

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H03710

研究課題名(和文)動物のGPSを支える光駆動型地磁気受容体分子の構造と機能

研究課題名(英文)Structure and function of light-driven magnetoreceptors for GPS in animals

研究代表者

岡野 俊行 (Okano, Toshiyuki)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：40272471

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：多くの動物が方位を知る能力を持っているが、その仕組みは未だ解明されていない。本研究では、脊椎動物における磁気受容体分子の最有力候補であるクリプトクロム(CRY)の解析を通して、方位感知の仕組みに迫ることを目的とした。そのためにまず、鳥類の磁気受容分子候補である青色光感受性のCRY4の解析を進めるため、組換えタンパク質の高効率発現・精製系を完成した。次に、ニワトリCRY4のミリ秒分光解析を行い、磁気受容に関わると推定されるラジカル分子種が、青色光受容に伴ってどのように生成・崩壊するのかを調べた。また、魚類のCRY発現解析から、CRYが魚類の眼球における太陽コンパス機能に関与する可能性を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、高等生物の定位のためのセンサー候補分子の解析を進めた。なかでも、地磁気受容体候補であるクリプトクロムは、光により分子内にラジカル対が生じ、その縫れあった量子状態が磁気の影響を受けると考えられている。近年、量子科学の急速な進歩と相まって、生物の量子的側面にアプローチする研究が注目されており、本研究はその一角を占めている。その中で、最有力候補分子であるクリプトクロム4を発現・精製できたことは、本分野に大きな糸口を拓く成果であり、新たな長寿命中間体の同定により、その有用性を端的に示し得た。また、磁気受容以外の定位であり、未解明の太陽コンパスについても成果が得られ、今後の発展が期待された。

研究成果の概要(英文)：Many animals have a mechanism to know the direction, but the mechanism has not been clarified yet. The purpose of this study was to approach the mechanism of orientation sensing through the analysis of cryptochromes (CRY), which are the most promising candidates for magnetic receptor molecules in vertebrates. To this end, we first completed a highly efficient expression / purification system for recombinant proteins in order to promote molecular analyses of blue light-sensitive CRY4, which is a candidate for magnetoreceptors in birds. Next, millisecond spectroscopic analysis of chicken CRY4 was performed to investigate how radical species presumed to be involved in magnetic reception are generated and decayed with blue light reception. We also found from the analysis of CRY expression in fish that CRY may be involved in the solar compass function in the fish eyes.

研究分野：光生物学

キーワード：クリプトクロム 磁気受容 光受容 ラジカル反応 磁気生物学 量子生物学

1. 研究開始当初の背景

クリプトクロムは植物から動物まで広く生物に存在する。哺乳類では、CRY1およびCRY2が全身のほぼ全ての細胞に発現しており、概日時計の中心的な振動体分子として機能している。一方、哺乳類のCRY1/CRY2以外のファミリー分子の機能は不明な点が多い。研究代表者らは研究開始までに、ニワトリやゼブラフィッシュをはじめ多数の生物におけるCRYファミリー分子の発現等を解析していた(Kubo et al. J. Neurochem (2006); Watari et al. JBC (2012)ほか)。申請者らは、CRYファミリー分子が網膜や松果体といった特定の光受容器官に多く発現することから、時刻情報だけでなく、方位感知や定位、季節応答といった光関連機能に関わる可能性を考えてきた。なかでも、CRYファミリーの新規メンバーであるCRY4は、鳥類の網膜に多量に存在し光依存的に構造変化を示すことから、光エネルギーを利用した磁気受容分子の有力候補 [Watari et al. (2012)]と提唱してきた。すなわち、鳥類は網膜において地磁気のベクトルを視覚的に捉え、その傾き(伏角)をもとに、自らが位置する地球上の緯度を割り出すGPSと同様の機能を果たすと考えられた(図1) [三井と岡野、現代化学(2016)]。研究開始の直前には、海外のいくつかのグループがCRY4の分子解析に参入しはじめた[Qin et al. Nat. Matr. (2016)]。

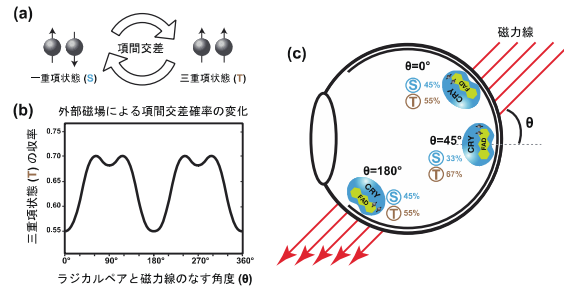


図1 クリプトクロムによる鳥類磁気受容メカニズム
発色団 FAD が光励起されて生じるラジカルペアには、一重項状態と三重項状態があり(a)、その割合はラジカルペアと磁気の角度によって変化する(b)。網膜にクリプトクロムが配向していれば、眼球と磁気のなす角度によって網膜内の特定の位置の細胞だけが活性化される(c)。

2. 研究の目的

哺乳類の CRY1/CRY2 以外のファミリー分子の機能解明を目指し、申請者らは研究開始までに、発色団が結合した状態のニワトリ CRY4(cCRY4)を酵母において発現・精製することに成功していた[辻ら、第35回日本分子生物学会大会(2012)ほか]。さらに、cCRY4 に対するモノクローナル抗体を利用した新しい精製系の構築に着手しはじめていた。生体内の特定部位に発現する分子の解析は、組換えタンパク質を用いて解析するのが一般的であり、CRY4 の解析にも発現精製系の改良が不可欠であった。そこで本研究では、CRY4 の発現精製系を改良し、得られた高純度のタンパク質を用いて、その分子解析を行うことを目的とした。分子解析として特に、研究開始当初は、CRY4 ファミリー分子の立体構造が不明であったため、CRY4 分子の X 線結晶構造解析および光や磁気に対する応答性の検証を目標とした。また、本研究の過程において、偶然ながらゼブラフィッシュ CRY1b が興味深い発現パターンを見出したため、ゼブラフィッシュの CRY ファミリー分子の発現解析により、CRY が太陽光を利用した定位(太陽コンパス)に関わる可能性を探ることも目的とした。

3. 研究の方法

CRY4 の発現には出芽酵母を用いた。精製法の改良には、イムノアフィニティーカラムクロマトグラフィーを用いた。具体的には、モノクローナル抗体産生株より単離したイムノグロブリン cDNA から一本鎖抗体を作製した。組換え CRY4 の光反応サイクルの解析には、従来の紫外-可視分光解析に加え、より短い時間領域での光反応の把握のため、京都大学理学研究科の今元泰准教授のご協力のもと、フラッシュ分光を用いた解析を行った。フラッシュ分光で得られたデータは、特異値分解法(singular value decomposition)により解析した。さまざまな光条件における CRY 遺伝子の発現解析では、定量的 RT-PCR による CRY 遺伝子の定量に適した増幅プライマーを遺伝子ごとに、ターゲット遺伝子の増幅の正確性、定量の直線性、遺伝子多型の影響の排除などを含めて精査した。

4. 研究成果

CRY 分子の磁気応答性の検証にはまず、組換え CRY を高純度かつ大量に得ること、ならびにその反応過程を解明することが必須である。本研究の開始までに、CRY4 に対するモノクローナル抗体の中でも特に、温度によって親和性が変化する抗体を得ていたため、まず、その系を拡張しつつ(1)イムノアフィニティー精製系の完成を進めた。当初の計画に沿って cCRY4 の結晶化を進めつつ、既知の CRY ファミリー分子の構造を下に立体構造モデリングを進めていたところ、2019年にカルボキシル末端領域(C末端領域)を含まないハトの CRY4 の結晶構造が発表された

[Zoltowski et al. PNAS (2019)]. この情報を用いることにより C 末端領域を除けば cCRY4 の結晶構造が高精度に予測が可能となった。そこで本研究では、ミリ秒スケールでのフラッシュ分光と特異値分解法による (2)CRY4 光反応サイクルの解析に、より注力することとした。また、CRY ファミリー分子の多様性を探るために行ったゼブラフィッシュ CRY (zCRY) の発現解析において、組織特異的な二峰性の発現を示す遺伝子を見出したため、その生理機能を探るべく、(3)光環境変動に対する魚類 CRY の発現応答性の解析を行った。これら 3 つのテーマに関して以下に成果を概説する。

(1)イムノアフィニティー精製系の完成 我々はこれまでに、cCRY4 において C 末端領域は光情報伝達に参与する可能性があること明らかにしてきた[Watari et al. J.Biol.Chem. (2012)]。この領域にエピトープをもつモノクローナル抗体のなかで、C13 抗体は C 末端の 12 アミノ酸にエピトープを持つことが判明した。さらに、C13 抗体とこのエピトープ (THETAS と命名) の結合には温度依存性があり、4 に比べ、37 においては結合定数が数百分の 1 に低下する。このことを利用して、C13 抗体の一本鎖抗体 (THETAL) を大腸菌において発現・精製し、カラムに固定化して cCRY4 を高純度に精製することに成功した。THETAL-THETAS の温度依存体な相互作用を利用した系 (THETA system) は、cCRY4 のみならず THETAS をタグとして付加した任意のタンパク質の精製に応用できることも判明した[Miura et al. Commun.Biol. (2019)]。

(2)CRY4 光反応サイクルの解析 精製した cCRY4 および zCRY4 を使い、光反応サイクルの解析を行った。cCRY4 に関しては、フラッシュ分光によりアニオンラジカル体が生成することを明らかにした。さらに、特異値分解法による解析から、光反応過程において、チロシンラジカルが生成していることも明らかにした [Otsuka et al. Biochemistry (2020)]。鳥類の磁気受容においては、短時間でのラジカルの生成と崩壊が鍵となることが強く示唆されており、ミリ秒領域においてラジカル体の変化を観察したことは、チロシンラジカル中間体が磁気受容に深く関わる可能性を示唆した (図 2)。一方、zCRY4 の光反応サイクルは、基本的に cCRY4 と共通していたが、cCRY4 において光反応後に見られる酸化反応の温度依存性が、zCRY4 には見られないことがわかった [宮崎ら、日本光生物学協会年会 (2018)]。この原因は不明であるものの、上記のように cCRY4 の C 末端部分は温度依存的な抗原-抗体反応に参与していることから、C 末端部分の違いが関わっているのではないかと考えて解析を進めている。

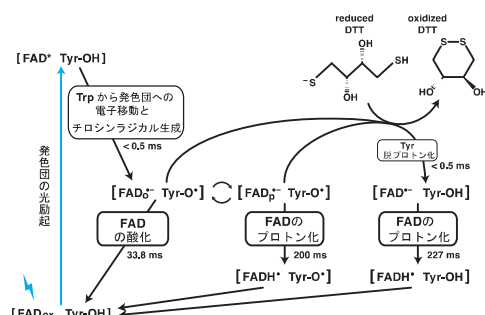


図 2 クリプトクロムの光反応とチロシンラジカルの生成
発色団 FAD が光励起されて発色団 FAD のアニオンラジカルと同時に、チロシンラジカルが生成することがわかった。これらのラジカルがペアを作り、周囲の磁界の影響を受けることによって、複数の光反応経路の間で偏りが生じる可能性がある。この偏りが磁気情報として捉えられている可能性がある。

(3)光環境変動に対する魚類 CRY の発現応答性の解析 哺乳類に比べ、魚類では CRY 遺伝子が多様化しており、特にゼブラフィッシュは 6 種以上の CRY ファミリー分子を持つ。これらの機能分化を知るために、さまざまな組織における発現変動を調べたところ、Cry1b 遺伝子が眼球特異的に朝と夕方にピークをもつ二峰性の発現プロファイルを示すことを見出した。日長を変えて発現を調べたところ 2 つのピークの間隔が日長に応じて変化することがわかった。このことから CRY1b は季節応答に関わる可能性が考えられた [Okano et al. Sci.Rep. (2020)]。そこで次に、この発現特性が、季節性を示す他の魚においても維持されているかを調べた。具体的には、キンギョとメダカを材料に CRY 遺伝子の種類と日長変化に伴う発現パターンの変動を調べた。その結果、ほとんど CRY 遺伝子が日内変動性を示し、明期の始まり (日の出) 中間 (正午) および終了 (日の入) に同期する 3 つのグループに分類された。正午に同期する遺伝子の存在は、正午を知覚する時計の存在を示唆しており、魚類のもつ太陽コンパス (時刻と太陽の位置から方位を知る仕組み) と関わっている可能性が示唆された [Nakagawa et al. submitted]。

以上のように本研究では、CRY 遺伝子を中心とした解析を通して、CRY ファミリー分子が、方位を知る仕組みに深く関わっていること、さらに磁気受容および太陽コンパスの分子基盤の解明に向け、新たな知見を得ることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6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 Hiroaki Otsuka, Hiromasa Mitsui, Kota Miura, Keiko Okano, Yasushi Imamoto, Toshiyuki Okano	4. 巻 59
2. 論文標題 Rapid oxidation following photoreduction in the avian cryptochrome4 photocycle	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemistry	6. 最初と最後の頁 3615-3625
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biochem.0c00495	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 Clock gene expression in the eye exhibits circadian oscillation and light responsiveness but is not necessary for nocturnal locomotor activity of Japanese loach, Misgurnus anguillicaudatus	4. 巻 37
2. 論文標題 Yuya Saratani, Yuki Takeuchi, Keiko Okano and Toshiyuki Okano	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Zoological Science	6. 最初と最後の頁 177-192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2108/zs190110	査読の有無 有
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 -
1. 著者名 Keiko Okano, Yuya Saratani, Ayumi Tamasawa, Yosuke Shoji, Riko Toda, Toshiyuki Okano	4. 巻 10
2. 論文標題 A photoperiodic time measurement served by the biphasic expression of Cryptochrome1ab in the zebrafish eye	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-61877-4	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 Kota Miura, Yusuke Tsuji, Hiromasa Mitsui, Takuya Oshima, Yosei Noshi, Yudai Arisawa, Keiko Okano, Toshiyuki Okano	4. 巻 2
2. 論文標題 THETA system allows one-step isolation of tagged proteins through temperature-dependent protein-peptide interaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Commun. Biol.	6. 最初と最後の頁 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-019-0457-8	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 Okano K., Ozawa S., Sato H., Kodachi S., Ito M., Miyadai T., Takemura A., and Okano T.	4. 巻 7
2. 論文標題 Light- and circadian-controlled genes respond to a broad light spectrum in Puffer Fish-derived Fugu eye cells	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 46150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep46150	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 岡野俊行	4. 巻 65
2. 論文標題 光と生物 発色団と光受容タンパク質の機能	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 286-289
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 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38件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 大塚浩農、三井広大、三浦宏太、岡野恵子、今元泰、岡野俊行
2. 発表標題 鳥類クリプトクロムの光反応におけるチロシンラジカルの検出
3. 学会等名 第9回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚浩農、三井広大、三浦宏太、岡野恵子、今元泰、岡野俊行
2. 発表標題 鳥類クリプトクロム4の光反応における陰性ラジカルの反応分岐とチロシンラジカルの検出
3. 学会等名 量子生命科学会 第2回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚浩晨、三井広大、三浦宏太、岡野恵子、今元泰、岡野俊行
2. 発表標題 Analysis of the photoreaction of chicken cryptochrome4 according to avian magnetoreception model
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 三宅亮、岡野恵子、更谷有哉、東海林洋輔、岡野俊行
2. 発表標題 Day-length responsiveness of clock genes in zebrafish eye
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 岡野俊行
2. 発表標題 クリプトクロムを介した光駆動性磁気受容
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦宏太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 温度変化によるタンパク質精製系THETA systemを支える抗原-抗体反応の熱力学・分子動力学解析
3. 学会等名 第93回日本生化学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦宏太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 温度変化による抗原-抗体反応制御系THETA systemの拡張
3. 学会等名 第9回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川真里花、岡野恵子、東海林洋輔、更谷有哉、岡野俊行
2. 発表標題 Comparative analysis of photoperiod dependency of daily Cry expressions in the eyes of medaka and zebrafish
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第41回東京大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡野俊行
2. 発表標題 動物における地磁気受容の仕組みと磁気受容体候補分子クリプトクロム
3. 学会等名 量子生命科学会第1回大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Okano
2. 発表標題 VERTEBRATE CRYPTCHROMES: MULTIPLE ROLES IN PHOTORECEPTION, PHOTOPERIODIC TIME MEASUREMENT, AND MAGNETORECEPTION
3. 学会等名 17th International Congress on Photobiology and 18th Congress of the European Society for Photobiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡野俊行
2. 発表標題 動物におけるフラビンタンパク質を介した光エネルギー変換
3. 学会等名 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 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Okano
2. 発表標題 Cryptochromes and magnetoreception in vertebrates
3. 学会等名 第3回QST国際シンポジウムQuantum Life Science（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚浩農、三井広大、三浦宏太、岡野恵子、今元泰、岡野俊行
2. 発表標題 ミリ秒分光解析によるニワトリクリプトクロム4のアニオンラジカル中間体の検出
3. 学会等名 量子生命科学会第1回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦宏太、三井広大、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 一本鎖抗体を用いた磁気受容体候補分子クリプトクロム4の精製
3. 学会等名 量子生命科学会第1回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Saratani, Keiko Okano, Tomonori Aoki, Toshiyuki Okano
2. 発表標題 Photic regulation of locomotor activity of Cobitidae fish, Japanese loach (<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>)
3. 学会等名 17th International Congress on Photobiology and 18th Congress of the European Society for Photobiology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚浩晨、三井広大、三浦宏太、岡野恵子、今元泰、岡野俊行
2. 発表標題 ニワトリクリプトクロム4における中性ラジカル形成過程の観測
3. 学会等名 ISSPワークショップ レチナルタンパク質の光機能発現の物理と化学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦宏太、三井広大、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 光駆動型磁気受容体候補分子 cCRY4 の組換えタンパク質の発現およびタンパク質精製系の検討
3. 学会等名 ISSPワークショップ レチナルタンパク質の光機能発現の物理と化学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野原正奈夫、三浦宏太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 温度依存的抗原-抗体反応の応用に向けた抗原-抗体相互作用の解析
3. 学会等名 第92回日本生化学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 猪塚昂生、三浦宏太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 大腸菌外膜タンパク質OmpFによる一本鎖抗体の安定化
3. 学会等名 第92回日本生化学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡野俊行
2. 発表標題 Fish clock genes are functionally diverged to respond to a variety of environmental photic changes
3. 学会等名 第26回日本時間生物学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚浩農、三井広大、三浦宏太、岡野恵子、今元泰、岡野俊行
2. 発表標題 ミリ秒分光測定によるニワトリクリプトクロム4の光還元反応の解析
3. 学会等名 第8回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦宏太、辻三井広大、大嶋拓哉、熨斗洋星、有澤雄大、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 分子動力学シミュレーションによる抗原-抗体複合体の温度依存性解析
3. 学会等名 第8回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野原正奈夫、三浦宏太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 ペプチドリinkerを利用した温度依存的な抗原-抗体反応の親和性向上の試み
3. 学会等名 第8回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚浩晨、三井広大、三浦宏太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 ニワトリクリプトクロム4の点変異体の発現・精製および光反応サイクルの解析
3. 学会等名 第20回日本光生物学協会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三井広大、大塚浩晨、三浦宏太、岡野恵子、今元泰、岡野俊行
2. 発表標題 フラッシュ分光測定によるニワトリクリプトクロム4のラジカル形成過程の解析
3. 学会等名 第20回日本光生物学協会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮崎崇之、三浦宏太、蓮沼佑太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 青色光により生じるzCRY4ラジカル中間体の紫外-可視分光解析
3. 学会等名 第20回日本光生物学協会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦宏太、辻悠佑、三井広大、大嶋拓哉、熨斗洋星、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 温度依存的に親和性が変化するモノクローナル抗体の応用と原理の解析
3. 学会等名 第91回日本生化学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内宮悠吾、岡野恵子、宮崎崇之、更谷有哉、岡野俊行
2. 発表標題 キンカチョウにおける光駆動性磁気受容体の候補分子TgCRY4の発現および光反応の解析
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東海林洋輔、岡野恵子、更谷有哉、岡野俊行
2. 発表標題 Day length-dependent expression of Cry1b in the zebrafish eye
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第40回神戸大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚浩晨、三井広大、三浦宏太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 ニワトリクリプトクロム4 Asn391点変異体を用いた光反応サイクルの解析
3. 学会等名 第7回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮崎崇之、三浦宏太、蓮沼佑太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 ゼブラフィッシュクリプトクロム4の発現・精製及び光反応サイクルの解析
3. 学会等名 第7回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東海林洋輔、玉澤歩実、岡野恵子、更谷有哉、戸田りこ、岡野俊行
2. 発表標題 ゼブラフィッシュ眼球におけるzCry1bの発現および局在解析
3. 学会等名 日本動物学会関東支部 第70回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 更谷有哉、竹内悠記、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 ドジョウにおける行動リズムと時計遺伝子発現の解析
3. 学会等名 日本動物学会関東支部 第70回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kota Miura, Takuya Oshima, Yosei Noshi, Yusuke Tsuji, Hiromasa Mitsui, Keiko Okano, Toshiyuki Okano
2. 発表標題 Application of temperature-dependent immunoreaction to protein purification and cell surface labeling.
3. 学会等名 International Symposium on Biophysics of Rhodopsins (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuya Saratani, Ayumi Tamasawa, Keiko Okano, Riko Toda, Toshiyuki Okano
2. 発表標題 A photoperiod-dependent expression of Cry1b in the zebrafish eye
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第39回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡野俊行、竹内悠記、兜森椋、山内千裕、宮城ひとみ、竹村明洋、岡野恵子
2. 発表標題 月齢同調性産卵を示すゴマアイゴにおける時計遺伝子の月光応答および砂時計型月齢タイマー機構
3. 学会等名 生命科学系学会合同年次大会ConBio2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三浦宏太、三井広大、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 ニワトリクリプトクロム4の変異体を用いたC末端構造変化の解析
3. 学会等名 生命科学系学会合同年次大会ConBio2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三井広大、大塚浩晨、三浦宏太、岡野恵子、岡野俊行
2. 発表標題 Asn391点変異体を用いたニワトリクリプトクロム4の光反応サイクルの解析
3. 学会等名 生命科学系学会合同年次大会ConBio2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

早稲田大学先進理工学研究科岡野研究室ホームページ
<http://www.okano.sci.waseda.ac.jp/>

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
研究協力者	岡野 恵子 (Okano Keiko)	早稲田大学・理工学術院総合研究所・招聘研究員 (32689)	
研究協力者	三井 広大 (Mitsui Hiromasa)	早稲田大学・理工学術院・助教 (32689)	
研究協力者	三浦 宏太 (Miura Kota)	早稲田大学・理工学術院・助手 (32689)	

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