

ISSN 1880-9383

林業機械化推進研修・研究協議会

# 協議会会報

第14号

2019年5月



# 目 次

(巻頭言)

◆研究成果の橋渡し

(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業工学研究領域長 毛綱昌弘・・・1

◆平成30年度活動報告

平成30年度林業機械化推進研修・研究協議会役員会・・・・・・・・・・2

(トピックス)

◆森林域におけるUAVの活用

(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所

林業工学研究領域 収穫システム研究室 主任研究員 瀧誠志郎・・・・・・・・3

◆研修内容

平成30年度林業機械化センターにおける研修実施の概要・・・・・・・・10

◆研究成果

1. 試験・研究課題計画と成果・・・・・・・・・・13

2. 試験・研究成果について

「軟弱路盤に対する丸太埋設の効果」・・・・・・・・15

「荷役作業の軽労・自動化に資する材認識システムの開発」・・・・17

「路網作設における木質材料利用の高度化」

－簡易横断排水溝に関する通行車両への衝撃緩和－・・・・19

◆協議会規約

林業機械化推進研修・研究協議会規約・・・・・・・・22



## 研究成果の橋渡し

(国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業工学研究領域長 毛綱昌弘

森林総合研究所の第4期中長期計画においては、研究開発業務における4つの重点課題（森林の多面的機能の高度発揮に向けた森林管理技術の開発・国産材の安定供給に向けた持続的林業システムの開発・木材及び木質資源の利用技術の開発・森林生物の利用技術の高度化と林木育種による多様な品種開発及び育種基盤技術の強化）の効率的な推進が目標とされていますが、さらに、産学官の連携推進により、研究成果が林業や木材産業で活用されるよう「橋渡し」機能を強化するとともに、広く国民に向け、森林の多面的機能、木材利用の意義と重要性等についての科学的知見を発信し、研究開発成果の最大化を目指すことも目標とされています。従来は研究成果の公表方法として、学術雑誌への投稿、知的財産権の取得、講演会・シンポジウムの開催等が行われていましたが、今期からはさらに、開発した研究成果が森林・林業・木材産業の担い手や関連企業等において活用されることが求められています。

現中長期計画は今年で4年目を迎え、あと残り2年弱となりました。来年度には中長期計画の評価が行われることから、本年度は達成目標の完遂に向けて仕上げに取り掛かる年となります。また次期中長期計画の目標策定作業にも取り掛かる年となります。中長期計画の節目は、研究開発目標の達成状況を確認するとともに、新しい目標を見定める必要があります。国内では、成熟期を迎えた森林資源の持続的利用と林業の成長産業化に加え、少子高齢化・人口減少社会への対応が大きな課題となっています。さらに、「森林・林業基本計画」及び「第5期科学技術基本計画」等に的確に対応し、研究開発を担う優秀な人材の確保や育成、グローバルな視点に立った知的基盤の強化、科学技術イノベーションの創出と戦略的展開に努めることが求められます。林業工学研究領域においては、皆伐再造林作業の問題、相変わらず減少しない林業労働災害への対応、施業集約化や路網整備の推進、ICT、IoT、AI等の新たな技術を活用したスマート林業への対応が必要になると考えています。

本協議会は、行政・研修機関・研究機関の3者から構成される組織であり、本中長期計画が始まる以前から、現場におけるニーズの集約、研究フィールドの提供、研究成果の研修への利活用という「研究成果の橋渡し」をすでに実践してきた組織であります。発足からすでに十数年が経過していますが、改めて本協議会の重要性を再認識させられます。「研究成果の橋渡し」という目標は次期中長期計画においても重要な達成目標となると考えられることから、本協議会の成果が「研究成果の橋渡し」の良い事例として活用され、現場に普及していくことを期待しています。

## ◆ 平成30年度活動報告

### ○平成30年度 林業機械化推進研修・研究協議会役員会

日 時 平成30年 5月10日（水） 13時30分～17時00分

場 所 林業機械化センター 会議室

出席者 森林技術総合研修所：上田浩史、枝澤修、田端朗子

林業機械化センター：片山宏文、青山一郎、泉田信幸、富元雅史、永町博満、  
野田晋一、伊久間祥平、土屋佑平

関東森林管理局：佐藤肇、岡井芳樹、阿久津聡、森田隆浩

森林総合研究所：宮沢一正、毛綱昌弘、上村巧、鈴木秀典、山口智、  
山口浩和、有水賢吾

#### 次 第

1 会長あいさつ

2 森林総合研究所あいさつ

3 関東森林管理局あいさつ

4 平成29年度活動報告

試験・研究成果等

① 軟弱路盤に対する丸太埋設の効果

② 保温装置によるオペレータの冬期作業環境改善効果の検証

③ 林業機械の作業中に作業道路体にかかる力の解明

5 平成30年度活動計画

試験・研究計画等

① 軟弱路盤に対する丸太埋設の効果

② 荷役作業の軽労・自動化に資する材認識システムの開発

③ 路網作設における木質材料利用の高度化

—簡易横断排水溝に関する通行車両への衝撃緩和—

6 協議会報について

7 情報交換

8 その他

9 閉会

※ 閉会后、林業機械化センターの施設等を見学

## 森林域における UAV の活用

(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所

林業工学研究領域 収穫システム研究室 主任研究員 瀧誠志郎

### 1. はじめに

近年、航空レーザー測量による詳細な地形状況の把握や樹木個体数の把握などが可能となってきた一方で、航空レーザー測量の実施は費用面の負担が大きいため繰り返し調査することは容易ではない。したがって、小面積のデータを高頻度に更新することが求められる場合には航空レーザー測量の頻繁な運用は困難であると考えられる。そこで注目できるのが小型無人航空機（以下 UAV）の活用である（瀧ら、2016）。

そもそも UAV の飛行には十分な GPS 信号を安定して受信する必要がある。このため森林域での飛行可能な場所とは、絶対条件として離発着場所の林冠が開けており、なおかつ離発着時と飛行中に GPS 信号を安定して受信することができる場所に限定される。また現在の航空法では、許認可があれば目視外飛行も可能となっているが、森林域では目視内での飛行が強く推奨される。

近年、UAV はその手軽さから森林域での活用事例が多くみられるようになってきた。その一方で、墜落した際にバッテリー破損による火災事例もある。森林域において UAV を使用する際には、UAV の特性を十分理解する事と共に飛行前の十分な現地確認やフライトプランの検討、キャリブレーション作業等が求められる。また林内から離陸した場合、林分上空に機体が出た途端に風向きや強さの急変により機体が流されてしまい、最悪の場合コントロール不能に陥る危険もある。したがって、特に山間部では機体の急変に即応できるコントロール技術が求められる。

その他にも、UAV には後述するようなそれぞれ得意とする状況やメリット・デメリットがある。必要とされる画像精度が mm 単位なのか cm 単位なのかといった空撮目的や撮影範囲が広範囲なのか狭範囲なのかといった様々な林分状況、気象や地形といった飛行に関わる条件等の総合的な判断のもと UAV の使用可否や機種選定を行う必要がある。

### 2. 無人航空機の種類と特徴

無人航空機（以下 UAV : Unmanned Aerial Vehicle 通称ドローン）は固定翼型と回転翼型の二つに大別することができる。どちらもドローンであるが、回転翼型についてはマルチコプターとも呼称される。UAV には、主に軍事用の大型機から民間用の小型機まで幅広い種類がある。民間用の小型 UAV（特にホビー向け）は高性能な機体が比較的安価に入手が可能で、手軽に誰でも飛行させることができる。加えて、航空法の範囲内であれば空撮時の任意性（撮影時期、撮影範囲、撮影画像精度等）が高い。ほとんどの UAV にはカメラが搭載でき、GPS を利用したルート飛行やプログラムによる一定間隔の撮影が自動でできるため、広域の上空からの静止画

や動画が比較的簡単に撮影できる。また小型軽量のため運搬が容易で即座にフライトでき、飛行場の様な離発着場所の規定がない。さらに低高度飛行（航空法では最大対地高度 150m）であるため、撮影面積は小面積にはなるが、高画質な垂直あるいは斜め写真の取得が可能である。このような特徴から、近年森林域における UAV の活用が着目されており、UAV による林分上空から取得した様々な情報を森林管理へ活用することが期待されている。

ここでは固定翼型 UAV（eBee、senseFly 社製、スイス）と回転翼型 UAV（Inspire1、DJI 社製、中国）の二機種についてそれぞれの特徴をまとめる（表-1）。なお本内容は、平成 28 年度 公益信託 農林中金森林再生基金（農中森力基金）～やまんば伝説の里～ 信州中条の森林再生事業においてまとめたものである（長野森林組合 2018）。

#### （1）固定翼型 UAV（eBee、senseFly 社製、スイス）の特徴

固定翼型 UAV eBee（以下 eBee）はいわゆる飛行機の形状をしており、機体重量が 0.7kg 未満、最大飛行時間が 40～50 分、飛行速度が 40～90km/h 程度である（図-1）。このため、1 回のフライトで非常に広範囲を飛行することができる。搭載できるカメラは専用の RGB カメラの他、マルチスペクトルカメラやサーマルカメラがある（図-2）。また機体にはピトー管を装備しているため、飛行しながら風速が計測され、飛行に支障をきたす強い風速が観測されるとオペレータが持つフライトコントロール PC 上に警告が発せられる。飛行プランの作成や飛行中の管理は全て付属のソフトウェア（以下 eMotion）で行う。eMotion は、DEM データをもとにした地形を考慮した三次元的な飛行プランを作成することができる。飛行中は緊急時以外、eMotion と eBee に搭載されている高性能センサー類による完全自立型の自動航行となる。このため事前の綿密な飛行プランの作成は必須である。

#### （2）回転翼型 UAV（Inspire1、DJI 社製、中国）の特徴

回転翼型 UAV は複数の回転翼を持った機体で、回転翼の数が 4 つの場合はクワッドコプター（図-3）、6 つの場合はヘキサコプター、8 つの場合はオクトコプターとそれぞれ呼称され、総称してマルチコプターとも呼ばれる。これらのマルチコプターの最大の特徴は、GPS 測位による定位置での安定したホバリングができることである。ここで紹介する回転翼型 UAV（以下 Inspire1）の機体重量は約 3kg、最大飛行時間が 15～20 分、最大飛行速度が 80km/h 程度である。コントローラーとの最大通信可能距離は約 1.5km である（遮蔽物や障害となる物が無い状態）。カメラは三軸ジンバルを有した機体専用の RGB カメラが取り付けられており、カメラの方向は 0～90 度の範囲で自由に可変できる。ユーザー自身による飛行のコントロールの他、事前のフライトプランニングによりプログラムでコースを自動航行し撮影することもできる。なお、当該回転翼型 UAV を活用した研究事例として空撮画像による森林作業道の判読などがある（瀧ら、2016）。



### 3. 森林域における UAV の利点とその有用性

UAV の利点について航空レーザー測量や一般的な航空機による空撮と比較すると、主に以下の三点を指摘できる。①UAV の操縦には安全飛行の知識や航空法及び関係法令の遵守が求められるものの比較的容易であり僅かな経験で誰でも操縦可能である。②費用面の負担が少なく、必要な時に林分に入ることなく短時間に実施可能である。③施業を実施した林分のみあるいは特定の林分のみなどの小規模範囲を対象に高頻度に実施可能である。これらの利点は、森林情報を常に最新のデータとして維持・更新し続けるための UAV の有用性として高く評価できる。また UAV を用いた結果として得られるデータについては、低高度で飛行するため、得られる空撮画像と作成されるオルソモザイク画像が非常に高い地上解像度を持ち、作成したオルソモザイク画像を GIS データとして読み込むことで GIS ソフトウェア上で様々な解析に活用できる点などが特徴として挙げられる。

一方、飛行時間帯や地形によっては深い陰ができ、明瞭なオルソモザイク画像を得られない場合があるなどの利用上の制約もある。加えて、UAV の飛行の際には、強風などの気象条件によっては常に飛行できるわけではないといった技術的・仕様上の弱点についても留意する必要がある。

このように、UAV には弱点や留意点があるものの、先述した利点及び得られる結果の特徴を勘案すると森林域における UAV の活用は非常に有用であり利用可能性が高いと考えられる（瀧ら、2016）。

### 4. まとめ

前述した通り、近年、航空機によるレーザー測量技術の発達によって、大面積を対象に非常に高精度な森林を取り巻く大量の情報を収集できるようになった。この技術を活用することで、森林管理や経営計画の立案に寄与すると考えられる。その一方で、航空機の性質上、特に財政的な負担は大きく、施業により日々変化していく森林を対象に高頻度で航空機を飛ばすことは現実的ではない。

UAV の活用は、航空機によるレーザー測量や航空写真測量に取って代わるものではない。むしろ、あくまでも安価で簡易的な手法として位置付けることにより、航空機による測量との併用でその真価が発揮され、森林管理や森林保全の一助になると期待できるものである。また UAV の活用事例としては、森林作業道判読の他に、森林作業道損壊の有無といった林分現状の確認、施業前後の現場状況の確認、施業完了後の山主への報告資料や森林経営計画を立案・作成する際の基礎データとしての活用などが考えられる。このように森林域における UAV の利用可能性は、航空機によって長期スパンで低頻度に森林簿情報を最新・正確な情報へ更新していく一方で、UAV によって長期スパンの間を補完するような（変更のあった施業現場ごとに情報をその都度収集）高頻度にデータ収集することで森林 GIS にフィードバックするための一つのツールとして位置付けられ、ひいては森林の基本情報の一元化と継続的な森林管理に大きく寄与すると考えられる（瀧ら、2016）。

引用文献

長野森林組合（2018）平成 28 年度 公益信託 農林中金森林再生基金（農中森力基金）～や  
まんば伝説の里～ 信州中条の森林再生事業.

瀧誠志郎・高田克彦・稲川敬介（2016）小型無人マルチコプターを用いた森林作業道の判  
読、森林計画誌 50（1）41-49.



図-1 固定翼型 UAV (eBee、senseFly 社製、スイス)  
上図：全体、下図：羽を外した状態



図-2 固定翼型 UAV には様々なカメラを搭載することができる  
上図：RGB カメラとマルチスペクトルカメラ、下図：マルチスペクトルカメラ搭載状況



図-3 回転翼型 UAV (Inspire1、DJI 社製、中国)



	eBee	Inspire1
		
機 体 形 状	固定翼 (飛行機型)	回転翼 (クワッドコプター)
製 造 会 社	senseFly (スイス)	DJI (中国)
機 体 重 量	約 0.7 kg	約 3.0 kg
機 体 サ イ ズ	約 96 cm (翼幅)	約 58 cm (対角)
最大飛行時間	約 40~50 分	約 15~20 分
飛行速度	約 40~90 km/h	約 0~80 km/h
撮影範囲	広い	狭い
解 像 度	cm/px	mm/px
ホバリング	×	○
近接撮影	×	○
耐 風 性	高い	低い

表-1 固定翼型 UAV (eBee) と回転翼型 UAV (Inspire1) の特徴

## ◆ 研修内容

### 平成30年度林業機械化センターにおける研修実施の概要

地方公共団体職員や林野庁の職員等を対象に、高性能林業機械を中心とした新たな作業システムの確立及びその普及・定着のための研修を実施した。また、林業の現場において最も使用頻度が高いチェーンソーの研修においては、昨年度新設した「チェーンソー伐木造材技術（上級）研修」について、研修期間を1日増やし、伐木造材作業における実習内容の充実を図った。

平成30年度に実施した研修は16コース、受講者数は約160名で、各研修の内容は下表のとおり。

**表 平成30年度 林業機械化センター実施研修**

研修の名称	研修の必要性	主な内容	対象者	日数	受講者数	所属別受講者数		
						都道府県等	学校関係	国有林
チェーンソー伐木造材技術（初級）	林業における労働災害及び健康障害を減少し、安全な搬出間伐等を推進するため、伐木造材に関する基礎的知識及び技術、健康障害防止や危険作業の回避に必要な技術等を習得させ、地域において安全な伐木造材等を指導することができる者を育成する。	伐木等（安衛則第36条第8号）労働安全衛生特別教育 防護用品の必要性 ISO規格による振動管理	地方公共団体職員	5	9	9		
チェーンソー伐木造材技術（上級）	林業における労働災害及び健康障害を減少し、安全な搬出間伐等を推進するため、伐木造材に関する知識及び技術、健康障害防止や危険作業の回避に必要な技術等のさらなる向上を図り、地域において安全な伐木造材等を指導することができる者を育成する。	チェーンソーを用いて行う伐木等の業務従事者安全衛生教育 振動障害の実態と健康管理 伐木造材作業における災害の現状と対策	地方公共団体職員（特別教育修了者）	5	15	15		
チェーンソー・刈払機1	林業における労働災害及び健康障害を減少させるため、チェーンソー及び刈払機に関する基礎的知識及び技術、健康障害防止や危険作業の回避に必要な技術等を習得させ、林業事業体に対し安全指導等を行うことができる者を育成する。	伐木等（安衛則第36条第8号の2）労働安全衛生特別教育 刈払機取扱作業者に対する安全衛生教育 防護用品の必要性	森林管理局職員	5	13		1	12
チェーンソー・刈払機2	林業における労働災害及び健康障害を減少させるため、チェーンソー及び刈払機に関する基礎的知識及び技術、健康障害防止や危険作業の回避に必要な技術等を習得させ、林業事業体に対し安全指導等を行うことができる者を育成する。	伐木等（安衛則第36条第8号の2）労働安全衛生特別教育 刈払機取扱作業者に対する安全衛生教育 防護用品の必要性	森林管理局職員	5	14			14
高性能林業機械（女性担当者）	安全かつ効率的な高性能林業機械作業を推進するため、高性能林業機械の基本操作を通じて、高性能林業機械の構造や機能及び特性に関する基礎的知識を習得させ、高性能林業機械作業に関する技術者を育成する。	車両系高性能林業機械の特性と操作 架線系高性能林業機械の特性と操作 高性能林業機械作業システムの特徴 森林整備の現場で活躍する女性たち	地方公共団体職員（初任担当職員、林道事業担当者及び市町村森林整備計画担当者を含む。）、森林管理局等の女性職員	3	7	5		2

研修の名称	研修の必要性	主な内容	対象者	日数	受講者数	所属別受講者数		
						都道府県等	学校関係	国有林
高性能林業機械 (基礎) 1	安全かつ効率的な高性能林業機械作業を推進するため、高性能林業機械の実践等を通じて、高性能林業機械の特性や安全な操作方法、作業システムに関する基礎的知識及び技術を習得させ、安全で効率的な作業システム等に関する普及指導ができる者を育成する。	高性能林業機械の特性と操作方法 架線系高性能林業機械の安全な作業方法 車両系高性能林業機械の安全な作業方法 高性能林業機械を使用した安全かつ効率的な作業方法	地方公共団体職員（初任担当職員、林道事業担当者及び市町村森林整備計画担当者を含む。）、森林管理局職員、森林総合監理士等	5	9	7		2
高性能林業機械 (基礎) 2	安全かつ効率的な高性能林業機械作業を推進するため、高性能林業機械の実践等を通じて、高性能林業機械の特性や安全な操作方法、作業システムに関する基礎的知識及び技術を習得させ、安全で効率的な作業システム等に関する普及指導ができる者を育成する。	高性能林業機械の特性と操作方法 架線系高性能林業機械の安全な作業方法 車両系高性能林業機械の安全な作業方法 高性能林業機械を使用した安全かつ効率的な作業方法	地方公共団体職員（初任担当職員、林道事業担当者及び市町村森林整備計画担当者を含む。）、森林管理局職員、森林総合監理士等	5	9	8		1
高性能林業機械 (林業大学校指導者)	安全かつ効率的な高性能林業機械作業を推進するため、高性能林業機械の実践等を通じて、高性能林業機械の特性や安全な操作方法、作業システムに関する知識及び技術や、高性能林業機械の使用全般にわたる指導方法を習得させ、林業大学校等において安全で効率的な作業システム等に関する普及指導ができる指導者を育成する。	高性能林業機械の特性と作業システム 高性能林業機械の安全な作業方法と作業システム実践 安全で効率的な高性能林業機械に関する指導のポイント	林業大学校等指導者等	5	5		5	
高性能林業機械 (安全指導・前期) 1	地域における安全な高性能林業機械作業を推進するため、労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）に基づき特別教育を必要とする業務に追加された車両系木材伐出機械等に関する知識及び操作技術を習得させ、地域において現場技能者に対し、的確な安全指導ができる者を育成する。	車両系木材伐出機械等の運転の業務に係る安全衛生特別教育（学科・実技）	地方公共団体職員（業務経験年数が3年以上であって、林業大学校指導者及び車両系木材伐出機械等の特別教育の講師等に将来なり得る者）、森林管理局職員（森林官級以上の者）等で「高性能林業機械（安全指導・後期）研修」の受講予定者。	5	9	7		2
高性能林業機械 (安全指導・前期) 2	地域における安全な高性能林業機械作業を推進するため、労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）に基づき特別教育を必要とする業務に追加された車両系木材伐出機械等に関する知識及び操作技術を習得させ、地域において現場技能者に対し、的確な安全指導ができる者を育成する。	車両系木材伐出機械等の運転の業務に係る安全衛生特別教育（学科・実技）	地方公共団体職員（業務経験年数が3年以上であって、林業大学校指導者及び車両系木材伐出機械等の特別教育の講師等に将来なり得る者）、森林管理局職員（森林官級以上の者）等で「高性能林業機械（安全指導・後期）研修」の受講予定者。	5	8	7		1

研修の名称	研修の必要性	主な内容	対象者	日数	受講者数	所属別受講者数		
						都道府県等	学校関係	国有林
高性能林業機械 (安全指導・後期)	地域における安全な高性能林業機械作業を推進するため、労働安全衛生規則(昭和47年労働省令第32号)に基づき特別教育を必要とする業務に追加された車両系木材伐出機械等に関する理論を習得させ、地域において現場技能者に対し、的確な安全指導ができる者を育成する。	車両系木材伐出機械等の運転の業務に係る安全衛生特別教育(学科) 車両系木材伐出機械等の整備の背景・経緯	地方公共団体職員(業務経験年数が3年以上であつて、林業大学校指導者及び車両系木材伐出機械等の特別教育の講師等に将来なり得る者)、森林管理局職員(森林官級以上の者)等で「高性能林業機械(安全指導・前期)研修」の修了者。	2	16	13		3
高性能林業機械作業システム (生産性)	安全かつ効率的な高性能林業機械作業システム及び架線集材システムを定着させるため、伐木造材から集材までの作業実践並びにデータ収集・生産性算出を通して、効果的で効率的な高性能林業機械作業システムについて習得し、生産性向上に向けた指導ができる者を育成する。	生産性把握に必要な基礎知識 生産性の把握と算出 算出したデータの検討・検証 生産性把握法と作業の評価	地方公共団体職員、森林管理局職員(資源活用担当者)	5	10	9		1
林業機械体験	森林・林業施策の動向等の知識を付与するとともにチェーンソーによる伐倒や高性能林業機械による作業システムの体験を通じて、森林施策と林業機械に対する理解を醸成する。	チェーンソーの体験学習 高性能林業機械の体験学習	大学生(林業関係学会会員)等	4	10		10	
集材架線	安全かつ効率的な林業架線作業を推進するため、索張りの実践を通じた安全な架設、撤去の作業手順、集材機の運転操作及び架線設計に関する知識及び技術を習得させ、架線技術の普及指導・監督ができる者を育成する。	機械集材装置運転業務安全衛生特別教育 エンドレスタイラー式の架設・撤去作業の実践 ワイヤーロープの取り扱い 集材架線の設計	地方公共団体職員(林業大学校指導者及び機械集材装置運転業務の特別教育の講師等に将来なり得る者)、森林管理局職員(初任者レベルを除く)、森林総合監理士等(「林業架線作業主任者免許」取得者及び「機械集材装置運転業務安全衛生特別教育」修了者を除く。)	11	10	7		3
森林作業道 (基礎技術)	丈夫で簡易な、壊れにくい森林作業道の整備を促進するため、森林作業道作設機械(ドラグショベル)の技能講習を実施した上で、作設手法等の技術を習得させ、現場作設者への確かな普及指導ができる者を育成する。	車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)の技能講習 森林作業道の作設に必要な基礎知識及び技術 森林作業道に関する試験研究成果	地方公共団体職員(初任者レベルの者)	12	10	10		
森林作業道 (作設指導)	丈夫で簡易な、壊れにくい森林作業道の整備を促進するため、地形・地質等に応じた森林作業道作設に必要な実践的技術を習得させ、現場作設者への的確な技術指導ができる者を育成する。	森林作業道作設に必要な知識 森林作業道作設指導に必要なポイント 作設箇所の検討・検証	地方公共団体職員(「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)技能講習」修了者相当レベル)、森林管理局職員(森林官級以上の者)等	5	5	4		1
計		16コース		87	159	101	16	42



## ◆ 研究成果

### 1. 試験・研究課題と成果

平成30年度は、継続課題1件、新規課題2件について、林業機械化センターの実習フィールドで実施し、その成果を学会等に発表するなど技術の普及・啓蒙を図った。

研究課題と実施時期

No	課題名	H29	H30	H31	成果等
1	軟弱路盤に対する丸太埋設の効果 森林総研：鈴木・猪俣・山口(智) センター：富元・永町・野田		←→		H26国有林野事業業務研究 発表会 H28.5.10協議会報告 H29.5.10協議会報告 H30.5.10協議会報告 R1.5.9 協議会報告
2	荷役作業の軽労・自動化に資する材 認識システムの開発 森林総研：有水 センター：永町		←→		H31.3.21 第130回日本森林 学会大会 R1.5.9 協議会報告
3	路網作設における木質材料利用の高 度化（簡易横断排水溝に関する通行 車両への衝撃緩和） 森林総研：山口(智)・鈴木・田中 センター：泉田		←→		H31.3.21 第130回日本森林 学会大会 R1.5.9 協議会報告

## 2. 試験・研究成果の利活用

研修フィールドで行った試験・研究の成果は、林業機械化センターで実施する研修に活用され、平成30年度は下表に示した12コースで活用し、林業普及指導事業に携わる地方公共団体職員等のスキルアップに貢献した。

平成30年度に活用した試験・研究成果と研修コース

試験・研究成果	研修コース
<ul style="list-style-type: none"><li>チェーンソー伐倒における方向規制の適正化</li><li>チェーンソー防護衣（チャップスタイプ）の試験</li></ul>	チェーンソー伐木造材技術（初級） 〃（上級） チェーンソー・刈払機 [計2コース]
<ul style="list-style-type: none"><li>作業工程の違いにおける作業効率と安全性の比較検討</li><li>簡易な保護具を用いた残存木損傷の軽減効果の検討</li><li>車両系高性能林業機械の習熟特性の解明</li><li>合成繊維素材を使用した集材架線架設手法の開発と評価</li></ul>	高性能林業機械（女性担当者） 高性能林業機械（基礎） [計2コース] 高性能林業機械（林業大学校指導者） 高性能林業機械（安全指導・前期） [計2コース]
<ul style="list-style-type: none"><li>作業道の開設方法の検証</li><li>作業道作設技術の違いが路体強度に与える影響</li><li>軟弱路盤に対する丸太埋設の効果</li></ul>	森林作業道（基礎技術） 森林作業道（作設指導）

## 軟弱路盤に対する丸太埋設の効果

鈴木秀典・猪俣雄太・山口 智（森林総合研究所）  
富元雅史・永町博満・野田晋一（林業機械化センター）

### 1. 目的

森林作業道の開設において、軟弱な路盤における支持力確保、走行性向上などを目的として路面に丸太を敷き並べる工法が広く採用されている。そこで、軟弱路盤における丸太埋設の効果検証および効果的な丸太埋設工法についての検討を行うため、異なる埋設間隔による試験を行ってきた。しかし、これまでの試験では、1 路線の中での土質の変化によると思われる計測値のばらつきがあったことから、今回は同一箇所条件（丸太の形状および埋設間隔）を変えて試験を行うこととした。丸太は、縦に半割り（縦割）したものと、通常丸太（通常丸太）の2種類の形状を用意した。縦割丸太は埋設時に安定するとの意見があったことから、通常丸太との違いを検証することとした。

### 2. 試験方法

林業機械化センター研修実習林内の森林作業道（全幅員約 3.5m）に長さ 4m の試験区間を設定し、表-1、図-1 の各条件で丸太を埋設した。丸太の長さはいずれも道の全幅員にほぼ等しく、路面から 15cm 程度の深さに、道の進行方向に対して垂直に埋設した。

走行に用いた車両は、材を定積載した機械質量 4,000kg のフォワーダ（最大積載量 2,500kg）で、各条件で往復 30 回走行し、走行前および同 10 回走行ごとに路面形状を計測した。路面形状は、丸太を埋設していない部分に設定した側線（図-1）上で計測し、側線の左右に設けた杭に水糸を張り、10cm ごとに水糸から路面までの距離を計測して得た。

表-1 試験条件

丸太形状	埋設間隔(m)	丸太本数
縦割 通常丸太	1.0	5
縦割 通常丸太	2.0	3
縦割 通常丸太	2.5	2
丸太無し	-	0

### 3. 結果と考察

縦割・通常丸太における路面形状の推移を図-2 に示す（埋設間隔 2.5m）。通常丸太ではわだちの間の路面が高く盛り上がり、車両が路面と干渉し始めたため、往復 20 回で走行を中止した。通常丸太の試験は縦割の試験翌日に行ったが、夜から当日の朝まで降雨があり、この影響で土の粘性が非常に高くなってしまったため、フォワーダ履帯への土の付着および履帯からの土の落下が繰り返されたことで、わだちの間の路面が高くなった。また、通常丸太の方がややわだちが深くなったが、これも降雨によって路面の含水比が高くなったことが原因と考えられる。これらの影響を勘案すると、丸太形状の違いによる効果には顕著な差はないと考えられる。

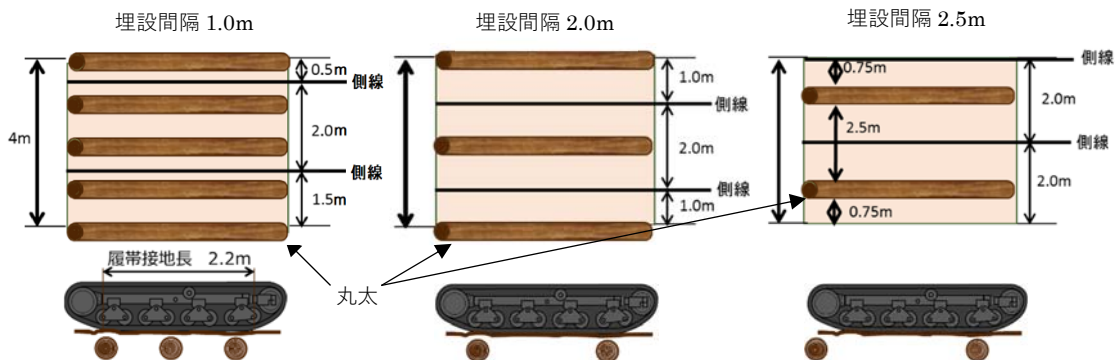


図-1 丸太埋設方法と側線

次に、埋設間隔の違いによる路面形状を図-3に示す(縦割)。埋設間隔 1.0、2.0m では走行によるわだち深さに大きな差は見られなかったものの、2.5m ではこれらよりもやや深いわだちが確認された。試験車両の履帯接地長が約 2.2m であるため、2.5m 間隔に埋設すると、走行中、履帯が全く丸太にかからない瞬間ができてしまい、機械の全質量が路面にかかることになる。また、埋設した丸太が徐々に露出してくると、これ乗り越える際に他方の履帯端部だけで路面と接触していたため、圧密や削剥が顕著になったといえる。これらの理由によって、2.5m 間隔の丸太埋設ではわだちが深くなったと考えられる。つまり、埋設効果を高めるには、履帯接地長以下の埋設間隔にすることが必要といえる。

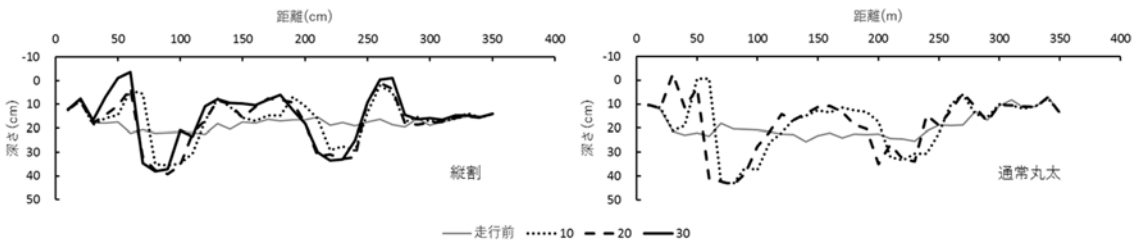


図-2 丸太形状の違いによる路面形状比較 (埋設間隔 2.5m)

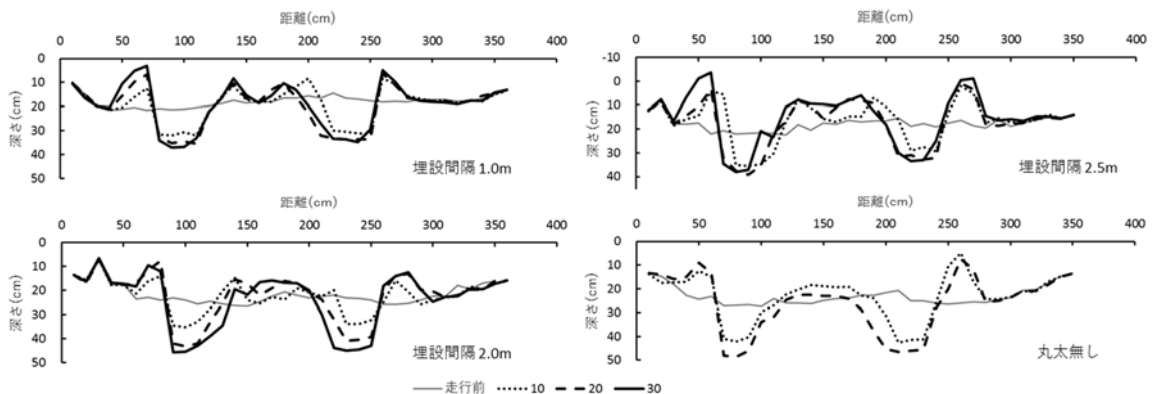


図-3 埋設間隔の違いによる路面形状比較 (縦割)

## 荷役作業の軽労・自動化に資する材認識システムの開発

有水賢吾（森林総合研究所）

永町博満（林業機械化センター）

## 1. 目的

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。

## 2. 試験方法

2018年9月18日から19日において、林業機械化センター構内にてデータを取得した。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、桧積み材(スギ・ヒノキ・モミ混在、30年生～40年生)の新鮮材および3年経過材を撮影した。得られた2日分の動画データより3,088枚の画像データ(1,280×720)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。分類クラスは材のみの1クラスとした。

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。深層畳み込みニューラルネットワークによる学習には大量のデータが必要となるため、ロバスト性確保のためにガンマ変換( $\gamma = 0.5, 0.8, 1.2, 1.5$ )およびガウシアンフィルタ( $\sigma = 1\sim 9$ )による画像処理および画像合成によるデータ拡張の効果についても検討した。データ数は拡張なしの場合3,088枚、画像処理によるデータ拡張の場合86,464枚、画像処理および画像合成によるデータ拡張の場合176,064枚とした。学習および処理にはGPU(GTX1080Ti、NVIDIA)を用いた。

## 3. 結果と考察

学習の結果、適合率(Precision)は0.93-0.96、再現率(Recall)は0.44-0.95と高精度で検出が可能なモデルを作成した(表-1)。検出結果の一例を図-1に示す。物体検出における材の検出・非検出指標となる平均適合率(Mean average precision, mAP)

はデータ拡張なし、画像処理による拡張、画像処理および画像合成による拡張でそれぞれ0.53、0.81、0.91であった(図-2(a))。また、平均オーバーラップ率(Intersect of union, IoU)はそれぞれ0.78、0.81、0.82であり(図-2(b))、各データ拡張手法に

表-1 各データ拡張手法による精度変化

	Precision	Recall	IoU	mAP	N(枚)
拡張なし	0.93	0.44	0.78	0.53	3088
画像処理	0.95	0.80	0.81	0.81	86464
画像処理 +合成	<b>0.96</b>	<b>0.95</b>	<b>0.82</b>	<b>0.91</b>	176064

よって mAP および IoU の向上が可能であることが示唆された。また、処理時間についてはデータ拡張なし、画像処理による拡張、画像処理および画像合成による拡張でそれぞれ平均 35.6、46.8、35.7ms であり十分にリアルタイムでの処理が可能であることが示された。



図-1 検出結果の一例

検出の傾向として、桧積み状態の材の木口面の割合が多くなるほど、すなわち桧に対して地面と水平方向から画像を取得した場合に検出精度が低下する傾向にあった。このことから樹皮に対する特徴量に対して学習を行っていると考えられ、検出時には樹皮面を視認可能な木口に対して垂直方向もしくは上方より取得した画像を利用する必要があると考えられる。また、表-1 の Precision と Recall に着目すると、学習データ数の拡張を行うことで顕著に Recall が上昇している。Recall の値が低いことは偽陰性、すなわち材がある部分を検出できていない部分が多いことを示しており、データ拡張により材の取りこぼしが少なくなっていることが確認できた。また、データ拡張による顕著な平均 IoU の向上が確認でき、材の検出領域の精度向上にも寄与していることが確認できた。本研究では慣行の画像処理によるデータ拡張に加えてクロマキー合成による画像合成の手法を用いて新たな画像を生成しており、画像処理と併用することで比較的少数のデータからロバスト性の確保ができたと考えられる。今後は深度データを含む RGBD データへの拡張やより多くのサンプルの導入により学習モデルの精度向上およびロバスト性の検証を行う必要がある。

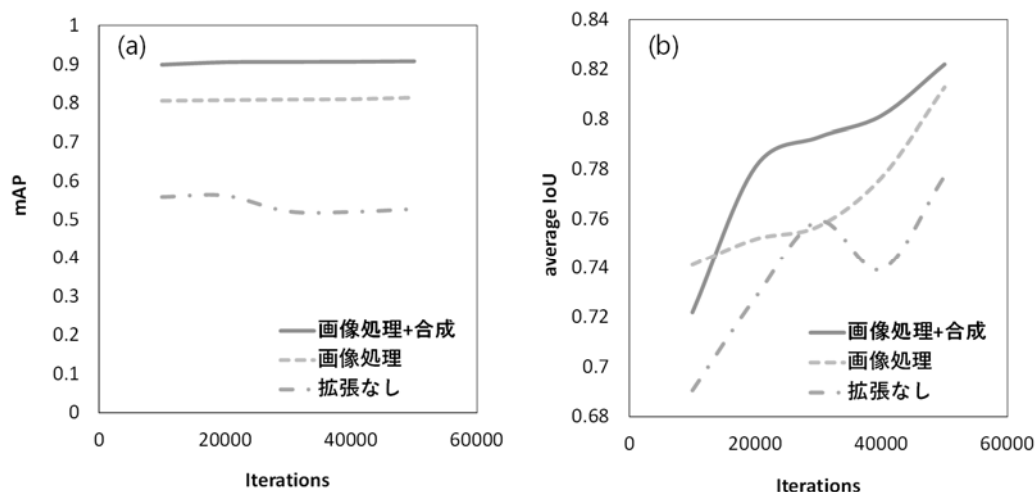


図-2 各データ拡張手法における学習回数(Iterations)の増加による (a) mAP および(b) IoU の推移

## 路網作設における木質材料利用の高度化

## — 簡易横断排水溝に関する通行車両への衝撃緩和 —

山口 智・鈴木秀典・田中良明（森林総合研究所）

泉田信幸（林業機械化センター）

## 1. 目的

舗装されていない林道や作業道では、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、形状によっては上を通行する時に車体が衝撃を受けることから、車両の運転者に嫌がられることが多い。そこで、衝撃が少なく走行しやすい簡易横断排水施設の開発を行うため、車内に加速度計を取り付けた自動車で行き、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。

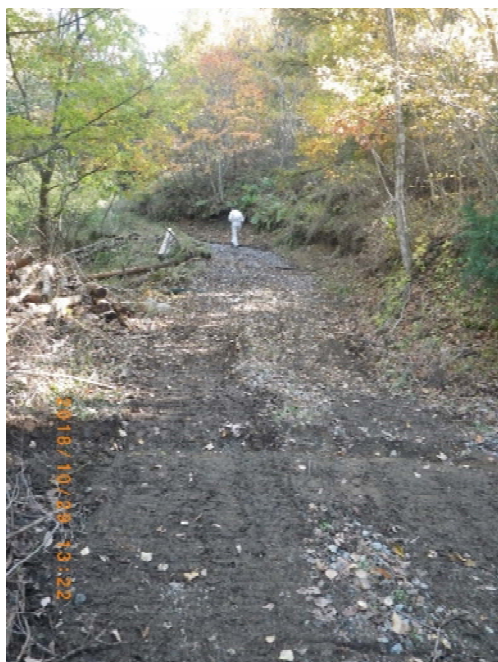
## 2. 試験方法

林業機械化センターの研修実習林において、試験区として基幹作業道相当の作業道に素掘（以下 A とする）、樹脂製疎水材の素掘への埋め込み（以下 B）、竹束の素掘への埋め込み（以下 C）、シスイエース（以下 D）の 4 種を約 5m ごとに設置した。

加速度計を設置した軽自動車で行き、前後輪の通過時の通過時間を加速度計の応答から求めて走行速度を出し、通過時の加速度の最大振幅との相関を調べた。加速度計は MEMSIC 製 CXL04GP3 および住友精密工業製 U3HV-LJ をユニットで使用し、これに USB でノート PC に接続した。

次いで 4 種類のうち、素掘に竹束を追加で埋め込み（以下 E）、その場合の緩和効果を調べた。

繰り返し走行は、A・B・C・D の組み合わせで 10 回走行した後、加速度の大きい素掘に竹束を埋め込んだ状態にして、E・B・C・D の組み合わせで 8 回走行した（10 回の予定が機材故障により中止）。



試験区全景



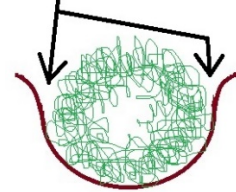
素掘 (A)



樹脂製疎水材の素掘への埋め込み (B)



土寄せして踏み固めた



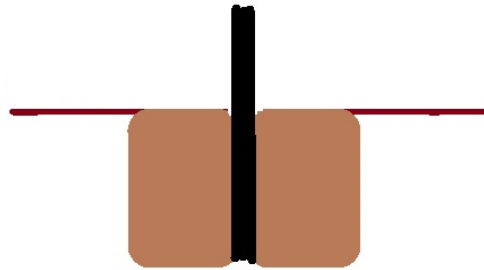
竹束の素掘への埋め込み (C)



束を入れた後土寄せして踏み固めた



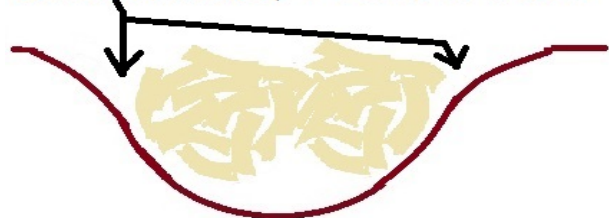
シスイエース (D)



素掘りに竹束を追加で入れ込み (E)



束を入れた後、土を寄せてない





### 3. 結果と考察

上下方向の加速度の最大振幅と瞬間速度をプロットし、近似直線と一定の瞬間速度の交点で比較したところ、おおむね下の不等式のようになった。

$$A > B > D > C$$

A（素掘）が最も加速度の振幅が大きく、次いでB（樹脂製疎水材）、D（シスイエース）、C（竹束）の順だった。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。

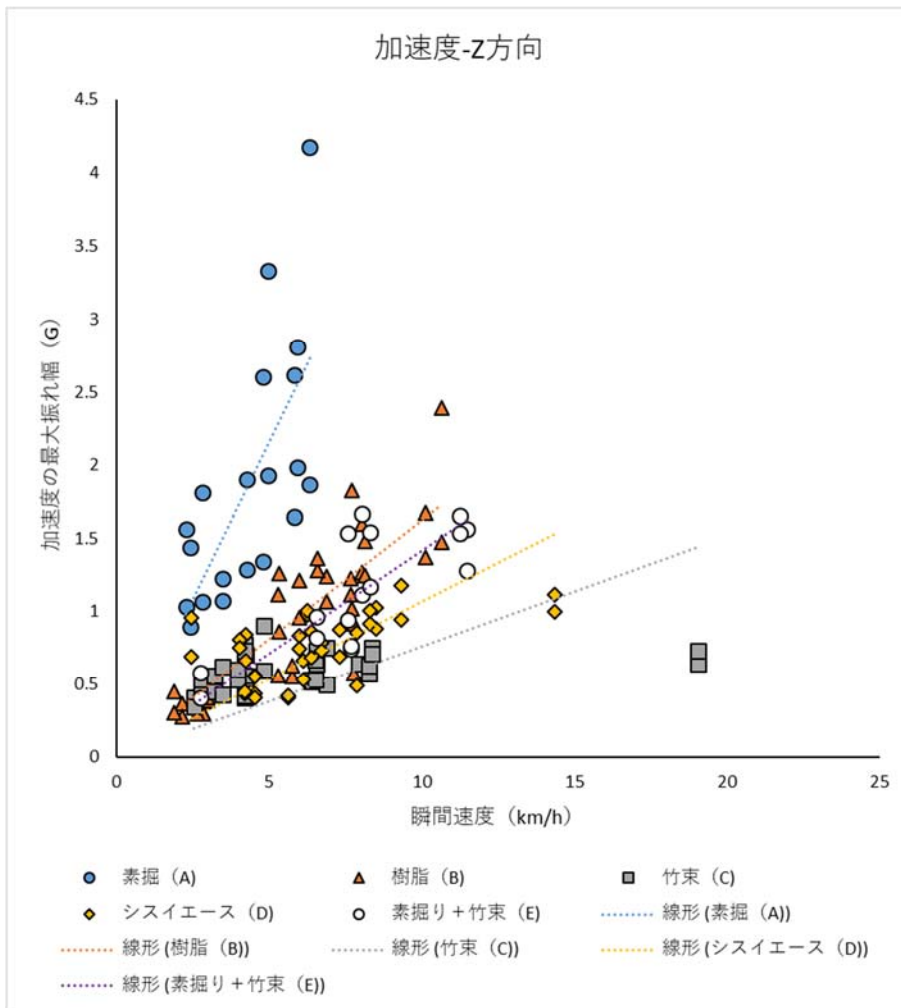
E（素掘りに竹束を追加で入れ込んだ場合）の緩和効果を調べたところ、時速 5 kmにおける近似直線との交点でみると、A（素掘）では 2.2G だったものが E（素掘りに竹束を追加で入れ込んだ場合）は 0.8G となり、前述の不等式に加えると次のようになった。

$$A > B > E > D > C$$

素掘に設置し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。

以上のことから、以下のことが考えられた。

- ・竹束やシスイエースでは素掘と比べて加速度が小さくなり、通行しやすくてできること
  - ・素掘り束を単純に入れ込む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
- 以上のことから竹束を素掘りに埋め込んだ横断排水溝やシスイエースでは加速度が小さくなり、通行しやすくてできると考えられた。



## ◆ 協議会規約

### 林業機械化推進研修・研究協議会規約

(名称)

第一条 本会は、「林業機械化推進研修・研究協議会」（以下「協議会」という。）と称する。

(組織)

第二条 協議会は、関東森林管理局（利根沼田森林管理署及び群馬森林管理署）、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）及び森林技術総合研修所（林業機械化センター）をもって組織する。

(目的)

第三条 協議会は、林業機械化研究・普及推進共同事業の円滑な推進に寄与することを目的とする。

(協議内容)

第四条 協議会は、その目的を達成するため、次の事業を行う。

- 一 技術及び情報の交換
- 二 実習林を活用した試験・研究
- 三 試験・研究成果の研修利活用
- 四 研究発表会等への積極的参加

(各組織の役割)

第五条 関東森林管理局は、研修実習林、試験・研究フィールドの提供、基盤施設の整備等について協力し、試験・研究の成果を業務に利活用するものとする。

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所は、研修実習林において試験・研究を行い、会報の編集・発行等を通して、その成果を情報提供するものとする。

森林技術総合研修所（林業機械化センター）は、機械化研修業務を通じて、試験・研究に協力し、その成果を広く機械化研修に利活用するものとする。

(事務局)

第六条 協議会の事務局は、森林技術総合研修所技術研修課に置き、協議会に係る事務等を行うものとする。

(役員)

第七条 協議会に次の役員を置く。

会 長 森林技術総合研修所長

委 員 関東森林管理局森林整備部長

利根沼田森林管理署長

群馬森林管理署長

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所研究管理科長

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長

森林技術総合研修所首席教務指導官

森林技術総合研修所技術研修課長

森林技術総合研修所林業機械化センター所長

2 第1項の役員を構成員とする役員会を置き、協議会の意思決定機関とする。

(役員会開催)

第八条 役員会は年二回程度開催する。

役員会は、事務局が招集するものとする。但し、各委員の求めがあった場合、必要に応じて臨時会議を開催できるものとする。

(実務者会議)

第九条 協議会に実務者会議を置くことができる。

2 実務者会議は、活動方針案、協議会に係る課題の解決案等を検討し、役員会に提案する。

附 則 この規約は、平成17年4月1日から施行する。

附 則 第二条、第五条及び第七条の改正規定は、平成19年4月1日から施行する。

附 則 第六条の改正規定は、平成21年4月1日から施行する。

附 則 第五条から第九条の改正規定は、平成23年5月16日から施行する。

附 則 第二条、第五条及び第七条の改正規定は、平成29年4月1日から施行する。

附 則 第五条の改正規定は、平成31年4月1日から施行する。

林業機械化推進研修・研究協議会会報 第14号

2019年5月15日 印刷

2019年5月15日 発行

編集

森林総合研究所林業工学領域内

〒305-8687 つくば市松の里1

TEL 029-829-8289 FAX 029-874-3720

林業機械化研修・研究協議会事務局

森林技術総合研修所 技術研修課内

〒193-8570 八王子市廿里町1833-94

TEL 042-661-3565 FAX 042-661-7314

発行

森林総合研究所林業工学領域内

〒305-8687 つくば市松の里1

TEL 029-829-8289 FAX 029-874-3720

問い合わせ先

林業機械化研修・研究協議会事務局

森林技術総合研修所 技術研修課内

〒193-8570 八王子市廿里町1833-94

TEL 042-661-3565 FAX 042-661-7314