

音のオペラント学習による聴皮質の情報表現の変化

機械情報工学科 50287 三森 雄介
指導教員 高橋 宏知 講師

1. 研究の背景

感覚野の神経活動は、学習によって時空間的に変化する。先行研究より、学習の前後で感覚野の神経活動が変化することが知られている。しかし、学習中に、どのように感覚野の機能構造が変化するかは、未だ知られていない。

2. 目的

本研究の目的は、学習の到達度と神経活動の関係を調べることである。本研究では、感覚野のモデルとして聴皮質を用いる。学習の到達度の異なるラットで神経活動を計測するために、学習の到達度を調整できる、新しい実験系を提案する。次に、各ラットの聴皮質の神経活動を計測し、学習の到達度と比較する。

3. 実験方法

学習の到達度を調整するために、学習期間を調整した新しいオペラント条件付けを行った。次に、未学習、学習途中 (条件付け 4 日目)、学習後 (条件付け 10 日目) のラットで、聴皮質の神経活動を計測した。

オペラント条件付けでは、純音 (5 kHz, 80 dB SPL, 3 s) 提示時に鼻を突っ込むことで、報酬のスクロース錠剤が与えられることを学習させた。条件付け日数で、学習の到達度を調整するために、1 日当たりの純音の提示回数を、従来行われている実験^[1]の半分程度の 60 回とした。なお、純音の間隔は 15 - 25 秒で任意とした。さらに、学習の到達度を表す関数 (performance rate) を定義し、ラットの行動を評価した。

神経活動の計測では、表面電極を用いて、脳表から聴性誘発電位を計測し、聴皮質を同定した。聴皮質に、微小電極アレイを刺入し、様々な純音刺激で誘発される発火電位を計測した。各計測点で、最も低い音圧で神経細胞が発火する周波数 (特徴周波数) を調べた。聴皮質全体での特徴周波数の分布を調べ、同分布から聴皮質の中心を同定した。条件付け日数の同じラットで、中心を基準に特徴周波数の分布を重ね、学習の到達度と特徴周波数の分布の関係を調べた。

4. 実験結果

図 1 に、オペラント条件付けの日数と学習の到達度の関係を示す。同条件付けでは、学習を行った期間に比例して、学習の到達度が増加した (1 日目 - 4 日目 : $p = 9.4 \text{ E-}04$, 4 日目 - 10 日目 : $p = 1.3 \text{ E-}02$)。

図 2 に、学習の到達度と聴皮質の面積との関係を示す。学習途中のラット、学習後のラットの聴皮質の面積が、未学習のラットに比べて、それぞれ、81%、39% になった。また、学習途中のラットでは、未学習のラットに比べて聴皮質の背側の面積が減少し、学習後のラットでは、背側・腹側両方の面積が減少した。なお、背側は一次聴覚野に、腹側は二次聴覚野に相当する。図 3 に、学習の到達度と特徴周波数の分布との関係を示す。学習途中のラットでは、条件付けに用いた純音の周波数帯のみ、機能構造が変化した (4 - 8 kHz : $p = 2.5 \text{ E-}02$)。また、学習後のラットでは、未学習のラットに比べて、すべての周波数帯で機能構造が変化した (1 - 4 kHz : $p = 1.4 \text{ E-}02$, 8 - 16 kHz : $p = 1.25 \text{ E-}07$, 32 - 50 kHz : $p = 2.5 \text{ E-}03$)。

5. 結論

学習の到達度と、神経活動の関係を調べるために、学習期間によって学習の到達度を調整できるオペラント条件付けを提案した。次に、聴皮質の神経活動を計測し、学習の到達度と比較した。計測結果より、聴皮質の機能

構造の変化が、一次聴覚野^[2]から始まることを示唆する。また、聴皮質の機能構造の変化は、学習に関連した情報を処理する部位から始まることを示唆する。これらの結果は、学習の到達度に応じて、聴皮質の機能構造が段階的に変化することを示唆する。

参考文献

- [1] R G. Rutkowski et al. "Encoding of learned importance of sound by magnitude of representational area in primary auditory cortex." Proc. Natl. Acad. Sci., **102**: pp.13664-13669, 2005
[2] H. Takahashi et al. "Cortical mapping of auditory-evoked offset responses in rats." NeuroReport, **15**(10): pp.1565-1569, 2004

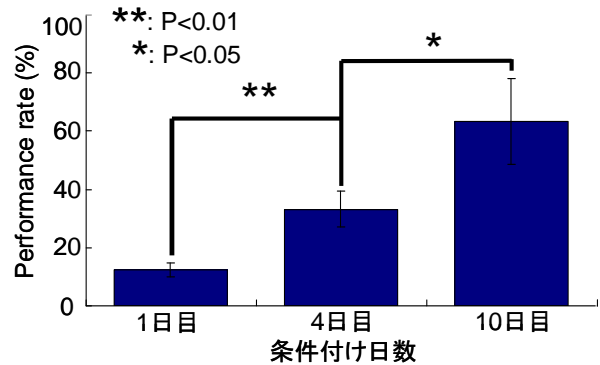


図 1 実験日数と学習の到達度の変化

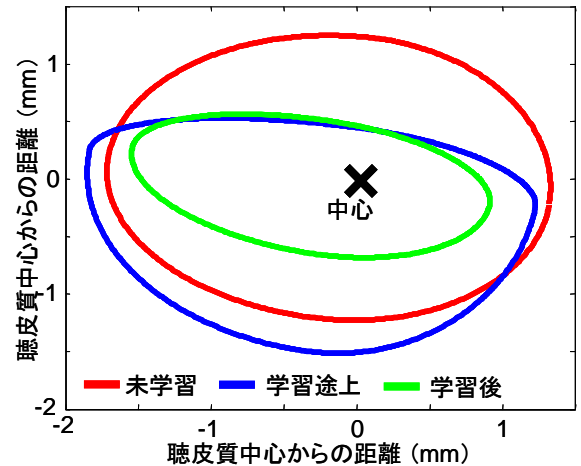
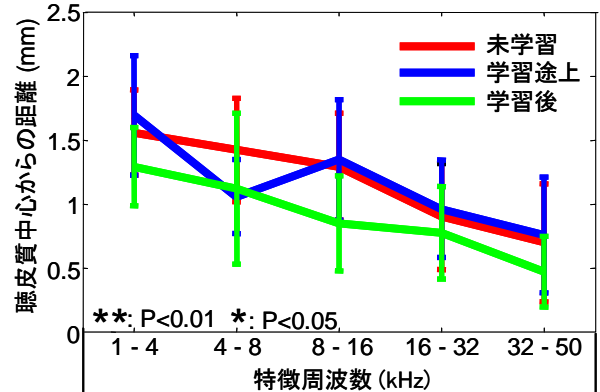


図 2 学習の到達度と聴皮質の面積との比較



	未-途	途-後	未-後
未-途		*	
途-後	*		**
未-後	*	**	**

図 3 周波数帯の聴皮質中心からの距離の比較