

学習による聴皮質の時空間的神経活動の状況依存的な可塑性

機械情報工学科 40287 船水章大

指導教員 高橋 宏知 講師

1. 背景

物事の捉え方は状況依存的に変化する。例えば、男性が歩いてくる姿を女性が見るとき、日中と夜間では、男性に抱く恐怖感が異なる。先行研究で、物事の認識や記憶に、感覚野が関与していることが示唆されるため^[1]、物事の状況依存的な捉え方にも、感覚野が関係していると考えられる。

2. 目的

本研究の目的は、感覚野で、状況依存的な物事の捉え方と時空間的神経活動パターンを関連付けることである。本研究では、感覚野のモデルとして聴皮質を用いる。物事の性質が状況依存的に変化することを、ラットに学習させるために、新しい条件付け方法を提案する。次に、それをラットの行動計測で評価する。さらに、条件付け前後で、聴皮質の時空間的神経活動パターンを比較する。

3. 方法

物事の捉え方が状況依存的に変わることを、ラットに学習させるために、図1に示す条件付けを実施し、行動計測で条件付けが適切に行われたかを評価した。次に、条件付け前後での聴皮質の時空間的神経活動パターンを比較した。条件付けでは、白色雑音(0.1 - 50 kHz)を背景音として提示したときだけ、条件刺激(CS)の純音(20 kHz, 80 dB SPL)と無条件刺激(US)の下肢への電気ショック(0.5 mA, 1 秒間)が同時に起こることを学習させた。無音下での条件付けを4回、雑音下での条件付けを3回、それぞれを交互に実施し、前者の各回ではCSのみを10回、後者の各回ではCS-USを5回ずつ与えた。CSの長さは20秒、各CS間の時間間隔は1-3分で任意とした。神経反応の計測では、聴皮質の一次聴覚野(A1)・前聴覚野(AAF)・腹聴覚野(VAF)^[2]の神経細胞で、様々な純音に対する反応の選択性を、無音下と雑音下で比較した。なお、音刺激には、任意の周波数(5 - 50 kHz)、音圧(30 - 90 dB SPL)の純音を用いた。

4. 結果

行動計測では、条件付け後、CSのみ、雑音のみ、CSと雑音を組み合わせた音を順番に、任意の間隔で3分間提示し、音の提示後から、ラットの硬直時間を計測した。その結果、表1に示すように、雑音下でCSを提示したときの硬直時間が他よりも長い傾向にあった。神経反応の計測では、無音下と雑音下で、音刺激を提示したところ、条件付け前では、雑音下でも純音に反応する神経細胞の割合は、A1, VAFでそれぞれ、9匹のラットから得た、43個中17個の40%、27個中12個の44%であり、条件付け後では、A1とVAFでそれぞれ、6匹のラットから得た、52個中38個の73%、38個中31個の82%であった。また、A1では、条件付け前は、神経細胞17個の雑音下での潜時(反応のピーク時間)の平均が23 msであったが、条件付け後は、38個の潜時の平均が18 msと早くなった。次に、各領野で計測した神経反応の例を図2に示す。A1, AAFでは、背景音の有無で、神経細胞は、周波数選択性

に変化がなかったが、VAFでは、31個中25個の神経細胞が、雑音下で、条件付けに用いた周波数の20 kHzに選択的に反応するようになった。

5. 結論

状況依存的な物事の捉え方を学習させるために、雑音下でのみ、純音と同時に電気刺激が起こる条件付けを提案した。そして、条件付け後の行動計測の結果、状況依存的な条件付けが成立している傾向があった。また、条件付け前後の聴皮質の神経活動パターンを比較した結果、一次聴覚野、腹聴覚野で、雑音下で純音に反応する神経細胞の割合が増えた。一次聴覚野で、雑音下での潜時が短くなった。さらに、腹聴覚野では、神経細胞の周波数選択性が、状況に応じて変化した。この結果は、一次聴覚野、腹聴覚野の情報表現は状況に応じて動的に変化することを示唆する。このように、状況依存的な情報表現の変化は、麻酔下のラットでも計測できた。これは、物事の捉え方は、脳のハードウェアに直接書き込まれた機能であることを示唆する。

参考文献

- [1] N. M. Weinberger, *Nature Rev Neurosci*, **5**: pp.279-290, 2004
- [2] H. Takahashi, et al., *Hear Res*, **210**: pp.9-23, 2005

表1 音提示後のラットの硬直時間 (s)

Rat #	1	2	3	4	5	6
CS(s)	173	163	203	322	129	375
Noise(s)	639	121	432	2042	153	102
CS+Noise(s)	657	739	620	549	121	567

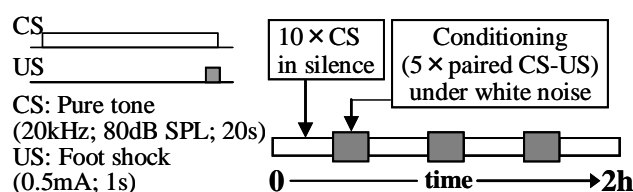


図1 条件付けのプロトコル

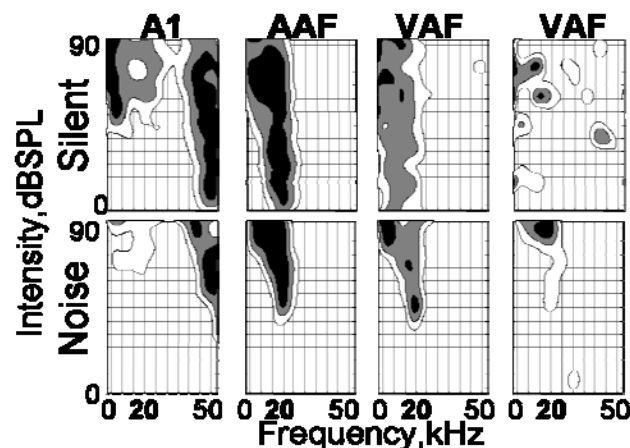


図2 背景音の有無による各領野の反応の変化

上:無音下, 下:雑音下. 刺激音の音圧, 周波数をそれぞれ縦軸, 横軸ととり, 各刺激音への細胞の発火頻度を等高線で示した