

論文

林業施業地におけるチェーンソーの水平把持精度への 地面傾斜と伐倒従事年数の影響^{*1}

上野 綾^{*2}・加治佐剛^{*3}・寺岡行雄^{*3}

上野 綾・加治佐剛・寺岡行雄：林業施業地におけるチェーンソーの水平把持精度への地面傾斜と伐倒従事年数の影響 九州森林研究 77：117－120, 2024 林業の労働災害発生率は他産業と比較して最も高く、労働安全確保に向けた改善措置の検討が急務である。死亡災害の約6割はチェーンソーを用いた伐木作業中に発生しており、最も多いのは「激突され」等の伐倒方向のズレによる重大災害であるが、実際の林業現場における伐倒作業に関する調査例は少ない。そこで本研究では、不整で急傾斜な、実際の林業環境下におけるチェーンソーの水平把持精度に着目し、その精度への地面傾斜や伐倒従事年数の影響を調査した。その結果、ガイドバーの長手方向の傾きは、被験者の約6割に±2°以上のズレが見られ、労働災害が懸念される水平把持精度であることが分かった。作業負荷の高い急傾斜の方が刃先角の変動が小さく、地面傾斜の違いによる顕著な差は見られなかった。受け口・追い口ともに、伐倒経験15年以上の経験者の水平把持精度が最も高かったが、初心者も経験者も水平に切れているわけではなかった。

キーワード：労働災害、チェーンソー、鋸断技能、伐倒方向、ガイドバー

I. はじめに

林業の労働環境は自然条件下で行う労働負荷の高い作業が多く、依然として厳しい状況にある。その労働災害発生率は長期的には減少傾向にあるが、他産業と比べても極めて高く、平成30年以降の死亡者数は年間30人前後で推移し、近年は足踏み状態が続いている（林野庁, 2023）。平成30年～令和4年の5年間に発生した林業の死亡災害件数（158件）のうち56%（88件）はチェーンソーを用いた伐木作業中に発生しており（林業・木材製造業労働災害防止協会, 2022）、起因物別では立木等が63%（99件）、事故の型別では立木等に「激突され」が45%（71件）を占めているなど（厚生労働省, 2022）、重大な林業労働災害の背景にはチェーンソーによる伐木作業が大きく関係していることが分かる。

こうした現状を受け、厚生労働省は平成31年に林業等の伐木作業等に係る労働安全衛生規則の一部を改正し、伐木作業における特別教育や危険防止のための禁止・義務事項の規定が見直された（厚生労働省, 2020）。それに伴い、令和2年には「チェーンソーによる伐木等作業の安全に関するガイドライン」に事業者及び労働者の責務やチェーンソー作業に関する作業計画の義務が新設され、チェーンソーを用いた伐木作業の安全対策強化に向けたより重点的な取組が進められている。

林業労働災害の防止に関しては、これまでも労働安全衛生法令等に基づく遵守事項の徹底や各種研修等の実施などの対策が図られてきたが、災害発生原因にはこうした法令やガイドライン等で定められた禁止事項や遵守事項が守られていないことによるものが見受けられる（林野庁, 2022）。伐木作業は、山間部の広範な区域にわたって労働者が単独で作業を行う場合が多く、事業者による安全管理の徹底は難しい（厚生労働省, 2020）。

これまでチェーンソー伐木の労働安全性向上に関する研究として、安全な伐木方法の検討（Nagao ほか, 2019）や作業計測手法の開発（伊能ほか, 2021）、また基本的伐倒作業に係る寸法に対する伐木のメカニズム（上村, 2020）が解明されてきた。中田は、安全に狙った方向に立木を伐倒するには、伐倒手にチェーンソーを水平に把持しながら鋸断する基本的な技能が求められると指摘し、伐倒手のチェーンソー水平把持精度について技能調査を行い、その現状を報告している（中田ほか, 2023）。この研究は、登板試験路や伐倒練習機といった模擬的伐倒作業下での調査であり、不整で急傾斜な実際の林業施業地における林業事業体の作業員を対象とした調査は行われていない。

そこで本研究では、この先行研究を参考に、実際の林業施業地におけるチェーンソーの水平把持精度の実態を明らかにすることを目的とし、林業事業体の作業員を対象にチェーンソー水平把持精度の技能調査を行った。また、その精度への地面傾斜と伐倒従事年数の影響について調査した。

II. 研究方法

1. 水平把持試験

試験は鹿児島県および宮崎県の林業事業体3社の皆伐・間伐事業地（鹿児島県内）にて、2023年8月～10月に実施した。対象地の地面傾斜は0°から最大で46°の範囲であったため、試験は0°～15°を平坦地、15°～30°を緩傾斜地、30°～46°を急傾斜地として3つの斜面条件を設けて実施した。被験者には、受け口の水平切り・追い口切りの切込み時にチェーンソーを3秒間水平に把持させ、各斜面条件で3本ずつ（計9本／人）伐倒してもらった。被験者には伐倒方向に対して直角にバーを向け水平把持する

^{*1} Ueno, A., Kajisa, T. and Teraoka, Y. : The influence of ground slope and years of felling experience on horizontal gripping accuracy of a chainsaw.

^{*2} 鹿児島大学大学院農林水産学研究所 Grad. Sch. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan

^{*3} 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan

こののみを指示し、計測する伐倒木の選定や伐倒作業の進め方については現場に従い、普段と同じように伐倒作業を進めてもらった。試験中、角度の計測結果は被験者に伝えなかった。

2. 被験者

本試験は、被験者に対して試験の目的や手順に関する説明を十分に行い、試験参加に対する同意を得てから実施した。

被験者 13 名を対象に試験を行い、特別教育終了後 5 年未満の者を初心者 (5 名)、5 年以上の者を経験者 (8 名) として、各林業事業体からそれぞれ初心者・経験者ともに最低 1 名ずつ参加してもらった。

3. 計測方法

チェーンソーのガイドバーと平行になるように、ファンハウジング部分に慣性計測装置 (x-io Technologies 社, NGIMU) を貼り付け、回転姿勢を表すときに用いられるオイラー角のうち、Pitch 角を用いてバーの刃先の上がり／下がり計測した (図-3)。先行研究と同様に、本研究ではこの計測する刃先の上がり／下がり計測を刃先角と定義し、測定した。本試験で使用するチェーンソーは限定せず、被験者が普段から使用する使い慣れた機種を使用してもらった (Zenoah 社 G 5210, Husqvarna 5500 xpMark II など)。バーの長さは 18 インチ (約 45 cm) で、計測開始時の燃料とチェーンオイルはすべて満杯の状態に揃えた。NGIMU の値のキャリブレーションにはデジタル角度計 (新潟精機 (株) 製, DP-30 XY) を用い、サンプリングレートはデータの扱いやすさから 10 Hz で記録した。NGIMU を用いたのは、先行研究で用いられていること、軽量でチェーンソーのバランスへの影響が少ないこと、計測結果を被験者が視認できないため試験途中で刃先角

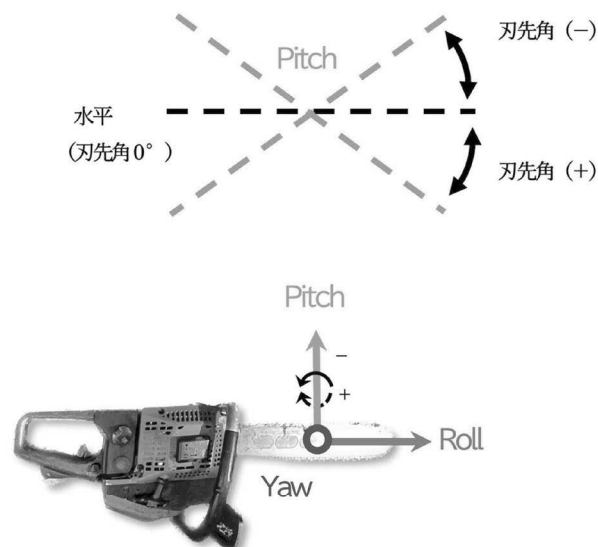


図-3. 刃先角とオイラー角について

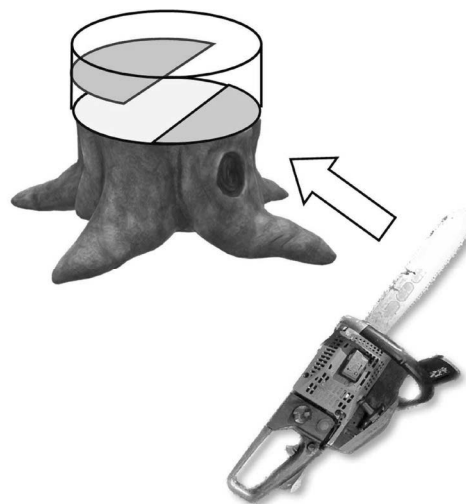


図-4. 計測する受け口・追い口の水平



図-1. 試験の様子



図-2. ダイヤル勾配計 (左) と慣性計測装置 (右)

を補正できないためである。地面傾斜の計測にはダイヤル勾配計 (大清工業 (株)) を使用して伐倒木周囲の傾斜角度を計測した。

4. 分析方法

林業施業地における水平把持の現状について、被験者 13 名の刃先角 (受け口・追い口の 2 種類／傾斜条件 3 種類) の 78 通りの結果を図-5 に示し、伐倒時の刃先角について分析した。刃先角は 3 秒間の水平把持の平均値から各傾斜条件における 3 回の伐倒の平均を出してまとめた。次に、傾斜条件と被験者の伐倒従事年数 (以下、伐倒経験) を因子とした分散分析を行い、それぞれの因子の有意差についての統計的根拠を示した。水平把持精度への地面傾斜と伐倒経験の影響については、刃先角との関係についてそれぞれ受け口と追い口に分けて図-6・図-7 に示し、分析した。被験者の伐倒経験 (最小 0.5 年, 最大 40 年) に関しては、より細分化するために 5 年未満・10 年未満・15 年未満・15 年以上の 4 つのグループに分けて分析を行った。

Ⅲ. 結果と考察

1. 伐倒時の刃先角

受け口・追い口の伐倒時の刃先角の全体結果を図-5に示す。刃先角が -2° 未満であった割合は40%、 -2° 以上 2° 未満は43%、 2° 以上は17%であった。上村（2020）をもとに試算すると $\pm 2^{\circ}$ のズレは15 m先で約50 cm以上のズレに相当する（中田, 2023）ことから、かかり木や隣接木接触等による労働災害が懸念される $\pm 2^{\circ}$ 以上の伐倒が約6割を占めていた。経験者・初心者ともに水平に把持できているわけではなく、被験者全体としては刃先角が負の値に多く分布する傾向がみられた。

刃先角の試験結果に対して、被験者間計画の二要因分散分析を行った結果を表-1に示す。分析の結果、経験の有無は有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）一方で、傾斜条件については統計的に有意な差が認められなかった（ $p > 0.05$ ）。つまり林業施業地における水平把持精度に対して、地面傾斜の水準間で有意差があることは示されなかったが、被験者の伐倒経験の水準間による有意差があることは示された。交互作用についての有意な差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）。

2. 地面傾斜の影響

図-6は傾斜条件ごとの刃先角の結果を示す。受け口の水平切りの刃先角の平均値は、 $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の平坦地では -1.96° 、 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の緩傾斜地では -0.55° 、 $30^{\circ} \sim 46^{\circ}$ の急傾斜地では -0.92° であった一方、追い口切りの刃先角の平均値は、 $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の平坦地では -2.31° 、 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の緩傾斜地では -1.63° 、 $30^{\circ} \sim 46^{\circ}$ の急傾斜地では -1.68° であった。 $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の平坦地では初心者による伐倒時の刃先角に極端な値が出ることもあり、グラフから受け口・追い口ともに平坦地における刃先角のばらつきが最も大きくなっている。受け口・追い口のどちらも、全ての傾斜条件下で刃先角の平均値が 0° より有意に小さくなっていることから、刃先を下げる意識をすることで把持精度が向上すると考えられた。また $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の平坦地では作業負荷が小さいにも関わらず、刃先角が 0° と有意に異なっており、 $30^{\circ} \sim 46^{\circ}$ の急傾斜地では作業負荷が大きいのに関わらず刃先角が 0° と有意に異なるとはいえなかった。各斜面条件における刃先角の平均値に有意差は認められなかった。

3. 伐倒従事年数の影響

図-7は伐倒経験ごとの刃先角の結果を示す。伐倒経験5年未満の被験者では刃先角が 0° より有意に大きくなることがあり、伐倒経験5年以上のグループと比較して受け口・追い口ともに刃先角の極端なばらつきが確認できる。しかし、刃先角の平均

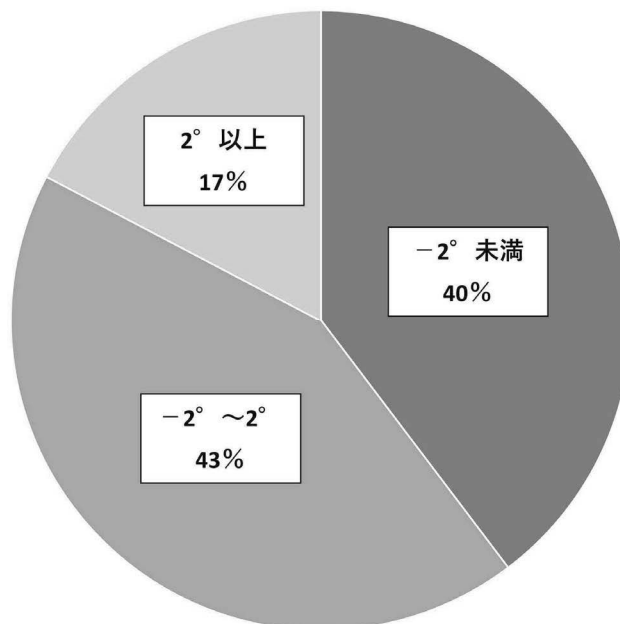


図-5. 刃先角のズレの全体結果

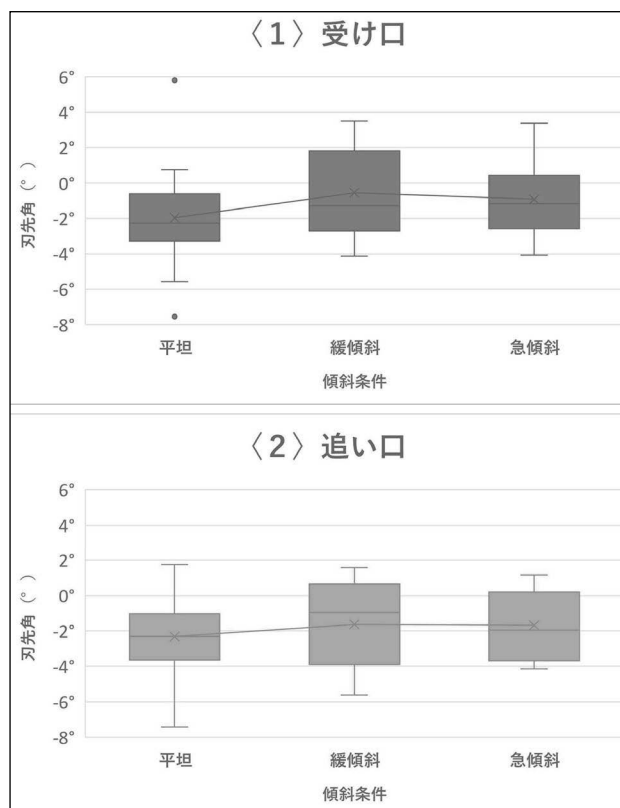


図-6. (1) 受け口, (2) 追い口における傾斜条件ごとの刃先角

表-1. 傾斜条件と被験者を因子とした分散分析（繰返しあり二元配置）

変動要因	標本 (傾斜条件)	列 (伐倒経験)	交互作用	繰返し誤差	合計
変動	54.1	374	628	673	0.197
自由度	3	14	42	60	0.0104
分散	18.0	26.7	15.0	11.2	0.151
観測された分散比	1.61	2.38	1.33		
P-値	0.197	0.0104	0.151		
F 境界値	2.76	1.86	1.59		

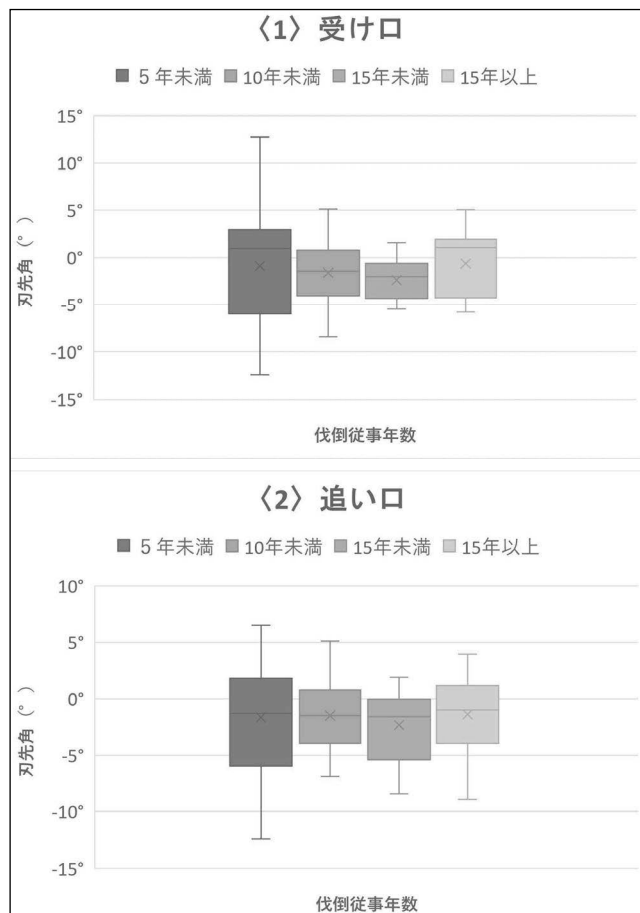


図-7. (1) 受け口, (2) 追い口に伐倒従事年数ごとの刃先角

値は伐倒経験 15 年未満や 15 年以上の経験者のグループと比較して水平に切れていないわけではなかった。受け口・追い口ともに、刃先角が最も水平に近かったのは伐倒経験 15 年以上の熟練者グループで、受け口の平均値は -0.63° 、追い口の平均値は -0.63° と、どちらも $\pm 2^\circ$ 以内の範囲に収まっていた。全てのグループにおいて刃先角は負の値に多く分布しているが、伐倒経験 5 年未満のグループにおいては、他のグループに比べて正の値への分布傾向が強い被験者もみられた。

IV. まとめ

本研究では、不整で急傾斜な実際の林業施業地におけるチェーンソーの水平把持精度の実態を明らかにした。その結果、先行研究と同様に、実際の林業施業地における水平把持にも地面傾斜の影響は少ないことが分かった。刃先角は伐倒者の作業負荷が低い平坦地での変動が最も大きく、作業負荷の高い急傾斜地だからといって水平に切れていないわけではなかった。

また、水平把持に伐倒従事年数の影響は少なく、経験者も初心者も刃先角が負の値に多く分布しており、水平に切れているわけではなかった。経験者は初心者に比べ刃先角の変動が小さく安定した鋸断が可能である一方で、ガイドバーの傾き方の癖や傾向が強いと言える。したがって経験者より初心者の方が、訓練等による水平把持精度向上の可能性があるのでないかということが示唆された。

本試験では、普段から林業の現場で働く実際の林業従事者を対象として、地面傾斜と伐倒従事年数にのみ着目した水平把持試験を実施したが、今後はチェーンソーの機種の違いによる重量や作業姿勢、受け口・追い口の地際からの高さなど他の要因についても検証する必要がある。被験者の人数も増やし、一刻も早い林業労働災害の撲滅に向け、把持精度に影響を与える要因の検討を急ぐ必要がある。

V. 謝辞

本研究を進めるにあたり、調査の場をご提供いただき研究に快く協力してくださった林業事業体の皆様と被験者の皆様に厚く感謝いたします。

引用文献

- 伊能ほか (2021) 森林利用学会誌 36 (1) : 141 - 150.
 厚生労働省 (2020) 2020 年 1 月.
 URL: https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_09175.html
 (2023 年 11 月 4 日利用)
 厚生労働省 (2022) 労働災害統計 (令和 4 年度).
 URL: <https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.html>
 (2023 年 11 月 4 日利用)
 Nagao ほか (2019) Int.J.For.Eng. 30 (3) : 182 - 189.
 中田ほか (2023) 森林利用学会誌 38 (1) : 29 - 34.
 林業・木材製造業労働災害防止協会 (2022) 災害統計.
 URL: https://www.rinsaibou.or.jp/disaster/assets/18rin08_2.pdf
 (2023 年 11 月 4 日利用)
 林野庁 (2023) 林業労働災害の現況.
 URL: <https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/anzen/iti.html>
 (2023 年 11 月 4 日利用)
 林野庁 (2022) 林業安全対策の強化について, 10 pp.
 URL: <https://www.rinya.maff.go.jp/kinki/seibi/attach/pdf/20211220-12.pdf> (2023 年 11 月 4 日)
 上村巧 (2020) 伐木のメカニズム, 170 pp, 全国林業改良普及協会, 東京都
 (2023 年 11 月 11 日受付; 2024 年 1 月 16 日受理)