

作業活動における「没我性」と Frontal midline theta rhythm

“Absorbed State” During Occupational Activities is Related to the Frontal Midline Theta Rhythm

白岩圭悟^{1,2,3)} 山根 寛²⁾ 石井良平^{1,3,4)}

¹⁾ 大阪河崎リハビリテーション大学：大阪府貝塚市水間 158 番地（〒 597-0104）

²⁾ 「ひとと作業・生活」研究会：京都府京都市伏見区桃山町養斉 1-1-501（〒 612-8016）

³⁾ 大阪公立大学大学院リハビリテーション学研究科：大阪府羽曳野市はびきの 3 丁目 7 番 30 号（〒 583-8555）

⁴⁾ 大阪大学大学院医学系研究科：大阪府吹田市山田丘 2-2（〒 565-0871）

Keigo Shiraiwa^{1,2,3)}, Hiroshi Yamane²⁾, Ryouhei Ishii^{1,3,4)}

¹⁾ *Osaka Kawasaki Rehabilitation University: 158 Mizuma, Kaizuka-city, Osaka 597-0104, Japan*

²⁾ *Society of Human and Occupation-Life*

³⁾ *Osaka Metropolitan University Graduate School of Rehabilitation Science*

⁴⁾ *Osaka University Graduate School of Medicine*

要旨：作業活動に没頭することによるリラックス効果は、これまで臨床的知見として報告されてきたが、神経科学的側面からは検討されてこなかった。我々はこれまで手工芸活動中の脳波と自律神経活動を測定することによって、手工芸活動への集中が脳内ネットワークにどのような影響を与えるか、そのメカニズムについて検討した。その結果、Frontal midline theta rhythm が出現した手工芸活動中には、実行系の脳内ネットワークが増加し、自律神経活動の変化からリラックス効果が確認された。

キーワード：作業活動、手工芸、脳波、Fm θ 、フロー体験、自律神経活動

ABSTRACT : The relaxing effect of a state of absorption during occupational activities has been reported as a clinical finding, but has not been investigated from a neuroscientific aspect. We aimed to elucidate the mechanism by measurement of EEG and autonomic nervous activity during manual arts and crafts activities. We investigated the mechanisms of how concentration on craft activities affects brain networks. The results showed that the brain network of the executive system increased during craft activities in which the frontal midline theta rhythm emerged, and changes in autonomic nervous activity confirmed a relaxation effect.

Key words : occupational activities, craft activities, EEG, Fm θ , flow experience, autonomic nervous activity

¹⁾ 白岩圭悟 Keigo Shiraiwa

E-mail : shiraiwak@kawasakigakuen.ac.jp

1. はじめに

ひとは誰でも何かをしていると、夢中になり我を忘れてしまうことがある。はっと気がつくと、いつの間にか我を忘れてその作業に夢中になっているということがある。この作業活動の特性を山根は「没我性」として概念化した¹⁾。作業活動を行うことによる選択的な意識の集中、身体に生じる心地よいリズムや感覚刺激、自分の行為により何かがなされていく達成感、道具や素材をうまく扱うことによる有能感といった、作業活動に伴う様々な要素が絡み合って、この「没我性」を生み出しているのだろう。そして、「没我性」は、ひとが生まれ、育ち、日々の生活をおくる中で、どうにもならない悲しみや痛みを超える力を秘め、ひとを癒すという治療的側面ももつ。

この作業活動に特異的な治療的特性ともいえる「没我性」を神経科学的側面から捉えることが可能であろうか。この大きな研究疑問に対して、これまで我々が取り組んだ研究と先行研究の知見を用いて、「没我性」の神経科学的メカニズムの一端を明らかにすることが本稿の目指すところである。

2. 作業活動における「没我性」と「フロー体験」

例えば、精神科領域の作業療法の治療効果の一つとして鎮静効果があるが、これは不安や焦燥感が強い対象者に対し、作業により脳機能の適正化を図り、落ち着かせることであり、これまで特に精神科領域の作業療法においては、急性期における作業療法の主たる役割として位置づけられてきた²⁾。冒頭で述べた作業の「没我性」を治療に活かした例である。心理学領域においては、この没我性に近い概念として、その心理的狀態をフロー体験³⁾と呼んでいる。フロー体験とは、人がある活動に完全に没入しているときに生じる主観的な心理狀態のことである⁴⁾。フロー体験は、活動に集中できること、自分の行動をコントロールできること、目的や目標が明確に感じられることを特徴とする。フロー体験中は、悩みの意識からの脱却、自意識の喪失、時間の感覚の歪みがある³⁾。フローに関連するその他の条件には、参加の選択、活動の結果が自分のコントロール下にあり有意義であるという感覚、即時の明確なフィードバック、意識と活動の融合、活動がそれ自体で報われるという感覚などがある。山根が概念化した「没我性」による作業活動の効果と近い概念であり、両者は自分のすることに完全に没頭することを特徴としている。

作業療法において、このフロー体験は重要な関連性を持つことはEmerson⁵⁾によって指摘されており、「ちょうどいい課題」に没頭する経験が治療的であるという作業療法の基本的な哲学と一致する。

3. 「没我性」および「フロー体験」の指標としての Frontal midline theta rhythm

作業療法における治療効果は、対象者が主体的に作業活動に取り組んでこそ得られる効果である。その主体性の程度、つまり注意集中の程度が治療効果に大きく影響する。前述したフロー体験は、目の前の活動に完全に没頭し集中している状態であるが、この強い集中を表す脳波活動として、Frontal midline theta rhythm (Fm θ) がある。Fm θ は Ishihara ら⁶⁾ によって発見され、前頭正中部位付近に最も優勢に出現するシータ律動で、普通は5~7Hzの周波数を持ち、「一定の課題への注意集中状態と不必要な緊張を解く」状態では出現するとされ、精神集中や没我、無我の状態を実現すると報告された。その後、Ishihara が発見したこのFm θ は、①リズムカルな正弦波であり、②背景活動と比較して明らかに高い振幅を持ち、③1秒を超える持続時間を持つという判断基準が設定された⁷⁾。このFm θ は、呼吸課題⁸⁾、ライフショット⁹⁾、暗算課題¹⁰⁾ など、注意を要する課題で出現する¹¹⁾。Pennekamp ら¹²⁾ は、記憶負荷を変化させたワーキングメモリ課題において、Fm θ パワーが、最も高いレベルの持続的注意を必要とする条件下で最も顕著になることを報告し、認知要求レベルが高い課題における「持続的注意」を表す指標としてFm θ を位置づけ、その後の多くの研究でも支持されている¹³⁾。

4. 作業活動時に出現する Fm θ

Fm θ 研究の多くは、暗算課題などのメンタルタスクが多く、作業活動中のFm θ を捉えた研究はほとんどない。我々は暗算などのメンタル課題だけでなく、簡単な手工芸活動においてもFm θ が出現することを確認した(図1)¹⁴⁾。この研究では、20歳代前半の健康な被験者を対象に、精神科領域でしばしば用いられる「ネット手芸」を課題として脳波を測定した。その結果、24名中9名に明確なFm θ が出現することを確認した。手工芸活動は、身体を動かし、特に手で道具を操作して物に働きかけるものであり、認知、運動、知覚、記憶、思考、学習、注意、意志など、脳内の様々な神経ネットワークを使用すると考えられており、その感覚情報フィードバックは図2のようなモデルで示すことができる¹⁵⁾。つまり密接に絡み合った多目的認知と身体的な活動が必要である¹⁶⁾。一連のパフォーマンスプロセスをうまく完了するためには作業活動への没頭が必要であり、これがFm θ 出現の要因になったと考えられる。

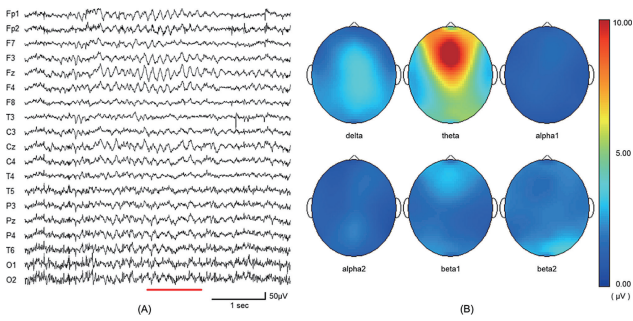


図1 手芸活動時におけるFmθの出現例¹⁴⁾

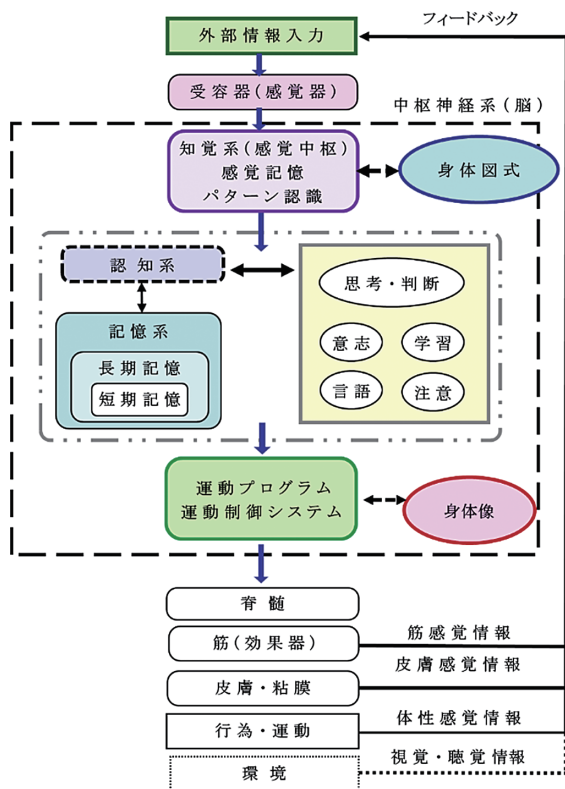


図2 感覚情報フィードバックモデル (山根¹⁵⁾より引用)

5. Fmθの電流源

Ishiiら¹⁷⁾は、MEGを用いてFmθの電流源が前帯状皮質 (ACC) にあることを報告し、その後の研究でも実証されている^{18,19)}。ACCは認知制御や意思決定に寄与し、課題実行の動機付けを行うことが広く認められており²⁰⁻²²⁾、認知課題遂行における重要な脳部位である。我々は作業活動時の脳波活動を測定し、eLORETA法²³⁾を用いて、Fmθの電流源を推定した結果、先行研究と同様にACCを中心とした前頭葉領域に推定された(図3)²⁴⁾。

ACCは多くの異なる脳部位に接続され、動機づけ、意思決定、情報処理、注意などの認知・情動機能に関与していることが報告されている^{25,26)}。さらに、ACCと他のいくつかの前頭前野は、ワーキングメモリ要求時の中央実行機能を表すニューロンネットワークの一部であることが提唱されている²⁷⁾。これらのことから、FmθはACCを中心とした実行系の活動を反映していることが示唆されている。しかし、中枢実行機能はACCをはじめとする前頭前野の脳構造だけに限定されるものではない。なぜなら、前頭前野には多種多様な実行過程が存在するからである²⁸⁾。私たちの精神的資源は、意識的に注意を集中させようとしても、限りがある。容量配分モデルを考慮すると、Fmθ出現時に配分される注意の容量は、環境よりも与えられた課題を遂行するために配分される可能性が高い。つまり、これらは、Fmθが分散した神経系をタスク実行のための機能的なネットワークに結合することを助けることを示している^{29,30)}。したがって、Fmθが出現する脳の状態は、多様な実行系ネットワークを結合するトップダウンシグナルであると考えられる。

6. Fmθ出現時の脳内ネットワーク

Fmθは課題内容の遂行過程ではなく、様々な課題に共通した持続的注意の維持に関与している。つまり、瞬間的な

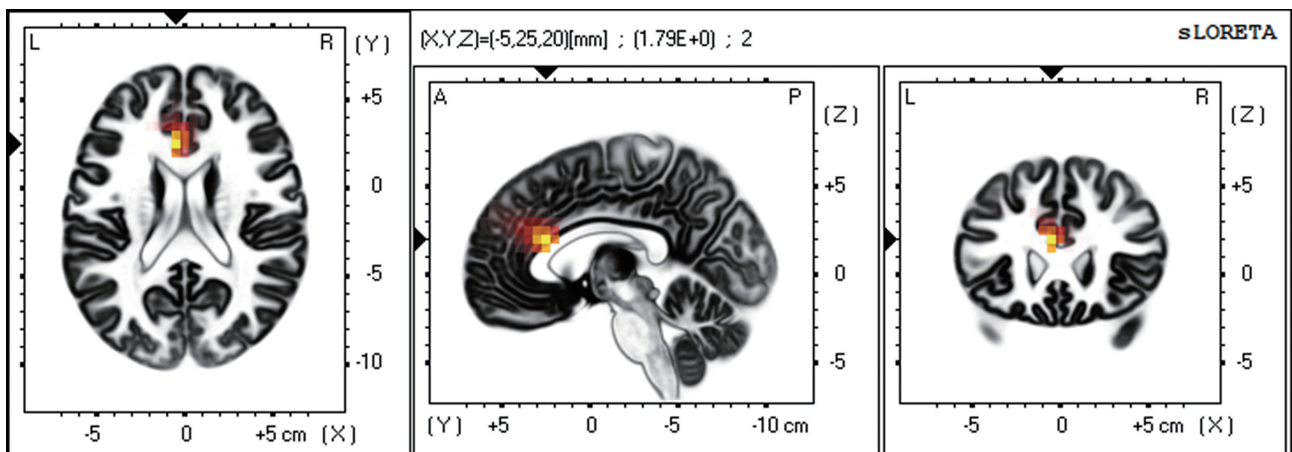


図3 eLORETA法によって推定されたFmθの電流源²⁴⁾

Fm θ 増大をトップダウン信号として、実際の課題遂行に必要な脳内ネットワークが、発生しているものと考えられる。

我々は作業活動時に出現した Fm θ について、各周波数における Functional connectivity (機能的連結) を解析した結果、各周波数で多様な機能的連結が存在することが確認された (図 4)³¹⁾。まず、デルタ波は前頭葉と頭頂葉、シータ波は前頭葉、頭頂葉、後頭葉で多くの長距離シータ結合が増加することが確認された。

前頭葉と頭頂葉の間の長距離シータ結合は、おそらく中枢実行系によって媒介される統合的なプロセスを反映していると考えられる。これは、シータ波やデルタ波などの低周波が統合的な脳機能に関連するという考えと一致する³²⁾。また視覚情報と感覚運動情報の統合は、前頭葉と頭頂葉の長距離結合によって表現されることが実証されている³³⁾。さらに、前頭葉と後頭葉のシータ結合は、WM タスク中の実行プロセスの指標となることが示されており、抽象的な視覚的パターンを操作しているときに、シータ周波数領域で前頭・頭頂結合が増加することが報告されている³⁴⁾。また、Sauseng ら³⁵⁾の研究では、シータ長距離結合は中枢実行系を介した特定の統合過程を反映しており、認知資源の割り当てを示す注意系であることが示された。このシータ結合は、特定のワーキングメモリプロセスに関与するサブネットワークの統合と調整であると提唱されており³⁶⁾、シータ結合が実行機能の有力な候補であることが示唆されている。手芸活動の特徴として、視覚情報と必要な運動反応とが連動し、記憶した編み方を実行に移すワーキングメモリ過程がある。どちらのプロセスも前頭葉、頭頂葉、後頭葉の長距離シータ結合で表現されたものと考えられる。

他方、アルファ波とベータ波では、前頭葉と頭頂葉で多くの機能連関が増加した。特に、感覚・運動機能とされる上頭頂小葉と前頭前皮質に集中していた。PET や fMRI の研究から、運動イメージは皮質レベルで補足運動野、前運動野、一次感覚運動野など様々な大脳構造を活性化することが知られている^{37,38)}。一次運動野の β 活動は、運動制御の基本である³⁹⁾。これらの先行研究を鑑みると、アルファ波とベータ波の前頭葉と頭頂葉における機能的連結は手芸活動に伴う手の動きを反映していると考えられる。

ガンマ波では、右側の前頭葉から側頭葉、後頭葉への長距離結合が見られた。Ishii ら⁴⁰⁾は、Fm θ 生成時に右側背外側前頭前野でガンマ波が生成されることを報告している。この Fm θ の出現に伴う右前頭前野のガンマ活動の出現を、進行中の認知作業を妨害する神経活動を中断するメカニズムとして論じている。さらに、シータとガンマの結合がワーキングメモリのプロセスの根底にあることを示唆する研究もある⁴¹⁾。Griesmayr ら⁴²⁾は、ワーキングメモリ・タスクの中心的な活動を示す Fm θ が、刺激操作中のガンマ活性と連動していることを示した。彼らは、この活動は、実行的なトップダウン制御や記憶と時間の再編成など、異なる認知プロセスの統合と調整を反映していると結論づけた。以上の点から、我々が行った手芸活動中の Fm θ 出現時におけるシータ・ガンマ結合は、手芸活動に伴うトップダウン制御と記憶項目の再編成を表している可能性がある。

このように、わずか数サイクルしか延長しないシータ出力のより短いバーストも、認知制御の瞬間的な増加に関連していることを踏まえると⁴³⁾、Fm θ と関連する機能的結合が、多様な認知機能を必要とする手芸活動の神経ネットワークを反映している可能性を示している。

7. Fm θ と ERP におけるシータ成分の違い

Fm θ の研究は、当初 Ishihara ら⁶⁾が発見した 1 秒以上持続する強いシータ成分に着目していたが、最近の研究では、事象関連電位 (Event-Related Potentials: ERP) のシータ成分に着目した研究が主流である。ERP のシータ活動も前頭正中部に出現し、注意機能と関係があることがよく知られているが¹³⁾、両者の解析方法は基本的に異なる。ERP 解析では、通常、刺激トリガー波の平均化により、特定の周波数のパワー値を算出する。つまり Ishihara らが定義付けた「少なくとも 1 秒以上継続し、背景活動より明らかに高い振幅を持つリズムミカルな正弦波」を捉えることはできない。したがって、平均化されたパワーの変化をシータのリズム変化の証拠として解釈するには、個々の生波形がリズムミカルな正弦波を示すかどうかを確認する必要がある。ERP シータ活動に関する先行研究の多くはこの点

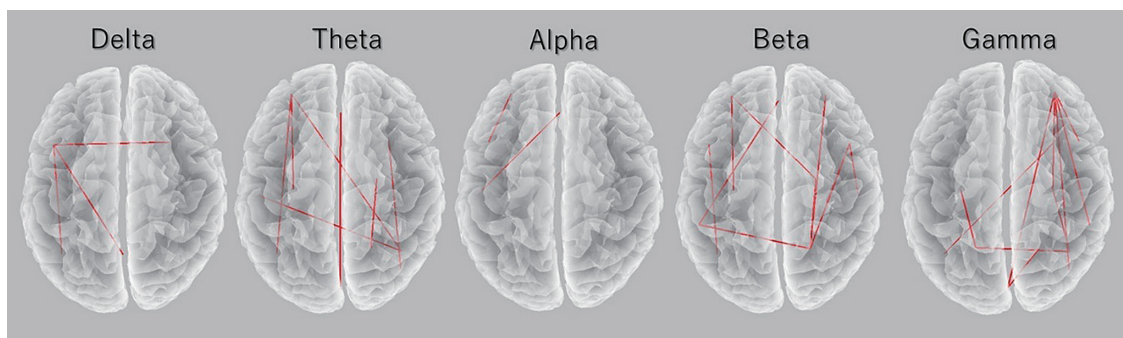


図 4 Fm θ 出現時の Functional connectivity³¹⁾

を確認していない。また、高速フーリエ変換 (FFT) による周波数解析においても脳波の時間成分を詳細に説明することはできず、リズムカルな正弦波という要素を抽出することは困難である。これらの分析手法の限界を考慮し、我々は生波形による視察と独立成分分析 (Independent Component Analysis: ICA) を用いることで Fm θ を同定する解析法を確立した (図 5)³¹⁾。

ICA は脳波解析において瞬き成分や筋電成分を除去する方法としてしばしば用いられているが、複数の信号が混合した信号から統計的に独立な成分を抽出する方法であり、前頭正中中部におけるリズムカルな正弦波である Fm θ を独立した成分として抽出することが可能である。いずれにせよ、ERP のシータ活動と 1 秒以上持続する Fm θ は厳密に区別する必要があり、生波形でも観察できる Fm θ は、課題に対する瞬間的な認知制御の増大を表す指標として捉えられるべきであろう。そして、1 秒以上持続する Fm θ をニューロフィードバック訓練によって増強させる研究が、近年注目されてきている。記憶の制御過程が改善することや⁴⁴⁾、多様な認知機能改善に寄与されることが報告されており^{45,46)}、Fm θ の増強は様々な神経ネットワークを再構築させる可能性を示している。

8. 集中かつリラックスした状態

作業活動への集中がストレス軽減やリラックス状態を実現することが報告されている⁴⁷⁻⁵⁰⁾。リラックス状態を測る指標としては、しばしば心電図計測による自律神経活動が用いられる。瞑想やマインドフルネスに関する研究では、交感神経と副交感神経の両方が安静時と比較して増加することが報告されている。Kubota ら⁸⁾ は呼吸課題時に Fm θ が出現した場合も、交感神経と副交感神経の両方が向上することを報告し、リラックスかつ集中した状態が実現できていると結論付けた。

我々は脳波と心電図の同時測定を行い、Fm θ 出現時の自律神経活動パターンについてローレンツプロット法を用いて検証した¹⁴⁾。ローレンツプロット法は交感神経活動 (Cardiac Sympathetic Index: CSI) と副交感神経活動 (Cardiac Vagal Index: CVI) を独立して評価することが可

能であり、通常の周波数解析と比較して正確かつ鋭敏であることが報告されている。その結果、作業活動中に Fm θ が出現した参加者は安静時と比較すると、交感神経活動と副交感神経活動の両方が増加した。

Fm θ の電流源は前述したとおり ACC に由来する。そして、自律神経系のネットワーク (Central Autonomic Network: CAN) もまた、ACC を中心とした前頭葉付近にあることが報告されている^{51,52)}。つまり、Fm θ 出現による ACC の活動は、自律神経活動と密接に関連していることが予測される。実際、我々の研究結果でも交感神経活動は Fm θ のパワー値と、副交感神経活動は Fm θ の出現回数と相関関係にあることが確認された¹⁴⁾。この関係については、今後さらなる研究が必要であるが、自律神経活動の変化を踏まえると、手工芸活動への強い集中は能動的な覚醒促進プロセスとリラクソプロセスの両方が含まれているものと考えられる。

9. 作業活動の治療的要因

これまで述べてきた我々の研究結果と先行研究の知見を踏まえると、手工芸活動への強い集中は、様々な実行系の脳内ネットワークを使用しており、さらに、自律神経活動の結果から、リラックスかつ集中した状態が実現されていることが示唆されるものと考えられる。これが、冒頭で述べた作業活動の「没我性」を脳波と自律神経活動の側面から、その神経科学的メカニズムの一端を明らかにしたものと考えられる。

では、作業活動を行った対象者のすべてにこの「没我性」によるリラックス効果が確認できるのだろうか。実際、我々が様々な活動で Fm θ の出現率を調べても、明確な Fm θ が出現するのは約半数である。これは、用いる作業活動への興味や関心の程度、作業経験の有無が大きく影響するものと考えられる。さらに臨床の現場で出会う多くの対象者は、様々な機能障害を抱えており、さらに「…がしたい」という内発的動機がある状態ではないことが多い。そうした状態にある人に対して、興味や関心を持って作業が選択できるような、またこれなら少し取り組んでみようという気持ちになるような働きかけをすること、それ

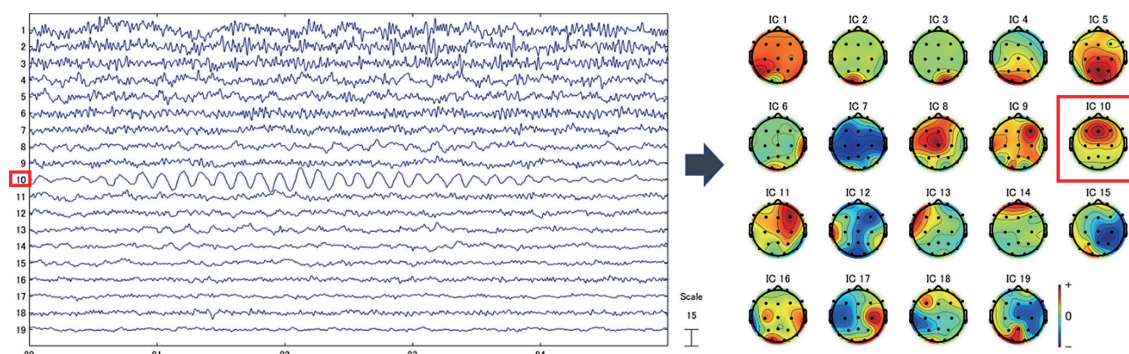


図 5 ICA による Fm θ の同定例。図は IC10 が Fm θ 。³¹⁾

こそが作業療法士の重要な役割である。そして、材料や道具は何を用いるのか、手本を示すのか示さないのか、作業療法士はどこまで介入するのか、声掛けをどのタイミングで行うのか、環境や時間をどのように設定するのか等、作業活動を対象者に適応 (Adaptation) させ、回復に合わせて段階付け (Grading) することが求められる。

参考文献

- 1) 山根寛：ひとと作業・作業活動－作業の知を解き技を育む 新版. 三輪書店, 東京, pp.104-105, 2019.
- 2) 山根寛：回復過程にそった作業療法の役割と連携のあり方に関する研究, 平成 12 年度厚生科学研究「精神医療保健福祉に関わる専門職のあり方に関する研究」分担研究報告書, 2001.
- 3) Csikszentmihalyi, M : Flow: The psychology of optimal experience. Harper & Row, New York, 1990.
- 4) Csikszentmihalyi, M : Beyond boredom and anxiety: The experience of play in work and games. JosseyBass, San Francisco, 1975.
- 5) Emerson, Heather : Flow and Occupation: A Review of the Literature. The Canadian Journal of Occupational Therapy, 65(1):37-44, 1998.
- 6) Ishihara T, Yoshii N : Multivariate analytic study of EEG and mental activity in juvenile delinquents. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 33:71-80, 1972.
- 7) Mizuki Y, Tanaka M, Isozaki H, et al. : Periodic appearance of theta rhythm in the frontal midline area during performance of a mental task. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 49:345-351, 1980.
- 8) Kubota Y, Sato W, Toichi M, et al. : Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure. Cogn Brain Res, 11:281-287, 2001.
- 9) Doppelmayr M, Finkenzeller, Sauseng P : Frontal midline theta in the pre-shot phase of rifle shooting differences between experts and novices. Neuropsychologia, 46:1463-1467, 2008.
- 10) Ishii R, Canuet L, Ishihara T, et al. : Frontal midline theta rhythm and gamma power changes during focused attention on the mental calculation: a MEG beamformer analysis. Front Hum Neurosci, 8:406, 2014.
- 11) Gevins A, Smith M E, McEvoy L, et al. : High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. Cereb Cortex, 7:374-385, 1997.
- 12) Pennekamp P, Bosel R, Mecklinger A, et al. : Differences in EEG theta for responded and omitted targets in a sustained attention task. J. Psychophysiol, 8:131-141, 1994.
- 13) Cavanagh J F, Frank M J : Frontal theta as a mechanism for cognitive control. Trends in Cognitive Sciences, 18(8)414-421, 2014.
- 14) Shiraiwa K, Yamada S, Nishida Y, et al. : Changes in Electroencephalography and Cardiac Autonomic Function During Craft Activities: Experimental Evidence for the Effectiveness of Occupational Therapy. Front Hum Neurosci, 14:621826, 2020.
- 15) 山根寛：ひとと作業・作業活動－作業の知を解き技を育む 新版. 三輪書店, 東京, p.67, 2019.
- 16) Huotilainen M, Rankanen M, Groth C, et al. : Why our brains love arts and crafts. Des Educ, 11:1-17, 2018.
- 17) Ishii R, Shinosaki K, Ukai S, et al. : Medial prefrontal cortex generates frontal midline theta rhythm. Neuroreport, 10:675-679, 1999.
- 18) Onton J, Delorme A, Makeig S, et al. : Frontal midline EEG dynamics during working memory. Neuroimage, 27:341-356, 2005.
- 19) Sauseng P, Hoppe J, Gerloff C, et al. : Dissociation of sustained attention from central executive functions: local activity and interregional connectivity in the theta range. Eur J Neurosci, 25:587-593, 2007.
- 20) Bush G : Dorsal anterior midcingulate cortex: Roles in normal cognition and disruption in attention-deficit/hyperactivity disorder. In B. A. Vogt (Ed.), Cingulate neurobiology and disease, Oxford University Press, Oxford, UK, pp.245-274, 2009.
- 21) Mars R, Jbabdi S, Sallet J, et al. : Diffusion-weighted imaging tractography-based parcellation of the human parietal cortex and comparison with human and macaque resting-state functional connectivity. J Neurosci, 31:4087-4100, 2011.
- 22) Holroyd C, Yeung N : Motivation of extended behaviors by anterior cingulate cortex. Trends Cogn Sci, 16:122-128, 2012.
- 23) Pascual-Marqui RD, Lehmann D, Koukkou M, Biscay-Lirio R, Kinoshita T, et al. : Assessing interactions in the brain with exact low-resolution electromagnetic tomography. Philos Trans A Math Phys Eng Sci, 369:3768-3784, 2011.
- 24) 白岩圭悟, 大類淳矢, 内藤泰男 他 : eLORETA 法による手工芸活動時の Fm θ 発生源推定. 第 56 回日本作業療法学会, 京都, 2022.
- 25) Devinsky O, Morrell M, Vogt B : Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. Brain, 118:279-306, 1995.
- 26) Wang C, Ulbert I, Schomer D, et al. : Responses of

- human anterior cingulate cortex microdomains to error detection, conflict monitoring, stimulus-response mapping, familiarity, and orienting. *J Neurosci*, 25:604-613, 2005.
- 27) Baddeley A : The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(24):13468-13472, 1996.
- 28) Smith E, Jonides J : Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283:1657-1661, 1999.
- 29) Anderson K, Rajagovindan R, Ghacibeh G, et al. : Theta oscillations mediate interaction between prefrontal cortex and medial temporal lobe in human memory. *Cereb Cortex*, 20:1604-1612, 2005.
- 30) Daitch A, Sharma M, Roland J, et al. : Frequency-specific mechanism links human brain networks for spatial attention. *Proc Natl Acad Sci USA*, 110:19585-19590, 2013.
- 31) Shiraiwa K, Orui J, Tazaki F, et al. : Current source density and functional connectivity of frontal midline theta rhythm during craft activities: EEG-LORETA Study. *Cognition & Rehabilitation*, 3(1):35-41, 2022.
- 32) Von Stein A, Sarnthein J : Different frequencies for different scales of cortical integration: from local gamma to long range alpha/theta synchronization. *Int J Psychophysiol*, 38:301-313, 2000.
- 33) Hummel F, Gerloff C : Larger interregional synchrony is associated with greater behavioral success in a complex sensory integration task in humans. *Cereb Cortex*, 15:670-678, 2005.
- 34) Sauseng P, Klimesch W, Schabus M, et al. : Frontoparietal coherence in theta and upper alpha reflect central executive functions of working memory. *Int J Psychophysiol*, 57:97-103, 2005.
- 35) Sauseng P, Griesmayr B, Freunberger R, et al. : Control mechanisms in working memory: A possible function of EEG theta oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34(7):1015-1022, 2010.
- 36) Decety J, Perani D, Jeannerod M, et al. : Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature*, 371:6498, 1994.
- 37) Porro CA, Francescato MP, Cettolo V, et al. : Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: a functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci*, 16:7688-98, 1996.
- 38) Roth M, Decety J, Raybaudi M, et al. : Possible involvement of primary motor cortex in mentally simulated movement: a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroreport*, 7:1280-4, 1996.
- 39) Engel A, Fries P, Singer W : Dynamic predictions: oscillations and synchrony in top-down processing. *Nat Rev Neurosci*, 2:704-716, 2001.
- 40) Ishii R, Canuet L, Ishihara T, et al. : Frontal midline theta rhythm and gamma power changes during focused attention on the mental calculation: a MEG beamformer analysis. *Front Hum Neurosci*, 8:406, 2014.
- 41) Canolty R, Knight R : The functional role of crossfrequency coupling. *Trends Cogn Sci*, 14:506-515, 2010.
- 42) Griesmayr B, Gruber W, Klimesch W, et al. : Human frontal midline theta and its synchronization to gamma during a verbal delayed match to sample task. *Neurobiology of Learning and Memory*, 93(2):208-215, 2009.
- 43) Cavanagh J F, Frank M J : Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(8):414-421, 2014.
- 44) Kathrin CJ, Regine B, Axel M : Improving episodic memory: Frontal-midline theta neurofeedback training increases source memory performance. *Neuroimage*, 222:117219, 2020.
- 45) Reis J, Portugal AM, Fernandes L, et al. : An alpha and theta intensive and short neurofeedback protocol for healthy aging working-memory training. *Front. Aging Neurosci*, 8:1-11, 2016.
- 46) Rozengurt R, Barnea A, Uchida S, et al. : Theta EEG neurofeedback benefits early consolidation of motor sequence learning. *Psychophysiology*, 53(7):965-973, 2016.
- 47) Reynolds F : Managing depression through needlecraft creative activities: a qualitative study. *Arts Psychother*, 27:107-114, 2000.
- 48) Collier AF : The well-being of women who create with textiles: implications for art therapy. *Art Ther*, 28:104-112, 2011.
- 49) Preminger S : Transformative art: art as means for long-term neurocognitive change. *Front Hum Neurosci*, 6:96, 2012.
- 50) Martin L, Oepen R, Bauer K, et al. : Creative arts interventions for stress management and prevention — a systematic review. *Behav Sci*, 8:28, 2018.
- 51) Verberne A, Owens N : Cortical modulation of the cardiovascular system. *Progr Neurobiol*, 54:149-168, 1998.
- 52) Saper C B : The central autonomic nervous system: conscious visceral perception and autonomic pattern generation. *Annu Rev Neurosci*, 25:433-469, 2002.