

森林作業の最適化に関する研究会 成果報告書

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

「森林作業の最適化に関する研究会」

2024年3月

はじめに

「森林作業の最適化に関する研究会」は、「機械化森林施業研究会（平成 17～19 年）」、「低コスト森林作業研究会（平成 20～22 年）」、「森林作業システム・路網研究会（平成 23～25 年）」、「地域特性に対応した森林作業システム研究会（平成 26～平成 30 年）」の後を受け、令和元年に設置しました。

本格的な利用期を迎えた人工林資源を循環利用していくため、架線集材技術など従来の技術に加え、ICT などの最新技術も活用して、間伐および主伐、再生林における各作業の最適化を進める必要があります。それには、森林路網、林業機械、労働安全など数多くの要素と地形などの地域特性を考慮する必要があります。各機関の限られた人材で効率よく成果を生み出していくためには、互いに連携を図ることが不可欠です。当研究会は貴重な連携の場として機能してきました。コロナ禍により活動が制約された時期もありましたが、オンラインによる研究会開催など新たな形も模索してきました。本報告書では、この 5 年間の研究会で報告された調査・研究事例をまとめました。森林作業の最適化のヒントとなれば幸いです。なお、森林作業の最適化は一朝一夕に達成できない目標であり、今後も最優先の課題であり続けることから、令和 6 年度以降も引き続き「森林作業の最適化に関する研究会」として活動を続けることとしております。

最後に、この 5 年間に会長をお引き受けいただいた山梨県森林総合研究所、富山県農林水産総合技術センター森林研究所、森林総合研究所の関係者各位に感謝申し上げるとともに、参画機関の皆様には地域林業及び日本林業の振興に向けて、今後ともご支援賜りますようお願い申し上げます。

森林作業の最適化に関する研究会 幹事

森林総合研究所	中澤昌彦、宗岡寛子
岐阜県森林研究所	白田寿生
長野県林業総合センター	市原満

【参画機関】

森林総合研究所
山梨県森林総合研究所
富山県農林水産総合技術センター森林研究所
岐阜県森林研究所
長野県林業総合センター
静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
新潟県森林研究所
愛知県森林・林業技術センター
東京都農林総合研究センター

内容

全体研究計画書	3
第1回研究会 令和元年度（山梨県）	5
調査・事例紹介	
① 森林総合研究所	9
② 岐阜県	15
③ 新潟県	19
④ 静岡県	20
⑤ 長野県	23
⑥ 富山県	26
⑦ 山梨県	29
提案・要望事項	
① 森林総合研究所	38
② 愛知県	38
③ 岐阜県	39
④ 静岡県	39
⑤ 山梨県	39
現地検討会の様子	40
第2回研究会 令和2年度（書面開催）	41
調査・事例紹介	
① 静岡県	43
② 富山県	46
③ 長野県	50
④ 山梨県	55
⑤ 森林総合研究所	62
⑥ 岐阜県	65
提案・要望事項	
① 山梨県	79
第3回研究会 令和3年度（森林総合研究所、オンライン併用）	80
調査・事例紹介	
① 森林総合研究所	83
② 東京都	93
③ 岐阜県	97
④ 静岡県	99
⑤ 長野県	103

⑥ 富山県	105
⑦ 山梨県	108
第4回研究会 令和4年度（森林総合研究所、オンライン併用）	110
調査・事例紹介	
① 富山県	113
② 愛知県	118
③ 山梨県	123
④ 岐阜県	133
⑤ 静岡県	138
⑥ 新潟県	142
⑦ 森林総合研究所	146
提案・要望事項	
① 長野県	153
② 静岡県	154
現地検討会の様子	155
第5回研究会 令和5年度（富山県）	156
調査・事例紹介	
① 静岡県	160
② 山梨県	163
③ 新潟県	166
④ 岐阜県	171
⑤ 森林総合研究所	172
⑥ 富山県	184
提案・要望事項	
① 山梨県	188
② 新潟県	189
現地検討会の様子	190

(別紙)
様式 1

平成 30 年 10 月 26 日

関東・中部林試連

研究会計画書

- 1 研究会の名称：森林作業の最適化に関する研究会
- 2 提案機関・提案責任者（所属・氏名）：岐阜県森林研究所・臼田寿生
平成 31 年度開催機関事務局担当者（所属・氏名）：山梨県森林総合研究所
・大地純平
幹 事（所属・氏名）：長野県林業総合センター・高野毅
岐阜県森林研究所・臼田寿生
森林総合研究所・中澤昌彦
森林総合研究所・宗岡寛子

3 目 的：

戦後造林された人工林は本格的な利用期を迎えており、森林資源を循環利用することが重要な課題となっているが、採算性が確保できないなどの理由から、主伐期にある人工林は十分に活用されていない。このため、架線集材技術など従来の技術に加え、ICT などの最新技術も活用した木材生産における各作業の最適化といった間伐および主伐、再造林を合理的に進めるための研究と技術開発が急務となっている。木材生産における各作業を最適化するための研究を進めるにあたっては、森林路網、林業機械、労働安全など数多くの要素と地形などの地域特性を考慮する必要があるが、当該分野の研究に携わる各機関の限られた人材で効率よく成果を生み出していくためには、関係機関との連携が不可欠となる。

そこで、本研究会では各地の地域特性などに対応した森林作業の最適化に関する参加機関の研究成果や取組について互いに検討・評価し、これらに関する研究を推進することを目的とする。なお、最終年度には研究会の成果をとりまとめた報告書を発行する。

4 設置期間：平成 31-35 年度（5 年間）

5 実施方法：

- ・ 原則として、年 1 回、1 泊 2 日での開催を予定している。
- ・ 開催場所は参加機関での持ち回りとし、山梨県等での開催を予定している。
- ・ 森林作業の最適化に関する検討会を実施し、それらに関する調査事例などの情

報交換や協議を行う。

6 参加予定機関：

森林総合研究所、茨城県林業技術センター、栃木県林業センター、群馬県林業試験場、埼玉県寄居林業事務所 森林研究室、千葉県農林総合センター森林研究所、東京都農林総合研究センター、神奈川県自然環境保全センター、新潟県森林研究所、富山県農林水産総合技術センター森林研究所、長野県林業総合センター、山梨県森林総合研究所、静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター、愛知県森林・林業技術センター、岐阜県森林研究所

7 想定される外部資金：農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業など

8 その他：なし

令和元年度

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

森林作業の最適化に関する研究会

令和元年7月3日（水）～7月4日（木）

山梨県森林総合研究所

日程

7月3日(水) 会議 (Royal Hotel 八ヶ岳: 会議室「オリオン」)

鉄道利用者と合流

JR小淵沢駅: 12:00、 甲斐大泉駅: 12:15

(自動車での参加者は直接会場へ)

研究会討議

13:00 ~ 16:40

議題 (1) 調査・事例紹介

①森林総合研究所 (13:20~13:40)

「林道における異なる簡易な横断排水溝を通過した際に発生する加速度」

「荷役作業の軽労・自動化に資する材認識システムの開発」

②岐阜県 (13:40~13:50)

「森林作業道における構造物設置箇所と路体損壊箇所の特徴について」

③新潟県 (13:50~14:00)

「新潟県の再造林におけるコンテナ苗植栽の実用化」

④静岡県 (14:00~14:10)

『「木材需給情報共有システム」実現への取組』

⑤長野県 (14:10~14:20)

「機械地拵え使用機械別特徴と作業工期」

⑥富山県 (14:20~14:30)

「コナラの伐木および造材作業の工期調査と出材量の推定」

⑦山梨県 (14:30~14:50)

「造林作業の軽減を目指した普及指導業務について

～クラッシャー地拵え導入による効果～

「チェーン式集材システムの紹介」

休憩 (14:50~15:00)

議題 (2) 提案・要望事項について

①森林総合研究所 (15:00~15:10)

「各都県における林道台帳及び林道施設災害査定資料の電子化の状況についての情報提供依頼」

「森林作業道実態把握調査への調査協力依頼」

②愛知県 (15:10~15:20)

「森林施業の機械化について」

③岐阜県 (15:20~15:30)

「壊れにくい森林作業道の整備を推進するための取り組みについて」

④静岡県 (15:30~15:40)

「ICTを活用した地域の林業現場の最適化に関する取組の共有」

⑤山梨県 (15:30~15:50)

「企業との共同研究について」

議題 (3) 今後の研究会の目標、取り組みについて (15:50~16:20)

議題 (4) 次期会長県の選出について (16:20~16:30)

議題 (5) その他 (16:30~16:40)

7月4日(木)

宿から現地検討会 視察地①へ移動

8:15 ~ 8:45

視察地① クラッシャー地拵え予備試験地

山梨県北杜市明野町上手地内民有林(峽北森林組合 皆伐更新事業地)

(緯度:35° 46' 5.82"N 経度:138° 27' 22.19"E)

現地検討会視察地②へ移動

9:45 ~ 10:15

視察地② (株)日建 山梨本社・工場

山梨県南アルプス市上今諏訪 564-1 電話:055-282-3211

閉会

12:00

研究会終了、解散

(電車参加者を甲府駅まで送迎)

※上記の日程は、諸般の事情により、変更する場合があります。

※2日間とも昼食の用意はありませんので、各自でご対応をお願いします。

令和元年度
 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
 森林作業の最適化に関する研究会

参加者

機関名	役職	氏名
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所	林業工学研究領域 領域長	毛綱昌弘
	収穫システム研究室 室長	中澤昌彦
	収穫システム研究室 主任研究員	瀧誠志郎
	森林路網研究室 主任研究員	山口智
	森林路網研究室 研究員	白澤紘明
	機械技術研究室 研究員	有水賢吾
富山県 農林水産総合技術センター 森林研究所	森林資源課 課長	関子光太郎
長野県林業総合センター	育林部 主任研究員	大矢信次郎
	指導部 担当係長兼林業専門技術員	高野毅
岐阜県森林研究所	森林資源部 専門研究員	白田寿生
	森林資源部 主任研究員	和多田友宏
静岡県 農林技術研究所 森林・林業研究センター	森林資源利用 上席研究員	佐々木重樹
新潟県森林研究所	きのこ・特産課 課長	涌井克彦
	きのこ・特産課 専門研究員	倉島郁
群馬県林業試験場	森林科学係 主任	飯田玲奈
愛知県森林・林業センター	技術開発部 主任研究員	小林寛生
山梨県中北林務環境事務所	主幹・林業指導普及員	齋藤寛
山梨県森林総合研究所	所長	田邊幹雄
	普及・指導科 副主査・林業普及指導員	小峰正之
	資源利用科 研究員	大地純平
オブザーバー参加		
(株)日建	製造部 業務リーダー	堀田盛一
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所	地域連携戦略室長	山田毅

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 山口智

調査・事例名	林道における異なる簡易な横断排水溝を通過した際に発生する加速度
内 容	<p>非舗装の林道や作業道では降雨や湧水などによって路面に流水が発生すると洗掘が起こり通行上維持管理上で問題となる。そこで素掘やシスイエースなどの簡易横断排水施設で排水を行った際には形状によっては車両通行時に衝撃が発生しやすきことから車両の運転者に嫌がられることが多い。そこで、車内に加速度計を取り付けた自動車でも基幹作業道を模した試験路を走行して、横断溝上を通過した時の加速度を計測し衝撃を検証した。設置した横断排水溝は、素掘、樹脂製疎水材、竹束、シスイエースである。</p> <p>その結果、素掘が最も加速度の振れ幅が大きく、次いで樹脂製疎水材、シスイエース、竹束の順だった。シスイエースと竹束は近似直線がほぼ重なった。そこから、竹束の使用で衝撃が少なく済む簡易排水施設を作設可能であると考えられた。素掘りに竹束を追加で設置し、その場合の緩和効果を調べたところ、素掘りに置いただけでも衝撃緩和にはある程度有効であると考えられた。</p>
発表方法	パワーポイント、その他(資料配付 A4×1枚)

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

林道における異なる簡易な横断排水溝を通過した際に発生する加速度について

山口智・鈴木秀典・田中良明（森林総研）
泉田信幸（林業機械化センター）

作業道での排水の重要性



非舗装の林道や作業道では降雨や湧水などによって路面に流水が発生し、通行上維持管理上で問題となる洗掘

簡易に素掘りを作るが・・・

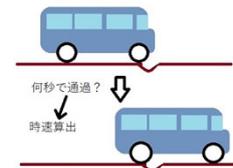


暫定的に入れられた素掘り
車両通行時に大きい衝撃が発生
車両の運転者に嫌がられること
多々

衝撃が少なく済む簡易排水施設
は作れないか？
竹粗朶を設置して衝撃は緩和で
きるか？



車内に設置した加速度計
(これにUSBでノートPCに接続)



走行速度の算出方法

走行した試験路

試験地：林野庁森林技術総合研修所
林業機械化センター研修林
使用車両：スバル製ディアスワゴン
走行回数：
素掘り・樹脂製疎水材・竹束・シスイ
エースの組み合わせで10回
→素掘りに竹束を入れて8回（10回の
予定が機材故障により中止）



作業道に設置した横断溝



素掘り (A)
シスイエース (D)

樹脂製疎水材 (B)

竹束 (C)



素掘りに竹束（設置
しただけ） (E)

路面に設置後、周囲を締固め

結果

通過時の加速度の最大振幅と瞬間速度の相関
上下方向の加速度の最大振幅

A>B>E>D>C

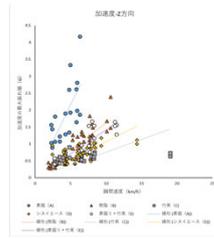
→ 竹束の使用で衝撃が少なく済む簡易排水施設を作設可能

素掘りに竹束を追加で設置し、その場合の緩和効果

時速5kmにおける近似直線との交点

素掘り; 2.2G → 素掘り+竹束; 0.8G

→ 素掘りに設置しただけでも衝撃緩和には有効



まとめ

以上のことから、以下のことが考えられた。

- 竹束やスライスストーンでは素掘り比べて加速度が小さくなり、通行しやすくなること
- 素掘り束を単純に設置することにより半分以上振幅が小さくなり衝撃緩和効果があること

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 有水賢吾

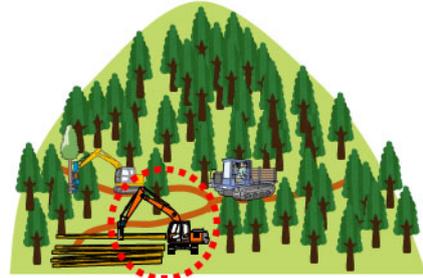
調査・事例名	荷役作業の軽労・自動化に資する材認識システムの開発
内 容	<p>高性能林業機械は操作が複雑であり、機械を操作するオペレータの習熟度が生産性に大きく影響する。しかしながら林業機械による荷役作業の自動化に関する研究はこれまでにほとんど実施されていない。本研究ではオペレータの習熟度による生産性のばらつきを減少させるため、荷役作業のイージーオペレーション化・自動化のための要素技術の開発としてカメラによる外部環境認識技術である材の認識システムを開発する。</p> <p>ベースマシン(CT-500, イワフジ)前面にステレオカメラ(Zed, Stereolab)を設置し、桝積み材(スギ・ヒノキ・モミ混在, 30 ~ 40 年生)の新鮮材および3 年経過材を撮影した。得られた2日分の動画データより3088 枚の画像データ(1280×720)を抽出し、画像内の材の位置をラベルとして各画像に付した。検出アルゴリズムについては、深層畳み込みニューラルネットワークベースの物体検出アルゴリズム(Yolo v3)を利用し、画像内の材が含まれる領域を検出した。</p> <p>学習の結果、平均適合率(mAP)が最大91%、平均オーバーラップ率(IoU)82%と高精度での検出が可能であった。</p>
発表方法	パワーポイント

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

荷役作業の軽労・自動化に資する材認識システムの開発

2019.6.3 令和元年度関東中部林業試験研究機関連絡協議会
(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所
有水 賢吾

荷役作業の軽労・自動化に資する材認識システムの開発



自動化：荷役作業に着目、自動化に必要な技術は？
材領域の認識—材位置把握—材把持位置決定—マニピュレータ制御

荷役作業のイージーオペレーション化・自動化のために
深層学習を用いた材の認識システムを開発する

学習時



評価時



試験概要：学習データの取得

試験日時：2018年9月18日-19日
試験地：林業機械化センター（群馬県沼田市）
使用機械：CT-500(イワフジ)

極積み材（スギ・ヒノキ・モミ混在、30年生～40年生）の新鮮材および
3年経過材を撮影
2日分の動画データより3088枚の画像データにラベルづけ
分類クラス：材（1クラスのみ）

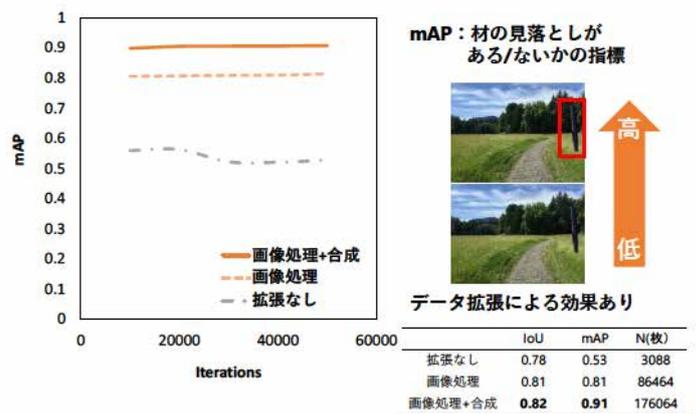


材の認識システム

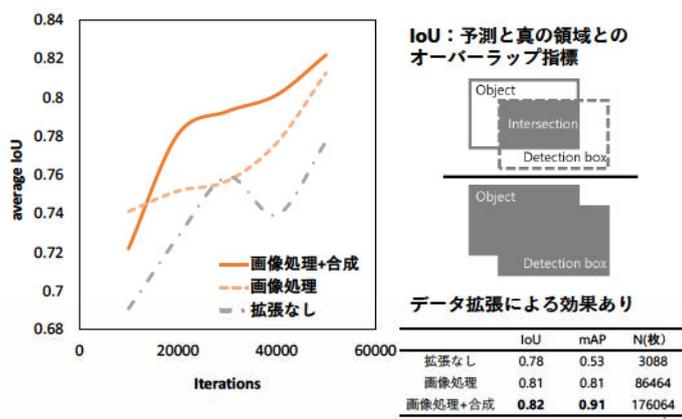


1クラス検出でmAP 91%程度の高精度検出が可能
平均処理時間35.6~46.8ms/枚 (GPU使用時)

結果：適合率（mAP）



結果：オーバーラップ率 (IoU)



まとめ

- 深層学習を用いて極積み状態の材領域を検出
- 適合率最大91%, オーバーラップ率82%で検出可能
- 画像拡張 (+ 合成) により
サンプル数が少なくとも検出率向上
- 処理時間35.6 - 46.8ms, リアルタイムでの処理が可能

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 岐阜県森林研究所

発表者名 和多田友宏

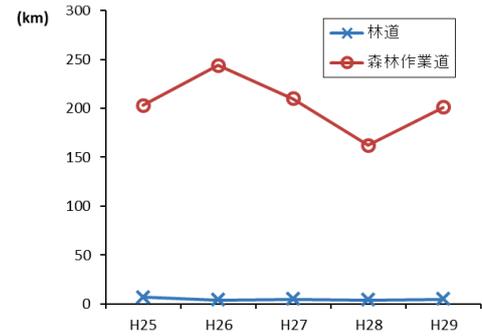
調査・事例名	森林作業道における構造物設置箇所と路体損壊箇所の特徴について
内 容	<p>森林作業の最適化を図るためには、経済性と耐久性のバランスが取れた壊れにくい森林作業道の作設が必須となる。しかし、実際の現場では、耐久性よりも低コスト化を優先した結果、作設後、数年の間に路体損壊が生じ、継続的利用に支障をきたしている路線も多く見られる。</p> <p>そこで、当研究所では、森林作業道の路体耐久性向上に寄与する構造物について、設置が必要となる条件を明らかにするため、既設作業道において、構造物設置箇所と路体損壊発生箇所の特徴を調査した。</p>
発表方法	パワーポイント、その他(資料配付 A4×1枚)

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

森林作業道における構造物設置箇所と路体損壊の特徴について

岐阜県森林研究所 和多田 友宏

岐阜県の路網整備の現状



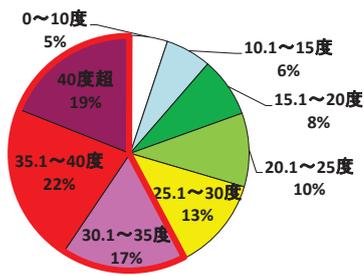
岐阜県森林・林業統計書より作成

林道の開設延長は、年間5km程度なのに対し、森林作業道は、毎年200km程度開設されている

低コストな森林作業道開設が中心

岐阜県内の地形条件

■急傾斜地が多くを占める



約6割が30度以上の急傾斜地

岐阜県内の地形条件

■断層が多く、崩れやすい



活断層の分布

出典:地震の基礎知識とその観測(防災科学技術研究所)
http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/part1.html
 (一部修正)

壊れにくい道づくりのためには・・・

■岐阜県内の森林は、急傾斜地や断層が多く、崩れやすい

このような条件下において、丈夫な森林作業道を開設するためには・・・

1. 線形計画の段階で、急傾斜地や0次谷などの崩壊危険地形を避ける
2. どうしても避けることが出来ない箇所については、構造物設置の必要性を検討する



構造物が設置されなければ、路体の安定性が保てない条件を確認するため、森林作業道開設路線において、地形的要因(特に自然斜面勾配)と構造物設置の有無、または路肩崩壊の有無について調査した

調査方法①

■調査内容

- ✓ 簡易構造物設置箇所の位置情報(ハンディGPSによる計測)
- ✓ 路肩崩壊※箇所位置情報(同上)
- ✓ 道下の自然斜面傾斜度(下図参照)
 - 構造物設置箇所、路肩崩壊※箇所:実測
 - 路線全体:路線全体に測点を作成し、5mメッシュDEMによる道下斜面傾斜の抽出による

など
 ※:森林作業道の路肩側に現れた変状のうち、車道幅員に及ぶ変状を「路肩崩壊」とし、それ以外を「軽微な変状」とした

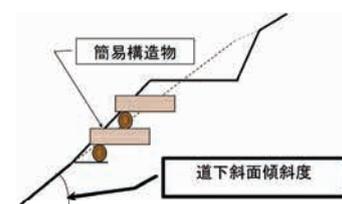
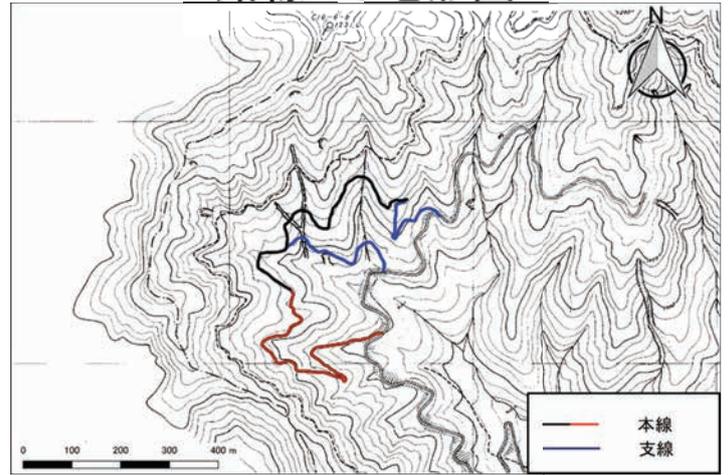


図 森林作業道横断面

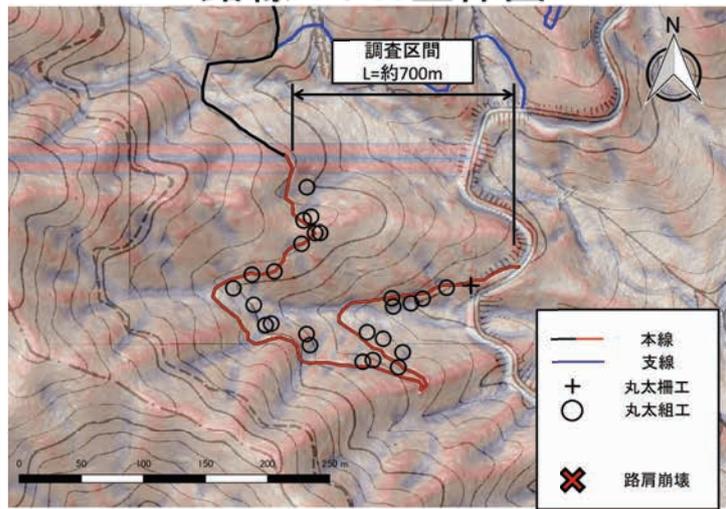
調査地

調査地	路線A	路線B
調査年月日	2018年10月30日	2018年10月31日
地質	溶結凝灰岩	花崗閃緑斑岩、溶結凝灰岩
路線延長	約1900m	約1700m
開設年度	平成14年度～平成16年度	平成20年度
構造物の種類	丸太柵工・丸太組工	丸太組工・カゴ枠工

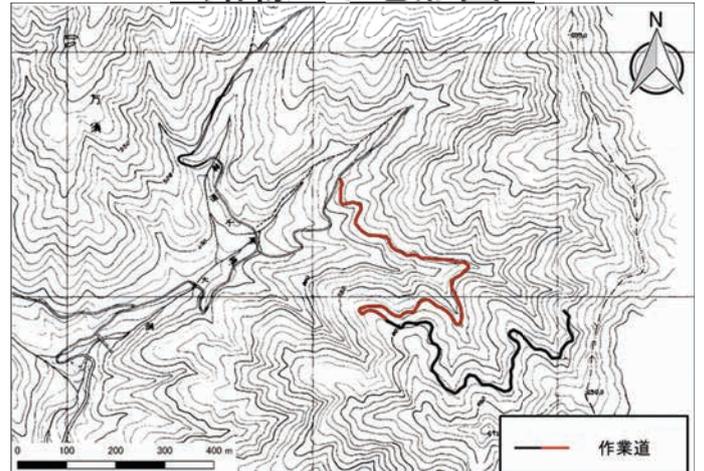
路線Aの地形図



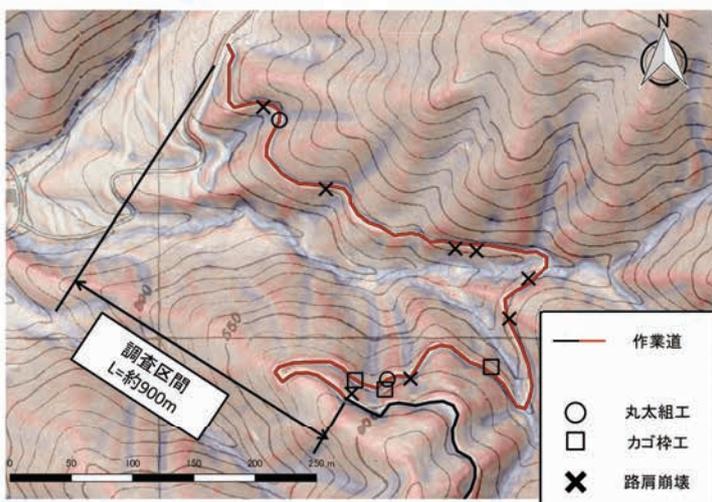
路線AのCS立体図



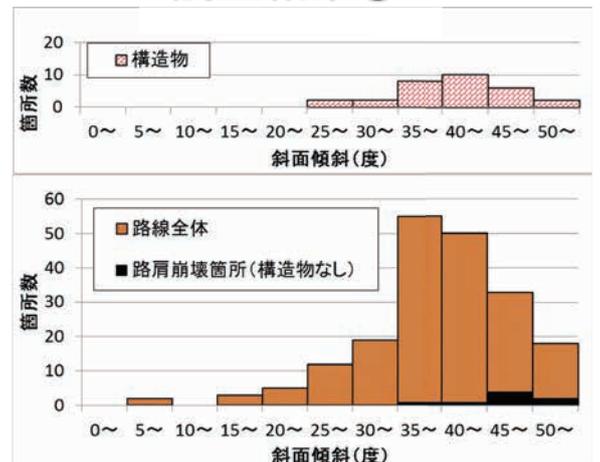
路線Bの地形図



路線BのCS立体図

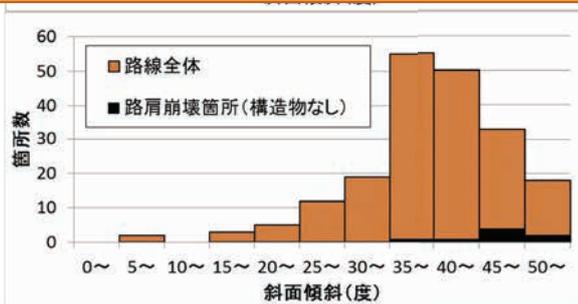


調査結果①



調査結果①

すべての路肩崩壊は道下の斜面傾斜が35度以上かつ構造物が設置されていない箇所において発生していた



調査方法②

調査内容

- ✓ 簡易構造物設置箇所の位置情報(ハンディGPSによる計測)
- ✓ 路肩崩壊箇所の位置情報(同上)
- ✓ 路肩崩壊箇所の標準曲率(5mメッシュDEMより算出:下図参照)

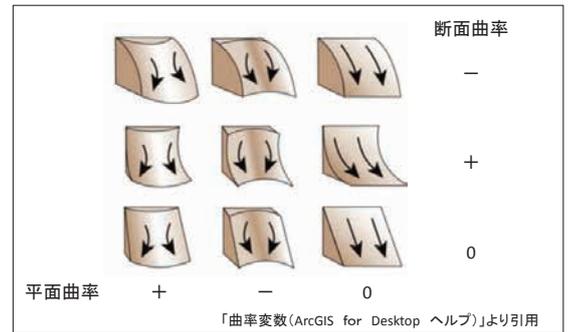
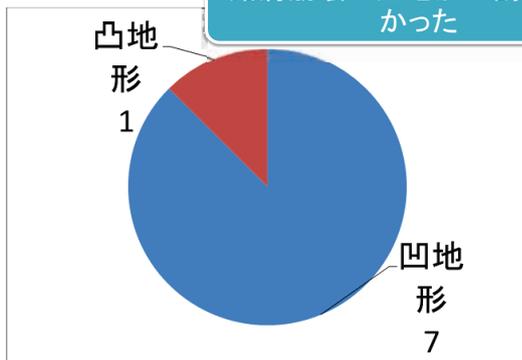


図 平面曲率と断面曲率

調査結果②

路肩崩壊は凹地形の割合が高かった



路肩崩壊箇所の地形

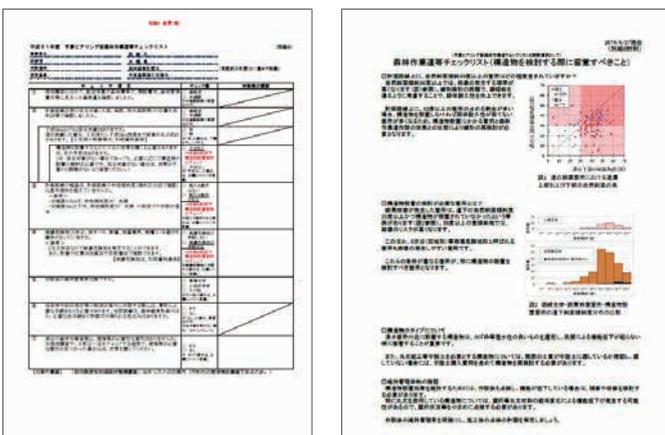
結論

- ✓ 路肩崩壊は、道下の自然斜面傾斜35度以上で構造物が設置されていない箇所が発生していた。
- ✓ 路肩崩壊箇所は、凹地形となっている割合が高かった。



「自然斜面傾斜が35度以上」かつ「凹地形」の箇所では、構造物設置の必要性が高い

「構造物設置の必要性を検討するためのチェックリスト(案)」の作成



(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 新潟県森林研究所

発表者名 倉島郁

調査・事例名	新潟県の再生林におけるコンテナ苗植栽の実用化
内 容	全国的にコンテナ苗について、実用化または、試験研究されているところであるが、多雪地である新潟県内においては、コンテナ苗の植栽方法や植栽後の積雪の影響の知見もない。緩傾斜地での調査では、コンテナ苗の効率性や活着率、成長量に差がなく(裸苗との比較)適応可能であることが示されたが、中・急傾斜地での事例がないため、緩傾斜地と同様に植栽試験を行い、コンテナ苗植栽の可能性を検討した。
発表方法	資料配付 (A4×1枚)

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

発表者名 佐々木重樹

調査・事例名	「木材需給情報共有システム」実現への取組
内 容	<p>静岡県では、素材生産業者と製材加工業者がICTを活用して木材の生産と需要の情報を共有し、流通の効率化を図る「木材需給情報共有システム」の実現を目指し、研究に取り組んでいる。</p> <p>特に、素材生産業者が生産計画や木材供給の情報を正確に示すのが困難である現状があり、これを支援するために、日報により日々の作業を把握する仕組みになっている。これは、生産関連の情報把握にとどまらず、林業事業体が自らの作業状況を可視化することで、労働生産性を把握し、作業のボトルネックを明確化し、次回施業での改善を図る、いわゆるPDCAを実現するための「丸太生産コスト計算プログラム」として機能する。情報共有の機能については、県東部地域の森林組合、富士市にある(株)ノダの合板工場、そしてこれらの中で情報を集約する「木材需給コーディネーター」としての静岡県森林組合連合会の間で、業務内容を分析し情報システム化を図った。7月より試行を開始する。</p> <p>日報関連の機能については、県の実施する「低コスト主伐・再造林促進事業」を行う林業事業体を対象に、試行を進めている。</p>
発表方法	パワーポイント

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

木材需給情報共有システム 実現への取組

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
森林資源利用科 上席研究員 佐々木 重樹

1

新成長戦略研究「多様なニーズに対応する 県産材供給体制構築に関する技術開発」

研究期間：平成29年度～平成31年度（3年間）

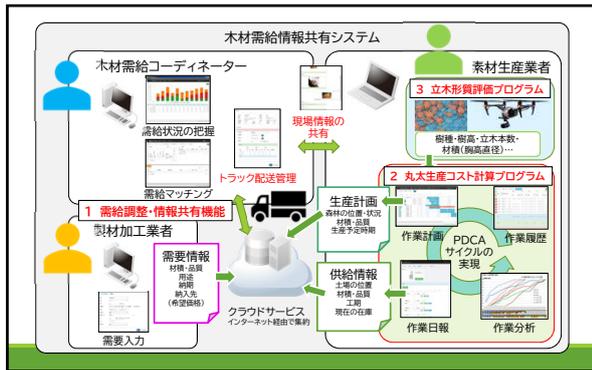
1 ICTによる丸太の供給情報の共有化

- 1-1 木材需給情報共有システムの構築
- 1-2 丸太生産コスト計算プログラムの改良

2 ドローンを活用した森林資源情報等の把握技術の開発

- 2-1 ドローンをを用いた測量による3次元モデル生成技術の開発
- 2-2 森林の3次元モデルからの立木評価技術の開発

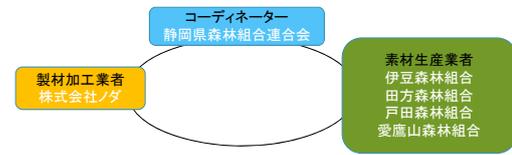
2



1-1 木材需給情報共有システムの構築

需給調整・情報共有機能

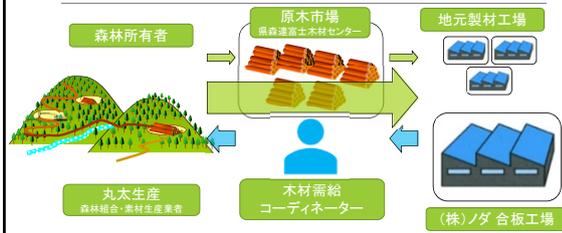
- 県内でも地域によって木材の流通構造はかなり異なる
- 伊豆地域から実証を始めている



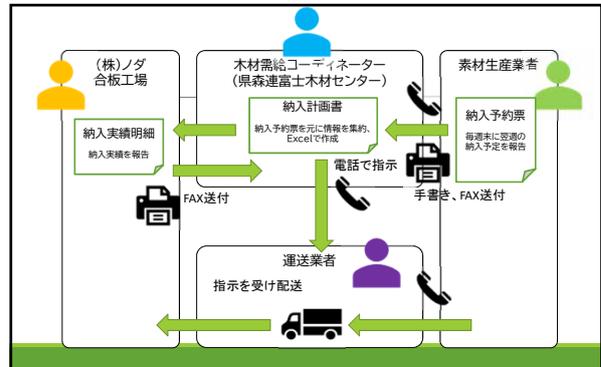
4

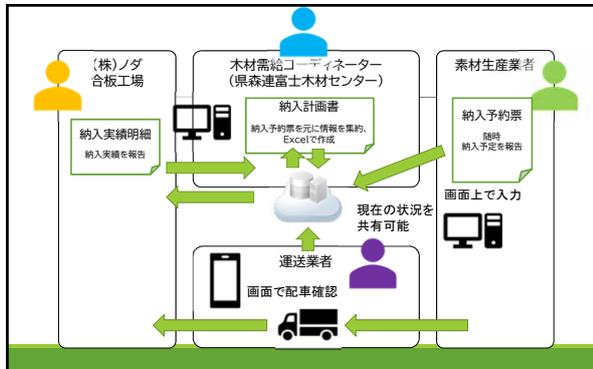
1-1 木材需給情報共有システムの構築

伊豆地域の木材流通



5





(様式－3)

調査・事例紹介

機関名 長野県林業総合センター

発表者名 高野毅

調査・事例名	機械地拵え使用機械別特徴と作業工期
内 容	再造林時の作業効率化を図る目的で、機械地拵えが行なわれることが増えてきました。このため機械地拵えの工期調査を実施したので、報告します。
発表方法	パワーポイント

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

機械地拵え使用機械別特徴と作業工程



令和元年7月3日

長野県林業総合センター
高野毅・小山泰弘・百瀬浩行・大矢信次郎

★背景

◎国庫補助金の地拵え歩掛の変更

従来：人力地拵え(約31人工/ha)

変更後：刈払地拵え(約17人工/ha)

機械地拵え(約1.6人工/ha)

枝条整理のみ(5人工/ha)

※カラマツ林では下層植生、落枝の量が多い
ため、国歩掛では採算に合わない

→若干無理してでも機械地拵えを実施

実態把握のため調査を実施

★調査地の概要

項目\調査地	佐久穂町 大石熊取C	佐久穂町 大石熊取A	佐久穂町 栃ノ木I
調査日	H29. 6. 23	H29. 9. 15	H30. 8. 23
施業者	南佐久北部 森林組合	(株)吉本	(有)カネホ 木材
林地平均傾斜	13~23°	21~26°	16~30°
調査機種 (ベースマシン)	0.45m ³ 級	0.45m ³ 級	0.25m ³ 級 0.45m ³ 級
(ヘッド)	バケット	バケット	グラブプル
施業種類	下向	下向、上向	下向、レーキ
調査区画数	3	5、3	1、4



★調査結果



★調査結果

- ・林地傾斜が25° 越えの林内に進入して地拵えを実施している場合があった。
- ・レーキを作製して地拵えを実施している事業者があった。
- ・機械地拵えは、人力地拵えに比べ、1.1～5.7倍の労働生産性であった。
- ・林地傾斜による労働生産性の差は明確ではなかった。

- ・林内に進入して地拵えをした方が労働生産性は良いが、次の地拵え箇所への移動時間により生産性が低下する可能性があった。(距離により1～4割低下した)
- ・土壌水分条件により、土壌への負荷がさらに大きくなる事例があった。



★使用機械別特徴

種類	利点	欠点		
ヘースマシン	0.25m ³ 級 (約9m幅/列)	小回りが利く	本体重量が軽い ため機体が転倒する 恐れあり	
	0.45m ³ 級 (約13m幅/列)	本体重量が重い ため比較的機体 安定	クローラが空転し た際、土壌への負 荷が大きい	
ヘッド	グラブ	林内 進入	枝条を掴み移動 させることができ る	ヘッドが重いため 旋回時に転倒の恐 れあり
		レーキ	道上から作業が できる	レーキ作成に手間 がかかる
	バケット	林内 進入	ヘッドが軽い ため旋回時にも比 較的機体安定	枝条を爪にひっか けて移動させる必 要がある

☆今後の課題

- ①安全に機械地拵えを実施するための指針の作成
- ②継続的な現場での調査による実態の把握

ご清聴ありがとうございました



(様式－3)

調査・事例紹介

機関名 富山県農林水産総合技術センター森林研究所

発表者名 関子光太郎

調査・事例名	コナラの伐木および造材作業の工期調査と出材量の推定
内 容	コナラなどの広葉樹については利用材積や伐出作業の工期に関する十分な資料がないことから、収量予測や伐出経費の見積などを実用的な精度で行えないのが実態である。そこで、コナラなどいくつかの広葉樹について利用材積や伐木および造材の作業工期について調査を行ったので報告する。
発表方法	パワーポイント

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。



コナラの伐木および造材作業の 工期調査と出材量の推定

2019/07/03

富山県農林水産総合技術センター森林研究所

関子 光太郎

はじめに



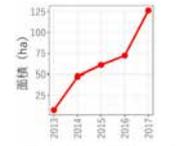
富山県にはスギ林にほぼ匹敵する464 km²のコナラ林が分布する。しかし、薪炭材需要の消滅とともに、大部分が未利用のまま放置されてきた。

近年、菌床用おが粉原木や木質バイオマス発電所向け燃材としてコナラなど広葉樹材の受け入れ量が増えている。また、**更新伐**（森林環境保全整備事業）の導入により、出材量に応じて補助金を受け取ることができる。

里山コナラ林における**更新伐**による素材生産が増加傾向にある。



富山県内のコナラ林分布



更新伐実施面積の推移

更新伐



育成復原林の造成及び育成並びに人工林の広葉樹林化の促進、**天然林の質的・構造的な改善のための適正な更新を目的**として18齢級（90年生）以下の林分で行う不用木の除去、不良木の淘汰、支障木やあばれ木等の伐採、搬出集積、巻枯らしとする。
（林野庁制定の森林環境保全整備事業実施要領より抜粋）

コナラ林更新伐の伐採量

コナラ稚樹の生育に適した環境を保持するため、保残木として伐り残す目安は、**haあたり100~200本**（相対照度50%）とする。
中島（2018）



更新伐実施林における保残木の状況

目的



コナラ林における更新伐を林業事業者が実施する場合、更新を確実にするための立木の保残と収益性を確保するための出材量をバランスさせる必要がある。

本研究では**コナラが優占する広葉樹林において伐出作業の生産性や利用材積について調査し、これらの結果もとにコナラ林での更新伐における適切な更新環境の造成と経済性とを両立しうる伐採量について検討を行った。**

調査地



宮島団地

標高 34 ~ 259 m

団地面積 84 ha

- コナラ林 43 ha
- スギ林 34 ha
- その他 7 ha



林相区分と調査プロット

生産性と収量に関する調査



宮島団地内の2箇所（0.1ha）においてコナラ林の**伐木および造材作業の生産性と収量の調査**を行った。

伐出作業

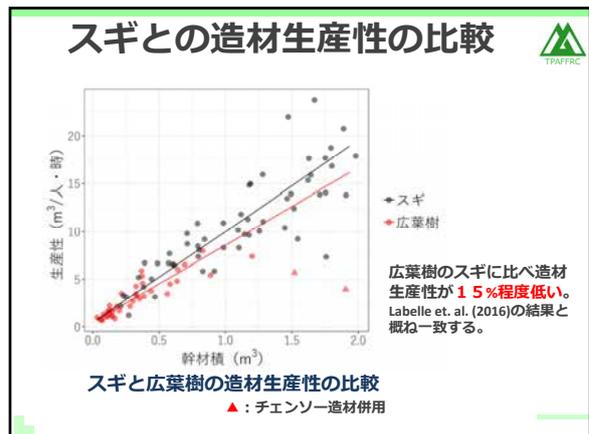
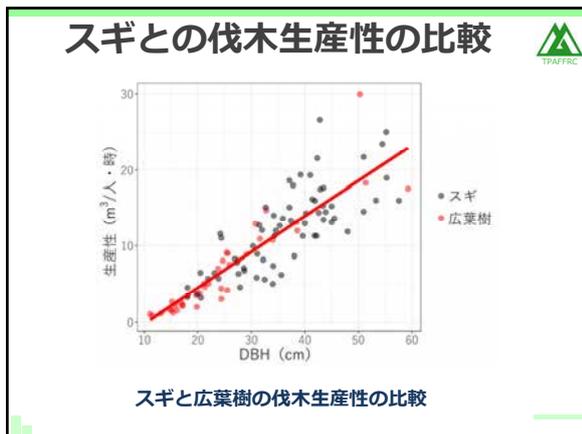
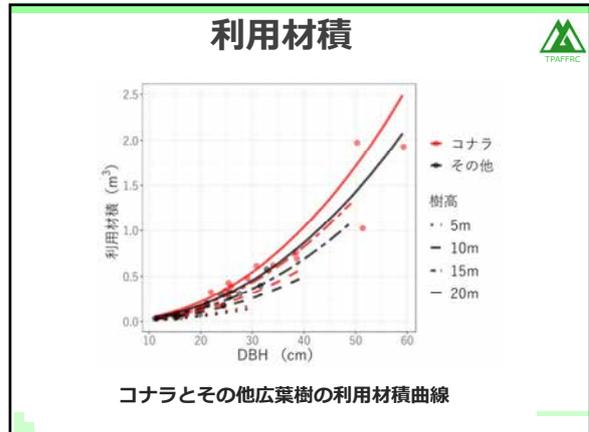
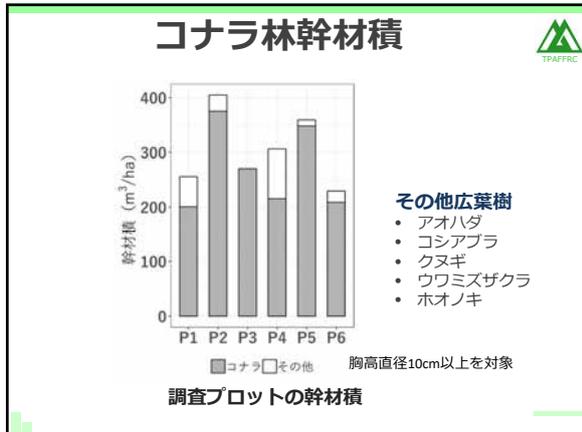
- 伐木
 - チェンソー
 - 木寄せ
 - グラブ
- 造材
 - ハーベスタ
 - 集材
 - フォワーダ

利用材積

造材した丸太について末口径、元口径および材長を測定した。スマリアン式により丸太材積を算出し、**立木ごとの利用材積を求めた。**



広葉樹の造材に使用したハーベスタ
KONRAD WOODY 50



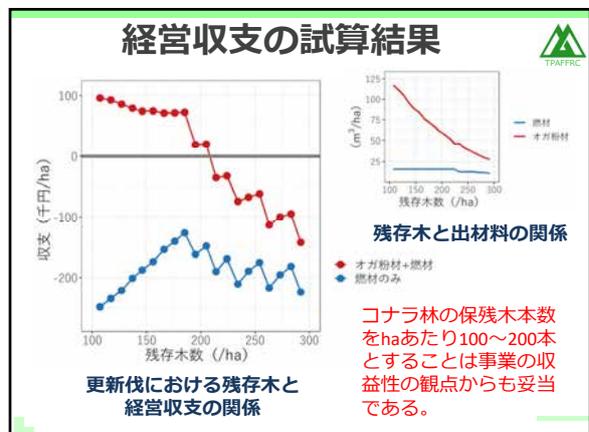
経営収支の試算

伐出経費

- ✓ 直接経費
 - 伐木・木寄せ・造材・集材
 - 作業道作設・林内刈り払い・積込み
- ✓ 間接経費
 - 木材運搬費・機械運搬費・現場監督費・付帯人件費・諸経費

収益 (木材販売 + 補助金)

- ✓ 材単価
 - オガ粉: 6,400円/m³ (コナラ、クヌギ、アハメキ)
 - 燃料: 3,800円/m³ (上記以外の広葉樹)
- ✓ 補助金
 - 平成30年度富山県造林事業補助単価表に準ずる。



(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 山梨県中北林務環境事務所

発表者名 齋藤寛

調査・事例名	造林作業の軽減を目指した普及指導業務について ～クラッシャー地拵え導入による効果～
内 容	<p>林業の担い手対策は林政における長年の大きな課題となっている。有能な人材を確保・育成していくためには労働環境を改善し、安全かつ儲かる林業を実現していく必要がある。</p> <p>下刈りは夏季に炎天下での人力作業を強いられるキツイ作業であることに加え、造林経費の約半分を占める工程との指摘があり、労力の軽減とコスト縮減の余地が残される作業である。</p> <p>近年、山林作業に対応した走行型の刈払機が市販されており、これを使用すれば下刈り作業の軽減やコストの縮減が期待できると考え、これまでに現地での試行も何度か行ったが、造林地内では前生樹の切株がそれら機械の走行を妨げることが大きな課題であることが判っていた。</p> <p>その解決案として、地拵え作業に大型の専用機械を導入し、末木枝条等の残存物のほか切り株をも破砕する「クラッシャー地拵え」が有効と考え、当事務所管内にあり、海外向けの地雷除去機を開発製造している民間企業に対し、これを改造した地拵え機の開発を提案したところ承諾が得られたことから、山梨県森林総合研究所を窓口にも、県と協力体制をとった取り組みが開始されている。</p> <p>このような取り組みに至った経緯を、事例紹介として報告する。</p>
発 表 方 法	パワーポイント、その他(資料配付)

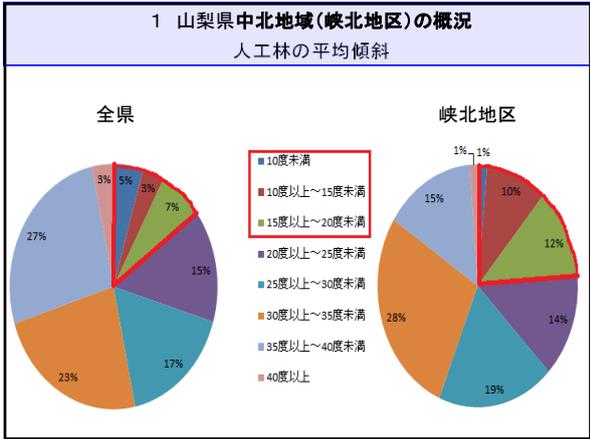
- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

造林作業の軽減を目指した普及指導業務について
～クラッシャー地拵え導入による効果～

山梨県中北林務環境事務所 林業普及指導員 齋藤 寛

1 山梨県中北地域(峡北地区)の概況

総面積	77千ha
森林面積	56千ha (森林率 73%)
県有林面積	34千ha (県有林野率 61%)
県有林以外	22千ha
人工林面積	18千ha (人工林率 32%)



2 地域の森林・林業課題
過去の経験から

自走式草刈り機 研修会開催や現地での試用(H16～H23)

棚や切株が作業を阻害

歩行型では疲労軽減効果は少ない

3 解決策の提案

国が実証しているクラッシャー地拵え



トラック・ローダー型のクラッシャー



エクスカベータ(油圧ショベル)に装着されたクラッシャー




3 解決策の提案

下刈り作業の低減が期待される自走式草刈り機



歩行追従型自走式草刈り機



林野庁が開発支援する大型機



ラジコン操作式自走式草刈り機



伐根粉碎・下刈り
『山もっどジョージ』です!!

3 解決策の提案

作業システムの整理

作業工程	作業内容と留意点等
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">クラッシャー地拵</div>	傾斜20度までを目安 末木枝桑、切林を破砕 棚は必要なし
<div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">植栽</div>	コンテナ苗使用時は地拵え時の機械挿入も検討 注意: 破砕物により効率は減 有機物の混入に要注意
<div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">下刈</div>	破砕物により初期は不要な場合あり 自走式草刈り機の活用 ※コストについてはまだ未知数

3 解決策の提案

林業事業者の反応

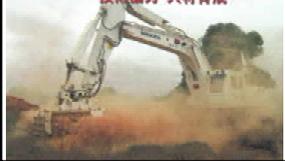
- ・しっかり刈れて、コストも下がるならOK!
- ・完璧に出来なくても進入路が開くだけでも違う
- ・リモコン式の刈り払い機でハチ刺され被害の軽減も期待
- ・新たな機械を導入する費用
- ・種類・形状により、刈り刃の損傷が大きく、コスト高?
- ・クラッシャー地拵えで補助金は?

4 クラッシャー地拵えの現地検証の実施

峡北地区での実証への取り組み(H31.2月~)



不発弾・地雷除去と復興
技術協力・人材育成





実証実施地(北社市明野町)



4 クラッシャー地拵えの現地検証の実施

平成31年3月6日






4 クラッシャー地拵えの現地検証の実施

普及への期待と効果

民有林市町村別下刈り事業実績

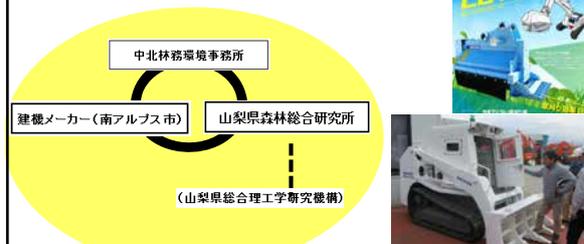
単位:ha

年度	29	28	27	26	25	計
甲府市	1280	2028	485	1139	1208	6135
甲斐市	1265	2177	034	612	425	4513
南アルプス市	900	900	900	900	900	4500
中央市	—	—	—	—	—	000
韮崎市	—	—	726	883	826	2435
北杜市	8339	13501	14040	16139	13306	65325
計	11784	18606	16185	19673	16660	62908

※毎年100～200ha うち8割が北杜市
約1/4が傾斜20度以下
約30ha/年がこの手法で可能と推定

5 今後（現在進行中）の取り組み・展開

- 1 クラッシャー地拵えアタッチメントの開発
- 2 リモコン操縦式自走式草刈り機の開発
- 3 K-システム



5 今後（現在進行中）の取り組み・展開

ICT 情報通信技術の活用(イメージ)



(様式-3)

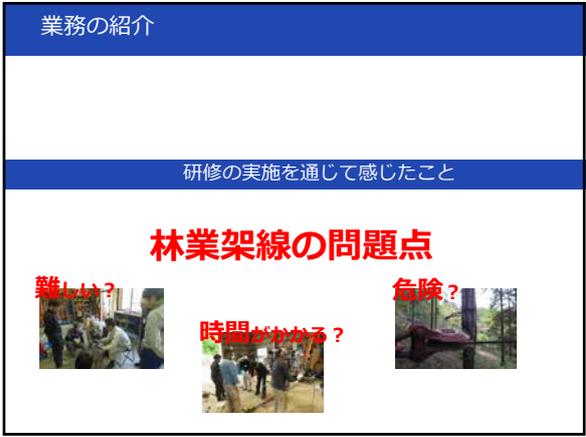
調査・事例紹介

機関名 山梨県森林総合研究所

発表者名 小峰正之

調査・事例名	チェーン式集材システムの紹介
内 容	<p>傾斜地での集材方法として、スイングヤーダ等の架線集材機械による集材が広く用いられているが、架設やワイヤーロープの取り扱いには技能が要求され、適切な運用を怠ると危険度は格段に増す。</p> <p>そこで、上記問題の解決のため、地引き集材システムとして新たに「チェーン式集材システム」が開発された。ワイヤーロープの代わりにチェーンを用いるもので、ベースマシン(油圧ショベル)のヘッドに取り付けられた作動装置とチェーンの回転により、集材を行う。作動装置は自転車におけるチェーンホイールの役割を担っており、エンドレスになったチェーンが自転車のチェーンのように回転して搬器を移動させる。ドラムやガイドブロックに張力をかける必要がなく、チェーン自体が地引きとなりワイヤーロープほど張力がかからないため、安全性は高いと言える。</p> <p>従来の集材システムにはない利点(安全性の向上、労働強度の軽減、易メンテナンス性・高耐久性等)があるとされており、山梨県内において普及(現地見学会)を検討しているところなので紹介する。</p>
発表方法	パワーポイント、その他(資料配付)

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。



業務の紹介

林業架線
難しい？

ワイヤロースプライス (ショートスプライス)

業務の紹介

林業架線
時間がかかる？

継ぎ代 550d...

ワイヤロースプライス (セミロングスプライス)

業務の紹介

林業架線
時間がかかる？

表、裏、表、裏...

ワイヤロープの巻き取り

業務の紹介

林業架線
危険がいっぱい？

内角は入っちゃダメ！

内角

業務の紹介

林業架線
危険がいっぱい？

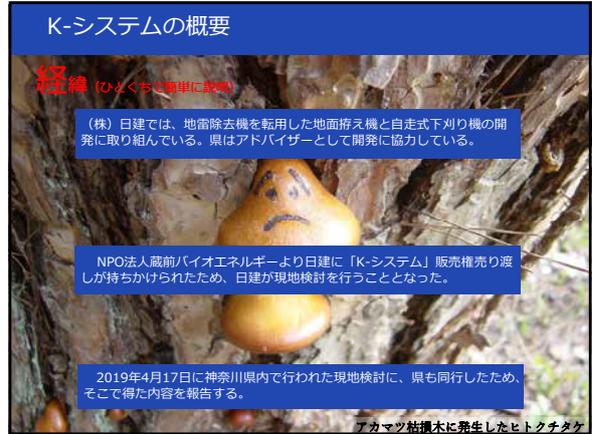
講習では内角に入らないことを徹底

業務の紹介

林業架線
危険がいっぱい？

3車とっていたが→

先柱 (ランニングスカイライン)



K-システムの概要

諸元	項目	仕様
本体	本体	4~5t (0.15m ³) 緩油圧シヨベル ※もっと小さくても可能?
	作業装置	アタッチメント方式
	総重量/全幅	4,900kg/2.0m
作業装置	集材距離	200m
	集材方法	牽引チェーンによる連続集材 (荷掛は任意位置で可能)
	牽引チェーン	特殊強力型 30m (30kg) /1本
	牽引力	低速: 2.3t (22.4kN) 高速: 1.3t (12.5kN)
性能	牽引速度	低速: 30m/分、高速: 50m/分
	ウィンチ	ワイヤーロープ: 6φ×100m
運転	適用傾斜角	最大40度
	本体側	有線または無線による操作
荷掛側	無線操作 (到達距離: 100m程度)	



考察 (利点・欠点)

諸元の比較

項目	諸元(K-システム)	諸元(スイングヤード)
本体	4~5t (0.15m ³) 総油圧シヨベル <small>※もっと小さくても可能?</small>	7~12t (0.28m ³ ~0.45m ³)
作業装置	アタッチメント方式	作業装置は独立
総重量/全幅	4,900kg/2.0m	12,500kg/2.5m (0.45m ³)
集材距離	200m	120m (φ10/φ8)
牽引力	低速: 2.3t (22.4kN) 高速: 1.3t (12.5kN)	平均径: HAL 18.2kN, HBL16.3kN
牽引速度	低速: 30m/分、高速: 50m/分	HAL 102m/分、HBL114m/分
巻取容量	制限なし	HAL 150m (φ10)、HBL 290m (φ8)
単価	チェーン 1,500円/m程度	ワイヤロープ 200~400円/m程度
重量	チェーン 1kg/m程度	ワイヤロープ 0.35kg/m程度 (φ10) ワイヤロープ 5.51t (UIS φ10)
破断強度	チェーン 4.5t程度	ワイヤロープ 5.51t (UIS φ10)
本体側	有線または無線による操作	有線または無線による操作
荷掛側	無線操作 (到達距離: 100m程度)	無線操作 (到達距離: 100m程度)

考察 (利点・欠点)

利点

- ・スイングヤード集材より安全
 - 反発力がほとんどないので、破断等が起こっても事故になりにくい。(かも)
 - ガイドブロックを低い位置で設置できるため、作業負担が少ない。
- ・小型の機械で、長い距離を集材できる
 - 巻き取り容量に制限がなく、チェーンを地引きする(チェーンの重量が機械にかかっていない)ため。
- ・フック(搬器)を任意の位置にセットできる
 - 空搬器を逆転で戻すことも可能だが、反対側に掛けて戻すと効率が良い。ワイヤロープとガイドブロックを組み合わせることでより換取りにも対応。
- ・ワイヤロープスプライス等の技能が不要
 - チェーン同士の接続が容易で、乱巻きも発生しない。(アイスプライスは出来た方がよいかも)
- ・メンテナンスが容易
 - チェーンは耐久性が高く、ワイヤロープほどメンテナンスに手間がかからない。注油が不要なので水に接する環境でも使用出来る。

考察 (利点・欠点)

欠点

- ・ベースマシンのヘッドに作業装置が付いているため汎用性が低い
 - アタッチメント化されているが、換装にはある程度時間を要する。ほぼ専用機となってしまう。
- ・集材速度(搬器の返送速度)が遅い
 - スイングヤードに比べると遅いが、実用上問題となるかは未確認。安全面ではメリットとなるかも。
- ・低い位置での地引き集材するため、木口が障害物に掛かりやすい
 - 根株等の障害物を避けるルートをとる。掛かりやすい場合はキャップを使用することが必要。
 - 部分的に木口を持ち上げる方策として、チェーン用片持ち(シグザグ)滑車の開発を進めている。
- ・専用器具、チェーンの購入が必要
 - チェーン(1500円/m程度)の購入の他に、ガイドブロックや接続器具等も購入が必要。
 - ただし、チェーンの耐久性はワイヤロープより高く、メンテナンス性も高いとされる。
- ・チェーンが重い
 - ワイヤロープが0.35kg/m(φ10)のに対し、チェーンは1kg/m程度ある。
 - 敷設時には装置のウィンチを用い、ワイヤロープにチェーンを接続して引き回す。

考察

まとめ

- ・ターゲット(顧客)は誰か?
 - 自伐林家やボランティア団体等の使用を想定して開発がスタートした。
 - 効率よりも安全性や使いやすさを優先しているが、改良により林業現場にも耐える仕様となっている。
 - ただし、作業装置及びベースマシンの価格は課題になることが予想され、自伐林家やボランティア団体等には購入が難しいと予想される。(作業装置及単体の販売は検討中)
- ・林業経営体に売れるか?
 - 林業経営体の多くは、スイングヤードを既に活用している。
 - 一方、高齢化や高離職率により林業の担い手は不足しており、林業経営体内での技能の継持が難しくなっている。
 - 安全性や作業効率について明確に示されれば、購入を検討する林業経営体はあるかも。
- ・安全性や作業効率の検証が必要
 - 機械が山梨県内(株)日建にあるので、ひとまず敷設して様子を見てみます。うまく敷設できようになったら、県内林業経営体を対象に現地見学会を開催し、意見を募りフィードバックしていきます。

おわり

明日(7/4)の現地検討会において、開発者から詳細な説明があります。

珠璣山(山梨県北杜市)
第52回全国林業考察開催地

議題(2) 提案・要望事項について

① 森林総合研究所

提案・要望項目	各都県における林道台帳及び林道施設災害査定資料の電子化の状況についての情報提供依頼
内容	各都県における林道台帳及び林道施設災害査定資料の電子化の状況や研究資料としての提供の可能性について、情報提供をお願いしたい。 電子化の状況 ① 電子化されていない(紙媒体での保管) ② 紙媒体のものをPDF化している ③ Excel等になっている
理由	森林総合研究所森林路網研究室では、林道台帳や林道施設災害査定資料を活用して、今後の林道維持管理費用の予測や減災対策につながる研究を行えないかを検討している。 そのために、林道台帳及び林道施設災害査定資料を研究資料として提供いただける都道府県を探しており、資料の電子化の状況や研究資料としての提供の可能性について情報提供いただきたい。 なお、提供いただいた資料について集計や統計的な処理を行ったうえで研究成果とするため、個別の林道路線名や林道管理者、施工業者等と言及することはない。

提案・要望項目	森林作業道実態把握調査への調査協力依頼
内容	森林作業道の実態を把握するための調査への協力を依頼したい。現在、本調査は岐阜県内で実施中であるが、協力をいただけるのであれば、他の都県においても実施したいと考えている。
理由	森林総合研究所森林路網研究室では、森林作業道の継続的な利用の実現を目的とした研究を実施している。 本調査では、利用が可能な路線は何割程度かを、開設された路線を踏査することにより明らかにする。また、調査結果をもとに、利用可・利用不可であった路線の特徴(例えば、地形的な、構造的な特徴、経過年数)の把握や継続的な利用を前提とする場合の補修費用の概算も行う予定である。 なお、調査結果を研究成果として発表する場合は、調査地域を伏せた形で公表し、路線名や管理者、施工業者について言及することはない。

② 愛知県

提案・要望項目	森林施業の機械化について
内容	① 下刈の機械化について 省力化、効率化、安全性向上等の観点から、(自立走行型)下刈機械の開発が望まれている。既往の研究成果、開発情報等があればご教示願いたい。 ② かかり木処理機械について 労働災害防止のため、新たなかかり木処理方法の開発が望まれている。機械化に関する研究成果、開発情報等があればご教示願いたい。 ③ ICTプロセッサ・ハーベスタについて 木材の需給情報と直結した、プロセッサ等での丸太生産システムについて、地域への導入に向けての情報等があればご教示願いたい。
理由	愛知県では、機械化による省力化や安全性の向上、ICTを利用した需給情報の活用による木材生産等についての要望が高まっており、この分野での研究が望まれている。

③岐阜県

提案・要望項目	壊れにくい森林作業道の整備を推進するための取り組みについて
内容	<p>森林作業の最適化を図るためには、壊れにくい森林作業道の整備が不可欠となるが、実際の現場では、森林作業道作設指針などの基準を逸脱した作設などから損壊が発生し、継続的な利用に支障をきたしている路線も多く見られる。このため、岐阜県では、今年度の計画分から、チェックリストや傾斜区分図などを用いた事前チェック制度を導入し、森林作業道の作設に適した場所であるかを着手前に確認する取り組みを開始したところである。</p> <p>他の地域では、壊れにくい森林作業道の整備を進めるためにどのような取り組みを行っているか教えていただきたい。</p>
理由	壊れにくい森林作業道の整備に寄与する、より効果的な対策を取り入れていくため、他地域の事例を参考にさせていただきたい。

④静岡県

提案・要望項目	ICTを活用した地域の林業現場の最適化に関する取組の共有
内容	ICTを活用して林業現場の最適化を行っている地域の事例を、各都道府県間で共有する。
理由	<p>林業現場にICTを導入する、いわゆる「スマート林業」の関連技術等については、現在全国各地で導入例が報告されつつある。</p> <p>現状では、技術を開発している各業者が個別に各県、各事業体に売り込みながら採用事業体を増やしていこうとしている状況であるが、各業者の説明から、事業体が適切な技術を選択していくのは、非常に困難であると考えられる。</p> <p>また、相互に連携が困難な技術が細切れに各事業体に導入されていくことで、広域的に情報を連携・活用していく利点が損なわれる危険性もある。</p> <p>民間業者間での競争も重要であるが、地域において効率的にICTが機能する環境を整備していくためには、様々な技術の特徴を把握しておき、適切なものを選択していくことが重要である。次々に新技術が登場する状況であるが、導入事例についての共有を進めておくことが必要と考える。</p>

⑤山梨県

提案・要望項目	企業との共同研究について
内容	企業との共同研究を実施するに当たり、特定企業への利益供与とならないための方策、研究対応の事例などあれば情報提供してほしい。
理由	<p>来年度予より、「チェーン式集材システム」と既存「ワイヤー式集材システム(スイングヤード)」の作業工程に関する試験を実施する予定である。</p> <p>その中で、「チェーン式集材システム」に関しては県内建機メーカーである「(株)日建」に機材提供をうけ、共同研究を行うことを想定しているが、研究検討部会での意見として「特定企業への利益供与にならないか」との指摘を受けた。</p> <p>チェーン式集材システムは山梨県内企業である(株)日建が製造販売を予定しているシステムであり、全国唯一のシステムである。</p> <p>そのシステムの特徴から今後の林業作業(集材)に安全で効率的な作業環境を提案できるものであると考えており、既存システムとの比較、性能検証を行いたいのが先の指摘を受けており、国や他県研究所ではどのような対応を取っているかじれがあれば参考としたい。</p>

第1回研究会 令和元年度（山梨県）現地検討会の様子

視察地：①山梨県北杜市内民有林クラッシャー地拵え予備試験地

②株式会社日建 山梨本社・工場



令和2年度

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

森林作業の最適化に関する研究会

令和2年8月～9月

書面開催

令和元年度関東中部林業試験研究機関連絡協議会
森林作業の最適化に関する研究会開催要領

1 日時、場所

- (会議) 8～9月、書面等による情報共有のみ
(現地検討会) 状況が著しく改善した場合に、秋以降に別途開催

2 提出資料

ご提出いただく資料は、下記様式2～3およびスライド等PDF資料(例年の様式1は不要)です。各提出期限までに事務局までご報告ください。

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| ○様式-1 参加申し込み票 | 不要 |
| ○様式-2 研究会に対する提案、要望事項 | 提出期限:7月31日(金) |
| ○様式-3 調査、事例報告に関する事項およびPDF資料 | 提出期限:7月31日(金) |

3 議題

1. 提案・要望事項について

- 山梨県：UAVを用いた森林整備事業の業務効率化について

2. 各都県の研究情報交換

- 静岡県：無人航空機により得られた森林の3次元モデルを用いた材積推定
- 富山県：地上型3DレーザースキャナーOWLを用いた品質等級別収量の推定
- 長野県：効率的な皆伐作業の設計システム構築
- 山梨県：一貫作業システム導入に向けた段階的試験 ヒノキコンテナ苗植栽試験
：試作クラッシャー地拵え機による切株処理に関する試験
- 森林総研：降雨強度に応じた林道災害頻度の解明
- 岐阜県：森林作業道計画時におけるチェックリストの作成

3. 今後の研究会の目標、取り組みについて

4.次期会長県の選出について

本年度中に現地検討会が開催できなかった場合、引き続き森林総合研究所が担当します。

5.その他

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

発表者名 佐々木 重樹

調査・事例名	無人航空機により得られた森林の3次元モデルを用いた材積推定
内 容	<p>無人航空機により撮影された写真画像を用いて、スギ・ヒノキの樹種別の材積を計測可能な技術を開発した。方法は以下のとおり。</p> <p>(1) 立木本数及び樹高は、写真画像から生成した三次元データを用いて個々の立木の樹冠を判別し、既存の地上高データと樹頂点データの標高差を樹高とした。</p> <p>(2) 写真画像及び三次元データの情報を用いて、スギ・ヒノキの樹種判別を機械学習により行った。</p> <p>(3) 胸高直径については現地で標本調査を行い、樹高・樹冠投影面積等との関係式として推定した。</p> <p>(4) 樹種・胸高直径・樹高を用いて幹材積を計算した。</p> <p>浜松市天竜区龍山町瀬尻地内の国有林にて、ドローンで計測した材積と、林内での全木調査で計測した材積を比較した。ドローン計測により検出できた本数は全木調査の73%であったが、材積については全木調査の96%となり、本数よりも差は少なかった。スギ・ヒノキの樹種判別については、88%の立木で正しく判別できた。</p>
発表方法	資料配付 A4×2ページ

・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。

・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

課 題 名：多様なニーズに対応する県産材供給体制構築に関する技術開発
無人航空機を活用した森林資源情報等の把握技術の開発
写真測量により得られた3次元モデルを用いた材積推定

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担当者名：星川健史、佐々木重樹

協力分担：天竜森林管理署

予算(期間)：県単・新成長戦略研究（2017-2019年度）

1 目的

近年、ドローンの普及と写真測量技術の進展が相まって、森林の3次元モデルを生成する試みが行われている。ドローン調査により立木密度や立木材積などを自動で計測できれば、森林資源の把握が大幅に効率化する可能性がある。森林管理署ではドローンを導入して森林管理業務の効率化を図っている。一方、森林管理署の製品（丸太）販売業務において、立木調査の省力化が課題となっている。そこで、森林・林業研究センターの開発したドローンを用いた立木調査手法により実証を行い、省力化の可能性を検討した。

2 方法

調査地は瀬尻国有林（浜松市天竜区龍山町瀬尻）880ろ林小班のヒノキ・スギ林0.65haである。まず、マルチローターの無人航空機（Phantom4 RTK、DJI社）を用いて、高度100m、ラップ率85%でプログラム飛行による空撮を行なった。撮影時の天候は晴天、飛行時間は10分だった。

撮影した画像から、Pix4D mapper（Pix4D社）を用いて3次元モデル、オルソ画像を生成した。次に、3次元モデルから、局所最大値法を応用した樹木検出アプリケーション drone2cw（名古屋大学と共同開発）を用いて樹木（樹頂点、樹冠範囲）を検出した。得られた樹頂点の高度と標高モデル（国土地理院）の差分を取ることで樹高計算を行なった。同時に、樹種のオルソ画像を深層学習 CNN（畳み込みニューラルネットワーク）により判別させた。得られた樹木情報をタブレット端末に格納し現地で胸高直径を計測した。胸高直径を目的変数に、樹高、樹種、樹冠投影面積、微地形を説明変数にとり、一般化線形モデルによる推定をおこなった。推定された胸高直径から材積式により幹材積を求めた。材積推定の精度検証のため、毎木調査を行い、調査後に皆伐を行なって販売材積を集計した。

3 結果の概要

樹木検出により360本の樹木が検出された。毎木調査では495本だったので-27%と誤差が大きかった。ドローンでは被圧木を検出できないため本数に大きな誤差が生じたと考える。毎木調査とドローン調査で樹高の分布を比べると、ドローン調査では樹高の低い個体が少なく、被圧木が検出できていない仮説を支持する（図1）。また、周囲測量図により範囲を決定したが、立木位置、周囲測量ともに位置誤差があるため、集計範囲に含まれるか含まれないかで誤差が生じる。一方で、材積はドローン調査で326m³と推定され、毎木調査341m³に対して-4%の誤差だった（表、図2）。また、利用材積を幹材積の90%（利用率）として計算するとドローン調査、毎木調査ともに、実際の販売材積に近い数字が得られ、ドローン調査の誤差は+3%だった。樹種の画像分類は、画像から確認した360本のうち317本（88%）で正しく樹種が判別できた（図3）。スギをヒノキと誤判別した例が多く、その結果、スギは毎木調査で41本に対して画像分類では32本と誤差が大きくなった。本実証試験において、ドローン調査における材積・樹種の推定精度は実用に十分な精度を持っていた。これにより、販売計画や販売額の見積に重要となる、樹種ごとの材積を推計するのにドローン調査が有効であることが示された。

表 ドローン調査と毎木調査の比較

樹種	毎木調査		ドローン	
	本数	材積 (m ³)	本数	材積 (m ³)
ヒノキ	445	287	328 (-26%)	290 (+1%)
スギ	41	47	32 (-22%)	37 (-21%)
合計	495	341	360 (-27%)	327 (-4%)

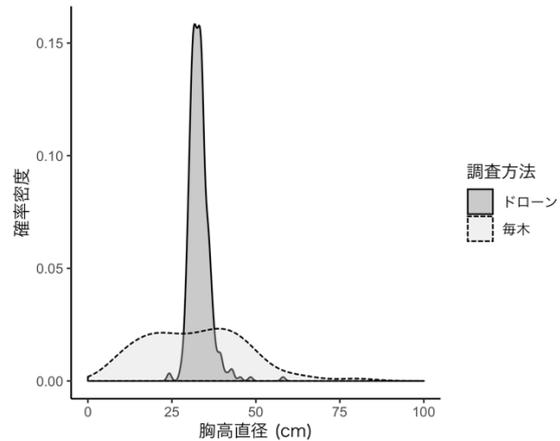


図1 毎木調査とドローン調査の樹高分布

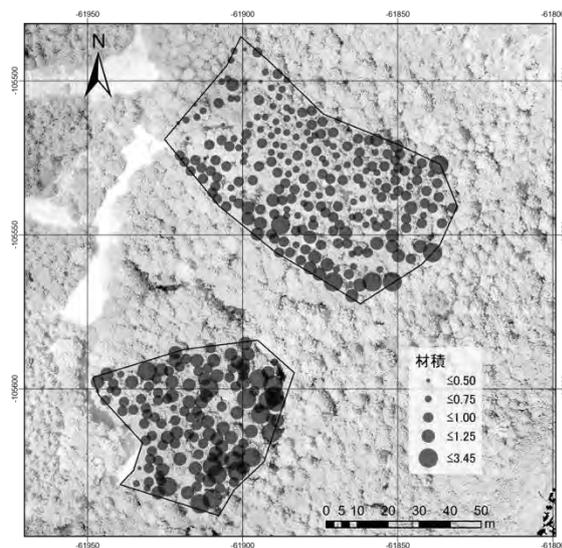


図2 材積区分による立木の表示
円の大きさは材積の大きさを表す

4 結果の要約

ドローン調査による材積推定法を開発し評価を行なったところ、幹材積の誤差が4%、利用材積の誤差は3%となった。別途開発した樹種の画像分類を併用することで、販売計画や販売額の見積りに重要となる、樹種ごとの材積を推計するのにドローン調査が有効であることが示された。
[キーワード] ドローン、写真測量、材積推定、樹種分類

5 今後の問題点と次年度以降の計画

手法としては有効性が確認できたが、より多くの現場で精度検証を進めていく必要がある。引き続き、補助事業実施地等を活用し検証を行う。

6 結果の発表、活用等

第131回日本森林学会大会で発表した(2020年3月)。民間企業1社で活用されている。

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 富山県農林水産総合技術センター森林研究所

発表者名 関子 光太郎

調査・事例名	地上型3DレーザースキャナーOWLを用いた品質等級別収量の推定
内 容	近年、森林資源調査向けの地上型3Dレーザースキャナー(TLS)が製品化され、林業現場での利用が進みつつある。TLSは樹幹の形状を精密に計測できることから、造材後の丸太の品質等級別(曲がり量別の)の収量予測が可能になると考えられる。そこで、富山県のような多雪地帯の根元曲がりの大きいスギ人工林においてTLS(アドイン研究所 OWL)による計測を行い、品質等級別の丸太収量の推定を試みたので報告したい。
発表方法	パワーポイント

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

地上型 3D レーザースキャナーOWL を用いた品質等級別収量の推定

富山県農林水産総合技術センター 森林研究所

1. 目的

施業計画の立案や立木の売り払いおよび買い取りなどを行う際には、対象となる森林の資源情報の取得が不可欠となる。また、素材生産現場においても高精度な森林資源情報を活用した作業効率や付加価値の向上が求められている。リモートセンシング技術の急速な普及にも関わらず、立木の本数、直径、樹高、材積、細り、曲がりといった森林資源の現況を正確に把握する際には、多くの時間と労力を投じ、現地調査によって計測するのが一般的である。近年、これらを短時間に精度良く計測する手法として、地上型 3D レーザースキャナー（以下地上型スキャナー）の利用が注目されている。地上型スキャナーは照射したレーザーパルスが計測対象物とセンサの間を往復する時間から距離を計測し、同時にレーザーの照射方向を計測することにより、計測対象物の 3 次元座標を取得する装置であり、立木の本数や直径だけではなく、立木の配置や地形も無数の点群データによりコンピューター上に再現することができる。そこで、本研究では地上型 3D レーザースキャナー（アドイン研究所 OWL）による森林計測の測定精度を検証するとともに、富山県のような多雪地帯の根元曲がりの大きい立木の品質等級別の丸太収量の推定を試みた。

2. 材料および方法

松倉県営林（魚津市松倉地内）の 90 年生スギ人工林内に地上型 3D レーザースキャナー（TLS）計測に関する試験地（1.29ha）を設定した（図-1）。2019 年 10 月に毎木調査を実施し、胸高直径、樹高および立木位置を計測するとともに幹の曲がりを樹幹形状級により評価した。胸高直径の計測には輪尺（1cm 括約）、樹高の計測にはレーザー測高器をそれぞれ用いた。樹高については 25 個体のみを計測し、それをもとに作成した直径との回帰式により全個体の樹高を求めた。毎木調査後、林内の雑草木を刈り払い、見通しを確保した上で、地上型 3D レーザー計測器 OWL を用い、林内の TLS 計測を実施した。計測間隔は約 10m とし、試験地外縁部を含め 144 の計測ポイントを設けた。なお、TLS 計測によって得られる点群データの解析には OWL に付属する解析ソフト OWL manager と統計解析ソフト R の点群情報解析パッケージである TreeLS を用いた。

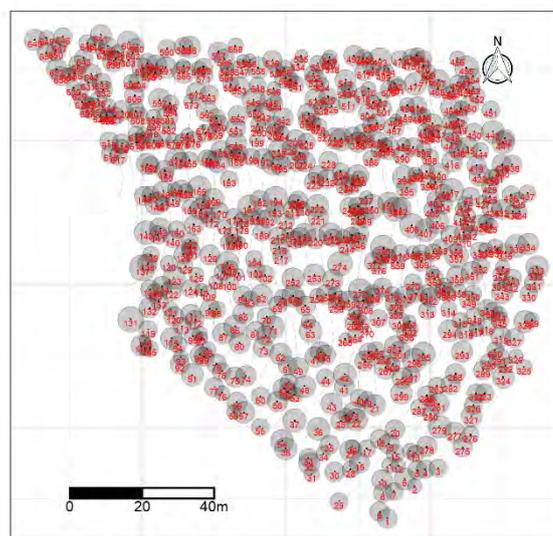


図-1 松倉試験地の立木位置図

3. 結果および考察

胸高直径について輪尺と TLS による計測値の比較を図-2 に示した。TLS と輪尺による計測値の誤差は概ね±5cm 以内であったが（RMSE : 5.3）、一部に大きく外れる点が認められた。TLS による誤差は計測点から対象となる立木までの距離に影響を受けるとされていることから、各個体から最近計測点までの距離と誤差の絶対値との関係について検討した（図-3）。全ての立木において計測点までの距離は 10m 以下となり、誤差の大きさや外れ値の発生頻度に対する距離の影響は認められなかった。

TLS 計測と従来法における胸高直径、樹高、単木幹材積の平均値ならびに林分幹材積を表-1 に示した。TLS による胸高直径の平均値は輪尺より 1cm 程度大きかった。また、TLS による樹高の平均値はレーザー測高器よりも 8m 低く、この

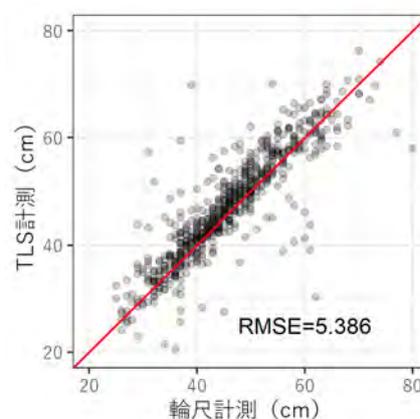


図-2 TLS と輪尺による計測値の比較

表-1 TLS 計測と従来計測法との林分統計量の比較

	平均胸高直径	平均樹高	平均幹材積	林分材積
	cm	m	m ³	m ³
TLS	47.1 ± 10.2	20.7 ± 2.1	1.6 ± 0.6	1044
従来法	46.0 ± 9.8	28.7 ± 2.0	2.1 ± 0.9	1386

影響により TLS の平均幹材積および林分材積は従来法より 2 割程度小さかった。

本調査での TLS の計測精度は、外れ値の発生も含め、既往の研究 (千葉 2017, 川北ら 2018) と同様であった。点群データから直径を推定する解析ソフトの多くは、本調査で用いた **OWL manager** を含め、計測対象となる樹幹高さ付近に分布する点群に円近似することで直径を求めている。このため、点群密度の低下や部分的な点群の欠損により誤差が大きくなることがある。また、雑草木や周辺立木によってレーザー光が遮蔽された場合や、雑草木やツル類の点群が計測対象木の幹の一部として誤認識された場合にも大きな誤差を生じるとされている。しかし、本調査では、使用されているレーザーの到達限界とされる 30m に対して、何れの個体についても十分に近い距離から計測が行われており、測定誤差に対する計測点までの距離の影響も認められなかった。また、雑草木はあらかじめ刈り払われており、計測の障害になったとは考えにくい。このため、計測対象となる立木に対し、林分内の他の立木がレーザー光を遮蔽するなどして、点群密度の低下や欠損を招いているのかもしれない。このことについては外れ値を発生した立木の点群についてさらに詳細な解析を行って明らかにする必要がある。ただし、ほとんどの個体は高い精度で直径の計測が行われており、実用上の問題は無いと考えられる。一方、樹高に関しては、閉鎖林分での樹高計測に TLS が不適であることは既知であり、さらに本調査地の立木は比較的高い樹高を有することから、OWL のレーザー光は樹頂まで到達しえない。このため樹高については従来どおり測高器により計測するか、航空レーザー計測あるいはドローン空撮画像の利用について検討すべきであろう。

点群データをもとに **OWL manager** によって算出された高さ 6m までの幹の矢高を樹幹形状級別に比較した (図-4)。樹幹形状級が 1 級から 4 級に至るにしたがって矢高の中央値は増加した。このように算出された矢高は、樹幹形状級による根元曲がりの評価によく対応しているが、4 級木であっても大部分の個体の矢高は 10cm 以下であり、全体的にかなり小さい。OWL manager は高さ 0.5m と高さ 6m の樹幹の水平断面における近似円の中心座標を直線で結び、この直線から高さ 0.5m~6m の間における 0.1m 毎の樹幹断面近似円の中心座標までの偏差の最大値を矢高としている。しかし、実際には胸高以下の点群は解析に使用されず、高さ 0.5m における近似円の中心座標は胸高 (1.2m) における近似円の中心座標と同一となっているため、矢高が総じて過小になったと考えられる。さらに、OWL manager における幹の直径は高さ 5~8m 付近までしか示されない。これは樹幹水平断面において円近似を行う高さ方向の間隔を 10cm と比較的小さく設定していることから、点群密度が低くなる樹幹上部ではその間隔内において円近似を行うのに十分な点群を確保することが困難になるため、高さ 5~8m 付近までしか幹直径が示されないと考えられる。

このように OWL manager では高さ 1.2m 以下および 5~8m 以上の樹幹の直径や曲がりに関する情報は点群データの有無にかかわらず示されない。そこで、得られた点群データから樹幹形状に関する特性値を最大限に取得できるようにするため統計解析ソフト R とそのライブラリ **TreeLS** を用いて、樹幹の直径や曲がりを取得するためのプログラムを作成した (図-5)。

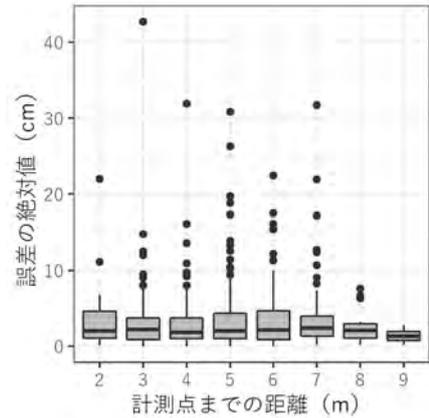


図-3 TLS における最近計測点までの距離と誤差の比較

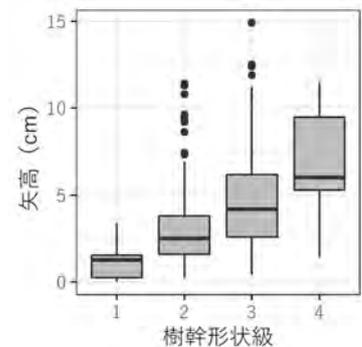


図-4 OWL manager が算出した矢高と樹幹形状級との関係

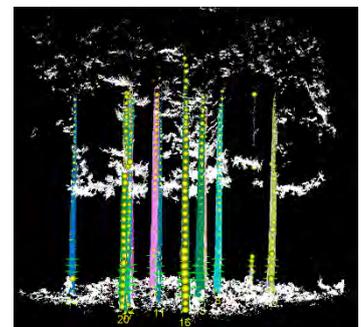


図-5 R プログラムにより示した調査林分の樹幹形状

OWL manager と R プログラムのそれぞれから算出された樹幹高さ 0.5~6m における矢高の比較を図-6 に示した。R プログラムにより算出した矢高は OWL manager の矢高に比べて総じて高く、平均すると OWL manager の矢高の 3.8 倍となった。また、OWL manager の矢高が小さい場合でも R プログラムでは高い値を示す個体が多数認められた。

R プログラムにより算出した樹幹の曲がりに関する情報を利用して松倉試験地において生産される丸太 (1 番玉: 高さ 0.3~4.3m, 2 番玉 4.3~8.3m) の品質等級別 (A 材, B 材, C 材) 材積を予測した (図-7)。1 番玉では 60%以上が C 材となり、A 材は 15%であった。一方、2 番玉では C 材 13%程度であり、A 材が 50%近くを占めた。なお 3 番玉以降 (高さ 8.3m 以上) についても予測を試みたが、高さ 12.3m 付近の幹断面を推定できた個体は 50%以下であったことから、ここには結果を示さない。

OWL manager および R プログラムの何れにおいても樹幹の水平断面を円近似した際の中心のずれを樹幹の曲がりと仮定し、矢高を算出している。しかし、実際の樹幹の水平断面形状は複雑であり、点群データから算出した曲がりや矢高が実際とどの程度適合しているかは不明である。今後、こうした点について本試験において検証していく予定である。

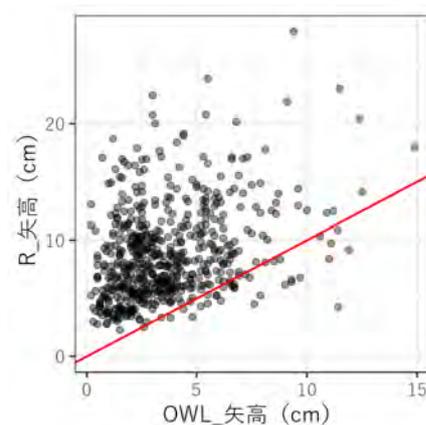


図-6 OWL manager と R プログラムから算出した矢高の比較

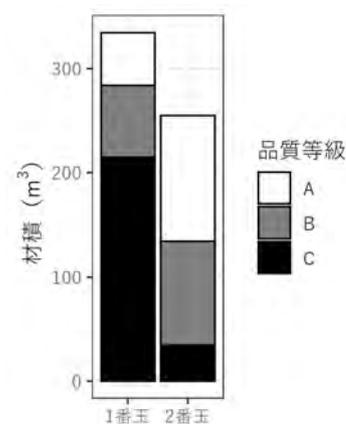


図-7 点群データから取得した樹幹形状に基づく丸太の品質等級別材積

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 長野県 林業総合センター

発表者名 市 原 満

調査・事例名	効率的な皆伐作業の設計システム構築
内 容	<p>本県が従来から採用している素材生産設計システムは、間伐作業の歩掛で調整したシステムであったことから、皆伐及び伐採から造林までの一貫作業システムには対応していなかった。</p> <p>そこで今回、皆伐及び伐採造林一貫作業を中心に功程調査を実施し、事件分析を行い、皆伐に対応した設計システムを作製した。</p>
発 表 方 法	別紙PDFのとおり

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

効率的な皆伐作業の設計システム構築

長野県林業総合センター 指導部 高野毅・小山泰弘・百瀬浩行

1 背景

県内人工林が資源として利用可能な収穫時期を迎え、皆伐再造林が進みつつあるが、県営林事業で実施している素材生産設計システムは、間伐作業の歩掛で調製した設計システム（以下「間伐設計版」という。）であるため、皆伐及び近年普及し始めている伐採から造林までの一貫作業システムには対応していなかった。このため皆伐及び伐採造林一貫作業を中心に功程調査を実施し、時間分析を行い、皆伐に対応した設計システム（以下「皆伐設計版」という。）を作製した。

2 皆伐設計版の特徴

間伐設計版は、県営林事業で搬出間伐を行うための設計システムとして、長野県林業総合センターで調査した歩掛と既存文献をもとに、県内で列状間伐による搬出が増加してきた平成 14 年頃に、林務部が中心となって作製した。このシステムでは、立木調査と現地の状況から設計条件を入力し、搬出間伐の設計書を作成することができ、現在も県営林事業で活用されている。一方、近年県内民有林でも皆伐再造林が進むに併せて、県営林でも皆伐施業の要望が出てきたことから、皆伐設計版を作製することとした。インターフェイス等は間伐設計版を活かし、間伐作業とは異なる作業を付加するとともに、以前の作業では意識されなかった項目について修正した。

2-1 皆伐作業における間伐作業と異なる点

- (1) **事前刈払い**：間伐時は間伐木周辺等必要最低限の区域が行われるが、皆伐時は後の地拵え作業や林地内に機械が進入する際のトラブルを回避するため、区域全体が行われる。特に県内に多いカラマツやアカマツは下層植生が発達しているので、その手間が大きく、必要となる。
- (2) **伐倒・集材**：皆伐は選木作業が不要であるが、伐倒順を考え、整然と伐倒しないと集材が難しくなる。効率的な集材を考えると、間伐作業以上にくさびを用いて正確な位置へ伐倒させる必要性が高くなる。
- (3) **造材**：すべての立木を伐採するため、大径木も処理する必要があり、プロセッサ造材が困難となることで手造材が増加する。

2-2 間伐設計版作製時には見られなかった作業

- (1) グラップル等の伐木機械を用いた直取りや伐倒補助作業
- (2) 伐採から造材までを一貫して行う作業に伴う機械地拵え
- (3) 複数作業の実施：集材、造材時の材の大きさや道からの距離に応じた作業方法を複数選択することで、全体としての生産性を高める。

3 皆伐設計版の作製

3-1 新たに実施した調査

皆伐設計版の作製にあたり、グラップル補助による伐倒や機械地拵えなど新たに必要となった作業種を含め、表-1 に示した工期調査を行い、研究報告第 17 号などに示された既存データとともに各作業のサイクルタイム式を算出し当該作業に要する人工数を算出することにより積算できるようにした。また、皆伐作業に伴って新たに生じた事前刈払いについては、1 か所の工期調査結果と 4 か所の日報調査の結果から所要人工を計算した。

表-1 実施した工期調査の概要 表記は「箇所数(サイクル数)」を表す

伐倒	集材	造材	小運搬	地拵え
通常	2(56) グラップル	2(161) プロセッサ	3(147) フォワーダ	1(4) グラップル
くさび使用	3(40) スイングヤダ	1(21) チェンソー	2(20)	1(1) バケット
グラップル補助	3(147) タワーヤダ	1(22)		1(4) レーキ
	自走式搬器	2(91)		
	本格架線	2(34)		

3-2 今回採用した複数作業方法の選択基準

皆伐設計版において、初めて採用した複数作業選択方法は、高性能林業機械が広く導入されていることや、県内森林が大径化している状況を踏まえ、以下の基準により選択できるようにした。

ア 集材時

道から届く範囲はグラップル等で、道から届かない場所はスイングヤダ等により集材することとした。道から届く材積は、森林内の立木が均等配置されていることを前提に、道から機械により直取りが可能な面積を算出し、面積割合をそのまま材積割合として決定した。道から一定距離内の面積は、岐阜県森林研究所及び岐阜県森林文化アカデミーが作製した「路網計画支援ツール」を用い(図-1)、民有林 18 箇所 26 区域、国有林 17 箇所 33 区域を解析した。

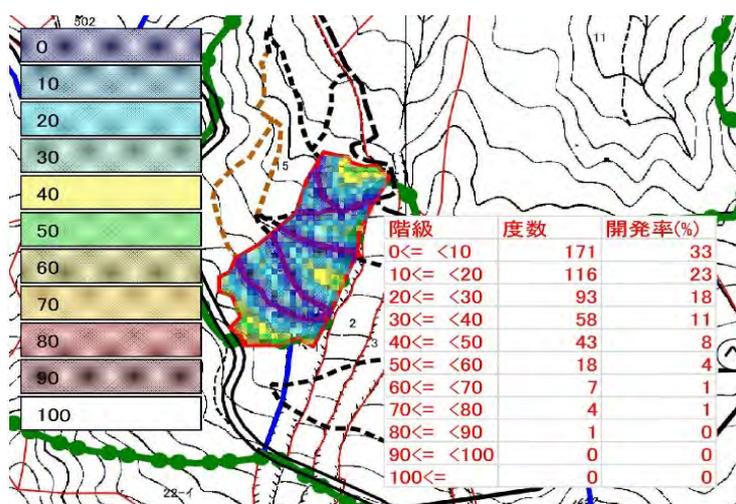


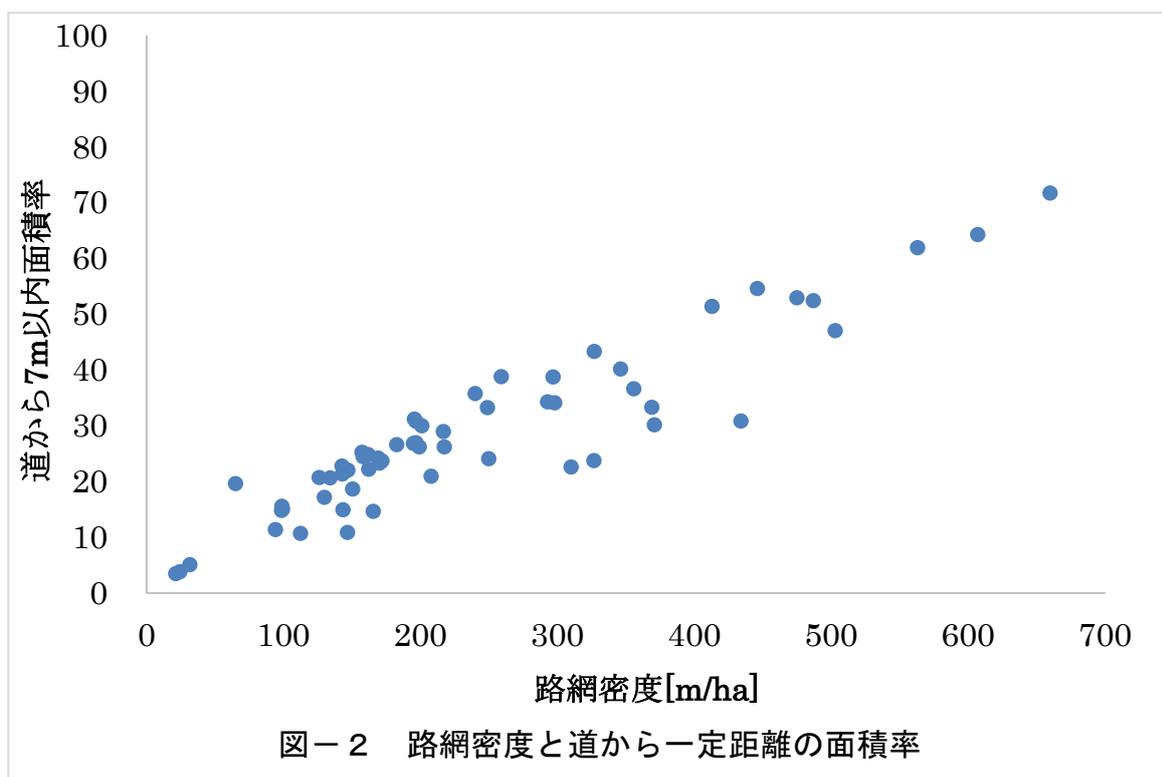
図-1 路網計画支援ツール出力結果例

イ 造材時

プロセッサで造材できる最大径と毎木又はプロット調査結果を入力すれば、機械と手造材の造材可能割合を推計できるようにした。

ウ 地拵え時

林内に機械が進入できる上限林地勾配を設定し、その勾配を越えた場合は道から届く範囲のみ機械地拵えとし、残りの場所は人力地拵え歩掛を適用することとした。ここでも「路網計画支援ツール」を用いて面積率を算出した。図一2に路網密度と道からの一定距離内の面積率との関係の一例を示す。図一2からは、路網密度が200m/haの時は道から7m以内の面積率は約27%となり、アーム長が約7mの0.45m³級のベースマシンを使った場合、全体面積の約27%が機械地拵え、約73%が人力地拵えとなることを示している。この使用機械の面積区分を皆伐システムに組み入れることにより積算に反映した。



なお、各地の皆伐現場を調査する中で、グラップルによる直取りを優先するあまり、路網密度を極端に高くする現場が散見された。高密度路網とすれば作業能率は高くなるが、林地保全上の悪影響も大きく、路網面積が多くなることで、再造林後の生産面積が減少するなど林業経営を考えるうえで好ましくない状況も予測されることから、路網等の影響で潰れ地となる面積の上限を林地全体の15%以下となるように設定した。(図一3)。

勾配別潰れ地率

車道から1m余幅あり

路網密度	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	39°
50	3%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	5%	9%
100	5%	5%	5%	6%	6%	6%	7%	9%	18%
150	7%	8%	8%	8%	9%	10%	11%	14%	28%
200	10%	10%	11%	11%	12%	13%	14%	18%	37%
250	13%	13%	13%	14%	15%	16%	18%	23%	46%
300	15%	16%	16%	17%	18%	19%	22%	27%	55%
350	17%	18%	19%	20%	21%	22%	25%	32%	64%
400	20%	21%	21%	22%	24%	26%	29%	36%	74%
450	23%	23%	24%	25%	27%	29%	33%	41%	83%
500	25%	26%	27%	28%	30%	32%	36%	46%	92%

※潰れ地面積率を15%未満に抑えるべきとして路網密度の上限を設定。

- 1) 平坦及び緩傾斜地(0~15°)は、路網密度を250m/ha
- 2) 中傾斜地(15~25°)は200m/ha
- 3) 急傾斜地(25~35°)は150m/ha
- 4) 急峻地(35°~)は50m/ha

図-3 路網密度別林地勾配と潰れ地

4 最後に（今後の課題として）

皆伐設計版は、令和元年度末に調製を完了した段階で、試験的に当センター構内を対象とした皆伐作業において、重大な齟齬があるかどうかの確認を行っただけで、現在運用している間伐作業版のバージョンアップ版として、県内現場で問題なく運用できるかどうかの実証には不十分である。長野県の県有林においても、木材需要の拡大や林齢標準化に向けた動きを進める中で、徐々に皆伐再生林を検討する事例も増えていることから皆伐を行う現場で本システムを活用しながら設計を行い、実用に耐えられるかどうかの検証を行っていく必要がある。

本システムが県有林事業で活用できるレベルに到達していれば、すでに運用されている間伐の設計積算部分とあわせた設計積算システムとして活用が可能であるとともに、森林環境譲与税の導入により、森林管理の必要性が高まる市町村等公有林への援用も検討していくことが必要になると思われる。

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 山梨県森林総合研究所

発表者名 大地純平

調査・事例名	一貫作業システム導入に向けた段階的試験 ヒノキコンテナ苗植栽試験
内 容	<p>ヒノキコンテナ苗を利用した一貫作業システムの構築には、ヒノキコンテナ苗の特徴、植栽地各地での活着条件を知る必要があるが、本県ではヒノキコンテナ苗を植栽した事例がないことから、実際にヒノキコンテナ苗を植栽し、活着条件およびその成長について調査を行った。</p> <p>試験の概要</p> <ul style="list-style-type: none">・植栽したコンテナ苗は樹高35 cm上、裸苗は経営上の比較を行うため、県内で主に植栽される樹高65 cm上のものを使用した。・コンテナ苗植栽は専用器具（ディブル、コンテナ用唐鋏、改良唐鋏）を使用し、専用器具を使用してコンテナ苗を植栽した場合、裸苗の1/3～1/2の作業時間で植栽可能。・コンテナ苗の樹高は植栽2年後で70～112cm、裸苗は107～160cm、根元直径はコンテナ苗9～17mm、裸苗14～26mmと裸苗の方が大きい。・ニホンジカによる食害率は裸苗30～36%に対し、コンテナ苗64～100%とコンテナ苗の被害が非常に大きかった。 <p>コンテナ苗植栽のメリット、デメリット</p> <ul style="list-style-type: none">・専用器具を用いることで、植栽時間を裸苗の1/2～1/3 に短縮。・春夏秋での植栽が可能で、春植えは裸苗よりも10%程度活着が良い。コンテナ苗であれば秋植えも可能。・植栽2年では裸苗の生長届かず、保育期間延長の可能性はある。・ニホンジカによる食害を非常に受けやすく、対策に労力を要する。
発表方法	パワーポイント(PDF添付)

・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。

・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

一貫作業システム導入に向けた段階的試験研究
ヒノキコンテナ苗植栽試験

研究期間:平成29~31年度(3年間)
山梨県森林総合研究所
資源利用科
大地 純平

研究目的

ヒノキコンテナ苗を実際に植栽し、

○活着条件、初期の成長特性を把握

○一貫作業でのヒノキコンテナ苗の有効性

を明らかにし、山梨県での一貫作業システム導入に向けた足がかりとする。

研究結果

- ①コンテナ苗植栽試験
 - ・コンテナ苗植栽専用鋤の改良
 - ・コンテナ苗植栽試験(北杜、都留、南部)
- ②活着率調査(1年後、2年後の活着率)
- ③生長調査(植栽2年後の生長比較)
- ④ニホンジカによる食害と対策
- ⑤コンテナ苗植栽のメリットデメリット

①コンテナ苗植栽試験

コンテナ苗植栽専用鋤の改良



- ・既製品であるコンテナ苗専用植栽鋤をベースに改良。
- ・刃幅をコンテナ苗の根鉢形状に合わせてテーパー処理。
- ・突突性、引き抜きやすさが向上し、軽量化された。
- ・刃先は「剣先型」と「凹型」を作成。作業性は「凹型」が良好。

①コンテナ苗植栽試験

コンテナ苗植栽植栽試験



- ・コンテナ苗は樹高35cm上、
裸苗は樹高65cm上を植栽
(林業経営上の比較のため、
県内で主に植栽される裸苗の仕様を採用)



- ・コンテナ苗の植栽は専用器具(ディブ
ル、専用鋤、改良専用鋤)を使用
- ・専用器具でコンテナ苗を植栽した場合、
唐鋤による裸苗植栽に比べ、作業時
間を1/2~1/3に短縮できた。

②活着率調査



北杜試験地(県有林)



都留試験地(県有林)

- ・植栽一年後コンテナ苗活着率
夏植え: 39~70%
秋植え: 60~70%
春植え: 70~86%
(春植えコンテナ苗の活着率は
裸苗と比べ10%程度高い傾向)
- ・植栽二年後のコンテナ苗活着率
夏植え: 52~64%
秋植え: 55~78%
春植え: 57~83%
} 全時期で
植栽は可能
- ・裸苗秋植え活着率
北杜、南部試験地: 全枯死
都留試験地: 10%

③ 生長調査



南部試験地(民有地)



下草刈り後コンテナ苗(植栽1年)

植栽2年後の生長比較

- ・コンテナ苗の樹高生長
コンテナ苗樹高：70～112 cm
裸苗樹高：107～160 cm
- ・根元直径の生長比較
コンテナ苗根元直径：9～17 mm
裸苗根元直径：14～26 mm
(数値は平均値)



植栽2年ではコンテナ苗の生長が裸苗に追いつかない。

④ ニホンジカによる食害と対策



食害を受けたコンテナ苗



倒木による防鹿柵損壊

- ・ニホンジカ食害率
コンテナ苗：64～100%
裸苗：30～36%



ニホンジカはコンテナ苗を選択採食。
・植栽二年目以降の裸苗は、角研ぎによる樹皮剥皮被害が発生。

・防鹿柵の通年管理、倒木を考慮した柵配置、個体数調整など、被害対策を徹底しなければ壊滅的被害を受ける。

⑤ コンテナ苗植栽のメリットデメリット

- ・専用器具を用いることで、**植栽時間を裸苗の1/2～1/3に短縮できる。**
- ・春夏秋での植栽が可能で、**コンテナ苗であれば難しい秋植えも可能。**
- ・植栽2年では裸苗の生長に追いつけず、**保育期間延長の可能性**がある。
- ・ニホンジカによる食害を非常に受けやすく、**防鹿柵の徹底した管理など、対策に労力を要する。**

今後の課題

- ・生長良好なコンテナ苗植栽木の**継続的生長調査**
- ・ニホンジカがコンテナ苗を**選択的に採食する要因に関する調査**
- ・ヒノキコンテナ苗植栽を前提とした**ニホンジカ等食害対策**

試作クラッシャー地拵え機による切株処理に関する試験

<目的>

株式会社日建「林業の成長産業化に対応した地拵え用アタッチメントの開発」が令和1年度やまなしイノベーション創出事業費補助金（研究開発）として採択され、「クラッシャー地拵え機試作一号」が完成した。

試作されたクラッシャー地拵え機を用いて、実際の伐採跡地に残置されている切株、枝条を粉碎処理し、その功程調査を行って作業効率を明確にするためのデータ収集を行う。

<試験概要>

試験地：北杜市大泉町石堂地内（(有)天女山実施の伐採跡地）

傾斜は0~5°で、局所的には10°の箇所も見られるが全体的にはほぼ平坦な地形。面積3200㎡（エリア内枝条集積地は除く）

本試験日：令和2年7月2日~3日（予備日7月10日）

使用ベース機械：日立建機

型番 ZAXIS135USX（バケット容量.45~.59㎡）

処理対象切株数：281株

<調査方法>

本試験では、下記の方法、項目について調査を行った。

1 切株の計測（各個）

- ・ UAV を用いて試験地を事前に撮影しオルソ画像を作成。撮影した画像、コンパス測量により切株位置を確認し、ナンバリングを行う。
- ・ 伐採面直径（長短2方向）、地際直径（長短2方向）、切株高さ
- ・ 根板の広がり
- ・ デジタルカメラにより切株直上部から撮影



伐根の計測

2 クラッシャー地拵え試験

- ・ 作業状況のビデオ撮影による作業工程記録
ビデオカメラによる切株処理状況
アクションカメラによる地拵え機オペレータ目線での映像記録
- ・ ビデオ撮影と並行したストップウォッチによる計測
- ・ GPS ロガーによる移動軌跡の記録



クラッシャー地拵え機（ヘッド）



作業中のヘッド状態確認



切株のクラッシャー処理



グラップルによる障害物の除去

3 クラッシャー処理後の調査

- ・ UAV によるクラッシャー地拵え後の試験地の撮影、比較
- ・ クラッシャー処理後の切り株の状況確認



クラッシャー処理後の切株の状況

<結果>

詳細な結果については現在データ解析中であるため、概要を報告する。

試験エリア内の対象総株数: 281 のうち、実際に破砕した切株は 7 月 2 日 211 株、7 月 2 日 4 株（デモンストレーション）の合計 215 株であった（残りの切株については試作 2 号機完成後の試験で処理予定）。

クラッシャー処理した 215 株のうち、データが正確に取得できたものは 210 株であり、その内訳はアカマツ 16 株、カラマツ 90 株、ヒノキ 48 株、その他広葉樹 56 株であった。

下記の表に樹種別の計測結果の概要をまとめる。カラマツ、広葉樹はアカマツ、ヒノキに比べ、同直径のものでもクラッシャー処理に時間が掛った印象がある。

表 樹種別計測結果の概要

	切り口直径	地際直径	高さ	切削時間
アカマツ	18～57 cm	24～68 cm	10～19	6～64 秒
カラマツ	16～69 cm	20～92 cm	8～37 cm	2～130 秒
ヒノキ	13～41 cm	17～54 cm	9～29 cm	1～32 秒
広葉樹	11～68 cm	14～102 cm	6～52 cm	2～120 秒

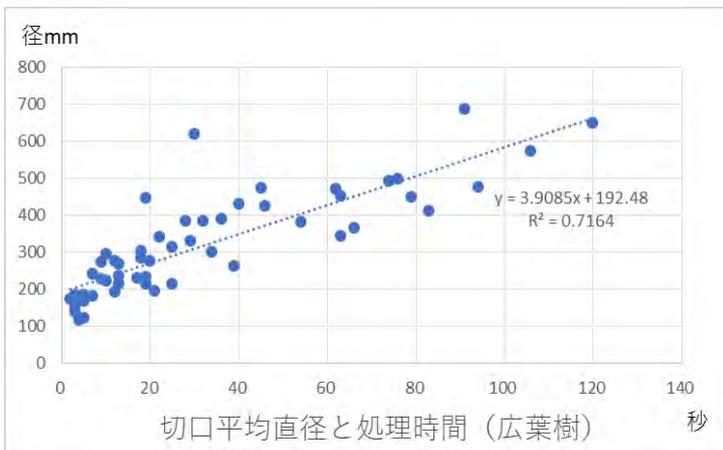
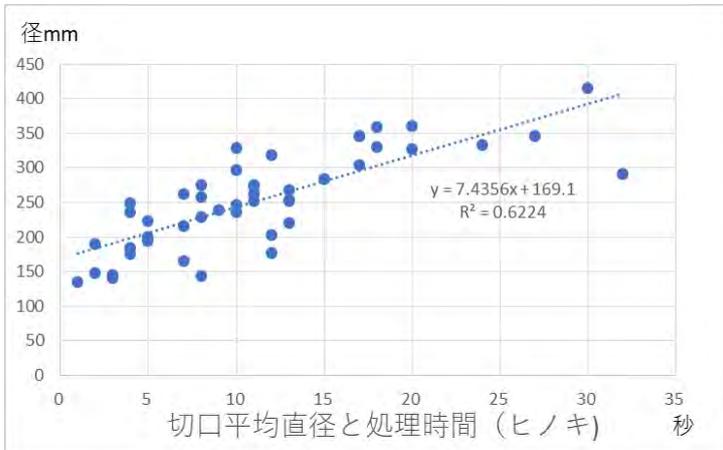
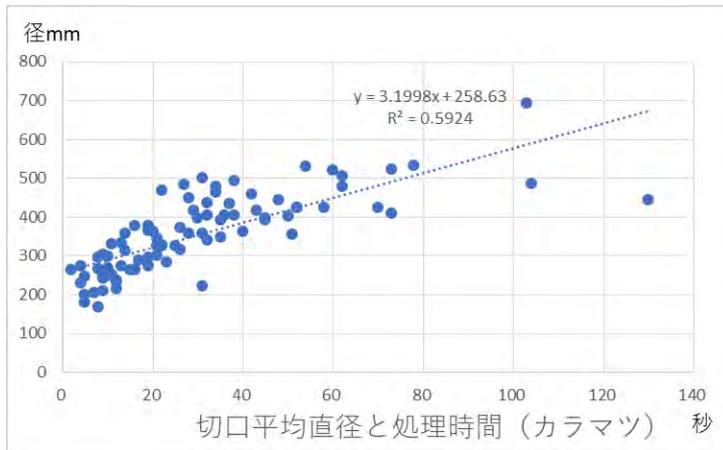
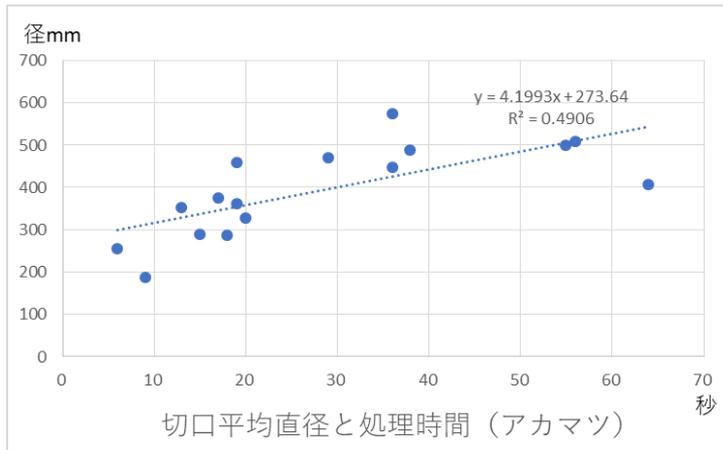
クラッシャー処理に掛る時間は、切株直径（切り口、地際直径）、高さ、体積、樹種（硬さ）に影響を受けるものと考えられるが、平刃を多数備えたロータリーを切株に押し当てて切削を行うことから、切株の直径にまずは強い影響を受けるものと考えられる。実際に切株の切り口直径と処理時間を比較したところ切り口直径が大きいほどクラッシャー処理に時間がかかる傾向にあった。

今後、他要素についても検討し、より効率的な刃の並び、トルク、回転数などについて検討を行っていく。

<今後の試験>

クラッシャー地拵え試作 1 号機は切株処理に関しては非常に高い性能を持っているが、枝条処理については、啞え込みによるロータリーの停止、材の吹き飛ばしなどによる切削不良が確認されており、この改善に取り組んでいる。

これまでの運用試験でえられた不具合部分を修正した試作 2 号機が年内に完成する予定であるため、これを受けて再度クラッシャー処理試験を実施する予定である。



(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 宗岡寛子

調査・事例名	降雨強度に応じた林道災害頻度の解明
内 容	<p>2019年度の関東中部林業試験研究機関連絡協議会において、林道施設災害査定資料等を研究データとしてご提供いただけないかという提案・要望事項を出させていただきました。これに対して富山県農林水産総合技術センター森林研究所、長野県林業総合センターのご協力をいただき、林道災害データ、および林道路線基本情報をご提供いただきました。</p> <p>このうち富山県の資料について、気象庁が提供する解析雨量データ（1km四方のメッシュ単位の時間雨量データ）と重ね合わせて分析することで、降雨強度に応じた林道災害頻度（林道1kmあたりに発生する被災箇所数）を求めましたので報告いたします。</p> <p>林道災害頻度は降雨強度に応じて大きく変化することが明らかになり、近年頻発している高強度の降雨のリスクを定量的に表現することができました。この結果は、気候変動等の影響で豪雨頻度が増加した場合に林道災害がどの程度増加するのか予測するための基礎データになると考えています。</p> <p>今回資料をご提供いただいた両機関にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。今回は富山県の資料を分析させていただきましたが、地域によってどの程度結果が異なってくるのか解明するため、より多くの地域の資料について分析させていただければと考えています。</p>
発表方法	PDF資料

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

降雨強度に応じた林道災害頻度の解明

国立研究開発法人森林研究・整備機構
森林総合研究所 林業工学研究領域
宗岡寛子



降雨強度に応じた林道災害リスクの解明

本研究の目的

ある強度の降雨イベントの発生下で
林道1kmあたりに何箇所かの被害が発生するのか？を解明する。

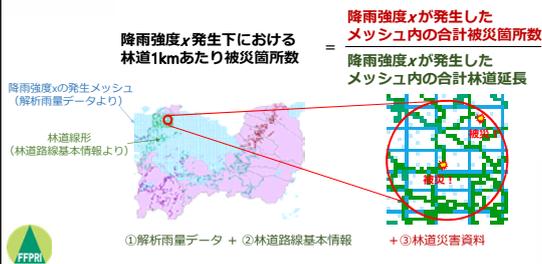
なぜ？

- 毎年の林道災害件数は、その年の降雨条件や、降雨発生エリアの林道延長に大きく影響される。
- そのため、気候変動による豪雨頻度の増加や、林道延長の変化を想定した将来の林道災害件数を、過去の年間件数から予測することは困難。
- それを可能にするには、単位延長あたりの被災頻度を降雨強度別に知る必要がある。



方法

- ①解析雨量データ、②富山県の林道路線基本情報、③同県の過去20年間の林道災害資料 をもとに下記を求めた。



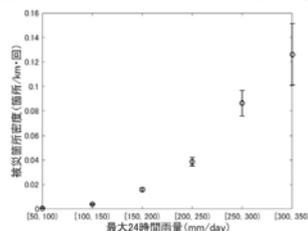
方法 (補足: 解析雨量データ)

- 気象庁が作成。1kmメッシュ (2006年以降) で時間雨量を収録
- 気象レーダー及び全国の雨量計のデータを組み合わせて解析したもの。



結果

林道1kmあたり被災箇所数は、降雨強度に応じて大きく変化。
最大24時間雨量100~150mmの降雨イベント発生下: 10^{-3} 箇所/km程度
最大24時間雨量300~350mmの降雨イベント発生下: 10^{-1} 箇所/km程度



まとめ

- 林道1kmあたり被災箇所数は、降雨強度に応じて大きく変化し、最大24時間雨量100~150mmでは 10^{-3} 箇所/km (1000kmに数箇所) 最大24時間雨量300~350mmでは 10^{-1} 箇所/km (10kmに数箇所) という頻度となり、高強度の降雨イベントのリスクを定量的に表現することができた。
- 気候変動によって、林道災害を高頻度で引き起こす高強度の降雨イベントが増加すれば、災害件数の大幅増が懸念される。

今後の課題

- 異なる地域のデータでも同様の分析を行い、結果にどの程度地域性があるのか明らかにする。
- 今回の結果と、気象学の分野で示されている豪雨頻度の将来予測を用い、将来の林道災害件数を予測する。



謝辞

2019年度の関東中部林業試験研究機関連絡協議会において、林道災害データ、林道基本情報の研究資料としての貸与について提案・要望事項として挙げさせていただきました。

その結果、富山県農林水産総合技術センター森林研究所と共同研究をさせていただくこととなり、今回の研究を行うことができました。また、長野県林業総合センターからも災害資料のご提供をいただきました。

この場をお借りして厚く御礼申し上げます。



(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 岐阜県森林研究所

発表者名 和多田友宏・臼田寿生

調査・事例名	森林作業道計画時におけるチェックリストの作成
内 容	<p>森林作業の最適化を図るためには、壊れにくい森林作業道の整備が不可欠となるが、実際の現場では、崩壊危険地に作設した路線などで損壊が発生し、継続的な利用に支障をきたしている事例も少なくない。このため、岐阜県では、当所と行政の作業道担当が連携し、路線計画時にチェックリストや傾斜区分図などを用いて、森林作業道の作設に適した場所であるか、さらには構造物の設置の必要性などについて、着手前に確認する取り組みを開始した。</p> <p>この取り組みにおいて、当所は、チェックリストの内容に対する助言と解説資料の作成を行った。</p>
発表方法	その他(資料配付 A4×13枚)

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

土石流の特徴

1. ①崩壊から土石流になるもの
②沢の不安定堆積物が土石流になるものがある
2. 土石流は勾配15度以上で発生し、
勾配8°で土砂の堆積が始まり（土石流にブレーキがかかる）
勾配2°で停止する
3. 土砂は最大2 km程度流下する
4. 中腹以上で路網が損壊すると土石流化しやすい
5. 土石流は、時速200km/h r 程度で流下し、
巨礫が先頭に集中する性質があるため、破壊力が大きい
6. 過去に土石流の出た沢では、沢出口に小型の扇状地を形成
7. 山間部では平野が少なく、沢の出口の扇状地に集落が発達するため、土石流が起こると死者が出やすい

作業道整備におけるリスク管理【リスクの特定】

【被害の発生確率を高める要因】

■ 斜面崩壊

- ・ 斜面勾配が急（30度以上）
- ・ 崩壊危険地（地質が風化した水の通り道）
- ・ 保全対象（民家、道路等）に近接 など

■ 濁水流出

- ・ 常水がある河川に近接
- ・ 保全対象（取水施設、養魚場等）に近接 など

上記のような場所を

「避ける」または「対策を講じて通過」⇒**リスク低減**

※対策を講じる場合には費用対効果の検討が必要

土砂・濁水の流出による影響は？

土砂・濁水が流出すると…

人、他者の財産、取水施設
養魚場、漁場、水生生物

などに被害を与える可能性がある

傾斜区分図とは

傾斜区分図は、任意の傾斜区分ごとに色分けした地図。傾斜角度が色により「見える化」されているため、自分の知りたい場所のおおよその傾斜を素早く確認することができる。

図1は傾斜区分図上に路網の崩壊箇所をプロットしたものの。崩壊箇所の多くは、30度以上の急傾斜地であることがわかる。さらに傾斜区分の境界に着目すると、上部の斜面よりも下部の斜面の傾斜が急な箇所の境界線である「遷急線（せんきゅうせん）」の下方で多くの崩壊が発生していることがわかる。遷急線は侵食前線とも呼ばれ、次の豪雨で崩壊が発生しやすい場所。このため、遷急線に近い場所で路網を開設することは基本的に避けた方が賢明。

また、遷急線とは逆に、上部の斜面よりも下部の斜面の傾斜が緩い箇所の境界線である「遷緩線（せんかんせん）」付近では湧水の発生が多くみられることから、路網を開設するには湧水処理が必要となりますので注意が必要。

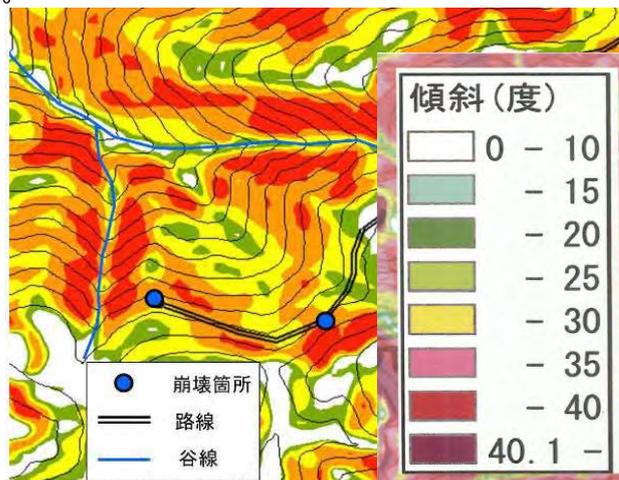


図1.傾斜区分図上にプロットした路網における崩壊発生箇所

CS立体図とは

CS立体図は、谷（凹）地形を青色、尾根（凸）地形を赤色で、さらに、傾斜角度に応じて、緩斜面を淡い色、急斜面を濃い色で塗り分け、直感的に地形を読み取りやすくした地図で、等高線の地形図よりも凹凸が直感的にわかるため、地すべり地形や断層などの危険地形が読み取りやすいことが特徴。

また、CS立体図上で青色と赤色が交互に集中している色の濃い場所は、地表面の侵食が進み、崩壊しやすい「侵食域」であり、このような場所も路網開設を避けた方が賢明（図2）。

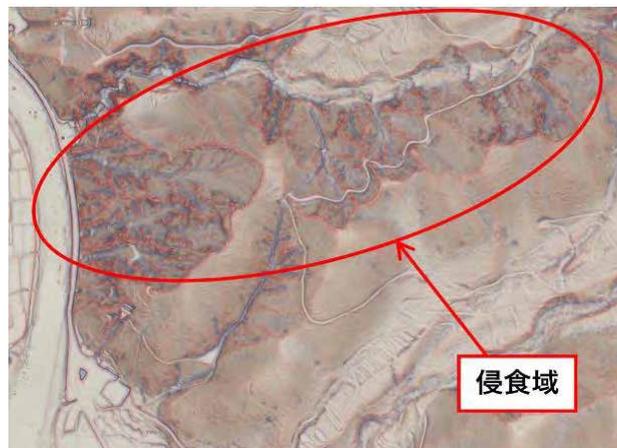


図2.CS立体図上の侵食域

留意事項など

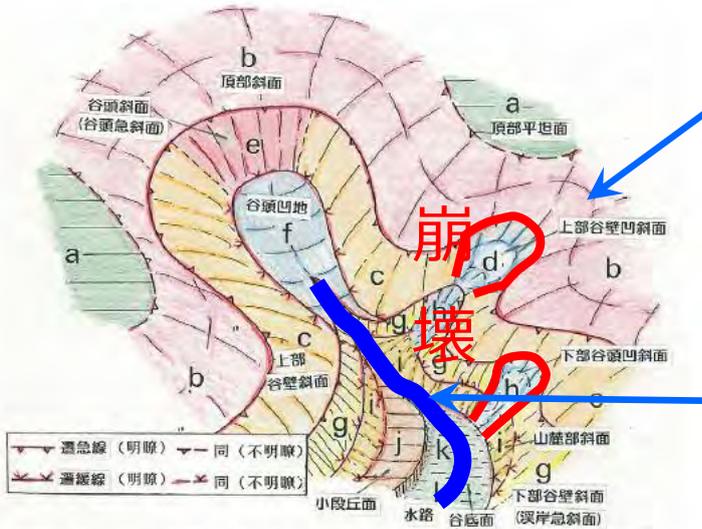
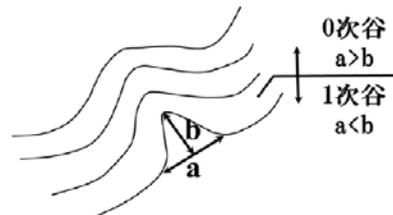
「傾斜区分図」や「CS立体図」は、図上に現地の地形をわかりやすく表現したものであるが、最終的には、現地調査等で得た様々な情報を踏まえて総合的に判断する必要があることに留意する。なお、両図ともに、↓G空間情報センター 岐阜県森林研究所のページ から入手可能。

<https://www.geospatial.jp/cfkan/organization/gifupref-forestrd>

0次谷とは

1次谷の上流に位置する谷頭部の集水地形

- ・過去の崩壊地
 - ・湧水点（土層が湿潤）
 - ・遷急線（侵食前）
 - ・崩積土の堆積
- が集中しており崩れやすい。



0次谷



1次谷

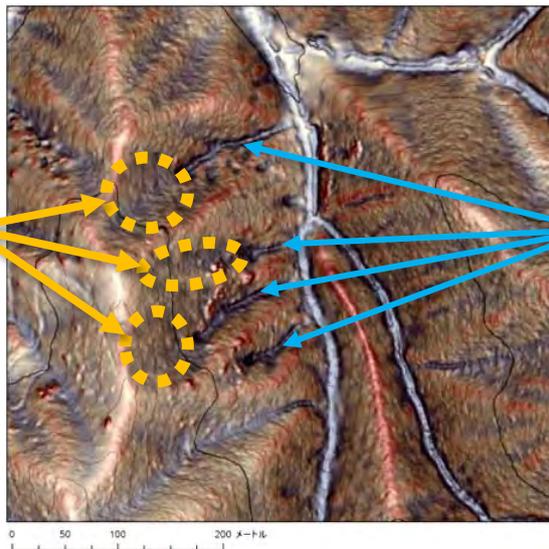
図-1 谷頭付近における微地形単位の配列傾向²⁾

田村俊和 (1996) : 微地形分類と地形発達 - 谷頭部斜面を中心に -, 水文地形学, 古今書院, p.177-188

CS立体図による0次谷の判読

これから侵食される凹地形 (0次谷)

次の大雨で崩壊するかもしれない



水により侵食された沢 (1次谷)

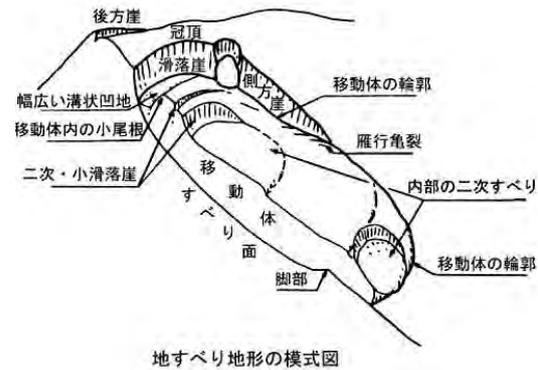
【判読のポイント】

- ☑ 凸地形に囲まれた幅広の緩やかな凹地 (薄い青色)
- ☑ 凹地の中に明瞭な流路がない (線状の濃い青色がない)
- ☑ 下流側に湧水点がある (円形の濃い青色)
- ☑ 下流側に常水のある谷 (1次谷) がある (線状の濃い青色)

地すべり地形とは

地すべりは多くの場合、滑落崖と移動体からなる地すべり地形と呼ばれる特有の地形を作る。

また、初生地すべりから、長い間安定して谷の侵食などによって移動体や滑落崖が開析を受けた地すべり地まで、発達段階でさまざまな地すべり地形が現れる。

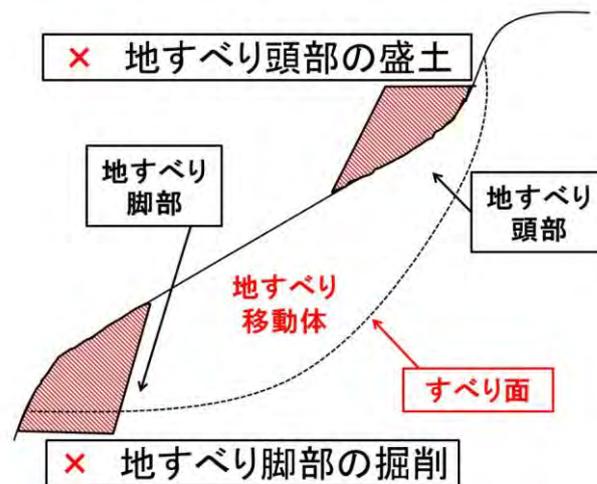


地すべり地形の模式図

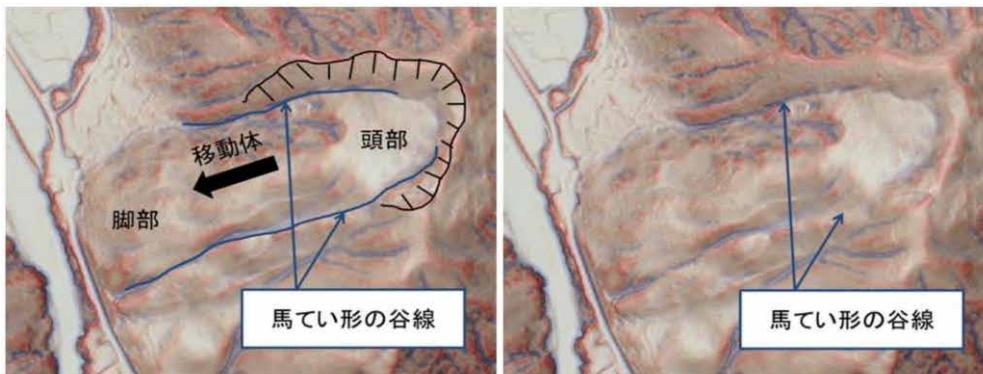
「地すべり地形とは？」（防災科学技術研究所）

地すべり地形でやってはいけない施業

立木に大きな変異は見られず近年動きはなく安定した地すべり地形であっても、脚部を掘削したり、頭部に土を盛ったりすると再びすべり出し、大きな崩壊につながる可能性がある。



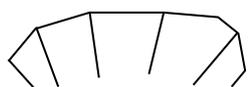
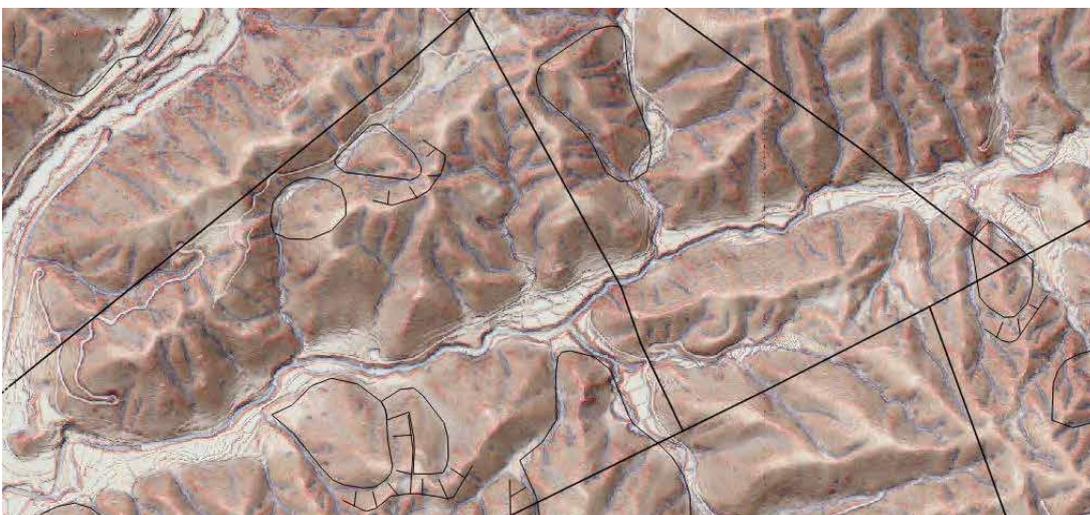
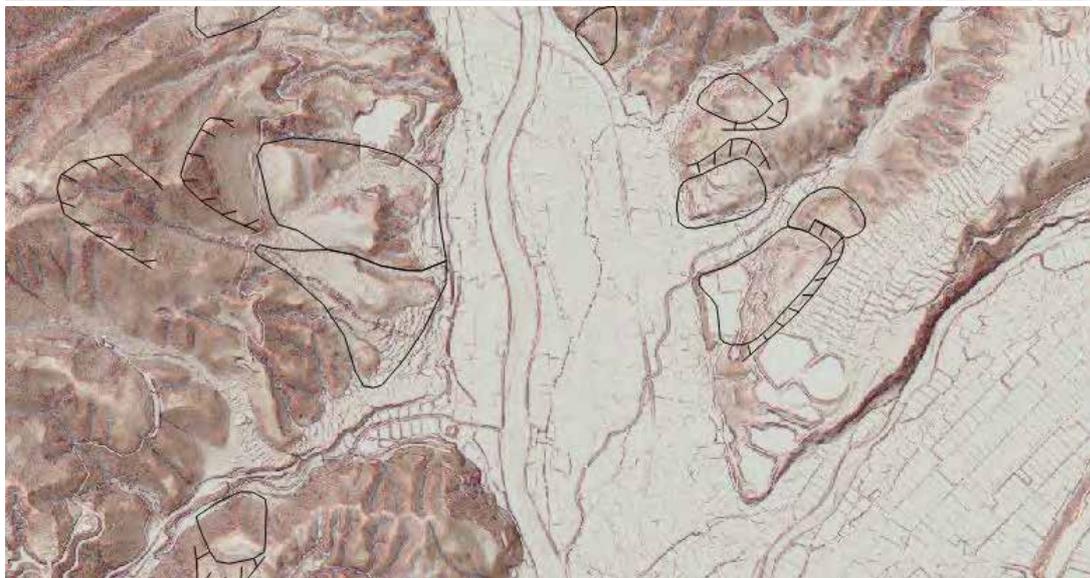
CS立体図による「地すべり地形」の判読



【判読のポイント】

- ☑ 馬てい形状の凹地（青色）
- ☑ 山腹の円弧状の急崖（暗褐色）
- ☑ 山腹の平坦地（薄い青～白色）（沼・池・棚田がある場合も）
- ※ インターネット上の「地すべり地形分布図」（防災科学技術研究所）などでも位置を把握することもできる

CS立体図による「地すべり地形」の判読(判読例追補)



滑落崖



移動体

地すべり地形分布図（防災科学技術研究所）による

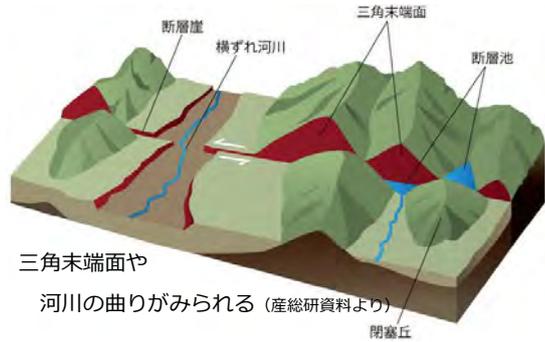
断層とは

断層 = 応力を受けて岩盤が破断した場所

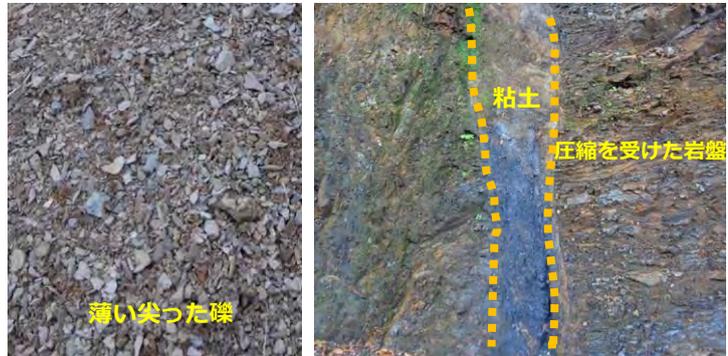
断層運動で、地層や岩石が粉々に砕かれた部分が一定の幅をもち、一定の方向に延びている場合、その部分を「破砕帯」という。破砕帯は、幅数cm の場合から数百m の場合までである。

大規模な断層には大規模な破砕帯を伴う場合が多く、何々断層といわず何々破砕帯ということもある。また、破砕帯の岩石は強度が低いため、切土時にのり面の崩落が発生しやすい。

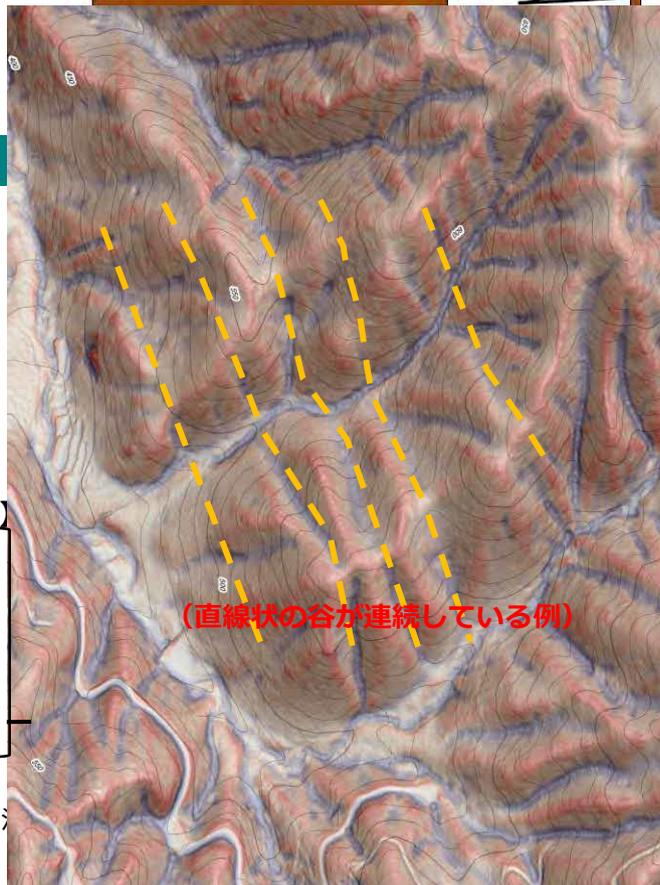
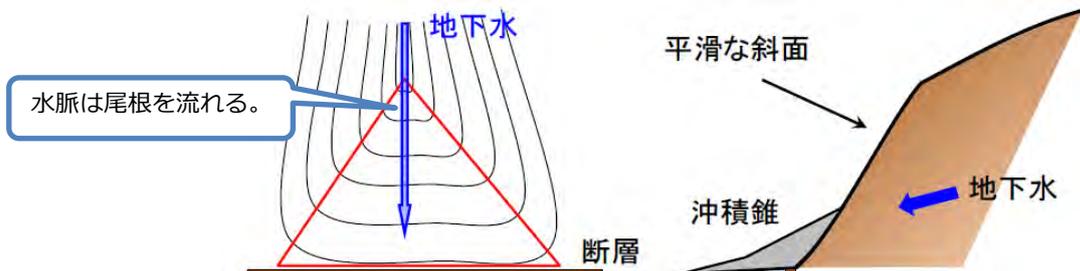
○断層の特徴



○断層で見られる礫や粘土



○三角末端面は水の出口あるため崩れやすい



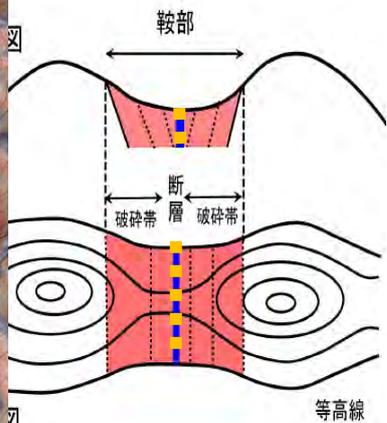
断層に近いほど地盤が破砕・粘土化

判読

【判読のポイント】

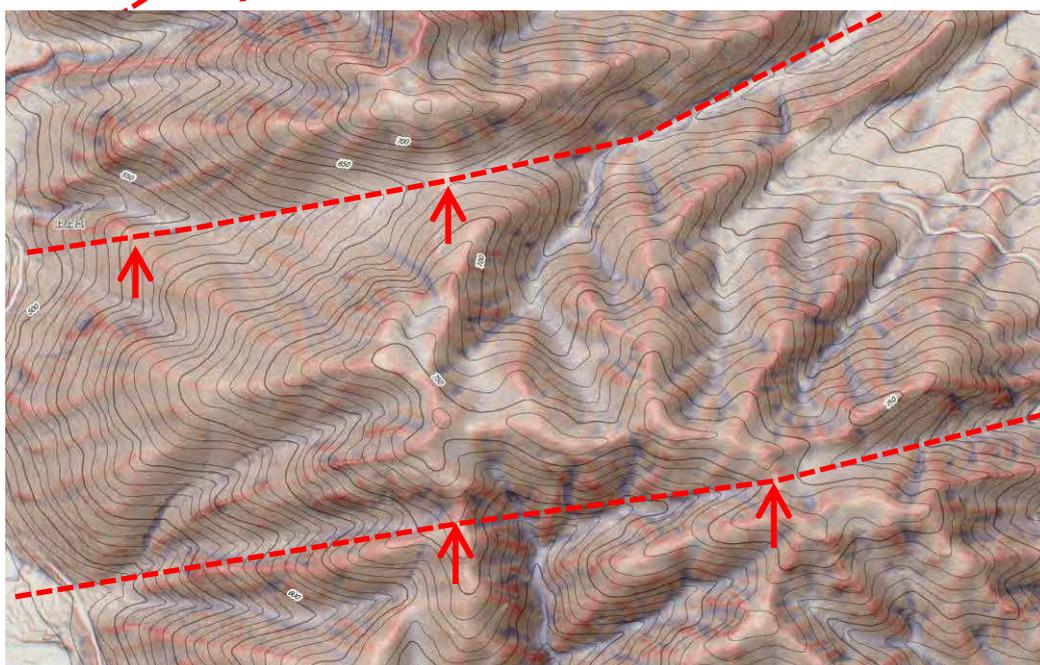
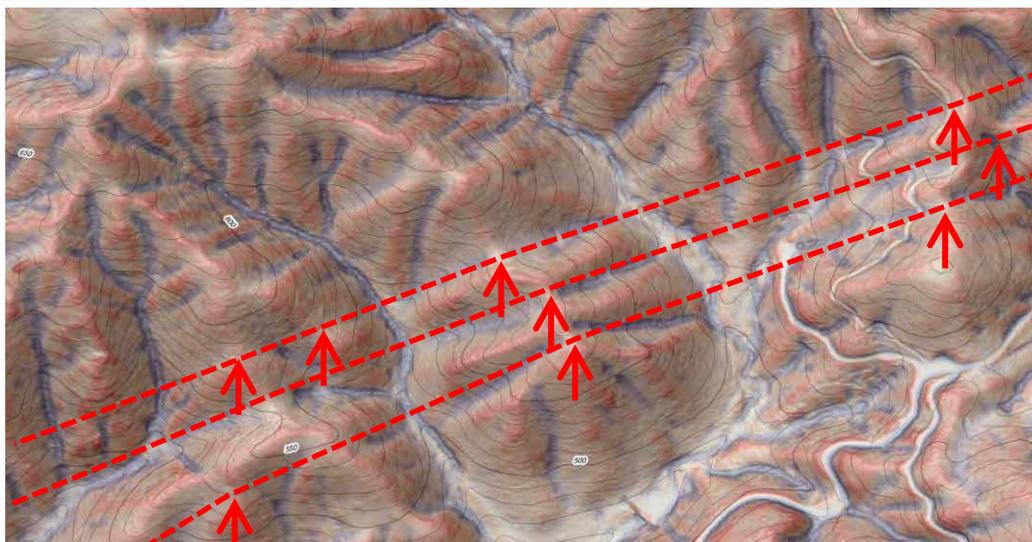
- ☑ 三角末端面
- ☑ 鞍部
- ☑ 直線状の谷
- ☑ 河川の屈曲
- ☑ 尾根の屈曲

※ 断層の位置は、判読することが出来る。



「判読ナビ」でも位置を把握する

CS立体図による「断層」の判読(判読例追補)

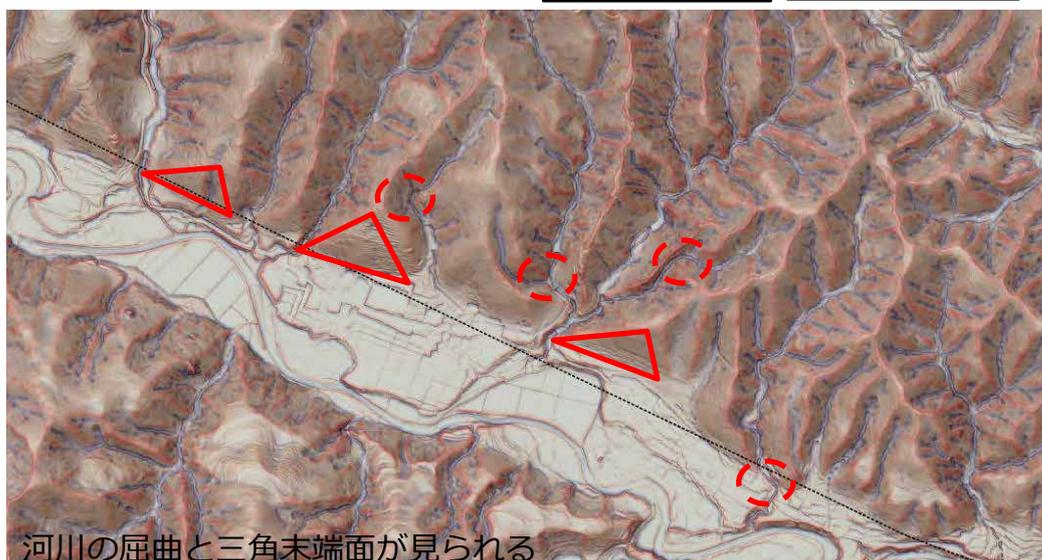


鞍部をまたいだ直線的な谷が見られる



鞍部

----- 断層



河川の屈曲と三角末端面が見られる



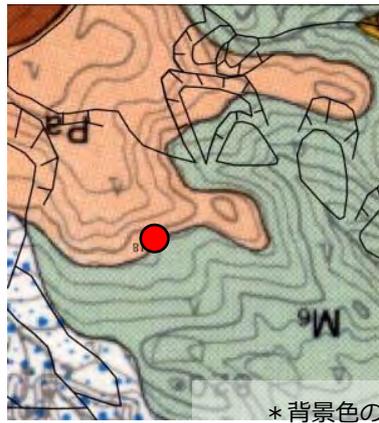
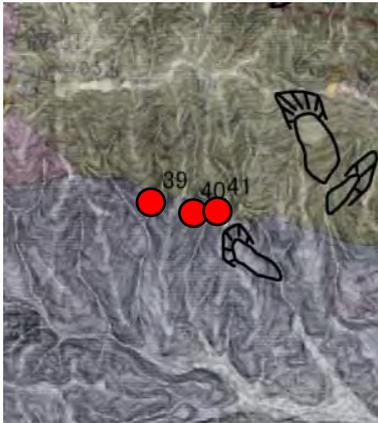
河川の屈曲

赤実線：三角末端面

黒点線：断層

地質境界とは

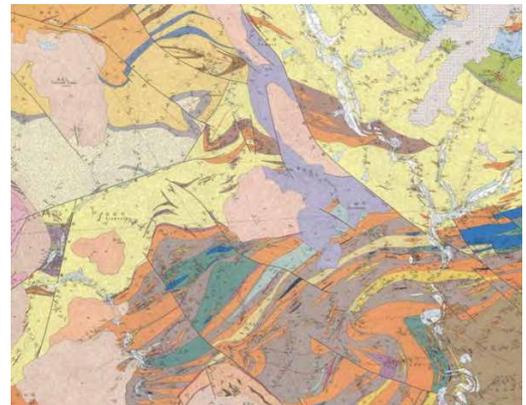
異なる地質が隣接する箇所。隣接する地質の強度や透水性などが異なるため崩壊が発生しやすい。路網の崩壊位置を地質図で落とすと、下図のように地質境界に沿って崩壊している傾向が確認できる。（●：路網の崩壊位置）



*背景色の違いは地質が異なることを表している

地質図の縮尺と見方

- ☑ 縮尺について ⇒ 1/5万程度（1/20万など縮尺が大きくなると、細かい情報が省略されてしまう。）
- ☑ 初見でわかること ⇒ カラフルな区域は地質が脆く、崩れやすい。過去に様々な地殻変動を受け、地質が入り組んでいる区域であるため。



CS立体図による「地質境界」の判読



- 【判読のポイント】
- ☑ 斜面勾配が変化
 - ☑ 谷密度が変化

【留意事項】

CS立体図での地質境界の判読は非常に難しい。地質図や現地確認での情報も必要。地質図はインターネット等からも入手できる。（地質図Navi（産業総合技術研究所）、地質図カタログ、岐阜県域統合型GIS、ジオランドぎふ など）

崩積土(崖錐含む)とは

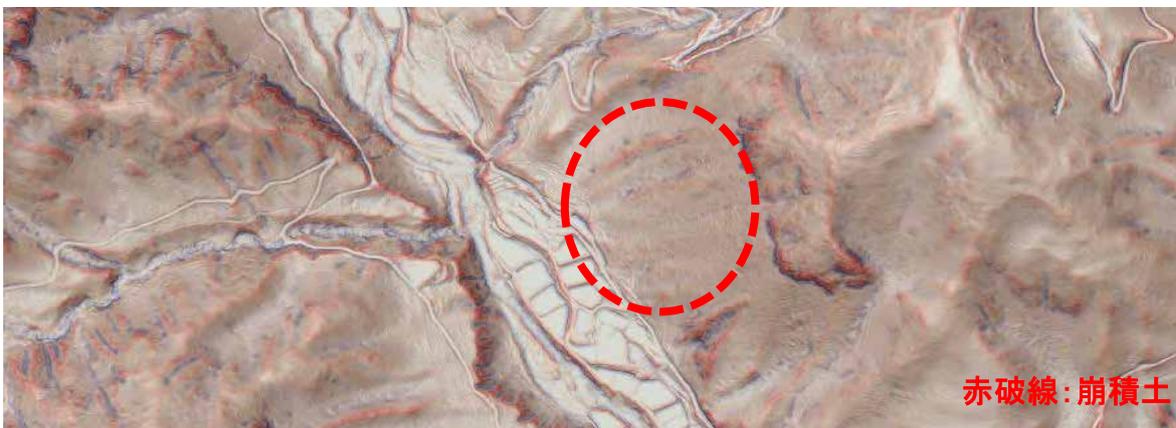
過去の山腹崩壊や土石流によって流失した土砂や角礫が、堆積し斜面を形成した箇所。

この地形は、1度の土石流でできたのではなく、過去に何度も土石流が出て形成されたもの。豪雨時には、今後も土石流があると考える。

また、緩斜面を形成していることもあるが、掘削して道を付けると上部から崩落しやすい。



CS立体図による「崩積土」の判読



【判読のポイント】

- ☑ 下流側形状が舌状・扇状（舌状・扇状の薄い茶～白色）
- ☑ 谷から続く緩傾斜地（薄い茶～白色）
- ☑ 輪郭は判然としない場合が多い

令和 年度 予算ヒアリング版森林作業道等チェックリスト

(別紙6)

事業者名： _____ 路線名： _____

路線種： _____ 全幅員： _____

作設場所： _____ 森林経営計画名： _____ (承認前の計画は()書きで記載)

想定事業： _____ 生産基盤強化区域名： _____

チェック項目	チェック欄	対策等の概要
① 現地調査に加えて、航空写真や森林簿等で、開設費用、維持管理費用等に見合った資源量を確認しましたか。	<input type="checkbox"/> 確認済 <input type="checkbox"/> 未確認 ※未確認路線の要望は不可。	/
② 計画路線近傍の保全対象(人家、施設、取水施設等)の位置を地形図等で確認しましたか。 下流2km以内に保全対象はありますか。 道が崩壊した場合、土石流化し下流2km程度まで被害が及ぶ恐れがあります。【土石流の特徴等は、別添資料参照】 (土砂災害(特別)警戒区域、土石流危険渓流、急傾斜地崩壊危険箇所などの砂防関係の指定地付近は、保全対象が近く、災害リスクが高いため特に注意が必要です) 構造物を設置するなどの万全の対策を講じる必要がありますが、その予定はありますか。 (※ 保全対象がない場合であっても、必要に応じて構造物の設置の検討が必要です。保全対象がない場合は、対策が不要との誤解がないよう留意ください。)	<input type="checkbox"/> 確認済 <input type="checkbox"/> 未確認 ※未確認路線の要望は不可。 <input type="checkbox"/> 有 ⇒別紙6附則で構造物設置検討のチェック <input type="checkbox"/> 無 ※「有」の場合は、下欄をチェックする。 <input type="checkbox"/> 予定あり <input type="checkbox"/> 予定なし ※「予定なし」の場合は、右欄にコメントを記載。	/
③ 計画路線の幅員は、計画路線の林地傾斜度(傾斜区分図で確認)に基本傾斜を超えていませんか。 <参考> ・全幅員3.5mは、林地傾斜度30° 未満 ・全幅員3m以下は、林地傾斜度35° 未満 の斜面での作設が基本	<input type="checkbox"/> 超える箇所はない <input type="checkbox"/> 超える箇所がある ⇒別紙6附則で構造物設置検討のチェック ※超える箇所がある場合は、右欄にコメントを記載。	/
④ 崩壊危険地(0次谷、地すべり、断層、地質境界、崩積土)を避けた線形となっていますか。 <参考> CS立体図などで崩壊危険地を推定することができます。 また、断層の位置は地質図や活断層図で確認できます。 【崩壊危険地は、別添資料参照】	<input type="checkbox"/> 崩壊危険地に作設しない <input type="checkbox"/> 崩壊危険地に作設する ⇒別紙6附則で構造物設置検討のチェック ※崩壊危険地に作設する場合は、右欄にコメント記載。	/
⑤ 作設後の維持管理者は誰ですか。	<input type="checkbox"/> 事業主体 <input type="checkbox"/> 土地所有者 <input type="checkbox"/> その他 ※その他の場合は、右欄にコメント記載。	/
⑥ 保安林や砂防指定等の制限区域内に作設する際には、事前に必要な手続きをとる必要があります。当該路線は、森林経営計画のほか、必要な法手続きの許認可が得られる見込みはありますか。	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし ※「なし」の場合、要望は不可。 ※法手続き等がない場合、「あり」にチェック。	/
⑦ 周辺の森林作業道等に、補強等が必要な箇所はありませんか。 ※現地調査や、上記①～④をチェックする過程で、補強等が必要な箇所が見つかった場合には、対策を講じてください。	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし ※ ありの場合は、右欄にコメント記載。	/

【対象外事業】 「自伐隣家型地域森林整備事業」は本リストの対象外(市町村の間接補助事業であるため。)

(予算ヒアリング版森林作業道チェックリストの附則資料として)

森林作業道等チェックリスト(構造物を検討する際に留意すべきこと)

□計画路線上に、急傾斜箇所はどの程度含まれていますか？

全幅員3.0m以上の林内路網の崩壊箇所を調査した結果、自然斜面傾斜30度以上では、崩壊の発生確率が高くなります(図1参照)。また、全幅員3.0m未満の既設森林作業道を調査した結果、路肩崩壊は自然斜面傾斜35度以上かつ構造物が設置されていない箇所が発生していました(図2参照)。

また、森林作業道等の作設指針において、傾斜35度以上の箇所は全幅員2.5m以下であっても「構造物がなければ作設困難」とされてします(表1参照)。

路線検討の段階で、緩傾斜を通るように考慮することで、路体耐久性を向上できます。

計画路線上に、急傾斜箇所の占める割合が多い場合、構造物を設置しなければ路体耐久性が維持できない箇所が多くなるため、構造物設置にかかる費用と森林作業道作設の効果との比較により線形の再検討が必要となります。

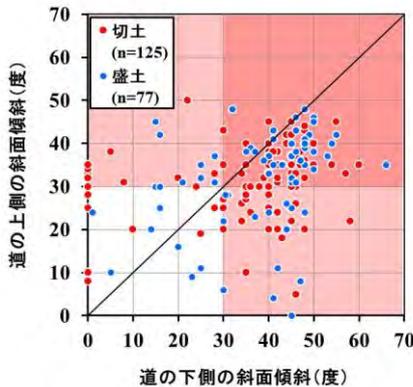


図1 道の崩壊箇所における道の上部および下部の自然斜面傾斜(全幅員3.0m以上の路線)

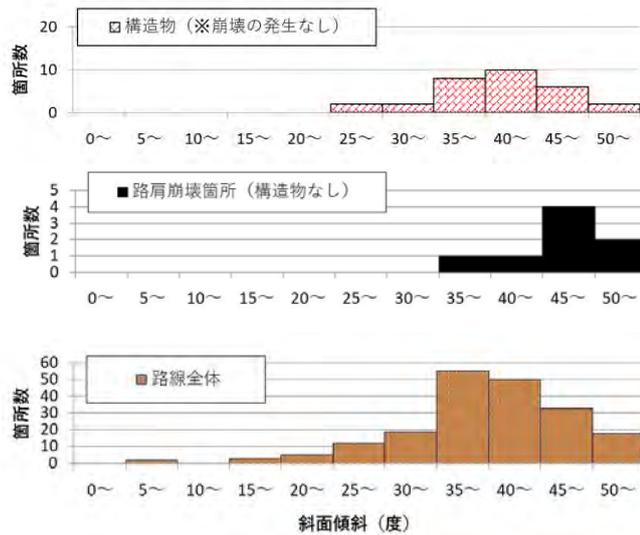


図2 路線全体・路肩崩壊箇所・構造物設置箇所の道下自然斜面分布の比較(全幅員3.0m未満の路線)

表1 作設指針に示された全幅員ごとの構造物設置を検討すべき林地の傾斜区分

傾斜区分 (度)	全幅員		
	森林作業道		林業専用道
	2.5m	3.0m	3.5m
~30	土構造を基本 ※必要に応じて構造物を設置		
30~35	土構造を基本 ※必要に応じて構造物を設置		作設困難
35~	構造物がなければ 作設困難	作設困難	

森林作業道作設指針(平成22年11月17日林整整第656号林野庁長官通知)および林業専用道作設指針(平成22年9月24日22林整整第602号林野庁長官通知)に基づき作成

※「必要に応じて構造物を設置」とは、地形・地質などの条件により、土構造では切土および盛土を安定させることができない場合に構造物を設置することを指す

□構造物設置の検討が必要な箇所とは？

◎作設指針に示された傾斜区分以上の箇所

全幅員ごとに示された傾斜区分以上の急傾斜地では、崩壊のリスクが高くなります。

◎凹地形の箇所

このほか、凹地形等崩壊危険地形と呼ばれる箇所も崩壊の発生しやすい箇所です。(図3参照)

◎地下水が発生する箇所

また、地下水が発生する箇所(湧水箇所)付近は、路体の強度が低下するため、速やかに路体外の安定した地盤に導水する必要があります。

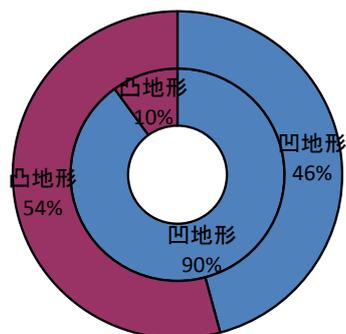
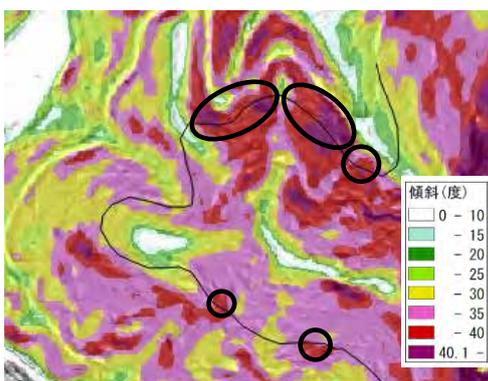


図3 路線全体・路肩崩壊箇所の凹地形・凸地形の分布の比較
(外円: 路線全体、内円: 路肩崩壊箇所)

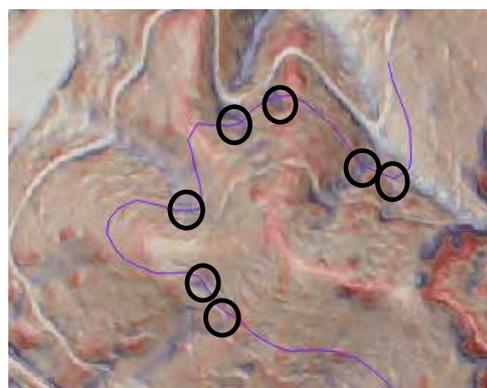
◎傾斜区分図・CS立体図の利用

これらの条件が重なる箇所が、特に構造物の設置を検討すべき箇所となります。傾斜区分図やCS立体図を計画路線と重ね合わせることで、事前に現地検討すべき箇所を絞り込むことができます。



丸印が、傾斜35度以上

図4 傾斜区分図に計画路線を重ねた例
(現地確認すべき箇所を図上で絞り込み)



丸印が、崩壊が起こりやすい凹地形

図5 CS立体図に計画路線を重ねた例
(現地確認すべき箇所を図上で絞り込み)

□構造物のタイプについて

湧水箇所付近に設置する構造物は、透水性の良いものを選定し、洗掘による機能低下が起らない様に留意することが重要です。

また、丸太組工等中詰土を必要とする構造物については、周囲の土質が中詰土に適しているか確認し、適していない場合には、中詰土購入費用を含めて構造物を再検討する必要があります。

□維持管理体制の確認

構造物設置効果を維持するためには、作設後も点検し、機能が低下している場合は、補修や改修を検討する必要があります。

特に丸太を使用している構造物については、腐朽等丸太材料の経年変化による機能低下が発生する可能性があるため、腐朽状況等を小まめに点検する必要があります。

一事例として、丸太構造物を路肩に施工し、約15年経過した路線では、部材の腐朽が進み、中詰め土の流出・路面クラックの発生・路面沈下などの変異が26箇所中25箇所発生していました。(写真参照)

作設後の維持管理者を明確にし、施工後の点検の計画を策定しましょう。



丸太部材の腐朽により、中詰め土が流出

写真 丸太構造物の腐朽状況

□森林作業道における構造物の必要性の評価指標

項目	条件等	評価指標	該当
保全対象	人家、道路等	2km以内にあり	□
傾斜	幅員3m以下の場合	35度超	□ ※2
	幅員3m超の場合	30度超	□ ※2
集水地形	湧水等	凹地形、現地の湿潤指標	□ ※3
		該当項目数	※1

※1: 該当項目数が2つ以上の場合は構造物の設置を検討

※2: 傾斜の項目に該当する箇所が路線の多くを占める場合は作業道の作設は困難

※3: 集水地形の項目に該当する場合は、かご枠工等の透水性を確保できる工種を選択

その他: 粘土や砂などの2mm未満の土粒子が多い場合は、特に崩壊が起きやすいため、留意が必要

◎構造物の事例とその特徴

○丸太組工

経済性	○	部材となる丸太は、周囲から調達可能である
積算のしやすさ	○	県において標準単価が示されており、積算が容易である
施工性	○	枠材となる丸太と中詰め土の組み合わせであり、現場調達が可能であるが、枠材に適した径の丸太が周囲になければ購入する必要がある
透水性	×	構造上、流水により中詰め材の流出が発生しやすく、枠材となる丸太も湿潤状態では腐朽しやすくなるため、透水性は期待できない
耐久性	△	部材となる丸太の腐朽や中詰め材の流出が発生すると、路体の耐久性が著しく低下する。
環境性	◎	丸太の利用であり、環境負荷は著しく低い

○かご枠工

経済性	△	丸太組工に比べて高価となる
積算のしやすさ	△	県内において施工事例が少なく、積上げによる積算となる
施工性	○	既製品であるかご枠の設置、中詰め材の投入の2工程のみであり、中詰め材に玉石等を使用する場合は、吸出し防止材や締固め作業等も不要となる
透水性	◎	枠材である金網や中詰め材となる玉石等は透水性に優れている
耐久性	○	枠材となる金網に塗装やめつきを施すことにより、耐久性の向上が見込まれる
環境性	△	生物由来の部材ではない

(様式-2)

提案・要望事項

機関名 山梨県森林総合研究所

項 目	内 容
提案・要望項目	UAVを用いた森林整備事業の業務効率化について
内 容	<p>下記内容について情報提供いただきたい。</p> <ul style="list-style-type: none">・各県における森林整備事業の実施状況・事業の申請、検査でのUAV等による計測、現地確認事例の有無・事例がある場合はその概要について
理 由	<ul style="list-style-type: none">・林野庁は、森林整備事業の申請・検査にリモートセンシング技術の活用を進めることとしている。・山梨県でも事業の申請・検査においてUAV等を活用していくためには、その検査精度が確保されているか実証した上で、森林組合・林業事業者等に普及していく必要がある。・森林整備事業は全国で実施されており、UAV等を活用した申請、検査の手法はある程度体系化し、情報共有した方が効率的であると考えられる。・来年度より県単課題として「UAV、ICT機器を活用した森林整備事業の業務効率化」に取り組むので情報交換をお願いしたい。

令和3年度

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

森林作業の最適化に関する研究会

令和3年7月7日（水）

森林総合研究所

令和3年度関東中部林業試験研究機関連絡協議会
森林作業の最適化に関する研究会開催要領

1 日時、場所

- (会議) 7月7日(水)13:30～(2時間程度、発表件数による)、オンラインミーティング
森林総合研究所会議室等から配信(可能な方は来所可)
- (現地検討会) 状況が著しく改善した場合に、秋以降に別途開催

2 提出資料

ご提出いただく資料は、下記様式1～3およびスライド等PDF資料です。各提出期限までに事務局までご報告ください。

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| ○様式-1 参加申し込み票 | 提出期限:6月25日(金) |
| ○様式-2 研究会に対する提案、要望事項 | 提出期限:6月25日(金) |
| ○様式-3 調査、事例報告に関する事項およびPDF資料 | 提出期限:7月2日(金) |

3 議題

1. 提案・要望事項について

特になし

2. 各都県の研究情報交換(各10分程度)

- 総研 「森林総合研究所第五期中長期計画の概要」
「情報化施工による森林作業道の作設」
「欧州製中距離対応型タワーヤーダによる皆伐の上げ荷集材生産性」
- 東京都 「東京都におけるリワイヤレスコントロール式チョーカーの利用実態について」
- 岐阜県 「森林作業道の土構造による横断排水の機能評価」
- 静岡県 「スマートウォッチを用いた林業現場の作業状況モニタリング」
- 長野県 「背負い式コンテナ苗用植穴掘機の生産性について」
- 富山県 「里山コナラ林における伐出功程と収量について」
- 山梨県 「ヒノキコンテナ苗と裸苗のニホンジカ食害の比較」

3. 今後の研究会の目標、取り組みについて

コロナ禍における研究会の進め方について

4.次期会長県の選出について

本年度中に現地検討会が開催できなかった場合、引き続き森林総合研究所が担当します。

5.その他

「森林作業の最適化に関する研究会」参加者

機関名	役職	氏名	備考
森林研究・整備機構 森林総合研究所	研究会会長、林業工学研究領域長	毛綱 昌弘	会場
	研究コーディネーター(地域イノベーション推進担当、関東中部地域担当)	陣川 雅樹	会場
	地域連携戦略室長	島田 健一	会場
	研究会幹事、事務局、収穫システム研究室長	中澤 昌彦	会場
	森林路網研究室長	鈴木 秀典	会場
		その他	WEB
新潟県森林研究所	主任研究員	佐藤 渉	WEB
愛知県森林・林業技術センター	主任研究員	藏屋 健治	WEB
東京都農林総合研究センター	研究員	吉岡 さんご	WEB、発表者
岐阜県森林研究所	研究会幹事、専門研究員	臼田 寿生	WEB
	主任研究員	和多田 友宏	WEB、発表者
山梨県森林総合研究所	研究員	大地 純平	WEB、発表者
	研究員	武居 正道	WEB
	普及員	日下 慶	WEB
長野県林業総合センター	指導部長	倉本 栄	WEB
	研究会幹事、林業専門技術員	市原 満	WEB、発表者
静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	上席研究員	佐々木 重樹	WEB、発表者
富山県農林水産総合技術センター森林研究所	副所長	関子光太郎	WEB、発表者

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 毛綱昌弘

調査・事例名	森林総合研究所第五期中長期計画の概要
内 容	森林総合研究所では、令和3年度より第五期中長期計画(令和3年度～7年度)が開始されましたので、この概要について林業工学研究領域が主として担当する課題を中心に紹介します。
発表方法	パワーポイント

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

林業工学研究領域の研究課題

第五期中長期計画

重点課題 1	環境変動下での森林の多面的機能の発揮に向けた研究開発	
戦略課題ア	気候変動影響の緩和及び適応に向けた研究開発	
戦略課題イ	森林生物の多様性と機能解明に基づく持続可能性に資する研究開発	
戦略課題ウ	森林保全と防災・減災に向けた研究開発	
重点課題 2	森林資源の活用による循環型社会の実現と山村振興に資する研究開発	林業工学研究領域が主として担当する課題
戦略課題ア	林産物の安定供給と多様な森林空間利用の促進に資する研究開発	
基幹課題 a	維持管理コストの低い森林造成に向けた造林・育林技術の開発	
基幹課題 b	森林資源の持続的利用に向けた林業生産技術の開発	
基幹課題 c	森林資源・空間の持続的な利用のための評価・計画・管理技術の開発	
基幹課題 d	健全な林業経営確立、山村地域振興、持続的木材利用、新たな木材需要創出に資する方策の提示	
戦略課題イ	生物特性を活用した防除技術とときご等微生物利用技術の開発	
戦略課題ウ	木材利用技術の高度化と需要拡大に向けた研究開発	
戦略課題エ	木質新素材と木質バイオマスエネルギーの社会実装拡大に向けた研究開発	
重点課題 3	多様な森林の造成・保全と持続的資源利用に貢献する林木育種	
戦略課題ア	林木育種基盤の充実による多様な優良品種の開発	
戦略課題イ	林木育種技術の高度化・拡張と特定母樹等の普及強化	

基幹課題 2 ア b

森林資源の持続的利用に向けた 林業生産技術の開発

達成目標

森林や林業に関する情報の活用により林業のDX（デジタルトランスフォーメーション）を推進するとともに、AI、ICT、ロボット技術等の先端技術の林業作業への導入を図り、**林業作業の軽労化および労働災害の低減、林業機械の自動化、再造林作業の機械化、路網のLCC低減、作業システムの適正化**を図ることで、林業生産技術を高度化する。

研究内容

林業作業における生産性の向上のため、AI等を活用した丸太荷役作業の自動化技術の開発、林道災害復旧費用のモデル化、森林デジタルデータの活用技術の開発、等の課題に取り組む。また、安全性の向上のためには、林業作業の労働災害リスクの定量化、急傾斜地車両系安全作業技術の開発、操作予測による誤操作防止装置の開発、等の課題に取り組む。

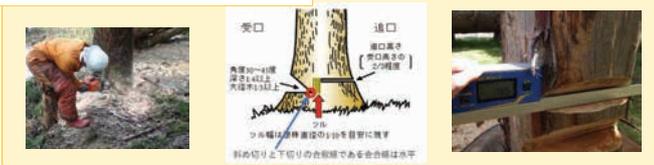
現在実施中の研究課題

基幹課題 2 ア b	森林資源の持続的利用に向けた林業生産技術の開発
実施課題	森林デジタル情報の活用による林業生産技術の高度化
交付金プロ	大量の林道災害データを活用した長期的林道災害復旧費用のモデル化
交付金プロ	森林域における2周波GNSS-RTKの活用技術の開発
交付金プロ	丸太つかみ作業の自動化に向けた模倣学習の適用評価
科研(若手)	林業機械における荷役作業サポートのための材形状推定システムの開発
NEDO先導プロ	農山村の森林整備に対応した脱炭素型電動ロボットの研究開発
林野庁補正予算	作業アタッチメントを搭載した電動苗木運搬車両による省力造林作業の実証

- 基幹課題は実施課題、プロジェクト課題などから構成される。
- 実施課題は、いわゆる経常研究費で実施される研究課題。
- 交付金プロは、森林総研内で実施される競争的資金による研究課題。
- 科研等の外部資金による課題は外部プロジェクト課題と呼ばれ、課題が採択されると基幹課題の下にぶら下がる形で実施される。
- 上記以外にも、分担課題として、外部主査のプロジェクト課題にも参画中
- 領域職員は他の基幹課題の研究課題にも参画して研究を実施中

森林デジタル情報の活用による林業生産技術の高度化 林業作業の軽労化や安全性の向上

チェーンソー伐倒作業の技量の定量化



グラップル荷役作業のグラップル軌跡と危険操作の解明



森林デジタル情報の活用による林業生産技術の高度化 作業技術の高度化や林業DXの推進



Forestry and Forest Products Research Institute

Forestry and Forest Products Research Institute

森林域における2周波GNSS-RTKの活用技術の開発

- 全期間達成目標：GNSS-RTK技術を活用した測量業務やICT林業機械の開発に活用することを念頭に、2周波GNSS-RTK受信機を用いた際の電子基準点までの距離と測位誤差との関係を解析し、森林域におけるGNSS-RTK技術の活用手法を明らかにする。

2周波GNSS受信機：DG-PRO1RWS（8万円）

【基準局からの距離別の移動体測位の検証】

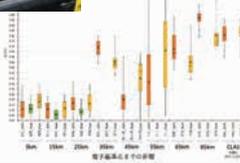


【基準局との距離をできるだけ短くした場合の検証】



- 電子基準点までの距離が25kmまではFix可能
- 誤差も50cm以下になる

- ヒノキ林内で全て（29点）Fix（開空度24～45%）
- 水平誤差：約5cm以下
- 垂直誤差：約4cm以下
- Fixするまでの時間：約2分以下



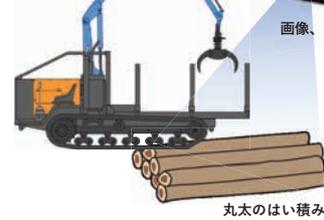
丸太つかみ作業の自動化に向けた模倣学習の適用評価

熟練オペレータの機械操作



熟練オペレータの操作情報と深度カメラの情報からグラップルローダの操作方法を学習し、丸太つかみ操作を含む荷役作業を自動化する。

グラップルローダ



丸太のはい積み



AI模倣学習



制御コンピュータ

林業機械における荷役作業サポートのための材形状推定システムの開発 (JSPS科研費若手・R2-R4)

省力化・安全性向上・労働生産性向上のための自動化への期待
目的：荷役作業の自動化に向けて材の荷掴み位置を推定する

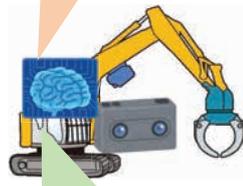
材の荷掴み位置を推定するために...

深層学習で丸太を詳細に検出

- 多様なデータを収集
- 丸太を個別に検出
- 天候や光環境の違いに適応した検出システムを開発
- データセットの拡張を行わずに学習を行うことで、複数の試験地において精度82%で検出が可能に
- 過去のモデルと比較して0.43ポイント精度向上
- 丸太の見逃しが少ない検出

	mAP	IoU
今回のモデル	0.816	0.775
過去のモデル	0.385	0.747

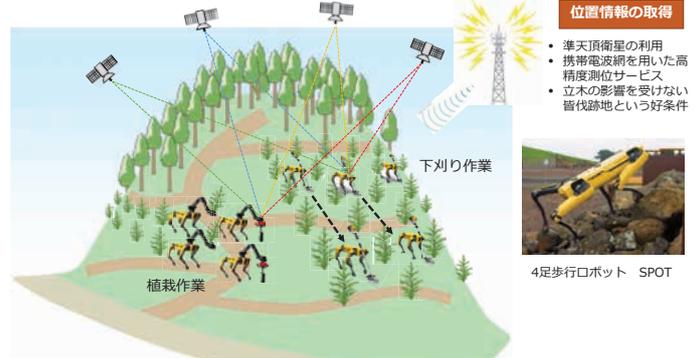
丸太はどこにある？



今後の課題：
丸太のどの位置を掴む？
検出した丸太の形状を3次元点群より推定

農山村の森林整備に対応した脱炭素型電動ロボットの研究開発

NEDO 新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境新技術先導研究プログラム



位置情報の取得

- 準天頂衛星の利用
- 携帯電波網を用いた高精度測位サービス
- 立木の影響を受けない皆伐跡地という好条件



4足歩行ロボット SPOT

造林地への歩行ロボットの適用

- ロボット脚機構による傾斜不整地の移動
- 伐根等を除去しなくても移動可能
- 脱炭素燃料を用いた動力源

自動歩行機能

- 苗木を避けて列間を自動歩行
- 高精度位置情報の利用
- 苗木座標取得は別課題で進行中

複数台ロボットによる協調作業

- 小型車両による作業効率の低下を補填
- 作業の分担（穴あけと植え付け等）
- ロボット同士の情報通信機能の付加

作業アタッチメントを搭載した電動苗木運搬車両による省力造林作業の実証

電動クローラ型1輪車の特徴

- 傾斜不整地における走行性能の高さ
- 伐採跡地の切り株を回避する機動性の高さ
- 振動・騒音が少ない作業環境
- 人力作業との親和性（等高線方向への作業）
- バッテリー電源の多用途への活用

事業の目標

- 苗木運搬作業の労働負担低減
- 植穴掘り作業の腰部負担低減
- 運搬回数の削減による労働生産性向上
- 間伐作業の省力化
- 林業作業における電動機材の活用・普及



電動車両による苗木運搬



車両操作支援



作業アタッチメントによる植栽作業補助

Forest 茨城県森林組合連合会

KOUHEI 株式会社コウメイ

森林研究・整備機構

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 鈴木 秀典

調査・事例名	情報化施工による森林作業道の作設
内 容	作業道作設のための情報化施工システムを開発しました。本システムは、掘削作業を支援するためのモニタ、機械位置を特定するためのトータルステーション、機械の姿勢を特定するためのセンサ類、路面の締固め状況を特定するための機器類などから構成されています。これら装置のほか、必要なデータなどについてご紹介します。
発表方法	パワーポイント、その他(資料配付 A4×1枚)



研究の概要

農研機構生研支援センター「生産性革命に向けた革新的技術開発事業」
「作業道の情報化施工に関する実証研究」

情報化施工コンソーシアム
国立研究開発法人森林研究・整備機構

開発・検証
株式会社前田製作所
装置（ハードウェア）
株式会社ジツタ
ソフトウェア
アジア航測株式会社
森林情報データベース
国立大学法人岩手大学
地上レーザ計測
国立大学法人東京農工大学
ガイダンス手法
長野森林組合
作業道作設・評価・検証
協力機関
長野県林務部
普及支援
住友林業株式会社
路線設計ソフトウェア提供

作業道の情報化施工に関する実証研究

マシンガイダンス装置の開発
角速度センサによってバケット位置を正確に把握
質量と路面状況から転圧状況を把握

高精度森林情報データベースの構築
航空レーザ
地上レーザ
多視点カメラ画像(MIM)

情報化施工システムの開発
森林内の機械位置計測
モーター
制御時：掘削・掘土量所定値の表示
転圧時：転圧状況
出来形図面の自動作成
キャビンのモニタによる掘削・転圧作業ガイダンス

アウトカム
▶ 作業道の効率化
=生産性向上
▶ 経國の均質化
▶ 切、盛土量の均衡
=施工品質の向上

2 Forestry and Forest Products Research Institute FFPRI

システムの概要

IMU（慣性計測装置）
車載モニタ
モニタ画面
ポテンショメータ
プリズム
路面支持力計測装置
振動加速度計測装置

3 Forestry and Forest Products Research Institute FFPRI

掘削作業のガイダンス画面

バックホウ爪先から設計面までの距離表示

正面表示
現況地盤
設計面
2D表示
3D表示

ピッチ(%)
ロール(%)
を表示

4 Forestry and Forest Products Research Institute FFPRI

使用した地形データ

航空レーザデータ
○広範囲のデータを取得できる
×有料（5mDEMなど一部無料）
×計測点（1m²あたりの点数）が少ない

地上レーザデータ（歩行型）
○据置型より短時間の計測が可能
△計測点（1m²あたりの点数）がやや多い
×絶対座標の付与に工夫が必要
×歩行時の急な動きでデータにゆがみ

地上レーザデータ（据置型）
○歩行型より高精度
○計測点（1m²あたりの点数）が多い
×絶対座標の付与に工夫が必要
×歩行型よりも長時間を要する

赤点：地上レーザ
青点：UAVレーザ

5 Forestry and Forest Products Research Institute FFPRI

SfMによる出来形測量

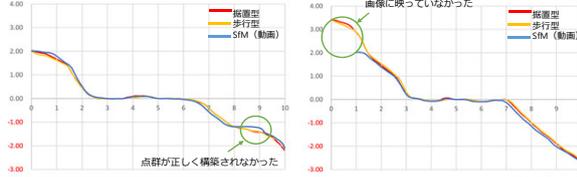
SfM (Structure from Motion)：多視点ステレオ写真測量

4K動画 → 15s → 静止画 → 三次元点群

6 Forestry and Forest Products Research Institute FFPRI

SfMによる出来形測量

地上レーザ計測データとの比較



地上レーザ (据置型) とSfM (動画) との差は約5cm (平均)

のり肩が画像に映ってなかった場所などでは点群が構築されなかった

【点群作成に不向きな画像】



逆光・白飛び・
揺るぶれもダメ

(様式-3)

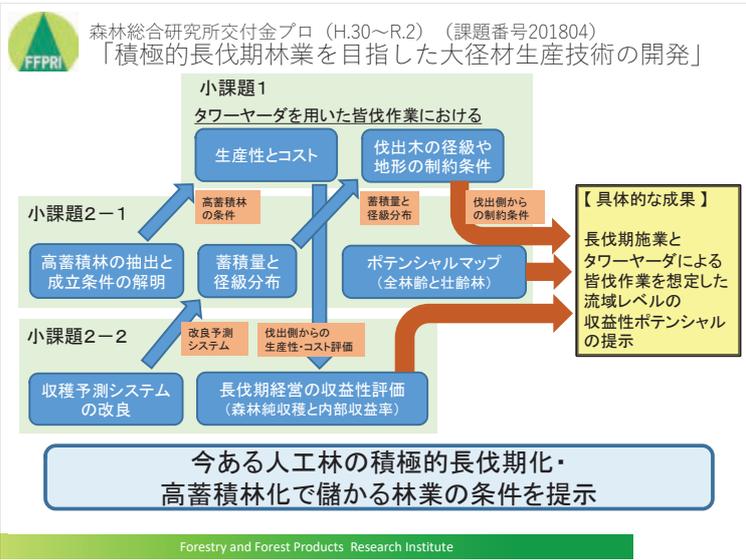
調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 中澤昌彦

調査・事例名	欧州製中距離対応型タワーヤードによる皆伐の上げ荷集材生産性
内 容	森林総合研究所交付金プロジェクトにおいて、「積極的長伐期林業を目指した大径材生産技術の開発」を平成30～令和2年に実施しました。この中でタワーヤードによる皆伐試験を行ったので、この事例を紹介します。
発表方法	パワーポイント

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。



FFPRI 小課題1：大径材の架線系伐出技術の確立

中澤昌彦・吉田智佳史・上村巧・田中良明・佐々木達也・猪俣雄太・伊藤崇之（林業工学研究領域）
共同研究：高知県森林技術センター

達成目標
1) 大径材の架線系伐出作業に必要な機械諸元を解明する。
2) 大径材の架線系伐出作業における皆伐作業システムの生産性を解明する。

↓
高齡林から大径材を生産するための架線系伐出技術の開発

*車両系は実施済。交プロ「大径・長尺材に対応した新たな生産技術の開発」（H.27～29）

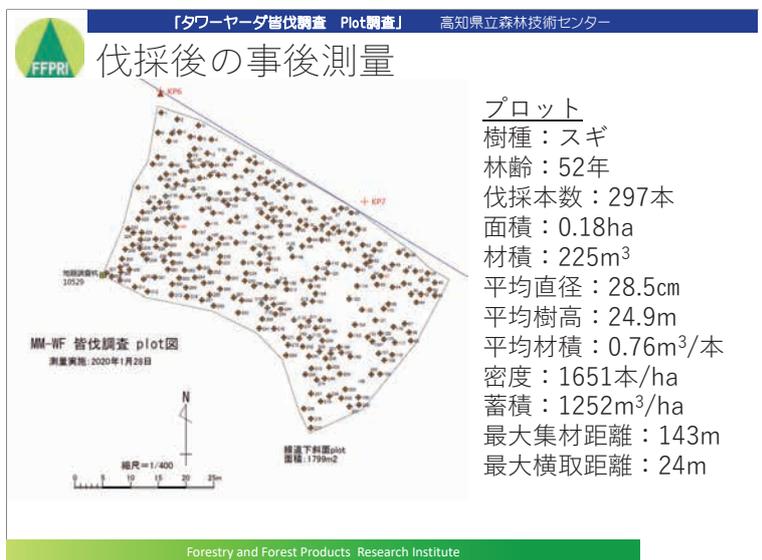
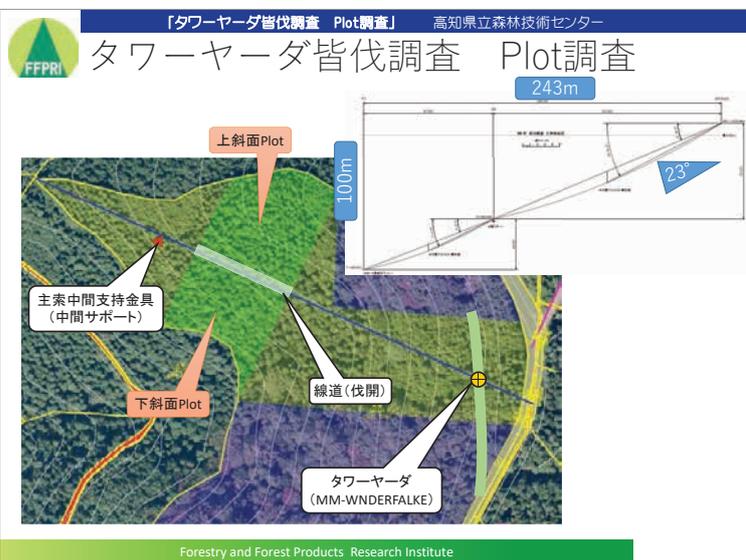
Forestry and Forest Products Research Institute



FFPRI 使用した欧州製タワーヤーダ

WANDERFALKE U-AM-2to
* 以前の交プロで間伐を実証
トラクタ牽引式・リモコン作動
機械質量：10.2t
高さ：10.57m
エンジン出力：100kW
吊上げ力：2t
最大集材距離：500m
搬器：Shelpa U-3to
走行最大速度：5m/秒
自動走行機能
ラジコンジョーカー
中間サポートでの減速設定

Forestry and Forest Products Research Institute



パラメータの取得のための主伐試験 高知県香美市

事業地近隣の森林情報データベースの構築 (UAV・TLS等の活用)

Forestry and Forest Products Research Institute

「タワーヤード皆伐調査 進捗状況」 高知県立森林技術センター

車重計と控索張力測定用ロードセルの配置

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI 工期調査結果

サイクル (回)	幹材積 (m³)	生産量 (m³)	歩留まり	荷掛量 (m³/回)	作業時間 (秒)	サイクルタイム (秒/回)	生産性 (m³/時)	労働生産性 (m³/人日)	備考
11/5	53	46.8	0.95	0.88	22,105	417.1	7.2	12.7	荷掛けにGPS受信機
11/6AM	31	30.9	0.94	1.00	11,729	378.4	9.0	15.7	詳細に分析
11/6PM	20	20.5	0.97	1.02	11,088	554.4	6.4	11.3	荷掛けにロードセル
11/7	31	30.9	0.95	1.00	10,771	347.5	9.8	17.2	制約なし

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI 作業時間分析 (間伐と皆伐)

間伐

- 空走行: 65.8
- 索引込: 10.5
- 荷掛け: 36.7
- 荷上げ: 35.3
- 実走行: 80.2
- 荷下げ: 119.5
- 索上げ: 12.6
- 遅延: 23.6

皆伐

- 空走行: 41.8
- 索引込: 20.0
- 荷掛け: 28.4
- 荷上げ: 47.5
- 実走行: 73.7
- 荷下げ: 56.9
- 索上げ: 15.8
- 遅延: 72.4

3人作業

- 集材距離150m、横取幅25m
- サイクルタイム542.3秒
- 平均荷掛量0.66m³
- 生産性4.6m³/時、1.5m³/人時

4人作業

- 集材距離125m、横取幅25m
- サイクルタイム378.4秒
- 平均荷掛量1.0m³
- 生産性9.0m³/時、2.2m³/人時

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI 集材生産性予測モデル

間伐集材時間予測モデル (中澤ら2015)

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$$

$$= 1.42d_1 + 35.1e^{0.0292d_2} + 1.16d + 72.9 \quad (10)$$

集材生産性 ρ (m³/時)

$$\rho = w/t \times 3600 \quad (11)$$

皆伐集材時間予測モデル (中澤ら、投稿予定)

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$$

$$= 2.00d_1 + 35.1e^{0.0292d_2} + 0.95d + 105 \quad (10)$$

集材生産性 ρ (m³/時)

$$\rho = w/t \times 3600 \quad (11)$$

間伐と皆伐とで集材速度は変わらず、木の大きさと生産性が増加

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI 間伐と皆伐の違い

集材距離200mの場合

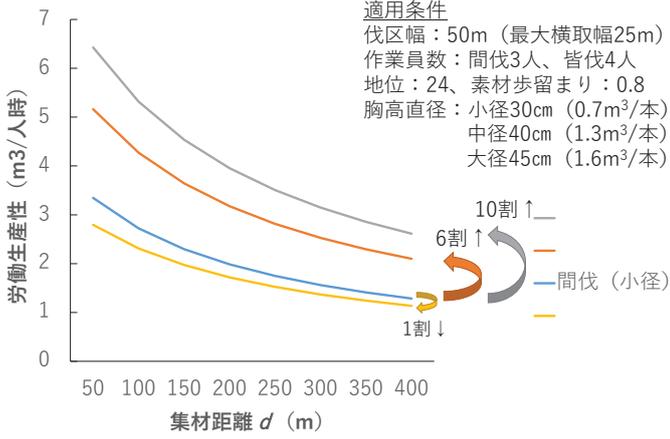
作業時間 t (秒)

横取幅 d_3 (m)

Forestry and Forest Products Research Institute



皆伐生産性の説明



大径材の架線系伐出技術

タワーヤーダを使った並列作業システム

- チェーンソー+タワーヤーダ+プロセッサ (ハーベスタ)
- タワーヤーダウィンチ牽引力2~2.5t
- プロセッサ汎用クラス (13t)
- 傾斜25~35度
- 皆伐
- 荷掛量1~2.5m³
- 最大集材距離400m
- 伐区幅50m
- 3~4人の並列作業 先山：伐倒手、荷掛手、(搬器操作手)
路上：造材・搬器操作手

* 先行伐倒をし過ぎない



架設撤去を含めても労働生産性10m³/人日以上を実証

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 東京都農林総合研究センター

発表者名 吉岡 さんご

調査・事例名	東京都におけるリワイヤレスコントロール式チョーカーの利用実態について
内 容	<p>ワイヤレスコントロール式チョーカーとは、遠隔操作により、木材の荷外し作業を自動化し、作業員の負荷を軽減するだけでなく、危険な荷外し作業から作業員を遠ざけることができる林業用具です。</p> <p>東京都においては、森林循環推進事業として大規模な皆伐が進められています。急傾斜地においては、架線による集材方法が、主に採用されています。</p> <p>ワイヤレスコントロール式チョーカーは、複数の集材事業地で利用されてきました。これまでの利用実態と現場作業員の聞き取り調査から見えてきた課題を紹介します。</p>
発 表 方 法	その他(資料配付A4×1枚)

東京都におけるワイヤレスコントロール式チョーカーの利用実態

■背景

ワイヤレスコントロール式チョーカーワイヤーロープ(以下、オートチョーカー:Ludwig 社製)とは、遠隔操作により、木材の荷外し作業を自動化し、作業員の負荷を軽減するだけでなく、危険な荷外し作業から作業員を遠ざけることができる林業工具です。

多摩地域は急傾斜地が多く、小規模林業所有者が多いといった林業特性から、集材作業の多くは架線系が採用されている。

農総研では、平成25年にオートチョーカーを試験的に購入し、東京都の伐採搬出現場に貸し出しを行いました。これまでの集材現場での利用実態と、作業員や販売代理店からの聞き取り調査から見えてきた課題を紹介します。

■これまでの利用実態

1. 青梅市御岳 事業地面積 4.21ha 集材機
2. あきる野市引田 事業地面積 0.73ha スイングヤーダ
3. あきる野市小和田 事業地面積 2.02ha 集材機

■現場作業員の聞き取り調査

- 1) オートチョーカー自体が重く、山中での作業に、ワイヤーロープの重量及び荷掛け作業時間において、負荷がかかってしまう。
- 2) 動作に必要な電池が、日本で一般的に市販されている電池ではない。
- 3) 電池の消耗が大きい(荷掛け時の状態で、電源が入る仕組みになっており、人的なミスにより電源が入った状態で作業を終えると、翌朝には電池が切れてしまう。)
- 4) グリースを塗るなど、動作部分のメンテナンスに手間がかかる。
- 5) 山上げ(尾根沿いの林道など、高標高の土場に集材すること)であれば、材の重量でワイヤーロープが緩むことがなく、安全に利用できる。東京都は、急峻で起伏のある現場が多く、オートチョーカーの使用適地は、事故を未然に防ぐうえでも慎重に選ぶ必要がある。
- 6) 木材によってワイヤーロープの長さを変えること、故障時にスペアとして持っておくことなど、複数のオートチョーカーがあるとよい。

■販売代理店への聞き取り調査(オートチョーカーの販売代理店は国内で1社)

- 1) オートチョーカーの販売数は国内で約 20 台程度。タワーヤーダや自走式搬器と同時に購入されるケースが多い。架線集材が主流の北関東・中部地方・中国四国などでの販売実績が主になる。
- 2) 冬場の気温の下がる地域では、オートチョーカーの凍結・電源の電圧低下で使用できない

ことがあった。

3) 代理店への相談として圧倒的に多いのが、メンテナンス不足による動作不良。(チョーカー部分にグリースを毎日塗布することをメーカーとしては推奨しているが、守っていただけないケースが多い。)

■ 今後について

荷外し作業は、材木の近くで作業する危険な作業であるため、オートチョーカーの利用は、安全面・効率面においては非常に有利である。安全は、何においても優先される事項であることから、現場監督員及び作業員のいずれも、オートチョーカーを継続して利用したいとの反応があった。販売メーカーからも、オートチョーカーのような機能を有する林業工具は少ないこと、架線集材において、荷掛けや荷外し作業の自動化は難しいことから、今後も需要はあると考えているとのことだった。

■ 調査協力

東京都森林組合、(株)サナース営業部



図1 集材機による架線集材の様子



図2 森林で伐採された木

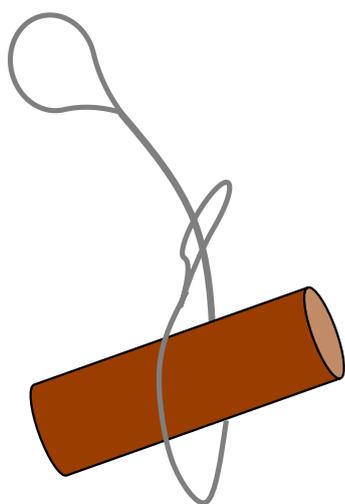


図3 従来のスリングロープ

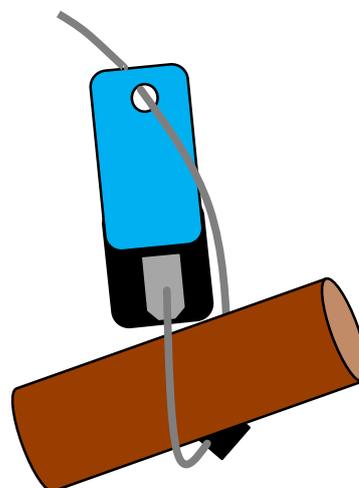


図4 オートチョーカー

Ludwig System

リモコン開放式チョーカー



LUDWIGCHOKER

お問い合わせ

050-2018-0582

FAX:050-2018-0583

info@sun-earth.jp

日本総代理店

アジアエリアサービスセンター

株式会社サナース

横浜市都筑区折本町 497 番 1



単体重量

1.6kg

操作範囲

約20m

使用ワイヤー径

10mm

11mm

12mm

専用ワイヤーについては
弊社から供給できます。

使用周波数

449.850MHz

標準使用数量

1グループ:4個

*1つのリモコンで
最大2グループ(8
個)まで操作可能。

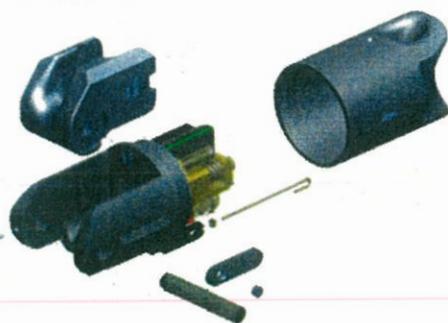
リモコン解放式チョーカー Ludwig System は、

ヨーロッパのケーブル作業システムの長い経験に基づいた発想から生まれた、林業エキスパートのためのスペシャルツールです。

Ludwig System(ルードヴィヒシステム)は、ヨーロッパの熟練林産会社の経営者が、生産性向上と作業員の安全確保の理想を追い求め開発したシステムです。

Ludwig System は、遠隔操作により木材の荷外し作業を自動化し、作業員の無駄な動きを削減することが可能になるだけではなく、危険な荷外しの作業から作業員を遠ざけることができる画期的なツールです。

永続的な生産性の向上と、安全な経営にぜひお役立てください。



LUDWIGCHOKER Details

安全構造によって、荷重が掛かっている時のワイヤーの解放を防止します。



Set

メンテナンス工具、スペアパーツを大切に保管できる専用ケース



Sender

防滴仕様の専用リモコン

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 岐阜県森林研究所

発表者名 和多田 友宏

調査・事例名	森林作業道の土構造による横断排水の機能評価
内 容	<p>森林作業道の路面水などを処理するために設置される横断排水施設は、規格や設置間隔などの仕様が定められていないため、一部の既設道では排水施設の機能不全により路面侵食等が発生し、道の利用に支障をきたしている路線も見受けられます。そこで、岐阜県内の多くの現場で採用されている土構造の排水施設の適切な仕様を明らかにすることを目的に実態調査と機能評価を行いました。</p> <p>今回は、その調査結果や解析内容について紹介します。</p>
発表方法	パワーポイント、その他(資料配付(概要版) A4×1枚)

森林作業道の土構造による横断排水の機能評価

○和多田友宏・臼田寿生(岐阜県森林研究所)

要旨

- 森林作業道の土の掘り込みと土盛りによる横断排水において、排水施設の状況と越流の有無について調査した
- 排水施設の高さの最小値が25cm以上で、集水区間距離が40m以下の施設については、越流がなかった
- 排水施設の高さの最小値が25cm以上の場合、集水区間距離に関わらず、下方への侵食はなかった

1. 目的

森林作業道の路面水などを処理するために設置される横断排水施設は、規格や設置間隔などの仕様が定められていないため、一部の既設道では排水施設の機能不全により路面侵食等が発生し、道の利用に支障をきたしている路線も見受けられる。そこで、県内の多くの現場で採用されている土構造の排水施設の適切な仕様を明らかにすることを目的に実態調査と機能評価を行った。

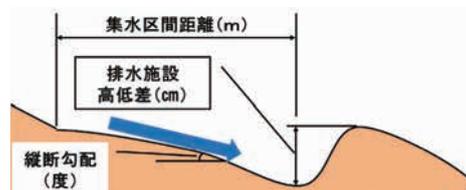
2. 方法

■調査地

調査地	土質※	開設後の経過 年数(年)	既往最大	
			日雨量(mm)	時間雨量(mm)
路線A	砂礫	4	120 (2018/9/4)	43 (2016/8/3)
路線B	砂礫 細粒分まじり礫	3	120 (2018/9/4)	43 (2016/8/3)
路線C	細粒分まじり礫	3	120 (2018/9/4)	43 (2016/8/3)
路線D	細粒分まじり礫	31	275 (2004/10/20)	85 (1998/8/5)
路線E	細粒分まじり礫	12	238.5 (2011/9/20)	108 (2018/7/8)
路線F	細粒分まじり礫	12	238.5 (2011/9/20)	108 (2018/7/8)
路線G	細粒分まじり礫	11	238.5 (2011/9/20)	108 (2018/7/8)

■調査項目

- 縦断勾配(度)
- 集水区間距離(m)
- 排水施設高低差(cm)(MAX・MIN)
- 越流の有無
- 路面侵食の有無

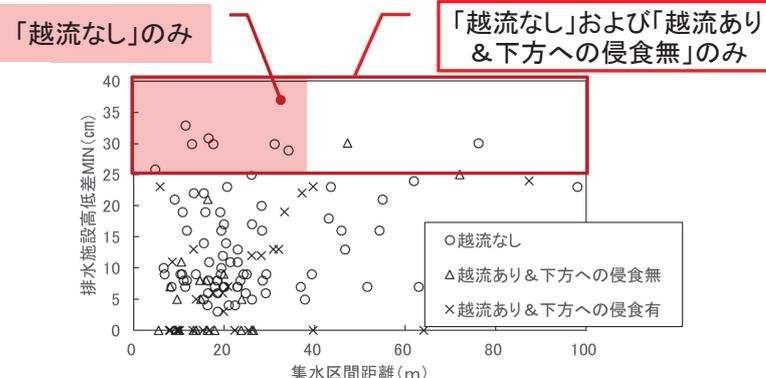


縦断図
(見やすくするため高さ方向に大きく記載している)

調査内容の模式図

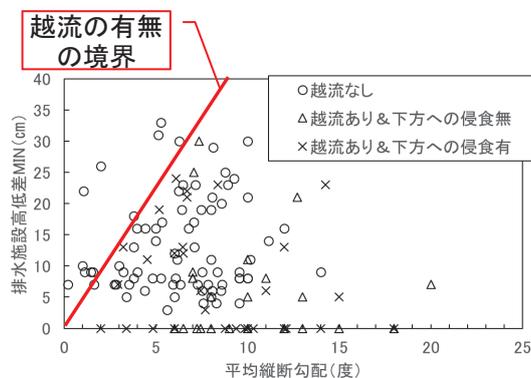
※土質材料の工学的分類体系(中分類)による(参考文献:地盤工学会)

3. 結果と考察



排水施設高低差と集水区間距離※の関係

※「越流有」の下方の施設では累加距離で評価



平均縦断勾配と排水施設高低差の関係

- 排水施設の高さが約25cm以上あり、かつ集水区間距離が40m以下の場合に越流はなかった
- また、排水施設の高さが約25cm以上の場合、集水区間距離に関わらず、下方への侵食はなかった
- 平均縦断勾配および排水施設高低差と越流の有無の関係では、越流の有無の境界において平均縦断勾配と排水施設高低差による比例関係が確認された

98

【考察】

- 排水機能を確保するためには、排水施設高低差を25cm以上かつ集水区間距離を40m以下に保つことが重要であることが示唆された
- 越流させないためには、平均縦断勾配に応じた排水施設高低差を確保する重要性が示唆された

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

発表者名 佐々木 重樹

調査・事例名	スマートウォッチを用いた林業現場の作業状況モニタリング
内 容	<p>スマートウォッチの加速度センサー、ジャイロセンサー及び心拍センサーを用いて、林業現場での作業者の状態がモニタリング可能かを調査した。</p> <p>作業者の左手首(利き腕の反対側)にWear OS by Google対応のスマートウォッチを装着し、3軸方向の加速度センサー及びジャイロセンサーの計測値、心拍数を記録した。作業内容を把握するため、作業者のヘルメットにアクションカメラGoProを装着し動画を撮影した。また、作業者の疲労度を把握するために、作業開始前、休憩の前後に疲労状況をVAS (Visual Analog Scale)で記録するアンケートを実施した。</p> <p>2020年9月から12月の間に、延べ16名の作業者について、下刈り及び伐倒の作業を中心に、一連の付帯作業も含めて作業を記録した。</p> <p>加速度センサー及びジャイロセンサーの出力を周波数分析することで、作業種別に特徴的な動作が検出され、センサーの情報から作業内容を判別できる可能性が示唆された。</p> <p>疲労度と心拍数については連動した変化が観察されたが、個人差もあり、さらなるデータの収集が必要である。また、精神的ストレスについても心拍数データから推定できる可能性がある。</p>
発表方法	パワーポイント

スマートウォッチによる林業現場の 作業状況モニタリング

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
森林資源利用科 佐々木 重樹

共同研究機関：鹿児島大学、日本ユニシス（株）

1

林業と労働災害



- 他産業に比べ労働災害が非常に多い産業である

2

林業現場の労働環境としての特性

- 各作業者が離れた場所で作業を行うことが多い
 - 近接していると危険になる場面も多い
- 作業員個々の注意力に頼らざるを得ない
- 作業員の位置や状況を他の作業員が察知するのが困難
 - 接触や衝突による災害
 - 被災の発見が遅れることで被害は大きくなる



3

個人の注意力をIoTで補う

- IoT(Internet of Things)
 - 数多くのセンサーを通信でつなぐ技術
- 林業分野でも活用できる可能性
 - 作業状況を把握し、異常を検知
 - 通信により他の作業員、事務所等に通知



目的

- センサーで作業状況の判別が可能か？
- 疲労度を検知可能か？

4

スマートウォッチ

- 腕時計型の機器の中にコンピューターと通信機能、各種センサーを内蔵し、アプリを実行可能
- 加速度センサー・ジャイロセンサー：手首の動きを検知する
- 心拍センサー：心拍数を計測可能
- 比較的安価に入手できる



5

計測方法

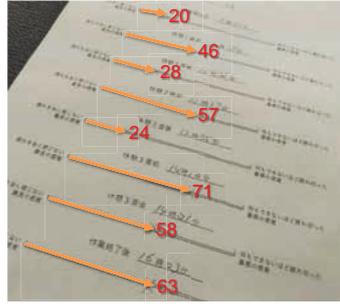
- スマートウォッチ用の計測アプリを試作
- 作業員にスマートウォッチとビデオカメラを装着しデータ収集
- スマートウォッチの計測値とビデオ画像の作業内容を照合して分析



6

疲労度の計測

- 疲労の主観的要素はアンケートで把握
 - VAS(Visual Analog Scale) : 直線上に疲労の感じ方を「×」印で記録し、線分の長さを計測して数値化



7

2020年度の調査

- 静岡県内の林業事業体に協力を依頼
- 実施期間：2020年9月～12月
- 県内6箇所の現場、延べ16名の作業者を対象に実施
- 作業は下刈り及びチェーンソー伐倒を中心に、付帯する作業も同時に計測

8

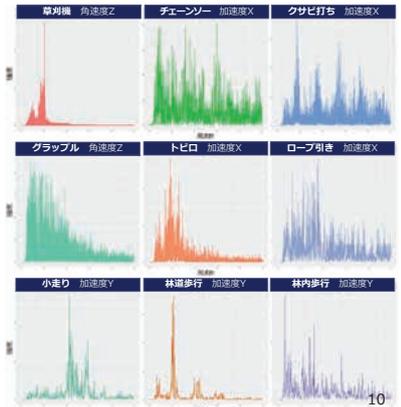
3軸加速度・角速度（スマートウォッチの座標系）



9

手首の動きからの作業判別

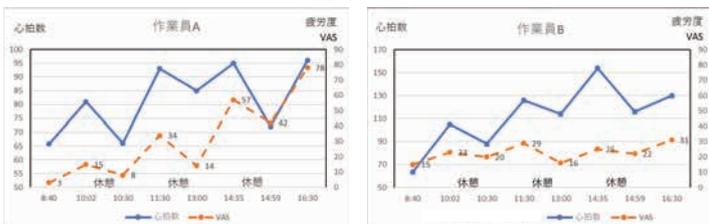
- 加速度センサー・ジャイロセンサーの周波数分析の結果、作業別に特徴的な動作が検出できた
- センサーの情報から作業内容を判別できる可能性がある



10

疲労度と心拍数の関係

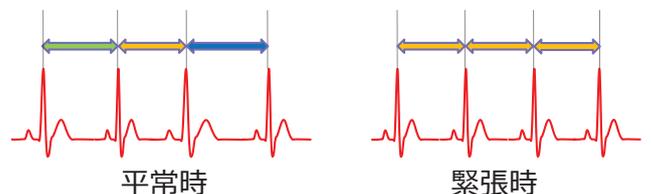
- 作業員の自覚する疲労度と心拍数は連動する傾向が見られた
- 個人差が大きい



11

心拍数と精神的ストレスの関係

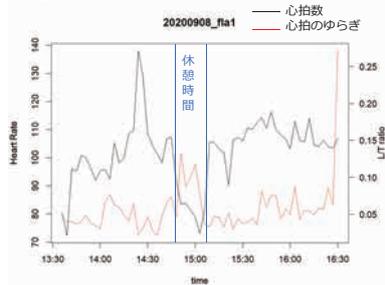
- 心拍の間隔は常に長くなったり短くなったりしている ⇒ 「心拍の揺らぎ」
- 精神的ストレスが高まると長さの変化（揺らぎ）が小さくなる



12

心拍数の揺らぎの変化

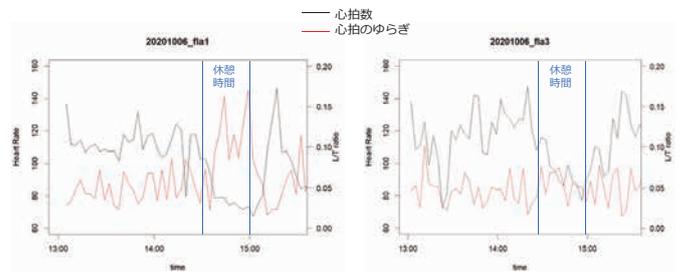
- 作業時間と休憩時間を比較すると、休憩時間の方が心拍のゆらぎが大きい傾向が見られた



13

心拍数の揺らぎの変化

- 傾向が現れなかった例もある。引き続き調査分析が必要



14

まとめ

- スマートウォッチに内蔵されたセンサーを使用して、林業現場での作業者の作業状況を検知できる可能性がある
- 作業者の疲労、ストレスの状況についても、センサーを使って推定できる可能性がある
- さらに多くの作業員、作業種を調査し、データを一般化して判別方法を明らかにする必要がある

15

今後の展開

- スマートウォッチを活用して林業現場の安全に役立つ機器・サービスの開発
 - 作業状況判別手法の確立
 - 森林内における無線通信技術の有効性の検証 (LPWA等)
 - 作業員の接近検知手法の検討



16

御清聴
ありがとうございました。

最新の研究成果や旬の話題をYouTubeチャンネルで配信中！
是非ご覧ください！

https://www.youtube.com/channel/UCTjdTosARpVUFUIX_tyY95A

17

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 長野県林業総合センター

発表者名 市原 満

調査・事例名	背負い式コンテナ苗用植穴掘機の生産性について
内 容	<p>コンテナ苗の普及に伴い、植栽作業における機械化が検討されている。</p> <p>植穴掘機としては過去にアースオーガ等が用いられたが実際には普及しなかった。</p> <p>令和3年1月に植穴掘機による植栽が獣害防護柵とセットで実施された事例があったので、その生産性を調査し、これまでに報告されているコンテナ苗用のディブル、スペードと比較したので報告する。</p>
発表方法	パワーポイント

背負い式コンテナ苗用 植穴掘機の生産性について

長野県林業総合センター 指導部
林業専門技術員 市原 満

既製の植穴掘機は重くて使えない



エンジンとドリルが分割・背負い式の
機械が発売

重量 エンジン部 6.0kg
ドリル部 4.0kg
植穴 φ6cm 深さ20cm
価格 30万円(税別)

(林業ニュース第599号2019.2.20から)



はじめに

昭和年代



植穴掘機（アースオーガ）による植林

昭和20年代後半から昭和30年代後半にかけて盛んに行われた植林作業を機械化するために導入されましたが、運搬等の困難さから、普及には至りませんでした。現在でも植林の主流は労働による手植えです。



出典：長野県林業総合センター 50周年記念誌

調査地概要

長野県下伊那郡根羽村

標高 830m
斜面 南西向き斜面
土壌 適潤性褐色森林土 Bd
Ao層 厚い
石礫無し

作業内容 コウヨウザン植栽
獣害防除資材設置
作業人員 2名



結果

植穴掘り + 資材設置

A氏	作業時間 合計	平均作業 時間	作業割合
Ao除去	0:03:28	0:00:07	10.73%
穴掘り	0:04:24	0:00:09	13.62%
資材建て	0:09:42	0:00:20	30.03%
移動	0:06:18	0:00:13	19.50%
その他	0:09:08	0:00:17	28.28%
調査時間	0:32:18		
サイクルタイム		0:00:50	

コンテナ苗植栽 + 資材固定

B氏	作業時間 合計	平均作業 時間	作業割合
苗木準備	0:02:30	0:00:05	6.19%
投げ入れ	0:04:08	0:00:08	10.23%
植え付け	0:02:33	0:00:05	6.31%
施肥	0:03:25	0:00:06	8.46%
筒打ち	0:10:40	0:00:20	26.40%
移動	0:10:10	0:00:19	25.17%
その他	0:07:10	0:00:13	17.74%
調査時間	0:40:24		
サイクルタイム		0:01:03	

2人で植栽と獣害防除資材設置を分担

考察

【植穴掘機を使用】

• 1時間当たり植栽本数 85.7本/時

【スピード、ディブル等を使用】

• 1時間当たり本数 63~141本/時

(大矢(2016))

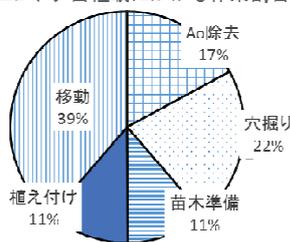
植栽工程のみで検討 — 総作業時間は42秒/本

作業別分析	作業時間
コンテナ苗植栽	
Ao除去	0:00:07
穴掘り	0:00:09
苗木準備	0:00:05
植え付け	0:00:05
移動	0:00:16

(1本当たり)

ほるほるくんが必要なのは 9秒/本(22%)

コンテナ苗植栽にかかる作業割合



ちなみに

調査当日現地へ行ったところ

作業員はスピードで作業していました...

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 富山県農林水産総合技術センター森林研究所

発表者名 関子光太郎

調査・事例名	里山コナラ林における伐出工期と収量について
内 容	コナラなどの広葉樹については利用材積や伐出作業の工期に関する十分な資料がないことから、収量予測や伐出経費の見積などを実用的な精度で行えないのが実態である。そこで里山コナラ林における素材生産収量や伐出作業の工期について調査を実施したので報告する。
発 表 方 法	パワーポイント

里山コナラ林における 伐出工期と収量について

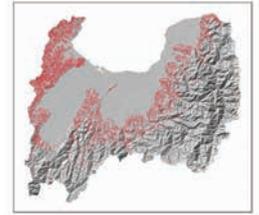
図子光太郎*・中島春樹*・鈴木秀典**・中澤昌彦**・伊藤崇之**

*富山県農林水産総合技術センター 森林研究所
**森林総合研究所

目的

富山県にはスギ林にほぼ匹敵する464 km²のコナラ林が分布する。近年、菌床用おが粉原木や木質バイオマス発電所向け燃材としてコナラなど広葉樹材の需要が増加している。

広葉樹の利用材積や伐出作業の生産性などについては十分な資料がなく、収量予測や伐出経費の見積などを実用的な精度で行えないのが実態である。



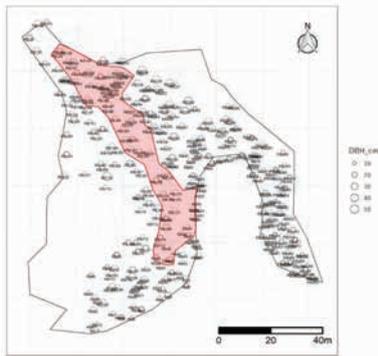
富山県内のコナラ林分布

本研究ではコナラ林における伐出作業の生産性や素材収量について調査を行い、**収量推定モデルおよび作業工期モデルの構築を試みた。**

調査地



調査地位置図



立木位置図と工期調査区の配置

■：工期調査区

蔵原事業地

- 所在地：南砺市蔵原
- 施業種：更新伐（保残伐）
- 事業地面積：0.67 ha
- 調査区面積：0.11 ha

調査方法

作業工期調査

ビデオカメラの撮影画像を使用した作業時間解析。

作業システム（車両系）

伐木工程 → 木寄工程 → 造材工程 → 集材工程



収量調査

造材*した丸太の材長、末口径および元口径を測定。スマリアン式により丸太材積を算出。

*最小利用径をおおよそ10 cmとして採材。

伐採木の概要

伐採木の各種統計量

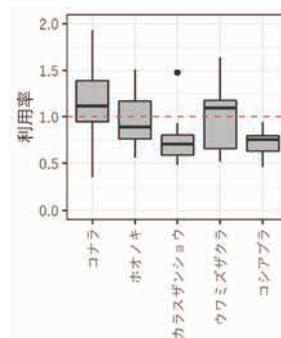
樹種	幹数	平均直径	平均樹高	平均幹材積	幹材積合計
	本	cm	m	m ³	m ³
コナラ	71	24.6	12.3	0.31	22.12
その他	39	15.8	10.2	0.13	5.02
合計	110	21.5	11.5	0.44	27.14

コナラを除く頻出樹種

樹種	幹数	幹材積合計
	本	m ³
ウワミズザクラ	7	1.19
イヌシデ	2	0.96
カラスザンショウ	1	0.71
ホオノキ	7	0.67
コシアブラ	4	0.44



幹材積と利用材積の関係



$$\text{利用率} = \frac{\text{利用材積}}{\text{幹材積}}$$

幹材積の算出
林野庁計画課2変数
材積式利用

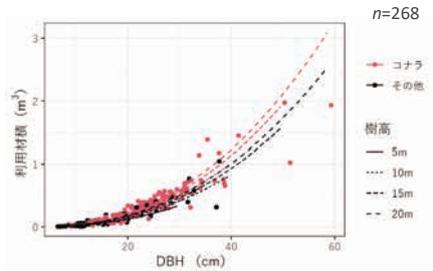
利用率の樹種別比較
n=268

利用材積式



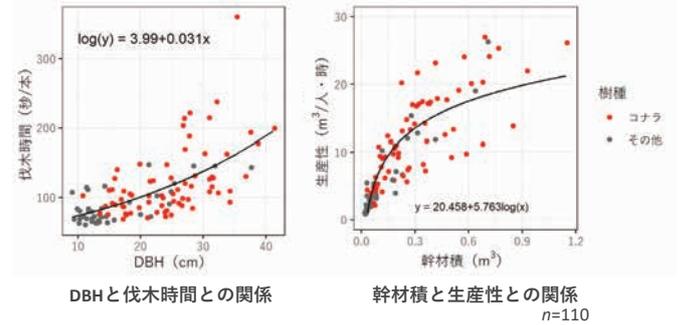
利用材積式の係数推定

	Estimate	Std. Error	t value	p
(Intercept)	-9.504	0.178	-53.285	<0.001
log(DBH)	2.412	0.064	37.422	<0.001
log(H)	0.273	0.072	3.774	<0.001
その他樹種	-0.199	0.044	-4.539	<0.001



DBHおよび樹高と利用材積との関係

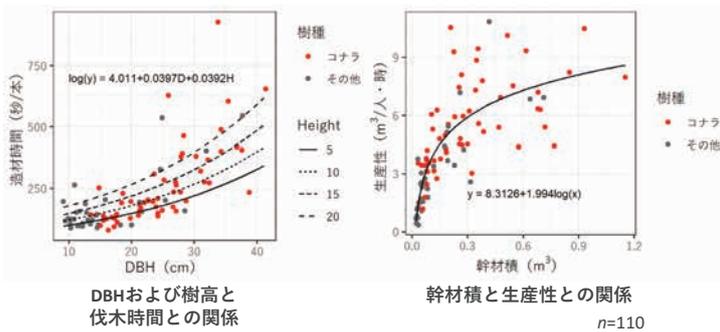
伐木生産性



DBHと伐木時間との関係

幹材積と生産性との関係
n=110

造材生産性



DBHおよび樹高と伐木時間との関係

幹材積と生産性との関係
n=110

システム生産性



工程別の作業時間と生産性

工程	時間	生産性 m³/人・時
伐木	3.54	9.92
木寄*	4.15	8.46
造材	5.77	6.08
集材**	4.16	8.44
システム全体	17.62	1.99

*木寄でのウインチ利用は無し。
**平均集材距離：204m

まとめ



- コナラは他の広葉樹に比べ、高い利用率を示した。
- 直径と樹高から利用材積を求めるモデル式を作成した。
- 個体サイズから伐木および造材の作業時間を推定するモデル式を作成した
- 伐木および造材工程について樹種による明瞭な差は認められなかった。
- 本調査地における車両系システムを用いた広葉樹伐出作業の生産性はおおよそ2m³/人・時であった。

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 山梨県森林総合研究所

発表者名 大地 純平

調査・事例名	ヒノキコンテナ苗と裸苗のニホンジカ食害の比較
内 容	<p>山梨県内で実施した、ヒノキコンテナ苗植栽試験地において、防鹿柵破損によりニホンジカが侵入しました。</p> <p>その際のニホンジカ食害による被害がヒノキコンテナ苗、裸苗で差異が見られましたので情報提供いたします。</p>
発 表 方 法	その他(資料配付 A4×1枚)

ヒノキコンテナ苗と裸苗のニホンジカ食害の比較

一貫作業システムにおいて、「コンテナ苗」は伐採、地拵えから植栽までの工程を効率的に行うためのキーアイテムの一つとして注目されている。山梨県でもヒノキ、カラマツのコンテナ苗植栽が始まっており、今後その植栽本数は増えていくものと考えられる。

一方で、ヒノキコンテナ苗を用いた植栽試験の過程で、ヒノキコンテナ苗と裸苗のニホンジカ食害を3試験地で比較したところ、ヒノキコンテナ苗の被害が植栽木の73~100%であったのに対し、裸苗は30~36%の被害に止まっており、ニホンジカはヒノキコンテナ苗を選択的に採食する傾向がみられた。

表1 試験地の概要

都留試験地	南部試験地	研究所実習林
		
所有: 県有林 面積: 1600m ² 標高: 1072m 傾斜: 30° 斜面方位: 南	所有: 私有林 面積: 862m ² 標高: 885m 傾斜: 20° 斜面方位: 南	所有: 県有地 面積: 900m ² 標高: 700m 傾斜: 10° 斜面方位: 南東



写真1 植栽地内のニホンジカ

ヒノキコンテナ苗および比較用ヒノキ裸苗について

○ヒノキコンテナ苗

根鉢容量150cc、樹高35cm上(平均45.6cm)、愛知県産2年生苗

○比較用ヒノキ裸苗

樹高65cm上(大苗、平均65cm、県有林採用基準)

植栽本数はコンテナ苗、裸苗ともに**県有林植栽基準の2700本/ha**とした。

表2 各試験地のニホンジカ食害率 [%]

	都留試験地	南部試験地	研究所実習林
コンテナ苗	100	73	72
裸苗	31	36	30



写真2 葉の食害



写真3 引き抜き

令和4年度
関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
森林作業の最適化に関する研究会

令和4年8月4日（木）～令和4年8月5日（金）

森林総合研究所

令和4年度 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
森林作業の最適化に関する研究会

参加者

機関名	役職	氏名
富山県農林水産総合技術センター 森林研究所	副所長	関子 光太郎
長野県林業総合センター	課長補佐兼 林業専門技術員	市原 満
	主任研究員	大矢 信次郎
愛知県森林・林業技術センター	主任研究員	藏屋 健治
静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	上席研究員	佐々木 重樹
	主任研究員	野末 尚希
山梨県森林総合研究所	研究員	武居 正道
	研究員	大地 純平
山梨県林政部森林整備課	緑化推進監	齋藤 寛
新潟県森林研究所	研究員	清水 達哉
岐阜県森林研究所	専門研究員	臼田 寿生
	専門研究員	和多田 友宏
森林総合研究所	研究ディレクター	陣川 雅樹
	地域連携戦略室長	島田 健一
	林業工学研究領域長	毛綱 昌弘
	産学官連携・ 知財戦略室長	吉田 智佳史
	収穫システム研究室長	中澤 昌彦
	主任研究員	山口 智
	主任研究員	宗岡 寛子
	研究員	中田 知沙
研究員	大塚 大	

※オンライン参加者を含む。

※上記は事前に参加申込をいただいた方（オンラインでの当日参加は自由）。

令和4年度関東中部林業試験研究機関連絡協議会

森林作業の最適化に関する研究会開催要領

1 日時、場所

- (会議) 8月4日(木)13:30～16:00
森林総合研究所 第3輪講室(研究本館北棟2階)
Teamsによるオンライン配信(13:00～接続テスト)
- (現地検討会) 8月5日(金)9:00～12:00
8:30 森林総研発(事業用車)
8:45 牛久シティホテル駅前館、または牛久駅東口ターミナル
9:00 本社工場(龍ヶ崎市庄兵衛新田町282)
10:30 株式会社諸岡 試験開発・デモセンター(稲敷郡阿見町飯倉)
12:00 解散(ひたち野うしく駅、または森林総研)

2 提出資料

ご提出いただく資料は、下記様式1～3およびスライド等PDF資料です。各提出期限までに事務局までご報告ください。

- | | |
|----------------------|---------------|
| ○様式-1 参加申し込み票 | 提出期限:7月15日(金) |
| ○様式-2 研究会に対する提案、要望事項 | 提出期限:7月29日(金) |
| ○様式-3 調査、事例報告に関する事項 | 提出期限:7月29日(金) |

3 議題

*各発表は5分程度でお願いします。

1. 提案・要望事項について
 - 長野県 「グラップルの「用途外使用について」
 - 静岡県 「木材生産におけるCO₂収支(固定量・発生量)の把握について」
2. 各都県の研究情報交換
 - 富山県 「森林航空レーザ計測結果の精度検証と活用事例の紹介」
 - 愛知県 「林業用ドローンによる苗木等の運搬」
 - 山梨県 「山地帯でのUAVを用いた荷物運搬試験について」
「山梨県における森林業務、作業のスマート化について」
「素材生産性向上に着目した工程管理手法の検討」
 - 岐阜県 「森林路網計画支援マップの作成」
 - 静岡県 「スマートウォッチを用いた林業現場の作業状況モニタリング(2)」
 - 新潟県 「植栽初期の生残・成長から評価した育苗用コンテナ仕様」
 - 森林総研 「複層林(ヒノキ漸伐)における収穫作業の下層木損傷と主作業費」
「フォワーダ集材工程における労働負担の解明」
3. 次期会長県の選出について
4. 今後の研究会の目標、取り組みについて
5. その他
連絡事項等

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 富山県農林水産総合技術センター森林研究所

発表者名 関子光太郎

調査・事例名	森林航空レーザ計測結果の精度検証と活用事例の紹介
内 容	<p>近年、航空レーザ計測の普及により、高精度な森林資源情報の把握が可能となり、森林利用学分野においてもその活用が期待されている。富山県においても大部分の私有林において航空レーザ計測が実施され、高精度森林資源量情報の利用が可能となった。そこで、こうした情報の林業現場への提供に先立ち、データの精度検証を実施するとともに、その活用方法について検討したので報告したい。</p>
発表方法	パワーポイント

2022/08/04



航空レーザー計測の精度と活用

森林研究所 関子 光太郎

目的



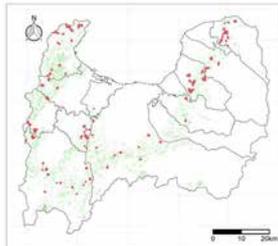
航空レーザー計測によって取得した森林資源量および標高に関するデータの精度を検証し、その実用性などについて検討する。

実測値との比較



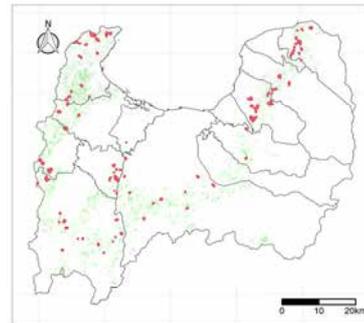
富山県農林水産公社営林資源量調査

- 調査時期：2015 - 2017
- プロット数：634
- プロット面積：400 m²
- 対象樹種：スギ
- 調査方法
 - 樹高：レーザー樹高計測器
超音波樹高計測器
 - 直径：直径巻き尺



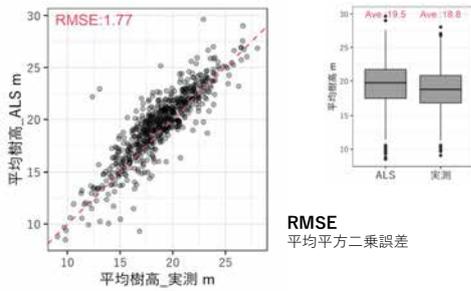
精度検証に用いた毎木調査プロット (634地点)

ALSデータの精度検証



精度検証に用いた毎木調査プロット (634地点)

樹高

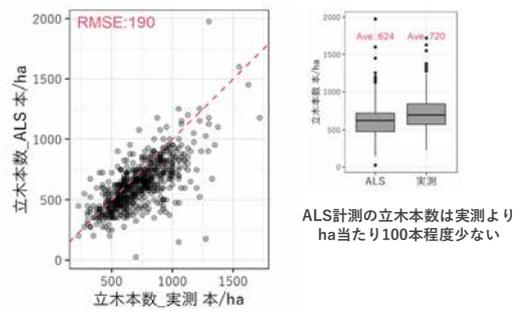


RMSE
平均平方二乗誤差

樹高における実測とALS計測の比較

ALSは樹高に関して実用的な精度を有する

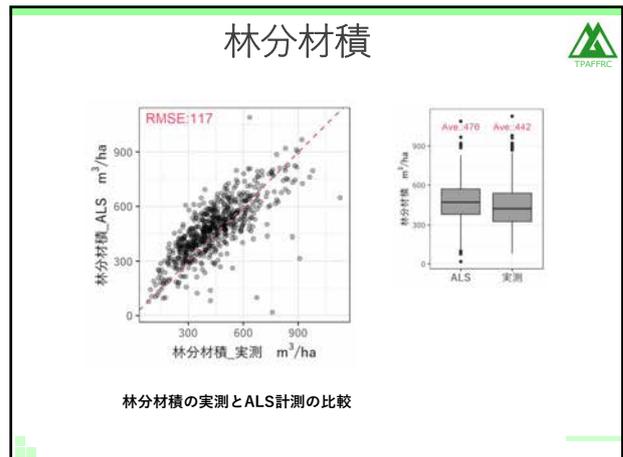
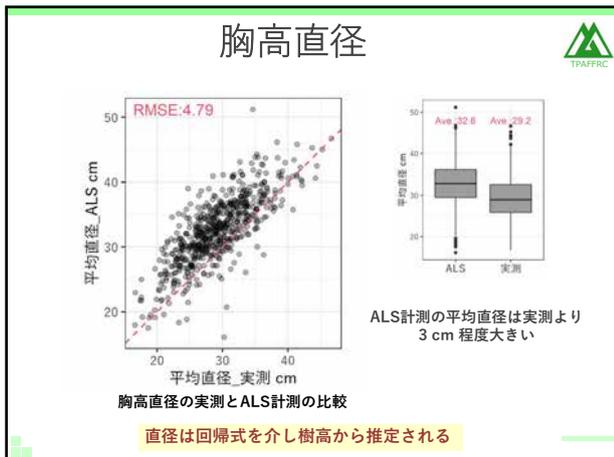
立木本数



ALS計測の立木本数は実測より
ha当たり100本程度少ない

立木本数における実測とALS計測の比較

ALSでは被圧木の認識は困難



林分統計量間の精度比較

平均平方二乗誤差率 (%)

本数	樹高	直径	林分材積
2.45	1.03	1.78	3.04

ALS計測による樹高測定値の精度は高いが立木本数や林分材積の精度は低い

樹高誤差と地形因子の関係

解析方法: GLM
目的変数: RMSPE
説明変数: 地形因子

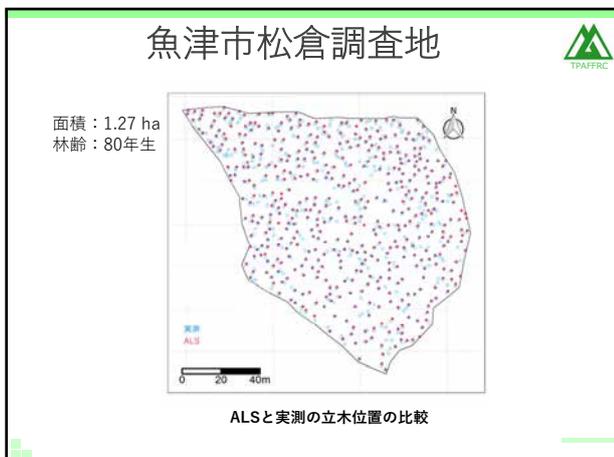
解析結果

GLMによる樹高誤差(RMSPE)の解析結果

Characteristic	Beta	95% CI ¹	p-value
(Intercept)	-0.55	-0.81, -0.29	<0.001
Slope	1.0	0.50, 1.5	<0.001
ProfileCurvature	-11	-25, 2.6	0.10
RelativeSlopePosition	-0.37	-0.68, -0.06	0.015

¹ CI = Confidence Interval

急傾斜地、斜面下部では誤差が増加



ALSと実測の林分統計量の比較

	立木本数	平均直径 cm	平均樹高 m	幹材積 m³	林分材積 m³
実測	659	46.0	29.3	2.16	1,421
ALS	481	45.8	30.0	2.15	1,036

特定林分の資源量を高精度に把握することは困難。立木の売買などに用いることはできるか・・・？



活用例

素材生産経営収支 - 富山県農林水産公社営林の事例 -



目的

航空レーザ計測により取得した森林資源量データをもとに、公社営林の資源量および素材生産を実施した場合の経営収支を明らかにする。

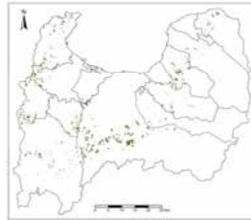
公社営林資源情報解析



令和3年度富山県農林水産公社森林資源情報解析業務委託
請負者：中日本航空株式会社 富山支店

業務内容

- 公社営林小班ポリゴンの調整
- 小班ポリゴンと台帳情報との関連付け
- 小班ポリゴンと航空レーザ計測森林資源情報との関連付け
- 小班単位の林分統計量の算出



公社営林小班ポリゴン

小班数：3604
総面積：7408 ha
(契約面積：7459ha)

経営収支算出条件



仮定素材単価

- A材単価：13,000 円/m³
- B材単価：10,000 円/m³
- C材単価：4,000 円/m³

伐出作業

- 伐木：チェンソー
- 木寄せ：ウインチ付きグラブ
- 造材：ハーベスタ
- 集材：フォワーダ
- 作業路網密度：170 m/ha
- 路網作設：バックホウ

間接経費

運搬費、販売手数料、付帯人件費、諸経費

表 経費推定に使用した機械頭数

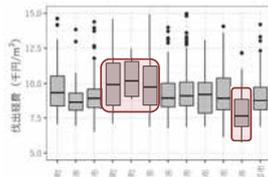
機械種別	機械価格 円	標準使用年数 年	年間運転標準時間 日	年間管理費率 %	維持修理費率 %	残存率 %	燃料率 % x10 ⁻⁶	燃料 燃料費	
								円/日	円/日
チェンソー	184,000	3	150	8	75	7	4,267	785	456
用広い機	49,000	5	130	8	50	7	2,815	137	415
ハーベスタ	19,600,000	8	180	9	55	14	1,422	27,862	7,252
グラブ	13,400,000	8	200	9	40	14	1,191	15,961	7,252
フォワーダ	6,500,000	8	130	9	70	12	2,122	13,794	3,182
バックホウ	7,670,000	9	180	10	35	14	1,302	9,989	5,219

伐出経費



表 市町別の伐出経費

市町	スギ林面積 ha	素材取量 m ³	伐出経費 千円
朝日町	167	44,066	420,149
黒部市	43	13,437	112,112
魚津市	358	92,076	830,213
上市町	137	31,328	305,745
立山町	4	701	7,221
富山市	1,340	297,585	2,920,304
砺波市	215	61,809	568,223
南砺市	381	109,220	1,004,860
射水市	25	7,218	63,091
高岡市	253	69,284	619,041
氷見市	257	91,261	692,380
小矢部市	266	78,244	669,995
合計	—	3,446	896,230
			8,213,333



単位材積伐出経費の市町別比較

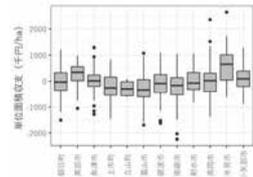
氷見市の経費は突出して低く、富山管内の経費は総じて高い。

素材生産経営収支



表 市町別の伐期林分経営収支

市町	素材販売収益		伐出経費		経営収支 千円
	千円	千円	千円	千円	
朝日町	408,293	420,149	-	11,856	
黒部市	129,036	112,112	-	16,924	
魚津市	824,788	830,213	-	5,425	
上市町	276,261	305,745	-	29,484	
立山町	6,050	7,221	-	1,171	
富山市	2,500,682	2,920,304	-	419,623	
砺波市	537,754	568,223	-	30,469	
南砺市	939,567	1,004,860	-	65,293	
射水市	64,691	63,091	-	1,599	
高岡市	627,359	619,041	-	8,318	
氷見市	845,943	692,380	-	153,563	
小矢部市	715,342	669,995	-	45,347	
合計	—	7,875,764	8,213,333	-337,569	



単位面積経営収支の市町別比較

収支マイナスとなる市町が多いが、氷見市では大部分の林分が収支プラスとなる。

主伐を推奨できる小班



表 利根川(003)16号地区を別分

市町	事業種	林班 小割	森林組合収益		伐出要件		採算状況	
			坪	坪	坪	坪		
利根川	森林 (1)	1 10	3,335	2,891	954			
利根川	森林 (1)	1 11	4,362	2,899	1,463			
利根川	森林 (2)	2 16	7,439	5,154	2,285			
利根川	森林 (3)	1 6	3,337	2,895	942			
利根川	森林 (4)	1 2	5,636	3,963	1,673			
利根川	森林 (5)	1 9	5,814	3,438	1,977			
利根川	森林 (6)	1 11	19,211	7,485	11,726			
利根川	森林 (7)	1 2	4,296	3,392	1,084			
利根川	森林 (8)	1 11	3,966	2,162	904			
利根川	森林 (9)	1 16	4,509	3,079	1,431			
利根川	森林 (10)	1 10	8,136	5,836	2,300			
利根川	森林 (11)	1 10	3,987	2,723	1,264			
利根川	森林 (12)	1 10	8,822	5,474	2,948			
利根川	森林 (13)	1 11	17,432	12,843	4,589			
利根川	森林 (14)	1 9	28,456	17,225	11,231			
利根川	森林 (15)	1 11	20,511	13,626	6,885			
利根川	森林 (16)	1 10	5,393	3,721	1,672			
利根川	森林 (17)	1 11	28,564	17,158	11,406			
利根川	森林 (18)	1 9	4,326	3,229	1,097			
利根川	森林 (19)	1 10	2,840	2,923	83			
利根川	森林 (20)	1 9	29,427	14,786	14,641			
利根川	森林 (21)	1 10	5,408	3,585	1,823			
利根川	森林 (22)	1 9	11,617	7,848	3,769			
利根川	森林 (23)	1 9	8,812	6,231	2,581			
利根川	森林 (24)	1 10	21,961	13,423	8,538			
利根川	森林 (25)	1 10	7,508	5,929	1,579			
利根川	森林 (26)	1 10	9,200	6,439	2,761			
利根川	森林 (27)	1 11	12,665	8,692	3,973			
利根川	森林 (28)	1 11	19,485	13,662	5,823			
利根川	森林 (29)	1 10	14,459	10,166	4,293			
利根川	森林 (30)	1 10	6,102	4,425	1,677			
利根川	森林 (31)	1 10	18,311	4,480	13,831			
利根川	森林 (32)	1 10	8,332	5,913	2,419			
利根川	森林 (33)	1 10	16,521	11,640	4,881			
利根川	森林 (34)	1 9	3,147	2,485	762			
利根川	森林 (35)	1 2	25,126	18,245	6,881			
合計			379,684	262,246	117,438			

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 愛知県森林・林業技術センター

発表者名 藏屋健治

調査・事例名	林業用ドローンによる苗木等の運搬
内 容	<p>森林資源の循環利用を推進していく中で伐採後の再生林に係る費用の増加が問題となっており、再生林を行うための資材等の運搬に係る労働負荷の軽減や低コスト化が望まれている。これらを解消するため、県内の植栽地において林業用ドローンによる苗木等の運搬を試みた。</p> <p>その結果、ドローンによる運搬は、1人日当たり約500～750kgの運搬能力を有しており、人力運搬に比べて約2.5～2.8倍の運搬量があることが分かった。また、資材1kg当たりの運搬経費（人件費のみ）は、人力運搬では約83円に対しドローン運搬では約31円となり、約50円の経費節減につながることも分かった。また、今回の実証結果から、ドローンの往復に係る飛行時間は、100m延長するごとに約35秒伸びること、運搬距離に関係なく下り運搬が上り運搬に比べて約30秒多く掛かることも分かった。</p>
発表方法	パワーポイント もしくはPDF

林業用ドローンによる 苗木等の運搬

愛知県森林・林業技術センター
主任研究員 蔵屋 健治

はじめに

○背景

●循環型林業の推進



愛知県での実証

○使用したドローン



森飛 -MORITO- (株マゼックス製)

機体寸法	全長980mm × 全幅980mm × 全高752mm
プロペラ数	4枚
総重量	10.7kg (バッテリー含まず)
最大飛行時間	30分
最大飛行速度	30 km/h (通常モード) 58 km/h (高速モード)

自動フック



愛知県での実証

○使用したドローン

	自動飛行&ウインチ型 (1オペレーション型)	2オペレーション型
運搬方法	出発点に操縦者を1名配置して、自動飛行	出発点と荷下ろし地点にそれぞれ操縦者を配置(2名)して手動飛行
運搬可能量	8kg (ウインチの限界値)	10.4kg
荷下ろしの方法	ウインチによりワイヤを下げ、地面に設置させて切り離す	操縦により飛行高度を下げて地面に設置させ切り離す
メリット	操縦者一人で運行可能なため、人件費の抑制に繋がる	ウインチが非搭載のため、運搬可能量が多くなる

愛知県での実証

○実証地



実証地の概要

○豊田市内の実証地 ①

実施場所	愛知県豊田市神殿町山ノ入地内
植栽面積	1.34ha
運搬量	コナラ苗(コンテナ苗) 1800本 1フライト当たり30本(平均7.5kg)
運搬距離	29~145m (水平距離) 10~60m (高低差)

実証地の概要

○神殿町山ノ入地内（苗木運搬）



7

実証地の概要

○豊田市内の実証地②

実施場所 愛知県豊田市神殿町中切地内
 植栽面積 0.40ha
 運搬量 コナラ苗(コンテナ苗) 480本
 1フライト当たり30本(平均7.5kg)
 単木保護資材 480本
 1フライト当たり平均9.5kg
 運搬距離 15~100m(水平距離)
 -48~10m(高低差)

8

実証地の概要

○神殿町中切地内（苗木、単木保護資材運搬）



9

実証地の概要

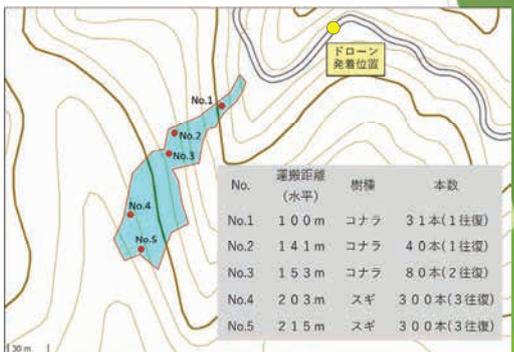
○豊根村の実証地

実施場所 愛知県北設楽郡豊根村上黒川字久羅沢地内
 植栽面積 0.40ha
 運搬量 スギ苗(コンテナ苗) 600本
 1フライト当たり100本(平均10.2kg)
 コナラ苗(コンテナ苗) 150本
 1フライト当たり平均37.5本(平均8.2kg)
 獣害防止柵資材 467m
 1フライト当たり平均8.5kg
 運搬距離 90~231m(水平距離)
 25~95m(高低差)

10

実証地の概要

○豊根村上黒川字久羅沢（苗木運搬）



11

実証地の概要

○豊根村上黒川字久羅沢（獣害防止柵運搬）



12

実証地の概要

○豊根村でのドローンの飛行経路



13

実証地の概要

○豊根村での調査の様子



14

実証結果

○豊田市神殿町山ノ入 (時間計測結果)

平均運搬距離 (水平) 8.6 m

	調査項目	平均時間	人力運搬 ※3 (推定値)
苗木運搬	往路+荷下ろし+復路 (A)	1分39秒	1回当たり 20分 往路15分 復路5分
	荷掛け (B)	40秒	
	荷掛け+ バッテリー交換 (C)	1分37秒	
	1フライト当たりの合計 A+(6*B+C)/7 ※1	2分27秒	
	1日当たり運搬量 ※2	1,570kg/2人	

※1 7フライトに1回バッテリーを交換
※2 ドローン1フライト当たり10kg運搬、人力1回あたり15kg運搬、
1日6.4時間(8.0時間のうち小休憩等で20%使用)と仮定
※3 人力運搬は、森林組合等の間取りにより試算

15

実証結果

○豊田市神殿町中切 (時間計測結果)

平均運搬距離 (水平) 6.2 m

	調査項目	平均時間	人力運搬 ※3 (推定値)
苗木保護材運搬	往路+荷下ろし+復路 (A)	2分02秒	1回当たり 20分 往路15分 復路5分
	荷掛け (B)	29秒	
	荷掛け+ バッテリー交換 (C)	1分27秒	
	1フライト当たりの合計 A+(4*B+C)/5 ※1	2分43秒	
	1日当たり運搬量 ※2	1,410kg/2人	

※1 5フライトに1回バッテリーを交換
※2 ドローン1フライト当たり10kg運搬、人力1回あたり15kg運搬、
1日6.4時間(8.0時間のうち小休憩等で20%使用)と仮定
※3 人力運搬は、森林組合等の間取りにより試算

16

実証結果

○豊根村上黒川字久羅沢 (時間計測結果)

平均運搬距離 (水平) 18.5 m

	調査項目	平均時間	人力運搬 ※3 (推定値)
苗木運搬	往路+荷下ろし (A)	1分5秒	1回当たり 30分 往路20分 復路10分
	復路 (B)	49秒	
	荷掛け (C)	1分29秒	
	荷掛け+ バッテリー交換 (D)	2分17秒	
	1フライト当たりの合計 A+B+(2*C+D)/3 ※1	3分39秒	
	1日当たり運搬量 ※2	1,050kg/2人	

※1 3フライトに1回バッテリーを交換
※2 ドローン1フライト当たり10kg運搬、人力1回あたり15kg運搬、
1日6.4時間(8.0時間のうち小休憩等で20%使用)と仮定
※3 人力運搬は、森林組合等の間取りにより試算

17

実証結果

○豊根村上黒川字久羅沢 (時間計測結果)

平均運搬距離 (水平) 17.6 m

	調査項目	平均時間	人力運搬 ※3 (推定値)
獣害防止柵運搬	往路+荷下ろし (A)	1分10秒	1回当たり 30分 往路20分 復路10分
	復路 (B)	1分3秒	
	荷掛け (C)	1分6秒	
	荷掛け+ バッテリー交換 (D)	1分43秒	
	1フライト当たりの合計 A+B+(2*C+D)/3 ※1	3分31秒	
	1日当たり運搬量 ※2	1,090kg/2人	

※1 3フライトに1回バッテリーを交換
※2 ドローン1フライト当たり10kg運搬、人力1回あたり15kg運搬、
1日6.4時間(8.0時間のうち小休憩等で20%使用)と仮定
※3 人力運搬は、森林組合等の間取りにより試算

18

実証結果

○1人1日当たり運搬量

調査項目	1人1日当たり運搬量	
	ドローン運搬	人力運搬
豊田市神殿町山ノ入 苗木運搬	785kg	285kg
		2.75倍
豊田市神殿町中切 苗木・単木保護材運搬	705kg	285kg
		2.47倍
豊根村上黒川字久羅沢 苗木運搬	525kg	195kg
		2.69倍
豊根村上黒川字久羅沢 獣害防止柵運搬	545kg	195kg
		2.79倍

※ 運搬当日の人員、作業量で算出。

19

実証結果

○実証調査（1kg当たり運搬経費）

	1人1日当たり運搬量		運搬経費（1kg当たり）	
	ドローン	人力	ドローン	人力
ドローン	山ノ入	785kg	25円	約31円/kg
	中切	705kg	28円	
	上黒川	525kg	38円	
	上黒川	545kg	37円	
人力	山ノ入	285kg	70円	約83円/kg
	中切	285kg	70円	
	上黒川	195kg	103円	
	上黒川	195kg	103円	

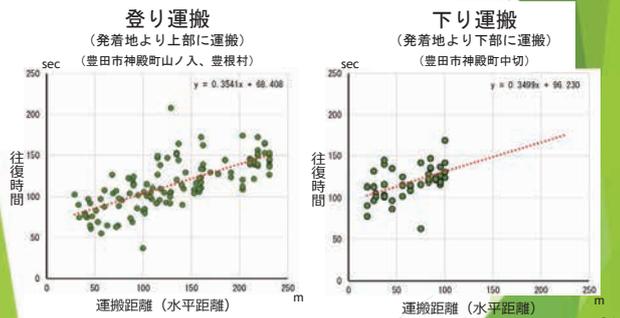
※ 作業員の単価を20,000円/日で計算

※ 運搬経費は、労務のみで算出しており、ドローン本体の経費等は含まれない。

20

実証結果

○運搬距離当たり往復時間



21

まとめ

- ・ドローンによる運搬は、1人日当たり約200～750kgの運搬能力がある。
- ・人力運搬に比べて2.4～2.8倍の運搬量がある。
- ・ドローンの往復時間は、100m延長するごとに約35秒伸びる。
- ・下り運搬のほうが、登り運搬に比べて約30秒多くかかる。

22

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 山梨県森林総合研究所

発表者名 大地純平

調査・事例名	山地帯でのUAVを用いた荷物運搬試験について
内 容	<ul style="list-style-type: none">・背景、目的 サントリーホールディングスとの共同研究である「天然水の森南アルプス」活動の一環として、UAVを使用した山地帯への貨物運搬について検証を行った。・方法 試験では、サイトテック社製UAV「YOROI 6S1750F（離陸最大重量60kg）」を使用し、UAVの運用についてはサイトテック社（山梨県身延町）に委託し、事前の現地調査、必要資材の運搬、試験当日の作業等は協働して行った。 離陸地点（標高約800m）と荷受側（標高約1600m）の標高差は800m、直線飛行距離は2kmで、天候の安定した、令和4年3月10、11日に試験を実施した。・結果① 飛行と最大積載量 7往復（計14フライト）実施し、片道平均飛行時間は8分4秒であった。 試験で使用した機体において、バッテリー交換なし、バッテリー残量30%以上での往復飛行を行う場合、往路13.1kg、復路積載無しで状態の良いバッテリーを使用すれば理論上可能である。また、片道飛行の場合は20kg程度が最大積載量と考えられる。・結果② 費用 1飛行（片道）の費用は63,800円（往復127,600円）となった。
発表方法	資料配付A4×5P、3枚) 飛行映像(1分30秒)

山地帯での UAV を用いた荷物運搬試験について

山梨県森林総合研究所 大地純平

・背景、目的

サントリーの森作業拠点は、麓の登山起点からおおよそ4km、標高差800mの位置にあり、試験資材の運搬や捕獲したニホンジカの運搬などにかかなりの労力を要する。

運搬する資材等については一個口10～30kg程度の重量のものが多く、ヘリのような大口運搬用機材ではオーバースペックとなる。一方で小回りが利くと言われるUAVについても最大積載量、飛行時間（バッテリー性能）、飛行環境の影響などによる制約がある。

本試験では、現状での最適化として、「山麓～サントリーの森作業拠点」間の安定飛行ルートを選定、最適運搬重量、必要資材・人員、費用について明らかにし、サントリーの森におけるUAV荷物運搬の可能性を検討する。

・方法

試験では、サイトテック社製UAV「YOROI 6S1750F（写真1、表1）」を使用し、UAVの運用（離陸地点・飛行コースの選定、運搬スケジュールの調整）についてはサイトテック社（山梨県身延町）に委託し、事前の現地調査、必要資材の運搬、試験当日の作業等は協働して行った。

山地でのUAVによる荷物運搬において、強い風と気圧変化は大きな障害となるため、天候の安定した日を選び、令和4年3月10、11日に試験を実施した。



写真1 UAV「YOROI 6S1750F」

表1 サイトテック社製UAV「YOROI 6S1750F」スペック概要

飛行時寸法	W1,853mm × D1,625mm × H805mm
機体重量	17kg
バッテリー	18000mAh × 3本(12.3kg)
離陸最大重量	60kg(実運用:20kg)
最大飛行高度	2,500m
最大飛行時間目安	12分(20kg積載時)

運搬する荷物は、作業拠点での試験で使用する資材を用い、一個口「10～16 kg」の範囲で調整し、コンテナ、フレコンバックに納め、6 個口（67 kg）を用意した。（写真 2）

試験では、計 6 個口の荷物を運搬し、片道飛行（運搬重量）ごとに、飛行時間、飛行後のバッテリー残量を記録した。



写真 2 UAV 運搬用荷物

・事前準備

試験の事前準備として、サントリーの森作業拠点近くに 100 m²程度の離発着地点を整備した。今回使用した UAV は計算上では麓～サントリーの森作業拠点までの往復が可能であるが、飛行中の環境変化、緊急時の対応などを考慮し、片道飛行ごとにバッテリーを交換する事として、サントリーの森作業拠点にバッテリー 6 個と充電器 2 個（計 30 kg）を事前に運び込んだ。

・飛行ルートを選定

飛行ルートはサントリーの森作業拠点離発着点を「上」、麓離発着点（35° 49' 9.63"N, 138° 16' 43.08"E）を「下」とし、飛行距離約 2,000m で設定した。飛行は離着陸については手動とし、区間移動は自動飛行で行った。（図 1）



図 1 UAV 荷物運搬試験飛行ルート



写真3 サントリーの森作業拠点 離発着点 (上)



写真4 麓側離発着点 (下)

・ UAV 運搬試験当日の動きと結果

試験は令和4年3月10、11日の2日間で実施した。

試験1日目は、サントリーの森作業拠点への先行班と麓側確認作業班で別れて行動し、麓からの UAV 飛行ルート最終確認終了後、UAV パイロット1名がサントリーの森作業拠点まで移動し、午後1時半から試験飛行を開始した。

1日目は大型 UAV での実機での往復移動試験を含め、計4回の飛行試験（2往復）を行った。

試験2日目は天候確認、麓側準備完了後、午前9時より飛行試験を再開し、計10回の飛行試験（5往復）を行った。

飛行試験の結果を表2に示す。本試験において、UAV 飛行中はほぼ無風状態であったため、荷物が風に煽られることによる飛行阻害がほぼなかったことから、運搬重量、運搬方向におけるバッテリー残量（消費量）を比較的正確に計測できたと考えられる（ただし、バッテリー1セット分について、機材確保のため「劣化バッテリー（飛行に支障はない）」を使用せざるを得なかった。）。

表3、表4は運搬方向別にデータを分け、運搬重量順にバッテリー残量を比較したものである。劣化バッテリーを使用した飛行では他と比べて、急速にバッテリー残量が低下しているが、他は概ね順当な残量減比率となっている。

UAV の飛行では、飛行終了時にフェイルセーフとして25～30%のバッテリー残量を残して飛行終了することが多いことから、今回使用した機体で試験飛行区間を往復するためには、状態の良いバッテリーセットを用い、表3、4の赤枠内の組み合わせ（運搬重量13kg以下、空荷での下山）が限界ラインである。

図6は下→上方向のデータを縦軸に荷物重量、横軸にバッテリー残量としてプロットしたものであり、劣化バッテリー分を除くと運搬重量とバッテリー残量は比例関係にあることが分かる。このグラフの近似式を用いて UAV の実運用運搬重量20kgとして、飛行後のバッテリー残量を計算すると約34%となり、フェイルセーフを含めた上での下→上方向の運搬荷物も20kgがほぼ上限と言える。本試験地での往復飛行を実施するためには、①バッテリーの性能向上に期待する、②運搬重量・飛行時間にさらに余裕のある大型 UAV の使用などが考えられる。

・ 運用費について

本試験での UAV 運用の委託費は893,200円であり、試験飛行を含め、1飛行（片道）の費用は63,800円（往復127,600円）となる。事前調査や飛行コース選定などの手数料も含まれるため、ノウハウのある次回以降の飛行ではもう少し費用を抑えられるかもしれないが、歩荷（30kg上限/30,000円）を依頼した場合の4倍程度の費用が必要になるため、現状で UAV 運搬を活用するためには何かしらの工夫、特殊性が求められる。

表 2 UAV 運搬飛行結果

飛行回数	運搬方向	運搬物	運搬重量[kg]	飛行時間(分:秒)	バッテリー残量[%]	備考
2022/3/10						
1	下→上	空荷	0	7:50	68	試験飛行
2	上→下	空荷	0	8:16	60	試験飛行
3	下→上	コンテナ	11.6	8:20	53	
4	上→下	空荷	0	8:20	59	
2022/3/11						
5	下→上	コンテナ	12.5	8:38	49	
6	上→下	荷吊り紐	1.3	7:52	73	
7	下→上	コンテナ	13.1	8:11	50	
8	上→下	荷吊り紐	1.5	7:50	65	
9	下→上	フレコン	11.4	7:33	47	
10	上→下	空荷	0	8:13	76	
11	下→上	フレコン	15.6	8:22	45	
12	上→下	空荷	0	7:40	76	
13	下→上	水タンク200L	9.8	8:14	57	
14	上→下	フレコン(袋)	1.8	7:45	67	
合計			67	80:18		

表 3 下→上方向の運搬重量とバッテリー残量

運搬重量	バッテリー残量	備考
9.8	57	
11.4	47	※劣化バッテリー
11.6	53	
13.1	50	
12.5	49	
15.6	45	

表 4 上→下方向の運搬重量とバッテリー残量

運搬重量	バッテリー残量	備考
0	59	※劣化バッテリー
0	76	
0	76	
1.3	73	
1.5	65	
1.8	67	

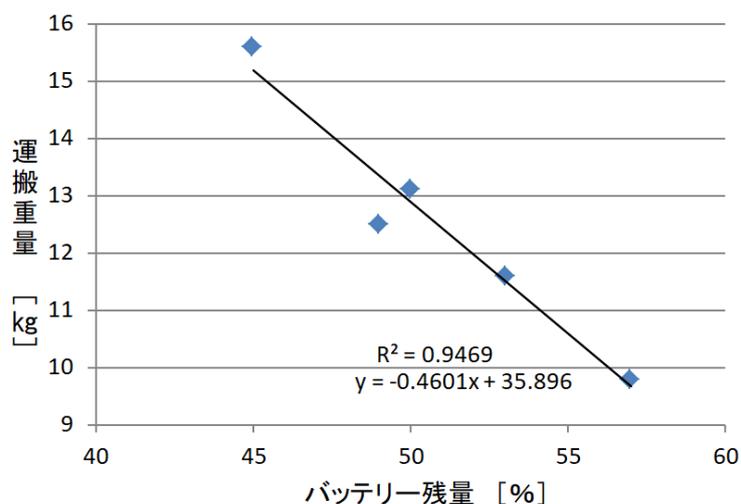


図 2 下→上方向の運搬重量とバッテリー残量 (劣化バッテリー除く)

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 山梨県森林総合研究所

発表者名 大地純平

調査・事例名	山梨県における森林業務、作業のスマート化について
内 容	<ul style="list-style-type: none">・ 背景 スマート林業の推進が全国で進む中で、山梨県でも令和4年度より森林業務、作業のスマート化を推進する「やまなしスマート林業推進事業」がスタートした。 当研究所は関係各課と連携し、研究方面からの支援、共同検証を担当する。・ 現在の取り組み事例(研究所担当) 自走式草刈機を用いた下草刈り省力化の検証 RTK-GNSSの林地での精度検証と活用 UAVを用いた現地確認の省力化 高精度レーザー計測機器を用いた森林計測(治山林道課と共同) 簡易レーザー計測機器等を用いた森林計測(造林補助金申請)
発表方法	資料配付A4×8P、4枚)

事例紹介

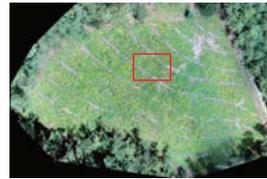
山梨県における森林業務、作業のスマート化の取り組みについて

山梨県森林総合研究所 資源利用科
大地純平
武居正道

現在の取り組み事例(研究所担当)

- UAVを用いた現地確認の省力化
- RTK-GNSSの林地での精度検証と活用
- 自走式草刈機を用いた下草刈り省力化の検証
- 精度レーザー計測機器を用いた森林計測(治山林道課と共同)
- 簡易レーザー計測機器等を用いた森林計測(造林補助金申請)

UAVを用いた現地確認の省力化



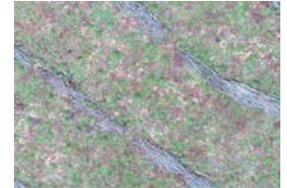
下刈り作業・前



下刈り作業・後



下刈り作業・前(赤枠)



下刈り作業・後(赤枠)

RTK-GNSSの林地での精度検証と活用



市街地でのRTK(VRSC)



晴天でのRTK(VRSC)



林地でのRTK(VRSC)



曇天でのRTK(VRSC)

自走式草刈機を用いた下草刈り省力化の検証



自走下刈機(神刈・前方斜め)と、...



自走下刈機(神刈・横)



自走草刈機視点



操縦者は傍から見ると、...

高精度レーザー計測機器を用いた森林計測(治山林道課と共同)



レーザー計測機「トリンブルX7」



標定点の設置



治山林道課との現地検証



レーザー計測点群(イメージ)

簡易レーザー計測機器等を用いた森林計測(造林補助金申請)



簡易レーザー計測現地検討



簡易レーザー計測イメージ

簡易レーザー計測アプリ

「mapry」



iPhone、iPadに搭載された簡易レーザー計測機(計測距離5m)を用い、総合的な森林計測を支援する。県造林補助金申請時の基礎データとして使用を検討している。

今後

- 研究所の担当項目が多く、それぞれの関連性を考慮しながら作業を進める。
- 情報交換、共同研究の可能性があればぜひご協力をお願いします。

(様式-3)

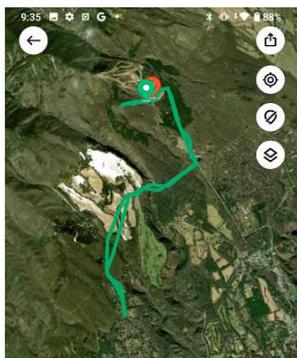
調査・事例紹介

機関名 山梨県森林総合研究所

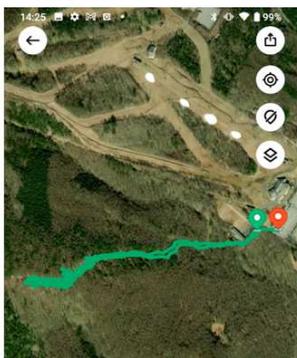
発表者名 武居正道

調査・事例名	素材生産性向上に着目した工程管理手法の検討
内 容	<p>・背景、目的 本県の人工林は、木材として利用可能な50年生以上の割合が6割以上ある一方、生産性は、間伐3.60m³/人日、主伐5.59m³/人日と、全国平均に比べ1割程度低く、が、生産性は、間伐3.60m³/人日、主伐5.59m³/人日と、全国平均に比べ1割程度低いことから、生産性の向上が急務である。 生産性を向上させるために、生産性を把握できる日報データと、現場での作業動線データ等により、生産工程のボトルネックの見つけ方の手法を検討する。</p> <p>・方法と現在の状況 R3年度は、被験者(森林作業員)にスマートウォッチ(Xiaomi社 Mi Watch LITE)を装着したままの作業に慣れてもらうため、防火線修理と収穫間伐でスマートウォッチを森林作業員に装着してもらい、事前調査を行った。 令和3年10月に行った防火線修理ではGPS情報による被験者の動きが概ね確認できた(図1、表1)、令和4年1-2月に行った収穫間伐については寒さのため正常に動作しない機器があった(図2、表2)。 R4年度は既に収穫間伐のデータを1回取得済み。年度内にあと数回行い、日報と取得データの突き合わせ、解析、考察を行う。</p>
発表方法	資料配付A4×1枚

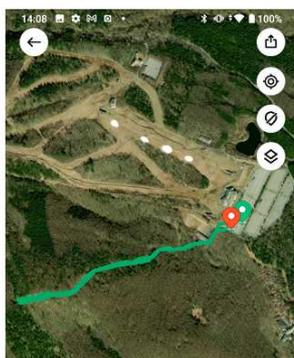
10月22日



10月26日



10月27日



10月30日

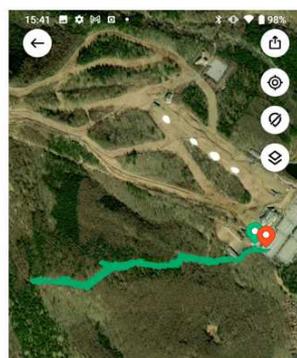
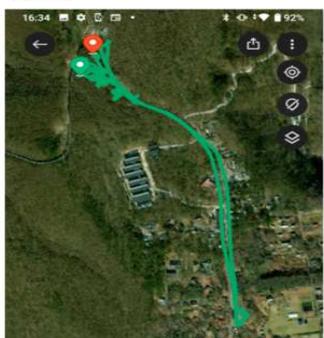


図1 被験者AのGPSデータ（防火線修理）

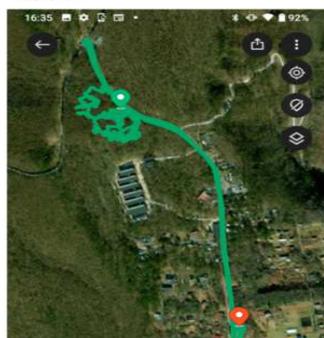
日付	作業内容	機器NO.	被験者名	移動距離(km)	活動時間(h)	活動カロリー(kcal)	歩数	最大心拍数に対する心拍数ゾーンの割合(%)				
								100-91(%)	90-81(%)	80-71(%)	70-61(%)	60(%)以下
10月22日	防火線修理／下刈	N-1	A	20.61	7:08:40	2,203	13,335	0.9	5.6	14.7	26.4	52.3
10月22日	防火線修理／下刈	N-2	B	18.36	7:08:13	1,639	6,526	0.0	1.2	7.2	16.6	75.0
10月22日	防火線修理／下刈	N-3	C	19.54	7:08:54	1,614	10,023	0.1	2.5	9.0	19.1	69.3
10月22日	防火線修理／下刈	N-4	D	19.83	7:08:18	1,404	8,358	0.3	0.6	2.0	11.5	85.6
10月26日	防火線修理／下刈	N-1	A	7.99	7:42:18	2,506	12,626	2.9	5.5	11.2	34.1	46.2
10月26日	防火線修理／下刈	N-2	B	7.17	7:42:15	2,140	7,049	4.4	4.4	14.4	21.0	55.7
10月27日	防火線修理／下刈	N-1	A	3.84	4:11:03	1,329	7,635	2.4	6.8	12.6	30.0	48.2
10月27日	防火線修理／下刈	N-2	B	3.22	4:08:45	1,003	4,886	0.1	1.5	4.8	19.3	74.2
10月30日	防火線修理／集草	N-1	A	8.19	6:02:59	1,954	22,711	2.6	6.3	19.1	28.4	43.7
10月30日	防火線修理／集草	N-2	B	6.89	6:02:36	1,480	21,122	0.0	1.7	8.4	21.4	68.6
10月30日	防火線修理／集草	N-5	C	5.47	6:01:34	1,040	21,715	0.3	3.2	13.1	14.3	69.0
10月30日	防火線修理／集草	N-4	D	7.18	6:02:06	1,866	18,599	0.0	3.6	26.1	34.5	35.8

表1 ウェアラブル端末による調査結果（防火線修理）

1月13日



1月14日



2月1日

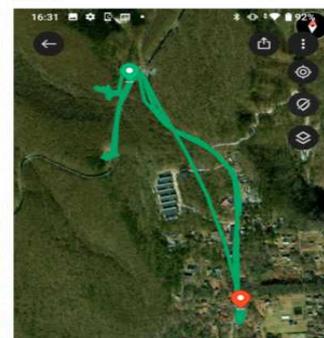


図2 被験者AのGPSデータ（収穫間伐）

日付	作業内容	機器NO.	移動距離(km)	時間(h)	活動カロリー(kcal)	歩数	最大心拍数に対する心拍数ゾーンの割合(%)				
							100-91(%)	90-81(%)	80-71(%)	70-61(%)	60以下(%)
1月13日	収穫間伐	N-1	5.66	4:26:11	326	5,978	0.0	0.6	5.7	7.9	85.8
1月13日	収穫間伐	N-2	5.13	4:30:26	1,065	5,642	0.3	3.2	7.7	17.0	71.8
1月14日	収穫間伐	N-1	9.52	7:13:11	1,925	10,483	0.8	1.5	14.1	29.3	54.3
1月14日	収穫間伐	N-4	8.1	7:19:39	1,696	9,260	0.2	2.0	6.4	19.8	71.6
2月1日	収穫間伐	N-1	6.62	3:03:19	601	2,599	0.0	0.4	1.8	12.2	85.6
2月1日	収穫間伐	N-3	4.94	3:08:26	739	1,933	2.5	1.5	4.7	19.2	72.1
2月1日	収穫間伐	N-4	6.45	3:02:54	449	2,451	0.0	0.5	1.8	6.1	91.6
2月2日	収穫間伐	N-3	13.72	4:26:39	1,106	287	1.6	8.9	15.7	19.5	54.4
2月2日	収穫間伐	N-4	27.22	9:06:14	671	8,980	0.2	2.1	4.5	7.4	85.9
2月3日	収穫間伐	N-3	37.49	8:18:14	2,201	7,224	3.4	4.4	13.5	28.3	50.3
2月3日	収穫間伐	N-4	159.38	8:48:07	2,323	5,965	0.0	3.5	13.7	29.5	53.3
2月4日	収穫間伐	N-3	26.92	9:24:57	177	10,201	0.0	0.0	0.1	1.6	98.2
2月4日	収穫間伐	N-4	41.05	0.120127	644	1,712	0.0	0.0	3.4	19.5	77.1

表2 ウェアラブル端末による調査結果（収穫間伐）

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 岐阜県森林研究所

発表者名 臼田寿生

調査・事例名	森林路網計画支援マップの作成
内 容	<p>森林内の作業を効率的に進める上では、継続的に利用できる壊れにくい路網の整備が不可欠である。このため、森林路網の整備にあたっては、地形と道の構造規格の関係を的確に評価し、地形に適合した無理のない道が計画できる場所(計画適地)を選定することが重要となる。</p> <p>しかし、計画適地を精度よく選定するためには、正確な地形の把握と地形データを用いた道の概略設計が必要であり、多大な労力と時間を要することが課題となっている。</p> <p>そこで、適正かつ効率的な森林路網の計画を支援するため、航空レーザ測量データなどのデジタル技術を活用し、路網計画適地がわかりやすい「森林路網計画支援マップ」を作成した。</p>
発 表 方 法	パワーポイント

「森林路網計画支援マップ」の作成

岐阜県森林研究所 白田 寿生

背景（1）

- 主伐・再造林などの森林内の作業を効率的に進めるためには、継続的に利用できる壊れにくい路網の整備が不可欠

規格・作設コスト			
低		高	
区分	森林作業道	林業専用道	林道
主な通行車両	林業機械 小型トラック	大型トラック (中型トラック)	一般車両 大型トラック
全幅員	2.5～3 m	3.6m	3～7 m
構造等	35度以上の斜面では作設困難 	30度以上の斜面では作設困難 	
	低コスト化のため「土構造」を基本とする		コンクリート擁壁等を併用

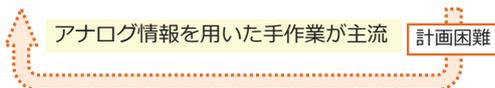
森林路網の区分

2

背景（2）

- このため、森林路網の整備にあたっては、地形と道の構造規格の関係を的確に評価し、地形に適合した無理のない道が計画できる場所（計画適地）を選定することが重要となる
- しかし、計画適地を精度よく選定するためには、正確な地形の把握と地形データを用いた道の概略設計が必要であり、多大な労力と時間を要することが課題となっている

■道の計画地を決定するまでの手順



3

研究目的

4

研究目的

適正かつ効率的な森林路網の計画を支援するため、デジタル技術を活用し、路網計画適地がわかりやすい「路網計画支援マップ」を作成する



- 路網計画の省力化・合理化
- 豪雨時でも壊れにくい路網の整備
- 主伐・再造林などの効率的な森林作業の推進

5

研究方法

6

路網計画支援マップ(試作版)の作成方法

■マップの作成対象とする道

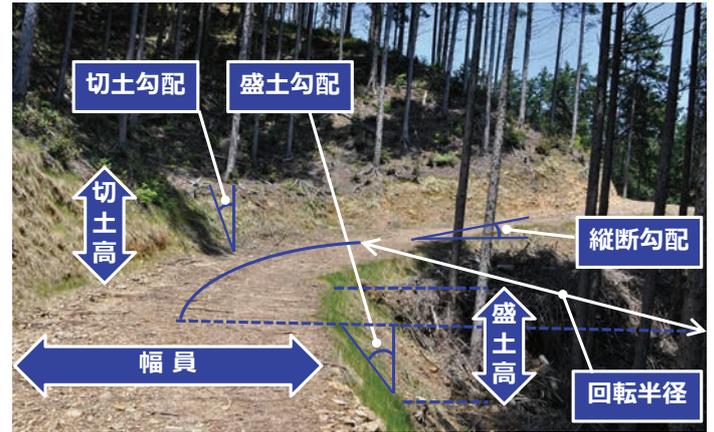
土構造を基本とする「林業専用道」と「森林作業道」

■作成方法

- 各種作設指針等に基づく構造規格を満たした作設が可能であり、既設の公道（林道含む）と接続している到達可能地を抽出
- 到達可能地は5mメッシュ単位で抽出
- 到達可能地の抽出作業には下記を使用
【ソフトウェア】計画・設計の自動化
 - 路網設計支援ソフト「FRD」（住友林業株式会社）を使用**【データ】デジタル情報の活用**
 - 1mメッシュのDEM（数値標高モデル）データ
※航空レーザ測量成果から作成
 - 既設路網データ（岐阜県森林研究所作成）

7

到達可能地の抽出時に考慮した路網の構造規格



8

到達可能地の抽出時に考慮した路網の構造規格

項目	森林作業道	林業専用道
全幅員	3.0m	3.6m
切土勾配	6分 (59.04°)	6分 (59.04°)
盛土勾配	盛土高 2m以下: 1割 (45°) 盛土高 2m超: 1割2分 (39.81°)	1割2分 (39.81°)
切土高	2m以下、3m以下、5m以下の3パターン	
盛土高	5m以下	
縦断勾配	18%以下、25%以下を図上で区分 (ただし、18%超~25%以下は曲線半径50m以下の曲線区間には適用しない)	7%以下、12%以下、14%以下を図上で区分 (ただし、7%超~14%以下は曲線半径50m以下の曲線区間には適用しない)
最小回転半径	6m (林道規程の小型自動車を適用)	12m

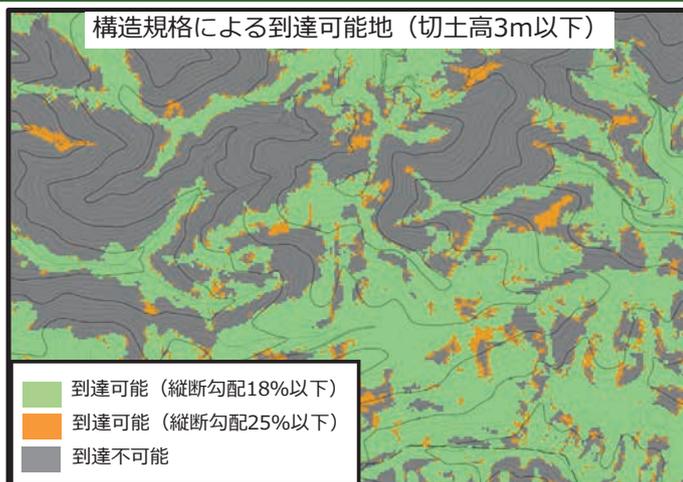
岐阜県森林作業道作設指針、岐阜県林業専用道作設指針等を参考に決定

9

結果

10

路網計画支援図 森林作業道(幅員3m)の例

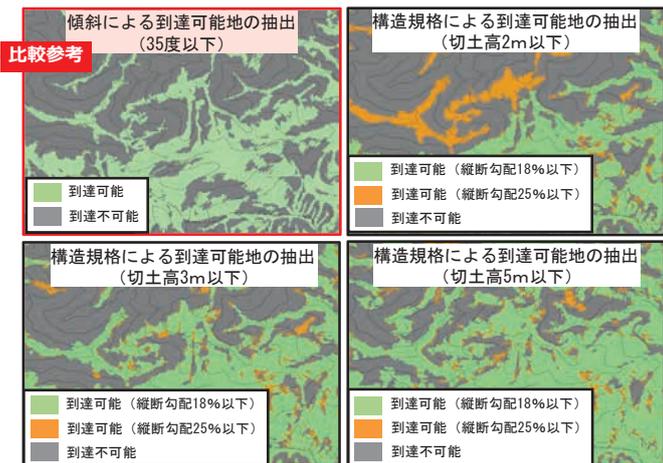


11

切土高の上限値の検討

12

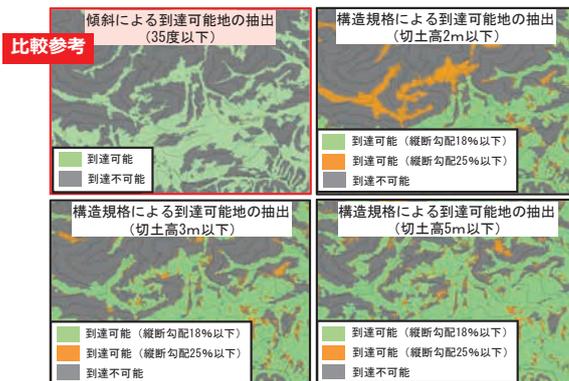
切土高と到達可能地の関係 森林作業道(幅員3m)



13

傾斜による到達可能地との比較

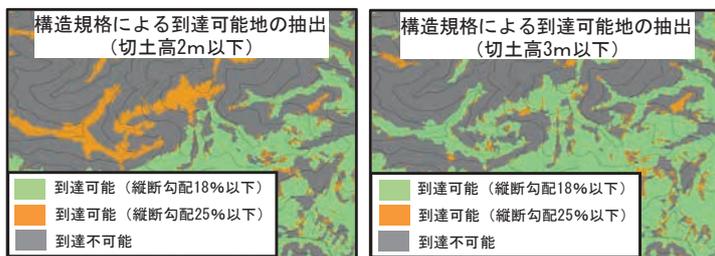
- ✓ 切土高2mと3mの図は傾斜によるマップに近似している
- ✓ 切土高5mの図は35度以上の急傾斜地も多く含まれている



14

縦断勾配の比較

- ✓ 切土高2mは3mよりも縦断勾配が急な区域が多い



15

切土高の上限値の検討

■ 切土法面の崩壊発生リスクの検証

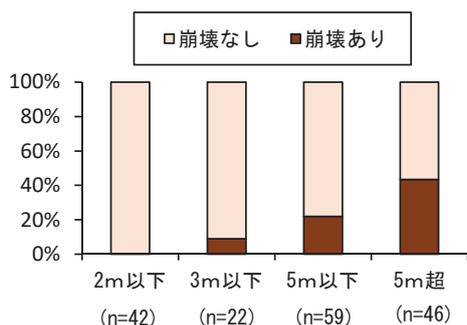
マップの試作版を作成した郡上市内(地質:堆積岩)に作設された既設道において切土法面の崩壊発生の有無を確認



16

切土の損壊発生リスクの検証結果

- ✓ 切土高が高いほど崩壊が起りやすい
- ✓ 特に切土高5m以上では崩壊している箇所が多い



切土高と法面崩壊の有無の関係
※「n」は調査測点数

17

切土高の上限値の検討結果

■ 検討項目の点数化 ○:2点、△:1点、×:0点

切土高	2m	3m	5m
斜面傾斜	○ (2点)	△ (1点)	× (0点)
縦断勾配	△ (1点)	○ (2点)	○ (2点)
法面崩壊	○ (2点)	△ (1点)	× (0点)
評価点	5	4	2

切土高の上限値は2mを基本とし、
3mも併用して利用することが望ましい

18

路網計画支援マップ作成における今後の取り組み

- 異なる地域（地質：火成岩など）での検討
- 谷沿い等の作設不適地の除外

関係者のみなさまのご意見を伺いながら、令和5年度中には県下全域のマップを完成させるよう研究を進めます



完成したマップは「ぎふ森林情報WebMap」等で公開予定

19

謝辞

データの作成にあたっては、国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所の白澤紘明氏に多大なるご協力を賜りました。ありがとうございました。

20

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

発表者名 佐々木重樹

調査・事例名	スマートウォッチを用いた林業現場の作業状況モニタリング(2)
内 容	<p>林業現場での作業者の状態をモニタリングすることで被災や体調変化等の異常発生を検知し、労働災害のリスクを低減する技術の開発を目指し、スマートウォッチから得られるセンサー情報を元にした、作業種の判別及び身体及び精神への負荷状況の把握の可能性を検討した。</p> <p>静岡県内の林業作業の現場において、作業者の手首に加速度センサー・ジャイロセンサー・光学式心拍計を内蔵したスマートウォッチ (Mobvoi TicWatch E2) を装着し、作業中の3軸方向の加速度及び角速度と心拍数を常時測定するとともに、頭部にビデオカメラGoProを装着して動画を撮影した。また、作業開始時、休憩の前後及び作業終了時に作業者へのアンケートを実施し、主観的な疲労度を調査した。</p> <p>手首の動きのデータに対して連続ウェーブレット変換を行った結果、スカログラムにより各要素作業の特徴を抽出できた。また、機械学習により一連の作業の中から各要素作業を自動的に判別できた。</p> <p>心拍数に短時間フーリエ解析を行い、ストレス指標として知られるLF/HFの時間変動を観察したが、明確な傾向は見られなかった。運動中を含むストレス指標として近年提唱されているHR/LFは休憩中に低く、作業中に高い傾向が見られ、ストレス指標として有効と考えられた。</p>
発表方法	パワーポイント

令和4年度関東中部林業試験研究機関連絡協議会
森林作業の最適化に関する研究会

スマートウォッチを活用した林業現場の 作業状況モニタリング (2)

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター
佐々木 重樹

共同研究機関：鹿児島大学・浜松医科大学・BIPROGY (株)

1

林業現場の作業状況モニタリング技術の開発

- IoT(Internet of Things)の技術を活用
- 現場の作業状況を自動的に検知することで、作業者の注意を補助し、災害発生リスク低減を目指す
- 作業日報に必要な情報を自動的に取得できるかも試みている

2

計測方法

- 作業者にスマートウォッチ (Mobvoi TicWatch E2) とビデオカメラ (GoPro HERO8) を装着しデータ収集
- スマートウォッチの計測値と動画の作業内容を照合して分析。主観的疲労度もVAS(Visual Analog Scale)で把握

3

現地調査

- 静岡県内の林業経営体に協力を依頼
- 2年間で7林業経営体、29名の作業者の協力を得た
- 2020年度：6日間 (4箇所)、延べ16名下刈り、伐倒
- 2021年度：14日間 (9箇所)、延べ32名植栽、下刈り、枝打ち、伐倒
- 基本的に終日、付帯する作業も同時に計測
林内歩行、重機の操縦等

4

林業作業の連続ウェーブレット変換による可視化

Foresight in sight

- 連続ウェーブレット変換：時間軸に沿って、短時間の小さな波 (ウェーブレット) の周波数を変化させながら適合度を算出することで、複雑な波形にどんな周波数の波動が含まれるかを解析する手法
- 加速度・角速度に連続ウェーブレット変換を適用
- 伐倒作業等、短時間で動作が次々に変化する作業を、スカログラム (周波数グラフ) で可視化できる
 - 3軸合成加速度を用いた解析が有効
 - クサビ打ちは1, 2, 3 Hzあたりが強く、明確に識別できている

5

伐倒作業における作業種別の特徴量 (例)

Foresight in sight

- 3軸合成加速度のスカログラムを「特徴量」と考えることができる。

6

機械学習を用いた作業識別の試行

Foresight in sight

- 伐倒作業における作業識別精度の評価（5層交差検証）
- 作業時点のCWTスカログラム係数を特徴量とした場合

作業時点	Confusion Matrix				
	伐倒	搬出	運搬	作業	休息
13:00-13:15	100	0	0	0	0
13:15-13:30	95	5	0	0	0
13:30-13:45	90	10	0	0	0
13:45-14:00	85	15	0	0	0
14:00-14:15	80	20	0	0	0
14:15-14:30	75	25	0	0	0
14:30-14:45	70	30	0	0	0
14:45-15:00	65	35	0	0	0
15:00-15:15	60	40	0	0	0
15:15-15:30	55	45	0	0	0
15:30-15:45	50	50	0	0	0
15:45-16:00	45	55	0	0	0
16:00-16:15	40	60	0	0	0
16:15-16:30	35	65	0	0	0
16:30-16:45	30	70	0	0	0
16:45-17:00	25	75	0	0	0
17:00-17:15	20	80	0	0	0
17:15-17:30	15	85	0	0	0
17:30-17:45	10	90	0	0	0
17:45-18:00	5	95	0	0	0
18:00-18:15	0	100	0	0	0

サンプル数：168
正解率：137/168=81.5%

特徴量が有効であり、予測の精度向上に役立っているといえる。

- 作業判別が行えることで、作業日報の記録が自動化できる可能性がある

7

疲労度と心拍数の関係

Foresight in sight

- 疲労度(VAS)と心拍数はおおむね連動している。
 - 作業後、疲労は生ずるが、休むと回復する。
 - 疲労や心拍数の変化には個人差がある。

図A 作業員A 下草刈
休憩時に疲労が回復するが、疲労が蓄積する傾向がある。作業終了時の疲労度が高い。

図B 作業員B 下草刈
心拍数は上昇するが、疲労度は比較的低く31までに抑えられている。

8

心拍変動の解析による心身状態の把握 (1)

Foresight in sight

- 休憩時には心拍数が低下
- 休憩時に心拍の揺らぎが相対的に大きくなる→緊張の緩和を示す

14:55-15:00
ボアンカレプロット
心拍揺らぎ
L/T変動

9

心拍変動の解析による心身状態の把握 (2)

Foresight in sight

- 心拍変動の周波数に着目したストレス指標を用いて評価
 - LF/HFでは、運動中のストレス状況を十分に表現できない
 - HR/LFは休憩中に小さくなる現象を確認→ストレス指標として有用と考えられる

心拍数のパワースペクトル例 (100秒間)

10

浜松医科大学との共同研究

- ウェアラブルデバイスを用いた林業作業員の作業の識別と疲労度の客観的評価手法の開発
 - R4~6年度科研費（基盤研究（C））
 - 血液の酸化ストレス度/抗酸化力：疲労度の客観的指標
 - 体水分量の計測→熱中症リスクが判定できるか

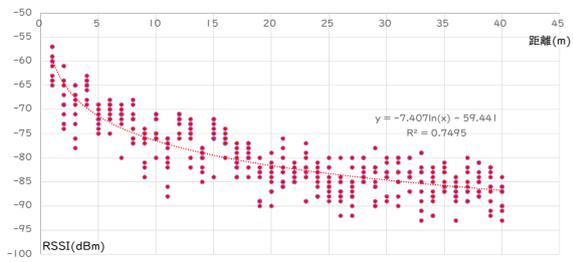
11

今後の展開

- スマートウォッチを活用して林業現場の安全に役立つ機器・サービスの開発
 - 作業状況判別精度の向上
 - 森林における無線通信（LPWA等）技術の有効性の検証
 - 作業者の接近検知手法の検討
 - GNSSの活用（QZSS、RTK-GNSS）
 - 近接無線通信（Bluetooth、Wi-Fi）

12

Bluetoothによる近接警告の可能性



13

最新の研究成果や旬の話題をYouTubeチャンネルで配信中！是非ご覧ください！

https://www.youtube.com/channel/UCTjdTosARpVUFUIX_tyY95A



14

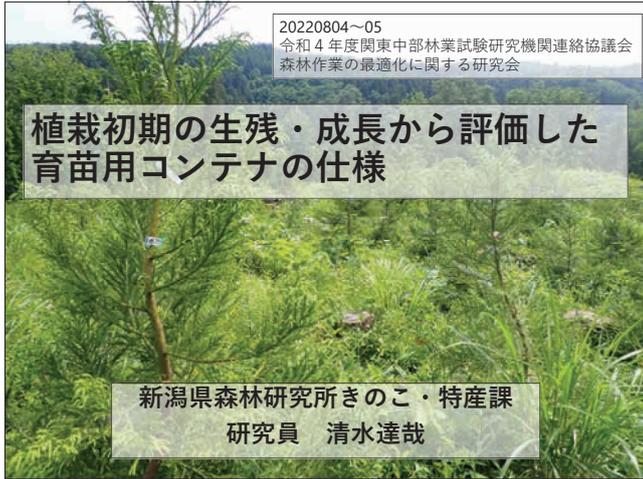
(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 新潟県森林研究所

発表者名 清水達哉

調査・事例名	植栽初期の生残・成長から評価した育苗用コンテナ仕様
内 容	<p>コンテナの資材や根鉢容量の違いが新潟県産スギコンテナ苗の成長に与える影響を明らかにするため、2018年秋から植栽試験を実施している。</p> <p>2021年秋までの調査結果をもとに、植栽から3年後までの生残及び成長状況を報告する。</p>
発表方法	パワーポイント



研究の背景

▶主伐・再造林の促進

裸苗に比べて、植栽適期が長く、植栽効率に優れたスギコンテナ苗の増産が求められている



植栽器具のディブル



令和4年度新潟県内におけるコンテナ苗植栽の研修会

研究の背景

- ▶根鉢の容量・材質等が異なる多様なコンテナが流通
- ⇒しかし、苗の成長に与える影響が不明
- ⇒苗木生産者はどのコンテナを用いるべきか判断できない



JFAコンテナ (左: 150cc、右: 300cc)

研究目的

スギコンテナ苗の増産に向け
植栽初期の生残及び成長に対する資材差を解明

調査地と調査方法

▶調査地

新潟県三条市上大浦地内のスギ人工林皆伐跡

▶最寄りのアメダスの気象データ等 (8.45km離れた地点)

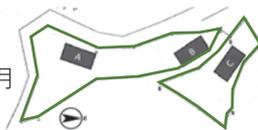
- 年平均気温: 13.6°C (気象庁)
- 最深積雪深: 0cm (気象庁)
- 年降水量: 2,056.3mm (気象庁)
- 標高: 100m (DEM)



調査地と調査方法

▶スギコンテナ苗植栽

- 植栽: 2018年11月
- 全体の植栽面積: 0.50ha
- 植栽密度: 2,000本/ha
- 供試体: 9仕様の幼苗移植苗
1仕様の多粒直播苗 合計10仕様
- 供試体の植栽本数: 120個体 (3区×10仕様×4個体)
- 生分解性不織布は外さず植栽



▶施業履歴

植栽翌年2019年から毎年下刈り (全刈り・年2回) 5

調査地と調査方法

供試体の詳細

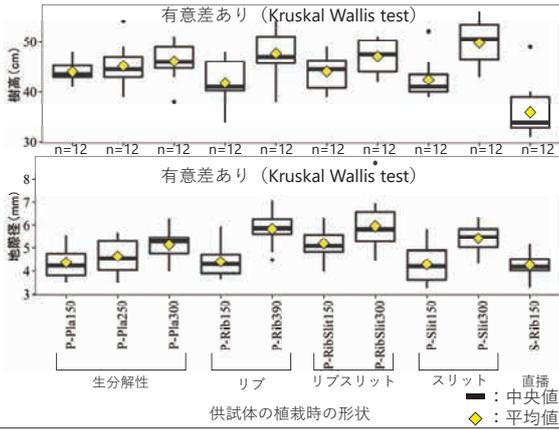
育苗方法	材質	根巻防止方式	容量(cc)	種類	植栽本数	平均苗高±標準偏差 (cm)	平均地際径±標準偏差 (mm)
移植(1)	生分解性不織布	生分解性不織布	150	P-Pla150	12	44.0±2.17	4.37±0.61
			250	P-Pla250	12	45.2±3.90	4.65±0.73
			300	P-Pla300	12	46.1±3.55	5.14±0.67
			150	P-Rib150	12	41.8±4.31	4.41±0.67
			390	P-Rib390	12	47.7±4.31	5.84±0.70
硬質樹脂	リブスリット(5)	150	P-RibSh150	12	44.1±3.45	5.20±0.61	
		300	P-RibSh300	12	47.1±3.45	5.96±1.17	
		150	P-Sh150	12	42.4±3.73	4.29±0.84	
播種(2)	スリット(3)	300	P-Sh300	12	49.8±4.41	5.43±0.56	
		150	S-Rib150	12	35.9±5.20	4.25±0.51	

- (1) 1成長期目を苗床で育成し、2成長期目にコンテナに移植して育苗する方法。
- (2) コンテナに直播きし、1~2成長期をコンテナで育苗する方法。
- (3) コンテナの内側側面にある穴、空気根切りにより根巻きを防ぐ構造。
- (4) コンテナの内側側面にある突起。根を縦方向に誘導して根巻きを防ぐ構造。
- (5) コンテナの内側側面にリブとスリットが併存して根巻きを防ぐ構造。



生分解性不織布

調査地と調査方法



7

調査地と調査方法

▶ 活着及び被害状況調査
毎年5月頃実施
枯死、誤伐、獣害等の被害確認



倒伏した個体

▶ 成長量調査
成長休止期 (10月以降) 実施
樹高 : 折れ尺、測桿等
地際径 : デジタルノギス



調査状況

8

調査地と調査方法

▶ 年成長量

相対成長率

$$= \ln(\text{期末の個体サイズ} - \text{期首の個体サイズ}) / \text{年数}$$

$$= \ln(2021\text{年秋} - 2018\text{年秋}) / 3\text{年}$$

枯死及び誤伐等の疑いがある個体は解析から除外
⇒ N=120 - 30= 90

▶ 統計解析

R ver. 4.1.0を使用
有意水準 : 0.05

9

結果 -植栽から3年後の生残-

植栽から3年後の植栽木の概要					
育苗方法	根巻防止方式	容量 (cc)	種類	植栽本数	植栽から3年後の生存本数
生分解性不織布		150	P-Pla150	12	8
		250	P-Pla250	12	9
		300	P-Pla300	12	8
移植 (1)	リブ (4)	150	P-Rib150	12	11
		390	P-Rib390	12	10
リブスリット (5)		150	P-RibSlit150	12	11
		300	P-RibSlit300	12	7
スリット (3)		150	P-Slit150	12	9
		300	P-Slit300	12	11
播種 (2)	リブ (4)	150	S-Rib150	12	11

▶ 生存本数 (活着)

コンテナ資材の違いによる有意差なし (Fisher's exact test)

10

結果 -植栽から3年後の成長-

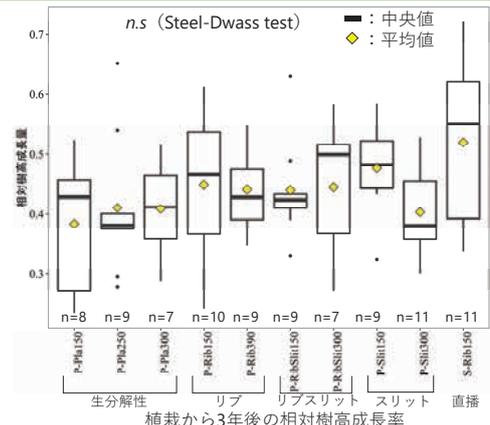
植栽から3年後の植栽木の概要				
育苗方法	根巻防止方式	容量 (cc)	種類	平均樹高±標準偏差 (cm) / 平均地際径±標準偏差 (mm)
生分解性不織布		150	P-Pla150	141.9±41.0 / 25.5±4.31
		250	P-Pla250	161.6±59.4 / 33.2±11.0
		300	P-Pla300	156.9±34.5 / 32.4±10.2
移植 (1)	リブ (4)	150	P-Rib150	160.3±48.2 / 29.0±7.5
		390	P-Rib390	183.1±38.4 / 36.2±8.2
リブスリット (5)		150	P-RibSlit150	171.2±47.0 / 33.5±6.7
		300	P-RibSlit300	189.6±58.9 / 33.0±11.0
スリット (3)		150	P-Slit150	182.1±41.5 / 33.4±8.3
		300	P-Slit300	171.3±45.9 / 34.3±8.8
播種 (2)	リブ (4)	150	S-Rib150	175.9±55.9 / 34.6±10.5

▶ 植栽から3年後の樹高及び地際径

コンテナ資材の違いによる有意差なし (Steel-Dwass test)

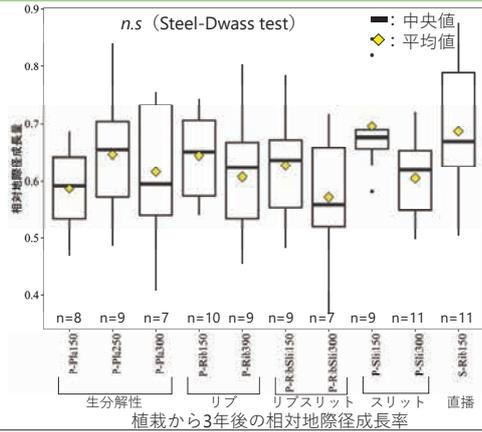
11

結果 -コンテナ資材ごとの相対樹高成長率-



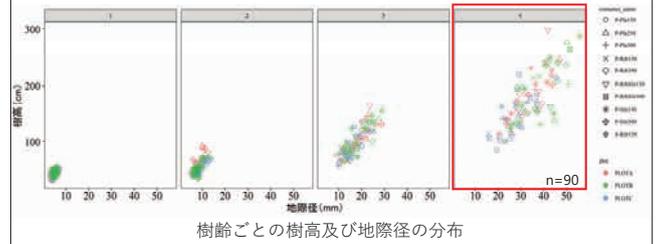
12

結果 -コンテナ資材ごとの相対地際径成長率-



13

結果 -個体ごとの樹高・地際径成長-



樹齢ごとの樹高及び地際径の分布

▶ 植栽から3年後の樹高

プロットAとB、BとCで有意差あり (Steel-Dwass test)

▶ 植栽から3年後の地際径

プロットAとC、BとCで有意差あり (Steel-Dwass test)

14

まとめ

- 1 植栽から3年後までのコンテナの仕様による差
有意差なし
- 2 生分解性不織布による成長への悪影響
有意差なし
⇒ 目的に合わせ、コンテナの資材を選択可能
- 3 場所の違いによる樹高・地際径への影響
プロット間で有意差あり
⇒ スギコンテナ苗の成長は、コンテナの資材より
植栽場所による影響が大きい可能性

15

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 大塚大

調査・事例名	複層林(ヒノキ漸伐)における収穫作業の下層木損傷と主作業費
内 容	<p>木材生産だけではなく、森林の公益的機能も継続的に発揮することが可能な森林づくりとして、天然更新施業のヒノキ漸伐林に注目した。</p> <p>複層林における収穫作業では下層木の損傷が不可避であり、一方で効率的な経営のためには健全な下層木を多く残存させる必要がある。その作業性を評価するために、下層木の収穫前後の空間出現パターンを予測するモデルの構築と実用性の検証、また収穫作業の功定調査から主作業費を算出した。</p> <p>1事業地全体について下層木の動態を追跡した結果、終伐前に1.08ha存在した下層木は0.48haに半減し、50万円/haの造林費が軽減されると試算できた。この減少した面積のうち、8割は伐採木の空間座標によって検出された。主作業費は4,080円/m³(伐倒～造材)であった。</p>
発 表 方 法	パワーポイント



収穫作業が収支どちらにも影響する

漸伐

非常な手間
搬出費 **割増**



皆伐

https://en.wikipedia.org/wiki/Cut-to-length_logging
より

実生により
再造林費 **軽減**

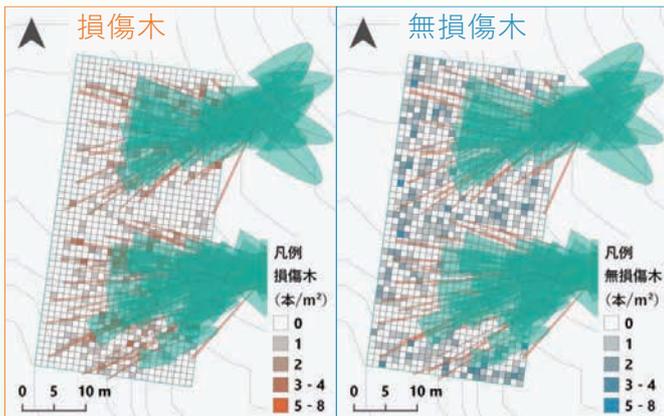


再投資

林野庁
Facebook より

>下層木の面積と作業効率の関係性が不明

損傷は伐倒木で空間的に説明された⁶



6. Dai Otsuka et al. 2021. Spatial relationship between damaged underspruce trees during the final cutting in a spruce forest. Forest Ecology and Management 481: 118757.

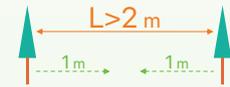
研究テーマ

下層木損傷の指標として伐採木は実用的か?
+ 漸伐林分での主作業費はどの程度か?

調査項目1: 周囲測量



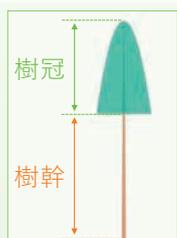
伐採前後2回
下層ヒノキ¹ (H ≥ 20 cm)
ギャップは除いた



1. 赤井隆男. 1991. 台自然的な森林造成の技術体系. 京大演報21:1-53.

研究テーマ | つづき

項目2: 収穫によるかく乱面積の推定



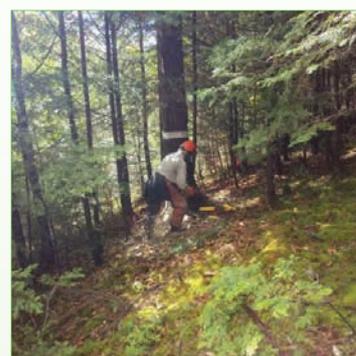
樹冠:
パラボラモデル²³
樹幹: Behre式⁴

項目	情報ソース (n=583)
座標	20年秋空撮オルソ CHMなし個体はコンパス
DBH	実測
樹高	DSM-DEM
樹冠長率	2016と2019プロット調査値
樹冠幅	2016と2019プロット調査値
伐倒角度	実測 (欠測10本)
CHM	Fusion plug-in (USDA 2021)

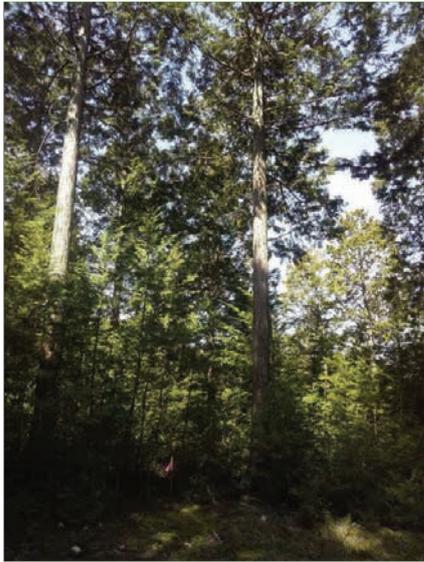
2. 竹下. 1985. パラボラ樹冠形モデル化によるスギ林の構造解析. 九大演報55: 55-104.
3. 林ら. 1997. 樹形のモデル化について. 日林誌79: 222-228. 4. 井上ら. 2001. 相対幹曲率と伐倒角度の関係. 日林誌73: 100-104.

研究テーマ | つづき

項目3: 功程調査 (伐倒・木寄せ・造材)



国有林2カ所4事例
145本
(うち木寄せ発生65本)



下層木調査地

金沢山国有林
1408に林小班
2.60 ha/ 4.15 ha
上層ヒノキ
1933 植栽
1975, 1979 20%伐
→下層発生⁵
1984 64%伐
2005 69%伐

5 長野県森林管理センター

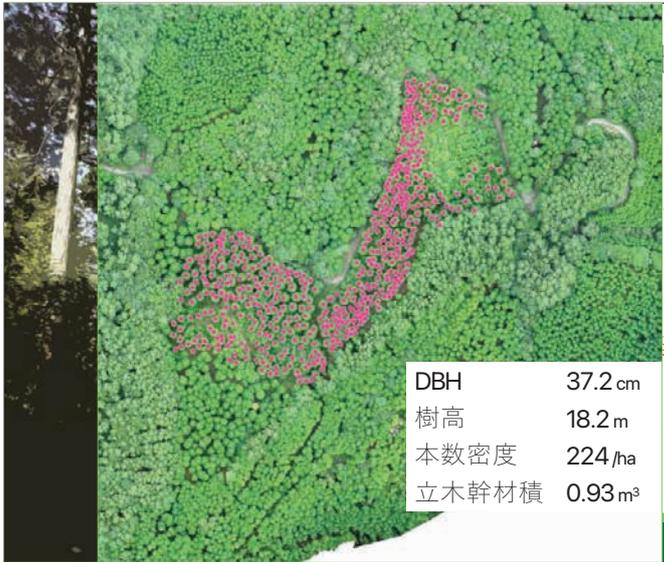


也

15 ha

伐

5



也

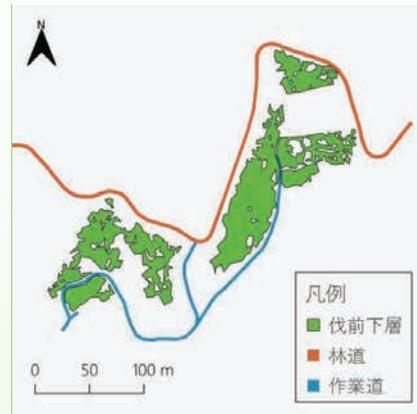
15 ha

伐

5

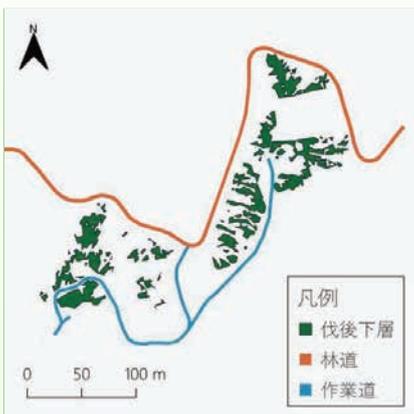
DBH	37.2 cm
樹高	18.2 m
本数密度	224 /ha
立木幹材積	0.93 m ³

下層木分布 | 伐前



1.08 ha/2.60 ha
(41.5%)

下層木分布 | 伐後



1.08 ha/2.60 ha
(41.5%)

↓伐採により...

0.48 ha/2.60 ha

18.5%は

植栽

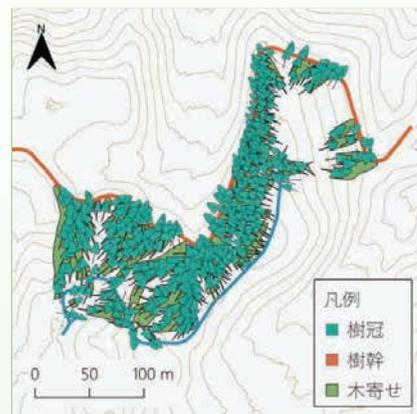
下刈り5年間

省略化可能

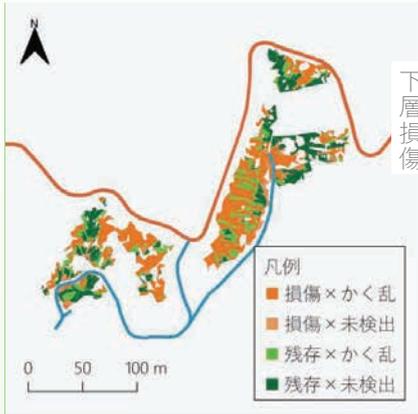
50万円/ha

長野県, 2021. 令和3年度... 州の森林づくり... 事業推進... 関係機関

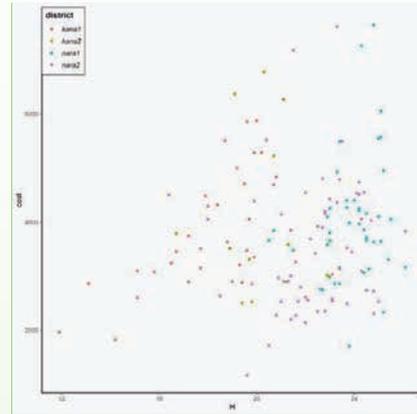
伐採木による下層木判別



伐採木による下層木判別



主作業費 | 事例地別

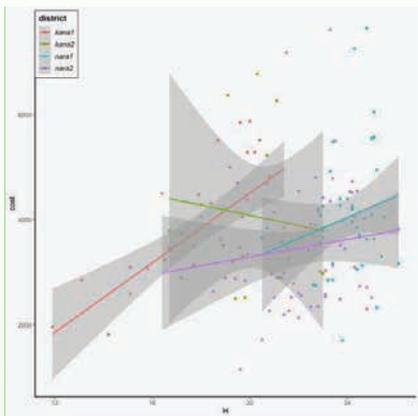


平均
4,000円/本程度
∴ 1.01 m³/本

参考
主伐: 6,342 円/m³
間伐: 9,333 円/m³

林野庁, 2011. 森林・林業白書より

主作業費 | 事例地別



平均
4,000円/本程度
∴ 1.01 m³/本

参考
主伐: 6,342 円/m³
間伐: 9,333 円/m³

林野庁, 2011. 森林・林業白書より

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 中田知沙

調査・事例名	フォワーダ集材工程における労働負担の解明
内 容	林業におけるフォワーダを使った木材の運搬は、未舗装の作業道を走行し、路面の凹凸による座席の振動や騒音に晒されることから、オペレータへの労働負担も大きい。しかし、オペレータの労働負担については、簡易に計測できる機器が少なく、従来の方法では被験者の確保が困難であったことを背景に、作業中の労働負担を定量化した例は少なく、実際の作業現場での個別の作業環境や作業条件がオペレータにどのように負担を与えているかは定かでない。そこで、フォワーダ集材作業の労働負担を適切に評価できる手法を開発し、作業環境や作業条件による労働負担の違いを明らかにした。
発表方法	パワーポイント

フォワーダ集材工程における 労働負担の解明

関東中部林業試験研究機関連絡協議会 2022.8.4
森林総合研究所 中田知沙



目的

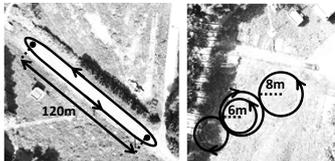
- フォワーダ集材作業の労働負担を適切に評価できる手法を開発し、作業環境や作業条件による労働負担の違いを明らかにする。



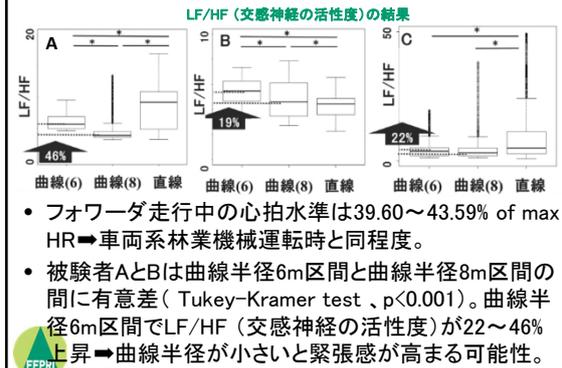
試験成果①労働負担の評価

- 試験地: 森林総合研究所内
- 走行路: 直線(120m)、曲線(曲線半径6m/8m)
- 被験者: 職員3名
- 計測機器: 心電計(WHS-1)
- 計測項目: 心拍変動性指標

走行路

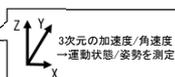


試験成果①労働負担の評価

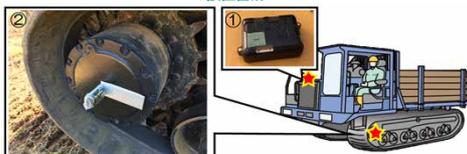


成果②作業環境・作業条件の計測

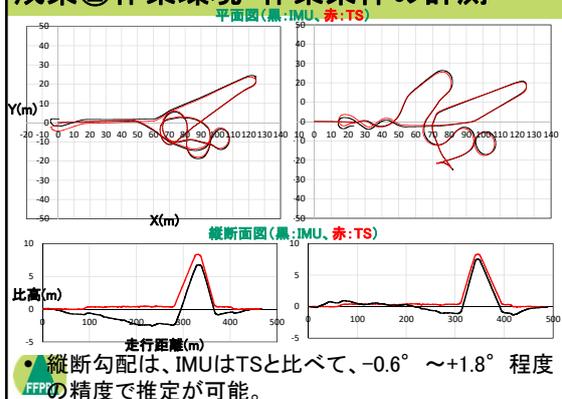
- 自由走行
- 計測機器: IMU (慣性計測装置)
- ① 機体のIMU → 機体の姿勢角
- ② 左右スプロケットのIMU → 回転数
- 移動量と走行方向から走行ルートを推定



IMUの設置箇所



成果②作業環境・作業条件の計測



まとめ

- 心電計 (WHS-1) を用いて走行路ごとの労働負担を評価した。
- 慣性計測装置 (IMU) を用いて、縦断勾配を -0.6° ~ $+1.8^{\circ}$ 程度の精度で推定することができた。
- 今後は、作業道にて、作業環境 (作業道の線形、縦断勾配等) や作業条件 (走行速度、積載材積) によるオペレータの労働負担の変化を明らかにする。



(様式-2)

提案・要望事項

機関名 長野県林業総合センター

項 目	内 容
提案・要望項目	グラップルの「用途外使用について」
内 容	長野県の南佐久地域の複数の事業者では、グラップルにカラマツ材で作製したレーキ(長さ約10m)を持たせて市場を集める地拵えを行っている。急傾斜地でも作業道から安全かつ効率的な地拵えが可能となる技術であるが、用途外使用ではないかという指摘もある。このような場合、安衛則の例外規定を定めていただくなどできないか。
理 由	現場で工夫して安全に作業を行っており、急傾斜地における機械地拵えの手法として有効と考えている。普及に繋げるために公式に認められる作業方法にするにはどうすればよいか、ご助言いただきたい。

(様式-2)

提案・要望事項

機関名 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

項 目	内 容
提案・要望項目	木材生産におけるCO2収支(固定量・発生量)の把握について
内 容	<p>木材は空気中の炭素を固定しているカーボンニュートラルな資源であり、木材を原料とした製品の利用やバイオマス発電はCO2発生量の抑制に寄与するものである。このため、持続的な木材生産もCO2削減に寄与する活動と見ることができる。</p> <p>一方、木材生産においては、路網開設や伐採、搬出、運送等の際に燃料を消費し、その点から言えばCO2発生の場合もなっている。</p> <p>木材生産および木材利用が環境負荷低減(CO2発生量の抑制)に及ぼす効果を提示するため、炭素固定量荷に加え、これらCO2発生量も加味した生産活動全体のCO2収支(エネルギー収支)を算出していきたいと考えているが、本県ではそうした観点からの調査事例はこれまでない。</p> <p>については、各機関における調査事例や、このような観点からの調査・研究を行うことについてのアドバイスなど、皆様からの意見をお聞かせください。</p>
理 由	<p>近年静岡県では、森林資源の充実を背景に、主伐・再造林を推進している。木材生産の現場においても高性能林業機械を使用した作業システムの普及が進み、効率化、低コスト化へ向けた取り組みが行われている。</p> <p>一方、一般的には木材がカーボンニュートラルな資源として注目されており、地域の中には皆伐に対して環境破壊のイメージを持つ住民も一定数いるなど、単なる効率重視の森林施業ではなく、公益的な観点から望ましい森林経営を期待する声も多い。</p> <p>森林経営を持続的に進めていくためには、地域住民のそうした声を念頭に置きつつ、安定的な木材生産を行っていくことが必要であると考えられる。</p> <p>そのためには、木材生産においても公益的な側面をPRしていくことが重要であり、代表的な指標としてCO2固定効果を客観的に分析して提示していきたい。</p>

第4回研究会 令和4年度（森林総合研究所）現地検討会の様子

視察地：株式会社諸岡本社工場、試験開発・デモセンター



令和5年度

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

森林作業の最適化に関する研究会

令和5年7月27日（木）～7月28日（金）

富山県農林水産総合技術センター森林研究所

令和5年度関東中部林業試験研究機関連絡協議会
森林作業の最適化に関する研究会開催要領

1 開催日時

令和5年7月27日(木) 13:30 ～ 28日(金) 12:30まで

2 開催場所等

(1) 会議

パレブラン高志会館(富山県富山市千歳町1-3-1)

(2) 現地検討会

①富山県西部森林組合氷見支所(富山県氷見市中村2674)

②氷見市宇波地区大規模集約化団地

(3) 宿泊

各自で富山駅周辺に手配してください。

3 日程 (日程は変更されることがありますので、ご了承ください)

(1) 7月27日(木)

13:30～17:00 会議(事例報告・情報交換、協議)

- 1.提案・要望事項について
- 2.各都県の研究情報交換
- 3.今後の研究会の目標、取り組みについて
- 4.次期会長県の選出について
- 5.その他

(2) 7月28日(金)

9:00 富山県庁正面玄関付近集合

10:00 現地検討会(富山県西部森林組合 氷見支所)

12:30 新高岡駅(希望される方は高岡駅までお送りします)

※天候の状況等により、現地検討会の予定が変わる場合があります。

※両日とも昼食は手配しませんので、各自で対応をお願いします。

4 参加者経費

なし

5 研究会協議事項について

(1) 提案・要望事項について

国への要望事項、課題化にむけた提案などを提出してください。

(2) 各都県の研究情報交換

地域での取り組みなどトピックスや課題などについて情報交換を行います。

(3) 今後の研究会の目標、取り組みについて

当研究会の来年度以降の目標、取り組みについてご意見ををお願いします。

(4) 次期会長県の選出について

次期研究会開催県の選出について、協議決定いたします。

(5) その他

上記以外についてご意見等ありましたら提案お願いいたします。

6 当日配付資料

会員に配布する資料等がありましたら、参加人数分を各自で持参願います。

(参加人数については、確定次第、メーリングリストにより連絡します。)

令和5年度 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
森林作業の最適化に関する研究会

参加者

機 関 名	役 職	氏 名
森林総合研究所	研究コーディネータ	陣川 雅樹
	収穫システム研究室長	中澤 昌彦
	主任研究員	瀧 誠志郎
	主任研究員	宗岡 寛子
	研究員	大塚 大
	山形県森林研究研修センター専門研究員	村川 直美子
長野県林業総合センター	課長補佐兼 林業専門技術員	市原 満
愛知県森林・林業技術センター	主任研究員	藏屋 健治
静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	上席研究員	山口 亮
	研究員	稲葉 大地
山梨県森林総合研究所	主任研究員	大地 純平
新潟県森林研究所	研究員	清水 達哉
岐阜県森林研究所	主任専門研究員	臼田 寿生
	専門研究員	和多田 友宏
富山県農林水産総合技術センター森林研究所	所長	牧野 吉成
	副所長	関子 光太郎
	副主幹研究員	佐々木 史
	主任研究員	岡山 侑子
	主任専門員	小林 裕之

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

発表者名 稲葉大地

調査・事例名	静岡県内主伐の労働生産性の事例分析
内 容	<p>静岡県内の人工林の9割は8例級に達し活用期を迎えている。林業現場の高性能林業機械の導入が進み、効率的な主伐・再造林が期待されているが、労働生産性について十分な検証は行われていない。</p> <p>県内各地の事例を収集し、労働生産性についての分析を行った結果を報告する。</p>
発表方法	資料配付 A4×1枚

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

課 題 名：効率的な主伐作業システムのモデル構築に関する研究
標準モデルの構築

県内主伐の労働生産性の事例分析

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科・森林資源利用科

担当者名：野末尚希、佐々木重樹、袴田哲司

協力分担：森林計画課、森林整備課、各農林事務所、林業経営体

予算(期間)：県単（2020-2023年度）

1 目的

静岡県内の人工林の約9割は木材としての利用に適する40年生に達し、活用する時代を迎えている。県内では高性能林業機械の導入も進み、効率的な主伐・再造林が期待されている。しかし、主伐において具体的にどのような場合にどの程度の労働生産性が見込まれるかは十分検証されているとはいえない。そこで本研究では、県内各地の事例を収集し、労働生産性等について分析を行った。

2 方法

(1) 試験場所

県内各地の民有林で行われた主伐のうち、主に低コスト主伐・再造林促進事業および花粉発生源対策促進事業の現場を対象とした。

(2) 試験構成

- ・2015年～2023年に行われた主伐の現場において、林業経営体に作業日報の記録をお願いした。作業日報の記録は、工程ごとの所要人数、および使用した林業機械が分かるように留意して記録してもらった。
- ・併せて、現場の面積、傾斜、路網密度等の現地条件について、当該事業の実績概要書を提供してもらい、データを収集した。
- ・これらのデータから、労働生産性や現地条件との関係を分析した。

3 結果の概要

- (1) 主伐の事例は、45件収集した。このうち、車両系の現場は27件（60%）、架線系の現場は18件（40%）だった。
- (2) 面積、傾斜、路網密度の件数の内訳を車両系と架線系ごとに分類すると、表1のとおりの内訳となった。架線系では小面積、急傾斜、低路網密度の条件の現場に集中しているのに対し、車両系では比較的これらの現地条件が多様な値を示していた。
- (3) 車両系の現場における労働生産性は、 $2.4 \text{ m}^3/\text{人日}$ ～ $25.4 \text{ m}^3/\text{人日}$ 、平均 $10.4 \text{ m}^3/\text{人日}$ であった。
- (4) 車両系において、労働生産性を目的変数、面積、傾斜、路網密度、およびそれらの交互作用を説明変数として労働生産性に影響する因子を一般化線形モデルで分析したところ、今回の事例では、傾斜が労働生産性に有意に影響していた ($p < 0.05$)。
- (5) 車両系において、傾斜と労働生産性の関係を図1に示す。労働生産性は傾斜と負の相関があった（スピアマンの順位相関係数 $\rho = -0.43$, $p < 0.05$ ）。
- (6) 架線系の現場における労働生産性は、 $1.4 \text{ m}^3/\text{人日}$ ～ $6.3 \text{ m}^3/\text{人日}$ 、平均 $3.2 \text{ m}^3/\text{人日}$ であった。

表 1 調査地における主要な現地条件の件数内訳

	面積 (ha)		傾斜 (度)		路網密度 (m/ha)	
	～1	6	0	0	0	0
車両系 (27件)	1～2	8	1～10	6	1～100	1
	2～3	8	11～20	6	101～200	4
	3～4	2	21～30	13	201～300	6
	4～5	1	31～	2	301～400	9
	5～	2			401～500	4
					501～	3
架線系 (18件)	～1	14	0	0	0	14
	1～2	2	1～10	1	1～100	2
	2～3	2	11～20	0	100～200	2
	3～4	0	21～30	5	200～300	0
	4～5	0	31～	12	300～400	0
	5～	0			400～500	0
				500～	0	

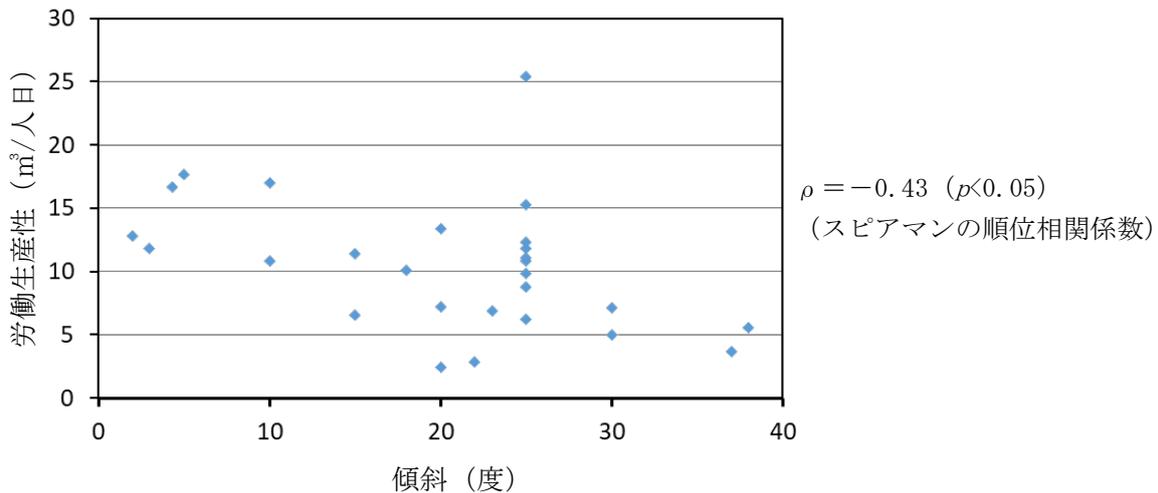


図 1 車両系における傾斜と労働生産性の関係

4 結果の要約

県内 45 か所の主伐の事例を分析したところ、平均労働生産性は車両系作業システムの現場で 10.4 m³/人日、架線系作業システムの現場で 3.2 m³ /人日であった。

[キーワード] 作業システム、車両系、架線系、労働生産性、面積、傾斜、路網密度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・架線系作業システムの現場の事例を増やして分析を行う。
- ・各工程の労働生産性にも注目して分析を行う。

6 結果の発表、活用等 (予定を含む)

- ・F&F、森林・林業研究センター研究成果発表会等により、情報発信を行う予定。

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 山梨県森林総合研究所

発表者名 大地純平

調査・事例名	自走式草刈機による下草刈り効率化と目視外遠隔操作
内 容	<p>1) 自走式草刈機による下草刈り効率化</p> <p>自走式草刈機を用いて肩掛け式草刈機との作業組合せや、作業効率の比較を行った。</p> <p>「肩掛け式草刈機のみ」での下刈り作業と「自走式草刈機による先行下刈り」&「肩掛け式草刈機での仕上げ刈り」の組み合わせでの作業効率を比較した。肩掛け式草刈機のみでの下刈り作業では「213.41m²/h」の処理面積に対し、自走式草刈機と肩掛け式草刈機の組み合わせでは「231.43m²/h」の処理面積となり、8%程度の効率改善が認められた。効率改善の要因としては自走式草刈機で先行下刈りしたことにより、作業員がスムーズに移動できたこと、肩掛け式草刈機での作業が仕上げ刈りのみになったことなどが考えられる。自走式草刈機での先行下刈りについては、オペレーターが操作に慣れれば作業効率が更に良くなる可能性がある。</p> <p>2) 目視外遠隔操作による下草刈り</p> <p>自走式草刈機用FPVカメラユニットを試作し、目視外で自走式草刈機を遠隔操作するシステムを試作した。</p> <p>下刈り試験で得た運用ノウハウを参考に、自走式下刈機の目視外操作に必要な「FPVカメラユニット」の制作を行い、試験走行を行った。</p> <p>試験走行では、100m程度離れても電波受信、操作が可能であり、現地下刈り試験に向けた最低限の性能は有していることが分かった。</p>
発表方法	パワーポイント、その他(資料配付 A4×1枚)

・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。

・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

令和5年度 関中試連
森林作業の最適化に関する研究会

下刈り作業の機械化に向けた研究

資源利用科
大地純平

長谷川喬平(生産科)
戸沢一宏(生産科)

目的・概要

(目的)

「下刈り作業」は、「炎天下の傾斜地で行われる苛酷な肉体労働」であり、就労者の肉体的・精神的負担が非常に大きい。

研究目的は、下刈り作業の大部分を「自走式草刈機を用いた遠隔作業」で代替し、下刈りの作業負担軽減と効率化を実証することである。

(研究概要)

1) UAVによる植栽木位置把握 (割愛)

UAVを用いて植栽木の位置を確認し、植栽木位置データベースを作成する。

2) 自走式草刈機での下刈り効率化

自走式草刈機と肩掛け式草刈機との作業組合せや、作業効率の比較を行い、効果的な下刈り作業システムを検討・構築する。

3) 目視外遠隔操作による下刈り作業

自走式草刈機搭載用FPVカメラユニットを作成し、目視外での自走式草刈機操作を実現し、遠隔での下刈り作業を可能とする。

2) 自走式草刈機での下刈り効率化



自走式草刈機による下刈り作業

2) 自走式草刈機での下刈り効率化

(課題)

・自走式草刈機のみでは植栽木の根元際まで下刈りすることは難しい。

(改善)

・自走式草刈機で植栽木根元際以外を処理し、肩掛け式草刈機で仕上げる。

(比較)

・「肩掛け式草刈機の全下刈り」と「自走式草刈機+肩掛け式草刈機(仕上げ)」



「自走式草刈機+肩掛け式草刈機(仕上げ)」で「7%」効率改善

下刈り方法等	面積 (㎡)	作業時間 (分:秒)	処理面積 (㎡/h)	肩掛け式草刈機 の作業効率を 100とした割合
肩掛け式草刈機での全下刈り (3箇所合計)	123.6	32:26	228.65	100
自走式草刈機+肩掛け式草刈機(仕上げ) (3箇所合計)	126.1	30:48	245.65	107

肩掛け式草刈機作業時間の比較

○肩掛け式草刈機での全下刈り
1haの処理時間 **約21時間**

○自走式草刈機+肩掛け式草刈機(仕上げ)
「肩掛け」式での1ha仕上げ時間 **約7時間**



自走式作業時間:20分10秒
肩掛け式作業時間:10分38秒

自走式草刈機の併用で
肩掛け式草刈機の使用時間は「66%削減」可能

オペレータが自走式草刈機に熟練することで、
全体作業時間の縮小も見込める。

3) 目視外遠隔操作による下刈り作業

- ・下刈り試験結果を元に、「FPVカメラユニット」を制作。
- ・試験走行では、100m程度離れても電波受信、操作が可能で必要最低限の性能は有していることが分かった。
- ・作業時に発生する振動はFPVカメラに影響し、画像の乱れ等が発生したことから振動対策を強化する必要がある。



FPVカメラユニット(試作1号)



FPVカメラユニットを搭載した自走草刈機

今後の予定

- ・ UAVによる植栽木位置把握
- ・ FPVカメラユニットの改良
- ・ 目視外遠隔操作による下刈り試験

○下刈り作業の機械化に向けた作業システムの構築



ガイドフレームの改良・装着



刈払い、粉碎された下草

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 新潟県森林研究所

発表者名 清水 達哉

調査・事例名	スギ植栽試験地における毎木調査データを基にした 林齢4年の成長期終了時点の樹高の予測
内 容	<p>新潟県内9箇所におけるスギ裸苗およびコンテナ苗植栽試験地の毎木調査データ (N = 1,697個体) を基に、下刈り判断の基準となり得る林齢4年の成長期終了時点のスギ個体の樹高を推定するモデルを構築した。</p> <p>4年の成長期終了時点までに誤伐や獣害、雪害等の被害がみられなかった個体 (n = 1,132個体) の樹高を応答変数、植栽時の樹高・地際径・形状比、3年の成長期終了時点の樹高・地際径・形状比、苗種 (裸苗・コンテナ苗)、調査地、植栽時期 (春植え・秋植え) を説明変数としてベイズ統計により回帰分析した。</p> <p>その結果、3年の成長期終了時点の樹高を説明変数としたモデルのあてはまりがよく、また応答変数に対して有意な効果があった。このモデルにおける95%ベイズ予測区間の上限と下限の差は約70cmであり、約70cmの範囲内であれば、造林地における無被害個体の3年の成長期終了時点の最低樹高を基に、その造林地の無被害個体の4年の成長期終了時点の最低樹高を概ね予測可能であることが示唆され、下刈り判断の基準となり得ると考えられる。</p>
発表方法	パワーポイント

・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。

・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

令和5年度関東中部林業試験研究機関連絡協議会
森林作業の最適化に関する研究会

スギ植栽試験地における毎木調査データを 基にした林齢4年の成長期終了時点の樹高の予測

新潟県森林研究所 清水達哉

樹高推定式
 $y = 1.23x + 29.70 \pm 35$

y = 林齢4年の成長期終了時点の無被害個体の樹高(cm)
 x = 林齢3年の成長期終了時点の無被害個体の樹高(cm)

関東森林研究 74 : 45-48

はじめに

◆スギ再生林地における下刈り終了の判断
 植栽木と競合する雑草木(以下、競合植生)
 との相対的な位置関係について研究が進んでいる

◇植栽木の樹冠上方が覆われる被圧により
 樹高成長が顕著に低下

(飯田ら(2017) : 日本森林学会誌 99(3))
 (山川ら(2016) : 日本森林学会誌 98(5))

樹高成長を抑制しない
 ...とする研究もある

図 植栽木と雑草木の競合状態 (C1~C4) について

C1 : 植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出している
 C2 : 植栽木の樹冠の半分以上が周辺の雑草木に覆われているが、
 梢端は露出している
 C3 : 植栽木と雑草木の梢端が同じ位置にある
 C4 : 植栽木が雑草木に完全に覆われている

はじめに

◇下刈り直前に90%のスギがC1, 2になる→前年の冬季までに
 ススキの植生類型で2.2 m, その他の植生類型で1.4 m必要

この状態のスギが
林内の90%を占める状況

「頭出し」スギ個体の割合 (%)

福岡県での研究事例
雪国の新潟県で適用
できるかは不明

図 前年成長休止期のスギ平均樹高と当年の下刈り直前に
競合植生を抜けたスギの個体割合の関係
 (飯田ら(2020) : 日本森林学会誌 102(4))

はじめに

◆植栽木の樹高成長がある程度予測可能であれば
 競合植生の種類から
 下刈り要否の判断を事前に行うことが可能

この造林地の植生類型は、
 「その他」だから
 前年の冬までに樹高が140 cmあれば
 来年の下刈りを省略できるかも...

◇スギ植栽木の樹高成長の予測
 対数樹高値の平均値・分散から樹高分布を推定する
 手法(鎌谷(2022) : 関東森林研究 73(1))はあるが、事例が少ない

はじめに

◆下刈りの実施

◇植栽木が雑草木より大きくなるまでの5~6年間
 初夏から盛夏に1回または2回行う(森林・林業実務必携 2021)
 ⇒林齢5年が下刈り省略の判断のタイミング
 ⇒植栽木の形状から樹高を予測できれば、
 林業事業者等の下刈り実施判断の省力が可能

◆研究目的

複数の植栽試験地のスギ植栽木の
 植栽時・林齢3年の成長期終了時点の形状から
 林齢4年の成長期終了時点の樹高を推定

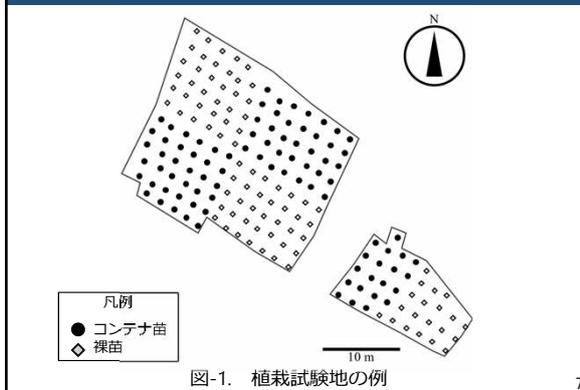
調査方法 - 調査地 -

表-1. 調査地の概要

市町村名	苗種別植栽本数(本)	植栽年月	標高 (m)*1	平均最大 積雪深 (cm)*2	年平均 気温 (°C)*3	年平均 降水量 (mm)*3	斜面 傾斜 (°)*4	
村上市	91	2016年5月	40~150	150~200	11~12	3,020~3,070	20~25	
	85	2016年11月					10~15	
	90	2016年11月					20~130	10~15
	90	2017年6月					50~160	20~25
関川村	94	2014年12月	60~75	100~150	12~13	2,750~2,800	0~20	
	90	2015年6月	700	300~350	8~9	1,950~2,000	10~15	
湯沢町	90	2015年11月	80~90	100	12~13	2,100~2,150	>>30	
	80	2018年6月						
三条市	90	2017年11月						
小計	800	897						
合計	1,697							

*1 : DEMから判読
 *2 : 民有林適地適木調査報告書(新潟県)から判読
 *3 : ヌッシュユ平年値2010から判読
 *4 : 国土数値情報参照

調査方法 - 調査地 -



7

調査方法 - 調査地 -

◆ 供試体の概要

- ・ 苗齢2~3年の実生苗
- ・ 新潟県内の苗木生産者から購入または新潟県森林研究所で育苗
- ・ コンテナ苗の育成孔容量：150cc (JFAまたはBCC社製 Flex Flame 77)



◆ 植栽

- ・ 植栽密度：2,000~2,500本/ha
- ・ 植付方法：裸苗は唐鋤(根切・ていねい植え) コンテナ苗はディブル

8

調査方法 - 調査地 -

◆ 主な競合植生

- ・ 木本類：アカメガシワ、ヌルデ、ヤマウルシ、タラノキ、クサギ、キイチゴ類など
- ・ 草本類：ススキ、タケノグサ、イタドリなど
- ・ その他：ササ類、フジ、クズ、シダ類など

◆ 下刈り

林齢4年の年は、全刈り(年1~2回)実施
ただし、植栽年および何年か下刈りの実施をおこなわなかった植栽地データが含まれる

9

調査方法 - 毎木調査 -

◆ 被害状況調査(融雪後・毎年もしくは隔年実施)

前年の下刈りによる損傷、獣害、幹折れ・枝折れ、枯死の有無を記録
⇒被害なしを**無被害の個体**とした

	林齢1年				林齢2年				林齢3年				林齢4年			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
春植え	○															
秋植え			○													

凡例

- 植栽
- 成長期
- 成長期終了

10

調査方法 - 毎木調査 -

◆ 成長期終了時点調査(10月以降・毎年もしくは隔年実施)

- ・ **樹高**(原則1cm括約)および**地際径**(0.01mm括約)を測定
樹高は根元から樹頂点までの最短距離
形状比：樹高を地際径で除した値
- ・ 被害状況調査以降に損傷等があった場合は追加で記録



折尺による樹高の測定



測桿による樹高の測定



地際径の測定

11

調査方法 - 統計解析：GLMの概要 -

◆ 林齢4年の成長期終了時点の植栽木の樹高推定

⇒一般化線形モデル(GLM)による回帰分析
パラメータはベイズ推定した

◆ 回帰分析のデータセット

- ・ **応答変数**⇒ 全供試体(N = 1,697)のうち、林齢4年の成長期終了時点で**無被害の個体**(n = 1,132)の樹高
- ・ **説明変数**⇒

植栽時の植栽木の形状のグループ	その他の変数
①樹高・②地際径・③形状比	④苗種(裸苗・コンテナ苗)
林齢3年の成長期終了時点の形状のグループ	⑤調査地(4つの市町村別)
①樹高・②地際径・③形状比	⑥植栽時期(春植え・秋植え)

※二重線は、多重共線性を考慮し、VIFが3以上の場合、除外した変数

12

調査方法 — 統計解析：パラメータのベイズ推定 —

◆ベイズ推定

- MCMCによる事後分布のサンプリング設定
 バーンイン回数 : 1,000回
 乱数生成の繰り返し数 : 2,000回
 チェーン数 : 4本
- パラメータ事前分布：無情報事前分布
 事後分布：学生t分布
 リンク関数 : identity
- 収束判断：Rhatが1.1未満である場合収束

13

調査方法 — 統計解析：パラメータのベイズ推定 —

◆ベイズ推定

- 説明変数の事前分布：馬蹄分布(Horseshoe)
 ⇒0および1.0の付近の密度が大きい確率分布



(Carvalho et al. (2009) : Proceedings of Machine Learning Research 5)

- 説明変数の効果の有意性
 事後期待値が95%信用区間において
 0を含まない場合に統計学的に有意

14

調査方法 — 統計解析：モデルの評価 —

◆回帰モデルの変数選択

- 説明変数の総当たり法により選択
 ⇒モデルのR²およびWAICであてはまりを評価
 ⇒合計40モデルのあてはまりを比較
 ⇒R²が0.8以上があてはまりの良いモデルと仮定

◆統計解析ソフト

- R version 4.2.1のbrmsパッケージのbrms関数
- Stan version 2.23

15

結果・考察 — 供試体の植栽時の形状 —

試験植栽した
裸苗の特徴
①地際径が太い
②地際径の
大きさがバラバラ

試験植栽した
コンテナ苗の特徴
①地際径が細い
②形状比が高い
⇒細長い

図-2. 試験植栽したスギの植栽時の樹高と地際径の関係 (清水ら 2023)

植栽時の樹高 大きな違いはない
植栽時の地際径 コンテナ苗と裸苗で二分された

16

結果・考察 — GLMによる解析 —

表-2. 林齢4年の成長期終了時点の樹高を応答変数としたGLMの結果(R²=0.889)

順位	説明変数	事後期待値	事後標準偏差	95%信用区間 下限	95%信用区間 上限	R ²	WAIC
	切り*	3.04	0.43	2.28	4.66		
	林齢3年の樹高*	1.26	0.02	1.23	1.29		
	林齢3年の形状比*	-0.18	0.05	-0.28	-0.07	0.889	10006.81
1	調査地(四川村)に対する調査地(三条)の効果*	19.07	3.03	13.18	24.96		
	調査地(四川村)に対する調査地(村上)の効果*	6.82	2.01	2.86	10.69		
	調査地(四川村)に対する調査地(清沢)の効果*	-7.80	2.17	-12.17	-3.50		
	切り*	31.93	4.56	22.84	40.93		
	林齢3年の樹高*	1.26	0.02	1.22	1.29		
	林齢3年の形状比*	-0.16	0.05	-0.27	-0.06	0.889	10007.38
2	苗種(裸苗)	1.00	1.20	-1.26	3.56	0.889	10007.38
	調査地(四川村)に対する調査地(三条)の効果*	19.41	3.09	13.22	25.61		
	調査地(四川村)に対する調査地(村上)の効果*	6.97	1.94	3.03	10.83		
	調査地(四川村)に対する調査地(清沢)の効果*	-7.55	2.15	-11.80	-3.03		
	切り*	32.77	4.49	24.11	41.22		
	林齢3年の樹高*	1.26	0.02	1.22	1.31		
	林齢3年の形状比*	-0.18	0.05	-0.29	-0.08	0.889	10008.18
3	調査地(四川村)に対する調査地(三条)の効果*	19.09	3.07	12.15	25.03	0.889	10008.18
	調査地(四川村)に対する調査地(村上)の効果*	7.10	2.14	2.83	11.27		
	調査地(四川村)に対する調査地(清沢)の効果*	-7.70	2.24	-12.11	-3.26		
	林齢3年の樹高*	-0.25	1.62	-3.96	2.54		
	切り*	31.98	4.73	22.64	41.14		
	林齢3年の樹高*	1.26	0.02	1.21	1.30		
	林齢3年の形状比*	-0.17	0.06	-0.28	-0.05	0.889	10009.76
	苗種(裸苗)	0.98	1.26	-1.45	3.50	0.889	10009.76
	調査地(四川村)に対する調査地(三条)の効果*	19.10	3.10	13.06	25.20		
	調査地(四川村)に対する調査地(村上)の効果*	6.96	2.20	2.70	11.28		
	調査地(四川村)に対する調査地(清沢)の効果*	-7.59	2.32	-12.11	-3.08		
	林齢3年の樹高*	-0.25	1.58	-3.44	2.99		

精度が良い

精度が悪い

- R²が0.8以上のモデル⇒3年の樹高が含まれた
- R²が0.889のモデル⇒3年の形状比・調査地が選択

17

結果・考察 — GLMによる解析 —

表-3. 林齢4年の成長期終了時点の樹高を応答変数としたGLMの結果(R²=0.888)

順位	説明変数	事後期待値	事後標準偏差	95%信用区間 下限	95%信用区間 上限	R ²	WAIC
	切り*	20.72	2.69	15.41	25.97		
	林齢3年の樹高*	1.26	0.02	1.22	1.29		
	苗種(裸苗)	2.41	1.23	-0.02	4.78	0.888	10014.55
5	調査地(四川村)に対する調査地(三条)の効果*	20.16	3.09	14.07	26.26		
	調査地(四川村)に対する調査地(村上)の効果*	8.35	1.97	4.59	12.31		
	調査地(四川村)に対する調査地(清沢)の効果*	-5.63	2.17	-9.88	-1.37		
	切り*	21.59	3.16	15.41	27.79		
	林齢3年の樹高*	1.25	0.02	1.21	1.29		
	苗種(裸苗)	2.52	1.22	0.07	4.95		
6	調査地(四川村)に対する調査地(三条)の効果*	20.04	3.19	13.97	26.37	0.888	10016.18
	調査地(四川村)に対する調査地(村上)の効果*	7.79	2.28	3.40	12.25		
	調査地(四川村)に対する調査地(清沢)の効果*	-5.93	2.31	-10.31	-1.14		
	林齢3年の樹高*	0.93	1.58	-3.15	4.08		
	苗種(裸苗)	-21.01	2.76	-15.61	-26.44		
	切り*	1.26	0.02	1.23	1.30		
7	調査地(四川村)に対する調査地(三条)の効果*	19.52	3.01	13.73	25.62	0.888	10017.01
	調査地(四川村)に対する調査地(村上)の効果*	8.33	2.04	4.38	12.23		
	調査地(四川村)に対する調査地(清沢)の効果*	-5.81	2.21	-10.13	-1.39		
	切り*	21.49	3.06	15.53	27.43		
	林齢3年の樹高*	1.26	0.02	1.22	1.30		
	調査地(四川村)に対する調査地(三条)の効果*	19.27	3.02	13.39	25.31	0.888	10019.22
	調査地(四川村)に対する調査地(村上)の効果*	8.00	2.15	3.82	12.28		
	調査地(四川村)に対する調査地(清沢)の効果*	-5.99	2.15	-10.03	-1.62		
	林齢3年の樹高*	0.38	1.60	-2.75	3.62		

精度が良い

精度が悪い

R²が0.888のモデル⇒3年の樹高・調査地が選択

有意な正の効果
有意な負の効果

18

結果・考察 - GLMによる解析 -

表-4. 林齢4年の成長期終了時点の樹高を応答変数としたGLMの結果($R^2=0.870$)

項目	説明変数	事後			95%信用区間	調整	WAKC
		期待値	標準偏差	下限			
切り*		35.61	3.61	28.69	42.71		
9	林齢3年の樹高*	1.22	0.02	1.19	1.25	0.870	10156.58
	林齢3年の形状比	-0.09	0.05	-0.20	0.01		
	樹高時高(巻積)	1.53	1.30	-0.88	4.21		
10	切り*	30.26	1.86	26.62	33.92		
	林齢3年の樹高*	1.22	0.02	1.19	1.26	0.870	10157.57
	樹高時高(巻積)	1.88	1.39	-0.50	4.68		
11	切り*	30.04	1.81	26.56	33.55		
	林齢3年の樹高*	1.22	0.02	1.18	1.25	0.870	10157.59
	苗種(裸苗)	0.99	1.08	-1.03	3.16		
	樹高時高(巻積)	2.10	1.41	-0.40	5.09		
12	切り*	25.51	3.09	25.90	42.96		
	林齢3年の樹高*	1.23	0.01	1.20	1.26	0.870	10157.81
	林齢3年の形状比	-0.10	0.05	-0.20	0.00		
13	切り*	29.70	1.83	25.97	33.33		
	林齢3年の樹高*	1.23	0.01	1.20	1.26	0.870	10158.36
	林齢3年の形状比	-0.10	0.05	-0.20	0.00		
	苗種(裸苗)	0.26	0.98	-1.60	2.39		
14	切り*	29.70	1.83	25.97	33.33		
	林齢3年の樹高*	1.23	0.02	1.20	1.26	0.870	10159.96
	切り*	29.52	1.91	25.90	33.71		
15	林齢3年の樹高*	1.23	0.02	1.20	1.26	0.870	10160.76
	苗種(裸苗)	0.80	1.01	-1.07	2.97		

精度が良い
精度が悪い

有意な正の効果
有意な負の効果

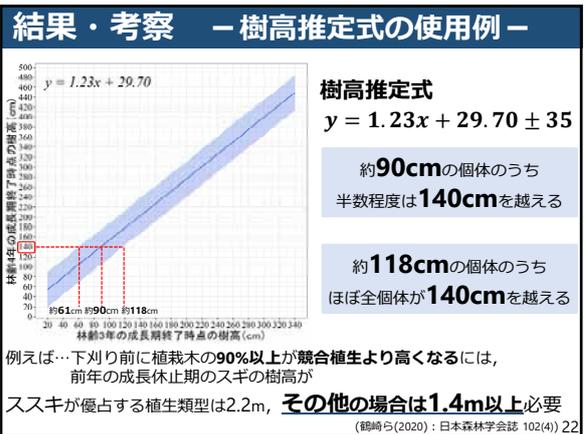
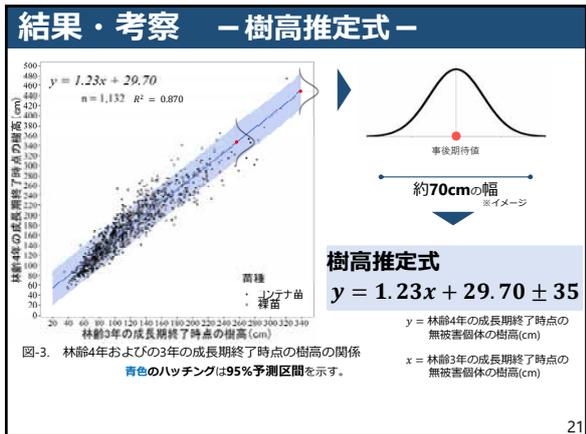
- R^2 が0.870のモデル⇒ 3年の樹高が選択
- 3年の樹高のみのモデルでも精度高い

結果・考察 - GLMによる解析 -

◆ GLMの結果のまとめ

- モデルの精度
 - R^2 が0.889⇒ 3年の樹高・形状比・調査地+ α (表-2)
 - R^2 が0.888⇒ 3年の樹高・調査地+ α (表-3)
 - R^2 が0.870⇒ 3年の樹高+ α (表-4)

⇒ 林齢3年の樹高のみで概ね説明可能
調査地の違い(下刈り・地位等), 形状比が樹高成長に影響



結果・考察 - 樹高推定式の使用例 -

◆ 下刈り実施の方針決定において考慮すると思われる項目

- 植栽木の推定樹高
- 植栽木の推定地際径
- 造林地の違い
- 苗の種類(裸苗・コンテナ苗)の違い
- 競合植生の植生タイプ

注意!

樹高推定式によって、下刈りを実施した場合の

- 現地における下刈り検討項目の削減が可能
- 回帰式によるおおまかな成長予測が可能
- 森林所有者に対する具体的な下刈りの必要性の説明が可能

まとめ

◆ 4年の成長期終了時点のスギ個体の樹高を3年の成長期終了時点の無被害個体の樹高のみで概ね説明可能($R^2=0.870$)

成長予測および下刈り実施判断の省力が可能

- 課題
 - 地位や施業が植栽木に与える影響が不明
 - 環境・人為的要因が植栽木に与える影響を検証する必要がある

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 岐阜県森林研究所

発表者名 臼田 寿生

調査・事例名	「ぎふ森林情報WebMAP」の紹介
内 容	森林作業を効率的に進めるためには、地形図などの地理情報を最大限に活用することが有効です。そこで当所では、岐阜県立森林文化アカデミーと連携して、傾斜区分図や過去の航空写真などのさまざまな地理情報を確認できるWebGIS「ぎふ森林情報WebMAP」を公開し、地理情報の活用を推進しています。
発 表 方 法	ウェブサイトの表示

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 中澤 昌彦

調査・事例名	集材作業の自動化課題を解決するための3Dセンシング技術を搭載したフォワーダの開発についてー全体の概要ー
内 容	労働人口の減少や安全性確保を背景として土木建設機械、農業機械の分野で進む自動運転技術について、林業機械分野においてもその開発・実証が期待されている。森林総合研究所は、(株)諸岡、パナソニックアドバンステクノロジー(株)、東京農工大学（令和5年度から(株)国際電気通信基礎技術研究所が参画）と産学官民連携で、森林内での一つの課題であるオフライン状態での自動運転を実現するために、高精度・高安定GNSSとSLAMを合わせた業界初の3Dセンシング技術を搭載したフォワーダの開発に取り組んでいる。この開発において、全体の概要を紹介する。
発表方法	パワーポイント

- ・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。
- ・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。



3Dセンシング技術を搭載した フォワーダの開発について - 全体の概要 -

林業工学研究領域
収穫システム研究室長
中澤 昌彦



パナソニック
アドバンステクノロジー

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所

TAT 東京農工大学
Tokyo University of Agriculture and Technology

ATR
Advanced Telecommunications
Research Institute



日本の作業システム

路網と高性能林業機械等を組み合わせ

- ・フォワーダ（集材車両）が不可欠
- ・距離が長くなると生産性が低下
→ボトルネック
- ・労働災害の発生



集材作業の自動化
・遠隔操作化が必要

Forestry and Forest Products Research Institute



日本の森林の作業環境

土木の自動運転



森林
では？

- ・構造物が少ない
- ・立木、奥深い地形
- ・携帯電波が届かない
- ↓
- ・認知が難しい
- ・RTK-GNSS (Ntrip)
ができない
- ↓

自然物の検知
通信手段の確保
SLAMの利用



Forestry and Forest Products Research Institute



SLAM とは？

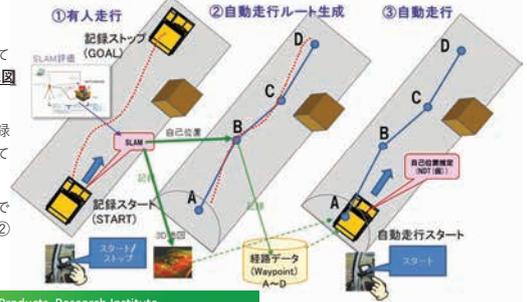
→いま自分がいる位置の推定と
周囲の環境の構造把握を同時に行う技術

■ フォワーダ自動走行

①有人走行：人間が操作して
走行し、**LiDARによる3D地図
生成&自己位置推定**

②自動走行ルート：①で記録
された自己位置情報に基いて
ルートを生成

③自動走行：リアルタイムで
自己位置を推定しながら、②
で生成したルートに追従



Forestry and Forest Products Research Institute

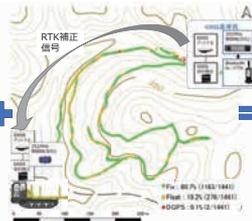
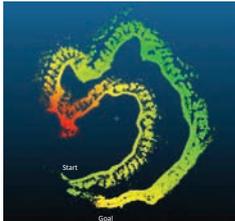


森林作業道の高精度3Dマップ化

3D点群データ[補正前]

GNSSデータ

3D点群地図[補正後]



地図内容：
・ SLAMの積算誤差により同一地点
であるStart/Goalが離れている
・ 地図の向き：Start地点の車両の
向き = 地図の右

GNSS：
・ 基準局CLASによるPPP-RTK
・ 通信351MHz、要登録、免許不要
・ ほぼ全路線でRTK可能

地図補正内容：
・ 積算誤差の補正：同一地点
であるStart/Goalが合致
・ 方位の修正：車両の向きに
依らず地図の上 = 真北に回転

Forestry and Forest Products Research Institute



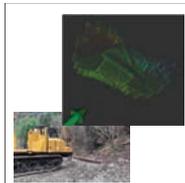
今後の開発課題

- ・ 自動走行技術の高度化（走行可能シーンの拡大と限定）
- ・ 高精度3Dマップの活用（路網の維持管理、立木評価）
- ・ 予防安全機能の開発（異常検知したら停止、安全確認したら復帰）
←遠隔監視、ローカルネットワークの構築

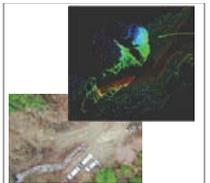
■ 障害物（人）検知



■ 障害物（倒木）検知

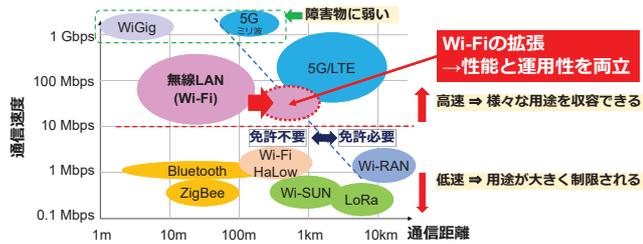


■ 道幅検知（土砂崩れ）



Forestry and Forest Products Research Institute

林業に適した無線通信は？



- 免許の要否: 免許が必要になると、自営が困難でコスト高
- 通信速度: 複数の用途を収容するには10Mbps以上は必要
- 通信距離: 見通し外も含め100m～の通信エリアが必要

無人移動体画像伝送システム

- ドローンやロボットの遠隔操縦をターゲットに制度化
- 通常200mWの最大送信電力を1Wに引き上げて運用可
- 条件
 - 第三級陸上特殊無線技士以上の無線資格
 - ウェブ上での運用調整
 - 技適認証の取得（通常のWi-Fiと同様）
 - 「第2条第72号に規定する特定無線設備」
 - 無線免許は必要。ただし、技適取得で手続きは簡素化

市販のシステムはネットワーク機能の拡張ができず評価に適さない
 → 独自の評価機に新たに技適認証を取得して評価

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 瀧 誠志郎

調査・事例名	森林域におけるGNSS-RTK用通信手段について
内 容	労働人口の減少や安全性確保を背景として土木建設機械、農業機械の分野で進む自動運転技術について、林業機械分野においてもその開発・実証が期待されている。森林総合研究所は、(株)諸岡、パナソニックアドバンステクノロジー(株)、東京農工大学（令和5年度から(株)国際電気通信基礎技術研究所が参画）と産学官民連携で、森林内での一つの課題であるオフライン状態での自動運転を実現するために、高精度・高安定GNSSとSLAMを合わせた業界初の3Dセンシング技術を搭載したフォワーダの開発に取り組んでいる。この開発において、351MHzの無線通信を使ったRTK-GNSSを紹介する。
発表方法	パワーポイント

・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。

・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

FFPRI

森林域におけるGNSS-RTK用通信手段について

森林総合研究所 収獲システム研究室
瀧 誠志郎
2023年7月27日

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI

デジタルツインの仕組み

Cyber空間

②蓄積
現実世界のコピー
(場所・スケール・時間軸等が全て現実世界と同一)

③高度なデータ分析
(例: 伐採作業、搬出、樹木の成長等)
最適化・最適解

Physical空間

①センシング
立木情報
樹冠の位置
樹木の位置
道路情報
地形
樹冠の厚さ
水深・危険箇所

円滑なデジタル情報の共有
継続的なデジタル情報の更新

④現実世界での活用
林業機械の自動化

AI
CPS

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI

920MHz無線通信による短距離通信 (無線を使ったRTK)

○NTRIPはインターネット回線が必要 (Starlinkは国内では屋外使用できない)
○現場では圏外でもRTKを実現したい

- 基線長が短くなるため精度向上が期待できる
- 自前で立てたBaseの精度に依存

Base ※土場等に設置

Rover (移動体に設置)

GNSS受信機: 8万円×2台
無線機: 17万円 (2台セット)

通信距離: ~300m

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI

351MHz無線通信による長距離通信 (無線を使ったRTK)

Base

Rover GNSSアンテナ

無線アンテナ

GNSSアンテナ

GNSS受信機

無線機

GNSS受信機

ポータブル電源

シリアル変換

無線機

GNSS受信機

補正情報の送信

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI

351MHzの到達距離

地形に隠れていても通信可能

見通し25km

Forestry and Forest Products Research Institute

FFPRI

森林内/域の通信手段について

テキストの送受信に限られるもの・・・

- 920MHzは小規模エリア向け (現場内)
- 351MHzは大規模エリア向け (現場と事務所)

Base ※土場等に設置

Rover

351MHzはアンテナを変更可能

- エリアの拡大
- 指向性

3~5km通信可能なパッケージ

Forestry and Forest Products Research Institute

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 森林総合研究所

発表者名 宗岡 寛子

調査・事例名	林道台帳等の災害記録を活用した、降雨因子に応じた林道災害発生頻度の統計的推定手法の開発
内 容	<p>気候変動による豪雨の増加は、林道災害の増加をもたらすと考えられる。増加の程度を定量的に予測するためには、降雨因子に応じた林道災害発生頻度を明らかにする必要がある。そのためには長期かつ広域的な林道災害データが必要である。全国の林道について整備され、開設時点から現在までの災害復旧事業の履歴が記録されている林道台帳は有効なデータソースとなり得る。しかし、林道台帳から得られるのは、各路線の毎年の被災箇所数や復旧事業費等であり、災害発生日時や詳細な位置、被災の形態等は把握できない。本研究では、林道台帳のような空間的・時間的解像度の低いデータと、解析雨量データ、林道線形データを用いて、降雨因子に応じた林道災害発生頻度を推定する手法を提案した。</p> <p>災害発生日や路線内でのおよその発生位置が特定可能な富山県内民有林の過去21年間の災害データ（林道施設災害復旧事業の対象となった災害）を用いて推定した降雨因子—林道災害発生頻度の関係と、同じデータを林道台帳と同等の低解像度に落としたデータを用いて推定したそれは類似したものとなった。本研究で提案した統計的推定手法の成否は、データを得た期間の豪雨頻度にも依存する。それが富山県と同等以下の地域であれば、林道台帳等の低解像度データからでも、降雨因子に応じた林道災害発生頻度が推定可能であると考えられる。</p>
発表方法	パワーポイント、その他(資料配付 A4×1枚)

・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。

・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

林道台帳等の災害記録を活用した、
降雨因子に応じた林道災害発生頻度の
統計的推定手法の開発

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
宗岡寛子・白澤敏明

Forestry and Forest Products Research Institute

背景・目的

気候変動による豪雨の増加
林道延長の増加

将来の日本の林道災害の件数・復旧費用は？

背景・目的

復旧費用 = 被災箇所数 × 1箇所あたり復旧費用

被災箇所数 = 降雨強度に応じた被災頻度 × 被雨林道延長

富山県のデータから推定された降雨強度別被災頻度

降雨強度に応じて被災頻度は指数的に増加

宗岡ら(2021)森林誌36(1)

森林総合研究所交付金(所内)プロジェクト

課題名:「EBPM実現のための森林路網B/C評価ツールの開発と社会実装」

主査:久保山裕史(林業経営・政策研究領域長) 副査:都築伸行(同 林業システム研究室長)

参画:林業工学領域、森林管理領域、林業経営・政策領域、北海道・東北・関西・四国・九州支所

期間:令和3年度~令和6年度(4年間)

評価委員:高知大学 鈴木保志教授(一岩手大学 齋藤仁志准教授)

※EBPM: Evidence-based Policy Making (エビデンスに基づく政策立案)

公益的機能便益
B 地域経済便益
C 新規開設コスト

木材生産便益
森林サービス産業便益

維持管理コスト
・ 災害復旧コスト
・ 日常維持管理コスト

データソース
・ 林道台帳
・ 林道線形データ
・ 地形データ

背景・目的

目的:
林道台帳の災害記録から、降雨因子に応じた林道災害頻度を推定する

データソースとしての林道台帳の長所、短所

- 全国の林道路線について整備されている
- 長期にわたる災害復旧事業の履歴が記録されている
- × 時間的・空間的解像度が低い
 - 得られるのは年・路線単位の災害発生箇所数と復旧費用
 - 災害発生日は不明
 - 路線内のどこで発生したかも不明
 - 被災の形態も不明

年度	路線	発生箇所数	復旧費用(万円)
1998	1	1	10
1999	1	2	20
2000	1	3	30
2001	1	4	40
2002	1	5	50
2003	1	6	60
2004	1	7	70
2005	1	8	80
2006	1	9	90
2007	1	10	100
2008	1	11	110
2009	1	12	120
2010	1	13	130
2011	1	14	140
2012	1	15	150
2013	1	16	160
2014	1	17	170
2015	1	18	180
2016	1	19	190
2017	1	20	200
2018	1	21	210

方法

解析雨量データ
×
林道線形データ
×
発生日が特定可能な災害データ

解析雨量データ
×
林道線形データ
×
年・路線単位の災害発生箇所数データ

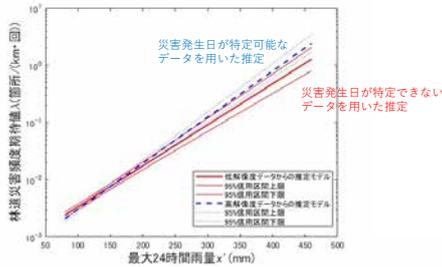
富山県の1998~2018年の災害査定資料を基にしたデータ

降雨因子-被災頻度モデルのベイズ推定

比較

降雨因子-被災頻度モデルのベイズ推定

結果



林道台帳と同等の低解像度のデータでも、災害査定資料を用いたモデルに近いモデルが推定できた。



7

考察

豪雨の頻度が富山県と同程度以下の地域であれば、林道台帳のような年・路線単位の災害記録からでも、降雨因子に応じた被災頻度の統計モデル推定が可能と考えられた。

一方、地形等の素因と被災頻度との関係や、被災位置や被災の形態が特定できない林道台帳データから推定することはかなり難しい。



8

謝辞

本研究では、富山県民有林の林道施設災害査定資料を基に、富山県農林水産総合研究センター森林研究所が取りまとめた災害データを使用いたしました。

貴重なデータのご提供に対し深く感謝申し上げます。



9

森林総合研究所交付金(所内)プロジェクト1

課題名:「EBPM実現のための森林路網B/C評価ツールの開発と社会実装」

主査:久保山裕史(林業経営・政策研究領域長) 副査:都築伸行(同 林業システム研究室長)
 参画:林業工学領域、森林管理領域、林業経営・政策領域、北海道・東北・関西・四国・九州支所
 期間:令和3年度～令和6年度(4年間)
 評価委員:高知大学 鈴木保志教授(一岩手大学 齋藤仁志准教授)

※EBPM: Evidence-based Policy Making (エビデンスに基づく政策立案)



10

林道日常維持管理の実施体制の例

～これまでの聞き取り調査から～

- 林道管理者が受益者(自治会、林道管理団体等)に委託
- 林道管理者が森林組合に委託
- 林道管理者が建設業者等に委託
- 林道管理者が維持管理担当者を雇用
- 受益者が無償で実施
- その他



11

山形県鶴岡市楨代地区 林道草刈作業

E) 受益者が無償で実施 の例



(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 山形県森林研究研修センター

発表者名 村川 直美子

調査・事例名	山形県における林木育種の開発状況について
内 容	<p>山形県の林木育種事業では、スギの特定母樹やマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツなどの選抜を実施している。</p> <p>例えば、スギの特定母樹は東北育種場との共同選抜により、令和4年までに11系統を選抜してきた。ミニチュア採種園を造成して、特定母樹の種子生産体制構築に力を入れており、令和5年より特定母樹の種子を配布開始予定としている。</p> <p>選抜した系統については、今後実際にどのように育っていくのか検証する必要があり、試験林造成を計画している。適切な管理体制を維持するため、また長期間のモニタリングを続けていくため、ICTを活用した手法を検討していきたいと考えている。</p> <p>※他県での管理体制やICT活用事例について、現状や今後検討していることなどを情報提供いただければ幸いです。</p>
発表方法	パワーポイント

・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。

・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

山形県の林木育種の 開発状況について

山形県森林研究研修センター 専門研究員
村川 直美子 (むらかわ なみこ)

1

目次

1. 山形県森林研究研修センターについて
2. 山形県の林木育種事業
3. 雪害抵抗性品種から特定母樹へ
4. 今後の課題

2

1. 山形県森林研究研修センターについて

山形県における森林・林業に関する試験研究や、林業後継者の育成・技術の普及に取り組んでいます。

- ・総務課
- ・(研究部門) 研究企画部、森林生態保全部、森林資源利用部 (低コスト再造林)
- ・(普及部門) 森林経営指導部

主要な研究テーマ

- ・本県オリジナル品種の開発 (林木育種、きのこ・山菜)
- ・林業者の収入向上・経営安定を目指す技術の開発 (低コスト再造林)
- ・競争力強化のための新たな価値を創出する技術の開発 (木材・特産林産物の価値向上など)
- ・自然環境の変化に対応した技術の開発 (森林病虫獣害の調査など)
- ・先端技術を活用した先導的技術・手法の開発 (グリーンインフラとしての海岸林管理など)



3

1. 山形県森林研究研修センターについて (担当業務)

- ・林木育種担当
 - スギ、クロマツ、アカマツの種子生産
 - 特定母樹の選抜
 - マツノザイセンチュウ抵抗性マツの育種
- ・森林病虫獣害の調査、薬剤試験



マツノザイセンチュウ接種検定

特定母樹

4

2. 山形県の林木育種事業

林木育種事業

- スギ (特定母樹、少花粉、雪害抵抗性)
- クロマツ (マツノザイセンチュウ抵抗性)
- アカマツ (マツノザイセンチュウ抵抗性)

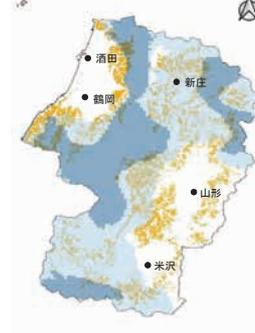
今回はスギについて
お話しします



5

2. 山形県の林木育種事業

山形県 スギ林の積雪地帯区分



- スギ造林地
- 少雪 (31.5%)
- 多雪 (53.0%)
- 豪雪 (15.5%)

多雪地・豪雪地が7割
近くを占める

(千葉・高橋、令和2年度業務報告より)

6

2. 山形県の林木育種事業

山形県森林研究研修センター林木育種園（鶴岡市羽黒町）



最大積雪（2.0m～2.5m）



ミニチュア採種園→（融雪期）



←ミニチュア採種園（雪囲い）

7

2. 山形県の林木育種事業

雪害（スギの根元曲がり）



- 根元曲がりした木材は林地に切り捨てられるか、曲がり材として安価に取引される
- 雪起こしなどの防除は大変、お金もかかる

8

3. 雪害抵抗性品種から特定母樹へ

雪害抵抗性品種

- 種苗法による登録品種 出羽の雪1号、2号（東北育種場と山形県との共同申請 H8年度）
- 実生家系 29系統、挿し木クローン8系統の開発（東北育種場 H12～20年度）

出羽の雪



山形県森林研究研修センター羽黒試験地



ミニチュア採種園の造成（H22年度～）
H25年度より採種開始

9

3. 雪害抵抗性品種から特定母樹へ

特定母樹

- ①成長量 ②剛性 ③幹の通直性 ④雄花着花性

これまでに登録された特定母樹

親の系統		
開発年度	精英樹	耐雪性
R 2	0	3
R 3	4	3
R 4	1	0
計	5	6

東北育種場と共同申請



東育山県耐雪2-531号



東育山県2-538

10

3. 雪害抵抗性品種から特定母樹へ

特定母樹によるミニチュア採種園

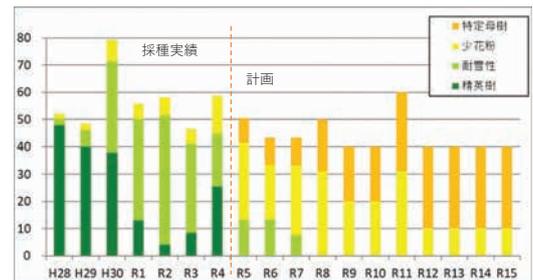
- R2年度に初めて造成
- R5年度に初採種予定
- 需要増に対応するため、以降、毎年造成
- R4年度までに4か所（約800本）を造成



11

3. 雪害抵抗性品種から特定母樹へ

山形県のスギ種子生産量



- 精英樹→耐雪性→少花粉→特定母樹へ
ニーズに合わせた種子生産

12

▲ 4.今後の課題

他県での管理体制やICT活用事例について情報提供をお願いします！

13

(様式-3)

調査・事例紹介

機関名 富山県森林研究所

発表者名 小林 裕之

調査・事例名	ドローンによる林道法面のスイッチバック撮影方法の紹介
内 容	<p>これまでの、林道法面からの目視による植生モニタリングでは、1)長大法面上部の植物種の同定や被度の計測が難しい、2)植生の陰になった崩壊地などが見えにくい、3)大斜面全体の植生や被度がわかりにくい、などの問題点があった。これらの問題を解決するために、目視による植生の判読に加えて、ドローンによる動画の撮影と、ドローンによる静止画撮影+写真測量を併用して、植生の状態を判読、計測することが期待されてきている。</p> <p>従来のドローン空撮+写真測量は、主として、地面に対して直角(鉛直下方)にカメラを向けて多数の写真を撮影し、それらの写真から3次元情報を取り出す、という方法で行われてきたが、道路(林道)の法面など、斜面に対する写真測量は、斜面に対して向き合って(正対して)カメラを向け、写真撮影、測量を行った方が、より多くの3次元情報を精度高く取り出せる可能性が高く、国土交通省では最近、「UAV写真測量についてカメラを計測対象の斜面に正対させた状態での斜め撮影を行う提案」がなされている。</p> <p>そこで、富山県森林研究所では、光学カメラを搭載したDJI社のコンシューマー向けドローンと、自動空撮アプリのLitchi(ライチ, VC Technology Ltd)を使用して、ドローンを林道法面に正対させ、撮影高度とカメラ角度を変えながら、左右方向(側面方向)に移動して空撮を行う、スイッチバック撮影方法を考案し、マニュアル書やチュートリアルビデオを作成して関係機関に配布したところである。</p> <p>当日はこのスイッチバック撮影方法について紹介する。</p>
発表方法	<p>パワーポイントで発表する。</p> <p>その他A4判1枚の資料を配布する。</p>

・液晶プロジェクター、パソコン等はこちらで準備します。

・パワーポイントで発表される場合は、USB等の外部記憶媒体に入れて持参願います。

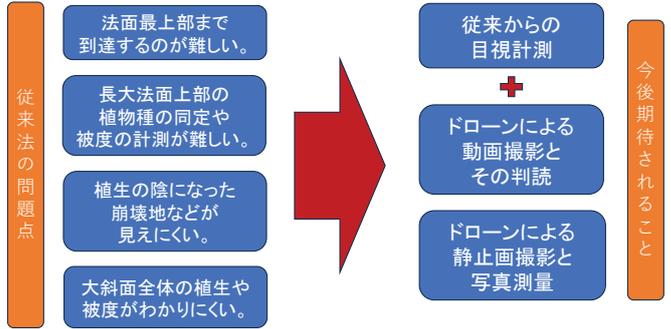
ドローンによる林道法面のスイッチバック撮影方法の紹介

富山県森林研究所
(再任用)主任専門員：○小林裕之
() () : 大宮 徹

2023.7.26

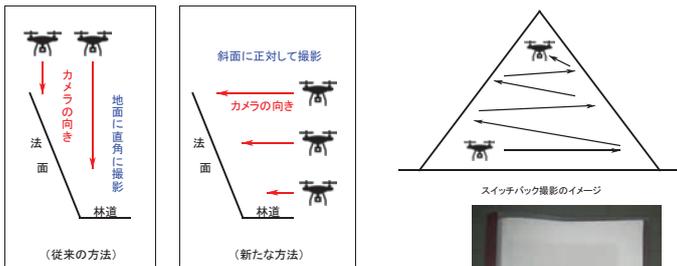
背景

〔林道法面の植生モニタリング調査〕



2023.7.26

林道法面に特化した空撮方法



斜面に正対し、飛行高度とカメラ角度を変えながら、左右ジグザクに飛行する、「スイッチバック撮影方式」を考案し、安価なドローン+アプリで実施するためのマニュアル書を作成した。

2023.7.26

スイッチバック撮影の例



森林基幹道：町長水須線（旧大沢野町-旧大山町）
背景はGoogle Earthで、飛行高度は強調してある。

2023.7.26

使用するもの

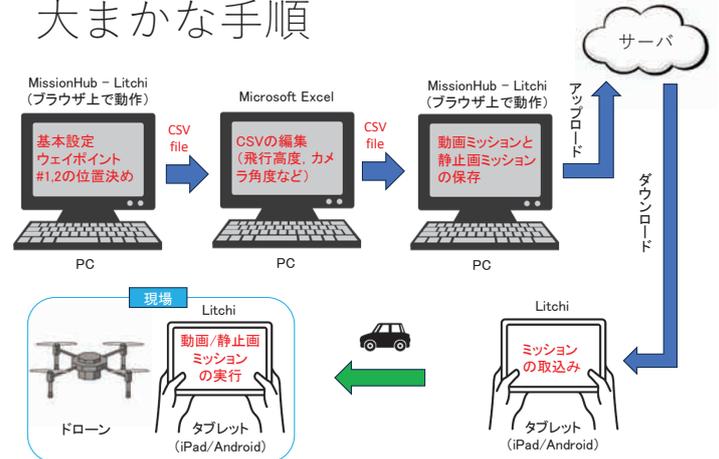
項目	名称など	備	考
自動空撮アプリ	Litchi	DJI社製ドローン専用 有料、iOS版とAndroid版がある（3,500円） 同一ユーザーIDでMissionHubと連動	
ドローン	DJI社製のもの	Mini 2, Mini SE, Air 2S, Mavic Mini 1, Mavic Air 2, Mavic 2 (Zoom/Pro), Mavic (Air/Pro), Phantom 4 (Standard/Advanced/Pro/ProV2), Phantom 3 (Standard/4K/Advanced/Professional), Inspire 1 (X3/Z3/Pro/RAW), Inspire 2 and Spark	
飛行計画作成ソフト	MissionHub - Litchi	webブラウザ上で動作するソフトウェア（Litchiと連動）	
PC		Microsoft Excelがインストールされたもの	

Litchiのサイト）If you have one of DJI's latest drone models (Mini 3, Mavic 3 Enterprise, etc), you will need to use [Litchi Pilot](#) instead

djiFORUM）There is no plan to support [Mavic 3](#), [Mavic 3 Cine](#) and [Mavic 3 Classic](#) currently.

2023.7.26

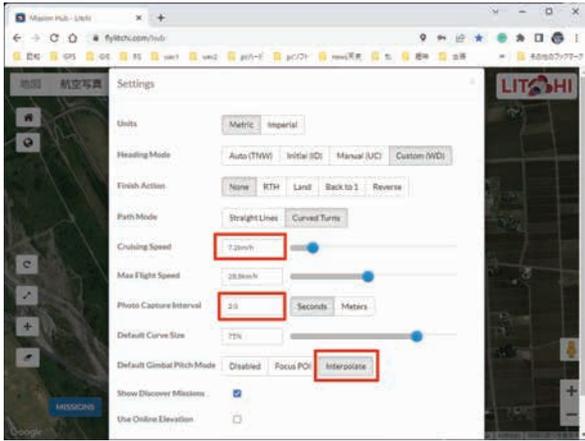
大まかな手順



2023.7.26

画面例1 (MissionHubの初期設定)

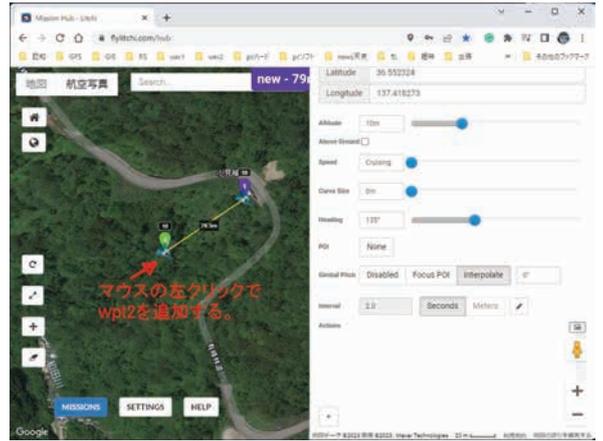
(MissionHub - Litchi)



2023.7.26

画面例2 (wpt1,2の決定)

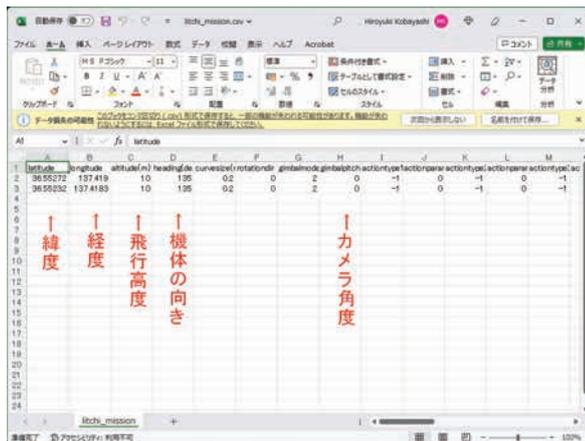
(MissionHub - Litchi)



2023.7.26

画面例3 (csv編集前)

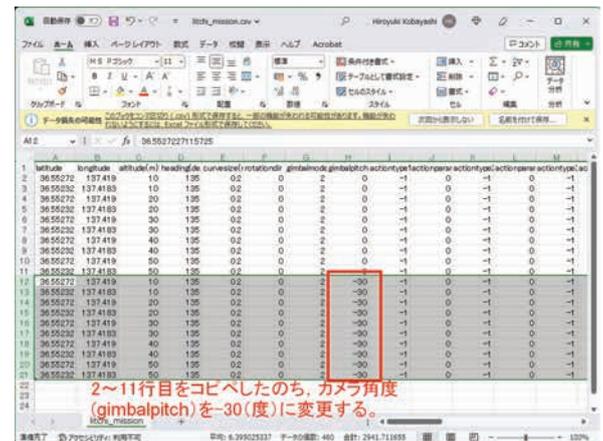
(Excel)



2023.7.26

画面例4 (csv編集中)

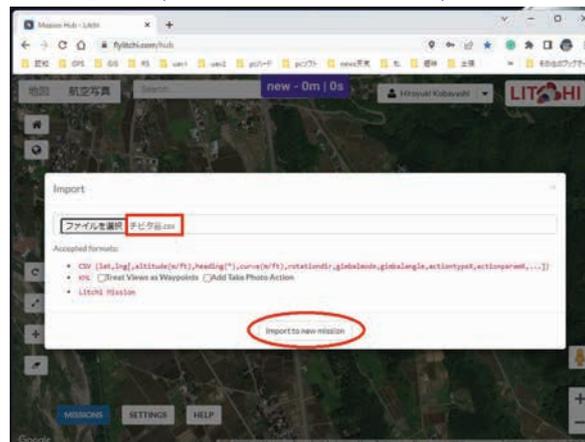
(Excel)



2023.7.26

画面例5 (csvインポート)

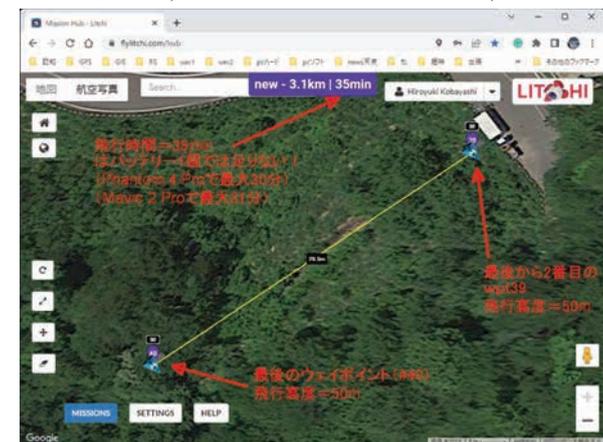
(MissionHub - Litchi)



2023.7.26

画面例6 (csvインポート後)

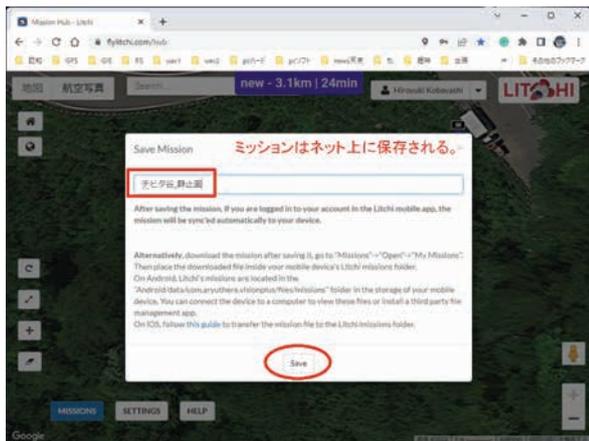
(MissionHub - Litchi)



2023.7.26

画面例7 (静止画ミッションの保存)

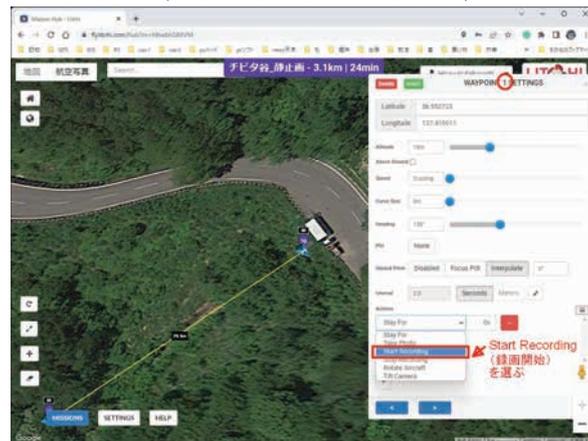
(MissionHub - Litchi)



2023.7.26

画面例8 (動画撮影の設定)

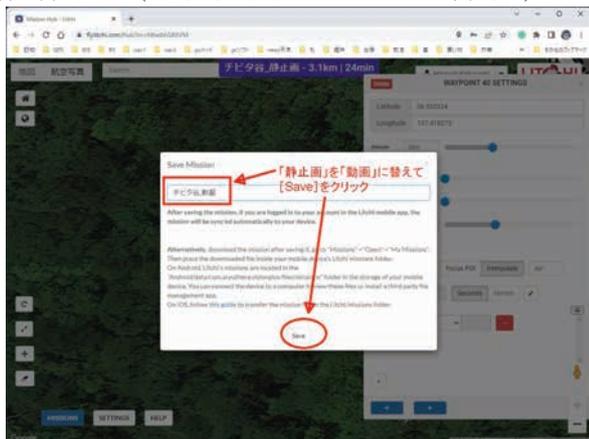
(MissionHub - Litchi)



2023.7.26

画面例9 (動画ミッションの保存)

(MissionHub - Litchi)



2023.7.26

画面例10 (オフィスでミッション読み込み)

(Litchi)



無線LAN環境または携帯電波圏内で、タブレットにミッションを保存しておくこと。

2023.7.26

画面例11 (現場でミッション読み込み)

(Litchi)



2023.7.26

画面例12 (ミッションの開始)

(Litchi)



2023.7.26

(様式-2)

提案・要望事項

機関名 山梨県森林総合研究所

項 目	内 容
提案・要望項目	RTK基地局独自設置の事例および、活用・運用に関する情報の提供
内 容	<p>RTK基地局を各県等で独自に設置している事例があり、その活用・運用方法(設置主体、設備管理、情報の公開方法など)について情報があれば情報提供願いたい。</p> <p>(長野県については森林組合連合会と情報交換済み。ただし、県業務として活用事例、何かしらの支援を行っている場合は情報提供いただきたい。)</p>
理 由	<p>RTK測位を行う際、補正情報を外部からリアルタイムで取得する必要がある。現状としては企業が提供する補正情報配信サービス(有料)を利用するか、独自にRTK基地局を設置するなどして補正情報を取得する必要がある。</p> <p>山梨県において、研究所主体でのRTK基地局の設置を試験的に行っているが、研究所のみで活用・運用を継続するのは難しい面もあり、各県で同様の事例がある場合は情報提供いただきたい。</p> <p>研究所本所および附属施設(合計4か所)への試験設置を進めており、現状は「本所」および「八ヶ岳植物園」の二か所に設置し、半券20km圏内で補正情報の取得が可能である。</p> <p>今後、富士吉田試験園、南部採種園に基地局設置を行う予定である。</p>

(様式-2)

提案・要望事項

機関名 新潟県森林研究所

項 目	内 容
提案・要望項目	主伐作業経費の予測について
内 容	<p>新潟県において、ビデオ撮影による工程調査、作業日報をもとに、主伐作業の作業経費の予測をおこないたいと思っている。</p> <p>作業する事業体、作業者、使用する機械、林地の傾斜、投入する人員等、事例ごとの要素が変わるため、大きくはないサンプルサイズでは、「精度の高い」予測は困難だと考える。</p> <p>・以上について、以下3つについてご教授お願い致します。</p> <p>①実現可能かどうか。</p> <p>②実現可能な場合、どのような手法をとることが望ましいか。</p> <p>③過去に調査事例等はあるか。</p> <p>あれば、どの程度の精度で予測可能だったか。</p>
理 由	<p>新潟県では、近年、低コストな主伐・再造林を推進しているが、主伐や再造林の経験が十分でない事業体が多く、作業の見積もり費用と実際にかかった経費が大きく異なる場合があるため、精度の良い予測が行えることが期待されているから。</p>

第5回研究会 令和5年度（富山県）現地検討会の様子

視察地：富山県西部森林組合氷見支所

