

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24657102

研究課題名(和文)透明ディスプレイへの応用を目指したイカ色素胞制御機構の解明

研究課題名(英文)Mechanisms of regulation of chromatophore in squid

研究代表者

前川 真吾 (Maegawa, Shingo)

京都大学・情報学研究科・助教

研究者番号：30467401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はイカ色素胞が拡大収縮を繰り返す様子の観察に着目し、その拡大収縮の制御メカニズムの解明および次世代型透明ディスプレイ開発を視野に入れた拡大収縮システムのモデル化を行うことを目的とした。まず、本研究開始にあたり、世界最小のイカ、ヒメイカの飼育システムの確立を行った。結果、濾過循環型の飼育環境を確立することで約1ヶ月半に渡って連続的に飼育出来るようになった。また、色素胞に至る神経制御を明らかにするためにダイによる標識の手法を確立し、脳の一部の神経細胞から色素胞に至る軸索の可視化に成功した。現在、モデル化を行っている。

研究成果の概要(英文)：Chromatophores in squid can expand or reduce by neuronal regulation. Based on the observation, we attempt to clarify mechanisms of the neural control of chromatophores in squid and to establish mathematical model of the regulation for future application onto transparent displays. First, we tried to establish aquarium to keep world smallest squids, pygmy squids, in the lab. We then finally established the aquarium and could keep the squid alive in the lab for 1.5 months. We also succeeded to visualize neural fibers to reach each pigmented cells from the brain. We are now trying to establish mathematical model of movement of the chromatophores.

研究分野：分子生物学

キーワード：色素胞制御 神経基盤

1. 研究開始当初の背景

本研究で着目したイカ類は体色やパターンの変化が捕食や生殖などの行動時に起こることが知られている。イカの体色変化方法としては、体表に存在する色素胞の拡大および縮小により達成されている。実際に、これまでの報告や申請者自身の観察から、捕獲直後のアオリイカ (*Sepioteuthis lessoniana*) の体色は茶色に見えるが、脳を破壊すると、白に近い透明へと体色を変化させる (図 1)。

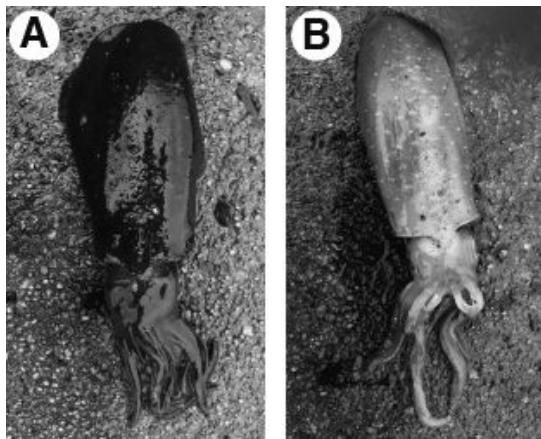


図 1 アオリイカの体色変化

A: 捕獲直後の様子

B: 脳は介護の様子

また、実体顕微鏡下で観察したところ、脳の破壊後においても、透明な体表組織上で色素胞の自発的な拡大縮小が観察された (図 2)。

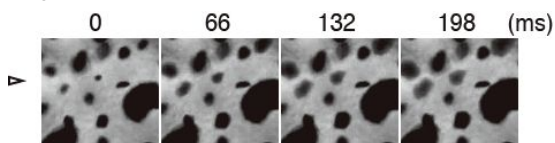


図 2 色素胞収縮の様子

左の矢頭で示された領域にある色素胞が 200 ms ほどの間に拡大している様子がわかる。

図中のバーは 0.1 mm を示す。

この際に、申請者にはイカ表皮色素が、あたかもコンピューターのディスプレイに表示されたパターンのように感じられた。この時にイカの色素胞の拡大収縮制御を明らかとすれば次世代透明ディスプレイへの応用

が可能ではないかと考え、本研究提案の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究ではイカの色素胞の拡大縮小に関わる制御機構を明らかとし、次世代透明ディスプレイ技術への足がかりを得ることを目的とする。イカ類は体表の色やパターンを刻々と変化させて生殖行動や威嚇などの個体間コミュニケーションを行なっている。どのようにして、体表の色やパターンを変化させているのであろうか？ 現在では、体表色やパターンの制御に関しては体表に存在する色素胞の拡大や縮小を行うことで達成されていると考えられている。実際に、透明な体表組織上で自発的な色素胞の拡大縮小も観察できた。この観察から本研究では透明な体表で色素細胞がどのように制御されているのか、また、この方法を応用することで、画素を拡大・縮小させる次世代透明ディスプレイへの応用ができないかとの着想に至った。

3. 研究の方法

当初は、アオリイカを用いる予定であったが、飼育が困難であり、飼育がより容易なヒメイカ (*Idiosepius paradoxus*) に材料を変更し、研究を行った。また、神経軸索の伸びる様子の観察には、DiO, DiI の試薬をイカの脳の各領域にインジエクションし、蛍光観察を行った。数理モデルの構築に関しては、ビデオ撮影を行い、色素胞の運動の観察を行った。

4. 研究成果

まず、研究を開始するにあたり、ヒメイカの飼育環境の検討を行った。ヒメイカは天然環境での寿命が約 2 ヶ月であると考えられており、それに近い飼育期間の達成を試みた。通常の飼育水槽では天然から採取後、約 1 ヶ月で死滅してしまったが、温度管理が徹底できる循環集合型水槽を導入することで、天然

から採取後、約1ヶ月半の飼育が可能となり、より天然に近い環境での飼育が可能となった。また、予期していなかったことではあるが、大量の受精卵を得ることも可能となり、発生生物学的な解析も可能となった。

次に色素胞の拡大縮小のメカニズムに関して解析を行った。先行研究から、アオリイカでは色素胞の周囲にアクチン繊維が放射状に存在し、そのアクチンの繊維を神経が制御することで収縮拡大することが知られている。そこで、ヒメイカにおいても同様に色素胞周囲にアクチン繊維が配置されているか調べた。重合したアクチン繊維を染めるファロイジンを用いて染色を行ったところ、ヒメイカにおいても、アオリイカと同様にアクチン繊維が放射状に配置されていることが明らかとなった(図3)。

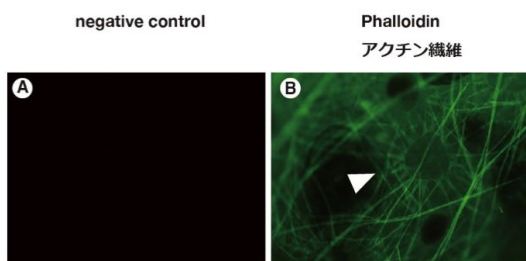


図3 色素胞周囲のアクチン繊維
A: ネガティブコントロール
B: 矢頭で示した色素胞の周囲に放射状にアクチン繊維が検出された。

次に、色素胞の制御に関わる神経投射の観察を試みた。神経軸索の投射にはニワトリやゼブラフィッシュでは Dil, DiO といった試薬が用いられているので、その方法を応用し、生きたヒメイカの脳のごく一部の領域に色素をインジェクションし、神経軸索が染色されるかどうか観察を行った。結果として、脳の一部の領域に色素がマイクロインジェクションされた時にのみ、体表面の色素胞周囲に DiO の蛍光が観察された(図4)。

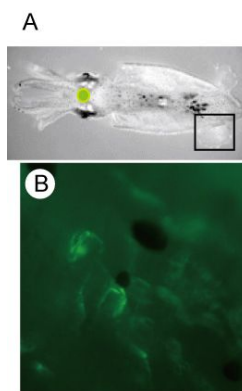


図4 色素胞への神経投射の様子
A: ヒメイカ全体の様子、DiOの緑色の蛍光が眼と眼の間の脳の領域に認められる
B: 色素胞周辺の様子。Aの写真の黒い四角で囲まれた部分の色素胞の観察結果。黒い色素胞の周囲に神経線維が認められる。

この結果は、脳にインジェクションされた色素がイカでも神経軸索に沿って移動し、終末に至ること、また、脳の一部の領域によって、色素胞の拡大縮小が制御されていることを端的に示している。以上から、ヒメイカにおいても、神経制御により色素胞の運動が制御されていることが明らかとなった。

次に、色素法拡大収縮の数値モデル化を試みた。このモデル化のために、ヒメイカの色素胞の収縮の様子を観察を行った(図5)。

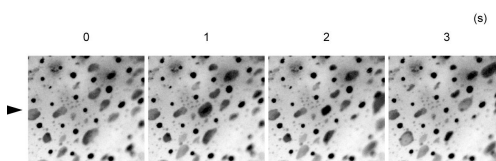


図5 ヒメイカ色素胞の収縮の様子。右の矢頭で示した領域の色素胞の収縮が観察できる。

この観察から、ヒメイカでの収縮の周期はアオリイカよりも少し遅く、約0.5秒から1秒間隔で拡大収縮を繰り返すことが明らかとなった。現在、1000個の色素胞を撮影し、平均間隔時間の算出を行っている。

研究者番号：

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 2件)

越智宣之、前川真吾、細川浩
「ヒメイカの捕食行動を誘発する獲物の特徴解析」
関西おさかな勉強会
2014年5月、京都

越智宣之、前川真吾、細川浩
「ヒメイカの捕食行動を引き起こす獲物の特徴解析」
日本動物学会第85回年会
2014年9月、仙台

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

前川 真吾 (Maegawa, Shingo)
京都大学・大学院情報学研究科・助教
研究者番号：30467401

(2)研究分担者

細川 浩 (Hosokawa, Hiroshi)
京都大学・大学院情報学研究科・講師
研究者番号：90359779

(3)連携研究者

()