーカー等が技術開発の際に参考にできるような情報整理を行い、成果物文書にとりまとめました

## テーマ2 機械開発 事業実施方針

### 令和3年度の実施内容

- 令和3年度事業では、特に無人化・遠隔操作化・自動化技術についての機械開発状況、技術課題等を重点的に調査・整理し「機械開発・森林作業システム方針案」をとりとまとめた
- また、自動化機械安全性ガイドラインについて、内容を調査・検討し、案を作成した

### 令和4年度の実施事項

- 分科会を開催し、林業機械の自動化・遠隔操作化について深堀するかたちで、調査・分析を実施
- 林業機械開発メーカーが、技術開発の参考とできるよう「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」をとりとまとめ

### 令和4年度の実施事項

#### 1. 分科会の設置

#### 分科会の設置

- 令和3年度成果をベースに、林業機械の自動化・遠隔操作化普及に向けた条件整備・諸課題等の精査
- 通信技術、自己位置推定技術、AI等の異分野先端技術の現状を整理

#### 2. メーカーへのヒアリング実施

#### 自動化・遠隔操作化の技術開発の現状・課題、求める情報等の内容をヒアリング

- 林業機械の自動化・遠隔操作化について、機械メーカーの開発の現状・課題、今後に関する展望、意見等を聴取し、開発を進めるメーカーにとって有益な情報のとりまとめ

#### 3. 成果物案とりまとめ

#### 成果物案のとりまとめ

- 機械の自動化・遠隔操作化に向けた諸課題
- メーカー等が技術開発の際に参考にできる情報の整理

#### 成果物作成

調査結果を成果物としてとりまとめ

### 専門委員会での協議事項

第1回 ■ 全体方針の策定

第2回 ■ 第1回分科会報告

第3回 ■ 第2回分科会報告

第4回 ■ 第3回分科会報告  
■ 成果物案の検討

### 分科会での協議事項

第1回 ■ 自動化・遠隔操作化に関する現状と課題

第2回 ■ 課題解決に必要な技術・インフラの整理

第3回 ■ 「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」成果物案の検討

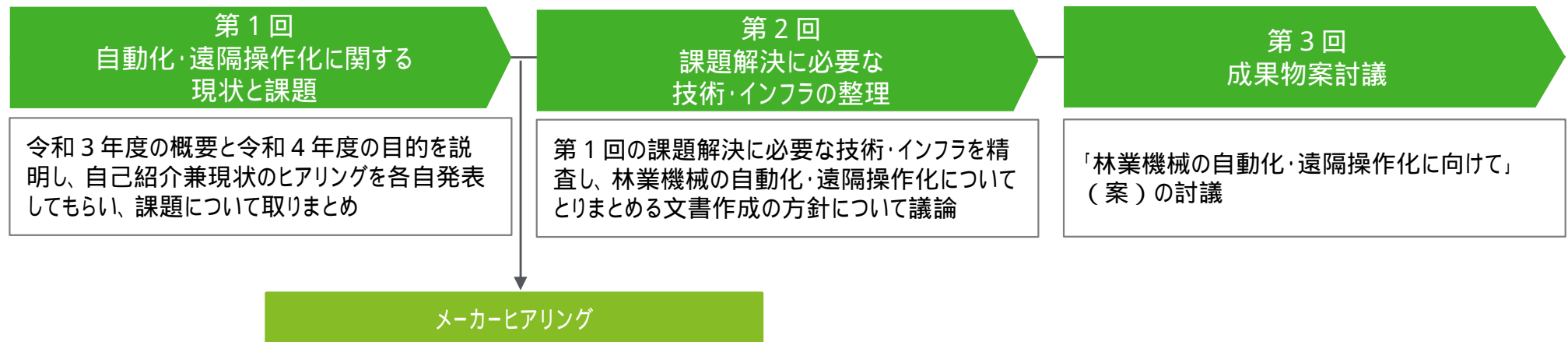
## 2. 分科会の設置

# 分科会では委員を選定し、林業機械の自動化・遠隔操作化を実現する諸技術、必要な条件整備について議論を重ねました

## 分科会実施方針

- ▶ 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）における「技術開発と普及の現状」「普及等に向けた課題」の内容とも連動させ、各種技術の進展、普及課題、諸技術に求められる条件整備等について、専門家との議論を重ね、機械メーカー等に参考となる文書を取りまとめる

### 分科会 検討議題



### ■ 分科会の開催方法

- ▶ Zoom等でのリモート開催、または書面による意見収集・討議を実施

# 分科会は、林業機械の学識者に加え、自動化・遠隔操作化に取り組むメーカー、関連技術の専門家と現場側の事業体で構成されました

## 分科会委員一覧

分類	所属	役職	氏名（敬称略）
学識者（座長）	京都大学フィールド科学教育研究センター 森林生態系部門 森林育成学分野	准教授	長谷川 尚史
学識者	森林総合研究所 林業工学研究領域 収穫システム研究室	室長	中澤 昌彦
学識者	森林総合研究所 林業工学研究領域 省力化技術研究室	室長	山口 浩和
メーカー （建機）	ARAV(株)	マーケティング・DX戦略 統括マネージャー	中本 武範
技術 （通信）	京都大学 大学院情報学研究科	教授	原田 博司
技術 （自己位置推定）	東京海洋大学 海洋工学部 海洋電子機械工学科	教授	清水 悦郎
技術 （AI）	法政大学 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科	教授	今井 龍一
林業事業体 （車両系）	(株)柴田産業	専務取締役	柴田 智樹
林業事業体 （架線系）	(有)川井木材	代表取締役	川井 博貴

# 第1回分科会では、林業機械の自動化・遠隔操作化に係る現状・課題・展望について意見を集約しました

## 第1回分科会実施内容振り返り

### ■ 概要

- 林業機械の自動化・遠隔操作化の実現に向けて、各委員の取組・課題・今後の期待についての情報共有と、今後の方向性について、意見交換を行った。

### ■ 内容

#### 現状

- **フォワーダによる作業道の走行に関しては、自動化・遠隔操作化に係る実証試験が進んでいる。**適用する通信・自己位置推定技術によって走行位置の誤差が異なるため、それに対応した路網規格・道幅を考慮する必要がある。
- バックホウ等の重機に関して、遠隔操作化については、後付けでロボットを据え付けて運転させる技術があり、実用化もされている。自動化に関しては、土砂等の積込み・積卸しといった単純な一部作業については、実証試験が進んでいる。

#### 課題

- **林業機械の自動化・遠隔操作化とともに、森林内での通信インフラの構築が最大のボトルネック。**
- 自己位置推定技術に関しては、カメラ + Lidar-SLAM + GNSSによる実証試験が進んでいるが、精度の高い森林作業の自動化には、構築した3Dマップによる、自己位置の補正も必要となる。
- AI技術に関しては、まだ発展途上。自動化に必要なヒヤリハットの判定といった多様な予測・対応は、現状難しい。
- **精度の高い技術は、導入・開発コストが高くなる**ため、日本の林業機械メーカーの市場が基本国内のみという状況において、日本のメーカーが高度な機械開発等における**採算性を確保することは困難**である。
- 市場規模を海外に拡大するにあたっては、機械仕様の世界標準への適合が求められる。

#### 今後の展望

- 通信については、持ち運び可能な中継器を用いた、**森林内に通信網を構築する実証試験が一部地域で成功**している。
- 画像圧縮技術の発達により、**小さなデータ容量で高解像度の画像の転送が可能**になりつつある。
- AIについては、林道のような未舗装道路において、機械学習により概ね道路境界の認識ができた事例がある。



# 第2回分科会においては、林業分野の課題と、その解決に期待する自動化・遠隔操作化の内容・課題に対する、対応策について議論しました

## 第2回分科会の内容

### ■ 概要

情報共有	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 林業分野における課題を共有</li><li>■ その解決に期待する林業機械の自動化・遠隔操作化の内容・課題を、林業の各工程ごとに共有</li></ul>
ブレインストーミング	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 各工程ごとの林業機械の自動化・遠隔操作化の内容・課題について</li><li>■ その実現に必要な要素技術及び規格について ( 要素技術の規格検討にあたり、追加で必要な条件について )</li></ul>

### ■ 主な意見交換内容

【林業関係】	<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 林業では、完全に自動・遠隔操作化するのが難しいため、一部の自動化・遠隔操作化が現実的である。ただし、伐倒といった危険作業においては、映像のリアルタイム性と、ハイビジョンクラス相当の画質が求められる。</li></ul>
【異分野】	<ul style="list-style-type: none"><li>● 必要な技術を実現するための通信手段の開発・確保は不可能ではないが、通信設備がコスト的に林業に適用できるかは要検討。</li><li>● 日本の建設業では大規模な現場でも発注は分割して行われるため、結果、小規模になりやすく費用対効果が得られにくい。そのため、同じ建機を海外で使用して、初めて費用対効果を得られることが多い。</li></ul>
【林業関係】	<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 林業の自動化・遠隔操作化に期待する効果としては、主に安全管理や生産性向上、及び作業の高度化に資するナレッジマネジメントが挙げられ、各工程でそれぞれ期待する効果の強弱は異なる。</li></ul>
【異分野】	<ul style="list-style-type: none"><li>● 全ての工程で効果を求めると、費用及び技術難易度が高くなるため、工程毎に目的や要件を明確化するとともに、自動化・遠隔操作化のレベル設定も必要。</li><li>● メーカーの競争領域・協調領域の線引きをどこにするか、決める必要がある。</li></ul>

各要素技術について、分科会委員に個別ヒアリングを実施し、成果物（案）を作成

# 第3回分科会においては、事務局より成果物（案）を提示し、分科会委員からの指摘を受け、成果物最終化に向けて内容の精緻化を図ることとしました

## 第3回分科会の内容

### ■ 概要

成果物（案）の提示	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 第二回分科会までに挙げられたご意見や、メーカーヒアリング、分科会委員ヒアリング等から得られた知見を基に、令和4年度の成果物（案）としての「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて（案）」を提示</li><li>■ 分科会委員の皆様からのご指摘を、成果物に反映することとした</li></ul>
-----------	--

### 成果物(案)へのご意見・ご指摘

- 第二章
  - 森林における通信技術活用の方向性については、「より広域・より高速・より多数」にしていくことがポイントかと思われるので、記載を付け加えるべきではないか。
  - 「林業機械との通信方式」のページ（P14）が現状の方式を表しているのであれば、P.17の通信要件一覧をP.15、16の前に入れる方が流れは分かりやすいのではないか。
- 第三章
  - 各作業工程について、いきなり現地で自動施業という流れとなっているが、現場条件を把握してある程度プランニング（シミュレーション）をしてから動かすのが適当ではないか。また、何かトラブルが起こった際の対応をどうするかという部分が必要ではないかと思う。また、直列作業か、並列作業なのかによって難易度が大きく変わるため、どちらを想定しているのか触れるべきではないか。
  - GNSSの活用に関しても、別途技術紹介が必要ではないか。Moving baseのような使い方もあり、農業トラクター等で先行して使われてもいる。また、センサーは、複数の周波数を扱える安価なものも出てきており、みちびきや他の無線を活用したRTK測位といった、GNSSの活用方法は今後も増えていくと思われるため、別途取りまとめた方が良いと思われる。
- 第四章
  - 自動化・遠隔操作化は、夢物語のように思えて難しい印象がある。特に四国等の急峻地では伐倒の機械化自体が厳しく、タイヤ式の機械をウインチアシストしても林内走行が難しい現場が多い。現実的なところでの期待としては、造材の自動化ができれば作業工程の短縮に繋がり、フォワーダの積み下ろし作業をキャビン内からできれば労働強度軽減に繋がる。

### 3. メーカーヒアリングの実施

# 林業機械の自動化・遠隔操作化を進展させるため、機械メーカー等から技術開発の現状・課題等についてヒアリングを実施しました

## ヒアリングの実施概要

### ■ ヒアリング目的

- 林業機械の自動化・遠隔操作化について、機械メーカーの開発の現状・課題、今後に関する展望、意見等を聴取し、開発を進めるメーカーにとって有益な情報のとりまとめを行う。

### ■ ヒアリング実施一覧

- 林業機械開発を行うメーカーの他、建機等の自動化・遠隔操作化・電動化に取り組むメーカーにもヒアリングを行いました

#### 【ヒアリング事項（一部抜粋）】

- 「林業機械開発の際に想定・考慮している現場条件は？」
- 「林業機械の自動化・遠隔操作化に必要と考える要素技術とは？及びその技術の情報収集方法は？」
- 「機械開発の際に必要な情報とは？」
- 「現状の自動化・遠隔操作技術の実装内容」

ヒアリング先	ヒアリング先開発機械例
前田製作所	油圧式集材機（遠隔操作化）
諸岡	自動化・遠隔操作化フォワーダ
魚谷鉄工	自動化・遠隔操作化フォワーダ
イワフジ工業	架線式グラップル
筑水キャニコム	造林作業機械
鹿島建設	人工筋肉ロボット（A-SAM）の伐採機械への搭載
住友建機	電動建機

# 機械メーカー等へのヒアリングでは、成果物への記載内容や自動化・遠隔操作化・電動化の課題等についてご意見をいただきました

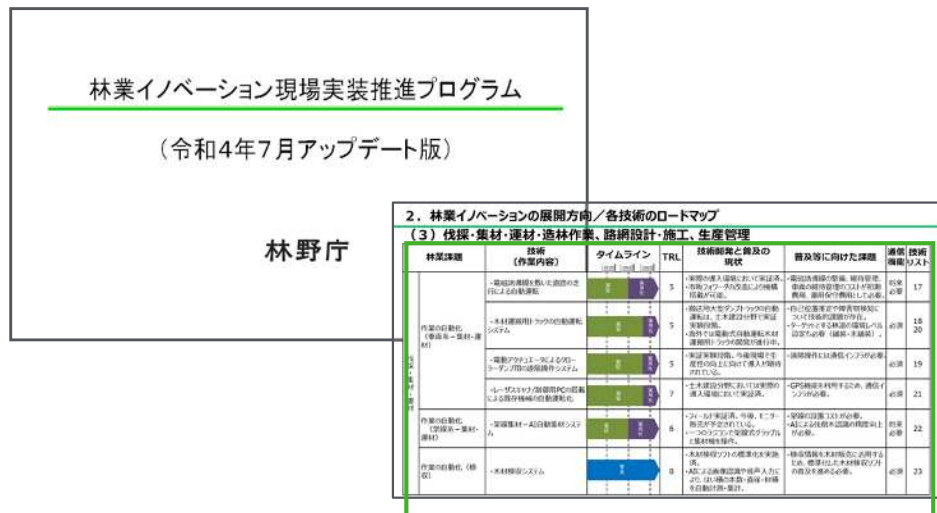
## メーカーへのヒアリング結果サマリ

林業機械の開発の際に想定・考慮している現場条件について	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 現行の機械においては、各地域ごとで現在使用されている作業システムと、生産されている材の種類・規格に合わせて、開発を行っている。</li><li>➤ 傾斜等の現場条件に依拠した開発は行っておらず、複数の規格の機械を用意して、広い地域で対応できるようにしている。</li></ul>
異分野等の要素技術の情報収集方法について	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 異分野の要素技術については、関係雑誌・各種展示会等で情報収集・人脈構築をしている。</li><li>➤ 開発事業等におけるコンソーシアムをきっかけに、人脈形成と情報収集が行えている。</li></ul>
本成果物に記載を求める内容について	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 林業機械の方向性・動向（標準規格・安全基準の設定）を把握したい。</li><li>➤ 現場の要望と要素技術の開発動向を把握したい。</li><li>➤ 要素技術の開発動向など、内容が一定のスパンで更新されるのであれば、継続して参照したい。</li></ul>
自動化・遠隔操作化の課題について	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ ノウハウのない要素技術を導入する機械開発にあたっては、専門家や異業種の企業との連携が不可欠。</li><li>➤ 建設業においては国内外問わず、遠隔操作化は生産性が落ちやすく、必要な人員数も変わらないため、危険箇所での作業以外では、利用がないため、進んでいない。自動化については、ランニングコストの低下が期待できるため、今後も技術の発展は見込まれる。</li><li>➤ 林業機械の自動化・遠隔操作化に関しては、現状競争を促すほどマーケットが大きいため、まずは連携して技術革新を進めるべき。</li><li>➤ 異分野からの参入があっても、マーケットが小さいままなら、すぐに撤退される可能性がある。</li><li>➤ 技術の patents の有無について、問い合わせられる機関が欲しい。</li><li>➤ センサー等を多く取り付けても精度は上がるが、その分費用が高くなるため、必要最小限のレベルを検討する必要がある。</li></ul>
電動化について	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 建機等では小型機械から徐々に大型化に向けた開発が行われているが、コスト（バッテリー価格）が課題。</li><li>➤ バッテリー開発と機械開発のメーカーは異なることが多く、バッテリーを建機に設置するスペースの確保・調整が難しい。</li><li>➤ 電動機械を使用するためには、充電設備の設置が必要となり、現場条件によっては電動機械を使用する方が、環境負荷を与える恐れがある。</li></ul>
その他（森ハブに対して）	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 昨年度成果物の技術リストのTRL（技術成熟度）は非常に参考になっている。</li><li>➤ 林業機械メーカー同士の横のつながりは現状ほとんどないが、今後自動化・遠隔操作化を推進するにあたっては、異分野との連携支援に加えて、規格の標準化・安全基準の制定、規制緩和の要望など、メーカーで足並みを揃えて行政への働きかけを行ったり、情報交換できる場があれば有難い。</li><li>➤ メーカー間の垣根を取っ払った若手技術者中心の共同開発事業があってもおもしろいのでは。</li><li>➤ 開発の補助事業はあるが、その前の企画段階について、援助・補助する仕組みがあれば有難い。</li></ul>

## 4. 成果物のとりまとめ

# 令和4年度成果物は、林業機械の自動化・遠隔操作化について、より詳細に現状・課題を整理する文書として作成しました

## 文書の位置づけ



### 文書名

林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて

### 要旨

- **成果物の位置づけ**
  - 林業イノベーション現場実装推進プログラムの各技術のロードマップのうち、特に生産性・安全性向上への期待値が大きい林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた技術等について掘り下げて解説する
- **文書目的**
  - 林業機械の自動化・遠隔操作化の技術開発の現状、課題と対応策を整理し、機械開発メーカー等が参照しやすい文書とする
- **記載事項（詳細は、別途目次参照）**
  - 自動化・遠隔操作化に資する技術開発の現状（通信技術、自己位置推定技術、AI等の異分野技術）
  - 林業機械の自動化・遠隔操作化に必要な要素技術
  - 林業機械の自動化・遠隔操作化に対応した森林作業システム

内容を連動

成果物  
林業機械の自動化・遠隔操作化  
に向けて

◆ 成果物は、「自動化・遠隔操作化」技術に特化し、イラスト等を使用し、より視認性の高い資料とする。



# 第3回分科会では、作成した成果物（案）について、意見照会を行い、内容の精緻化を図りました

## 成果物の目次

### 第1章 林業機械における自動化・遠隔操作化の目的と現状

- 1 林業機械における自動化・遠隔操作化の目的と現状

### 第2章 林業の各作業工程における課題とその解決に貢献する

#### 自動化・遠隔操作化

- 1 林業機械の自動化・遠隔操作化に必要な要素技術
- 2 林業機械の自動化・遠隔操作化に必要な通信技術
- 3 林業の各作業工程ごとの自動化・遠隔操作化フロー
  - 3 - 1 伐採
  - 3 - 2 集材
  - 3 - 3 造材
  - 3 - 4 運材
  - 3 - 5 造林（植栽）
  - 3 - 6 造林（下刈）
- 4 林業機械の電動化に向けて

### 第3章 林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた要素技術

- 1 通信技術
- 2 情報収集・認知・判断・行動

### 第4章 林業機械の自動化・遠隔操作化による将来の作業システム例

- 1 車両系作業システム-緩傾斜地
- 2 車両系作業システム-中・急傾斜地 -
- 2 架線系作業システム-タワー-ヤーダー
- 3 造林作業

### 第5章 林業機械の自動化・遠隔操作化の事例集

- 1 伐採/遠隔操作
- 2 集材（架線系）/遠隔操作化
- 3 集材（架線系）/自動化
- 4 集材（車両系）・運材/遠隔操作化
- 5 集材（車両系）・運材/自動化
- 6 造林（植栽）/遠隔操作化
- 7 造林（下刈）/遠隔操作化
- 8 造林（下刈）/通信システムを活用した遠隔操作化



# 成果物文書 第1章では、林業機械における自動化・遠隔操作化の目的と現状について、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）と連動して記載しました

## 第1章 林業機械における自動化・遠隔操作化の目的と現状

### 【概要】

#### ■ 目的

- 令和元年12月に「林業イノベーション現場実装推進プログラム」が策定され、林業機械開発においても自動化・遠隔操作化を進展させることが示されている。「林業イノベーション現場実装推進プログラム」は、森ハブでの検討やデジタル田園都市国家構想基本方針等を踏まえ、令和4年7月にアップデートされている
- 「林業イノベーション現場実装推進プログラム」においては、林業イノベーションにより、自動化機械等の普及による省力化・軽労化、生産性・安全性の向上や3K林業（きつい、危険、高コスト）からの脱却等を目指しており、林業機械の自動化・遠隔操作化はその実現のための重要な要素として位置付けられる

#### ■ 現状

- 林業機械の自動化・遠隔操作化については、その将来像を「林業イノベーション現場実装推進プログラム」等において提示しており、毎年それらの実現に向けた機械開発・実証事業が展開されている

### 「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」より抜粋



# 成果物文書 第2章では、林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた要素技術を体系化し、各作業工程の自動化・遠隔操作化フロー図を記載しました

## 第2章 林業の各作業工程における課題とその解決に貢献する自動化・遠隔操作化

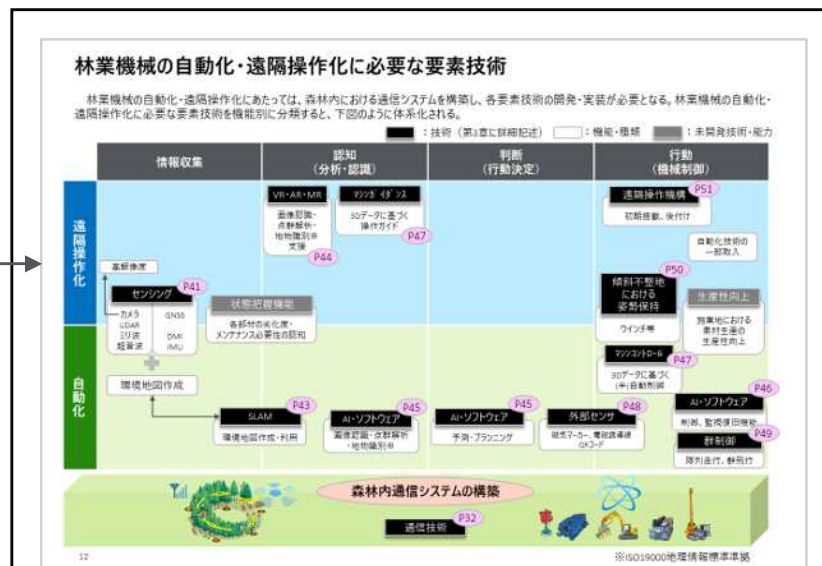
### ■ 構成

1. 林業機械の自動化・遠隔操作化に必要な要素技術
2. 林業機械の自動化・遠隔操作化に必要な通信技術
3. 林業の各作業工程ごとの自動化・遠隔操作化フロー
  - 3-1. 伐採
  - 3-2. 集材
  - 3-3. 造材
  - 3-4. 運材
  - 3-5. 造林（植栽）
  - 3-6. 造林（下刈）
4. 林業機械の電動化に向けて

### ■ 概要

- 第2章では、主として要素技術を体系化することで、第3章の目的的要素を兼ねた形となるように記載している
- 1. については、林業機械の自動化・遠隔操作化に必要な要素技術を区分し（情報収集・認知・判断・行動）、体系化
- 2. については、自動化・遠隔操作化にあたっては、情報基盤として森林内における通信システムの構築が必要となるため、周波数帯等の各種条件から可能性のある通信技術について整理
- 3. については、次頁参照
- 4. については、異分野における電動化の現状・課題について取りまとめ、その内容を参考に林業における可能性と課題を整理

### 「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」より抜粋



### 遠隔の森林外から森林内へのネットワーク構築手法

VHF帯、UHF帯、マイクロ波帯による通信技術の中で、遠隔の森林外から森林内へのネットワークを構築するためのバックホール回線と、森林内で林業機械等との接続を行うためのアクセス回線の組み合わせは以下の通り。

	バックホール回線	アクセス回線	容量/距離	特徴
1	VHF帯自営プロードバンド（公共帯） P34	ローカル5G P39	＜バックホール回線＞ ・ 公共帯：最大10Mbps/10km以上 ・ ローカル5G： 下り数百Mbps（500以上多） 上り数十Mbps（50以上多）/数百m	＜バックホール回線＞ ・ 中継機により、森林内への通信範囲を構築する。 ・ 中継機は高価。
2	衛星通信 P36	Wi-Fi（LPWA） P37 P35	＜アクセス回線＞ ・ Wi-Fi：数十Mbps以上/最大約100m ・ LPWA： 例1：Wi-SUN FAN：数百kbps/最大1km弱 例2：LoRa：数百bps/数km	＜バックホール回線＞ ・ 見通しがよいところに受信機を設置し、そこから有線やWi-Fiルーター等へ接続して使用。 ・ 利用料の支払いが必要
3	携帯電波網(3G、4G)	中継機能による通信網拡大 (例：中継機、バルーン-UAVなど) P38	＜バックホール回線＞ ・ 携帯電波網（4G） 下り数百Mbps（500以上多） 上り数十Mbps（50以上多）/数百m	・ 森林の上空に携帯電波網が通っている場合に、上空に中継機能を持たせたバルーンやUAVを飛行させて、森林内に通信範囲を構築する。 ・ 天候・高度時間等の制約がある。
4	光回線	ローカル5G P39	同上	・ 5G基地局を、指向性アンテナによる通信範囲を広げる方法。到達範囲は数百mなので、中継機が必要。

# 成果物文書 第2章では、林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた要素技術を体系化し、各作業工程の自動化・遠隔操作化フロー図を記載しました

## 第2章 林業の各作業工程における課題とその解決に貢献する自動化・遠隔操作化

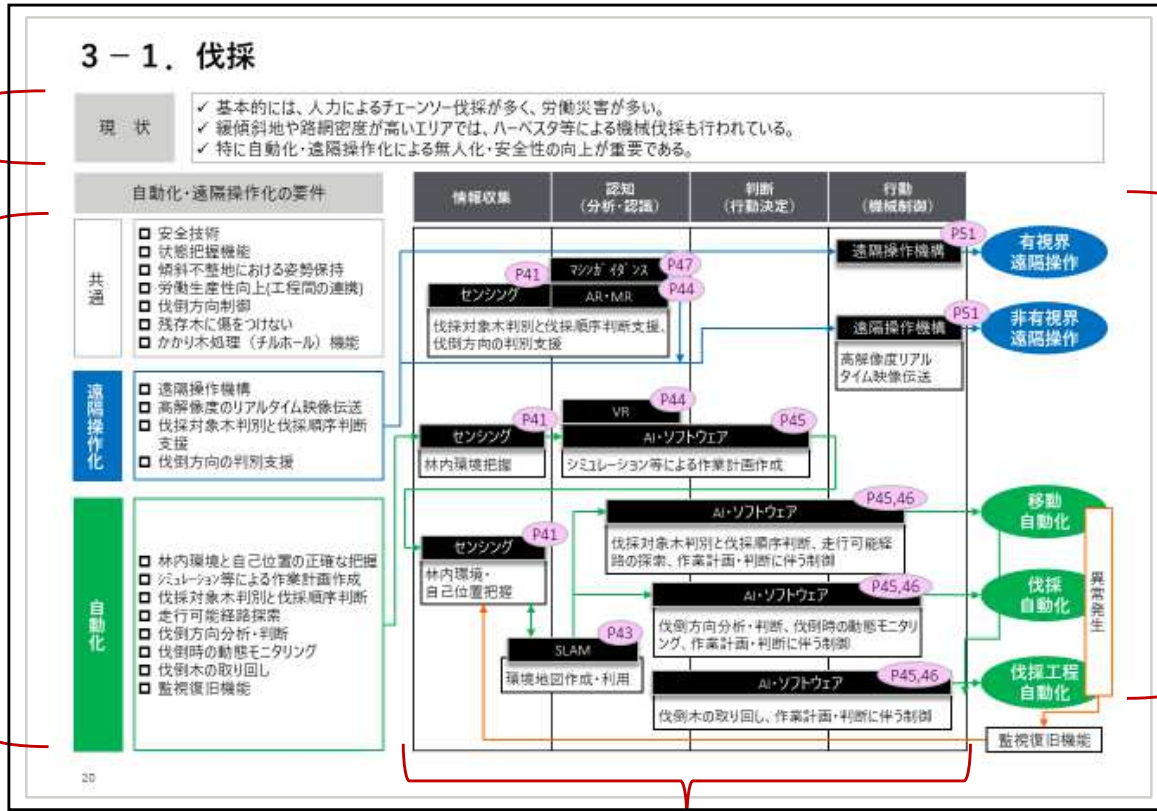
### ■ 概要

- 前頁の3.について、自動化・遠隔操作化に期待する効果及び開発状況は、作業工程ごとの機械で異なる。
- 本章では、作業工程ごとに自動化・遠隔操作化における要件（課題）を整理し、その解決に貢献する要素技術を体系化した。

「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」より抜粋

各作業工程の現状の作業内容と、自動化・遠隔操作化により期待する効果について、記載

自動化・遠隔操作化の要件を整理



遠隔操作化は  
・有視界  
・非有視界  
に分類

自動化は  
・移動  
（例：伐採木間の移動）  
・作業  
（例：伐採作業）  
・工程全体  
（移動・作業を含む全体）  
に分類

要件を満たす要素技術を、「情報収集・認知・判断・行動」に区分し、自動化・遠隔操作化に向けたプロセスをフロー図で表現



# 成果物文書 第3章では、要素技術について、林業機械の自動化・遠隔操作化に係る技術概要と課題について記載しました

## 第3章 林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた要素技術

### ■ 構成

- |                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. 動画圧縮技術             | 11. VR・AR・MR             |
| 2. VHF帯自営ブロードバンド      | 12. AI・ソフトウェア            |
| 3. LPWA               | 13. AI・ソフトウェア            |
| 4. 衛星通信               | 14. マシガ イダ ンス / マシコントロール |
| 5. 無線LAN (Wi-Fi) システム | 15. 外部センサ                |
| 6. バルーン・UAV無線中継通信     | (磁気マーカ・電磁誘導線・QRコード)      |
| 7. ローカル5G             | 16. 群制御 ( 隊列走行・群飛行 )     |
| 8. センシング技術            | 17. 傾斜不整地における姿勢保持        |
| 9. GNSS               | 18. 遠隔操作機構               |
| 10. SLAM              |                          |

### ■ 概要

- 要素技術は、分科会での検討結果により、全部で18種類記載。通信技術が7種類（1～7）、その他（情報収集・認知・判断・行動）が11種類（8～18）
- 各要素技術について、技術の概要と、林業機械の自動化・遠隔操作化に使用するにあたっての可能性・課題について整理

### 「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」より抜粋

#### 要素技術リスト

番号	分類	技術名	林業分野	異分野・海外分野	
1	通信技術	動画圧縮技術	実証	実用	
2	通信技術	VHF帯自営ブロードバンド	実証	実用	
3	通信技術	LPWA	実証	実用	
4	通信技術	衛星通信	将来	実証	
5	通信技術	無線LAN (Wi-Fi) システム	実証・実用	実用	
6	通信技術	バルーン・UAV無線中継通信	実証	実用	
7	通信技術	ローカル5G	実証	実証	
8	情報収集	センシング技術	実用	実用	
9	情報収集・認知	GNSS	実用	実用	
10	情報収集・認知	SLAM	実証	実用	
11	認知	VR・AR・MR	実用	実用	
12	認知・判断	AI・ソフトウェア	将来	実証	
13	行動	AI・ソフトウェア	将来	実証	
14	認知	判断・行動	マシガ イダ ンス / マシコントロール	将来	実用
15	行動	外部センサ ( 磁気マーカ・電磁誘導線・QRコード )	実証	実用	
16	判断・行動	群制御 ( 隊列走行・群飛行 )	将来	実用	
17	行動	傾斜不整地における姿勢保持	実証	実用	
18	行動	遠隔操作機構	実証	実用	

#### 無線 LAN (Wi-Fi) システム

##### 技術概要

無線通信を利用してデータの送受信を行うLANシステムの中で、代表的な通信規格として、IEEE 802.11 が設定されており、その規格を使用して移動体通信に適合し、認められた通信規格が「Wi-Fi」と呼ばれている。

1999年にIEEE 802.11aから規格化。製品化ははじまり、2003年には最大で9.6Gbpsの伝送が可能となる802.11g (Wi-Fi 4) が規格化され、「高伝送データ分割多元接続 (OFDMA)」技術により、従来以上に複数端末の同時接続が可能となり、消費電力の抑制、セキュリティも強化されている。

無線LAN (Wi-Fi) の機器は、屋外に設置し、機能的なアクセスポイントとして利用するものも多し、また、屋内設置型の機器 ( 据付型や可搬型 ) やモバイル端末 ( ノートPC 及びタブレット等 ) に内蔵されているものなど、幅広いサイズがある。

主な周波数帯としては、2.4GHz帯と5GHz帯であったが、LPWAとして低消費電力で長距離の通信が可能な、920MHz帯を使用したWi-Fiの規格として、「Wi-Fi HaLow」も登場しており、今後の活用が期待されている。

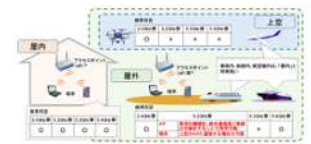


図10 無線LANの活用イメージ (Wi-Fi) (中略)

- <Wi-Fi HaLow> IEEE 802.11ah
- ・ 伝送速度は数百～1Mbps程度
  - ・ 伝送距離は数km
  - ・ チップが基本国内向けでない
  - ・ マルチホップの伝送が増えること期待
  - ・ 他の規格と比べて互換しやすいが、森林内では影響は少ない。

##### 課題

- ・ 2.4GHz帯、5GHz帯は、伝送速度は高いが、伝送距離が短い
- ・ Wi-Fiとしての新規格であるWi-Fi HaLowは、伝送速度は小さいが、伝送距離が長い

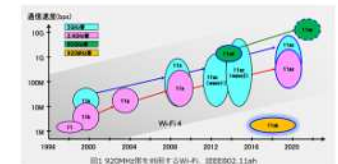


図11 920MHz帯を有効に活用するWi-Fi、IEEE 802.11ah

出所：802.11ah推進協議会

##### 参照資料

名称	関係団体・事業	URL
Wi-Fi HaLow	802.11ah推進協議会	<a href="https://www.11ahpc.org/11ah/index.html">https://www.11ahpc.org/11ah/index.html</a>
無線LANの屋外利用について	総務省	<a href="https://www.tele.soumu.go.jp/fsw/other/wlan_outdoor/index.htm">https://www.tele.soumu.go.jp/fsw/other/wlan_outdoor/index.htm</a>

# 成果物文書 第4章では、将来に林業機械の自動化・遠隔操作化が実現したときの作業システムのイメージについて記載しました

## 第4章 林業機械の自動化・遠隔操作化による将来の作業システム例

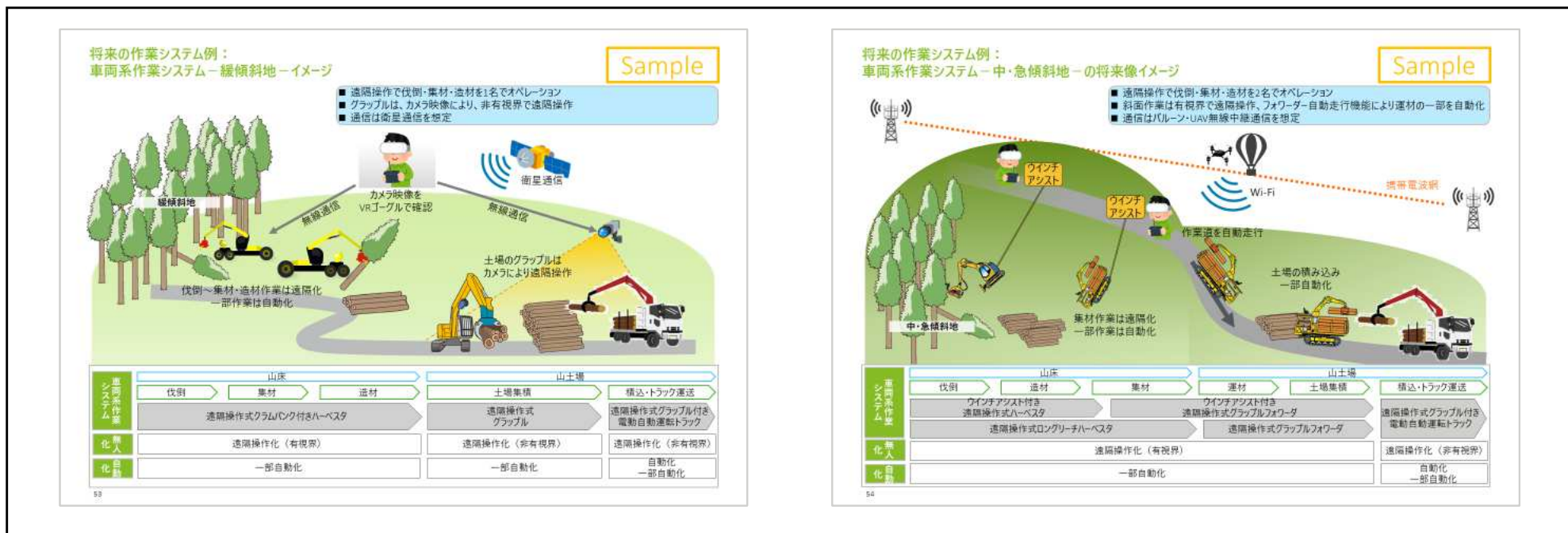
### ■ 構成

1. 車両系作業システム-緩傾斜地 -
2. 車両系作業システム-中・急傾斜地 -
3. 架線系作業システム-タワーヤード -
4. 造林作業

### ■ 概要

- 想定している作業システムは、昨年度事業で取りまとめた「機械開発・森林作業システム方針（案）」に記載の遠い将来像の案をベースに作成

### 「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」より抜粋



# 成果物文書 第5章では、林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた開発・実証等の取り組みについて記載しました

## 第5章 林業機械の自動化・遠隔操作化の事例集

### ■ 構成

1. 伐採/遠隔操作
2. 集材（架線系）/遠隔操作化
3. 集材（架線系）/自動化
4. 集材（車両系）・運材/遠隔操作化
5. 集材（車両系）・運材/自動化
6. 造林（植栽）/遠隔操作化
7. 造林（下刈）/遠隔操作化
8. 造林（下刈）/通信システムを活用した遠隔操作化

### ■ 概要

- 現在の林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた開発・実証等の取り組み内容及び、今後の方向性等について記載

### 「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」より抜粋

林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた開発・実証等の取り組みをご紹介します

林業機械の自動化・遠隔操作化の主な事例

事例	作業工程	自動化/遠隔操作化	関係団体・メーカー等	令和4年度時点の状況	
1	遠隔操作伐倒・搬出林内作業車の実証等	伐採	遠隔操作化	真庭森林組合、松本システムエンジニアリング（株）	市販化に向け、開発を継続中
2	遠隔操作架線集材の生産性・安全性の向上	集材（架線系）	遠隔操作化	イワジ工業（株）、中井林業	令和3年度から販売開始
3	横取り架線集材作業の自動化に向けた技術開発	集材（架線系）	自動化	イワジ工業（株）	集材自動化に向け、システムを改良・実証中
4	集材・運材作業の安全性向上に向けた先端技術を活用したフォワードの開発	集材（車両系）・運材	遠隔操作化	（株）諸岡	市販化及び自動運転に向けた技術の開発・実証中

58

#### 1. 伐採/遠隔操作化

先導的実証・普及事業（令和2年度補正予算） 真庭森林組合、松本システムエンジニアリング（株）

**傾斜地でも作業可能な遠隔操作伐倒・搬出林内作業車の実証等**  
AR技術を活用した遠隔操作により傾斜地でも伐倒・搬出作業を行う林内作業車を実際の施業現場で実証し、伐倒・搬出作業の省人化、軽労化及び安全性の確保を図る。

実証機械（遠隔操作伐倒・搬出林内作業車）の概要



- ① AR技術
- ② 改良型ウインチアシスト機能
- ③ 改良型ロングアーム・ブーム
- ④ 改良型フェラーバンチャ（アタッチメント）

実証の様子（大分県久大林地（株）森林整備事業箇所）



⑤ 改良型ロングアーム・ブーム及びフェラーバンチャ（アタッチメント）



自主開発、実証化している特殊ロングアーム・ブーム及びフェラーバンチャ（アタッチメント）を本実証用に改良。

【実証等の取組概要】

- ・遠隔操作伐倒・搬出林内作業車機体の前・後、ブーム箇所（高性能カメラ）を装着し、カメラ映像とAR技術を活用して機械周辺の映像を立体的に捉えながら遠隔操作で走行・伐倒・搬出作業を行うことが可能となった。（①）
- ・改良型ウインチアシスト機能により、傾斜地に進入して、安定して伐倒・搬出作業を行うことが可能となった。（②）
- ・改良型ロングアーム・ブーム及びフェラーバンチャ（アタッチメント）により広範囲かつ安定して伐倒・集材作業を行うことが可能となった。（③、④）
- ・機械足回り（走行）機構の半ギヤ等（改良を加えることにより、凸凹地においても安定した走行が可能となった。）