

森林利用学会

第 29 回学術研究発表会

講演要旨集

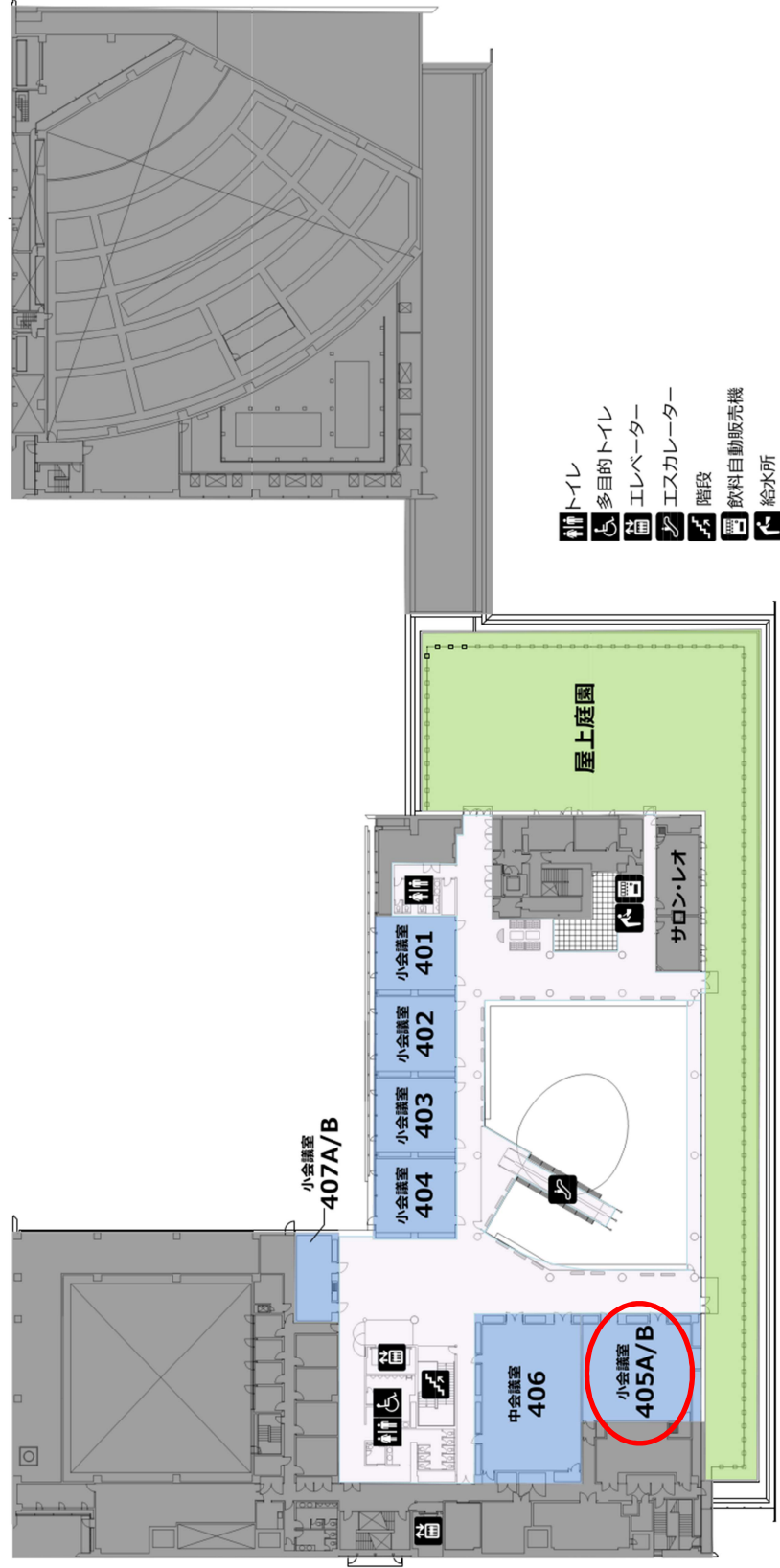
2022 年 10 月 1 日 (土)

於 つくば国際会議場 405 会議室



会場案内

つくば国際会議場 4階平面図



大会スケジュール

9月30日（金）現地見学会

12:30～17:00 現地見学会

（株式会社諸岡 本社社屋，本社工場，試験開発・デモセンター）

10月1日（土）学術研究発表会（つくば国際会議場 405号室，Webinar 併用）

9:15 研究発表会受付（対面参加者）

9:35 開会挨拶

9:45 研究発表会

16:25 閉会挨拶

参加費：現地見学会：無料

学術研究発表会：対面参加（1,000円）・オンライン参加無料

第 29 回学術研究発表会プログラム

10月 1日 (土)

9:15～ 受付
9:35～ 開会挨拶

発表時間 12 分, 質疑 3 分

(予鈴 10 分, 終鈴 12 分, 打ち切り鈴 15 分)

🎓 : 学生会員による発表・📶 : オンラインによる発表

セッション 1 座長：鈴木 保志 (高知大学)

- 9:45～10:00 The Utilization of SfM that Combines Images Taken Above and Below the Canopy Using UAV for Deriving Forest Inventory Data
🎓 ○Azwar Azmillah Sujaswara, Hisashi Hasegawa (Kyoto Univ.)
- 10:00～10:15 THE EFEKTIVENESS OF OCUPATIONAL AND SAFETY HEALTH (OSH) IMPLEMENTATION IN PLANTATION FOREST HARVESTING
🎓 ○Ratih Madya Septiana (TUAT), Masahiro IWAOKA (TUAT), Takeshi MATSUMOTO (TUAT)
- 10:15～10:30 チェンソーの伐倒時間に影響する諸因子の研究
🎓📶 ○開地琢朗(宮崎大農)、櫻井倫(宮崎大農)
- 10:30～10:40 休憩

セッション 2 座長：櫻井 倫 (宮崎大学)

- 10:40～10:55 低コストな土圧の多点同時計測システムの実現可能性
🎓📶 ○鈴木紗彩・松本武・岩岡正博 (農工大院)
- 10:55～11:10 小型油圧ショベルに相当する接地圧で静的に締固めた際の締固め特性と土の透水性
🎓 ○國分大地・岩岡正博・松本武 (東京農工大学院)
- 11:10～11:25 近代における多摩川流域産木材の輸送について
🎓 ○若狭夏海・松本武・岩岡正博 (農工大院)
- 11:25～11:40 経済性と災害リスクを指標とした森林ゾーニングの検討
🎓 ○渡部優 (岩手大学大学院)、斎藤仁志 (岩手大学)、臼田寿生 (岐阜森林研)・和多田友宏 (岐阜森林研)
- 11:40～13:00 昼休み

セッション3 座長：山口 浩和（森林総研）

- 13:00～13:15 スギ人工林のキャンプ利用を目的とした薪および枝葉の熱効率評価
〇吉村哲彦・宗石大輔（島根大生資）・鈴木保志（高知大農林海洋）
- 13:15～13:30 UAV の飛行高度と苗木サイズが空撮画像による苗木の判別可否に与える影響について
〇今岡成紹（広島県総研林技セ）
- 13:30～13:45 カラマツ人工林の更新コストはどこまで下げられるか
〇大矢信次郎（長野県林業総合セ）
- 13:45～14:00 ヒノキ漸伐林における終伐作業の直接作業費
〇大塚大（森林総研）、松井美希子（信大）、守口海（高知大）、植木達人（信大）、中澤昌彦（森林総研）、瀧誠志郎（森林総研）、齋藤仁志（岩手大）
- 14:00～14:10 休憩

セッション4 座長：板谷 明美（三重大学）

- 14:10～14:25 4 脚歩行ロボットによる林地自動歩行の精度
〇山口浩和、毛綱昌弘、佐々木達也、原山尚徳、宇都木玄（森林総合研究所）、菅野賢一（(株) ソフトバンク）
- 14:25～14:40 林内ドローン SfM による作業道補修工事における土工量の計測
〇長谷川尚史（京大 FSERC）・Azwar Azmillah Sujaswara・兼元大誠（京大院農）
- 14:40～14:55 山岳地域の公道を中心とする道路網における大型車両の通行性
〇鈴木保志（高知大農林海）、吉村哲彦（島根大生物資源）、長谷川尚史（京都大フィールド研）、有賀一広（宇都宮大農）、齋藤仁志（岩手大農）、守口海（高知大農林海）、白澤紘明（森林総研）
- 14:55～15:10 路網開設効果に対象林分の面積が与える影響
金丸綾可（元宮大農）・〇櫻井倫（宮大農）
- 15:10～15:20 休憩

セッション5 座長：伊藤 崇之（森林総研）

- 15:20～15:35 安全活動実施状況と労働災害発生率の関係について～岩手県の認定事業体を対象として～
〇齋藤仁志・滝沢裕子（岩手大学農学部）・渡部優（岩手大学連合農学研究科）・藤井さくら・立川史郎（元岩手大学農学部）
- 15:35～15:50 地上レーザを活用した原木換算による生産予測
〇山田隆信（山口県農林総合技術セ）
- 15:50～16:05 チェーンソー使用時の作業姿勢に関する研究
〇山田容三（元愛媛大学）、高原諒太郎（南海プライウッド）
- 16:05～16:20 チェーンソーの水平把持精度の現状把握
〇中田知沙・猪俣雄太・上村巧・山口浩和（森林総合研究所）
- 16:20～ 学生優秀論文発表賞 表彰式
- 16:25～ 閉会挨拶

The Utilization of SfM that Combines Images Taken Above and Below the Canopy Using UAV for Deriving Forest Inventory Data

○Azwar Azmillah Sujaswara (Grad. Sch. Agric., Kyoto Univ) · Hisashi Hasegawa (FSERC, Kyoto Univ.)

1. Introduction

Forest Inventory is one of the most crucial parameters in forest management. Conventional forest inventory data collection is considered costly, time-consuming, and exhausting. On the other hand, a non-contact method using remote sensing could be a solution for those shortcomings. With current technologies, we can obtain more detail tree characteristics such as stem shape and leaf mass. It is also expected that advanced simulations of forest management operations can be performed by constructing digital copy of real forests.

Currently, LiDAR (Light Detection and Ranging) measurement is the most accurate but high-priced technology. As an alternative, a cheap consumer-grade Unmanned Aerial Vehicle (UAV) could produce cheaper LiDAR-like data through the Structure from Motion (SfM) algorithm. This research aims to evaluate the capabilities of our method in producing 3D dimensional data in several forest conditions for deriving forest inventory data. We proposed a new approach to fly the UAV below and above the canopy, to examine whether it is possible to obtain precise forest information by SfM algorithm instead of LiDAR.

2. Method

The research is conducted in two different forest conditions in terms of tree species, understory condition, and terrain condition. We manually flight the UAV (DJI Mavic3) below and above the canopy in about a 20-35 m² circular plot. The image was captured in 2 seconds intervals. The point cloud was produced using Pix4d Mapper from both flight missions. The tree position, DBH, and height were automatically estimated using lidR and TreeLS packages in Rstudio. As comparison, we collected forest inventory data using ground measurement. We were also acquiring airborne laser measurement data using a LiDAR UAV (DJI Matrice 300 RTK + Zenmuse L1).

3. Result and Discussion

In two plots, we were able to construct highly accurate 3D models of the forests, except for the heights where the branch density was high. Tree position, DBH, and height were successfully estimated then compared with ground measurement result. In addition, the reproducibility of the stem shapes was high compared with UAV-mounted LiDAR data. The capabilities of our approach in reconstructing 3D model in each plot will be discussed. Lastly, we will also discuss the other potential utilization of this approach in future forest management. In future work, we would like to obtain more tree information such as wood-leaf classification and stem curve use this data. We will compare our results with airborne LiDAR data as well.

Keywords : Structure from Motion, Forest Inventory, Photogrammetry, Point cloud Fusion



Fig2 Point cloud result at lower part



Fig1 DBH detection in thinned point cloud

THE EFFECTIVENESS OF OCCUPATIONAL AND SAFETY HEALTH (OSH) IMPLEMENTATION IN PLANTATION FOREST HARVESTING

Ratih Madya Septiana ; Masahiro IWAOKA ; Takeshi MATSUMOTO

Tokyo University of Agriculture and Technology

Sustainable forest management (SFM) is accepted as a concept designed to embrace different forest interests on the value of various stakeholders (Berninger et al., 2008). This definition reflects that forest not only provides ecological function but also should consider human and social aspects, including the safety of the workers, as they play a significant role in executing SFM. Indonesia has about 58,3% Forest production, and all timber harvesting activities are conducted in this type of forest. Forestry work, especially timber harvesting, is a dangerous industry and has a high risk of accidents and occupational health disorders. The High risk of the work resulted from the combination of characteristics of the logging operation itself, adverse working conditions, and workers' safety behavior. The accident rate in the forest industry in many countries has been reported to be significantly higher than in other sectors. The Occupational and Safety Health System for forest workers is important to implement. The objectives of the study are 1) To identify the sociodemographics of forest workers; 2) To identify the hazard risk, the accident, and health diseases caused by timber harvesting and 3) To analyze the implementation of the OSH Management system in the company. This study is qualitative research employing an approach to data collection and analysis. Data that will use in this analysis are occupational health-related policy documents, criteria and Indicators of Occupational and safety health by the FSC's documents, procedures on forest operations, and OSH implementation.

チェーンソーの伐倒時間に影響する諸因子の研究

開地琢朗・櫻井倫（宮大農）

1. はじめに

日本の森林は欧米と比べ急峻な斜面が多く、今後もチェーンソーによる伐倒が主流であると考えられる。しかし、チェーンソーの作業効率について近年の ICT の発達を活かした、個別の立木の条件を考慮した分析事例は現時点では見受けられない。

そこで本研究では、立木ごとに变化する条件のうち何が伐倒作業に与える影響を明らかにすることを目的として、時間観測の分析を試みた。

2. 対象と手法

観測は宮崎県北部の東臼杵郡美郷町と宮崎県宮崎市田野町の 2 か所で行った。美郷町での観測は、2020 年 12 月に行われたスギの主伐作業において、作業員 1 名の伐倒作業を時間観測するとともに、GNSS 受信機により移動箇所を記録した。観測本数は 29 本であった。また、UAV のレーザー測量により得られた 50cm メッシュ DEM および立木位置のデータを用いて立木位置と各立木の周囲の傾斜を求め、作業時間との関係を分析した。

田野町では、2021 年 9 月に行われたヒノキの主伐作業を対象にした。作業員 1 名の作業観測を行うとともに、胸高直径と位置を記録した立木のデータおよび航空レーザー測量により得られた 1 m メッシュ DEM を用いて伐倒時間と傾斜、胸高直径、伐採木周囲の込み具合との関係を分析した。観測本数は 103 本であった。

いずれも伐倒作業は伐倒方向の決定(以下、段取り)、チェーンソーを操作する実際の伐倒(以下、伐倒)、移動の 3 つの要素作業に分類した。

3. 結果

美郷町の結果では、段取りの作業時間と傾斜の相関係数は -0.619 であり、負の相関がみられた。一方、伐倒の作業時間と傾斜の相関係数は 0.002 であり、相関は見られなかった。移動は周囲の雑木の切り払いなど段取り作業を行いながらの移動が多く、

有意な観測回数は得られなかった(6 回)。田野町の結果のうち、要素作業時間と条件との相関係数は表-1 に示すとおりとなった。また、伐倒する立木の周囲の立木本数による要素作業時間への影響をみると、伐倒では周囲に他の立木がない場合の平均要素作業時間は 74.5 秒、1 本では 63.8 秒、2 本では 70.4 秒、3 本以上では 86.0 秒であった。段取りではそれぞれ 13.8 秒、12.4 秒、13.4 秒、13.0 秒であり、移動では 32.2 秒、27.8 秒、28.5 秒、32.3 秒であった。

結果をまとめると、美郷町では、段取り時間と傾斜では負の相関が見られたが、他の要素作業時間と条件では相関が見られなかった。田野町では、伐倒時間と胸高直径には正の相関が見られたが、他では相関が見られなかった。段取り時間と傾斜の関係は美郷町と田野町では異なる結果となった。

キーワード：チェーンソー、伐倒時間、地形

表-1 要素作業時間と条件の相関係数

	移動	伐倒	段取り
傾斜	0.155	-0.152	-0.166
胸高直径		0.786	0.095

低コストな土圧の多点同時計測システムの実現可能性

鈴木紗彩・松本武・岩岡正博（農工大院）

1. はじめに

森林作業道作設指針（林野庁 2021）において、「根株や末木枝条などの有機物を盛土路体に完全に埋設して路体を構築することは、盛土崩壊を引き起こしたり、路体支持力を損なう恐れがあるため行わない。」とされている一方で、現実には、盛土内に林地残材が混入または意図的に埋設されることがある。盛土内に根株などの異物が混入することにより、異物周辺の土が十分に締固められないのではないかと考えられるが、それを検証するためには、盛土内に土圧計を多点配置して計測し、異物が埋設された状態とそうでない状態で、締固めの程度に差が生じるのか明らかにする必要がある。しかしながら、市販の土圧計は高価であり、多点計測は容易でない。

そこで本研究では、入手しやすく安価な素材を用いた土圧の多点同時計測システムの実現可能性を明らかにすることを目的とする。

2. 使用機器とシステム開発

低コストな圧力計測システムの開発にあたって、ライブラリが豊富で開発が容易なマイコンボードである ArduinoDue を選定した。次に Arduino に接続でき、価格が十分安い圧力センサ FSR406 を土圧計測部材として採用した。計測値は端末エミュレータ TeraTerm を介し PC に出力し記録を行う。

3. 圧力センサの検証試験と結果

計測システムを開発するにあたり、圧力センサ FSR406 の直線性、ヒステリシス、ドリフトの検証を行った。右表は結果をもとに圧力センサ①～⑦を評価した表である。直線性の評価は、相関係数 $r \geq 0.95$ を○、 $0.90 \leq r < 0.95$ を△、 $r < 0.90$ を×とした。ヒステリシスは、増加時と減少時の差が小さく再現性の高いものを○とした。またドリフトは、大きな計測値のぶれがないものを○、計測値がぶれ、全体を通して変化しているものを△とした。直線性を最も重要な要素とし、3段階で総合評価を行った。

	直線性	ヒステリシス	ドリフト	総合
①	△	△	○	△
②	○	△	△	○
③	○	△	○	○
④	○	△	△	○
⑤	×	○	△	×
⑥	×	○	△	×
⑦	△	△	—	△

4. 結論

ほとんどの圧力センサで直線性が確認でき、相対的な土圧の差を計測可能であることが確認できた。圧力センサの個体ごとに性能を評価し、使用可能なものを選別する必要があるものの、FSR406 の有用性が確認でき、本研究で開発した圧力計測システムによる土圧の多点同時計測の実現可能性が確認された。

引用文献

林野庁（2021）森林作業道作設指針。オンライン、
（ <https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/attach/pdf/romousuisin-15.pdf> ） .
2022 年 9 月 1 日参照。

キーワード：圧力センサ，直線性，ヒステリシス，ドリフト，締固め

小型油圧ショベルに相当する接地圧で静的に締固めた際の 締固め特性と土の透水性

國分大地・岩岡正博・松本武（東京農工大学院）

1 はじめに

作業道に雨水が浸透することは、路面支持力の低下を引き起こすため、避けなければならない。これに対して、作業道の締固めによって路体支持力を高めることに加えて、雨水を路体に侵入させない、遮水性を得ることができると考えた。そこで本研究は、小型油圧ショベルに相当する接地圧で静的に締固めたときの締固めの特徴と土の遮水性について明らかにすることを目的に、締固めの回数と土壌硬度、ならびに飽和透水係数との関係を分析した。

2 材料と方法

U字溝を土槽として、おもりの载荷により静的に締固めた。おもりの質量は、油圧ショベルの接地圧である 34 kPa を想定して、U字溝の断面積から約 100 kg とした。締固めの程度は土壌硬度計を用いて土壌硬度で評価し、载荷面で9箇所、深さ 5, 15, 25 cm において各 3 箇所の計 18 箇所で測定した。遮水性はミニディスクインフィルトロメータ（Decagon Devices 社製）を用いて、飽和透水係数を各模型について 1 回測定した。

3 結果と考察

図-1 に示すように、土壌硬度からみた最適な締固めの回数は 3 回程度となった。数回で土壌硬度が最大に達することは、澤口ら（2012）と一致したが、深さ 15 cm 以深は締固め 1 回以降は変化がないことから、静的な締固めは深さ方向への伝達に問題があると考えられた。

図-2 に示すように、飽和透水係数の値は、ほとんどが 10^{-3} の水準にあった。太田（1998）によると透水係数が 10^{-2} cm/s よりも大きければ雨水はほぼ無制限に浸透でき、 10^{-5} cm/s よりも小さい場合は実質的に不透水層と見なせることから、今回の結果は、無制限に浸透することはないが、不透水層（遮水）までは至っていないと言える。

引用文献：太田猛彦（1998）森林斜面での雨水流動（森林水文学．塚本良則．319 pp，文永堂，東京）122～135。

澤口勇雄・菅原大輔・佐々木一也・立川史郎（2012）油圧シャベルによる作業路盛土の最適転圧回数．森利誌 27（4）：225～232。

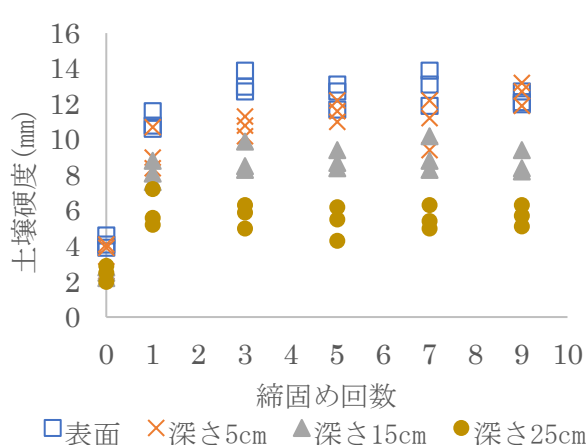


図-1 締固め回数と土壌硬度の関係

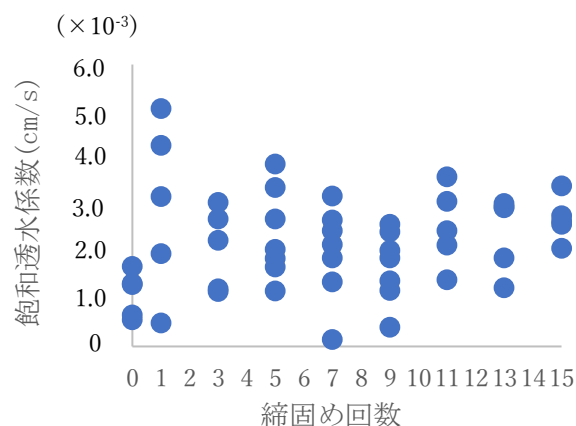


図-2 締固め回数と飽和透水係数の関係

キーワード：遮水性，土壌硬度，透水係数，作業道，路面支持力

近代における多摩川流域産木材の輸送について

若狭夏海・松本武・岩岡正博（農工大院）

1. はじめに

東京西部を經由し東京湾にそそぐ多摩川の流域は、「青梅材」をはじめとした木材を産出して大都市の消費を支えた林業地域である。近世において当流域産木材は、多摩川の流れを用いた流筏あるいは人畜力を用いた陸送によって江戸および東京都市部へと輸送されたが、近代には鉄道やトラック等を用いた輸送も加わった。輸送手段変遷の時期や経緯については萩野(1975, 1981)等の研究があるが、近代初頭から戦前期の木材輸送システムの実態は明らかにされていない。本研究では、近代初頭から戦前にかけての多摩川流域産木材の輸送システムを解明することを試みた。

2. 材料と方法

既往研究や自治体史等の知見を整理するほか、特に鉄道輸送については青梅市郷土博物館所蔵「青梅鉄道資料(青梅鉄道関連資料)」を用いて文献調査を行い、その実態解明を試みた。

3. 結果

明治初頭の対象地域における木材輸送は江戸時代同様流筏が行われていたが、その後堰の通行に対する厳しい規制や水力発電所の建設計画等の困難があり、大正末期の1923年を最後に流筏は消滅した(萩野1975, 萩野1981)。鉄道による木材輸送は、1889年の甲武鉄道(現在のJR中央線)および1894年の青梅鉄道(現在のJR青梅線)の開業によって始まった。1909年には流筏と鉄道輸送がともに輸送手段として用いられており、管流しや馬車による集積の後、河川輸送の場合は多摩川本流、支流の秋川それぞれで筏に組み河口まで輸送したのち舳によって深川木場へ回漕されたこと、鉄道輸送の場合は本流域の材は青梅鉄道日向和田駅から、秋川流域の材は秋川を管流または馬車輸送ののち同線拝島駅から積み込まれたことがわかった。1920年から1922年にかけての青梅鉄道各駅の木材発着量をみると、二俣尾駅、青梅駅、福生駅が主な積込拠点となっており、本流域材は路線延伸によって日向和田から二俣尾に、秋川流域材は拝島から福生に積込拠点が移行し、さらに青梅が新たに積込拠点に加わった。また、萩野(1981)は青梅材の到着駅を新橋駅としているが、1932年頃の到着駅は汐留駅・隅田川駅・渋谷駅であり、後者2駅では荷卸ののち船積による配達先への回漕が行われていた。

輸送コストについては、1932年頃の積込から配達までの木材運賃は約2.6-2.8円/tであり、これを同年の青梅材杉材の並材価格と比較すると、運賃は材価の約12-13%であったと判明した。また青梅鉄道における1921年の蒸気機関車運転費および1923年の電気機関車運転費から、運転費の半分以上は石炭または電気代であり、人件費は1割未満であったとわかった。1932年頃の資料から二俣尾駅を発送した2日後には配達先に届いたことが明らかとなり、流筏の所要日数4-5日に比べ大幅に輸送速度が速かった。

引用文献

萩野敏雄(1975) 内地材流送史論. 85pp, 日本林業調査会, 東京都.

萩野敏雄(1981) 東京木材市場の史的研究—戦前期における—. 135pp, 日本林業調査会, 東京都.

キーワード: 木材輸送, 鉄道輸送, 筏流し, 青梅鉄道

経済性と災害リスクを指標とした森林ゾーニングの検討

渡部優（岩大連大院）・斎藤仁志（岩大）・臼田寿生（岐阜森林研）・和多田友宏（岐阜森林研）

はじめに 近年、計画的かつ効率的な再生林の推進が要請されている一方、頻発する豪雨災害を踏まえた山地災害リスク低減への対応も一層求められている。これらの要請を両立する概念として、多田（2020）は図-1に示す4象限図を提案した。この図は、林業収益性と林地災害リスクの2軸で林地を4象限に区分したものであるが、広域に適用した事例はなく、各象限に林分がどの程度割り当てられるかは明らかでない。そこで本研究では、当該4象限図に基づくゾーニングを、岐阜県全域の民有林を対象として行うことで、経済性と災害リスクの二基準からみた林分特性の定量化を試みた。

方法 表-1に示した指標を用いて、林分の経済性と災害リスクを10mセル単位で評価した。まず、地形等の空間情報より各指標を計算し、表の閾値でスコアリングした。次に、基準ごとに関連指標のスコアを積算し合成スコア（レンジ：3～9点）を求めた。そして、災害リスクを横軸、経済性を縦軸とした平面における合成スコアの密度分布を旧市町村ごとに求めた。最後に、基準ごとに閾値を設定し、4象限図に基づくゾーニングを行った。

結果 ゾーニング結果は閾値の設定次第で異なり得るため、本研究ではゾーニングの根拠となる合成スコアの密度分布に着目する。合成スコアの密度分布をクラスタリングした結果、概ね4つの分布傾向を確認できた（図-2、3）。口頭発表では、各クラスタの特徴やクラスタごとに求めたゾーニング結果について報告する。

キーワード：森林ゾーニング、経済性、災害リスク、クラスタ分析、地域性

本研究はJSPS 科研費 21K05665, 22H02373, 22H03800 の助成を受けたものである。

多田 泰之(2020) 災害リスクへの対応(田中 和博・吉田 茂二郎・白石 則彦・松村 直人 編) 森林計画学入門, 朝倉書店:p157.

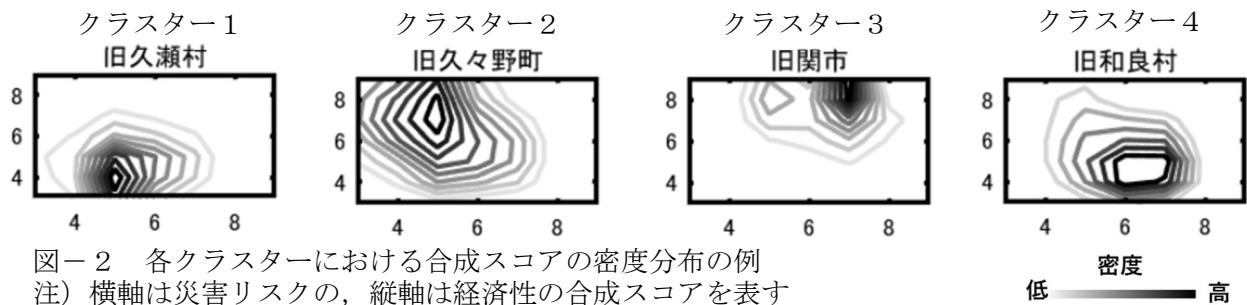


図-2 各クラスタにおける合成スコアの密度分布の例
注) 横軸は災害リスクの、縦軸は経済性の合成スコアを表す

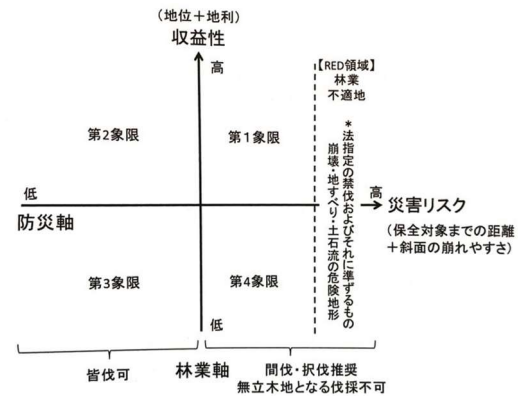


図-1 4象限図ゾーニングの概念図

表-1 各基準の評価指標

基準	指標	単位	スコア		
			1点	2点	3点
経済性	地位指数	m	$x \leq q_{33}$	$q_{33} < x \leq q_{66}$	$q_{66} \leq x$
	地利	m	$300 \leq x$	$100 < x < 300$	$x \leq 100$
	適応可能な集材方式		$x \in \{ \text{中長距離架線系} \}$	$x \in \{ \text{その他} \}$	$x \in \{ \text{林内走行, 直接集材} \}$
災害リスク	傾斜	度	$x \leq 30$	$30 < x \leq 35$	$35 \leq x$
	平面曲率の標準偏差		$x \leq q_{33}$	$q_{33} < x \leq q_{66}$	$q_{66} \leq x$
	保全対象との位置関係		$x \in B_p$		$x \in B_p$

注) x: セル値またはセル, q_i : iパーセンタイル, B_p : 保全対象を含む流域

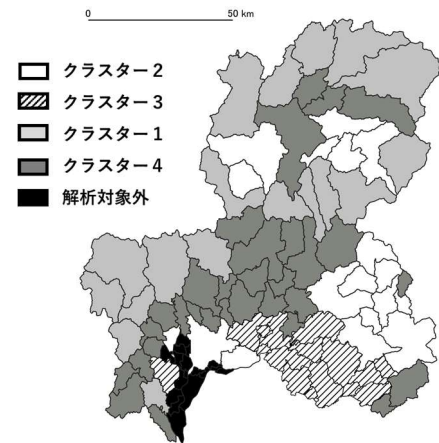


図-3 クラスタの空間分布

スギ人工林のキャンプ利用を目的とした薪および枝葉の熱効率評価

吉村哲彦・宗石大輔（島根大生資）・鈴木保志（高知大農林海洋）

1. はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大が続く中、キャンプや登山といったウイルス感染への危険度が比較的低いアウトドア活動への社会的関心が高まっている。それともなあって、薪のキャンプ需要が伸びており価格も上昇していることから、薪ビジネスに取り組む林業家も増えている。薪は原木を薪割機で分割するだけで、高い付加価値を生み出すことからビジネスとしての魅力も高い。そこで我々は、日本全国に広がる間伐が遅れた人工林への対策として、人工林におけるキャンプと薪利用を提案するものである。本研究では、スギ人工林をキャンプに使用する「燃料供給基地」と考え、そこから得られた薪と枝葉が焚き火の燃料としてどれだけの熱量を供給できるかを燃焼実験により明らかにした。さらに、スギ人工林から供給される薪と枝葉によって、キャンプ利用者の食事をどれだけ作れるかについても試算を行った。

2. 方法

燃焼実験に使用した薪は、島根大学三瓶演習林のスギ人工林で2021年3月26日に伐倒して、その後林内に放置していた間伐木に対して、同年5月11日に薪割りをを行った。また、同年7月30日に同一林分の林床からスギの枝葉を採集した。その後薪と枝葉は自然乾燥を行った。その後、同年10月18日（平均気温15.3度、平均湿度55.1%）に三瓶演習林事務所前で、鍋に入れた水を焚火台で沸騰させる燃焼実験を薪、枝葉それぞれについて行った。この実験における熱効率E（%）は以下の式(1)によって求めた。

$$E = T_1 / T_2 \times 100 \quad (1)$$

ここで、Eは熱効率（%）、 T_1 は水温上昇に寄与した熱量（kcal）、 T_2 は薪（あるいは枝葉）の低位発熱量（kcal）である。さらに、同年12月21日（平均気温10.9度、平均湿度57.4%）にキムチ鍋を作る調理実験を薪、枝葉それぞれを用いて行った。

3. 結果と考察

燃焼実験の結果、薪の熱効率は4.4%（1回目）、3.7%（2回目）となった。枝葉の熱効率は2.4%（1回目）と2.3%（2回目）であった。焚き火では熱が大気中に拡散するため熱効率は高くなかった。キムチ鍋の調理に要した薪と枝葉の定位発熱量はそれぞれ14,994 kcal、14,970 kcalであった。調理時間は薪と枝葉でそれぞれ5,241秒、2,806秒であった。人工林収穫予想表や三瓶演習林におけるリターフォール量などの既存データを用いて、このキムチ鍋が1年当たり何回作れるかを試算した。その結果、スギ人工林1ha当たり、薪では839.0回、枝葉では88.1回作れることがわかった。枝葉から得られる熱量は予想よりも大きく、薪を補完する燃料としての可能性は高い。

キーワード：キャンプ、薪、燃焼、熱効率



キムチ鍋を作る実験風景

UAV の飛行高度と苗木サイズが空撮画像による苗木の判別可否に与える影響について

今岡成紹（広島県総研林技セ）

1 はじめに

近年、無人航空機（UAV）が急速に普及し、林地の現況把握に活用されつつある。こうした中、植栽本数や植栽位置の確認のため、植栽した苗木を対象とした空撮のニーズがあるが、苗木はサイズが小さく、数 ha 程度の空撮でよく適用される飛行高度（50～100m）で取得した空撮画像では判別が困難な場合がある。また、空撮画像による苗木の判別は UAV の飛行高度や撮影対象である苗木のサイズ等の影響を受けるため、空撮画像に基づいた現況把握の信頼性を担保するために、適切な撮影条件の特定が必要である。本研究では、植栽した苗木の目視判別に適した撮影条件の特定を目的とし、サイズのばらつきのあるヒノキ接ぎ木苗を対象に、異なる飛行高度で空撮を行い、UAV の飛行高度と植栽した苗木のサイズが空撮画像による判別可否に与える影響を調べた。

2 方法

広島県三原市久井町の調査地（0.23ha）において、UAV(DJI 社製 Phantom 4 Pro V2.0 Plus)を用いて、飛行高度 6～88m で直下視点の空撮を行った（n=186 枚）。調査地内のヒノキ接ぎ木苗（n=125 本）の植栽位置を記録し、苗木樹冠の最大幅とそれに直交する長さを測定し、平均樹冠幅を算出した。また、比較のため、調査地外の秋植え用の 2 年生ヒノキコンテナ苗（2021 年 1 月播種、2022 年 8 月計測、n=35 本）の平均樹冠幅を同様に計測した。判別可否については、オルソ画像化前の空撮画像を用いて、植栽位置の記録をもとに、空撮画像の中央部に位置していた苗木をパソコン上で目視判別し、3 段階（「判別容易」、「判別困難」または「判別不可」）で評価した（n=468 回）。また、統計モデリングのため、「判別容易」を 1、「判別困難または判別不可」を 0 として二値化し、これを目的変数として、帰無仮説モデル (①)、飛行高度依存モデル (②)、平均樹冠幅依存モデル (③)、両要因（飛行高度及び平均樹冠幅）依存モデル (④) の 4 つの二項ロジスティック回帰モデルを作成し、AIC の比較によってモデル選択を行った。

3 結果

調査地に植栽した苗木および調査地外の 2 年生ヒノキコンテナ苗の平均樹冠幅は、表 1 のとおりであった。

判別可否については、飛行高度が高くなるにつれて、「判別容易」の割合が減少した（図 1）。

AIC が最も小さかったモデルは、④の両要因（飛行高度及び平均樹冠幅）依存モデルであった。モデルによる推定では、2 年生ヒノキコンテナ苗の平均的なサイズである樹冠幅 20cm の苗木を対象とした場合、80%以上の苗木が「判別容易」となる画像を取得するためには、飛行高度を 10m 以下にする必要があった（図 2）。飛行高度を下げると撮影時間が長くなるため、空撮画像の利用目的と撮影対象である苗木のサイズに合わせた飛行高度を選択することが重要である。

表 1 苗木の平均樹冠幅の分布

項目	接ぎ木ヒノキ苗 (調査地)	2 年生ヒノキ コンテナ苗
中央値	21.0cm	20.5cm
第 1～第 3 四分位数	15.5cm～25.5cm	17.5cm～26.0cm
最小値～最大値	6.0～34.5cm	11.5～32.0cm

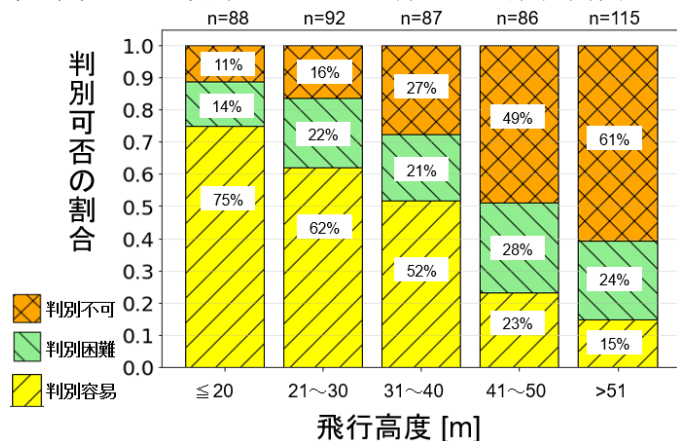


図 1 飛行高度と判別可否の関係

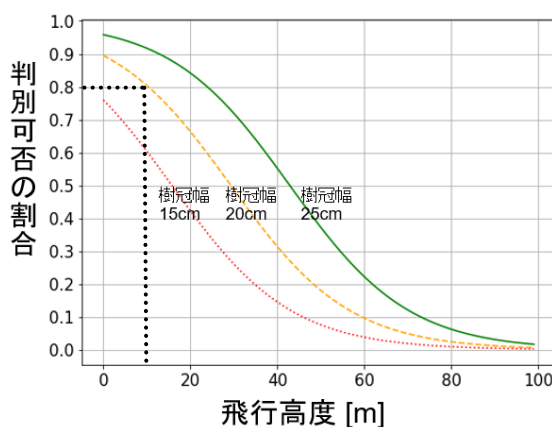


図 2 モデル推定結果

キーワード 植栽木, リモートセンシング, ドローン, 空撮条件, 視認性

カラマツ人工林の更新コストはどこまで下げられるか

○大矢 信次郎（長野県林総セ）

1. はじめに

長野県では、カラマツ人工林面積の約 6 割が 13 齢級以上に達し、主伐、再生林の動きは国有林だけでなく民有林にも拡がり始めている。カラマツは合板用を中心に高い需要があり、造林面積が増加傾向にあるが、4 齢級以下のカラマツ人工林面積は 1%に満たない。今後も長野県がカラマツ材の主産地として安定的な供給を図るためには、カラマツ再生林の更なる推進が必要である。そのためには、更新作業を効率化し、極力手をかけない施業を目指すことも必要である。これまでの研究結果から、地拵え方法とその後の植生回復には関連性があることが判明した（大矢ら 2021）。つまり、地拵え方法によって基本的な下刈りパターンが決定される。そこで本研究では、伐出作業後の地拵え方法ごとにその後の作業パターンを類型化し、更新コストとリスクを評価した。

2. 方法

地拵え等の作業パターンは、①人力地拵え、②無地拵え、③グラップル地拵え、④バケット地拵え、⑤バケット地がきの 5 種類とした（表）。比較対照とした従来作業は、伐出から植栽まで足掛け 3 年とし、地拵えは人力、植栽は裸中苗にて行い、下刈りは植栽年から 5 回とした。従来作業及び①～④はカラマツの人工造林、⑤はカラマツの天然更新を想定している。①～⑤の伐出作業は一貫作業システムとし、人工造林における植栽年の下刈りは秋植えのため不要とした。また、①～④の苗木は現状の価格、活着率、初期成長から判断して裸中苗を使用することとし、植栽 4 年目までに平均樹高が 2m を超えることを想定し 5 年目の下刈りを省略することとした。以上及び大矢ら（2021）の結果から、下刈り回数は①②③は 3 回、④は 2 回とした。⑤はカラマツの天然更新施業で地がきによる強度の地表処理（B 層露出）を行うため、下刈りは 0 回とした（大矢ら 2020）。

3. 結果

従来作業と比較して、更新コストの削減割合は①21%、②42%、③33%、④48%、⑤88%と試算された（図）。総合的に最も低コストとなるのは⑤地がきで天然更新を図るパターンであるが、5～7 年に 1 回とされるカラマツ種子の豊作年を見極めて実施することができなければ、成功の可能性が極めて低い。失敗した場合には⑤に加え①のコストがかかることになり、従来作業と変わらなくなる可能性がある。

④のバケット地拵えは地拵えコストが低く下刈り回数が少ないため人工造林の中では最も低コストとなる。次いで②の無地拵えが低コストであるが、地表に枝条が散乱したままであるため、植栽、下刈りとも効率が下がり作業の危険性も高まることが考えられる。これらのことから、現実的な選択肢としては④のバケット地拵えが有望であり、地拵えの処理強度を高めることによって下刈り回数をより少なくすることも期待できることから、今後の更なる検討が必要である。

表 地拵え方法ごとの更新作業スケジュール

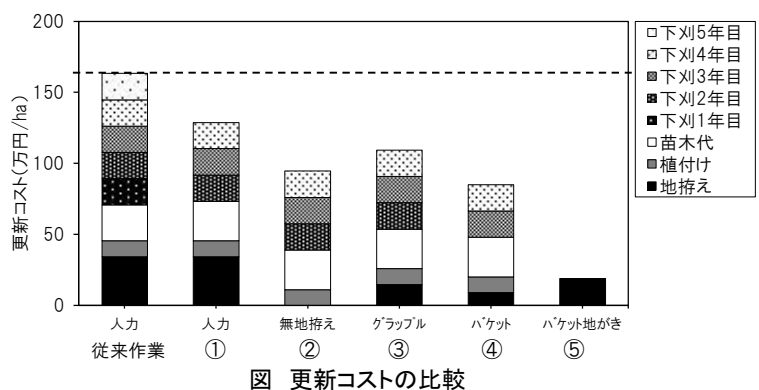
伐出	苗種	作業パターン	-1年目		0年目		1年目		2年目	3年目	4年目	5年目
			秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
従来作業	裸中苗		伐出		人力地拵え		植栽	下刈	下刈	下刈	下刈	下刈
一貫作業	裸中苗	①					伐出	人力地拵え	下刈	下刈	下刈	
		②					伐出	(無地拵え)	下刈	下刈	下刈	
		③					伐出	グラップル地拵え	下刈	下刈	下刈	
		④					伐出	バケット地拵え		下刈	下刈	
カラマツ天然更新*		⑤					伐出	バケット地がき				
								種子落下	発芽			

※カラマツ天然更新は、春に雌花の着花が確認できた場合に限り、当年に伐出・地がきを実施する

引用文献

- 大矢信次郎ほか（2021）機械地拵えによる競合植生抑制効果と下刈り回数の削減. 森林誌 36(2) : 99-110
- 大矢信次郎ほか（2020）カラマツの天然更新を活用した革新的施業技術の確立. 長野県林総セ研報 34 : 11-20

キーワード：再生林，機械地拵え，競合植生抑制，下刈り，天然更新



ヒノキ漸伐林における終伐作業の直接作業費*

○大塚大**・松井美希子***・守口海****・植木達人***・中澤昌彦**・瀧誠志郎**・齋藤仁志****

1. はじめに

漸伐は、健全な下層木による再造林費の軽減が期待できる一方で、皆伐と比較して複雑な伐出作業を要するため、その時間消費量は増加すると考えられる。そこで漸伐の採算性を評価するため、本研究では終伐作業のうち、集材を除く作業にかかる直接作業費を明らかにした。

2. 研究手法

長野県の奈良本山国有林（奈 14, 15）と金沢山国有林（金 16, 21）において行われた、計 4 事例の終伐作業を観測した。上層木は植栽されたヒノキであり、下層木は天然に発生したヒノキである。上層木はチェーンソーによる伐倒・枝払い（金 21 除く）の後、単胴ウインチによって路網までの地引きで木寄せされた。造材はハーベスタ単独かチェーンソー・グラップルの組作業によって実行された。撮影した終伐作業をもとに要素作業に分類し、使用された作業員数・機械単価から伐採木ごとに直接作業費を求めた。

3. 結果と考察

伐倒から造材後の極積みまでに要した直接作業費の全体平均は 4,116 円/本であった（表-1）。間接経費を 31%とすると、5,334 円/本となる。この結果は、未観測の集材を加味しても皆伐伐出費用の平均値である 6,333 円/m³（令和 3 年度森林・林業白書）と同水準であると考えられる。

表-1 直接作業費集計表

	奈 14	奈 14	奈 15	奈 15	金 16	金 16	金 21	金 21
	直取り	木寄せ	直取り	木寄せ	直取り	木寄せ	直取り	木寄せ
集造材人数（人）	1	1	1	1	2	2	2	2
観測数	43	6	25	33	12	20	9	4
平均費用（円/本）	4,231	4,271	3,249	4,130	4,049	4,664	3,139	7,626
平均素材材積（m ³ /本）	1.24	0.84	0.98	0.78	1.06	0.75	1.05	0.99
下層木被覆面積率 （%：終伐後/終伐前）	59.7	59.7	52.3	52.3	78.2	78.2	54.0	54.0

本研究は（公財）信州農林科学振興会、文科省科研費 [15H04508；20H03023] の支援を受けた。

キーワード：ヒノキ，漸伐，終伐，直接作業費

連絡先（Corresponding author）：大塚大（Dai Otsuka）E-mail: dotsuka@ffpri.affrc.go.jp

* Direct production cost of final cuttings at two cypress shelterwood stands.

** Dai Otsuka, Masahiko Nakazawa and Seishiro Taki 森林総合研究所 For. and For. Prod. Res. Inst., Tsukuba 305-8687

*** Mikiko Matsui and Tatsuhito Ueki 信州大学農学部 Kami-ina 399-4598

**** Kai Moriguchi 高知大学農林海洋科学部 Faculty of Agriculture and Marine Science, Nankoku 783-8502

***** Masashi Saito 岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka 020-8550

4 脚歩行ロボットによる林地自動歩行の精度

山口浩和、毛綱昌弘、佐々木達也、原山尚徳、宇都木玄（森林総合研究所）、菅野賢一（(株) ソフトバンク）

はじめに

わが国の造林地の多くは、伐根や転石等の障害物が点在する傾斜不整地にあり、ホイール式やクローラ式の従来型車両の進入が困難であり、苗木の植栽や下刈り作業等の造林作業は未だに人力作業により行われている。さらに、農山村地域の人口減少と高齢化による担い手が不足していることから、主伐後の再造林率は3割程度にとどまっている。再造林率を高め、林業を持続的に行うためには、造林地を自由に移動できる車両を導入し、人手不足の解消と作業能率の向上を図り、再造林率の向上を図る必要がある。そこで、従来の移動機構とは異なる4足歩行型電動ロボットを造林作業現場に導入し、移動性能を明らかにするとともに、将来的に無人化することを想定し、ロボットの自動歩行に関する実証試験を行っている。本報告では、4脚歩行ロボットの自動歩行精度と自動歩行可能な条件等を明らかにする。

方法

歩行試験は、森林総合研究所構内の登坂走行試験路（最大傾斜 25 度）およびヒノキ林において実施した。歩行斜面の傾斜角、斜面の移動方向、地表条件、積載荷重を変化させて、その時の自動歩行の精度を求めた。自動歩行は、オペレータによる操作時の経路を自己位置認識により教示データとして記録し、その経路をなぞる形で実施される。そのため自動歩行の精度は、教示歩行と自動歩行の軌跡をそれぞれ自動追尾型のトータルステーションにより計測し比較することにより求めた。また、歩行路周囲の環境を変化させた場合（周囲の刈り払い）の自動歩行への影響について、自己位置認識方式（深度カメラ、LiDAR）による違いを明らかにした。

結果

4脚歩行ロボットは、歩行路周辺の環境が大きく変化しない条件においては、すべての場合で自動歩行が可能であり、その際の誤差は最大で 1m 程度であった。また、歩行条件の違いによる精度への影響はほとんど見られなかった。次に、教示歩行時と環境を変化させた自動歩行では、走行路の片側のみを刈り払いを実施した場合、どちらの自己位置認識方式ともに自動歩行を行うことができたが、歩行路の両側を刈り払った場合には、深度カメラの場合において自動歩行の途中で自己位置を見失い、自動歩行が困難となった。一方、LiDAR を使った自動歩行では、自己位置を見失うことなく自動歩行が完了した。これらの結果から、深度カメラによる自動歩行は周辺環境の変化により困難になると想定されるが、より遠く的环境を認識できる LiDAR を使うことにより自動歩行の確実性が高まると予想された。

キーワード：4脚歩行ロボット、林業、自動歩行、深度カメラ、電動

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP14004）の結果得られたものです。

林内ドローン SfM による作業道補修工事における土工量の計測

○長谷川尚史（京大 FSERC）・Azwar Azmillah Sujaswara・兼元大誠（京大院農）

1. はじめに

林内路網の作設等における情報化施工技術への期待が高まっているが、作業可能な範囲が限定される森林作業道作設・補修現場では、一時的な土の置き場や工事手順について、一般的な建設現場より厳しい制約があることから、作業中の土量変化に関する細かい情報が必要である。

山地における土量計測の手法としては、ドローン等によって撮影した画像データから 3D モデルを構築する SfM 手法があり、気象災害時の流出土砂量計測（内山ら 2014）や森林作業道の出来高計測（瀧ら 2020）等を使用されている。一方、SfM では撮影した画像を用いることから、森林での適用例は高高度からの広範囲解析や、地上からの撮影に限定されることが問題となる。

本研究では、ドローンを樹冠下で飛行させて取得した画像を用いて SfM 解析を行い、森林作業道補修工事の各段階における土工量の計測を試みた。

2. 方法

京都府木津川市内に開設され、豪雨によって被災（盛土崩落）した森林作業道の補修現場において、工事初期から完成までの 4 段階でドローン撮影を行い、土工量を推定した。使用した普及型ドローン DJI 社製 MAVIC3 を用いて、地上高 3~5m の高度で地表面を 2 秒間隔で撮影し、Pix4D によって SfM 解析を行った。同時にトータルステーション（タジマ TT-N45, 以下 TS）で工事箇所 の出来高測量を行い、結果をドローンで取得した土工量と比較した。計測に当たっては、対空標識 4 点を設置し、これらの地点において TS で得られた座標値を SfM における GCP として使用した。

3. 結果と考察

4 回の撮影のいずれにおいても、3D モデルとして地表面のポイントクラウドデータが作成され（図 1）、各段階の土工量が推定できた。TS による計測では、まばらな計測点を元にした TIN 作成などの手法で、計測地点間の高さ変化を推定しなければならないが、SfM による計測では、面的に精密な土工量推定が可能であった。今後、様々な条件の異なる地点で同様の解析を行うことにより、作業道の作設および補修手順を一般化するための情報を得ることができると考えられる。

引用文献

- 内山庄一郎・井上公・鈴木比奈子（2014）
SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究．防災科学技術研究所研究報告 81：37-60.
- 瀧誠志郎，中澤昌彦，斎藤仁志，大野勝正，鈴木秀典，吉田智佳史，千原敬也（2020）
SfM を使った動画による作業道の出来高計測．日林学術講 131：603.

キーワード：森林作業道，土工量，UAV，林内飛行，SfM



図 1 SfM によって作成した工事初期の 3D モデル

山岳地域の公道を中心とする道路網における大型車両の通行性*

○鈴木保志**・吉村哲彦***・長谷川尚史****・有賀一広*****・齋藤仁志*****・守口海**・白澤紘明*****

1. はじめに

運材の効率化や大型化する伐出機械の搬入のため、2020年から林道規程の設計車両にセミトレーラが新たに加えられた。一方、伐出現場に至る林道や作業道に接続する山岳地域の公道では、一般公道の最も低い規格である第3種5級で通行が保証されている普通自動車（10t積の木材トラック等；鈴木ら 2022）の通行が難しい箇所も多い。通行性を阻害する要因には、沿線の立木の枝の張り出しや、集落通過箇所における民家の軒先の存在や住民の苦情、橋梁の耐荷重不足、高架の高さ制限など、多岐にわたる。本報告では、改良のために設計変更が必要となる道路の幾何構造のうち、車道幅員で曲線半径に応じた拡幅が十分確保されているかに着目して調査を行った。

2. 方法

全国の道路情報について、国土数値情報にはない各種制限情報（高さ・幅・重量など；ADAS（Advanced Driver-Assistance Systems, 先進運転支援システム）対応のパラメータの一部）がある有償データサービス（ゼンリン社「いつもNAVI API3.0」）から、公道と一部の林道等に関する道幅（区間内の最狭車道幅員 3.0 m 未満：W1, ~5.5 m：W2, ~13.0 m：W3, 13.0 m～：W4）・線形・制限値等のGISデータを得た。曲線半径は線形データを間隔3 m程度以下の点列に変換して曲線補間から推定した値を点列データに付加し、松江市の舗装林道をRTK-GNSS（黒崎ら 2022）を搭載した車両（マツダボンゴバン DX 4WD 3JB 2017年製）で計測した線形データで精度を検証した。実際の車道幅員は同車両のドライブレコーダ（デンソーテン C9T2-V7-590）の画像を用い、平坦面における計測用キャリブレーション画像から得た0.5 m間隔の計測メッシュを参照して、曲線中央部の車道幅員を0.1 m単位で読み取った。計測対象は曲線半径50 m以下で連続5点列（曲線長約10 m以上）とし、高知県内の隘路が確認されている香美市・香南市間の県道（幅員クラスW1, 2区間計16.1 km；1a, b）、香美市の舗装林道（W2, 6.4 km；2）、木材トラックが頻繁に通行する香美市の県道2区間（W2, 計16.3 km；3a, b, 後者は林道からの昇格）、四万十町の国道から国有林に至る県道（W1・W2, 計4.7 km；4）で計測した（曲線区間数626, 平均85 m/区間）。

3. 結果と考察

計測した車道幅員から林道第2種2級の曲線半径に応じた拡幅後の車道幅員を減じたものを余裕幅とすると、路線1a, bは平均余裕幅がマイナスで有意に他の路線より値が小さかった。1bは特に幅員が他より約1 m狭くて平均曲線半径も有意に小さく、小型道路（林道第2種3級相当）として設計されていることが示唆された。道路構造令では2011年の変更で地方道の規格は地方行政に委ねられることとされており、開設年度はそれ以前だが、この条項が適用されている可能性がある。林道として設計された路線2と3bは余裕幅が有意に他より大きかった。個別の狭隘区間は、どの路線においても、集落通過箇所ですべて狭いところが散見された。四万十川流域にある路線4では余裕幅が有意に他より大きかった。この流域の地形は傾斜・起伏量・等高線迂回率で他より穏やかな傾向（山崎ら 2021）で、曲線半径と交角が他より有意に大きく小さいためと考えられる。

本研究は、科学研究費（基盤C特設：課題番号18KT0090, 基盤B一般：21H03672, 22H03800, 基盤C一般：22K05747）の支援を、また香美市について一般財団法人日本デジタル道路地図協会の全国デジタル道路地図研究用データの供与を受けた。ここに記して謝意を表す。

キーワード：公道, 林道, 車両, 通行性, 幅員

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

* Passing ability of log trucks on public road networks in mountainous area

** Yaushi Suzuki and Kai Moriguchi 高知大学教育研究部自然科学系農学部門 Fac. Agric. Marine Sci., Kochi Univ., Nankoku 783-8502

*** Tetsuhiko Yoshimura 島根大学生物資源科学部 Fac. Life. Envi. Sci., Shimane Univ., Matsue 690-8504

**** Hisashi Hasegawa 京都大学フィールド科学教育研究センター Field Sci. Edu. Res. Ctr., Kyoto Univ., Kyoto 606-8502

***** Kazuhiro Aruga 宇都宮大学農学部 Fac. Agric., Utsunomiya Univ., Utsunomiya 321-8505

***** Masashi Saito 岩手大学農学部 Fac. Agric., Iwate Univ., Morioka 020-8550

***** Hiroaki Shirasawa 森林総合研究所 For. and Forest Prod. Res. Inst., Tsukuba 305-8687

路網開設効果に対象林分の面積が与える影響

金丸綾可（元宮大農）・櫻井倫（宮大農）

1. はじめに

伐採搬出作業において、ひとつの施業林分の面積は広いほど能率面、コスト面で有利であることはよく知られている。しかし一方で、森林の生態系サービス維持の面からは、とくに皆伐において大面積の施業は森林の機能を低下させることが指摘されている。したがって、互いに「どこまで譲歩できるか」を知ることが必要である。そこで本研究では、作業の能率を路網配置の面からとらえ、面積の異なる林分を対象として同一の手法を用いて路網を設計し、得られた路網の密度と対象林分の面積との関係を分析した。

2. 対象地と手法

宮崎大学農学部田野演習林の地形、施業区分、路網を題材として設計を行った。施業対象林分として、林班単位（21 個林班）、小班単位（328 個小班）、および同一林班内の数個小班を流域単位でまとめた林分（70 林分）の合計 419 林分、面積 0.04~37.6ha を設定し、演習林作成の GIS データより情報を取得した。また地形のデータは国土地理院の 5m 航空レーザー測量メッシュを、既存道路は演習林所有の GIS データを用いた。

路網配置の手法には酒井（1982）の端点除去法を用い、最大集材距離を 30m とした。得られた路網配置の延長と路網密度を求め、対象林分ごとに林分面積と比較した。

3. 結果

対象林分の面積と、路網計画後の対象林分内路網密度の関係を図-1 に示す。面積が小さい林分では路網密度は広い範囲に分布したが、およそ 4.5ha 以上の林分では路網密度は 300m/ha~350m/ha の範囲に収束した。すなわち、今回想定した作業システムにおいて安定した作業コストを得るためには 4.5ha 程度の面積が必要になると言える。ただし、これより小さい面積の林分でも同程度あるいはより低密度の路網が得られている林分も数多く存在しており、非効率な路網しか得られない条件についてはさらなる考究が必要である。

引用文献

酒井徹朗（1982）林道の配置計画について（I）：端点除去法 京大演報 54：172-177.

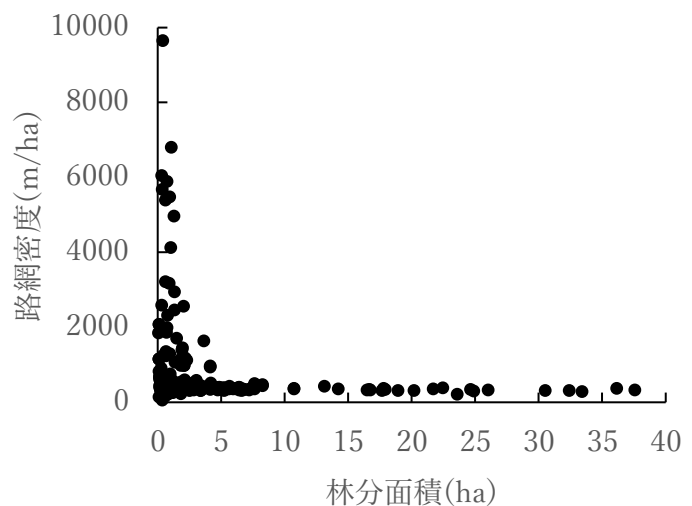


図-1 対象林分の面積と得られた路網密度

キーワード：路網設計，林分面積

安全活動実施状況と労働災害発生率の関係について

～岩手県の認定事業体を対象として～

齋藤仁志¹・滝沢裕子¹・渡部優²・藤井さくら³・立川史郎³

1 岩手大学農学部 2 岩手大学連合農学研究科 3 元岩手大学農学部

背景と目的 林業における労働災害発生率は依然として高く、安全衛生活動の取組による安全意識向上の推進や近年の労働災害の経年変化と要因分析など、労働災害発生防止の取組がされているものの、実際の安全活動の実施の実態は明らかになっていない。そこで本研究は、認定事業体の労働災害発生状況が詳細に把握可能な岩手県を対象として、労働災害低減に効果的な安全活動を明らかにすることを目的とし、安全活動実施状況の把握と労働災害発生率の関係について分析した。

研究方法 安全活動の実態を把握するため。岩手県認定事業体（77 事業体）を対象に、安全活動に関するアンケート調査を実施し 61 事業体から回答があった。各認定事業体の労働災害発生件数と作業員数から各事業体の死傷年千人率を算出し、安全活動の実施状況と災害発生率との関係性を分析することで、労働災害低減に効果的な安全活動について検討した。

結果 アンケート調査の結果から、次の 3 点が明らかになった。1 つ目に、作業前ミーティングにおいて、作業内容やその確認などに関する活動は実施率 80% を超えていたが、安全に関わる意識に関しては 65% 程度の実施率に留まっていた。また、作業中の安全活動ではコストや手間のかかる項目については実施率が低いことが明らかになった（図-1）。2 つ目に、効果的な安全活動の項目は、「各作業員の作業内容の確認」、「安全旗の設置」、「ハチ刺され対策」、「安全带・防護具等の定期点検実施の指導」であることが明らかになった。3 つ目に、定期点検については鹿島ら（2014）が重要性を指摘しているものの、実施率が 55% と浸透していない安全活動であることも明らかになった。また、安全活動の実実施率と災害発生率の関係は、実施率の高い事業体は死傷年千人率が低い傾向にあるものの、ばらつきのある結果となった（図-2）。今後は、安全活動実施内容の質的評価や、安全活動の開始時期などの調査を進め、より効果的な安全活動の実施内容を検証していく必要がある。

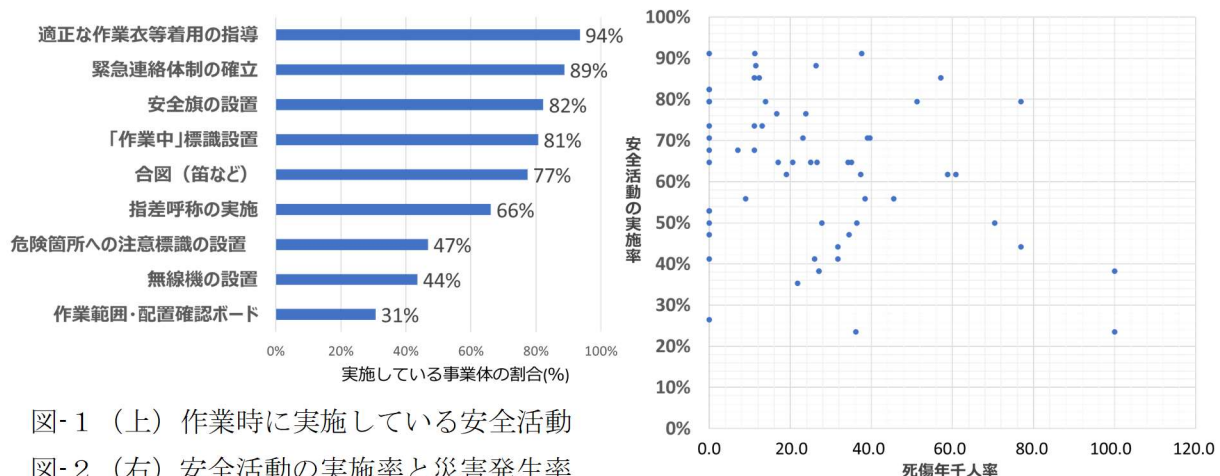


図-1（上）作業時に実施している安全活動

図-2（右）安全活動の実実施率と災害発生率

地上レーザを活用した原木換算による生産予測

○山田隆信（山口県農林総合技術セ）

1. はじめに

施業集約や林業経営の効率化のためには、素材生産前に立木調査を行い、生産予測を立てる必要がある。本県における従来手法の生産予測は、全木あるいは標準地を対象とした2cm括約による胸高直径の実測と、主に目視による樹高の計測結果から立木幹材積計算で材積を求め、各林業事業者の経験に基づく歩留（0.5～0.8）で調整し算出している。近年、レーザ計測により高精度な立木情報を入手することが可能となり、地上レーザ計測OWLの解析データを活用するソフトウェア「施業提案作成システム」の開発により、立木一本単位で原木の生産予測（長さ、径級、等級、末口二乗法による材積、売価）が可能となった。

そこで、県内の6林業事業者を対象に、OWLによる立木調査と生産予測を行い、生産結果と比較検証したので報告する。

2. 方法

各林業事業者の皆伐現場で、伐採前にOWL計測・解析を、全木調査3か所、標準地調査3か所で実施した。標準地は代表的な林相を樹種ごとに選択し、0.05ha以上になるよう設定した。また、事業地ごとに任意に立木10本を現地実測し、OWLで全木の樹高補正を行った。さらに、実測結果と比較し、OWL解析結果が高精度であることを確認した。

施業提案作成システムで生産予測を行うにあたり、条件は次のとおりとした。伐採高は地上高0.4m、採材余尺は10cm、末口径14cm未満はバイオマス材とした。採材率は、生産結果と比較するため100%とした。採材方法は、市場価格に合わせた最適採材と、4m材を優先する4m優先採材の2パターンがあり、林業事業者の選択に合わせた。

生産結果は木材市場とバイオマスセンターへの出材結果を集計し、生産予測に対する生産結果の比率を歩留とした。

3. 結果

歩留は、原木本数0.57～0.83、原木材積0.60～0.81、原木とバイオマス材の材積合計0.59～0.94で林業事業者での差が大きい。歩留の差は、ハーベスタ造材時の根元切落し長さや、安価なバイオマス材は作業性の良いところしか出さない等の林業事業者毎の生産方法の違いや、台風やシカ等の被害を受けていたため市場向け原木が減少したことによると考えられた。また、各調査地内の原木本数と原木材積の歩留は6調査地中5か所で近い値であった。また、全木と標準地による調査方法による歩留に及ぼす影響は確認できなかった。

等級は、生産予測では全調査地でA材の割合が高くC材の割合が低かったが、生産結果ではA材の割合が高かったのは1調査地のみで、その他5か所の調査地でC材の割合が高かった。これは、地上レーザが届かない立木上部は曲り判断ができずA材として解析されたことと、地上レーザでは台風被害等の割れや腐れは判断できないためC材予測が少なかったことが主因と考えられる。同じく、収支予測についても精度が低く、要因は等級の精度と同じと考えられた。

上記の結果、原木換算による生産予測にあたっては、林業事業者毎にOWL予測・生産結果の実績や、台風等の被害状況等に基づいて歩留を算出し調整する必要がある。また、材積と原木本数の歩留は近値であり、従来手法では予測できなかった原木本数予測が可能となった。一方で、等級と収入の予測の精度は高くなく、生産予測時のA材割合の多さに起因しており、精度向上にはレーザ計器本体の高精度化とシステム改善も必要である。今後、調査事例を増やし、さらに検証する予定である。

キーワード: 地上レーザ計測、立木調査、生産予測、末口二乗法、原木換算

チェーンソー使用時の作業姿勢に関する研究

山田容三(元愛媛大学), 高原諒太郎(南海プライウッド)

はじめに

伐倒作業時の死亡災害は、林業死亡災害全体の7割近くを占め、チェーンソーによる伐倒作業の安全対策が未だに大きな課題として残っている。伐倒作業時の死亡災害の中で、かかり木処理に係る死亡災害が3割を占めており、その中には伐倒方向が変わったことが原因になる事例も少なくない。伐倒方向が変わったことによる死亡災害は、伐倒作業時の死亡災害の中で2割が確認された。

狙った方向に正確に立木を伐倒するためには、まず受け口と追い口を水平に切ることが求められる。現場では切り口を水平に切るために、身体負担が大きい姿勢を取る姿もみられる。作業姿勢は経験則からの指導が多く、伐倒時における最適な姿勢は確立していない。そこで、本研究ではチェーンソーの傾きと身体負担の観点から、伐倒高さに合わせた最適な作業姿勢を明らかにすることを目的とする。

実験方法

室内で伐倒時の作業姿勢に関する実験を行った。被験者は、初心者1名、愛媛大学演習林技術職員の林業経験者2名の計3名とした。伐倒高さは、30~100cmの間の10cmごとの8種類に設定した。作業姿勢は、下肢の状態を直立、中腰A(左脚前)、中腰B(スクワット姿勢)、片膝立ち(右膝を地面につける)の4種類とした。作業姿勢は慣性式モーションキャプチャー(Axis Neuron)とビデオカメラで記録した。また、ガイドバーに装着した傾斜計でチェーンソーの傾きを計測するとともに、それぞれの高さで、体のどの部位に疲労感を感じるかの聞き取り調査を行った。作業姿勢はAxis Neuronの矢状面のデータから各関節角度を求めて分析を行なった。また、聞き取り調査で疲労の訴えが多く見られた左腕について、左肩、左肘、左手首のモーメント(Nm)を求めた。



結果と考察

初心者のチェーンソーの傾きは、30cmと40cmの高さで6~9度弱みられた。一方、林業経験者は、傾きが最大でも4度以下に抑えられていた。肩のモーメントは、30cmの高さでは中腰Aと片膝立ちが小さく、それ以上の高さでは直立の姿勢のモーメントが小さくなることが明らかになった。傾きと左腕の負担を考慮すると、30cmの低い位置では片膝立ち、それ以上の高さでは直立姿勢が望ましいと考えられる。しかしながら、直立姿勢で低い位置を切ることは腰部負担の面から推奨できない。中腰Bと片膝立ちではどの角度でも上体の前傾角度が60度以下であることから直立と中腰Aと比較して腰部負担の観点から望ましいと考えられる。総合考察として、80~100cmの腰付近の高さでは直立あるいは中腰A姿勢、40~80cm未満の膝上~腰の高さでは中腰B、30~40cm未満の膝下付近の高さでは片膝立ちが望ましいと考えられる。

おわりに

本実験は室内で行なったものであり、本結果が適応されるのは最大でも20度程度の傾斜までに留めるべきである。実際の現場では、傾斜が30度以上の作業も多く、座り込みや傾斜に背中を預けたような姿勢もみられる。今後は傾斜が大きい現場での作業分析を行い、傾斜のある状態でみられる姿勢を分析する必要がある。

キーワード: チェーンソーの傾き、関節角度、疲労訴え部位、左腕モーメント

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*（森林総合研究所）

背景

林業の死亡災害の約 6 割（102 件/ H29～R3 年）はチェーンソーを用いた伐倒作業中に発生している。さらにその 6 割以上は、かかり木処理や隣接木接触などに起因するため、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、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、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。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。

材料と方法

林野庁森林技術総合研修所林業機械化センター（群馬県）および森林総合研究所（茨城県）にて 2022 年 6～7 月にチェーンソーの水平把持試験を実施した。被験者は 12 名で、チェーンソーをほとんど扱わない者を初心者、日常的に扱う者を経験者とした。被験者に伐倒時の鋸断姿勢でチェーンソーを 3 秒間水平に把持させ、ガイドバーに設置した慣性計測装置（NGIMU, x-io Technologies 社）の Roll 角をからバーの傾きを計測した（図-1）。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（STIHL 社, C261）のバーの長さは 18 インチ（約 45cm）であり、ガソリンオイル満杯の状態での質量は 7.27kg であった。

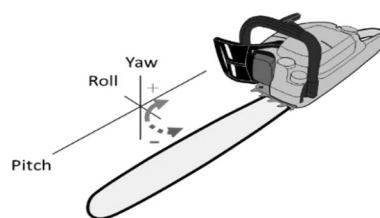


図-1 刃先角

結果と考察

初心者（4 名）と経験者（8 名）の刃先角の結果を図-2 に示す。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、 $1 \sim 2^\circ$ の間に最も多く分布した。刃先角が -2° 未満または 2° 以上であった割合は 42.7% であった。下切りから受け口を鋸断した場合、刃先角は会合線の角度と同じになることが多く、会合線が 1° 傾くと伐倒方向は 1° ズレる。そのため約 4 割は 15m 先で約 50cm 以上のズレを生じる精度であるといえ、かかり木や隣接木接触等による労働災害が懸念された。経験別では、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。初心者はバーを上げるよう、逆に経験者はバーを下げるよう意識することで水平把持精度が向上する可能性がある。

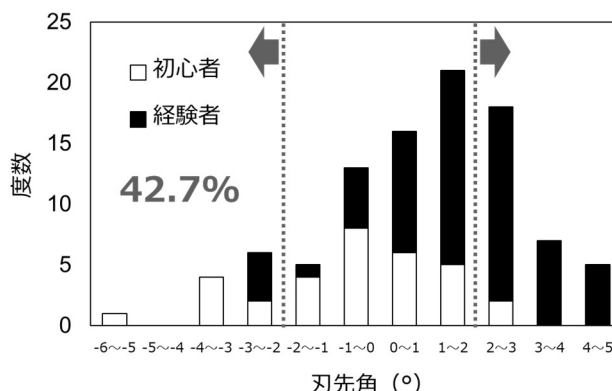


図-2 刃先角の分布

キーワード：チェーンソー，水平把持，伐倒方向，刃先角，労働災害

