林野庁 令和4年度林業イノベーションハブ構築事業
林業イノベーションハブセンター（森ハブ）
第1回分科会（機械開発） 議事概要

作成日：2022年9月9日

日時	2022年9月6日 15:00～17:30
場所	Web会議（zoom）
議題	<ol style="list-style-type: none">1. 開会<ol style="list-style-type: none">（1）挨拶：林野庁（2）関係者自己紹介（3）座長選出2. 議事<ol style="list-style-type: none">（1）令和3年度成果の報告<ol style="list-style-type: none">①林業イノベーションハブ構築事業について②昨年度の成果物について（2）令和4年度分科会の目的（3）各委員からの発表<ol style="list-style-type: none">①自動化・遠隔操作化に関する取組と課題、今後の期待②林業機械の自動化・遠隔操作化に必要なと考えるインフラ・技術③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（4）質疑応答・意見取りまとめ3. 閉会<ol style="list-style-type: none">（1）今後のスケジュールについて
資料	資料1-1：林業イノベーションハブセンター（Mori-Hub（森ハブ）） 資料1-2：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） 資料1-3：技術リスト（令和4年3月31日時点） 資料1-4：機械開発・森林作業システム方針（案）（令和4年3月時点） 資料1-5：林業機械の遠隔操作化・自動化に関する安全性確保ガイドライン（案） （令和4年3月時点） 資料2：令和4年度分科会の目的 資料3：各委員からの発表（林業現場の条件について）

【議事概要】※資料記載事項は割愛

1. 開会

- (1) 挨拶
- (2) 関係者自己紹介
- (3) 座長選出

➤ 長谷川委員が選出

2. 議事

- (1) 令和3年度の成果の報告

■ (事務局から資料に基づき説明)

- (2) 令和4年度分科会の目的

- 本分科会のゴールとして、メーカーが参考となる資料となっているが、どういったものが参考となるのかは難しいところであり、また、機械の開発は巨額の開発費がかかるため、台数を売っていくためには、技術と現場ニーズとの合致をどのように図るのかというところが、ハードルになっている。
- 林業機械メーカーにおいては海外の方が技術的に進んでおり、国内の林業機械メーカーは事業規模が小規模よりであるため、自社での開発は難しいと思われる。そのため、林野庁の補助事業や、クラウドファンディングなどで予算を集めながら、進めていくのがよいのではないかと。また、林業だけでなく、森林産業全体として機械開発を推進すべきではと考えている。
- 技術面だけでなく開発費等の面にも注目しないと動いていかない。そのため、林業に係る研究者及び現場側から要望・希望を発言頂くと各専門家から助言も頂けるので、積極的に議論を深めていければと思う。
- 国内対応か国際対応かというところで、船の世界では国際対応というところで、国際基準である ISO 等に則ろうとする動きがある。船に関しては、国交省の管轄ということで経産省は手を引いたが、メーカーが国際標準対応の機械開発を目指すのであれば、経産省のロボット政策室といった別の省庁の予算を使うことも可能。
- 日本の林業機械のメーカーのフットワークが軽くなく難しい。ただ、日本は雨が多く温暖な地域で、世界の林業の作業条件の中で最も悪い地域であると考えており、そういった場所で自動化ができれば世界のどこでも通用する技術になりうる。ヨーロッパで行われている低コスト・高効率な作業システムの中では、日本の技術が主流となることはないが、雨が多い・急傾斜地といった条件不利地における技術提供はできるのではと考えている。
- 日本国内だけでは販売台数という面でリスクが高いため、条件不利地向けというのも自動化・遠隔操作化技術の一つのターゲットになるのではと感じた。現場条件として他には、高人口密度という条件も、自動化・遠隔操作化に有利に働くこともあるのではと考えている。
- 林業機械の日本の国内シェアは、そんなに小さいとは言えない。国内の高性能林業機械の普及台数が現在1万台を超えたが、良い面と悪い面が半々あり、素材生産量当たりの機械の台数密度が日本は世界でNO.1になっている。機械密度が1番なので、市場としてはそれなりの規模感で形成されている。ただし、国内では限りがあるのに変わりはないので、世界シェアを見据えるのは必要だと思われる。
- 市場としてヨーロッパだけでなくアジア等も狙うとなると、自動化・遠隔操作化にあたって、みち

びきといった日本の衛星による位置情報の高精度測位の活用が可能となると、総務省の衛星関係予算と連携し、ODAにより海外展開するというパターンも考えられると感じた。

(3) 各委員からの発表

- 日本の林業の課題として、高い生産コスト、安い木材価格、劣悪な労働環境、曖昧な生産計画という課題があり、この解決に向けて、様々な技術及び自動化・遠隔操作化の発展に期待をしている。
- 自動化・遠隔操作化への期待としては、安全・環境という点で、大きな道を作ると、生産性は上がるが、災害という環境リスクも高くなるため、小幅員路網における、小型コンテナの連結走行・自動追従走行によって、環境と生産性の両立を図ることができればと期待している。
- 機械価格が高くなると、採算を合わせるために施業規模は大きな団地が必要になってくるため、機械をフル活用するための森林作業システム・仕組みが必要。
- 新しい技術・機械が出てきたときに、現場からは必ず信頼性が問われる。伝統的な昔からの木材取引の世界がある中で、新しい機械で測った情報を如何にして流通させるのか。新しい技術・機械は地域全体として普及していく必要がある。
- 林業だけでインフラ整備をするのは、非常にコストがかかるので、地域生活や環境保全、防災に活用できるようなインフラとして整備していくことが必要。
- 森林のシミュレーションのための情報蓄積も必要で、今までのスギ・ヒノキだけの林業ではなく、今後植栽樹種や管理方法が多様化していくため、これらの情報を蓄積する方法というの、自動化・遠隔操作化の中で期待している。

- 無人フォワーダやスキッドで、Lidar-SLAMによる自己位置推定をしながら自動走行する試験が行われている。道の形状や、周りの立木を検知しており、2年前時点で轍による起伏の変状にも対応しながら走行できる状況まできている。
- インフラ技術の話として、デジタルツインの実現に期待しており、デジタルツインとは三次元のデータに時間軸を追加した四次元のデータで、現実世界のコピーをデジタル上で作ることが、デジタルツインであると理解しており、航行船舶等の異分野の動向を参考にしながら林業の中でもデジタルツインを活用できないかと考えている。
- デジタルツイン及び何らかの機械の自動化技術ができたとしても、通信インフラの課題解決が求められると考えている。
- 車両系の自動化に取り組んでいるが、架線系の方が自動化は比較的簡単ではないかと考えており、タワーヤードにおいては、すでに半自動化している。関連して、架線系と車両系のハイブリッドと言われるテザーシステムもある。ワイヤーで車両系機械をサポートしながら、車両系機械が斜面を動くシステムで、今後実用化・普及を期待している。
- 山村地域の過疎化はマイナス要因かもしれないが、機械の自動化においてはプラスの要因になり得る。人が近くにいないということは、安全や災害への配慮にかかるコストを削減できる可能性があるため、そういった状況をうまく活用して、自動化等が図れないかと考えている。
- 機械の自動化は電動化と同時に議論を進めていくべき。ヨーロッパを中心にゼロエミッションの話がある。また、索道の方が回生エネルギーを回収しやすい点でも、架線系のほうが有利で、可能性があるのではないかと考えている。
- 海外では機械の大型化による効率化・低コスト化に取り組んでいるが、日本の地形において、大型

な機械を使いまわすことは、法律的にもインフラ整備の面としても難しい状況。この中で、日本が目指すべきものとしては、日本が得意な小型機械の開発の方ではないかと考えており、自動化においては、小型機械の群制御も考慮しながら開発を進めていくのがよいのではと考えている。

- 昔は、林業用脚式移動機械という斜面に対応する機械を用いて、斜面移動に適した機体の制御方法、歩行の仕方等を研究されていたが、当時は動的安定が保てず、かつ静的安定を保った動作でも速度が遅いという問題があった。現在は、NEDO の農山村地域の電動化プロジェクトとして、小型の4足歩行ロボットで有名な BostonDynamics の SPOT という機械について研究が行われている。
- 2015年にGNSSを使ったフォワードの自動走行の取組について、元々の課題は、Wi-Fiで遠隔操作することであったが、常に人が遠隔操作するのは効率が悪いので、条件の良いところでは自動走行することで負担を軽減するという開発目的になった。
- 2016年に、無人搬送システムでよく使われる、電線を使ったフォワードの自動走行に取り組んだ。
- 自然物を対象とする森林作業は複雑なので、全ての状況に対応できる自動化はかなりハードルが高く、実現できない可能性が高いと考えている。
- 自動化作業が可能な条件はどのようなものかを明らかにすることで、作業の単純化や、自動化に適した作業方法や作業システム、作業環境の整備を行うことで自動化を図る、あるいは機械の改造や装置の追加をして、自動化できる状態を作れるのではと考えている。
- ティーチング（機械学習）等による確実な自動化ということで、SLAMによって道の状態（崩れそう、地盤が弱い）は判断が付かないため、作業の朝一にオペレーターが道の状態を踏まえて走行し、ティーチングさせることで、比較的安全で確実な自動化が可能だと考えている。
- 遠隔操作化について、遠隔操作中に無線が途切れると制御が効かず危険なため、遅延がほとんどない、かつ大容量の無線通信が必須だと考えている。
- 人工筋肉により操作するロボットを機械に載せるのか、自動制御の機械を作るのかという点も検討の余地があると考えている。

- 遠隔操作に必要なとなる通信について、全長1000mのトンネル内でも途中でアクセスポイントを設置することでLANケーブルなしで、Wi-Fi通信を可能にするといった技術が実装されている。
- 自動運転に必要な画像認識について、カメラと2D-Lidarにより林道の道路境界がどれぐらい検出できるのかという実証実験の例があり、未舗装でかつ地面の色の差が少ない場所においても、概ね道路境界を認識できているという結論が出されている。
- SLAMやGNSSによる、高精度三次元地図の活用について、SLAMはリアルタイムでポイントクラウド地図を生成しながら、機械がどこ進んでいくかを瞬時に判断するものだが、ADAS地図という道路マップをあらかじめ取り込んでおくことで、SLAMでリアルタイム地図を生成しつつ、事前に作成したマップ内にある信号等の地物からどのくらいの距離に自分がいるかで、これからどこに進んでいけばいいかなどが早い段階で判断できる。
- 林業における死亡者の大半が伐木作業で亡くなっており、かかり木による事故が最も多いとのことで、特に重機が侵入できないような斜面の現場においては、枝打ちロボットのような小型の処理機のようなものが開発できれば、労災の減少に繋がるのではと考えている。
- 遠隔操作としては、作業道の整備のときに使いやすいのではと考えているが、映像越しに遠隔操作をすることになると、搭乗席のカメラ越しだけでは見えにくいという話もあるため、定点カメラ越

しという視点を追加することも有用ではないかと考えている。

- 自動運転に関しては、イタリアで開発されたリモコン操縦型の下刈り機械について、リモコンで動かせるということは遠隔操作も可能だと思われるのと、GNSS 等で事前にマッピングすることで、自動走行が可能と考えている。
- 自動運航船実現に向けた取組として、国交省の自動運航船安全検討 WG において、国際ルールを検討されている。
- 船舶の業界においても、安全性向上、船員の負担軽減、3K 対応、また林業同様高齢化が進んでおり船員不足対応として、自動化・遠隔操作化が求められている。
- 自動化にあたって、遠隔監視・コントロールセンターからの指令に基づき、障害物回避等を行う必要があり、制御性とメンテナンスフリー化を考慮すると電動化が望ましい。その中で、対象とする船舶や運航する水域・海域によって検討すべき問題が大きく異なる。
- 船舶においては、サイズや、空荷と満載の違いにより、波や風により受ける影響が異なり、運動性能が大きく変化することで、障害物を発見することが要求される距離も変化し、要求されるセンサーも異なってくる。例えば、大型船であれば 30km 先の障害物を見つける必要があるが、小型船であれば、数 10m 先の障害物を見つける必要がある。
- 運航する水域・海域として、河川や運河においては、水位の変化により障害物との位置関係も変化するが、水中の正確な障害物の検知は難しい状況である。そのため、既存地図（国土地理院の基盤地図情報データ）を用いて水路地図（橋や護岸の高さ情報）の整備方針を検討し、3D 地図の整備が取り組まれている。
- 無線通信には、大きく分けると、公衆系（4G や 5G）と自営系（Wi-Fi やローカル 5G など）がある。スマート林業実現に向けた無線通信は、公衆系のエリア外に自営系無線通信、不感地帯対策では、中継機能が考えられる。
- 多様な通信方式がある中で、森林内に好適な周波数は、VHF 帯が可搬型で通信距離が長く、森林の影響も受けにくいことから適していると思われる。VHF 帯は、細かい回り込みはできないが、実際に山林内のリアルタイム映像を山麓へ伝送した事例がある。
- VHF 帯を活用した広域系 Wi-RAN システムと、狭域系 Wi-SUN システムを構築することで、森林内でも万遍なく無線通信の構築が出来ると思われる。ただし、森林内での実証事例が少ないため、今後更なる検証が必要。
- 近年は画像圧縮技術の発展により、小さい通信容量でも高精細な画像の転送が可能となっている。
- 建設業では、情報化施工＝設計データ＋位置情報技術＋建設機械であり、主要道路沿いにおいて 3D 点群データをブラウザ保存し、標識等の地物の抽出や災害発生時に再度点群データ取得し、その差分結果を災害査定への活用に向けた取組や、事務所から出来形管理を行うシステムの構築が行われている。
- 機械の開発・運用にあたっては、協調領域・競争領域の区分や、官民の役割分担（民間側の負担額が許容内となるのかどうか）の整理が必要。また、技術、制度とも連動した予算措置が必要。
- 制度としては、国内標準化・国際標準化の是非や、施工基準等の制度設計、機器・ソフトの検定制度なども必要となる。

- 機械・ソフトの開発事業者の有無が発展に大きく影響（建設業も当初はほとんどおらず、この点に大変苦労した）
- 設計データが存在しない場合の措置をどうするか。
- AIによるヒヤリハット等の危険事象の解決策は開発難易度が高く、動作しながらリアルタイムで樹種判定等の判断を行う技術となると、開発・運用費が高額となる。
- 現在存在する技術、今後の可能性などについて語ることも大事であるが、現場としては現状高度な自動化等ではなく、機械を運用する時の複合操作を入れられないでできる機械など、今すぐ適用できる、明日から使える技術が欲しいと思われる。
- 小規模な企業の方が要望に対する開発が速い。
- 自動化・遠隔操作化については、まだ実際の現場からほど遠い話が多いように感じたが、通信についてはすぐにでも適用できることが多いと感じている。
- 現場からの要望は重要になる。スピード感を持って取り組んでほしい。

(4) 質疑応答・意見取りまとめ

- 海運業界での電動化の状況について
 - ◇ 海運業界での電動化の状況について、カーボンニュートラルポートの取組も始まっており、ヨーロッパでは、電動船もできているが、海運においては水の抵抗を相手にしなければいけない（空気の800倍の摩擦抵抗）こともあり、常に坂道を走っている状態のようなもので、バッテリー消耗が激しいため、近距離の定期ルートのような条件ではないと厳しい。水素、燃料電池などの別のエネルギー源も検討しながら、場面ごとに検討を進めている状況。
 - ◇ 電動化といえば、港湾ではクレーンで利用されている。
- 通信規格の検討するにあたり、どのような場面でどういったことを実現したいのかというユースケースを整理してもらえると圧倒的に検討・提案がし易くなる。ユースケースに対する技術、何をさせるかによって選べる。現場の要望として、直近で実現したいことについて検討することは重要。一方で、直近で実現したいことを優先したことにより、中途半端となり、5年後目途に実現したいものが実現しないということも通信技術ではよくあるため、注意が必要。通信技術は特に達成したいロードマップが重要になってくる。
 - ◇ どのような作業体系に焦点を当てるかによって考慮すべき条件などが変わってくる。伐倒の場面に焦点を当てた場合、通信範囲は数haという面積規模になる、フォワーダなどの出材・運材の場面に焦点を当てた場合は箇所によっては数10haという面積規模になってくる。難しいが、類型化は必要であると考えている。

3. 開会

- (1) 今後のスケジュールについて、事務局から説明。

以上