ワーキングメモリにおける特徴統合と脳の同期的活動

麻酔手法による検討

○源健宏¹・池田尊司²・遠藤香織¹・中江文³・荻阪満里子⁴

(¹京都大学大学院文学研究科・²大阪大学大学院工学研究科・³大阪大学大学院医学系研究科・⁴大阪大学大学院人間科学研究科)

キーワード：ワーキングメモリ、脳波、麻酔

Feature Binding in Working Memory and Neural Oscillation

Takehiro MINAMOTO¹, Takashi IKEDA², Kaori ENDO¹, Aya NAKAE³, and Mariko OSAKA⁴

(¹Grad Sch of Letters, Kyoto Univ., ²Grad Sch of Engineering, Osaka Univ., ³Grad Sch of Medicine, Osaka Univ., ⁴Grad Sch of Human Sciences, Osaka Univ.,)

Key Words: Working Memory, EEG, Anesthesia

【目的】

ワーキングメモリにおける情報の特徴統合には、脳領域間の同期的活動が重要な役割を果たすことが示唆されている (Ward, 2003)。しかしながら、同期的活動の因果的役割を実験的に検討するのは難しい。本研究では、脳の同期的活動に影響を及ぼすことが報告されている麻酔薬を投与し、それが特徴結合に与える影響を検討した。また、同時に脳波計測を実施し、事象関連電位と脳領域間のコヒーレンス強度を分析することで、特徴結合の基盤となる神経特性を明らかにすることを目的とした。

【方法】

被験者：成人男性 20 名 ($M = 22.93$, $SD = 3.13$) が実験に参加した。本研究は、大阪大学医学部附属病院臨床研究審査委員会より承認を受けた。

薬剤：静脈麻酔薬として知られるプロポフォールとミダゾラムのいずれかが投与された。鎮静は、予測血中濃度を制御する薬物投与法 Target-Controlled Infusion (TCI) を用いて制御された。睫毛反射の消失を意識消失の基準濃度とし、25% ずつ濃度を下げた段階 (75%, 50%, 25%) における認知機能の測定をおこなった。

刺激：3 種類の周波数 (低, 中, 高) の聴覚刺激を使用した。

課題：聴覚空間性のワーキングメモリ課題を用いた。各試行では、2 つの周波数の異なる音刺激が左右いずれかのスピーカーから呈示され、音の高さと音源位置の両方を記憶するように教示が与えられた。各刺激は 1 秒間呈示され、刺激間隔は 1 秒間であった。2 秒間の遅延期間に続き、プローブ刺激が呈示され、その音刺激が記憶したものと同一高さで、かつ、同じ音源から呈示されたものか否かの判断が求められた。プローブ刺激は、周波数と音源が同一の「同一条件」、周波数と音源が入れ替わる「入替条件」、そして新奇な周波数の刺激が呈示される「新奇条件」であった。課題は、32 試行により構成された。

脳波：日本光電社製の脳波計を用いて計測をおこなった。電極は 4 箇所 (Cz, Fz, F3, 眉上縁) に設置し、サンプリングレート 500Hz でデータを取得した。

脳波分析：分析には、Matlab 上で動作する ERPLAB (<http://erpinfo.org/erplab>) を使用した。符号化音声刺激呈示時から 2000ms 間を対象とし、正答試行のみを分析の対象とした。

コヒーレンス分析：Cz と Fz 間の同期的変動を測定するために、ウェーブレットコヒーレンス分析 (<http://www.pol.ac.uk/home/research/waveletcoherence/>) を実施し、各時間点でのガンマ帯域、ベータ帯域、およびアルファ帯域のコヒーレンス強度を抽出した。

【結果】

麻酔濃度 75% では、多くの反応脱落が見られたので、この段階は分析には含めなかった。

正答率：麻酔濃度と課題条件の交互作用が認められた。多重

比較の結果、「入替条件」において麻酔濃度の効果が最も大きかった (表 1)。一方、「新奇条件」では麻酔濃度の影響は認められなかった。

脳波：刺激呈示後 400ms において陽性の電位が認められたが、麻酔濃度の効果は認められなかった。

コヒーレンス：ベータ帯域における Cz と Fz のコヒーレンス強度について、麻酔濃度と時間の交互作用が認められた。麻酔濃度 50% では、コヒーレンスは一定であったが、麻酔前および麻酔濃度 25% では、一時的なコヒーレンスの減少が認められた (図 1)。

	麻酔前	濃度 50%	濃度 25%
同一条件	97.91 (0.03)	89.70 (0.09)	95.74 (0.11)
結合条件	95.83 (0.10)	78.91 (0.20)	93.33 (0.12)
新奇条件	93.33 (0.08)	91.38 (0.11)	94.60 (0.07)

表 1: 聴覚空間性ワーキングメモリ課題の平均正答率と SD

図 1: ベータ帯域の Cz-Fz コヒーレンス

【考察】

麻酔濃度 50% の時に、結合条件で著しい成績低下が認められた。ベータ帯域の Cz-Fz のコヒーレンスは、麻酔前および麻酔濃度 25% において一時的な低下を示したのに対し、麻酔濃度 50% ではそのような低下は認められなかった。Cz-Fz のコヒーレンスの一時低下は、2 領域の機能的分化を反映している可能性がある。麻酔薬による機能的分化の阻害が、ワーキングメモリ内の特徴統合を妨げたのかもしれない。

【引用文献】

Wards W. M. (2003). *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 553-559

【謝辞】

本研究の実施にあたり、大阪大学大学院医学研究科の萩平哲先生、藤野裕士先生、市立豊中病院の眞下節先生の協力を得た。また、日本学術振興会・科学研究費補助金・基盤研究

(A)「非意識下プロセスにおけるワーキングメモリ機構：意識かと麻酔科との比較」の助成を受けた。