

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：27103

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H03335

研究課題名（和文）神経科学的根拠に基づいたヒトの生体へ作用する高速点滅光特性の解明

研究課題名（英文）Neuroscientific study of the flickering characteristics of the light on the human circadian system.

研究代表者

小崎 智照（Kozaki, Tomoaki）

福岡女子大学・国際文理学部・教授

研究者番号：80380715

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は非視覚機能へ作用する高速点滅光特性とそれに対する内因性光感受性網膜神経節細胞（ipRGC）の応答特性について検討した。ヒトを対象として実験結果より、周波数250Hz以下の点滅光は非点滅光に比べ強い非視覚作用（瞳孔の対光反応など）を引き起こした。しかし、その効果はDuty比（点滅1周期における点灯と消灯の時間割合）が50%以下に限られることが示唆された。さらに、動物の網膜を用いて直接的に反応を調べた実験結果より、周波数100Hzまでの点滅光に対する網膜電位は錐体細胞など視細胞ではなくipRGCに起因していること、さらにその反応は最低でも1時間は安定していることも明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究より、光の色や強さなど視覚的に同じでも知覚されない程度の高速度で点滅している場合は、点滅していない場合とは異なる非視覚的作用を持つことが示された。これは、概日リズム系の新たな光受容器であるipRGCが他の視細胞とは光に対する時間応答特性が異なることを示唆する学術的に意義のある結果である。ヒトの非視覚機能には概日リズム位相やメラトニン分泌などがあるため、不適切な光環境は睡眠負債や発がんなど健康リスクを高める可能性がある。そのため、ヒトの非視覚機能に作用するLEDの発光特性を明らかにした本研究は健康的な照明環境の普及に貢献する社会的にも意義のある成果である。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the flickering characteristics of LED light, which may affect the circadian system, and the response characteristics of intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs). In human studies, flickering light of less than 250 Hz can induce stronger non-visual effects (e.g. pupillary light reflex) than non-flickering light. However, the stronger non-visual effect of flickering light can be achieved at less than 50% of the duty cycle (light-dark time rate). In animal studies, we have confirmed that the micro electroretinography (ERG) to the flickering light can be elicited by ipRGCs and not by other photoreceptors. The micro ERG can remain stable for up to one hour.

研究分野：応用人類学

キーワード：内因性光感受性網膜神経節細胞 LED 点滅光 概日リズム系

## 1. 研究開始当初の背景

体温などヒトの生体機能は約 24 時間周期で変動しており、その周期を概日リズムと呼ぶ。夜間照明は概日リズム位相を後退させ、生活リズムと乖離させることから不眠症等の睡眠問題やそれに伴う感情障害や代謝異常などさまざまな心身疾患を引き起こす(1, 2)。さらに国際ガン研究機関はシフトワークを「おそらく発ガン性がある(グループ 2A)」に認定しており、この機序としてシフトワーク時の夜間照明によるメラトニン分泌抑制が指摘されている(3)。つまり、夜間照明は我々の健康を害する危険性を有しており、生体に作用する光特性の解明は急務と言える。研究代表者を含めた多くの研究より、ヒトの生体へ作用する光特性が明らかとなっている。例えば、夜間の光による生体への作用量は光量や曝露する時間的長さに依存する(4,5)。その反面、昼間の光はメラトニン分泌促進や概日リズム位相前進など夜間の光とは逆の生体作用を引き起こす(6, 7)。さらに、同じ光量であってもその作用程度は光の波長(色)で異なる(8)。

これら光による生体作用は従来から知られている視細胞(桿体・錐体細胞)ではなく、内因性光感受性網膜神経節細胞(以下 ipRGC)に起因することが本研究計画の分担者である高雄教授を含めた研究グループにより 2002 年に世界で初めて明らかにされている(9)。さらにこの研究では ipRGCs の光に対する時間的応答特性が従来の視細胞とは異なることも示唆している。つまり、同じように見える光(同じ波長と光量)であっても、光が高速で点滅する場合と点滅しない場合ではその生体作用が異なる可能性がある。

<参考文献>

- (1) Nedeltcheva A.V., Scheer F.A.J.L. (2014) Metabolic effects of sleep disruption, links to obesity and diabetes. *Current Opinion in Endocrinology & Diabetes and Obesity* 21(4): p 293-298
- (2) Beattie L., et al. (2015) Social interactions, emotion and sleep: A systematic review and research agenda. *Sleep Medicine Reviews* 24: p83-100.
- (3) Blask D.E. et al. (2005) Melatonin-Depleted Blood from Premenopausal Women Exposed to Light at Night Stimulates Growth of Human Breast Cancer Xenografts in Nude Rats. *Cancer Research* 65(23): p11174-11184.
- (4) Brainard G.C. et al. (1988) Dose-response relationship between light irradiance and the suppression of plasma melatonin in human volunteers. *Brain Research* 454(1-2): p212-218.
- (5) Aoki H. et al. (1998) Minimum light intensity required to suppress nocturnal melatonin concentration in human saliva. *Neuroscience Letters* 252(2): p91-94.
- (6) Kozaki T et al (2011) Effects of different light intensities in the morning on dim light melatonin onset. *Journal of Physiological Anthropology*. 30(3): p97-102.
- (7) Kozaki T et al. (2016) Light-induced melatonin suppression at night after exposure to different wavelength composition of morning light. *Neuroscience Letters*. 616: p1-4.
- (8) Kozaki T et al. (2008) Effect of wavelength constitution of polychromatic light sources on nocturnal melatonin secretion. *Neuroscience Letters* 439,: p256-259.
- (9) Berson DM et al. (2002) Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* 295(5557); p1070-1073.

## 2. 研究の目的

現在までに代表者が取り組んできた研究課題より、メラトニン分泌抑制を軽減する青色 LED 光の点滅特性を検討した結果、その軽減効果が得られる点滅条件は限定的であり日常生活へ応用するには困難であることが明らかとなった(10)。その反面、点滅条件によっては高速点滅光が非点滅光よりも瞳孔を強く収縮する可能性が示されたものの(11)、我々の生活照明へ応用するには更なる検証が必要である。また、動物の視細胞を用いた分担者の最新研究より、高速点滅光に対する ipRGC の応答特性がいくつか明らかとなったものの(12)、検討された光の点滅条件は限られており不明な点が多い。つまり、どのような条件の高速点滅光が非点滅光と異なる生体作用を有するのかについては科学的根拠が乏しく、十分ではない。よって、本研究計画では生体へ強く作用する LED 光の点滅特性とその主な光受容器である ipRGC の神経科学的特性の解明に取り組む。

<参考文献>

- (10) Kozaki T et al. (2018) Suppression of salivary melatonin secretion under 100-Hz flickering and non-flickering blue light. *Journal of Physiological Anthropology*. 36, 23.
- (11) 日高勇樹ら (2017) 100Hz の高速点滅光のデューティー比の差異が瞳孔反応に与える影響. *日本生理人類学会誌* 22(3): p129-133.
- (12) Takao M et al. (2017) A novel intrinsic electroretinogram response in isolated mouse retina. *Neuroscience*. 357: p363-371.

### 3. 研究の方法

#### (1) 2020年度研究方法

##### (1-1) 代表者方法

被験者は健常な女性成人 9 名(21-23 歳)であった。実験には青(ピーク波長 464nm)と赤(ピーク波長 630nm)の LED を用い、刺激発生装置(Biotex 社, FG-2005S)を用いて点滅光を発光した。点滅光は周波数 30Hz、デューティー比 50%とした。被験者は LED 光源の前に設置されたあご乗せ台に顔を固定し、網膜電位を測定された。眼前の光強度は  $1.225 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (光量子束密度)に統一した。光の点滅状態と光強度は分光計(UPRTEK 社, MK350Premium; NKsystem 社, LA-105)を用いて統制した。網膜電位は眼下に装着した電極から導出し、生体アンプ(日本光電社, MEG-1200)にて増幅後、AD 変換機(ニホンサンテック社, MaP284)ならびに収録ソフトウェア(ニホンサンテック社, IM-SMART)を用いてコンピューターへ記録した。記録された網膜電位は高速フーリエ変換によって 30Hz のパワー値を算出した。実験は各被験者の日常の起床時刻の 1 時間以内(朝方、6:30~9:00)とそれから 9 時間後(夕方、15:30~18:00)に行った。各条件のパワー値に対して反復測定 t 検定を行った。

##### (1-2) 分担者方法

視細胞層を欠失したマウス剥離網膜標本において長時間にわたって ipRGC の光反応を記録する技術の開発を行なった。ipRGC は細胞体や樹状突起の表面に視物質様タンパク・メラノプシン(OPN4)を発現し phototransduction を行なっている。ipRGC の樹状突起野は網膜表面の面積にして  $500 \mu\text{m}$  ほどであることが免疫組織化学的研究によりわかっている。このため我々は電極の先端を工夫した金属電極を作成し、ほぼ単一かつ長時間にわたって細胞外から局所網膜電図(microERG)として記録できる実験系を確立した。

#### (2) 2021年度研究方法

##### (2-1) 代表者方法

被験者は健常な女性成人 11 名(21-23 歳)であった。実験には青(ピーク波長 464nm)と赤(ピーク波長 630nm)の LED を用い、刺激発生装置(Biotex 社, FG-2005S)を用いて点滅光を発光した。点滅周波数は 30Hz と 100Hz の 2 条件とし、デューティー比を 50%、70%、90%とした。被験者は LED 光源の前に設置されたあご乗せ台に顔を固定し、網膜電位を測定された。眼前の光強度は  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  と  $54 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  とした。光の点滅状態と光強度は分光計(UPRTEK 社, MK350Premium; NKsystem 社, LA-105)を用いて統制した。各点滅条件の光を 10 秒間呈示し、その間の網膜電位を測定した。網膜電位は眼下に装着した電極から導出し、生体アンプ(日本光電社, MEG-1200)にて増幅後、AD 変換機(ニホンサンテック社, MaP284)ならびに収録ソフトウェア(ニホンサンテック社, IM-SMART)を用いてコンピューターへ記録された。記録された網膜電位は高速フーリエ変換によって 30Hz と 100Hz の振幅値を算出した。各条件の振幅値に対して反復測定 t 検定を行った。

##### (2-2) 分担者方法

前年度に確率した実験系により、視細胞層を欠失したマウス剥離網膜標本において ipRGC が最も高い感度を示す 470nm の刺激光の強度、デューティー比を様々に変化させて microERG を局所網膜電図を記録した。

#### (3) 2022年度研究方法

##### (3-1) 代表者方法

被験者は健常な女性成人 12 名(21-23 歳)であった。被験者は朝 8 時に実験室へ入室し、午後 4 時までで過ごした。昼間の実験室の光条件は暗条件(10lx 以下)と明条件(600lx 以上)であった。実験室の光源は白色蛍光灯であった。各被験者は午後 4 時から定常型網膜電位を測定された。定常型網膜電位の測定には青(ピーク波長 464nm)と赤(ピーク波長 630nm)の LED を用い、刺激発生装置(Biotex 社, FG-2005S)を用いて点滅光を発光した。点滅周波数は 30Hz とし、どちらもデューティー比を 50%とした。被験者は LED 光源の前に設置されたあご乗せ台に顔を固定し、網膜電位を測定された。眼前の光強度は  $54 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  とした。光の点滅状態と光強度は分光計(UPRTEK 社, MK350Premium; NKsystem 社, LA-105)を用いて確認した。各点滅条件の光を 10 秒間呈示し、その間の網膜電位を測定した。網膜電位は眼下に装着したアクティブ電極から導出し、デジタル生体アンプ(ニホンサンテック社, MaP7810)にて増幅後、AD 変換機(ニホンサンテック社, MaP284)ならびに収録ソフトウェア(ニホンサンテック社, IM-SMART)を用いてコンピューターへ記録された。記録された網膜電位は高速フーリエ変換によって 30Hz の振幅値を算出した。各条件の振幅値に対して Bonferroni 補正の反復測定 t 検定を行った。

##### (3-2) 分担者方法

電極の改良、網膜の固定法の改良を行うことにより、microERG 法を用いてマウス網膜から ipRGC から 1 時間以上にわたって安定して光反応を記録できる手法を確立した。

#### (4) 2023年度方法

##### (4-1) 代表者方法

被験者は健常な若年女性 26 名(21-23 歳)であった。各被験者は Dim 環境(3lx 以下)に設定された実験室へ入室し、60 分間の椅座位安静を行い、瞳孔径を 10 秒間測定された。その後、5 分間の光条件を暴露された後、瞳孔径を 10 秒間測定された。再び Dim 環境下で 5 分間椅座位安静を行い、5 分間の光条件暴露後に瞳孔径を 10 秒間測定された。これを各光条件に対して繰り返し行った。光暴露と瞳孔測定中の被験者は光源前に設置されたあご乗せ台に顔を固定した。光条件は波長(470nm と 670nm)と周波数(7Hz、100Hz、250Hz、500Hz)を組み合わせた 8 条件と

した。瞳孔径は被験者の左眼に装着した瞳孔計（竹井機器、T.K.K.2960）を用いて、サンプリング周波数 30Hz に測定された。瞳孔径は 10 秒間測定の値を平均化した。縮瞳率は各光条件暴露時の瞳孔径を各実験日の Dim 条件下の瞳孔径で除した値を用いた。各データ間の比較には t 検定を行った。危険率 5% 以下を統計的有意、10% 以下を有意傾向とした。

#### **（4-2）分担者方法**

microERG 法を用いてマウス網膜から ipRGC から 1 時間以上にわたって安定して光反応を記録できる手法を用いて、同細胞からフリッカー光源に対する光反応の安定性について検討を行った。

### **4. 研究成果**

#### **（1）2020 年度研究成果**

##### **（1-1）代表者成果**

本研究の結果、赤色点滅光に対する網膜電位のパワー値は時間による差がないものの、青色点滅光に対しては日内差が認められた。青色光は赤色光とは異なり、錐体細胞と桿体細胞に加え ipRGCs も反応することから、本研究の結果は ipRGCs の感受性が夕方に低下したことを示唆した。瞳孔の対光反応など光による概日リズム系への作用には日内変動が存在することが知られており、これは ipRGC の感受性の日内変動が関係していると考えられている。本年度の結果、ipRGC が主に反応する短波長の点滅光に対する網膜電位の振幅には大きな日内変動が確認された。これより短波長の点滅光に対する網膜電位に ipRGC の活動が反映されていることが示唆された。

##### **（1-2）分担者成果**

本年度は microERG 法により、ipRGC が優れた安定性と時間応答特性を有することがわかった。

#### **（2）2021 年度研究成果**

##### **（2-1）代表者成果**

30Hz の点滅光を呈示した場合において、赤色と青色のどちらの光条件においても網膜電位の 30Hz 振幅値が 100Hz 振幅値より有意に高かった。100Hz の点滅光を呈示した場合では、赤色条件で網膜電位の 30Hz と 100Hz の振幅値に有意差は認められなかったものの、青色条件では 100Hz 振幅値が 30Hz 振幅値より有意に大きかった。今回用いた赤色光に対しては主に赤色錐体細胞と緑色錐体細胞、それに桿体細胞が反応する。それに対して青色光には ipRGCs を含む全ての視細胞が反応する。したがって、青色条件の 100Hz 点滅光のみで 100Hz 振幅値が大きかったことは ipRGCs が 100Hz の点滅光に同調したことを示唆している。この結果は、動物の網膜を用いた分担者の先行研究を支持するものである。しかし、100Hz の点滅光に対する網膜電位の振幅は 30Hz よりも小さく、ノイズなどの影響を受けやすいと考えられた。また、異なるデューティー比の点滅光に対する網膜電位も検討した結果、デューティー比 70% 以上の点滅光に対する網膜電位の振幅はデューティー比 50% に比べ有意に小さくなり、特に短波長の点滅光で顕著であった。この結果から点滅光に対して同期した ipRGC の反応にはある程度以上の消灯時間が必要である可能性が示された。つまり、網膜電位を用いて ipRGC に対する光の刺激量を評価する場合は、その光のデューティー比を 50% 以下にしておく必要がある。

##### **（2-2）分担者成果**

実験の結果、光の反応性が非線形に変化することがわかった。単回の光刺激に対する過渡的な局所網膜電図では、5ms~90ms の刺激時間の範囲内で、刺激時間の延長にともなって線形に振幅が増大、閾値の低下が認められた。しかしながら頻回の光刺激（10Hz、50Hz、100Hz）に対する定常的な局所網膜電図では、デューティー比（50%、80%、90%）の間にこの線形性は認められなかった。この原因として ipRGC の細胞膜表面に発現している TRPC6 や TRPC 7 のチャンネルの特性が関わっている可能性が考えられた。

#### **（3）2022 年度研究成果**

##### **（3-1）代表者成果**

青色の点滅光に対する定常型網膜電位の振幅は昼間の明環境条件が暗環境条件よりも有意に低かった。しかし、赤色の点滅光に対する定常型網膜電位の振幅に昼間の光条件間の統計的有意差はみられなかった。赤色点滅光に対する定常型網膜電位の振幅には昼間の光条件間に有意差がみられなかったものの、青色点滅光に対する定常型網膜電位の振幅は昼間の明環境条件で暗環境条件に比べ有意に低下した。これは青色光に対する視細胞の反応が昼間の明環境によって低下したことを示唆する。今回用いた赤色光に対しては主に赤色錐体細胞と緑色錐体細胞、それに桿体細胞が反応する。それに対して青色光には ipRGCs を含む全ての視細胞が反応する。したがって、青色の点滅光に対する定常型網膜電位のみ昼間の光条件間に有意差がみられたことは ipRGCs が昼間の明環境に順応し、夕方の点滅光に対する感受性が低下したことを示唆している。動物の網膜を用いて ipRGCs の光に対する順応を調べた先行研究でも、明環境に曝された場合は ipRGCs の反応が低下したことを報告している。これより、昼間の光が夜間の光による概日リズムへの作用を軽減する機序として ipRGCs の光に対する順応が考えられる。

##### **（3-2）分担者成果**

本年度に実施した実験の結果、ipRGC は最低でも 1 時間は光に対して反応し続けるとともに、1Hz~100Hz の点滅光に対して反応を維持することもわかった。以上より、ipRGC は網膜において

輝度センサーとして機能していることが確かめられた。また 1Hz~100Hz という幅広い周波数の点滅光に対して、ipRGC が長時間にわたって反応を維持しつけられるという報告はこれまでないばかりか、錐体や桿体といった他の視細胞のみならず他の網膜の細胞でも例がない。今後、このような優れた ipRGC の時間応答特性と脳機能の関わりについて明らかにする必要がある。

#### **(4) 2023年度成果**

##### **(4-1) 代表者成果**

内因性光感受性網膜神経節細胞 (intrinsically photosensitive retinal ganglion cell : 以下、ipRGC とする) が反応しない赤色光に対しては非点滅光と各周波数 (100Hz、250Hz、500Hz) の点滅光で瞳孔径の差は認められなかった。その反面、ipRGC が反応する青色光に対しては非点滅光よりも 100Hz 点滅光で有意な縮瞳が認められた。しかし、青色光でも 250Hz 以上の点滅光に対する瞳孔径は非点滅光に対する瞳孔径と有意差が得られなかった。継続した光刺激に対する定常的な瞳孔径は ipRGC により制御されていることが知られている。よって、ipRGC は周波数 250Hz 以上の点滅光に対し同期して反応できないことが示唆された。

##### **(4-2) 分担者成果**

本年度の実験結果より、数 Hz の低頻度の点滅光のみならず 30-40Hz といった比較的高頻度の点滅に対しても、最低でも 30 分間減衰することなく安定して反応し続けることがわかった。またこの光反応に関して、薬理的な手法を用いて検討したところ、視細胞による影響は見られないことを確認した。これらの特異的な光反応特性は、ipRGC が網膜内において輝度検出器として機能するだけでなく、点滅光の時間特性についても安定して非イメージ形成視覚に関わる脳の神経核に情報を伝えていることを示していた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Senba Ryuma, Maruyama Yu, Takao Motoharu	4. 巻 31(6)
2. 論文標題 Diurnal Modulation of Pupillary Light Reflex	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Light & Engineering	6. 最初と最後の頁 118 ~ 120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.33383/2023-054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kawashima Seiko, Takao Motoharu, Komiya Senri, Hattori Mana	4. 巻 102
2. 論文標題 Right visual field is advantageous in detecting different color: an implication for appropriate arrangement of digital graphics on a display	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neuroergonomics and Cognitive Engineering	6. 最初と最後の頁 224-231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.54941/ahfe1003022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 添田悠介, 高雄元晴	4. 巻 23
2. 論文標題 内因性光感受性網膜神経節細胞に関する最近の研究動向について	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 東海大学紀要情報理工学部	6. 最初と最後の頁 10-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kozaki Tomoaki, Hidaka Yuki, Katami Kenshin	4. 巻 46
2. 論文標題 Light-induced MelatoninSuppressions by 1000-Hz Flickering and Nonflickering Blue Light Conditions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Science and Technology in Lighting	6. 最初と最後の頁 19 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2150/jstl.IEIJ22000660	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高雄 元晴	4. 巻 48
2. 論文標題 第3 の光受容器・内因性光感受性網膜神経節細胞の発見と脳機能との関わり	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本頭痛学会誌	6. 最初と最後の頁 159 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50860/jjho.48.1_159	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高雄 元晴、Martina Meliana	4. 巻 26
2. 論文標題 光による情動行動の調整に関わる研究の展望	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本生理人類学会誌	6. 最初と最後の頁 35 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20718/jjpa.26.2_35	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 小林優恭, 久保田周弥, 杉山乃愛, 松下夏望, 桑江曜子, 高雄元晴
2. 発表標題 マインドフルネス実践中における瞳孔径の変動に関する研究
3. 学会等名 2023 年度 日本生理人類学会 フロンティアミーティング(秋期)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高雄元晴, 原寄喬矢, 柏木智貴, 末廣俊介, 川島浄子
2. 発表標題 瞳孔径の変化を指標にした心的努力の評価
3. 学会等名 日本生理人類学会第84回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小崎智照、西村英玲奈、高雄元晴
2. 発表標題 異なる周波数の青色点滅光に対する瞳孔の対光反射
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 小崎智照、鬼丸聖菜
2. 発表標題 異なる日中の光環境が点滅光に対する網膜電位へ与える影響
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 Tomoaki Kozaki, Mei Okuzono, Motoharu Takao
2. 発表標題 Diurnal variation on the electroretinogram to red and blue lights in human.
3. 学会等名 The 15th International Congress of Physiological Anthropology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小崎智照、鬼丸聖菜、高雄元晴
2. 発表標題 日中の明暗環境が異なる色の点滅光に対する網膜電位へ与える影響
3. 学会等名 第46会人間 - 生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 佐藤孝星, 小島大河, 堀田淳弘, 添田悠介, 小崎智照, 高雄元晴
2. 発表標題 内因性光感受性網膜神経節細胞の光刺激に対する時間応答特性に関する研究
3. 学会等名 日本生理人類学会第83回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小島大河, 佐藤孝星, 堀田淳弘, 添田悠介, 小崎智照, 高雄元晴
2. 発表標題 青色LED の光点滅照射による内因性光感受性網膜神経節細胞の光応答特性に関する研究
3. 学会等名 日本生理人類学会第83回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小崎智照, 奥園芽生
2. 発表標題 定常型網膜電位を用いた光の非視覚的作用評価の試み
3. 学会等名 日本人間工学会第62回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小崎智照, 鬼丸聖菜
2. 発表標題 異なるデューティー比の点滅光に対する網膜電位
3. 学会等名 日本人間工学会第42回九州・沖縄支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高雄元晴
2. 発表標題 片頭痛光過敏のサイエンス
3. 学会等名 第49回日本頭痛学会総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小崎智照、奥園芽生、高雄元晴
2. 発表標題 異なる波長の点滅光に対する網膜電位の日内変動
3. 学会等名 日本人間工学会第41回九州・沖縄支部大会
4. 発表年 2020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
研究分担者	高雄 元晴  (Takao Motoharu)  (90408013)	東海大学・情報理工学部・教授   (32644)	

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
---------	---------