

博士論文

チェーンソーによる安全な伐木作業のための
技能習得に関する研究

飛田京子

第3章 チェーンソーによる伐木技能の教育に求められる評価項目とその方法	35
1. はじめに	… 35
2. 伐木競技会の技能評価項目とその方法	… 37
3. チェーンソーによる伐木技能に求められる知識と技能	… 43
4. チェーンソーによる伐木技能の教育に求められる評価項目とその方法	… 47
5. 実証試験	… 50
5.1 材料と方法	… 50
5.1.1 被験者と試験材料	… 50
5.1.2 調査方法	… 51
5.2 結果と考察	… 56
6. 小括	… 65
第4章 模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題の検証	66
1. はじめに	… 66
2. トレーニング資材としての模擬資材の効果と課題の検証	… 68
2.1 材料と方法	… 68
2.1.1 調査の手順	… 68
2.1.2 被験者	… 70
2.1.3 模擬資材	… 71
2.1.4 トレーニングの方法	… 72
2.1.4.1 模擬資材を使用したトレーニング	… 72
2.1.4.2 立木を使用したトレーニング	… 74
2.1.5 技能評価テスト	… 74
2.1.5.1 計測項目	… 74
2.1.5.2 計測方法	… 75
2.1.6 分析方法	… 77
2.2 結果と考察	… 77

3.	模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題の検証	… 95
3.1	材料と方法	… 95
3.1.1	調査の手順	… 95
3.1.2	被験者	… 97
3.1.3	模擬資材	… 98
3.1.4	トレーニングの方法	… 98
3.1.5	技能評価テスト	… 98
3.1.5.1	計測項目	… 98
3.1.5.2	計測方法	… 98
3.1.6	分析方法	… 98
3.2	結果と考察	… 99
4.	小括	… 114
	第5章 総括	115
	謝辞	119
	引用文献	120

第1章 序論

1. はじめに

林業は労働災害発生件数の多さから、作業の安全性の向上が求められてきた。松隈(25)は、林業の労働災害防止対策とその課題についてまとめた総説の中で、林業の労働災害防止対策に対して、「他産業は大幅に労働災害を減らす中、取り残された状況になっている」と述べている。過去に多くの労働災害が発生していた建設業や鉱業を取り上げて、昭和50年以降の死傷年千人率(休業4日以上)を見てみると、林業以外の産業は値を減らし続けているのに対して、林業は平成2年以降に値が下げ止まり、平成29年の段階では他の産業と大きな差ができてしまっている(図-1.1)。(死傷年千人率=(1年間の死傷者数/1年間の平均労働者数)×1000)

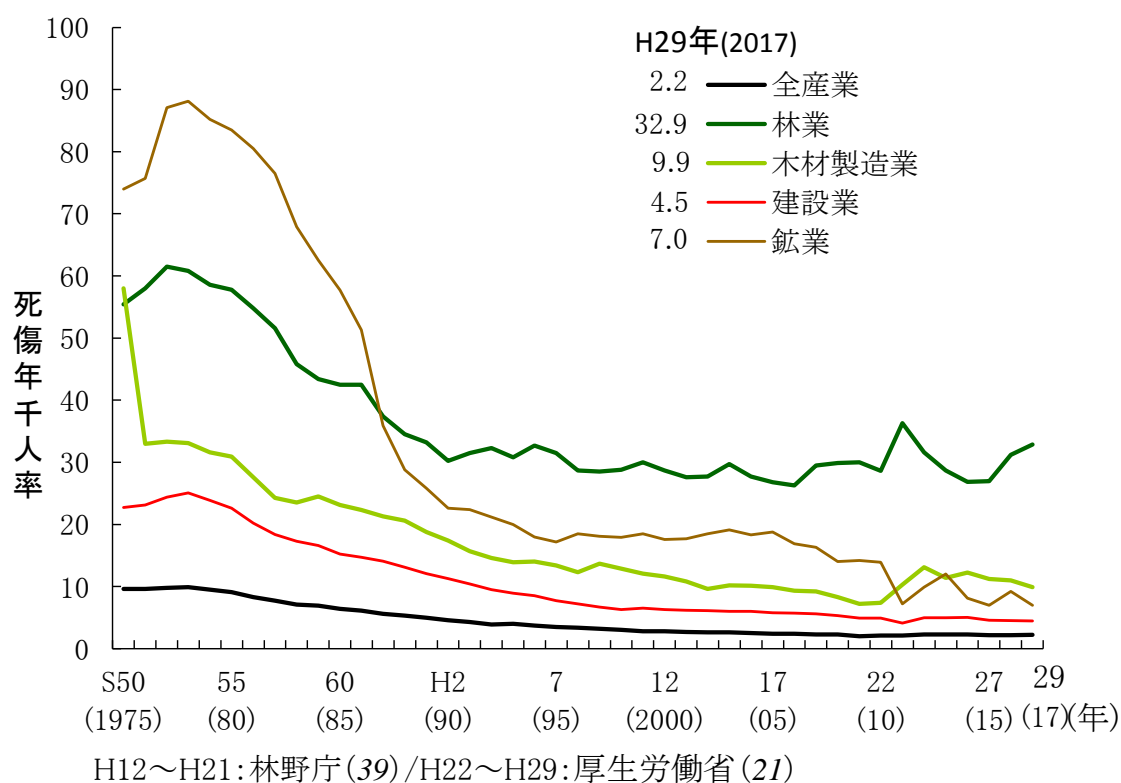
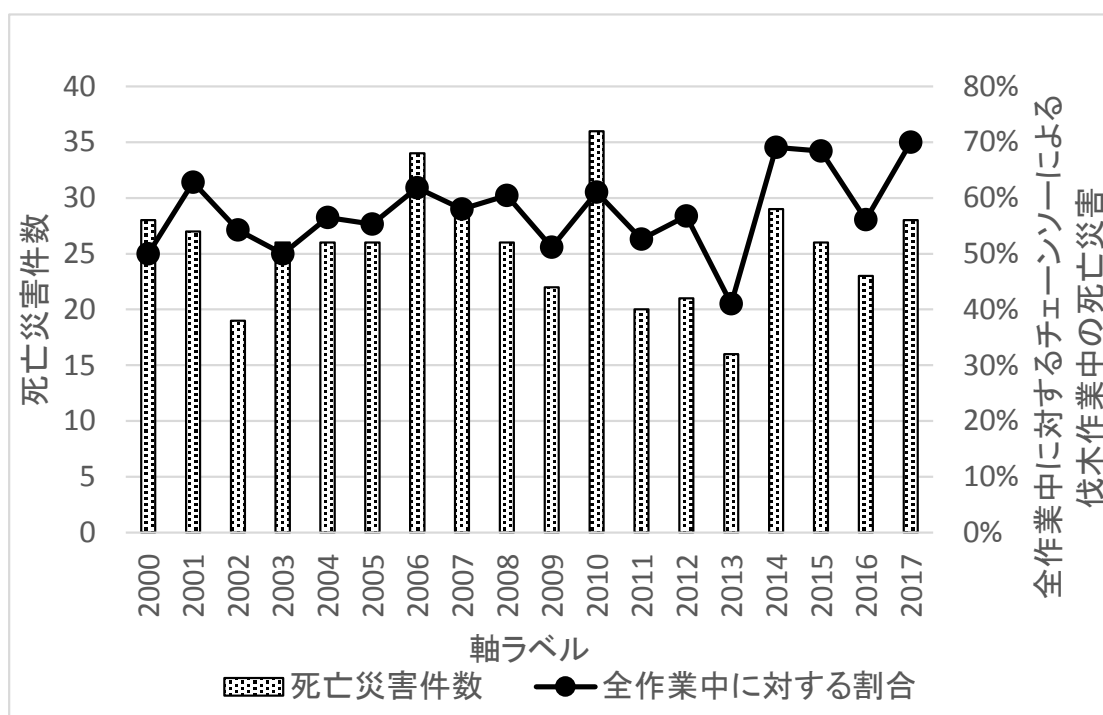


図-1.1 死傷年千人率(平成12年から平成29年)

労働安全衛生法は、「職場における労働者の安全と健康を確保」するとともに、「快適な職場環境を形成する」目的で昭和 47 年に労働基準法から分離・独立して制定された。これにより、行政指導が厳しく行われ、各産業の労働災害は減少を始める。林業に関しても、関係する条文が同法により規定されている。松隈は前出の総説の中で、作業の機械化により危険有害要因から人が分離されたことを、建設業や港湾荷役運輸業で労働災害が減少している理由として述べている。

林業の死亡災害の多くは、伐木作業中に発生していることが分かっている。造材や運材作業の機械化が進む中、伐木作業については機械化が進んでおらず、ほとんどの伐木作業はチェーンソーを使用して行われている。作業全体のうち、チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害の発生率は、平成 12 年から 29 年までの間で、最も多い年で 70%、最も少ない年でも 41%であることが分かっている（図-1.2）。



2000～2014：以下のデータを元にチェーンソーによる伐木作業中の死亡災害を抽出

林業・木材製造業労働災害防止協会（37）

2015～2017：林業・木材製造業労働災害防止協会（38）

図-1.2 チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害発生件数および全作業に対する割合

昭和 29 年の洞爺丸台風で発生した風倒木処理をきっかけに、日本でのチェーンソーの作業への本格的な導入は始まり、導入以降、求められる作業の変化や技術の進歩と共に、重さや性能が変化してきた。チェーンソーの性能が変化する中で、その規格（「チェーンソーの規格」昭和 52 年 9 月 29 日労働省告示第 85 号）や取扱い作業指針（「チェーンソーの取扱い作業指針」平成 21 年 7 月 10 日基発 0710 第 1 号）、伐木等の業務に係る特別教育（「伐木等の業務に係る特別教育」昭和 47 年 9 月 30 日労働省告示 92 号安衛特別教育規定第 10 条、第 10 条の 2）などについて、労働安全衛生法で規定がなされている。また、チェーンソーによる切削事故防止のための防護服についても、平成 20 年に林業・木材製造業労働災害防止規定で着用が努力義務とされ（「林業・木材製造業労働災害防止規定」平成 27 年 7 月 27 日厚生労働大臣認可、同 4 月 3 日適用）、平成 27 年には義務化された（「林業・木材製造業労働災害防止規定」平成 27 年 7 月 27 日厚生労働大臣認可、同 10 月 25 日適用）。また、平成 27 年に公布された厚生労働省が策定するガイドライン（「チェーンソーによる伐木作業の安全に関するガイドライン」基発 1207 第 3 号 平成 27 年 12 月 7 日）でも、防護服の着用についての記載がなされている。このようにチェーンソーに関する様々な行政指導がなされているが、現在でも伐木作業で二桁を上る死亡災害が発生しており、2008 年から 2018 年の 10 年間では 2010 年が最も多く 36 件の死亡災害が発生していることが分かってる。

このような中、チェーンソーを使用する作業を含む林業技術の研修機関が次々に開校され、平成 30 年現在で 17 校存在する。その他、平成 15 年に国の失業対策として開始された「緑の雇用担い手育成対策事業」が開始され、当該事業で行われる職場外研修も作業技能の習得の場としての役割を担っている。緑の雇用担い手育成対策事業は現在第 4 期目で、「緑の雇用」現場技能者育成推進事業と事業名を変え、国産材の安定供給のため森林整備を安全かつ効率的に行える現場技術者の確保・育成・定着を目指し、林業技能習得の場となっている。

このように、チェーンソーを使用する作業についてもその他の作業と同様に、行政指導、作業技能の両面から労働災害防止対策がなされてきた。しかし、他の機械作業と異なり、危険有害要因から人が分離されることなく作業が行われるチェーンソーによる伐木作業では、労働災害防止対策の効果が表れず、多くの災害が発生している。

2. チェーンソーによる伐木作業の労働災害防止対策に関する既往の研究

2.1 概要

本節では、チェーンソーによる伐木作業の労働災害防止対策に関する既往の研究を、労働者の安全確保に関係する労働安全、労働者の健康の確保に関係する労働衛生および労働者の技能教育に分類して概観する。これらを、当該作業以外の労働科学の分野における既往の研究およびその成果と照らし合わせ、チェーンソーによる伐木作業の労働災害を減らすために本研究が取り組むべき課題を整理する。

伐木作業に関する既往の研究では、報告により意味する事柄が同じでも、使用されている用語が異なる場合が見られる。既往の研究を概観するにあたり、以下の四つの用語を整理し統一する。

「伐木」木を伐り倒す作業全体を示す場合に用いる

「伐倒」木を伐り倒す行為および技術・技能を示す場合に用いる

「技術」対象となる作業を行う方法と手段を示す場合に用いる

「技能」対象となる技術を用いて作業を行う能力を示す場合に用いる

また、チェーンソーについては、「チェンソー」と「チェーンソー」の二種類の表記が見られた。ここでは、「チェーンソー」に統一するが、論文のタイトルや法令の名称などで「チェンソー」と書かれている場合については、原文のまま記載する。

2.2 労働安全に関する既往の研究

チェーンソー作業の労働安全に対する研究は、主として災害事例分析があり、行政機関が公表する統計データや、アンケートにより収集した災害事例を基に、それらの特徴や要因を明らかにし、労働災害防止対策の分析がなされている。

豊川（64）は林業事業体・直営事業を行っていた当時の国有林を対象にアンケートを実施し、伐木作業の災害事例を収集することで、労働災害防止対策の検討を行っている。報告の中で、伐木作業中の災害は作業開始後または休息後 2-3 時間の、疲労の蓄積する時間帯である 10-11 時と 15-16 時に多く、これらの時間帯は災害に対して要注意の時間帯であることを指摘している。また、伐倒木に起因する災害が多く、伐倒方向のズレが原因であることから、適正な受口と追口の作成技能の習得と、かかり木処理技能の向上が必要であると述べ

ている。また、伐木作業は周りの作業環境が複雑であること、高度な作業技能が作業者に要求される反面、疲れなどに起因して作業者の安全意識が低下し災害に結びつきやすいことが指摘されており、伐倒災害を防ぐためには、安全教育などを通じて伐倒技能の向上を図ること、作業環境の確認のために有効である指差呼称を実施すること、危険作業回避能力向上のためにKY活動を実施することが述べられている。

どのような形で作業者が被災するかについては、豊川ら（65）が、厚生労働省が公表する統計情報を基に災害事例を収集し分析をしている。伐木作業時の災害は、伐倒木・かかり木に起因する災害が多いことが報告されている。災害要因の推移に着目し行った災害要因分析では、正常な状態の伐倒木で発生した災害の要因として、受口切りと追口切りの技能不足の結びつきが強く、さらにこれらの技能不足が要因となって発生する不安全な処理として、伐倒方向のズレが多く発生しているとの結果が示されている。この要因間の結びつきを断ち切り、災害防止につなげるために必要な行動として「受口切り・追口切りを適正に行う」ことが述べられている。また、同報告では災害事例分析で明らかになった伐木作業を安全に行うための注意点が、現場作業でどのように処理されているか調査を実施しており、受口の深さや受口の角度、追口の高さは、良いとされている値が正しく把握されていない場合が多いことを指摘している。

今富ら（5）は、ヒューマンエラーの視点から、伐木作業での潜在的な人的危険要因を明らかにしており、災害や事故には至らなかったが、その一歩手前であったような前事故事象（ヒヤリハット、インシデント、ニアアクシデントなど）を収集・分析し、そこに潜在する危険源の解明と除去から、今後発生の可能性のある災害を防止するアプローチにより行った分析結果を報告している。ヒヤリハットは10-11時と14-15時に多く発生しており、実際の労働災害の発生時間帯と一致していること、自己の伐倒による被災のうち、伐倒方向の急変が最も多いこと、加害物としても起因物としても伐倒木が最も多いこと、伐木作業での災害は重大な災害が引き起こされる可能性が高いことが示唆されるとしている。また、災害防止のためには予定した方向に正確に伐倒する技術の確保、適切なかかり木処理などを行うことが重要と考えられ、作業者に対しては常に作業をしている周囲状況の確認をしながら適切な方法により伐木作業を実施していく指導が必要であることを述べている。

今富（6）は、林業労働者が従事する事業体での、安全活動等の実施状況や林業労働者の属性と安全意識に関する分析を通して、安全意識に影響をおよぼす要因を明らかにすることを目的とした調査を行っている。従業員数が9人以下の事業体の安全や防災に関する取

り組みの実施率が、他の規模区分の事業体に比べて低く、安全衛生管理体制の実施率は事業体規模が大きくなるにつれて高くなる傾向があり、特に9人以下の事業体の実施率が低いこと、また、年齢については若年層の方が安全意識は低く、安全管理活動の実施率が高い層は、実施率が低い層に比べて安全意識が高い結果となっていることが明らかになっている。

安全意識・行動や組織風土及びそれらが林業事業体の安全レベルにどのように影響するかについては今富(7)が、労働災害の発生が少ない事業体は、安全に対してプラスに働くものと考えられる組織風土を有している傾向があり、労働災害の発生が多い事業体と比較すると、仕事への積極性は弱い但し協調性があり、成果主義的考えは薄いという意識構造が潜在していると解釈できたと報告している。また、より安全な安全意識・行動を行っている事業体はより良い組織風土を有し、労災発生少の事業体の方が労災多の事業体に比べて安全意識・行動、組織風土ともにより良い状態であることを述べている。

鹿島ら(14)が、チェーンソーによる切削事故を防止するための防護服の使われ方と、使用方法に対する認識に対する調査を行ったところ、使用上の注意事項に対する使用者の認識は低く、洗濯はしているものの適正なタイミングでは行われていない場合が多く、ほとんどは汚れがひどくなってから行われているという結果であったことが明らかになっている。同報告では、洗濯の必要性と適切な方法での洗濯の実践、防護服の修繕、加工、防護服の更新など、使用者の防護服の適切な管理についての認識と実施率が低く、この点に課題があることがこの結果から分かったとしている。また、今後は事業体側が防護服を支給する際に取扱い上の注意事項を十分に認識しその説明を行ったうえで支給するとともに、使用者に対して取扱い説明書の熟読を指導することが望まれると述べている。

1977-1991年アメリカノースカロライナ州の林業における重大災害について分析したRodriguez-Acostaら(54)の報告で、調査期間中に起こった125件の死亡災害は全てが男性で、その60%は白人、平均年齢は43歳であり、死亡災害発生件数は2.2件/1000人・年であったことが明らかになっている。また、山岳地帯での死亡災害が最も多く全体の31.2%、死亡災害発生件数は22.7件/1000人・年であり、その中でも伐倒木による災害が最も多く半数を占めており、なかでも自己の伐倒による災害が最も多いことも報告されている。これらの分析結果から、伐木作業を安全に行うためにすべての作業者に訓練が必要であること、確立された規制を守ることで安全で健康的な作業環境の提供に対する管理責任の必要性を指摘している。さらに、当該地域の行政組織が提供しているプロの作業者向けの伐木作業に対する教育プログラムが、災害の防止にどのように影響しているかを評価する必要がある

と述べている。

Robb ら (53) は、ヨーロッパのチェーンソーを使用した作業中の死傷災害の傾向について纏め、その中で林業の機械化が進むヨーロッパ諸国でもチェーンソーを使用した作業中に労働災害が発生していることを報告している。また、チェコ共和国、ドイツ、スペイン、スロバキア、イギリスにおいて 2011 年の一年間でチェーンソーを使用した作業中に死亡災害が発生しており、最も死亡災害が多いのは伐木作業であり、そのほとんどが伐倒木やその枝に由来するものであることを報告している。また同報告の中で、チェコとスペインでは、林業が最も危険な職業であると述べられている。さらに、チェーンソーによる伐木作業については、国ごとの地形や気象条件の違いを理由に、ヨーロッパにおいても作業基準が異なっており、国際規格を定めるうえで各国特有の技術を考慮する必要があると述べている。

このような労働安全に関する研究は、これらの研究と同様に他の産業を対象にしても行われている。三浦ら (29) は、労働災害発生率と年齢との関係について厚生労働省が公表している統計データを基に分析をしており、事故の型についても起因物についても、対象ごとに傾向は異なることを報告している。さらに、三浦ら (28) は、起因物によって年齢分布が異なることが明確になり、同じ道具を使う作業でも業種によって年齢分布の違いが見られ、同じ道具に対しても、業種の特徴をとらえて安全教育の内容や対象年齢を工夫すべきであることを示唆していると述べている。

2.3 労働衛生に関する既往の研究

チェーンソーを使用する作業における代表的な健康被害として、振動障害がある。これについては、労働関連法規により様々な対策がなされてきた。振動障害等の防止に係る作業管理のあり方検討会 (56) によると、チェーンソーの使用に伴う振動障害の予防については、昭和 45 年 2 月 28 日付け基発第 134 号「チェーンソーの使用に伴う振動障害の予防について」によりチェーンソー等の使用に係る当面の対策が示された後、「チェーンソー取扱い作業指針 (昭和 50 年 10 月 20 日基発第 610 号)」が示され、これにより振動障害防止対策が講じられることとなったとしている。また、対策は作業管理やチェーンソーへ振動加速度と騒音レベルの表示の義務化、さらには振動障害予防対策の実効をあげるために、チェーンソーを用いて立木の伐木等の業務に従事する者に必要な適正な知識と技能の教育を行うため労働安全衛生規則の一部を改正する省令 (昭和 52 年労働省令第 29 号) が昭和 53 年 10 月 1 日から施行された。

伐木作業を行う作業者が使用する道具の種類とその質量については、上村ら（68）の報告により、伐木作業を行う作業者は、運搬質量を最小限にしたいと感じており、現状に満足できていないという意向が明らかになっている。さらに、林業においては生産対象の立木や丸太の質量を考えると、道具類の軽量化も容易ではなく、改善を行うとすれば、運搬方法が主となると考えられると述べられており、傾斜地において両手を空けて運搬歩行できるような工夫や、運搬形態によって道具類の形状を取り纏めしやすく見直すことが必要であることを指摘している。

チェーンソー作業者の作業負担に関しては、豊川（66）が、OWAS法による姿勢分析の結果、12%は負担効果がある作業姿勢に分類され、これらの姿勢は伐倒作業である受口切りと追口切りの作業形態に出現したことを報告している。また同報告では、心拍数による作業負担の評価も行っており、伐倒、楔打ち、傾斜地でのチェーンソー持ち歩行で心拍数が高く、心拍水準を基にした適正作業時間の検討では、厳しい作業で約50分作業・約20分休憩、一般の伐木造材作業で約100分作業・約25分休憩の目安を得たと述べている。

チェーンソーが作業者に与える生理的負担に関しては、柳沢（74）が、騒音、重量、高速回転チェーンの三つにつき、心拍数の増加数を指標にその生体に与える負担の程度を明らかにすることを試みており、騒音により心拍数が増加していること、重量の増加に比例して心拍数の増加が明確であること、ソーチェーンの装着の有無による心拍数の増加は有意な差は見られなかったことを報告している。しかし、人間を取り巻く環境因子はどれひとつとして単独に存在しえず、共に存在する他の因子の影響を受けることから、今後チェーンソーの生理的負担の要因を独立して取り上げるにあたっては、一変量解析法では限界があり各要因の作業レベルを自由に設定しにくいことから、多変量解析による方法を検討して見る必要があることを指摘している。

チェーンソーを含む可搬式機械の運搬作業が生理的負担に与える影響については、岩川（12）が、チェーンソーや刈払機における機械作業系の特色は、本来の目的作業が作業者に与える生理的負担よりも、運搬作業、特に林地搬入において非常に負担が大きくなるという点であり、この関係を作業の労働強度を示すRMR指標で比較した場合でも、同様の対応を示していることを報告している。同報告では、機械の軽量化への努力は、この問題の解決への一つの方法であると考えられるが、これだけでは持ったまま歩行するタイプの機械の基本的な問題解決とはならず、可搬式機械を基本的に考え直してみるべきことを示唆している。

インドネシアの林業労働者の労働条件と生活条件を明らかにした Gandaseca ら (3) の報告によると、インドネシアのスマトラ島、ジャワ島、カリマンタン島の林業従事者 (25 歳以下 69 人, 26-30 歳 111 人, 31-35 歳 56 人, 36 歳以上 31 人, 無回答 2 人) に腰と肩の痛みを感じたことがあるかの質問に対し 71%の作業者が腰の痛みを, 48%の作業者が肩の痛みを感じたことがあると回答している。腰の痛みに関しては, 痛みを感じたことがあると回答した作業者のうち, 85.8%がときどき感じると回答したことが明らかになっている。

チェーンソーを扱う作業については, 腰部への負担についての指摘が多くなされている。立川ら (60) は, チェーンソー保持姿勢をモデルとして, 直立姿勢, 上肢の挙上姿勢および体幹の前屈姿勢を保持した時の疲労訴え部位, 主観的疲労感度, 心拍増加率および最大筋力比について比較し, 前屈姿勢では左上肢の他に腰から下肢にかけても訴えが見られたと報告している。さらに, 立川ら (61) が腰部負担という観点から, 体幹の前屈度および上肢の挙上度が増加した時の腰部に作用するモーメントを算定し, Tiohauer の示した腰部負担度の分類基準を用いて検討した結果でも, 前屈姿勢が最も問題となることを報告している。

河原ら (15) は, チェーンソーを用いる伐倒作業姿勢の違いが腰部に与える負荷を, 体幹筋群の筋活動量に与える影響により分析し, 体幹を屈曲させると右側 LP (腰部傍脊柱起立筋群) の筋活動量は, 直立位と片膝立ち位と比較すると有意に増加するが, 左側では有意な差が認められず, LP の筋活動量は左右非対称に変化するという結果が得られたことから, 体幹前屈位での伐倒作業姿勢は, LP に過度な負担を強いる姿勢であることが示唆されたとしている。また河原ら (16) は, 傾斜角度の相違がチェーンソーの保持中の体幹筋群の筋活動量に与える影響を分析しており, 傾斜地でチェーンソーを保持すると, 山足側の ES (腰部脊柱起立筋) の筋活動量は傾斜角度の影響を受けて増加し, 谷足側の筋活動量は変化しないことが示され, 傾斜角度の増加は山足側の ES の負担を増大させる可能性があると考えられると報告している。

チェーンソーによる手腕振動刺激が立位バランス能力に与える即時的な影響を検討した大島ら (35) の報告では, 安静時とチェーンソー把持直後, 5 分後, 10 分後の静的・動的立位バランス能力 (足圧中心の単位軌跡長, 外周面積, 重心前方移動距離) を平衡機能計で測定しており, 付属品や燃料等を含む総重量 10.0 kg のエンジンを駆動した状態で把持した場合, チェーンソーの駆動により生じた手腕振動刺激で, 静的立位バランス能力への関与は小さいが, 動的立位バランス能力は低下することが示唆された。その即時的な変化は 5 分後でも生じていたと報告している。

2.4 技能教育に関する既往の研究

既存の森林・林業に関する専門教育機関の役割・位置づけに関しては、松本ら（26）が岐阜県を対象に調査を行い、調査対象とした森林組合従業員の42%が何らかの形で森林・林業の専門教育機関出身であることが明らかになっている。林短/アカデミーが高等学校卒業後の進学先としての位置付けにとどまらず、特に大学新卒者や社会人経験者にとっては、技術・技能に関する実践的教育・集中した実習による実践力の面から、就業前教育機関として重要な位置を占めているものと考えられると述べており、また、林短/アカデミーを含む公的農林大学校の教育の特徴として、①技術・技能に関する実践的教育②管理部門に関する教育③集中した実習による教育④インターンシップが基本となっているとしている。

現在技能教育の機会を提供する重要な役割を担っている「緑の雇用」は平成28年度現在事業名を“「緑の雇用」現場技能者育成推進事業”としており、施業の集約化と路網の整備、高性能林業機械を活用した効率的な作業システムにより、利用期を迎えた人工林資源を有効活用し、国産材の安定供給につなげていくためには、専門的かつ高度な知識・技術・技能等を有し、間伐等の森林整備を効率的に行える現場技能者を確保・育成することが必要であるとし、事業内容の一つに新規就業者の確保・育成・キャリアアップ対策を掲げている（43）。

興梠（20）は2016年度からの次期「緑の雇用」への提言を取り纏めるにあたり、2003年-2014年の12年間の総括として発行された著書の中で、「緑の雇用」に取り組むことで何が得られるのかなど、政策背景と実施状況について纏めている。この中で、研修生に対して行われたアンケート調査の結果が報告されており、チェーンソー作業の集合研修（職場を離れて行われる技能研修の機会）については、3から4割の研修生が、研修時間が短すぎると回答しており、チェーンソーを使用する作業、かかり木処理、間伐技術など実技系の項目への評価は高かったことが明らかになっている。これについては、新規就業者を対象とした「緑の雇用」研修参加者の属性や研修環境と研修生の研修への評価の関連を明らかにすることを目的とした、川崎（17）の報告でも同様の傾向が示されている。

「緑の雇用担い手育成対策事業」の効果については、興梠ら（19）の報告の中で、研修効率の向上と安全性の確保についての考察し、集合研修について6人の研修生につき2人の指導リーダーという事業設計では、作業時に研修生同士で固まりやすく、またリーダーの目が行き届きにくい等の理由により、研修効果が通常よりやや劣るという現場からの指摘があることや、技術集合研修（実技）については、人数が多いので順番がなかなか回ってこず、待ち時間が長い等の理由で一概に非効率とする声もあることを指摘している。

技能習得に必要な期間や訓練回数については習熟性理論による研究がある。製造業分野においては、生産計画において作業の習熟が考慮されており、具体的には生産工数の推定や商品製造における見積もりにおいて適用されている(31)。林業では、高性能林業機械の操作技能の習得について、習熟性理論を用いた研究がなされている。

プロセッサを対象とし、その使用初期における機械操作の習熟度と生産性との関係については、木幡ら(18)の報告で、機械操作の習熟化に伴って無駄な作業が少なくなり、プロセッサ本来の作業に費やす時間が増えていくことが確認された。その結果、機械操作の習熟度が進むにつれて無駄な操作が減少し、生産性が緩やかに増大していくと報告している。

タワーヤードとプロセッサの初期研修として技能習得に必要な実技時間と手法については、古川(2)が、ランニングスカイライン式タワーヤードの架設訓練は、集団受講方式で実際に伐出を行いながら6から8回の張替えを繰り返し行うことが効率的であり、プロセッサの操作訓練は、初期訓練としては実作業時間累計で2時間前後とするのが効率的であると報告している。

グラップルローダによる荷役作業を対象に、習熟モデルの適用可能性を検討した山口(71)らの研究で、観察数が習熟モデルの精度に与える影響を調べた結果、各オペレータに対して5回以上の作業の観察を行うことで平均予測誤差率10%程度の習熟モデルが得られると報告している。また、グラップルローダの操作技術における習熟は、操作への慣れ等によるごく初期の習熟や、経験日数4から5日目頃から確認された複数同時操作にみられる技術的習熟など、段階的に進むものと予想されると述べている。また、同じくグラップルローダを対象に、オペレータの習熟の程度に応じた適正な荷つかみ本数を明らかにし、初心者作業能率の向上を図ることを目的とした山口ら(72)の研究では、経験年数が高いほど作業所要時間が短くなる傾向を示し、オペレータの習熟度に応じて生産性が最大となる最適な荷つかみ本数があることを示している。

技能習得に関しては、認知科学の手法が用いられた研究もなされている。山本ら(73)は、OJTのプロセスの解明を目指しながら熟練技能を早く確実に伝承するための方策の研究で、運動や技能における熟練者の手さばきの鮮やかさや出来栄えの見事さに対するメカニズムについて認知科学の知見により分析している。その中で、技能・知識構造の深化として記憶段階と、「思い出し→体で表す」段階に区分して技能伝承方法の抽出・創出マップとして纏めている。また、市川ら(11)は個人特有の身体動作に焦点をあて、練習に伴って安定してゆく身体動作以外のノイズとされるような動作が高いパフォーマンスを達成するうえ

で重要な役割を果たしている可能性について、運動計測と言語報告から得られたデータに基づいて議論しており、個人特有の身体動作と着眼点の関係は、どちらか一方がもう一方に影響を与えるというよりも、相互作用的关系にあることを指摘している。

技能教育に関連して、伐木技術や作業に使用する道具に関する研究もなされている。海外および日本の伐木技術を整理し安全な伐木作業方法の基礎資料を提示した上村 (69) の報告では、伐木方法の変遷は道具の変化によるところが大きいとしており、受口は伐倒方向を決めると同時に、伐倒木の跳ね上がりや材の裂け・引き抜けを防ぐものとして重要視されたと述べている。また、日本の標準的な伐木方法について、受口を斧で切る場合、受口の角度は作業姿勢や木の繊維を効率的に切断するのに適した刃物の進入角度が自ずと決まるため、特に基準はなかったとされている。チェーンソーが使用される年代以降に発行された書籍によると、受口の深さは直径の $1/3$ から $1/10$ 、受口角度は 30 度から 45 度の間で記されており、海外の文献および指導書によると、受口の深さは直径の $1/3$ から $1/4$ またはツルの長さを胸高直径の 80% となるように設けることが記載され、受口角度については 45 度が一般的で、オープンフェースカットでは 70 度から 90 度の間で設けるのが良いとされていると報告している。さらに同報告では、今後必要とされる伐木技術の解明と整理がなされており、受口角度は大きい方が望ましいこと、北欧式伐木法のように追口高さが低いと裂け上がりの可能性が高まること、北欧式伐木法は標準伐木法より正確なチェーンソー鋸断技能を要することが明らかとなったとしている。また、大径木は伐倒方向がより制限される他、枝張りや根元の形状と年輪が複雑になるなど、小径木の伐倒に比べ高度な技能を要し、大径木の伐倒技術については、まず経験則や事例の収集が急務であると指摘している。

Lindroos ら (24) は、チェーンソーによる伐木作業では、望ましい方向に木を倒すために、フェリングレバーやクサビなどの道具が使われているが、それらの道具の適切な評価方法がないためにその能力が不確実であることを指摘している。意図しない方向に木が倒れることで起こる災害や、かかり木処理などの手間を減らすために、トルクの観点から、伐木に使用する道具の性能を研究するための簡便な方法を提供し評価することを目的とした研究を行っており、フェリングレバーとクサビに関して十分に評価し改善する必要があると述べている。また、脆い金属クサビを使用することの危険性については、ヨーロッパのチェーンソーを使用した作業中の死傷災害の傾向について纏めた Robb ら (53) の報告の中でも指摘されている。

受口の不均一やツル幅の不均一が伐倒方向と作業の安全性に及ぼす影響に関する上村ら

(70) の報告では、受口切りの不一致があると、切り過ぎた部分がふさがったときに、ツルに大きな引張応力が作用し、その結果ツルが倒伏初期に切れてしまうため、伐倒方向の制御ができなくなる原因となるため、ツルの保全目的で低い追口を切る場合には、受口切りの不一致は決して起こしてはならないと述べている。また、ツル幅の不均一については、伐倒方向を変える目的でツルの厚みを変えるのは、不確実で効果が少ない手法と言え適切な方法とは言い難く、倒伏中にツルの片側が切れてしまうと予期せぬ挙動を示すため、片側が薄過ぎてはならないと指摘している。

2.5 考察

林業の中でも素材生産作業は機械化が進み、高性能林業機械の保有台数は平成以降年々伸びており、平成 28 年度時点で 8 千台を超えている (42)。伐木作業で使用する高性能林業機械であるフェラーバンチャやハーベスタの保有台数もその他機械と同様に増えており、平成 28 年度時点で 1728 台 (フェラーバンチャ 156 台、ハーベスタ 1572 台) となっている。また、これらの機械の稼働状況は平成 28 年度でフェラーバンチャが 35%、ハーベスタが 56% であることが報告されている (41)。一方、伐木作業中に発生した死亡災害のほとんどはチェーンソーを使用した作業であり、前節で述べたように最も多い年では死亡災害全体のうち 70% を占めている。また、林業の機械化が進むヨーロッパ諸国でもチェーンソーを使用した作業中に労働災害が発生していることは、チェコ共和国、ドイツ、スロバキア、スペイン、イギリスを中心としたヨーロッパ 19 か国を対象に行われた Robb ら (53) の調査で分かっている。このように作業の機械化が進む国々でもチェーンソーを使用する作業は行われており、その安全対策が求められている。

松隈 (25) は、作業の機械化により、危険有害要因から人が分離されたことを、建設業や港湾荷役運輸業で労働災害が減少している理由として述べているが、林業の労働災害防止対策を考えるうえでも、伐木作業の機械化は不可欠であると考え。しかし、伐木作業の機械化の実態は把握されておらず、今後伐木作業の機械化を進めるための基礎調査として、現在保有されている機械がどのような状況で使用されているかも含めた実態調査が必要であると考え。

また、既往の研究で伐木作業中に発生した事故の型や、事故の起因物、事故に繋がる技術的要因、技能向上が求められる要素作業、さらに災害の発生に注意が必要な時間帯の整理はなされている。作業員および組織の作業安全に関する活動の調査も行われており、その実

態が報告されている。Rodriguez-Acosta ら (54) は、伐木作業に対する教育プログラムが、災害の防止にどのように影響しているかを評価する必要があると述べているが、日本でも同様の研究はなされていない。林業大学校など新規就業者向けの技能訓練の場が年々増加する中、この点について整理することが必要であると考ええる。

チェーンソーは可搬式機械であるため、作業中だけでなく移動中もそれを使用する作業者の身体に負荷がかかってしまう。そのため、上村ら (68) の報告にあるように、チェーンソーを含む道具の運搬方法の改善が求められる。特に、人工林の大径木化が進む中、伐木作業に使用されるチェーンソーもより排気量が大きなものが必要となり、使用する道具の耐久性も求められるようになってきている。道具自体の質量の軽減も必要であるが、林業の中で最も死亡災害が多い伐木作業を安全に行うためには、Robb ら (53) や Lindroos ら (24) の報告で取り上げられている通り、作業に使用する道具の性能も重要であり、質量の軽減に伴う耐久性の低下があってはならない。現在ある道具の能力の適切な評価を行うと共に、軽量で十分な耐久性をもつ道具の開発が求められるであろう。

既往の研究により、チェーンソーを使用する作業では、作業中の各姿勢で腰部への負担があること、チェーンソーの駆動により生じた手腕振動刺激で動的立位バランス能力は低下する傾向があることが明らかになっている。作業を行うことで発生する疲労や、腰痛、立位バランス能力の低下は災害の遠因となる。しかし、これらの問題はチェーンソーを使用する作業を行う以上避けられないことであり、伐木作業の教育を行う際に、身体に負担のかからない姿勢での作業を身につけることや、適切な休息時間を設けるなどの指導が必要である。

チェーンソー作業の技能教育については、「緑の雇用」制度の集合研修における研修生の評価について整理されている。その内容については、興梠 (20) や川崎 (17) などの、どの報告でも同様の傾向を示しており、チェーンソー作業について、内容については満足しているが、講習時間については短すぎるという結果となっている。また、実技については、指導者1人あたりの研修生の数が多く、手持ち時間が長いことへの指摘がある。「緑の雇用」制度の他に技能教育の機会は林業大学校や農林高校などがあるが、こちらの教育内容についての評価はなされていない。各校のカリキュラムや指導方法の整理、生徒たちや卒業の就業先への追跡調査などを含む、教育の効果に関する調査を行い、効果と課題について評価をする必要があると考える。

チェーンソーの伐木作業を安全に行うためには受口切りと追口切りの技能習得が重要で

あることは、既往の研究により述べられており、これらの作成手順や作成における注意点は伐木技術を紹介するテキストに紹介されている(36)。しかし、これらの技能を習得するためのトレーニング方法や適切なトレーニング時間についての研究はなされていない。人工林の大径木化が進む中、作業に必要な道具だけでなく、作業技術も対象となる木の径に合わせたものを取り入れていかなければならない。そのためトレーニング方法の開発と評価や、高性能林業機械を対象に行われた既往の研究を参考に、習熟性理論を用いた適切なトレーニング時間についての研究が求められる。

3. 本研究の対象

チェーンソーによる伐木作業の労働災害防止対策に関する既往の研究を纏めると、災害の分析は十分になされ、発生の傾向とそれを防止するために求められる対策については明らかになっている。しかし、教育が労働災害防止対策においてどのような位置づけであるか、またどのような影響を及ぼしているのかが明らかになっておらず、教育を行った場合の効果と課題の内容についての情報が不十分である。特に、林業大学校の開校が相次ぐ中、林業の労働災害防止対策において最も重視すべき作業であるチェーンソーによる伐木作業を安全に行うために必要な受口と追口切りの効果的な技能教育については、技能の習得状況の評価およびトレーニング方法の検討と評価が急務であると考ええる。

一方、チェーンソーの操作技能を競う機会として伐木競技会があり、ヨーロッパでは世界伐木チャンピオンシップ(以下、WLC)が開催されている。WLCはヨーロッパを中心とした30ヶ国が参加し、隔年開催で32回の開催実績があり、チェーンソーを使用した伐木造材作業を模した種目で構成されている。ヨーロッパ諸国に設けられている森林・林業の専門教育機関の学生が参加する学生伐木競技会(フォレストリースキルズ、森林オリンピック)では、WLCのルールが取り入れられていることが分かっている(75)。このように、伐木競技会は習得した技能を競う機会として広く取り入れられており、チェーンソーを使用した作業の効率性や安全性の向上に良い影響を与えている。

近年日本でもチェーンソーの操作技能を競う伐木競技会が盛んに行われており、中でも日本伐木チャンピオンシップ(以下、JLC)は日本で初めての全国大会として多くの作業者が高い技能を競っている。この大会は、ヨーロッパで行われる世界伐木チャンピオンシップ(以下、WLC)の日本代表選手の選考会も兼ねているため、そのルールや技能の評価方法は世界伐木チャンピオンシップのものが使用されている。2018年に第3回大会を終え競技人

口は年々広がっている。

この WLC の技能評価基準を活用した具体的なトレーニング方法として用いられてきた模擬資材を使用したトレーニングがある。模擬資材とは、1m程度に短く切った丸太を立木に見立て立てた状態で固定したものである。立木をトレーニングに使用する場合、実際の作業環境に近い状況でトレーニングが行えるという利点がある。しかし、枝の落下などを含む立木に由来する災害が発生する可能性があり、トレーニング中の安全確保に課題がある。また、1本の立木で1回しか受口切りと追口切りのトレーニングができず、トレーニング回数の確保が困難である。一方、模擬資材をトレーニングに使用した場合、研修所などの平地で行うことが可能で、立木に由来する危険のない安全な環境でトレーニングが行えるという利点がある。また、丸太を使用するためトレーニング回数の確保が容易である。模擬資材を使用したトレーニングは、JLC の競技人口の広がりと共に技能教育に活用される事例が増えているが、受口と追口の作成技能向上にどのような効果や課題があるかは明らかにされていない。

以上を踏まえ、前項で考察したものうち特に、チェーンソーによる伐木作業を安全に行うために重要であることが述べられている受口と追口の作成技能に着目し研究を行う。受口と追口の作成技能の評価方法については、WLC の技能評価基準に注目し、教育への適用可能性について分析する。また、トレーニング方法については、WLC の出場選手や林業研修所などでの実施実績がある、模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題を分析する。

研究を行うにあたり、自動車の運転における三要素 (10) を基に、チェーンソーによる伐木作業を分類する。この三要素とは「認知」「判断」「操作」であり、自動車の運転においては次のように定義されている。

「認知」周囲の交通状況における異常や危険を見つけ認知すること

「判断」認知した結果に対してどのような行動をとればよいのか決定すること

「操作」判断に従って運転操作を実行すること

これらの要素は「認知」→「判断」→「操作」の順に実行される。

これをチェーンソーによる伐木作業にあてはめ、次のように定義する。

「認知」伐倒対象木および伐倒方向の周囲の異常や危険を見つけ認知すること

「判断」認知した結果に対してどのような行動をとればよいのか決定すること

「操作」判断に従ってチェーンソーを操作し、伐木作業を実行すること

三要素のうち「操作」のみ身体動作を伴うが、この「操作」の技能を十分に保持するこ

とで初めて「認知」し「判断」したことを適切に実行することが可能となる。受口と追口切りについても、就業前もしくは就業初期に身に着けることで、その後のトレーニングや就業などの経験から得られる認知や判断する力がスムーズに操作に結びつき作業に反映されると考える。そのため本研究では、これらの要素のうち「操作」に該当する技能を対象とする。

4. 本研究の目的

本研究では、チェーンソーによる伐木作業を安全に行うために重要な受口と追口の作成技能の習得に係る評価およびトレーニング方法について検討し、伐木作業の安全性向上に繋がる知見を得ることで、林業の労働災害防止に資することを目的とする。

5. 本研究の構成

2章では、教育プログラムが事故防止にどの程度影響を及ぼすかを評価するための基礎的研究として、チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害を対象に、発生傾向を確認するとともに発生要因を抽出し、受口と追口の作成技能に関する要因が災害にどのように関わるかを明らかにすることを目的に災害事例分析を行う。

3章では、受口と追口の作成技能を習得するにあたり、習得状況の適切な評価が必要であると考え、「評価項目の設定」と「評価の客観化」の二つの課題に着目し、チェーンソーによる伐木作業の教育に求められる評価項目とその方法について提案する。また、第2章で死亡災害の防止と深く関係していることが示唆される結果が得られた受口と追口の作成技能を対象に、提案した方法で技能の評価を行った場合にどのような影響が表れるかを確認し、教育へ適用した場合の効果と課題について確認する。

4章では、模擬資材を使用したトレーニングを対象として、第3章での提案を基にしたチェーンソーの操作技能の習得を目的としたトレーニングの効果と課題の検証を行う。

最後に5章では、本研究で得られた受口と追口の作成技能に関する要因が災害にどのように関わるかについて、また、受口と追口の作成技能の習得状況の評価およびトレーニング方法に関する知見について明らかにすることにより、本研究を総括する。

第2章 伐木技能の習得がチェーンソーによる伐木作業中の死亡災害防止に 与える影響

1. はじめに

現在、チェーンソーによる伐木作業の労働災害防止対策に関しては、伐木作業中に発生した事故の型や、事故の起因物、事故に繋がる技術的要因、技能向上が求められる要素作業の整理はなされている(64)(65)。労働災害防止対策としては、労働安全衛生関係法令で次の措置が義務付けられている。

1. 危険防止の措置
2. 健康管理の措置
3. 安全衛生管理体制の整備
4. 安全衛生教育の実施

これらは1~3の安全管理に関する項目と、4の教育に関する項目に分類できる(22)。これまで行われてきたチェーンソーによる伐木作業の労働災害防止対策に関する研究は、安全管理に該当する内容であり、伐木作業に対する教育プログラムが、災害の防止にどのように影響しているかなどの教育と労働災害との関係を明らかにする研究はなされていない。序章でも述べたが、Rodriguez-Acostaら(54)は、林業における重大災害について分析した報告の中で、行政組織が提供しているプロの作業員向けの伐木作業に対する教育プログラムが、災害の防止にどのように影響しているかを評価する必要があると述べている。林業大学校など新規就業者向けの技能訓練の場が年々増加する中、日本でも同様にこの点について整理することが必要であると考えられる。豊川(64)や豊川ら(65)の報告では、チェーンソーによる伐木作業を安全に行うためには、受口切りと追口切りを適切に行うことが重要であることが述べられている。また、上村(69)の報告では、伐木技術について書かれた文献によると、受口切りと追口切りの技術は伐倒方向を制御する手段として考案され、特に受口は伐倒方向を決めると同時に、伐倒木の跳ね上がりや材の裂け・引き抜けを防ぐものとして重視されていることが述べられている。

そこで本章では、教育プログラムが事故防止にどの程度影響を及ぼすかを評価するため

の基礎的研究として、チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害を対象に、都道府県ごとの素材生産量と死亡災害発生件数の関係、曜日および時間ごとの死亡災害発生傾向を確認するとともに死亡災害の発生要因を抽出し、受口と追口の作成技能に関する要因が死亡災害の防止にどのように関わるかを明らかにすることを目的とする。

2. 材料と方法

2.1 データ

分析には、林業・木材製造業労働災害防止協会（林災防）、厚生労働省（厚労省）および農林水産省（農水省）が公表する、2000年から2014年までの15年間のデータを使用した。チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害については、林業の労働災害防止活動を行う林災防が公表するデータを使用した。ただし、このデータには時間帯に関する情報が含まれないため、時間帯ごとの死亡災害の発生傾向についてのみ厚労省が公表するデータを使用した。

林災防：林業労働災害（死亡災害）速報一覧（37）

厚労省：死亡災害データベース（23）

農水省：統計情報（林業）素材生産量（32）

2.2 分析対象データの選別

林災防と厚労省が公表するデータは林業の全ての作業を対象としており、チェーンソーによる伐木作業中の災害であるかの明確な区分はなされていない。そのため、それぞれ以下の手順で選別を行った。

2.2.1 林業・木材製造業労働災害防止協会

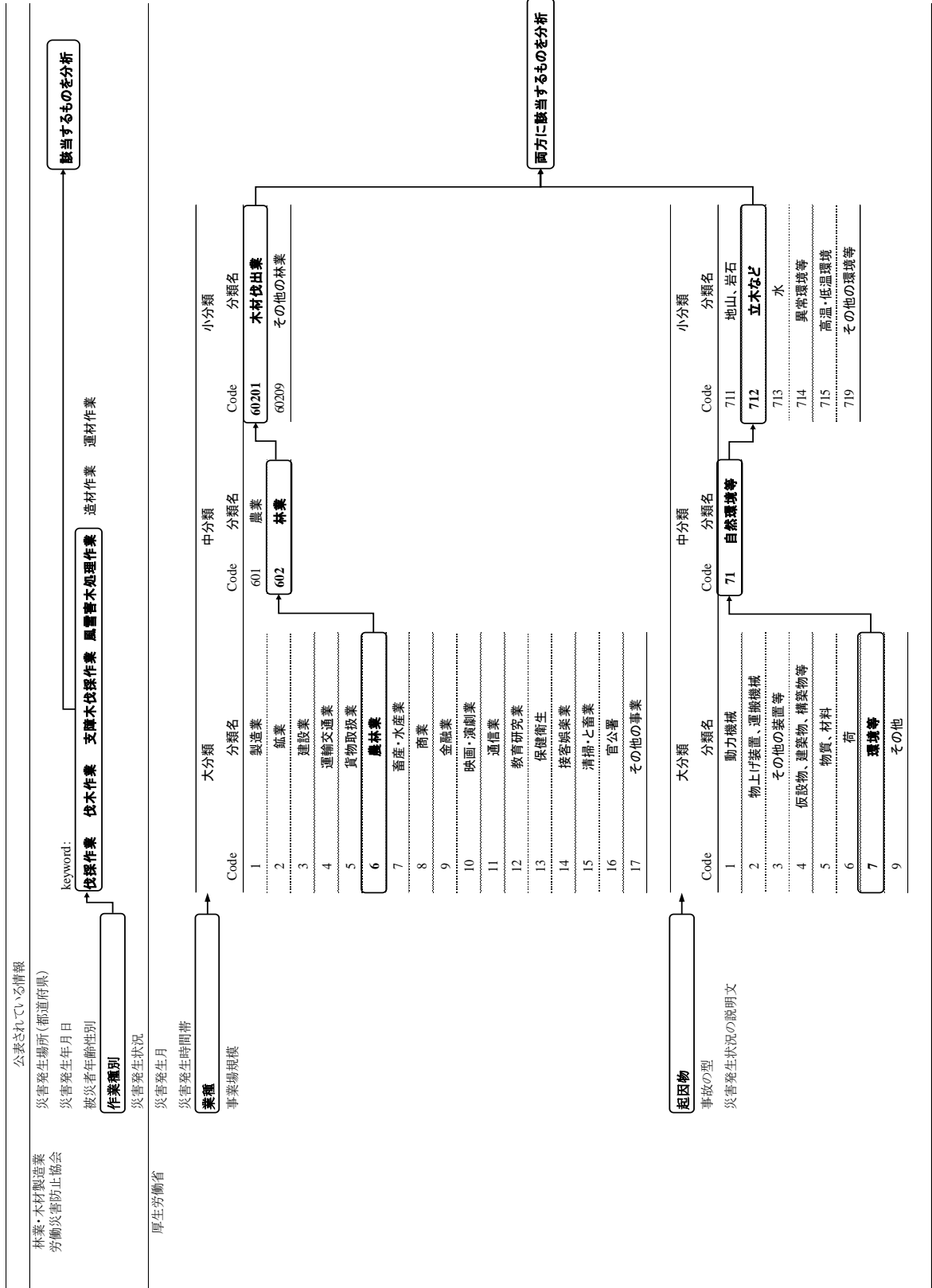
林業労働災害（死亡災害）速報で分析対象期間に共通して提供されている情報は ①災害発生場所（都道府県） ②災害発生日月日 ③被災者年齢性別 ④作業種別 ⑤災害発生状況の説明文 の5項目である。これらの項目のうち④作業種別で「伐採作業、伐木作業、支障木伐採作業、風雪害木処理作業」に該当する災害を分析の対象とした。

2.2.2 厚生労働省

死亡災害データで分析対象期間に共通して提供されている情報は ①災害発生月 ②災害発生時間帯 ③業種 ④事業場規模 ⑤起因物 ⑥事故の型 ⑦災害発生状況の説明文の7項目である。これらの項目のうち④業種を“大分類：農林業(コード 6)”“中分類：林業(コード 602)”“小分類：木材伐出業 (コード 60201)”で分類した災害のうち、⑤起因物を“大分類：環境等(コード 7)”“中分類：自然環境等(コード 71)”“小分類：立木等 (コード 712)”で分類した災害を分析の対象とした (表-2.1)。

表-2.1 チェーンソーによる伐木作業の選別手順

(厚労省：死亡災害データベース)



2.3 分析方法

2.3.1 都道府県ごとの素材生産量と死亡災害発生件数の関係

都道府県を単位に素材生産量と死亡災害発生件数の関係を、両者の相関関係の確認と素材生産量に対する死亡災害発生件数の回帰分析により確認する。回帰分析では説明変数を素材生産量、目的変数をチェーンソーによる伐木作業中の死亡災害発生件数とした。

2.3.2 死亡災害の発生傾向（曜日・時間帯）

チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害を、発生した曜日および時間帯ごとに分類する。

2.3.3 死亡災害の発生要因

林災防が公表する「林業労働災害（死亡災害）速報」で報告された災害発生状況の説明文から、死亡災害の発生要因を抽出し分類をした。既往の研究で行われた災害事例分析では、激突され、はさまれ、切れ・こすれなどの“事故の型”や、被災木の状態などで分類されている。これらの情報からは、受口と追口の作成技能と災害の関係を分析することが困難なため、新たに事故に係る要因の抽出を行った。抽出作業では事前に区分の作成はせず、災害発生状況の説明文に記載されているキーワードを基に事故の要因を抽出し、その後分類作業を行った。次の例のように、一つの事故に対して複数の要因が関係していると判断できる場合は、確認できた要因全てをカウントしている。

例

伐倒した木にツルが絡んでおり、伐倒方向が変化したため、近くで作業をしていた同僚が伐倒木の下敷きになった。

災害に係る要因

伐倒方向の変化 / ツルがらみ / 危険エリア内作業

3. 結果と考察

分析対象となるチェーンソーによる伐木作業中の死亡災害の選別を行った結果、林災防が公表するデータでは 385 件であり、同期間に公表されているデータの 56%を占めている。本研究で行った選別方法では、林災防と厚労省のデータ数は一致しなかった。厚労省が公表するデータでは 337 件であり、同期間に公表されているデータの 47%を占めている。

3.1 都道府県ごとの素材生産量と死亡災害発生件数の関係

都道府県ごとの素材生産量と、チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害には正の相関がみられ、回帰分析でも有意な差があり、素材生産量の多い都道府県ほど死亡災害が多いことが示された ($\rho = 0.766$, $p < 0.001$. 図-2.1)。日本の素材生産量は平成 14 年以降増加傾向にある (40)。死亡災害を引き起こす要因として、地形傾斜やそれによる集材方法の違いなども考えられるが、素材生産量とチェーンソーによる死亡災害に強い結びつきを確認することができた。

本研究では、死亡災害の発生要因の分析期間を対象とし、当該期間の傾向の確認を行った。今後、分析の対象期間を広げ隔年ごとの値の変化の確認を行いたい。

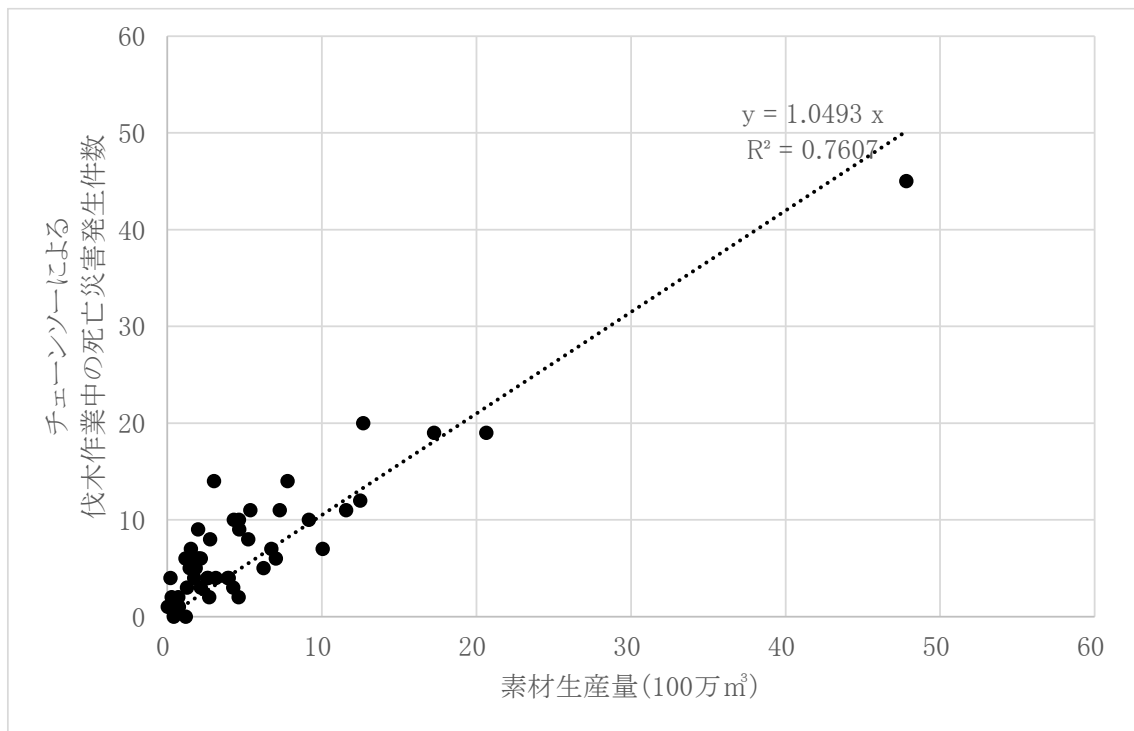


図-2.1 各都道府県における素材生産量と
チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害件数

3.2 死亡災害の発生傾向（曜日・時間帯）

チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害の傾向を曜日別に見ると、金曜日に最も多く発生していることが分かる（図-2.2）。沼田（34）は林業の全ての作業を対象に労働者の年齢に着目して労働災害の発生傾向を分析した結果、4年以下の経験を有する労働者が、週の後半（木曜日から土曜日）に多く被災していると報告している。本研究で分析対象としたデータは、金曜日のみ他の曜日と比べて多く災害が発生しているものの、木曜日と土曜日に関しては週の前半（月曜日から水曜日）よりも少ないという結果であった。沼田の報告は、1989年から1992年に京都府で発生した死傷災害を分析の対象としている。同報告と異なる傾向が示された要因として、対象期間や範囲が異なることや、死亡災害のみを分析の対象としたことが考えられる。沼田は同報告の中で、週の後半に被災した原因として、月曜日からの連続して行った作業による疲労の蓄積との関係を示唆している。疲労の蓄積のみが関係している場合、週の後半になるに従い災害の発生件数は多くなると考えられるが、そのような傾向は見られない。このことから、週末を目前に控えた気の緩みによる集中力の低下など、疲労の蓄積以外の要因が関係していると推察される。

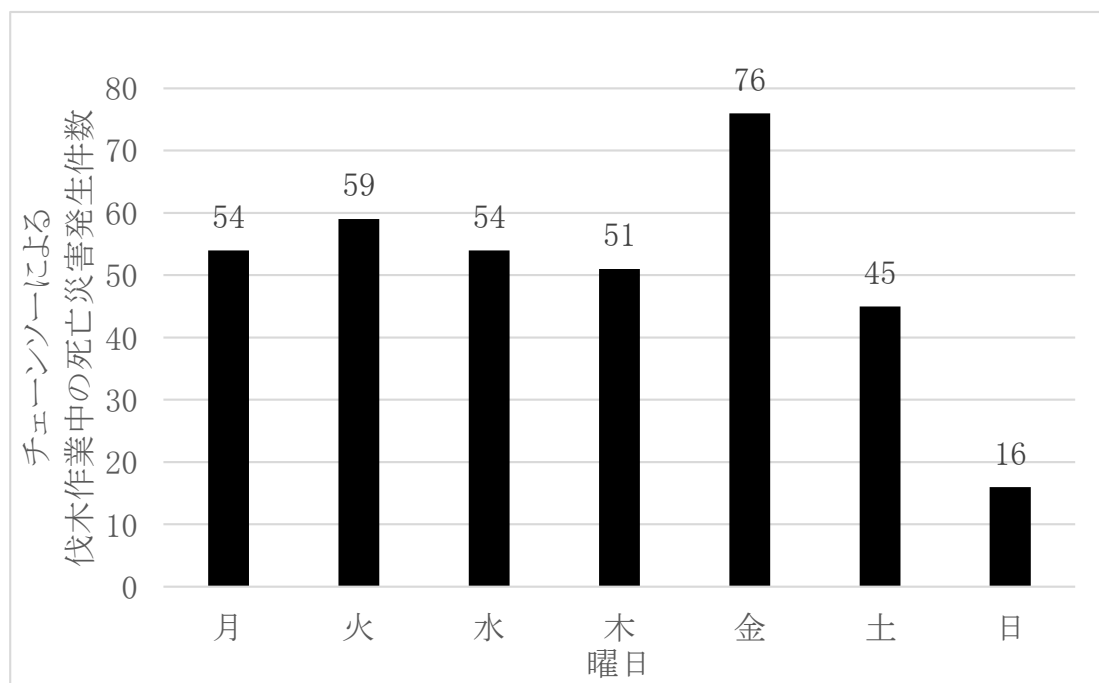


図-2.2 チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害の発生傾向（曜日）（n=385）

さらに、同災害の発生傾向を時間帯別に見ると、一般的に作業が行われている時間帯と考えられる7時から17時の間では、午前中は9時台、午後は15時台に多く発生していることが分かる(図-2.3)。林業の全ての作業を対象にした、これまでの労働災害分析では、午前中は10時台から11時台、午後は14時台から15時台に多く災害が発生していることが分かっている(沼田(33)(34)、今富ら(5)、岩川ら(13))。本研究で分析対象としたデータは、午後は既往の報告と同じ時間帯であるが、午前は1時間早い時間帯を示している。岩川ら(13)は、労働災害分析で脳の活動レベルと災害の関係に着目しており、午前中大脳の活動レベルは次第に上昇し午後は15時頃に活動レベルが最も低下することから、11時頃の災害のピークとの関係は、脳の活動レベルが上昇していく過程にあるが、その生体リズムに対して、作業の持続による疲れが生じて来る時間の範囲に原因が求められるとしている。また、15時頃の災害のピークは、人間側の生体リズムの低下と重なる部分であり、人間を中心とした生体リズムの捉え方が、災害を減らすことに重要な意味を持っていることを示しているとしている。本研究で分析の対象としたデータでも、岩川らの報告と同様の傾向が示されたことから、人間を中心とした生体リズムの捉え方がチェーンソーによる伐木作業における死亡災害を減らすことに重要な意味を持つことが考えられる。

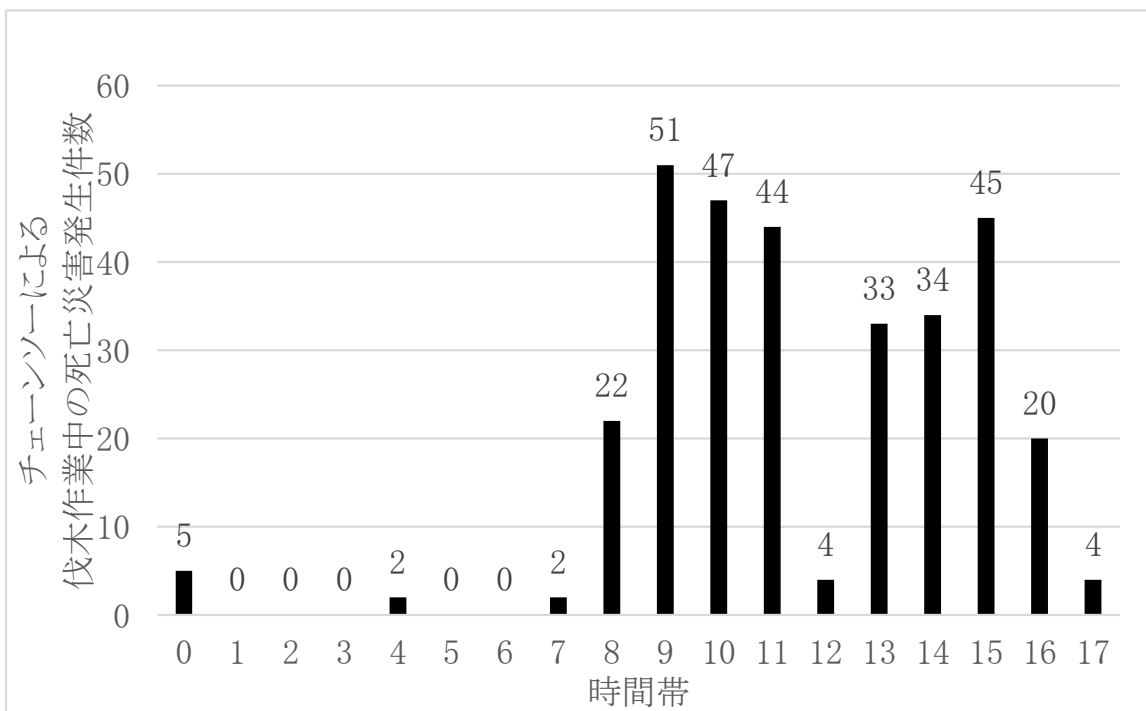


図-2.3 チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害の発生傾向(時間帯)(n=337)

3.3 死亡災害の発生要因

分析対象となるデータから 15 種類の死亡災害の発生要因が抽出された。⑤作業種別で分析対象となるデータであることが確認されたものの、④災害発生状況の説明文に死亡災害の発生要因の記載がなされていないものは“不明”とした（表-2.2）。全て要因を合計すると 830 個であった。

“退避”に関する要因が最も多く 184 個であった。二番目が“危険エリア内作業”140 個、三番目が“かかり木”126 個である。Robb ら (53) は、リスクの評価が低く退避経路の確保が不十分であることが、伐木作業における死亡災害の最大の原因であり、全体の 50%以上を占めることを報告している。これらのことから、正しい退避場所と十分な退避時間を確保したうえで作業を行うことが重要であることが推察される。危険エリア内作業は、作業を行う前に、周囲の安全確認を十分に行っていないことが考えられる。危険エリア内に他の作業者がいないか、また、自分が他の作業の危険エリアに侵入していないかの確認が求められる。かかり木については、Robb ら (53) の調査においても、チェーンソーを使用した作業中に発生する災害要因であることが分かっている。伐倒方向を定める技能の精度向上など、かかり木処理に関する更なる安全対策が求められると考える。

本研究で抽出された要因のうち、受口切りと追口の作成技能に係ると考えられる要因を表-2.2 に*マークで示した。受口と追口切りの技術は伐倒方向を制御する手段として考案され、特に受口は伐倒方向を決めると同時に、伐倒木の跳ね上がりや材の裂け・引き抜けを防ぐものとして重視されていることが上村 (69) の報告で述べられていることから、伐倒方向の制御と伐倒木の跳ね上がりや材の裂け・引き抜けに係る要因を受口と追口の作成技能に係るとした。“かかり木”以外の該当する要因は、要因数が多い順に、“伐倒方向の変化”65 個、“周囲木との接触”と“伐倒木の跳ね、折れ”それぞれ 32 個、“裂け上がり”25 個である。*マークで示した要因は、全体の 33.6%を占める。

表-2.2 チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害の発生要因

死亡災害発生要因	内容	要因数
* 周囲木との接触	伐倒木が倒伏途中で周囲の木と接触したことが関係する災害	32
* 伐倒方向の変化	何らかの原因で意図した伐倒方向と異なる方向に伐倒木が倒れたことが関係する災害	65
* かかり木	かかり木が関係する災害	126
* 裂け上がり	伐倒木の裂け上がりが関係する災害	25
* 伐倒木の跳ね、折れ	伐倒作業中や倒伏途中の伐倒木の跳ねや折れが関係する災害	32
ツルがらみ	ツルがらみが関係する災害	23
危険エリア内作業	伐倒木または倒伏の危険がある立木を中心とした危険エリア内への立入りが関係する災害	140
足場確保不良	作業中の足場の確保不足が関係する災害	30
不意の倒木開始	伐倒作業中に伐倒手の予期せぬタイミングで倒伏が開始したことが関係する災害	69
滑落	滑落が関係する災害	16
上方不注意	落下物(枝や伐倒木の上部など)が関係する災害	34
かかり木の放置	処理中に何らかの原因で放置したかかり木が関係する災害	38
伐倒途中での放置	伐倒作業中に何らかの原因で伐倒する事が困難になったために伐倒木を放置	6
退避	伐倒手自身の退避場所の判断ミスや逃げ遅れが関係する災害	184
不明		10
	総数	830

(*は受口と追口の作成技能が関係する要因を示す。)

チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害は、複数の要因で構成されている死亡災害が多く、一番多い災害は5種類の要因で構成されていた。2種類の要因で構成されている死亡災害が最も多く全体の48%である。単独の要因で発生した死亡災害は全体の24%であった(図-2.4)。つまり、76%の死亡災害は2から5種類の要因が組み合わさることで起こっており、安全に作業を行うためには、災害に対する複合的な対策が求められると考える。

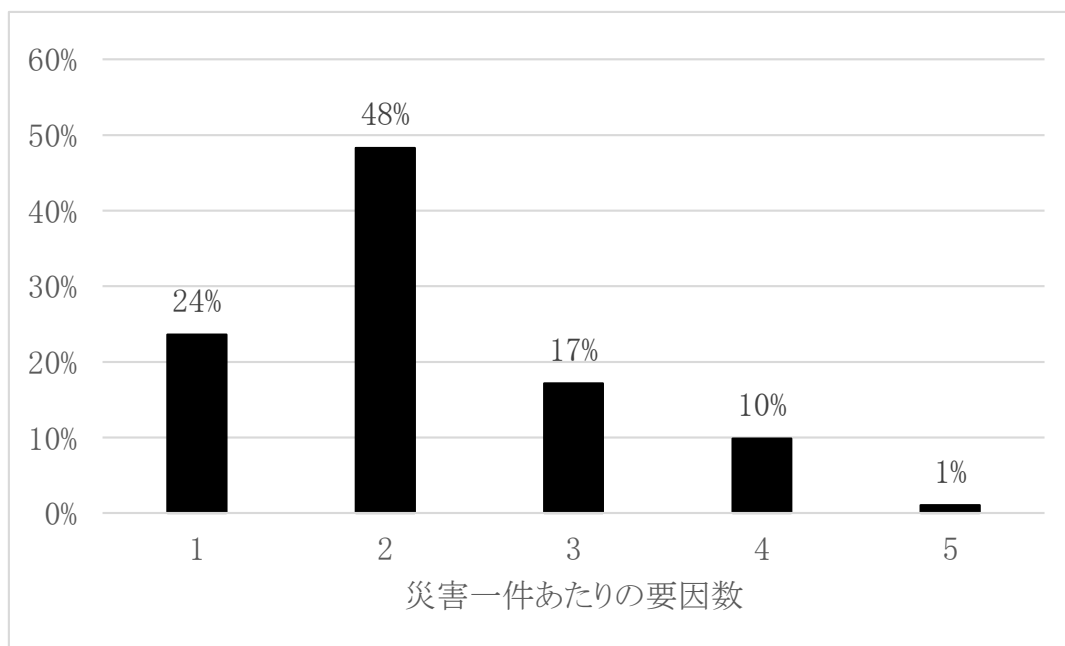


図-2.4 死亡災害一件あたりの災害発生要因数

*マークで示した受口と追口の作成技能に関する 5 種類の要因と同時にカウントされた要因を図-2.5 から図-2.9 に示す。どの要因も“退避”と同時に発生している。正しい退避場所と十分な退避時間を確保した作業を行うことは重要であるが、退避に係る要因は他の要因に付随して発生するケースが多く、退避場所と時間の確保と共に、同時に発生する他の要因を発生させないための対策が必要であることが推察される。また、“伐倒木の跳ね、折れ”以外の要因は、同時にカウントされた要因に“危険エリア内作業”がある。危険エリア内作業は、伐倒木または倒伏の危険がある立木を中心とした危険エリア内への立入りが関係している。作業を行う前に、危険エリア内に他の作業者がいないか、また、自分が他の作業の危険エリアに侵入していないかの確認が十分にできていれば、同時にカウントされた他の要因が発生しても死亡災害には至らない可能性も考えられる。このことから、正確な作業を行うと同時に、作業環境の安全管理が重要であることが推察される。

また、受口と追口の作成技能に関する要因が含まれる死亡災害は全体の 63% を占める。受口と追口の作成技能に関する要因のみで構成される死亡災害は全体の 1% であるため、その殆どは、受口と追口の作成技能の習得以外にも、作業環境の安全管理などの対策が必要であると考えられる。しかし、受口と追口の作成技能に関する要因は、死亡災害の起因物となる立木の挙動と関係しており、これらの要因の発生を防ぐことは、その要因が含まれる死亡災害の防止と深く関係していると考えられる。そのため、適切な受口と追口の作成技能を習得することで、死亡災害に係る重要な要因の発生を防止することが可能となることが推察される。これらのことから、受口と追口の作成技能の習得は、チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害の防止に深く関係していることが示唆される。

本研究により、受口と追口の作成技能に関する要因が死亡災害の防止に深く関係していることが示唆されるという結果となった。今後、これらの要因と同時に発生する他の要因との結びつきの強さなどの関係性を明らかにし、死亡災害の構造を明らかにしていきたい。

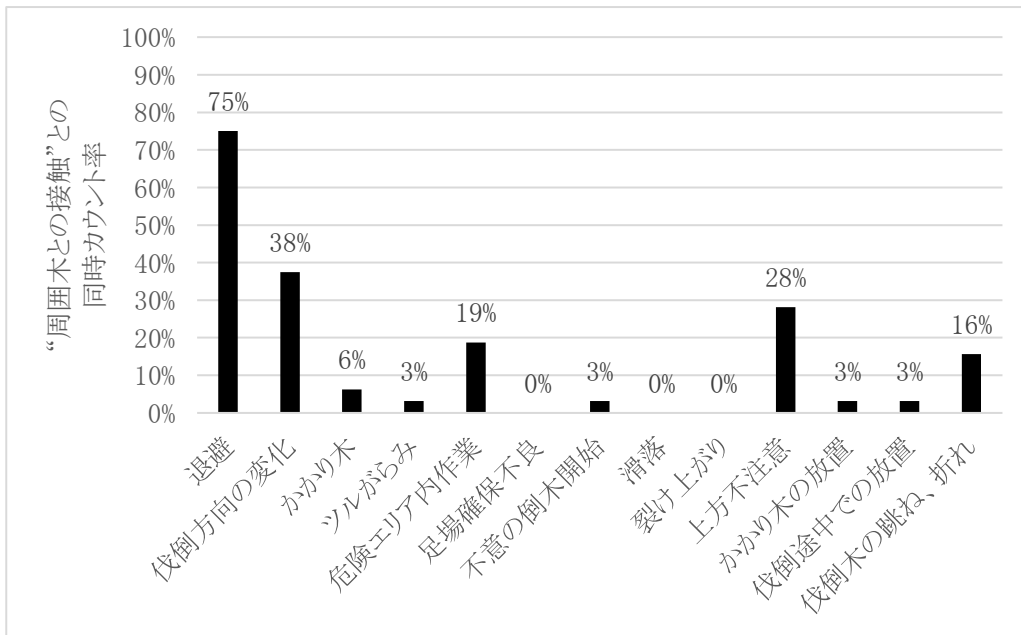


図-2.5 “周囲木との接触”と同時にカウントされた要因

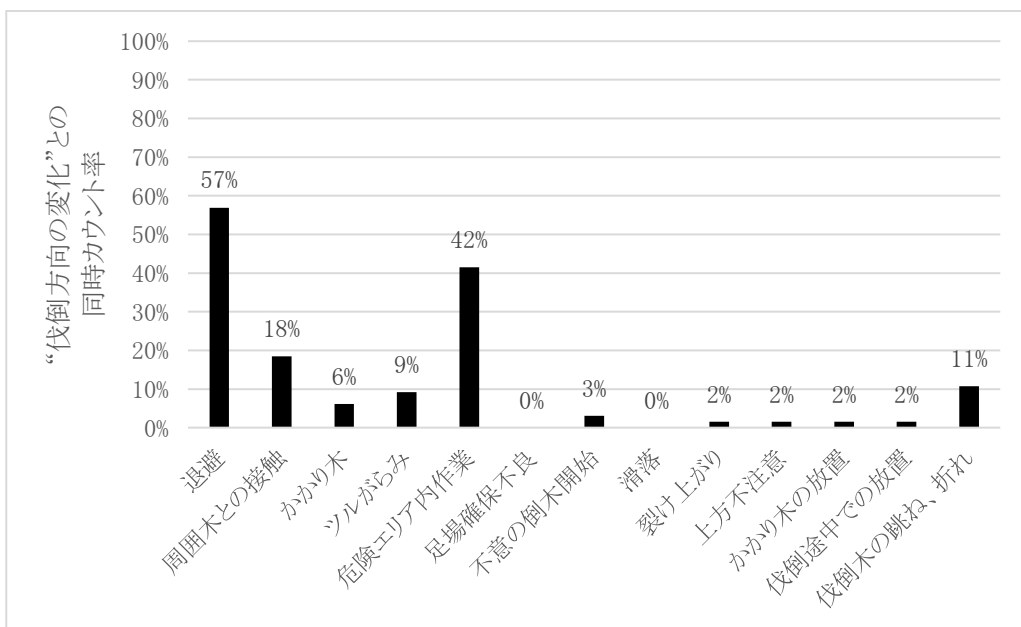


図-2.6 “伐倒方向の変化”と同時にカウントされた要因

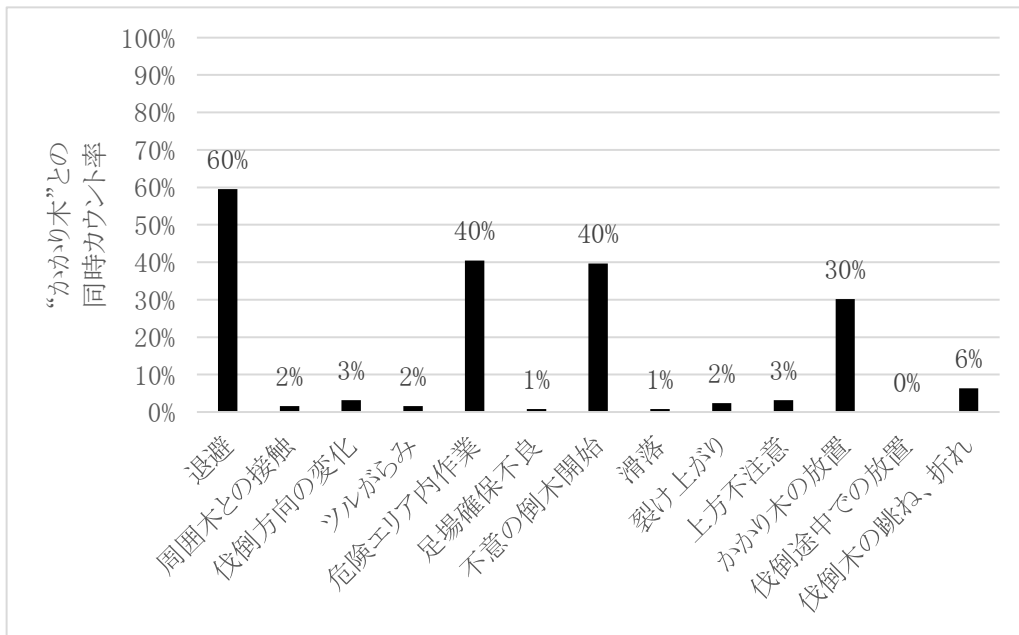


図-2.7 “かかり木” と同時にカウントされた要因

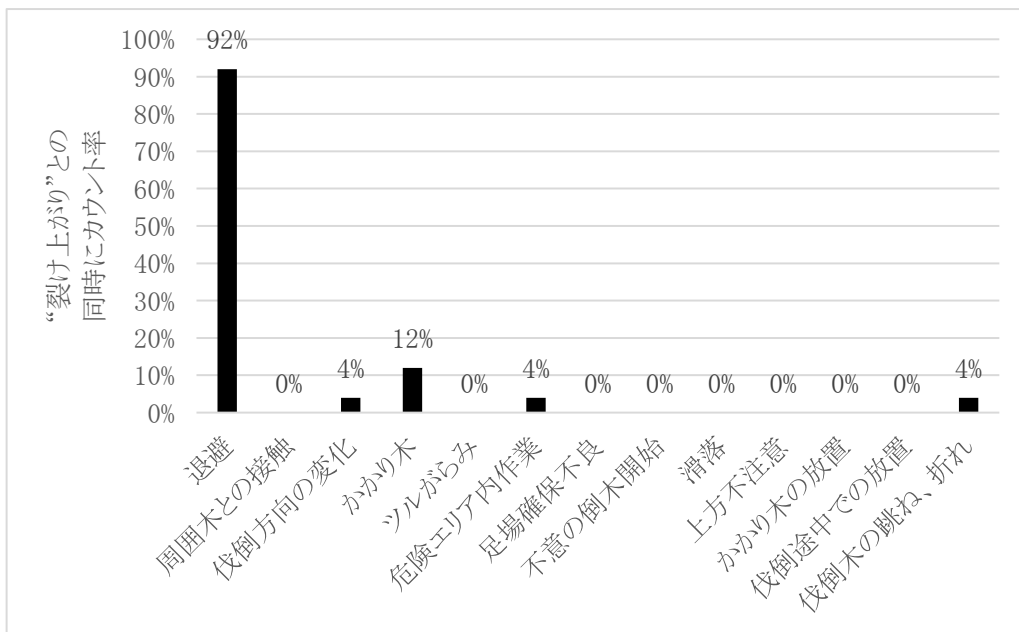


図-2.8 “裂け上がり” と同時にカウントされた要因

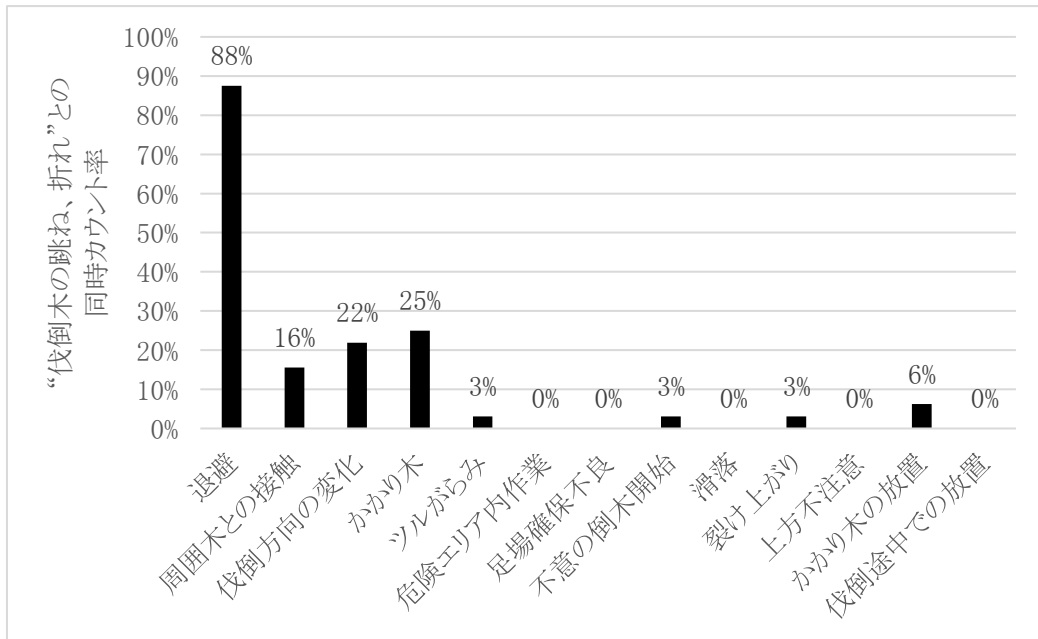


図-2.9 “伐倒木の跳ね、折れ”と同時にカウントされた要因

4. 小括

教育プログラムが事故防止にどの程度影響を及ぼすかを評価するための基礎的研究として、チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害を対象に、発生傾向を確認するとともに発生要因を抽出し、受口と追口の作成技能に関する要因が災害にどのように関わるかを明らかにすることを目的に災害事例分析を行った。都道府県ごとの素材生産量と死亡災害発生件数の関係を確認した結果、素材生産量の多い都道府県ほど死亡災害が多いことが示された。また、死亡災害の発生傾向を確認したところ、曜日別では金曜日に多く、時間帯別では午前9時台と午後15時台に多く発生していることが分かった。

分析対象となるデータから15種類、合計830個の死亡災害の発生要因が抽出された。最も多い要因は“退避”に関する要因で184個であった。二番目が“危険エリア内作業”140個、三番目が“かかり木”126個である。受口と追口の作成技能に関する要因は5種類あり、“かかり木”以外の該当する要因は、要因数が多い順に、“伐倒方向の変化”65個、“周囲木との接触”と“伐倒木の跳ね、折れ”それぞれ32個、“裂け上がり”25個である。これらの要因は、全体の33.6%を占める。

チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害は、複数の要因で構成されている死亡災害が多く、一番多い災害は5種類の要因で構成されていた。2種類の要因で構成されている死亡災害が最も多く全体の48%である。単独の要因で発生した死亡災害は全体の24%であった。受口と追口の作成技能に関する要因が含まれる死亡災害は、全体の63%を占める。これらの要因のみで構成される死亡災害は全体の1%であるため、その殆どは受口と追口の作成技能の習得以外にも、作業環境の安全管理などの対策が必要であると考えられる。しかし、受口と追口の作成技能に関する要因は、死亡災害の起因物となる立木の挙動と関係しており、これらの要因の発生を防ぐことは、その要因が含まれる死亡災害の防止と深く関係していると考えられる。そのため、適切な受口と追口の作成技能を習得することで、死亡災害に係る重要な要因の発生を防止することが可能となることが推察される。これらのことから、受口と追口の作成技能の習得は、チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害の防止に深く関係しており、これらの技能の教育は労働災害の防止に与える影響は大きいことが示唆される。

第3章 チェーンソーによる伐木技能の教育に求められる評価項目とその方法

1. はじめに

教育における評価とは、主に教育を受ける側の学習やトレーニングにおいて対象となる項目の習得状況や習得過程における課題を確認する目的で行われ、適切に評価を行うことは教育の効果を後押しすると考えられる。谷口ら(57)(58)は、釘打ち技能の習得過程を数値により評価する手法を開発し、その手法を利用することで釘打ち技能が向上したことを報告している。また、谷口ら(59)は、きりを用いた穴あけ技能の定量的理解に主眼をおいた教材・教具の開発を目的とした研究の中で、技能を数値で理解し、それを次の動作にフィードバックすることによって、きりもみ技能が向上したことを報告している。また、定量的な技能の評価は、教育における課題とその対応策の検討に利用されており、秋月ら(1)は、受講生の心肺蘇生技能を定量的に評価し、その結果を基に心肺蘇生教育の受講回数やトレーニング法について分析している。林業の分野でも古川ら(2)により、高性能林業機械を対象にオペレーターの習熟状況について、作業時間を基に習熟性理論を用いて評価され、適正な研修時間や練習回数の検討が行われている。

本村ら(30)は、情報教育の指導方法と評価方法の開発についての報告の中で、情報教育の評価の問題として、「評価項目の設定」と「評価の客観化」の2つを挙げており、どのような項目において評価を行えばよいかを述べ、その評価を客観的に評価する手法の提案を行っている。

一方、チェーンソーを業務上使用する林業従事者については、労働安全衛生法において定められる、伐木等の業務に係る特別教育(「伐木等の業務に係る特別教育」昭和47年9月30日労働省告示92号安衛特別教育規定第10条、第10条の2)の受講が義務付けられており、おおよその林業従事者がチェーンソーの取扱いについて学ぶ最初の機会となっている。この特別教育では、伐木に関する安全又は衛生のための教育が行われているが、受講者の教育内容の習得状況の評価はなされない。また、「緑の雇用」集合研修では、研修内容の習得度の確認はなされるものの、チェーンソーの操作技能に関しても定量的な技能の評価はなされていない(76)。また、技術・技能に関する実践的教育の場として設けられている林短

/アカデミーへの聞き取り調査でも、チェーンソーの操作技能の定量的な評価はなされていないことが分かっている。

数値により技能の習得過程を定量的に評価することで、技能の習得に良い影響を与えることが分かっており、さらにその結果を教育における課題とその対応策の検討のために用いられる例も見られる。チェーンソーの操作技能においても、さまざまな形で提供される教育の質を向上させ、効果的な習得を可能にするためには、技能を定量的に評価することが求められると考える。また、本村ら(30)の報告でも述べられているように、適切な評価項目を設定することも重要である。

そこで、第3章では、「評価項目の設定」と「評価の客観化」の二つの課題に着目し、チェーンソーによる伐木技能の教育に求められる評価項目とその方法について提案する。また、第2章で死亡災害の防止と深く関係していることが示唆される結果が得られた受口と追口の作成技能を対象に、提案した方法で技能の評価を行った場合にどのような影響が表れるかを確認し、教育へ適用した場合の効果と課題について確認する。

2. 伐木競技会の技能評価項目とその方法

チェーンソーの操作技能を評価する機会として伐木競技会がある。これまで日本では、昭和 33 年から 45 年までの間に、伐木造材作業を対象とした競技会が 9 回開催された。これらの競技会はチェーンソーの操作技能だけでなく、安全（作業・装備）・機械の取り扱い・機械に対する知識・作業効率などが競われている（林業機械化協会（44～52））。これらの評価は、それぞれの出来ばえを必要に応じて“良・不良・著しい不良”など数段階に区分し得点を付与することで評価を行っている。

一方序論でも述べたように海外では、ヨーロッパ地域で世界伐木チャンピオンシップ（以下、WLC）が開催されている。WLC はヨーロッパを中心とした 30 ヶ国が参加し、隔年開催で 32 回の開催実績がある。WLC も伐木造材作業を対象とした競技会であり、伐倒・玉切り・枝払いおよび機械整備の技能が以下の 5 つの競技で競われている（International Association world Logging Championships（8））。

伐倒競技（評価対象技能：伐木技能）

3 分以内に競技者が見定めた適切な方向へ立木を伐採する。作業時間、伐倒の正確性により採点される。

丸太合せ輪切り競技（評価対象技能：玉切り技能）

2 本の幹から、厚み 30mm 以上 80mm 以内の円板を 1 枚切り出す。作業時間、切り出し面の上下の段差の有無及び切り出し角度により採点される。

接地丸太輪切り競技（評価対象技能：玉切り技能）

床に寝かせて接地された丸太から厚み 30mm 以上 80mm 以内の円板を切り出す。作業時間、切り出し角度及び切り残しの厚みにより採点される。

枝払い競技（評価対象技能：枝払い技能）

円筒状に削り出された幹に取り付けられた枝を払う。作業時間及び枝の切り残し及び切り過ぎの有無により採点される。

ソーチェーン着脱競技（評価対象技能：機械整備技能）

チェーンソーのバー・チェーンの付け替えを行う。作業時間、安全性および正確性により採点される。

この競技会の特徴としては作業条件が均質化されていることが挙げられる。図-3.1～3.3は競技で使用される木材であるが、種目ごとに使用する木材の種類は統一されている。伐木技能を競う種目では枝が払われ長さと同高直径を揃えた丸太が使用され、玉切り技能を競う種目では円柱加工により太さが均一になった丸太が使用されており、枝払い技能を競う種目では、円柱加工により太さが均一になった丸太に、枝を模した均一な太さの棒が取り付けられている。また、この競技のもう一つの特徴として、作業の出来ばえのみで技能を評価せず作業を構成する技術を細分化している点があり、それぞれの精度を角度であれば度単位、幅や長さであればcmもしくはmm単位で定量的に評価していることが挙げられる（表-3.1）(9)。技術の精度に関しては、作業の正確さの他に、木材の品質の低下につながるような傷や割れがないかを評価する項目もあり、WLCでは実際の作業の技能レベルが評価の対象となっていることが分かる。安全に関しても評価項目が細分化されており、各種目固有のものと全ての種目に係るものがある。19種類ある安全に関する評価項目は、安全対策義務違反、危険動作、整備不良、ケガ、審判による指示違反に分類することができ、これらはペナルティポイントとして得点から差し引かれる。



図-3.1 伐倒木技能を競う種目で使用される丸太
“伐倒競技”

(地上高 15m・胸高直径 28~35 cm)

撮影場所：ポーランド ヴィスワ，撮影日：2017年9月9日，撮影者：筆者



図-3.2 玉切り技能を競う種目で使用される丸太
“上：丸太合わせ切り競技／下：接地丸太輪切り競技”
(直径 35 cm)

撮影場所：ポーランド ヴィスワ，撮影日：2017年9月10日，撮影者：筆者



図-3.3 枝払い技能を競う種目で使用される丸太
“枝払い競技”

(幹 6m 直径 15 cm・枝 30 cm 直径 3 cm 本数 30 本)

撮影場所：ポーランド ヴィスワ，撮影日：2017 年 9 月 11 日，撮影者：筆者

表-3.1 WLC 各競技の評価項目と採点基準

伐倒技能		玉切り技能		枝払い技能		機械整備	
伐倒競技		丸太合せ輪切り競技		接地丸太輪切り競技		ソーチェーン着脱競技	
評価項目	単位あたりの得点	評価項目	単位あたりの得点	評価項目	単位あたりの得点	評価項目	単位あたりの得点
作業スピード	1 point/+sec	※1 1 point/+sec	※1 1 point/+sec	※2 2 point/+sec	※2 2 point/+0.5sec +0.4sec		
伐倒方向	1 point/+cm	切り出しの角度	3 point/+偏差 0.5	切り出しの角度	3 point/+偏差 0.5	高さが5mmを超える枝の切り残し	チェーンまたは固定ナットを落とす
受口の深さ	5 point/±cm	切り出し部分の段差	3 point/+mm	締りきの正確さ	2 point/+mm	幹に5mm以上のキズを付ける	バーが回転しない
受口の角度	10 point/±°	指示範囲内でカットが合っていない	50 point/回	甲板の厚みが30mm未満、または80mmを超える	50 point/回	幹に縦方向に35cm以上の切り込み(キズ)を付ける	作業を正しく行わなかった
ツルの幅	4 point/±mm	切り出し部以外に10mmを超える深さのキズが付いた	20 point/箇所	枝を全部、または部分的に切り落とさなかった	30 point/箇所		
ツルの高さ	5 point/±mm	甲板の厚みが30mm未満、または80mmを超える	50 point/回				
切り口の割れの有無	10 point/+2cm						
E 早すぎる開始	-20 point/回	E 早すぎる開始	-20 point/回	E 早すぎる開始	-20 point/回	D 出血するケガ	-20 point
B 木からの正しくない退避	-20 point/回	B 木からの正しくない退避	-50 point/回	B チェンが回っている時に払った枝を動かす	-20 point/回	E 競技終了後のチェーンソー操作	-50 point
安全(各競技)							
トップマークから追い							
E 口の先端までの距離が1.1Mを超えない	-100 point/回						
E 無許可のマーキング	-50 point/回						
A グループまたはその他のハンドプロテクタ、ヘルメット、アイプロテクタ、イヤープロテクタ、イヤープロテクタ、チェーンブラスガード、プロテクティブシューズを着用せずに競技した							-20 point/回
A 応急手当セットまたは安全装備がない							開始は許可されない
B 間違った方法でチェーンソーを始動							-30 point/回
B エンジンをかいた状態で、チェーンソーのチェーンに触れた							-50 point/回
B チェンソーを動作させた状態で、場所間を移動							-20 point/回
B チェンが回っている間に、片手でチェーンソーを使用							-30 point/回
C 五分以内にチェーンソーを始動できない							-20 point/回
D 治療が不要なケガ							-20 point/回
D 治療が必要なケガ							-50 point/回
E 呼び出しがないのに競技場所に入った							-50 point/回

【安全に関する項目の区分】A: 安全対策義務違反/B: 危険動作/C: 整備不良/D: ケガ/E: 審判による指示違反

※1 チェンソーの排気量により得点計算が異なる(55cm以下:基礎点78point、55cm以上:基礎点75point)

※2 グラッチカバールの測定方法により得点計算が異なる(2本の安全ネジとチェーンを、ネジ回して締め付けるタイプ:point/+0.5sec、それ以外:point/+0.4sec)

International association logging championships (9)

3. チェーンソーによる伐木技能に求められる知識と技能

チェーンソーによる伐木作業は、以下の手順で作業が行われる(36)。そのため、以下の1)から4)に該当する項目を分析の対象とする。

- 1) 作業中に危険から身を守るための保護具および防護服を着用する
- 2) 伐倒方向と退避エリアを選定する
- 3) 支障木の除去など作業環境を整備する
- 4) 適切な方法と手順でチェーンソーを起動・操作し伐倒をする

チェーンソーによる伐木技能にどのような知識と技能が求められるかを分析するにあたり、林業従事者向けに発行したテキストでどのような内容が紹介されているかを纏めた。日本では、労働安全衛生法で作業者の受講が義務付けられている伐木等の業務に係る特別教育(「伐木等の業務に係る特別教育」昭和47年9月30日労働省告示92号安衛特別教育規定第10条,第10条の2)で使用されるテキストを、比較対象として日本とは異なる作業条件であるスウェーデンとフィンランドの行政や研究や教育を専門に行う企業等が発行したテキストの記載内容について纏め、作業条件の違いにより記載内容が異なるかの確認も行った(表-3.2)。スウェーデンとフィンランドのテキストは発行年が古いが、現時点で入手可能な範囲の最新のものとして扱うこととした。

- ①「チェーンソー作業の安全ナビ(36)」林業・木材製造業労働災害防止協会(日本)
- ②「チェーンソー使い方と点検整備(日本語訳版)(62)」林野庁(スウェーデン)
- ③「チェーンソー作業マニュアル 安全で効率的なチェーンソー使用のための基本マニュアルパート1(日本語訳版)(4)」企業:チェーンソーメーカー(スウェーデン)
- ④「METSURIN puutavaranhakkuun työ-ja suunnitteluopas(27)」
企業:主要森林産業団体が所有する研究開発専門(フィンランド)
- ⑤「METSÄNOMISTAJAN PUUNKORJUU(67)」
企業:各種産業向けの教育やトレーニングプログラムの提供(フィンランド)

まず、保護具の項目によると、手や足などは国やテキストが発行された年の法令による規制内容が反映され、着用する保護具が持つべき機能が異なっているが、保護の対象となっている体の部位は同じで、“頭部・耳・目・手・下肢・足”を守るための保護具を身に着けるよう指導されている。携帯用品については、①のみ救急キットについての記載がなく、③は緊急時の連絡用に通信機器の携帯についての記載がある。

チェーンソーの基本操作については、チェーンソーの始動方法とその手順および鋸断時の作業姿勢や鋸断方法について全てのテキストで共通する内容であった。①については、これらに加え、チェーンソーの停止方法とその手順、暖気方法とその手順についての記載もあり、より丁寧な指導がなされている。

伐倒を行う際に必要な受口と追口の作成形状については、受口は作成位置、下切り深さ、斜め切り角度、追口は作成位置、ツルについての記載があった。受口と追口およびツルの作成形状について記載があることは全てのテキストにおいて共通しているが、これらの形状の表現方法や各部の寸法については一致しておらず、同じ国で発行されたテキストでも値が異なっている。

受口と追口の作成方法については、伐倒方向の反対側から追口を切込みツルを作成する方法の他に、幾つかの方法が紹介されていた。伐倒方向の反対側から追口を切込みツルを作成する方法については、全てのテキストにおいて基本的な方法として紹介されているが、特定の名称が定められていないため、ここではコモンスタイルと表現する。追いツル切りや芯切りは共通する作成方法であることが分かる。回し切りや二段切りについては、①で紹介されていないが、日本の作業現場で使用されている例もあり、①以外の何らかの形で紹介されていることが考えられる。

最後に、安全注意事項については、作業全体と鋸断に関する記載があった。作業全体に関しては、伐倒作業前に適切な伐倒方向を選定し、必要に応じて支障木を除去することや、伐倒作業後の適切な退避エリアを選定し確保しておくことについての指導があった。鋸断については、キックバックを発生させないように注意して作業を行うことや、チェーンソーのエンジンが駆動している時にソーチェーンに手を触れることは危険であるため行わないことについての指導があった。

参照した五冊のテキストでは、身に着ける必要のある保護具、チェーンソーの基本操作に対する知識、受口と追口の作成方法と作業全体と鋸断に関する安全注意事項について求められる知識についてはほぼ共通していることが分かった。しかし、受口と追口の作成形状

については、作成形状の表現方法や各部の寸法の記載が一致していない。上村（69）の報告にもあるように、これらの作成形状については、国が同じでもテキストや文献により内容が様々ある。これは、チェーンソーの性能の進化や、主な施業対象となる樹木の種類や作業条件、または伐倒対象となる木の使用目的に由来する差などが理由として推察される。

表-3.2 チェーンソーによる伐木技能に必要な知識と技術に関する
林業従事者向けテキストの記載内容

	①	②	③	④	⑤
タイトル	特別教育テキスト (チェーンソー作業の安全ナセ)	チェーンソー使い方と点検整備	チェーンソー作業マニュアル 安全で効率的なチェーンソー使用のための基本マニュアル パート1	METSURIN puutarvonnakkun työ-ja suunnittelupapas	METSANOMISTAJAN PUUNKORJUU ※2
発行元	林業・木材製造業労働災害防止協会	林野庁	ハスクバーナ	METSÄTEHO	Työohosoura ry
発行国	日本	スウェーデン	スウェーデン	フィンランド	フィンランド
発行年	2015	1983	2012	1991	1989
保護具	ヘルメット イヤーマフ バイザー 防振手袋 防護スボン チェーンソーブーツ	ヘルメット イヤーマフ バイザー 安全パッド入り手袋 保護スボン 安全ブーツ(先芯入り) 救急キット	ヘルメット イヤーマフ バイザー、保護メガネ チェーンソー保護用手袋 保護スボン チェーンソーブーツ 救急キット、緊急連絡用通信器	ヘルメット イヤーマフ バイザー 手袋 保護スボン 安全ブーツ 救急キット	ヘルメット イヤーマフ バイザー 手袋 保護スボン 安全ブーツ 救急キット
チェーンソーの 基本操作	始動/停止方法と手順 運転 切断	始動方法と手順 — 作業姿勢/切断方法	始動方法と手順 — 作業姿勢/切断方法	始動方法と手順 — 作業姿勢/切断方法	始動方法と手順 — 作業姿勢/切断方法
受口道口の 作成形状	受口 作成位置 下切り深さ 締め切り角度 追口 作成位置 ソル 幅 長さ	受口 作成位置 下切り深さ 締め切り角度 追口 作成位置 ソル 幅 長さ	受口 作成位置 下切り深さ 締め切り角度 追口 作成位置 ソル 幅 長さ	受口 作成位置 下切り深さ 締め切り角度 追口 作成位置 ソル 幅 長さ	受口 作成位置 下切り深さ 締め切り角度 追口 作成位置 ソル 幅 長さ
安全注意事項	作業全体 切断	適切な伐倒方向の選定 支障木の除去 適切な退避エリアの選定 キックバックの防止 エンジン駆動時にソーチェーンに手を触れない	適切な伐倒方向の選定 支障木の除去 適切な退避エリアの選定 キックバックの防止 エンジン駆動時にソーチェーンに手を触れない 作業時はソーチェーン回転の有無に注意する	適切な伐倒方向の選定 支障木の除去 適切な退避エリアの選定 キックバックの防止 エンジン駆動時にソーチェーンに手を触れない	適切な伐倒方向の選定 支障木の除去 適切な退避エリアの選定 キックバックの防止 エンジン駆動時にソーチェーンに手を触れない

※1 METSÄTEHO: フィンランドの主要森林産業団体が所有する研究開発専門の会社

※2 Työohosoura ry: フィンランドの各種産業向けの教育やトレーニングプログラムの提供をしている会社

※3 コモンスタイル=伐倒方向の反対側から道口を切込みソルを作成する方法

4. チェーンソーによる伐木技能の教育に求められる評価項目とその方法

前項で日本、スウェーデン、フィンランドで林業従事者向けに発行されたテキストに記載されている内容を纏めたところ、異なる作業条件であるにもかかわらず、多くの共通事項があることが確認できた。各テキストに共通して記載がなされている項目については、チェーンソーによる伐木技能の教育に求められる評価項目であることが推察される。

このことから、受口と追口の作成技能に関する項目が必要であり、受口については作成位置、下切り深さ、斜め切り角度、追口に関しては作成位置（ツル高）とツルの作成形状（ツル幅）についての評価が必要である。具体的な作成形状については、テキストによりバラつきがあることや、作業の状況により適した形状が変化することが考えられるため、ひとつに定めることは難しい。そのため、作成形状については一つに定めず、状況に適した作成形状に対する精度を評価することが望ましいことが考えられる。受口と追口の作成方法については、テキストなどで各種紹介がされているが、複数の方法で作成技能を評価することは、一定の作業経験を積んだ作業者を対象とし、就業前や就業初期の作業者に関しては、コモンスタイルでの作成技能の評価がなされれば良いと推察される。

チェーンソーの基本操作に関しては、安全な始動方法を理解し実行する技能が求められる。チェーンソーという機械を正常な状態で使用するためには暖気運転も欠かせない手順であり、そのためこの項目には暖気運転も含む必要があることが考えられる。チェーンソーを用いる伐倒作業は、腰部へ負担を強いることが既往の研究で分かっている(60)(61)(15)

(16)。また大島ら(35)の報告により、チェーンソーによる手腕振動刺激が立位バランス能力の低下につながる事が分かっており、受口と追口の作成技能を評価する際には、体への負担の少ない適切な作業姿勢であるかどうかを評価の項目へ加えるべきであると考えられる。

また、安全の観点から、チェーンソーを用いる作業を行う際に保護が必要な身体の部位と、その部分を保護するために身に付けるべき防護具が何であるかの知識が求められる。そのため、チェーンソーによる伐木技能について教育するにあたっては、保護が必要な体の部位とそのため身に付けるべき防護具の知識およびこれらの防護具や万が一の時に身を守るための救急キットを身に付けているかの評価が必要であると考えられる。さらに、テキストには作業全体の安全として適切な伐倒方向の選定、支障木の除去、適切な退避エリアの選定に関する記述はある。伐倒方向に関しては、意図した方向に立木を倒すことができたかどうか、

退避エリアに関しては、Robb ら (53) の報告により、退避経路の確保が不十分であることが、伐木作業における死亡災害の最大の原因であると述べられていることから、適切な退避エリアの選定について評価を行うことが適当である。鋸断動作の安全性については、受口と追口の作成技能を評価する際にキックバックが起こったかどうか、エンジン駆動時にソーチェーンに手を触れていないかどうか、作業時にソーチェーンの回転の有無を確認できているかについて評価する必要があると考える。また、作業時にソーチェーンの回転の有無を確認できているかについては、ソーチェーンが回転している状態で歩行をしていないかどうかを確認することで評価することが望ましいと考える。

これらの内容について WLC の伐倒競技の評価項目と照らし合わせると、キックバックの回数と適切な作業姿勢であるかどうか、また支障木の除去の項目以外は、WLC の技能評価項目で網羅されていることが分かる (表-3.3)。さらに、WLC ではこれらの項目を数値により定量的な評価を行っている。そのため、チェーンソーによる伐木技能の教育に求められる評価項目を客観的に評価することが可能であることが分かる。受口と追口の作成形状は、伐倒方向の精度に影響を及ぼすことから、これらの評価項目をそれぞれ定量的に評価することで、どの項目の作成状態が結果に影響したかを客観的に判断し、トレーニングが特に必要な技術項目を把握することができる。また、WLC では受口と追口の作成形状を度やcm/mm単位で評価している。技能の習得状況を高い精度で正確に把握することは、高い技能の習得に繋がると考える、さらに評価の基準が客観的で明確であるため、いつでも同じ条件で技能の評価を行え、技能の習得状況を正確に把握することが可能になる。また、受口と追口の作成形状以外の項目に関しても防護具の着用など安全に関する項目でペナルティポイントが付与され定量的な評価が行われている。安全に関する項目も、できたかどうかだけでなく、できなかった場合の回数をカウントし評価することで、自分が注意すべき項目を知ることが可能になる。

以上のことから、チェーンソーによる伐木技能の教育には、受口と追口の作成技能、チェーンソーの基本操作、保護具の着用や作業の安全性を定量的に評価することが望まれると考える。WLC の伐倒競技における技能評価項目とその方法は、これらの条件を満たしており、チェーンソーによる伐木技能の教育において利用することが可能であると考え、教育への活用を提案する。

表-3.3 WLC 伐倒技能の評価項目とテキストの記載項目を基にした
チェーンソーによる伐木技能において評価が求められる項目

WLC伐倒競技の評価項目		テキストの記載項目を基にしたチェーンソーによる伐木技能の教育において評価が求められる項目
作業スピード		
技術精度	伐倒方向	意図した方向に木を倒せたか
	受口の深さ	下切り深さ
	受口の角度	斜め切りの角度
	ツルの幅	ツルの作成形状
	ツルの高さ	追口の作成位置
	切り口の割れの有無	
安全 (各競技)	E 早すぎる開始	
	B 木からの正しくない退避	適切な退避エリアの選定ができたかどうか
		支障木の除去
	E トップマークから追い口の上端までの距離が1.1Mを超えない	受口の作成位置
	E 無許可のマーキング	
安全 (全体)	A グローブまたはその他のハンド・プロテクタ、ヘルメット、アイ・プロテクタ、イヤール・プロテクタ、チェーンソー防護靴、プロテクティブズボンを着用せずに競技した	頭部・耳・目・手・下肢・足の保護具の着用
	A 応急手当セットまたは安全装備がない	救急キットの携帯
	B 間違った方法でチェーンソーを始動	正しいチェーンソーの始動(暖気運転を含む)
	B エンジンをかけた状態で、チェーンソーのチェンに触れた	エンジンの駆動時にチェーンソーのチェンに手を触れた
	B チェンソーを動作させた状態で、場所間を移動	ソーチェーンが回転している状態で歩行をしていないか
	B チェンが回っている間に、片手でチェーンソーを使用	
	C 五分以内にチェーンソーを始動できない	正しいチェーンソーの始動(暖気運転を含む)
	D 治療が不要なケガ	
	D 治療が必要なケガ	
	E 呼び出しがないのに競技場所に入った	
		キックバックの回数
		適切な作業姿勢

【安全に関する項目の区分】A: 安全対策義務違反/B: 危険動作/C: 整備不良/D: ケガ/E: 審判による指示違反

5. 実証試験

5.1 材料と方法

5.1.1 被験者と試験材料

就業年数2年目から8年目の6名を被験者とした。(表-3.4)。作業手順を統一することを目的に、使用した立木の直径は、一度の鋸断で会合線およびツルを作ることができるよう、被験者が使用する18インチのガイドバーの長さよりもツルの弦の方向に抜根径が短いものを選び、受口と追口の作成方法は追いヅル切りとした。また樹種と作業条件は、それぞれの被験者の伐木作業の経験が多いものを選んだ。各試験の伐倒本数は、統一して用意できる最大本数を用意した。試験に使用した立木の直径は受口と追口の作成位置で計測し記録している。それぞれの被験者が受口と追口の作成作業をした立木は、被験者A：アカマツ（伐根直径平均29.1 cm，標準偏差4.8 cm），被験者B：アカマツ（抜根直径平均31.8 cm，標準偏差4.5 cm），被験者C：ヒノキ（抜根直径平均30.6 cm，標準偏差5.2 cm），被験者D：スギ（抜根直径平均28.4 cm，標準偏差5.0 cm），被験者E：スギ（抜根直径平均26.4 cm，標準偏差4.4 cm），被験者F：ヒノキ（抜根直径平均31.2 cm，標準偏差5.7 cm）を比較試験，効果検証試験共に20本使用した。

表-3.4 被験者および試験材料

被験者	性別	年齢	就業年数	樹種	伐倒本数		抜根直径 平均 (cm)	抜根直径 標準偏差 (cm)	調査地	調査日
					比較試験	効果検証試験				
A	男性	36	3	アカマツ	20	20	29.1	4.8	岩手県	2017年10月9日
B	男性	32	2	アカマツ	20	20	31.8	4.5	岩手県	2017年10月9日
C	男性	39	8	ヒノキ	20	20	30.6	5.2	鳥取県	2018年2月27日
D	男性	35	8	スギ	20	20	28.4	5.0	鳥取県	2018年2月27日
E	男性	29	4	スギ	20	20	26.4	4.4	鳥取県	2018年2月27日
F	男性	38	8	ヒノキ	20	20	31.2	5.7	鳥取県	2018年2月27日

5.1.2 調査方法

調査は①比較試験②効果検証試験の順で連続して行った。比較試験では受口と追口の作成精度の定量的評価は行わず20本伐倒を行った。効果検証試験では1本伐倒する毎に受口と追口の作成精度の定量的評価を行いながら20本伐倒を行った。受口と追口の作成技能の評価項目は、受口については作成位置、下切り深さ、斜め切り角度、追口に関しては作成位置（ツル高）とツルの作成形状（ツル幅）が挙げられるが、受口の作成位置と下切り深さについては、作業環境や立木の根元部分の曲がり形状などに合わせて、全てを指示通りの形状とすることが困難であるため評価項目から除外した。よって、受口切りは斜め切り角度を評価の対象とし、追口切りは作成位置（ツル高）と作成形状（ツル幅）を評価の対象とした。受口と追口の評価項目と作成形状の指示内容については、比較試験と効果検証試験のどちらも同様である。また、伐倒方向の正確性については、倒伏中の伐倒対象木周辺の立木との干渉など正確な計測が困難なため、評価の対象から除外した。受口の斜め切り角度は45度で作成するよう指示をした。ツル高とツル幅については、樹種や木の傾きによって適切な寸法が変化するため、具体的な作成形状の指示はせず被験者の任意とし、全体が直線で均一な幅および高さになるよう作成することを指示した（表-3.5）。また、スパイクを支点としてツルの作成を行うことで、その形状が丸太内部で曲がらず直線で作成されるように配慮した（図-3.4）。そのため、ツルの両端の寸法が同じであればツルが均一に作成されていると判断した。

さらに、被験者に対して効果検証試験終了後に以下の内容についてヒアリングを実施した。

- ①効果検証試験で行った評価項目の計測結果と作成イメージは一致していたか。
- ②効果検証試験を行ってみたいの感想

表-3.5 試験概要

	調査① 比較試験	調査② 効果検証試験
伐倒本数	20本	20本
作成精度の定量的評価	無	有
※調査②は調査①と同日に連続して実施		
評価項目	作成形状	
受口 斜め切り角度	45度	
追口 作成位置 (ツル高) ツルの形状(ツル幅)	全体が直線で均一な幅および高さになるように作成すること。これらの作成寸法の具体的な指示はせず、被験者の任意とする。	

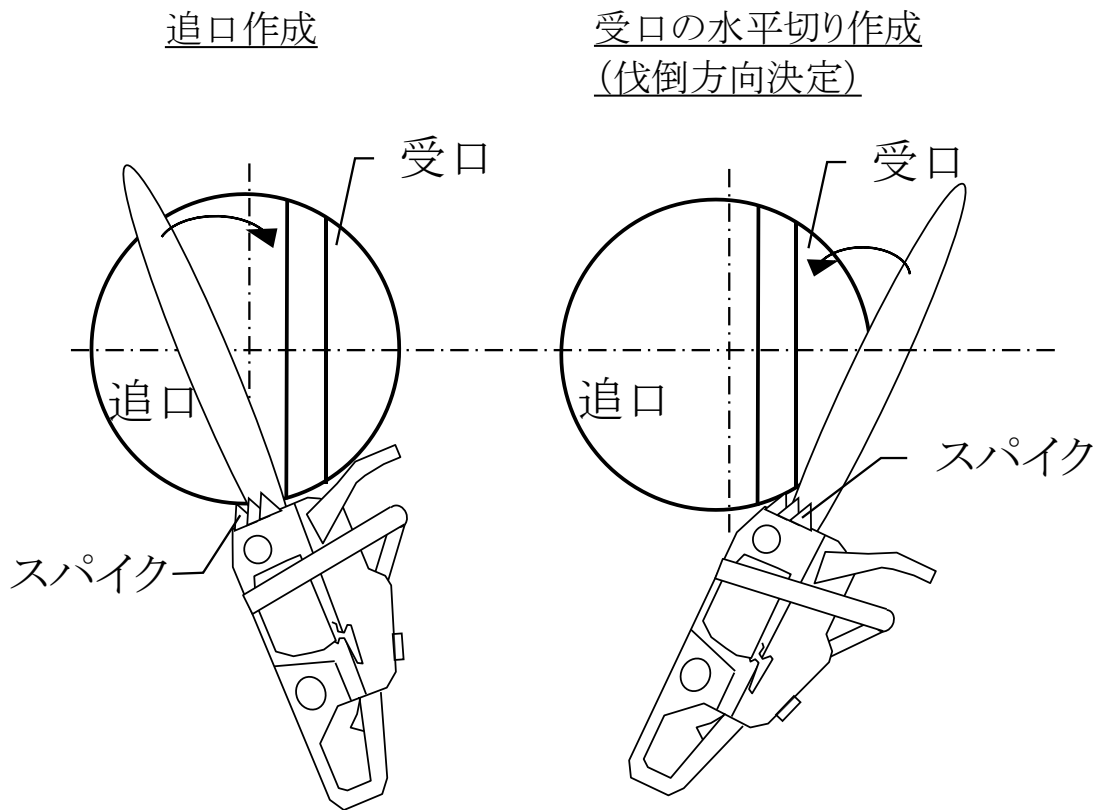


図-3.4 スパイクを使用した受口切りと追口切り

受口の斜め切り角度は、受口作成で切り取ったピースの、水平切りと斜め切りが交わる部分の角度 A をデジタル角度計で計測した。(図-3.5)。ツル幅は、模擬資材の外側からツルの左右両端を計測した値の差の絶対値 B をツル幅のズレの値とした(図-3.6)。値 B は丸太の周長ではなく、受口の会合線の端点からの直線距離とした。計測は、受口の会合線に曲尺を合わせ、受口の会合線の端点と追口の端点の水平距離をデジタルノギスで計測した。ツル高もツル幅と同様に、模擬資材の外側からツルの左右両端を計測した値の差の絶対値 C をツル高のズレの対象とした(図-3.7)。計測は、受口の会合線直近部分の水平切り面と、追口のツル直近部分の下面をデジタルノギスで計測した。

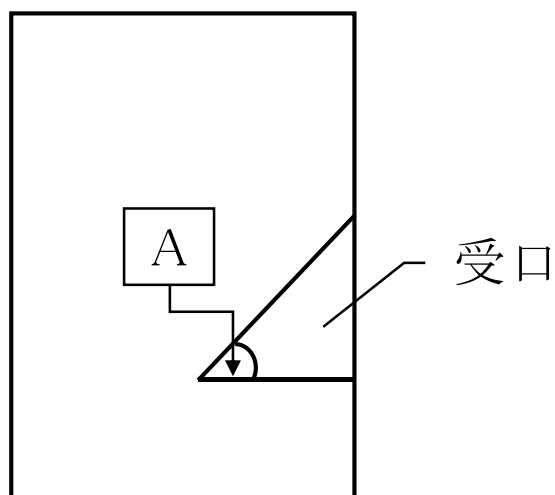
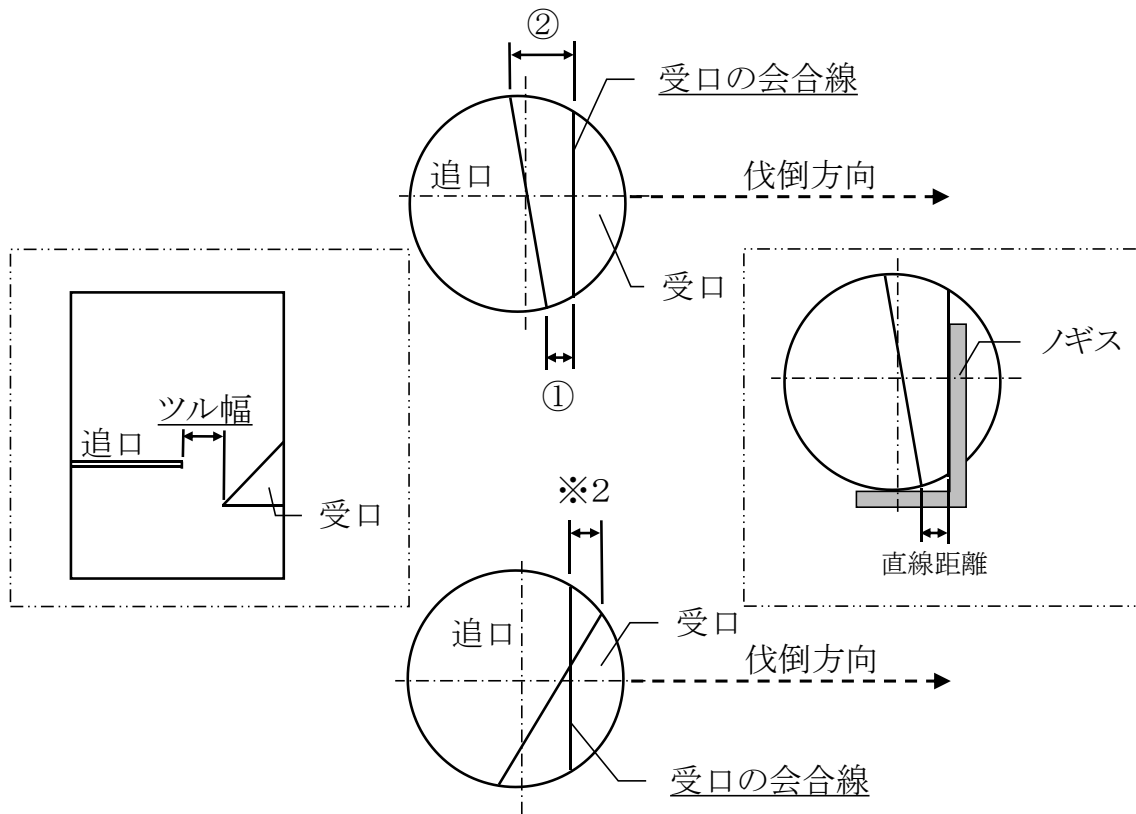


図-3.5 斜め切り角度 (値 A)

値B=ツル幅の計測値①と②の差の絶対値



※2 ツル幅の値が受口の会合線を超えて作成された場合はマイナスとして計測する

図-3.6 ツル幅のズレ (値 B)

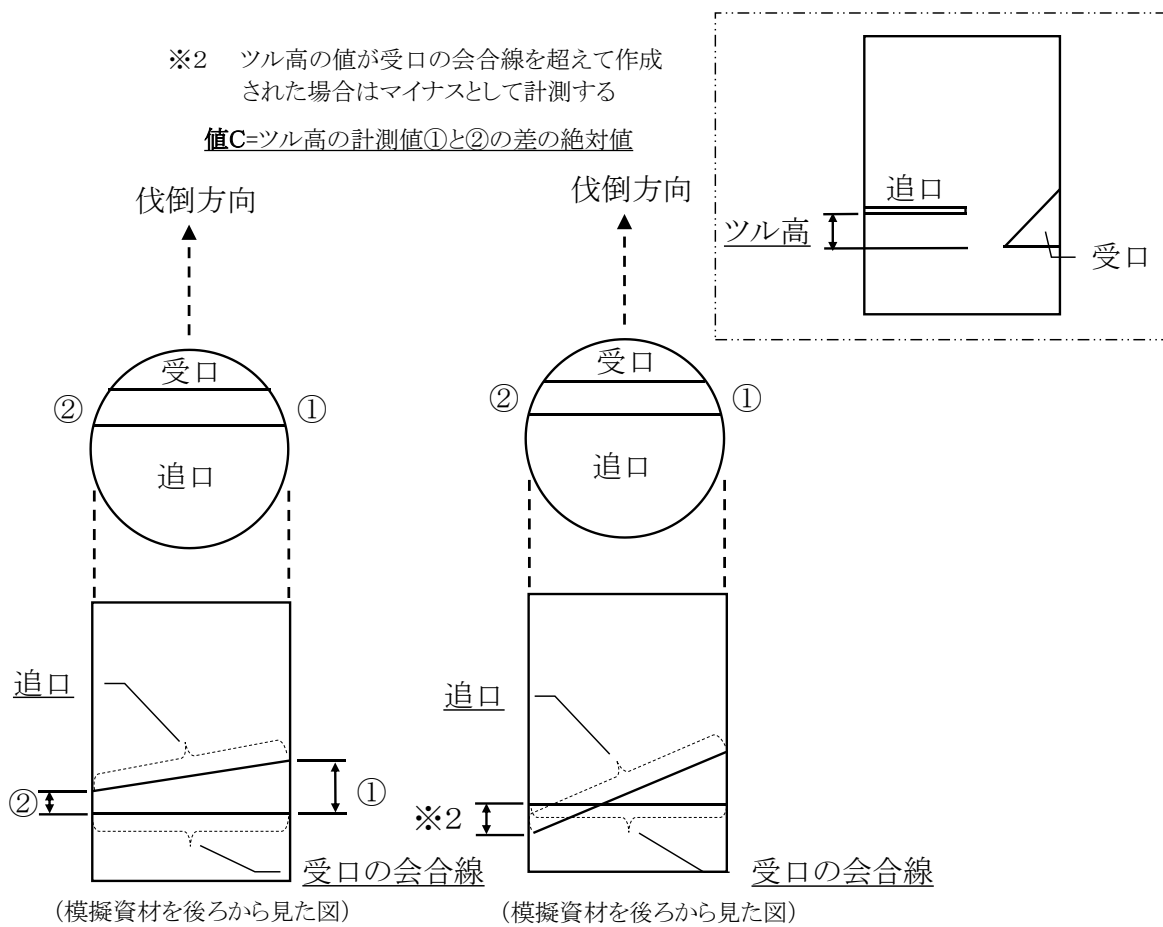


図-3.7 ツル高のズレ (値C)

5.2 結果と考察

各評価項目の、被験者ごとの比較試験と効果検証試験それぞれの平均と標準偏差値を図-3.8に、受口の斜め切り角度（値A）の伐倒作業毎の値の変化を図-3.9に示す。図-3.9を見ると、比較試験、効果検証試験のどちらの結果を見ても、一部はずれ値は見られるものの全ての被験者が40度から60度の間の角度で受口の斜め切りを行っていることが分かる。また、比較試験では被験者全員の平均値が50度を超過しており、効果検証試験でも被験者C,Dの平均値が50度を下回っているが、全体的に角度が高いことが分かる（図-3.8）。比較試験と効果検証試験で標準偏差が1度以上変化している被験者はAとBである。被験者Aは、3.8度（比較試験）から、6.5度（効果検証試験）と大きくなっており、被験者Bは、4.6度（比較試験）から、3.4度（効果検証試験）と小さくなっている。

調査後にヒアリングを行ったところ、効果検証試験で標準偏差が大きくなった被験者Aは、前の作業の計測結果を次の作業にフィードバックしようと試みたが、チェーンソーの調整がうまくいかず、大きく外れた値が出てしまったということであった。反対に、効果検証試験で標準偏差が小さくなった被験者Bは、前の作業の計測結果を次の作業にフィードバックするときに、チェーンソーの操作がうまくできたと感じていると話していた。他の被験者については、比較試験と効果検証試験の平均値と標準偏差の値に変化がなかったが、被験者Aと同様に、計測で得た値を基に次の作業でチェーンソーを操作していたが、自分が思った通りの角度に合わせることができず、戸惑いを感じたと話していた。図-3.9を見ると、被験者Bの効果検証試験の値はなだらかに上下しているのに対して、他の被験者は値が上下に振幅する頻度が多く、このことから斜め切り角度の調整が思うようにできていないことが推察できる。指定の角度よりも実際の斜め切り角度が大きかったことに関しては、全ての被験者が、普段の作業で45度よりも大きめの角度で斜め切りを行っているため、癖が出てしまったと話している。

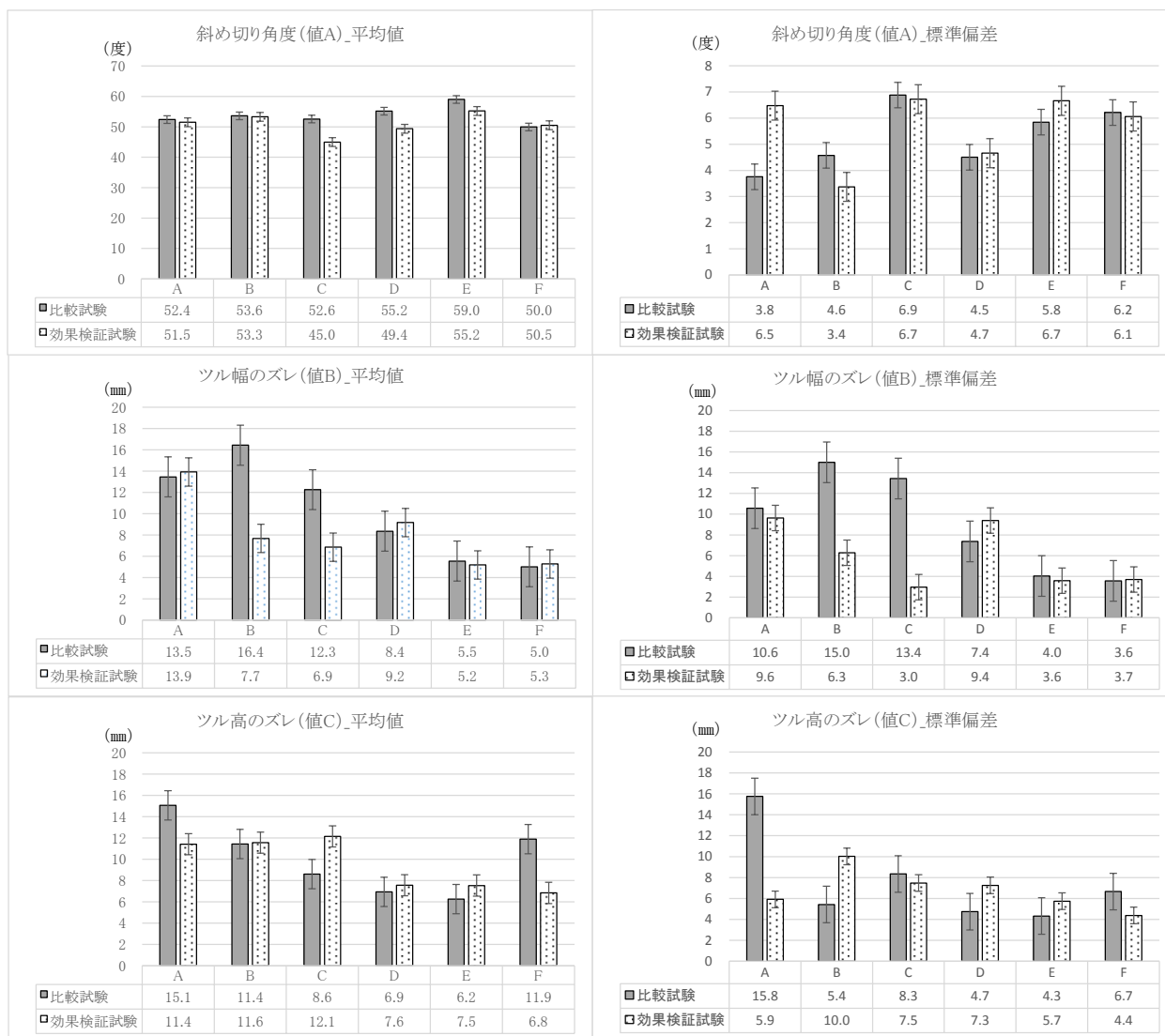


図-3.8 評価項目の平均値および標準偏差
(斜め切り角度 (値A)・ツル幅のズレ (値B)・ツル高のズレ (値C))

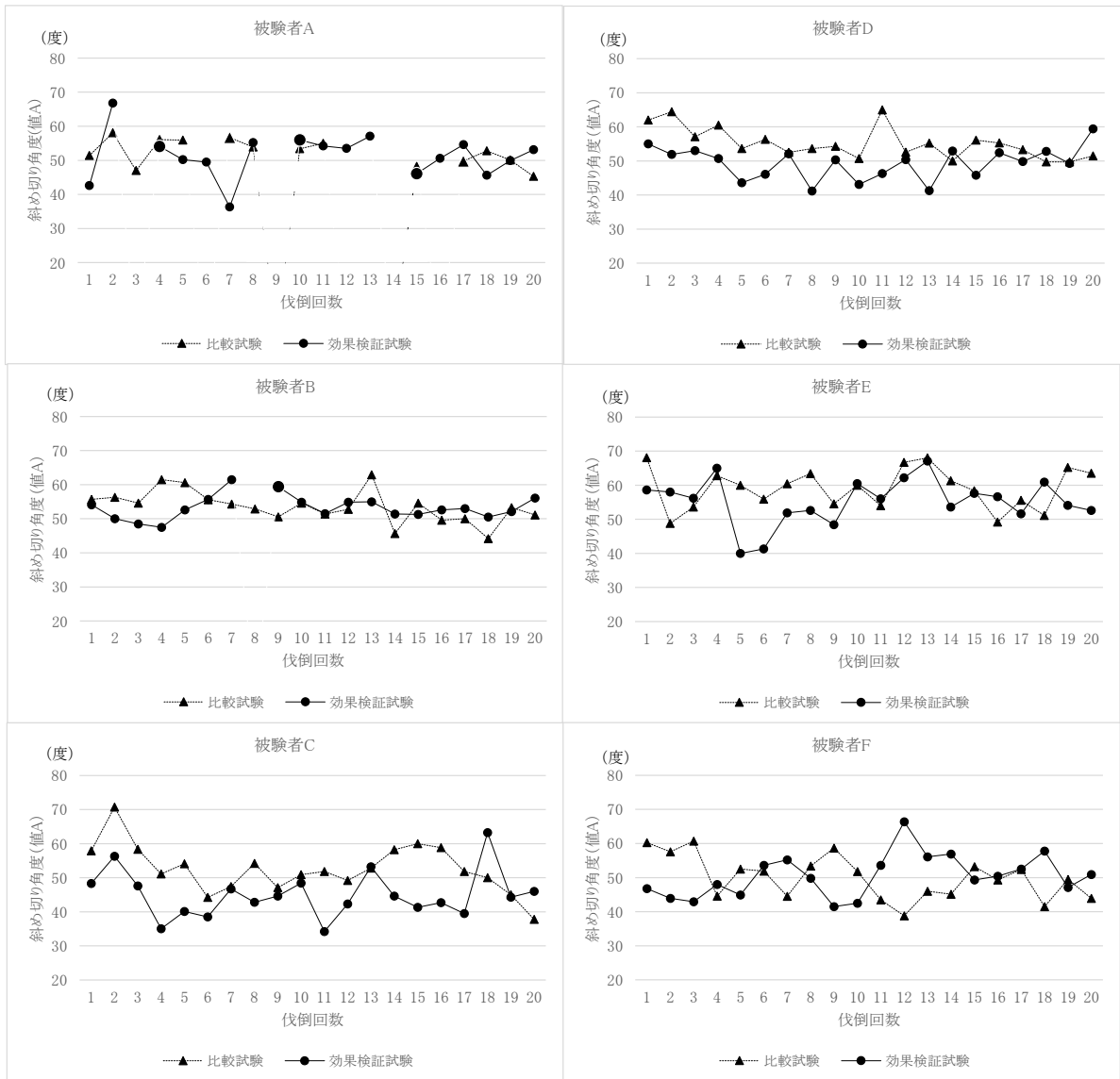


図-3.9 伐倒作業ごとの値の変化 (斜め切り角度 (値A))

ツル幅のズレ（値 B）については、被験者 B は 16.4 mm（比較試験）から、7.7 mm（効果検証試験）、被験者 C は 12.3 mm（比較試験）から、6.9 mm（効果検証試験）と平均値を半分程度に値を小さくしている。また、これらの被験者は標準偏差も、被験者 B が 15.0 mm（比較試験）から、6.3 mm（効果検証試験）、被験者 C が 13.4 mm（比較試験）から、3.0 mm（効果検証試験）と値を小さくしている（図-3.8）。比較試験と比べて効果検証試験で精度を向上させている被験者 B, C の伐倒ごとの値の変化を見ると、比較試験では、伐倒作業毎に値の振幅が多く 40 mm を超える値があるのに対して、効果検証試験では、被験者 B は伐倒作業 3 回目以降から値が 15mm 以内に収まっており、被験者 C は全ての伐倒作業の値が 15 mm 以内に収まっている（図-3.10）。他の被験者については、比較試験と効果検証試験の平均と標準偏差の値に変化が見られなかった。

これらの結果から、被験者 B, C は、数値による作業結果の確認と次の作業へのフィードバックを行った効果が出ていることが推察される。両試験共に伐倒作業毎の値の振幅が大きい被験者 A, D は、受口の斜め切り角度（値 A）と同様に、効果検証試験でチェーンソーの操作が思うように上手く行えなかったと話している（図-3.10）。一方、被験者 E, F についても被験者 A, D と同様に効果検証試験でチェーンソーの操作が思うように上手く行えなかったと感じていると話していたが、被験者 E, F については、比較試験の平均と標準偏差の値が他の被験者と比べて小さく。このことから、被験者 A, D と E, F では、どちらも比較試験に対して効果検証試験の値が変化しなかったが、このような結果を示した原因は異なることが考えられる。被験者 A, D が繊細にチェーンソーを操作することが不得意であることが原因として、被験者 E, F については、被験者の元々の技能が高く、伐倒作業毎の値の振幅は小さく比較試験の値が小さく良い結果が出ていたことが、効果検証試験と比較試験の値の差が出なかった原因として推察される。

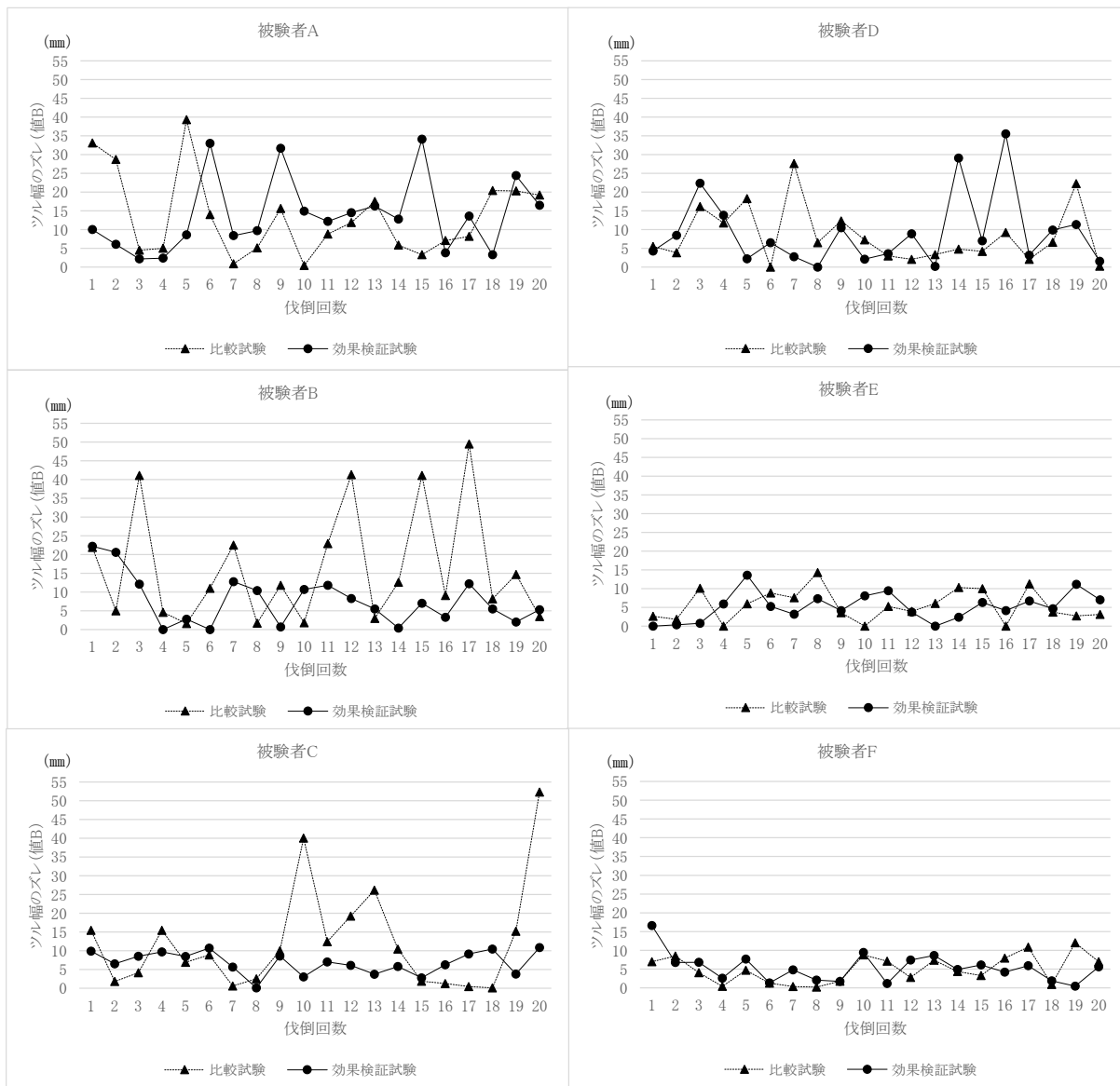


図-3.10 伐倒作業ごとの値の変化 (ツル幅のズレ (値B))

ツル高のズレ（値C）については、被験者Aは15.1mm（比較試験）から、11.4mm（効果検証試験）、被験者Fは11.9mm（比較試験）から、6.8mm（効果検証試験）と平均値を小さくしている。また、これらの被験者は標準偏差も、被験者Aが15.8mm（比較試験）から、5.9mm（効果検証試験）、被験者Fが6.7mm（比較試験）から、4.4mm（効果検証試験）と値を小さくしている（図-3.8）。被験者Aは全ての項目に対してチェーンソーの操作が思うように行かなかったと話していたが、効果検証試験での値の振幅の幅は斜め切り角度（値A）やツル幅のズレ（値B）の値と比べて小さく、ツル高を合わせる操作については他と比較して長けていることが考えられる。被験者Bは比較試験と効果検証試験で平均値に変化はなかったが、標準偏差は5.4mm（比較試験）から、10.0mm（効果検証試験）と大きい。伐倒作業毎の値変化を見ると、作業の前半（作業1回目から6回目）に値の振幅が大きいことが分かる（図-3.11）。比較試験と効果試験で平均値が被験者Bは被験者Aとは逆に、全体としてチェーンソーの操作がうまくできたと話しており、受口の斜め切り角度（値A）とツル幅のズレ（値B）に関しては、その通りの結果が出ていたが、ツル高のズレ（値C）に関しては異なる結果となった。

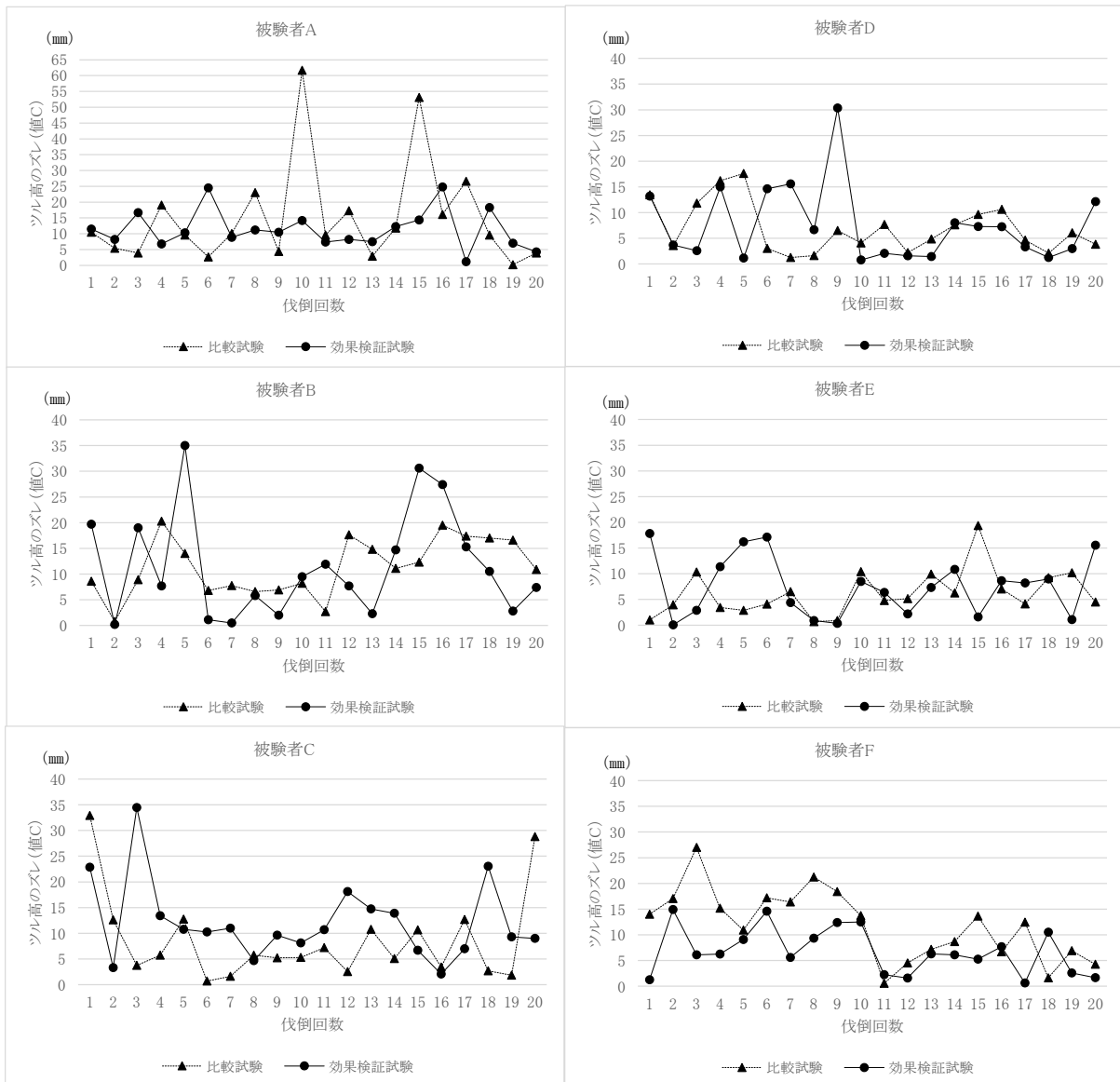


図-3.11 伐倒作業ごとの値の変化 (ツル高のズレ (値C))

効果検証試験では伐倒作業を行う毎に、受口の斜め切り角度（値 A）、ツル幅のズレ（値 B）とツル高のズレ（値 C）を計測した。全体として、作業の計測結果を基に検討した調整内容を、次の伐倒作業で実行する際に、チェーンソーの操作がうまくいかず検討内容に反した結果となる傾向が見られた。どの評価項目も、比較試験では伐倒作業毎に値があまり大きく振幅せずになだらかに変化しているにもかかわらず、効果検証試験では値の振幅が大きくなっている評価項目も見られる。これは、チェーンソーを操作する際に、数値を意識するあまり力んでしまったこと、または、その被験者のイメージする切り込み角度や幅と実際の値とに食い違いがあることが原因として考えられる。谷口ら（57）は、計器に表示される数値を見ながらきりもみを行うことで、技能を数値で理解しそれを次の動作にフィードバックすることで技能の習得を早める方法で教育をしたところ、被験者のきりもみ技能を向上させる効果を有することが分かったと報告している。この報告の中で、良い結果が出るときの感覚を身につけるサポートとして数値を利用すると述べられている。今回の調査では、数値により技能を評価しているものの、評価のタイミングは作業の終了後であるため、作業中の感覚と結果が一致していないことが考えられる。そのため、前の作業の計測結果を基に検討した修正内容を、チェーンソーを操作して再現することができず作業精度が上がらなかったと考える。今後は良い結果が出るときの感覚を身につけるサポートとして数値を利用し、作業の感覚と結果を一致させることができるような評価方法を検討が必要である。

また、受口の斜め切り角度は全ての被験者が 45 度よりも広い角度で切りこむ癖があることや、被験者それぞれが三つの評価項目に対して得手不得手があり、得手不得手の内容は被験者毎に内容が異なることが分かった。これは、伐倒作業を構成する技術項目をそれぞれ評価することで得られた情報である。伐倒作業では、安全に適切な方向に立木を倒す技能が求められるが、その目的を達成するためには複数ある技術項目全てを適切に行う技能が必要である。技能を結果だけでなく作業を構成する技術項目をそれぞれ評価することで、教育を受ける生徒の技能の習得状況を評価項目ごとに個別に知ることができる。得られた情報を指導に反映することで、よりの確な指導が可能になることが推察される。

以上のことから、定量的な技能評価により効果的に技能教育を行うためには、作業の感覚と結果を一致させることができるような評価方法の検討が必要であること、技能を結果だけでなく作業を構成する技術項目をそれぞれ評価し、得られた情報を指導に反映することで、よりの確な指導が可能になることが推察される。本調査は被験者の人数が少ないため、得られた結果と被験者へのヒアリング内容から限定的な考察に留まる。今後、更に多くの被

験者で同様の調査を行い、分析を行う必要があると考える。

6. 小括

「評価項目の設定」と「評価の客観化」の二つの課題に着目し、チェーンソーの操作技能教育に求められる評価項目とその方法について提案した。チェーンソーによる伐木技能の教育には、受口と追口の作成技能、チェーンソーの基本操作、保護具の着用や作業の安全性を定量的に評価することが望まれると考える。チェーンソーの操作技能の競技会である世界伐木チャンピオンシップ（WLC）の伐倒競技における技能評価項目とその方法は、これらの条件を満たしており、チェーンソーによる伐木技能の教育において利用することが可能であると考え、教育への活用を提案する。

また、WLC の伐倒競技の評価項目と精度に基づき定量的な評価することで、受口と追口の作成技能にどのような影響が表れるかを確認し、チェーンソーによる伐木技能の教育への適用した場合の効果と課題を明らかにした。その結果、定量的な技能評価により効果的に技能教育を行うためには、作業中の感覚と評価により得られる作業の結果の明確な一致が必要であることが示唆された。また、技能を結果だけでなく作業を構成する技術項目をそれぞれ評価し、得られた情報を指導に反映することで、よりの確な指導が可能になることが推察される。

第4章 模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題の検証

1. はじめに

第3章で、チェーンソーによる伐木技能の教育には、受口と追口の作成技能、チェーンソーの基本操作、保護具の着用や作業の安全性を定量的に評価することが望まれ、WLCの伐倒競技における技能評価項目とその方法を教育へ活用することを提案した。本章では、第3章での提案を基にした、チェーンソーの操作技能の習得を目的としたトレーニングについての検討を行う。具体的には、模擬資材を使用したトレーニングを対象とする。模擬資材とは短く切った丸太を立てた状態で固定したものであり、土場や研修施設などの平地にて使用する。模擬資材を使用したトレーニングは、チェーンソーの操作技能の習得を主目的としており、適切な受口と追口およびそれらにより作られるツルの作成方法と、正確な伐倒方向の定め方の実技について反復練習を実施できる。立木による実技研修よりも少ない資材で繰り返しトレーニングが行えること、ツルの切りすぎなどの失敗をしても伐倒木に由来した災害の危険がなく安全であること、足場が安定していること、更に、落下物に対する配慮の必要がないことがこのトレーニング方法の利点としてあげられる。海外の森林研修所では、山林内での実技研修の前に、研修施設内で研修機材を使用した伐倒、丸太切り、枝払いなどの事前研修が行われている。この事前研修の際に模擬資材を活用したトレーニング方法は用いられている(63)。日本では、オーストリアの研修施設の設備を参考に作成された、伐倒技能研修装置が鳥取県に導入されており、平成29年3月から伐倒研修などで用いられている。また、チェーンソーメーカーが日本伐木チャンピオンシップの出場選手向けのトレーニングとして同様のトレーニング方法を紹介し、林業大学校や行政主催の研修会で広く取り入れられているなど、多くの活用実績もある。

しかし、模擬資材を使用したトレーニングに、受口と追口の作成技能の習得に対してどのような効果と課題があるかは明らかにされていない。そのため本章では、模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題を明らかにすることを目的とする。

始めに、模擬資材を使用したトレーニングが、従来の伐木技能の研修で多く採用されている立木を使用したトレーニングと比較して、どのような効果と課題があるかの検証を行

う。次に、模擬資材を使用してトレーニングを行うことで、受口と追口の作成技能の習得にどのような効果と課題があるかの検証を行う。評価項目は、前章で提案した項目のうち、倒伏過程の樹木を支え、狙いどおりの方向に倒すための蝶つがいの役割を果たすツルの幅と高さおよび伐倒方向を定める技能が、安全に伐倒を行うために特に重要であると考え調査の対象とした。

2. トレーニング資材としての模擬資材の効果と課題の検証

本節では、模擬資材を使用したトレーニングが、現在の伐木技能の研修で多く採用されている立木を使用したトレーニングと比較して、どのような効果と課題があるかの検証を行った。従来の緑の雇用集合研修で行われているトレーニングでは、立木を使用してトレーニングが行われている。そのため、比較対象として立木を使用したトレーニングを選んだ。

2.1 材料と方法

2.1.1 調査の手順

模擬資材を使用したトレーニングを行うグループと、立木を使用したトレーニングを行うグループを設け調査を行った。本調査は模擬資材のトレーニング資材としての効果と課題を検証する目的で行う。そのため、比較対象である立木を使用したトレーニングは、現在緑雇用の集合研修の実施方法を採用した。どちらのグループも調査期間は一日とした。調査時間は午前9時から午後16時の7時間（昼食1時間を含む）とした。調査開始直後（1回目）、昼食後（2回目）、調査終了前（3回目）の3回技能評価テストを行った。トレーニングはテスト1回目と2回目の間（午前）と、テスト2回目と3回目の間（午後）に行った（図-4.1）。

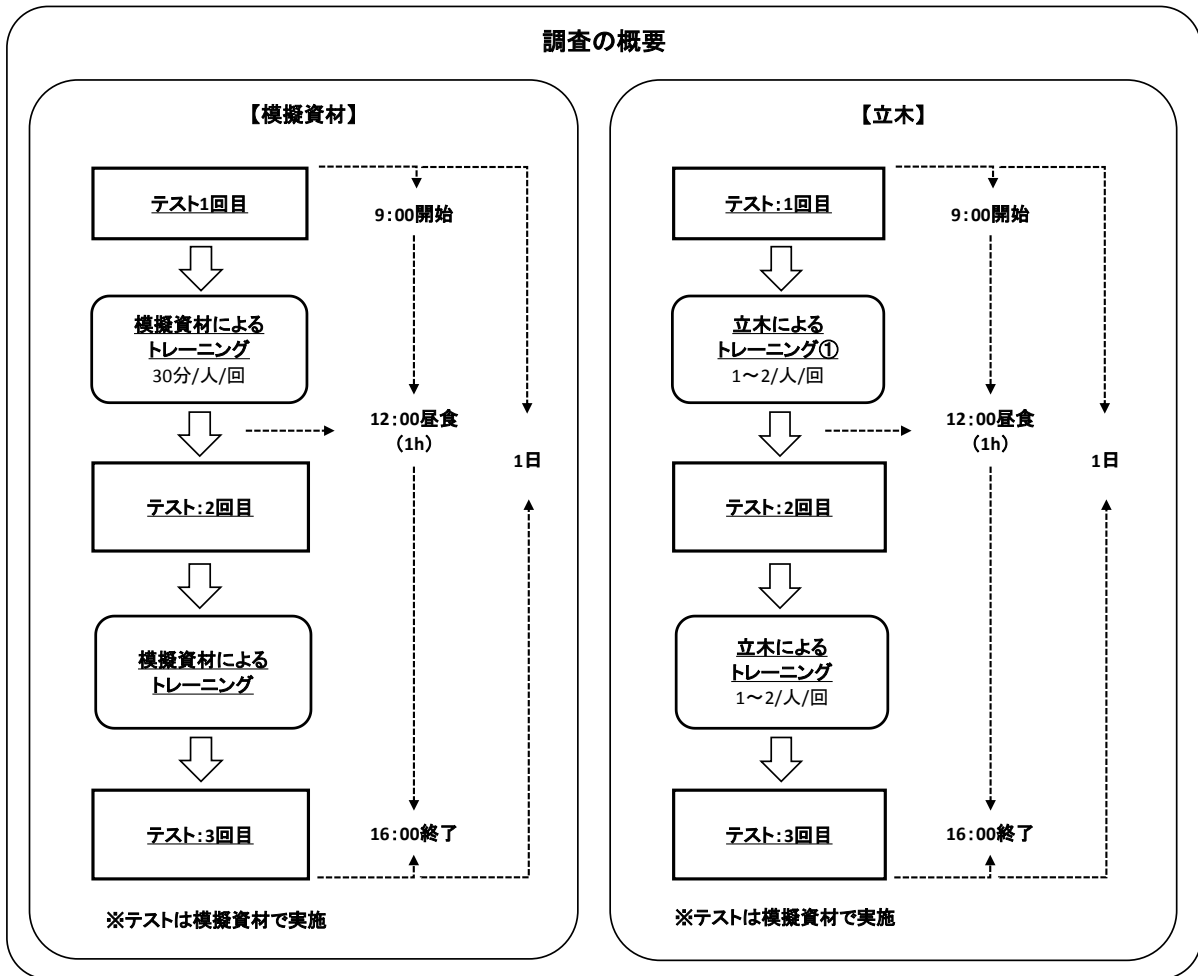


図-4.1 調査の概要

2.1.2 被験者

本研究では、序論で述べたようにチェーンソーによる伐木作業のうち「操作」に該当する技能を対象としている。これは、「操作」の技能を就業前もしくは就業初期に身に着けることで、その後のトレーニングや就業などの経験から得られる認知や判断する力がスムーズに操作に結びつき作業に反映されると考えるためである。よって、就業年数の浅い緑の雇用研修生であるフォレストワーカー1年生（FW1）と2年生（FW2）を被験者とした。模擬資材を使用したトレーニングと立木を使用したトレーニングは、それぞれ異なる被験者が実施した。模擬資材を使用したトレーニングは、岩手県のFW2男性4名、静岡県のFW1男性5名、FW1女性1名、FW2男性13名、鳥取県のFW1男性7名の合計30名が行った。立木を使用したトレーニングは、岩手県のFW2男性4名、静岡県のFW1男性5名、FW1女性1名、FW2男性6名の合計16名が行った（表-4.1）。

表-4.1 被験者

調査日	岩手県 2017年7月10日				静岡県 2017年9月4日				鳥取県 2017年11月28日				
	研修年	性別	年齢		研修年	性別	年齢		研修年	性別	年齢		
模擬資材	A-1	2年生	男	27	A-5	1年生	男	30	A-24	1年生	男	28	
	A-2	2年生	男	52	A-6	1年生	男	33	A-25	1年生	男	24	
	A-3	2年生	男	25	A-7	1年生	男	26	A-26	1年生	男	18	
	A-4	2年生	男	31	A-8	1年生	男	25	A-27	1年生	男	30	
					A-9	1年生	男	42	A-28	1年生	男	18	
					A-10	1年生	女	24	A-29	1年生	男	18	
					A-11	2年生	男	23	A-30	1年生	男	23	
					A-12	2年生	男	21					
					A-13	2年生	男	36					
					A-14	2年生	男	21					
					A-15	2年生	男	26					
					A-16	2年生	男	44					
					A-17	2年生	男	30					
					A-18	2年生	男	42					
					A-19	2年生	男	31					
					A-20	2年生	男	25					
					A-21	2年生	男	36					
					A-22	2年生	男	34					
					A-23	2年生	男	39					
	(合計30人)			(4人)				(19人)				(7人)	
	立木	B-1	2年生	男	41	B-5	1年生	男	18				
		B-2	2年生	男	22	B-6	1年生	男	18				
		B-3	2年生	男	28	B-7	1年生	男	21				
B-4		2年生	男	26	B-8	1年生	男	20					
					B-9	1年生	男	32					
					B-10	2年生	男	32					
					B-11	2年生	男	24					
					B-12	2年生	男	25					
					B-13	2年生	男	19					
					B-14	2年生	男	21					
					B-15	2年生	男	38					
					B-16	2年生	女	19					
(合計16人)				(4人)				(12人)				(-)	

2.1.3 模擬資材

本調査で使用する模擬資材は、1m程度の長さに切ったスギ丸太を立てた状態で固定したものである（図-4.2）。作業手順を統一することを目的に、模擬資材の太さは一度の鋸断で会合線およびツルを作ることができるよう、ツルの弦と平行な向きに丸太径は被験者が使用するチェーンソーのガイドバーの長さよりも小さいものとした。丸太径はツルと平行に丸太の中心の値を記録した。この模擬資材に伐倒目標を定めて受口と追口を鋸断しツルを作成する。技能評価テストに使用した模擬資材の丸太径は、最小 26.0 cm，最大 36.0 cm，平均 30.0 cm，標準偏差 1.5 cm である。



図-4.2 模擬資材

2.1.4 トレーニングの方法

2.1.4.1 模擬資材を使用したトレーニング

トレーニングでは、ツル幅・ツル高・伐倒方向を、指示された形状に正確に作成する技能の習得を目的に行った。指導内容による結果のバラツキを出さないために、トレーニングを始める前に全体に対して、次のことを指示および指導をした。

- 1) 伐倒方向は 15m 先に立てたポールを目標とし、伐倒方向の決定にはチェーンソーに付属するガンマーク（図-4.3）を使うこと。ガンマークを覗き、ガンマークのラインの先にポールが重なった点が、ポールに伐倒方向が合っている状態である。ガンマークは、なるべく視線を下げて覗くようにする。
- 2) 受口は水平切りから行い、このときにガンマークを使用して伐倒方向を定めること。受口の水平切りは、チェーンソーに付属するスパイクを使用する。スパイクの差し込み箇所を支点とすることで、手元のブレがなくなり受口の会合線を直線で作成することが可能になるためである（図-3.4）。作成の途中にスパイクが抜けると支点がずれ、一度定めた伐倒方向が狂う可能性があるので十分注意すること。
- 3) 受口の斜め切りの作成角度および深さの具体的な指示はせず、被験者の任意とする。受口の斜め切りを行う場合には、受口角度が狭くなりすぎないように、下切り深さと同様の高さから切り込みを入れること。
- 4) 受口と追口の作成位置が高くなりすぎないように、受口の斜め切りの上端が地面から 50 cm 以下となるよう作成すること。
- 5) ツル幅、ツル高共に、全体が直線で均一な幅および高さになるように作成すること。これらの作成寸法の具体的な指示はせず、被験者の任意とする。
- 6) ツルを直線で作成するために、受口の水平切りと同様に、図-3.4 のように追口の鋸断にもスパイクを使用して行うこと。作成途中にスパイクが抜けないうち十分注意すること。
- 7) トレーニングでは受口と追口を作成するごとに、伐倒方向・ツル幅・ツル高の計測を行い、鋸断が正確にできたかを自身で確認すること。
- 8) トレーニングでは 7) で得られた結果をもとに、自身でより正確な鋸断を行うために注意すべきポイントを考え、次の鋸断を行う。トレーニング時間中は可能な限りこの作業を繰り返し、計測対象となる項目の精度を上げることを目指す。

1回1人あたり30分のトレーニングを行ったが、この時間に丸太を設置する時間は含まれていない。



図-4.3 ガンマーク

2.1.4.2 立木を使用したトレーニング

前項で述べたように、立木を使用したトレーニングは、従来の緑の雇用集合研修で行われている一般的な方法にて実施した。研修生4～6人が1班に対して講師1人が指導にあたった。1回1人あたり1～2本伐倒しトレーニングを行った。他の研修生が伐倒をしている時は、その研修生の指導の様子を見学する。トレーニング中に、受口と追口の作成ごとに評価項目を生徒自身が計測して、トレーニングの成果の確認はしていない。模擬資材を使用したトレーニングと指導内容のバラツキを出さないために、トレーニングを始める前に全体に対して、2.1.4.1項と同様の指示および指導をした。

2.1.5 技能評価テスト

テストでは受口と追口の作成を行う前に、トレーニングで被験者に示した2.1.4.1項の1)から6)と同様の指示をした。本調査の目的はチェーンソーの操作技能の評価を目的で行うものであこと、両グループのテスト時の作業条件を揃える目的であることから、立木を使用したトレーニングを行った被験者も、技能評価テストは模擬資材を使用した。

2.1.5.1 計測項目

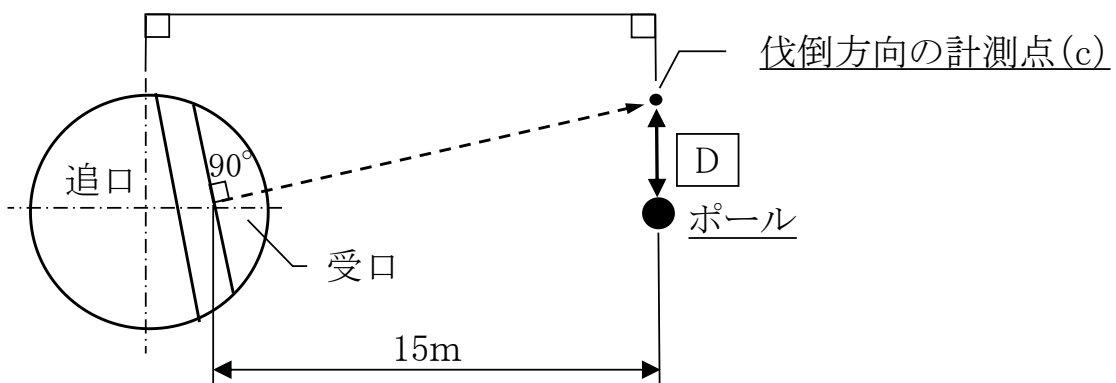
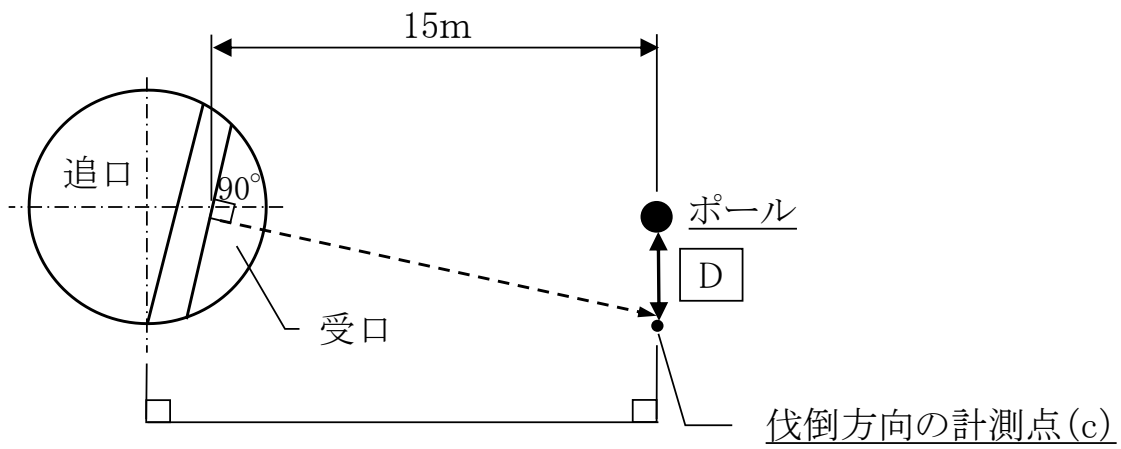
本調査では技能の習得状況を、被験者が意図した通りにチェーンソーを操作し、指示の通りに伐倒方向を定めツルの作成ができていないかを絞るツルの幅と高さや伐倒方向を定める技能について評価をした。本研究ではチェーンソーによる伐木作業のうち「操作」に該当する技能を対象としており、チェーンソーの操作技能の評価を行う。そのため、被験者が指示された内容に対してどの程度正確に各項目の作成ができていないかを評価する。また第3章で、技能を結果だけでなく作業を構成する技術項目をそれぞれ評価し、得られた情報を指導に反映することで、よりの確かな指導が可能になることが推察されるという結果が得られた。そのため、各項目の作成精度を個別に評価する。実際の伐木作業において“伐倒方向”とは、伐倒対象である立木の重心やツルの作成形状など作業に関わる様々な要素により定まるものであるが、ツルの作成形状の影響は考慮しない。

本調査では、これらの項目を評価するにあたり次のことを前提とする。2.1.3項でも述べたように、一度の鋸断で会合線およびツルを作ることができる丸太径の模擬資材を使用し、さらにスパイクを支点としてツルの作成を行うことで、その形状が丸太内部で曲がらず直線で作成されるように配慮した。そのため、ツルの両端の寸法が同じであればツルが均一

に作成されていると判断した。次に、伐倒方向を定める作業ではガンマークを使用している。ガンマークは受口の会合線から90度方向に15m先での対象物と合うように設計されている。そのため、被験者が作成した受口の会合線から90度方向に伸ばした直線の15m地点を伐倒方向とする。

2.1.5.2 計測方法

ツル幅は、模擬資材の外側からツルの左右両端を計測した値の差の絶対値 B をツル幅のズレの値とした(図-3.6)。値 B は丸太の周長ではなく、受口の会合線の端点からの直線距離とした。計測は、受口の会合線に曲尺を合わせ、受口の会合線の端点と追口の端点の水平距離をデジタルノギスで計測した。ツル高もツル幅と同様に、模擬資材の外側からツルの左右両端を計測した値の差の絶対値 C をツル高のズレの値とした(図-3.7)。計測は、受口の会合線直近部分の水平切り面と、追口のツル直近部分の下面をデジタルノギスで計測した。ガンマークは、ガイドバーの中心線に対して90度方向に伸ばした線と15m先で交わるよう設計されている。そのため、ガンマークを目安に作成された受口の会合線に対して、90度の方向を評価する伐倒方向とし、ポールとの水平距離 D を伐倒方向のズレの値とした。伐倒目標となるポールから左右どちらにずれていても区別はしていない(図-4.6)。計測には、図-4.7の計測板を使用した。計測板には、受口の会合線に合わせる辺(a)に対して90度にガイド線が引かれている。また、ガイド線の始点(b)に、15mを越える長さの水糸が取り付けられている。計測板に引かれたガイド線と重なるように張った水糸の図-4.6の伐倒方向の計測点(c)とポールとの距離を巻尺で計測した。



※ 値Dは左右の区別はせずどちらにずれても同じく評価する

図-4.6 伐倒方向のズレ (値D)

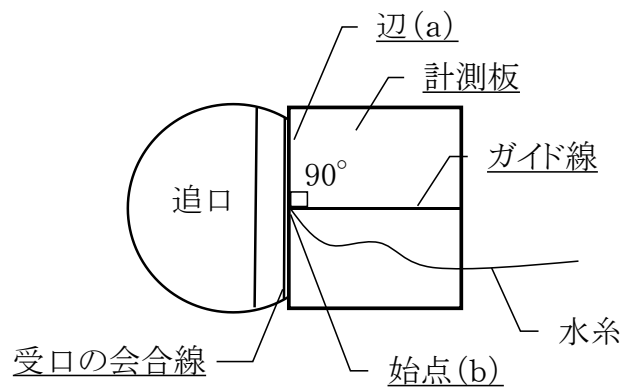


図-4.7 伐倒方向の計測器具

2.1.6 分析方法

ツル幅のズレB, ツル高のズレC, 伐倒方向のズレDについては, 各トレーニングがテストの計測結果にどのように影響を与えているか考察するため, 応答変数をツル幅のズレ B, ツル高のズレC, 伐倒方向のズレD, 説明変数をテスト回数, 模擬資材の丸太径として重回帰分析を行った。これらの被験者全体の値の変化に加え, 被験者個人ごとの値の変化による分析も行った。

2.2 結果と考察

本調査では, 模擬資材の丸太径のバラツキがそれぞれの値に対して影響しているかについても確認した。その結果, ツルと伐倒方向の評価項目において模擬資材の丸太径は影響していないということが確認できた (表-4.2)。

ツル幅のズレ (値 B) は, 模擬資材を使用したトレーニングでは, 平均値はテスト 1 回目 13.26 mm, テスト 2 回目 8.31 mm, テスト 3 回目 11.74 mm (図-4.8), 標準偏差はテスト 1 回目 13.19 mm, 2 回目 7.67 mm, テスト 3 回目 15.16 mmと (図-4.9), 平均値, 標準偏差共に午前のトレーニングの後に一旦値が小さくなるものの, 午後のトレーニングの後に大きくなっている。立木を使用したトレーニングでは, 平均値はテスト 1 回目 21.08 mm, テスト 2 回目 12.44 mm, テスト 3 回目 12.74 mm, 標準偏差はテスト 1 回目 16.55 mm, 2 回目 10.52 mm, テスト 3 回目 15.25 mmと, 平均値は午前のトレーニング後に値が小さくなり, その後ほぼ変化はない。立木を使用したトレーニングでは, 標準偏差は午前のトレーニングの後に一旦値が小さくなるものの, 午後のトレーニングの後に大きくなっている。立木を使用したトレーニングでは, トレーニング後に行ったテストでテスト 1 回目よりも精度が上がっているが, 標準偏差の値はテスト 3 回目で大きくなっており, 両試験共に被験者全体の値の変化に対するトレーニングによる効果はないと推察する。

図-4.10, 4.11 は両トレーニングの被験者ごとのテスト 1 回目の値と, その後のテストでの値の変化を示しており, テスト 1 回目の精度の低い被験者から順に並べている。テスト 2 回目と 3 回目は, テスト 1 回目の値との差を示している。値がプラスであれば 1 回目よりも精度が下がっていることを示し, 値がマイナスであれば精度が上がっていることを示す。テスト 1 回目とトレーニング後に行ったテスト (テスト 2 回目・3 回目) での値の変化に着目すると, ツル幅のズレ (値 B) は, 模擬資材を使用したトレーニングではテスト 1 回目の値が 9.43 mm (被験者 A-24), 9.05 mm (被験者 A-11), 6.88 mm (被験者 A-13), 1.48

mm (被験者 A-10), 0.10 mm (被験者 A-8), 0.10 mm (被験者 A-18), 0.00 mm (被験者 A-29) が, 立木を使用したトレーニングではテスト 1 回目の値が 23.00 mm (被験者 B-10), 12.00 mm (被験者 B-8), 3.84 mm (被験者 B-15) が, トレーニングの後に行ったテストで一度も精度を上げられていない。基準となるテスト 1 回目の精度が高ければ, その後更に精度を上げることは難しくなるが, これらの値の最大値は模擬資材を使用したトレーニングでは 9.43 mmなのに対して, 立木を使用したトレーニングでは 23.00 mmであった。

図-4. 12, 4. 13 は両トレーニングのテスト 3 回目の値を示している。模擬資材を使用したトレーニングでは, 30 人中 20 人が, 立木を使用したトレーニングでは 16 人中 10 人が 10 mm以内に収まっている。

トレーニングの後に行ったテストで基準となるテスト 1 回目の値よりも精度を上げられていない値の最大値は, 模擬資材を使用したトレーニングの方が小さく, 基準となるテスト 1 回目の精度が高い被験者がトレーニング後にさらに精度を上げている。しかし, テスト 3 回目の値が 10 mm以内に収まっている被験者の割合は, 模擬資材を使用したトレーニングで 67%, 立木を使用したトレーニングで 62%と, 模擬資材を使用したトレーニングの方がわずかに高い。また, 重回帰分析の結果ツル幅のズレ (値 B) は, 両トレーニング共にテスト回数に 5%水準で有意な差はなかった (表-4. 2)。これらのことから, 模擬資材を使用したトレーニングは, 立木を使用したトレーニングと比較して技能の習得に対する効果の明らかな差はないと考える。

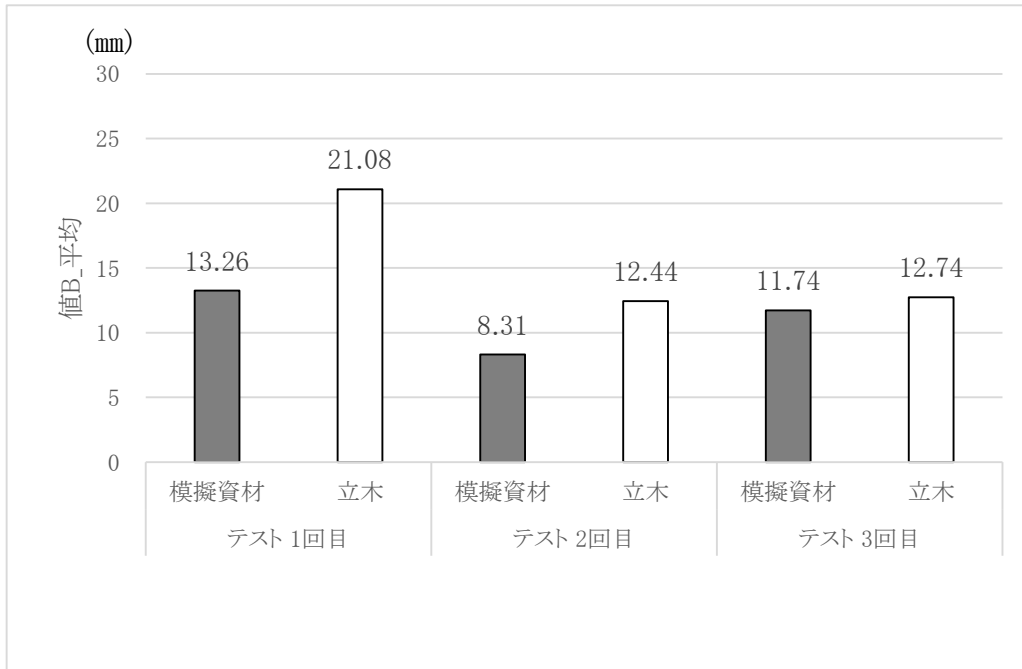


図-4.8 ツル幅のズレ (値 B) 平均値

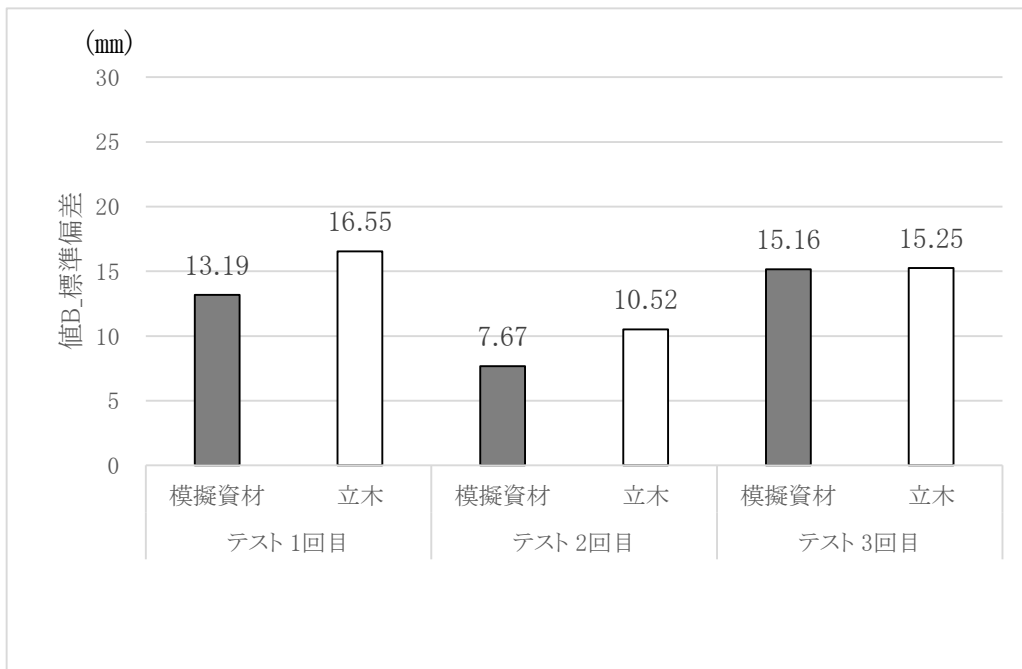


図-4.9 ツル幅のズレ (値 B) 標準偏差

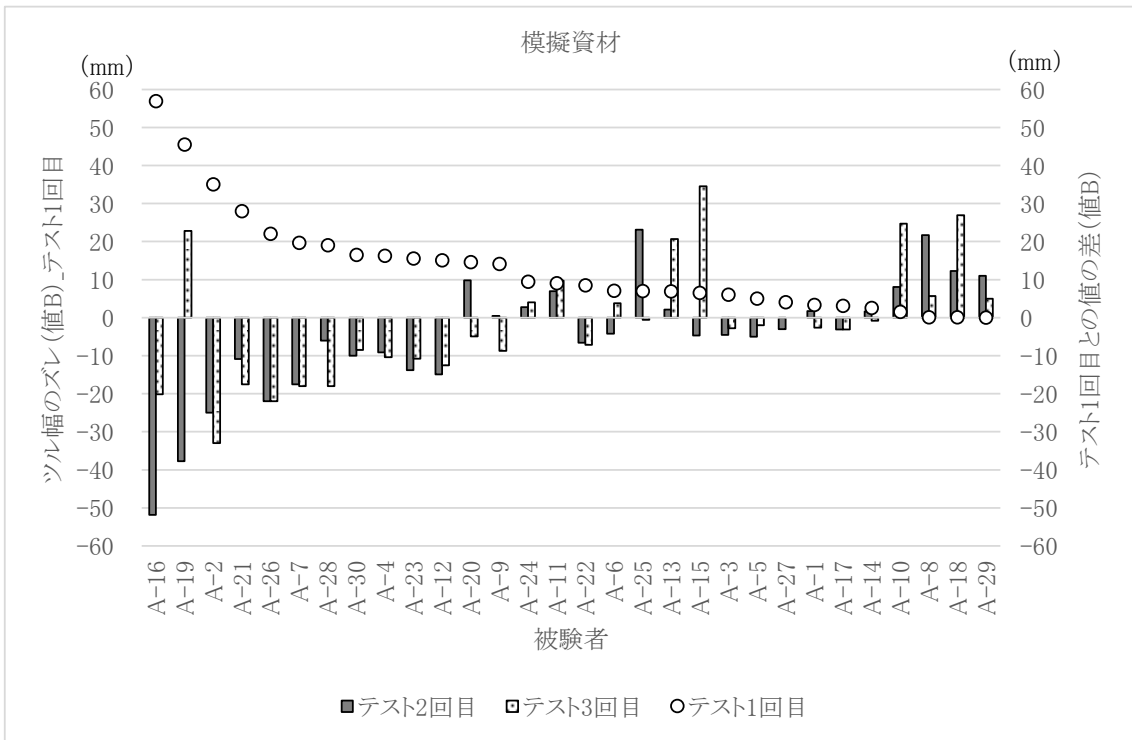


図-4.10 ツル幅のズレ (値B) 個人の値_模擬資材

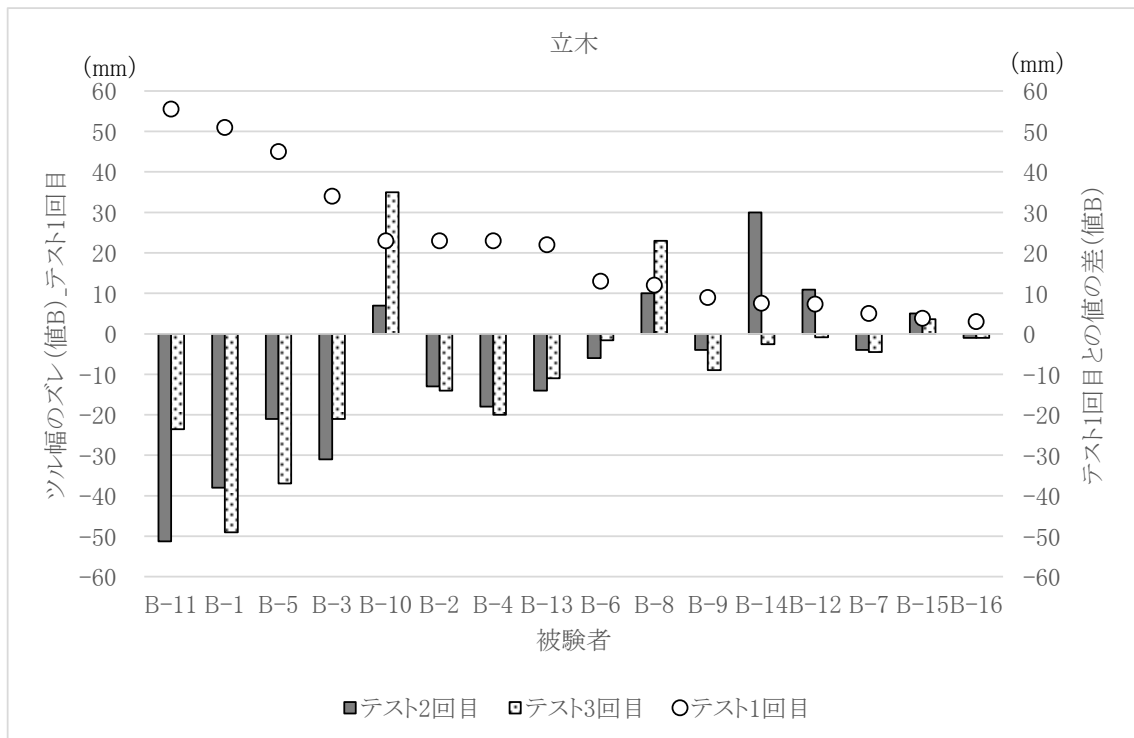


図-4.11 ツル幅のズレ (値B) 個人の値_立木

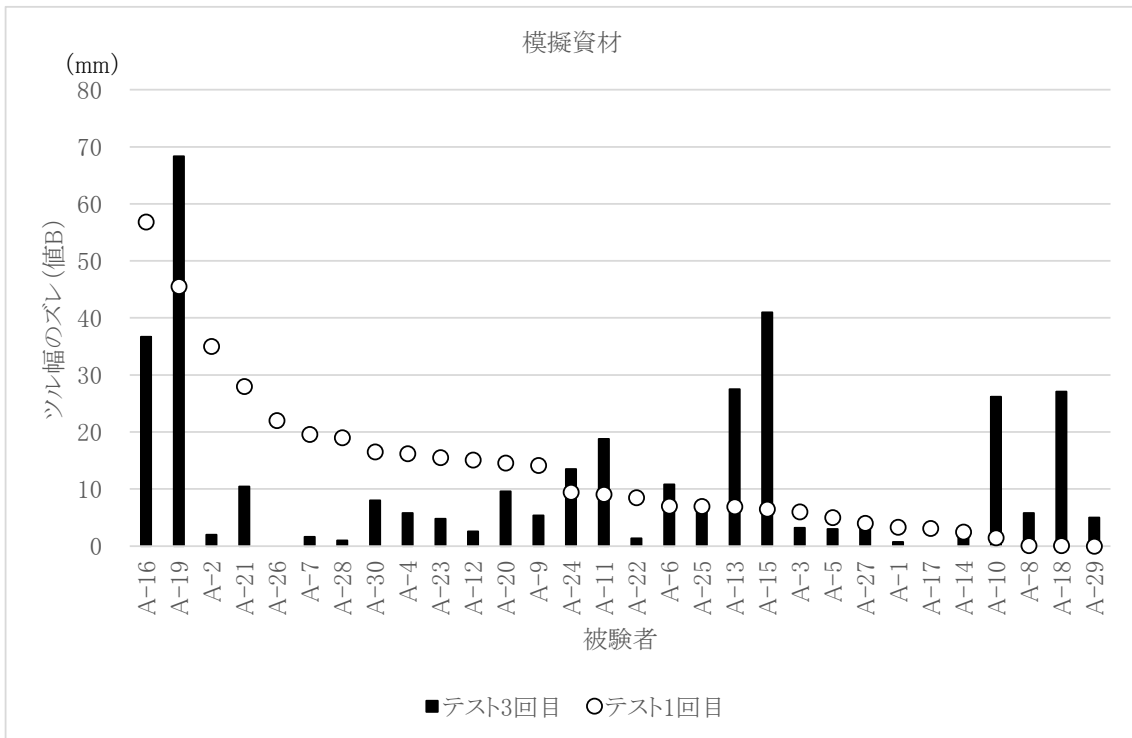


図-4.12 ツル幅のズレ (値B) テスト3回目の値_模擬資材

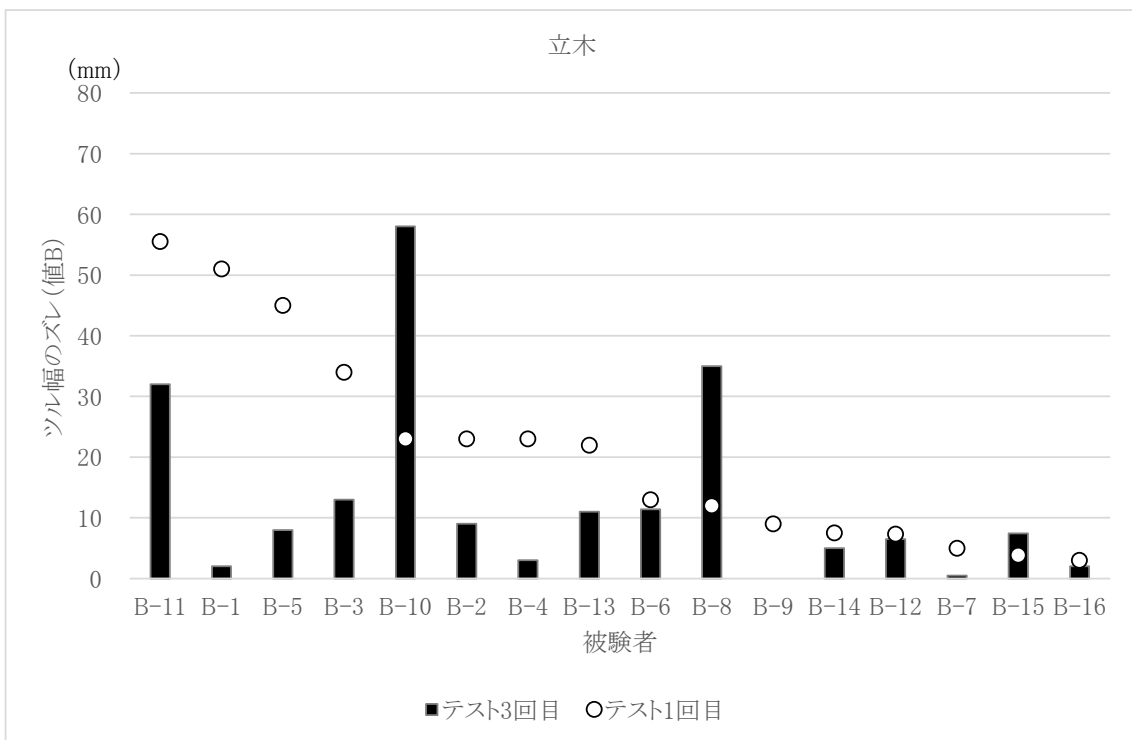


図-4.13 ツル幅のズレ (値B) テスト3回目の値_立木

表-4.2 平均値と標準偏差

(ツル幅のズレ (値 B), ツル高のズレ (値 C), 伐倒方向のズレ (値 D))

		立木	模擬資材
		t 値	t 値
ツル幅のズレ (値B)	テスト回数	-0.555	-0.395
	模擬資材の丸太径	1.757	0.141
ツル高のズレ (値C)	テスト回数	-0.645	-0.208
	模擬資材の丸太径	-0.141	-0.446
伐倒方向のズレ (値D)	テスト回数	0.679	-2.164 *
	模擬資材の丸太径	0.274	-0.726

* : P<0.05

ツル高のズレ（値 C）は、模擬資材を使用したトレーニングでは、平均値はテスト 1 回目 11.23 mm、テスト 2 回目 10.12 mm、テスト 3 回目 10.96 mm（図-4.14）、標準偏差はテスト 1 回目 8.83 mm、2 回目 18.71 mm、テスト 3 回目 12.06 mmと（図-4.15）、平均値は大きな変化は見られず、標準偏差は午前のトレーニングの後に大きく値が増加している。これは被験者 A-20 と A-24 の値の影響が考えられる。立木を使用したトレーニングでは、平均値はテスト 1 回目 20.36 mm、テスト 2 回目 11.97 mm、テスト 3 回目 15.83 mm、標準偏差はテスト 1 回目 28.15 mm、2 回目 10.20 mm、テスト 3 回目 11.48 mmと、平均値、標準偏差共に、トレーニング後のテストで値は小さくなっているが、午後のトレーニング後に値がわずかに大きくなっている。ツル高のズレ（値 C）は、模擬資材を使用したトレーニングのテスト 2 回目の標準偏差の値の増減の違いはあるものの、ツル幅のズレ（値 B）とほぼ同様の傾向を示している。立木を使用したトレーニングでは、トレーニング後に行ったテストでテスト 1 回目よりも精度が上がっているが、テスト 1 回目の値が大きいことや、テスト 2 回目で値は小さくなっているがテスト 3 回目でまた大きくなっていることから、両試験共に被験者全体の値の変化に対するトレーニングによる効果はないと推察する。

テスト 1 回目とトレーニング後に行ったテスト（テスト 2 回目・3 回目）での値の変化に着目すると、ツル高のズレ（値 C）は、模擬資材を使用したトレーニングではテスト 1 回目の値が 13.00 mm（被験者 A-29）、8.82 mm（被験者 A-20）、7.08 mm（被験者 A-7）、6.10 mm（被験者 A-6）、5.00 mm（被験者 A-27）、0.30 mm（被験者 A-8）が（図-4.16）、立木を使用したトレーニングではテスト 1 回目の値が 9.00 mm（被験者 B-7）、8.46 mm（被験者 B-15）、5.00 mm（被験者 B-4）、2.97 mm（被験者 B-16）、1.97 mm（被験者 B-12）が（図-4.17）、トレーニングの後に行ったテストで一度も精度を上げられていない。この値の最大値は、模擬資材を使用したトレーニングでは 13.00 mmなのに対して、立木を使用したトレーニングでは 9.00 mmであった。

両トレーニングのテスト 3 回目の値を見ると、模擬資材を使用したトレーニングでは、30 人中 18 人が（図-4.18）、立木を使用したトレーニングでは 16 人中 7 人が（図-4.19）10 mm以内に収まっている。トレーニングの後に行ったテストで基準となるテスト 1 回目の値よりも精度を上げられていない値の最大値は、立木を使用したトレーニングの方が小さい、テスト 3 回目の値が 10 mm以内に収まっている被験者の割合は、模擬資材を使用したトレーニングで 40%、立木を使用したトレーニングで 56%と、模擬資材を使用したトレーニングの方がわずかに高い。また、重回帰分析の結果ツル高のズレ（値 C）は、両トレーニ

ング共にテスト回数に 5%水準で有意な差はなかった（表-4.2）。これらの結果から、模擬資材を使用したトレーニングは、立木を使用したトレーニングと比較して技能の習得に対する効果の明らかな差はないと考える。

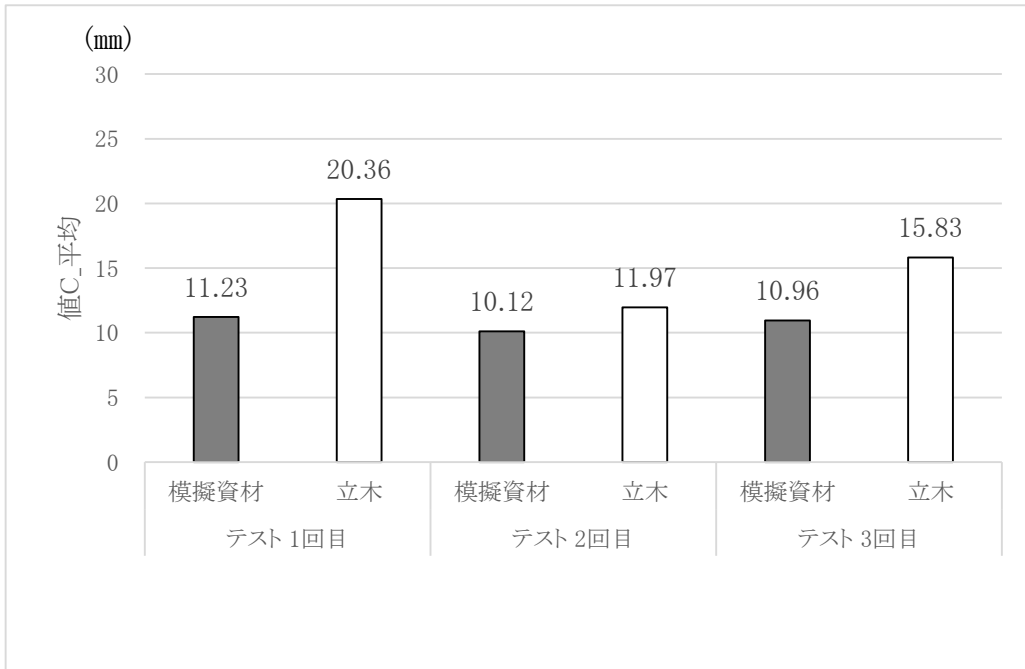


図-4.14 ツル高のズレ (値 C) 平均値

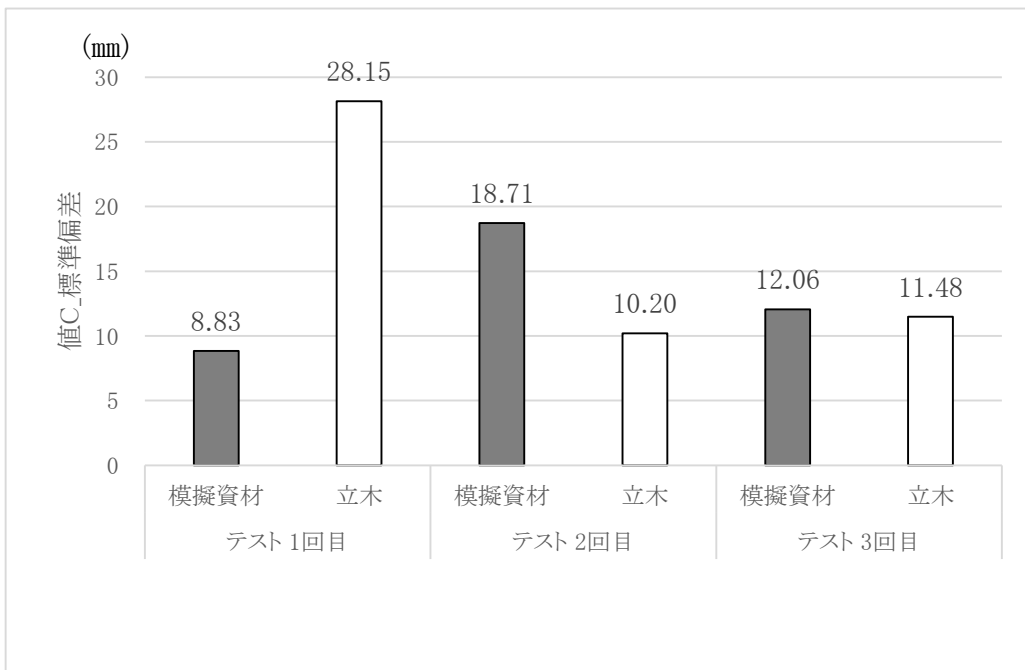


図-4.15 ツル高のズレ (値 C) 標準偏差

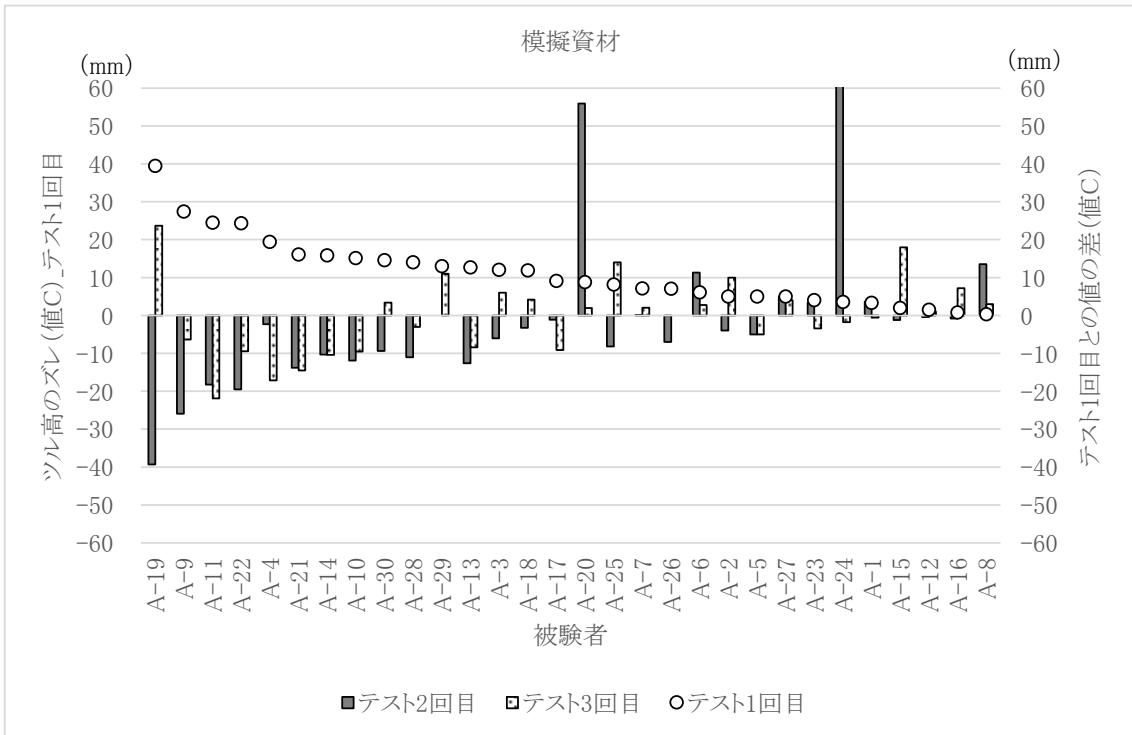


図-4.16 ツル高のズレ (値C) 個人の値_模擬資材

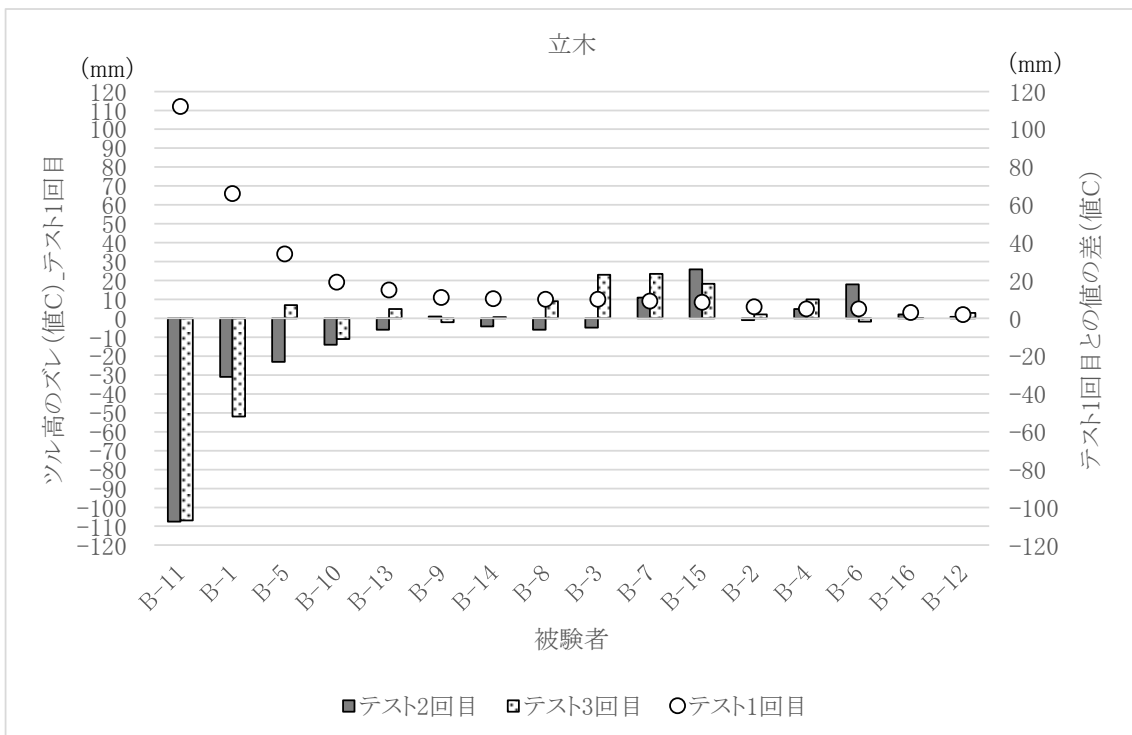


図-4.17 ツル高のズレ (値C) 個人の値_立木

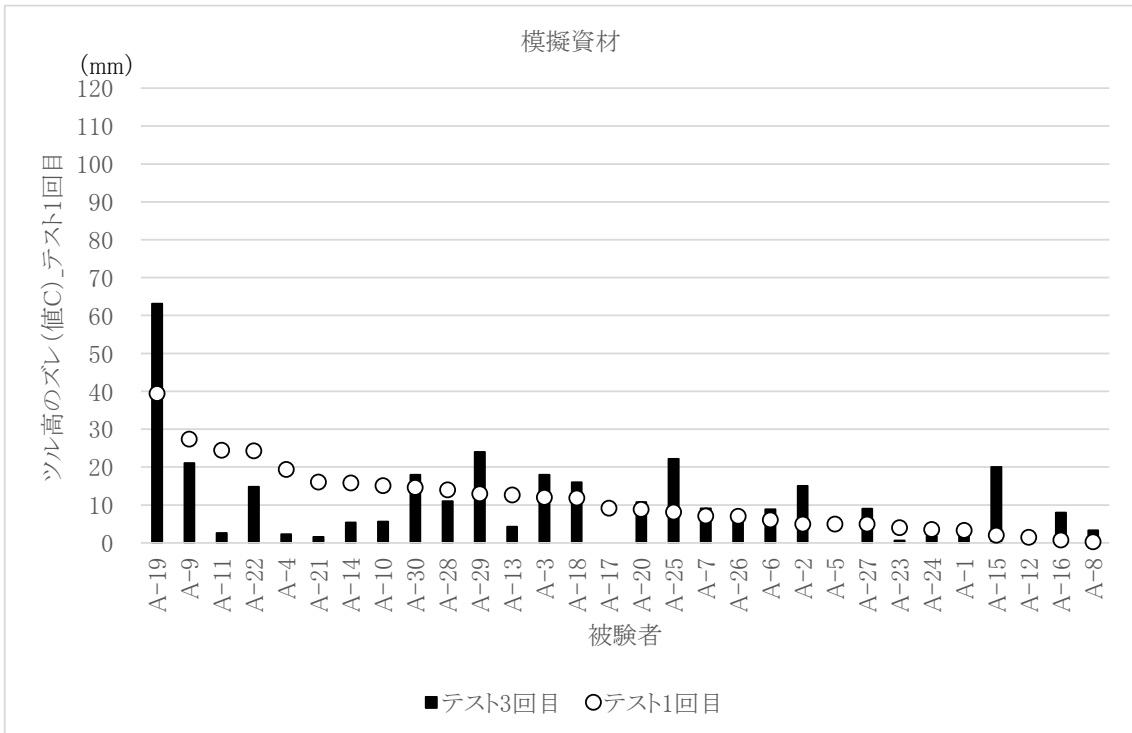


図-4.18 ツル高のズレ (値C) テスト3回目の値_模擬資材

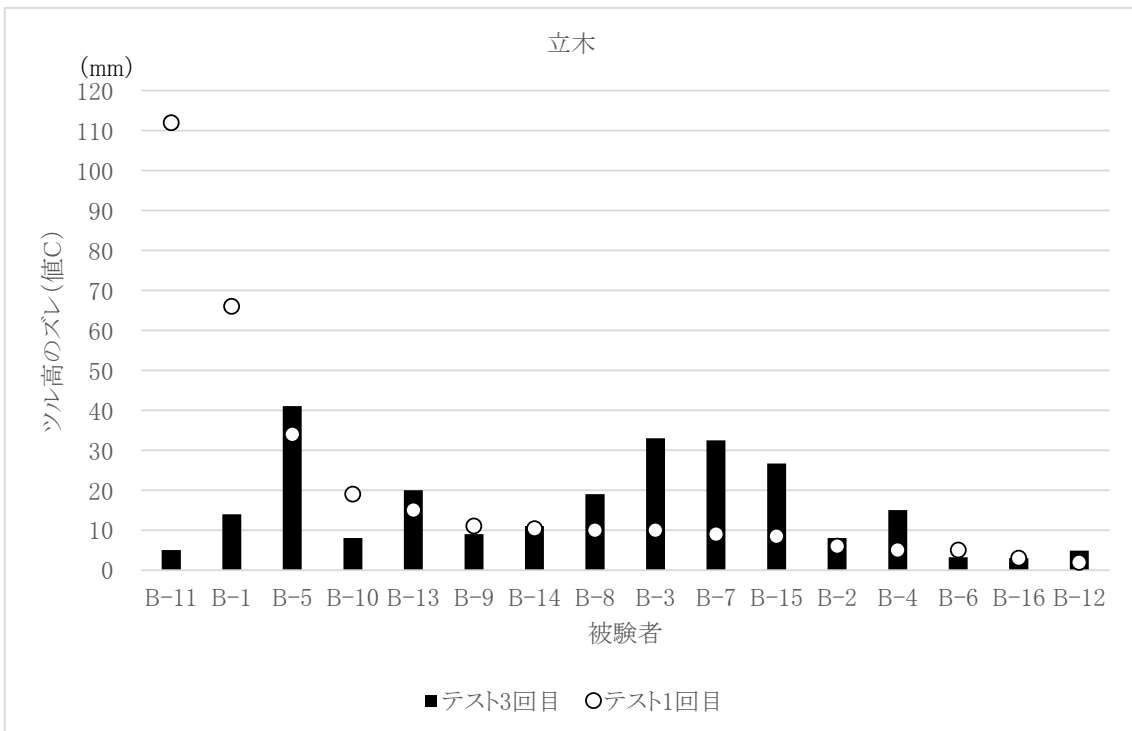


図-4.19 ツル高のズレ (値C) テスト3回目の値_立木

伐倒方向の評価項目（値D）は、模擬資材を使用したトレーニングでは、平均値はテスト1回目 73 cm、テスト2回目 55 cm、テスト3回目 45 cm（図-4.20）、標準偏差はテスト1回目 66 cm、2回目 48 cm、テスト3回目 33 cmと（図-4.21）、平均値、標準偏差共にトレーニングを行うごとに小さくなっている。立木を使用したトレーニングでは、平均値テスト1回目 71 cm、テスト2回目 49 cm、テスト3回目 88 cm、標準偏差はテスト1回目 68 cm、2回目 48 cm、テスト3回目 94 cmと、平均値、標準偏差共に午前のトレーニングの後に値が減少するものの、午後のトレーニングの後に大きくなりテスト1回目を上回る結果となった。

テスト1回目とトレーニング後に行ったテスト（テスト2回目・3回目）での値の変化に着目すると、伐倒方向のズレ（値A）では、模擬資材を使用したトレーニングではテスト1回目の値が 74 cm（被験者 A-17）、70 cm（被験者 A-24）、60 cm（被験者 A-20）、40 cm（被験者 A-13）、21 cm（被験者 A-23）、16 cm（被験者 A-25）、15 cm（被験者 A-15）、13 cm（被験者 A-27）、12 cm（被験者 A-14）、8 cm（被験者 A-10）、0 cm（被験者 A-28）が（図-4.22）、立木を使用したトレーニングはテスト1回目の値が 53 cm（被験者 B-10）、40 cm（被験者 B-7）、40 cm（被験者 B-12）、12 cm（被験者 B-16）、10 cm（被験者 B-6）、5 cm（被験者 B-2）が（図-4.23）、トレーニングの後に行ったテストで一度も精度を上げられていない。これらの値の最大値は、模擬資材を使用したトレーニングでは 74 cmなのに対して、立木を使用したトレーニングでは 53 cmであった。

両トレーニングのテスト3回目の値を見ると、模擬資材を使用したトレーニングでは、被験者全員が 50 mmから 100 mm程度に収まっており、100 cmを越える値は 109 cm（被験者 A-17）、110 cm（被験者 A-20）の 30人中 2名であった（図-4.24）。それに対して、立木を使用したトレーニングでは 132 cm（被験者 B-15）、350 cm（被験者 B-10）、123 cm（被験者 B-7）、165 cm（被験者 B-12）、145 cm（被験者 B-6）、230 cm（被験者 B-2）の 16人中 6人が 100 mmを越えており（図-4.25）、その値は模擬資材を使用したトレーニングと比較して大きい。また重回帰分析では、模擬資材を使用したトレーニングのみテスト回数に 5%水準で有意な差があった（表-4.2）。

模擬資材を使用したトレーニングでは、平均値と標準偏差がトレーニングを行うごとに減少しており、重回帰分析でテスト回数に有意な差がある、またトレーニング後に一度も基準となるテスト1回目よりも精度を上げられなかった被験者のテスト1回目の値が立木を使用したトレーニングよりも大きいものの、テスト3回目で被験者全員が 50 cmから 100 cm程度に収まっている。初期の技能教育において、教育対象の技能レベルの差を減らし全体の

技能レベルを底上げすることは重要であると考え。この点において模擬資材を使用したトレーニングは伐倒方向を定める技能の教育に有用であると推察する。

被験者ごとの値を見ると、立木を使用したトレーニングの方が、トレーニング後に行ったテストで一度も精度を上げられなかった被験者のテスト 1 回目の値の最大値が小さかった。しかし、テスト 3 回目の値を見ると、模擬資材を使用したトレーニングでは全ての被験者が 100 cm 程度に収まっているのに対して、立木を使用したトレーニングでは 300 cm 以上など大きな値を示す被験者も見られ、全体の平均値と標準偏差の値も大きい。このような結果となった要因として、受口の斜め切り角度（値 A）と同様に、模擬資材を使用したトレーニングでは、自身での鋸断の結果の有無とトレーニングの繰り返し回数が考えられる。また、立木を使用したトレーニングでは、午前のトレーニングを行った後に一旦平均値と標準偏差が小さくなっているにもかかわらず、午後のトレーニングを行った後にテスト 1 回目を越える値を示している。テスト 3 回目で 100 cm を越える値であった被験者のうち B-2, 6, 7, 10, 12 の 5 名は、トレーニングの後に行ったテストで一度も精度を上げられていない被験者でもある。立木を使用したトレーニングは、足元が悪い傾斜地で行われていたため、自身の鋸断や班員の鋸断の見学、トレーニング実施場所への往復や立木間の移動など、模擬資材を使用したトレーニングよりも多く疲労が蓄積されることにより、精度の低下には疲労が関係している可能性も考えられる。

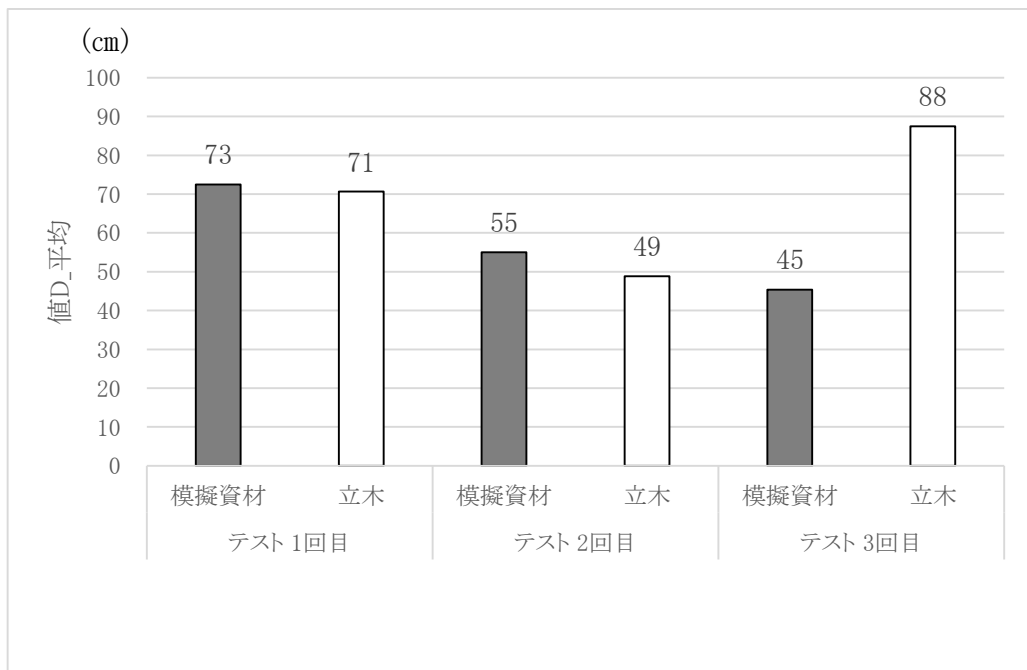


図-4.20 伐倒方向のズレ (値 D) 平均値

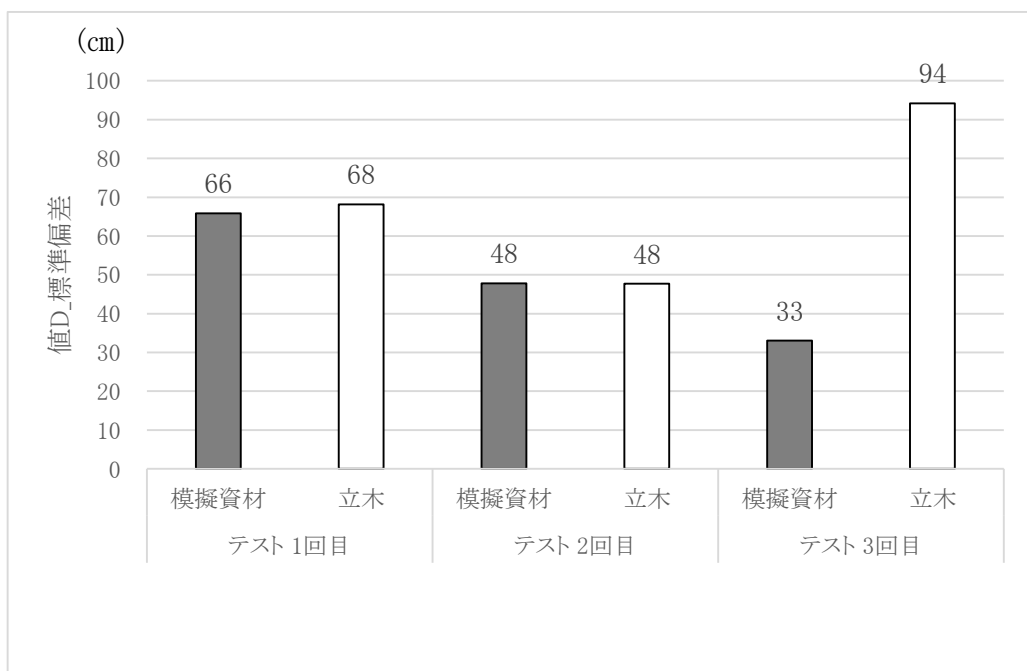


図-4.21 伐倒方向のズレ (値 D) 標準偏差

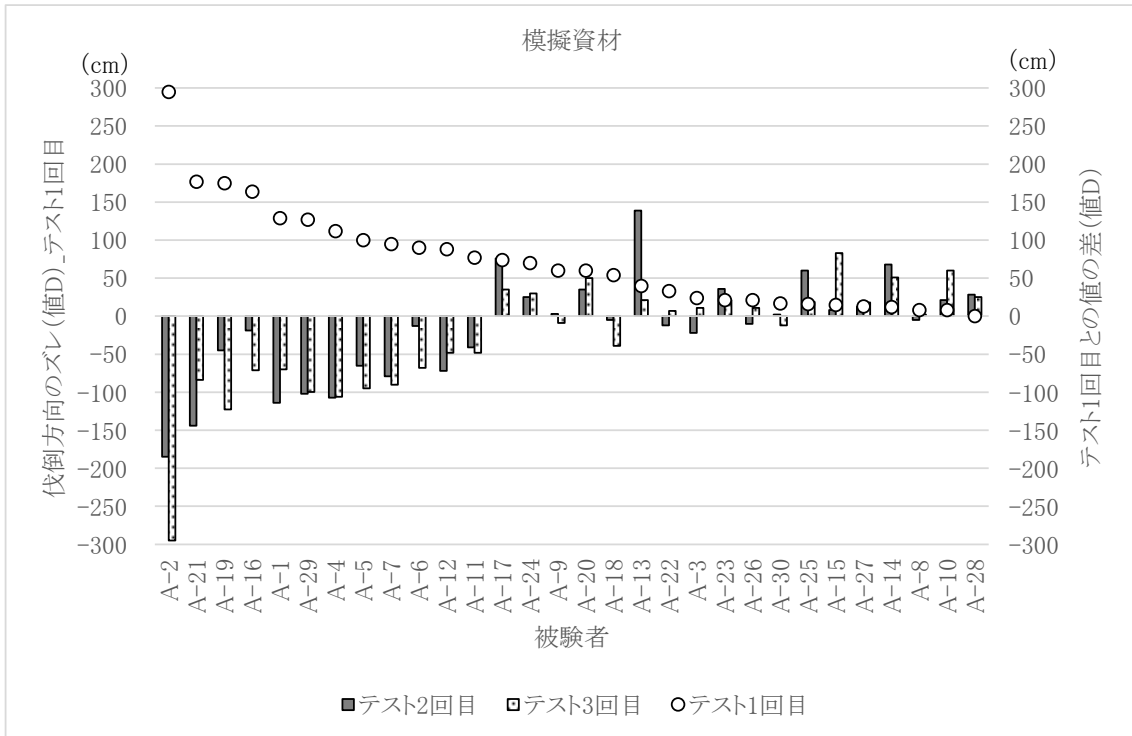


図-4.22 伐倒方向のズレ (値D) 個人の値_模擬資材

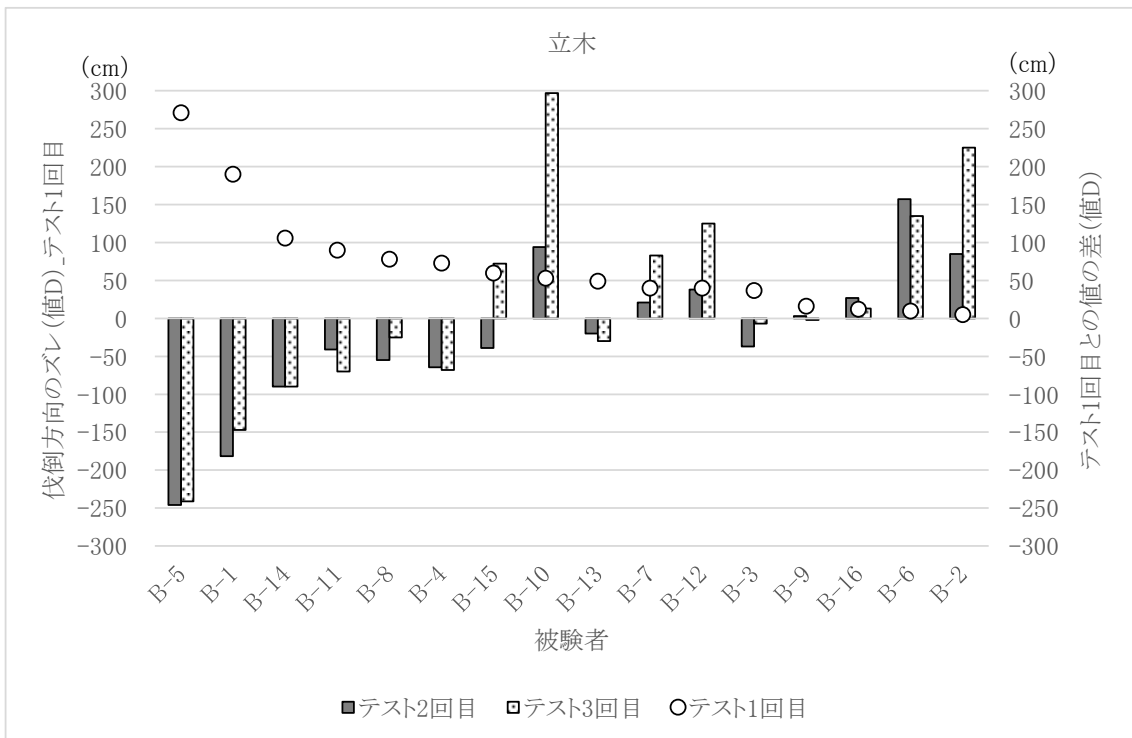


図-4.23 伐倒方向のズレ (値D) 個人の値_立木

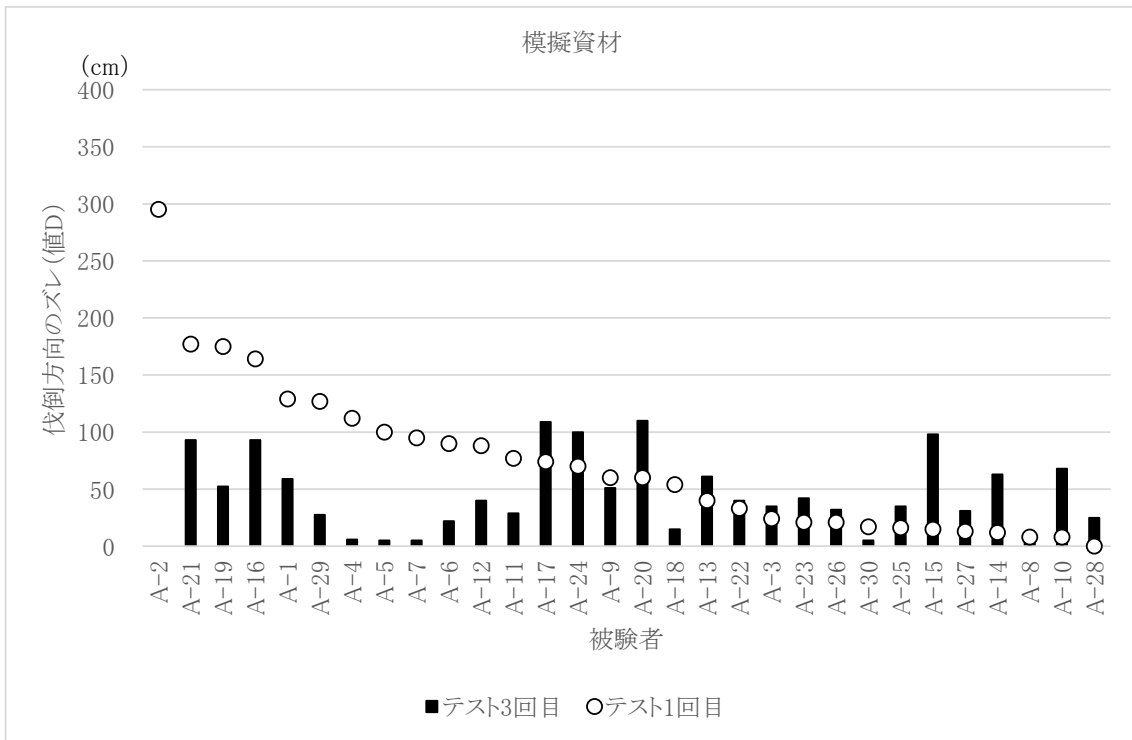


図-4.24 伐倒方向のズレ (値D) テスト3回目の値_模擬資材

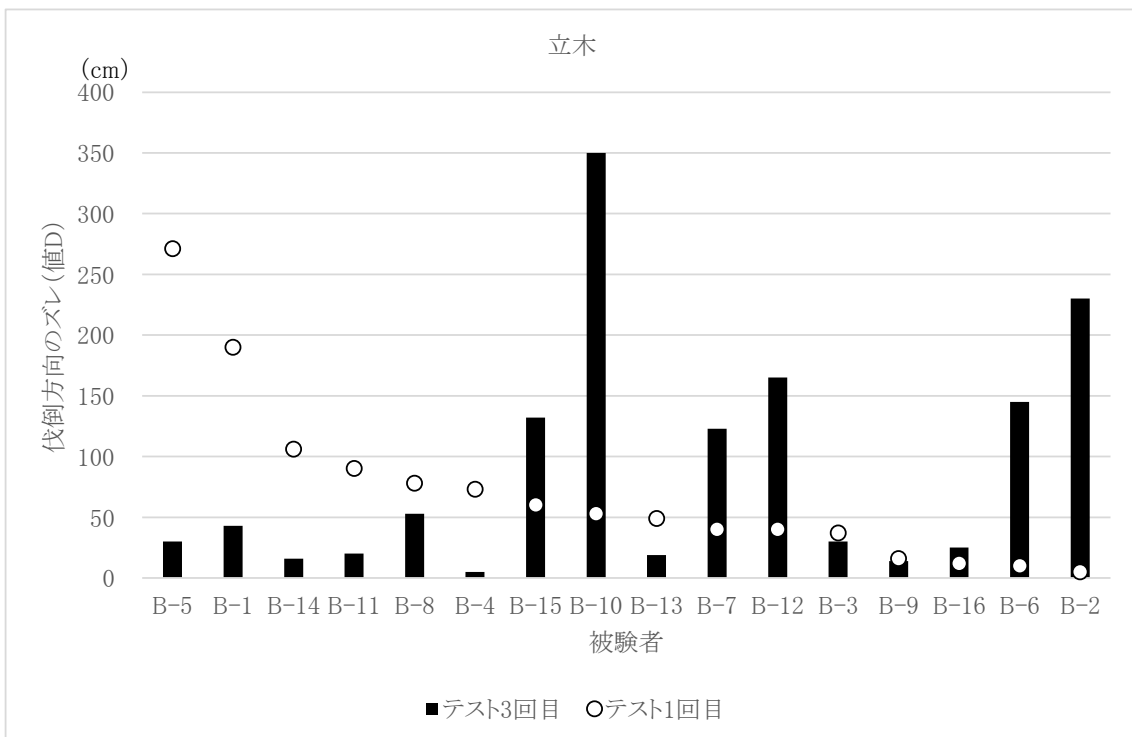


図-4.25 伐倒方向のズレ (値D) テスト3回目の値_立木

本調査で行った期間では、ツル幅のズレ（値 B）とツル高のズレ（値 C）は、両試験共に被験者全体の平均値と標準偏差の変化に対するトレーニングによる効果はなく、模擬資材を使用したトレーニングは、立木を使用したトレーニングと比較して技能の習得に対して効果の明らかな差はないと推察される結果となった。一方、伐倒方向のズレ（値 D）に関しては、各分析の結果から模擬資材を使用したトレーニングは、トレーニング後に被験者全体の伐倒方向を定める精度が一定のレベルに収まっていることが分かった。このことから、教育対象の技能レベルの差を減らし全体の技能レベルを底上げするという点において、模擬資材を使用したトレーニングは伐倒方向を定める技能の教育に有用であると推察される結果となった。

立木を使用したトレーニングでは、傾斜地の足場が不安定な場所でトレーニングを行い、また資材確保が容易ではないことや移動等の付随作業に時間を取られてしまうことから、1人あたりの受口と追口の作成回数が限られてしまう。一方、模擬資材を使用したトレーニングの特徴として、平地で足場の安定した場所でトレーニングを行うこと、少ない資材で繰り返し受口と追口の作成を行うことができるという特徴がある。このような利点がある模擬資材を使用したトレーニングであるが、ツルの作成精度と伐倒方向を定める精度で結果に差が出た要因として、作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけるツールの有無があると考えられる。伐倒方向を定める際にはガンマークを使用することを指示しており、作業者は伐倒方向の目標となるポールとガンマークが重なるようにチェーンソーを操作している。ポールに対してガンマークを正しく重ねられていなければ、伐倒方向がずれているということになる。被験者は作業の結果と作業中に見たポールとガンマークの重なり見え方を照らし合わせ、次の作業で行うべき修正内容を検討することができる。そのため、作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけることが可能となり、短期間で精度を向上させることができたと考えられる。ツルの作成についても、何らかの形で作業の結果と、作業中に見たツルの切り進み状況を照らし合わせ、次の作業で行うべき修正内容を検討していると考えられるが、ガンマークのような明確な基準がないため、作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけづらい。そのため、一度良い結果が出て作業のコツをつかんだとしても、それを次の作業で再現することが難しく、伐倒方向を定める精度と同様の結果が得られなかったと推察される。更にツル高に関しては、丸太にチェーンソーの刃を入れる段階でおおよその精度が決定しその後の微調整が難しいことが、ツル高のズレ（値 C）の精度の向上を難しくしていると考えられる。ツルの作成に関しても、作業中のソーバーの角度や切込み量などを視認できるよう

な、作業の結果と作業中の感覚をより明確に結びつけることを目的としたツールが必要であると考える。このようなツールがあることで、指導内容も明瞭になると考えられ、より効果的なトレーニングが行えると推察する。

また、作業の結果と感覚を結びつけるツールがないという点において、受口の斜め切り角度（値 A）や受口の深さ（値 A-2）と同様であるにもかかわらず、ツル幅のズレ（値 B）とツル高のズレ（値 C）に関してトレーニングの効果が確認できなかった要因としては、ツルの作成作業では鋸断中に全体の状況を目視で確認しながら作業をできないことが考えられる。ツルの作成技能の向上を目的としたトレーニングでは、鋸断中のツルの全体像の目視での把握が困難であることを考慮した手法が必要であると考ええる。

模擬資材を使用したトレーニングでは、鋸断作業を行うごとにその結果を計測し確認しているが、繰り返し鋸断作業を行うことができることで、その効果が表れたと推察する。そのため、限られた時間内で鋸断作業を繰り返し行うことができることは、模擬資材を使用したトレーニングの利点の一つであると考ええる。

本調査では、両トレーニングは異なる人物が被験者となっており、それぞれのトレーニングに参加した被験者がもつ技能差が結果に影響している可能性も考えられる。そのため、効果検証試験と比較試験を同一の被験者としたうえで、トレーニングの効果と課題を検証することを目的とした調査を行うことが必要であると考ええる。

3. 模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題の検証

本節では、同一の被験者で比較試験を行い、模擬資材を使用したトレーニングが受口と追口の作成技能の習得にどのような効果と課題があるかの検証を行った。トレーニングと技能評価テストについては前項と同様の条件で実施し、ツルの幅と高さや伐倒方向を定める技能に的を絞り調査を行った。

3.1 材料と方法

3.1.1 調査の手順

比較試験と効果検証試験の2つの調査を実施した。どちらの調査も調査期間は1日で、比較試験を実施した翌日に効果検証試験を実施した。比較試験、効果検証試験どちらも技能評価テストを、調査開始直後（1回目）、昼食後（2回目）、調査終了前（3回目）の3回行った。効果検証試験ではトレーニングを、技能評価テスト1回目と2回目の間（午前）と、テスト2回目と3回目の間（午後）に行った（図-4.26）。

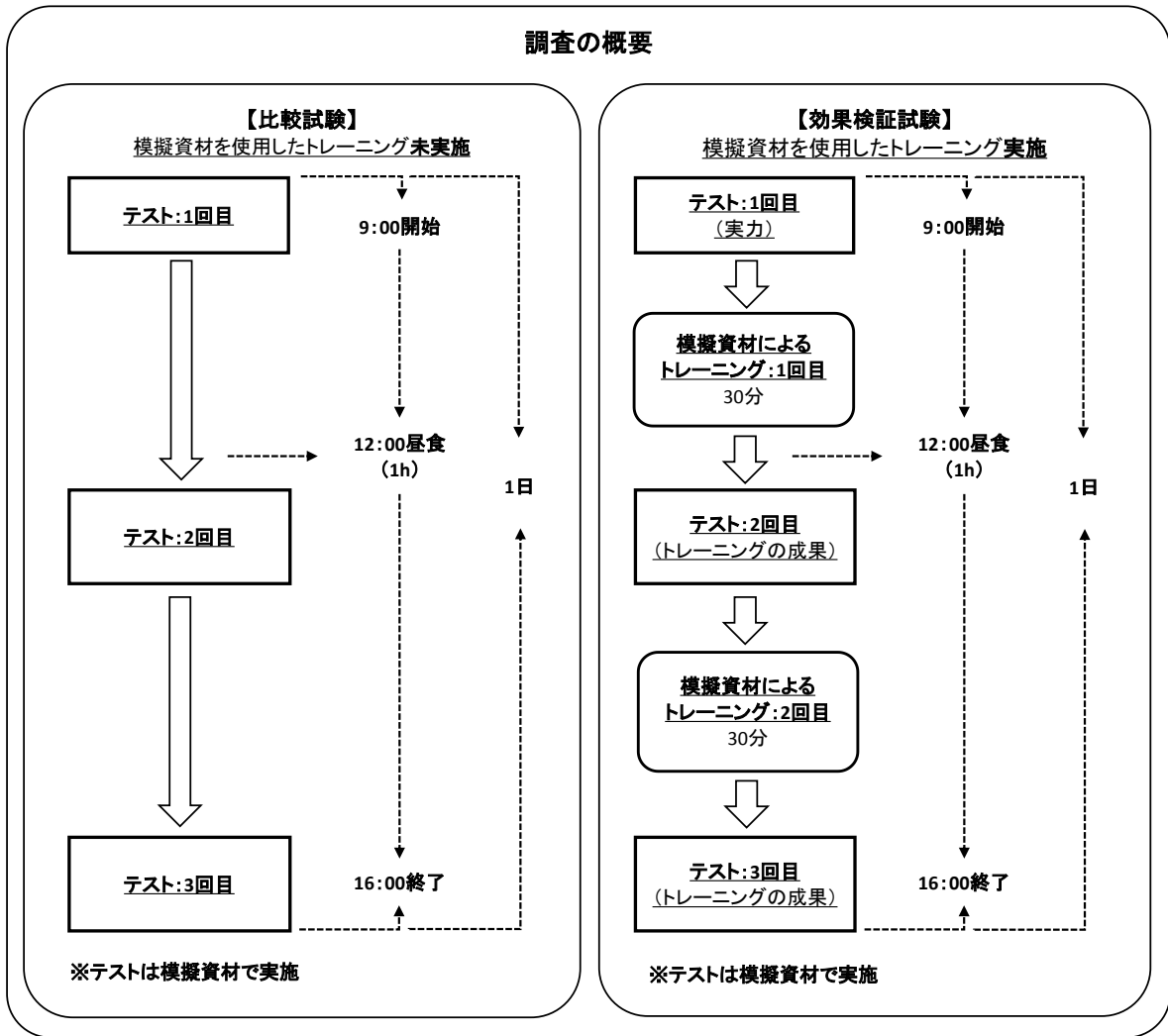


図-4.26 調査の概要

3.1.2 被験者

林業に就業経験のない林業大学の生徒（1年生）男性15名を被験者とした。調査実施時点で、チェーンソーを使用した伐木に関わる実習は、学校敷地内の平地で受口・追口の作成練習を3日×6時間、山林内で伐倒およびかかり木処理を17日×4時間、合計86時間行われている。効果検証試験と比較試験のどちらも同じ被験者が実施した（表-4.3）。

表-4.3 被験者

調査地		高知県立林業大学校		
調査日	比較試験	2018年2月21日		
	効果検証試験	2018年2月22日		
		学年	性別	年齢
A	1年生	男	18	
B	1年生	男	18	
C	1年生	男	42	
D	1年生	男	24	
E	1年生	男	19	
F	1年生	男	25	
G	1年生	男	29	
H	1年生	男	44	
I	1年生	男	18	
J	1年生	男	19	
K	1年生	男	23	
L	1年生	男	22	
M	1年生	男	22	
N	1年生	男	18	
O	1年生	男	25	
				(15人)

3.1.3 模擬資材

前節の調査と同様に、作業手順を統一することを目的に、模擬資材の太さは一度の鋸断で会合線およびツルを作ることができるよう、ツルの弦と平行な向きの丸太径は被験者が使用するチェーンソーのガイドバーの長さよりも小さいものとした。丸太径はツルと平行に丸太の中心の値を記録した。この模擬資材に伐倒目標を定めて受口と追口を鋸断しツルを作成する。技能評価テストに使用した模擬資材は、最小 18.5 cm、最大 34.5 cm、平均 24.7 cm、標準偏差 3.4 cmである。

3.1.4 トレーニングの方法

効果検証試験では前項の調査と同様に、ツル幅・ツル高・伐倒方向を、指示された形状に正確に作成する技能の習得を目的に行った。指導内容による結果のバラツキを出さないために、トレーニングを始める前に全体に対して、2.1.4.1項と同様の指示および指導をした。

3.1.5 技能評価テスト

テストでは受口と追口の作成を行う前に、効果検証試験で被験者に示した指示事項、2.1.4.1項の1)～6)と同様の指示をした。

3.1.5.1 計測項目

2.1.5.1項と同様に、ツルの幅と高さで伐倒方向を定める技能を計測項目とし、技能の習得状況を、被験者が意図した通りにチェーンソーを操作し、指示の通りに伐倒方向を定めツルの作成ができているかに的を絞って評価をしている。

3.1.5.2 計測方法

2.1.5.2項と同様の方法で各項目の計測を行った。

3.1.6 分析方法

ツル幅のズレB、ツル高のズレC、伐倒方向のズレDについて、模擬資材を使用したトレーニングがテストの計測結果に影響を与えているか考察するため、2.1.6項と同様の方法で各項目の分析を行った。しかし本調査では、効果検証試験を比較試験の翌日に行っている。

そのため、分析の前提と条件として、比較試験のテストで行った作業の経験が効果検証試験に影響していないかを確認するために、それぞれの試験の技能評価テスト 1 回目の値に有意な差がないかを t 検定および順位相関分析により確認した。これらの被験者全体の値の変化に加え、被験者個人ごとの値の変化による分析も行った。

3.2 結果と考察

効果検証試験で行ったトレーニングがテストの計測結果に影響を与えているかの考察をするにあたり、比較試験のテストで行った作業経験が、効果検証試験に影響していないかを確認した。比較試験と効果検証試験のテスト 1 回目の値の相関関係を確認すると、値 B (相関係数 0.033)、値 C (相関係数 -0.379)、値 D (相関係数 0.102) と両者に相関の関係は見られなかった。また、t 検定の結果 3 つの評価項目全ての値に 5%水準で有意な差はないことが確認できた。よって、効果検証試験に比較試験のテストで行った作業経験による影響はないものと考え、それぞれの試験結果の分析を行う。

ツル幅のズレ (値 B) は、効果検証試験では、平均値はテスト 1 回目 13.32 mm、テスト 2 回目 11.40 mm、テスト 3 回目 14.83 mm (図-4.27)、標準偏差はテスト 1 回目 14.79 mm、2 回目 10.57 mm、テスト 3 回目 13.11 mm と (図-4.28)、平均値、標準偏差共に午前のトレーニングの後に一旦値が小さくなるものの、午後のトレーニングの後に大きくなっている。比較試験では、平均値はテスト 1 回目 17.17 mm、テスト 2 回目 21.10 mm、テスト 3 回目 15.60 mm、標準偏差はテスト 1 回目 15.12 mm、2 回目 12.84 mm、テスト 3 回目 12.69 mm と、平均値は午前のトレーニング後に値が大きくなっている。標準偏差は、午前のトレーニング後に値が小さくなり、その後ほぼ変化はない。両試験共に被験者全体の平均値と標準偏差の値に明らかな傾向はなく、また、両試験共に各テストの値に 5%水準で有意な差はない (表-4.4)。これらの結果から、変化に対するトレーニングによる効果はないと推察する。

テスト 1 回目とトレーニング後に行ったテスト (テスト 2 回目・3 回目) での値の変化に着目すると、ツル幅のズレ (値 B) は、効果検証試験でテスト 1 回目の値が 2.8 mm (被験者 O)、0.2 mm (被験者 K) が (図-4.29)、比較試験で 6.1 mm (被験者 O)、6.0 mm (被験者 N)、4.3 mm (被験者 C)、4.0 mm (被験者 K)、3.5 mm (被験者 F)、2.0 mm (被験者 H)、0.6 mm (被験者 B) が (図-4.30)、トレーニングの後に行ったテストで一度も精度を上げられていない。効果検証試験では基準となるテスト 1 回目の精度が 2.8 mm 以下の被験者 O、K のみが、トレーニング後に行ったテストで精度を上げられておらず、比較試験と比べてその値は小さい。

しかし、両試験のテスト3回目の値を見ると10 mm以内に収まっている被験者はどちらの試験でも15人中7人と変わらず(図-4.31, 図-4.32), ツルの作成技能については、調査で行ったトレーニング方法と期間では、トレーニングの値に対する効果は確認できなかった。

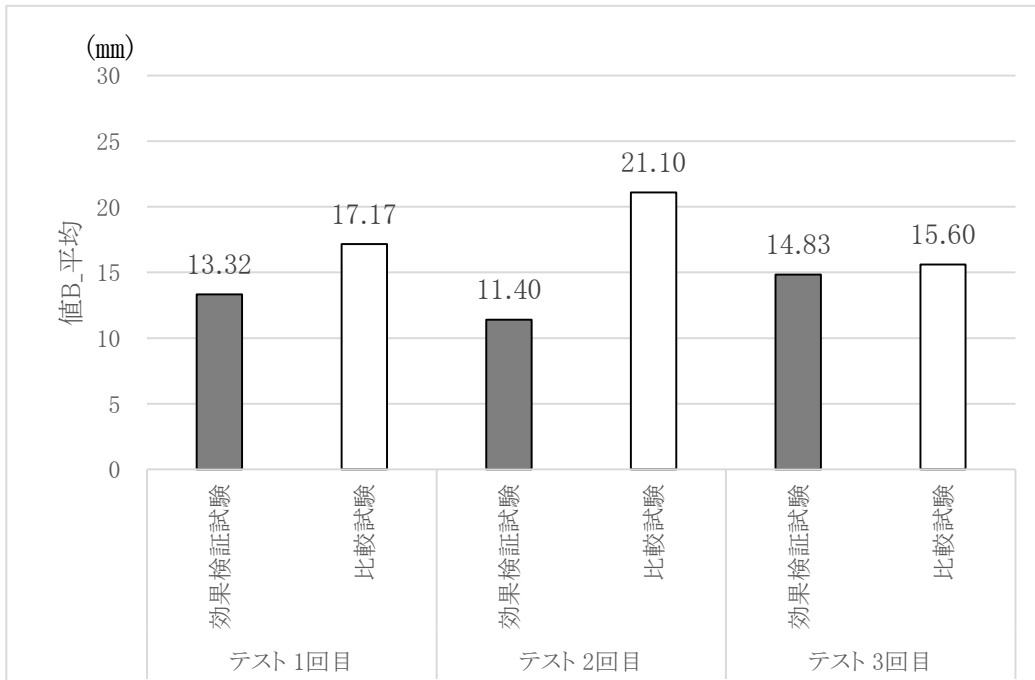


図-4.27 ツル幅のズレ (値 B) 平均値

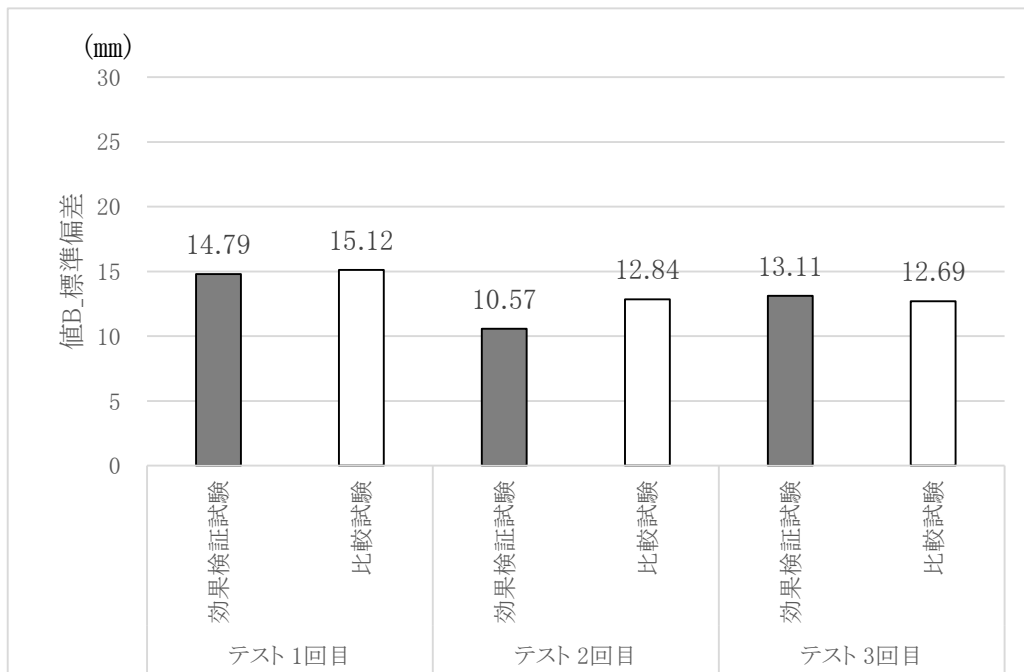


図-4.28 ツル幅のズレ (値 B) 標準偏差

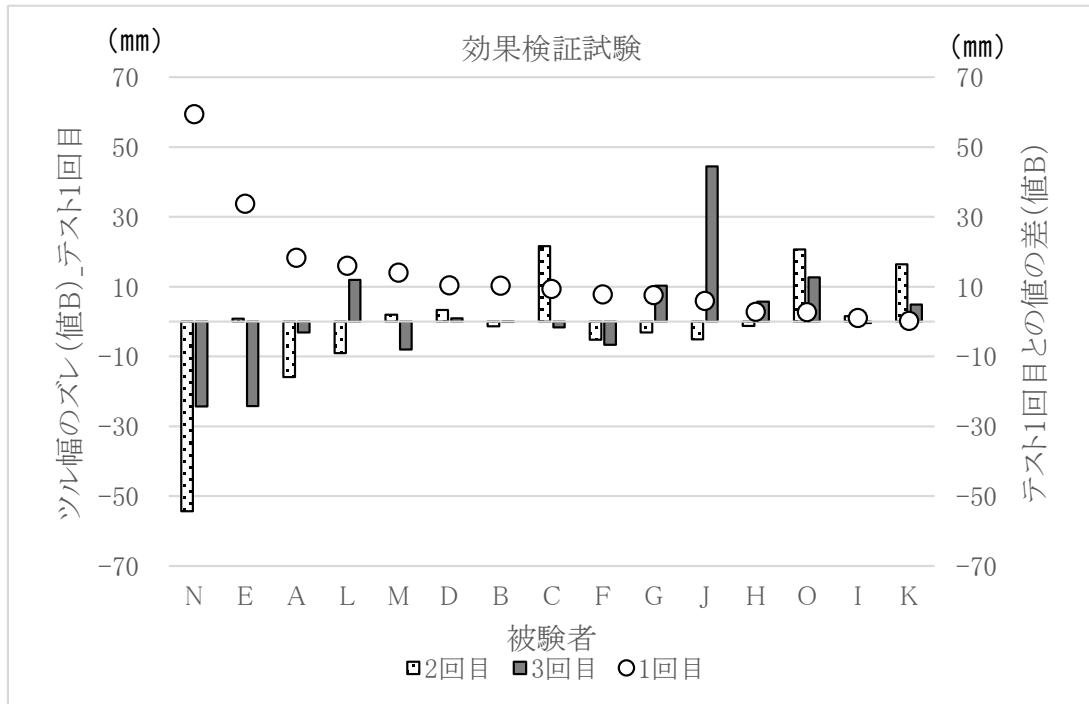


図-4.29 ツル幅のズレ (値B) 個人の値_効果検証試験

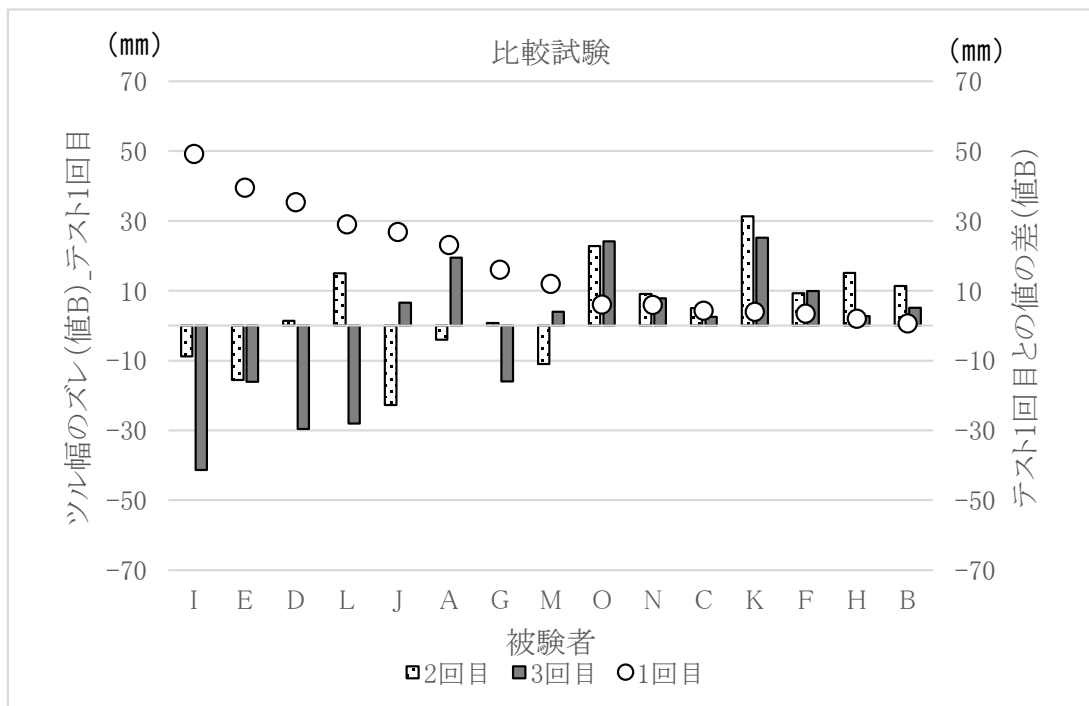


図-4.30 ツル幅のズレ (値B) 個人の値_比較試験

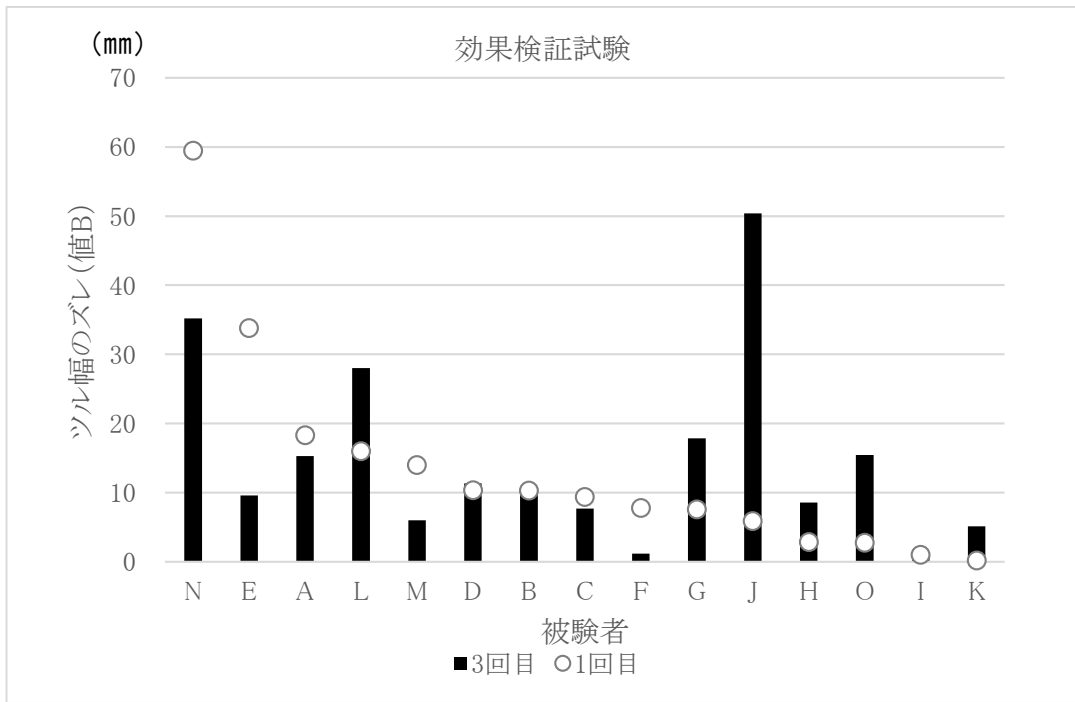


図-4.31 ツル幅のズレ (値B) テスト 3 回目の値_効果検証試験

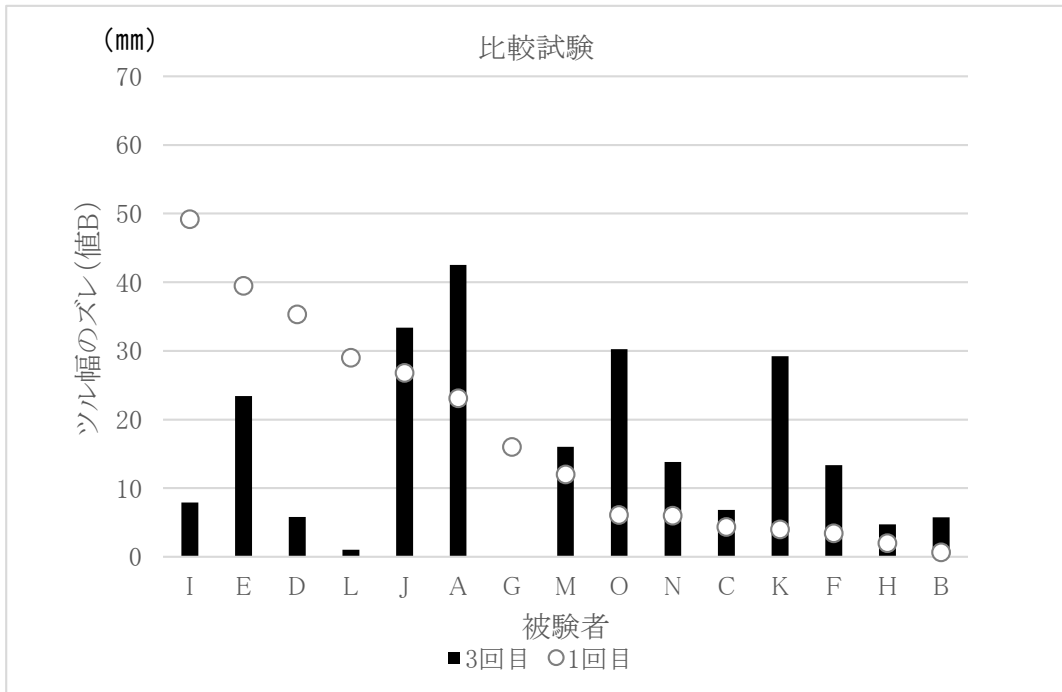


図-4.32 ツル幅のズレ (値B) テスト 3 回目の値_比較試験

表-4.4 平均値と標準偏差

(ツル幅のズレ (値 B), ツル高のズレ (値 C), 伐倒方向のズレ (値 D))

		比較試験	効果検証試験
		t 値	t 値
ツル幅のズレ (値B)	テスト回数	-0.072	0.826
	模擬資材の丸太径	1.007	2.066 *
ツル高のズレ (値C)	テスト回数	-0.129	0.666
	模擬資材の丸太径	-0.035	1.796
伐倒方向のズレ(値D)	テスト回数	-1.077	-2.232 *
	模擬資材の丸太径	-0.048	0.282

*:P<0.05

ツル高のズレ（値 C）は、効果検証試験では、平均値はテスト 1 回目 10.99 mm、テスト 2 回目 14.64 mm、テスト 3 回目 11.70 mm（図-4.33）、標準偏差はテスト 1 回目 10.83 mm、2 回目 8.47 mm、テスト 3 回目 4.77 mmと（図-4.34）、平均値は午前のトレーニングの後に値が大きくなるが、標準偏差はトレーニングを行うごとに値が小さくなっている。比較試験では、平均値はテスト 1 回目 8.88 mm、テスト 2 回目 21.29 mm、テスト 3 回目 8.22 mm（図-4.33）、標準偏差はテスト 1 回目 7.31 mm、2 回目 19.68 mm、テスト 3 回目 7.59 mmと（図-4.34）、平均値、標準偏差共に午前のトレーニング後に値が大きくなっている。効果検証試験では標準偏差の値がトレーニングを行うごとに小さくなっているが、平均値は同様の傾向を示していないため、両試験共に被験者全体の平均値と標準偏差の値に明らかな傾向はなく、また、両試験共に各テストの値に 5%水準で有意な差はない（表-4.3）。これらの結果から、変化に対するトレーニングによる効果はないと推察する。

テスト 1 回目とトレーニング後に行ったテスト（テスト 2 回目・3 回目）での値の変化に着目すると、ツル高のズレ（値 C）では、効果検証試験でテスト 1 回目の値が 9.9 mm（被験者 H）、4.7 mm（被験者 D）、4.5 mm（被験者 G）、4.0 mm（被験者 L）、3.3 mm（被験者 I）、0.7 mm（被験者 F）、0.4 mm（被験者 K）、0.2 mm（被験者 C）が（図-4.35）、比較試験で 14.2 mm（被験者 D）、11.4 mm（被験者 I）、5.1 mm（被験者 H）、5.0 mm（被験者 L）、3.1 mm（被験者 O）、2.5 mm（被験者 B）、0.2 mm（被験者 A）が（図-4.36）、トレーニングの後に行ったテストで一度も精度を上げられていない。効果検証試験では基準となるテスト 1 回目の精度が 9.9 mm以下の被験者 H, D, G, L, I, F, K, C が、トレーニング後に行ったテストで精度を上げられておらず、比較試験と比べてその値は小さい。しかし、テスト 3 回目の値を見ると 10 mm以内に収まっている被験者は比較試験で 15 人中 10 人なのに対して、効果検証試験で 15 人中 6 人となっており（図-4.37, 4.38）、ツルの作成技能については、調査で行ったトレーニング方法と期間では、トレーニングの値に対する効果は確認できなかった。

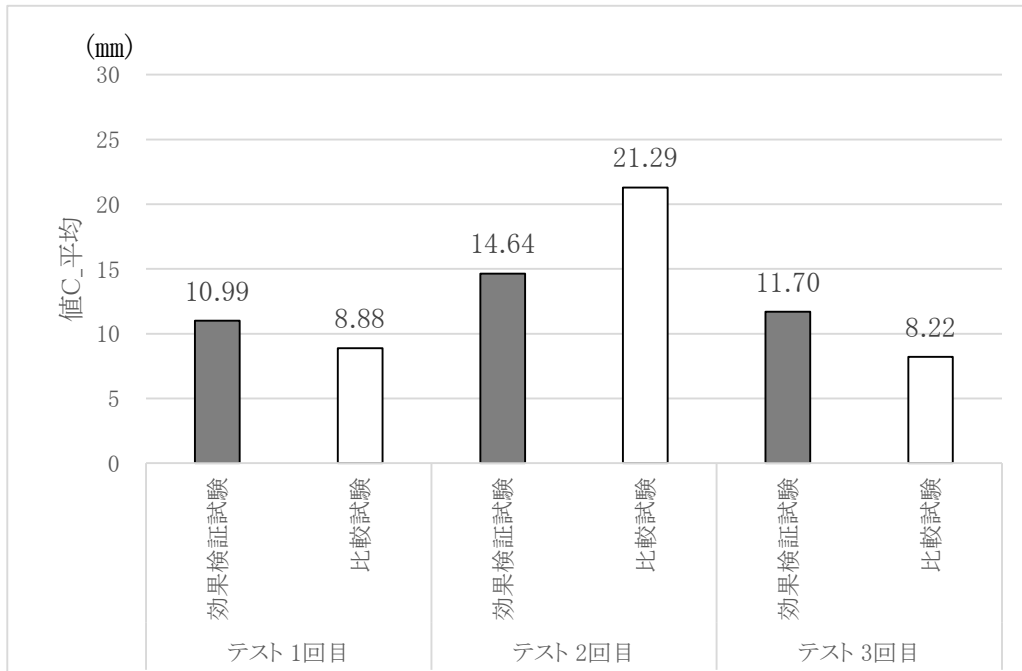


図-4.33 ツル高のズレ (値 C) 平均値

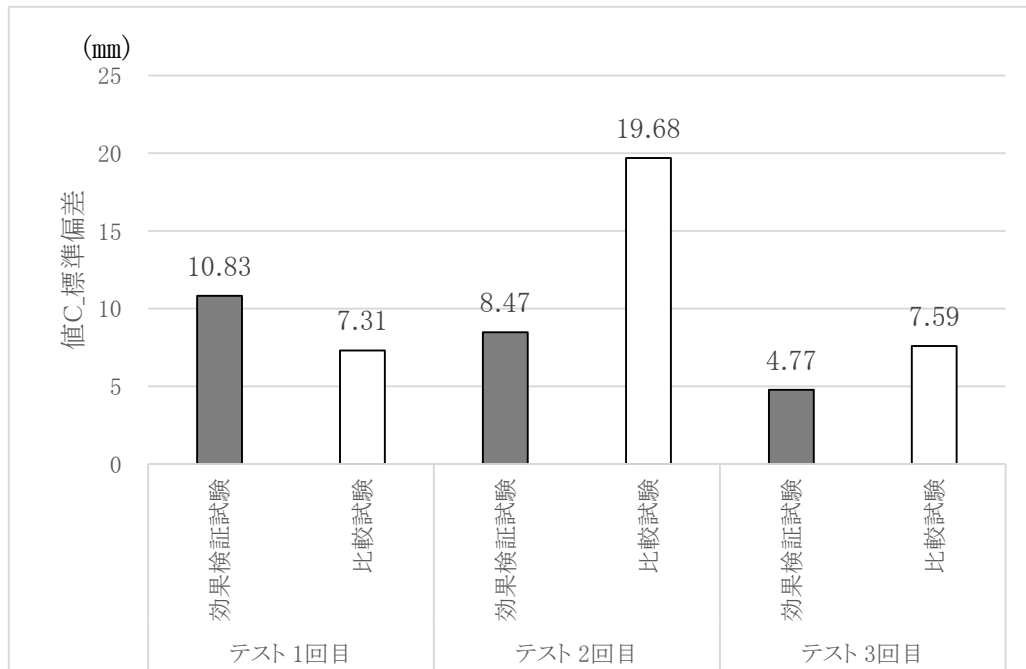


図-4.34 ツル高のズレ (値 C) 標準偏差

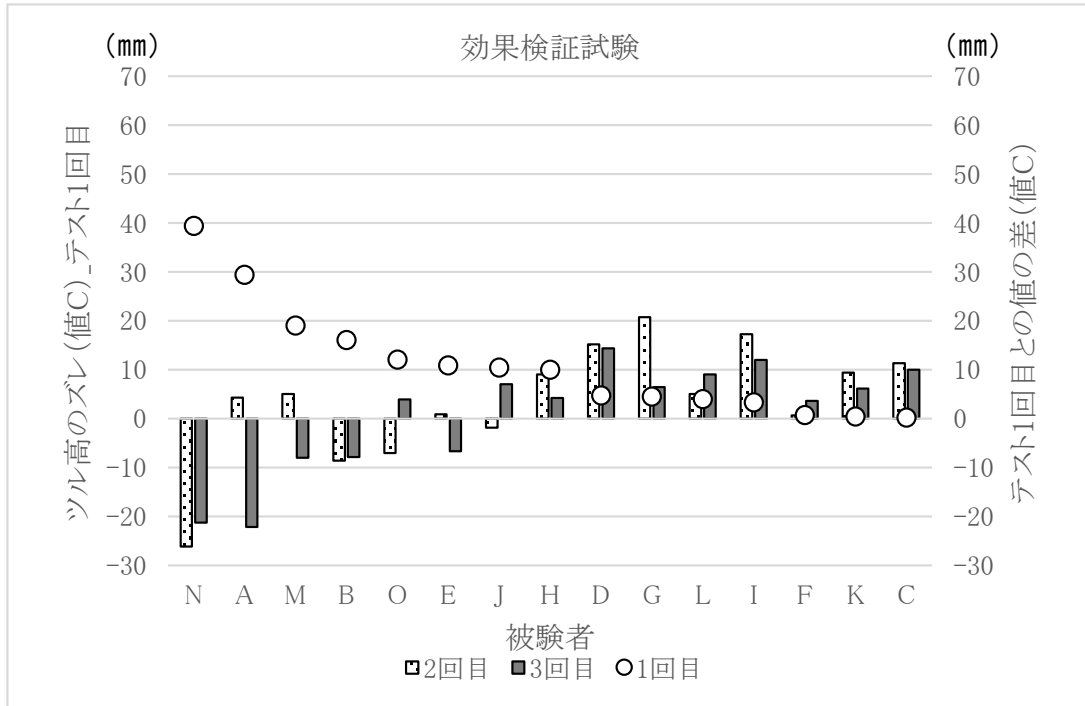


図-4.35 ツル高のズレ (値C) 個人の値_効果検証試験

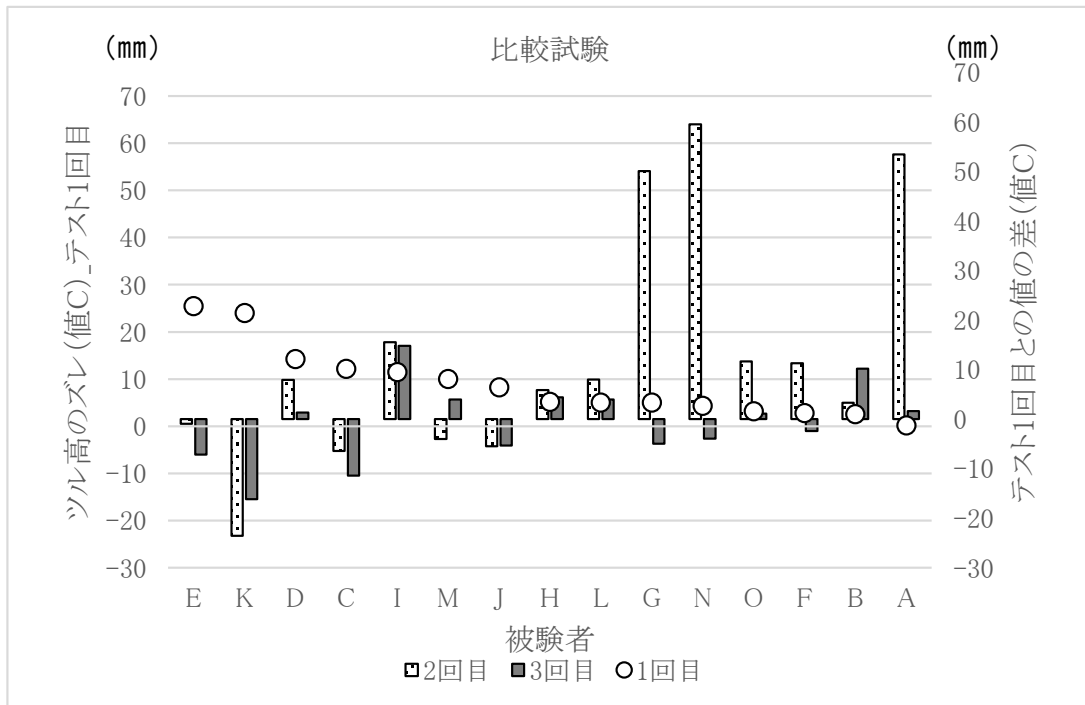


図-4.36 ツル高のズレ (値C) 個人の値_比較試験

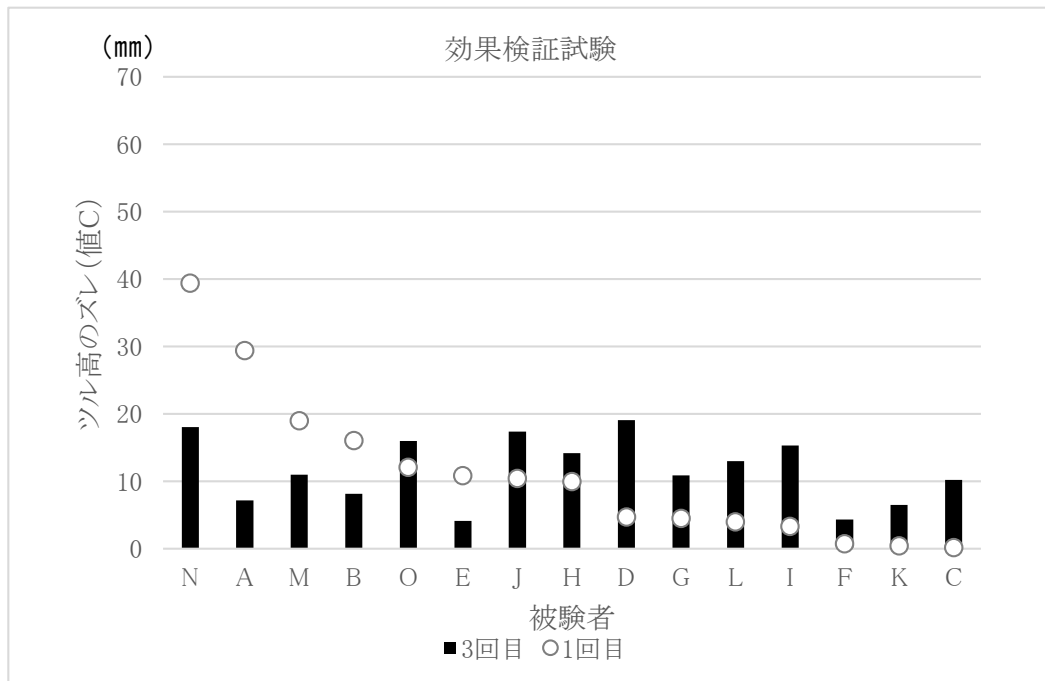


図-4.37 ツル高のズレ (値C) テスト3回目の値_効果検証試験

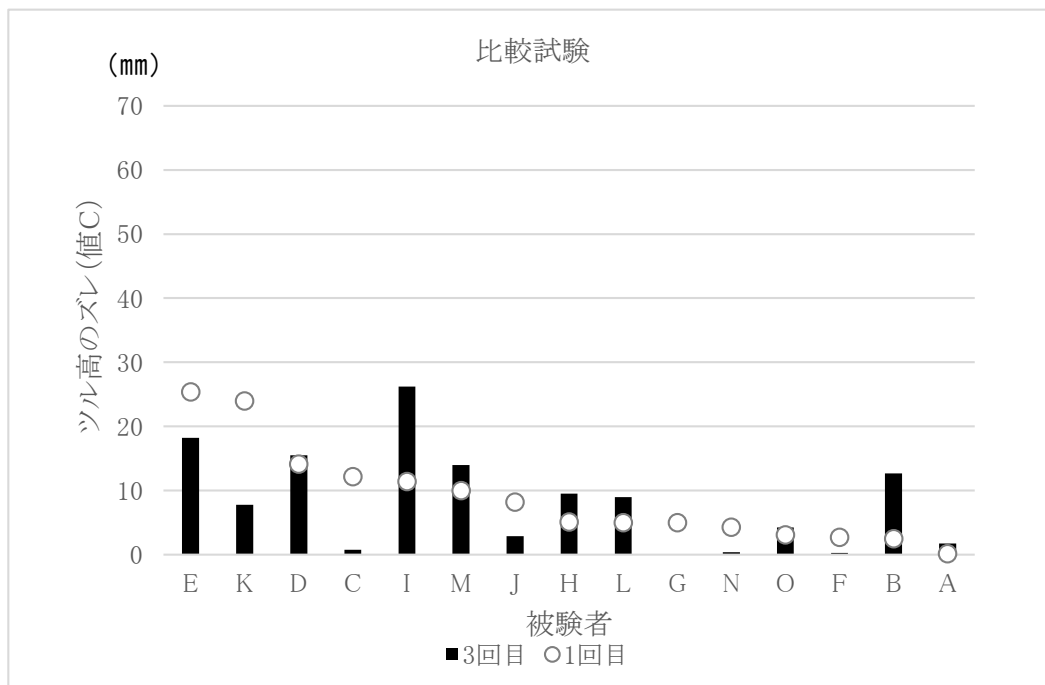


図-4.38 ツル高のズレ (値C) テスト3回目の値_比較試験

伐倒方向の評価項目（値 D）は、効果検証試験では、平均値はテスト 1 回目 124 cm、テスト 2 回目 80 cm、テスト 3 回目 49 cm（図-4.39）、標準偏差はテスト 1 回目 125 cm、2 回目 53 cm、テスト 3 回目 51 cmと（図-4.40）、平均値、標準偏差共にトレーニングを行うごとに小さくなっている。比較試験では、平均値テスト 1 回目 139 cm、テスト 2 回目 97 cm、テスト 3 回目 107 cm、標準偏差はテスト 1 回目 92 cm、2 回目 73 cm、テスト 3 回目 64 cmと、標準偏差の値がトレーニングを行うごとに小さくなっているが、平均値は同様の傾向を示していない。また、効果検証試験では各テストの値に 5%水準で有意な差がある（表-4.4）。これらの結果から、トレーニングが値の減少に影響を与えていることが考えられる。

テスト 1 回目とトレーニング後に行ったテスト（テスト 2 回目・3 回目）での値の変化に着目すると、伐倒方向のズレ（値 A）では、効果検証試験はテスト 1 回目の値が 19 cm（被験者 E）、8 cm（被験者 J）、2.5 cm（被験者 G）が（図-4.41）、比較試験では 105 cm（被験者 E）、83 cm（被験者 C）、75 cm（被験者 B）、3 cm（被験者 H）が（図-4.42）、トレーニング後に行ったテストで一度も精度を上げられていない。効果検証試験では基準となるテスト 1 回目の精度が 19 cm以下の被験者 E、J、Gのみが、トレーニング後に行ったテストで精度を上げられておらず、比較試験と比べてその値は小さい。

テスト 3 回目の値を見ると効果検証試験では、被験者 E、J、G もテスト 1 回目の値よりも精度を上げられていないものの、テスト 3 回目の値は 63 cm、31 cm、53 cmと 100 cm以内に収まっており、全体でもテスト 1 回目の値の精度に関わらず 15 人中 10 人がテスト 3 回目の値が 50 cm以内に収まっている（図-4.43）。一方比較試験では、3 回目の値が 50 cmに収まっているのは 15 人中 4 人のみで、100 cmを越える被験者も 15 人中 8 人いる（図-4.44）。効果検証試験では、比較試験と比べ全体の精度が向上していることが分かる。初期の技能教育において、教育対象の技能レベルの差を減らし全体の技能レベルを底上げすることは重要であると考えられる。この点において、模擬資材を使用したトレーニングは伐倒方向を定める技能の教育に有用であると推察する。

また、模擬資材の丸太径のバラツキがそれぞれの値に対して影響しているかについても確認した。その結果、ツル幅の値に対してのみ模擬資材の丸太径が有意に影響しているということが分かった（表-4.4）。分析の精度を向上させるため、今後技能評価テストで使用する模擬資材の丸太径のバラツキに留意した実験計画を行いたい。

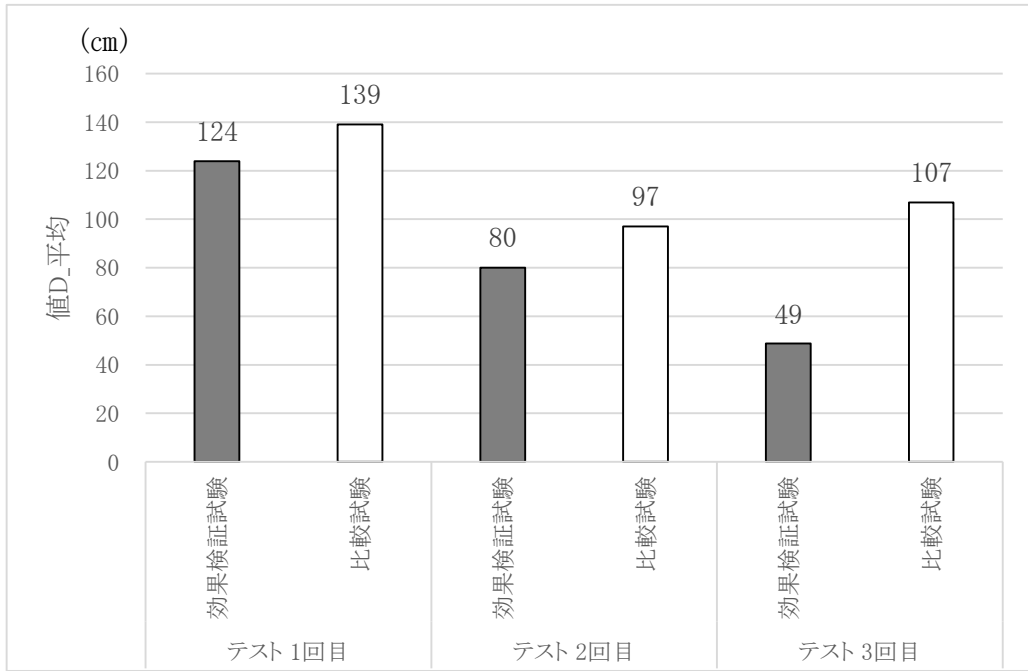


図-4.39 伐倒方向のズレ (値 D) 平均値

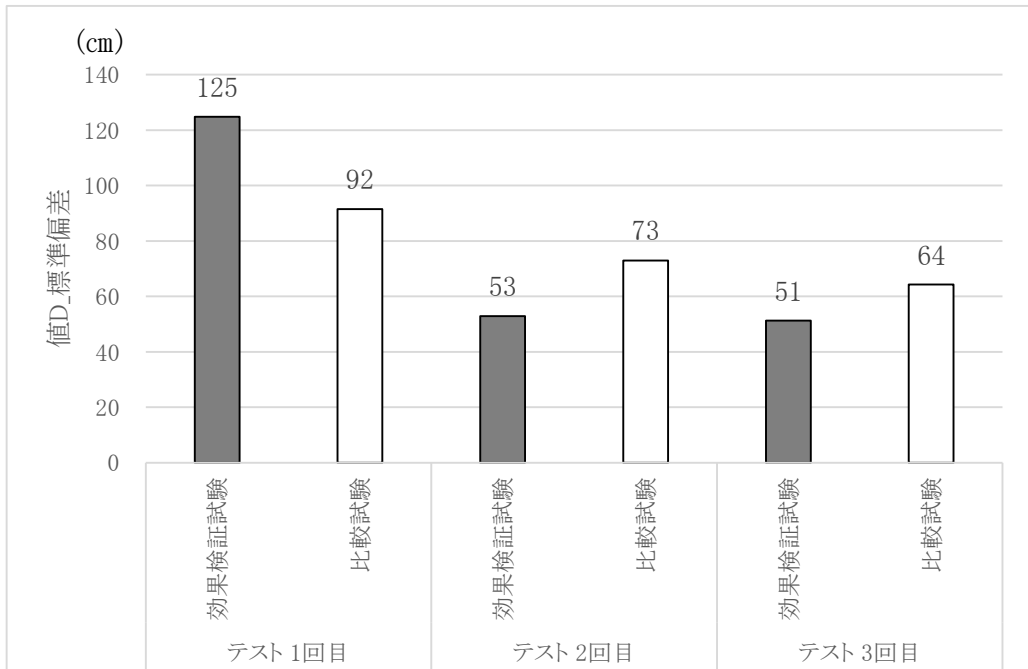


図-4.40 伐倒方向のズレ (値 D) 標準偏差

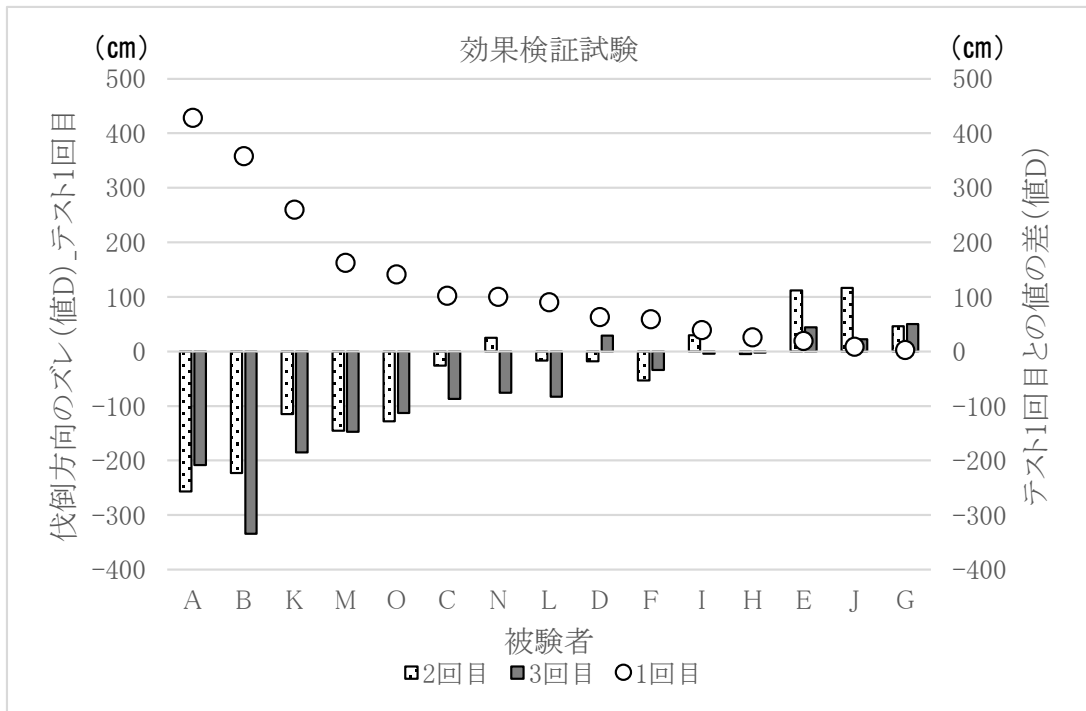


図-4.41 伐倒方向のズレ (値D) 個人の値_効果検証試験

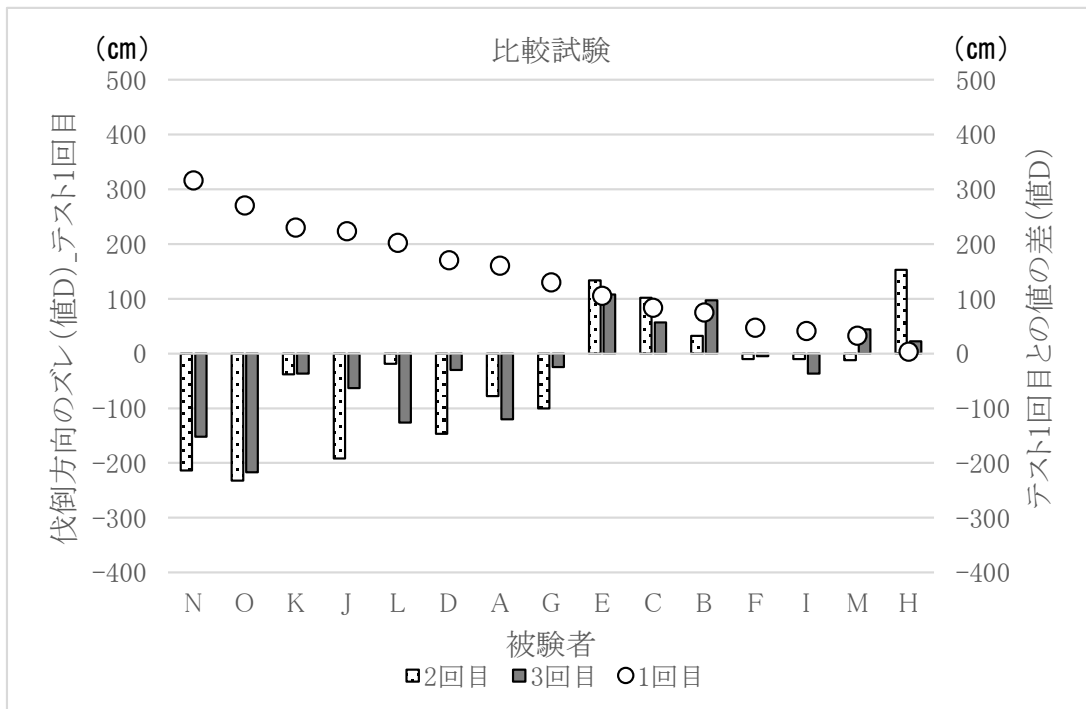


図-4.42 伐倒方向のズレ (値D) 個人の値_比較試験

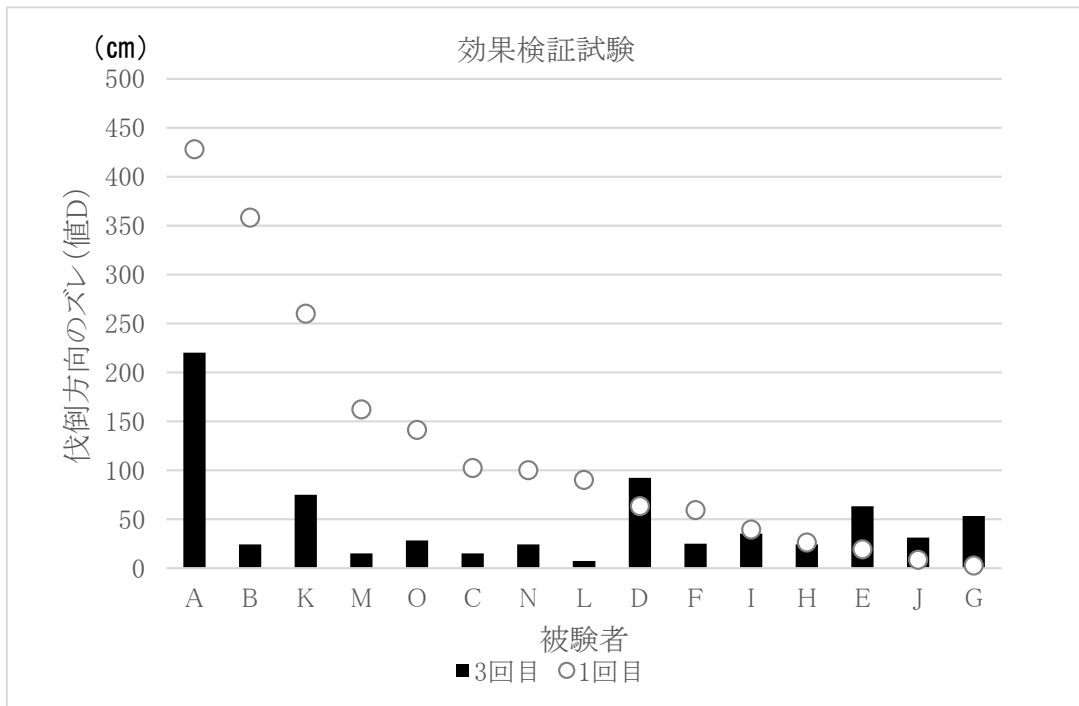


図-4.43 伐倒方向のズレ (値D) テスト 3 回目の値_効果検証試験

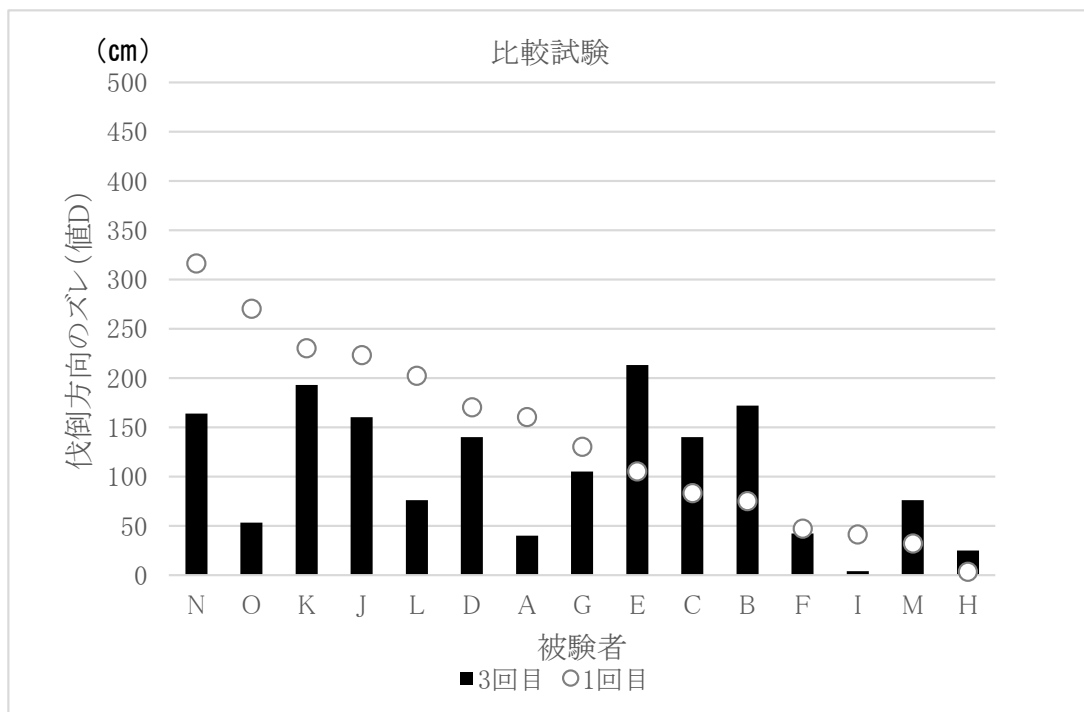


図-4.44 伐倒方向のズレ (値D) テスト 3 回目の値_比較試験

本項では、同一の被験者で比較試験を行い、模擬資材を使用したトレーニングが受口と追口の作成技能の習得にどのような効果と課題があるかの検証を行った。その結果、前項で行った調査と同様に、模擬資材を使用したトレーニングが伐倒方向のズレ（値 D）の減少に影響を与えていることが考えられ、伐倒方向を定める技能の教育に有用であることが推察される結果となった。また、ツルの作成精度についても前項で行った調査と同様に、調査で行ったトレーニング方法と期間では、トレーニングがツル幅のズレ（値 B）とツル高のズレ（値 C）に対する影響は確認できていない。

このような結果となった原因は前節と同様に、作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけるツールの有無であり、模擬資材を使用したトレーニングで、効果的に技能を習得するためには、このようなツールが必要であることが推察される。緑の雇用制度における研修生を対象としたアンケート調査では、チェーンソー作業の集合研修については、3 から 4 割の研修生が、研修時間が短すぎると回答している（20）。このように、十分とは言えない研修時間の中で、さらに受口と追口の作成技能に割くことができる時間は限られていると推察され、これらの技能を短期間で一定レベルまで向上させることは重要であると考えられる。そのため、ツルの作成技能についても、作業中のソーバーの角度や切込み量などを視認できるような、作業の結果と作業中の感覚をより明確に結びつけることを目的としたツールが必要であると考えられる。

本章では、第 3 章で提案した技能の評価手法を基に、模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題を明らかにすることを目的に調査を行った。その結果、伐倒方向を定める技能に関しては、一定の効果があることが確認でき、また、模擬資材を使用したトレーニングを効果的に行うために必要な課題が明らかになり、今後のチェーンソーの操作技能の習得を目的としたトレーニングのあり方に示唆を与える結果となった。模擬資材を使用したトレーニングを教育に適用するには、適正な訓練時間と回数の検討を行う必要があると考えられる。そのため、模擬資材を使用したトレーニングにおいても、習熟性理論による最適な訓練時間と回数の分析を行う必要があると考えられる。

4. 小括

第3章で提案した技能の評価手法を基に、チェーンソーの操作技能の習得を目的としたトレーニングについての検討を行った。まず、従来の研修で多く採用されている立木を使用したトレーニングを比較対象として、模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題の検証を行った。その後、同一の被験者で比較試験を行い、模擬資材を使用したトレーニングの効果と課題の検証を行った。どちらの調査でも、教育対象の技能レベルの差を減らし全体の技能レベルを底上げするという点において、模擬資材を使用したトレーニングによりは伐倒方向を定める技能の教育に有用であると推察する結果が得られたが、ツルの作成技能については同様の結果がえられなかった。その要因として、模擬資材を使用したトレーニングは、従来の研修で行われている立木を使用したトレーニングと比較して、研修時間内に対象となる鋸断作業を多く行うことができることが挙げられる。模擬資材を使用したトレーニングでは、鋸断作業を行うごとにその結果を計測し確認しているが、繰り返し鋸断作業ができて、その効果が表れたと推察された。そのため、限られた時間内で鋸断作業を多く行うことができることは、模擬資材を使用したトレーニングの利点の一つであると考えられる。

しかし、伐倒方向を定める技能と同様の方法でトレーニングをしていたにも関わらず、ツルの作成技能については同様の結果が得られなかった。その要因としては、伐倒方向を定める作業では、ガンマークが作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけるツールとして使用されたことが考えられる。被験者は、作業の結果と作業中に見たポールとガンマークの重なり見え方を照らし合わせ、次の作業で行うべき修正内容を検討することができる。そのため、作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけることが可能となり、短期間で精度を向上させることができたと考えられる。一方、ツルの作成についても、何らかの形で作業の結果と、作業中に見たツルの切り進み状況を照らし合わせ、次の作業で行うべき修正内容を検討していると考えられるが、ガンマークのような明確な基準がないため、作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけづらく精度が上がらなかったと推察される。

ツルの作成技能については、技能の習得を目的としたツルの検討と、それを用いてトレーニングを行うことで、技能の向上に効果があるか検証の必要があると考えられる。

第5章 総括

本研究は、チェーンソーによる伐木作業を安全に行うために重要な受口と追口の作成技能の習得に係る評価およびトレーニング方法について検討し、伐木作業の安全性向上に繋がる知見を得ることで、林業の労働災害防止に資することを目的として実施したものである。本研究で得られた結果の概要について以下に述べる。

はじめに、チェーンソーによる伐木作業の労働災害防止対策に関する既往の研究を、労働安全、労働衛生および技能教育に分類して概観した。さらに、当該作業以外の労働科学の分野における既往の研究およびその成果と照らし合わせ、チェーンソーによる伐木作業の労働災害を減らすために本研究が取り組むべき課題を整理することで、本研究の位置付けを明確にした（第1章）。すなわち、チェーンソーによる伐木作業の労働災害防止対策に関する既往の研究では災害の分析は十分になされており、発生の傾向とそれを防止するために求められる対策については明らかになっている。しかし、教育が労働災害防止対策においてどのような位置づけであるか、またどのような影響を及ぼしているのかがはっきりしておらず、教育を行った場合の効果と課題の内容についての情報が不十分である。特に、林業大学の開校が相次ぐ中、林業の労働災害防止対策において最も重視すべき作業であるチェーンソーによる伐木作業を、安全に行うために必要な受口切りと追口切りの効果的な技能教育については、技能の習得状況の評価およびトレーニング方法の検討と評価が急務であると考え。そのため本研究は、操作技能を対象にチェーンソーによる伐木作業を安全に行うために重要な受口と追口の作成技能の習得に係る評価およびトレーニング方法について検討し、伐木作業の安全性向上に繋がる知見を得ることで、林業の労働災害防止に資するためのものと位置付けられた。

次に、具体的な検討内容および結果を述べる。まず、教育プログラムが事故防止にどの程度影響を及ぼすかを評価するための基礎的研究として、チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害を対象に、都道府県ごとの素材生産量と死亡災害発生件数の関係、曜日および時間ごとの死亡災害の発生傾向を確認するとともに死亡災害の発生要因を抽出し、受口と追口の作成技能に関する要因が死亡災害にどのように関わるかを明らかにした（第2

章)。分析対象となるデータから 15 種類、合計 830 個の死亡災害の発生要因が抽出された。受口と追口の作成技能に関係する要因は 5 種類あり、全体の 33.6%を占める。チェーンソーによる伐木作業中の死亡災害は、複数の要因で構成されている死亡災害が多く、一番多い災害は 5 種類の要因で構成されていた。受口と追口の作成技能に関係する要因が含まれる死亡災害は全体の 63%を占める。これらの要因のみで構成される死亡災害は全体の 1%であるため、その殆どは、受口と追口の作成技能の習得以外にも、作業環境の安全管理などの対策が必要であると考えられる。しかし、受口と追口の作成技能に関係する要因は、死亡災害の起因物となる立木の挙動と関係しており、これらの要因の発生を防ぐことは、その要因が含まれる死亡災害の防止と深く関係していると考えられる。そのため、適切な受口と追口の作成技能を習得することで、死亡災害に係る重要な要因の発生を防止することが可能となることが推察される。これらのことから、受口と追口の作成技能の習得は、チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害の防止に深く関係しており、これらの技能の教育は労働災害の防止に与える影響は大きいことが示唆される。

次に、チェーンソーによる伐木作業を安全に行うためには技能等の習得状況の適切な評価が必要であると考え、「評価項目の設定」と「評価の客観化」の二つの課題に着目し、求められる評価項目とその方法について提案した。また、第 2 章で死亡災害の防止と深く関係していることが示唆される結果が得られた受口と追口の作成技能を対象に、提案した方法で技能の評価を行った場合にどのような影響が表れるかを確認し、教育へ適用した場合の効果と課題について確認した。(第 3 章)。チェーンソーによる伐木技能の教育には、受口と追口の作成技能、チェーンソーの基本操作、保護具の着用や作業の安全性を定量的に評価することが望ましい。チェーンソーの操作技能の競技会である世界伐木チャンピオンシップ(WLC)の伐倒競技における技能評価項目とその方法は、これらの条件を満たしており、チェーンソーによる伐木技能の教育において利用することが可能であると考え、教育への活用を提案した。また、定量的な技能評価により効果的に技能教育を行うためには、作業中の感覚と評価により得られる作業の結果の明確な一致が必要であること、技能を結果だけでなく作業を構成する技術項目をそれぞれ評価し、得られた情報を指導に反映することで、よりの確な指導が可能になることが推察される。

次に、模擬資材を使用したトレーニングを対象として、第 3 章での提案を基にしたチェーンソーの操作技能の習得を目的としたトレーニングの効果と課題の検証を行った。評価項目は、第 3 章で提案した項目のうち、倒伏過程の樹木を支え、狙いどおりの方向に倒すた

めの蝶つがいの役割を果たすツルの幅と高さおよび伐倒方向を定める技能が、安全に伐倒を行うために特に重要であると考え、調査の対象とした。(第4章)。はじめに、模擬資材を使用したトレーニングが、従来の伐木技能の研修で多く採用されている立木を使用したトレーニングと比較して、どのような効果と課題があるかの検証を行った。次に、被験者ごとの技能差の影響を可能な限りなくなるよう配慮した条件で、模擬資材を使用してトレーニングを行うことで、受口と追口の作成技能の習得にどのような効果と課題があるかの検証を行った。どちらの調査でも、教育対象の技能レベルの差を減らし全体の技能レベルを底上げするという点において、模擬資材を使用したトレーニングは伐倒方向を定める技能の教育に有用であると推察する結果が得られたが、ツルの作成技能については同様の結果が得られなかった。伐倒方向を定める技能の教育に有用であるという結果が得られた要因として、模擬資材を使用したトレーニングは、従来の研修で行われている立木を使用したトレーニングと比較して、研修時間内に対象となる鋸断作業を多く行うことができることが挙げられる。繰り返し鋸断作業ができることで、鋸断の成果を定量的に評価しながらトレーニングを行うことの効果が表れたと推察された。そのため、限られた時間内で鋸断作業を多く行うことができることは、模擬資材を使用したトレーニングの利点の一つであると考え。また、ツルの作成技能について同様の結果が得られなかった要因として、伐倒方向を定める作業で使用するガンマークのような作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけるツールがツルの作成作業に用いられていないことが挙げられる。このようなツールがないことで、作業の結果と作業中の感覚を明確に結びつけづらく精度が上がらなかったと推察される。ツルの作成技能については、技能の習得を目的としたツルの検討と、それを用いてトレーニングを行うことで、技能の向上に効果があるか検証の必要があると考える。

伐木作業中に発生した死亡災害の中で、かかり木や伐倒方向が変化など、適切な位置に伐倒する技能に関わる要因が多いことが分かっている。また、人工林の大径木化が進む中、伐木作業を安全に行う上で伐倒方向を定める技能の習得は更に重要になると考える。そのため、模擬資材を使用したトレーニングは伐倒方向を定める技能の教育に有用であると推察する結果が得られたことは、チェーンソーによる伐木作業の安全性の向上に繋がると考える。

以上を総括すると、林業の労働災害防止を考えるうえで重要なチェーンソーによる伐木作業を安全に行うために明らかにすべき課題に対して、本研究で得られた結果を次のように整理する。

1) 受口と追口の作成技能の習得と労働災害の防止の関係

チェーンソーによる伐木作業中の災害に係る 15 種類の要因のうち、5 種類が受口と追口の作成技能に関係しており、これらが含まれる死亡災害は全体の 63%を占めることを明らかにした。また、受口と追口の作成技能に関係する要因は、死亡災害の起因物となる立木の挙動と関係していることから、適切な受口と追口の作成技能を習得することで、死亡災害に係る重要な要因の発生を防止することが可能となることが推察される。これらのことから、受口と追口の作成技能の習得は、チェーンソーによる伐木作業中に発生した死亡災害の防止に深く関係していることが示唆されるという結果を示した。

2) チェーンソーによる伐木技能の教育に求められる評価項目とその方法

チェーンソーによる伐木技能の教育には、受口と追口の作成技能、チェーンソーの基本操作、保護具の着用や作業の安全性を定量的に評価することが望ましいことを示した。チェーンソーの操作技能の競技会である世界伐木チャンピオンシップ（WLC）の伐倒競技における技能評価項目とその方法は、これらの条件を満たしており、チェーンソーによる伐木作業の教育において利用することが可能であると考え、提案する。

また、技能を結果だけでなく作業を構成する技術項目をそれぞれ評価し、得られた情報を指導に反映することで、よりの確な指導が可能になることが推察されることを示した。

3) 受口と追口の作成技能の習得を目的としたトレーニング方法

教育対象の技能レベルの差を減らし全体の技能レベルを底上げするという点において、模擬資材を使用したトレーニングは伐倒方向を定める技能の教育に有用であると推察する結果が示された。また、模擬資材を使用したトレーニングを効果的に行うためには必要な課題が明らかになり、今後のチェーンソーの操作技能の習得を目的としたトレーニングのあり方に示唆を与える結果となった。

本研究はチェーンソーによる伐木作業を安全に行うために重要な受口と追口の作成技能の習得に係る評価およびトレーニング方法について検討し、伐木作業の安全性向上に繋がる知見を得ることができた。本研究は以上の 3 点を以て、林業の労働災害防止に資するものであると考える。

謝辞

本研究を取りまとめるにあたり，懇篤なるご指導と温かい励ましを賜り，校閲の労をとられた東京大学大学院農学生命科学研究科森林利用学研究室吉岡拓如准教授ならびに仁多見准教授に心から厚く御礼申し上げます。また，懇篤なご助言と校閲の労をとられた国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 上村巧伐採技術担当チーム長に厚く御礼申し上げます。

本研究第4章3項の調査は，平成29年度林業機械化協会研究助成の支援を受け実施された。ここに記して謝意を表します。また，本研究の実施に際し，調査の機会をご提供下さった岩手県農林水産部森林整備課の皆様，岩手県林業労働対策基金の皆様，静岡県森林組合連合会の皆様，特定非営利活動法人富士森林施業技術研究所の皆様，鳥取県林業担い手育成財団の皆様，並びに調査の被験者となって下さった岩手県・静岡県・鳥取県の緑の雇用研修生の皆様に深く感謝いたします。

本研究に取り組むにあたり，チェーンソーによる伐木作業の労働災害防止のための方策の一つとして，技能教育という着想を与えてくれた，世界伐木チャンピオンシップおよび日本伐木チャンピオンシップを支えてきた関係者および選手の皆様に深く感謝いたします。また，同競技に選手として出場して得た知識と経験は，本研究を行う上で大きな支えとなった。この機会を与え，チェーンソーに関する知識，チェーンソーの操作技能の習得に関して多大なるご支援を賜りました，ハスクバーナ・ゼノア株式会社に深く感謝いたします。

最後に，本研究に関わる全ての活動を支えてくれた夫に感謝します。

引用文献

- (1) 秋月千典 大橋ゆかり (2017). 理学療法学科学生を対象とした心肺蘇生技能の定量的評価. 目白大学 健康科学研究 10, 33-40
- (2) 古川邦明(1997). 地域に適合した林業機械作業システム研究(1)高性能林業機械の訓練システムとその効果に関する調査. 岐阜県林業センター研究報告, 26号 : 7-20
- (3) S Gandaseca. and T Yoshimura(2001) Occupational Safety, Health and Living Conditions of Forestry Workers in Indonesia.J.For.Res.6:281-285
- (4) ハスクバーナ (2012) チェンソー作業マニュアル 安全で効率的なチェンソー使用のための基本マニュアルーパート 1 (日本語訳版). ハスクバーナ. Sweden. 66pp
- (5) 今富裕樹 櫻井倫(2003). 安全な伐木作業のためにーインシデント調査による災害防止のための人的要因分析ー. 機械化林業 No.594 : 8~11
- (6) 今富裕樹(2004). 林業労働者の安全意識に関する分析. 森利学誌, 18(4) : 235~238
- (7) 今富裕樹(2013). 林業事業者の安全意識・行動, 組織風土の解明とそれらが安全レベルに及ぼす影響. 森利学誌, 28(4) : 245~254
- (8) International association logging championships (2018) International association logging championships statues. オンライン, (<http://www.ialc.ch/Englisch/About-us/statues/>). 2018年9月20日参照

- (9) International association logging championships (2018) International association logging championships Set of Rules WORLD LOGGING CHAMPIONSHIPS. 42pp. オンライン, (<http://www.ialc.ch/Englisch/Basics/Regulation/>). 2018年9月20日参照
- (10) イタルダ (2011) イタルダ・インフォメーション No.33. オンライン, (<https://www.itarda.or.jp/itardainfomation/info33.pdf>). 2018年9月20日参照
- (11) 市川淳 三輪和久 寺井仁(2016). 身体スキル習得過程における個人特有の運動に関する検討. 認知科学 23(4), 337-354
- (12) 岩川治(1975). 可搬式機械の運搬作業が生理的負担に与える影響について. 日林誌 57(1) : 6~11
- (13) 岩川治 古川士郎 近藤恵市(1994). 林業労働災害と労働安全に関する研究 (VII) -静岡県民有林における労働災害の発生要因の分析-. 静岡大学農学部研究報告, 43 : 9~17
- (14) 鹿島潤 都築伸行 鹿又秀聡 興梶克久(2014). チェーンソー用防護服の使用と管理の実態. 森利学誌, 29(2) : 119~126
- (15) 河原大陸 浦辺幸夫 前田慶明 笹代純平 藤井絵里 森山信彰 山本圭彦 岩田昌(2015). チェーンソーを用いる伐倒作業姿勢の違いが体幹筋群の筋活動量に与える影響. 産衛誌 57(4), 111-116
- (16) 河原大陸 浦辺幸夫(2016). 傾斜角度の相違がチェーンソー保持中の体幹筋群の筋活動量にあたえる影響. 日本職業・災害医学会会誌, 64(1), 34-38, 2016-01
- (17) 川崎章恵(2017). 「緑の雇用」研修生からみる研修の評価 : フォレストワーカー対象アンケート調査結果をもとに. 森利学誌, 32(1), 5-14

- (18) 木幡靖夫 由田茂一(1997). 機械操作の習熟度と生産性—プロセッサ使用初期を対象とした事例分析—. 日林北支論 45, Feb : 149~151
- (19) 興梶克久・田村早苗・中川秀一佐々木太郎(2006). 「緑の雇用担い手育成対策事業」の効果に関する研究—「緑の研修生」アンケートの結果をもとに—. 林業経済 59(7) : 1~15
- (20) 興梶克久(2015). 「緑の雇用」のすべて. 日本林業調査会, 307pp, 東京
- (21) 厚生労働省 (2018) 職場のあんぜんサイト 労働災害統計 千人率. オンライン, (<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.htm>). 2018年9月20日参照
- (22) 厚生労働省 (2011) 労働災害防止のために. オンライン, (https://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/110222-1_001.pdf). 2018年6月21日参照
- (23) 厚生労働省 (2017). 死亡災害データベース. オンライン. (http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/SIB_FND.aspx). 2017年1月15日参照
- (24) O Lindroos, T Gullberg and T Nordfjell(2007) Torques from Manual Tools for Directional Tree Felling. International Journal of Forest Engineering, 18:2, 40-51
- (25) 松隈茂(2011). 労働安全衛生法体系による労働災害防止対策と林業の課題. 森利学誌, 26(1) : 7~14
- (26) 松本武・古川邦明(2017). 岐阜県中濃地域の森林組合従業員における森林・林業専門教育機関出身者数 (特集 「技術の評価・体系化・展開」). 森利学誌, 32(1) : 37~41
- (27) METSÄTEHO (1991) METSURIN puutavaranhakkuun työ-ja suunnitteluopas. METSÄTEHO. Finland. 112pp

- (28) 三浦崇 高橋明子(2014). 労働災害発生件数の被災者年齢分布－労働災害（死傷）データベースに基づく分析－. 「労働安全衛生研究」, Vol.7,No2,pp.77-83
- (29) 三浦崇 高橋明子(2017). 労働災害発生率と年齢との関係. 「労働安全衛生研究」, Vol.10,No.1,pp.33-43
- (30) 本村猛能 内桶誠二 (2000). 情報教育の教授－学習システムに関する客観的評価. 川村学園女子大学研究紀要 11, 69-82
- (31) 師岡孝次(1969). 習熟性工学－動的評価と計画の技術－. 200pp, 建帛社, 東京
- (32) 農林水産省 (2017). 統計情報（林業）. オンライン.
(<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kensaku/bunya5.html>). 2017年1月15日参照
- (33) 沼田邦彦(1994). 京都府における民有林の林業労働災害に関する分析（I）－森林作業の現状と作業内容・事故の型から見た労働災害－. 京大演報, 66 : 106～118
- (34) 沼田邦彦(1995). 京都府における民有林の林業労働災害に関する分析（II）－年齢から見た労働災害－. 京大演報, 67 : 113～123
- (35) 大島祥央 浦辺幸夫 前田慶明 河原大陸(2016). チェンソーによる手腕振動が即時的な立位バランス能力に及ぼす影響. 理学療法科学 31(2), 199-202
- (36) 林業・木材製造業労働災害防止協会(2015). 安衛則第36条第8号に掲げる業務特別教育用テキスト 伐木造材作業用 チェンソー作業の安全ナビ. 林業・木材製造業労働災害防止協会, 225pp, 東京
- (37) 林業・木材製造業労働災害防止協会 (2017). 林業労働災害（死亡災害）速報一覧. オンライン. (http://www.rinsaibou.or.jp/cont03/03_frm.html). 2017年1月15日参照

- (38) 林業・木材製造業労働災害防止協会（2018）林業における作業別，死亡災害発生状況（平成 27 年～29 年）．オンライン，
（<http://www.rinsaibou.or.jp/cont03/items04/pdf/29/13rin03.pdf>）．2018 年 9 月 20 日参照
- (39) 林野庁（2010）平成 22 年度森林・林業白書．198pp，農林統計協会，東京
- (40) 林野庁（2017）．平成 29 年度森林・林業白書．林野庁，314pp，東京
- (41) 林野庁（2018）林野庁ウェブサイト 高性能林業機械の稼働状況（平成 28 年度）．オンライン，（<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/attach/pdf/daisuu-16.pdf>）．2018 年 9 月 20 日参照
- (42) 林野庁（2018）林野庁ウェブサイト 高性能林業機械の保有状況（平成 28 年度）．オンライン，（<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/daisuu.html>）．2018 年 9 月 20 日参照
- (43) 林野庁林政部経営課林業労働対策室(2018)．「緑の雇用」現場技能者育成推進事業実施要領．33pp，林野庁（Web サイト
http://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/koyou/pdf/4_youryou.pdf）．2018 年 9 月 25 日参照，東京
- (44) 林業機械化協会（1958）．林業機械化情報 50 号．35-45pp．林業機械化協会．東京．
- (45) 林業機械化協会（1960）．林業機械化情報 77 号．11-25pp．林業機械化協会．東京．
- (46) 林業機械化協会（1960）．林業機械化情報 78 号．90pp．林業機械化協会．東京．
- (47) 林業機械化協会（1961）．林業機械化情報 88 号．51-59pp．林業機械化協会．東京．

- (48) 林業機械化協会 (1962). 機械化林業 99 号. 108-127pp. 林業機械化協会. 東京.
- (49) 林業機械化協会 (1962). 機械化林業 103 号. 104-111pp. 林業機械化協会. 東京.
- (50) 林業機械化協会 (1963). 機械化林業 110 号. 107pp. 林業機械化協会. 東京.
- (51) 林業機械化協会 (1964). 機械化林業 124 号. 62-70pp. 林業機械化協会. 東京.
- (52) 林業機械化協会 (1970). 機械化林業 197 号. 44-49pp. 林業機械化協会. 東京.
- (53) W Robb and J Cocking (2014) Review of European chainsaw fatalities accidents and trends. *Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry*,36:2, 103-126
- (54) R. L. Rodriguez-Acosta, D. P. Loomis (1997) Fatal Occupational Injuries in the Forestry and Logging Industry in North Carolina 1977 1991. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 3:4, 259-265
- (55) Säker Skog (2018) Säker Skog Web site. オンライン, (<http://sakerskog.se/>). 2018 年 11 月 8 日参照
- (56) 振動障害等の防止に係る作業管理のあり方検討会 (2007) 振動障害等の防止に係る作業管理のあり方検討会報告書. 28pp, 厚生労働省 (Web サイト <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/03/dl/s0301-1a.pdf>). 2018 年 9 月 25 日参照, 東京
- (57) 谷口義昭 櫻田航介 吉田誠(1997). げんのうによる釘打ちに関する研究. 教育実践研究指導センター研究紀要 6, 59-67
- (58) 谷口義昭 櫻田航介 (2004). げんのうによる釘打ち技能の習得を支援する教具と学習評価. 教育実践研究指導センター研究紀要 13, 71-76

- (59) 谷口義昭 和田考起 山尾文夫 (2002). きりによる穴あけ技能の習得を目指した教材・教具について. 教育実践研究指導センター研究紀要 11, 139-146
- (60) 立川史郎 大里正一(1990). 林業労働における作業姿勢の評価方法について(1). 岩手大学農学部演習林報告 (21),p55-64, 1990-03
- (61) 立川史郎 大里正一(1990). 林業労働における作業姿勢の評価方法について(2). 岩手大学農学部演習林報告 (21), p65-74, 1990-03
- (62) The National Board of Forestry, Sweden (1983). The Chainsaw –Use and Maintenance. The National Board of Forestry, Sweden. 65pp
- (63) 鳥取県オーストリア林業視察・調査団 (2016). 鳥取県オーストリア視察・調査報告書ー林業成長産業化への鍵を探るー. 77pp. オンライン,
(<http://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1017684/ostriahokokusyo.pdf>) 2018年5月3日参照.
- (64) 豊川勝生(2002). 伐倒作業の死亡災害分析. 農作業研究 37(2):51～60
- (65) 豊川勝生 鹿島潤(2000). アンケートによる伐倒作業技術に関する調査. 森利学誌, 15(3) : 225～232
- (66) 豊川勝生(1998). チェーンソー作業者の作業負担に関する一考察. 農作業研究 34(1): 13～22
- (67) Työtehoseura ry (1989) METSÄNOMISTAJAN PUUNKORJUU. Työtehoseura ry. Finland. 125pp
- (68) 上村巧 松隈茂 福田章史(2007). 伐木作業者の使用する道具とその質量について. 森利学誌, 21(4) : 275～278

- (69) 上村巧(2015). 伐木技術の変遷と課題. 森利学誌, 30(1) : 5~10
- (70) 上村巧 岡安崇史 井上英二 加利屋義広 岡勝 鹿島潤(2010). 受口の不均一やツル幅の不均一が伐倒方向と作業の安全性に及ぼす影響. 森利学誌, 25(4):207~214
- (71) 山口浩和 岡勝 鹿島潤 毛綱昌弘 陣川雅樹 加利屋義広(2016). 林業機械作業への習熟モデルの適用と技術習得プロセスの分析. 森利学誌, 31(4) : 155~162
- (72) 山口浩和 上村巧 毛綱昌弘 加利屋義広(2016). オペレータの習熟度に応じた荷役作業における効果的な荷つかみ本数について. 森利学誌, 31(4) : 163~169
- (73) 山本孝 森健一(2002). 認知科学手法による熟練技能伝承方策に関する研究. 日本経営工学会論文誌 53(2), 161-169
- (74) 柳沢素夫(1974). チェーンソー作業の作業員に与える生理的負担. 日林誌 56(6) : 223~227
- (75) 全国林業改良普及協会(2017). 林業現場人 道具と技 Vol.16 安全・正確の追及—欧州型チェーンソー伐木教育法. 全国改良普及協会, 114pp, 東京
- (76) 森林組合連合会 (2013). 平成 24 年度「緑の雇用」現場技能者育成対策事業 集合研修委員会最終取りまとめ報告書. 森林組合連合会林業, 239pp, 東京