

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：24701

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K20155

研究課題名（和文）計算処理に関する大脳皮質活動のダイナミズムの解明

研究課題名（英文）Spatiotemporal dynamics of cortical activity related to calculation processing

研究代表者

中井 康雄（Nakai, Yasuo）

和歌山県立医科大学・医学部・講師

研究者番号：10584790

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：今回我々は計算課題中の皮質脳波を用いてヒトの計算機能に関して検討した。計算課題は視覚的及び聴覚的提示され、数字・演算提示時と回答時の高ガンマ律動の振幅変化率を算出した。聴覚的提示では1つ目の数字提示直後に上側頭回と中心前回の活性、中前頭回と紡錘回の抑制、視覚的提示直後に紡錘回や外側後頭葉の活性、演算提示の際は上側頭回と中心前回での活性、2つ目の数字提示後に縁上回の活性、回答直後に中心前後回が活性を認めた。計算課題時の脳活動の経時的変化を示すことができた。上側頭回は一次聴覚野、外側後頭葉や紡錘回は高次視覚野、中心前回は作業記憶および一次運動野、縁上回角回は計算の実行に関連する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

頭蓋内皮質脳波を用いて計算時の脳機能に関する脳機能マッピングが可能であることが示唆された。計算機能などの高次脳機能は直接電気刺激では評価しにくく、皮質脳波は直接電気刺激よりも低侵襲なマッピング手法であり、術前評価として臨床的に有用である可能性がある。

研究成果の概要（英文）：We determined the spatiotemporal dynamics of neural activity during arithmetic tasks. We studied five patients with drug-resistant focal epilepsy with chronic electrocorticography recording as part of presurgical evaluation. High gamma activity (HGA; 70-110Hz) was treated as summary measures. HGA was measured at the moment of visual and auditory presentations, and overtly answering the questions. Immediately after the auditory presentation of the first number, HGA was augmented in the superior temporal and precentral gyri. HGA was augmented in the supramarginal gyrus after the auditory presentation of the second number. Our preliminary results provided the different dynamic cortical activity with an excellent temporal resolution during visual and auditory arithmetic tasks. These results may support the supramarginal gyrus plays an executive role during the arithmetic task and the neural activation in the precentral gyrus reflects the working memory function.

研究分野：脳神経外科、認知科学

キーワード：頭蓋内皮質脳波 高ガンマ律動 計算課題 脳機能マッピング

1. 研究開始当初の背景

ヒトの計算能力は日常生活に必要不可欠であり、最も高次な脳機能の一つと言っても過言ではない。機能的MRIを用いた先行研究では、ヒトが単純な計算する時に、両側前頭葉、頭頂葉、側頭葉底部を含む広い範囲での脳皮質の活性化が観察され、特に左側の下前頭回、頭頂葉皮質の活性化が強かったことを報告した(Rickard TC, et al. 2000)。また、頭蓋内脳波解析の研究では、計算式を見せて答えの正誤を答えさせる際に、後頭葉、前頭葉および頭頂葉、運動野の順に活性化したと報告されている(Vansteensel MJ, et al. 2014)。

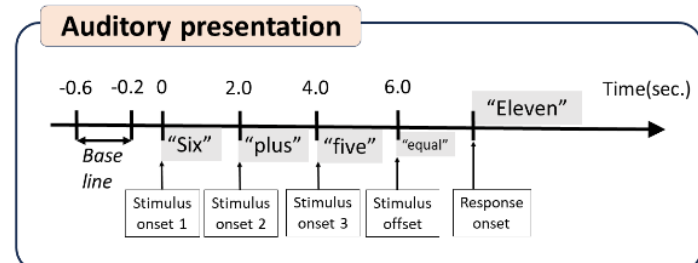
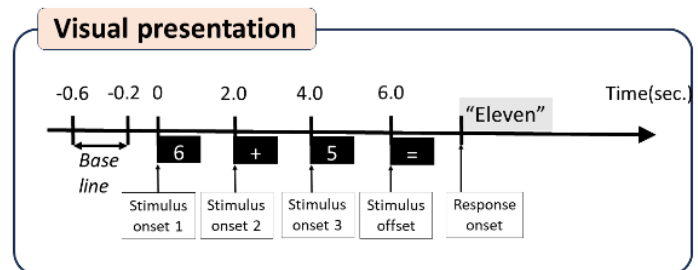
2. 研究の目的

本研究の目的は、計算処理している最中の神経活動が、どの領域で、どのタイミングで、どの順序で脳起こっていたか詳細な変化を頭蓋内皮質脳波の変化を用いて明らかにすることである。

3. 研究の方法

対象は術前診断および脳機能マッピングの目的で慢性頭蓋内電極留置を行った難治性焦点てんかん5例である。計算課題時に測定された頭蓋内皮質脳波は、てんかん発作起始部、棘波、アーチファクトを除いた333電極から測定され、Sampling rateは1000Hzであった。計算課題は視覚的と聴覚的な提示をそれぞれ分けて行った。演算は足し算と引き算が含まれた。一つ目の数字の提示、演算の提示、2つ目の数字の提示、イコールの提示、口頭で答えた時に、その前後の皮質脳波を時間周波数解析し、70 - 110 Hzの高ガンマ周波数帯域の振幅を抽出した。ベースラインを1つ目の数字の提示より200から600ミリ秒前の振幅の平均と定義し、各時間における変化率を算出した。電極が留置された解剖学的位置はFreesurferにおけるラベリングを用いて決定され、言語優位側と非優位側に分けて、各領域の変化の平均と標準誤差をグラフに示した。各時間での99%信頼区間を超えるものを有意な変化とした。

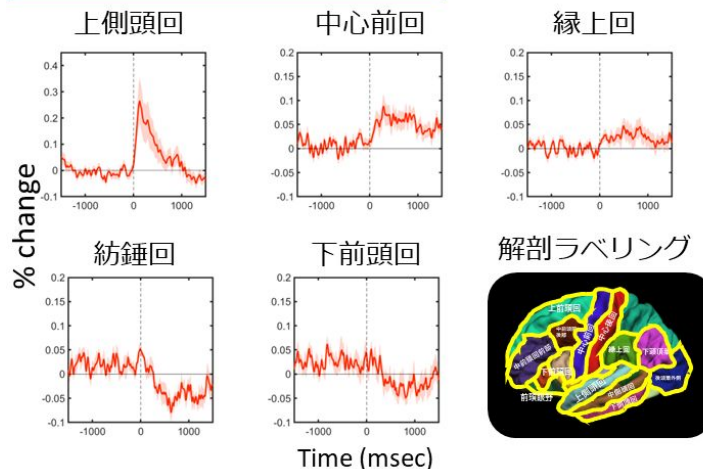
計算課題



4. 研究成果

言語優位側においては、1つ目の数字を聞いた直後に上側頭回、続いて中心前回が活性化、紡錘回と中前頭回は抑制された。1つ目の数字を見た直後に外側後頭葉、続いて紡錘回、中心前回が活性化した。演算を聞いた直後も、上側頭回と中心前回の活性化した。2つ目の数字を聞いた後、縁上回が活性化し、紡錘回と前頭眼野は抑制された。紡錘回の活性化は視覚的提示よりも聴覚的提示でのほうが大きい印象であった。繰り返しの有無での活動の違いははっきりしなかった。口頭で答える際には中心前回および中心後回ともに活性化を認めた。

2つ目の数字提示 (聴覚)



今回の結果から、計算課題時において活性化する脳領域の経時的変化の傾向を示すことができた。上側頭回は一次聴覚野、外側後頭葉や紡錘回は高次視覚野、中心前回は作業記憶および一次運動野が関連していることは過去の研究を支持する結果であった (Nakai Y, et al. 2019, Kambara T, et al. 2017)。縁上回角回は計算の実行時に活性化していることが示唆され、脳活動のダイナミズムが確認できた。頭蓋内皮質脳波を用いて計算時の脳機能に関する脳機能マッピングが可能であることが示唆された。計算機能などの高次脳機能は直接電気刺激では評価しにくく、皮質脳波は直接電気刺激よりも低侵襲なマッピング手法であり、術前評価として臨床的に有用である可能性がある。脳活動の評価においては解剖学的ラベリングの限界があるため、さらなる詳細な検討が必要であると考えられる。また、計算に関してより特異的な機能を評価するためには、課題の内容の改善も必要と考えられた。本研究のような計算課題を細かく提示して脳機能进行评估している研究報告はまだ少ない。さらなる症例を蓄積が必要である。

<引用文献>

Rickard TC, Romero SG, Basso G, Wharton C, Flitman S, Grafman J. The calculating brain: an fMRI study. *Neuropsychologia*. 2000;38(3):325-335.

Vansteensel MJ, Bleichner MG, Freudenburg ZV, Hermes D, Aarnoutse EJ, Leijten FSS, Ferrier CH, Jansma JM, Ramsey NF. Spatiotemporal Characteristics of Electrocortical Brain Activity During Mental Calculation. *Human Brain Mapping*. 2014;35:5903-5920.

Nakai Y, Sugiura A, Brown EC, Sonoda M, Jeong JW, Rothermel R, Luat AF, Sood S, Asano E. Four-dimensional functional cortical maps of visual and auditory language: intracranial recording. *Epilepsia*. 2019 Feb;(60) 2:255-267

Kambara T, Brown EC, Jeong JW, Ofen N, Nakai Y, Asano E. Spatio-temporal dynamics of working memory maintenance and scanning of verbal information. *Clin Neurophysiol*. 2017 Jun;128(6):882-891

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1 . 発表者名 中井康雄
2 . 発表標題 Spatio-temporal dynamics of calculation-related high-gamma modulation; an electrocorticography study.
3 . 学会等名 Society for Neuroscience 2023 (国際学会)
4 . 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6 . 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	-------------------------------	-------------------------	----

7 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------