

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：17701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24657177

研究課題名(和文)メラノプシン神経節細胞を独立刺激可能なディスプレイの開発

研究課題名(英文)Development of a spatial pattern generator that enables isolated stimulation of retinal photoreceptors

研究代表者

辻村 誠一(Tsujimura, Seiichi)

鹿児島大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：10381154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円、(間接経費) 720,000円

研究成果の概要(和文)：本提案プロジェクトでは、先に開発した多原色刺激装置を改良し、時間変調および空間的な変調を可能にする刺激提示装置を開発することを目的とした。最初に従来の多原色光源刺激装置の光学系を改良した。また、DLPプロジェクタの光源として、効率的に伝達するために大電流の高輝度LEDを選択しシステムに組み込んだ。さらにマイクロコンピュータを用いてプロジェクタのコントロール基板からの信号を制御信号として、多原色刺激装置を制御することができた。システムの改良によって期待通り高い時間解像度を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：The aim of this project was to develop a multi-primary display system that can generate test stimuli with spatio-temporal modulation. Firstly, we modified the multi-primary stimulation system that we had developed in the previous study. We optimized optical components in the system and installed high power LEDs. We also used a micro-computer to control a projector in the system. After these modifications we have achieved a high temporal resolution as we expected.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：生理人類学 メラノプシン神経節細胞 網膜錐体細胞 刺激提示装置

1. 研究開始当初の背景

ヒトの網膜の光受容器には錐体および杆体細胞が知られているが、最近になって新たな光受容器が発見された。この細胞はメラノプシン神経節細胞と呼ばれ、非撮像系経路の機能である生体リズムの調節や瞳孔反応、さらには撮像系経路の機能である明るさの知覚に参与していることが報告されている。したがって、この新たな光受容器の機能を調べることが、生体リズムなどの非撮像系経路のシステムを理解するうえでの重要な課題のひとつとなっている。



図 メラノプシン神経節細胞と光情報の伝達経路

光刺激によって網膜に存在するメラノプシン神経節細胞が興奮し、生体時計の調整に必要な外界の光情報を脳に伝達する。

従来の研究では、様々な色の照明光を刺激光として用いて、この光受容器の非撮像系経路への寄与が検証されてきた。しかしながら、このような実験手法によってメラノプシン神経節細胞の寄与を解明することは難しい。なぜなら、これらの光受容器の分光感度曲線が波長領域でオーバーラップしているため、光刺激を与えるとメラノプシン神経節細胞を興奮させると同時に他の光受容器（網膜錐体細胞と網膜杆体細胞）も興奮させるからで

ある。この新たな光受容器の寄与を調べるためには、網膜錐体細胞や杆体細胞とは独立してこの光受容器を刺激することが必要である。先行研究において申請者らの研究グループは、メラノプシン神経節細胞のみを独立に刺激可能な多原色刺激装置を世界で初めて開発した。この装置を用いるとメラノプシン神経節細胞を独立に刺激可能である。しかしながら、各原色の光学的な足し合わせに積分球を用いているために、空間的に一様な刺激しか提示できず、空間パターン刺激を作ることが困難な状況である。

2. 研究の目的

本提案プロジェクトでは、先に開発した多原色刺激装置を改良し、DLP 式のプロジェクタと光学的に組み合わせることにより、時間変調のみならず空間的な変調をも可能にするディスプレイを開発することを目的とする。一般に、市販の DLP プロジェクタは、精巧な光学系回路および電子回路をもつ構造であり、その改良は極めて困難である。一方、Texas Instruments 社の DLP LightCommander は、光源モジュールの取り外しが可能であり、ユーザーが別途光源モジュールを取り付けることを可能としている。

この装置を用いると、空間的に変調した刺激提示が可能になる。このことはメラノプシン神経節細胞を他の光受容器とは独立に刺激可能なディスプレイの開発が可能であることを示している。

3. 研究の方法

以下、研究方法に関して概説する。

(1) 多原色刺激装置を高輝度化。改良に際して特に問題となるのは提案システムでは高輝度光源を必要とすることである。従来、積分球に組み込まれた数百の LED を

発光させていた。しかしながら、このシステムでは、コンデンサ光学系において効率的に集光、および伝達が行えない。DLP プロジェクタの光源として、効率的に伝達するために、大電流の高輝度 LED を組み込んでいるシステムに改良した。

- (2) 多原色刺激装置を DLP プロジェクタの光源として組み込む。プロジェクタのコントロール基板からの信号を制御信号として、マイクロコンピュータを用いて多原色刺激装置を制御した。
- (3) 多原色光源と組み合わせた DLP プロジェクタの時間的、空間的特性を調べる。実際、この装置を実験で用いるためには、その特性を熟知する必要がある。例えば、時間的に刺激を変化させた場合の過渡特性や、空間的なスペクトラムの均一性等である。これらの特性を測定した。

4 . 研究成果

以下、研究成果に関して概説する。

- (1) 多原色刺激装置を高輝度化。従来、数百の LED を発光させていたが、新システムでは、コンデンサ光学系において効率的に集光、および伝達が行えるようにシステムを改良した。DLP プロジェクタの光源として、効率的に伝達するために大電流の高輝度 LED を選択しシステムに組み込んだ。光源の輝度については先行研究で開発した装置によって、実際に必要な照度に達しているかを確認した。その成果の一部は 2012 年に論文(Brown et al. 2012)として発表した。
- (2) 高輝度多原色光源を DLP プロジェクタへ組み込む。マイクロコンピュータを用いてプロジェクタのコントロール基板からの信号を制御信号として、多原色刺激装置を制御することができた。一方で DLP

プロジェクタの全仕様がテキサスインスツルメンツから公開されていないこともあり、現時点ではマイクロコンピュータ、PC、DLP プロジェクタが完全に制御できないこともわかった。

- (3) 多原色光源を組みこんだ DLP プロジェクタの時間的、空間的特性の調査。システムの改良によって期待通り高い時間解像度を得ることができた。一方で、空間的な均一性は、予想していたよりも低いことがわかった。原因を調べた結果、4 原色のカップリングに用いているダイクロイックミラーで生じていることがわかった。輝度の空間的な均一性を達成するためにホログラフィックディフューザ等を用いたが、完全な空間均一性は困難であることがわかった。現在、他の方法を検討中である。

5 . 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計 4 件)

1. Si.Lee, A. Hida, S. Tsujimura, T. Morita, K. Mishima, S. Higuchi, (2013). Association between melanopsin gene polymorphism (I394T) and pupillary light reflex is dependent on light wavelength. *Journal of Physiological Anthropology*. 2013, 32:16 doi:10.1186/1880-6805-32-16. 査読有
2. S. Higuchi, A. Hida, S. Tsujimura, K. Mishima, A. Yasukouchi, Si. Lee, Y. Kinjyo, M. Miyahira (2013). Melanopsin Gene Polymorphism I394T Is Associated with Pupillary Light Responses in a Dose-Dependent Manner. *PLoS One*. 2013;8 (3):e60310. doi: 10.1371/journal.pone.0060310. Epub 2013. 査読有
3. S. Tsujimura, N. Hamazono, Y. Saito K. Okajima "Rod, cone and ipRGC interactions in color perception,"

The proceedings of the 12th congress of the international colour association 13, Newcastle upon Tyne, UK, Vol.4, 1621-1624, 8-12 July 2013 (2013). 査読有

4. TM. Brown*, S. Tsujimura*, AE.Allen, J.Wynne, R. Bedford, G. Vickery, A. Vugler and RJ. Lucas (2012). Melanopsin-Based Brightness Discrimination in Mice and Humans. Current Biology 22, 1134-1141. (*equal contribution) (2012) 査読有

〔学会発表〕(計 11 件)

- (1) 辻村誠一, "メラノプシン神経節細胞の輝度経路への時間周波数依存性" 日本視覚学会 2014 年冬季大会、工学院大学、2014 年 1 月 23 日発表
- (2) S. Tsujimura, "A Linear Summation of L- and M-cone Signals in the Pupillary Pathway," Workshop on vision testing in seafarers, Kobe Port Tower Hotel, Japan. 2014 年 1 月 21 日発表
- (3) 辻村誠一, "メラノプシンとロービジョン:メラノプシン総論" 第 49 回日本眼光学学会総会、シンポジウム 3、ウェスティン都ホテル京都. 2013 年 9 月 8 日発表
- (4) 辻村誠一, 岡嶋克典, "明るさ知覚におけるメラノプシン神経節細胞の寄与", 照明学会全国大会, 名古屋大学. 2013 年 9 月 5 日発表
- (5) S. Tsujimura, N. Hamazono, K. Okajima "Cone and melanopsin interaction as a function of temporal frequency," 20th Symposium of the International Colour Vision Society, Winchester UK, 14-18 July, 2013. 2013 年 7 月 16 日発表
- (6) 辻村誠一, 濱園直志, 岡嶋克典, "メラノプシン神経節細胞の輝度経路への時間周波数依存性," 日本生理人類学会, 金沢 2013. 2013 年 6 月 9 日発表
- (7) 李相逸, 樋口重和, 西剛史, 肥田昌子,

三島和夫, 辻村誠一, 森田健, 稲見香, "メラノプシン遺伝子多型 (I394T) と瞳孔の対光反応の関係-光の強度と色光の影響," 日本生理人類学会, 金沢, 2013. 2013 年 6 月 9 日発表

- (8) 再東勇亮, 辻村誠一, "メラノプシン神経節細胞起因信号の時間周波数特性" 日本視覚学会 2013 年冬季大会、工学院大学, 2013. 2013 年 1 月 25 日発表
- (9) 濱園直志, 辻村誠一, "メラノプシン神経節細胞と色メカニズムの機能的関連性" 日本視覚学会 2013 年冬季大会、工学院大学, 2013. 2013 年 1 月 25 日発表
- (10) 辻村誠一 "光と睡眠 メラノプシンの発見から最近の照明技術の動向まで:メラノプシン神経節細胞の機能" 日本睡眠学会 第 37 回定期学術集会: シンポジウム S28-4, 2012.6.28-30 パシフィコ横浜. 横浜, 2012. 2012 年 6 月 29 日発表

〔その他〕

ホームページ等

http://www.ibe.kagoshima-u.ac.jp/~t_lab/index.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻村 誠一 (Seiichi Tsujimura)
鹿児島大学・理工学研究科・准教授
研究者番号: 10381154