

林野庁 令和6年度
林業機械・木質系新素材の開発・実証事業

乱巻き防止型自動集材・造材
マルチワークシステムの開発・実証
(架線集材とプロセッサのワンオペ作業)

令和7年度
スマート林業機械・木質系新素材シンポジウム
主婦会館プラザエフ
2026年2月4日(水)

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: エンドスライン
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

伐倒木

集材オペ

元柱

E L B

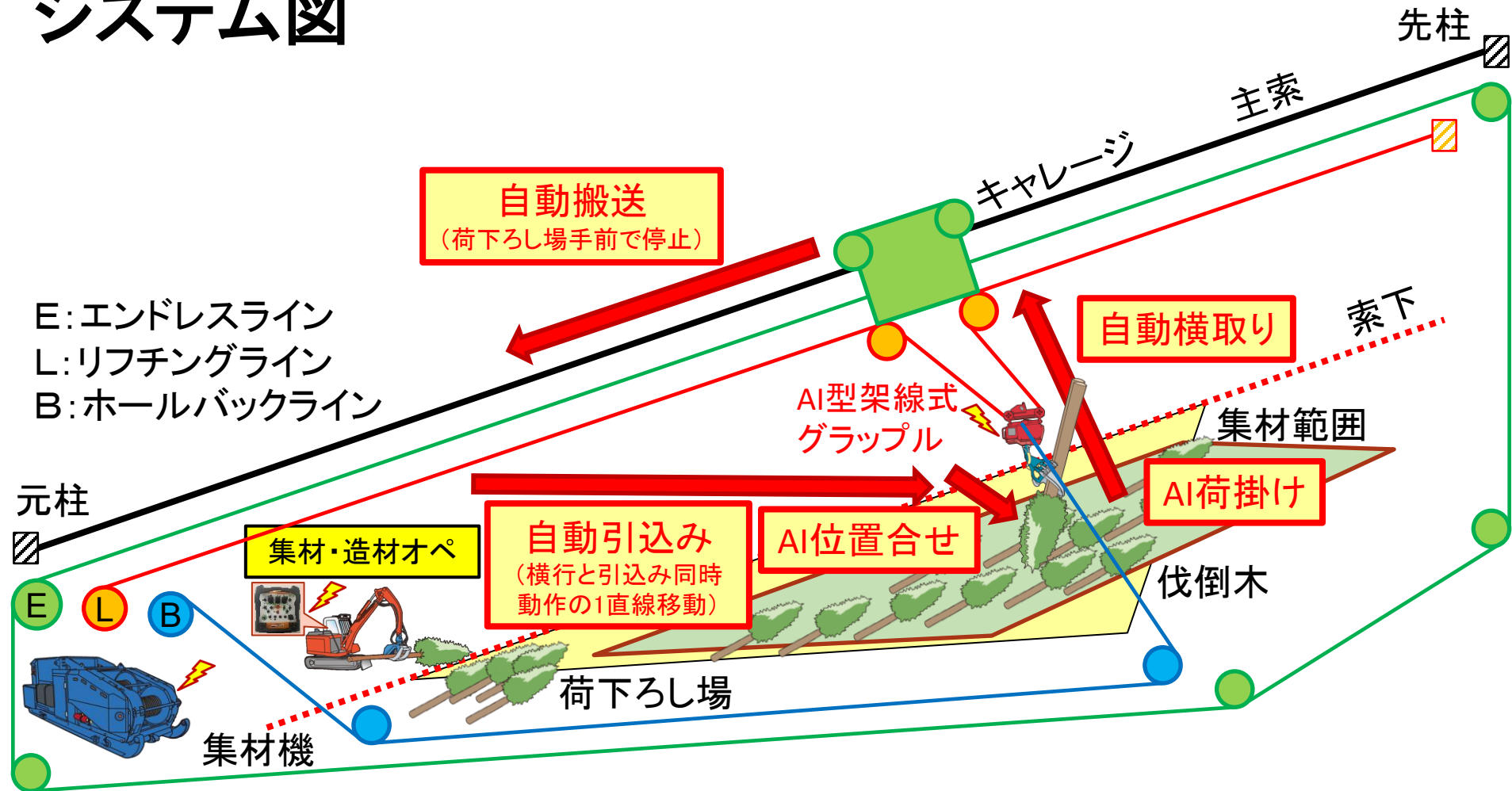
造材オペ

荷下ろし場

集材機

「省力化」・「労働災害の防止」を実現!

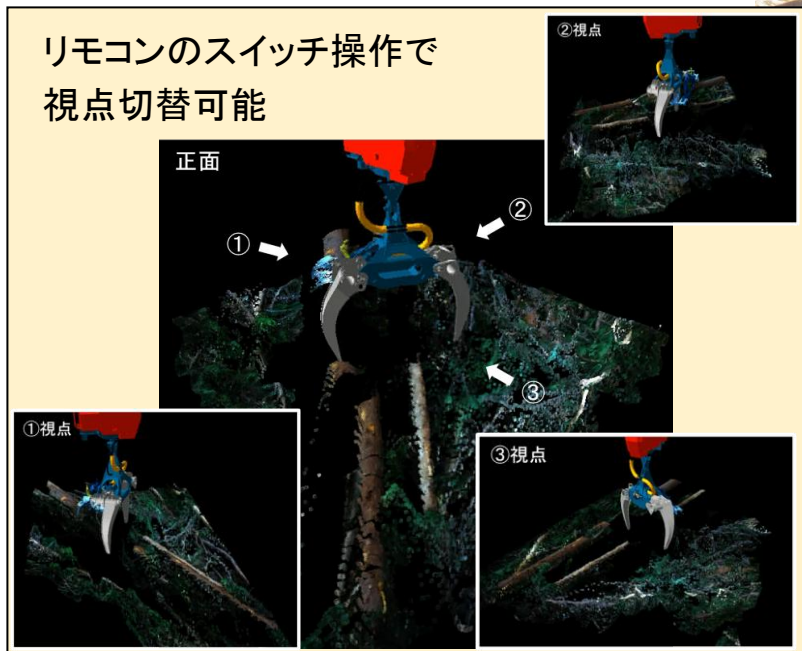
システム図



デジタルツイン映像表示

→3DCGの架線式グラップルをデジタルツイン表示

3DCGの架線式グラップルを実機同様にデジタルツインでトング開閉・旋回、機体傾斜させる。トングの爪先と集材木の相対位置把握およびトング閉じによる集材木の掴み具合が認識可能になり、映像荷掛けの操作が向上できる。



乱巻き防止型自動集材・造材マルチワークシステムの開発・実証

昨年度に実証した自動荷掛けシステムを改良して荷掴み成功確率を向上させる。更に、AI自動集材の適用範囲を荷下ろしまで拡大した自動集材の開発およびワイヤー異常が無い安定した状態で自動集材を行うために乱巻き防止機能を開発し、**安全性向上、作業の効率化と生産性向上、軽労化を図る。**

①自動荷掛けシステムの改良

自動荷掛け時に集材木との位置ズレ修正および揺れを推定した位置合せにより荷掴み精度を向上させるシステムに改良する。

②自動荷下ろしシステムの開発

搬送する集材木が折れたり、荷下ろし時にワイヤーの張力で架線式グラップルが跳ねずに荷下ろしが可能なシステムを開発する。

③乱巻き防止システムの開発

油圧集材機の乱巻きを防止するため、AIによるワイヤーの異常や異音を検知したときにドラム回転を停止させるシステムを開発する。

④林業現場での実証試験

伐採事業地において上記の開発、改良したシステムにより集材・造材を実行し、所要時間等を観測して生産性・経済性等を評価する。

3-2. 乱巻き防止型自動集材・造材マルチワークシステム



画面
切換



遠隔集材

作業人員: 1名

自動搬送

キャレージ

先柱
主索

E: エンドレスライン
L: リフティングライン
B: ホールバックライン

自動荷下ろし+巻上げ

自動横取り

索下

AI型架線式
グラップル

AI荷掛け

集材範囲

自動引込み

AI位置合せ

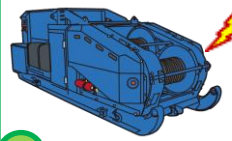
伐倒木

集材・造材オペ

荷下ろし場

元柱

E L B



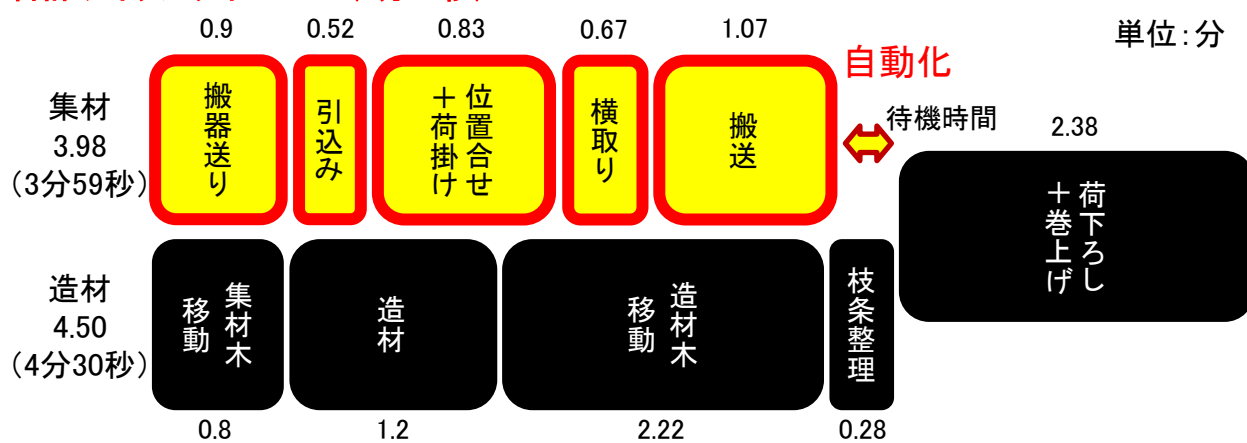
集材機

「省力化」・「軽労化」・「労働災害の防止」が更に向上!

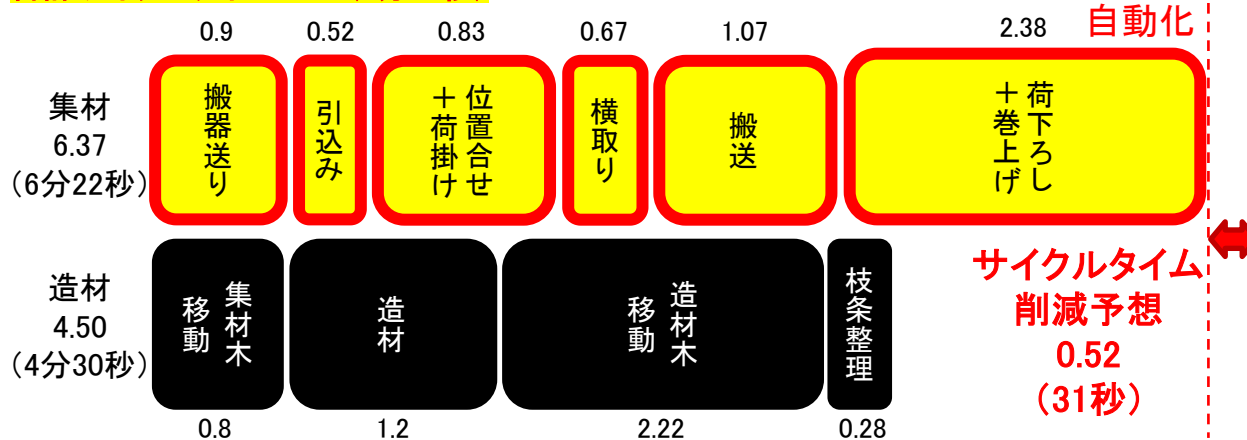
3-3. 乱巻き防止型自動集材・造材マルチワークシステム



R6年度実証 自動集材・造材マルチワークシステム
 (1人作業。造材作業のベースマシンは0.2クラスを使用)
合計サイクルタイム: 6.88(6分53秒)



R7年度実証 乱巻き防止型自動集材・造材マルチワークシステム
 (1人作業。造材作業のベースマシンは0.2クラスを使用)
合計サイクルタイム: 6.37(6分22秒)



① 自動荷掛けシステムの改良

荷掴み時にトング間の中央に集材木を位置合せするため、側面カメラでホールバックライン(橙色)を検知すると共に、ホールバックラインによる引き込み方向にある集材木が検出されたら引き込み動作を開始する。引き込み開始後は底面カメラの映像から集材木を個別判別(黄色)し、グループ直下にある荷掴み対象木(赤色)を検知したら巻下げを行う。トングと集材木の前後方向の位置ズレを検出してズレ補正し前後方向に位置修正後、荷掴みができる最適な位置合わせを行う。

横行および引き込みの停止時に段階的に低速にすることで荷掴み時に揺れが生じない制御を可能にした。



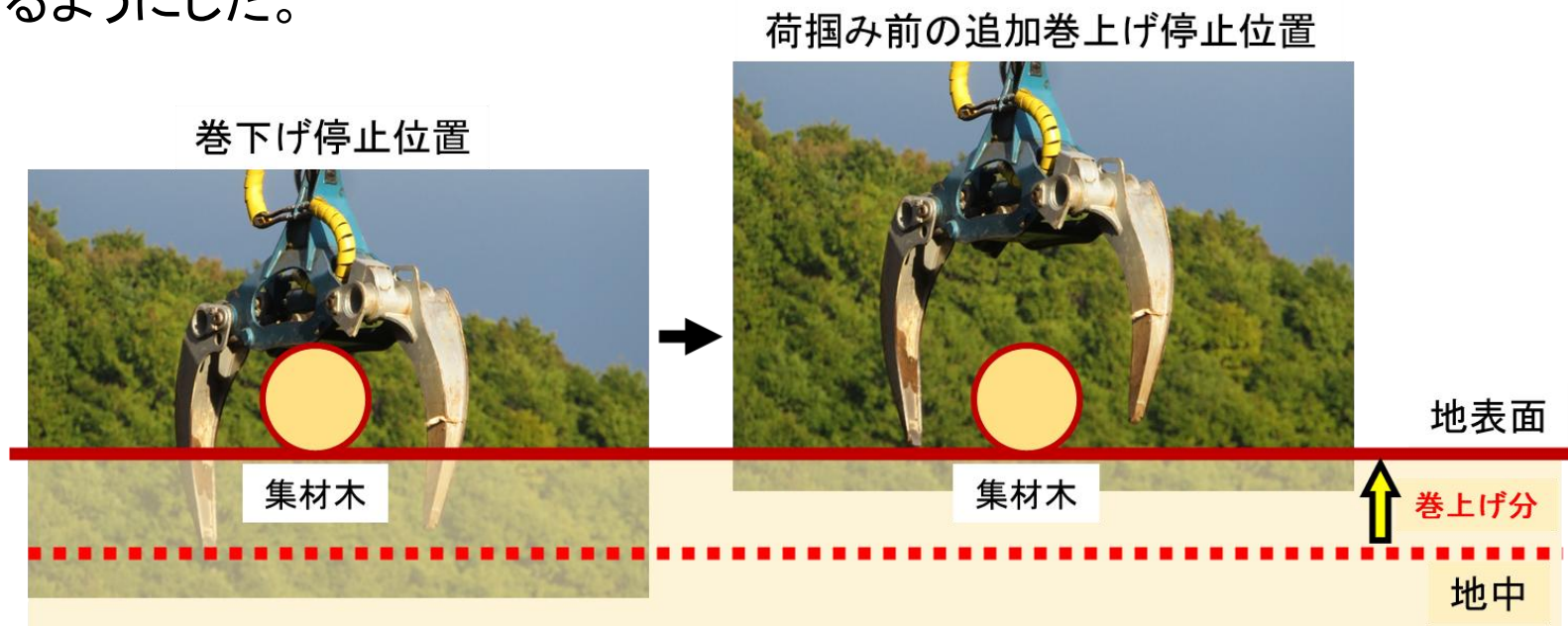
①自動荷掛けシステムの改良

巻下げ時はステレオカメラの距離測定による地表位置把握、もしくは、トングが接地した際にロードセルによる重量検出値が軽くなったことのどちらかの条件を満たした場合に巻下げを停止させる。



① 自動荷掛けシステムの改良

地面は掴まずに集材木のみを掴めるようにするため、巻下げ停止後に荷重検知用ロードセルの重量検出値がわずかに重くなるまで巻上げを行い、トングを閉じる際に地面をあまり掴まずにトングを閉じきって集材木のみをしっかりと掴めるようにした。

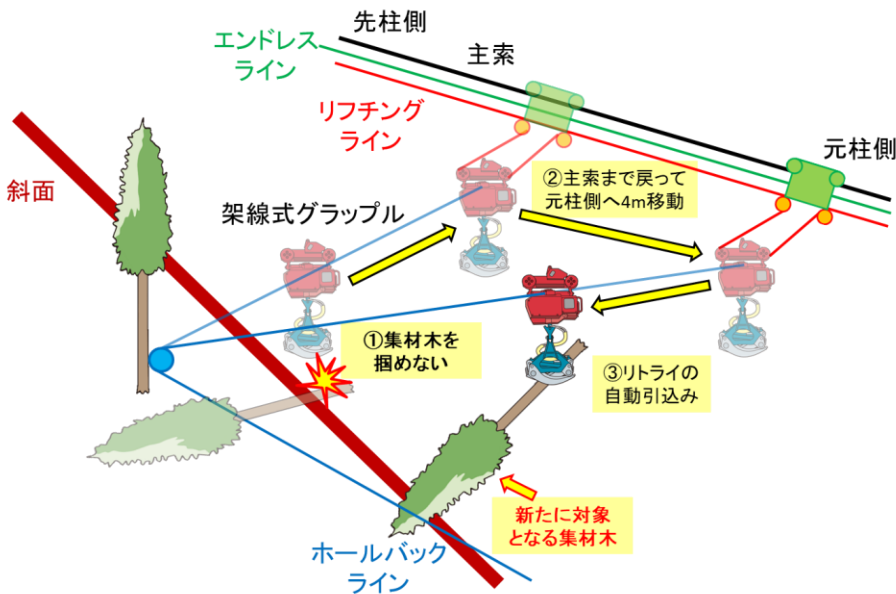


集材木と地面の間に石、切り株等がありトングを閉じきれず、爪先が開いた状態になった場合は荷掴み不十分と判断し、障害となるものを回避できるよう、この時も追加の巻上げを行い、再度荷掴みを行う。

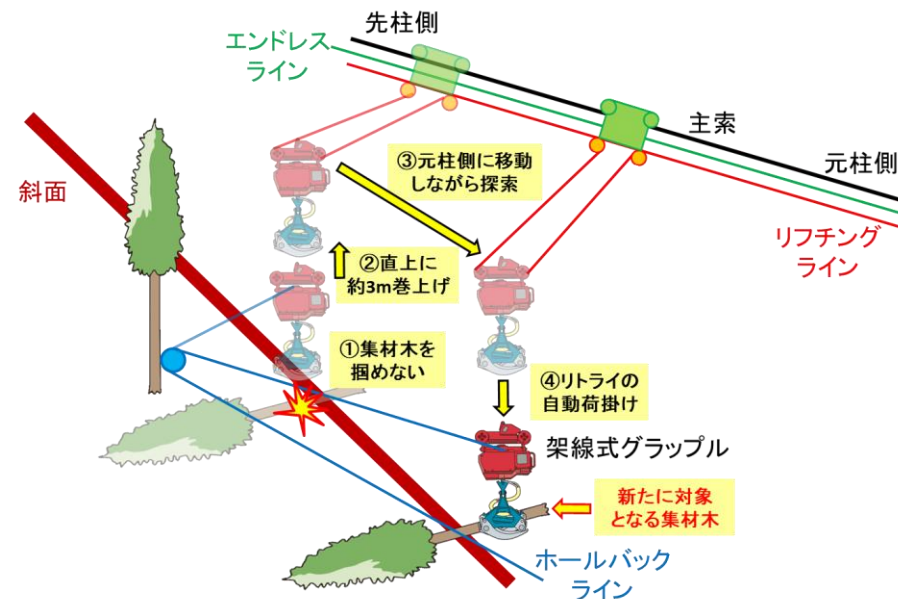
①自動荷掛けシステムの改良

昨年度は集材木を掴めなかった場合、一度主索まで戻ってからリトライの自動荷掛けをしたが、今年度は主索まで戻らずに近くの新しい荷掴み対象木を検知し、リトライの自動荷掛けを行ったことでサイクルタイムの削減ができた。

R6年度 リトライ荷掛け



R7年度 リトライ荷掛け



①自動荷掛けシステムの改良(切り株検知動画)



① 自動荷掛けシステムの改良 (自動集材動画)



②自動荷下ろしシステムの開発

荷下ろし場に着く時点には架線式グラップルから集材木の荷重が抜ける位置まで巻下げをし、荷下ろし直後に架線式グラップルがリフティングワイヤの張力で飛び上がらないようにする。自動荷下ろし後は次のサイクルの自動集材を行うために自動で巻上げを行い、主索近くまで上がった後は自動で搬器送りを行う。



③乱巻き防止システムの開発

油圧集材機のホールバックドラム、リフチングドラムのワイヤーが乱巻きになる予兆であるワイヤーが緩んだ状態を検知して、乱巻き発生前にドラム回転を自動で停止させ、乱巻き状態を回復させるための作業時間を最小限にとどめる。乱巻きの予兆検知用にカメラとコンピューターを油圧集材機に組み込んでワイヤーが緩む挙動を検知する。

LFL : OK 55%
HBL : OK 60%

ワイヤーの張りを認識し、正常を検知



予兆検知用カメラ

HBL : Warning 0%

ワイヤーの緩みを認識し、異常を検知



ワイヤーの張り／緩み状態を送信機に表示

③乱巻き防止システムの開発(予兆検知動画)



5-1. 架線式グラップルの構成部品

架線式グラップルの構成部品

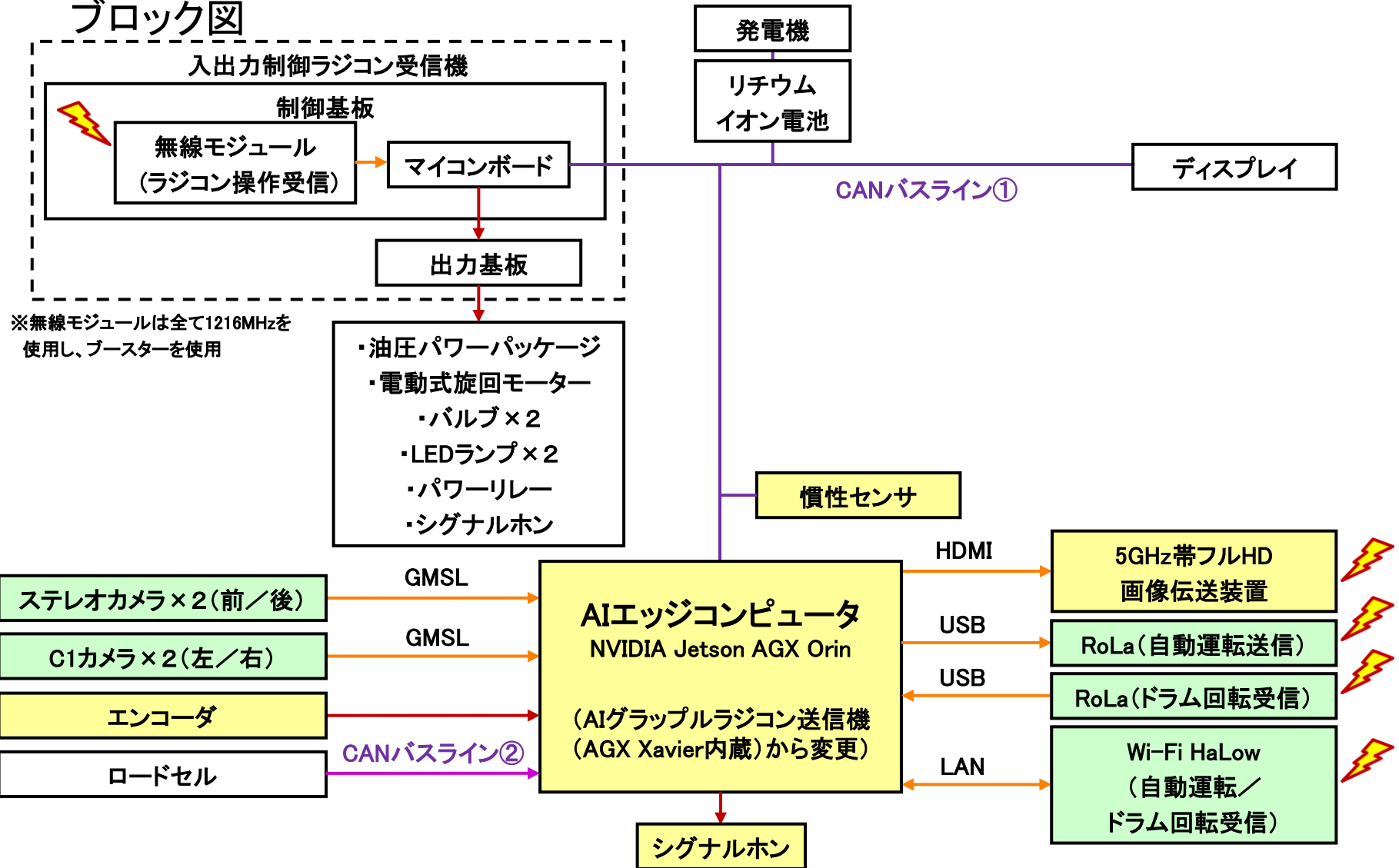


右側面



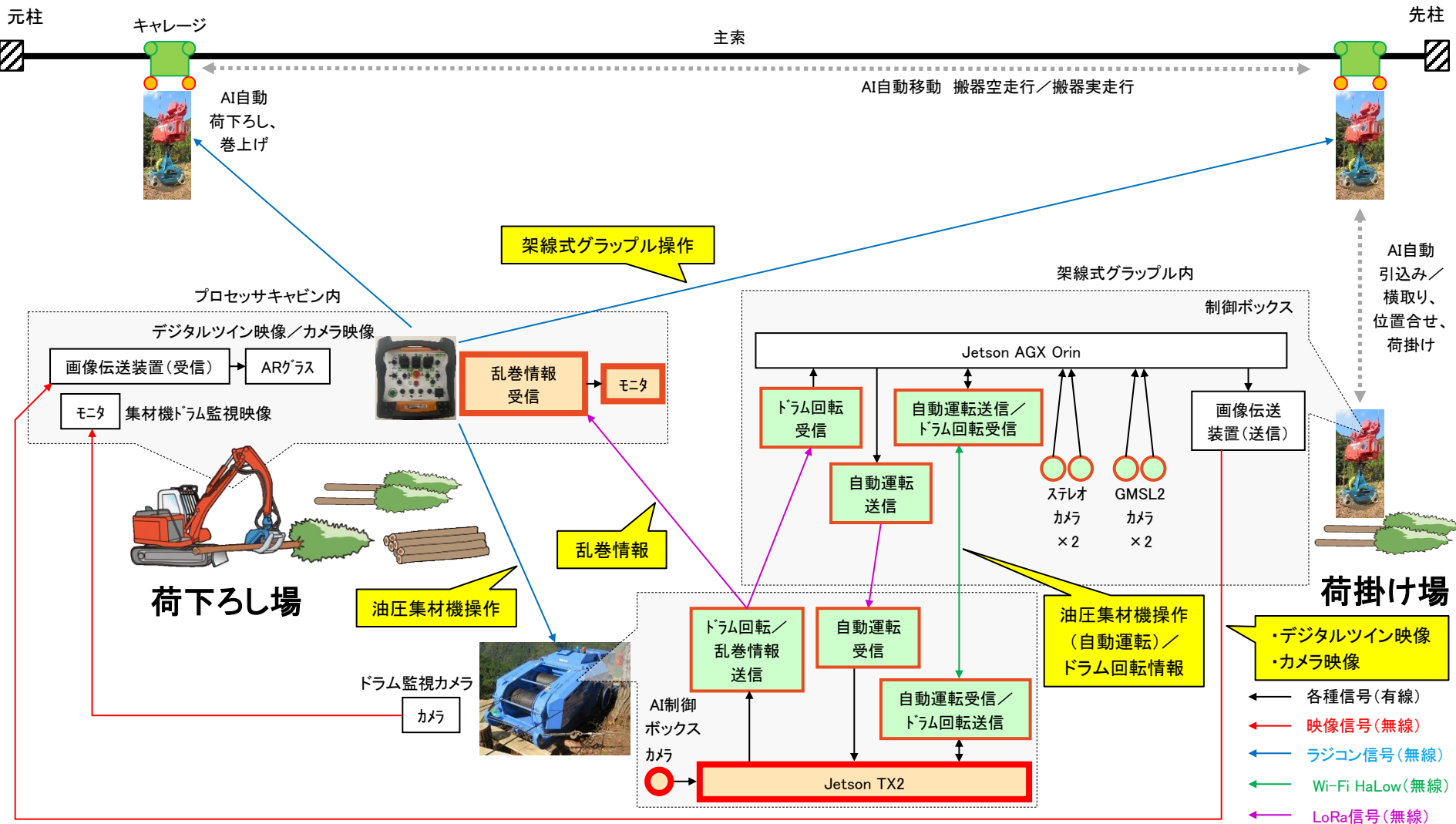
5-2. 架線式グラブルの構成品

ブロック図



6. 通信システム図

各信号および映像通信図



昨年度の課題に対して、乱巻き防止型自動集材・造材マルチワークシステムで改善・向上できるか検証する

昨年度の課題

- ・自動荷掛けの成功確率が約15%であり改良が必要
- ・搬器実走行までを自動化したが、荷下ろしが手動のため、荷下ろしの自動化によるサイクルタイムの短縮が必要

- 自動荷掛けの精度を向上させ、生産性の向上を図る
- 荷下ろしを自動化し、サイクルタイムへの影響を検証・分析

| | 調査対象① | 調査対象② |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| システム名称 | 自動集材・造材マルチワークシステム(R6開発改良型) | 乱巻き防止型マルチワークシステム(R7開発改良型) |
| 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) | 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 | <u>プロセッサ内モニター視認</u> による架線式グラップル操作・集材 <u>半自動集材</u> (空走行～搬器実走行まで自動) | <u>プロセッサ内モニター視認</u> による架線式グラップル操作・集材 <u>自動集材</u> (空走行～荷下ろし+索上げまで自動) |
| 調査標本数 | 16サイクル | 24サイクル |
| 収穫材積計 | 11.879m ³ | 20.315m ³ |

7-2-2. 検証の成果(実施内容と結果概要)



| 1回で荷掛け成功 | | 2回目で荷掛け成功 | | 3回目で荷掛け成功 | | 荷掛け3回失敗、手動に切り替え | |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 調査対象① (自動集材・造材 マルチワークシステム) | 調査対象② (乱巻き防止型 マルチワークシステム) | 調査対象① (自動集材・造材 マルチワークシステム) | 調査対象② (乱巻き防止型 マルチワークシステム) | 調査対象① (自動集材・造材 マルチワークシステム) | 調査対象② (乱巻き防止型 マルチワークシステム) | 調査対象① (自動集材・造材 マルチワークシステム) | 調査対象② (乱巻き防止型 マルチワークシステム) |
| A 搬器空走行 | A 搬器空走行 | A 搬器空走行 | A 搬器空走行 | A 搬器空走行 | A 搬器空走行 | A 搬器空走行 | A 搬器空走行 |
| B 索引込み | B 索引込み | B 索引込み | B 索引込み | B 索引込み | B 索引込み | B 索引込み | B 索引込み |
| C 荷掛け(成功) | C 荷掛け(成功) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) |
| D 横取り | D 横取り | D 横取り | D 横取り | D 横取り | D 横取り | D 横取り | D 横取り |
| E 集材木搬送 | E 集材木搬送 | G 横行位置合わせ | G 横行位置合わせ | G 横行位置合わせ | G 横行位置合わせ | G 横行位置合わせ | G 横行位置合わせ |
| F 荷下ろし+索上げ | F 荷下ろし+索上げ | B 索引込み | | B 索引込み | | B 索引込み | |
| | | C 荷掛け(成功) | C 荷掛け(成功) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) |
| | | D 横取り | D 横取り | D 横取り | D 横取り | D 横取り | D 横取り |
| | | H 集材木搬送 | H 集材木搬送 | G 横行位置合わせ | G 横行位置合わせ | G 横行位置合わせ | G 横行位置合わせ |
| | | F 荷下ろし+索上げ | F 荷下ろし+索上げ | B 索引込み | | B 索引込み | |
| | | | | C 荷掛け(成功) | C 荷掛け(成功) | C 荷掛け(失敗) | C 荷掛け(失敗) |
| | | | | D 横取り | D 横取り | J 位置合わせ(索引込み)+荷掛け | J 位置合わせ+荷掛け |
| | | | | I 集材木搬送 | I 集材木搬送 | D 横取り | D 横取り |
| | | | | F 荷下ろし+索上げ | F 荷下ろし+索上げ | K 集材木搬送 | K 集材木搬送 |
| | | | | | | F 荷下ろし+索上げ | F 荷下ろし+索上げ |

自動荷掛けは失敗することもあるため、3回失敗した場合は手動操作に切り替える。

調査対象②乱巻き防止型マルチワークシステムの自動荷掛け成功率

| | 荷掛けトライ 1回目 | 荷掛けトライ 2回目 | 荷掛けトライ 3回目 | 手動 操作 |
|-------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| 荷掛け 成功回数 | 12回 | 5回 | 0回 | 7回 |

※荷掛けトライ3回目が失敗の場合は手動操作で集材

- 荷掛けトライ43回のうち17回成功：**成功確率39.5%**
- 何回目で荷掛けが成功するかの回数は幾何分布に従い、その確率(発生割合)を1日当たりの発生割合として、生産性を推定

7-2-4. 検証の成果(生産性の検証①)



サイクルタイム集計結果

| | 調査対象① (自動集材・造材マルチワークシステム) | | | | 調査対象② (乱巻き防止型マルチワークシステム) | | | |
|-------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | (1)1回目 荷掛け成功 | (2)2回目 荷掛け成功 | (3)3回目 荷掛け成功 | (4)3回 荷掛け失敗 | (1)1回目 荷掛け成功 | (2)2回目 荷掛け成功 | (3)3回目 荷掛け成功 | (4)3回 荷掛け失敗 |
| 造材サイクルタイム平均 (分/サイクル) | 4.083 | | | | | | | |
| マルチワーク時合計 サイクルタイム(分) | 3.667 | 5.667 | 7.560 | 8.702 | 3.267 | 4.617 | 5.841 | 6.912 |
| 想定発生回数 (1日当たり) | 15 | 11 | 8 | 19 | 27 | 16 | 10 | 15 |
| 発生割合 (1日当たり) | 28.3% | 20.8% | 15.1% | 35.8% | 39.7% | 23.5% | 14.7% | 22.1% |

- 調査対象①、調査対象②の(1)のケースでは自動制御中に造材が完了しないが、(2)~(4)は自動制御中に造材完了
- 調査対象②では、推定される1日当たりの自動制御荷掛け成功割合(1~3回目で荷掛け成功するケースの合計)は8割弱、2割強が手動荷掛け

生産性等集計結果

| | 調査対象① (自動集材・造材マルチワークシステム) | 調査対象② (乱巻き防止型マルチワークシステム) |
|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1サイクル当たり 集材材積(m ³) | 0.80485 | |
| 1日当たり生産性 (m ³ /人日) | 42.66 | 54.73 |
| 1日当たり生産経費 (集材・造材経費)(円) | 124,760 | 126,147 |
| m ³ 当たり生産経費 (集材・造材経費)(円) | 2,925 | 2,305 |

調査対象①より、調査対象②の生産性は向上し、生産経費を削減できた

調査対象②「乱巻き防止型マルチワークシステム」の改善余地

| 荷掛成功確率による 1日当たり生産量(m ³ /日) | | 1サイクル当たり 集材材積 |
|------------------------------------------|-------|-----------------------|
| | | 0.80485m ³ |
| 荷掛成功確率 | 39.5% | 54.73 |
| | 90.0% | 69.21 |

荷掛成功率が改善できた場合、1日当たりの生産量が上表のように**最大69.21m³**となり、現状より**約1.26倍に生産性が向上する**

①目視外からの長距離遠隔操作

- 衛星通信と林内無線通信を利用した外部とのデータ通信によって、事務所での現場の進捗状況把握や事務所から現場の長距離遠隔操作を図る。

②完全自動化に向けて

- 荷掴みの成功率向上を図るため、切り株回避・最適掴み位置の認識・荷掴み対象木の確実なリトライ荷掴みの開発へ取り組む。
- 急傾斜など様々な条件で集材が難しいとされる現場でも自動集材ができるよう、傾斜が緩やかな現場などで必要な要素技術を向上させ、安全機能も実装した完全自動化へ向けた着実なステップアップを図る。

WITH FOREST

IWAFUJI



森林(もり)と共に



IWAFUJI
INDUSTRIAL CO., LTD.

イワフジ工業はいつまでも林業機械を創り続けます

終