

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：15401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23752

研究課題名（和文）動物における平衡感覚の「検出器」たる有毛細胞の起源とその進化的変遷

研究課題名（英文）Evolution of sensory hair cells as balance detectors

研究代表者

樋口 真之輔（Higuchi, Shinnosuke）

広島大学・医系科学研究科（歯）・助教

研究者番号：20847131

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：平衡胞の発生過程が未記載である無腸動物ナイカイムチョウズムシ *P. naikaiensis* の平衡胞について、その形態形成過程を発現する遺伝子とともに初めて詳細に記載した。無腸動物とは左右相称動物の共通祖先から分岐したグループであるため、後生動物の進化の歴史において有毛細胞を含む平衡器や聴覚器が獲得され、いかにその形態を変化させてきたのかを理解するための大きな手がかりを得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の遂行は、後生動物における感覚器の進化の解明につながる。本研究の主要な対象である無腸動物の系統的位置については、分子系統学的解析からようやく論争に終止符が打たれつつあるが、本研究により形態学的な観点から論争の情報を提供できた。また、ヒトの疾患研究のためにゼブラフィッシュやマウスにおいて平衡覚の疾患モデルが作製されており、本研究の成果を関連研究の推進に還元できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：This is the first detailed description of the morphogenesis of statocyst of an Acoelomorpha, *Praesagittifera naikaiensis*, whose developmental process has not been described. Since the Acoelomorpha is a group of animals that diverged from the common ancestor of Bilateria, this study provided a clue to understanding how the vestibular and auditory organs, including hair cells, were acquired and changed their morphology during the evolutionary history of the Metazoa.

研究分野：進化発生生物学

キーワード：有毛細胞 平衡感覚 膜迷路 感覚毛 進化 無腸動物

## 1. 研究開始当初の背景

脊椎動物は一般に、体の回転や重力の方向といった平衡感覚を内耳で受容する。内耳とは、体外環境から隔離された膜迷路と呼ばれる腔に有毛細胞が配置された構造である。一方、脊椎動物以外の後生動物は内耳をもたないものの、有毛細胞は多くの後生動物に見出される。すると、動物の進化において、「検出器」である有毛細胞がまず獲得され、これを「容器」である膜迷路に配置して内耳が獲得されたと考えられる。興味深いことに、有毛細胞の感覚毛に類似した構造は後生動物に最も近縁な単細胞生物である襟鞭毛虫にも見出される。そこで、本研究は後生動物を広く対象として原生生物をも視野に入れ、有毛細胞の起源とその進化的変遷の推定を目指す。

## 2. 研究の目的

本研究では有毛細胞の起源とその進化的変遷の推定を目指し、(1)平衡胞の発生過程が未記載である無腸動物ナйкаイムチョウウズムシ *P. naikaiensis* の平衡胞について、その発生プロセスにおける組織形態の記載と、(2)発生に関わる遺伝子発現の解析を目的とした。

## 3. 研究の方法

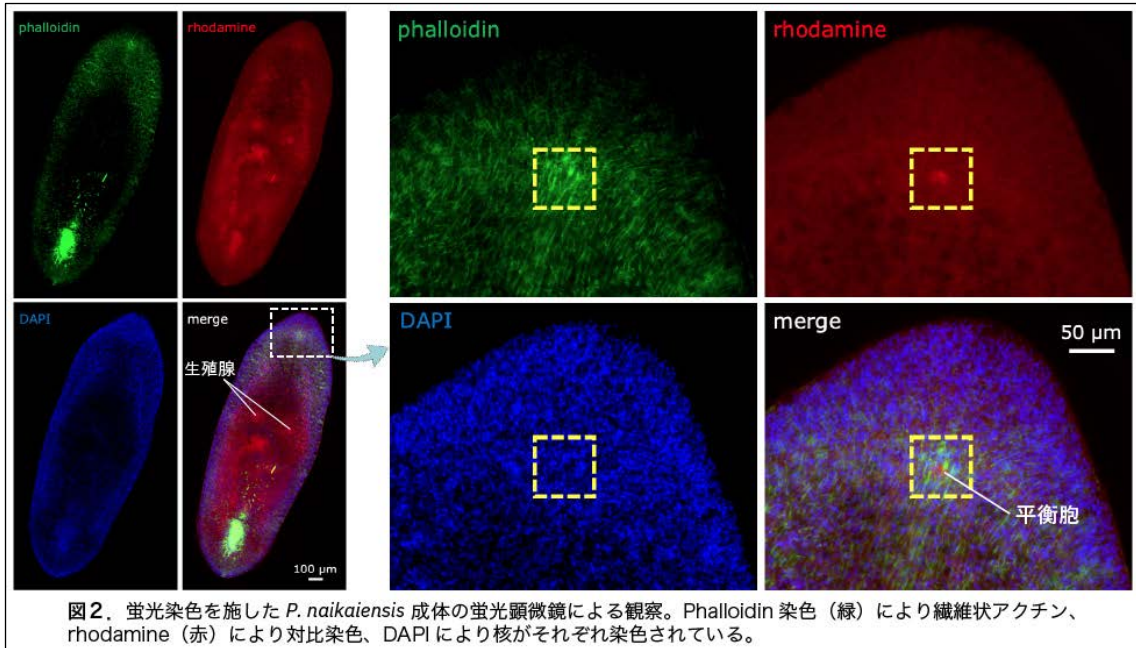
上記の目的を達成するためにまず、フィールドワークにより動物試料の採集する必要がある。本研究では兵庫県および広島県内の自然海岸で無腸動物ナйкаイムチョウウズムシ *P. naikaiensis* を採集した(図1)。ただし、2020年春から流行した新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言の発令により、採集機会が限定されたために研究遂行に必要な個体数が得られなかった。そこで、少数の成体材料でも遂行可能な平衡胞および平衡石の形態学的観察を主体に実施することとした。



目的(1)については、採集した *P. naikaiensis* に蛍光染色を施し平衡胞を含む動物組織を蛍光顕微鏡によって可視化できることを確認した(図2)。続いて染色済みのサンプルを透明化して平衡胞周辺を共焦点レーザー顕微鏡により観察し、平衡胞の組織構築を立体的に把握した。さらに、発生過程の *P. naikaiensis* についても同様の処理を行い、平衡胞の発生過程を観察した。

目的(2)については、採集した *P. naikaiensis* から cDNA を合成し、平衡胞の発生メカニズムに関与すると考えられる遺伝子を単離した。また、*P. naikaiensis* の成体および胚のパラフィン包埋

切片を作製して、これらの遺伝子の発現を *in situ* hybridization により解析した。



#### 4. 研究成果

本研究により、無腸動物 *P. naikaiensis* の平衡胞の形態およびその形成過程を、発現する遺伝子とともに初めて詳細に記載できた。この成果をさらに発展させることで、後生動物の進化の歴史において有毛細胞を含む平衡器や聴覚器が獲得され、いかにその形態を変化させてきたのかを理解できると期待している。また、ゼブラフィッシュやマウスで平衡覚の疾患モデルが作製されているが、本研究の成果を関連研究の推進に還元できる可能性がある。

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 1件）

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>Kusakabe Rie, Higuchi Shinnosuke, Tanaka Masako, Kadota Mitsutaka, Nishimura Osamu, Kuratani Shigeru | 4. 巻<br>18        |
| 2. 論文標題<br>Novel developmental bases for the evolution of hypobranchial muscles in vertebrates                 | 5. 発行年<br>2020年   |
| 3. 雑誌名<br>BMC Biology  | 6. 最初と最後の頁<br>120 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1186/s12915-020-00851-y  | 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>-         |

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Higuchi S, Sugahara F*, Pascual-Anaya J, Takagi W, Oisi Y, Kuratani S  |
| 2. 発表標題<br>Development of the Inner Ear in Hagfishes and Lampreys Reveals Evolution of the Vertebrate Semicircular Canals |
| 3. 学会等名<br>International Congress of Vertebrate Morphology（国際学会）  |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Hirasawa T, Higuchi S, Kuratani S   |
| 2. 発表標題<br>The identity of Palaeospondylus revisited, with recent advance in cyclostome embryology |
| 3. 学会等名<br>15th International Symposium on Early and Lower Vertebrates（国際学会）                       |
| 4. 発表年<br>2019年  |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|