

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02482

研究課題名(和文)機能未知光受容タンパク質に着目した脊椎動物の脳内光受容とその多様性の解明

研究課題名(英文) Investigation of vertebrate brain photoreception and its diversity by characterizing non-visual photoreceptor proteins

研究代表者

小柳 光正 (Koyanagi, Mitsumasa)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：30379276

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)：動物は光を視覚だけではなく視覚以外の生理機能に利用していることが知られており、特に近年、脳の直接的な光受容が注目されている。本研究では、脳に存在する光受容タンパク質(脳内光受容タンパク質)についてタンパク質レベルの機能解析を行い、それらが実際に光センサーとして機能できることを示した。さらに、様々な動物の脳内光受容タンパク質に研究を展開し、それぞれどのような色の光をキャッチしどのような情報に変換するのか、その情報をどこに伝えるのかを明らかにすることで、脳内光受容のしくみとその多様性に関する重要な知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、動物の光利用において、視覚以外の役割に関心が集まっている。中でも、脳の直接的な光受容は特に注目されているため、本研究で初めて明らかにした、脳内光受容タンパク質の分子レベルの性質や光情報の伝達に関する知見の学術的意義は大きく、今後の脳内光受容の全容解明に大きく貢献することが期待できる。また、従来、脳での光受容が認められていなかった哺乳類においても脳内光受容タンパク質の解析が進んだことは、ヒトに存在する未知の脳機能を知る手掛かりとなり得ることから、社会的意義や関心も高いと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Animals utilize light for vision and non-visual functions. Recently, direct brain photoreception has been a hot topic in life sciences. In this study, we showed that photoreceptor proteins expressed in brains indeed serve as light-sensors. In addition, our investigation of the brain photoreceptor proteins of varied animals revealed their spectral sensitivities and signal transduction pathways, which uncovered molecular mechanisms of vertebrate brain photoreception and its diversity.

研究分野：光生物学 分子進化学

キーワード：光生物学 眼外光受容 ロドプシン GPCR

### 1. 研究開始当初の背景

動物は光を視覚や概日リズムの光同調などの視覚以外の役割に利用している。それら動物の光受容は視物質・ロドプシンに代表される光受容タンパク質(オプシン)が担っている。多くの動物は複数のオプシン遺伝子を持つが、その中には未だ分子特性や生理的役割が不明なものも多い。オプシンの一種、Opn3 は脊椎動物から無脊椎動物まで広く存在するが、その生理的役割は不明である。興味深いことに、Opn3 は、調べられている全ての動物において脳での発現がみられる。すなわち Opn3 は動物の普遍的な脳内光受容タンパク質であると考えられる。一方で、Opn3 が光受容体として機能することが示されていなかったために、Opn3 による脳内光受容については懐疑的な見方もあった。そのような背景の中、私たちは、2013 年に無脊椎動物の Opn3 が確かに青～緑感受性光受容タンパク質として機能し、光吸収により Gi および Go 型の G タンパク質を活性化することを示した。さらに 2016 年に、魚類と鳥類の Opn3 が青感受性光受容タンパク質であることを明らかにした。しかしながら、魚類と鳥類の Opn3 が駆動する光情報伝達系や哺乳類の Opn3 が真に光受容体として機能するかは依然として不明であった。

### 2. 研究の目的

上記の背景の下、本研究では、脳内光受容タンパク質である Opn3 の分子特性と生理的役割の解明およびその多様性の理解を目的として、多様な動物由来の Opn3 の解析を行った。また、哺乳類以外の脊椎動物では、Opn3 以外にも脳で発現しているオプシンが複数知られている。そこで、それらの脳内オプシンについても解析を行い、脊椎動物の脳内光受容の全容解明を目指した。

### 3. 研究の方法

本研究では、Opn3 を含む脳内オプシンの分子特性を明らかにするために、多様な動物由来の Opn3 (魚類、爬虫類、哺乳類) および他の脳内オプシン(円口類、魚類)について、哺乳類培養細胞発現系を用いたタンパク質レベルの解析を行った。具体的には、組み換え光受容タンパク質の分光測定あるいは細胞内二次メッセンジャーの光応答に基づく分光感度測定により、脳内オプシンの吸収スペクトル(色感受性)を解析した。また、バイオセンサーを用いて、脳内オプシンが駆動する光情報伝達系を解析した。さらに、脳内オプシンの生理的役割を理解する目的で、免疫組織化学的解析やカルシウムイメージング解析を行った。

### 4. 研究成果

本研究により、以下の Opn3 および他の脳内オプシン(パラピノプシン、bPPL)の分子・生理機能に関する成果を得た。

#### (1) 多様な脊椎動物 Opn3 の分子特性の解明

研究開始時点で、魚類および鳥類の Opn3 が青色感受性光受容タンパク質であることはわかっていたが、それらがどのような光情報伝達系を駆動するかは不明であった。そこで魚類 Opn3 について、バイオセンサーを用いた光依存的な細胞内二次メッセンジャーの変化の計測および三量体 G タンパク質の活性化の網羅的解析を行い、魚類 Opn3 が駆動する光情報伝達系を同定した(論文投稿中)。また、これまで光受容体として機能するかどうか不明であった哺乳類の Opn3 についておよそ 20 種の哺乳類の Opn3 の解析を試み、哺乳類 Opn3 の光受容性の証明に初めて成功した(論文投稿準備中)。また興味深いことに、哺乳類 Opn3 は魚類 Opn3 が駆動する光情報伝達系は駆動しなかったことから、光情報伝達において、哺乳類と魚類との間に多様性があることが示唆された。この成果は、脊椎動物の脳内光受容の分子基盤の一端を明らかにした点、またその知見は今後の脳内光受容の生理的役割の解明への手掛かりになる点で極めて重要である。また、これまで光受容能がないとされていた哺乳類の脳内で機能する Opn3 が実際に光受容体として機能するという発見は、これまでの常識を覆す非常にインパクトの高い成果である。

また、フランスの研究グループとの国際共同研究として、カウンターイルミネーションによりカモフラージュすることが知られているクロハラカラスザメ(軟骨魚類、カラスザメ科)の Opn3 の分子特性を明らかにし、発光器官の機能における Opn3 の役割を示唆する成果を得た(Duchatelet et al., 2020 Sci. Rep. 10, 10195、図 1)。この成果は Opn3 の多様な生理機能への関与を示すもので、今後の発展が期待できる。

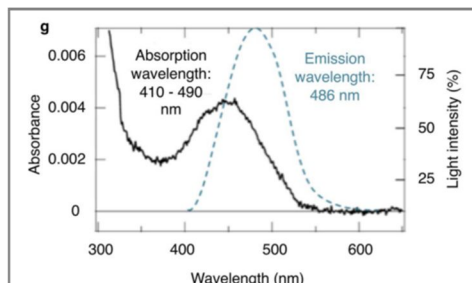


図1 カラスザメOpn3の吸収スペクトルと発光器の発光スペクトル

#### (2) 松果体オプシン・パラピノプシンが単独で生み出す色応答メカニズムの解明

円口類、魚類、両生類および爬虫類の脳の一部(松果体関連器官)には、UV光により応答が抑

制され、可視光により興奮するという拮抗的な応答を示す神経節細胞が存在し、それによってこれらの動物は松果体で光の波長、すなわち色を識別するということが古くから知られていた。私たちはこれまでの研究で、パラピノプシンというUV感受性光受容タンパク質が、この松果体波長識別のUV受容を担っていることを明らかにしてきた。興味深いことに、従来の脊椎動物のロドプシン類が光を受けると壊れる(退色する)のに対し、パラピノプシンは光を受けても壊れず、可視光感受性の安定な光産物となり、光産物は可視光吸収によって元のUV感受性の不活性状態へと戻るといふ、双安定性(bistable)の性質をもっていた。今回私たちは、この双安定性の生物学的意義を調べる目的で、種々の遺伝子改変ゼブラフィッシュを用いた解析を行った。まず、カルシウムセンサー(GCaMP)を神経細胞で発現するゼブラフィッシュを用いて、松果体の光応答をカルシウムイメージングによって解析した結果、UV光と可視光に対する拮抗的な応答が“単一の光受容細胞”で起きていることを明らかにした(Wada et al., 2018 PNAS 115, 11310-11315)。一般に、色覚に代表される色の識別には、波長感受性の異なる複数の光受容細胞が必要であることから、松果体で見つかった単一細胞での色識別システムは、新規の色識別メカニズムである。次に、パラピノプシン遺伝子を破壊したゼブラフィッシュ(PP-KO)の松果体の光応答を調べたところ、野生型で見られていたUVに対する過分極性の神経応答が消失しただけでなく、驚くべきことに、可視光に対する脱分極性の応答までも消失した(Wada et al., 2018 PNAS 115, 11310-11315、図2)。このことは、パラピノプシンがUV光に対する応答のみならず、可視光に対する応答も担っていることを示している。さらに、このPP-KOゼブラフィッシュに、退色型のUV感受性オプシン(SWS1)を遺伝子導入して機能回復を試みたところ、UV光応答は回復したものの、可視光応答は回復しなかった(図2)。この結果は、パラピノプシンの双安定性という性質が松果体のUV光と可視光に対する拮抗的な応答を生み出していることを示すものであり、単一分子種のみによって“色応答”を発生させる新規のメカニズムとして注目される成果である。さらに、パラピノプシンが可視光に対する応答を担う上で重要なパラピノプシンの活性化状態の寿命を制御する因子(オプシンキナーゼ)を同定した(Shen et al., Zoological Lett. 2021 7, 1)。

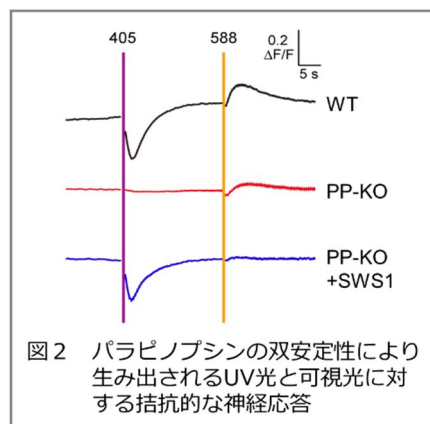


図2 パラピノプシンの双安定性により生み出されるUV光と可視光に対する拮抗的な神経応答

また、円口類ヤツメウナギにおける松果体波長識別メカニズムを解析したところ、ゼブラフィッシュの場合とは異なり、パラピノプシン発現細胞と、それとは別の緑光感受性オプシン(パリエトプシン)発現細胞の2種類の細胞で色応答を生み出していることが明らかとなった(Wada et al., 2021 BMC Biol. 19, 188)。一方で、光情報伝達に關与する分子セットは、ゼブラフィッシュとヤツメウナギで共通であったことから、両者の波長識別システムは共通起源であることが示唆された。この結果に爬虫類の頭頂眼(松果体関連器官)における波長識別メカニズムを考え合わせることで、「脊椎動物の松果体波長識別は元々2つの細胞で行っていたものが1つの細胞で行うようになった」という進化のモデルが示唆された(図3)。このモデルは、眼で行われる色覚においては細胞が増える方向で進化・複雑化したこととは対照的であり、予想外のアイデアの創出につながった。

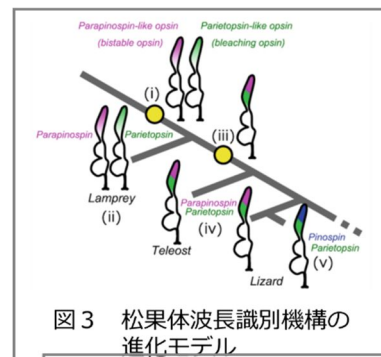


図3 松果体波長識別機構の進化モデル

また、パラピノプシンがもつUV光と緑光に対して拮抗的な応答を生み出す性質は、任意の細胞において、シグナル伝達系をUV光でオン、緑光でオフすることができることから、生理応答の“色操作”を可能とする光遺伝学ツールとしても期待される(Koyanagi et al., 2021 Optogenetics pp141-151、図4)。

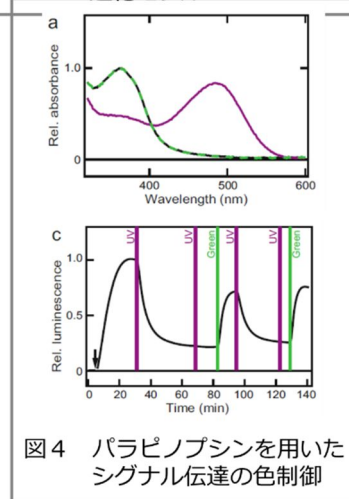


図4 パラピノプシンを用いたシグナル伝達の色制御

(3) ヤツメウナギ脳深部の新規光受容タンパク質の機能解析  
円口類ヤツメウナギにおいて、私たちはパラピノプシンに類似した新規オプシン(bPPL)を発見した。bPPLの分子特性について培養細胞発現系を用いて解析した結果、UV感受性のパラピノプシンとは異なり、bPPLは紫~青色光受容体として機能することが明らかとなった(Kawano-Yamashita et al., 2020 Sci. Rep. 10, 9669)。また、組織学的解析によって、bPPLは中脳に存在するM5NSと呼ばれる領域の細胞に、緑色光感受性のオプシン(Pオプシン)と共同存在していることを明らかにした。さらに、このbPPL/Pオプシン発現細胞から網膜への神経投射を見出した(Kawano-Yamashita et al., 2020 Sci. Rep. 10, 9669)。この結果は、脳内で受けた光の情報が視覚に影響を与えるという新しい概念を提唱するものである。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 11件）

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Wada Seiji, Kawano-Yamashita Emi, Sugihara Tomohiro, Tamotsu Satoshi, Koyanagi Mitsumasa, Terakita Akihisa                          | 4. 巻<br>19              |
| 2. 論文標題<br>Insights into the evolutionary origin of the pineal color discrimination mechanism from the river lamprey                          | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>BMC Biology   | 6. 最初と最後の頁<br>188       |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1186/s12915-021-01121-1   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>Shen Baoguo, Wada Seiji, Nishioka Haruka, Nagata Takashi, Kawano-Yamashita Emi, Koyanagi Mitsumasa, Terakita Akihisa                | 4. 巻<br>7               |
| 2. 論文標題<br>Functional identification of an opsin kinase underlying inactivation of the pineal bistable opsin parapinopsin in zebrafish        | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>Zoological Letters  | 6. 最初と最後の頁<br>1         |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1186/s40851-021-00171-1   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>Yamaguchi Kazuaki, Koyanagi Mitsumasa, Kuraku Shigehiro   | 4. 巻<br>34              |
| 2. 論文標題<br>Visual and nonvisual opsin genes of sharks and other nonosteichthyan vertebrates: Genomic exploration of underwater photoreception | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Evolutionary Biology   | 6. 最初と最後の頁<br>968 ~ 976 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1111/jeb.13730  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>Duchatelet Laurent, Sugihara Tomohiro, Delroisse J?r?me, Koyanagi Mitsumasa, Rezsóhazy Ren?, Terakita Akihisa, Mallefet J?r?me      | 4. 巻<br>10              |
| 2. 論文標題<br>From extraocular photoreception to pigment movement regulation: a new control mechanism of the lanternshark luminescence           | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>Scientific Reports  | 6. 最初と最後の頁<br>10195     |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1038/s41598-020-67287-w   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Kawano-Yamashita Emi, Koyanagi Mitsumasa, Wada Seiji, Saito Tomoka, Sugihara Tomohiro, Tamotsu Satoshi, Terakita Akihisa | 4. 巻<br>10         |
| 2. 論文標題<br>The non-visual opsins expressed in deep brain neurons projecting to the retina in lampreys                              | 5. 発行年<br>2020年    |
| 3. 雑誌名<br>Scientific Reports   | 6. 最初と最後の頁<br>9669 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s41598-020-66679-2   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|  |                  |
|--|------------------|
| 1. 著者名<br>Saito Tomoka, Koyanagi Mitsumasa, Sugihara Tomohiro, Nagata Takashi, Arikawa Kentaro, Terakita Akihisa                                   | 4. 巻<br>5        |
| 2. 論文標題<br>Spectral tuning mediated by helix III in butterfly long wavelength-sensitive visual opsins revealed by heterologous action spectroscopy | 5. 発行年<br>2019年  |
| 3. 雑誌名<br>Zoological Letters   | 6. 最初と最後の頁<br>35 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1186/s40851-019-0150-2  | 査読の有無<br>有       |
| オープンアクセス<br>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<br>-        |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Matsuo Ryota, Koyanagi Mitsumasa, Nagata Akane, Matsuo Yuko  | 4. 巻<br>527               |
| 2. 論文標題<br>Co expression of opsins in the eye photoreceptor cells of the terrestrial slug <i>Limax valentianus</i> | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Comparative Neurology   | 6. 最初と最後の頁<br>3073 ~ 3086 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1002/cne.24732  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 著者名<br>Nagata Takashi, Koyanagi Mitsumasa, Tsukamoto Hisao, Mutt Eshita, Schertler Gebhard F. X., Deupi Xavier, Terakita Akihisa | 4. 巻<br>2         |
| 2. 論文標題<br>The counterion-retinylidene Schiff base interaction of an invertebrate rhodopsin rearranges upon light activation        | 5. 発行年<br>2019年   |
| 3. 雑誌名<br>Communications Biology  | 6. 最初と最後の頁<br>180 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s42003-019-0409-3   | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する      |



|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Ehrenberg David, Varma Niranjan, Deupi Xavier, Koyanagi Mitsumasa, Terakita Akihisa, Schertler Gebhard F.X., Heberle Joachim, Lesca Elena | 4. 巻<br>116               |
| 2. 論文標題<br>The Two-Photon Reversible Reaction of the Bistable Jumping Spider Rhodopsin-1  | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Biophysical Journal   | 6. 最初と最後の頁<br>1248 ~ 1258 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.bpj.2019.02.025   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Wada Seiji, Shen Baoguo, Kawano-Yamashita Emi, Nagata Takashi, Hibi Masahiko, Tamotsu Satoshi, Koyanagi Mitsumasa, Terakita Akihisa | 4. 巻<br>115                 |
| 2. 論文標題<br>Color opponency with a single kind of bistable opsin in the zebrafish pineal organ   | 5. 発行年<br>2018年             |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the National Academy of Sciences   | 6. 最初と最後の頁<br>11310 ~ 11315 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1073/pnas.1802592115   | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Hara Yuichiro, Yamaguchi Kazuaki, Onimaru Koh, Kadota Mitsutaka, Koyanagi Mitsumasa, Keeley Sean D., Tatsumi Kaori, Tanaka Kaori, Motone Fumio, Kageyama Yuka, Nozu Ryo, Adachi Noritaka, Nishimura Osamu, Nakagawa Reiko, Tanegashima Chiharu, Kiyatake Itsuki, Matsumoto Rui, Murakumo Kiyomi, Nishida Kiyonori et al. | 4. 巻<br>2                 |
| 2. 論文標題<br>Shark genomes provide insights into elasmobranch evolution and the origin of vertebrates  | 5. 発行年<br>2018年           |
| 3. 雑誌名<br>Nature Ecology & Evolution   | 6. 最初と最後の頁<br>1761 ~ 1771 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s41559-018-0673-5  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Gerrard Elliot, Mutt Eshita, Nagata Takashi, Koyanagi Mitsumasa, Flock Tilman, Lesca Elena, Schertler Gebhard F. X., Terakita Akihisa, Deupi Xavier, Lucas Robert J. | 4. 巻<br>115               |
| 2. 論文標題<br>Convergent evolution of tertiary structure in rhodopsin visual proteins from vertebrates and box jellyfish  | 5. 発行年<br>2018年           |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the National Academy of Sciences  | 6. 最初と最後の頁<br>6201 ~ 6206 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1073/pnas.1721333115  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

〔学会発表〕 計91件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 14件）

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>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<br>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<br>日本動物学会 近畿支部 研究発表会                 |
| 4. 発表年<br>2021年                              |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>酒井祐輔, 小柳光正, 寺北明久          |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会 近畿支部 研究発表会         |
| 4. 発表年<br>2021年                      |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小柳光正, 高草大悟, 清成寛            |
| 2. 発表標題<br>有袋類の非視覚オプシンに着目した哺乳類の光受容の変遷 |
| 3. 学会等名<br>日本進化学会第23回東京大会             |
| 4. 発表年<br>2021年                       |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>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<br>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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会          |
| 4. 発表年<br>2021年                         |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>和田清二, 小柳光正, 寺北明久               |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会            |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>高橋直樹, 寺北明久, 小柳光正           |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会        |
| 4. 発表年<br>2021年                       |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>白田泰士, 杉原智博, 永田崇, 小柳光正, 寺北明久       |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会               |
| 4. 発表年<br>2021年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>真野桃歌, 和田清二, 小柳光正, 寺北明久                |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会                   |
| 4. 発表年<br>2021年                                  |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>佐藤龍, 永田崇, 寺北明久, 小柳光正                              |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会                               |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>高草大悟, 杉原智博, 寺北明久, 小柳光正  |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会     |
| 4. 発表年<br>2021年                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>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<br>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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会                     |
| 4. 発表年<br>2021年                                    |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>酒井祐輔, 塚本寿夫, 小柳光正, 寺北明久             |
| 2. 発表標題<br>造礁性のウス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<br>日本動物学会第92回オンライン米子大会                |
| 4. 発表年<br>2021年                               |

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

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

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

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

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

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Yuya Namikoshi, Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita   |
| 2. 発表標題<br>Toward detection of neural activity changes in the zebrafish brain derived from extraocular photoreceptions. |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第43回札幌大会   |
| 4. 発表年<br>2021年   |

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

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小柳光正、永田崇、寺北明久                     |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第91回大会                      |
| 4. 発表年<br>2020年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>和田清二、小柳光正、寺北明久                    |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第91回大会                      |
| 4. 発表年<br>2020年                              |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>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<br>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<br>日本動物学会第91回大会(招待講演)                       |
| 4. 発表年<br>2020年                                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>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<br>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<br>日本動物学会第91回大会                                   |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>真野桃歌、和田清二、小柳光正、寺北明久               |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本動物学会第91回大会                      |
| 4. 発表年<br>2020年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Yusuke Sakai, Hisao Tsukamoto, Naoto Ueno, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita   |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本比較生理生化学会第42回山形大会  |
| 4. 発表年<br>2020年  |

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

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

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

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

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

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小柳光正、永田崇、寺北明久              |
| 2. 発表標題<br>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<br>日本進化学会第22回大会               |
| 4. 発表年<br>2020年                       |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>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<br>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<br>日本進化学会第22回大会  |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita                             |
| 2. 発表標題<br>Chromatic response with a single kind of opsin in the zebrafish pineal organ |
| 3. 学会等名<br>FASEB SRC The Biology & Chemistry of Vision (国際学会)                           |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tomoka Saito, Mitsumasa Koyanagi, Tomohiro Sugihara, Takashi Nagata, Kentaro Arikawa, Akihisa Terakita |
| 2. 発表標題<br>Spectral tuning in butterfly long wavelength-sensitive visual opsins                                   |
| 3. 学会等名<br>FASEB SRC The Biology & Chemistry of Vision (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正, 高橋 直樹, 寺北 明久              |
| 2. 発表標題<br>オプシンファミリーに近縁なGPCRに着目したオプシンの起源の探索 |
| 3. 学会等名<br>日本進化学会第21回大会                     |
| 4. 発表年<br>2019年                             |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Mitsumasa Koyanagi, Seiji Wada, Baoguo Shen, Takashi Nagata, Akihisa Terakita                  |
| 2. 発表標題<br>Color dependent light regulation of cell responses by a non-visual bistable opsin parapinopsin |
| 3. 学会等名<br>2019 ESP-IUPB World Congress (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2019年   |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>永田 崇, 小柳 光正, 塚本 寿夫, Eshita Mutt, Gebhard F. X. Schertler, Xavier Deupi, 寺北 明久 |
| 2. 発表標題<br>無脊椎動物視覚ロドプシンにおける対イオン - プロトン化シッフ塩基間相互作用の変異体解析                                  |
| 3. 学会等名<br>ISSPワークショップ「レチナールタンパク質の光機能発現の物理と化学」   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正, 永田 崇, 斉藤 智香, 寺北 明久            |
| 2. 発表標題<br>ハエトリグモの視物質の吸収スペクトルと興行き知覚メカニズムの進化との関係 |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第90回大会                         |
| 4. 発表年<br>2019年                                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>山下(川野) 絵美, 由良 南々帆, 小柳 光正, 和田 清二, 寺北 明久, 保 智己 |
| 2. 発表標題<br>無顎類ヤツメウナギの脳深部に存在する新規光受容器官の非視覚オプシンに着目した組織学的解析 |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第90回大会                                 |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>山口 和晃, 小柳 光正, 原 雄一郎, 野津 了, 佐藤 圭一, 寺北 明久, 工樂 樹洋 |
| 2. 発表標題<br>サメのゲノム配列から明らかとなった生息水深への視覚の適応                   |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第90回大会                                   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>沈 宝国, 和田 清二, 永田 崇, 山下(川野) 絵美, 小柳 光正, 寺北 明久       |
| 2. 発表標題<br>ゼブラフィッシュ松果体における波長検出に関わる光受容タンパク質パラピノプシンの不活性化機構の解析 |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第90回大会                                     |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>中田 玄樹, 和田 清二, 小柳 光正, 寺北 明久              |
| 2. 発表標題<br>ゼブラフィッシュにおいて松果体光受容タンパク質が関わる光点灯時の遊泳活性の制御 |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第90回大会                            |
| 4. 発表年<br>2019年                                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>和田 清二, 沈 宝国, 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<br>ゼブラフィッシュ松果体における非感色性光応答を担う光受容タンパク質の解析                    |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第90回大会  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>和田 清二, 沈 宝国, 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<br>ゼブラフィッシュ松果体における色情報検出を担う光受容体                             |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第90回大会(招待講演)                                      |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正                         |
| 2. 発表標題<br>動物の双安定型ロドプシンを用いた細胞内シグナル伝達の光操作 |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第90回大会（招待講演）            |
| 4. 発表年<br>2019年                          |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Mitsumasa Koyanagi  |
| 2. 発表標題<br>Light regulation of cell responses by animal rhodopsins     |
| 3. 学会等名<br>9th Asia and Oceania Conference on Photobiology（招待講演）（国際学会） |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正                    |
| 2. 発表標題<br>動物の光受容タンパク質の解析から生態・進化を探る |
| 3. 学会等名<br>第四回軟骨魚類研究会（招待講演）         |
| 4. 発表年<br>2019年                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>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<br>松果体におけるオプシンの分子特性と波長識別                                   |
| 3. 学会等名<br>基礎生物学研究所セミナー「異分野融合による次世代光生物学研究会」（招待講演）                  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正, 高橋 直樹, 寺北 明久              |
| 2. 発表標題<br>動物のオブシンの起源の探索                    |
| 3. 学会等名<br>基礎生物学研究所セミナー「異分野融合による次世代光生物学研究会」 |
| 4. 発表年<br>2019年                             |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>工樂 樹洋, 原 雄一郎, 山口 和晃, 野津 了, 小柳 光正, 寺北 明久, 喜屋 武樹, 西田 清徳, 兵藤 晋, 佐藤 圭一 |
| 2. 発表標題<br>板鰐類のゲノム解析: 「サメらしさ」に分子から迫る  |
| 3. 学会等名<br>基礎生物学研究所セミナー「異分野融合による次世代光生物学研究会」                                   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>工樂 樹洋, 山口 和晃, 小柳 光正, 寺北 明久             |
| 2. 発表標題<br>サメを知らずに脊椎動物を語れるかーゲノムから視覚を探る            |
| 3. 学会等名<br>基礎生物学研究所セミナー「異分野融合による次世代光生物学研究会」(招待講演) |
| 4. 発表年<br>2019年                                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Seiji Wada, Baoguo Shen, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita   |
| 2. 発表標題<br>A signaling pathway of "color information" generated in parainopsin-expressing pineal photoreceptor cells to brain neurons in zebrafish |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第41回東京大会  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Mitsumasa Koyanagi, Seiji Wada, Baoguo Shen, Takashi Nagata, Akihisa Terakita |
| 2. 発表標題<br>Optical regulation of intracellular signaling using bistable animal opsins    |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第41回東京大会  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tomoka Saito, Seiji Wada, Baoguo Shen, Genki Nakata, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita  |
| 2. 発表標題<br>Evaluating contribution of pineal opsin, parapinopsin-based color opponency to preference for dark and light in zebrafish larvae |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第41回東京大会   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正                                  |
| 2. 発表標題<br>動物の双安定型ロドプシンを用いたGPCRシグナル伝達の光操作         |
| 3. 学会等名<br>Promega Dynamic Connection 2019 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2019年                                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Akihisa Terakita, Mitsumasa Koyanagi, Tomohiro Sugihara, Takashi Nagata   |
| 2. 発表標題<br>Jumping spider Rh-1 as a possible model of bistable rhodopsins for structural, functional and optogenetic studies |
| 3. 学会等名<br>CREST「光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用」第4回領域会議   |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>永田 崇, 小柳 光正, 塚本 寿夫, Eshita Mutt, Gebhard F. X. Schertler, Xavier Deupi, 寺北明久 |
| 2. 発表標題<br>動物の視覚光センサータンパク質・ロドプシンにおける発色団のプロトン化に関する変異体解析                                  |
| 3. 学会等名<br>物性研短期研究会「理論タンパク質物性科学の最前線：理論と実験との密な協働」  |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正                               |
| 2. 発表標題<br>動物の光受容タンパク質の多様性とその活用術               |
| 3. 学会等名<br>大阪大学生命機能研究科研究交流会（FBSコロキウム）189（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2018年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>永田 崇, 小柳 光正, Robert Lucas, 寺北 明久       |
| 2. 発表標題<br>全トランスレチナル結合オプシン・ペロプシンの光不活性化型GPCRとしての性質 |
| 3. 学会等名<br>第20回日本光生物学協会年会                         |
| 4. 発表年<br>2018年                                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>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<br>ゼブラフィッシュ松果体における1種類のオプシンに基づく波長検出応答                      |
| 3. 学会等名<br>第20回日本光生物学協会年会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正, 永田 崇, 斉藤 智香, 寺北 明久   |
| 2. 発表標題<br>クモのロドプシンの分子進化と奥行き知覚メカニズムの関係 |
| 3. 学会等名<br>日本進化学会第20回大会                |
| 4. 発表年<br>2018年                        |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>山口 和晃, 小柳 光正, 原 雄一郎, 寺北 明久, 工樂 樹洋 |
| 2. 発表標題<br>サメのオプシン遺伝子レパートリーと生息環境との関係を探る      |
| 3. 学会等名<br>日本進化学会第20回大会                      |
| 4. 発表年<br>2018年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Seiji Wada, Baoguo Shen, Emi Kawano-Yamashita, Takashi Nagata, Masahiko Hibi, Satoshi Tamotsu, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita |
| 2. 発表標題<br>Analyses of pineal photoresponses using opsin-deficient and -replaced zebrafish mutants   |
| 3. 学会等名<br>第24回小型魚類研究会   |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小柳 光正, 永田 崇, 斉藤 智香, 前川 優, 諏訪 元, 寺北 明久 |
| 2. 発表標題<br>クモの視物質の吸収スペクトルと奥行き知覚メカニズムの進化との関係      |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第89回大会                          |
| 4. 発表年<br>2018年                                  |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>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<br>ゼブラフィッシュ松果体における波長識別を担う光受容体                             |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第89回大会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>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<br>松果体におけるパラビノプシンの寄与する光応答と自然光との関わり                        |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第89回大会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>沈 宝國, 和田 清二, 山下(川野)絵美, 小柳 光正, 寺北 明久       |
| 2. 発表標題<br>遺伝子導入ゼブラフィッシュを用いたオプシンの分子特性が寄与する松果体の光応答の解析 |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第89回大会                              |
| 4. 発表年<br>2018年                                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>山下(川野)絵美, 保 智己, 小柳 光正, 和田 清二, 寺北 明久            |
| 2. 発表標題<br>幼生期及び成体期のヤツメウナギにおける非視覚オプシンが発現する脳深部光受容器官の組織学的解析 |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第89回大会                                   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>塚本 寿夫, 内山 博允, 秋山 時穂, 小柳 光正, 古谷 祐詞, 寺北 明久, 蟻川 謙太郎 |
| 2. 発表標題<br>チョウの生殖行動を制御する光受容体                                |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第89回大会                                     |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>松尾 亮太, 小柳 光正, 杉原 智博, 寺北 明久, 西山 春佳, 松尾 優子 |
| 2. 発表標題<br>ナメクジの視覚機能に関わるオプシンの解析                     |
| 3. 学会等名<br>日本動物学会第89回大会                             |
| 4. 発表年<br>2018年                                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takashi Nagata, Mitsumasa Koyanagi, Robert Lucas and Akihisa Terakita                            |
| 2. 発表標題<br>Dark-active and light-inactivated G protein-coupled receptors based on an animal opsin, peropsin |
| 3. 学会等名<br>日本生物物理学会第56回年会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Mitsumasa Koyanagi  |
| 2. 発表標題<br>Functionality of bistable animal opsins for optogenetic regulation of cellular signal transductions |
| 3. 学会等名<br>18th International Conference on Retinal Proteins (招待講演) (国際学会)                                     |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takashi Nagata, Mitsumasa Koyanagi, Robert Lucas, Akihisa Terakita   |
| 2. 発表標題<br>Peropsin as a potential light-inactivated G protein-coupled receptor |
| 3. 学会等名<br>18th International Conference on Retinal Proteins (国際学会)             |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Seiji Wada, Baoguo Shen, Emi Kawano-Yamashita, Takashi Nagata, Masahiko Hibi, Satoshi Tamotsu, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita |
| 2. 発表標題<br>Color opponency with a bistable pigment parapinopsin in the zebrafish pineal organ  |
| 3. 学会等名<br>18th International Conference on Retinal Proteins (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Mitsumasa Koyanagi, Takashi Nagata, Tomoka Saito, Yu Maekawa, Gen Suwa, Akihisa Terakita                 |
| 2. 発表標題<br>Relationship between absorption spectra of spider rhodopsins and evolution of depth perception mechanism |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第40回大会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Seiji Wada, Baoguo Shen, Emi Kawano-Yamashita, Takashi Nagata, Masahiko Hibi, Satoshi Tamotsu, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita |
| 2. 発表標題<br>Relationship between pineal wavelength discrimination involving parapinopsin and natural light conditions in the zebrafish          |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第40回大会  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Baoguo Shen, Seiji Wada, Emi Kawano-Yamashita, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita   |
| 2. 発表標題<br>Comparative investigation of light responses of pineal photoreceptor cells containing different types of opsins with transgenic zebrafish |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第40回大会  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Haruka Nishioka, Takashi Nagata, Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita                                |
| 2. 発表標題<br>Histochemical investigation of phototransduction-related gene expression in zebrafish pineal photoreceptor cells |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第40回大会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Genki Nakata, Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita  |
| 2. 発表標題<br>Contribution of a pineal opsin to light-suppressed melatonin secretion and light-regulated locomotor activity in zebrafish pineal organ |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第40回大会  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Emi Kawano-Yamashita, Satoshi Tamotsu, Mitsumasa Koyanagi, Seiji Wada, Akihisa Terakita                               |
| 2. 発表標題<br>Histochemical investigation of non-visual opsin-expressing photoreceptor cells in the larval and adult lamprey brains |
| 3. 学会等名<br>日本比較生理生化学会第40回大会  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|         |  |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Ryota Matsuo, Mitsumasa Koyanagi, Tomohiro Sugihara, Akihisa Terakita, Haruka Hishiyama, Yuko Matsuo |
| 2. 発表標題 | Opsins involved in the visual function of the terrestrial slug Limax                                 |
| 3. 学会等名 | 日本比較生理生化学会第40回大会   |
| 4. 発表年  | 2018年  |

|         |                                   |
|---------|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 | 山口 和晃, 小柳 光正, 原 雄一郎, 寺北 明久, 工樂 樹洋 |
| 2. 発表標題 | 板鰓類の視覚を司る遺伝子と生息環境の関係を探る           |
| 3. 学会等名 | 板鰓類シンポジウム2018                     |
| 4. 発表年  | 2018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 | ゼブラフィッシュ松果体の単一オプシンによる色情報検出                              |
| 3. 学会等名 | 第13回バイオイメージングフォーラム&基礎生物学研究所重点共同利用 合同シンポジウム              |
| 4. 発表年  | 2019年   |

|         |  |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Mitsumasa Koyanagi   |
| 2. 発表標題 | Optical regulation of GPCR signalings using bistable animal opsins   |
| 3. 学会等名 | 1st International Symposium on Interdisciplinary Approaches to Integrative Understanding of Biological Signaling Networks (招待講演)(国際学会) |
| 4. 発表年  | 2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Akihisa Terakita, Mitsumasa Koyanagi                             |
| 2. 発表標題<br>Animal opsins: non-visual functions and optogenetic applications |
| 3. 学会等名<br>10th OCARINA International Symposium (国際学会)                      |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Takashi Nagata, Mitsumasa Koyanagi, Robert Lucas, Akihisa Terakita  |
| 2. 発表標題<br>A novel type of opsin with optogenetic potential: animal opsin-based photopigment as a potential dark-active and light-inactivated G protein-coupled receptor |
| 3. 学会等名<br>10th OCARINA International Symposium (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Seiji Wada, Baoguo Shen, Emi Kawano-Yamashita, Takashi Nagata, Masahiro Hibi, Satoshi Tamotsu, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita |
| 2. 発表標題<br>Detection of "color changes" with a single kind of opsin in the zebrafish pineal organ  |
| 3. 学会等名<br>10th OCARINA International Symposium (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Baoguo Shen, Seiji Wada, Emi Kawano-Yamashita, Mitsumasa Koyanagi, Akihisa Terakita                      |
| 2. 発表標題<br>Contribution of parainopsin molecular property to cellular light responses in the zebrafish pineal organ |
| 3. 学会等名<br>10th OCARINA International Symposium (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tomoka Saito, Seiji wada, Baoguo Shen, Takashi Nagata, Mitsumasa Koyanagi and Akihisa Terakita                               |
| 2. 発表標題<br>Evaluation of the pineal wavelength discrimination based on a pineal-specific opsin parapinopsin in the zebrafish behaviours |
| 3. 学会等名<br>10th OCARINA International Symposium (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Genki Nakata, Seiji Wada, Mitsumasa Koyanagi and Akihisa Terakita                                    |
| 2. 発表標題<br>Behavioral investigation of non-visual photoreception with pineal-specific opsin- knockout zebrafish |
| 3. 学会等名<br>10th OCARINA International Symposium (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>原 雄一郎, 山口 和晃, 野津 了, 小柳 光正, 喜屋武 樹, 寺北 明久, 西田 清徳, 兵藤 晋, 佐藤 圭一, 工樂 樹洋 |
| 2. 発表標題<br>板鰓類3種のゲノム解析: 「サメらしさ」に分子から迫る  |
| 3. 学会等名<br>平成31年度日本水産学会春季大会   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

〔図書〕 計1件

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Mitsumasa Koyanagi, Tomoka Saito, Seiji Wada, Takashi Nagata, Emi Kawano-Yamashita, Akihisa Terakita | 4. 発行年<br>2020年 |
| 2. 出版社<br>Springer   | 5. 総ページ数<br>675 |
| 3. 書名<br>Optogenetics  |                 |

〔産業財産権〕



〔その他〕

大阪公立大学大学院理学研究科生物学専攻 分子生理学研究室  
<https://www.omu.ac.jp/sci/biol-mphys/>  
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<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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 Institute      |  |  |  |
| フランス    | Institut de la Vision        |  |  |  |
| 米国      | The University of Toledo     |  |  |  |