

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：32661

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22461

研究課題名(和文)ヘビの第六感、赤外線受容はどのようにして獲得されたのか？

研究課題名(英文)The sixth sense of snakes: How was their infrared reception acquired?

研究代表者

土岐田 昌和(TOKITA, Masayoshi)

東邦大学・理学部・准教授

研究者番号：80422921

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)：本研究では、ニホンマムシ(*Gloydius blomhoffii*)の胚頭部における温度感受性チャネルTRPA1の遺伝子の発現パターンをin situハイブリダイゼーションにより調べることで、マムシ亜科のヘビにおける赤外線受容神経回路形成を記述することを目指した。解析により、マムシ胚においてTRPA1遺伝子が赤外線受容神経回路を構成するIR-ニューロンに分布することを確認したが、その発現量は極めて少なく、in situハイブリダイゼーションで高精度の染色像を得るのは難しく、論文で報告できる水準の確度が高い結果は現時点では得られていない状況であるため、今後は実験方法の改善等が求められる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物の成長過程、つまり“個体発生”で見られる神経回路再編成についてはすでに多くの知見が得られているが、“系統発生”の視点から神経回路再編成の動態とそのメカニズムを探求した研究はほとんどなく、この点で本研究の挑戦的研究としての学術的意義は高いと言える。本研究を通して、神経回路再編成と生物進化との関連性を探究する進化生物学の新たな研究領域を開拓する土台も作ることができた。また、本研究を通じて赤外線受容神経回路の創出機構の一端が明らかにされたことで、医療・工業分野で利用される高精度温度センサーデバイスの開発にも少なからず貢献できる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aimed to describe the development of infrared receptive neural circuit of the snakes belonging to the subfamily Crotalinae through examination of the expression pattern of the gene encoding the temperature-sensitive channel TRPA1 in the embryonic head of the Japanese Mamushi (*Gloydius blomhoffii*) by in situ hybridization. The analysis confirmed that the TRPA1 gene is expressed in the infrared-sensitive neurons that comprise the infrared receptive neural circuit of the pit viper embryos. However, the amount of its expression was extremely low, making it difficult to obtain accurate staining data by in situ hybridization. Since reliable staining data that can be reported in a paper have not been obtained at this point, improvements of experiments are required in the future.

研究分野：脊椎動物比較形態学

キーワード：ヘビ 赤外線受容 ピット器官 発生 進化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトを含む多くの脊椎動物は可視光線よりも波長が長い赤外線を“見る”ことができないが、赤外線感知能力を獲得したことにより、暗黒の中でもエサとなる温血動物を捕らえられるといったユニークな適応行動を進化させた脊椎動物が4系統存在する。チスイコウモリと3系統のヘビ(ニシキヘビ科、ボア亜科、マムシ亜科)である。これらのヘビは頭部に赤外線受容器官(ピット器官)を持つとともに、赤外線受容能を持つ特殊な神経細胞(以下、IR-ニューロン)から構成される赤外線受容神経回路を脳内に備えている。しかしながら、ピット器官で受容された赤外線の情報を処理する脳の赤外線受容神経回路が、ヘビでいかにして獲得されたのかはまったくわかっていなかった。脳を含む神経系は外界からの情報を処理し、行動を制御する、動物の生存において必要不可欠なシステムである。それにも関わらず、形態学的に非常に複雑であることもあり、動物の適応進化における神経回路の変更と再編成についてはこれまでほとんど顧みられることがなかった。そこで本研究では、赤外線受容能を新たに獲得したクサリヘビ科マムシ亜科のヘビに着目し、ヘビ類のピット器官と赤外線受容神経回路の形成機構の解明をめざすことにした。

2. 研究の目的

本研究では比較発生学的手法を用いて、ヘビの赤外線受容神経回路の形成様式を詳細に記述し、その成立基盤を明らかにすることを目的とする。特に、赤外線感知能を持つヘビのみが持つ神経核(lateral descending trigeminal tract (LTTD)とreticularis carolis(RC))の形成を重点的に調べ、動物の適応的な行動が生み出される際に起こる大規模な神経回路の再編成の背景にある分子・細胞基盤の理解をめざす。

3. 研究の方法

ヘビの赤外線受容神経回路の成立基盤を明らかにするため、本研究では以下の4つの解析を実施する予定であった。

- (1) マムシ亜科のヘビにおける赤外線受容神経回路形成の記述
- (2) 比較トランスクリプトーム解析による赤外線受容神経回路形成の責任遺伝子探索
- (3) 比較トランスクリプトーム解析で同定された赤外線受容神経回路形成候補遺伝子の発現解析
- (4) 異種間組織移植による赤外線受容神経回路形成の仕組みの解析

4. 研究成果

解析(1)の成果を以下にまとめる。研究代表者による先行調査によりステージ30のマムシ胚において、TRPA1タンパク質はLTTD、RC、三叉神経節、そしてピット器官付近の三叉神経末梢部のみに局在することが確認されていた。一方で、赤外線受容能をもたないナミヘビ科のヤマカガシならびにシマヘビの胚ではLTTD相当領域、RC相当領域、三叉神経節においてTRPA1タンパク質の局在は認められなかった。この結果を受け、本研究ではマムシ胚ならびにヤマカガシ胚の頭部におけるTRPA1遺伝子の発現を調べた。マムシ胚では吻側部においてピット器官形成の初期段階である上皮組織の陥入が生じていたが、ヤマカガシ胚相当領域では陥入は観察されなかった。ピット器官形成領域に挿入している三叉神経末端部では、マムシ胚およびヤマカガシ胚のいずれにおいてもTRPA1遺伝子の発現は認められなかった。また、マムシ胚では三叉神経節を構成する少数の細胞においてTRPA1遺伝子の発現が認められた。一方、ヤマカガシ胚の三叉神経節においては、TRPA1遺伝子の発現は観察されなかった。体幹部の背側に存在する背根神経節(DRG)では、マムシ胚およびヤマカガシ胚いずれにおいても非常に少数の細胞においてTRPA1遺伝子の発現が認められた。ピット器官付近に分布する軸索末端部は三叉神経節から伸長してくる。以上のことから、ピット器官付近に局在するTRPA1タンパク質は三叉神経節に発現するTRPA1遺伝子に由来するのかもしれない。

マムシ胚では延髄背側領域に位置する神経核であるLTTD、延髄腹側領域に位置するRC、そして延髄内腹側領域に位置する神経線維の束であるrctにおいてTRPA1遺伝子の発現が確認された。また小脳の背側から腹側にかけての領域に鎌形をした発現ドメインが観察された。このTRPA1遺伝子発現領域は吻側方向に向けて、中脳との境界付近まで連続していた。吻側の発現領域末端部では、TRPA1遺伝子は背側の中脳領域から腹側の脳幹領域にまたがって発現しており、特に腹側の発現領域においてはTRPA1遺伝子発現細胞の分布が対側に向かい拡大する様子が確認された。比較種として用いた赤外線受容能をもたないナミヘビ科のヤマカガシの胚では、マムシ胚のLTTDとRCが存在する組織断面に相当する断面において、LTTDならびにRC相当領域の2ヶ所でTRPA1遺伝子の発現が観察された。一方で、rctに相当する領域ではその発現は認められなかった。また、ヤマカガシ胚では、マムシ胚で発現が観察された小脳においてTRPA1遺伝子の

発現は認められなかった。解析(2)(3)(4)については、新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、所属機関における研究活動が大きく制限されたこともあり、時間的に実施するに至らなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masayoshi Tokita, Hiroki Watanabe	4. 巻 38
2. 論文標題 Embryonic Development of the Japanese Mamushi <i>Gloydius blomhoffii</i> (Squamata: Serpentes: Viperidae: Crotalinae)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Herpetology	6. 最初と最後の頁 6-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5358/hsj.38.6	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 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 池谷マーカス大河, 渡辺寛樹, 土岐田昌和
2. 発表標題 ヘビの第六感、赤外線受容を司る構造はいかにしてできるか？
3. 学会等名 日本動物学会関東支部大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

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