

# 電磁誘導式自動走行フォワーダによる 集材作業の無人化に関する研究



国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所  
毛綱昌弘



**BRAIN** 生物系特定産業技術研究支援センター

革新的技術開発・緊急展開事業  
(うち地域戦略プロジェクト)



共同提案



国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
**森林総合研究所**  
Forestry and Forest Products Research Institute



**UOTANI**

**奥谷鉄工株式会社**



株式会社 **舞鶴計器**



**JForest** 丹波市森林組合



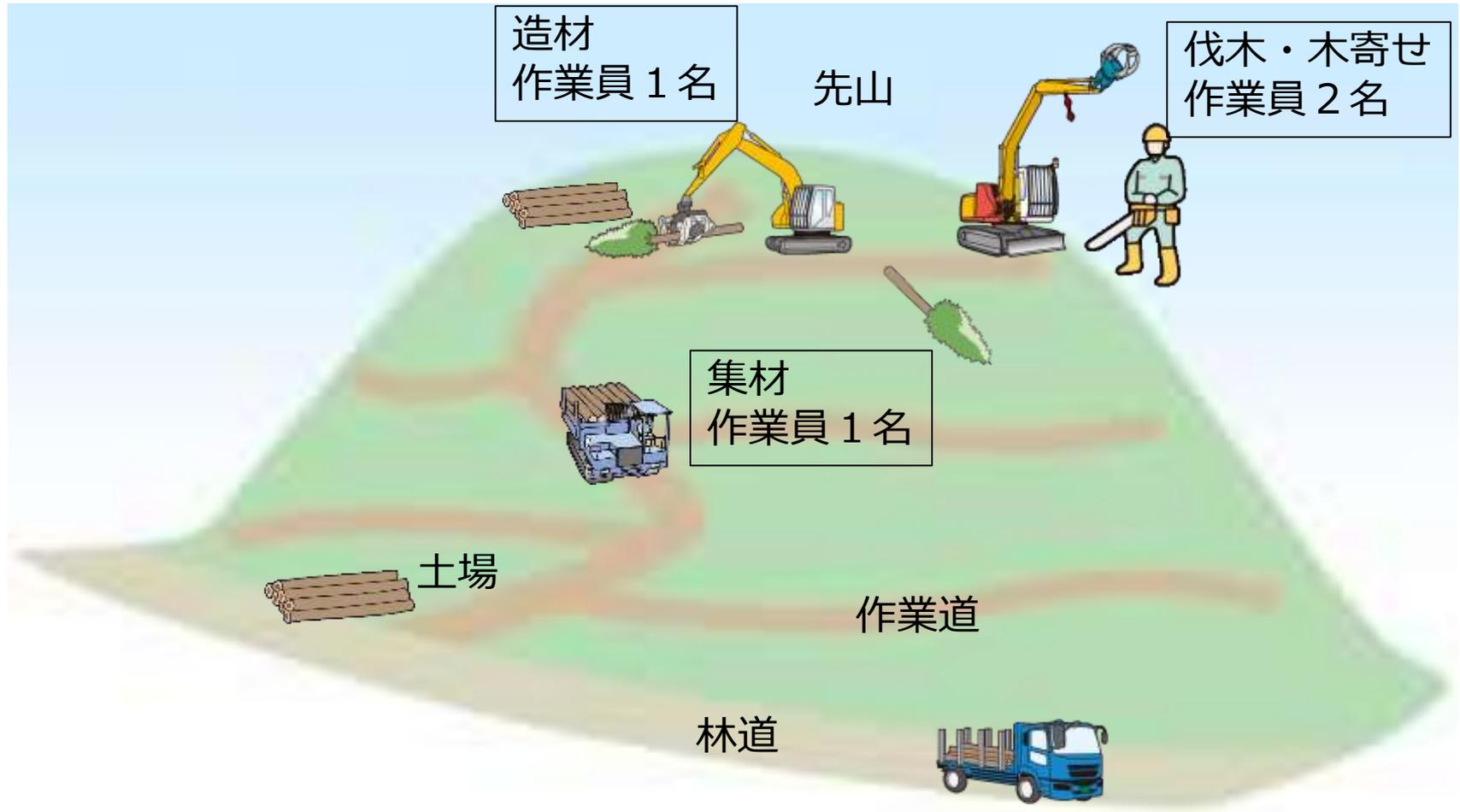
**兵庫県**  
Hyogo Prefecture

無人走行フォワードによる  
集材作業の自動化に関する実証研究

研究実施期間：2016.4.1～2019.3.31

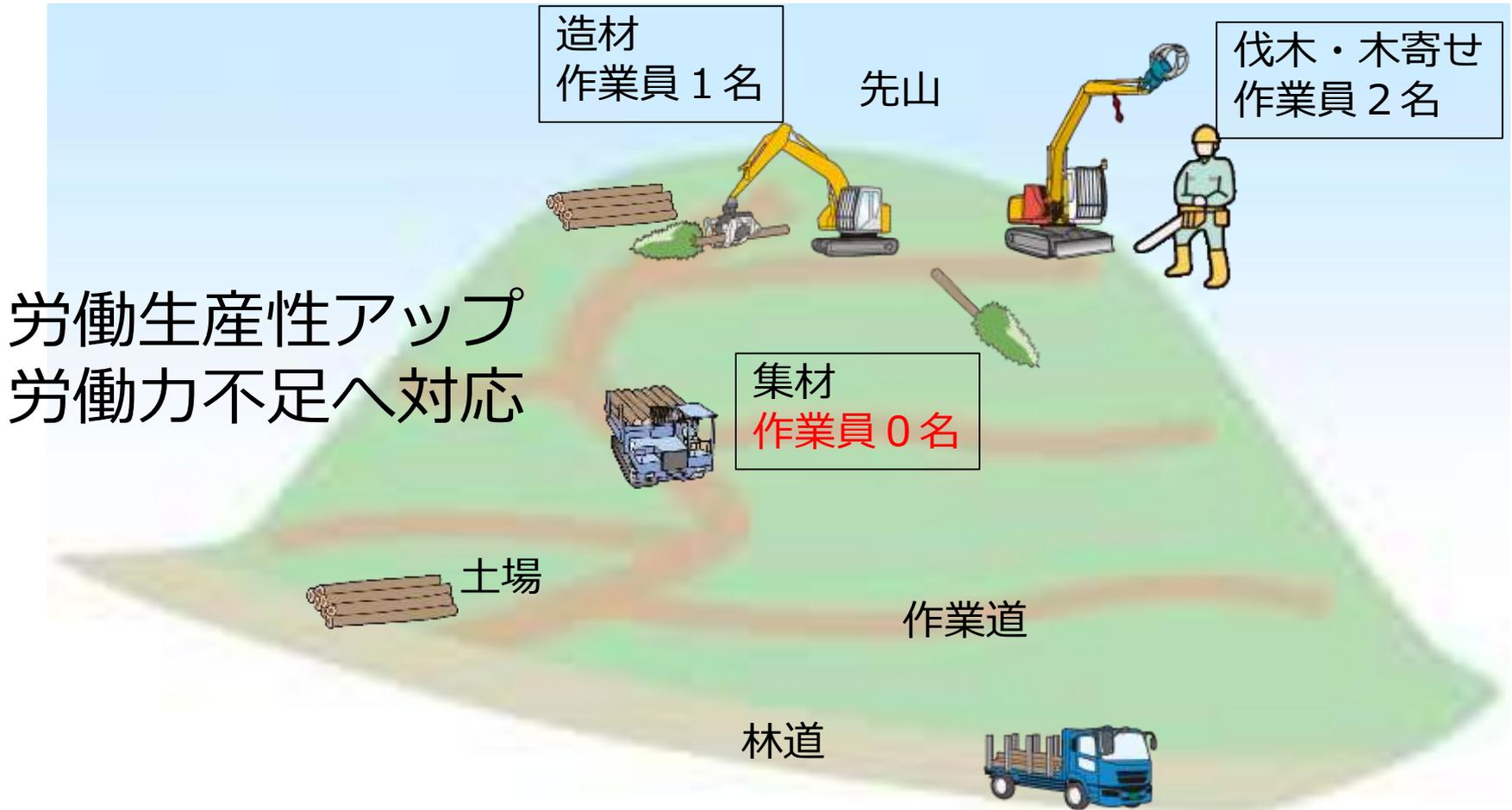


# 作業道を用いた集材作業方法



作業班 4 名体制で 1 日当たり  $20 \sim 30\text{m}^3$  の素材生産量  
労働生産性は  $5 \sim 7.5\text{m}^3 / \text{人日}$

# 無人走行フォワードダを用いた作業方法



作業班を 3 名で構成して素材生産量が減らなければ  
労働生産性は  $6.6 \sim 10 \text{m}^3 / \text{人日}$  (4/3倍)

# 試作機の特徴

1. 積込以外は無人作業
2. スイッチバック走行もできる電磁誘導方式
3. 有人運転時と同じ速度を再現

# 無人荷おろし機構の開発



荷おろし盤台

山の傾斜、間伐材の有効利用

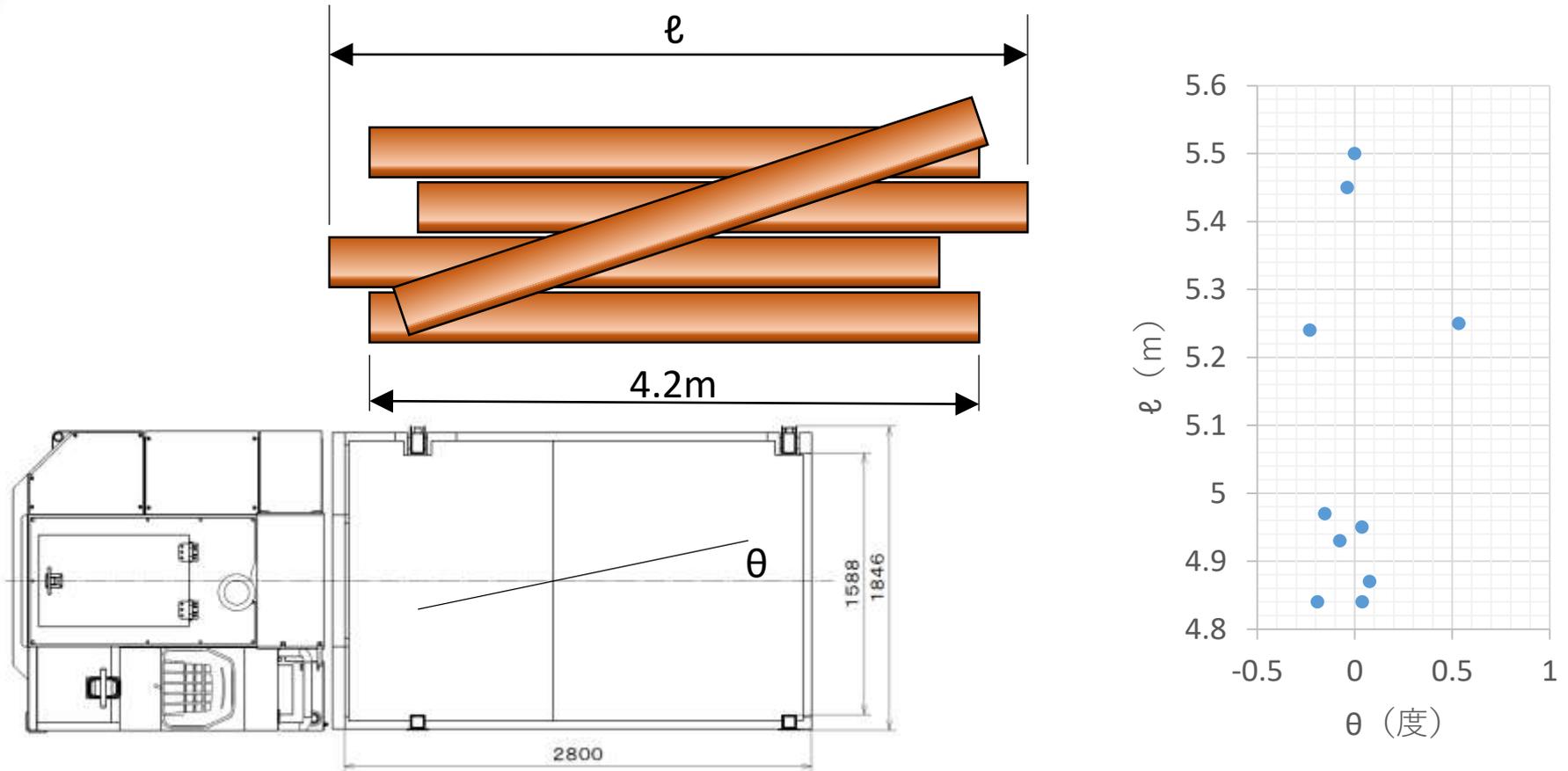


サイドダンプ機構付き荷台

おろした材のバラツキを小さくする必要がある  
一つの盤台には荷台3杯分が限界  
一日の作業に対応するには複数の盤台が必要



# 荷おろし機能のバラツキ具合

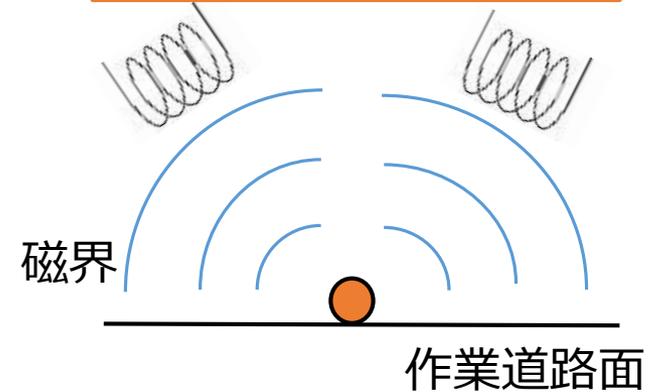


盤台は材長の1.3~1.5倍ぐらい必要

# 無人走行制御方式

車体前後に装備することで、  
前後進とも自動走行可能

ピックアップコイル



ゴルフカート、AGV等に用いられている  
誘導線敷設による電磁誘導方式

コンクリートブロック走行路

電磁誘導線

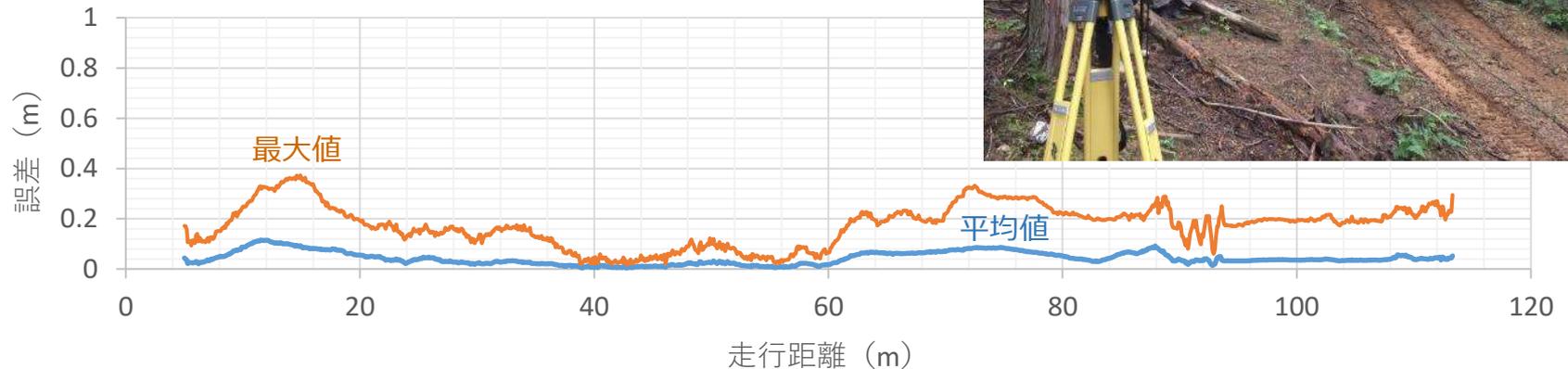
路盤



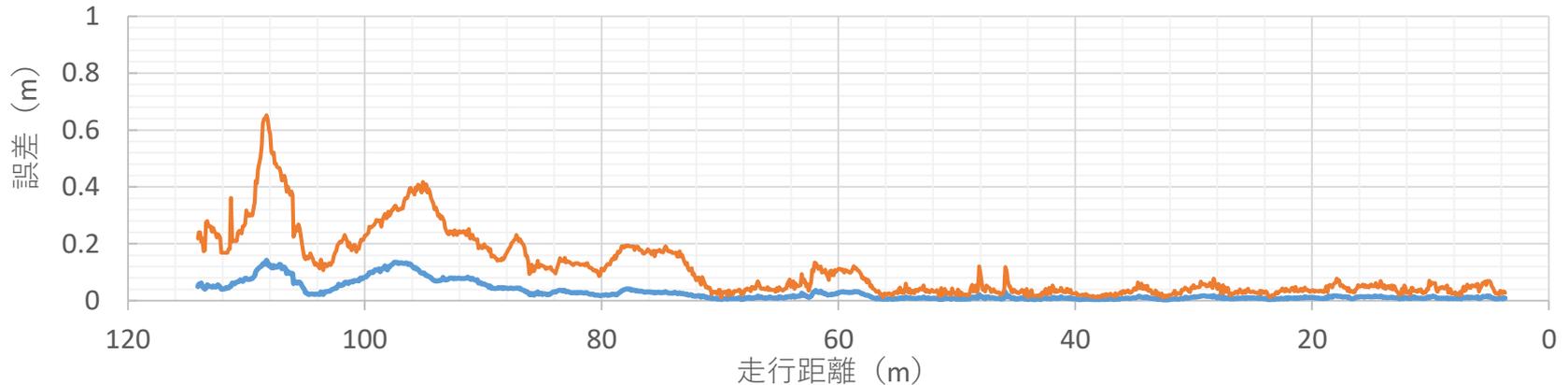
# 無人走行時の 道幅方向誤差



下り前進実走行



上り後進空走行



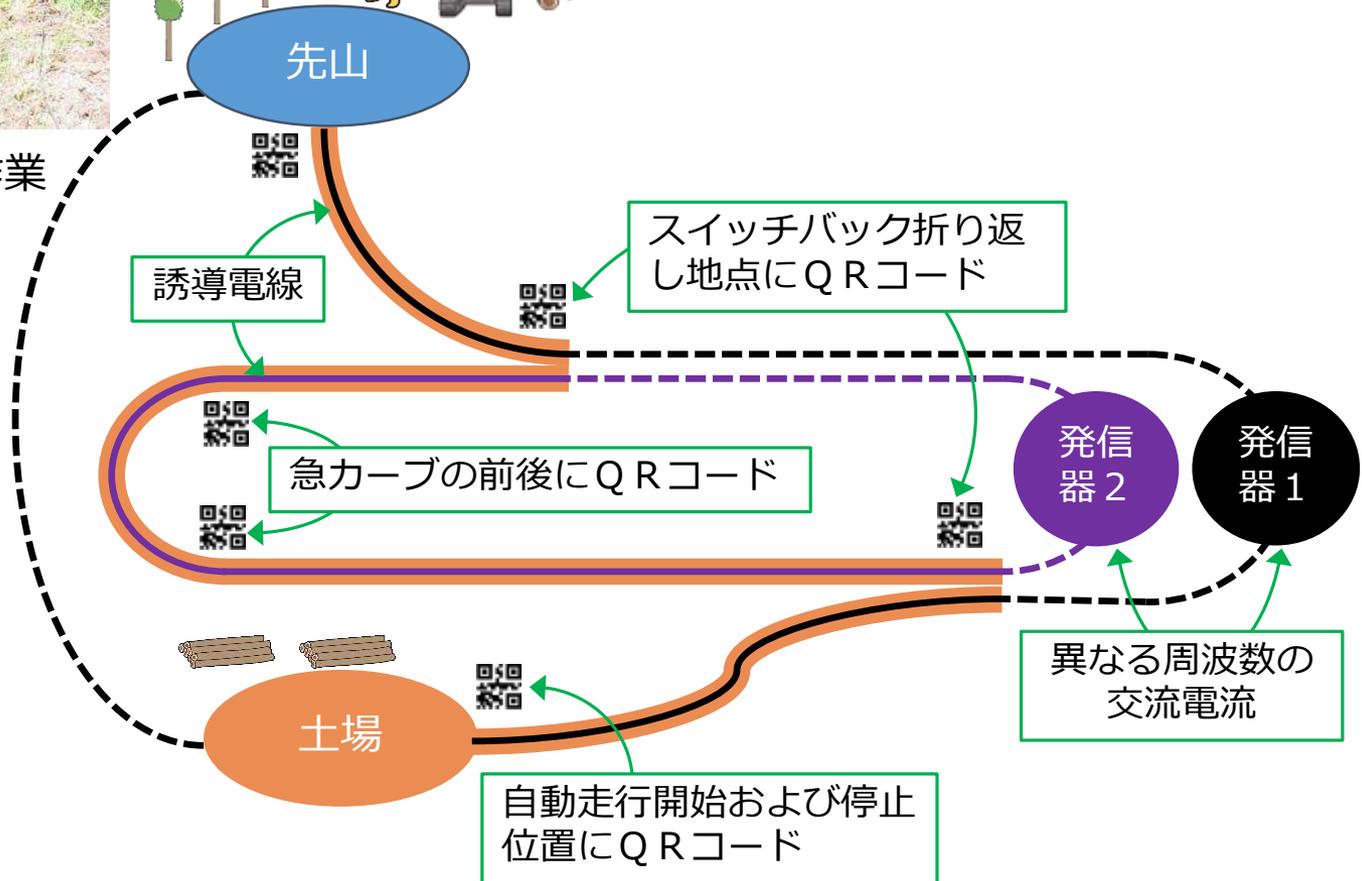
試験走行を10回繰り返し、教示運転時との幅員方向の誤差を計測  
平均値とは誤差の絶対値の平均  
最大値とは車両の通過位置の右端と左端との距離

# スイッチバック走行への適応

自動走行機能はスイッチバック線形を有する路線線形にも対応可能



先山での積込作業



# 走行速度調整機能

急カーブでは低速、  
直線は高速走行したい。  
誘導走行では速度調整が困難



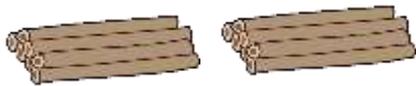
先山



QRコードは無人走行時の  
再生時間の修正に使用  
土場では盤台番号識別に使用



土場



有人運転時の走行速度を覚え  
無人時には時間再生して  
走行速度を調整

# QRコードの利用



荷おろし盤台の識別



急カーブ等の手間に設置

立て看板方式による情報取得（安価、簡易）  
自己発光式で暗いところでも大丈夫



# 試作機の仕様

QRコードリーダー

制御盤

障害物検知センサ

前進用ピック  
アップコイル

前後一体型  
可動式建て木

後進用ピック  
アップコイル

試作中のため、大きい。  
仕様さえ決まれば  
小さくできます。

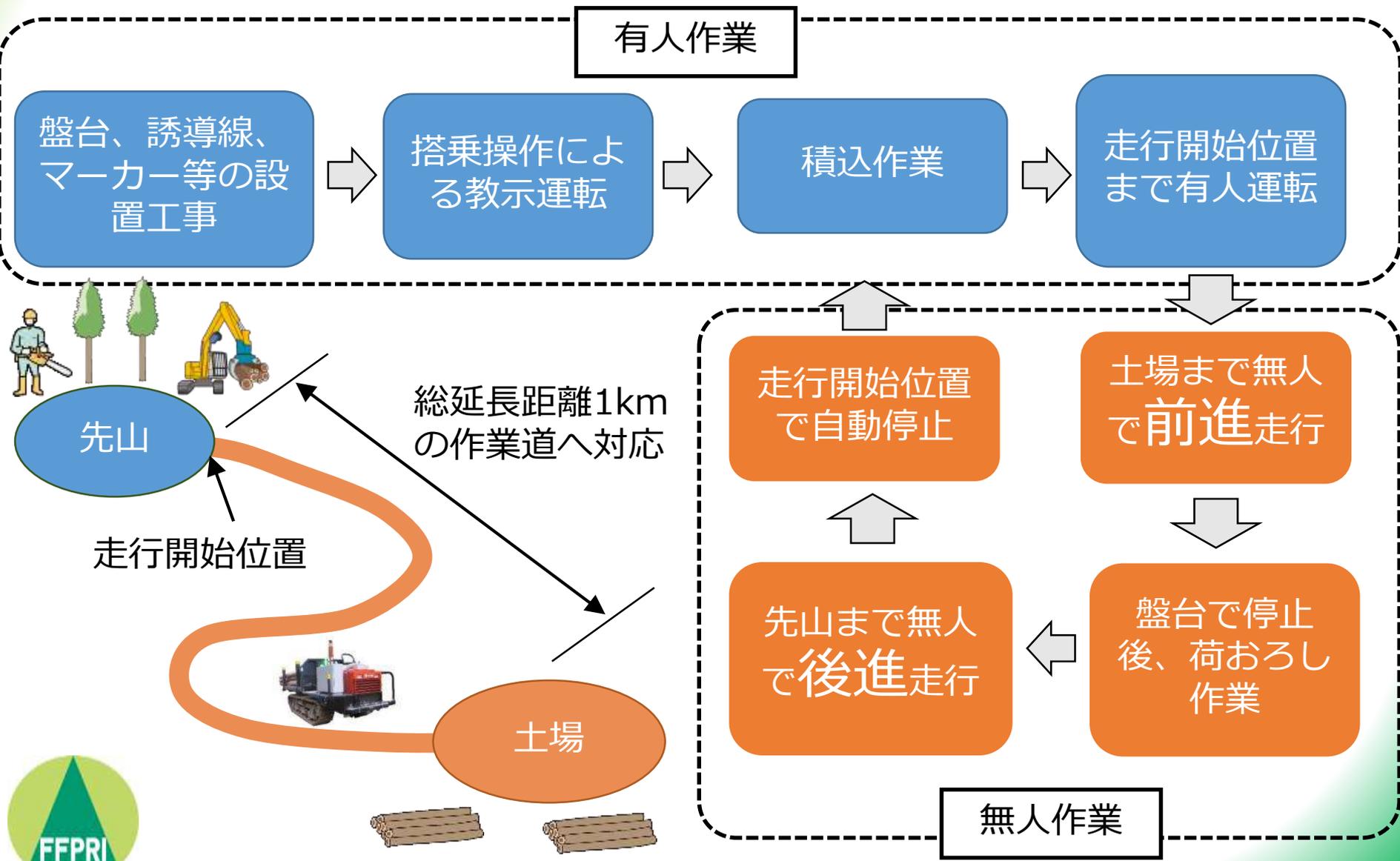
荷おろし動作の自動化

自動ダンプ用  
リミットスイッチ

おろした材のバラツキ  
を少なくする効果

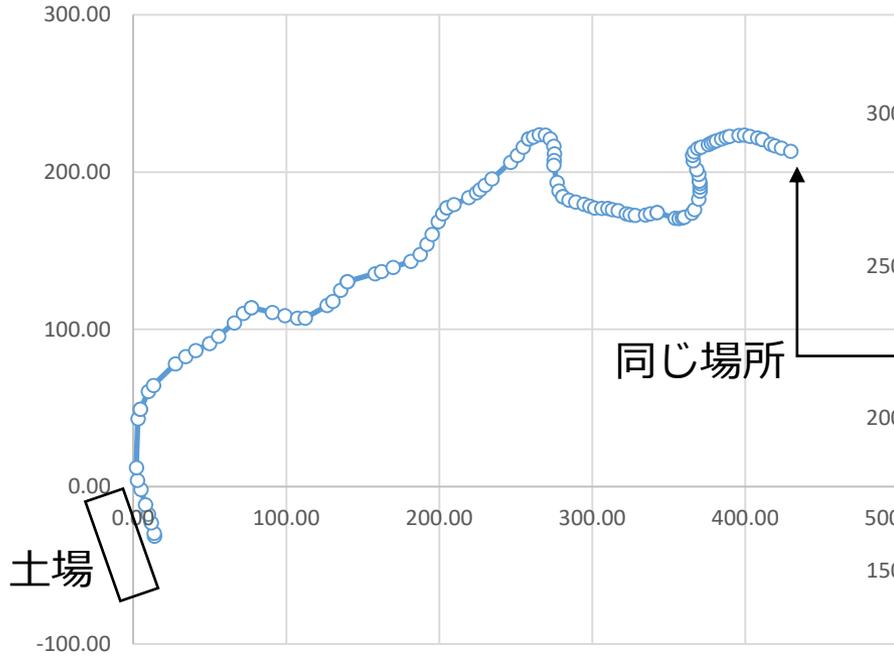


# 試作フォワードダによる作業手順

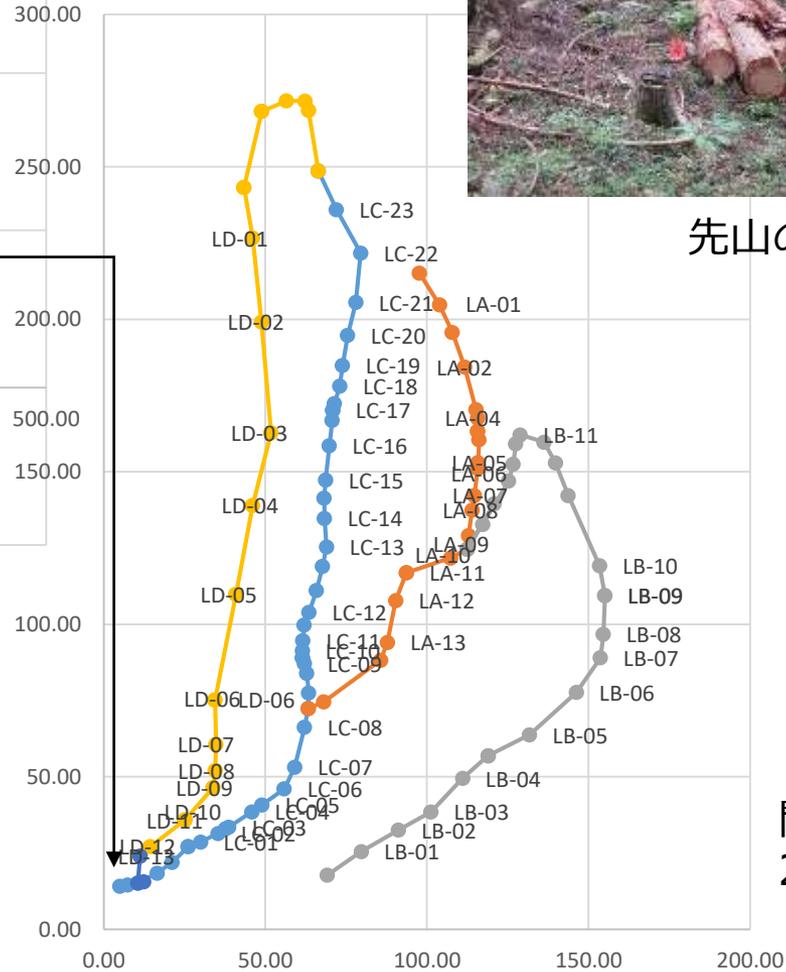


# 無人集材作業実証試験

自動走行経路661m



先山の樫の状況  
60か所



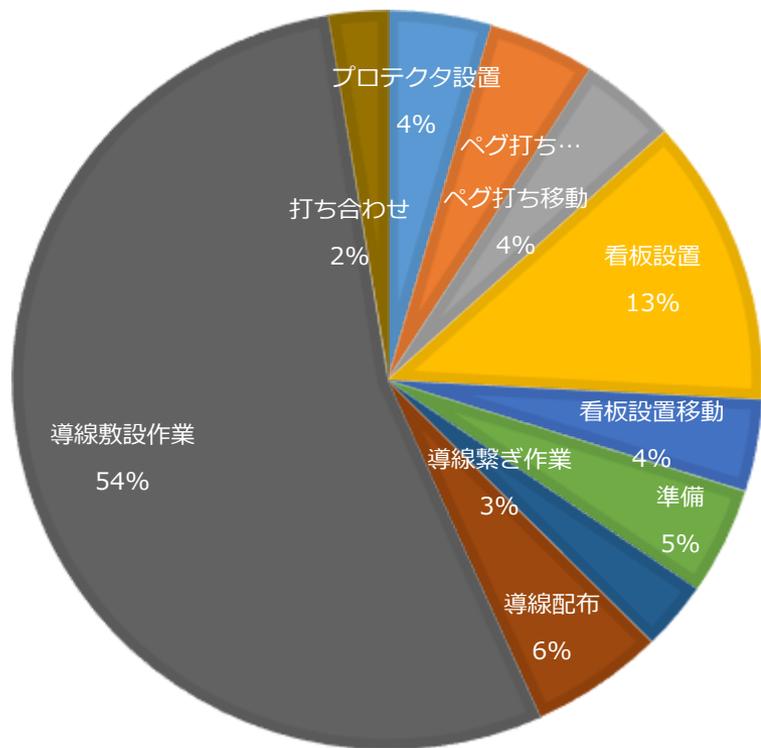
間伐面積  
2.2ha



# 誘導線・盤台の作設撤去工事

## 誘導線敷設作業時の要素分析

敷設距離661m、2人作業



作業内容	作業時間
誘導電線敷設作業	6:09:15
誘導電線撤去作業	2:30:17
盤台作設工事（4基）	5:25:55
盤台撤去工事（4基）	2時間以内

## 無人集材作業の付帯工事人工数

電線1kmを敷設するには	3人日
撤去するには	1.3人日
荷おろし盤台を4基作設するには	1.8人日
撤去には	0.7人日

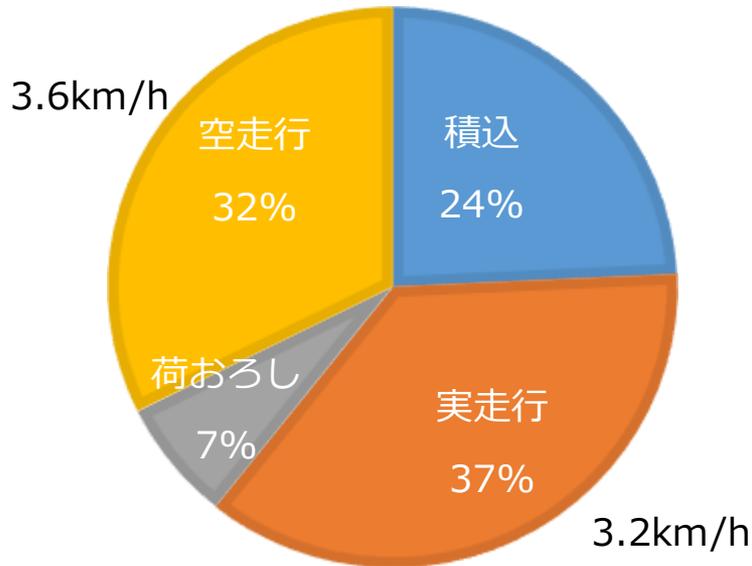
集材距離1kmの現場であれば架設撤去に約7人日  
200m<sup>3</sup>以上の集材を行わない伐区では不適



# サイクルタイム

46往復の運材作業、総材積122.3m<sup>3</sup>  
総作業時間28:38:03、最大集材距離915m

平均運材材積 2.7m<sup>3</sup>  
サイクルタイム 37:21

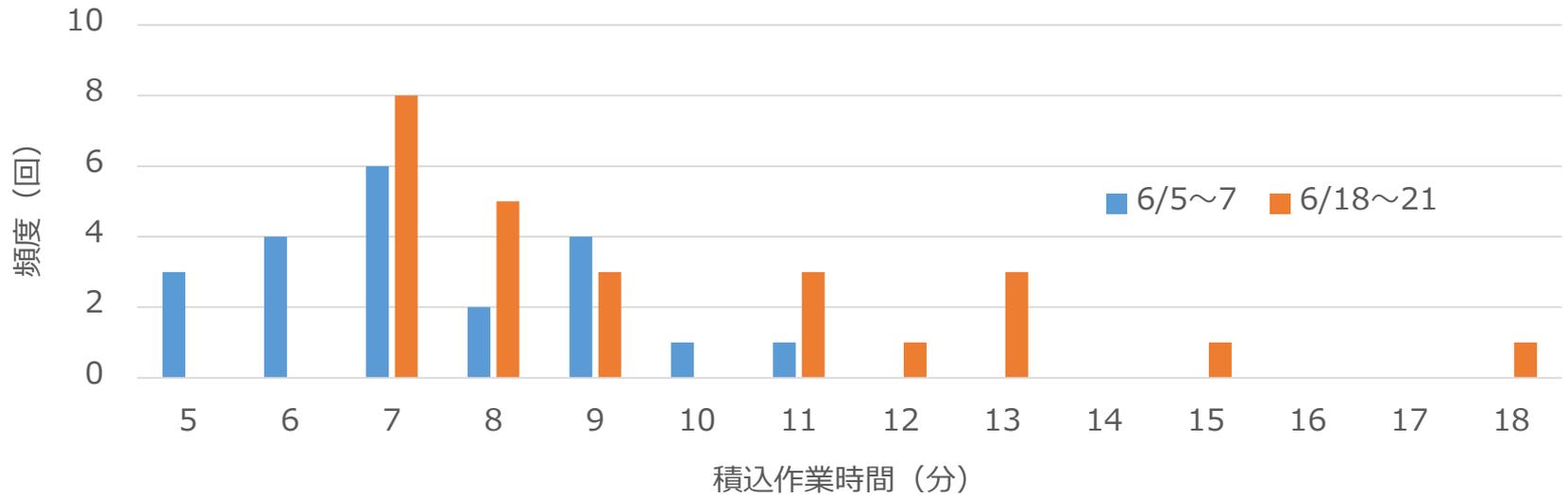


	作業時間 (10往復)	材積3m <sup>3</sup> 、最大集 材距離1kmに換算
積込	1:30:55	1:41:01
実走行	2:15:22	2:27:57
荷おろし	26:07	26:07
空走行	2:01:05	2:12:20
合計	6:13:29	6:47:25

集材距離1kmの現場において、1日30m<sup>3</sup>の集材作業を行うのに要する時間は作業時間を47分ほどオーバー



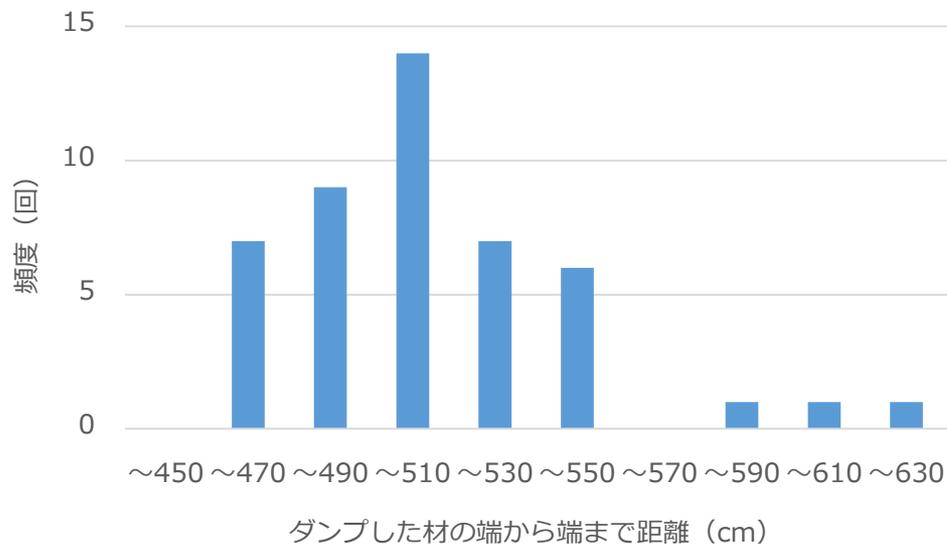
# 先山における積込時間



間伐率が低く、材の椋が伐区内に散在  
フォワーダとグラップル2台の運転と移動  
朝始業開始時には教示運転を実施

先山の作業員1名はフォワーダの運転に  
一日の3分の1の時間を消費

# ダンプした材のバラツキ



荷おろし盤台の横幅は材長（4m）の1.4倍程度必要  
1.5倍以上のバラツキとなる場合もある

# コストシミュレーション

年間素材生産量4,200m<sup>3</sup>あれば  
およそ3年分の人件費で賄うことが可能

13,500円×140日  
= 189万円



作業員 1 名の賃金  
×  
削減日数

誘導電線等の  
消耗品費

年間10万円くらい

誘導線の敷設  
荷おろし盤台の作設  
工事費

1現場につき  
5人日程度必要

フォワーダの改造費  
センサ・コンピュータ  
ダンプ荷台・油圧機器

約500万円





# 路面損傷－無人走行



走行前



5回走行後



10回走行後



# 今後の展開

1. 無人走行の繰り返し作業が作業道損傷へ与える影響の解明
2. 材の積込作業の無人化  
さらなる省力化への期待  
夜間作業への対応