

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年3月31日現在

機関番号：35309

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009年～2012年

課題番号：21300211

研究課題名（和文） 色覚・視機能の新しい検査法提案のための基礎臨床応用横断研究

研究課題名（英文） A cross-sectional study of across fundamental, applied and clinical fields to develop new measurement methods for color vision and visual function

研究代表者

河本 健一郎 (KAWAMOTO KENICHIRO)

川崎医療福祉大学・医療技術学部・准教授

研究者番号：80367656

研究成果の概要（和文）：

本研究は、実地に即した視機能を評価する検査法を検討するために、心理物理学(基礎)、海事科学(応用)、眼科学(臨床)の観点から横断的に行われた。船舶業務従事における応用を取り上げ、視覚の認知機能である視覚的注意と色知覚の基礎研究、眼科臨床での視機能評価、検査法評価など、検討項目は多岐に渡った。色覚異常、加齢の問題で領域横断的な結論を得た他、個々の領域で、検査法に関する有益な資料を得た。

研究成果の概要（英文）：

This was a cross-sectional study across psychophysics, maritime science, and ophthalmology to develop new measurement methods to evaluate the visual functions related to practical application. We focused on the visual function of seaman as the application. Visual attention and color cognition in the fundamental field, and evaluations of visual function and measurement methods in the clinical field were examined for the purpose of the study. Useful results were obtained in each field, and we propose cross-sectional conclusions with respect to color deficiency and aging.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2010年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2011年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2012年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
総計	10,800,000	3,240,000	14,040,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：色覚、視覚的注意、認知科学、臨床、海上安全、加齢、視環境、視覚補助具

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会や障害者福祉への対応が求められる中、「見る」ことについても、高齢者やロービジョン者への配慮の必要性は年々増していた。この配慮の上で、「見る」能力をひとつの尺度で測ることができれば、その

能力に応じた対策を講じる上で有利であるが、視覚情報を実際に行動に結びつける能力を測るような、見るための認知能力を検査し尺度化する方法は未だ発展途上であった。

本研究で扱った「見るための認知能力」とは、作業や生活の質に大きく関係する、眼を

通して入ってくる「見える」視覚情報を取捨選択し、他の感覚からの情報や記憶に結びつけて処理したり、次の行動に移すために使用するための能力の他、日常よく目にする信号や色を使用した標識、路線図などの表示（サイン）などから情報受容を行う際に必要である、色の認識に関係する能力である。

一般に広く知られている視力、視野、色覚等の検査では、情報の取捨選択が行われる段階以前の眼光学系、感覚・知覚の検査に重点が置かれており、視覚の認知機能を直接評価することはできず、視覚の認知能力に関連する尺度については発展途上であった。

高齢者やロービジョン者福祉の観点から、また労働環境において、これらの視覚の認知能力を尺度化することが求められていた。高齢化が進む労働環境など、例えば船舶における見張りや機器の監視に必要な視覚の能力の評価基準、環境設計のための指針としても、必要とされていた。色知覚の能力が問われる職業について適格とされる基準が、同じ職業であっても国ごとに異なったり、基準そのものがあいまいである現状も見られ、適切な適性検査法が確立されていないことを示唆するものと考えられた。

2. 研究の目的

本研究ではこれらの点をふまえ、認知機能である視覚的注意と色知覚に焦点を絞り、認知機能を含めた視機能評価法の確立をめざし、心理物理学的な観点の他、眼科臨床、船舶業務従事者の応用の観点から検討を行った。検討対象は健常若年者のみならず、高齢者、ロービジョン者、色覚異常者にわたり、検討に必要な汎用的な資料を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

以上の目的のために、本研究で実施した検討項目は以下の通りであった。（括弧内は担当者）

(1) 年齢、視覚障害に依存した視覚的注意能力の心理物理的評価（基礎領域）

① 年齢に依存した視覚的注意能力の心理物理的評価（河本、和氣（典）、和氣（洋））

二重課題法（Dual-task）と呼ばれる実験パラダイムを用いて反復した課題遂行による年齢に依存した課題遂行能力の向上について検討した。用いたパラダイムは、画面上に同時に現れる複数の刺激の検出など、いくつかの課題を同時に遂行する能力を評価する方法であった。

② 中心視と周辺視での明るさ知覚（河本、和

氣（典）、和氣（洋））

①と同様のパラダイムを使用し、視覚的注意の状態による中心視と周辺視での明るさ知覚の変化について検討した。

③ 視覚障害と視覚的注意（和氣（典）、和氣（洋）、河本）

視覚障害の程度と課題の遂行能力に関連し、高齢者、白内障患者の二重課題遂行時のコントラスト感度特性を測定した。

④ 視野制限下の触知覚（和氣（典）、河本）

ロービジョンに関連し、視野制限下における視覚情報受容を検討するため、視覚制限下における触錯覚の生起について測定を行った。

(2) 観察者に依存した色の認知特性（基礎領域）

高齢者、色覚異常者、白内障患者の色の認知特性を検討した。色票面（物体面）を観察し、その面に知覚される色の色名呼称を回答するカラーネーミング法を評価に用い、色弁別特性を検査する色覚検査では分からない、色の分類特性（認知特性）を評価した。更に関連して、ロービジョン者の視覚補助具である遮光眼鏡着用時の分類特性も検討を行った。（河本、和氣（典）、和氣（洋）、田淵、可児）

(3) 船舶業務従事における視環境と視機能（応用領域）

① 船舶業務における視環境測定（河本、古莊、広野、淵、矢野、田淵）

業務における視機能を検討する上では、業務における視環境の把握が欠かせない。船舶の運航（操船）を対象に、外界の二次元輝度分布および業務環境の照度を測定することにより、実船における視環境を検討した。

② 船舶業務従事者の視機能調査（河本、淵、広野、古莊、田淵）

応用場面に即した新しい検査法は、業務従事者の視機能の状況に応じた検査項目を含む必要がある。これに関連した基礎データを得るため、船舶業務従事者（水先人、海技士（航海））の視機能に関する自覚症状についてのアンケートを実施した。

③ 海上視認物の色差と視認性の関係（河本、古莊、淵、広野、矢野）

業務における視環境に関連し、海上視認物に用いられている安全色の視認性を、海上にて実測した。

④ 船舶業務における色覚要件の妥当性

船員の訓練及び資格証明並びに当直の基

準に関する国際条約（STCW 条約）における国際照明委員会の交通に対する色覚要件の国際勧告（CIE143）批准による、色覚要件変更の妥当性について検討した。（古荘，他全研究者）

(4) 視機能と作業パフォーマンスの関係（応用領域）

①船舶関連のヒューマンファクター研究調査

検査法検討のため、船舶に關係するヒューマンファクター研究を調査し、レビューを作成した。（古荘）

②船舶における機関制御卓のユーザビリティの検討（有田，河本，古荘，広野）

応用的な見地から視機能が業務に及ぼす影響を検討するため、船舶における機関制御卓のユーザビリティと視機能の関係を、アンケート調査により検討した。

(5) 新しい検査法提案のための検討（臨床領域，領域横断）

①既存の眼科検査法の検討（河本，田淵，可児）

視覚の認知に関わる検査を行うための検査法について、眼科における現状を調査した。

②知覚確率曲線を用いた視力測定法（徳武，河本，可児，田淵）

眼科臨床においては、既存の視力検査より精度が高い測定方法の必要性が指摘されている。業務従事者の認知機能を正しく評価するための、視覚刺激の入力段階の特性を把握する上でも重要である。ここでは恒常法を用いた視力検査法について、精度，再現性，臨床における実用性，見えの質（QOV）について検討した。

③防眩を目的とした視覚補助具装用時の視機能評価法についての検討（河本，古荘，可児，田淵）

業務従事者の認知機能評価に必要な、視覚刺激の入力段階の特性は、実環境で測定することが望ましいが、眼科臨床においては実施が難しい。ここでは、実環境と眼科検査室での視環境の違いが視機能に及ぼす影響を検討するため、形態覚（コントラスト感度）の測定を両環境で行った。併せて、防眩を目的とした視覚補助具を用いた測定も行い、補助具の有用性について検討した。

4. 研究成果

以上の検討の結果、以下の結果が得られた。（以下文中の整理番号は 3. 方法の番号に対応）

(1) 年齢，視覚障害に依存した視覚的注意能力の心理物理的評価（基礎領域）

①年齢に依存した視覚的注意能力の心理物理的評価

初回の課題遂行成績が低い被験者の場合、若年者は反復による習熟の効果が顕著に現れるが、高齢者の場合、半数の被験者について効果が見られなかった。効果の有無が認知能力の検査に活用できる可能性が考えられた。（論文①）

②中心視と周辺視での明るさ知覚

測定に習熟しているほど、また刺激の提示時間（SOA）が長いほど、中心視と周辺視での明るさ知覚は実際の刺激輝度に従う傾向が見られた。この現象は視覚的注意が関与している可能性が考えられた。（発表②）

③視覚障害と視覚的注意

高齢者においては、周辺視でのコントラスト感度が低下することを確認した。また白内障手術後は手術前に比べ感度が上昇した。

④視野制限下の触知覚

視野の広がり依存し、触錯覚が生起する範囲が変化する傾向を確認した。

(2) 観察者に依存した色の認知特性（基礎領域）

若年者と高齢者との比較の結果、高齢者における低照度下での顕著な色分類特性の低下を確認した。（論文①）

色覚異常者の色分類特性について、照度変化の影響が正常者よりも強いことを確認した（論文②，⑤）。2色覚者の中には混同色軌跡方向でも、比較的明らかな色の分類を行うものが見られることについて、2色覚者の実効輝度は混同色軌跡に対し変化傾向が見られ、輝度による分類の可能性が示唆された（論文⑩）。

白内障患者の著しい色知覚特性，色の認知特性（分類特性）低下と、眼内レンズ移植による特性の改善を確認した。（発表①）

遮光眼鏡装用時の色分類特性は、遮光眼鏡のS錐体刺激両透過率が低くなるほど低下する傾向を得た。

(3) 船舶業務従事における視環境と視機能（応用領域）

①船舶業務における視環境測定

海上視環境における輝度分布，船舶環境の照度は、ほぼ人間が経験する最も低い値から高い値の範囲で日内変動があること，海上視認物の輝度コントラストは20から40%に分布する傾向を確認した。（論文③）

太陽高度・方位と海上視環境の輝度には関係があり、特に高度が低く方位が0度（正面）

の場合、輝度が高くなる傾向があることを示した。この場合、衝突事故の割合が増加し、輝度上昇による視機能低下との関連が示唆された。(論文⑫)

既存の研究をまとめたレビューを作成した。(論文⑨)

②船舶業務従事者の視機能調査

船舶業務従事者の自覚的な視機能は、40歳代以上で、眼科学、視覚の基礎研究から推測される視機能低下の影響が生じていることを示唆する結果を得た。(論文⑥)

③海上視認物の色差と視認性の関係

海上視認物の視認性は、特に明度の影響を受けることを確認した。(論文⑧)

④船舶業務における色覚要件の妥当性

研究組織全体の会合を4回行い、CIE143に準拠した色覚検査が日本国内で行えないこと、色の認知特性を検査できないことなどが問題となった。検討内容の一部を、国際海事機関におけるSTW小委員会へフィードバックを行った。

(4) 視機能と作業パフォーマンスの関係 (応用領域)

①船舶関連のヒューマンファクター研究調査

交通に係るヒューマンファクター研究を46報収集した。

②船舶における機関制御卓のユーザビリティの検討

職位、年齢、経験に依存した特性の違いを検討し、視覚に関連する要因は強く年齢の影響を受けることを示唆する結果を得た。(論文④)

(5) 新しい検査法提案のための検討 (臨床領域、領域横断)

①既存の眼科検査法の検討

事前の調査では、認知機能を扱うものは少なく、本研究の必要性を示唆された。眼科における色覚検査の結果と色の分類特性についての比較では、色覚検査で診断される色覚異常の程度と色分類特性は、必ずしも一致しない結果を得た。(論文②)

②知覚確率曲線を用いた視力測定法

本手法の再現性、安定性の評価を臨床にて評価し、被検者内、被検者間とも高い精度を持つことを確認した。(発表③)

③防眩を目的とした視覚補助具装着時の視機能評価法についての検討

検査室に比べ船舶における業務従事の環

境では、コントラスト感度が上昇する傾向を得た。

防眩を目的とした視覚補助具を装着した場合、実環境ではコントラスト感度の低下は認められなかったが、検査室においては有意に低下した。このことから、実環境での検査の有用性が示唆された。(論文⑦)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計14件)

①河本 健一郎, 和氣 典二, 和氣 洋美, 基本色名に基づく色分類における照度の影響—明所視における若年者と高齢者の比較—, 日本色彩学会誌, 査読有, Vol. 37, No. 2, 2013, pp. 83-92

② Ken-ichiro KAWAMOTO, Tenji WAKE, Tetsushi YASUMA, Akio TABUCHI, Hiromi WAKE, Color Categorization of Color Deficiencies, effects of illuminance and categorization correspondence to normal trichromat, 査読有, Proceedings of AIC 2012 Color and Environment, 2012, pp. 278-281

③ 河本 健一郎, 古莊 雅生, 坂本 和也, 矢野 吉治, 太田 有美, 炭野 仁美, 西岡 依利, 船舶における視環境—日中における輝度・照度・輝度コントラスト—, 平成24年度(第45回)照明学会全国大会講演論文集, 査読無, 2012, 項目番号8-32.

④有田 俊晃, 河本 健一郎, 広野 康平, 内田 誠, 古莊 雅生, 船舶機関プラントにおけるコントロールコンソールのユーザビリティに関する研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム2012論文集, 査読無, 2012, pp. 433-440

⑤河本 健一郎, 和氣 典二, 安間 哲史, 田淵 昭雄, 二色覚者の色分類における照度の影響, 査読無, 日本色彩学会誌 Vol. 36 Supplement, 2012, pp. 122-123

⑥河本 健一郎, 瀧 真輝, 広野 康平, 田淵 昭雄, 船舶業務従事者の自覚的な視機能, 日本航海学会論文集, 査読有, Vol. 126, 2012, pp. 213-219

⑦河本 健一郎, 坂本 和也, 山本 みなみ, 古莊 雅生, 小瀧 信幸, 加尻 慎也, 松本 公男, 石原 嗣生, サングラス装着時の視機能についての一考察, 眼鏡学ジャーナル, 査読無, Vol. 15, 2012, pp. 43-45

⑧河本 健一郎, 坂本 和也, 広野 康平, 古莊 雅生, 瀧 真輝, 藤本 昌志, 矢野 吉治, 小瀧 信幸, 加尻 慎也, 石原 嗣生, 海上における安全色の視認性, 日本色彩学会誌, 査読無, Vol. 35 Supplement, 2011, pp. 138-139

⑨ Masao FURUSHO, Ken-ichiro KAWAMOTO, Yoshiji YANO and Kazuya SAKAMOTO,

Visual condition at sea for the safety navigation, International recent issues about ECDIS, E-navigation and safety at sea - marine navigation and safety of sea transportation, 査読有, 2011, pp. 157-161

- ⑩河本 健一郎, 和氣 典二, 安間 哲史, 田淵 昭雄, 可児 一孝, 2色覚者の混同色軌跡方向の色分類と実効輝度, 日本色彩学会誌, 査読無, Vol. 34 Supplement, 2010, pp. 110-111
- ⑪河本 健一郎, 和氣 典二, 向井 希宏, 和氣 洋美, 中心視と周辺視の平仮名検出課題からなる二重課題の練習効果-若年者と高齢者の比較, 中京大学心理学部研究科・心理学部紀要, 査読有, Vol. 10, 2011, pp. 1-7
- ⑫坂本 和也, 古莊 雅生, 河本 健一郎, 矢野 吉治, 航海視環境の背景条件, 日本航海学会論文集, 査読有, Vol. 123, 2010, pp. 1-6

[学会発表] (計 17 件)

- ①河本 健一郎, 和氣 洋美, 和氣 典二, 安間 哲史, 眼内レンズ移植を伴う白内障手術前後の白内障患者の色分類-高齢者 2 例による手術前後の変化, 日本色彩学会色覚研究会平成 24 年度第 2 回研究発表会, 2013 年 3 月 23 日, 産業総合技術研究所(東京都江東区)
- ② Ken-ichiro Kawamoto, Keiko Omori, Narumi Sonohata, Tenji Wake and Hiromi Wake, Brightness comparison with central and peripheral vision by using a dual-task, Asian Pacific Conference on Vision 2011, 2011 年 7 月 18 日, 香港大学 (Hong Kong)
- ③ Tomoki Tokutake, Norihiro Mita, Ken-ichiro Kawamoto, Kazutaka Kani and Akio Tabuchi, Relation between visual acuity and slope of psychometric function in young adults, Asian Pacific Conference on Vision 2011, 2011 年 7 月 17 日, 香港大学 (Hong Kong)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河本 健一郎 (KAWAMOTO KENICHIRO)
川崎医療福祉大学・医療技術学部・准教授
研究者番号：80367656

(2) 研究分担者

和氣 典二 (WAKE TENJI)
神奈川大学・視科学研究所・客員教授
研究者番号：20125818

古莊 雅生 (FURUSHO MASAO)
神戸大学・海事科学研究科・教授
研究者番号：80243335
田淵 昭雄 (TABUCHI AKIO)
川崎医療福祉大学・医療技術学部・教授
研究者番号：90122431
向井 希宏 (MUKAI MAREHIRO)
中京大学・心理学部・教授
研究者番号：10182065
和氣 洋美 (WAKE HIROMI)
神奈川大学・視科学研究所・客員教授
研究者番号：80122951

(3) 連携研究者

可児 一孝 (KANI KAZUTAKA)
川崎医療福祉大学・医療技術学部・非常勤講師
研究者番号：60068476
広野 康平 (HIRONO KOHEI)
神戸大学・海事科学研究科・准教授
研究者番号：80346288
淵 真輝 (FUCHI MASAKI)
神戸大学・海事科学研究科・助教
研究者番号：20362824
矢野 吉治 (YANO YOSHIJI)
神戸大学・海事科学研究科・教授
研究者番号：10174567

研究協力者

有田 俊晃 (ARITA TOSHIAKI)
独立行政法人航海訓練所
坂本 和也 (SAKAMOTO KAZUYA)
神戸大学大学院海事科学研究科博士後期課程
徳武 朋樹 (TOKUTAKE TOMOKI)
岡山大学病院眼科
橋本 進 (HASHIMOTO SUSUMU)
東京商船大学 元教授
運輸省(現 独立行政法人)航海訓練所
附属練習船日本丸 元船長