

記憶の時間的文脈をコードする脳領域の探索

1265091 今村 拓未 【認知神経科学研究室】

Exploring Brain Regions That Encode the Temporal Context of Memory

1265091 IMAMURA, Takumi 【Laboratory of Cognitive Neuroscience】

1 はじめに

エピソード記憶は個人が経験した出来事に関する記憶であり、その出来事の内容に加え時間的文脈や空間的文脈など出来事を経験した時のさまざまな付随情報と共に記憶される [1]。

本研究では、エピソード記憶における文脈である時間的文脈をコード可能な脳領域があるのか検討した。

2 実験

本研究では、エピソード記憶における時間的文脈をコード可能な脳領域があるのか検討するため、以下の実験 1 および実験 2 を行った。

2.1 実験 1

実験概要

実験 1 では、10 年以上前に発売されたゲームのキャラクター（遠隔記憶）と発売から間もないゲームのキャラクター（近時記憶）を刺激として使用した。この実験の目的は、これらの遠隔記憶と近時記憶が異なる賦活パターンを示す脳領域を探索することである。参加者には、行動実験で近時記憶を学習してもらい、その後 fMRI 実験で遠隔記憶および近時記憶を想起してもらった。

実験装置

実験は MRI 装置を使用した。撮像パラメータはスライス数=72, TR=0.743s, TE=35.6ms, multi band factor=8, voxel size=2 × 2 × 2mm³ である。MRI 内の参加者からの応答を受け取るためボタンコントローラを使用した。刺激作成および制御は MATLAB で動作する Psychtoolbox を使用した。

刺激

2006 年発売のポケットモンスターダイヤモンド・パール、2019 年発売のポケットモンスターソード・シールドのポケモンをそれぞれ 3 つ（名前 3 種類、画像 3 種類）を使用した。

参加者

ダイヤモンド・パールを発売当時に遊んだことがあり、ソード・シールドをプレイしたことのない又はあまりプレイしたことのない大学生（男性 26 名、女性 6 名）

に対して実験を行った。なお、解析には頭の動きの酷い 1 名と反応時間の遅い 1 名の計 2 名を除外した 30 名（男性 24 名、女性 6 名）に対して解析を行った。

内容と手順

実験は行動実験と fMRI 実験の 2 日間で構成される。Day1(行動実験)：ソード・シールド（近時記憶）の 3 刺激を学習してもらうため、1 刺激につき 25 分間ゲームをプレイしてもらった。Day2(fMRI 実験)：fMRI 実験は遠隔記憶および近時記憶を想起させる実験である。1 試行の流れとして、参加者にまず刺激提示の合図を提示した。次に参加者に刺激に注目してもらうためボタンを押してもらった。その後、遠隔記憶もしくは近時記憶の刺激（画像又は名前）を 2 秒間提示した。最後に注視点を 11 秒間もしくは 13 秒間提示した。これを 1 試行とし、36 試行の実行を 1run とし、4run 行った。参加者には刺激が提示されている間、名前が表示されている場合、画像を思い浮かべてもらった。画像が表示されている場合、名前を思い浮かべてもらった。

解析

各試行のボクセルの賦活パターンを特徴量とし、遠隔記憶と近時記憶の分類を行う多変量パターン解析 (MVPA) を行った。

結果

遠隔記憶と近時記憶の賦活パターンの異なる脳領域を図 1 に示す。異なる賦活パターンを示した脳領域として「下前頭野・中心前回・帯状回・下側頭回・楔前部・外側後頭葉・後頭極」において確認された。

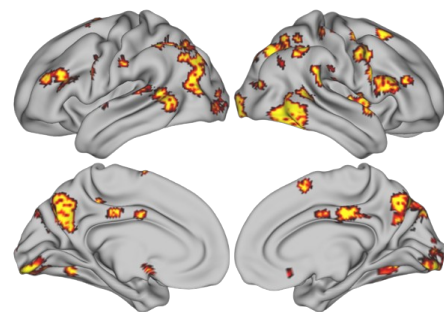


図 1 遠隔記憶と近時記憶の賦活パターンの異なる脳領域

考察

外側後頭葉、下側頭回などの腹側視覚経路に加えて、楔前部、中心前回、下前頭野において遠隔記憶と近時記憶において異なる賦活パターンが確認された。楔前部、中心前回、下前頭野においてエピソード記憶の時間的文脈をデコードできることが示唆された。また、視覚野においては遠隔記憶と近時記憶において異なる賦活パターンが確認されたが解像度の異なる刺激を提示していたためと考えられる。

2.2 実験2

実験概要

実験2では、道具又はおもちゃの画像を刺激として使用した。実験は午前と午後にそれぞれ3階と5階の部屋で実施した。この実験の目的は、時間に関連している脳領域を探索することである。参加者には、行動実験で道具又はおもちゃを実際に部屋の中で使っているところをイメージしてもらい、その後fMRI実験においてそれぞれの刺激をいつ見たかという時間、どこで見たかという場所を回答してもらった。

実験装置

実験1と同様のMRI装置及びボタンを使用した。刺激作成および制御はPythonで動作するPsychoPyを使用した。

刺激

道具又はおもちゃの画像を12種類使用した。

参加者

大学生および大学院生(男性27名、女性10名)に対して実験を行った。なお、解析には実験を中止した2名、頭の動きが酷い2名、fMRI実験において正答率の低い4名の計8名を除外した29名(男性19名、女性10名)に対して解析を行った。

内容と手順

実験は行動実験とfMRI実験の2日間で構成される。Day1(行動実験):午前と午後にそれぞれ3階と5階の部屋で実施した。各セッションにおいて参加者に3種類の異なる道具又はおもちゃの画像を提示し、それらを部屋で使用しているイメージをしてもらい、どのくらいイメージできたかを1から5の5段階で評価してもらった。各刺激を15回提示した。Day2(fMRI実験):道具又はおもちゃの画像をいつ、どこで見たかを想起させる実験である。1試行の流れとして、参加者にまず「いつ」もしくは「どこで」という指示を提示した。次に、注視点を1.5秒間提示した後に2秒間の刺激を提示した。その後、6秒間の注視点を提示し、参加者は「いつ」と指示された場合は「午前・午後」をボタンの押し分けで回答してもらった。「どこで」と指示された場合は「3階・5階」をボタンの押し分けで回答してもらった。最後に6秒間から8秒間の注視点を提示した。これを1試行と

し、24試行の実行を1runとし、5run行った。

解析

行動実験の各セッションごとの時間と場所に基づいて異なるリグレッサーを立てて作成した β マップを特徴量とし、MVPAの分析手法の1つである表現類似性分析(RSA)[2]を行った。

結果

RSAの結果を図2に示す。時間に関連した賦活パターンを示した脳領域として「小脳・上前頭回・中心後回・頭頂小葉・縁上回・高次視覚野・後頭極」において確認された。

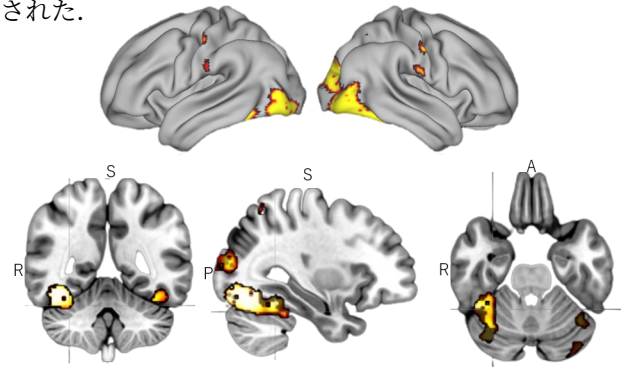


図2 時間に関連した賦活パターンを示した脳領域

考察

視覚野に加えて、小脳、上前頭回、中心後回、頭頂小葉、縁上回において時間に関連した賦活パターンが確認された。小脳、上前頭回、中心後回、頭頂小葉、縁上回においてエピソード記憶の時間的文脈をデコードできることが示唆された。また、視覚野においては時間に関連した賦活パターンが確認されたが視覚刺激による影響であると考えられる。

3 考察・まとめ

本研究によって、エピソード記憶における時間的文脈を表象すると考えられる多くの脳領域が明らかにされた。

実験1は近時記憶と遠隔記憶の長い時間間隔において賦活パターンの異なる脳領域の探索を行った。一方、実験2は午前と午後の短い時間間隔において時間に関連している脳領域の探索を行った。実験1は参加者に画像と名前を想起させており、これには時間以外の文脈が含まれている。一方、実験2は参加者に時間について回答してもらっているため実験1よりも純粋に時間的文脈を取り出せていると考えられる。

参考文献

- [1] 脳科学辞典, “エピソード記憶”, <https://bsd.neuroinf.jp/wiki/エピソード記憶>
- [2] Haroon Popal, Yin Wang, Ingrid R. Olson, “A Guide to Representational Similarity Analysis for Social Neuroscience”, Social Cognitive and Affective Neuroscience, pp.1243-1253, 2019