

科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年5月24日現在

機関番号：17102
研究種目：新学術領域研究（研究課題提案型）
研究期間：2009～2011
課題番号：21200003
研究課題名（和文） 非イメージ形成の視覚機能の探究と健康に寄与する光環境デザインへの展開
研究課題名（英文） Research on Functions of Non-Image-Forming Vision and Development of Luminous Environment Design for Well-Being
研究代表者
古賀 靖子 (KOGA YASUKO)
九州大学・大学院人間環境学研究院・准教授
研究者番号：60225399

研究成果の概要（和文）：概日リズムの光同調や瞳孔の対光反射を生じさせる非イメージ形成の視覚は、短波長域の光放射に感度が高く、分光感度曲線は、内因性光感受性網膜神経節細胞と錐体視細胞の光受容により二峰性になることが示唆された。イメージ形成・非イメージ形成の視覚特性を考慮した分光分布に基づく次世代の光環境デザインの要件は、直射日光の間接的な利用を含む昼光の活用、ハイブリッド照明、時間的空間的な照明制御の統合であると言える。

研究成果の概要（英文）：Non-image-forming vision induces physiological responses such as circadian photoentrainment and pupillary light reflex. It is indicated that its sensitivity is high to optical radiation of short wavelength and that the spectral sensitivity curve is bimodal due to phototransduction of intrinsically photosensitive retinal ganglion cells and input from cones. Next-generation luminous environment design is defined as that considering both image-forming and non-image-forming visual properties, and based on spectral distribution. Such luminous environment design requires integration of daylighting including indirect utilization of sunlight, hybrid lighting systems, and temporal and spatial lighting controls.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
2010年度	7,300,000	2,190,000	9,490,000
2011年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
総計	22,800,000	6,840,000	29,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：建築環境・設備、生理学、視覚、ipRGC、概日リズム、網膜神経節細胞、瞳孔反射、錐体視細胞

1. 研究開始当初の背景
(1) 概日リズムの光同調と視覚機能

概日リズムは、ヒトの生存と活動に必須の基本的な生理機能である。概日リズムを駆動

するのは、脳の視交叉上核に局在する生物時計であるが、生物時計を環境の明暗周期に同調させるのは、眼の網膜から脳へ伝わる光の情報である。その主な神経路には、網膜視床下部路（網膜から視交叉上核へ直接投射）と、膝状体視床下部路（網膜から視交叉上核へ、外側膝状体中間小葉を経由して投射）がある。そのほか、縫線核や視床室傍核からの投射も影響すると考えられている。

概日リズムに関連して、2002年に、視交叉上核へ投射する網膜神経節細胞も光受容を行うことが発表され、内因性光感受性網膜神経節細胞（intrinsically photosensitive retinal ganglion cell; ipRGC）と名付けられた。ipRGCは視細胞と異なる光応答特性を持つこと、メラノプシンという視物質を含み、約480 nmの光放射に対して最大となる分光感度を有すること、概日リズムの光同調や瞳孔の対光反射に関与することが報告されている。また、視細胞からの光入力によって、外界の空間情報を像として知覚する機能をイメージ形成の視覚（image-forming vision）、ipRGCからの光入力によって、外界の明暗情報を体内に伝える機能を非イメージ形成の視覚（non-image-forming vision）と呼ぶようになった。しかし、ipRGCの光受容機構や神経回路網など、不明な点は多い。

(2) 分光分布に基づく光環境デザイン

照明分野では、1990年代後半から、光環境の健康性が重要な研究・技術開発課題の1つとなっている。2001年にメラトニン（外界が夜になったことを体内に伝えるとされるホルモン）の分泌抑制の作用スペクトルが発表されると、光の生理的影響に関する研究・技術開発・規格作成が活発になった。光の生理的影響に関する測光機器、概日リズムを考慮した照明システム、光の生理的影響に基づく光源の評価方法が出されているが、脳科学的な意義付けや検証は不十分である。

光環境デザインは、照度設計から輝度設計へ変化している。また、光環境デザインの考え方は、一定の光を供給する静的なものから、光を時間的に変化させる動的なものへ変わりつつある。技術的には一般照明用LED（発光ダイオード）の性能向上により、省エネルギーで光の制御の自由度が高い照明を実現できるようになってきた。さらに、次世代の光環境デザインは、2つの異なる視覚特性、すなわちイメージ形成の視覚と非イメージ形成の視覚を考慮した分光分布設計であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、概日リズムの光同調に関与する非イメージ形成の視覚機能

を探究して、概日リズムの調節の観点から健康に寄与する動的な光環境デザインの考え方を提示することである。本研究では、非イメージ形成の視覚の分光特性を明らかにして、非イメージ形成の視覚で最も重要な内因性光感受性網膜神経節細胞と視細胞との関係を探る。また、光の生理的影響を考慮した分光分布に基づく光環境デザインの考え方を示す。

3. 研究の方法

(1) 非イメージ形成の視覚の分光感度

① 内因性光感受性網膜神経節細胞（ipRGC）が瞳孔の対光反射に関与していることを利用して、光順応状態を考慮した瞳孔反射測定を行い、縮瞳率（光刺激による瞳孔径の変化率）に基づいて非イメージ形成の視覚の分光感度を調べる。また、単色光刺激を組み合わせ、混色光刺激に対する瞳孔反射測定を行い、分光感度の加法性を検証する。

波長や放射量の異なる単色光刺激を、被験者の一側の眼前に示し、他側の眼前に設置したCCDカメラで瞳孔変化を計測する。そのため、市販の電子瞳孔計を改造して、光刺激装置を追加した。電子瞳孔計は1秒間に30回の間隔で眼の画像を取得し、画像解析から瞳孔径を算出して記録する。光刺激の与え方は、被験者の眼前を半球形の拡散透過材で覆い、全視野刺激とした。単色光の波長条件は、約420 nm～約600 nmまでの7通りとした。縮瞳率は、ipRGCの光応答特性を考慮して、光刺激中の縮瞳と光刺激後に持続する2つの相について検討する。

② 非イメージ形成の視覚の分光感度を直接的に検討するため、マウスをモデルに、網膜からの光入力に対する視交叉上核の応答特性を免疫組織化学的に調べる。また、外側膝状体背側核の光応答特性を調べ、非イメージ形成の視覚とイメージ形成の視覚が捉える光放射の波長域を比較する。

一定の温湿度に空調された12時間ごとの明暗周期の環境下で、飲食・飲水自由で最低3週間飼育した雄マウスを、24時間暗順応させた後、暗期の開始時刻から1時間、放射量が同じで波長の異なる単色光環境下に置く。波長条件は360 nm、400 nm、500 nm、612 nmの4通りとした。対照条件として、24時間の暗順応後に引き続き1時間、暗環境に置く場合（Dark）を設けた。その後、マウスに麻酔をかけて脳を取り出し、切片を免疫染色して、諸神経核におけるc-Fosの発現量を調べる。c-Fosとは即初期遺伝子*c-fos*がコードするタンパク質であり、刺激により神経細胞核内で発現誘導されるため、神経細胞反応のマーカーとして多用されている。

(2) 覚醒と光環境との関係

① 覚醒に係わる脳の青斑核と縫線核について、光入力に対する神経細胞の活動の波長依存性を免疫組織化学的に調べる。

② 覚醒水準（注意）の上昇の分光特性を行動学的に調べるため、プレパルス抑制試験を行う。プレパルス抑制とは、突然の刺激（パルス）に対する驚愕反応が、その直前に驚愕を引き起こさない程度の弱い刺激（プレパルス）を差し挟むことで抑制される現象であり、感覚運動情報制御を反映する指標の1つとされている。

放射量が同じで波長の異なる単色光環境下で、マウスに聴覚刺激を与え、驚愕反応の抑制率（プレパルス抑制率）を基に、注意の程度を比較する。プレパルス抑制率が高いほど、注意の程度が高いと言える。単色光環境を作るため、市販の驚愕反応測定装置を改造して、光刺激装置を追加した。

一定の温湿度に空調された12時間ごとの明暗周期の環境下で、飲食・飲水自由で最低2週間飼育した雄マウスを、驚愕反応測定装置に入れる。光履歴をなくすために30分間暗順応させた後、光照射を行う。波長条件は360 nm、400 nm、480 nm、600 nmの4通りとした。対照条件として、光照射のない場合を設けた。

光照射開始10分後、プレパルス抑制試験を行う。最初に、バックグラウンドノイズ（60 dBのホワイトノイズ）を出して、5分間の探索時間を設けた。次に、8 kHz、12 dB、40 ミリ秒のパルスを30秒ごとに計10回与え、基本的な聴覚反応を確認した。その後、4つの条件についてマウスの反応を見た。プレパルス抑制試験条件は、(i) 8 kHz、120 dB、40 ミリ秒のパルス、(ii) 10 kHz、90 dB、20 ミリ秒のパルス、(iii) 10 kHz、90 dB、20 ミリ秒のプレパルスの100 ミリ秒後に、8 kHz、120 dB、40 ミリ秒のパルス、(iv) パルス無しの場合とした。各条件を20回、30秒ごとに疑似ランダムで与え、計80回試行した。

なお、一連の動物実験の手続きは、東海大学動物実験委員会の承認を得た後、国内関連法規、米国国立衛生研究所ガイドラインおよび東海大学動物実験委員会規定に従った。

(3) 分光分布に基づく光環境デザイン

① 事例研究として、昼光が入らない作業場の光環境と作業者の睡眠状況を調査する。調査対象は建物の1階にあり、屋根のかかった中庭に面するコンピュータ専用室である。作業者は専らコンピュータを使用する。天井面には、配光を制御するルーバー付き蛍光灯器具が設備されており、壁面上部から天井面には照明器具からの光が届かず、薄暗く見える。中庭側の壁には大きな窓があるが、中庭からの視線や騒音を気にして、室内のブラインド

を常に閉めている。よって、室内では昼光の入射や外光の変化を感じることができない。作業者は以前から睡眠の不調を感じており、調査時には、出勤前に30分程度のジョギングを行うようにしていた。

光環境の調査では、天井面と壁面の照度、作業者の位置での水平面照度（作業面照度）と鉛直面照度、相関色温度、分光分布を測定した。同時に、建物の屋上でグローバル照度（直射日光による水平面照度と天空光照度の和）、天空光照度、相関色温度、分光分布を測定した。また、日照の有無と雲量を目視観測した。

睡眠状況の調査では、腕時計形の携帯式行動量測定装置を作業者に付けて、生活リズムを測る。睡眠中の体動データから、睡眠効率や睡眠途中の覚醒回数を求める。併せて、起床時にOSA睡眠感調査票で睡眠に関する主観評価を取った。OSA睡眠感調査票は、起床時眠気、入眠と睡眠維持、夢み、疲労回復、睡眠時間の因子に分類される16対の項目で構成されている。

② 光環境と気分の関係を探るため、冬季に日照時間が最も短くなる地域で、昼光測定を行う。可照時間に対する日照時間の比である日照率を各県について計算し、秋田県を測定場所とした。冬至に近い12月と1月のそれぞれ3日間、グローバル照度、天空光照度、相関色温度、分光放射照度を測定した。また、魚眼レンズを装着したカメラで天空の様子を撮影し、目視で雲量を観測した。

③ 光量や光色の異なる光環境下で、被験者にパソコンを用いる事務作業をさせて、生理的・心理的指標に基づいて光環境を評価する。作業前後に、光環境や疲労に関する主観評価、眼の焦点応答調節時間測定、視覚刺激に対する反応時間測定を行う。

白色プリント合板を使用して実大模型室を作り、パーティションで2つのブースに区切って、それぞれのブースの中央に作業机と椅子を置いた。ブースごとに、天井面に蛍光灯器具を配置した。蛍光灯は25%～100%の出力範囲で調光可能とした。実大模型室に外光は入らないものとし、実大模型室を設置した室にも、外光がほとんど入らないようにした。光環境の条件は、机上面照度を500 lxで一定、作業者と向かい合う壁面の平均照度（背景照度）を低い場合（113 lx；照度均斉度0.55）と高い場合（376 lx；照度均斉度0.90）の2通り、蛍光灯の相関色温度を、一般によく用いられる白色光（4,200 K）と青色光成分が特に多い白色光（12,000 K）の2通りとした。

作用時間の条件は、1日の場合（作業9:00～12:00；休憩12:00～13:00；作業13:00～15:00；休憩15:00～15:30；作業15:30～17:30）と、午後半日の場合（作業13:00～

15:00; 休憩 15:00～15:30; 作業 15:30～17:30)とした。光環境に関する主観評価では、室内の明るさ、光環境の受容度、まぶしさ、文字の読みやすさについて質問した。疲労に関する主観評価では、眼精疲労評価と日本産業衛生協会産業疲労研究会作成の申告書による自覚症状調べを行った。自覚症状調べは、疲労一般の訴え項目、心的症状の訴え項目、神経感覚的症状の訴え項目の群で構成されている。眼の焦点調節応答時間測定は、凸レンズまたは凹レンズを通して指標が明瞭に見えるまでの調節時間を計るものである。焦点応答調節時間が長くなるほど、視覚疲労があることを意味する。視覚刺激に対する反応時間測定は、ランダムな時間間隔で表示される視覚刺激に反応して、ボタンを押すまでの時間を計るものである。反応時間が長くなるほど、覚醒度が低いことを意味する。

④ 本研究の成果を屋内照明関係の規格作成に反映させるため、国内外の屋内照明基準の歴史的変遷を調べ、現行の屋内照明基準の問題点と改訂すべき点を検討する。

4. 研究成果

(1) 非イメージ形成の視覚の分光感度

① 単色光刺激に対する瞳孔反射の分光特性は、サルやヒトにおける既往の研究報告と同様の傾向を示し、およそ 480 nm～510 nm の光放射 (ヒトの色覚で青から緑) に感度が最も高かった。しかし、感度は 440 nm 付近の光放射にも比較的高く、内因性光感受性網膜神経節細胞 (ipRGC) の関与に加えて、錐体視細胞の影響が示唆された。概日リズムや瞳孔反射に関する既往の研究報告のほとんどは、単一の光受容器の作用スペクトルを適用して、単峰性の分光感度曲線を示しているが、非イメージ形成の視覚の分光感度曲線は、二峰性になる可能性がある。これは、詳細に求めた明所視の比視感度曲線が二峰性であることと類似している。

網膜神経回路上で ipRGC は視細胞からの光入力を受け、概日リズムの光同調には ipRGC からの光入力に加えて、ipRGC を介した視細胞からの光入力も寄与することを示す研究報告が蓄積されつつある。網膜が正常に機能している場合、非イメージ形成の視覚の分光感度は、ipRGC 単独の分光感度によるものでなく、単一の光受容器の作用スペクトルを用いる解析手法そのものに再考の余地がある。

限られた条件ではあるが、混色光刺激に対する瞳孔反射測定の結果から、分光感度の加法性は成り立つと考える。しかし、部分的である可能性も否定できず、さらに詳細な検討が必要である。

② 網膜からの光入力に対して、視交叉上核 (非イメージ形成の視覚に関係) と外側膝状

体背側核 (イメージ形成の視覚に関係) の反応を比較した結果、視交叉上核では 360 nm、400 nm、500 nm の波長条件、外側膝状体背側核では 360 nm、400 nm、500 nm、612 nm の波長条件について c-Fos の発現があった。どちらの神経核でも、暗環境 (Dark) 条件では c-Fos の発現がなかった。イメージ形成の視覚が短波長から長波長までの広い範囲の光放射を捉えているのに対し、非イメージ形成の視覚は、短波長側の限られた範囲の光放射を捉えていると言える。

視交叉上核での c-Fos 発現量は、500 nm、360 nm の波長条件について特徴的であった。500 nm の光照射に対する c-Fos 発現は、ipRGC からの光入力に加えて、M 錐体からの光入力の影響を示唆している。360 nm の光放射に対する c-Fos 発現は、UV 錐体からの光入力の影響を示唆している。これは、ヒトにおける瞳孔の対光反射で、錐体視細胞からの光入力に影響することを支持する。なお、杆体視細胞の反応は飽和していると考える。図 1 に視交叉上核における c-Fos 発現量を示す。

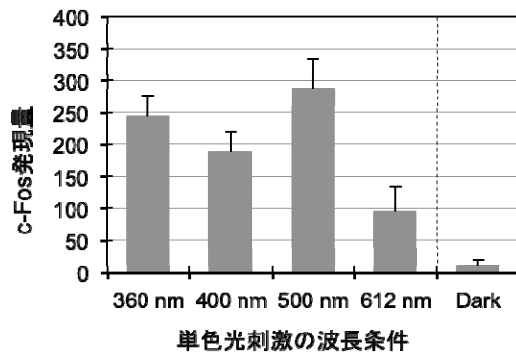


図 1 視交叉上核における c-Fos 発現量

(2) 覚醒と光環境との関係

① 既往の研究により、視交叉上核における暗期の c-Fos の発現は光刺激に対する反応であり、発現量は光刺激の量と時間の積算値に比例することが報告されている。しかし、覚醒に係わる青斑核や縫線核について同様の研究はない。

青斑核での c-Fos 発現は、視交叉上核での結果と同様に、500 nm、360 nm の波長条件に対して特徴的であり、M 錐体、S 錐体からの光入力を含む ipRGC からの間接的な光入力があると言える。ただし、反応の様相は視交叉上核での結果と逆で、総ての波長条件と暗環境 (Dark) 条件について c-Fos の発現があった。夜行性マウスの場合、暗期の開始時の光入力は、神経細胞の活動に抑制的に働くと考える。図 2 に青斑核における c-Fos 発現量を示す。背側縫線核では、500 nm の波長条件に対して特徴的な反応が認められた。

② 注意の程度を示すプレパルス抑制率は、

480 nm の波長条件について約 50%と、他の波長条件や暗環境条件に比べて有意に向上した。プレパルス抑制に係わる神経核に、ipRGC からの間接的な光入力があり、聴覚刺激のゲーティングに関与すると考える。

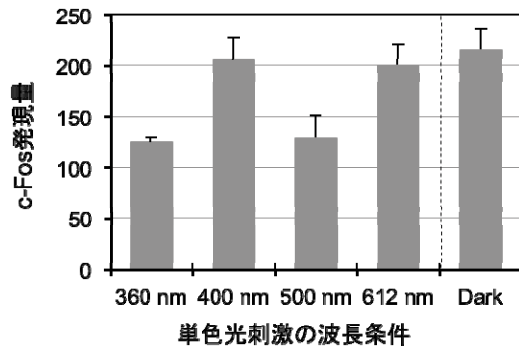


図2 青斑核における c-Fos 発現量

(3) 分光分布に基づく光環境デザイン

① 日光の入らない作業場に関する事例研究で、室内主要面の照明の量は、屋内照明基準に照らし合わせて十分であった。しかし、屋内の光量は、屋外の光量の 1/100 程度か、それ以下である。また、屋外の光環境が大きく日変動するのに対して、屋内の光環境は、ほぼ一定である。そのため、概日リズムの光同調効果を低下させると考える。

作業者が睡眠の不調を感じるようになったのは、昼休みの屋外での運動を止めてからである。全体的に調査時の睡眠効率は高く、睡眠途中の覚醒回数は少なかった。しかし、平日に比較して、朝のジョギングを行わない休日の睡眠効率は低く、睡眠途中の覚醒回数が多い傾向にあった。睡眠に関する主観評価は、全体的に若干悪く、休日には入眠と睡眠維持、疲労回復が悪かった。概日リズムの光同調が不十分で、十分なリズムの振幅が得られない場合、睡眠の質の確保には、適切な運動も効果があると言える。

② 秋田での冬季の日光測定では、期間を通して積雪があり、雲が多かった。秋田と同時期の月別日照率が約 2 倍の福岡で、可照時間の違いは 30 分程度だが、測定場所では日の入り時刻が早いことも、暗い印象に影響した。

高緯度地域ほど冬季は太陽高度が低く、得られる日光量は少ない。太陽高度が同じ場合、曇りの日は、晴れの日より日光量が少ない。図 3 に日光の分光放射照度の測定例 (太陽高度 30°) を示す。日光は青色光成分を多く含むが、分光放射照度の日変動を見ると、晴れの日には 450 nm~510 nm の放射照度が非常に高く、非イメージ形成の視覚の感度が高い 450 nm~485 nm の波長域で、高い放射照度が得られる時間が長かった。

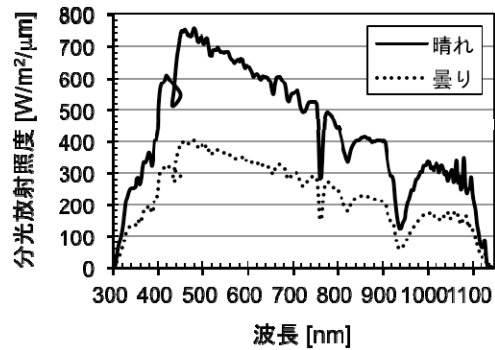


図3 日光の分光放射照度 (太陽高度 30°)

③ 日光の入らない作業場に関する実験研究で、青色光成分の多い白色光環境は、一般的な白色光環境より暗く感じられる一方、まぶしさ感が高く、非常に気になる評価となった。青色光成分は眼球内で散乱しやすく、まぶしさ感に影響するためである。さらに、背景照度が低い場合は、作業後の疲労感が高くなることが示唆された。光環境の受容度に関する評価を含めて判断すると、青色光成分が多い白色光を照明に利用する場合は、心理的な快適性を確保するために、空間を比較的高照度にして日光環境に近づけるのが良いと言える。ただし、パソコンなどの視覚表示端末装置を使用する作業空間では、まぶしさ感やディスプレイへの映り込みを少なくするよう、照明方法に工夫が必要である。

④ 人工光源と照明技術の発達に伴って、屋内照明基準の考え方は変化した。明視性、安全性、健康性、快適性、審美性、経済性、省資源・省エネルギー、環境負荷低減の総合的な観点から、質の高い照明を実現するために、作業面照度偏重の照明設計や全般照明で作業面を高照度にする照明方式を見直す必要がある。

近年、一般照明用 LED の性能向上により、従来光源に比べて、種々の点で自由度の高い照明が可能になってきている。分光分布に基づく次世代の光環境デザインでは、直射日光の間接的な利用を含む日光の活用、タスク・アンビエント照明のようなハイブリッド照明方式、時間的空間的な照明制御を統合して用いることが必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Y. Koga, M. Takao, T. Murata, N. ide, A. Mikuriya, and G. Yamashita, A Pilot Experiment on Spectral Response Sensitivity of The Suprachiasmatic

- Nucleus (The Chief Circadian Pacemaker), Proc. of the 27th Session of the CIE, 査読有, 1-1, 2011, 504-509
- ② 高雄元晴, もっと朝の光を、夜の闇を、望星、査読無、42、2011、33-38
- ③ 高雄元晴, 視覚と生体リズム、東海大学情報理工学部紀要、査読有、9、2009、pp. 29-40
- ④ M. Ishii, K. Morigiwa, M. Takao, S. Nakanishi, Y. Fukuda, Ectopic Synaptic Ribbons in Dendrites of Mouse Retinal ON- and OFF-Bipolar Cells, Cell & Tissue Research, 査読有, 338, 2009, pp. 355-375
- ⑤ M. Takao, T. Kurachi, K. Kato, Photoperiod at Birth Does Not Modulate Diurnal Preference in Asian Population, Chronobiology International, 査読有, 26, 2009, pp. 1470-1477
- ⑥ M. Takao, Y. Koga, Polychromatic Properties of the Pupillary Light Reflex in Human Subjects, Proc. of Lux Europa 2009, 査読有, 2009, pp. 313-316

[学会発表] (計 14 件)

- ① 中村怜衣那、古賀靖子、屋内照明基準の再考の必要性、2012 年度日本建築学会大会、2012 年 9 月 12 日 (発表確定)、名古屋大学
- ② 中村怜衣那、古賀靖子、国内外の屋内照明基準の歴史的変遷について、2011 年度日本建築学会九州支部研究発表会、2012 年 3 月 4 日、西日本工業大学
- ③ 御厨藍子、井手渚紗、古賀靖子、秋田における冬季の昼光測定、2011 年度日本建築学会九州支部研究発表会、2012 年 3 月 4 日、西日本工業大学
- ④ 井手渚紗、御厨藍子、古賀靖子、高雄元晴、非イメージ形成の視覚の分光感度 - 覚醒に関わる神経核の応答、平成 23 年度照明学会全国大会、2011 年 9 月 15~16 日、愛媛大学
- ⑤ 山下巖己、古賀靖子、VDT 作業時の照明環境について、平成 23 年度照明学会全国大会、2011 年 9 月 15~16 日、愛媛大学
- ⑥ 御厨藍子、井手渚紗、古賀靖子、非イメージ形成の視覚に関する基礎的研究 その 3 覚醒に関わる青斑核の応答、2011 年度日本建築学会大会、2011 年 8 月 23 日、早稲田大学
- ⑦ 田中宏和、山本宏亮、古賀靖子、拝崎昭洋、執務空間の光環境と作業者の睡眠に関する調査、2010 年度日本建築学会九州支部研究発表会、2011 年 3 月 6 日、鹿児島大学
- ⑧ 古賀靖子、井手渚紗、横町亮太、非イメージ形成の視覚に関する基礎的研究 - その

- 2 生物時計の光感受性、2010 年度日本建築学会大会、2010 年 9 月 11 日、富山大学
- ⑨ 横町亮太、井手渚紗、古賀靖子、非イメージ形成の視覚に関する基礎的研究 - その 1 光受容器と分光感度、2010 年度日本建築学会大会、2010 年 9 月 11 日、富山大学
- ⑩ 山本宏亮、古賀靖子、照明環境と視作業性能について、2010 年度日本建築学会大会、2010 年 9 月 11 日、富山大学
- ⑪ 井手渚紗、古賀靖子、高雄元晴、非イメージ形成の視覚の分光感度 - 生物時計の光感受性、平成 22 年度照明学会全国大会、2010 年 9 月 7 日、大阪市立大学
- ⑫ 高雄元晴、古賀靖子、概日リズムの光同調評価装置の試作、広域連携医療ネットワークシステム研究会、2010 年 6 月 12 日、明電舎沼津営業所
- ⑬ 井手渚紗、横町亮太、古賀靖子、非イメージ形成の視覚と光受容器、2009 年度日本建築学会九州支部研究発表会、2010 年 3 月 7 日、長崎総合科学大学
- ⑭ 古賀靖子、天野蓉子、高雄元晴、非イメージ形成の視覚の分光感度 - 暗順応状態における瞳孔反射、平成 21 年度照明学会全国大会、2009 年 8 月 28 日、北海道工業大学

[図書] (計 1 件)

- ① 高雄元晴、他 4 名、コロナ社、神経情報科学入門 - 初学者から IT エンジニアまで、2009、208

[その他]

ホームページ等
<http://www.licht-iprgc.org>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古賀 靖子 (KOGA YASUKO)
 九州大学・大学院人間環境学研究院・
 准教授
 研究者番号：60225399

(2) 研究分担者

高雄 元晴 (TAKAO MOTOHARU)
 東海大学・情報理工学部・准教授
 研究者番号：90408013

(3) 連携研究者

なし