

平成23年4月15日現在

機関番号： 82401

研究種目： 若手研究(B)

研究期間： 2008～2010

課題番号： 20700306

研究課題名(和文)

小鳥の歌学習における大脳基底核ニューロンの機能的役割

研究課題名(英文) Role of basal ganglia neurons in the songbird vocal learning.

研究代表者

柳原 真 (YANAGIHARA SHIN)

独立行政法人理化学研究所・発声行動機構研究チーム・研究員

研究者番号： 60392156

研究成果の概要(和文)：

従来、ソングバードの大脳基底核がさえずりの学習に必須であり、基底核ニューロンがさえずりに関連した神経活動を示すことは知られていたが、睡眠中どのような神経活動を示すか不明であった。本研究により、(1) 幼鳥基底核ニューロンは、さえずり行動中に示した神経活動と同様の活動を睡眠中に示し、(2) 成鳥基底核の局所電場電位(LFP)は睡眠中にガンマオシレーションを示すことが明らかになった。さえずり行動中だけでなく、睡眠中における大脳基底核の自発的神経活動が、さえずりの学習や既に学んださえずり行動の維持に関わる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：

Songbird basal ganglia (BG) circuitry is critical for vocal learning, and the BG neurons shows singing-related activity. To date, it remains unknown whether the BG neurons could exhibit singing-like neural activity during sleep. This study demonstrates that (1) BG neurons in sleeping juvenile songbird exhibited characteristic neural activity similar to singing-related activity, (2) LFP recorded from adult songbird BG exhibited gamma oscillation during sleep, suggesting that these sleep-related neural activity in the songbird BG may play an important role in the learning and maintenance of song.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：神経科学・神経科学一般

キーワード：ソングバード、臨界期、発声学習、大脳基底核、睡眠

1. 研究開始当初の背景

ソングバード（鳴禽類の小鳥）は、臨界期にさえずりを学習する。その脳内にはさえずりの学習や運動制御に特化した神経回路が明瞭に存在することから、学習の脳内メカニズムを探る上で非常に適した動物といえる。しかも、哺乳類の大脳皮質－基底核回路に相当する神経回路がさえずりの学習に必須であることが知られており、この回路における神経細胞の生理・解剖学的知見も蓄積されてきた(Doupe et al. 2005)。他方、さえずりの学習に睡眠が重要であることを示唆する行動学的知見(Deregnaucourt et al. 2005)や、さえずりの運動制御に関わる領域において睡眠中にさえずり行動中見られた神経活動が再生される現象が報告されている(Dave & Margoliash 2000)。

2. 研究の目的

実際にさえずりをおこなっている時だけでなく、睡眠中においてもさえずりに関わる神経回路全域が活性化し、これがさえずりの学習や既に学んださえずり行動の維持に関わる可能性がある。これまでのところ、さえずりの学習に必要な大脳基底核のニューロン群が睡眠中どのような神経活動を示すのか、不明であった。本研究では、行動中のソングバード大脳基底核からニューロン活動を記録し、①基底核のニューロンがさえずり行動中だけでなく睡眠中にも特徴的神経活動を示すか否か、②臨界期に学習をおこなっている幼鳥と臨界期を過ぎた成鳥でさえずり行動中や睡眠中の神経活動に違いが見られるかどうか明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

既に確立した行動中における単一ニューロン活動記録の手法を用い(Yanagihara & Hessler 2006、図1参照)、さえずり行動中、睡眠中におけるソングバード大脳基底核から単一ニューロン活動、局所電場電位(LFP: local field potential)を同時記録した。これにより、行動中のソングバード脳内から長時間安定な神経活動の記録が可能であった。



図1. 行動中のソングバード脳内から細胞外記録された神経活動と記録装置

4. 研究成果

(1) 臨界期における幼鳥大脳基底核の神経活動

近年、睡眠が記憶・学習に重要な役割を果たすことを示唆する多くの知見が蓄積されつつある。しかし、学習臨界期における睡眠機能に関する知見は数少ない。臨界期における睡眠中の脳神経活動の機能を探るため、臨界期に発声学習をおこなっているソングバード幼鳥を用い、行動中と睡眠中の神経活動の比較をおこなった。ソングバードのさえずり学習に必須である大脳基底核のニューロン群は、striatal type と pallidal type の細

胞に大別できる (Farries & Perkel 2002)。実際、行動中における幼鳥の基底核ニューロンの活動記録からも、自発活動の発火頻度の明瞭な違いから、それぞれ striatal type、pallidal type と考えられるニューロン活動が同定できた。この基底核における出力細胞と考えられる pallidal ニューロンの発火特性について詳細な解析をおこない、以下の知見を得た。覚醒中、pallidal ニューロンは高頻度の自発発火を示し、さえずり行動特異的に発火頻度がさらに上昇する。睡眠中、このタイプのニューロンは間欠的に自発発火活動の上昇を繰り返す。同一ニューロンの覚醒中、さえずり行動中、睡眠中における活動を発火の様々なパラメータについて比較した。その結果、睡眠中における自発発火活動に、さえずり行動特異的な発火様式が存在が確かめられた。麻酔下における研究から (Person & Perkel 2007)、視床に投射する pallidal ニューロンは firing deceleration (発火頻度の減速) によって基底核から視床へ情報を伝える可能性が指摘されている。本研究により、実際にさえずり行動をおこなっている際にも、pallidal ニューロンが firing deceleration を示すことも分かった。さらに、睡眠中においても同様の活動が見られたことから、さえずりに関連する情報が睡眠中にも基底核から視床へ伝播することが示唆された。

(2) 成鳥大脳基底核の神経活動

学習臨界期を過ぎた成鳥の大脳基底核において、同様に行動中および睡眠中の神経活動記録をおこなった。その結果、①さえずり特異的な活動を示す基底核ニューロンが睡眠中にも明瞭な神経活動の上昇を示し、②このとき、局所電場電位 (LFP) がガンマオシレーションを示し、③このオシレーション中に発生した個々のスパイクが LFP の特定の位

相に同期することを見出した。

睡眠中のソングバード大脳基底核が示すこれら特徴的な自発的神経活動が、臨界期におけるさえずりの学習や既に学んださえずり行動の維持に関与する可能性があり、今後さらに因果関係を検証していく必要がある。

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)

[学会発表] (計 5 件)

- ① Shin Yanagihara and Neal Hessler
High-frequency oscillation of local field potential (LFP) and phase-locked spikes in a songbird basal ganglia nucleus Area X during sleep (Abstract) Annual Meeting of Japan Neuroscience Society (Kobe, Japan) September 2-4, 2010.
- ② 柳原 真「ソングバード大脳基底核のさえずり行動中および睡眠中の神経活動」大脳皮質—大脳基底核連関と前頭葉機能 (第3回) 平成21年度生理学研究所研究会 (自然科学研究機構・生理学研究所、愛知県岡崎市、2009年11月26日~27日)
- ③ Shin Yanagihara and Neal Hessler
Singing- and sleep-related neuronal activity in songbird basal ganglia (Abstract) Annual Meeting of Society for Neuroscience (Chicago, USA) October 17-21, 2009.
- ④ Shin Yanagihara and Neal Hessler
Singing- and sleep-related neuronal activity in basal ganglia of songbird during sensorimotor learning period. (Abstract) Annual Meeting of Japan Neuroscience Society (Nagoya, Japan) September 16-18, 2009.

- ⑤ Shin Yanagihara and Neal Hessler
Singing-related neural activity in
basal ganglia of juvenile songbird. The
e30th Annual Meeting for The Japan
ese Society for Comparative Physiol
ogy and Biochemistry (Sapporo, Japa
n) July 19-21, 2008. Invited talk

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳原 真 (YANAGIHARA SHIN)

独立行政法人理化学研究所

発声行動機構研究チーム・研究員

60392156