

平成 21 年 5 月 28 日現在

研究種目：若手 (B)

研究期間：2007 年度～2008 年度

課題番号：19730471

研究課題名 (和文) 行動の発達制御と社会性：鳥類の扁桃核と感覚運動領域の機能的関係

研究課題名 (英文) Developmental control and sociality in birds' behaviour.

研究代表者

池淵 万季 (IKEBUCHI MAKI)

独立行政法人理化学研究所・生物言語研究チーム・研究員

研究者番号：20398994

研究成果の概要：社会行動の発達と扁桃核の関与を探るために、社会行動が劇的に変化する日齢のキンカチョウのヒナの脳の活性部位の変化を観察した。結果、扁桃核は社会行動が変化するよりはやい時期から観察された。また、はやい時期から安定して観察できる脳領域は扁桃核だけであった。この結果と社会行動の発達の時期を比較すると、扁桃核は行動発達をリードする形で形成・発達されることが予測される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,100,000	0	2,100,000
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	390,000	3,790,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：社会行動・扁桃核・発達・解剖・鳥類・キンカチョウ

## 1. 研究開始当初の背景

社会行動を行う上で重要な脳領域は、情動脳とも呼ばれる扁桃核である。多くの脳領域がごく少数の領域としか直接の神経連絡を持たないのに対し、扁桃核は海馬や嗅覚・聴覚・視覚など多くの領域と直接神経連絡があることがマウスなどで解剖学的に示されている。ヒトの扁桃核は、長年にわたる臨床の結果により性行動を含む情動行動の制御に関わっていることが知られている。また、MRI や PET などの発展により、自閉症や鬱病など

社会行動に問題が生じる患者の扁桃核が健常者のそれとは異なることが示唆されている。しかし、社会行動の発達や社会的状態の変化に伴う扁桃核の可塑性については、自閉症幼児における早期リハビリ治療が有効であること、セロトニンの減少と鬱病の発症が関連すること等しかわかっていない。

哺乳類の脳と鳥の脳は解剖学的には大きな違いがあるが、機能的な類似点が多い。扁桃核においても、鳥の Taeniae 核がいくつかの

解剖学・行動学的手法を用いた研究により述べられてきた。特に Cheng et al. (1996)や Absil et al. (2002)において Taeniae 核が解剖学的に扁桃核に相当すること、Taeniae 核の機能が扁桃核内側部に相当することが示された。また、申請者はキンカチョウを用いた実験で、解剖学的に Taeniae 核が扁桃核に相当すること、Taeniae 核を破壊したオス鳥の行動は同種メス個体にとって性的魅力を欠いたものとなることを示した。

## 2. 研究の目的

ヒトはより進化した社会性を持つが、この社会行動を行う上で重要な脳領域は扁桃核である。多くの脳領域がごく少数の領域としか直接の神経連絡を持たないのに対し、扁桃核は海馬や嗅覚・聴覚・視覚など多くの領域と直接神経連絡があることがマウスなどで解剖学的に示されている。

そこで、ヒトと同様に高い社会性を持ち、実験的に社会的環境を制御しやすい鳥類を用いて、社会性の発達・社会的刺激の認知場面における扁桃核の可塑性と社会行動への関与について検討することを目的とする。申請者が現在研究を積み重ねてきているヒナは社会行動の発達・制御とその脳構造の発達について、すすめていく。ヒナは社会行動の質的变化と、Taeniae核の解剖学的・生理学的特質がどう対応するのかを明らかにしてゆくことで、発達にともなう社会性獲得の神経基盤を解明したいと考える。

## 3. 研究の方法

実験は、一夫一妻制でペアで育雛をするカエデチョウ科鳥類キンカチョウを用いて行った。

### ①キンカチョウヒナは社会行動の発達の観察

キンカチョウをつがいごとに飼育し、繁殖させる。ヒナが産まれたら、同腹ヒナの行動の発達（ベギングコールを出し始める時期、目が開く時期、巣立ちの時期、様々な社会行動の変化する時期など）を観察する。

### ②扁桃核の発達変化にともなう生理活性物質の変化の観察

①の知見にもとづき、行動変化の起きる日齢のヒナの脳を、免疫組織化学的手法・解剖学的手法を使用して染色した。この結果により、発達段階における行動と脳構造の連動性について確認した。

用いたヒナの日齢は、ヒナの目が開く、目が

見えるようになる、巣立つ、歌学習がはじまる、性的二型がでる、歌学習が終了、とした。

実験では、サイトクロームCの抗体染色とニッスル染色法を用い、扁桃核・海馬・歌制御神経核を含むいくつかの神経核のサイズを調べた。

## 4. 研究成果

### ①キンカチョウヒナは社会行動の発達の観察

本実験において、一腹 2~6 羽のヒナが産まれた。これらのヒナは本実験飼育条件下において兄弟姉妹間で孵化順などによる成長差はなく、日齢依存的に成長した。

ヒナは、目がみえるようになる 13 日齢ころから、様々な社会環境について興味を持ち、社会性についての学習がはじまるようであった。その後、性的二型がはっきりするまでは社会ルールをマスターしていなくても群れの中で許されるが、性的二型が出始めると社会ルールを守らなければ成鳥より攻撃されることがわかった。

これらの社会性の学習は、鳥類で良く研究されていて言語学習のモデルとしても注目されている音声（歌）学習よりも早い時期から始まっていることがこの実験により明らかになった。また、性的二型が現れ、社会ルールを厳しく成鳥から教えられる日齢は、歌学習の発達変化が顕著になる日齢であった。

この結果から、社会性の学習は音声学習よりも先にはじまっていること、かつ、音声学習は社会的入力も大切であると考えられていることなどを含めて考察すると、音声学習は社会性の学習の一部としてとらえることができるのではないかと考えられる。このことは、社会性の学習や音声学習の進化的側面・認知的側面の研究に対し、新たな切り口で展開できる情報を含んでいる。

### ②扁桃核の発達変化にともなう生理活性物質の変化の観察

ヒナの発達行動を観察していた時点で、社会行動に関与する脳部位・扁桃核は、社会性の学習がはじまる、ヒナの目が開く頃から生じると予測していた。また、歌制御系などは、それよりも遅い時期に発達が始まると予測していた。

しかし、実際は、ヒナの目が開き始めるころには、すでに扁桃核の活性が高いことが解った。このころの海馬の状態には個体差があつ

た。

歌学習の感覚学習期が終了し、性的二型が現れ、社会の中での刺激と、個体内での刺激(歌学習・感覚運動学習が活発になる)が多くなる日齢では、扁桃核・海馬・歌制御神経核すべてが大きかった。このころの脳は、全体的に高い活性を示しているのである。

成鳥になると、一部の神経核のサイズはピーク時よりも小さくなった。

これらのことから、社会性の学習には扁桃核の準備ができ、社会行動のルールの情報入力に備えていることがわかった。歌制御系の神経核よりも扁桃核や海馬の発達時期がはやいことは、歌学習に社会的入力が必要であることの裏付けであろう。

また、社会性の学習時期には多くの領域が活性が高く、視覚・聴覚をはじめとする多くの単独・複合の入力に対応し、学習がすすむことが予測される。今後、この日齢の時期の各脳領域のつながりについて、トレーニング実験などを行うことで、より詳細な情報を得ることができるはずである。

扁桃核の発達と扁桃核と他の脳領域の神経連絡についてトレーニング実験で調べることは、鳥の社会性の学習や歌学習の情報をえるだけでなく、自閉症児の社会性・感覚情報処理の学習に対して示唆を与えるものである。自閉症児は、診断後、様々なトレーニングを行ってリハビリを行っているが、より効果的な刺激の設定や、各刺激の提示タイミングなどの情報を行動学的・解剖学的視点から提供できる。さらに、社会性や感覚情報処理の可塑性(振れ幅)に注目することで、鬱病などのシステムについても貢献できるであろう。

#### 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 2 件)

- ① Park, T.J., Brand A, Koch, U, Ikebuchi M & Grothe B (2008) Dynamic changes in level influence spatial coding in the lateral superior olive. *Hear Res.* 238(1-2):58-67. (Epub 2007 Nov 17) (査読有り)
- ② Yoshida, S., Kobayasi K. I., Ikebuchi

M., Ozaki R. & Okanoya K. (2007) Antiphonal vocalization of a subterranean rodent, the Naked Mole-Rat (*Heterocephalus glaber*). *Ethology*, 113, 703-710. (査読有り)

[学会発表] (計 5 件)

- ① Ikebuchi M., Hasegawa T. & Bischof H-J (2009) Male Zebra Finches with Lesions in the Avian Amygdala are less Sexually Attractive for Conspecific Females. 平成 20 年度日欧先端科学セミナー「社会認知神経科学 (Social Cognitive Neuroscience)」, Hotel Villa del Mare (イタリア・ナポリ郊外)
- ② 池淵万季・岡ノ谷一夫 (2008) 歌刺激に対する心拍反応にみられる種差と性差, 第 27 回日本動物行動学会, 金沢大学
- ③ Ikebuchi M. and Okanoya K. (2008) Sex and species differences in song perception as measured by cardiac responses in two species of finches. *Acoustic Communication by Animals, Second International Conference.* Oregon State University
- ④ 池淵万季・岡ノ谷一夫 (2007) キンカチョウヒナの行動の発達と脳の発達の比較. 第 26 回日本動物行動学会, 京都大学
- ⑤ Ikebuchi M., Hasegawa T., Bischof H-J, and Okanoya K. (2007) Asynchronous hatching and synchronous development in zebra finches. 8th International Congress of Neuroethology. The University of British Columbia, Vancouver, BC Canada

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池淵 万季 (IKEBUCHI MAKI)

独立行政法人理化学研究所・生物言語研究

チーム・研究員

研究者番号：20398994