

研究課題別研究評価

1. 研究課題名: 色受容ユニットの配列パターンと視覚機能

2. 研究者名: 蟻川 謙太郎

3. 研究のねらい:

昆虫は世界をどのように見ているか? この質問にさまざまな角度から取り組みながら、視覚メカニズムに関する理解を深めることを目指した。特に複眼の構造と視覚機能の関連を考えながら研究を進めた。研究のポイントは色覚におき、研究対象にはチョウ類を選んだ。

4: 研究結果及び自己評価

研究結果

- 1) 求蜜行動中のアゲハの色覚と色恒常性: 本研究で導入した人工気象室を使い、色紙と蜜を結びつけて学習させる方法で、アゲハに色覚を証明した。さらに照明光の波長分布特性を調節し、アゲハに色恒常性があることを証明した。
- 2) 網膜の細胞構成: 複眼は約 12,000 個の個眼から成り、個眼ひとつには9個の視細胞がある。アゲハ複眼で同定されていた5種の色受容細胞の個眼内分布を徹底的に調べ、アゲハ複眼には色受容細胞の組合せの違う3タイプの個眼があることを明らかにした。
- 3) 個眼における蛍光の起源: 3タイプの個眼のうち1つは紫外照射下で蛍光を放つ(蛍光個眼)。蛍光の由来は 3-OH レチノールであることが分った。さらに、複眼に 3-OH レチノールをリガンドとする新規レチノール結合タンパク質を同定した。
- 4) 蛍光個眼と紫受容細胞: 蛍光個眼には、分光感度が鋭い紫受容細胞がある。この特異な分光感度の生成機構を検討した。紫外受容細胞が 3-OH レチノールが紫外線吸収フィルターの影響を受け、紫受容細胞になっていることが分った。
- 5) 視物質重複発現とA細胞と蛍光個眼: 分子生物学的実験から、蛍光個眼には緑受容型と赤受容型の2種の視物質 mRNA をもつ細胞があることが分った。生理実験の結果、この細胞の分光感度は異常に幅広いことが分り、これをA細胞と名づけた。
- 6) 視葉板ニューロンの反応特性: 視細胞の情報を最初に受け取る視葉板ニューロンの活動を細胞内誘導する実験系を確立した。

自己評価

上記の1)―5)までの研究結果は、いずれも視覚生理学と神経行動学の分野に新しい展開を与えるもので、非常に重要な貢献ができたと考えている。

色恒常性が示されたのはミツバチに次いでアゲハが2種目である。また網膜の細胞構成については、アゲハはショウジョウバエと並んで最も理解の進んだ昆虫となった。いずれも色覚研究には不可欠な知見である。しかし実はミツバチには網膜の知見が、ハエには行動の知見が欠けている。両者がそろったのはアゲハが初めてである。色覚機構にはヒトと昆虫に多くの共通点があると考えられるので、アゲハの微小な神経系(微小脳)での研究は、ヒト色覚系の理解に繋がることが期待される。

色覚機構解析の第一歩として、6)の視葉板ニューロンの解剖学的・生理学的実験を始めた。視葉板ニューロンの分光感度は、入力細胞である視細胞の性質と配置が把握されて初めて厳密に解析できるので、アゲハで新しい知見が得られる可能性は非常に高い。本研究では、視葉板細胞構成のおおまかな

検索を行ない、同時に視葉板ニューロン活動の記録法を確立することができた。ここについては、今後の研究の中心課題のひとつとして精力的に取り組みたいと考えている。本研究の期間中に何かひとつでも新しい知見を発掘し、中枢機構の解析について具体的なきっかけがつかめれば、更によかったと思う。

5. 領域総括の見解:

昆虫の視覚のメカニズムという基礎的なテーマで、形態学、生理学、生態学、生化学、分子生物学と広範な手法をシステムティックに駆使してみごとな成果に結実した。すなわち、アゲハに色覚があることの確証である。3つのタイプの個眼の存在を明らかにし、その1つは 3-OH レチノールにより蛍光を発することを突きとめた。これは新発見である。他のタイプについての研究が進展すれば、昆虫の色覚の全容が理解されることであろう。国際的にも高く評価されている。

6. 論文など: 36 件

Kinoshita M, **Arikawa K** (2000) Colour constancy of the swallowtail butterfly, *Papilio xuthus*. J Exp Biol, 203:3521–3530.

Kitamoto J, Ozaki K, **Arikawa K** (2000) UV receptors and violet receptors express identical mRNA encoding an UV-absorbing opsin: Identification and histological localization of two mRNAs encoding short wavelength-absorbing opsins in the retina of the butterfly, *Papilio xuthus*. J Exp Biol, 203:2887–2894.

Arikawa K, Scholten DGS, Kinoshita M, Stavenga DG (1999) Tuning of photoreceptor spectral sensitivities by red and yellow pigments in the butterfly *Papilio xuthus*. Zool Sci, 16: 17–24

Kinoshita M, Shimada N, **Arikawa K** (1999) Colour vision of the foraging swallowtail butterfly *Papilio xuthus*. J Exp Biol, 202:95–102

Arikawa K, Mizuno S, Scholten DGW, Kinoshita M, Seki T, Kitamoto J, Stavenga DG (1999) An ultraviolet absorbing pigment causes a narrow-band violet receptor and a single-peaked green receptor in the eye of the butterfly *Papilio*. Vision Res, 39:1–8

Kitamoto J, Sakamoto K, Ozaki K, Mishina Y, **Arikawa K** (1998) Two visual pigments in a single photoreceptor cell: Identification and histological localization of three mRNAs encoding visual pigment opsins in the retina of the butterfly *Papilio xuthus*. J Exp Biol, 201:1255–1261

ほか

受賞: 1件(第3回ロレアル奨励賞)

招待講演: 国際学会 12 件, 国内学会 13 件