

林業自動化実証プロジェクト導入状況及び評価・分析報告書

第一部 導入状況（設置及び稼働試験）

2回の現場実証試験を含む開発を通し、対象林業機械の主要機能について遠隔操作を試み、動作確認、操作性や安全性の検証を行った。同時に現場の状況、ニーズ、市場性等を調査し、次世代林業システムの実現と市販化に向け今後の技術開発テーマや課題等を掘り起こした。

◆第一回実証試験 2019年7月24日 古屋国有林（新見市）

内容

- ・ 林業機械実機の仕様及び配線の確認
- ・ オペレータ操作説明と試運転
- ・ 車体及びアーム基本機能の動作確認（走行、回転、アーム動作）
- ・ 実作業（集材作業）を通しての操作性試験
- ・ 林業関係者向けの公開見学及び操作体験会

参加者 約40名

林野庁、岡山県森林管理署、岡山県県民局、住友建機販売ほか



◆実証試験を踏まえた検証と追加開発

- ・ グラップル動作のための追加開発
- ・ 不具合発生箇所の改良



◆第二回実証試験 2019年9月26日 古屋国有林（新見市）

内容

- ・ 操作系の追加セッティング
- ・ オペレータ操作説明と試運転
- ・ グラップル機能の動作確認
- ・ 実作業の遠隔操作により実用性を検証
- ・ 林業関係者の公開見学及び操作体験会

参加者 約30名

岡山県森林管理署、西栗倉村、新庄村、住友商事、国六、住友建機販売、南星機械、山陽放送、山陽新聞 ほか



※実証試験の様子は巻末の「実証試験現場の状況」を参照

第二部 評価・分析編

1. 操作性に関する評価

A. 対象林業機械の主要機能への適応

- 本体移動（前進・後退・進路変更） ○
- 操縦席及びアームの回転 ○
- アームの上げ下ろし、伸縮 ○
- グラップル（つかみ、離し、揺すり）○
- ウィンチ稼働時のアーム保持 ○

◆使用機械の全基本機能が遠隔にて操作可能であることが確認され、適応性は良好。

B. 操縦性

- 作業時の位置決め、微調整等も通常の運転と同様に行えることを確認。
- レバー等の操作と実機の作動のタイムラグは操縦者から感じられない程度まで短縮されており、複数の操縦者へのインタビューでも違和感のない作業ができていることを確認。
- 初めての人でも感覚ですぐに基本操作ができるようになること、更に半日程度の練習で普段行っている作業が概ね可能になることを確認。

◆林業従事者より「即日から運用が可能」との評価が出るなど、操縦性については基本的に良好と判断される。

◆ただし重機の運転席と遠隔操縦では視野角度が異なるため、細かな作業においてはオペレータの慣れが必要であるほか、遠隔操縦では手元手業で一部死角が発生するため、視界確保をサポートするカメラの設置が求められる。

C. 導入の容易性

◆初回のみ配線の確認と数時間の電気系セッティングが必要であったが、2回目以降はSAMを物理的に搭載するだけで可動できる状態が実現した。SAMの取付け、取り外しはそれぞれ30分程度で済み、特殊な工具も不要なため、人が自ら操縦したいときは取り外した状態、遠隔操縦をしたい場合はSAMを搭載した状態へと簡単に切り替えることができるようになった。取り外したSAMはコンパクトな箱に収納してバンや事務所に保管できるため、業務に支障をきたすことはないと言える。これらのことから、導入は十分に容易で実用に耐えるものと評価することができる。※ただし自社社員でセッティングする場合には担当者に対する一定の研修等を要する。

2. 安全性の向上に関する評価

- 林業機械がバランスを崩しやすい斜面でも、運転席に乗らずに操作できるため、転倒事故に巻き込まれる可能性がなくなり、重篤災害を大きく減らせる
- 操縦者及び作業者が林業機械の回転半径の外まで離れた状態で周囲の視界を確保しながら操縦できるため、重機との接触事故に会う可能性もほぼなくすることができる
- 操縦席にいるよりも作業者との肉声によるコミュニケーションがしやすく、意思疎通の不足による事故リスクを抑制することができる
- 運転席よりも作業箇所との距離を取れるため、倒木や林材の突発的な飛来などに巻き込まれるリスクを低減できる

◆林業は傾斜地における重機の転倒、転落に巻き込まれるリスク、また倒木の処理などで重量物が飛来するリスクを伴い、実際重篤災害も多い。遠隔操作の場合は作業現場から安全距離をとることができ、上記の理由による災害をほぼなくすることができる。また従業員の傾斜地移動や昇降等の負荷を減らすことにより、疲労に伴う不注意事故などを軽減する効果も期待でき、安全性の向上に大きく寄与すると評価できる。

3. 作業性・生産性の向上

A. 作業者の負荷軽減

- 従来必要だった重機への昇降の繰り返しが不要になるため、オペレータの身体負荷を低減し、長期的にひざなどの故障のリスクも軽減することが可能となる
- 今回の実証はカメラを用いず目視で作業ができる範囲内での遠隔操作であったため、機械と共に人も移動する必要があるため、移動に伴う身体負荷軽減効果はあまりなかった。しかしながらカメラとモニター（又はスマートグラス）を組み合わせ遠隔操作の距離を延長すれば、オペレータが安全地帯に留まり機械のみ移動させられるため、傾斜地の移動負荷を大幅に軽減できる可能性がある（次期開発で実証予定）。

◆上記の実現により作業者の身体的な負荷を大きく低減することが期待でき、また操縦経験のあるシニアや、林業に関心ある女性など、これまで体力的に参加できなかった人材に対して門戸を開放することができる。

B. 生産性の向上

◆遠隔操縦自体は通常運転席で行う操作を離れた場所から行うものであり、人の操作時間を短縮するものではない。しかし林間作業の現状分析の結果、遠隔操縦の特性を活用することにより下記の通り生産性を向上することが可能であることがわかった。

- 作業従事人員数の軽減
例) 林材引上げを現在はオペレータと玉かけ者がペアで行っているが、玉かけ者が機械を遠隔操縦すれば一人でも作業できる。
- 機械乗り換えや移動時間の短縮
遠隔ロボットを複数搭載すれば複数の機械を一人で動かすことが可能となり、機械の乗り換えや移動、待機等の時間を短縮できる。
- 将来的には遠隔操作とAIを結びつけることにより、完全自動化（無人化）が可能になり、林業のプロセス自体の変更と更に大幅な生産性向上を図ることができる。特に林材を公道まで運び出すだけの役割であるフォワーダーの無人化は現場の無人化要望が高く早期に実現すべきテーマである。

また、自動化による将来的な林業の生産性向上の可能性を以下に示したい。

図は今回の現場（2073 m³）における必要作業日数を示したものである。①は現状の実数値、②と③はプロセスの自動化が実現した場合のモデルである。②ではハーベスタを導入すると同時に、SAMをマルチタスク化し、重機、グラップル、ハーベスタの遠隔操作をできる状態にした場合の想定作業日数を示している。コンセプトとしては機械でできる作業は機械が、人しかできない作業（複雑な作業、機械が入れない場所の作業など）は人が、という棲み分けで機械と人の強みをそれぞれ活かすマン・マシン共生型のステージであり、比較的早期に実現が見込める。遠隔操縦の導入によって集材などの作業人員工数が改善できるほか、機械の乗り換えや移動に必要な時間が短縮されるため、作業者は人にしかできない作業に集中することができる。また作業道沿いの林材についてはハーベスタが伐木、集材、造材を一連で行うことができ、全体として大きく生産性を向上させることができる。

③は更に自動化を進めた場合の想定作業日数である。コンセプトとしては、人は基本的にオペレータに特化し、主要な作業の大半は機械が行う最終のステージで、開発には一定の期間を要するが技術的には十分実現可能なものである。具体的には急傾斜地でも活動ができる姿勢制御機能のついた車両にハーベスタを始め様々な交換式の作業ツールをつけた高性能林業機械を遠隔操縦するシステムを構築する。更に、林材の移動を担うフォワーダーに、画像認識とGPS通信機能を搭載して無人運転化することにより、材の切り出しと搬出が同時並行的に行えるようにするものである。これによって、人の作業量が軽減できるほか、全

体の作業日数が大幅に短縮できることから、シーズン内に実施可能な現場の数を増やすことが可能になり、生産性は大きく改善することが見込める。

①現状											
作業者	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110 (日)
A	開設		造材								
B		伐木	集材					搬出			
C											
D											

②一部機能の自動化後									
作業者	10	20	30	40	50	60	70	80 (日)	
A	開設		造材		搬出				
B		伐木	集材						
C									
D									

③全体機能の自動化後						
作業者	10	20	30	40	50	60 (日)
A	開設		造材	搬出		
B		伐木	集材			
C						
D						

今後の展開

今回の実証試験により得られた知見を活かし、上記に示した段階的林业完全自動化のビジョンを実現するため、下記の要素技術について技術開発を行う予定である。

1. 遠隔操作の距離延長及び操作性の向上
2. 林間における5G通信環境構築技術
3. 急傾斜地作業機械の遠隔操作
4. 傾斜地崩落検知システムの構築
5. フォワーダーの無人運転

技術開発のロードマップ

				無人作業の導入	備考
				GISとの連動	フォワーダ無人走行の実用化
					マッピングと連動した選択的管理
					傾斜対応型新型機の遠隔操縦対応
					森林における5G環境構築の小型機搭載車
					遠距離(300m程度)の遠隔操作実用化
					5Gに対応した操作・モニターシステム
					多様な機能を集中制御できるコントローラ
					中距離(数十m前後)での操作
					ハーベスタ、フォワーダほか林业主要作業機
		2020年度	2021年度	2022年度以降	

[参考] 次世代林業公開実証試験現場の状況

公開実証実験日:令和元年7月24日及び9月26日

搭載した機械: グラップル型林業機械(住友重機+南星機械)

実証内容: SAMを用いた林業機械の遠隔操作及び実作業運用の検証

見学者数(林業関係者及び報道機関): 延べ約70名

【主な参加者】 林野庁岡山県森林管理署、岡山県庁、西粟倉村、新庄村、
島根県素材流通共同組合、つやま産業支援センター、国六、
RSKテレビ、山陽新聞社、住友商事、住友建機販売、南星機械、ほか



実際の林業現場でプロのオペレータの協力をもらい、実作業を遠隔で実施し、
その様子を林業関係者等に公開



林業機械の実機に今回開発したSAMを搭載(RSKテレビで紹介された様子)

第1回試験(7月24日)



搭載したSAMの機能点検。
林業機械の前進、交代、方向転換、操縦席の回転、アームの上下・屈伸などの基本機能が正常に動作することを確認。



林材にロープをかけて山から降ろす集材を遠隔操作で実践。林材状況によって繊細なアームのコントロールが求められる。

急な斜面から大きな力をかけて林材を引き下ろす様子。特段の問題なく作業ができることを確認。

なお、こうした作業は重量ある林材が急スピードで迫ってくるだけでなく、障害物にひっかかったロープや金具等が反動で運転席に飛んでくることもあり、操縦者が重篤災害に巻き込まれることもある。安全地帯から遠隔操作できれば、事故を未然に防ぎやすくなる。



多くの林業関係者が訪れ自動化への関心の高さを伺わせた。
同時にこのような技術が現実化したことに驚きの声も多く聞かれた。



プロの林業家も代わる代わる
遠隔操作をトライし、普段の感
覚でそのまま運転できることを
確めていた。

将来の目標の一つが女性でも
簡単に林業機械を遠隔操作で
きるシステムを構築し、年齢や
性別にかかわらず林業に参入
できる環境を整えることである。



第2回試験(9月26日)



遠隔操作で機械が急坂を登坂している様子。

今回の操縦者は遠隔操作初体験であったが、短時間で慣れ、基本動作を概ね自在に扱うことができた。



第1回の実証試験後、アームの先にあるグラップル操作ができる機能を開発し、第2回目の実証試験で全ての機能が稼働するかを検証した。



更に実際行っている作業を遠隔操作で行い、現実の業務に十分に対応できるかを検証。



林材をつかみ、回転し、移転させるなど、複雑な動作を機械が行っている様子。

操作性については微細な動作や反応のニア性など違和感なく行えることが確認できた。

課題としては作業中に操縦席に比べて視界が限定される場面があり、今後多眼カメラなどで視野を補うことが開発テーマになると判定された。

林業関係の大手企業の役員も実際にSAMを操作し、その操作性と可能性について「明日からでもSAMが活躍できる。人が離れたところから操作できるのはリスクという面では安全面がぐっと向上する。」というコメントを頂く。

林業関係者の期待に応えるため、SAMを更に開発進化させていく意義を改めて感じさせた実証実験となった。

今後更に、モニターを用いた長距離の遠隔操作、及び他の林業機械も扱えるマルチタスクシステムが開発テーマとして挙げられる。