

チェーンソーの水平把持精度の現状把握*

中田知沙**・猪俣雄太**・上村巧**・山口浩和**

中田知沙・猪俣雄太・上村巧・山口浩和：チェーンソーの水平把持精度の現状把握. 森利誌 38 (1) : 29 ~ 34, 2023. 本研究はチェーンソーの水平把持に着目し, その精度の現状を把握することを目的とした。また把持高さや地面傾斜による影響を調査した。ガイドバーの長手方向の傾きのズレは, 被験者の 4 割が 2° 以上で, かかり木や隣接木接触等による労働災害につながる可能性のある水平把持精度であることが分かった。被験者のうち初心者は刃先が下がりやすく, 経験者は刃先が上がりやすい傾向が見られた。また, 把持高さによる差は見られなかった。グループ間の技能の顕著な差はないと判断できたことから同じ母集団として地面傾斜やチェーンソーの把持姿勢, スロットル操作の指の違いによる影響を調べた。傾斜 0° と 10° ではガイドバーの傾きが有意に高く, チェーンソーの把持姿勢とスロットル操作の指の違いによる有意差は見られなかった。まずは安全な平坦地で訓練を行うことで, 傾斜地でも水平を維持できるようになることが期待された。

キーワード：チェーンソー, 鋸断技能, 伐倒方向, ガイドバー角度, 労働災害

Chisa Nakata, Yuta Inomata, Takumi Uemura and Hirokazu Yamaguchi : **Understanding the current situation of horizontal gripping accuracy of a chainsaw. J. Jpn. For. Eng. Soc. 38(1): 29 - 34, 2023.** This study sought to comprehend the current state of gripping chainsaw accuracy with a focus on horizontal gripping. We also observed the effects of gripping height and ground slope. According to the guide bar angle results, 40% of the subjects had horizontal gripping accuracy, which could lead to occupational accidents such as hanging up trees or contacting adjacent trees. Beginners tended to lower the guide bar angle, whereas experienced users tended to raise it. Furthermore, there was no difference in gripping heights. Because it was surmised that there was no substantial difference in skill between the groups, we evaluated the impact of differences in the ground slope, gripping posture of the chainsaw, and throttle operation. There was no significant difference between the chainsaw gripping posture and the fingers operating the throttle. In terms of the influence of ground slope, a tendency for the guide bar to rise was significantly observed at inclinations of 0° and 10°. First and foremost, practicing to improve horizontal grasping accuracy on flat ground would be beneficial.

Keywords : chainsaw, felling work, felling direction, guide bar angle, occupational accident

1. はじめに

林業の労働災害は突出して多く, 労働者 1,000 人あたり 1 年間に発生する死傷者数の割合を示す死傷年千人率は, 25.5% (令和 2 年度現在) と全産業の平均値の約 10 倍である (林野庁 2022)。平成 29 ~ 令和 3 年の 5 年間に発生した林業の死亡災害件数の約 7 割は伐木造材作業中に発生し, そのうち約 9 割 (102 件) はチェーンソーを用いた伐倒作業中に発生している (林業・木材製造業労働災害防止協会 2022)。さらにその 6 割以上は, かかり木処理や隣接木接触など狙った方向に木を倒すことができなかったことに起因し (Nagao and Yamada 2019), 安全な伐倒には狙った方向に立木を倒す技能が必要である。

一方, チェーンソーで狙った方向に正しく伐倒するには, 立木の伐倒の起点となる受け口を適正に作成する必要がある (Nagao and Yamada 2019)。特に伐倒方向の制御には受け口の向きと斜め切りと下切りが水平に一致するよう会合線を作成することが重要であり, 会合線が 1° 傾くと伐倒方向に 1° のズレが生じる (上村 2020)。そのため, 伐倒方向のズレに起因するかかり木や隣接木接触等の労働災害を防ぐには, 会合線を伐倒方向に直交させることに加え, 水平に作成する必要がある。伐倒手には, 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。さらに日本における林業は足場の悪い急傾斜地での作業となることから, 水平把持により高い技能が必要とされる可能性がある。

2022 年 10 月 4 日受付, 2022 年 12 月 16 日受理

連絡先 (Corresponding author) : 中田知沙 (Chisa Nakata) Email : nakatac27@ffpri.affrc.go.jp

* Understanding the current situation of horizontal gripping accuracy of chainsaw.

** Chisa Nakata, Yuta Inomata, Takumi Uemura and Hirokazu Yamaguchi 森林総合研究所 For. and Forest Prod. Res. Inst., Tsukuba 305-8687

この研究の一部は森林利用学会 2022 年度第 29 回学術研究発表会で口頭発表した。

これまでチェーンソーによる労働災害の低減に向けて、災害事例調査（猪俣ら 2022；Tobita et al. 2019）や安全な伐木方法が検討されてきた（Nagao and Yamada 2019）。チェーンソー作業については、作業計測手法の開発（伊能・仁多見 2021）や姿勢による作業負荷（立川 1991）が解明されてきた。一方、安全な伐木方法については経験則に基づく知見が構築されたテキストはあるものの、技能調査は行われていない。そのため伐倒手にテキストを遵守できる技能があるのか、その実態は明らかでなく、技能に応じた適切な指導や研修ができていないことも懸念される。そこで、本研究はチェーンソーの水平把持に着目し、その精度の現状を把握することを目的とした。また把持高さと地面傾斜の影響について調査した。

2. 研究方法

2.1 水平把持試験

試験は林野庁森林技術総合研修所林業機械化センター（群馬県、以下林業機械化センター）および森林総合研究所（茨城県）にて、2022年6～7月に実施した。林業機械化センターでは伐倒練習機を使用し、森林総合研究所では登板試験路にて実施した（図-1）。試験は0°、10°、20°、25°の斜面で実施し、被験者に2か所の高さ（地際から20cm/被験者らの把持しやすい位置の2分の1の高さ）でチェーンソーを3秒間水平に把持させ、その精度を計測した。本試験ではチェーンソーの水平把持が困難な状況を想定し、30°の地面傾斜で追い口が地際となる20cmの高さにチェーンソーを把持させた。また、体格による影響を考慮して、把持しやすい位置（図-2）の2分の1の高さでも計測した。各条件で3回ずつ繰り返し試験を行った。

被験者には最大傾斜方向と直角にバーをむけ水平把持することのみを指示し、作業姿勢やチェーンソーの持ち方については指示しなかった。解析では試験時の写真をもとに、作業姿勢（膝つきあり/なし）やスロットル操作の指（親指/人差し指）を分けて解析を行った。角度



図-1 試験の様子

の測定結果は試験中被験者に伝えなかった。

2.2 計測手法

チェーンソー（STIHL社、C261）のガイドバーに貼り付けた慣性計測装置（x-io Technologies社、NGIMU、以下IMU）のRoll角を用いてバーの刃先の上がり/下がり（図-3）を計測した（図-3）。本研究ではこれを刃先角と定義した。使用したチェーンソーのバーの長さは18インチ（約45cm）で、燃料とチェーンオイル満杯の状態での質量は7.27kgであった。水平に吊り下げてバランス

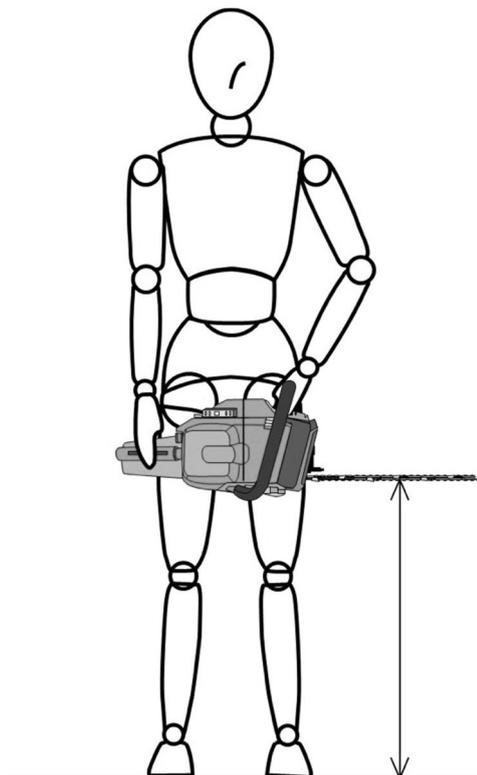


図-2 把持しやすい位置

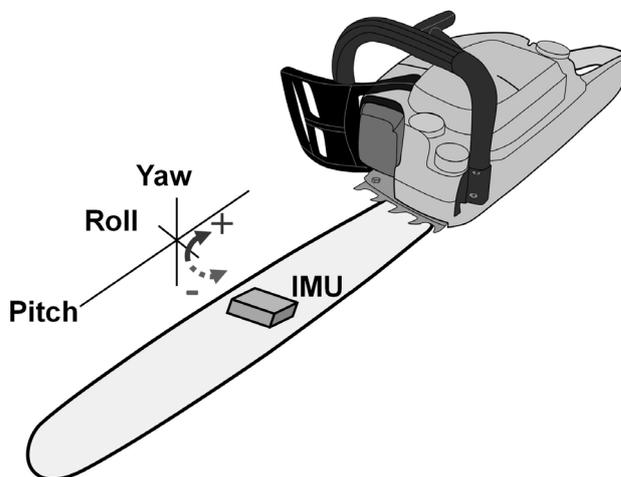


図-3 IMUを用いたガイドバーの傾きの計測方法

がとれる状態の刃先角は + 8.95° (図 - 4) であった。IMU 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-30XY) を用い, 10 Hz で記録したデータを解析に使用した。本試験で使用した機種 (C261) を日常的に使用しているのは 1 名のみであり, 他の被験者は初めて使うもしくは使い慣れていないチェーンソーであった。本試験で使用した IMU は, 軽量 (45 g) でありチェーンソーのバランスへの影響が少ないこと, 計測結果が被験者にわからないため試験の途中で刃先角を補整できないことから選定した。

2.3 被験者

本研究は, 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所倫理審査委員会の審査・承認を得て実施した。試験を始める前に, 被験者に対して試験の目的や手順などに関する説明を十分に行い, 試験参加に対する同意を得た。

被験者 12 名を対象に試験を行った。特別教育終了後チェーンソーをほとんど扱わない者を初心者 (4 名), 指導や研究で伐倒作業を行う者を経験者 (8 名) とした。被験者のうち, 登坂試験路で試験を行った者は 7 名 (初心者 4 名, 経験者 3 名) で, 伐倒練習機で試験を行ったものは 5 名 (経験者 5 名) であった。

3. 結果と考察

3.1 刃先角のズレ

刃先角のズレの結果を図 - 5 に示す。図 - 5 は, 12 名の被験者による把持高さ (2 種類), 傾斜 (4 種類) の 96 通りの結果で, 各条件での 3 回の繰り返し試験の平均値を用いた。刃先角が -2°未満であった割合は 11.5% (n=11), -2°以上 0°未満は 18.8% (n=18), 0°以上 2°未満は 38.5% (n=37), 2°以上は 31.3% (n=30) であった。-2°未満または 2°以上が約 4 割で, 上村 (2020) をもとに試算すると 2°のズレは 15 m 先で約 50 cm 以上のズレに相当することから, かかり木や隣接木接触等による労働災害が懸念された。被験者全体の刃先角の平均値は, $0.85 \pm 2.09^\circ$ (mean \pm SD) (最大 4.42°, 最小 -5.93°) で, 1 ~ 2°の間に最も多く分布した。経験別では, 初心者は $-0.67^\circ \pm 2.04^\circ$ であり, 経験者は $1.61 \pm 1.67^\circ$ であり, 平均値に有意差が認

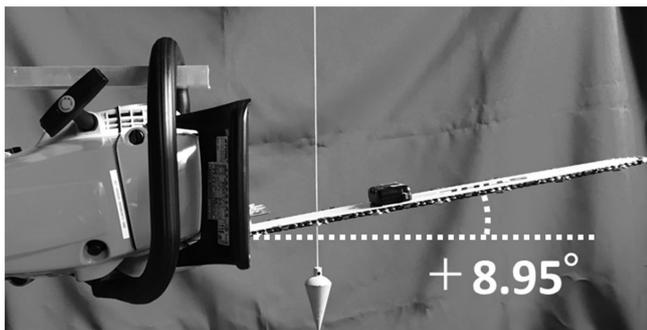


図 - 4 使用機種 (C261, STIHL 社) の刃先角

められた ($p < 0.001$, Welch's t-test)。初心者は水平に近い結果となった一方で, 経験者はばらつきが小さい結果であったが水平に把持できているわけではなかった。また, 初心者は刃先角が負の値に多く分布し, 経験者は正の値に多く分布した。今回の被験者らについては, 初心者はバーを上げるよう, 経験者はバーを下げるよう意識すれば把持精度が向上する可能性がある。

3.2 把持高さの影響

図 - 6 は経験別の把持高さとの刃先角の結果を示す。地

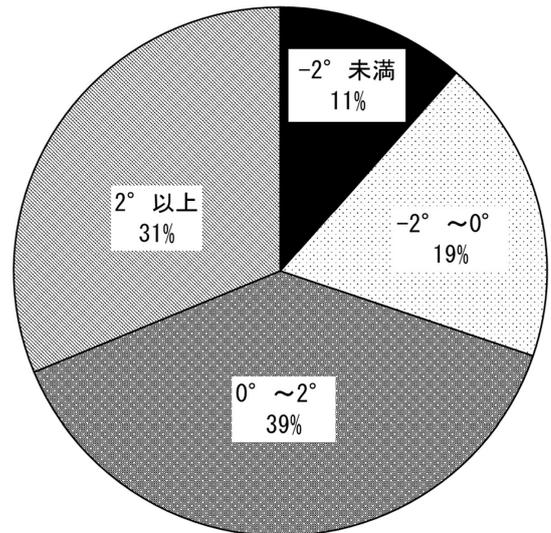


図 - 5 刃先角のズレ

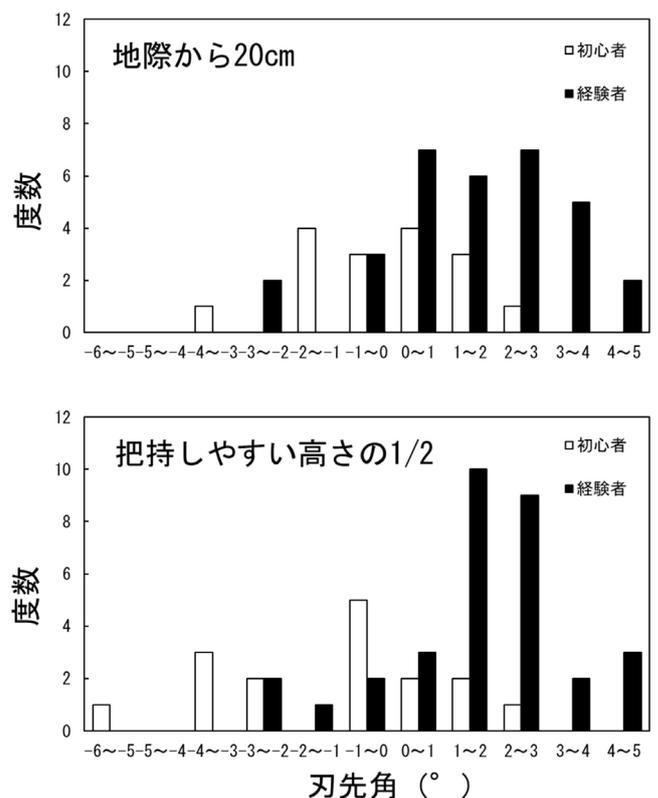


図 - 6 把持高さとの刃先角 (経験別)

際から 20 cm における刃先角の平均値は、初心者は -0.17°, 経験者は 1.60°であった。把持しやすい高さの 1/2 における刃先角の平均値は、初心者は -1.18°, 経験者は 1.62°であった。なお、把持しやすい高さの 1/2 について、今回の被験者では体格差によって 29 cm から 37 cm の範囲となった。初心者と経験者ともに、両方の把持高さ（地際から 20 cm/ 把持しやすい高さの 1/2）で平均値に有意差は認められなかった ($p > 0.05$, Welch's t-test)。把持しやすい高さの 2分の1では、経験者は1~3°に集中し、ばらつきが小さかった。

図-7は被験者ごとの3回の平均値を傾斜ごとにプロットした把持高さとの刃先角の結果を示す。把持しやすい高さの1/2では、25°の地面傾斜で刃先角のズレが大きい傾向がみられた。本試験での把持高さは、立川(1992)による作業面高の許容範囲を下回る高さで実施したため、作業負荷が大きく、水平把持の難易度が高い状態であったことが予想された。

3.3 傾斜の影響

把持高さによる違いがみられなかったため、被験者全体の結果から傾斜の影響について解析した。図-8は傾斜ごとの刃先角の結果を示す。刃先角の平均値は、0°の地面傾斜では 1.01°, 10°では 1.39°, 20°では 0.64°, 25°では 0.34°であった。両側検定（有意水準 5%）の結果、0°と 10°の地面傾斜では統計的に有意な差が認められたことから、刃先角の平均値は 0°ではないことが分かった ($p < 0.05$, 0.01, One Sample t-test)。一方、20°と 25°の地

面傾斜においては、統計的に有意な差が認められなかった ($p > 0.05$, One Sample t-test)。緩傾斜地では刃先角の平均値が有意に 0°より大きくなったことから、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。0°と 10°の地面傾斜では刃先角が 0°より有意に高かったことから、まずは平坦地での水平把持技能を向上することが必要であると考えられる。20°と 25°の地面傾斜の結果は、作業負荷が大きいかに関わらず、刃先角が 0°と有意に異なるといえなかった。各地面傾斜における刃先角の平均値に有意差は認められなかった ($p > 0.05$, Tukey 多重比較, $\alpha = 0.05$)。

図-9は各地面傾斜における作業姿勢ごとの刃先角の結果を示す。両方の作業姿勢（膝つきなし/あり）にお

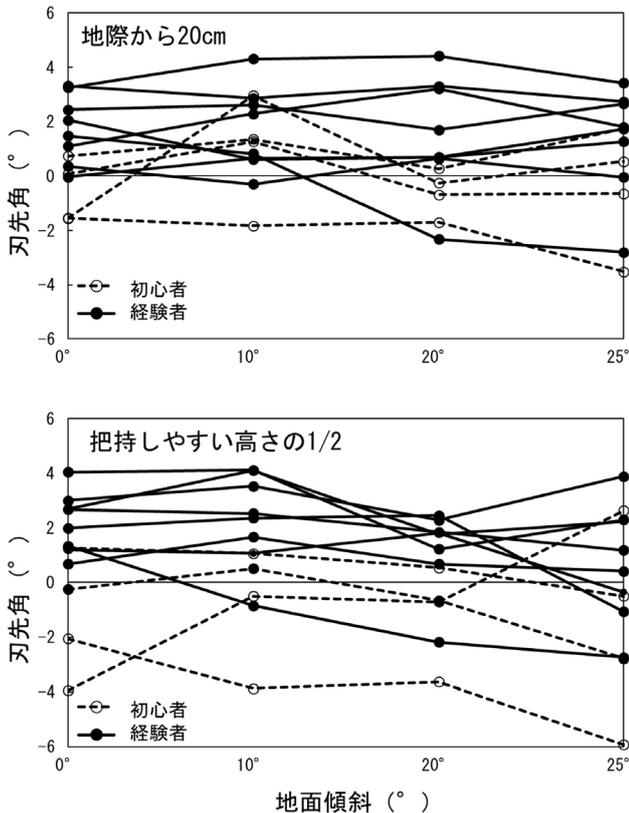


図-7 把持高さとの刃先角 (個人特性)

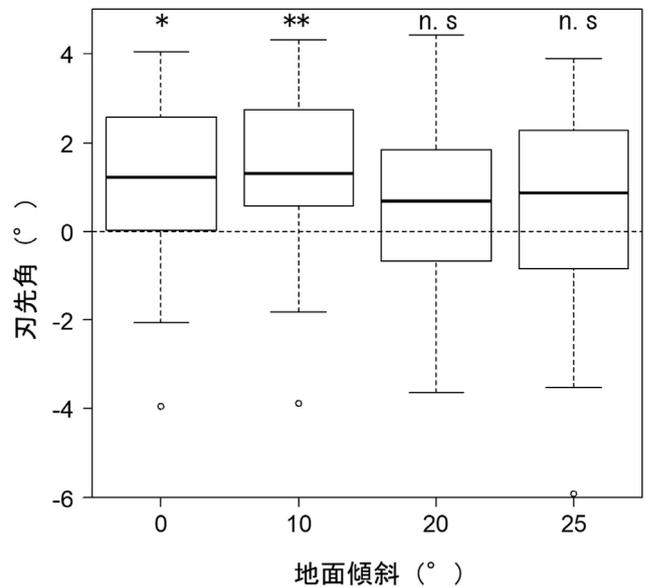


図-8 傾斜の影響

(** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, n.s. : $p > 0.05$, One Sample t-test)

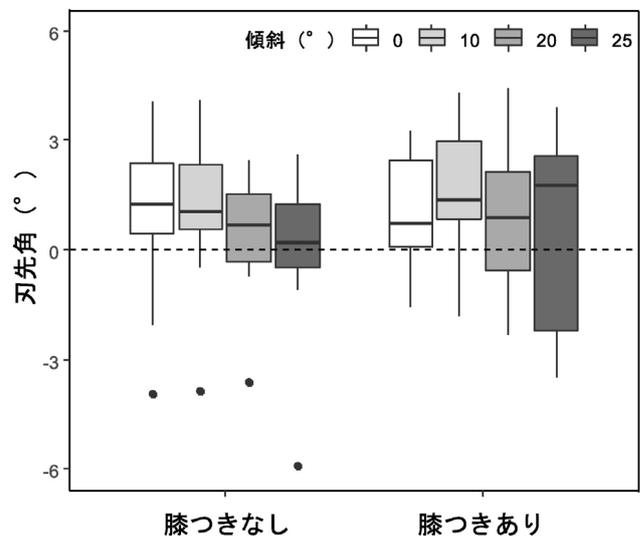


図-9 作業姿勢の影響

いて、各地面傾斜の刃先角の平均値に有意差が認められなかった ($p>0.05$, Tukey 多重比較, $\alpha =0.05$)。一方、初心者と経験者で刃先角の平均値に統計的に有意な差が認められた ($p<0.01$, 0.001 , Welch' s t-test, 図-10)。初心者の膝つきなしでは、刃先が顕著にさがる傾向があり、最大で6°程度下がる場合もあったが、膝つき姿勢では刃先角が0°に近くなった。このことから、初心者は膝つき姿勢をとることで姿勢が安定し、把持精度が向上する可能性がある。一方、経験者は作業姿勢による違いが小さかった。その理由として、左腕のチェーンソー把持の違いが考えられた。初心者は4名とも左腕が体に接触しておらず、経験者は8名中5名が腹部または脚に左腕を固定して支えていたことから、膝をつかなくても腹部や足でチェーンソーを支えることで、安定した姿勢をとることができ、把持精度を保っていた可能性がある。

図-11は各地面傾斜におけるチェーンソーのスロッ

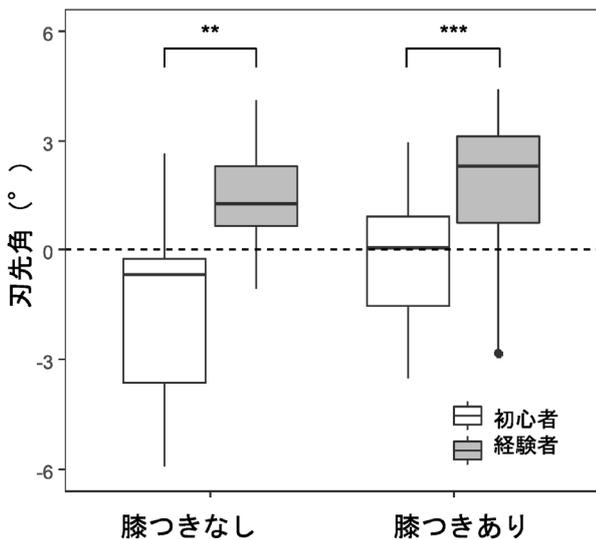


図-10 作業姿勢 (経験別)

(***: $p<0.001$, **: $p<0.01$, Welch' s t-test)

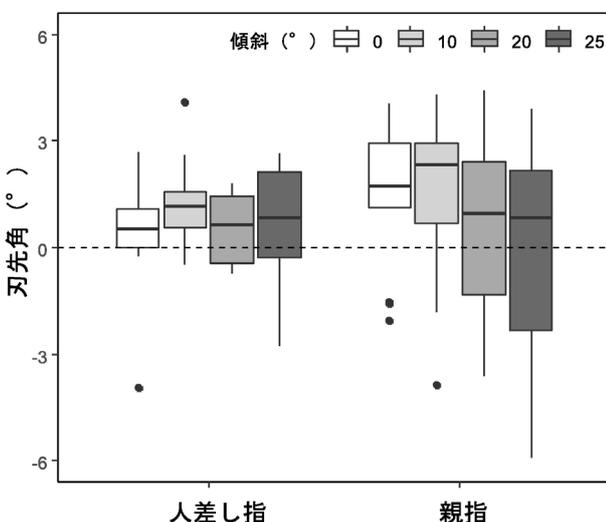


図-11 スロットル操作の指の影響

トル操作の指の影響の結果を示す。両方の指 (人差し指 / 親指) において、各地面傾斜の刃先角の平均値に有意差が認められなかった ($p>0.05$, Tukey 多重比較, $\alpha =0.05$)。スロットル操作を人差し指で行う場合、親指で把持するのに比べ手首が曲がりやすくチェーンソーのバーが下がりやすいことが予想されたが、本試験の結果では人差し指と親指で把持した場合の平均値に有意差はみられなかった ($p>0.05$, Welch' s t-test)。一方、親指では傾斜が大きくなるにしたがって刃先角の分散が大きくなり、マイナス側に顕著である傾向がみられた。

4. おわりに

本研究は、チェーンソーによる水平把持精度の現状を把握することを目的とした。その結果、水平把持に傾斜の影響は少ないことがわかった。そのため、まずは安全な平坦地で訓練を行うことで、傾斜地でも水平を維持できるようにすることが期待された。

本試験では、チェーンソーを全く使用しない初心者と、経験者でも比較的使用時間の短い者を対象として水平把持試験を行ったが、今後は被験者数を増やすことに加え、森林組合や林業事業体等の作業員を対象として熟練者の把持精度についても調査を行う必要がある。また、バランスのとりやすさや重量などチェーンソーの機種による違いや、鋸断開始後のエンジンの回転トルクによる影響についても検証する必要がある。

本研究を進めるにあたり、被験者の皆様には快く協力していただいた。また、試験の実施にあたり、林野庁森林技術総合研修所林業機械化センターの指導官の皆様には、調査の場をご提供いただいた。皆様に厚く感謝いたします。

本研究は (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト (課題番号: 2ア bPS7) 「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」の研究成果である。

引用文献

伊能健悟・仁多見俊夫 (2021) チェーンソー作業動作の測定と伐採作業動作の自動抽出方法の検討. 森林利用学会誌 **36** (1): 141 ~ 150.
 猪俣雄太・山口浩和・中田知沙 (2022) 年齢別の林業労働災害発生率の特徴. 森林利用学会誌 **37** (1): 219 ~ 224.
 Nagao M. and Yamada Y. (2019) Physical effects of hinges shape on chainsaw felling direction in Japanese Cypress. Int. J. For. Eng. **30** (3): 182-189.
 林業・木材製造業労働災害防止協会. 災害発生状況. オンライン, (<https://rinsaibou.or.jp/disaster/toukei.html>). 2022年8月2日参照.
 林野庁. 林業労働災害の現況. オンライン, (<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/anzen/iti.html>). 2022

- 年7月29日参照.
- 立川史郎 (1991) チェーンソー作業者の作業姿勢が労働負担に及ぼす影響. 日本林学会誌 **73** (3) : 219 ~ 224.
- 立川史郎 (1992) 林業労働における作業姿勢の評価に関する研究. 岩手大学農学部演習林報告 **23** : 1 ~ 65.
- Tobita K., Nitami T., and Yoshioka T. (2019) Factors associated with injuries related to chainsaw tree felling in Japan. *Int. J. For. Eng.* **30** (3) : 190-194.
- 上村巧 (2020) 伐木のメカニズム. 170pp, 全国林業改良普及協会, 東京都.