

令和 6 年 5 月 20 日現在

機関番号：37116

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K02353

研究課題名（和文）色覚の多様性に配慮した安全色のリスク認知に関する実証的検討

研究課題名（英文）Evaluating Safety Color Hazard Perception Across Different Color Vision Types

研究代表者

落合 信寿 (Ochiai, Nobuhisa)

産業医科大学・医学部・助教

研究者番号：90386649

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、2018年の改正で色覚バリアフリーに対応したJIS新規格安全色の有効性を検討する目的で、高齢者、先天赤緑異常、正常色覚の各群を対象に、新旧規格間での安全色のリスク認知について、色票の潜在危険度評価、色名とカラーチャートによる色同定課題に基づく比較検討を行った。その結果、新規格の赤は、全ての群で旧規格色よりも危険度評価が顕著に低かった。かつ新規格の赤は、黄や黄赤の危険度と差が認められず、安全色としての有効性に乏しい可能性が示された。高齢者の44%は青黄異常、先天赤緑異常の62%は強度異常であったが、安全色に対するリスク認知は、正常色覚と顕著な差異はみられなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本産業規格（JIS）の安全色は、2018年改正の新規格において、色覚バリアフリーに対応したユニバーサルデザインカラーを採用し、旧規格とは異なる色に変更された。JIS新規格安全色は、色の見分けやすさの評価に基づき選定されており、色覚バリアフリーの観点からは効果が検証されているが、他の評価指標による検討はされず、安全色として有効に機能するかどうかは不明である。本研究は、異なる色覚特性を有する人々を対象に、JIS新規格安全色の有効性をリスク認知の観点から実証的に検討し、新規格の赤の有効性に疑義を呈する結果を導き出した点で学術的・社会的意義を有する。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to assess the efficacy of new safety colors incorporated into the Japanese Industrial Standard, which was revised in 2018 to improve color vision accessibility. We explored hazard perception across old and new safety colors by assessing perceived hazard levels and conducting color identification tasks using color names and charts. Participants included older adults, those with congenital red-green deficiencies, and those with normal color vision. The new red color was perceived as less hazardous than the old standard color across all groups. There was no significant difference between red, yellow, and orange colors in the new standard, suggesting its limited effectiveness as a safety color. Although 44% of older adults showed blue-yellow deficiencies and 62% with congenital red-green deficiencies showed intensity anomalies, hazard perception for safety colors did not differ markedly from the normal color vision group.

研究分野：色彩心理学、人間工学

キーワード：安全色 リスク認知 色覚 バリアフリー ユニバーサルデザイン 高齢者 色覚異常 色彩

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本産業規格 (JIS) の安全色は、安全に関わる色彩規格として、産業安全、環境安全等に寄与している。JIS の安全色は、2005 年に改正された旧規格で国際規格 ISO との整合化が図られたが、2018 年に改正された新規格では、色覚バリアフリーに対応した日本独自のユニバーサルデザインカラーを採用し、従来とは異なる色に変更された。

JIS 新規格安全色は、色覚特性の異なる人々を対象とした色の識別性 (見分けやすさ) の評価に基づき選定されており、色覚バリアフリーの目的は達成していると考えられる。しかし、他の評価指標による検討はされておらず、安全色として有効に機能するかどうかは明らかではない。

安全色の機能のひとつとして、危険、注意などの意味に即した一定の危険感を想起させることが要求される。落合ら (2005) は、JIS 旧規格安全色の有効性を明らかにする目的で、潜在危険度 (色から想起される危険度の度合) を評価指標として、日本人若年者 (大学生) を対象に安全色のリスク認知について検討を行った。その結果、潜在危険度は赤が最大で他の色よりも有意に危険度が高かった。再テスト法により若年者における危険度評価の再現性を検討した結果、高い再現性が認められた。

本研究は、色覚バリアフリーに対応した JIS 新規格安全色の有効性を明らかにするために、JIS 旧規格安全色の有効性を検討した落合ら (2005) の既往研究を発展させ、色覚特性の異なるグループ (高齢者、先天赤緑異常、正常色覚) を対象に、新旧安全色のリスク認知について比較検討を行った。

### 2. 研究の目的

本研究は、2018 年の改正で色覚バリアフリーに対応した JIS 新規格安全色の有効性を検討する目的で、異なる色覚特性を有する人々を対象として、JIS 安全色新旧規格間でのリスク認知について、色票の潜在危険度評価、色名とカラーチャートを用いた色同定課題に基づく比較検討を行った。

本研究は、以下の研究 1~3 の 3 段階で実施した。

研究 1 (高齢者における新旧安全色のリスク認知の再現性) では、本研究における予備的検討として、再テスト法を用いて、高齢者における新旧安全色の危険度評価の再現性を検討した。

研究 2 (高齢者における新旧安全色のリスク認知) では、重篤な眼疾患のない高齢者を対象に、新旧安全色における高齢者のリスク認知について比較検討を行った。

研究 3 (先天赤緑異常と正常色覚における新旧安全色のリスク認知) では、先天色覚異常の殆どを占める先天赤緑異常と正常色覚の成人を対象に、先天赤緑異常ならびに正常色覚の各群における新旧安全色のリスク認知について比較検討を行った。

### 3. 研究の方法

方法については、(1) 色刺激、(2) 倫理的配慮の 2 項目は、下記の通り、研究 1~3 で共通していた。(3) 参加者、(4) 手続きについては、研究 1~3 で異なっているため、個別に記載する。

#### (1) 色刺激

JIS Z 9103 に規定された安全色 6 色 (赤、黄赤、黄、緑、青、赤紫) の旧規格色 (2005 年改正) と新規格色 (2018 年改正) のオーダーメイド色票 (日本色彩研究所製作) 12 色を色刺激とした。表 1 に色票のマンセル値を示す。

N7.5 の A5 判厚口色上質紙に 60 × 80 mm の色票を貼付した。色票の提示順序が異なる色見本帳 5 冊を作成して、参加者に割付した。

表 1 旧規格と新規格の安全色 (JIS Z 9103)

安全色	赤	黄赤	黄	緑	青	赤紫	
意味 (一般材料)	防火・禁止 停止・危険	注意警告 明示	注意警告 明示	安全状態 進行	指示 誘導	放射能 極度の危険	
マンセル値 (参考色)	旧規格	7.5R 4/15	2.5YR 6/14	2.5Y 8/14	10G 4/10	2.5PB 3.5/10	2.5RP 4/12
	新規格	8.75R 5/12	5YR 6.5/14	7.5Y 8/12	5G 5.5/10	2.5PB 4.5/10	10P 4/10

#### (2) 倫理的配慮

本研究の実施に際して、事前に産業医科大学倫理委員会の審査を受け承認を得た。参加者には、研究開始前に研究の概要、倫理的配慮等について文書ならびに口頭で説明を行い、研究参加への同意を得た。

## 研究1 (高齢者における新旧安全色のリスク認知の再現性)

### (3)参加者

福岡県北九州市に在住する高齢者22名(男性17名、女性5名)が参加した。年齢は62歳~83歳(平均年齢72.6歳)であった。このうち1名は両眼とも白内障手術を受けており、3名は白内障により眼科通院中であるが、全員重篤な視機能の障害はなかった。

### (4)手続き

質問紙法を用いた。潜在危険度の評価尺度は、落合ら(2005)と同じ5段階リッカート尺度を用いた。参加者は、D<sub>65</sub>光源(セリック株式会社 SOLAX-iO LE-9ND65F)下で書見台に提示された色票を参照して、机上の質問紙に回答をした。回答後、参加者の色覚特性を把握するため、5種類の色覚検査(石原色覚検査表 II 国際版 38表、標準色覚検査表 第2部 後天異常用、City University Colour Vision Test 3rd Edition、Panel D-15、低彩度15ヒューテスト)を実施した。

危険度評価の再現性を検討するため、再テスト法を適用して、約4週間後に2回目の評価を実施した。色票の提示は1回目と異なる順序に変更した。

## 研究2 (高齢者における新旧安全色のリスク認知)

### (3)参加者

重篤な眼疾患がなく、白内障手術を受けていない高齢者50名(男性38名、女性12名)が参加した。年齢は65~83歳(平均年齢73.4歳)であった。

### (4)手続き

質問紙法を用いた。潜在危険度の評価尺度は、落合ら(2005)と同じ5段階リッカート尺度を用いた。参加者は、D<sub>65</sub>光源(セリック株式会社 SOLAX XC-100CF、SOLAX-iO LE-9ND65F)下で書見台に提示された色票を参照して、潜在危険度、色名による色同定、の2項目について質問紙に回答をした。次に、カラーチャート(JIS色名帳 第2版)を用いて色票の色同定を行った。カラーチャートは色相と明度・彩度に関する修飾語(トーン)の行列で構成され、高彩度編と低彩度編の2冊に分かれている。参加者は、書見台に提示された色票に最も近似していると思う色をカラーチャートから選択した。

その後、参加者の色覚特性を把握するため、複数の色覚検査(石原色覚検査表 II 国際版 38表、標準色覚検査表 第2部 後天異常用、City University Colour Vision Test 3rd Edition、Panel D-15、低彩度15ヒューテスト、他)を実施した。

## 研究3 (先天赤緑異常と正常色覚における新旧安全色のリスク認知)

### (3)参加者

先天赤緑異常を有する成人21名(CVD群)、正常色覚の成人22名(CN群)が参加した。性別はCVD群:男性20名、女性1名、CN群:男性11名、女性11名であり、年齢は、CVD群:23~82歳(平均年齢45.2歳)、CN群:18~26歳(平均年齢22.6歳)であった。

### (4)手続き

質問紙法を用いた。潜在危険度の評価尺度は、落合ら(2005)と同じ5段階リッカート尺度を用いた。参加者は、D<sub>65</sub>光源(セリック株式会社 SOLAX XC-100CF、SOLAX-iO LE-9ND65F)下で書見台に提示された色票を参照して、潜在危険度、色名による色同定、の2項目について質問紙に回答した。次に、カラーチャート(JIS色名帳 第2版)を用いて色票の色同定を行った。参加者は、各色票に最も近似していると思う色をカラーチャートから選択した。

その後、参加者の色覚特性を把握するため、複数の色覚検査(石原色覚検査表 II 国際版 38表、標準色覚検査表 第1部・第2部、Rabin Cone Contrast Test、City University Colour Vision Test 3rd Edition、Panel D-15、低彩度15ヒューテスト、他)を実施した。

## 4. 研究成果

### 研究1 (高齢者における新旧安全色のリスク認知の再現性)

#### (1)結果

色覚検査の結果、2名は中等度以下の先天赤緑異常、11名は青黄異常と判定された。

危険度評価の再現性を示す指標として、級内相関係数(Intraclass Correlation Coefficients: ICC)を算出した。全データのICCは0.65(95%信頼区間:0.58~0.71)であった。規格の新旧別にICCを算出した結果、旧規格のICCは0.69(95%信頼区間:0.59~0.77)、新規格のICCは0.52(95%信頼区間:0.38~0.63)であった。多重比較検定の結果、全ての色で1回目と2回目の危険度評価の平均値に有意差はなかった。潜在危険度の平均値は2回とも旧規格の赤が最も高かった。ICCは、最大値が新規格の赤紫(0.68)であり、最小値は新規格の赤(-0.07)であった。新旧規格間のICCを比較すると、赤が最もICCの差が大きかった。

#### (2)考察

高齢者における安全色のリスク認知の再現性を検討した結果、全データでのICCは0.65であり、Cicchetti et al (1981)の基準では良好(good)な範囲(0.60~0.74)に該当することから、若年者(落合ら,2005)と同様に、高齢者においても安全色の危険度評価はある程度高い再現性を有していると考えられる。

一方、色別の ICC を比較検討した結果、赤において旧規格と新規格の安全色の再現性に顕著な差がみられた。とりわけ、新規格の赤は ICC が 0 に近く、再現性が極めて低いことが示された。新規格の赤は、旧規格色よりも色相が黄赤寄りで高明度・低彩度に設定されており、色の視認性・誘目性や色のイメージが旧規格の赤とは異なる可能性がある。これらの点から、新規格の赤は、旧規格色と比較して、一定の危険感を伝達することが困難であると予測される。

## 研究 2 (高齢者における新旧安全色のリスク認知)

### (1) 結果

色覚検査の結果、22 名に青黄異常が認められ、28 名は正常色覚と判定された。参加者の色覚特性については、前者 22 名を青黄異常 (BY 群) 後者 28 名を正常色覚 (CN 群) として統計解析を行った。

潜在危険度の評価は、既往研究 (Braun et al, 1995; 落合ら, 2005) と同様に 0~8 で得点化した。安全色 (赤、黄赤、黄、緑、青、赤紫) 規格 (旧規格、新規格) 色覚 (BY 群、CN 群) の 3 要因について、 $6 \times 2 \times 2$  の 3 要因分散分析を行った。その結果、安全色と規格の交互作用が有意であった。色覚の要因は、主効果、交互作用ともに有意でなかった。

新旧安全色の潜在危険度の平均値を図 1 に示す。安全色と規格の交互作用について、下位検定として単純主効果の検定を行った。その結果、赤、黄、赤紫は新規格の危険度が旧規格よりも有意に低く、特に赤における平均値の差が顕著であった。一方、旧規格の赤は他の 5 色よりも有意に危険度が高かったが、新規格の赤は黄赤との間に有意差が認められなかった。

色名による色同定は、BY 群と CN 群で別々に集計を行った結果、両者の傾向に顕著な差異はみられなかったため、2 群の集計結果を合算した。表 2 に赤における色名同定の集計結果を示す。

表 2 より、色名「赤」で同定された割合は、旧規格色では 94% であるが、新規格色では 20% と顕著に低く、色名「橙」、「オレンジ」で同定された割合 (28%) のほうが高かった。また、同定された色名数をみると、旧規格色は 4 語であるが、新規格色は 16 語であり他の色と比較して最も多かった。

カラーチャートによる色票の色同定については、同定された色は全て高彩度編のチャートから選択されていた。色相は 10RP~5Y、10GY~2.5PB、7.5P~5RP の範囲に分布しており、概ね同一色相で同定された。トーンは vivid、light、strong、deep の 4 トーンの範囲内に収まり、vivid トーンで同定される頻度が高かった。概してどの色票も近似色で同定される頻度が高かった。

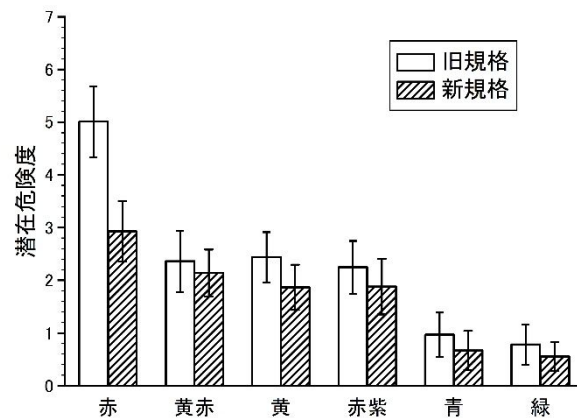


図1 高齢者における潜在危険度の平均値

(error barは95%信頼区間を表す)

表2 高齢者における色名赤の同定結果

安全色	規格	色名数	色名 (頻度: 合計50)
赤	旧規格	4	赤 (47), 紅色, 朱色, 明るい赤 (各1)
	新規格	16	赤 (10), 橙, オレンジ, 柿色 (各7), 赤茶, 濃い橙, 濃いオレンジ (各3), 朱色 (2), 茶, レンガ色, 濃い赤, 薄い赤, 激しい赤, 濃い茶, 明るいオレンジ, 赤みがかった橙 (各1)

### (2) 考察

赤は最高レベルの危険表示に最適であり (Braun et al, 1995; 落合ら, 2005) 本研究もほぼ同様の結果が得られた。しかし、新旧規格間では危険度に顕著な差がみられ、新規格色は黄赤との明瞭な差が認められなかった。色名による色同定でも、赤は新旧規格間での差が顕著であり、新規格色は「赤」で同定された割合が低く、かつ同定された色名数が多かった。これらの結果から、新規格の赤は、旧規格色と比較すると色認知のばらつきが大きく、高レベルの危険感を定常的に伝達させることが困難と予測される。

色覚の影響については、BY 群と CN 群における危険度評価に有意差はなかった。また、カラーチャートによる色同定の結果からも、色覚異常でみられる色の誤認や混同はほぼ認められなかった。故に、安全色に対する高齢者のリスク認知において、色覚の影響は小さいと考えられる。

### 研究3 (先天赤緑異常と正常色覚における新旧安全色のリスク認知)

#### (1)結果

色覚検査の結果、複数の検査結果から、CVD群は、1型色覚6名、2型色覚15名に区分された。異常の程度は、Panel D-15の結果、Fail(強度異常)13名、Pass(中等度以下の異常)8名であった。CN群は、全員色覚正常と判定された。

潜在危険度は、危険度評価を0~8で得点化し、安全色(赤、黄赤、黄、緑、青、赤紫)規格(旧規格、新規格)色覚(CVD群、CN群)の3要因分散分析を行った。その結果、安全色と規格の交互作用が有意であった。色覚の要因は、主効果、交互作用ともに有意でなかった。新旧安全色の潜在危険度の平均値を図2に示す。安全色と規格の交互作用に関する下位検定(単純主効果の検定)の結果、新規格の赤は、旧規格色よりも有意に危険度が低かった。旧規格の赤は、他の5色よりも有意に危険度が高かったが、新規格の赤は、黄との間で危険度に有意差が認められなかった。

次に、CVD群における赤の危険度評価に対して、規格(旧規格、新規格)異常の型(1型、2型)異常の程度(Fail、Pass)の3要因分散分析を行った。その結果、規格の主効果が有意であった。異常の型、異常の程度は、主効果、交互作用ともに有意でなかった。

色名「赤」における色同定の集計結果を表3に示す。色名「赤」で同定した割合は、旧規格色は両群90%以上であったが、新規格色はCVD群38%、CN群32%に留まった。同定された色名数は、両群ともに、旧規格色2語、新規格色8語であった。

カラーチャートによる色票の色同定については、同定された色相・トーンの範囲に両群で差異がみられた。CN群は、ほぼ同一色相で、高彩度系4トーンの範囲内であった。CVD群は、CN群よりも同定された色相の範囲が広く、緑、赤紫では中・低彩度系トーンへの同定がみられた。赤は、旧規格色で1名が黄(10Y)・deepトーン、新規格色で5名が黄赤(5YR)・vivid、strong、deepトーン、1名が黄赤(10YR)・deepトーンに同定した以外は同一色相であった。

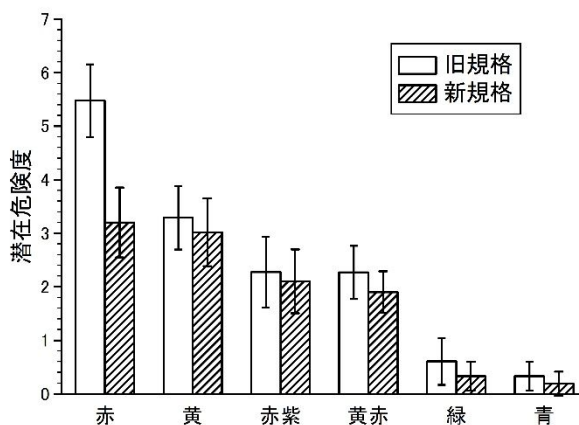


図2 CVD群・CN群の潜在危険度の平均値

(error barは95%信頼区間を表す)

表3 CVD群・CN群における色名赤の同定結果

安全色	群	規格	色名数	色名(頻度: 合計 CVD:21, CN:22)
赤	CVD	旧規格	2	赤(19), 濃い赤(2)
		新規格	8	赤(8), オレンジ(4), 緑, 橙, 朱色(各2), カーキー, 赤橙, くすんだオレンジ(各1)
	CN	旧規格	2	赤(21), 濃い赤(1)
		新規格	8	赤(7), オレンジ(5), 朱色(4), 柿色(2), 赤っぽい橙, 暗い赤, プラットオレンジ, 暗いオレンジ(各1)

#### (2)考察

高齢者の結果と同様、CVD群、CN群ともに、赤は新規格色の危険度が顕著に低く、かつ黄の危険度と差がなかった。色名による色同定では、新規格色は「赤」で同定された割合が低かった。また、CVD群では、異常の型や程度が赤の危険度評価に及ぼす影響は認められなかった。

一方、カラーチャートによる色票の色同定では、両群で異なる結果が得られた。これは、危険度評価や色名同定が単色提示であるのに対して、多色の同時提示による比較判断を要したことが影響したと考えられる。

CVD群における赤の色誤認は、色名同定では新規格色と緑(2名)新規格色とカーキー(1名)、色票同定では旧規格色と緑系近似色10Y(1名)との間で誤認がみられたが、その他に顕著な色誤認は認められなかった。

これより、新規格の赤は、色覚異常の有無や異常の様態にかかわらず、旧規格色と比較して、高レベルの危険感の伝達が困難であることが明らかになった。

#### 結論

JIS新規格安全色の赤は、全ての群で旧規格色よりも危険度評価が顕著に低く、かつ黄や黄赤の危険度と差が認められなかった。これらの結果から、新規格の赤は、安全色としての有効性に乏しい可能性が示された。

安全色のリスク認知に及ぼす色覚の影響については、高齢者の44%は青黄異常、先天赤緑異常の62%は強度異常であったが、色同定課題における色の誤認や混同は稀であり、安全色に対する危険度評価は、正常色覚との間で顕著な差異はみられなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 落合信寿, 近藤寛之
2. 発表標題 色覚バリアフリーに対応した安全色のリスク認知 - 先天赤緑異常と正常色覚の比較 -
3. 学会等名 日本人間工学会第64回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 落合信寿, 近藤寛之
2. 発表標題 色覚バリアフリーに対応した安全色における高齢者のリスク認知
3. 学会等名 日本人間工学会第63回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 落合信寿, 近藤寛之
2. 発表標題 色覚バリアフリーに対応した安全色と対比色の二色配色における高齢者のリスク認知
3. 学会等名 第64回日本産業・労働・交通眼科学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 落合信寿, 近藤寛之
2. 発表標題 色覚の多様性に配慮した安全色のリスク認知に関する予備的検討 - 高齢者における評価 -
3. 学会等名 日本色彩学会令和3年度色彩科学系 5 研究会合同研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合信寿, 近藤寛之
2. 発表標題 高齢者におけるJIS安全色のリスク認知の再現性 - 再テスト法による検討 -
3. 学会等名 日本人間工学会第62回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------