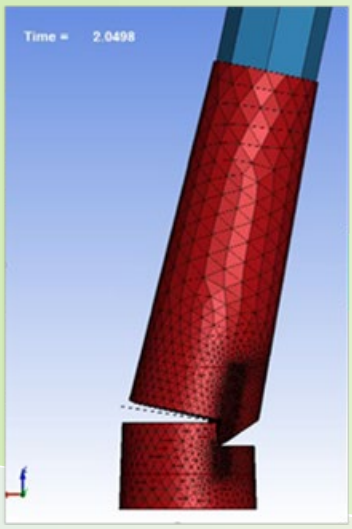
ISSN 1349-0605

森林総合研究所
交付金プロジェクト研究　成果 No.102

伐倒時の倒伏メカニズムに基づいた伐倒技能の評価手法の構築

チェーンソーによる切り口形状が立木の伐倒方向に及ぼす影響をコンピュータシミュレーションによって明らかにし、技能レベルに応じてステップアップできる科学的根拠に基づいた伐倒作業マニュアルを作成しました。



国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

背景と目的

林業における労働災害発生率は、全産業平均の約 10 倍となっており、労働災害の防止が喫緊の課題となっています。死亡災害の内訳をみると 6 割はチェーンソー伐倒時に発生しており、さらにその 6 割は狙った方向とは異なる方向に木が倒れたことによる災害となっています。これに対して、チェーンソーで安全に伐木作業を行うためのガイドラインが示されていますが、これは長年の経験則をもとにしたもので科学的根拠が明らかでない面もありました。そこで、本プロジェクトでは、シミュレーションにより伐木の倒伏メカニズムを解明するとともに、現場調査により作業員の伐倒技能の現状把握を行うことで、技能レベルに応じてステップアップできる科学的根拠に基づいた伐倒作業マニュアルを作成することを目的としました。さらに、マニュアルを効果的に普及するため、マニュアルの活用促進条件等を明らかにすることとしました。

倒伏メカニズムの解明による伐倒技能評価手法の構築

スギ生材の強度を実測し、その数値を元に作成した立木モデルを用いて、伐倒木のツルの破壊プロセスをシミュレーションできるようになりました。その結果、図１のように追い口の高さについて、標準的な高さの場合と低い高さの場合とを比較すると、後者ではツルの後ろ（図１でツルの右側）の破壊が進みやすいことがわかりました。また、標準とされる平行なツルと左右の幅が違うツルを比較すると（図２）、後者では回転軸がツルの破壊に伴ってその角度が変化するため、伐倒方向が受け口の向いている方向から（図２の右図では左方向に）ズレやすいことも明らかになりました。

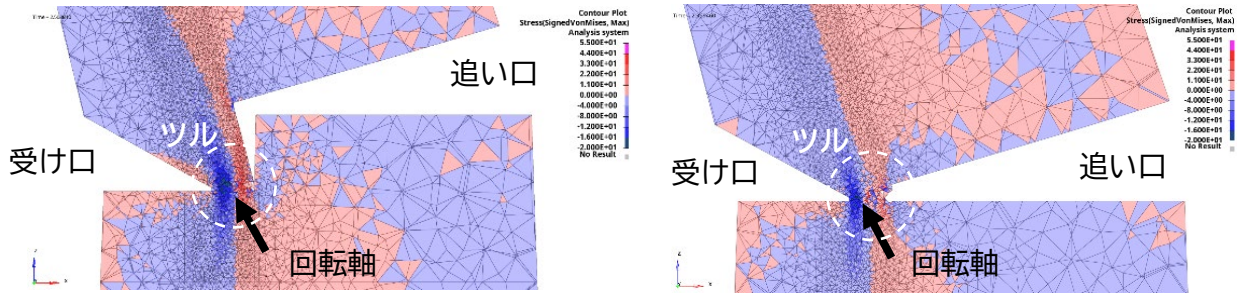


図１　追い口高さの違いによるツルの内部の力のかかり方（ツル部の縦断面図）
（左が標準的な高さの場合、右が低い場合）

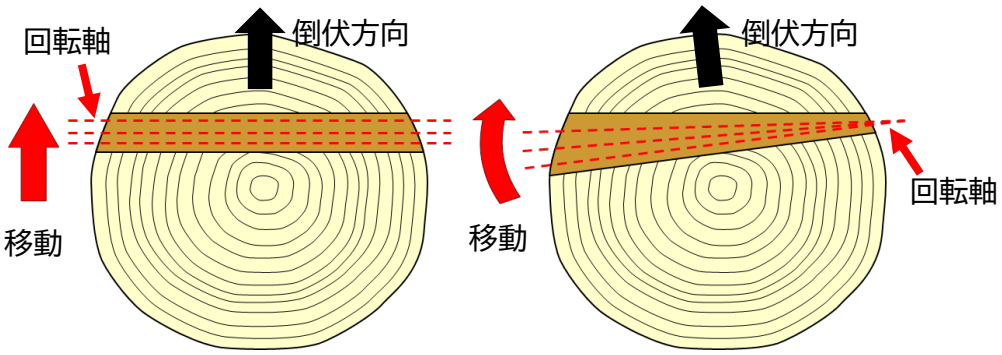


図２　平行なツル（左図）と、左右で幅の違うツル（右図）の回転軸の移動
（ツル部の横断面図）

現場における伐倒技能の現状把握と環境要因の影響解明

全国で 1000 株以上の切株を調査し、実際の伐木作業がどのように行われているかを明らかにしました。その結果をもとに伐倒技能の全国平均を示すレーダーチャートを作成しました（図３）。このチャートを使えば、伐採後の切株の形状を計測し、その結果を記入することで伐倒手の技能レベルが把握できます。またどの技能が不足しているかも一目でわかるようになります。さらに、伐倒現場の環境も合わせて計測したことで以下のような傾向がみえてきました：

・スギでは４割の伐木で受け口の深さが規定よりも不足している
・スギ・ヒノキともに地形傾斜が急になるとツルが確保されていない（図４）

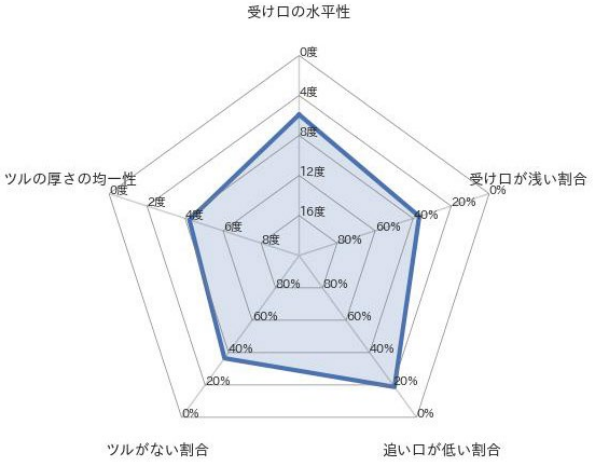


図３　レーダーチャート

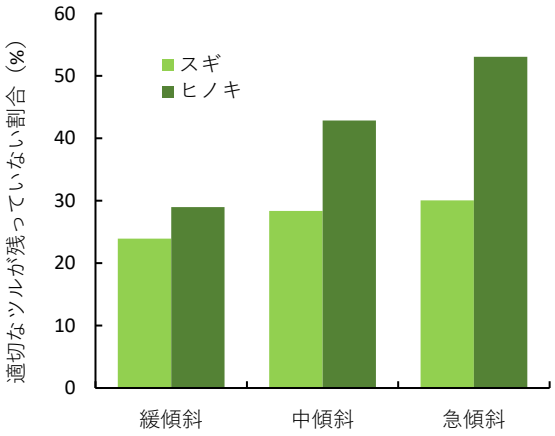


図４　適切なツルが残っていない割合

マニュアルの活用状況の把握と活用促進条件の解明

林業作業員を対象としたアンケート調査を実施した結果、マニュアルの確認頻度が高い者は低い者と比較してケガの経験が少ないことが明らかになりました（図５）。また、アンケートの回答から把握された個人の性格特性によって、マニュアルの遵守・行動傾向に違いがあることも明らかになりました（図６）。このため、作業員の性格特性等を考慮しながら、個々人に適したアプローチによって安全教育・研修・声かけ等を行うことで合理的・効果的な安全管理に繋がると考えられます。

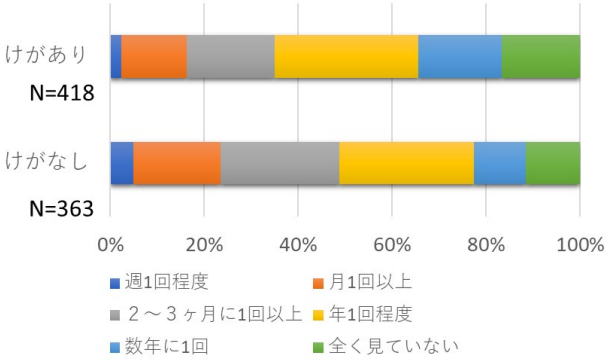
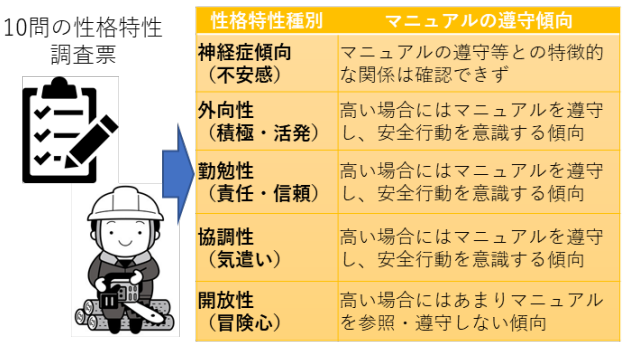


図５　マニュアルの確認頻度とケガの経験



性格特性種別	マニュアルの遵守傾向
神経症傾向（不安感）	マニュアルの遵守等との特徴的な関係は確認できず
外向性（積極・活発）	高い場合にはマニュアルを遵守し、安全行動を意識する傾向
勤勉性（責任・信頼）	高い場合にはマニュアルを遵守し、安全行動を意識する傾向
協調性（気遣い）	高い場合にはマニュアルを遵守し、安全行動を意識する傾向
開放性（冒険心）	高い場合にはあまりマニュアルを参照・遵守しない傾向

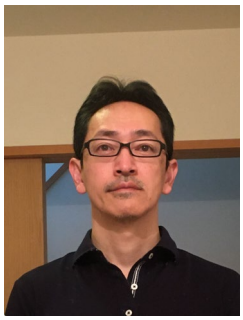
図６　性格特性とマニュアルの遵守・行動傾向

要旨

林業において最も危険とされる伐倒作業における労働災害の防止を目的に、コンピュータシミュレーションによりチェーンソーによる受け口や追い口の作成にともなう立木の内部応力の変化を数値化し、伐木が倒伏するメカニズムを科学的に解明しました。また、伐採跡地の切株調査により伐倒作業者の技能レベルの現状を明らかにするとともに、地形や立木の大きさといった要因による技能への影響を把握しました。これらにより必要な技能の優先度を示し、技能レベルごとにステップアップできる体系化したマニュアルを作成しました。さらに林業作業員へのアンケート調査を通じて、マニュアル活用の実態把握と活用を促進する条件、マニュアルの効果的な普及方法等を解明しました。

・猪俣雄太、中田知沙、山口浩和、北原文章、福本桂子：列状間伐における受け口・追い口の形状の実態把握，森林利用学会誌、40(1):21～30，2025.01.
・中田知沙、小島瑛里奈、猪俣雄太、上村巧、山口浩和、有水賢吾：倒伏シミュレーションのためのスギ生材の力学特性にもとづく有限要素法モデル，森林利用学会誌、40(1):31～40，2025.01.
・田中亘、笹田敬太郎、猪俣雄太、高山範理、御田成顕、片田陽菜(筑波大学)、山口広子(筑波大学)、都築伸行(林野庁)：林業作業者における安全行動と技術習得に関する意識，関東森林研究、76-1:5-8，2025.03.

研究代表者　林業工学研究領域　山口　浩和



プロフィール
専門は林業機械の自動化、ロボット化。林業労働の安全性向上のため、様々なアプローチから研究に取り組む

担当研究機関
森林総合研究所（林業工学研究領域、林業経営・政策研究領域、森林管理研究領域、東北支所、四国支所、九州支所）

問い合わせ先　TEL　029－829－8377（相談窓口）

表紙写真：チェーンソー伐倒作業と倒伏シミュレーション

ISSN　1349-0605
森林総合研究所交付金プロジェクト研究　成果 No.102
「伐倒時の倒伏メカニズムに基づいた伐倒技能の評価手法の構築」
発行日　令和７（2025）年７月１日
発行者　国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
〒305－8687 茨城県つくば市松の里１番地
電話 029－873－3211（代表）

※本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。

▲ 交付金プロジェクト研究成果の一覧ページへ https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/koufu-pro/