

状況察知のための聴皮質における質感の情報処理

機械情報工学科 70261 磯口 知世

指導教員 高橋 宏知 講師

1. 研究の背景

動物にとって、状況察知は生存していくために重要である。特に、音の質感の変化を識別することは、聴覚による状況察知を行う上で重要であると考えられる。こうしたことから、音の質感の変化によって誘発される脳神経活動を精査することは、状況察知アルゴリズムの解明に大きく貢献すると考えられる。

本研究では、音環境変化に依存した反応として、Mismatch Negativity (MMN) に注目した。MMN は、認知的に識別可能な音の質感の変化によって、意識、注意に関わらず生じる陰性反応である。

2. 目的

本研究の目的は、第一にラット聴皮質における MMN の多点同時計測により、その空間的分布と特徴を調べることである。第二に行動実験により、協和音、不協和音という異なる質感をラットが区別できることを示すことである。第三に、ラット聴皮質で、質感の差異による MMN の存在と特徴を調べることである。

3. 実験方法

生理実験：麻酔下のラット聴皮質において、MMN の 64 点同時計測を行った。音刺激として、発生確率が異なる 2 種類の純音 (1 - 50 kHz, 60 dB SPL) または和音を一定の時間間隔で提示した (図 1)。次に、各純音の発生確率を逆転させて同様の刺激を提示した。それぞれの周波数ごとに、発生確率が高い場合 (standard) の局所電場電位と、低い場合 (deviant) の局所電場電位の差分をとり、差分の 45 - 150 ms における最大値を MMN の大きさとした。得られた MMN の大きさを周波数ごとに比較した。また、MMN の最大値を 1 として正規化し、MMN の聴皮質における空間的分布を比較した。

行動実験：ラットに不協和音に対する恐怖条件づけ (Fear conditioning) を行った。条件刺激 (CS) として 2 種類の不協和音と無条件刺激 (US) として電気刺激 (0.3 mA) を用いた。一方で協和音を 2 種類用意し、これらと US は連合せなかつた。条件づけの 24 時間後に、ラットの行動を計測した。図 2 に示すように、各音に対してラットが恐怖を感じて硬直 (Freezing) した時間を計測した。なお、それぞれの刺激の間には十分な時間をあけた。

4. 結果

聴皮質における多点同時計測により得られた波形の一例を図 3 に、MMN の空間分布を図 4 に示す。MMN は一次聴覚野 (A1) と共に、腹聴覚野 (VAF) から大きく発生していることが示された。さらに周波数ごとの MMN の大きさを図 5 に示す。提示される音の周波数の上昇によって生じる MMN は、周波数の下降によって生じる MMN よりも大

きく、音の変化の仕方によって MMN が非対称性を有することを示した。(t 検定, $p=5.62 \times 10^{-7}$)

行動計測の結果、硬直した時間の割合を図 6 に示す。ラットは学習に用いていない未知の不協和音に対しても硬直行動を示し、一方で未知の協和音に対しては硬直行動を示さなかつた。この結果から、ラットが、不協和音・協和音の質感を区別できることを示した。(t 検定, $p=1.1 - 2.9 \times 10^{-3}$)

多点同時計測により得られた協和音・不協和音の MMN の大きさを図 7 に示す。ラット聴皮質において、質感の差異による MMN が存在することを示した。さらに、協和音によって生じる MMN は、不協和音によって生じる MMN よりも大きく、質感の差異による MMN も非対称性を有することを示した。(t 検定, $p=1.47 \times 10^{-163}$)

5. 結論

MMN の大きさにおける非対称性を考察することにより、以下の知見を得た。

- ・音の質感は聴皮質レベルで表現されている
- ・MMN の非対称性は、音環境変化に対する重みづけであり、MMN が状況察知のアルゴリズムと深く関わっている可能性が示唆される



図 1 Oddball situation での音刺激

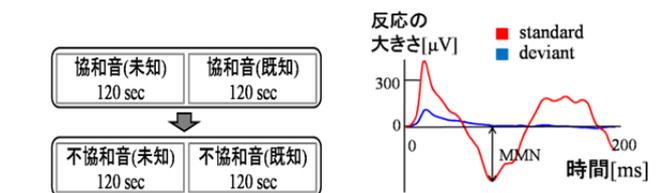


図 2 行動計測プロトコル

図 3 計測された表面電位

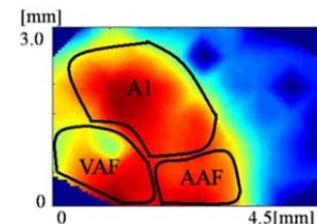


図 4 MMN の空間分布

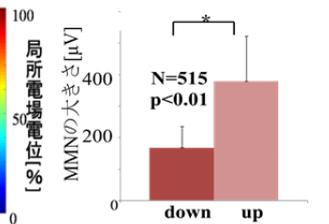


図 5 周波数による MMN の大きさ

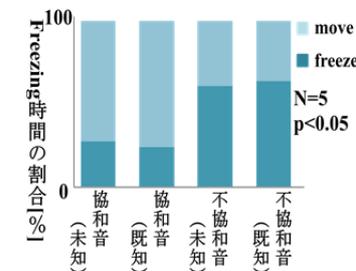


図 6 行動計測結果

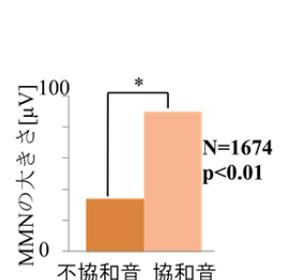


図 7 和音ごとの MMN の大きさ