



父親の歌声の記憶を担う細胞を小鳥の脳内で発見 —聴いて覚えるしくみの一端が明らかに—



概要

沖縄科学技術大学院大学(OIST)臨界期の神経メカニズム研究ユニットの柳原真研究員と矢崎-杉山陽子准教授は、歌を学習するソングバードを用い、幼鳥の時に親鳥の歌を聴くと、この歌を特異的に担う神経細胞が幼鳥の脳内大脳聴覚野に現れることを突き止めました。これはヒトの発達期における言語発達において、言語発声の記憶が形成されるしくみの解明につながる発見です。本研究成果は、ロンドン時間 2016 年 6 月 21 日(火)午後4時(日本時間 6 月 22 日(水)午前 0 時)にネイチャー・コミュニケーションズに掲載されました。

背景

ヒトの赤ちゃんは周囲の大人達が話す言葉を聴き、真似をすることで言語を発達させます。この時、まずはじめに聴いた言葉を覚え、それからその言葉を発していくようになると考えられていますが、赤ちゃんが言葉を覚える際の脳内のしくみについては未だ解明されていません。

本研究では、ヒトが言語を発達させるのと同様に歌を学習するソングバードの一種、キンカチョウ(図1)を用い、歌学習に伴い、脳内で聴いた親の歌が記憶として形成されるしくみの解明を目指しました。

キンカチョウの幼鳥は、歌学習のはじめに親鳥、特に父親から歌を聴き、これを覚えます。その後、幼鳥は自身でも歌を唄うようになりますが、はじめは上手に歌えません。自分の唄う歌を聴き、覚えた父親の歌に擦り合せながら繰り返し練習することで、父親の歌に似た自分の歌を唄えるようになります。この歌学習の過程の中で、親鳥の歌を聴くことで、幼鳥の脳内のどこで、どの様に記憶が形成されるのかを調べました。

研究手法と成果

研究者らはキンカチョウの大脳聴覚野^{※1}に着目し、親鳥の歌を聴くことでどの様に聴覚応答が変化する

るのか電気生理学的手法^{※2}により探索しました(図2)。その結果、歌を聴いたことのない幼鳥の神経細胞は、どれも様々な歌に対しても応答しましたが、親の歌を聴いたあとの幼鳥からは、親の歌だけに強く応答する神経細胞が発見されました(図3)。これらの細胞は聴いた父親の歌の記憶を担うと考えられます(図4)。これらのことから、親の歌を聴くという経験によって、大脳聴覚野に、聴いた歌の記憶を担う神経細胞が現れてくるという生理学的証拠をはじめて示したことになります。

さらに、歌の記憶をどのような仕組みで担うのかを明らかにするために、薬理学的手法^{※3}を組み合わせた実験をおこないました。その結果、抑制性の神経伝達^{※4}を遮断した状態や抑制性神経伝達が弱まっていると考えられる睡眠中では、親の歌の記憶を担う細胞が他の歌に対しても応答することが分かりました(図5)。このことから、学習によって聴覚野の抑制性神経回路を組み替えることにより親の歌の記憶が形成されることが示唆されました。

研究の意義・今後の展開

本研究の意義は、幼少時の‘聴く’という感覚の経験が記憶として形成されるしくみの解明につながる糸口を掴んだ点にあります。本研究をリードした柳原研究員は、「赤ちゃんが言葉を発する前から、大人の言葉を聴いて覚えているように、ソングバードも幼少期に聴いて覚えた歌を後から真似することで歌を唄うようになります。今回、聴いた歌の記憶を担う神経細胞の存在が明らかになったことで、記憶形成とその記憶から学習を行うしくみの全容解明につなげていきたい。」と述べています。

用語説明

※1 大脳聴覚野

耳から入った音の情報は、まず神経細胞の活動に変換される。その後、複数の神経細胞に聴覚情報が受け渡され、大脳において聴覚情報を担う領域である聴覚野に到達する。今回研究対象とした鳥の聴覚野は、哺乳類の大脳皮質高次聴覚野に相当する。

※2 電気生理学的手法

神経細胞は活動電位と呼ばれる電気信号を使って互いに情報伝達をおこなう。今回の実験では、鳥の脳内に慢性的に埋め込んだ電極を通して、個々の神経細胞が生成する活動電位を計測した。

※3 薬理学的手法

動物に薬物を投与し、その効果を調べる方法。今回の実験では、脳内から神経活動を計測している際に、細胞近傍に微量の薬物を投与し神経活動に対する効果を調べた。

※4 抑制性の神経伝達

脳内の神経細胞は主に興奮性と抑制性の神経伝達によって情報のやり取りをおこなっている。今回は、神経活動を抑制する神経伝達物質 GABA を介した情報伝達を阻害する薬物 (gabazine) を脳内に投与した。

発表論文詳細

発表先および発表日：ネイチャー・コミュニケーションズ (*Nature Communications*)

ロンドン時間 2016 年 6 月 21 日 (火) 午後 4 時 (日本時間 6 月 22 日 (水) 午前 0 時)

論文タイトル:

Auditory experience-dependent cortical circuit shaping for memory formation in bird song learning.

著者: Shin Yanagihara and Yoko Yazaki-Sugiyama

本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業の助成を受けました。

本件お問い合わせ先

<研究について>

沖縄科学技術大学院大学 臨界期の神経メカニズム研究ユニット

准教授 矢崎-杉山陽子 E-mail: yazaki-sugiyama@oist.jp

研究員 柳原真 E-mail: shin.yanagihara@oist.jp

<OIST について>

沖縄科学技術大学院大学

コミュニケーション・広報ディビジョン メディアセクション 大久保知美 E-mail: tomomi.okubo@oist.jp

参考図

以下の図、写真及び動画は、

<https://filesender.oist.jp/filesender/?vid=1ed22271-cdab-7869-2b8f-00002612a551> からダウンロードしてご使用いただけます。クレジットはいずれも「提供:OIST」としてください。



図1. キンカチョウの親子

オスの幼鳥(中央)はオスの親鳥(右)から聴いた歌を記憶し、同じ歌をさえずるようになる。メス(左)はさえずりをおこなわない。

親鳥から歌を聴く学習の前後で、大脳聴覚野から神経活動を計測し
様々な歌に対する神経応答を解析

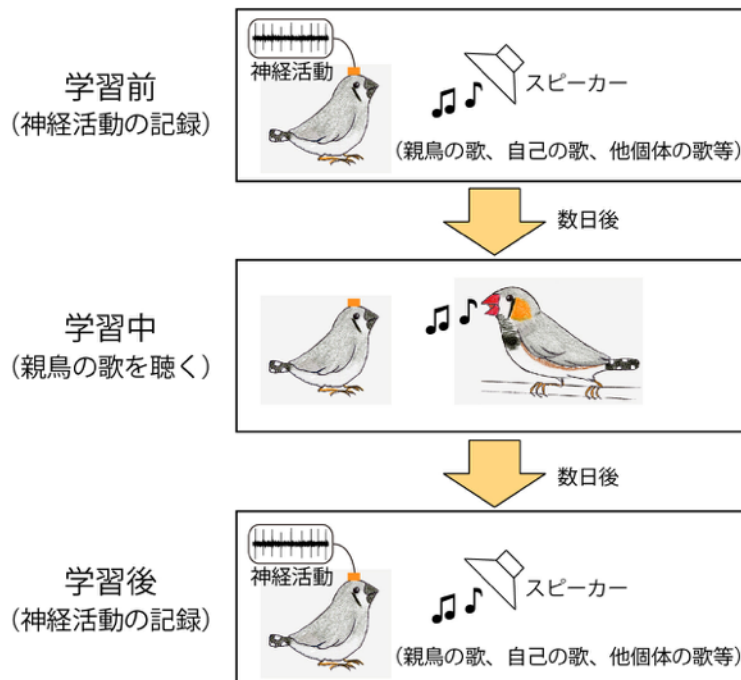
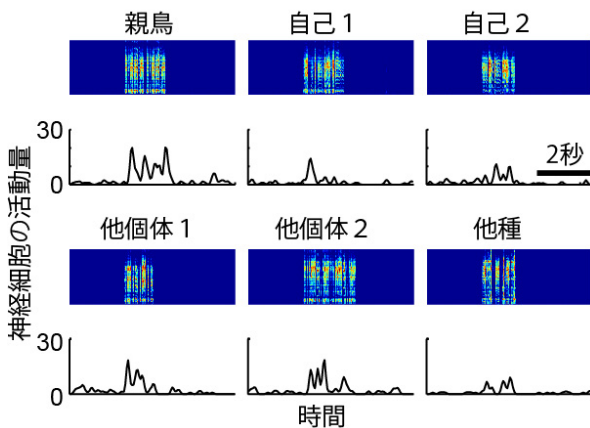


図2. 実験の概略

歌を学習する前後に大脳聴覚野の神経活動を記録し、親鳥の歌を含む様々な歌に対する神経応答を解析した。

a 学習前の鳥から記録した神経細胞の活動例
(どの歌にも応答)



b 学習後の鳥から記録した神経細胞の活動例
(親鳥の歌だけに応答)

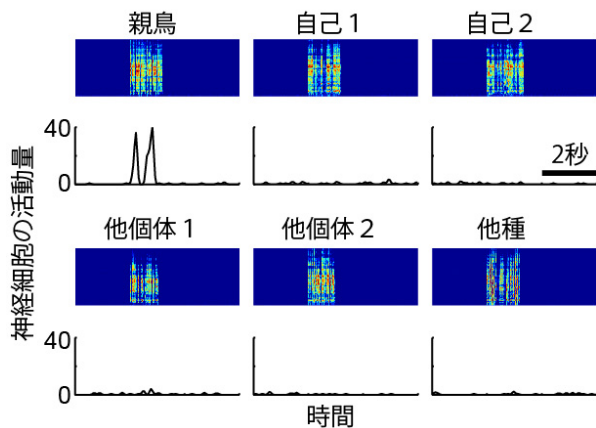


図3. 大脳聴覚野からの神経活動の記録例

a. 親鳥の歌を学習する前の鳥から記録した神経細胞は、スピーカーから提示されたすべての歌に対して強く応答した。b. 学習後の鳥から記録した神経細胞の例。学習した親鳥の歌に対してのみ強く応答し、他の歌には全く応答しなかった。



写真 1. キンカチョウの家族。右から父鳥、母鳥、幼鳥



写真 2. キンカチョウの家族。右から母鳥、父鳥、幼鳥

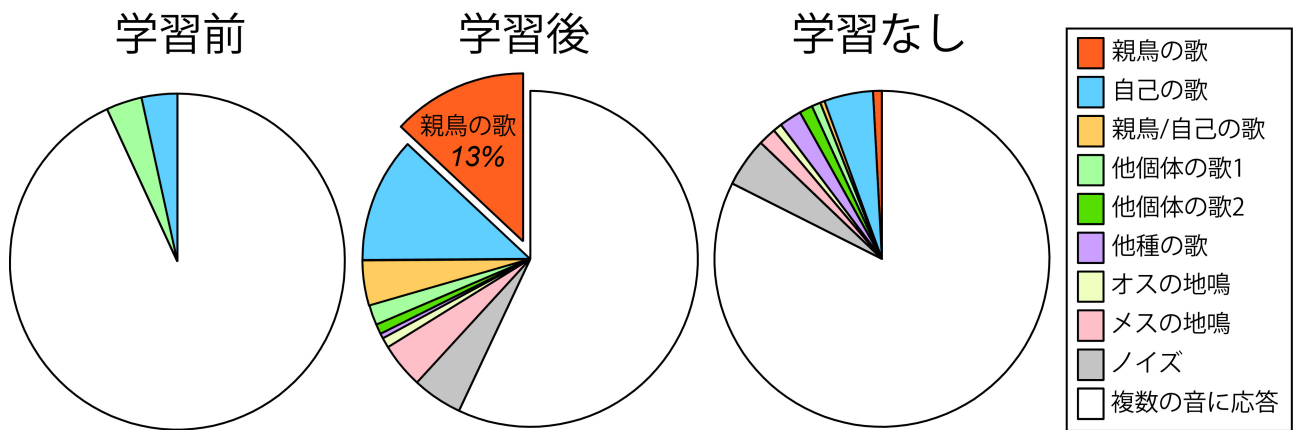
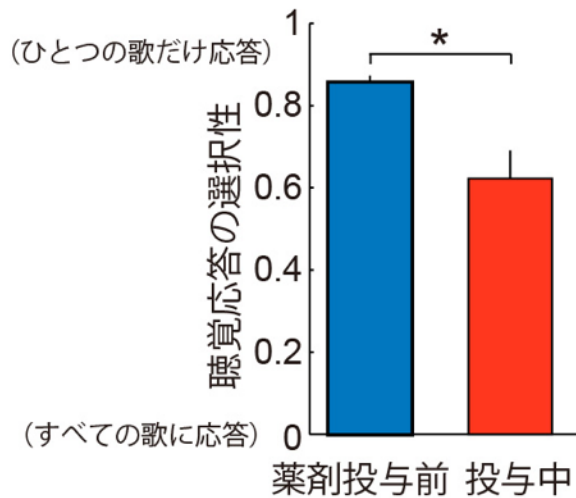


図 4. 学習前に比べて、学習後の鳥の脳聴覚野では、親鳥の歌に対してだけ応答する神経細胞の割合が顕著に増加した

a. 学習前、親鳥の歌に対してのみ応答する細胞は存在しなかった。**b.** 学習後、親鳥の歌にだけ応答する細胞の割合が増加した。**c.** 学習経験のない鳥では、親鳥の歌だけに応答する細胞は殆ど見られなかった。

a 抑制性神経伝達の阻害により
神経細胞の応答選択性が低下



b 小鳥が睡眠することにより
神経細胞の応答選択性が低下

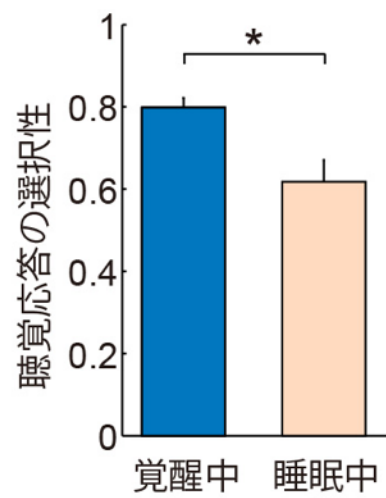
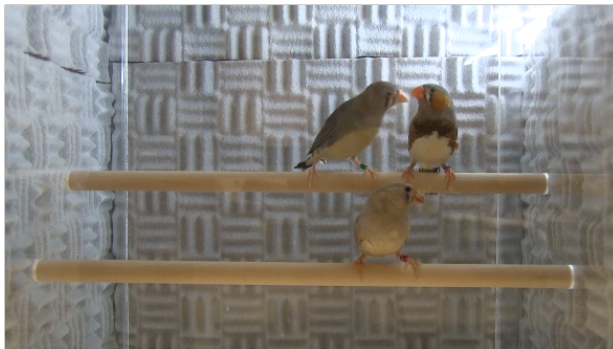
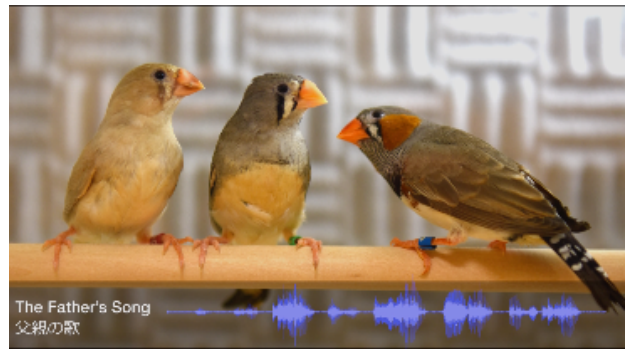


図 5. 学習した歌だけに応答する神経細胞は、抑制性神経伝達の遮断や睡眠によってこれまで応答していなかった歌に対しても応答するようになった

a. 抑制性神経伝達を阻害する薬剤 (gabazine) の投与によって、憶えた歌以外の歌に対して応答を示すようになった。**b.** 睡眠中にも、憶えた歌以外の歌に対して応答を示すようになった。



動画 1. キンカチョウの家族。上段右が父鳥、上段左が母鳥、下段が 30 日齢の幼鳥



動画 2. 父鳥の歌、50 日齢の幼鳥の歌、70 日齢の幼鳥の歌、120 日齢の幼鳥の歌



写真 3. 論文執筆者の矢崎-杉山陽子准教授と柳原真研究員