

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23530971

研究課題名(和文)側頭葉における報酬に基づいた視覚刺激の連合記憶メカニズムの解明

研究課題名(英文)Neuronal mechanisms underlying representation of upcoming reward outcomes in macaque temporal cortex

研究代表者

菅生 康子 (Sugase-Miyamoto, Yasuko)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号：40357257

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：視覚刺激と報酬の連合では、特に視覚刺激と報酬あるいは無報酬の連合関係が逆転する行動課題においてサルの内側側頭葉の嗅周囲皮質が重要であることが示唆されている。しかし、視覚刺激と報酬/無報酬の連合関係が状況に応じて変化する場合に、嗅周囲皮質のニューロンが視覚刺激や報酬/無報酬の情報をどのように表現し、情報の連合に關与するのかが明らかでなかった。同じパターン刺激が、その直前に提示される色刺激によって報酬が無報酬に關係づけられる行動課題を用いて、パターン刺激呈示中の嗅周囲皮質の単一ニューロン活動を記録した。その結果、課題関連ニューロンの約半数が報酬の有無の情報を表現していることが分かった。

研究成果の概要(英文)：The importance of the perirhinal cortex for reward-related information processing has been suggested. To examine whether or not neurons in this cortex represent reward information flexibly when a visual stimulus indicates either a rewarded or unrewarded outcome, we examined neuronal activity in the macaque perirhinal cortex using a conditional-association cued-reward task. The task design allowed us to study how the neuronal responses depended on the animal's prediction of whether it would or would not be rewarded. Two visual stimuli, a color stimulus followed by a pattern stimulus, were sequentially presented. Each pattern stimulus was conditionally associated with both rewarded and unrewarded outcomes depending on the preceding color stimulus. An activity depending on the upcoming reward outcomes was observed during the pattern stimulus presentation, indicating that the perirhinal cortex neurons flexibly signals the meaning of a stimulus independent of the identity of the stimulus.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：記憶 視覚 報酬 連合

1. 研究開始当初の背景

我々の日常生活において記憶機能は重要な役割を担っている。また、長寿化が進むにつれ、記憶の機能が衰える認知症への対応が社会の大きな課題となってきた。記憶や認知の脳内メカニズムを明らかにすることは、認知症を理解し、認知症患者のクオリティ・オブ・ライフを向上する技術開発の手掛かりを得ることにつながる。そのため、状況に応じて物事を識別する脳のメカニズムを明らかにすることが重要であると考えた。

人や動物には複数の事象を相互に関連付ける「連合」の能力がある。しかし事象間の連合関係は常に一定ではなく、状況に応じて変化する。従って、状況に応じて柔軟に複数の事象の情報を連合することが生存や社会行動に重要である。

視覚刺激と報酬の連合には、霊長類では内側頭葉の嗅周囲皮質が重要であることが破壊実験や電気生理学実験により示唆されている。特に、視覚刺激と報酬あるいは無報酬の連合関係が逆転する課題において、嗅周囲皮質が必須であることが破壊実験により示唆されている。従って、同一の視覚刺激と報酬/無報酬の連合関係が状況により変わる場合に嗅周囲皮質が重要であると考えられる。しかし、視覚刺激と報酬/無報酬の連合関係が状況に応じて変化する場合に、嗅周囲皮質のニューロンが視覚刺激や報酬/無報酬の情報をどのように表現し、視覚刺激と報酬の連合に関与するのかが明らかでなかった。

2. 研究の目的

視覚刺激と報酬/無報酬の連合関係が状況に応じて変化する場合に、嗅周囲皮質のニューロンが視覚刺激や報酬/無報酬の情報をどのように表現し、視覚刺激と報酬の連合に関与するのかを明らかにする。

3. 研究の方法

同一の視覚刺激が報酬あるいは無報酬と連合する時の嗅周囲皮質のニューロンの情報処理を調べた。そのための実験手法として条件性連合課題を開発した。課題を遂行しているアカゲザルの嗅周囲皮質から単一ニューロン活動を記録した。条件性連合課題は、2つの視覚刺激(カラー刺激とパターン刺激)の組み合わせが報酬あるいは無報酬と連合する課題である。先行提示するカラー刺激により同一のパターン刺激が報酬あるいは無報酬と連合する。従ってサルはカラー刺激を記憶し、続いて提示されるパターン刺激を見ることで報酬/無報酬を期待することができる。パターン刺激提示期のニューロン活動に報酬の有無の情報、パターン選択性、カラー選択性がコードされているかを調べた(二要因分散分析、要因1=カラー、要因2=パターン、交互作用)。これらの選択性を示したニューロンを「課題関連ニューロン」と定義した。さらに、報酬の有無はカラー刺激とパターン刺激の組み合わせにより決まるので、特定のカラー・パターン刺激の組み合わせの情報をコードしているかも調べた。

4. 研究成果

218個の単一ニューロン活動を記録した。解析した結果、パターン刺激提示期に87個(40%)が課題関連ニューロンであった。87個のうち39個(39/87, 45%)が報酬の有無の情報、61個(61/87, 70%)がパターンの種類の情報、30個(30/87, 34%)が先行提示されたカラーの情報を示した。すなわち、パターン刺激提示期というまだ実際に報酬が与えられていない期間であるにもかかわらず、課題関連ニューロンの約半数が報酬の有無の情報を表現することが分かった。また、18個(18/87, 21%)がカラー・パターン刺激の組み合わせの情報を示した。報酬の有無の情報の潜時はパターン情報の潜時よりも長かった。また、カラー・パターン

刺激の組み合わせの情報の潜時はパターン情報の潜時や報酬の有無の情報の潜時と有意な差はなかった。

さらにパターン情報のみを示したニューロンについて、その活動が純粋に視覚刺激の物理的特徴を反映した活動なのかどうかを調べた。具体的には、条件性連合課題と注視課題におけるパターン刺激呈示期のニューロン活動を比較した。注視課題では各パターン刺激の呈示後に報酬が与えられる。解析した結果、パターン情報のみを示したニューロンの約半数において、注視課題ではパターン情報が消失することが分かった。すなわち、条件性連合課題におけるパターン情報の多くは純粋に視覚刺激の物理的特徴を反映したものではないこと、また条件性連合課題遂行中には嗅周囲皮質のニューロンがパターンを弁別する能力が高まることが明らかになった。

本研究結果は、同一の視覚刺激が報酬あるいは無報酬と連合する課題において傍嗅皮質のニューロンが視覚刺激の物理的特徴に関わらず、視覚刺激の意味、すなわち報酬の有無の情報を表現することを示唆している。また、パターン選択性、カラー・パターン刺激の組み合わせの情報、報酬の有無の情報の潜時より、傍嗅皮質における報酬の有無の情報表現は階層的な処理により行われている可能性が示唆される。第一段階で、カラー刺激とパターン刺激の情報を組み合わせることでカラー・パターン刺激の組み合わせの情報を表現する。さらには、第二段階でカラー・パターン刺激の組み合わせの情報と報酬/無報酬を連合することで、パターン刺激呈示期に報酬の有無の情報を表現している可能性がある。

以上の結果は、状況に応じてある出来事の認識を柔軟に変化させる時の脳内情報処理メカニズムに、嗅周囲皮質内部の神経機構が関与していることを示唆する。

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2件)

Ohyama K, Sugase-Miyamoto Y, Matsumoto N, Shidara M, Sato C. "Stimulus related activity during conditional associations in monkey perirhinal cortex neurons depends on upcoming reward outcome", Journal of Neuroscience, vol. 32 (48), pp. 17407-17419, 2012.

Toda K, Sugase-Miyamoto Y, Mizuhiki T, Inaba K, Richmond BJ, Shidara M. "Differential Encoding of Factors Influencing Predicted Reward Value in Monkey Rostral Anterior Cingulate Cortex", PLoS One, Vol. 7 (1), e30190, 2012.

[学会発表](計1件)

Ohyama K, Sugase-Miyamoto Y, Matsumoto N, Shidara M, Sato C, "Specific neuron represents combinations of visual stimuli in area TE and reward contingency in perirhinal cortex," Neuroscience 2011, Washington DC, USA, 2011/11/13

[その他]

ホームページ等

http://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/nr20130110/nr20130110.html

状況に応じて物事の意味を柔軟に認識する脳の活動を発見

6. 研究組織

(1)研究代表者

菅生 康子 (SUGASE, Yasuko)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号：40357257

(3)連携研究者

松本 有央 (MATSUMOTO, Narihisa)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒュー
マンライフテクノロジー研究部門・主任研
究員

研究者番号：00392663

設楽 宗孝 (SHIDARA, Munetaka)

筑波大学・人間総合科学研究科・教授

研究者番号：10357189