

令和6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

自動運転型下刈機械の植栽フィールド 運用実証

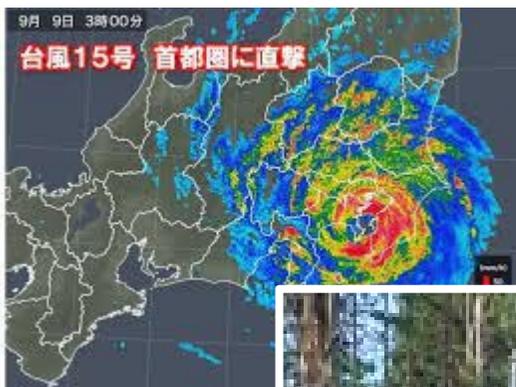
令和7年2月5日

株式会社NTTドコモ
株式会社筑水キャニコム
千葉県森林組合

【はじめに】ドコモが実証事業に取り組むきっかけ

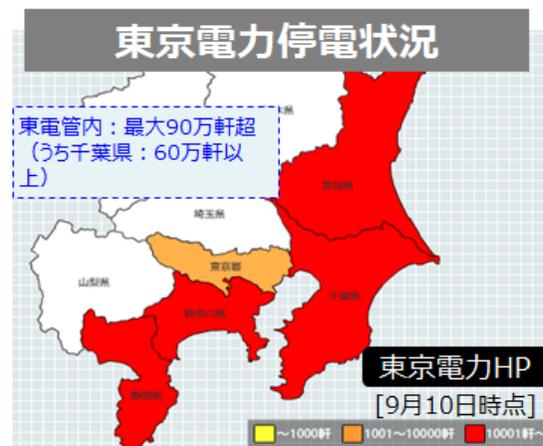
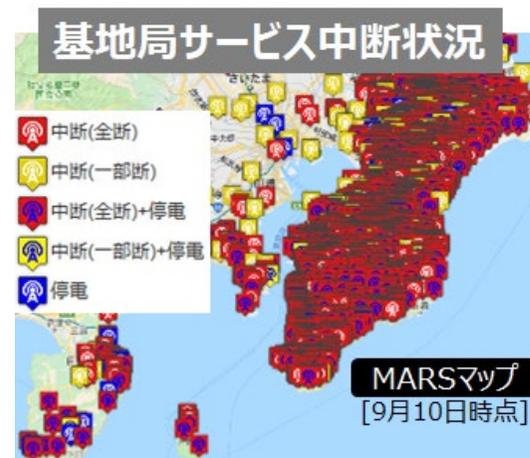
ドコモが、実証事業に取り組んだきっかけは、放置林における風倒木被害でした。

再造林が進んでいない事が、災害要因の一つであるという事が分かり、通信・IoT分野から林業の活性化に向けた取り組みを進める事と致しました。



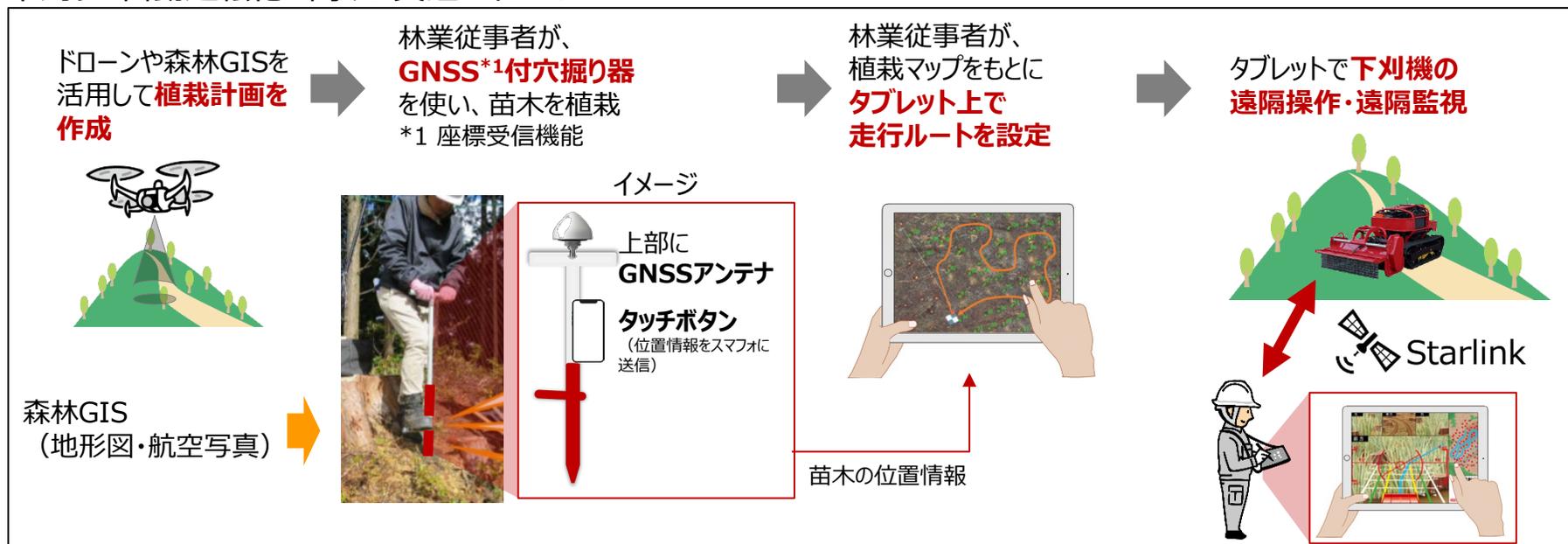
2019年9月台風15号

千葉県の総基地局数：約2,500局
中最大1,200局のサービス中断を記録[9月10日時点]



- ① 下刈作業の自動化実証を行い、機械の自動化による施業効率の確認を実施する。
 ※植栽方法の地域差による自動化の難易度を把握する為、北海道（縦植え）、千葉（横植え）の2ヶ所の実証地で自動運転の評価を行う。
- ② 下刈の自動化を進める上で障害物等の位置情報の取得が必要となる。
 ドローン画像の映像解析や、穴掘りを実施する際に位置情報を取得する等の、地拵え後からの植栽までの作業のIoT化検証を実施する。（下のイメージ図参照）
- ③ フィールド実証にて確認された結果を元に、下刈機械及び運行監視システムの機能改善を実施。自動運転型下刈機械を実用化レベルに近づけていく。

下刈りの自動運転化に向けた実証のイメージ

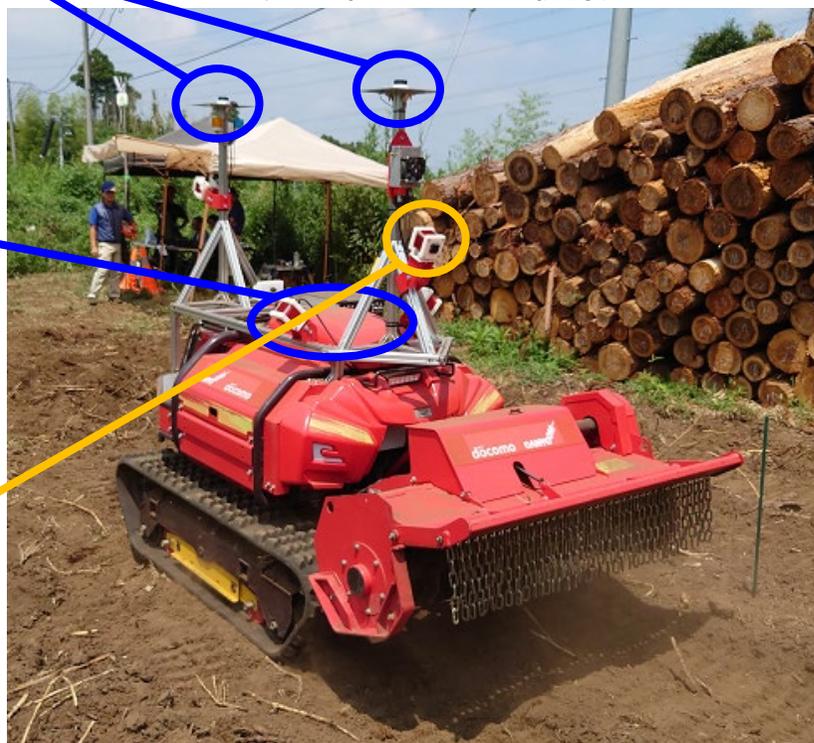


自動運転型下刈機械の概要

筑水キャニコム社製の新型車両(山なみ傾子)に自動運転機能を追加・改造。
遠隔監視用タブレットを使って、自動運転および遠隔操縦が可能とした。

GNSSアンテナ

自動運転型下刈機械



制御モジュール

カメラ
※前後左右4つ

遠隔監視用タブレット (iPad)

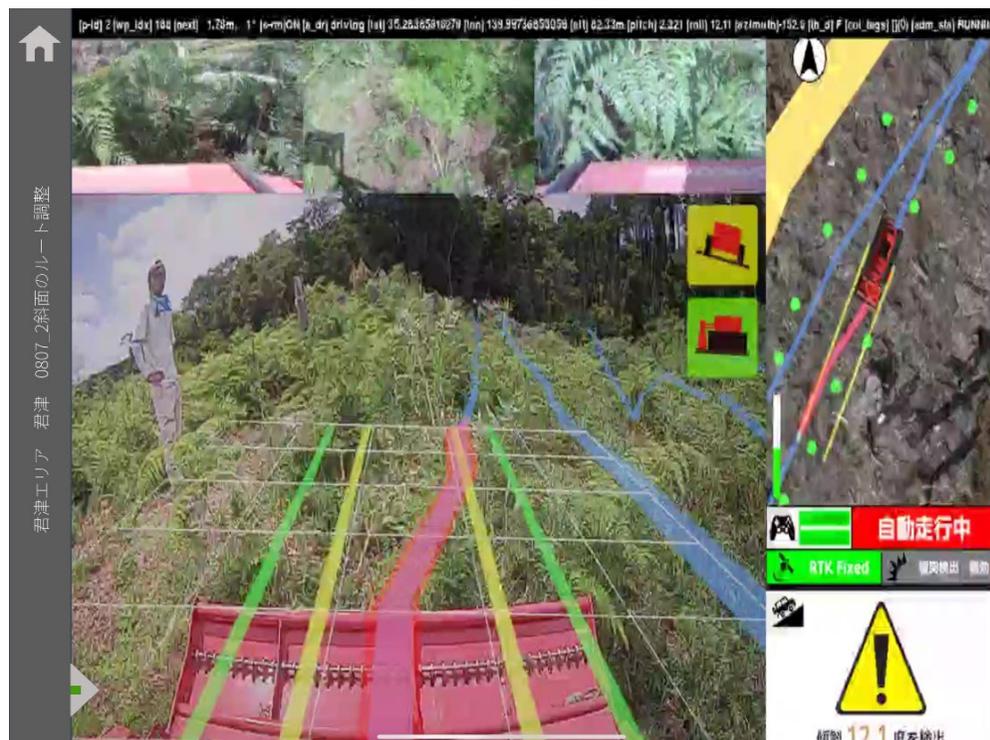


自動走行ルートの設定や遠隔監視ができるタブレット用アプリを開発。
アプリケーション上に伐根や残材などの障害物が表示されており、画面をタップする事でルートの自動設定が行える。

ルート設定画面



遠隔監視画面



下刈りの実証場所について

実証実験は、千葉県と北海道の2ヶ所を実施。

千葉県は2019年台風15号の風倒木被害のあった現場。前年に皆伐・整理した現場で走行実験を実施。

北海道は千歳林業社有林。伐根、残材がすべて除かれ、機械走行に適した環境に整備されたトドマツ3年生の現場。

【千葉県】

「ドコモ君津の森」※千葉県森林組合が管理



皆伐後の現場（残材が多い）

【北海道】

千歳林業（株）砂川市内の社有林



伐根、残材等がすべて除去されている



植栽3年目（トドマツ）

【走行用地図の作成】空撮画像からの伐根、苗木の検知について

ドローンによる空撮と合わせて、オルソ画像からのAI画像解析による伐根、苗木の検出を行った。
 過去の実証では伐根の特定が90%であったが、千葉県風の倒木跡地の伐根は、色が地面と同化しており、検出率が65%まで低下した。⇒ **伐根の検出率向上に向けて、今後も引き続き検証を実施する。**
 北海道の苗木(トドマツ)の検知については、オレンジ色のテープを付けたものの、空撮写真での識別は行えなかった。

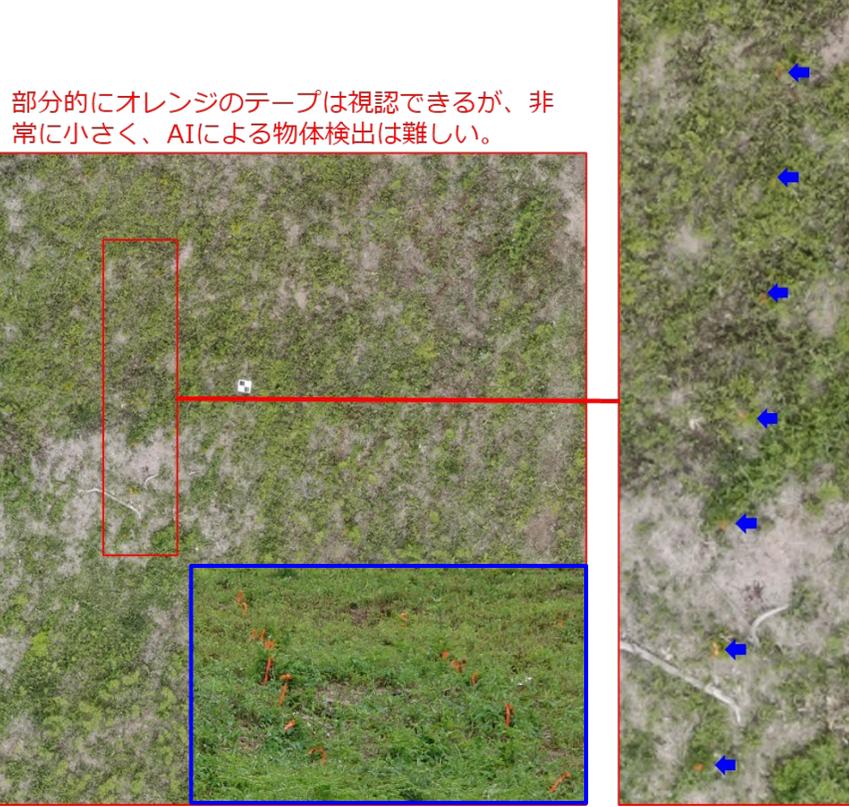
千葉県での伐根の検知

北海道での苗木の検知

検証地		過去の実証現場	千葉県の実証地
切り株の状態		伐採後、時間が経過していない伐根	伐採後、時間が経過し、乾燥した伐根
検出オルソ画像			
検出率	画像	90.2%	65.1%
	画像+高低差	-	68.9%

上空写真

部分的にオレンジのテープは視認できるが、非常に小さく、AIによる物体検出は難しい。

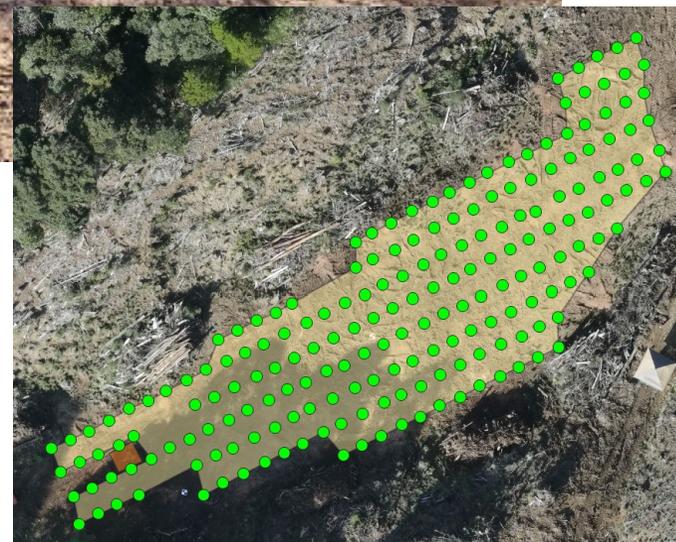


【走行用地図の作成】GNSS付き穴掘り器による位置座標取得

苗木の検知が難しい事もあり、GNSSアンテナ付き穴掘り器を使って、疑似植栽を設置。穴掘りと同時に植栽場所の座標データ取得。座標データは後日、自動走行システムのマップ上に設定。

疑似植栽の設置

GNSSアンテナ付き穴掘り器



位置情報を地図画面にプロット

第1回実証実験について（8月実施）

疑似植栽（列間2.5m、苗間2m）を横植えて設置。横傾斜地での下刈試験を実施した。



1分14秒

結果：本実証における初めての現場実証では、横傾斜に対応できる制御システムが未実装であったことから、横滑りによる走行誤差が大きかった。

また、伐根だけでなく林地残材が多数残っている現場であったため、エリア全体の16%の面積しか自動走行を行えなかった。

⇒ 下刈自動化に合わせた施業地(造林地)の設定が必要と再認識した。

第2回実証実験について（10月実施）

植栽3年目のトドマツ造林地にて、縦傾斜での下刈試験を実施した。
※列間(約2~3m)、苗間(約1.5m)の縦植え植栽



25秒

結果：本実証現場【最大傾斜26度（縦傾斜）】において、自動運転が出来る事が確認できた。自動運転の下刈速度は、計算上は、1haあたり、7時間6分となり、刈払機による作業に比べて、**3.5倍の効率性**がある事を確認。※苗間の刈り残し面積は考慮せず。

⇒横傾斜対応の問題は引き続き残っているが、縦植えの現場では下刈は行える事を確認した。

【残課題への対応】横傾斜制御の機能追加（12月実施）

第一回実証実験で、走行誤差が大きかった横傾斜に対して、制御プログラムを追加。横斜度約20度の横傾斜にて走行テストを行った。

全体走行の内、87%については、走行誤差を30cm未満に抑える事ができた。（8月時点は51%）

また、傾斜無しの場合、全体の97%。傾斜10度の場合は全体の72%を走行誤差20cm未満に抑える事が出来た。

※横傾斜地は、地質、地面のコンディションにより、走行誤差が大きく変わる。



55秒

第3回実証実験について (12月実施)

第3回実証実験では、伐根の破碎処理も合わせて、下刈りの自動化の施業効率の検証を行った。

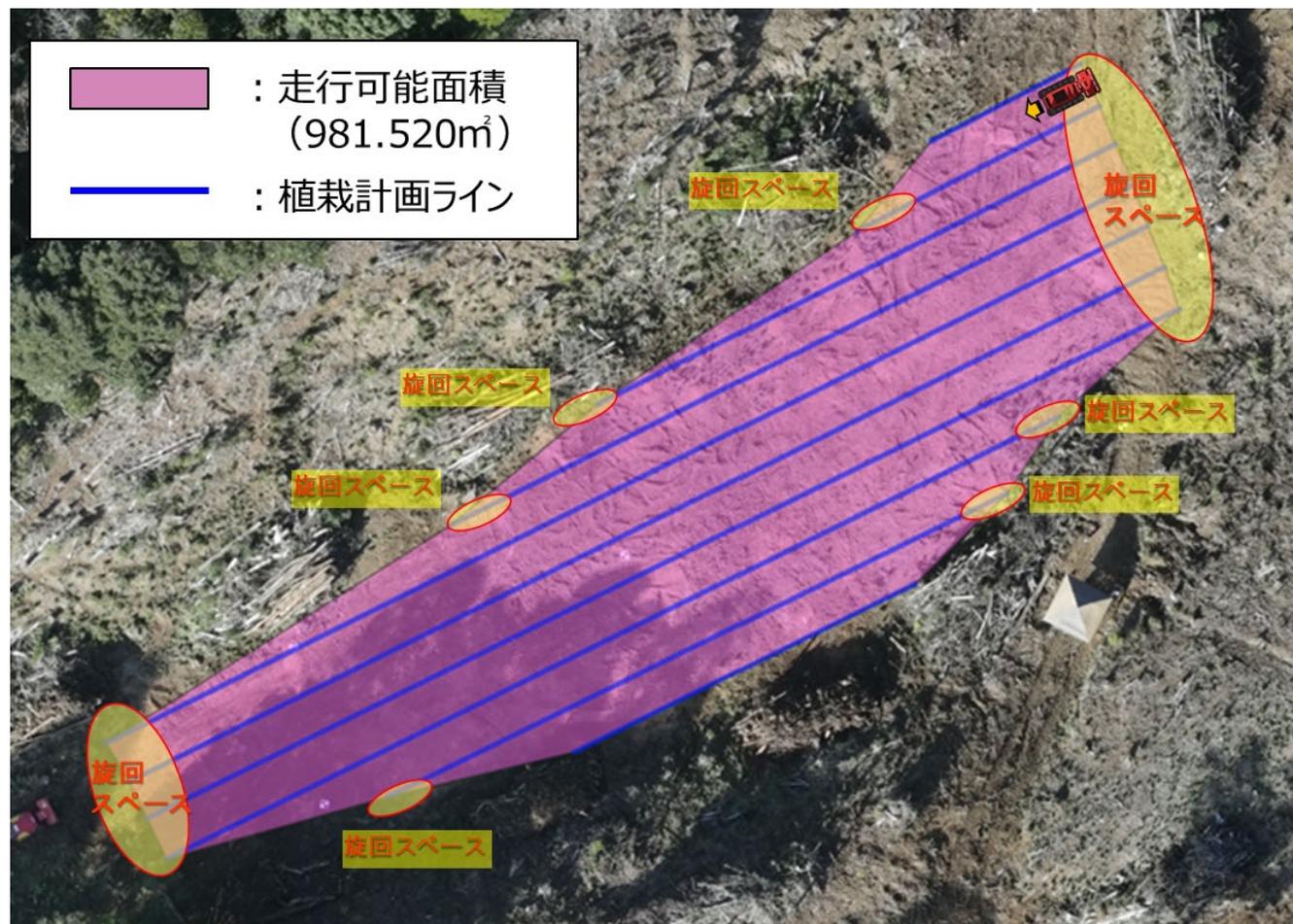
※千葉県では、植栽後3年に亘り、下刈りを実施する事から、3年間の累積時間で施業効率を比較
走行の妨げとなった残材の撤去、伐根を全て多目的造林機械(キャニコム社製の山もつとモット)で粉碎した上で、植栽
計画時の列間を2.5mに設定。

自動走行用のルート作成は、ラジコンにて一度、走行させた後、ラジコンの走行ログから、自動生成した。

伐根の破碎処理



ラジコン走行によるルート生成



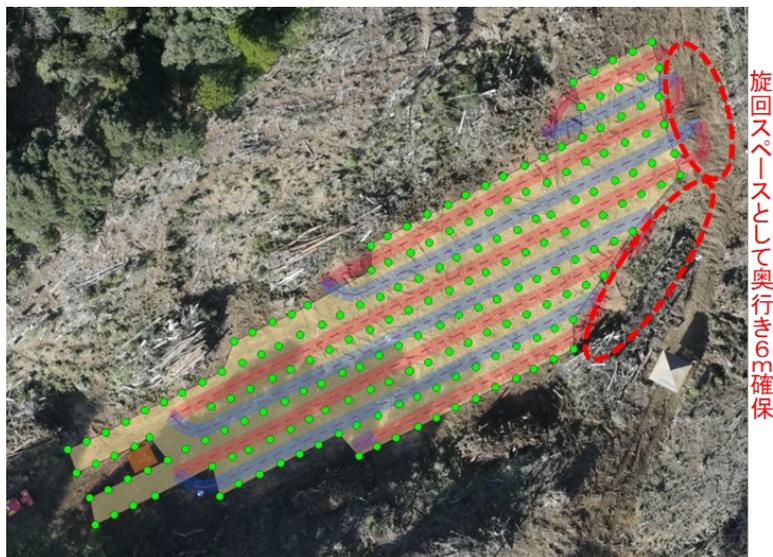
走行ルートについて

走行ルートは、片道走行、往復走行、苗間にモア部分を入れる差し込み走行の3パターンで実施した。

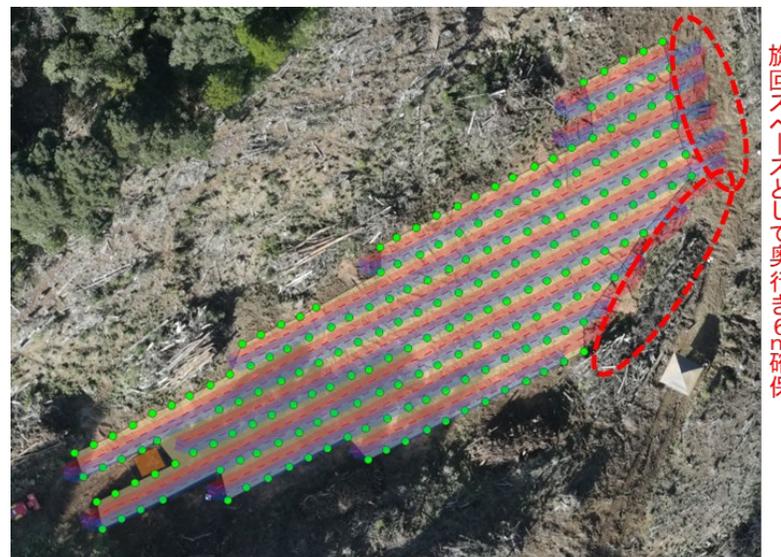
※疑似植栽は、列間は2.5m。苗間は2.0mで設置。

なお、車体の旋回スペースを植栽ライン前後に6m確保した事で、施業エリアは小さくなっている。

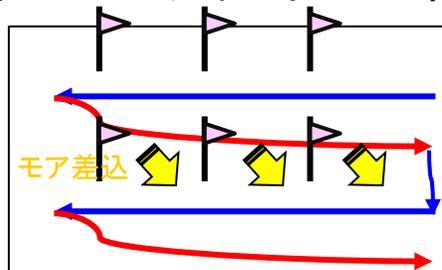
①片道走行



②往復走行



③差し込み走行 (イメージ)



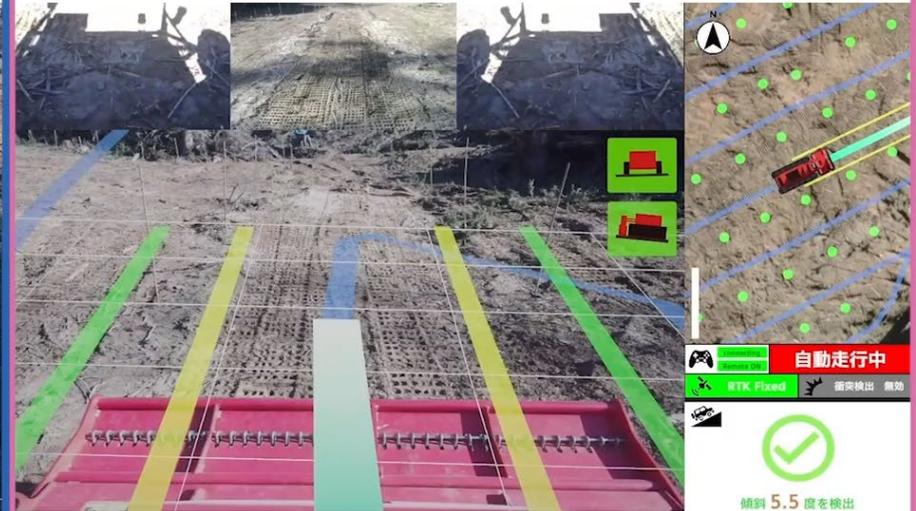
	青線 (前進)		: 施業エリア (763.951m ²)
	赤線 (バック)		: 疑似植栽
			: 伐根

1分動画（ダイジェスト版）

車体走行映像



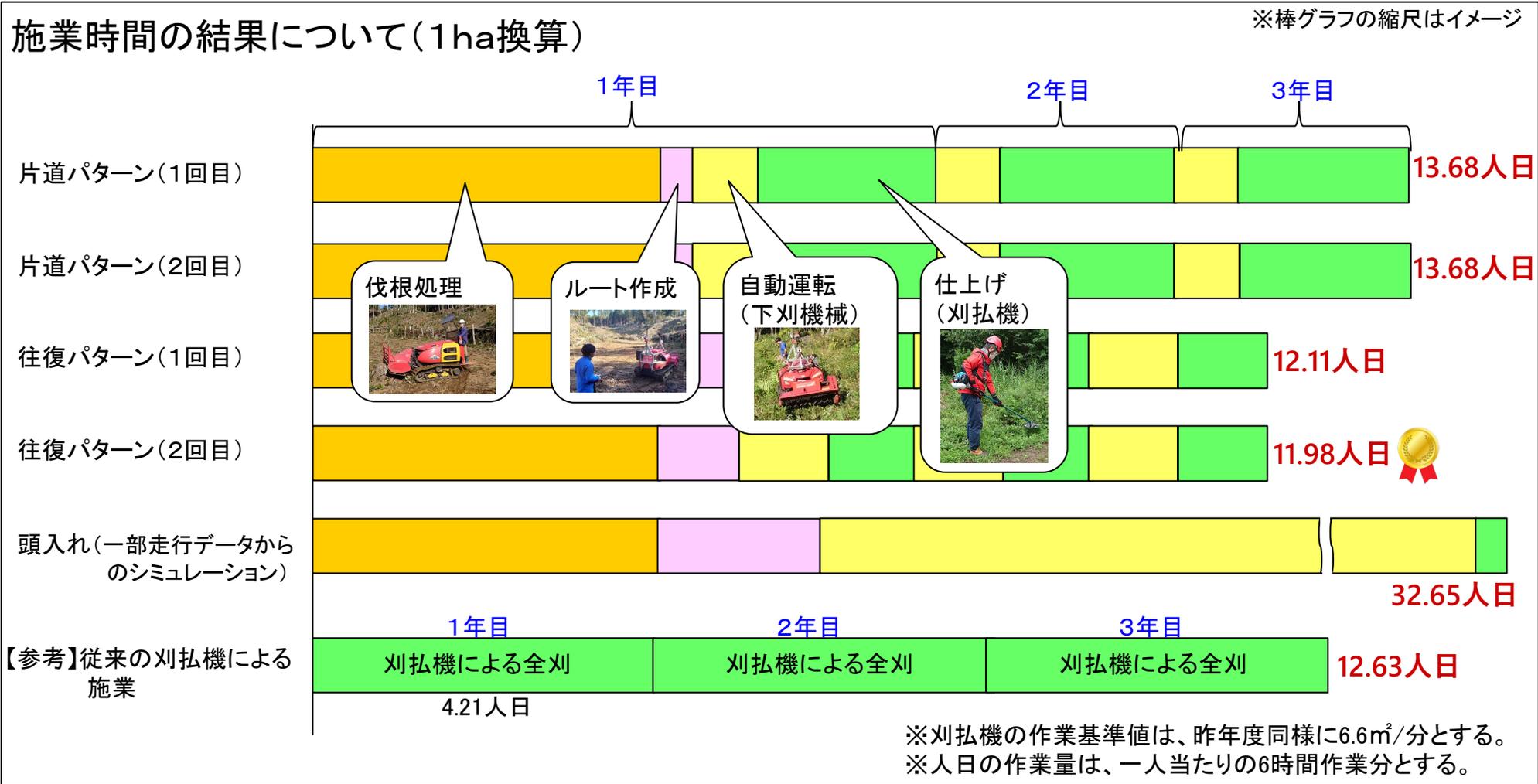
運行監視システム画面



実証において、苗木と見立てた疑似植栽への接触はなかった。

【実証結果】下刈りの作業効率について

1ha換算した結果、最も作業時間が短くなったものが往復パターンであった。
 なお、伐根の破碎処理は、1haあたり、877本を処理した事となり、総時間は4.97人日となっている。
 よって、今回の実証では、1年目に「伐根の破碎処理」や「ルート設定」を行ったとしても、3年以上の下刈りを行う場合には作業工数の削減が出来るという結果となった。



実証実験を通じたまとめ①

【実証実験結果】

①画像解析

ドローン空撮の画像解析による伐根の検出は、伐採直後で地上色と同色化していない等の条件が合えば可能。苗木の解析は難しい。

⇒苗木の位置確認は実測を行う必要がある。

②自動下刈実証

走行の障害物となる残材・伐根を除く事で自動走行は可能。往復走行を行う事で施業全体75%のエリアの下刈り処理を行うことが出来る。

	第1回実証実験		第2回実証実験	第3回実証実験	
実証地	千葉県君津市		北海道砂川市	千葉県君津市	
伐根の粉碎処理	未実施	実施	処理済	実施	
残材の除去	未実施	未実施	処理済	実施	
植栽方向	横植え	横植え	縦植え	縦植え	
走行パターン	片道	可能な限り往復	片道	片道	往復
走行可能面積 ※施業カバー率	16.01%	30.35%	43.93% (苗木までの距離 84cm)	45.85% (苗木までの距離 68cm)	75.85% (苗木までの距離 31cm)

⇒第一回実証実験は、実証現場の残材量の特異性と車両の横傾斜へのクローラ制御が不完全であった事から、横植えに対する検証が上手く行かなかった。

伐根、残材を処理した上で、横植えでの検証を引き続き進めて行く。

実証実験を通じたまとめ②

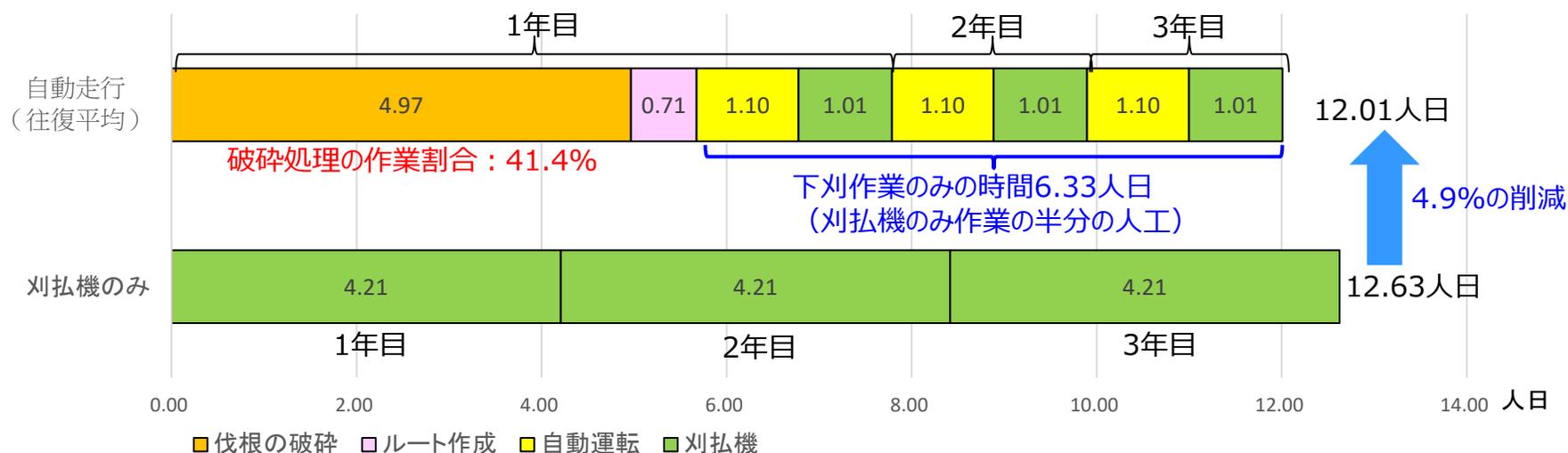
【実証実験結果】

③ 施業効率検証

施業カバー率の高い往復走行のパターンが、従来の刈払機作業と比べて、4.9%の工数削減できる結果となった。

伐根処理等の前工程作業を除いた下刈作業のみの人工数は6.33人日/haのため、下刈り作業としては施業時間を半分に短縮することが出来る。

【1haあたりの下刈作業工数 ※全伐根を破碎】



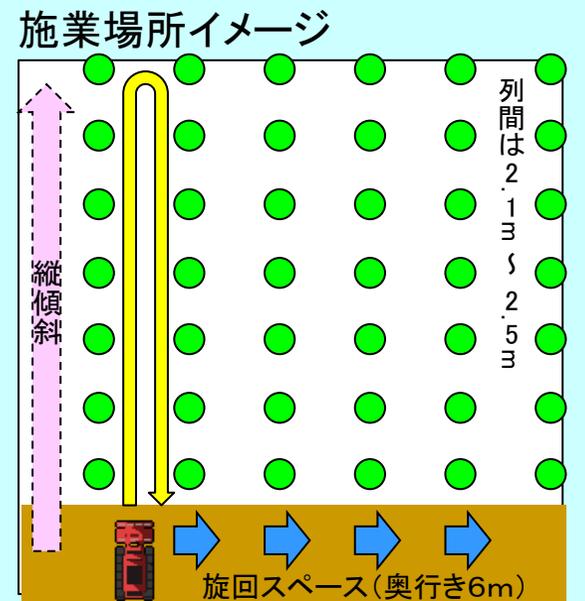
※刈払機の作業基準値は、昨年度同様に6.6m²/分とする。
※人日の作業量は、一人当たりの6時間作業分とする。

⇒全体時間の内、伐根の破碎に時間を要した時間割合は41.4%。全伐根を破碎すると、時間ロスが大きくなる事から、伐根処理(植え付け前の植栽計画等)の方法について別途検討する必要がある。

下刈の自動化を目的とした施業地の整備ができる場所であれば、作業工数の削減を図る事が出来た。今後もあらゆる施業地において実証を重ねて、下刈機械の精度向上を行っていきたい

現時点で自動運転による施業が可能な場所

- 縦傾斜の縦植えの施業地。起点側に奥行き6mの旋回スペースが設けられる事。
※これまでの実証地の最大傾斜は26度だった。
- 走行の妨げとなる伐根は、除去していただく。
※可能であれば、走行エリア内の伐根は全部。
- 苗木検知は難しいので、直線走行できるように植栽して頂く。
※苗列の起点、終点の苗木だけは、認識出来る事。



上記、3点を満たす条件であれば、すぐにでも下刈りの省力化は可能である

現状の課題点

- 横植えの自動走行による下刈効率化の検証が出来ていない。
⇒引き続き、様々な施業地での検証を進めて行く

あなたと
世界を
変えていく。

ご清聴ありがとうございました

NTT
docomo