



2020 年度
第 27 回学術研究発表会

講演要旨集

2020 年 10 月 31 日
オンライン

森林利用学会

第 27 回学術研究発表会プログラム

発表時間 12 分，質疑 3 分

(予鈴 10 分，終鈴 12 分，打切り鈴 15 分)

★：学生会員による発表

9:05 開会式

セッション 1 座長：鈴木保志

★ 9:15 360 度カメラによる動画撮影を用いた林内計測についての検討
池端隆彦（京都大学大学院農学研究科）

★ 9:30 スマートフォンセンサーを用いたチェーンソー動作測定の試行と解析
伊能健悟（東大院農）

9:45 無線による近接警報装置の開発
山田 容三（愛媛大学大学院農学研究科）

10:00 防護具切断試験機のソーチェーン張り調整に関する考察
松村 哲也（信州豊南短大・東大院農）

10:15 岩手県における林業労働災害の経年変化と要因分析
斎藤 仁志（岩手大学）

10:30 総合討論

10:45 休憩

セッション 2 座長：吉村哲彦

★ 11:00 森林作業道を対象とした道路損壊の実態把握
生駒直（岩手大学 総合科学研究科）

11:15 作業道における開設単価と維持管理費，および総費用に関する一考察
長谷川尚史（京都大学 FSERC）

★ 11:30 モンゴルにおける木質バイオマス熱利用のための枯死木未利用材の利用可能性
推計
池田勇太（宇都宮大学農学部）

11:45 総合討論

12:00 昼休み

セッション 3 座長：斎藤仁志

13:00 竹材搬出速度と労働負担の評価
千原敬也（島根県中山間地域研究センター）

13:15 小型機械による広葉樹択伐伐出の試験作業
鈴木保志（高知大学教育研究部自然科学系農学部門）

13:30 素材生産の生産性に関する諸考察
吉村哲彦（島根大学生物資源科学部）

13:45 3 次元モデリングとシミュレーションによる集材架線機構と作業のデザイン
仁多見俊夫（東大院農）

14:00 総合討論

14:15 表彰式・閉会式

動画撮影による簡易的な林内計測の手法に関する検討

○池端隆彦（京大院農）・長谷川尚史（京大フィールド研）

1. はじめに

立木情報を活用するために、レーザー計測技術が林内でも使われ始めているが、レーザースキャナは高価で、持ち運びが困難である。また計測時間は手動での計測より短縮されるものの、計測データの収集作業が必須であり、実際の木材生産現場での利便性は高くない。作業や巡視時等に動画撮影することで、簡易的に計測データの収集を行うシステムの開発が望まれる。本研究では安価で軽量（約 182g）な全方位カメラ（THETA Z1, RICOH 社）によって撮影した動画から、簡易的に立木情報の収集を行う技術の開発を目標に、解析に使用する動画の切り出し間隔およびマスク処理の有無等と計測精度との関係を調べた。

2. 方法

2019 年 8～9 月に京都大学フィールド科学教育研究センター和歌山研究林 10 林班（和歌山県有田川町）の 64 年生スギ人工林およびヒノキ人工林（一部に大径広葉樹が混交）に 15 m×40 m プロットを設置した。プロット内のスギ（35 本、平均 DBH33.0 cm）およびヒノキ（14 本、平均 DBH35.8 cm）を計測対象木とした。プロットを 5 m 格子に分割し、その境界線に沿って歩行し、地上高約 2.0 m の位置から全方位動画を取得した。動画データを静止画に切り出し、3D モデリングソフトウェア（Metashape, Agisoft 社）を用いて点群データを作成し、点群処理ソフトウェア（CloudCompare）を用いて立木の直径を測定した。また、点群作成に用いる静止画面数と処理の繰り返し回数を変化させてその精度を比較した。同時にレーザースキャナ（OWL, 株式会社アドイン研究所）による測定を行って解析対象木の直径を計測、さらに全木を伐採して直径巻尺によって 1 m ごとの直径を計測し、比較した。

3. 結果と考察

5 m 格子プロットにおける動画撮影時間は約 40 秒であった。撮影した動画から切り出した画像データ（図 1）を用いて点群を作成したところ、樹木下部の点群は明瞭に再現され（図 2）、直径の測定が可能であったが、点群モデルを作成するには長時間の処理が必要であった。また、用いる画像の枚数と処理の繰り返し回数によって測定精度と処理時間に変化が見られた。



図 1 動画データから切り出された静止画



図 2 点群によって再現されたヒノキ

キーワード：動画計測，全方位カメラ，三次元計測，SfM，森林調査

スマートフォンセンサーを用いたチェーンソー動作測定の試行と解析

○伊能健悟・仁多見俊夫（東大院農）

1. はじめに

近年では高性能林業機械をはじめとして多種多様な機械が生産現場に導入されているが、林業機械を導入しない現場においては、チェーンソーを用いた人力での立木伐倒作業が今日でも広く行われている。また、チェーンソーは高出力なエンジンを備えた機械であり、作業者の身体のすぐ近くで動作するため、その扱いには高度な熟練・安全意識が必要とされる。しかし、今日ではチェーンソー作業そのものの解析に焦点を当てた研究は少なく（Nitami et al. 2019）、チェーンソーを用いた作業に関する統一的な定量的評価の手法も十分には確立されていない。そこで、本研究ではスマートフォンを利用して、擬似的な伐倒作業におけるチェーンソーの動作データの簡便な取得・解析を行い、チェーンソー作業の評価に利用可能な解析手法や特徴量の検討を行った。

2. 調査方法

本研究では、チェーンソー（ハスクバーナ・ゼノア社製 GZ4350HEZ）のハンドル付近にスマートフォンを装着し、立木伐倒作業を屋内で模倣した擬似的な作業でのデータ取得を行った。動作としては、エンジンをオン・オフにした状態のそれぞれで、伐倒作業（受け口・追い口の作成）、チェーンソーを保持しての歩行、またそれらに付随する作業・動作におけるスマートフォンの感知する 3 軸加速度・3 軸角速度・3 軸地磁気方位を測定した。センサー値の出力にはフリーのアプリ（Kazumasa Wakamori 加速度・ジャイロ・磁気 マルチセンサーロガー）を利用した。解析の際には、取得した多次元時系列データの全体・部分に対して周波数成分の解析、また隠れマルコフモデルなどの時系列解析手法を適用し、作業解析に適した手法・データ表現について検討した。

3. 結果と今後の展望

上記によるデータ取得から、伐倒作業時と歩行等の他作業時では、得られる時系列データの特徴が大きく変化することが分かった。伐倒作業時には、アクセルを入れるためにチェーンソー実機を強く保持することから、エンジンに由来する微小時間で大きな振動が抑えられると考えられる。上記のデータ構造の変化により、3 軸加速度データ等において特徴的な波形が得られ、隠れマルコフモデルを適用することで、モデル内で割り当てられる状態の遷移から伐倒作業時と非伐倒作業時の判別を行うことができた。また高周波数成分を除去することで、チェーンソーのエンジンによる影響を抑えることで、人の目での特徴判別も容易になりデータのラベリングにかかるコストを削減することができる。今後は更なる手法の検討と同時に、立木とチェーンソーを接触させる実作業、また異なる実験者・作業環境でのデータ取得・解析・比較を行い、チェーンソー作業の数量的な評価手法の開発を目指す。

引用文献：Toshio Nitami, Sooil Suk, Yasuhumi Maruyama, Tetsuya Matsumura

Acquire and management of Chainsaw tree felling and bucking work by ICT - Smart Chainsaw and utilization FORMEC2019

キーワード：チェーンソー、ジャイロセンサー、スマートフォン、作業分析

無線による近接警報装置の開発

山田容三（愛大院農）・伊藤義雄（ファースト電子開発）

1. はじめに

下刈り作業時の近接作業、伐木作業時の退避不十分、放置されたかかり木への接近、ならびに林業機械の死角への不用意な立ち入り等による巻き込まれ災害が後を絶たない。その原因として、作業中はヘルメットに耳栓をし、騒音下での作業を行っていることが多く、周りで作業をする他の作業員に気づかずにいることが考えられる。

このような近接作業による労働災害の危険性をなくすため、作業に合わせた安全距離を保つ近接センサーを開発するとともに、近接作業を作業員に効果的に知らせる警報装置を開発した。

2. 近接警報装置の概要

光や Bluetooth などの高周波を使った近接警報装置はすでに市販されているが、立木や下層植生などの障害物の多い林内では、これらの高周波は遮断されて届かないことが多い。そこで、特定小電力やアマチュア無線で使われる 315MHz 帯を使用することで、回折効果もあり林内での到達性を向上させた。また、近接警報に用いる到達距離は樹高の 2 倍幅以下を想定すればよいため、電波法上の免許が不要な微弱無線を用いることとした。

近接警報装置は、アンテナ、送受信部、比較部および出力部で構成されている。アンテナは無指向性のものを使い、送受信部はアンテナを介して外部との送受信を行う。電波は送信の出力を下げてもかなりの距離に届くため、受信レベルを比較部で判断させることとした。比較部は送受信部における受信レベルと所定の基準値とを比較する。出力部は、比較部による比較によって受信レベルが所定の基準値より大きいことが判断された場合に本体内蔵のブザーによる警報音を出力する。

警報距離は、作業に合わせて 5～50m の範囲でダイヤル設定が可能であり、同じ近接警報装置を装備した作業員同士が設定した警報距離以内に接近すると両者に警報が鳴り、近接作業を知らせることができる。また、近接警報装置は小型軽量であり、ヘルメットの外に容易に装着することができる、充電式バッテリーをフル充電することで 8 時間の継続使用が可能である。

3. おわりに

無線による近接警報装置により、下刈り作業時（5m の警報距離）、伐木作業時（40～50m）、放置かかり木（10～30m）、機械作業（10～40m）などの近接作業回避が可能となる。また、崖や滑りやすい場所など危険な箇所に近接警報装置を置くことにより、そこに近づくことで警報がなるため、危険箇所の回避にも役立つと期待される。しかしながら、警報が鳴っても近接作業の方向と、さらに誰が近づいているのか特定することができないため、警報が鳴る度に作業を止めて、確認しなければならないという煩わしさが課題である。今後、作業の実態に合わせて、効果的な警報の知らせ方を検討して改良する必要がある。

キーワード：微弱無線、無指向性アンテナ、警報距離、警報アラーム、小型軽量

防護具切断試験機のソーチェーン張り調整に関する考察

松村哲也（信州豊南短大・東大院農）

1. 背景と目的

手持ちチェーンソー使用者のための防護具の性能試験に使用される耐切断性能試験装置（切断試験機）の構造や性能の詳細が，EN ISO 11393-1:2018，JIS T 8125-1:2008，EN381-1:1993 に規定されている。これらの工業規格の存在は，防護具が備えるべき最低限の安全性能を担保するために必要なものであるが，一方で厳密に規格に準拠した試験装置の運用は煩雑な手数を要し，費用負担も大きいことから，装置の操作には正確性のみならず効率性が求められる。

本研究では，EN ISO 11393-1:2018 に規定された切断試験機の調整項目のうち，ソーチェーン空走停止時間の調整作業（7.3 Chain stopping time）に着目し，調整目標である 4.0 ± 0.2 秒の実現を支援する方策として，ソーチェーンの張り具合調整手順の設計および張り目安の設定を試みた。

空走停止時間の長短は，ガイドバーとソーチェーンとの間の摩擦の強弱に因るところが支配的であり，その大きな要素のひとつがソーチェーンの張り具合（Tension）である。ここで，適正な張り具合の判断について，ソーチェーン・チェーンソー製造業者が公表している資料およびチェーンソー作業者の特別安全教育用の参考書等を参照したところ，大別して2種類の目安が見出された。

ひとつは，ソーチェーンがガイドバーに密着していることである。この確認には，ガイドバー下部のソーチェーンを下から持ち上げる方向に手指で軽く叩いた際の，チェーンとバーの間に発生する接触音の有無が用いられる。そして，張り調整後にガイドバー下部のソーチェーンを指で摘み，下方に引き下げた際に，チェーンリンクの先端がバーの溝から露出しないことが求められる。これらの目安は林業従事者たちの間でも一般的に用いられているものであるが，引き下げる力の強さについては特に規定されていないなど，多分に感覚的であることは否めない。そこで，上記の慣習的なふたつの目安にてソーチェーンを張ったうえで，張力計を用いてガイドバーとチェーンとの間隔が同等になる時点での引き下げ力を測定し，その定量化を試みた。

2. 材料および方法

測定には，（一財）カケンテストセンターと東京大学が共同開発した切断試験機を使用した。スギハラ製 BC3T-8J33 ガイドバー，オレゴン製 21LPX-56E ソーチェーンを装着し，まず慣習法に従い手作業で張り具合を調整した後に，ガイドバー先端より約 18cm 地点のバー下部チェーンのリンク部に細針金を使用して張力計を接続し，慣習法と同等の引き下げに必要な力を測定した（図-1）。

3. 結果および考察

張り作業と張力測定を繰り返した結果，チェーン張り具合の適正を判断するために必要な引き下げ力は 10N(1.0kgf) 程度であることが判った。空走試験の実施に際してこの結果を利用したところ，張り調整作業が簡明になるとともに，調整結果の定量化が可能となり，空走試験の精度向上を図ることができた。今後国内で製作される切断試験機については，本報告で用いたソーチェーンとガイドバーの組み合わせが必須である現状から，本結果の数値は応用性と汎用性が期待できるものである。



図-1 引き下げ力測定装置

キーワード： チェーンソー防護具 林業労働安全 切断試験機 チェーンの張り ISO 11393

岩手県における林業労働災害の経年変化と要因分析

○斎藤仁志（岩手大）・大屋智誠（住友林業フォレスト）・立川史郎（岩手大）

1. はじめに

全国的に林業労働災害の発生件数は減少傾向にあるもの、依然として年千人死傷率は高止まりの傾向にあり、早急な対策が求められている。一方で、間伐主体の木材生産から主伐主体に移行する中で、作業者の技術や作業条件、機械装備等も変化していると考えられる。最近でも、林業機械を対象とした労働災害の発生頻度の推定など、林業の機械化に伴う新たな研究も行われている。しかし、労働災害を経年的に分析した例は少なく、災害傾向の変化を明らかにする必要がある。そこで本研究では、比較的詳細な情報の収集可能な岩手県に焦点を当て林業労働災害の経年変化を比較・分析することで、近年の林業労働災害発生状況の変化と要因を検討した。

2. 資料と方法

分析に用いた資料は「岩手県認定事業体労働災害資料」(平成 24～30 年)の 183 件、過去の分析資料として平成 5 年度林業労働災害の調査結果を用いた。また、岩手県における林業労働災害の基礎情報として岩手県庁公開資料、岩手労働局公開資料を用いた。これらの資料から、岩手県における林業労働災害の長期的な変化、近年の労働災害発生状況の変化、および過去の調査結果と平成 24～30 年度労働災害発生状況との比較を行った。

3. 分析結果と考察

岩手県における林業労働災害発生件数は長期的に減少傾向にあり、生産量あたりの労災発生件数は、平成 5 年～14 年では 0.077 件/千 m^3 、平成 23 年～30 年では、0.043 件/千 m^3 と減少傾向にあり、生産量あたりの労災発生件数は低下が見られた。しかし、労働災害発生率を表す死傷年千人率は高止まりで推移している。

平成 24 年～平成 30 年の労災発生状況を分析した結果、平成 27 年以降「切傷」の被災割合の減少が見られた。これは平成 27 年以降、防護服の着用義務化が影響していると考えられる。しかし、相対的に「骨折」の被災割合が増加している。「骨折」は「伐木」と「集材」の被災割合と強い相関がみられた。また、平成 5 年度調査結果との比較を行った結果、作業別被災割合では「伐木造材」が大幅に増加し「集運材」「造材」の被災割合が減少した。また、増加した「伐木造材」では「激突され」の事故が増加しており、特にかかり木、ツル・枝絡み木に起因する事故が半数近くを占めていた。これらの原因として考えられる点は、間伐量の増加及び間伐対象木の大径木化などが挙げられる。一方「造材」作業時の「激突され」の被災割合は大幅に減少しており、プロセッサ、ハーベスタなど高性能林業機械導入台数の増加による機械化、それに伴う安全性向上がみられた。

作業別被災割合で減少が見られた「集運材」作業では「激突され」の事故の休業見込日数が大幅に減少し、「造材」作業同様に機械化による安全性向上がみられた。しかし、「集運材」時の「転倒・転落」の事故 9 件のうち機械ごとの転倒による死亡災害が 2 件、重傷災害が 1 件発生している。これは機械化に伴い重傷災害が新たに発生していると考えられる。

キーワード：労働災害 発生要因 安全対策 伐木造材

森林作業道を対象とした道路損壊の実態把握

○生駒直（岩手大院）・白澤紘明（森林総研）・斎藤仁志（岩手大）・
渡部優（長野県林業コンサル）・植木達人（信州大）

1. はじめに

森林作業道は土構造主体であるため開設単価が抑えられる反面、林道等の高規格道よりも損壊が生じやすい。しかし、森林作業道の損壊については広域での網羅的な調査事例はほぼ存在せず、損壊と設置条件（地山傾斜や経過年数）の関係は必ずしも明らかではない。森林作業道の損壊は、経済的損失だけではなく土砂災害の素因となる可能性もあり、損壊が生じにくい森林作業道の整備が望まれる。そこで本研究では、損壊が生じにくい森林作業道を整備するための情報を提供することを目的とし、同一事業体が同一地域に開設した森林作業道の損壊実態を把握した。さらにその結果から、損壊と設置条件の関係を定量的に評価するとともに、損壊危険性評価方法を検討した。

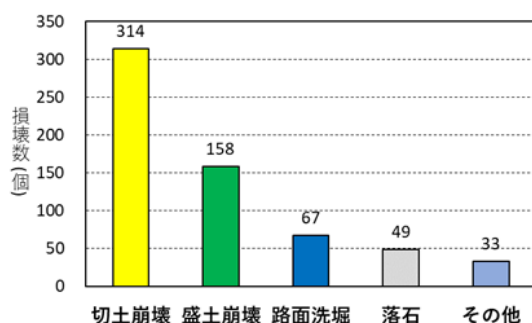
2. 方法

対象路線はA県A市において、同一事業体が2009年度から2019年度に開設した森林作業道217路線・81.4kmである。標準幅員3.5mで、設計車両は最大10t積みトラックであった。開設時に敷き砂利による路盤工が施工されるものの、構造物による法面補強は基本的に行われていなかった。また対象路線のほぼすべてで、開設後の維持管理作業は行われていなかった。

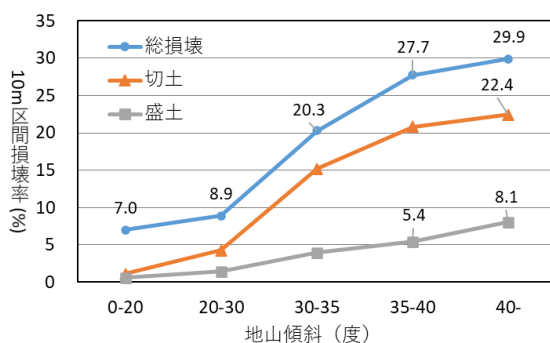
本研究では、まず路線全体を踏査することにより、車両の通行を妨げる程度の損壊について損壊の位置、種類（切土・盛土・路面洗堀・落石・その他）、規模（区間長など）を記録した。踏査は2019年6月から11月にかけて行った。次に高解像度DEMや資料から設置条件（地山傾斜や経過年数）を特定し、記録した損壊と併せて10m区間損壊率を算出した。ここでの10m区間損壊率とは、路線を10mに分割した区間を単位として、①条件（例えば、傾斜の値）ごとに振り分けた上で、②（条件を満たしかつ損壊がある区間数／条件を満たす全区間数）として百分率を算出したものである。最後に10m区間損壊率を用いた損壊危険性評価方法の検討を行った。

3. 結果

調査を行った217路線で621箇所の損壊が確認された（図一1）。さらに、傾斜（図一2）・経過年数における10m区間損壊率を算出した。これらの成果は損壊の危険性を定量化し、損壊が生じにくい森林作業道を整備するための基礎情報となりうるものとする。



図一1 種類別の損壊数



図一2 地山傾斜と損壊

キーワード：森林作業道，損壊，山地災害，維持管理

作業道における開設単価と維持管理費、および総費用に関する一考察

○長谷川尚史(京大 FSERC)

1. はじめに

林道をはじめとする森林路網において、維持管理費は極めて重要である。特に作業道など民間が開設する路網においては、大雨等によって路体損壊が生じた際に、林業事業体や森林所有者自らが復旧費用を支出することも多いため、間伐等の施業における採算性だけでなく、維持管理や復旧にかかる費用を考慮して、あらかじめ被災しにくいように構造物を適切に入れることが重要とされている。一方、路網の維持管理費については、土質、気象、道路構造、交通量、車種構成等、様々な要因に影響されるため、統一的算定は極めて困難であり（酒井，1987）、林道・作業道の構造と維持管理の負担との関係解明は十分に行われていない（宗岡，2016）。そこで、作業道の開設費と維持管理費、および、その総和である総費用について考察を行った。

2. 開設費と維持管理費、総費用の関係

林道における維持管理費は、機能を保つために必要な維持修理費と通行量に比例した部分的補修費の合計とする考え方が示されている（南方，1965）が、実際には開設費に比例するものとして扱われることが多い。開設費が高いということは、危険箇所の通過が多く、補修費等が高くなるためである。一方、多く行われてきた適正な横断溝設置間隔に関する研究では、横断溝の設置により維持管理費が低減されるため、上記の仮定との矛盾が指摘されている（宗岡，2016）。

維持管理費が開設費に比例する場合、開設費が最も低い時に総費用が最も低くなる。すなわち構造物を入れず、土構造のみで作設する方が有利となる。しかし実際には構造物を多く入れて路面侵食や路肩崩壊を防止すれば、維持管理費が安くなると考えられる（図-1）。

x を開設単価（円/m）、 $f(x)$ を年間維持管理費（円/m・年）、 Y を耐用年数（年）とすると、総費用 $TC(x)$ は $x + Yf(x)$ となる。一般に $f(x)$ は、各路線における地質や気象条件、路網の使用方法、材料の調達方法、工法の工夫等によって異なる形状の単調減少関数となり、それぞれの $TC(x)$ を最小にする x ($x \geq 0$) が存在する。この開設単価を m （円/m）とすると、 $f'(m) = -1/Y$ である。

例えば $f(x) = ab^{cx}$ と表現される場合、 $TC'(x) = 1 + acY(\log b)b^{cx}$ となり、 $TC(x)$ を最小にする開設単価 m （円/m）は、 $m = -\log(-acY \log b)/c \log b$ で算出される。

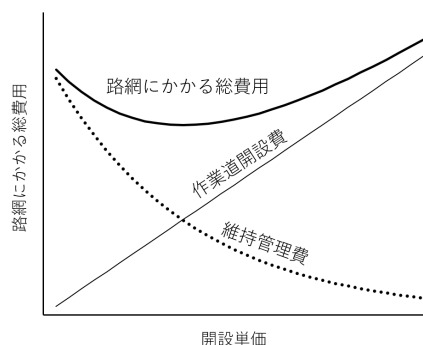


図-1 開設単価、維持管理費、総費用の関係

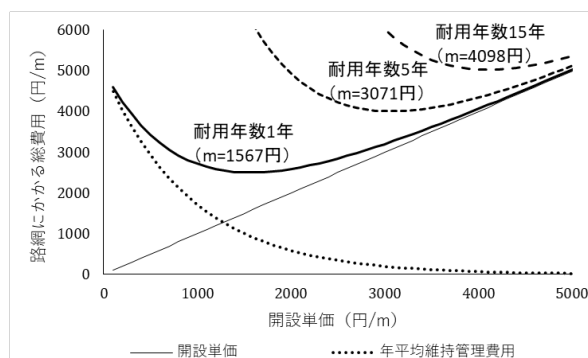


図-2 モデルを用いた耐用年数と開設単価の関係の例
($a=5000$, $b=0.7$, $c=0.003$)

キーワード：作業道、開設単価、維持管理費、総費用

モンゴルにおける木質バイオマス熱利用のための枯死木未利用材の利用可能量推計

○池田勇太・有賀一広（宇大農）・Biligt Battuvshin（東京農工大学）・白澤紘明（信大農）

1. はじめに

モンゴルは国内の発電・発熱の 90%以上を石炭で賄っている、石炭への依存度が高い国である。この影響を受けて、モンゴルでは中国以上の深刻な大気汚染、気温上昇による砂漠化の進行や気候変動が問題になっており、クリーンな再生可能エネルギーへ注目が集まっている。その一つとして挙げられているものが木質バイオマスである。元々気温の低いモンゴルでは木材は地方の熱源として需要が大きくあるが、利用形態は薪による伝統的・個別的な熱利用しかなく、木材を無駄なく利用できていなかった。しかし、2017 年に木質バイオマスによる地域熱供給施設が建設されたことを受けて、将来的に利用形態が伝統的な熱利用から現代的な熱利用へ、個別熱供給から地域熱供給へ拡大する可能性が出てきた。そこで本研究ではモンゴルに蓄積している枯死木未利用材の利用可能量を推計し、モンゴルにおける未利用材の熱利用可能性について検証した。

2. 材料と方法

モンゴル国より、森林簿（小班面積・樹種・蓄積量）、小班界 shape データ、道路データ、集荷先座標データを、米国航空宇宙局（NASA）の Earthdata より、全球三次元地形データのバージョン 3（ASTER GDEM）を使用した。森林簿には商業用枯死倒木・通常枯死倒木・枯死立木といった 3 種類の枯死木が存在する。聞き取りにより、各枯死木ごとに製材用材・薪材・未利用材の材積利用割合を設定し、小班単位で製材用材・薪材・未利用材の収穫量を推定した。製材用材と薪材の運搬先は各小班から最も近い Subprovince center を経て、そこから最も近い Province center（日本でいう都道府県の役場）とし、未利用材の運搬先は未利用材を地域熱供給に利用する想定で、各小班から最も近い Subprovince center（日本でいう市町村の役場）に設定した。また、土場を小班の重心に設定し、小班ごとに算出した平均傾斜と平均木寄せ集材距離をもとに人力・馬・トラクタの 3 種類から最適な集材方法を採用した。そして、小班ごとに素材生産コストと売上から収支を計算し、収支がプラスになった小班の製材用材・薪材・未利用材の収穫量を利用可能量とした。最後に、石炭と木材の低位発熱量をもとに未利用材の利用可能量を石炭で換算した石炭代替量を算出し、それがモンゴルにとって何年分の石炭に相当するのかを求めた。

3. 結果

用途別の利用可能量は製材用材 39,740,038m³（賦存量の 99.5%）、薪材 29,201,855m³（93.6%）、未利用材 19,697,684m³（96.9%）、枯死木種類別の利用可能量は商業用枯死倒木 19,175,302m³（99.5%）、通常枯死倒木 16,265,888m³（86.7%）、枯死立木 53,198,386m³（99.6%）と推計された。通常枯死倒木だけ利用可能割合が 90%を下回っている原因は、通常枯死倒木は製材用材に利用しない想定や、薪材は売上のわりに Province center までの運搬コストが高いことが考えられる。モンゴルの平均年間素材生産量（製材用材 162,945m³/年、薪材 561,255m³/年）を年間需要量としたとき、製材用材の利用可能量は 244 年分、薪材の利用可能量は 52 年分に相当する。また、未利用材の利用可能量を石炭に換算した石炭代替量は 5,135,913 トンと推計された。これはモンゴルの平均年間石炭消費量 8,698,620 トン/年を年間需要量としたときの 0.6 年分の代替量に相当する。

キーワード：モンゴル、木質バイオマス熱利用、枯死木、未利用材、石炭代替量

竹材搬出速度と労働負担の評価

○千原敬也（島根県中山間地域研究セ）・吉村哲彦・中野美穂（島根大生資）
・鈴木保志（高知大農林海洋）

1. はじめに

プラスチック等の代替資材の普及により素材としての竹の需要が失われ、竹林を管理する担い手の高齢化・後継者不足、そして輸入タケノコの増加により、里山林への竹の侵入や拡大が顕著になっている。日本各地で放置竹林の増加が課題となっているが、その対策として竹の伐採・搬出を伴う竹林整備が行われている。竹の内部は空洞であるため、その重量は一般的な木材に比べて軽量であるが、生産性や安全性の観点から竹林整備作業の機械化が必要ではないかと考えた。これまで、竹材搬出は人力以外に修羅・滑走、ロープウインチ、林内作業車、マッシュプーリー、スイングヤーダ、単線循環式索張りなどにより行われている。本研究では、チェーンソーのエンジンを動力とするチェーンソーウインチを竹材搬出作業に適用し、生産速度と労働負担の観点から人力作業との比較を行った。

2. 方法

調査対象地は、島根県出雲市にある約 2ha のモウソウチクの竹林であり、傾斜が約 17 度の緩傾斜地で、水平距離で約 20m の下げ荷集材を行った。竹材搬出に用いたのは、カナダ製のチェーンソーウインチ（Lewis Winch 400 MK2）である。竹材搬出速度を測るために搬出作業のビデオ撮影を行い、あわせて心拍計（Polar 製 OH1）を作業員 2 人に装着して心拍数を計測した。竹材の搬出路は屈曲しており、イワフジ工業製のオートスナッチブロックを用いることで、竹材の方向転換を試みた。この調査では長材（2 本）の搬出と短材（6 本）の搬出をチェーンソーウインチと人力でそれぞれ 5 回繰り返して行った。

3. 結果と考察

長材と短材の搬出速度を比較すると、長材の方が速く、短材にして搬出するメリットはないと考えられた。チェーンソーウインチ搬出と人力搬出の生産速度を比較すると、人力の搬出速度の方が速く、生産速度の観点ではチェーンソーウインチを導入するメリットもないと考えられた。屈曲した搬出路に対して、チェーンソーウインチとオートスナッチブロック（右の写真）の組合せは有効であり、竹材搬出時の方向転換は確実に行われた。ただし、ワイヤーロープをオートスナッチブロックに付加するのに、10～20 秒程度の時間を要することがわかった。



長材と短材の搬出に伴う労働負担を比較すると、短材の方がやや労働負担が大きく、短材にして搬出するメリットは見られなかった。チェーンソーウインチによる搬出作業の労働負担は人力搬出のときよりも小さく、チェーンソーウインチが有利という結果になった。この作業では、チェーンソーウインチオペレータの労働負担が小さくなる一方、荷掛手の労働負担が（特に短材の場合に）相対的に大きく、両者が交代で作業をするといった対策が必要になると考えられる。

竹材搬出におけるチェーンソーウインチの可能性としては、大きな竹材で上げ荷集材の場合に有利になり、小さな竹材や下げ荷集材ではメリットは少ないと考えられた。一方で、ワイヤーロープを繊維ロープに置き換えることによりチェーンソーウインチが有利になる条件は広がってくると考えられ、その検証が今後の課題である。

キーワード：竹林整備、搬出速度、労働負担

小型機械による広葉樹択伐伐出の試験作業*

○鈴木保志**・吉村哲彦***・森田大輔****・守口海**・早田佳史*****・浦部光治*****・今安清光*****

1. はじめに

科研費基盤 C 特設：課題番号 18KT0090「放置により劣化した里山広葉樹林の高度利用による生態系と地域経済の再生」として取り組んでいる研究では、間伐や有用樹種の伐採利用などの適切な手入れ（施業）がなされず生態系機能が劣化した里山広葉樹林を、適切に伐採利用するためには施業の経済的自立、すなわち施業により得られる収穫物が施業費用を賄うことができるような体制作りが不可欠との考えのもと、現実的な伐出システムを検討している。具体的には、近年各地の自伐・小規模林業で利用され実績をあげている、低投資で環境負荷の低い路網整備方法と林内作業車のウインチを用いた軽架線技術による方法に可能性を見出し、高知大学演習林においてプロットを設置し試験作業を実施している。本報告では、昨年度に口頭発表した作業道脇に加え、道上からの下方伐倒、道下からのウインチ木寄せ、と 3 つのパターンで行った試験作業について比較検討した結果を報告する。

2. 方法

広葉樹二次林となっている高知大学演習林 5 林班と小班（標高約 900 m）の南南西向き斜面に、水平方向 30 m、斜面最急勾配方向 30 m のプロットを設置し、毎木調査（DBH 5 cm 以上）と植生調査および立木位置図の作成を行った。これらの事前調査の後、最寄りの林道から伐出のための林内作業車用作業路約 150 m を、伐出作業の直前にバケット容量 0.09 m³ の油圧ショベル（CAT303CR）により新規開設した。作業道は 30 m×30 m の矩形プロットに対し、上側 3 分の 1 の位置に等高線に沿って侵入した形となっている。伐出対象は優勢木であるアカガシの大径木とし、1 回目の伐出では作業道脇から 3 本（株立ちの数本を含む、以下同様）、2 回目は道上 10 m 以内からの 3 本、3 回目は道下 20 m 以内から 3 本を伐出対象とした。伐出作業はそれぞれ 2019 年 12 月、2020 年 3 月、4 月に実施した。基本的に 2 人組作業であるが、運材主体の場合は 1 人組の場合もあった。4 月の作業では経験が浅い作業員 1 名の研修も兼ねて 3 人組作業で行なわれた。伐木はチェーンソー、作業路への集材は上記油圧ショベルに装着したグラブplerおよび林内作業車のウインチを用いたが、道下からの集材では一部スキッドコーンとチェーンソーウインチも使用した。伐木および集材作業は時間観測により工期等を分析した。なお、残存林分への影響と更新状況は今後数年間継続調査を実施する予定である。

3. 結果と考察

3 パターンいずれも 3 本（3 株）だが素材材積は 2.2 m³、1.6 m³、4.0 m³と差があった。伐木から土場までの小運搬を通じた生産性は、詳細な分析は今後のため速報値だが、1.14 m³/人日、1.54 m³/人日、1.02 m³/人日となり、伐出経費は 5～6 千円/m³程度となった（作業道の作設経費は 600 円/程度）。バイオマス発電用の燃料材とすると作業道開設費を補助金等で賄って収支が出るかどうかくらいだが、何割かの大径素材に付加価値を付けられるかが鍵と考えられる。また伐倒では、今回は択伐だが掛り木処理のため坪伐りやウインチによる方向規制など、安全上の工夫が必要であり、今後検討していく。

本研究は、高知大学自然科学系農学部門サブプロジェクト「バイオマス～TOSA」、および文科省科研費（基盤 C 一般：課題番号 16K07779、基盤 C 特設：課題番号 18KT0090）の支援を受けた。

キーワード：広葉樹、伐出、択伐、作業道、林内作業車

連絡先 (Corresponding author)：鈴木保志 (Yasushi Suzuki) E-mail: ysuzuki@kochi-u.ac.jp

* A trial harvesting operation of broad-leaved tree stand concerning reduced-impact-logging methods in Kochi University forest

** Yaushi Suzuki and Kai Moriguchi 高知大学教育研究部自然科学系農学部 Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University, Nankoku 783-8502

*** Tetsukiko Yoshimura 島根大学生物資源科学部 Faculty of Life and Environmental Sciences, Shimane University, Matsue 690-0823

**** Daisuke Morita 高知大学農林海洋科学部 Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University, Nankoku 783-8502

***** Hiroataka Nagai, Yoshifumi Hayata, Kiyomitsu Imayasu 高知大学農林海洋科学部附属暖地フィールド教育研究センター Field Science Center, Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University, Nankoku 783-8502

素材生産の生産性に関する諸考察

○吉村哲彦(島根大生資)・鈴木保志(高知大農林海洋)・千原敬也(島根県中山間地域研究セ)・
岩岡正博(東京農工大農)

1. はじめに

我が国の高性能林業機械を用いた素材生産の労働生産性は、2008 年において主伐で $5.26\text{m}^3/\text{人日}$ 、間伐で $4.35\text{m}^3/\text{人日}$ (林野庁、2010)と低いレベルにとどまっている。高性能林業機械を用いた作業システムによる素材生産について、伐採からトラック積込地点までの労働生産性を $10\text{m}^3/\text{人日}$ 以上にすることを目標としていた(林野庁、2010)が、2015 年においても、主伐で約 $7\text{m}^3/\text{人日}$ 、間伐で約 $4\text{m}^3/\text{人日}$ (林野庁、2018)となっており、特に間伐において改善を示すデータがなく、一部の車両系集材を除いてこの目標は達成されていないものと思われる。そこで、本研究では、高性能林業機械(架線系)の生産性が改善されない原因を作業システムの観点から考察して、生産性向上の方法を提示することにした。

2. 生産性の考え方

機械化作業の生産性の単位について、本学会をはじめ我が国では $\text{m}^3/\text{時}$ や $\text{m}^3/\text{日}$ が多用されているが、これは本来生産速度を示すものであり、歴史的に生産性と生産速度が混同されてきた状況にある。生産性は投入量(input)と産出量(output)との比として、「 $\text{生産性} = \text{産出量} / \text{投入量}$ 」の式で定義されるものであり、単位時間あたりの生産量である生産速度とは区別されなければならない。一方、海外では生産性の単位として、PMH(Productive Machine Hour)や SMH(Scheduled Machine Hour)といった単位時間における機械 1 台あたりの生産量が用いられ、人間の労働生産性を多用する我が国とは異なっている。我が国においても、機械化作業の生産性を評価することが目的であるならば、機械単位の生産性(資本生産性)の評価が必要であり、目的に応じて PMH や SMH を使うことを提言する。

3. 方法

本報では、伐倒・集材・造材の3工程によるモデルで素材生産の生産性について検討した。このモデルでは完全直列型、完全並列型について労働生産性と生産速度を計算するとともに、工程間の貯留スペースや先行伐倒の有無がそれらに及ぼす影響についても検討した。

4. 結果と考察

最小人員で無駄のない作業をする完全直列型では $0.686\text{m}^3/\text{人時}$ と比較的高い労働生産性となったが、完全並列型作業の場合は $0.4\sim 0.5\text{m}^3/\text{人時}$ にとどまった。完全並列型作業の弱点として、各工程の機械に対して人員を固定すると労働生産性が低下するので、人員の複雑なやりくりが必要になることがある。事前に生産計画を立てても、その精度が高くないため、現場で泥縄的なやりくりが生じることは避けられない。工程間に貯留スペースがない場合、完全並列型作業ではすべての工程の生産速度が律速段階の工程と等しくなる。先行伐倒により労働生産性が向上することも確認できた。労働生産性を現状より大きく向上させるためには、先行伐倒(伐倒工程の分離)と集造材工程の一体化(搬器の自動運転により実現)が有効であり、それによって労働生産性は $0.75\text{m}^3/\text{人時}$ まで向上した。集造材工程化を体現したオーストリアのコンビ型タワーヤーダの導入により、労働生産性は約 3~4 倍となる $2.0\text{m}^3/\text{人時}$ まで向上できる可能性がある。本報ではモデルのわかりやすさを優先してフォワーダ工程については考えていないが、フォワーダを使う場合には短材の貯留スペースを確保して、その工程を分離することが望ましい。

引用文献

林野庁(2010)平成 21 年度森林・林業白書. 林野庁:16

林野庁(2018)平成 29 年度森林・林業白書. 林野庁:21p

キーワード:労働生産性、システム生産性、高性能林業機械、素材生産

3 次元モデリングとシミュレーションによる集材架線機構と作業のデザイン

仁多見俊夫（東大院農）

1. はじめに

集材用架線装置の設計は、架設においては、伐区を含む広範な山岳地形を対象にして検討しなければならない、架線機構自体の堅牢性と現地への適用可能性を同時に満足するように架設する必要があり、作業においては、荷掛け地点の確認・交信を確保しつつ、円滑に作業でき、生産性が事業的水準を確保するなどが求められ、適切に機構を設置することは容易ではない。

2. 現場情報の利用

架線集材作業現場の状況を把握し、機構の架設を検討する基盤として、国土情報として、現地環境情報が高精細に整備されるとともに、それを基とした 3 次元空間の作業位置や動作する機構等の検討が可能となっている。

3. 3D シミュレーションツールによるモデリング

本研究では、3D ゲームを作成する環境を用いて、環境条件から架線機構までを再現し、構造デザインと作業をシミュレーションによって評価検討できるようにした。

4. 架設ツールセットとしての仕様と機能

これまで用いられてきた主要な索張り方式をデジタル 3 次元空間においてモデリングして標準化し、技術の理解と継承を容易にし、現地条件への適切な索張りを迅速に検討可能とした。1 現場の架設検討を 1 日で可能であった。さらに実施業前に作業の円滑さや能率をシミュレーションによって検討可能とした。また、施業後の実績成果をデータベース化して残せるようにした。実作業の成果によって索張り機構の評価と改善点を明らかにし、後の施業での改善へつなげることができる。

5. おわりに

これらの処理操作手順を体系化した。架線作業の普及と適正化を促進すると期待される。また、本手法によって新たな架線機構についての開発検討を可能とした。

キーワード：架線、集材、作業、3D モデリング、シミュレーション