

林野庁 令和5年度林業デジタル・イノベーション総合対策のうち  
戦略的技術開発・実証事業  
先進的林業機械の実証

AIを活用した集材・造材マルチワークシステムの実証  
(架線集材とプロセッサのワンオペ作業)

**林業イノベーション現場実装シンポジウム**

木材会館 大ホール 令和6年2月9日(金)

**イワフジ工業株式会社・株式会社中井林業**

# 1-1. 新たな架線集材システム (量産機)

## 新たな架線集材システム 搬器実走行



# 1-2. 新たな架線集材システム (量産機)

集材オペ

架線式グラップル

荷掴み

作業人員: 2名  
(以前は4名)

先柱

主索

目視

横行  
キャレージ

巻上げ/  
引込み

索下

E: エンドライン  
L: リフティングライン  
B: ホールバックライン

架線式  
グラップル

集材範囲

元柱

伐倒木

集材オペ

E L B

造材オペ

荷下ろし場

集材機

「省力化」・「労働災害の防止」を実現!

# 2-1. 集材・造材マルチワークシステム(令和4年度実証)

BLG-16R+YR-302E  
架線集材システム

IWAFUJI

遠隔集材

作業人員: 1名

先柱

主索

自動走行

キャレージ

索下

集材範囲

巻上げ/  
引込み

R4型  
架線式  
グラップル

集材・造材オペ

伐倒木

荷下ろし場

集材機

「省力化」・「労働負荷の軽減」を向上!

### 立体映像



R4型架線式グラップルからステレオカメラで撮影した立体映像をMRゴーグルに表示。  
映像内に3DCGの架線式グラップルを合成。  
中継器を経由してWifiで長距離の映像伝送。  
360°の視点切替が可能。

立体映像中継器



MRゴーグル

荷下ろし場

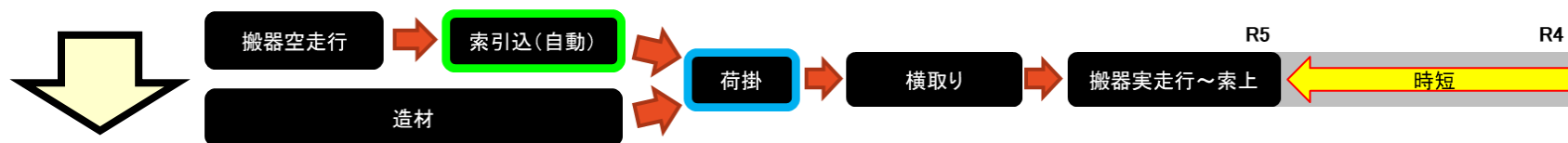


荷掛け場

荷掛け時の立体映像をキャビン内で目視可能

## 集材・造材マルチワークシステムの課題

- ①自動走行時間に造材を行うが、自動走行できる作業の範囲が少ないため走行時間が短くなり、造材時間が確保できないので、索引込みを開始するまで時間を要する。
- ②画面目視(2D表示)の遠隔操作では視野や映像の状況から、索引込みや荷掛けに時間を要する。
- ③揚程の低い場所でのロージングブロック使用時、ラジコン送信機の携帯が負担になる。



## AIを活用した集材・造材マルチワークシステムの実証

### ①自動引込みシステム

集材対象木の直上付近まで架線式グラップルが自動走行と自動引込みをする。

→マルチワークシステムの引込み作業を自動化。

### ②デジタルツイン映像表示

立体映像表示の3DCG架線式グラップルが実機連動で動くデジタルツイン表示にする。

→トンクと集材木の位置把握と荷掴み具合が認識可能になり、荷掛け操作が向上。

### ③サブラジコンの開発

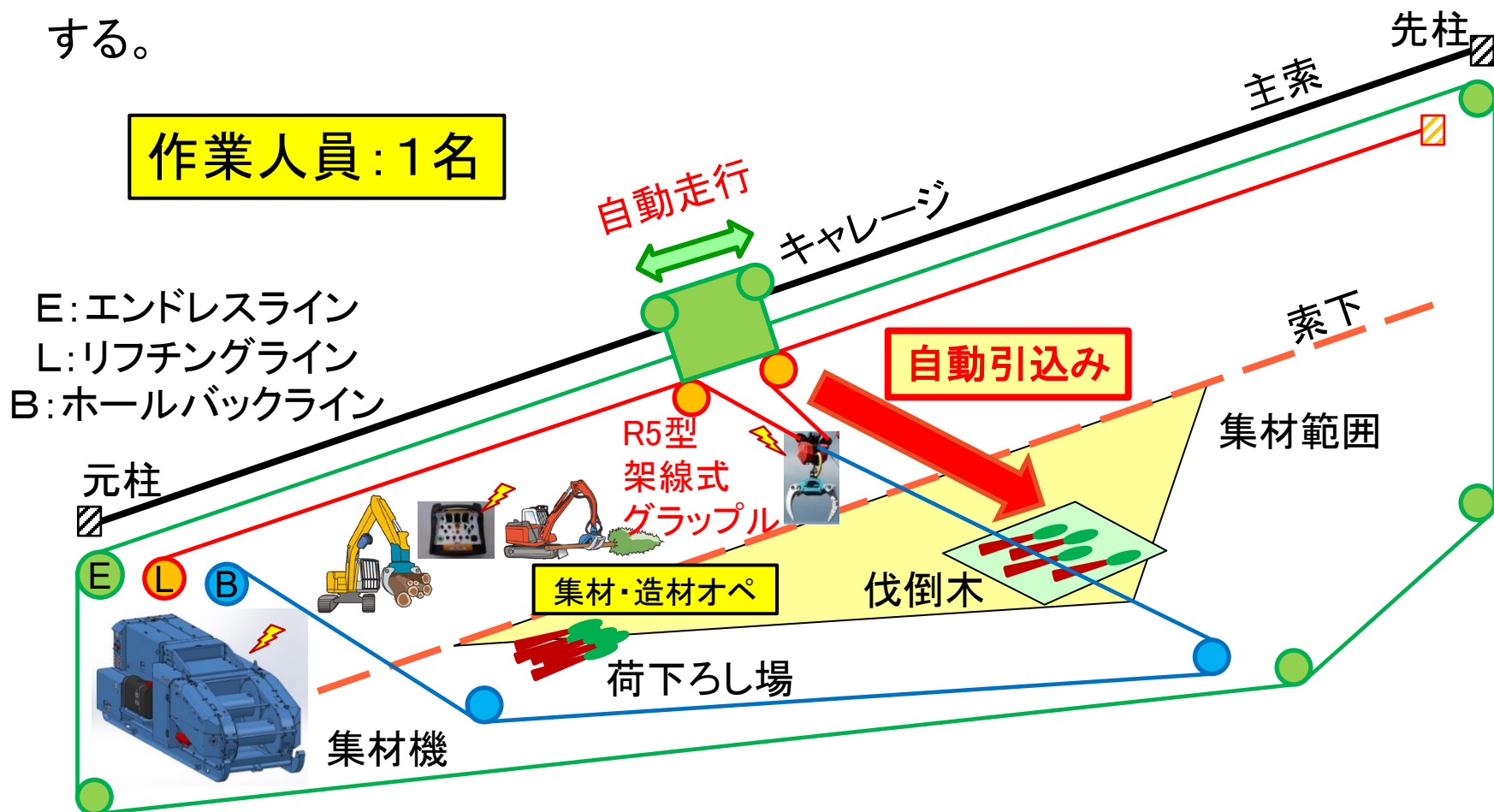
→ロージングブロックの荷掛けに適した、片手操作と携帯可能な小型ラジコンを開発。

全体の合計サイクルタイムを短縮して、生産性向上を図る

# 3-2-1. 自動引込みシステム

## ①自動引込みシステム

→架線式グラップルが設定した位置まで自動搬器空走行を行い、次に自動引込みを行いながらAI画像認識で木を見つけ、木の直上付近で自動停止する。



## 自動引込み



自動引込みシステムの実証に成功



# 3-2-3. 自動引込みシステム

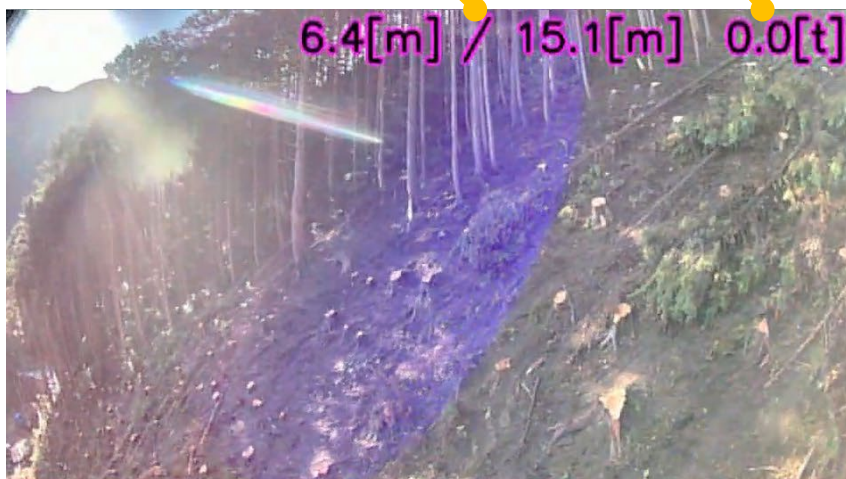
## AI画像認識

地上高(先柱側/元柱側)

吊上げ荷重

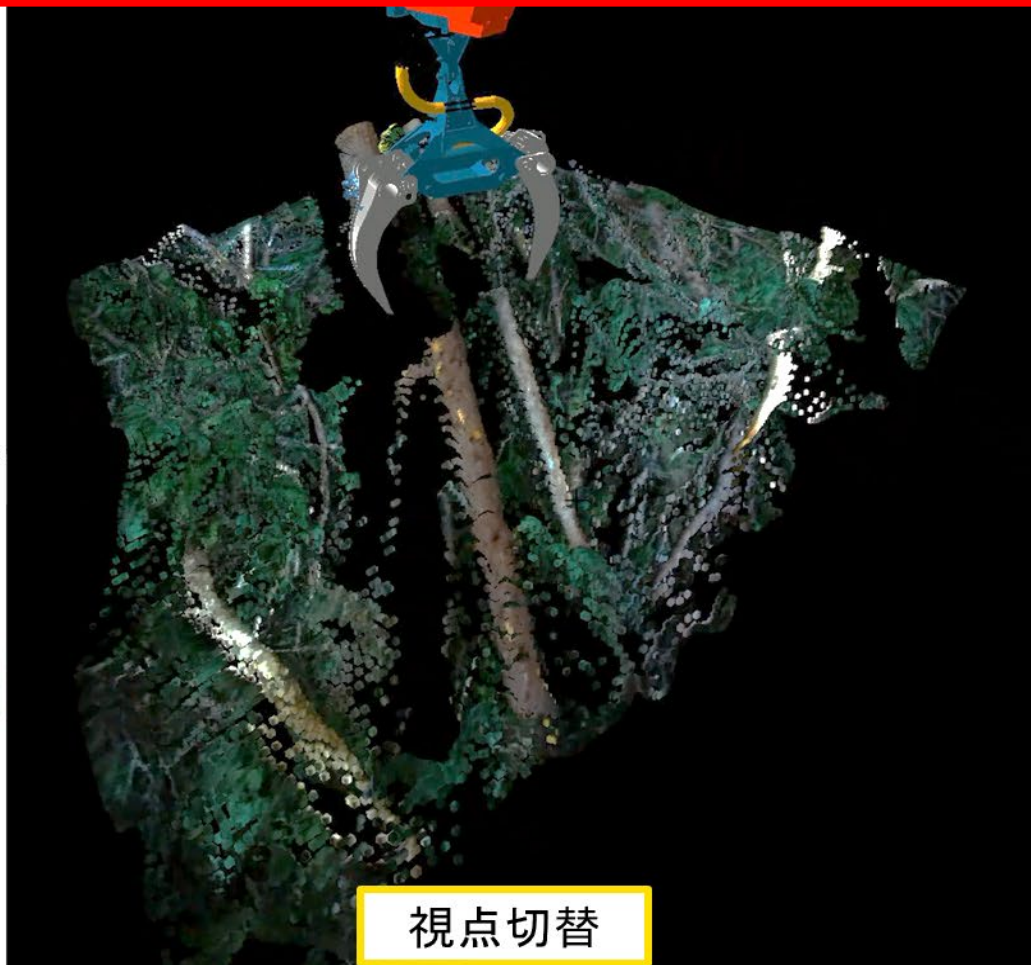
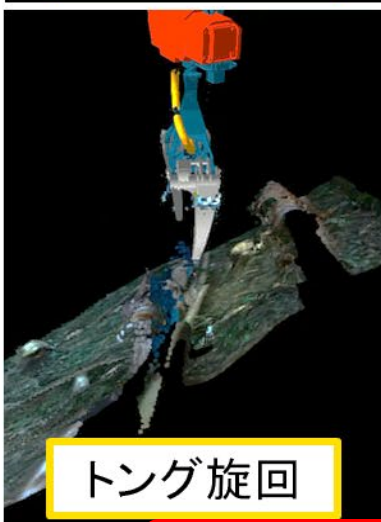
AI画像認識: 桃色  
(直線検知: 橙色)

バッテリー充電率



## ② デジタルツイン映像表示

ブレイクスルーで林業イノベーションを達成！



デジタルツイン映像表示の実証に成功

# 3-3-2. デジタルツイン映像表示

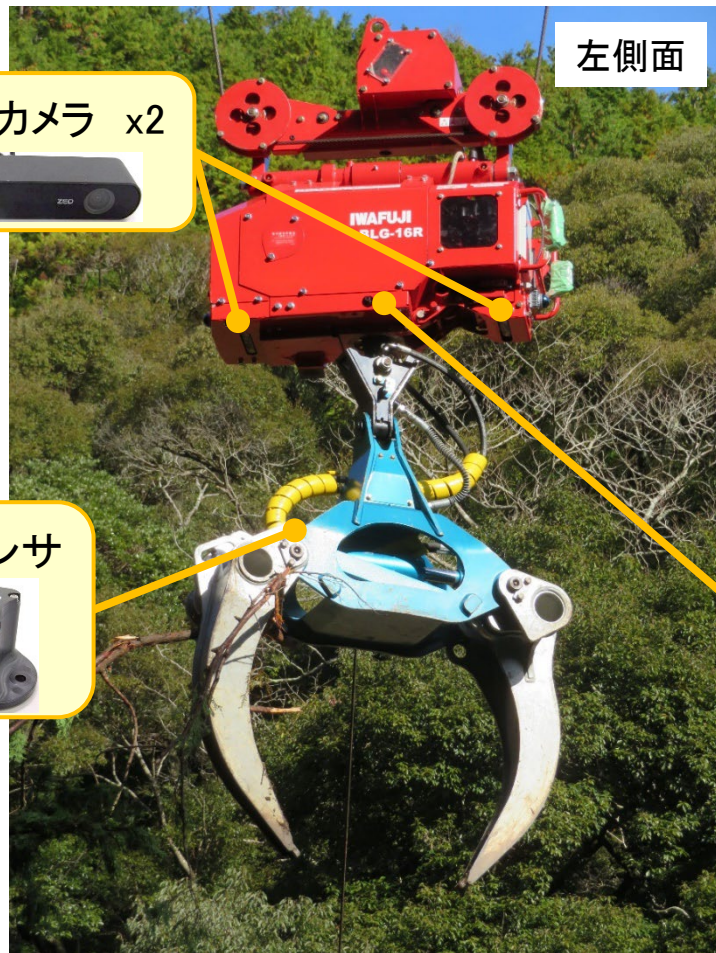
## 各信号伝送



# 3-4. 架線式グラップルの構成部品

## 主要構成部品

最新機器でハード面を構成



5GHz帯フルHD  
画像伝送装置



AIエッジコンピュータ  
NVIDIA Jetson AGX Orin



右側面



GMSL2カメラ x2

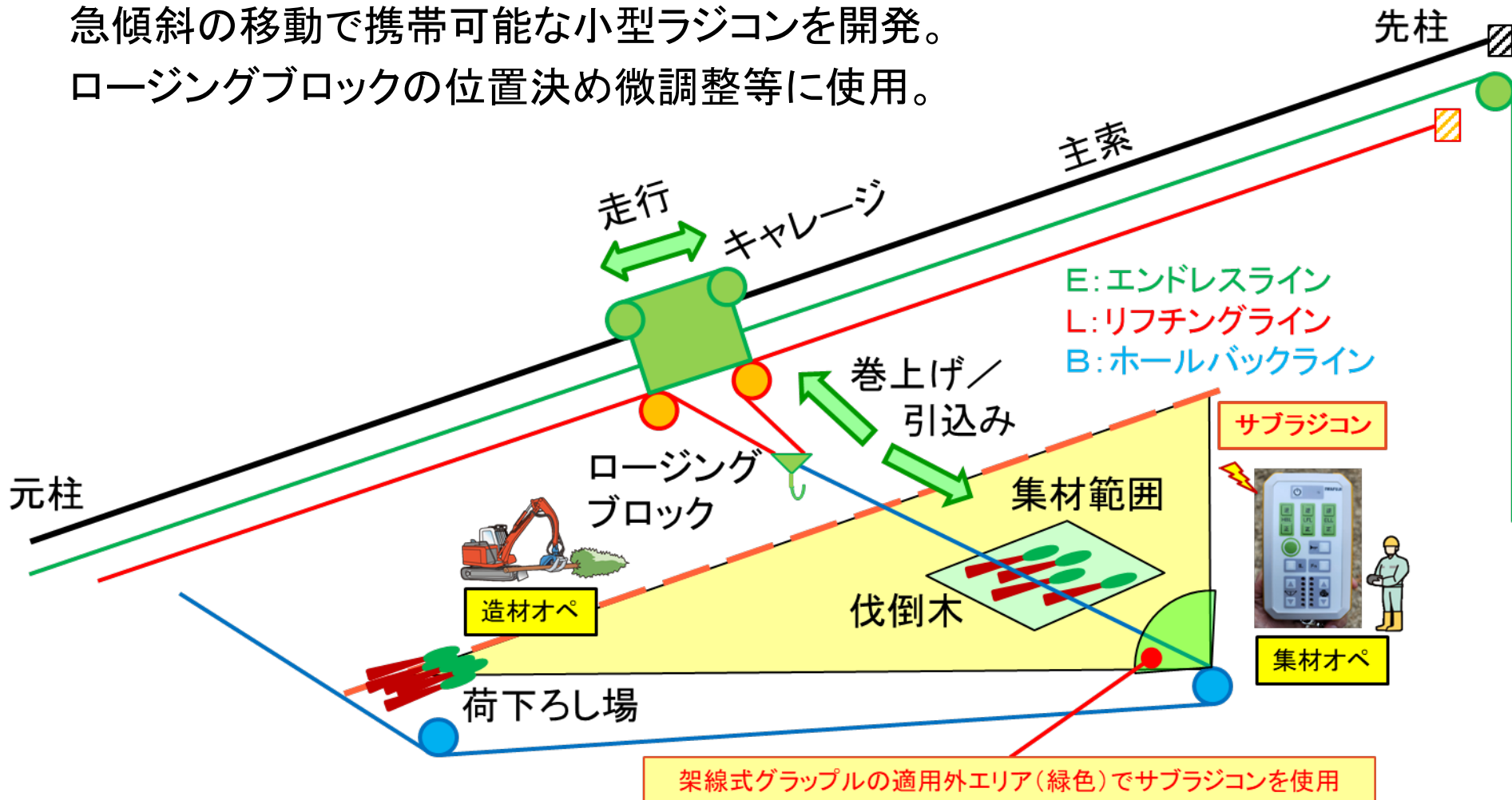


エンコーダ、ロードセル



## ③ サブラジコンの開発

→ロージングブロックの使用時にスリングワイヤーを持ちながらの片手操作と急傾斜の移動で携帯可能な小型ラジコンを開発。  
ロージングブロックの位置決め微調整等に使用。



## サブラジコンの仕様

ラジコン送信機同様に油圧集材機の操作が可能。

作業服のポケットにも収容可能なサイズ。ストラップの使用で首に下げる携帯も可能。

ラジコン送信機と同様に使用している周波数は1.2GHz帯。

・LFLドラム回転  
上: 逆転(繰出し)  
下: 正転(巻取り)

・HBLドラム回転  
上: 逆転(繰出し)  
下: 正転(巻取り)

・操作認証

・インターロック

・HBL張力  
上: 張り  
下: 緩み

・電源  
上: ON  
下: OFF

・電源/  
バッテリーランプ

・ELLドラム  
回転  
上: 逆転  
下: 正転

・ホーン

・Fn(機能)

・エンジン  
回転数  
上: 増速  
下: 低速



- ・サイズ: 146mm × 88mm × 33mm、重さ: 280g  
(ラジコン送信機: 290mm × 265mm × 125mm)
- ・シートスイッチ採用
- ・保護等級 IP67



サブラジコンの開発に成功

## AIマルチワーク作業

AI自動引込みおよびデジタルツイン  
映像表示を活用した遠隔操作集材

IWAFUJI



AI自動引込みおよびデジタルツイン  
映像表示を活用した遠隔操作集材

IWAFUJI



林野庁 令和5年度 林業デジタル・イノベーション総合対策のうち  
戦略的技術開発・実証事業 先進的林業機械の実証

AIを活用した集材・造材マルチワークシステムの実証

AI自動引込みおよびデジタルツイン  
映像表示を活用した遠隔操作集材

IWAFUJI



AI自動引込みおよびデジタルツイン  
映像表示を活用した遠隔操作集材

IWAFUJI



# 昨年度の課題に対して、AIマルチワークシステムが 対応・改善できるかを検証する

### 昨年度の課題

- ① 自動走行時間に造材を行うが、自動走行できる作業の範囲が少ないため時間が短くなり、造材に要する時間が確保できない
- ② 画面目視(2D表示)の遠隔操作について、視野や映像の状況から、索の引き込みに時間を要する

- 「索の自動引込」「映像の視認性向上」の改善による、サイクルタイムへの効果を検証・分析
- 従来型「集材・造材マルチワークシステム」等との比較検証及び、現場導入に向けた分析も実施



## 4-2. 実証の成果(実施内容と結果概要)

	調査対象①	調査対象②
システム 名称	集材・造材マルチワークシステム <b>(R4開発従来型)</b>	AIマルチワークシステム <b>(R5開発改良型)</b>
作業機械	油圧集材機(集材) 架線式グラップル(集材) プロセッサ(造材)	油圧集材機(集材) 架線式グラップル(集材) プロセッサ(造材)
作業人員	集材・造材オペレータ 1名 (マルチワークシステム操作)	集材・造材オペレータ 1名 (マルチワークシステム操作)
マルチ ワークシ ステム詳細	<b>プロセッサ内モニター視認</b> による 架線式グラップル操作・集材 <b>手動索引き込み</b> (自動運転は搬器空走行のみ)	<b>デジタルツイン映像視認</b> による 架線式グラップル操作・集材 <b>半自動索引き込み</b> (空走行+引込が途中まで自動)
調査標本数	41サイクル	22サイクル
収穫材積計	34.064m <sup>3</sup>	15.542m <sup>3</sup>

## 4-3. 実証の成果(実施内容と結果概要)

	計測時間(秒)	計測距離(m)	集計内容・方法	
集材サイクルの 作業要素	搬器空走行	搬器走行距離	距離-時間相関式	1サイクル 当たり 集材 材積(m <sup>3</sup> )
	索引込	横取り距離	平均値	
	荷掛			
	横取り			
	搬器実走行	搬器走行距離	距離-時間相関式	
	荷外し		平均値	
造材サイクルの 作業要素	集材木移動	—	平均値	
	造材			

- 作業要素ごとに時間計測や距離計測を行い、その実測値から、平均値の単純比較、相関式作成、調査対象間のt検定等を実施
- 解析結果から、サイクルタイムの推計を実施

## 4-4. 実証の成果(生産性の検証①)

### サイクルタイム集計結果

要素ごと所要時間(分)	「集材・造材マルチワークシステム」調査対象①	「AIマルチワークシステム」調査対象②
A,搬器空走行	0.452	
B,索引込(自動)	--	0.233
AB',造材(A+Bと置き換え)	4.6	
C,索引込(手動)+荷掛	1.817	1.35
D,横取り	0.483	0.45
E,搬器実走行～索上	1.274	
合計	8.174	7.674

- B,索引込(自動)により、全体サイクルタイムが短縮
  - 視認性の向上によりC,索引込(手動)+荷掛の所要時間が短縮
- **調査対象②の合計サイクルタイムの縮減を実証**

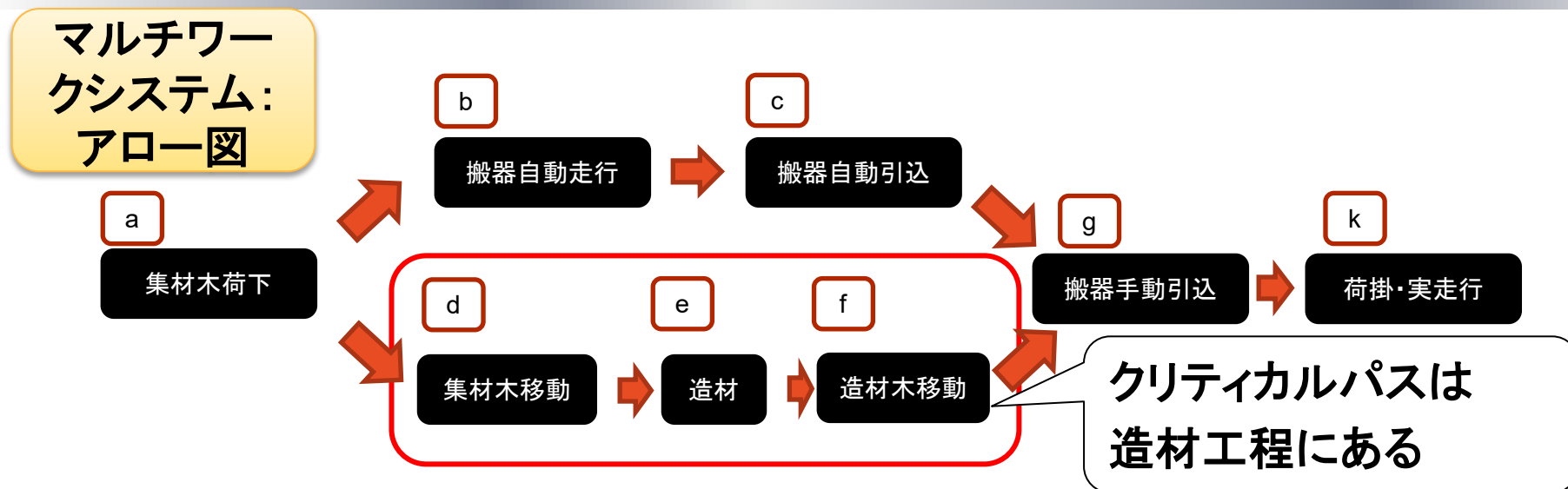
## 4-5. 実証の成果(生産性の検証②)

### 生産性等集計結果

	「集材・造材マルチワークシステム」調査対象①	「AIマルチワークシステム」調査対象②
A,1サイクル当たり集材材積(m <sup>3</sup> )	0.7874	
B,生産性(m <sup>3</sup> /人日)	34.68	36.94
C,日当たり経費計(円)	82,091	82,435
D,m <sup>3</sup> あたり生産経費(集材・造材経費)(円)	2,367	2,232

- マルチワークシステムは1名オペが可能であるため、高い生産性と低コストな生産経費を実現
- 本年度改良により更なる生産性向上・コスト縮減が達成

# 4-6. 現場導入に向けて



## 造材工程の改善余地

- 中～大型のプロセッサ利用により、造材時間を短縮
- 広い土場での利用により、原木移動工程をカット

工程	実測値(分)	圧縮試算値(分)
集材木移動	1.47	0.00
造材	1.99	1.19
造材木移動	0.86	0.00
枝整理	0.28	0.17
合計(分)	<b>4.6</b>	<b>1.36</b>

## 造材工程の改善による生産性等の試算

	「AIマルチワークシステム」 調査対象②	「造材工程を改善したAIマルチワークシステム」調査対象②'
A,造材サイクルタイム平均 (1サイクル当たり・分)	4.6	1.36
B,造材時間置換後の集材・ 造材サイクルタイム(分)	7.674	4.434
C,生産性(m <sup>3</sup> /人日)	<b>36.94</b>	<b>63.93</b>
D,m <sup>3</sup> あたり生産経費(円)	<b>2,232</b>	<b>1,517</b>

➤ **造材(造材地点)の改善により、更なる生産性の向上**

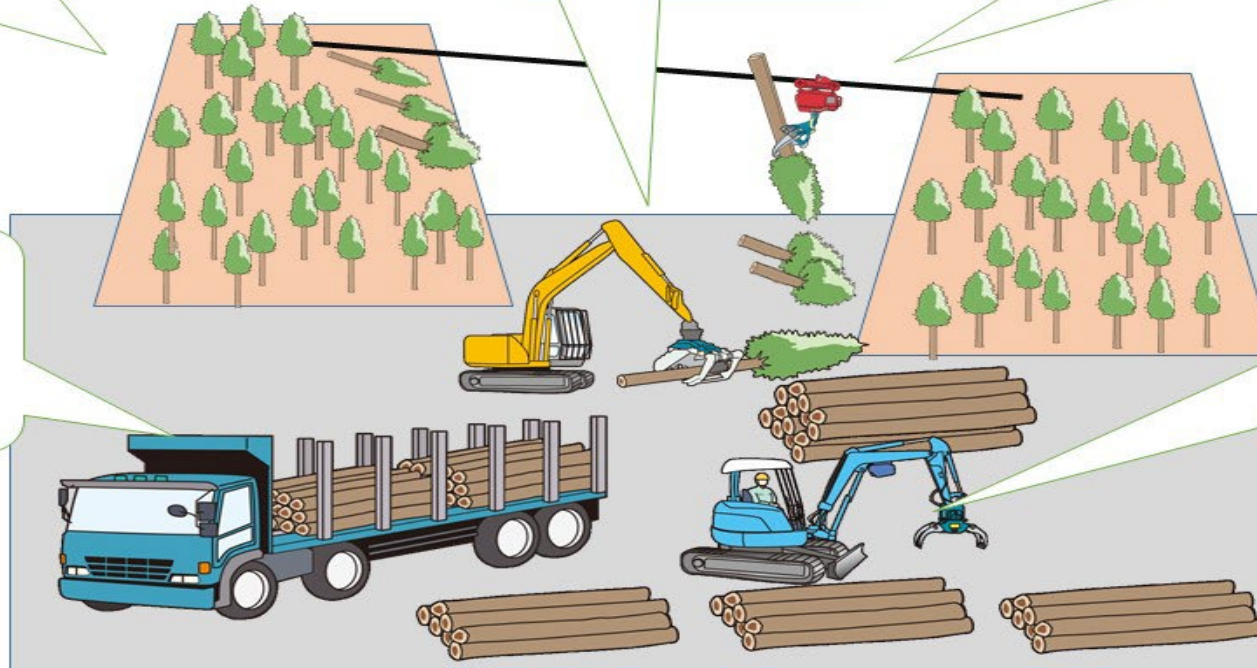
# 4-8. 現場導入に向けて

StarLinkなどにより、通信環境が整備され、管理された収穫現場

大型プロセッサ  
キャビン内で収穫  
作業を実施

長距離架線により、広大な範囲での収穫

大型トレーラー  
が進入可能



造材木を受取後、仕分・積込を行うスペースが必要

- マルチワークシステムの「広い土場が必要」な特性は、広域に集材する「架線集材」と高い親和性がある
- 新たな架線集材システムを中間土場と一体化させることで、生産流通を一体的に実施する施業の展開が可能となる

## 森林・林業・環境機械展示実演会(2023/11/12~13)

デジタルツイン映像表示の体験コーナーを設置。  
体験用にARグラス 1台、VRゴーグル 3台を準備。  
ARグラス等で見ている映像を大型ディスプレイにも表示。





## 現地見学会 (2023/12/13)

和歌山県の実証現場にて見学会を開催。  
近畿・中部・関東地方の森林・林業関係者等、  
76名が参加。

AIマルチワークシステムの自動引込みシステムと  
デジタルツイン映像表示を体験。



令和5年度戦略的技術開発・実証事業（林野庁補助事業）  
**新たな架線集材システム見学会**  
—ワンオペ収穫が可能なAIマルチワークシステムの開発—

開催日時：令和5年12月13日（水）13:30～15:30  
開催場所：和歌山県西牟婁郡すまみ町太間川地内（中井林業皆伐現場）  
集合場所：13:20までに『太間川集会所（旧太間川小学校）』集合

主催：イワフジ工業株式会社・株式会社 中井林業  
協力：和歌山県森林組合連合会、架線集材の低コスト化・省力化技術研究会、和歌山県

見学会集合場  
QRコード



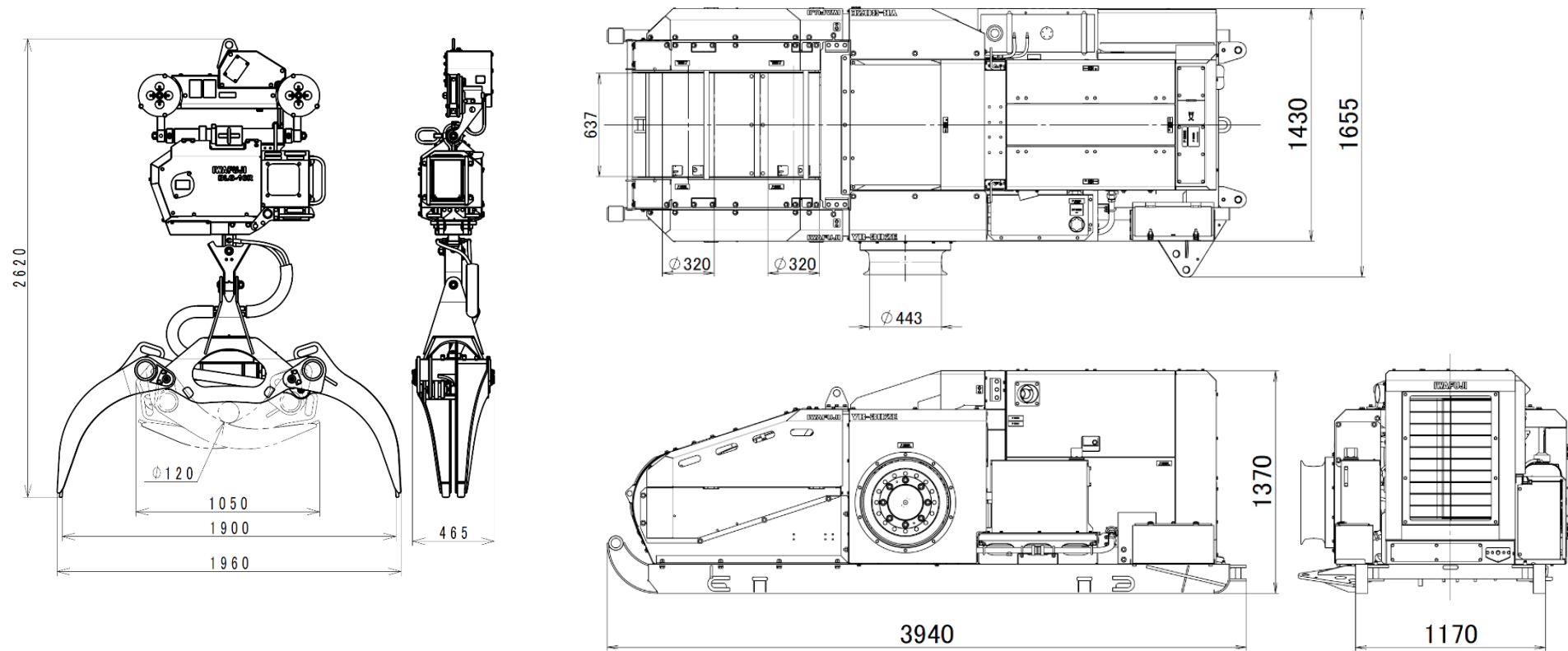
見学会内容

- ◎油圧集材機と架線式グラブルの説明・実演
- ◎集材：造材のAIマルチワークシステムの説明・実演
- ◎キャビン内からのワンオペによる集材・造材作業デモ
- ◎集材木のAI判定による索自動引込の実演
- ◎スマートグラスによる集材のデジタルツイン表示
- ◎参加者による新たな架線集材システムの操作体験



# 6. 機体仕様

## BLG-16R、YR-302E 三面図



寸法	全長	1960mm
	全幅	465mm
	全高	2620mm
重	量	500kg

寸法	全長	3940mm
	全幅	1655mm
	全高	1370mm
重	量	2880kg

## ①集材・造材マルチワークシステム

集材・造材マルチワークシステム＋デジタルツイン映像表示で製品化を進める。

製品の品質向上のため、AIエッジコンピュータとカメラ、センサ類との接続をロック式などを採用してハード面の安定化を図り、最新技術でもきちんと稼働できる製品を目指す。

## ②AIマルチワークシステム

AI画像認識が天気や現場の状況に応じて最適に木材検知ができ、地形の変化にも安定した引込みを行えるレベルに向上させてから製品化する。

## ③今後の開発

- ・1本ごとの認識が可能なので、集材木の本数把握をもとに、集材に要する時間、プロセッサの造材時間を把握して、トラックの必要台数や工期の把握が可能か検討する。
- ・スターリンクなどの衛星通信を利用して、現場から事務所へのデータ通信による進捗状況把握も可能か検討する。
- ・木を1本ずつ掴めることも可能になるので、自動の荷掴み技術を向上させ、全自動集材の実現を目指していく。

# WITH FOREST



森林(もり)と共に

