

令和元年6月28日現在

機関番号：43609

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00683

研究課題名（和文）林業労働の死傷事故を予防低減する機能性色彩デザイン

研究課題名（英文）Functional color design to prevent and reduce casualties of forestry workers

研究代表者

松村 哲也（Matsumura, Tetsuya）

信州豊南短期大学・その他部局等・研究員（移行）

研究者番号：20617419

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：23都府県にて環境色彩情報を取得した。長野県北部、青森県八甲田山域では、通年の季節変化を捉えた。また、沖縄・鹿児島県島嶼部では、亜熱帯性気候下の環境色彩情報を取得できた。続いて、既存の作業服・装備・機械等の色彩値を収集し、環境色彩情報との色差を求めて比較して効果的なカラーデザインを考察した。林内の変化に対応して被服の色彩を選択したい。複数色の組合せでは、無彩色が主色を際立たせる効果が活用できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

林業労働における死傷事故比率は極めて高い。国土・環境の保全、CO2排出量の低減に向けたバイオマスエネルギーの利用促進など林業作業への需要が高まる中で、林業労働の安全性を高め、林業従事者の健康を守ることは大きな社会的意義を持つ。しかしながら、林業従事者をとりまく経済的環境から、高額な費用を要する改善策は支持を得にくい実情にある。本研究で提言する、被服や装備、機械類の外装色彩の工夫によって「目立つ」ことを基本とした安全向上方策は、導入に大きな費用を要しない上に、技術の習得や訓練も必要がない点で優位性が高い。さらに、登山者の遭難対策など森林や山岳地帯で活動する他分野での応用も見込めるものである。

研究成果の概要（英文）：We measured environmental color information in 23 prefectures. In the northern area of Nagano Prefecture, and in the area of Mt. Hakkoda, Aomori Prefecture, seasonal changes were detected throughout the year. In addition, color information under a subtropical climate was measured in Okinawa and Kagoshima island areas. Subsequently, the color values of the existing work clothes, equipment and machines were measured. The results were compared with environmental color information. Then, we calculated their color difference and considered effective color design for the safety of forestry workers. You should change the color of clothes according to the situation in the forest. When combining a plurality of colors, it is possible to utilize the effect that the achromatic color makes the main color stand out.

研究分野：森林利用学

キーワード：林業労働安全 高視認性 色彩 防護服 カラーデザイン

## 1. 研究開始当初の背景

日本の国土の70%を占める森林の維持管理は、木材資源供給のみならず土砂災害の抑止など防災の観点からも重要である。一方で維持管理作業を実際に担う林業という業種は、樹木という重量物を扱うこと、急傾斜地での作業、刃物の常用といった要因から、きわめて労働強度が強く、死傷事故が多い。死傷者数千人率では建設業の5倍超、鉱業の2倍超に至る(H23年林野庁調べ)。

本研究では、色彩が人間の注意を喚起する機能に着目した。「森林の中で目立つ色彩」を明らかにしたうえで、林業作業者の被服や装備、作業用機械や車両のカラーデザインに反映することでその存在を際立たせ、注意喚起することにより死傷事故の削減・軽減を目指すものである。

【林業労働の危険性】 足場の悪い山の中で、伐採木等重量物を取り扱う林業の特性から年間約2,000人近い死傷者ならびに40人程度の死者を数えている(H20-24)。他産業との比較では、H23年度の全産業における死傷者数千人率が2.1、建設業5.2、鉱業13.9であるのに対し27.7と全産業区分中最高となっている。(林野庁HP『林業労働災害の現況』)。

【改善に向けた取組】 作業者の安全・快適に配慮した新型機械の輸入・開発・導入(高性能林業機械、低振動チェーンソー等)、作業システム・作業手順の見直しによる危険性の排除や労働効率の向上(高性能林業機械システム・CTL定尺伐出システム等)、災害防止器具の開発(防護具・通信装置等)、安全教育活動の推進や法的環境の整備等、大学・国研・行政・民間事業体の産官学が連携して様々な分野からの労働災害減少・軽減への努力がなされてきた。しかしながら、画期的な改善には至っておらず、更なるアイデア・方策が求められている。

【コストの壁】 森林の重要性が国民に広く認識されるようになった一方で、外国産木材に対して価格競争力に劣るわが国の林業経営の経済性は、非常に厳しい現状にある。そのためコストがかかる安全策は敬遠されがちである。

## 2. 研究の目的

本研究では「色彩」を活用して林業労働における死傷者を低減させる技術の開発を目指した。

【色彩による注意喚起機能】 人は赤や黄色といった色彩を見るとハッと注意を喚起される。これは「目立つ色彩」「誘目性の高い色彩」であることに加えて、「赤=禁止」「黄=注意」といった例えば交通信号にみられるような事前に共有された言語的な意味の伝達も刺激となっている。同様に「緑=安全」「白=中立・清潔」「黒=悪」といった意味も様々なカラーデザインに応用されている。また工業規格としてもISO-3864もしくはJIS-Z9101等の“Safety colours and safety signs「安全色及び安全標識」”の項目に見られるように、特定の色彩に一定の意味を設定すると同時に安全を促す標識として利用する方法を規定したものもある。

【林業労働における「目立つ」ことの重要性】 死傷事故防止の基本として、林業作業を行う場合には、自分以外の作業員や作業機械が現在どこに居るか、自分と他者とが互いに干渉しないように警戒することが不可欠である。この時、他の作業員や作業機械の存在が「目立つ」ことで「すぐ見つかる」ことは効果的であり、ひいては労働強度の軽減、作業効率の向上にも寄与する。万一負傷事故が起こった場合でも、「伐倒した木の下敷き」「斜面転落で骨折」「チェーンソーで切傷」といった過去の事故事例を鑑みると負傷後の自力脱出が難しいものが少なく、他者による迅速な救助が生存の可否に繋がる。救助効率と予後の改善にも「目立つ」ことが求められる。

【森林環境で「目立つ」ために】 ある特定の色彩が目立ち、十分な視認性誘目性を発揮するためには、周囲の状況との関係が大切である。先述のJIS-Z9101,Z9103では特定の色彩を「安全色」として用いる際に、その色彩を際立たせるために対比する色彩を規定している(「対比色」)(環境色彩)しかしながら注意用看板とは異なり、森林環境内における作業用被服や装備、機会類では一定の対比色を常設することは難しい。そのため、予め森林環境を構成している様々な物体がどのような色彩を持ち、環境がどのような色彩で構成されているか(環境色彩)を調査し、四季変化や樹種変化に応じた森林環境色彩のプロフィールを基盤情報として蓄積する事が、より効果的な色彩デザインを導くための第一歩となる。

## 3. 研究の方法

(1: 森林環境色彩プロフィールの充実化) これまでの試行により、森林の状況(時期や樹種等)によって色彩の效果に差異があり、効果を高めるには積極的に環境色彩を捉えることが望ましいことが判明した。そこで効果の高い色彩を選択するための基盤情報として「地域」「気候」「樹種」「季節」「作業条件」等の条件が異なる森林環境色彩を測定し、プロフィールの充実化を計った。

(2: 既存の作業用被服・装備・機械・車両等の色彩測定) 既存のアイテムの色彩を測定・数値化し、蓄積した上で、前項(1)で構築する色彩プロフィール情報と比較し、環境色彩中での見え具合を算出した上で現行の色彩が備えている機能性を評価した。

(3: 「目立つ色彩」の算出とカラーデザインの構築) 上述の森林環境色彩プロフィールと、既存のアイテムの色彩データを基に、森林環境内で効果的に「目立つ色彩」の運用方法を求め

る。また、複数の色彩を組み合わせることによる相乗効果を検討し、注意喚起機能を効果的に発揮するカラーデザイン要件を求める。

#### 4. 研究成果

【森林環境色彩プロフィールの充実化】 23都府県（青森・秋田・山形・岩手・福島・新潟・群馬・栃木・東京・静岡・山梨・長野・岐阜・石川・三重・広島・香川・高知・福岡・大分・熊本・鹿児島・沖縄）にて調査対象林分を設定し、環境色彩情報の取得を行った。ただ、本研究における森林環境色彩情報調査の性質として、基本的に降雨降雪時には測定ができないため、調査期間中に発生した豪雨・豪雪災害によって調査スケジュールが大きく遅れることとなった。そのため、研究当初に想定していた調査対象地のすべてをカバーすることが難しい状況となったことから、調査期間後半では、地域性や気候、樹種、立地条件、施業条件などに特徴がある林分を選択し、プロフィールの質的充実を目指した。とくに長野県北部地域、青森県八甲田山域に設定した対象地では、同一地点における年間を通じた積雪期・緑葉期・落葉期・紅葉期の状況を捉えることができた。また、沖縄県島嶼部（沖縄本島・石垣島・西表島・竹富島）、鹿児島県島嶼部（奄美大島・加計呂麻島）での調査では、亜熱帯性気候における特徴的な樹種で構成される森林環境における色彩情報の取得ができたことは大きな成果であった。

測定結果の比較から、森林内の色彩構成は降雪や紅葉・落葉といった季節変化によって大きく変化をきたすことを明らかにできた。また、沖縄・鹿児島の亜熱帯気候地域での調査からは、1～3月の冬期間であっても緑葉期が続くため、同時期の青森県など積雪地帯の環境色彩の分布とは大きく異なることを色彩値の差にて表すことができた。

【既存の作業用被服・装備・機械・車両等の色彩測定】 作業中の林業作業現場や資機材メーカー、販売会社、商品展示会などを訪問して、作業員が着用している被服・装備品、作業道具・機械・車両類の外装色彩情報の測定を行った。さらに、林野庁ならびに八戸市森林組合の協力を得て、市場で入手可能なチェーンソー防護ズボン 11社 25種、防護チャプス 9社 17種、林業用ジャケット類 11社 30種について新品現物の繊維素材構成、色彩配色パターンの記録と色彩値の測定を行った。作業員が着用する防護ズボン・チャプス・ジャケット製品の色彩としては赤・黄・オレンジ色の使用が多く、とくにオレンジ色を採用した製品の数が多い。また、オレンジ色を単色で使用する製品は少なく、赤・黄あるいは黒・紺・緑・白といった多色と組み合わせた例がほとんどであった。

【「目立つ色彩」の算出とカラーデザインの構築】 構築した森林環境色彩プロフィールに保存された色彩情報と既存製品の色彩情報とを基に、森林作業員が「目立つ」ことを求めて、周囲との色差が大きくなる色彩の組み合わせを検討した。緑葉期における森林環境色彩の分布を見ると、葉の緑色、樹皮枝葉の茶色系の色彩が多くを占めることから、葉の色に近い黄色、樹皮の色に近い赤色については、森林内では必ずしも「目立つ」とは言えない色彩であることが示唆された。さらに、紅葉期の広葉樹林では、赤・黄に加えてオレンジ色についても周囲との色差を保ち難く、多用されるオレンジ色ではあるが万能ではないことが判明した。また、赤・黄・オレンジ以外に森林内での色差が大きく保てる色彩として、空色（スカイブルー）、ピンクの2色を挙げることができた。これらの色彩を単色で用いようとする場合、年間を通じて1種類の色彩を使用するよりは、森林の季節変化に合わせてその折々で効果的な組み合わせを用いることが合理的である。2色を組み合わせる場合では、赤とオレンジなどの有彩色同士を組み合わせる方法もあるが、白・灰・黒といった無彩色と組み合わせることで、その有彩色をより際立たせる効果が期待出来る。ただ、この場合でも、季節変化に合わせて有彩色と無彩色の組み合わせを変更することがより効果的である。また、亜熱帯気候地域や夏季の本州地域では、複数の色彩の組み合わせをシャツ類の重ね着で実現することも実際的な運用法である。例えば黒い長袖シャツの上にオレンジ色の半袖やスリープレスのシャツを重ねることで周囲の色彩からの色差を大きく保つことが可能になる。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4件)

松村哲也, “林業用スマート・テキスタイルの開発 -低サンプリングレート IMU データの利用-”, 中部森林研究 67:P87-88, 2019. (査読有)

松村哲也, “林内道路沿線における環境色彩分布と視認性に関する考察”. 中部森林研究 66:P102-103, 2018. (査読有)

松村哲也, “岐阜県富加町「ふれあいの杜」の色彩構成と光環境”. 中部森林研究 65:P117-118, 2017. (査読有)

松村哲也, 工藤義治, “防護服開発に向けた林内紫外線環境の把握”. 中部森林研究 64:P89-90, 2016. (査読有)

〔学会発表〕(計 19 件)

松村哲也, “日本の林業が求める PPE(Personal Protective Equipment)”. 日本防護服協議会学術総会, 2019.

松村哲也, 仁多見俊夫, “林業用スマート防護服の開発 -低サンプリングレートジャイロ情報の利用-”. 日本森林学会, 2019.

Tetsuya Matsumura, Toshio Nitami, Hajime Tsuji. “Smart Integration of Protective Clothing and Portable Cutting Devices for Forest Operations”. 8th European Conference on Protective Clothing. Porto, Portugal. 2018.

松村哲也, “林内道路沿線における EN1150 安全色の視認性”. 日本森林学会, 2018.

松村 哲也, 仁多見俊夫, “林業用防護服の視認性評価に向けた森林内環境色彩調査 -石垣島於茂登岳地域を対象として-”. 日本繊維製品消費科学会, 2018.

松村哲也, “林業用スマート・テキスタイルの開発 -低サンプリングレート IMU データの利用-”. 中部森林学会, 2018.

松村哲也, “八甲田山麓ブナ林内の紅葉期環境色彩分布”. 日本森林学会, 2017.

松村哲也, “森林内照明光環境の季節変化”. 繊維学会, 2017.

松村哲也, “汚損した林業用防護服の洗濯による視認性回復事例”. 日本繊維製品消費科学会, 2017.

松村哲也, “林内道路沿線における環境色彩分布と視認性に関する考察”. 中部森林学会, 2017.

松村哲也, 工藤義治, “林業作業用ジャケットと JIS T 8127 高視認性規格”. 日本森林学会, 2016.

松村哲也, “チェーンソー防護衣を洗濯する際の注意点”. 森林利用学会, 2017.

松村哲也, 工藤義治, “チェーンソー切削傷防護用繊維パッドに発生する洗濯シワ”. 繊維学会, 2016.

松村哲也, “積雪期の森林内照明光環境”. 日本繊維製品消費科学会, 2016.

松村哲也, “岐阜県富加町「ふれあいの杜」の色彩構成と光環境”. 中部森林学会, 2016.

松村哲也, 工藤義治, “林業用レインウェアの開発”. 森林利用学会, 2016.

松村哲也, 工藤義治, 掛川恵子, 小西哉, “チェーンソー防護ズボンの汚れ付着部位”. 日本繊維製品消費科学会, 2015.

松村哲也, “防護服開発に向けた林内紫外線環境の把握”. 中部森林学会, 2015.

松村哲也, 工藤義治, “チェーンソー防護ズボンの配色デザイン”. 森林利用学会, 2015.

〔図書〕(計 5 件)

松村哲也(共著), “特集 重機オペレータのテクニックと安全確保術”. 林業現場人 道具と技 Vol.18. 118pp. 2018.

松村哲也(共著), “機械化林業”. 林業機械化協会, 5月号, 40pp. 2018.

松村哲也(共著), “特集 皆伐の進化形を探る”. 林業現場人 道具と技 Vol.17. 124pp. 2017.

松村哲也(共著), “山林”. 公益社団法人 大日本山林会, 1月号, 70pp. 2017.

松村哲也（共著），“特集 材を引っ張る技術いろいろ”。林業現場人 道具と技 Vol.13. 120pp. 2015.

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 （なし）

## 6. 研究組織

(1)研究分担者 （研究分担者 なし）

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者 （研究協力者 なし）

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。