

# 危険音と非危険音の脳内表現：fMRI全脳デコーディングによる検討

山本 輝汰 【知覚認知脳情報研究室】

## 1 はじめに

情動反応は従来は扁桃体によって生じると考えられていたが、近年は脳全体の活動によって生じると考えられている。Wen ら [1] によると、危険や安全の情報は、全脳に分散したネットワークの活動パターンとして表現・識別されることが示されている。情動反応の中でも、恐怖反応は生物の危険回避行動に直結するものであるため、特に重視される反応である。恐怖反応を引き起こすものの1つに危険に結びつく音（危険音）があり、危険音に対する脳の反応を明らかにすることは、ヒトの防衛メカニズムを理解するうえで重要である。

そこで本研究では危険音に着目し、危険音や危険に結びつかない音（非危険音）を聞いたとき、脳のどの領域が関連するかを明らかにするために、fMRI を使った全脳デコーディングを行い検討した。

## 2 実験方法

### 2.1 実験装置及び参加者

実験では SIEMENS 製の MRI 装置 (MAGNETOM Prisma 3T) を使用した。TR は 2 s、ボクセルサイズは 3 mm<sup>3</sup> とした。音刺激の制御には MATLAB 上で動作する Psychtoolbox を使用した。参加者は OptoACTIVE のヘッドフォンを通して音刺激を聴取した。このとき、OptoACTIVE の Active Noise Control System により、fMRI の稼働音などのノイズを低減した。実験参加者の回答の取得には MRI 対応のボタンコントローラを用いた。実験の参加者は正常な視力（矯正含む）を持った 20～30 代の大学生の男女 8 名（男性 5 名、女性 3 名）であった。

### 2.2 実験条件及び手続き

音刺激には、環境音の標準データセットの 1 つである ESC-50 から危険音を 3 タイプ (Glass breaking, Car horn, Siren)、非危険音を 3 タイプ (Water drops, Brushing teeth, Wind) の計 6 タイプの音を用いた。音刺激の長さは TR 値に合わせるために 2 s にトリミングした。1 タイプにつき 40 種類の音があり、音刺激の総数は 240 種であった。

計測開始後、音刺激を 2 s 間呈示した。音刺激はランダム順に呈示した。1 s のインターバルの後、参加者は、手元のボタンコントローラで、呈示された音刺激が危険音であったか非危険音であったかを 1 s 以内に回答した。回答時間が終了すると 4, 6, 8 s の Rest 時間がランダムに設定された。その後、次の音刺激が再生された。この計 8～12 s を 1 試行とし、30 試行を 1 Run (5 m) として計 8 Run 行った。

## 3 解析

解析には BrainVoyager QX と MATLAB を使用した。音刺激呈示時に計測された脳のボクセル値から、危険音・非危険音の処理に関連する領域を明らかにするために Multi-Voxel Pattern Analysis (MVPA) を行った。分類には線形 SVM と Leave-one-run-out 法を使用したサーチライト分析を行った。サーチライトの大きさは、対象ボクセルを中心とした 9 mm の範囲であった。分類精度を検証するために、各ボクセルに対して  $t$  分布を用いた統計的仮説検定を行った。

## 4 実験結果

チャンスレベル (50%) より  $p < .05$  (補正なし) で危険音・非危険音の識別に寄与する可能性が示唆された脳の領域を  $t$ -map として図 1 から図 4 に示す。分類精度は高くなく、補正後は有意な領域は見られなかった。聴覚野と前運動野の  $t$  値が大きく、加えて左半球の二次視覚野にも  $t$  値の領域が示された (図 1)。

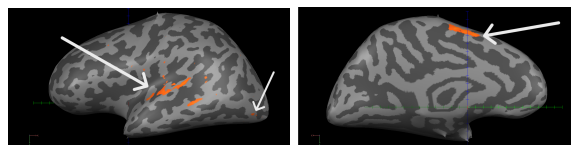


図 1 左半球外側面

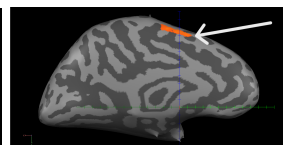


図 2 左半球内側面

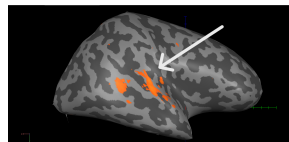


図 3 右半球外側面

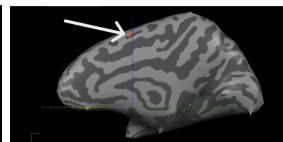


図 4 右半球内側面

## 5 考察

全脳デコーディングの結果から、危険音・非危険音の識別に関わる可能性がある脳領域は一次聴覚野、前運動野、左半球の二次視覚野であることが示唆された。しかし前運動野の反応については、危険音・非危険音の回答がボタン押しによって行われていることが影響している可能性がある。二次視覚野の反応については、音を聞いたときに、その状況の視覚イメージが想起されたことによる可能性がある。危険音・非危険音の識別には扁桃体よりも、聴覚の感覚皮質が関わることを示唆された。

## 参考文献

- [1] Wen, Z. et al. (2024). Distributed neural representations of conditioned threat in the human brain. *Nature communications*, 15(1), 2231.