

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 23日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010 ～ 2011

課題番号：22700335

研究課題名（和文）鳴禽類における音声識別メカニズムの解明

研究課題名（英文） A research on the neural mechanism and the development of postnatally acquired auditory communication of songbirds.

研究代表者

安部 健太郎 (ABE KENTARO)

京都大学・大学院生命科学研究所・助教

研究者番号：70462653

研究成果の概要（和文）：

動物が生後に接する環境や、他個体とのコミュニケーションによって後天的に獲得される能力は脳内の情報処理メカニズムや発達メカニズムなど不明な部分が多い。本研究では鳴禽類が音の組合せを特定の情報と認識・識別する情報処理メカニズム、神経メカニズム、およびその発達メカニズムを明らかにし、ヒトの「言語」などの高度な音声情報処理を可能にする生物学的な基盤の一部を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

Little is known about the mechanism by which animal species postnatally acquire various abilities through the postnatal interaction with other individuals. The present research studied the neuronal and the developmental mechanism of the ability of the avian songbirds to discriminate the sequential information in auditory stimulus. The results of this study may contribute to reveal the biological bases of the complex auditory information processing such as those involved in the speech comprehension of humans.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：脳神経科学・神経科学一般

キーワード：発生・発達・再生神経科学 音声識別 コミュニケーション 鳴禽類

1. 研究開始当初の背景

マウスやショウジョウバエ、小型魚類等のモデル生物を用いた分子遺伝学的・生理学的な研究により、分子・細胞レベルの生理メカニズム、発生メカニズム、神経情報処理のメカニズムなど、幅広い分野での学術的な進展が

みられる。これらのモデル動物は、発生段階においてゲノム上の情報により正確にコントロールされた遺伝子発現をおこし、それら遺伝子産物の相互作用によって自己完結的に体が形作られる。しかしながら、いくつかの生物種ではこのようなゲノム上の情報のみでは、生存し、子孫を残すことが困難であ

ることが知られる。特に、ヒトのように社会集団を形成する動物では、ゲノム上の遺伝情報と、生後の発達期において親や他個体などの社会からの情報の両者が必須であり、外界からの刺激を単に受容するだけでは十分な発達は得られないことが多い。他者とのコミュニケーションに必要な「言語」を生成・理解する能力はそのように周囲の個体からの影響により後天的に獲得する能力のうち、最も重要なものの1つである。「言語」のような複雑な音声情報処理を可能にする脳内の情報処理メカニズムと、その生物学的な基盤や、発達期において個体がコミュニケーションを介して周りの環境・他個体から受ける影響など、個体外からの影響が個体の能力や身体発達にどう影響するかに関しては、その重要性に対し理解が進んでいない部分が多い。この一因として、既存のモデル動物では複雑で高度な音声情報処理や、他個体や環境からの影響を研究しにくい点が挙げられ、他個体とのコミュニケーションの中で起こる生後の発達を定量的に研究できるモデル動物が望まれている。一方、鳴禽類に属する一部の鳥類は「歌」と呼ばれる、音素を複雑に組み合わせた音声シーケンスを用いて音声コミュニケーションを行うため、ヒトでは不可能な侵襲的研究手法・分子生物学的な手法をとることができ、音声コミュニケーションの学習・発達、情報処理メカニズムを研究できるモデル生物として注目されている。しかしながら、鳴禽類がどのように「歌」の中の音素シーケンスを識別しているのかについては明らかになっていない部分が多く、ヒトの言語における音声情報処理との比較が必要とされていた。

2. 研究の目的

本研究では鳴禽類を実験動物として用い、鳴禽類が音の組合せを特定の情報と認識・識別する情報処理メカニズム、神経メカニズム、およびその発達メカニズムを明らかにすることで、ヒトにおいて「言語」などの高度な音声情報処理を可能にする生物学的な基盤の理解を深めることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 鳴禽類の音声シーケンス識別能力の解析

本研究では研究代表者により開発された音声シーケンス識別行動実験系を用い、鳴禽類が音素シーケンスの違いを検出して「歌」を識別する能力のメカニズムの詳細を明らかにした。この方法では、特定の音素シーケンスに馴化させた後にそのシーケンスを改変した音声を聞かせ、行動変化及び遺伝子発現

変化を指標に提示した音声シーケンスの識別の有無を定量的に解析した。

(2) 音声シーケンス識別に関わる神経領域の探索

上記音声シーケンス識別に関わる神経領域を、神経活動依存的な遺伝子発現を指標に同定する。また、その領域の神経活動の人為的な神経活動の操作が音声シーケンス識別に及ぼす影響を明らかにし、音声シーケンス識別の神経メカニズムを明らかにする。

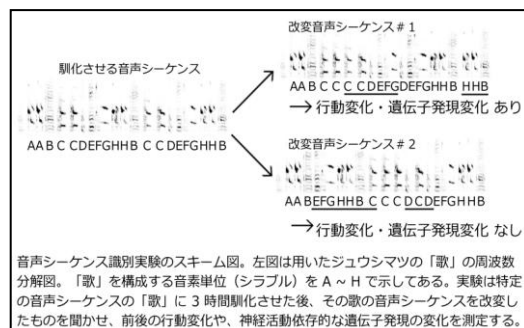
(3) 音声シーケンス識別能力の発達のメカニズムの解析

生後に特定の音声情報にのみ接する条件において育成した個体を作成し、幼少期に接する環境が上記音声シーケンス識別能力の発達に与える影響を解析し、そのような後天的に獲得する能力の発達メカニズムを明らかにした。

4. 研究成果

(1) 鳴禽類の音声シーケンス識別能力の解明

①鳴禽類一種、ジュウシマツ (*Lonchura striata* var. *domestica*) の「歌」は音素を組み合わせた複雑な構造をとるが、その音素シーケンスに体系的な順序改変を施し、そのような順序改変を施したジュウシマツ歌を識別できるかを行動学的に解析した。その結果、ジュウシマツは微細な順序改変も識別可能であったが、識別可能な改変と識別できない改変が存在することが明らかになった。さらに、識別できるものとできないものは同時に飼育している複数の個体で共通していることが明らかになった。このことは、飼育条件下にある鳴禽類個体が共通して知覚する、「歌」中の音素の並びの法則が存在することが示唆された。



②ジュウシマツ「歌」中の音素の配列を人工的に合成した音素シーケンスの順序法則を学習させ、それをもとに新たな音声シーケンスを識別させる行動実験系を確立した。この

人工規則の学習行動試験の結果、鳴禽類は自発的に提示された人工音声シーケンス中の音素の順序の法則性を学習し、それを元に新規音声を識別する能力を保持することを明らかにした。また、これまでヒトのみが可能と考えられてきたような、階層構造をもつような高度音声情報の情報処理能力を有することが明らかとなった。

(2) 音声シーケンス識別に関わる神経領域の同定

このような音素シーケンスの識別に関わる神経領域を神経活動依存的な転写因子の発現を指標に、音声シーケンスの学習や法則を逸脱する情報の提示に伴い活動が変化する神経細胞を脳の全領域にわたり1細胞レベルで明らかにした。その結果、哺乳類の脳に相当する鳥類外套領域の一部において、上記音声学習・識別に相関して神経活動が変化する領域を見出した。また、その領域を障害した個体では正常個体で観察されるような音声シーケンスの識別能力を示さなかったことから、当該領域が実際に音声情報処理や音声シーケンスの学習・識別に関与することを明らかにした。

(3) 音声シーケンス識別能力の発達のメカニズムの解明

生後に接触する同種個体間の音声情報の多様性を制限して育成したジュウシマツ個体を作成した。それら個体の音声識別能力を調べた結果、音声情報を制限して育成した個体では正常育成個体が示すような、音声シーケンスの改変「歌」の識別能力がみられなかった。一方、人工音素法則識別行動試験をおこなったところ、これらの個体においても人工的な音声シーケンスの識別能力については有意な差異は認められなかった。また、育成した音声情報制限個体を成体になった後に正常な飼育環境に戻し、多様な個体とコミュニケーションをとることを可能にしたところ、短期間で正常育成個体と同等の音声シーケンス改変「歌」の識別能力を獲得することが明らかになった。これらのことから、ジュウシマツにおける音声識別能力の発達には後天的に他個体とのコミュニケーションをとることが必要かつ十分であることが明らかになった。

これらの成果より、鳴禽類が音のシーケンスの規則法則を理解し、それを音声識別に活用していることが明らかとなり、ヒト言語獲得のモデルとして、文法法則の情報処理などの高次音声情報処理メカニズムの生物学的な基盤の解明につながるモデル生物実験系として、鳴禽類を用いた解析が有用であることが示した。また、幼少期に接する環境がそ

の後の能力発達にあたる影響の一部を明らかにした。今後、鳴禽類を用いた解析を継続することにより、ヒトが音声情報を生成・理解する能力など、生後に接する環境や他個体とのコミュニケーションによって後天的に獲得される能力の情報処理メカニズムや発達メカニズムの理解に貢献することが期待される。また、本研究の知見を活かすことにより、より効率的に後天的な能力発達を促す育成・教育システムの解明や、ゲノムに依存しない世代を超えた情報がどのように継承されるかに関する知識の進展に貢献することが期待される。

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1件)

1. Kentaro Abe and Dai Watanabe.
Songbirds possess the spontaneous ability to discriminate syntactic rules. *Nature Neuroscience*. 14(6), (2011), 1067-1074. 査読有。

[学会発表] (計4件)

1. Kentaro Abe.
Postnatal acquirement of the ability to discriminate culturally shared song syntax in songbirds.
The 9th International Conference on the Evolution of Language. 2012/3/14. Kyoto, Kyoto, Japan.
2. Kentaro Abe and Dai Watanabe.
A spontaneous ability of songbird to discriminate syntactic rules.
The 41th Society of Neuroscience annual meeting. 2011/11/14. Washington D.C. USA.
3. Kentaro Abe and Dai Watanabe.
A spontaneous ability of songbird to discriminate syntactic rules in auditory information.
The 3rd Neurobiology of Language Conference. 2011/11/10. Anapolis, USA.
4. Kentaro Abe and Dai Watanabe.
A spontaneous ability of songbird to discriminate syntactic rules.
第34回日本神経科学大会. 2011/9/14. Yokohama, Kanagawa.

[その他]

ホームページ等

<http://kentaroabe.web.fc2.com/index.html>
1

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安部 健太郎 (ABE KENTARO)

京都大学・大学院生命科学研究科・助教

研究者番号：70462653

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし