

平成 21 年 6 月 10 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19700248
 研究課題名（和文） 鳥類の個体認知における視覚 - 聴覚統合の認知基盤と神経基盤に関する研究
 研究課題名（英文） Study of cognitive and neural mechanisms for the audio-visual individual recognition in birds.
 研究代表者
 伊澤 栄一（IZAWA EI-ICHI）
 慶應義塾大学・文学部・准教授
 研究者番号：10433731

研究成果の概要：

本研究では、行動と脳科学の融合的手法を用い、カラスの高い知性を支える個体認知のメカニズム解明を試みた。行動研究では、カラスの視・聴覚、双方における個体認知を見出した。脳解剖学研究では、カラス脳地図を作成し、脳の全容を世界で初めて描出した。他個体との対面時に活性化される脳部位を同定し、外套 - 海馬 - 中隔系が関与していることを見出した。この成果は、霊長類とは独立に進化した鳥の知性について、行動・脳の融合的理解への足がかりとなる。

交付額

（金額単位：円）

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

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：比較認知心理学・比較脳科学

1. 研究開始当初の背景

カラス科の鳥が霊長類に匹敵する認知能力を備えることが、近年、明らかにされている。しかし、それらの知見は、道具使用や心の理論など、きわめて高次の認知機能に関するものが多い一方で、高次機能を支える基盤となるような認知機能に関する知見は少ない。それがゆえに、脳に関する知見も、得ることが難しく、実際にカラス科の鳥の脳については国内外において全く検証されていない。鳥類は、哺乳類と3億年もの間独立した

進化を経てきた結果、“皮質”構造がない大脳を発達させており、脳は霊長類と大きく異なる。にもかかわらず、認知面では、先述の例のように、様々な類似点が見られ、比較の見地から、鳥類の脳がどのようにして高次機能を実現しているのか興味深い。そこで、本研究では、カラスの高い認知機能を支える基礎的な認知機能と脳機能との統合的検証を試みた。

2. 研究の目的

鳥類カラスは、認知機能において霊長類に匹敵することが明らかにされつつあるが、脳の構造は哺乳類と全く異なり、大脳皮質を持たない。

本研究は、カラスの複雑な社会的認知機能の基礎となる個体認知機能について、その(1)認知・行動メカニズム、(2)神経メカニズムを明らかにし、認知・神経メカニズムの収斂進化の可能性を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

ハシブトガラスを被験体とし、心理学的手法および神経科学的手法を融合的に用いた。

(1) 認知・行動学的手法

カラスの2個体間の優劣関係の有無とその形成過程における個体認知の関与を調べるために、2個体を繰り返し対戦させる一対対戦を行った。優劣形成に個体認知が関与しているならば、同一個体との繰り返し対戦では、攻撃行動の減少が期待される。

音声をを用いた個体認知の可能性を検証するために、コンタクトコールに着目し、音響分析を用い個体性を調べ、オペラント課題を用いコンタクトコールによる個体弁別能力を調べた。

(2) 神経科学的研究

カラスの脳機能に関する知見は国内外で前例がなく、他の鳥類の脳と比較対応を行うために、まず、脳構造の描写を行う必要があった。そこで、大脳を前後方向と内外側方向の断面として組織切片を作成し、脳全体にわたる構造描写を行い、脳地図を作成した。

行動実験において、カラスが個体認知に基づく優劣関係を形成することを見出した上で、優劣関係を形成した2個体を対面させ、優劣および他個体の認知に関与する脳活動を、組織切片を作成し、Zenk 遺伝子の発現を計測することで検証した。

4. 研究成果

(1) 認知・行動学的研究

優劣関係形成における個体認知

餌をめぐる状況において、カラス14羽による計91組の一対対戦を各組5回行ったところ、安定かつ明瞭な優劣関係が形成された。第1戦目においてのみ激しい闘争が見られ、以降の同一個体との対戦では、第1戦目で形成した優劣に従い、ほとんど闘争をすることなく、速やかに勝敗が決した。第3戦目以降は、勝敗が決するまでに、平均1回未満の攻撃しか要しなかった。対戦相手が異なる場合は、再び激しい闘争が見られた。このことは、カラスの優劣関係形成において、過去の勝敗とその対戦相手を結び付けて記憶し、再び遭遇した際には、相手を見ただけで、不要な闘争をせず

に、優劣関係に従うというルールを形成していることを示す。認知的には、視覚による個体認知を行っていることを示唆する。

音声による個体認知

野外(都内、札幌市)における、カラスの鳴き声を記録・解析した結果、kaコールと呼ばれる鳴き声を用いて、個体間で鳴き交わりを行っていることを見出した。これは、カラスのkaコールが、コンタクトコールという個体間の親和的なコミュニケーションに用いられる音声であることを示すものである。

コンタクトコールは、様々な哺乳類・鳥類において、個体認知に用いられる信号であることが知られている。人工飼育のカラス5羽を用い、個体間の声色の違い、すなわち「個体性」があるかを調べた。声紋分析を行ったところ、5羽のkaコールに、明瞭な個体性が見られ、音響構造だけをもとに、平均80%以上の確率で個体を予測することができた。そこで、この音声が、カラスの知覚レベルにおいても、聞き分けられる音声を調べるために、Go/No-goオペラント実験を行った。5羽中4羽の弁別学習が成立し、当該4羽すべてにおいて、同一個体の新規なkaコールへの転移が見られた。これらの結果は、カラスのkaコールが、個体識別信号として機能することを示唆する。

(2) 神経科学的研究

カラス脳地図の作成

カラスの大脳の詳細を脳地図として世界で初めて描出作成した。その特徴として、哺乳類の大脳皮質連合野に該当する外套部がよく発達していることであった。これは、霊長類に比するとされるカラスの認知機能が、脳という神経基盤の点からも、そのポテンシャルを十分に備える可能性を示した。

個体認知に関連する脳部位

優位および劣位個体との対面時に活性化される脳領域を、神経活動の指標となる最初期遺伝子 Zenk の発現量を指標として大脳を中心に網羅的な探索を行った。対面した相手の優劣関係と既知性を因子とし、被験体が示した服従行動、攻撃行動、音声行動、および中立行動を変数として、各脳部位の神経活動量を説明変数とした多変量解析を行った結果、中隔(septum)と攻撃・服従行動、海馬(hippocampus)と相手の優劣関係および攻撃・服従行動、外套尾部腹外側領域(vNCL)と相手の既知性、の間に相関が見られた。これらの領域は、神経連絡があることが鳥類他種で知られていることから、中隔-海馬-外套尾部腹外側領域というシステムが、個体認知に基づく優劣関係の維持に関与していることが示唆された。

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7件)

1. 伊澤栄一 (2009) カラスから探る社会認知機能の進化 - 心に大脳“皮質”は必要か? - *科学*, 79: 678-681. 査読なし
2. 近藤紀子, 伊澤栄一, 渡辺茂 (2009) カラスはなぜ鳴くか? *哲学*, 121: 183-205 査読あり
3. Yamaguchi, S., Fujii-Taira, I., Katagiri, S., Izawa, E.-I., Fujimoto, Y., Takeuchi, H., Takano, T., Matsushima, T., Homma, K. J. (2008) Gene expression profile in cerebrum in the filial imprinting of domestic chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Brain Research Bulletin* 76: 275-281. 査読あり
4. Yamaguchi, S., Fujii-Taira, I., Murakami A., Hirose N., Aoki, N., Izawa, E.-I., Fujimoto, Y., Takano, T., Matsushima, T., Homma, K. J. (2008) Up-regulation of microtubule associated protein 2 accompanying the filial imprinting of domestic chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Brain Research Bulletin* 76: 282-288. 査読あり
5. Izawa, E.-I., and Watanabe, S. (2008) Formation of linear dominance relationship in captive jungle crows (*Corvus macrorhynchos*): implications for individual recognition. *Behavioural Processes* 78: 44-52. 査読あり
6. 伊澤栄一 (2008) 鳥類における大型脳について *認知神経科学*, 10: 248-254. 査読なし
7. 伊澤栄一 (2007) カラスの脳と行動から探る知性の進化 *脳* 21, 10: 355-359. 査読なし

[学会発表](計31件)

1. 伊澤栄一, 岡浩太郎 カラスにおける他者とその行為の理解 - 知性に大脳“皮質”は必要か? - FAN2008, 2008.10.23, 広島.
2. 近藤紀子, 伊澤栄一, 渡辺茂 ハシブトガラスの鳴き交わり - 返事の有無による影響 - 日本動物行動学会 27 回大会, 2008.9.25, 金沢市

3. 伊澤栄一, 柳掘直子, 渡辺茂 飼育下ハシブトガラスにおける社会構造とその維持メカニズム 日本動物行動学会 27 回大会, 2008.9.25, 金沢市
4. 伊澤栄一, 渡辺茂 ハシブトガラスの大脳に関する比較計測学的研究 日本動物心理学会第 68 回大会, 2008.9.14, 水戸市
5. 伊澤栄一, 渡辺茂 カラス大脳における神経伝達物質の分布 第 31 回日本神経科学会, 2008.8.11, 東京
6. Kondo, N., Izawa, E.-I., and Watanabe, S. Vocal individual recognition in Japanese jungle crows (*Corvus macrorhynchos*). The international symposium on "Vocal communication in birds and mammals", 2008.8.1, St Andrews, Scotland
7. Izawa, E.-I. Socio-cognitive ability of crows; an attempt for cognitive neuroethology. International symposium "Evolutionary Studies in Behavioral Neuroscience", 2008.7.26, Sokendai, Japan
8. 一方井祐子, 伊澤栄一, 渡辺茂 採餌場面におけるセキセイインコの優劣および親和関係の機能 日本動物行動学会 27 回大会, 2008.7.24, 金沢市
9. 伊澤栄一 カラスは飛ぶ霊長類か? : 社会生態から見る認知機能 比較生理生化学学会第 30 回大会, 2008.7.20, 札幌
10. 伊澤栄一, 鳥類における大型脳と認知について 第 13 回認知神経科学会学術集会, 2008.7.13, 東京
11. Nishizawa, K., Izawa, E.-I., and Watanabe, S. Neural activities to visual exposure of conspecific individual in pigeons (*Columba livia*). The 37th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, 2007.11.8, San Diego, USA.
12. 一方井祐子, 伊澤栄一, 渡辺茂. セキセイインコにおける優劣関係が新規物体への探索に与える影響 日本動物行動学会第 26 回大会, 2007.10.20, 京都
13. 近藤紀子, 伊澤栄一, 渡辺茂. 野生下のハシブトガラスにおける鳴き交わり 日本動物行動学会第 26 回大会, 2007.10.20, 京都
14. 近藤紀子, 伊澤栄一, 渡辺茂 ハシブトガラスにおける他個体音声の弁別, 日本動物心理学会第 67 回大会, 2007.10.8, 東京
15. 伊澤栄一, 渡辺茂. ハシブトガラス大脳の神経解剖学的考察 - 音声関連部位及び背外側部を中心として - 日本動物心理学会第 67 回大会, 2007.10.8, 東京
16. 伊澤栄一, 優劣関係形成から垣間見えるハシブトガラスの個体認知機能 日本鳥学会 2007 年度大会, 2007.9.24, 熊本

17. 近藤紀子, 伊澤栄一, 渡辺茂. ハシブトカラスの鳴き声にもとづく個体弁別の検証 日本鳥学会 2007 年度大会, 2007.9.23, 熊本
18. Izawa, E-I. Cognitive Basis of Social Behaviour in the Crow: Understanding 'Who' is Doing 'What'. Neuro2007 symposium "Strategy for New Generation of Neuroethology", 2007.9.11, Yokohama, Japan.
19. Ikkatai Y., Izawa, E-I., and Watanabe, S. The effect of dominance relationships on exploratory behavior in budgerigars (*Melopsittacus undulates*). 2007 International Ethological Conference, 2007.8.22, Halifax, Canada.
20. Kondo, N., Izawa, E-I., and Watanabe, S. Individual discrimination of call in Japanese jungle crows (*Corvus macrorhynchos*). 2007 International Ethological Conference, 2007.8.19, Halifax, Canada
21. Izawa, E-I., Kondo, N., and Watanabe, S. Individual recognition in the Japanese jungle crow (*Corvus macrorhynchos*). 2007 International Ethological Conference symposium "Avian Social Cognition: Do Birds Think About Their Minds?", 2007.8.18, Halifax, Canada.
22. Izawa, E-I. Involvement of individual recognition in dominance formation in the crow. 2nd International Symposium on Mobiligence, 2007.7.18, Awaji, Japan.

[図書] (計 3 件)

1. Izawa, E-I., Watanabe, S. (2009) Neuroanatomical and behavioural studies on dominance linearity in the crow. In: *Carls series of advanced study of logic and sensibility* (Ed. Watanabe, S), Keio University Press, pp.49-58.
2. Izawa, E-I., Kondo, N. (2007) Social dominance and individual recognition in the jungle crow (*Corvus macrorhynchos*). In: *Comparative Social Cognition* (Eds. Watanabe, S., Tsujii, T., & Keenan, J.P.), Keio University Press, pp. 29-44.
3. Izawa, E-I., Watanabe, S. (2007) A Stereotaxic Atlas of the Brain of the Jungle Crow (*Corvus macrorhynchos*). In: *Integration of Comparative Neuroanatomy and Cognition* (Eds. Watanabe, S., & Hofman, M.A.), Keio University Press, pp.215-273.

[その他]

ホームページ等
カラスの脳地図 (図書 # 2)
http://www.cirm.keio.ac.jp/db/bird_brain/

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

伊澤 栄一 (IZAWA EI -ICHI)
慶應義塾大学・文学部・准教授
研究者番号 : 10433731

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :