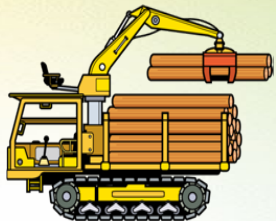


林業イノベーション推進
～林業と異分野をつなぎ新たな価値を創出～

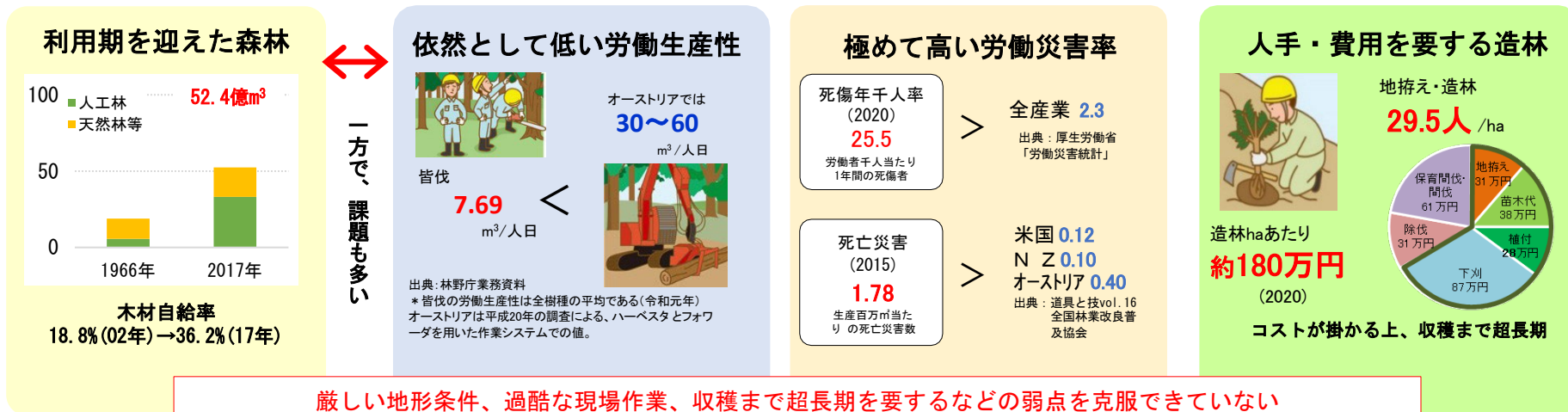
林野庁

研究指導課長 木下 仁

令和 5年 2月 8日



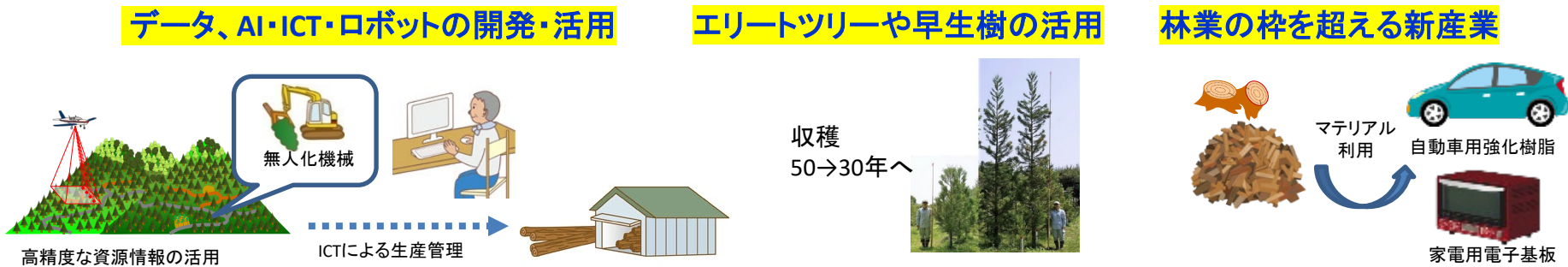
林業イノベーションの必要性



厳しい地形条件、過酷な現場作業、収穫まで超長期を要するなどの弱点を克服できていない

様々な壁を乗り越えなければならない林業
さらに 人口減少、少子高齢化、エネルギー・環境制約といった様々な社会課題へも対応する必要

ICT利用(スマート林業)に留まらず、林業の特性を踏まえた新技術の活用へ



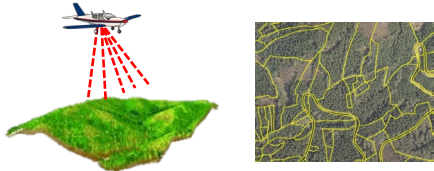
林業イノベーションにより、若者や女性にとって魅力的な成長産業へ

林業イノベーションの展開方向（全体像）

- 日本の厳しい地形条件等に起因するきつい・危険・高コストの3K林業や、記憶・経験に頼る林業から脱却するため、ICT等を活用し資源管理や生産管理を行う「スマート林業」や、自動化機械の開発、エリートツリー等の育種などの技術革新により、伐採・搬出や造林を省力化・軽労化
- 日本固有のスギから製造する「改質リグニン」などの木質新素材により、林業の枠を超える新たな産業を創造

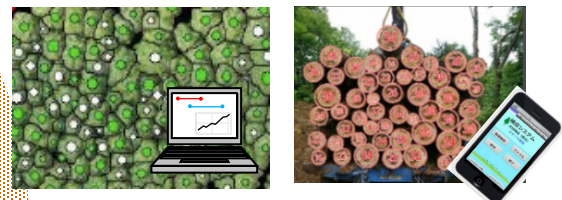
Point1 記憶から、デジタル記録の森林管理へ

- ・ 資源・境界情報をデジタル化することで、人手と時間をかけることなく、森林を管理・利用
- ・ レーザ計測、ドローン、ICT機器を使用し、路網を効率的に整備・管理

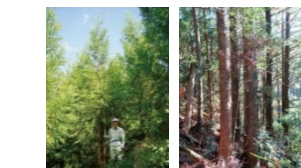


Point2 経験から、ICTによる生産管理へ

- ・ 経験則に頼る木材の生産管理にITを導入
- ・ 資源・境界の管理、生産計画の策定、木材生産の進捗管理、事業の精算を効率的に運営



Point4 収穫50→30年へ 林業の時間軸を変える 早く育てて収穫できる林業の実現



エリートツリー、コウヨウザンなど
早生樹の活用

Point3 3K林業からの解放（生産）

- ・ 伐採～運搬作業を自動化することで、林業生産性をアップ
- ・ 人による作業を少なくし、労働災害の発生しやすい作業を根絶やしに



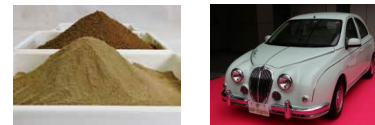
Point3 3K林業からの解放（造林）

- ・ 一貫作業、低密植栽、ドローン等により、造林作業を省力化・軽労化し、コストも削減
- ・ 人力に頼る造林作業、特に、夏場の過酷な下刈り作業から解放



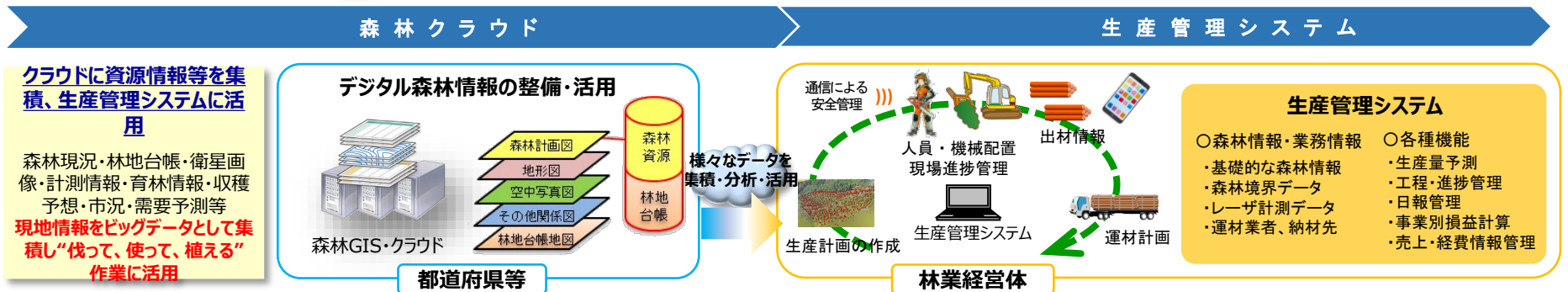
Point5 丸太オンリーからの脱却

- ・ 従来の木材利用に加え、改質リグニン、CNF（セルロースナノファイバー）等の開発・普及により、新たな利用を推進
- ・ 「林業」の枠を超える産業・価値を創出するとともに、プラスチック代替製品として身近に利用



林業イノベーションによる作業オペレーションの将来像

ICT等の導入により徹底した自動化を追求することで、生産効率の劇的な向上と労働災害の根絶を実現



日常的な管理・点検業務にドローンを活用

機械開発の現状

3K (危険、きつい、高コスト) からの解放

労働人口減少対策

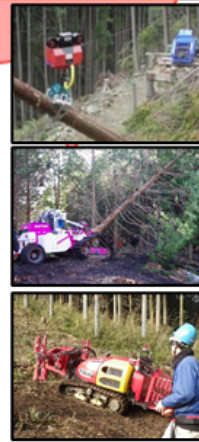
- ・女性、高齢者の活用
- ・入職障壁、技能習得障壁の低減



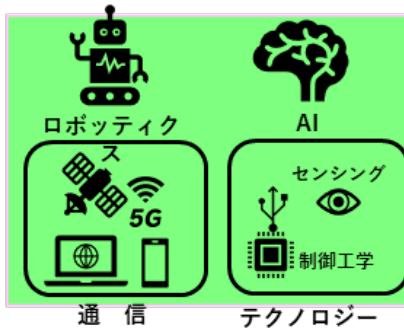
- 女性、高齢者でも作業が容易。
- 機械操作に技能、経験を問わない。

生産年齢人口の減少

遠隔操作化



+ 先端技術



作業の自動化・無人化

作業の高度化・効率化



作業の省力化・軽労化



省人化

効率化

～2014

2015～これまで

現在

これから

主施業：間伐



皆伐・再造林

大径木の増加、急傾斜地、路網未整備地での作業の増加

作業量は今後増加する。
作業（環境）の質も、
きつく、厳しくなる。

過去事業で開発した林業機械及びソフトウェア等

伐採・搬出

伐 採

①遠隔操作伐倒・搬出作業機械



遠隔操作により傾斜地に進出し、伐倒から搬出までを行う林内作業機械を開発。伐倒・搬出作業の省人化、軽労化及び安全性の向上を図る。製品化に向けて改良・実証中。

集 材

②遠隔操作架線集材システム



遠隔操作が可能な架線式グラップルと油圧集材機による「新たな架線集材システム」を開発。架線集材作業の省人化及び生産性、安全性の向上を図る。令和3年度より販売開始。集材自動化に向けたAI技術等を活用したシステムを改良・実証中。

運 材

③遠隔操作ICTフォワーダ



センシング技術等を活用して路網形状等のデータ記録を行い、遠隔操作で走行及び材積込作業を行うフォワーダを開発し、作業の省人化、効率化、安全性の向上を図る。製品化及び将来的な自動運転に向けた技術等の開発・実証中。

機械の自動化・遠隔操作化を支援するシステム機器等

⑦森林スマートナビシステム



機械の自動走行や遠隔操作に必要な立木デジタル情報や目標地までのルート情報等をスマートグラス等で提供するシステムを開発。森林管理及び施業の省人化、軽労化及び安全性の向上を図る。(令和5年度市販化予定)

地 拵 え

④多目的造林作業機械



アタッチメントを交換することにより、1台で地拵えや下刈りなどができ、傾斜地でも走行可能な造林作業機械を開発し、作業の軽労化、効率化及び安全性の向上を図る。令和元年度より乗用操作タイプの機械を販売開始。植栽用アタッチメント及び遠隔操作技術を改良・実証中。

植 栽

⑤造林作業支援システム



AI画像解析により地形や伐根などを識別し、苗木の植栽位置を自動的に決定してGNSSにより誘導を行うソフトウェア等を開発し、植栽や下刈り作業の省力化、効率化を図る。製品化に向けて改良・実証中。

下 刈 り

⑥遠隔操作下刈り作業機械



急傾斜かつ根株や末木枝が残る凸凹な植栽地況でも下刈り作業が可能な遠隔操作式の下刈り作業機械の開発し、下刈り作業の省人化・軽労化、安全性の向上を図る。(令和5年度市販化予定)

⑧林内通信システム

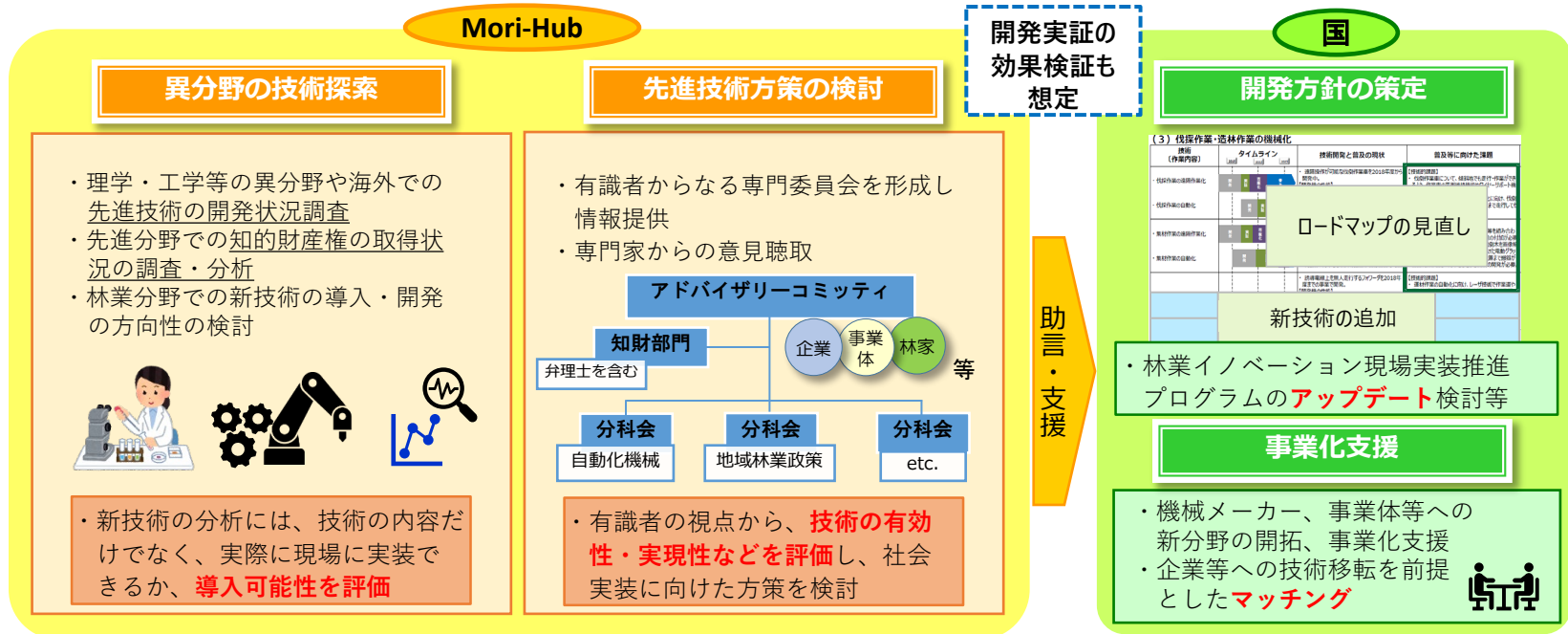


LPWAを活用して携帯電波圏外の森林内でも作業者同士がデータ通信を行う通信機器及びアプリを開発。令和2年度より販売開始。

造 林

林業イノベーションハブセンター（森ハブ）

- 2025年を目途に『林業イノベーション現場実装推進プログラム』に掲げる技術開発、基盤データの環境整備、普及等を着実に進めるため、異分野の技術探索や先進技術方策の検討を行う「林業イノベーションハブセンター（森ハブ）」をR3に設置。
- 産学官の様々な知見者によるアドバイザリーコミッティにおいて、林業の戦略的技術開発・実装等に向けた意見・提案を聴取し、国による開発方針の策定や事業化支援等の方策に活用。
- R5からは、現場実装に向けた地域コンソーシアムの形成等の支援機能を追加。



目指す効果

○関係機関（行政、団体）
新技術の開発、実証、普及に**必要かつ確かな施策の立案・実行とその加速化**

○技術開発者（企業、研究機関）
新技術やサービス等の普及に向け、**コンソーシアムの結成により実装を加速**

○林業経営者
林業現場に最も適した新技術を選択・導入し、**利益の上がる林業の確立と地域の活性化を実現**

<令和4年度専門委員会委員>
 泉清久（元和歌山県農林水産部森林・林業局長） 坂井貴行（神戸大学バリュースクール教授） 柴田君也（株式会社柴田産業代表取締役）
 立花敏（筑波大学生命環境系准教授） 見山謙一郎（専修大学経営学部特任教授） 宮本義昭（株式会社バルステクノロジー代表取締役社長）

林業イノベーション現場実装推進プログラムのアップデート

- 令和元年12月に、林業現場への新技術の導入を加速化するため、イノベーションによる林業の将来像と技術開発の現状、普及に向けた課題等を整理した「林業イノベーション現場実装推進プログラム」を策定し、公表。
- 令和4年7月に、現場実装のさらなる加速化に向け、これまでの取組成果や森ハブでの検討、デジタル田園都市国家構想基本方針（令和4年6月7日閣議決定）等を踏まえ、「林業イノベーション現場実装推進プログラム」のアップデート版を公表。

<令和元年12月策定時>

- 「林業イノベーション」の必要性 P1
- 林業イノベーションの展開方向（全体像） P2
- 林業イノベーション現場実装推進プログラムについて P3

1. イノベーションによる林業の将来像 P4-6

・【伐採・搬出】、【造林】、【新素材開発】の将来像を提示

2. 林業イノベーションの展開方向/各技術のロードマップ P7-10

・新技術を5分類17項目に整理し、開発、実証、普及の2025年までのタイムライン、現状と課題等を整理

3. 技術実装の推進方策 P8

・現場への技術実装の段階に応じて、環境づくり、基盤づくりを進めることを記載

※林業イノベーションハブセンター（森ハブ）:

- ・「林業イノベーション現場実装プログラム」に掲げた技術の開発や普及を着実に進めるためのプラットフォームとして、R3に設置
- ・①異分野技術の探索、②産学官のアドバイザリーコミッティによる技術開発から実装までの課題や対応策等の検討・助言
- ・R5からは、アップデートプログラムを踏まえ、③現場実装に向けた地域コンソーシアムの形成等の支援機能を追加

<令和4年7月アップデート版>

- 「林業イノベーション」の必要性 P1
- 林業イノベーションの展開方向（全体像） P2
- 林業イノベーション現場実装推進プログラムについて P3

1. イノベーションによる林業の将来像 P4-7

・【伐採・搬出】、【造林】、【新素材開発】、【通信】の将来像を提示

2. 林業イノベーションの展開方向/各技術のロードマップ P8-19

・新技術を8分類35の林業課題毎に整理し、開発・実証・実用化・普及に分け、2025年までのタイムライン、現状と課題等を更新

3. 技術実装の推進方策 P20-22

- ・森ハブ※を本プログラムを推進するための支援プラットフォームとして位置づけ
- ・森ハブによるコーディネータ派遣等により、新技術の現場実装に向けた地域コンソーシアムの組成等を支援（事例として「デジタル林業戦略拠点」の創出を掲載）

参考（技術リスト） P23-50

- ・林業課題に対応する技術を異分野を含めリスト化（86技術）
- ・技術熟度レベル（TRL）を8段階で評価し、整理

現状の森林内通信について（イメージ図）



森林における通信技術活用の方向性

- 森林については携帯電話の不感地帯も多いため、通信の確保に向けて、現場ニーズの高い緊急通報や獣害対策について推進していく必要がある（技術的に確立されたLPWA等を活用）。
- LPWAでは対応が困難な林業機械の遠隔操作や生産データの送信等に向けて、衛星コンステレーション等の新しい技術も含め、森林内の通信への適用可能性について検証・活用を進める。
- さらに、将来的な大容量高速通信を用いた林業機械の自動化・遠隔操作化の実現を目指した技術開発にも取り組む。
- 今後の森林における通信技術活用の方向性としては、広域化・高速化・多重化が挙げられる。

①通信の確保

LPWA等の活用により、これまで通信手段のなかった森林を「つながる」化

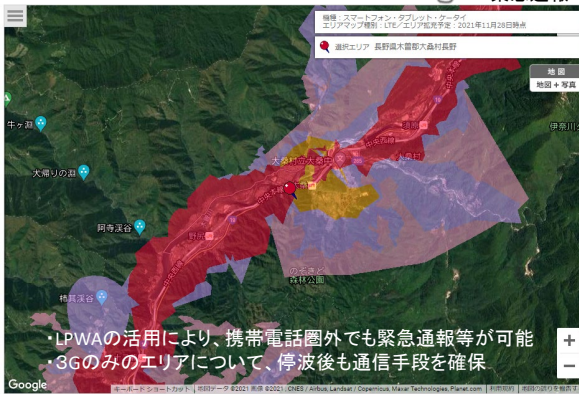
- 作業員間の通信（チャット通信）
- 災害発生時の緊急通報
- 獣害対策の省力化（ワナの遠隔監視）



獣害対策の省力化
（ワナの遠隔監視）



災害発生時の
緊急通報



出典：NTT DOCOMOホームページより

②より高度な通信の活用

現場のニーズや技術的可能性を勘案しつつ、
求められる技術を実装

- 遠隔操作機械の開発・実証
・Wi-Fi等を活用した遠隔操作機械の開発・実証



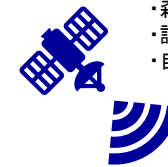
- 林内における衛星コンステレーションの実証
・森林内で接続を確保するための技術的検討
・設備投資についてのコスト的検討



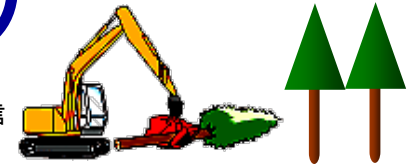
③将来的な取組

現場のニーズや技術的可能性を勘案しつつ、
求められる技術の研究・開発

- 5G等を活用した遠隔操作機械や自動化機械の開発



GNSSにより
位置情報を受信



- ・森林内で接続を確保するための技術的検討
- ・設備投資についてのコスト的検討
- ・自己位置把握技術の技術的検討



遠隔操作・自動作業監視イメージ図

林業課題に対応する技術を異分野を含めリスト化

- 技術リストでは林業課題を8分類35課題に整理し対応する技術をリスト化

大分類	中分類	林業課題
①森林調査、伐採・造林計画	森林調査・計画策定	森林調査の効率化・精度向上
		森林所有者との合意形成
		計画策定の効率化
②境界確定	境界確定	現地立会の効率化
		境界線案描画の自動化
		計画策定の効率化
③伐採・集材・運材・造林作業、路網設計・施工、生産管理	伐採・集材・運材	計画策定の効率化（一貫作業含む）
		作業の自動化（伐採）
		作業の自動化（車両系－集材・運材）
		作業の自動化（架線系－集材・運材）
		作業の自動化（検収）
		生産管理の効率化
		林業機械の脱炭素化
		補助機器等による労務負荷減少
		危険作業時の安全性向上（作業者モニタリング）
		危険作業時の安全性向上（安全対策技術）
	危険作業時の安全性向上（教育・啓発活動）	
	木材取引	木材仕入・販売の効率化
		市場動向予測の効率化・高度化
トレーサビリティ確保		

大分類	中分類	林業課題
③伐採・集材・運材・造林作業、路網設計・施工、生産管理	造林・育林作業	作業の自動化（資材運搬）
		作業の自動化（造林・下刈等）
	路網設計・施工	作業の自動化（路網開設）
④育種、苗木生産	育種、苗木生産	品種改良（既存・新規樹種）
		優良品種の増産
		種子選別効率化
		施設環境制御による苗木生産効率化
⑤新素材開発	新素材開発	高付加価値な木材の MATERIAL 利用（代替素材）
		高付加価値な木材の MATERIAL 利用（食料・飼料）
		高付加価値な木材の MATERIAL 利用（その他）
⑥森林保護（獣害対策等）	森林保護	獣害対策（防止・捕獲・駆除）
		災害防止、盗伐防止等
⑦情報管理	情報管理	サプライチェーン内外のデータ連携
		森林価値の可視化（炭素固定量、森林生態系サービス等）
⑧通信	通信	山林域での通信環境構築

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）から抜粋

※技術リストは、森ハブページ（<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/morihub.html>）にてリストのみでも確認可能。
令和5年1月11日時点が最新。今後もリストは更新。

技術熟度レベル (TRL: Technology Readiness Level)

- 各技術の技術熟度レベル (TRL) の評価に当たっては、技術熟度評価制度 (TRA) の考え方を活用し、早期の社会実装が可能かを検討

技術熟度レベル (TRL: Technology Readiness Level)

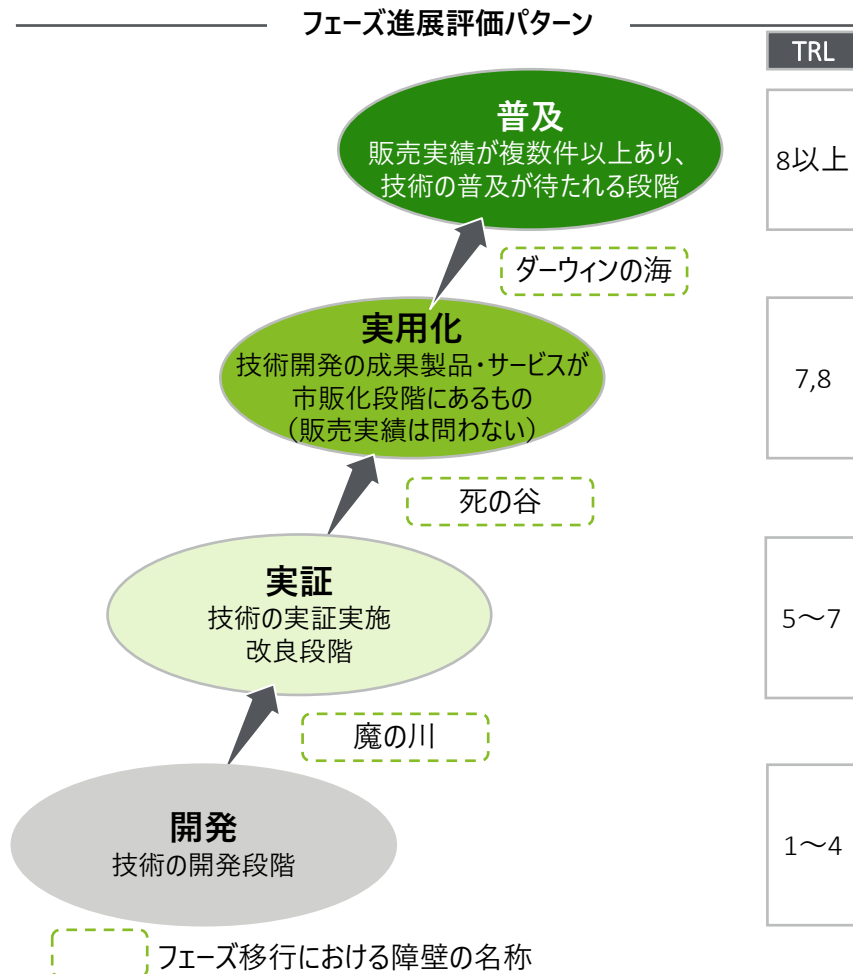
(参考) 環境省の技術熟度評価制度 (TRA: Technology Readiness Assessment) は8つのレベルから構成されており、レベルの上昇に伴って市場投入に近づく仕様となっている (デロイト・トーマツグループが環境省より受託して開発)。

レベル	定義	開始時の状況	アウトプット	実験環境	フェーズ*
8	製造・導入プロセスを含め、開発機器・システムの改良が完了しており、製品の量産化又はモデルの水平展開の段階となっている。	最終製品／最終地域モデルの性能の把握	最終製品／最終地域モデル	—	量産化／水平展開
7	機器・システムが最終化され、製造・導入プロセスを含め、実際の導入環境における実証が完了している。	実用型プロトタイプの実環境での性能の確認		実際の導入環境	フィールド実証
6	機器・システムの実用型プロトタイプ／実用型地域モデルが、実際の導入環境において実証されており、量産化／水平展開に向けた具体的なスケジュール等が確定している。	実用型プロトタイプの基本性能の把握	実用型プロトタイプ／実用型地域モデル		
5	機器・システムの実用型プロトタイプ／実用型地域モデルが、実際の導入環境に近い状態で実証されており、量産化／水平展開に十分な条件が理論的に満たされている。	限定的なプロトタイプの性能の把握		実際に近い導入環境	模擬実証
4	主要な構成要素が限定的なプロトタイプ／限定的な地域モデルが機器・システムとして機能することが確認されており、量産化／水平展開に向け必要となる基礎情報が明確になっている。	試作部品／試験的モデルの性能の把握	限定的なプロトタイプ／限定的な地域モデル	実験室・工場	実用研究
3	主要構成要素の性能に関する研究・実験が実施されており、量産化／水平展開に関するコスト等の分析が行われている。	主要な構成要素の機能の確認	主要構成要素の試作部品／試験的モデル	—	応用研究
2	将来的な性能の目標値が設定されており、実際の技術開発に向けた情報収集や分析が実施されている。	要素技術の基本特性の把握	報告書・分析レポート等	—	
1	要素技術の基本的な特性に関する論文研究やレポーティング等が完了しており、基礎研究から応用研究への展開が行われている。	基本原理の明確化	論文・報告書等	—	基礎研究

開発・実証・実用化・普及の4フェーズに区分

- 林業イノベーション現場実装推進プログラムのタイムラインのフェーズを「開発」「実証」「実用化」「普及」の4段階に区分し、フェーズ進展を技術リストの導入可能性として整理

導入可能性評価 フェーズ設定



■技術リスト

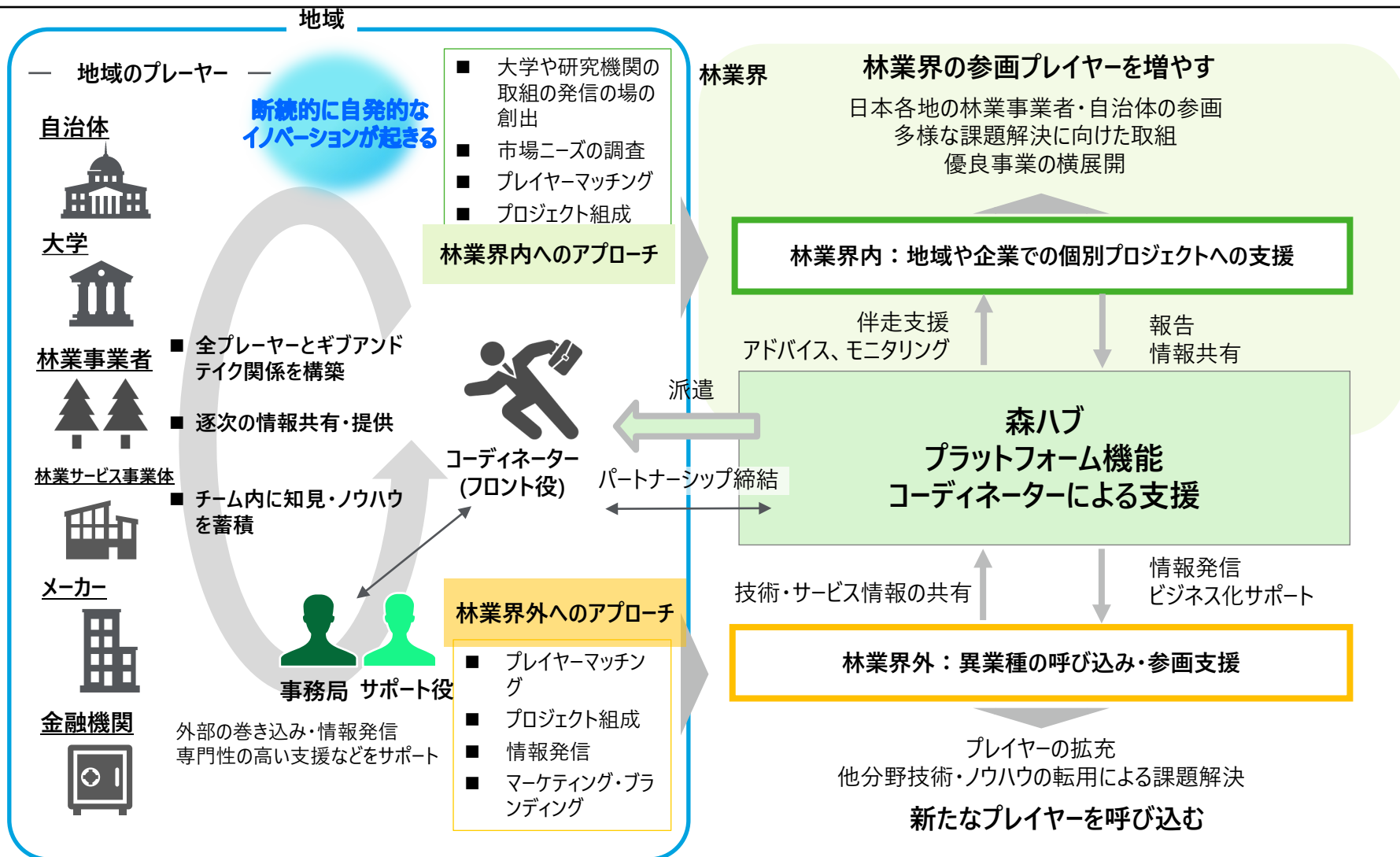
導入可能性	判断要素							出典
	Political (規制等)	Economical (コスト)	Social (社会的重要性)	TRL (林業技術)	TRL判断理由 (林業技術)	TRL (異分野技術)	TRL判断理由 (異分野技術)	
○ ...	○ ...	○ ...	○ ...	6	...	8	...	



	2021年	2025年
フェーズ決定方法	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 技術リストに記載した各技術のTRL（林業分野）に応じて、2021年度のフェーズを決定 ➢ TRL8以上の場合、販売実績に応じて区分 ➢ 異分野技術の場合は、TRLに応じ開発・実証フェーズを判断 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 各技術がロードマップ到達年である2025年度にどのフェーズまで進展するかをPEST分析の観点から判断

地域コンソーシアムの組成に向けた取組

- 森ハブに、林業界以外のプレイヤーとのネットワークや技術への投資の呼び込みを支援し、イノベーションエコシステムの形成をサポートする、プラットフォーム機能を拡充し、林業のイノベーションを推進
- 森ハブによるコーディネーター派遣等により、異分野を含む多数のプレイヤーが参画する地域コンソーシアムの組成を促進



イノベーションエコシステム：地域における多様なステークホルダーが共通の課題認識のもと、プロジェクトを組成し、断続的にイノベーションが創出される構造

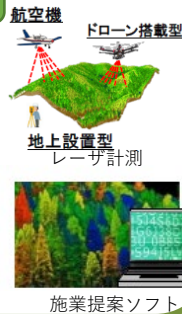
「デジタル林業戦略拠点」について（R5 開始）

- 高精度な森林資源情報の取得が進み、一部地域では、ICTを活用した生産管理の実証活動が行われる状況。
- 今後は、これまで一部の者や分断的な利用に留まっているデジタル技術を、地域全体で、森林資源調査、原木の生産・流通、再造林など林業活動にフル活用する「デジタル林業」の実践・定着を進める（「点的」から、「面的」な取組へ）ことが重要。
- そのため、異分野を含む多数のプレイヤーが地域コンソーシアムを形成し、地域一体となり、デジタル林業を実践する「デジタル林業戦略拠点」の創出を進める。

令和5年度予算概算決定額 120,000千円 実施箇所3箇所程度

森林調査・施業の集約化

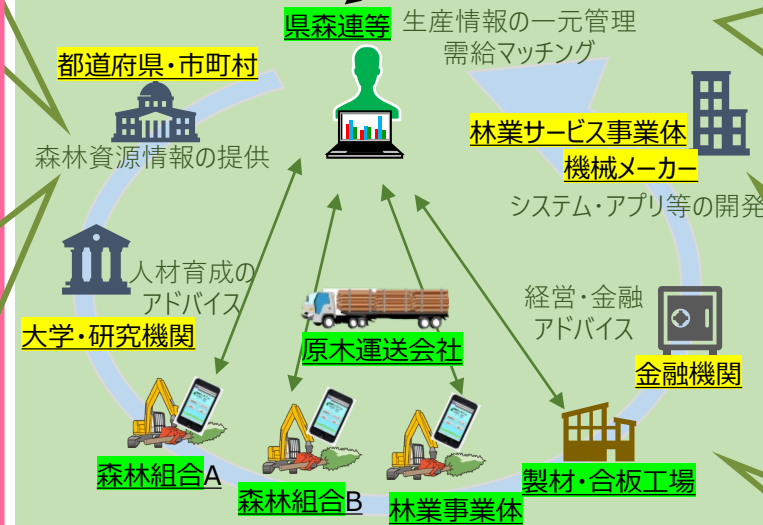
- ・地上レーザやドローンを活用した高精度な森林資源や地形のデジタル情報の取得
- ・生産量や伐採収益の推定ソフトや、路網計画支援ソフトの活用 など



林業イノベーションハブセンター（森ハブ）

デジタル林業戦略拠点

地域コンソーシアム

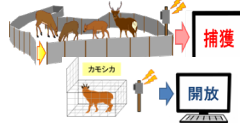


再造林の省力・低コスト化

- ・ドローンを活用した植栽や下刈りの施工管理
- ・遠隔操作植付機、下刈機等の導入
- ・ICTを活用したシカの効率的な捕獲 など



遠隔操作式下刈機



ICTを活用した効率的な捕獲

伐採・流通の効率化

- ・ICT技術を活用した生産管理（複数の現場の生産量・質・場所等の情報共有・一元化）
- ・製材工場等の需要と山側の原木生産・供給のマッチング
- ・原木輸送トラックの配車の自動化・効率化 など



木材検収システム



需給マッチングシステム

通信技術の活用

- ・森林に適した通信技術の実証と改良
- ・LPWAを活用した安全管理 など



最適な通信システムの実証

新たな森林サービスの創出

- ・デジタルを活用した新たな森林産業の創出 等

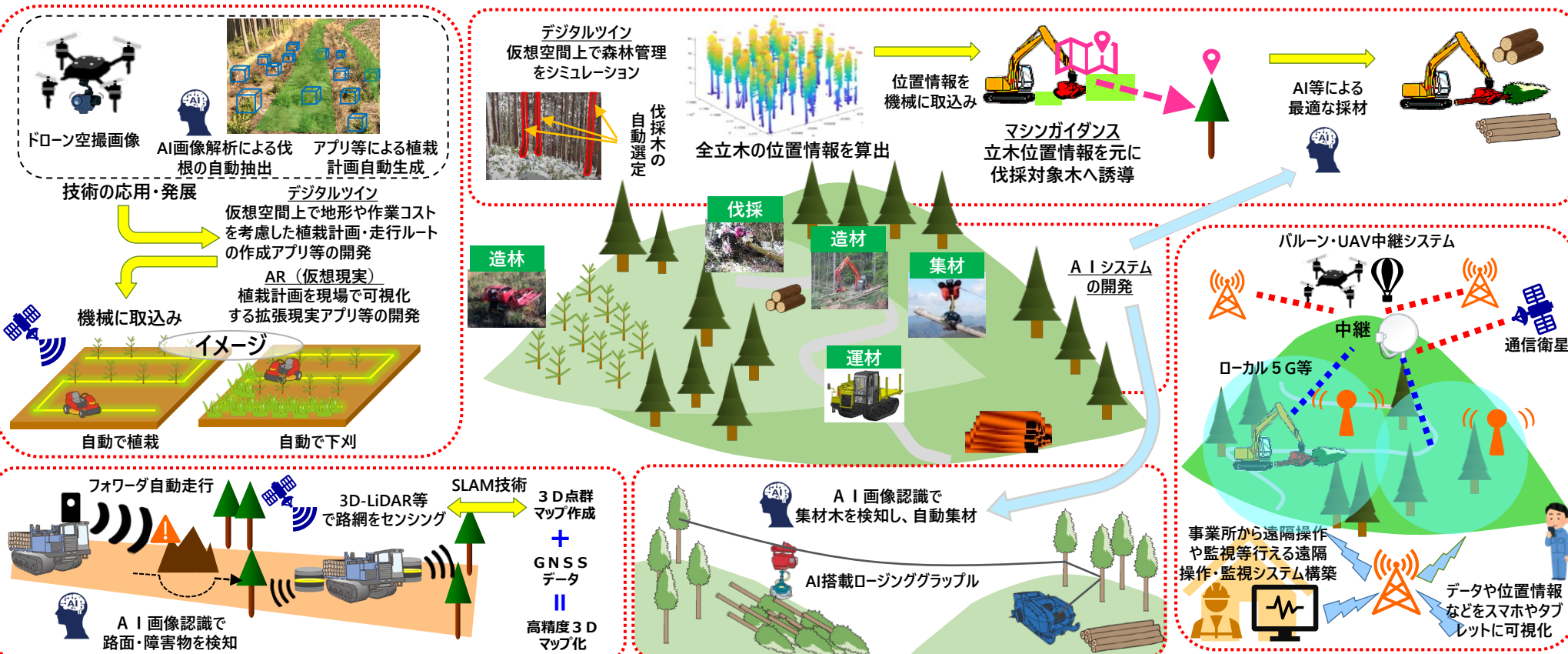


デジタル森林浴

● 地域材の生産拡大と安定供給、● 林業者の所得向上と山元への還元、● 山村地域の活性化を実現

林業機械における自動化等の実現イメージ

- ✓ 森林内は、平地と異なり、地形が複雑かつ立木等に遮られ、電波が減衰しやすいため、無線通信が困難な場所が多いことや、GNSS等の測位情報も精度が低下し、位置情報が不安定であるといった、**林業機械の自動化・遠隔操作化にはボトルネックが存在**。
- ✓ 3D-LiDARを搭載した高精度林内位置検出センサにより、全立木の位置情報を算出。立木位置情報を元に自己位置を把握し、マシンガイダンスにより対象木へ誘導。
- ✓ AI等による木の状態から最適な採材の実行。AI搭載機械の画像認識による集材木の検知・集材。
- ✓ 条件が厳しい森林内では、SLAM技術（3D-LiDAR等）で路網等をセンシングし、3Dマップを作成。自己位置を把握し、自動走行。
- ✓ 立木等の影響を受けにくい伐採跡地などは、ドローンを用いて取得した高精度地形データにより、デジタルツイン上で地形等を考慮した植栽計画や機械の走行ルートを作成し、作業現場で可視化。GNSSも活用し自動走行。
- ✓ さらに、デジタルツインによる森林管理のシミュレーションや、AIの活用、自動化に必要な長距離・大容量の通信が可能となる森林内通信システムの構築など、**林業機械の自動化・遠隔操作化を進めるためには、様々な技術や手法を組み合わせる必要がある**。




SDGs目線での異分野との関係構築

SDGs的発想などにも起因する様々な価値観の変化から、様々な視点、目的から林業に関心を持つ異分野が増加。これらの知見を活かし、新たな価値創造につなげていくことが重要。そのためには、柔軟な考え方（マインドセット）と受け入れる関係構築が必要。

持続可能な森林経営

 6 安全な水とトイレを世界中に 水源涵養	 11 持続可能な都市とコミュニティ 国土保全	 13 気候変動に具体的な対策を 炭素貯蔵	 14 海の豊かさを守ろう 森は海の恋人	 15 陸の豊かさも守ろう 生物多様性
--	--	--	---	--

 17 パートナーシップで目標を達成しよう
企業・個人・行政等のパートナーシップによる森林の持続可能性の確保

森林空間の利用

 3 すべての人に健康と福祉を 健康増進	 4 質の高い教育をみんなに 森林環境教育	 8 働きがいも経済成長も 雇用創出に優しい職場づくり
 9 産業と技術革新の基盤をつくろう 森林サービス産業	 11 持続可能な都市とコミュニティ 地方創生	 12 つくると使いつながる 持続可能な産業



木材の利用

 7 持続可能なエネルギーを世界中に 環境に優しい建築・発電	 8 働きがいも経済成長も 雇用創出に優しい木質空間	 9 産業と技術革新の基盤をつくろう マテリアル利用 木造・木質化の技術開発
 11 持続可能な都市とコミュニティ 地方創生	 12 つくると使いつながる 合法木材の利用 エコ消費	 13 気候変動に具体的な対策を 炭素貯留

木材の生産・加工・流通

 5 ジェンダー平等を推進しよう 女性の活躍	 8 働きがいも経済成長も 雇用創出 労働環境整備	 9 産業と技術革新の基盤をつくろう スマート林業 建築部材開発
 11 持続可能な都市とコミュニティ 地方創生	 12 つくると使いつながる 合法木材の流通	

きのこ・ジビエ等の利用

 2 飢餓をゼロに 食料の持続可能な生産	 8 働きがいも経済成長も 雇用創出 林福連携	 11 持続可能な都市とコミュニティ 地方創生
---	--	--