

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：24405

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21434

研究課題名（和文）ロドプシン類を利用した細胞間、組織間情報の光制御

研究課題名（英文）Optical control of intercellular and inter-tissue information using animal opsins

研究代表者

寺北 明久（Terakita, Akihisa）

大阪公立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：30212062

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：エクソソームの分泌と神経伝達物質の放出に関する光操作方法の開発を、光感受性のGタンパク質共役型受容体（GPCR）である動物のロドプシン類（オプシン）を利用して試みた。種々のオプシンそれぞれを発現させた培養細胞における光照射によるエクソソーム放出制御について解析した結果、エクソソーム分泌量は、二次メッセンジャーではなく、オプシンが活性化するGタンパク質の種類により制御されている可能性が示唆された。センチュウの運動ニューロンにパラピノプシを導入し行動解析を行なった結果、紫色照射で動きを止め、緑色光照射で運動を再開させることに成功し、パラピノプシンが優れた神経伝達物質制御系として注目された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光遺伝学は、標的とする細胞に光受容タンパク質を遺伝学的に導入し、その細胞の活動や活性を光で操作する方法であり、最近の神経科学や細胞生物学の発展に大きく寄与している。本研究の成果により、細胞間連絡のシステムの中で、代表的である神経伝達物質の光制御と、まだ未知な点が多いエクソソームの分泌の光制御についての方法を確立することは、神経科学や細胞生物学の発を加速すると期待される。さらに、エクソソームの分泌メカニズムの詳細の解析に貢献し、まだ不明な点多いエクソソームの分泌メカニズムや機能の解明に貢献すると期待される。

研究成果の概要（英文）：We attempted to develop a light manipulation method for the secretion of exosomes and release of neurotransmitters by utilizing opsin, a light-sensitive G-protein coupled receptor (GPCR) in animals. Through analyzing the control of exosome release by light irradiation in cultured cells expressing various opsins, it was suggested that the amount of exosome secretion is controlled by the type of G-protein activated by the opsins, rather than second messengers. We introduced Parapinopsin into motor neurons of *C. elegans* and conducted behavioral analysis. As a result, we successfully halted the movement with violet light irradiation and resumed the movement with green light irradiation, highlighting Parapinopsin as a promising neuronal control tool for neurotransmitters.

研究分野：動物生理化学、分子生理学

キーワード：光遺伝学 動物オプシン

### 1. 研究開始当初の背景

近年、標的細胞に光受容タンパク質を遺伝学的に導入し、光により非侵襲的に細胞の活動を光操作する方法として「光遺伝学」が非常に注目されている。光遺伝学として、最も知られているのは、光により開閉できるイオンチャネルである微生物型ロドプシンを利用した光操作で、光依存的に脱分極あるいは過分極を神経細胞に引き起こす。これらのイオンチャネルの光制御は神経の活動を光制御することを可能とし、神経科学分野の発展に著しく貢献している。一方、動物の光受容タンパク質（ロドプシン類）であるオプシンは、光依存的に G タンパク質を活性化する、「光感受性の G タンパク質共役型受容体 (GPCR)」である。それをを用いた光遺伝学は非常に期待されているが、機能するために結合する発色団レチナールが、眼などの特別な組織にしか存在しない 11 シス型であるため、眼外の細胞で用いるのが一般的な光遺伝学では、繰り返し刺激が難しい等の指摘もあった。私たちは、脳内などの眼外に発現し視覚以外の機能を担う“非視覚オプシン”を中心に解析してきた結果、非視覚オプシンは眼外で機能できるので、光遺伝学のツールに適した性質を持つことを明らかにしてきた。このような背景から、本研究では、動物オプシンの光遺伝学への貢献の可能性を示すために、動物の非視覚オプシンを用いて、GPCR が関与する細胞間の情報伝達の光制御方法を提供することを計画した。

### 2. 研究の目的

GPCR がかわる細胞間や組織間の情報伝達あるいはコミュニケーションの中で、エクソソームの分泌と神経伝達物質の放出に注目する。エクソソームはガン細胞から分泌されることに加え、多様な通常組織の細胞からも分泌されることが知られており、細胞間や組織間のコミュニケーションに利用されている可能性が非常に注目されている。エクソソーム分泌の光操作方法の確立は、詳細が不明な分泌のメカニズム解明に貢献できると期待される。また、神経伝達物質は、細胞間情報伝達に関わる代表的な分子であり、その光遺伝学的操作方法の開発は、細胞生物学や神経科学の発展に貢献すると期待できる。これらの光操作方法の開発を、光感受性の GPCR である非視覚オプシンなどを利用して試みた。

### 3. 研究の方法

(a) 哺乳動物の培養細胞に、種々の非視覚オプシンを導入し、光の有無によりエクソソームの分泌量が変化するかを解析した。照射は、白色光を用いて、培養用インキュベーター中で行なった。分泌されたエクソソームの定量は、エクソソーム ELISA キットを用いて行なった。

(b) 神経伝達物質の光制御は、センチュウの運動ニューロンに非視覚オプシンであるヤツメウナギパラピノプシン (LamPP) を導入し、センチュウを顕微鏡下で紫色光あるいは緑色光で照射し、行動を観察した。パラピノプシンは、紫色光で活性化され (ON)、神経伝達物質であるアセチルコリンの分泌を異常にする (抑制する) ことにより、センチュウの運動を停止し、緑色光でパラピノプシンが不活性化 (OFF) されることによりアセチルコリンが正常に分泌され、運動が再開することが期待される (図 1)。

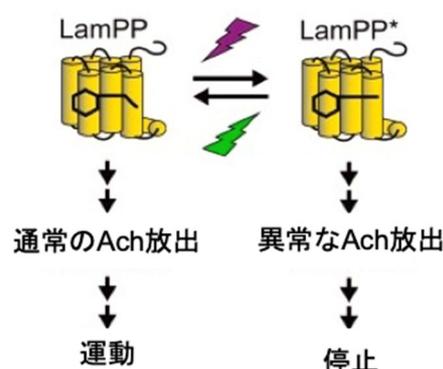


図 1: パラピノプシン (LamPP) の光反応とアセチルコリンの分泌及び行動制御、行動 (Koyanagi ら PNAS 119, e2204341119 より改変)

### 4. 研究成果

#### (a) 培養細胞におけるエクソソームの光操作

さまざまなオプシンそれぞれを HEK293 細胞などの哺乳類培養細胞に発現させ、その培養細胞を光照射した際のエクソソーム放出量の変化について、エクソソームマーカーを指標にして解析した。興味深いことに、エクソソームの分泌量の光依存的な変化のプロファイルは、cAMP の類似した変化を光依存的に引き起こすことが知られている異なるオプシンを発現している培養細胞で異なっていた。すなわち、GPCR によるエクソソーム分泌の制御は、二次メッセンジャーではなく、オプシンが活性化する G タンパク質の種類により制御されている可能性が考えられた。そこで同様の cAMP 変化をもたらす数種の非視覚オプシンについて、活性化する G タンパク質 (アルファサブユニット) の種類を詳細に解析した。具体的には、培養細胞に発現している 12 種類の G を含む 16 種類の G に対して、発光タンパク質 (NanoBiT、Promega 社) を利用した実時間解析を繰り返し行い、統計学的に有意に活性化する G を調べた。その結果、これまで「cAMP の減少を引き起こす」として纏められていたオプシンであっても、活性化する G の種類や効率に違いがあることを発見した。すなわち、詳細な様々な種類の G タンパク質に対する活性化能とエクソソームの光依存的分泌制御 (増加と減少) を明確にすることにより、エクソソ-

ムの分泌を制御する光遺伝学ツールを開発できることが示唆された。

(b) センチュウにおける神経伝達物質  
アセチルコリンの光制御  
(Koyanagi et al., PNAS 119,  
e2204341119)

パラピノプシンを運動ニューロンに  
遺伝子導入したセンチュウにパラピノ  
プシンの発色団デアあるレチナール(ビ  
タミンAの一種)を餌として与えたのち、  
まず紫光で照射し、続いて緑色光で照射  
した。紫光照射により、暗中で運動して  
いたセンチュウは、コイル状に丸まり運  
動を停止した(図2左と中央)。これは、  
運動ニューロンにおいて、パラピノプシ  
ンが光依存的に Go 型 G タンパク質の活  
性化を介して、アセチルコリンの分泌を異  
常化(抑制)するためと考えられた。続く  
いて、緑色光を照射したところ、コイル状  
に丸まっていたセンチュウは元の状態に戻  
り運動を再開した(図2右)。このことは、  
緑色光照射により、活性化(ON)状態だっ  
たパラピノプシンが不活性(OFF)状態に変  
化し、アセチルコリンの分泌が正常に戻  
った(再開された)ことが示唆された。すな  
わち、パラピノプシンを紫光/緑色光照射  
により ON/OFF するシステムは、優れた神  
経伝達物質操作方法となりえることが示  
された。

さらに興味深いことに、短時間の紫色照  
射の効果が1時間程度持続することを見出した。すなわち、パラピノプシンの光操作は、「暗  
中」でも継続可であり、新規の光操作方法として注目された(図3)。

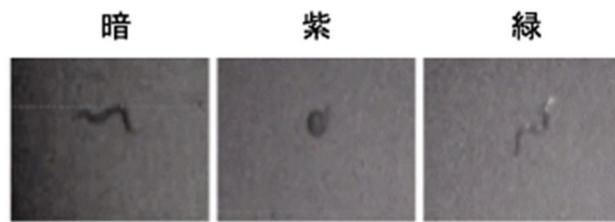


図2：光照射によるセンチュウの行動変化 暗  
中で正常に行動していたセンチュウ(左)は、紫色  
照射でコイル状に丸まり運動を停止する(中央)。  
緑色光照射により元の形状に戻り運動を再開し  
た(右)。

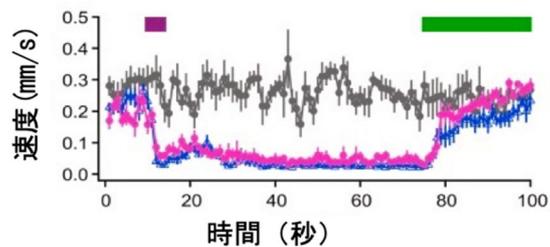


図3 パラピノプシンを遺伝子導入したセン  
チュウの活動量変化 UV 光刺激後、暗中で  
60分以上の持続した行動停止を示し、緑色  
照射で運動再開。レチナール添加：なし  
(黒)、11 シス型(マゼンタ)、全トランス

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Koyanagi Mitsumasa, Honda Hayato, Yokono Hirohisa, Sato Ryu, Nagata Takashi, Terakita Akihisa	4. 巻 377
2. 論文標題 Expression of a homologue of a vertebrate non-visual opsin Opn3 in the insect photoreceptors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rstb.2021.0274	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 Koyanagi Mitsumasa, Shen Baoguo, Nagata Takashi, Sun Lanfang, Wada Seiji, Kamimura Satomi, Kage-Nakadai Eriko, Terakita Akihisa	4. 巻 119
2. 論文標題 High-performance optical control of GPCR signaling by bistable animal opsins MosOpn3 and LamPP in a molecular property?dependent manner	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2204341119	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 Mason Benjamin M., Koyanagi Mitsumasa, Sugihara Tomohiro, Iwasaki Makoto, Slepak Vladlen, Miller David J., Sakai Yusuke, Terakita Akihisa	4. 巻 13
2. 論文標題 Multiple opsins in a reef-building coral, <i>Acropora millepora</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-28476-5	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 該当する
1. 著者名 Yamaguchi Kazuaki, Koyanagi Mitsumasa, Sato Keiichi, Terakita Akihisa, Kuraku Shigehiro	4. 巻 120
2. 論文標題 Whale shark rhodopsin adapted to deep-sea lifestyle by a substitution associated with human disease	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2220728120	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 Seiji Wada, Emi Kawano-Yamashita, Tomohiro Sugihara, Satoshi Tamotsu, Mitsumasa Koyanagi and Akihisa Terakita	4. 巻 19
2. 論文標題 Insights into the evolutionary origin of the pineal color discrimination mechanism from the river lamprey	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BMC Biology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12915-021-01121-1	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 Kawano-Yamashita Emi, Koyanagi Mitsumasa, Wada Seiji, Saito Tomoka, Sugihara Tomohiro, Tamotsu Satoshi, Terakita Akihisa	4. 巻 10
2. 論文標題 The non-visual opsins expressed in deep brain neurons projecting to the retina in lampreys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-66679-2	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 Duchatelet Laurent, Sugihara Tomohiro, Delroisse Jerome, Koyanagi Mitsumasa, Rezsöházy Rene, Terakita Akihisa, Mallefet Jerome	4. 巻 10
2. 論文標題 From extraocular photoreception to pigment movement regulation: a new control mechanism of the lanternshark luminescence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-67287-w	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 該当する

1. 著者名 Shen Baoguo, Wada Seiji, Nishioka Haruka, Nagata Takashi, Kawano-Yamashita Emi, Koyanagi Mitsumasa, Terakita Akihisa	4. 巻 7
2. 論文標題 Functional identification of an opsin kinase underlying inactivation of the pineal bistable opsin parapinopsin in zebrafish	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Zoological Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40851-021-00171-1	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 -

〔学会発表〕 計59件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 ゼブラフィッシュを用いた松果体光情報が伝達される脳領域の解析
3. 学会等名 日本動物学会近畿支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井祐輔、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 造礁サンゴで発現する花虫綱特異的オプシンの分子特性解析
3. 学会等名 日本動物学会近畿支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋 直樹、寺北 明久、小柳光正
2. 発表標題 平板動物のGPCRの解析によるオプシンの起源の探求
3. 学会等名 日本進化学会第24回沼津大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩崎誠、和田清二、永田崇、杉原智博、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 非視覚オプシンの機能解明のための「発光遺伝学」的解析法の開発の試み
3. 学会等名 第22回日本光生物学協会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺北明久
2. 発表標題 動物の光受容の分子基盤の多様性と機能の解明
3. 学会等名 第22回日本光生物学協会年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井祐輔、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 造礁サンゴで発現する花虫綱特異的オブシンの吸収波長特性
3. 学会等名 第22回日本光生物学協会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 ゼブラフィッシュを用いた松果体オブシンの関わる光依存的行動の解析
3. 学会等名 第22回日本光生物学協会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井祐輔、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 造礁サンゴで発現する花虫綱特異的オブシンにおける吸収スペクトルの制御メカニズムの解析
3. 学会等名 日本動物学会第93回早稲田大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤龍、永田崇、寺北明久、小柳光正
2. 発表標題 ハエトリグモのピンぼけ像にもとづく奥行き知覚を支えるロドプシンの吸収極大波長制御メカニズムの解析
3. 学会等名 日本動物学会第93回早稲田大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 松果体オプシン欠損個体を用いたゼブラフィッシュの光依存的行動の解析
3. 学会等名 日本動物学会第93回早稲田大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩崎誠、酒井祐輔、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 造礁サンゴの花虫綱特異的オプシンが駆動するシグナル伝達特性に関する解析
3. 学会等名 日本動物学会第93回早稲田大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 犬飼 紫乃、片山 耕大、杉原 智博、小柳 光正、寺北 明久、神取 秀樹
2. 発表標題 視覚ロドプシンとは逆向きの異性化反応を示すハエトリグモペロプシンの光異性化機構解析
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Sakai、Mitsumasa Koyanagi、Akihisa Terakita
2. 発表標題 Investigation of spectral properties and spectral tuning mechanisms of anthozoan-specific opsins from a reef-building coral.
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akinari Sakayori, Yusuke Sakai, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita, Hisao Tsukamoto
2. 発表標題 Development of bistable optical control tools based on a Gs-coupled opsin
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shino Inukai, Kota Katayama, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Tereakita, Hideki Kandori
2. 発表標題 Spectroscopic study of photoisomerization mechanism of Jellyfish Opsin having counterion at different position
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Yamamoto, Tomoka Saito, Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Tereakita
2. 発表標題 Analysis of light-dependent behaviors with a pineal opsin, parapinopsin-mutant zebrafish
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第44回高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Analyses of light-dependent behavior involving pineal photoreceptions using zebrafish larvae.
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第44回高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Sakai, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Investigation of spectroscopic properties and spectral tuning of anthozoan opsins in a reef-building coral
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第44回高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Namikoshi, Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Analyses of light-dependent behavior involving pineal photoreceptions using zebrafish larvae. Investigation of neural activity changes derived from extraocular photoreception in the whole brain of larval zebrafish by calcium imaging.
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第44回高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daigo Takakusa, Tomohiro Sugihara, Hiroshi Kiyonari, Akihisa Terakita, Mitsumasa Koyanagi
2. 発表標題 Spectroscopic and immunohistochemical characterization of a mammalian non-visual opsin Opn3
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第44回高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryu Sato, Takashi Nagata, Taizo Kawano, Shinichi Miyazaki, Yu Hayashi, Akihisa Terakita, Mitsumasa Koyanagi
2. 発表標題 Reproduction of early processes in the evolution of photosensory system by short-term selection of <i>C. elegans</i> optogenetically rendered photosensitive
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第44回高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Visualization of neural pathways based on the molecular property of a pineal opsin and its contribution to light-dependent behavior using zebrafish larvae
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Makoto Iwasaki, Seiji Wada, Takashi Nagata, Tomohiro Sugihara, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Investigation of bioluminescence-based opsin activation for analyzing biological function of non-visual opsins
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Sakai, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Investigation of spectroscopic properties and spectral tuning of anthozoan opsins in a reef-building coral.
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Namikoshi, Seiji Wada, Mitumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Investigation of neural activity changes derived from extraocular photoreception in the whole brain of larval zebrafish by calcium imaging.
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryu Sato, Takashi Nagata, Akihisa Terakita, Mitumasa Koyanagi
2. 発表標題 Investigation of the spectral tuning of the jumping spider rhodopsin that underlies the depth perception from image defocus
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井 祐輔、小柳 光正、寺北 明久
2. 発表標題 造礁サンゴがもつ多様なオプシン類の光受容特性の解析
3. 学会等名 日本動物学会 近畿支部 研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩崎 誠、和田 清二、永田 崇、杉原 智博、小柳 光正、寺北 明久
2. 発表標題 非視覚オプシンの解析のための選択的活性化法の開発
3. 学会等名 日本動物学会 近畿支部 研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口和晃、小柳光正、佐藤圭一、寺北明久、工樂樹洋
2. 発表標題 深海での光受容に特化したジンベエザメの視覚
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 オプシン欠損変異体を用いたゼブラフィッシュ松果体光応答の解析
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 直樹、寺北 明久、小柳光正
2. 発表標題 原始的な多細胞動物に存在するオプシン様GPCRの解析
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 白田泰士、杉原智博、永田崇、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 非視覚オプシンゼブラフィッシュOpn3のGタンパク質活性化能の解析
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 真野桃歌、和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 ゼブラフィッシュ網膜におけるメラノプシン発現水平細胞の光に対する応答の解析
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤龍、永田崇、寺北明久、小柳光正
2. 発表標題 ハエトリグモのユニークな奥行き知覚メカニズムを支えるロドプシンの吸収極大波長制御機構の解析
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高草大悟、杉原智博、寺北明久、小柳光正
2. 発表標題 哺乳類の非視覚オプシンOpn3の分子特性の解析
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本悠貴、斉藤智香、和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 松果体オプシン、パラピノプシン変異ゼブラフィッシュを用いた光依存的な行動の解析
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井祐輔、塚本寿夫、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 造礁性のウエダミドリイシがもつ多様なオプシン類の光受容特性の解析
3. 学会等名 日本動物学会第92回オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryota Matsuo, Mitsumasa Koyanagi, Tomohiro Sugihara, Yuko Matsuo, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Five opsins sensitive to blue to green lights are co-expressed in the eye photoreceptors of the terrestrial slug Limax
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Transmission of light information generated in the pineal organ to the midbrain in zebrafish.
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Takahashi, Akihisa Terakita, Mitsumasa Koyanagi
2. 発表標題 Molecular roperties of opsin-like GPCRs identified in a primitive multicellular animal
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taishi Shirata, Tomohiro Sugihara, Takashi Nagata, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Comparative investigation of G protein activation ability of a non-visual opsin, zebrafish Opn3
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Momoka Mano, Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 A possible regulation of cone light responses by melanopsin distributed to horizontal cells in the larval zebrafish
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 波越裕也、和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 Toward detection of neural activity changes in the zebrafish brain derived from extraocular photoreceptions.
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Sakai, M. Koyanagi, A. Terakita.
2. 発表標題 Spectroscopic characterization of anthozoa-specific opsins found in a reef-building coral.
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akihisa Terakita
2. 発表標題 Optogenetic potentials of animal bistable opsins
3. 学会等名 Fourth ERNEST Meeting: Insights from structures of signalling complexes and computational modelling on GPCR function (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akihisa Terakita
2. 発表標題 Molecular properties and optogenetic potentials of animal bistable opsins
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小柳光正、永田崇、寺北明久
2. 発表標題 奥行き知覚を支えるハエトリグモ視物質の特徴的な吸収スペクトルの獲得
3. 学会等名 日本動物学会第91回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 ゼブラフィッシュにおける松果体光情報の処理に関わる脳部位候補の解析
3. 学会等名 日本動物学会第91回大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 和田清二、沈宝國、山下(川野)絵美、永田崇、日比正彦、保智己、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 ゼブラフィッシュにおける松果体光応答：「色検出」とその脳投射
3. 学会等名 日本動物学会第91回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 沈宝國、和田清二、西岡春香、杉原智博、永田崇、橘木修志、山下(川野)絵美、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 ゼブラフィッシュ松果体の色検出を担う光受容タンパク質の不活性化機構の解析
3. 学会等名 日本動物学会第91回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 真野桃歌、和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 ゼブラフィッシュ網膜におけるメラノプシンの視覚への関与に関する解析
3. 学会等名 日本動物学会第91回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Sakai, Hisao Tsukamoto, Naoto Ueno, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Investigation of opsins in the reef-building coral, <i>Acropora tenuis</i> , exhibiting a light-response behavior at the larval stage
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第42回山形大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 真野桃歌、和田清二、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 Functional analysis of melaonpsin expressed in retinal horizontal cells of zebrafish
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第42回山形大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋直樹、小柳光正、寺北明久
2. 発表標題 Investigation of opsin-like GPCRs identified in a primitive multicellular animal.
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第42回山形大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taishi Shirata, Tomohiro Sugihara, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Comparative investigation of G protein activation ability of members of a non-visual opsin, Opsin3 group.
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第42回山形大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Makoto Iwasaki, Tomohiro Sugihara, Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita
2. 発表標題 Toward a new method for selective activation of a non-visual opsin
3. 学会等名 42nd Annual Meeting of The Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Emi Kawano-Yamashita, Nanaho Yura, Mitsumasa Koyanagi, Seiji Wada, Akihisa Terakita, Satoshi Tamotsu
2. 発表標題 Histological investigation of deep brain photoreceptors in the larval and adult lampreys
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第42回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小柳光正、永田崇、寺北明久
2. 発表標題 奥行き知覚を支えるハエトリグモのロドプシンの分子進化
3. 学会等名 日本進化学会第22回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井祐輔、加藤輝、小山宏史、Alyson Kuba、高橋弘樹、藤森俊彦、服田昌之、Andrew Negri、Andrew Baird、上野直人
2. 発表標題 造礁サンゴAcropora tenuisの幼生における光応答的な遊泳行動と成体の分布パターンへの影響
3. 学会等名 日本進化学会第22回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Koyanagi M, Saito T, Wada S, Nagata T, Kawano-Yamashita E, Terakita A.	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer, Singapore	5. 総ページ数 279
3. 書名 Biomedical and Life Sciences (AEMB, volume 1293), Optogenetics	

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪市立大学大学院理学研究科生物地球系専攻生体高分子機能学II研究室  
<http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/biol/mphys/index.html>

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			
英国	The University of Manchester			
スイス	Paul Scherrer Institut			
フランス	Sorbonne Universite			
ベルギー	University of Louvain - UCLouvain	Universite Catholique de Louvain		