

研究概要報告書

(1/3)

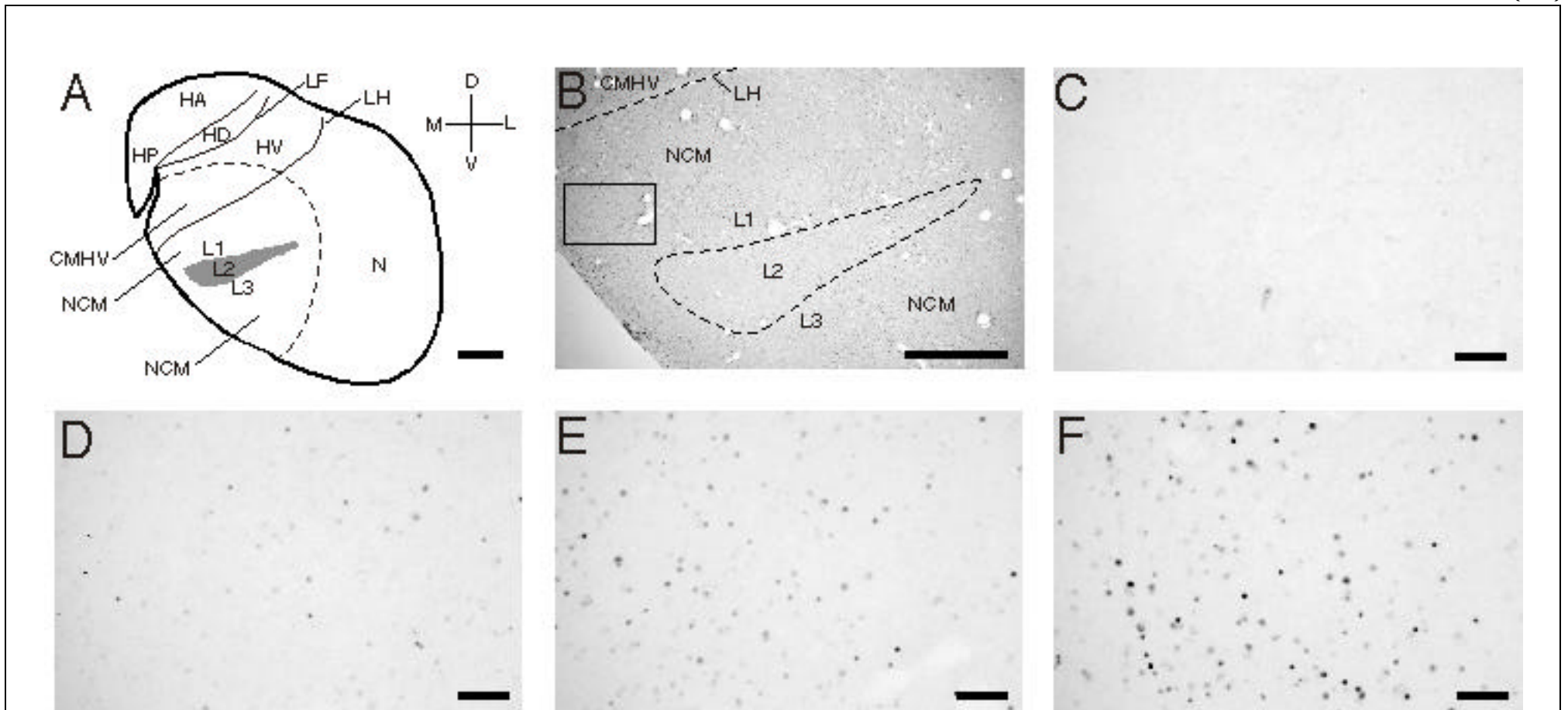
研究題目	セキセイインコ脳における音声情報の表現	報告書作成者	佐藤亮平
研究従事者	佐藤亮平 (北里大学大学院医療系研究科)、石井かおり、藤原宏子、木村武二 (日本女子大学理学部物質生物科学科)		
研究目的	<p>脳では視覚、聴覚、嗅覚など様々な感覚情報処理が行われているが、何が脳の感覚情報処理の基本であるのか十分に理解されていない。脳における感覚情報表現、換言すると、その生物にとっての「意味や価値」が付帯した感覚情報の、脳における符号化の基本的原理が現時点では明確になっていない。本研究の目標は複雑な音声进行学习し、発声することのできる鳥類を実験動物にして、音声聴覚情報処理に焦点を絞り、音声聴覚情報がどのような基本原理で脳内に表現されているかを探ることである。</p> <p>鳥類は人間と同様に「音声コミュニケーション (vocal communication)」に秀でた動物であり、脳の音声聴覚情報処理の研究に最適な実験モデルである。鳥の「さえずり」(しばしば「歌」あるいは「ソング」と呼ばれる。以下「song」と略)の神経行動学上の大きな特徴は、「さえずり」行動が感覚運動学習で成り立っている事である。「さえずり」进行学习し、発声する鳥類(音声学習鳥)はカナリアやキンカチヨウなどのスズメ目鳴禽類 (Passeriformes, Songbirds)、オウム・インコ目 (Psittaciformes, Parrots)、アマツバメ目ハチドリ類 (Trochiliformes, Hummingbirds)の3種に限られ、これらの鳥の脳構造を音声学習をしない他の鳥類(例えばニワトリ、ガチョウ等)と比較すると、音声学習鳥には聴覚神経回路を含めた明確なsong学習神経回路が存在することが報告されている。</p> <p>最近、鳴禽類に同種のsongを聴かせると転写調節因子の一つzenk遺伝子のmRNAがsong学習回路を形成する神経核に速やかに増加することが報告された。異種のsongより同種のsongの方が反応性が高い。つまり、このzenk発現実験系は脳内における「音声聴覚情報処理の痕跡」、すなわち「聴覚の痕跡」を分子レベルで解析できる画期的な実験系である。我々は雌セキセイインコ (Melopsittacus undulatus)の雄songに対する音声聴覚情報の痕跡としてこの手法を用い、雌セキセイインコ脳ではどのような音声聴覚情報処理の基本原則があるのかを調べた。</p>		

研究内容	<p>鳴禽類の song は繁殖に重要な働きを持っていることが知られ、一般に雄が主に song を発声する。雄の song は同種の雄から自分の縄張りを守り、その中で雌を惹きつけたりして雌の繁殖生理や繁殖行動を促すことが知られている。生物個体同士の情報伝達、つまり、生物通信 (biocommunication) の観点から眺めると、song は音波を媒体とする代表的な生体音声信号 (bioacoustic signal) といえる。これらの場合、song 信号の受信者が個々の発信者を区別することが重要となる。雌は song によって異種の雄から同種の雄を区別したり、同種の雄の中におけるその“差異”を弁別し、繁殖成功度を上げ、子孫を増やしていると考えられている。song の構造はシラブル (syllable) と呼ばれる、数百ミリ秒の音声単位がいくつか連なって出来ている。複雑な song をさえずる種では、song は音響学的構造が異なるシラブルを幾タイプも含んでいる。各個体の song に含まれる、異なるタイプのシラブル数は「レパートリー・サイズ」と呼んでいる。いくつかの種における行動実験では、雌は異種の song よりも同種の song に対して、また同種の song のの中では、レパートリー・サイズが大きい song に対して強く反応することが示されている。しかしながら、このような雌の音声知覚 (音声弁別) の基礎となる神経機構については、ほとんど理解されていない。</p> <p>本研究に使用したセキセイインコは warble song と呼ばれる、種特異的な音声を鳴く。雄の warble song の特徴は、雌が巣箱に入ることや生殖器官の発達を促す等、生殖に重要な役割を果たしている。また、セキセイインコは鳴禽類やハチドリ類と同様に、高度な音声学習をするため song は複雑な構造をしており、雄個体間の違いが著しい。本研究では雌セキセイインコの種識別や個体識別に関わると考えられる尾側聴覚新線条体 (caudal auditory neostriatum) を調べた。これまでにセキセイインコでは、終脳の高次聴覚野 FieldL1 の近傍の area1 という所で、同種 song によって ZENK が発現することが雌雄共に確認されている。そこで、雌セキセイインコでの種識別や個体識別を調べる第一歩として、鳥類高次聴覚野、FieldL1 近傍の area1 (本研究においてはこの場所を caudomedial neostriatum ; NCM と断定した) において、同種の song と異種の song を呈示した場合と、同種の song でも、複雑な song と単純な song を呈示した場合、ZENK の発現量に差が生じるかどうかを免疫組織化学法 (zenk 遺伝子産生物 ZENK タンパク質、以下 ZENK と略、に対する免疫染色法) を用いて調べ、刺激 warble song の「レパートリー・サイズ」によって NCM における ZENK 発現量が異なることを報告した。</p>
------	---

研究概要報告書

(3/3)

<p>研究のポイント</p>	<p>刺激呈示用 song の準備。被験個体を、異種（キンカチョウ）の song を聞かせる個体と、複雑さの程度が異なる同種の song として、雄セキセイインコが自然にさえずった時の song（以下、“control”と略記）を聴かせる個体、複雑な song を聴かせる個体（“complex”）、及び単純な song を聴かせる個体に分けた（“simple”）。複雑な song（complex）はセキセイインコの雄 3 個体から取った 22 秒の warble song、3 種類を順番に繰り返したものであり、単純な song（simple）は control となる song から 1 つのシラブルを取って人工的に繰り返した song である。control の録音テープは 4 個体の雄から録音されたもの、全部で 4 種類（N2, N3, N4, N5）、simple は N3, N5 を基に作られたもの、全部で 2 種類（N3-simple, N5-simple）、complex は 1 種類（N2 - N3 - N5）、キンカチョウの song は 3 個体の雄から録音されたもの、全部で 3 種類をそれぞれ準備した。</p>
<p>研究結果</p>	<p>雌セキセイインコに何も聴かせなかった場合と song を聴かせた場合とでは、何も聞かせなかった個体では ZENK の発現は見られなかった（説明書の図参照）。また、control の song を呈示した個体に比べて、simple 呈示、complex 呈示の個体の NCM では ZENK 免疫陽性細胞数が著しく多く観察された（説明書の図参照）。つまり、NCM においては単純な song よりも複雑な song の方が ZENK に対する反応性が高いことが示唆された。NCM 近傍の caudomedial hyperstriatum ventrale（CMHV）においても同様の結果が得られたが、CMHV における ZENK 発現パターンと NCM の発現パターンは若干異なるようであった。また、異種よりも同種の方が ZENK に対する反応性が高いという鳴禽類での報告があるが、キンカチョウの song を聴かせた雌セキセイインコ個体では、予想に反して、多数の ZENK 免疫陽性細胞数を観察した。種の違い、あるいは同種における雌雄差があるのかもしれない。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>現段階では、我々は刺激呈示用 song において「レパトリー・サイズ」が大きい song を複雑な song と定義したが、この詳細な音響的な分析が必要と思われる。song の複雑さを決めている因子は「レパトリー・サイズ」だけが問題ではないのかもしれない。また、将来いろいろな song 呈示（あるいはコンピュータで作った人工音も含めたいろいろな音声）によって誘導された NCM などの脳部位の 3 次元的なパターン分析（精密な画像解析技術）が必要となるであろう。刺激音声と脳内における空間的な ZENK 発現パターンとの間に何らかの法則性、規則性、関連性が見出せれば、それはたぶん、「音声聴覚（auditory perception）」の痕跡の一部を我々は得たことになり、「音声聴覚情報の脳内表現」の理解できる突破口になると思われる。</p>



雌セキセイインコNCMにおけるZENK免疫陽性細胞の異なるwarble song刺激による反応性。A)後部終脳の前額断面図。Field L2 (図中灰色部分)は視床卵形核より投射を受ける鳥類の一次聴覚野である。B)Nissl染色写真。NIH Imageを使ったコンピュータ画像処理を行った測定箇所(図中長方形)を示す。C)無音条件。D)simpleなsongを聴かせた場合。E)normalなsongを聴かせた場合。F)complexなsongを聴かせた場合。呈示刺激の“複雑度”によって、単位区域あたりのZENK免疫陽性細胞数の相違が観察される。図中スケール:1 mm(A), 500 μm(B), 50 μm(C, D, E, F)。解剖学的略語の説明は省略。

(注:フローチャート図,ブロック図,構成図,写真,データ表,グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。)