

□原著論文□

作業活動の創造性が前頭前野領域の脳賦活に及ぼす影響
—機能的近赤外分光法 (fNIRS) を用いた計測—

松谷 信也** 谷口 敬道***
平野 大輔**** 藤岡 崇***** 杉原 素子*****

抄 録

本研究の目的は、「創造的作業」と「単純反復作業」実施時における前頭前野領域の脳賦活の違いについて検討することである。健康成人 10 名を対象に、レゴブロックを用いて作りたいものを自由に創造する課題 a と、ブロックを繰り返し付け外す課題 b 実施時における前頭前野領域の脳賦活の様相について 22 チャンネルの fNIRS 装置を用いて計測した。この結果、課題 a は課題 b に比べ、前頭前野領域の脳賦活が広範囲に認められた。このことから、作業活動の創造性は、前頭前野領域の脳賦活に影響し、作業活動選定時に考慮すべき一つの要素となり得ることが示唆された。

キーワード：作業活動，創造性，前頭前野，光トポグラフィ，近赤外分光法，NIRS

**Effects of the creativity of activity on prefrontal cortex activation:
measurements with functional near-infrared spectroscopy (fNIRS)**

MATSUTANI Shinya** TANIGUCHI Takamichi***
HIRANO Daisuke**** FUJIOKA Takashi***** SUGIHARA Motoko*****

Abstract

The purpose of this study was to investigate the differences in the activation of the prefrontal cortex during carrying out a free creation tasks and a repetitive attachment and removal task. Ten healthy adults carried out a task of free creation with LEGO bricks (a task a) and a task of repetitive attachment and removal of LEGO bricks (a task b), and the status of activation of the prefrontal cortex was examined with fNIRS system with 22 channels. As a result, widespread activity was observed during task a, while less activity was observed in task b. These results are suggested that the creativity of the activity can become one factor when occupational therapists select the activity.

Keywords : Activity, Creativity, Prefrontal Cortex, Optical Topography, Near-infrared Spectroscopy, NIRS

受付日：2012年7月5日 受理日：2013年3月27日

*国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所 保健医療学専攻 作業療法学分野 作業活動分析学領域 博士課程

Specialty of Activity Analysis, Division of Occupational Therapy, Doctoral Program in Health Sciences, Graduate School of Health and Welfare Sciences, International University of Health and Welfare

E-mail : shinya.matsu@takagigakuen.ac.jp

**福岡国際医療福祉学院 作業療学科

Department of Occupational Therapy, Fukuoka International College of Health and Welfare

***国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所 保健医療学専攻 作業療法学分野 作業活動分析学領域

Specialty of Activity Analysis, Division of Occupational Therapy, Program in Health Sciences, Graduate School of Health and Welfare Sciences, International University of Health and Welfare

****国際医療福祉大学 保健医療学部 作業療学科

Department of Occupational Therapy, School of Health Sciences, International University of Health and Welfare

*****国際医療福祉大学 小田原保健医療学部 作業療学科

Department of Occupational Therapy, School of Nursing and Rehabilitation Sciences at Odawara, International University of Health and Welfare

*****特定医療法人 清和会 鹿沼病院

Kanuma Hospital

*****国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所 保健医療学専攻 作業療法学分野 作業活動支援学領域

Specialty of Occupational Supporting, Division of Occupational Therapy, Program in Health Sciences, Graduate School of Health and Welfare Sciences, International University of Health and Welfare

I. はじめに

本研究の目的は、作業療法士が治療手段として用いる作業活動の創造性が、前頭前野領域の脳賦活に与える影響を把握することである。作業療法における作業活動には、物品を用いた単純反復作業から手工芸を用いた創造的作業まで幅があり、対象者の治療目的に応じて作業活動を使い分けている。先行研究においては、作業活動の主体的選択¹⁾、完成作品の保有²⁾、到達目標の具体性³⁾、ゲーム性の付与⁴⁾など、作業目的の有無によって、作業活動の効率性や持続時間、上肢の可動範囲などが異なることが報告されてきた。作業活動は、その成果を目に見える形にすることができ、作品を製作する過程に必要な創造性は治療効果に影響を与えると考える。創造的な作業活動とは、自ら立案した目標に向かった作業の遂行であり、単に物品操作を繰り返した単純反復作業に比べ、遂行機能を要する活動であり、各々の課題の実施には、意欲や行動の企画、思考に大きく関与している前頭前野領域⁵⁻⁶⁾の脳賦活に違いがあると考えた。前頭前野は、様々な認知機能を目的に合わせて統合する遂行機能に関わることが知られており⁷⁾、これまでも遂行機能を要する課題遂行中の脳賦活について多くの研究が行われている⁸⁻¹⁰⁾。いずれの研究においても、遂行機能を要する課題は前頭前野領域の脳賦活に影響を与えることが示されている。しかし、これらの先行研究では、Wisconsin Card Sorting Test, Mirror Drawing Task, Trail Making Test, Modified Stroop Test, Paced Auditory Serial Addition Test など、前頭葉機能の検査で使用される神経心理学的課題が用いられており、作業療法の治療手段である創作的な作業活動を課題として検討した報告はない。そこで、本研究では、作業療法の特徴である創作的な作業活動を課題とし、作業活動の創造性が前頭前野領域の脳賦活へ与える影響について検討することとした。

近年、非侵襲的脳機能計測法の進歩とともに、リハビリテーションの臨床場面における評価や

介入の方針および手段の検討、効果判断に有益な示唆を与えるものとして脳機能計測が行われてきている¹¹⁻¹³⁾。脳機能計測法には、脳波(electroencephalography ; EEG)や脳磁図(magnetoencephalography ; MEG)、陽電子放射断層法(positron emission tomography; PET)、機能的磁気共鳴映像法(functional magnetic resonance imaging ; fMRI)、機能的近赤外分光法(functional near-infrared spectroscopy ; fNIRS)などがある。EEGとMEGは時間分解能、PETは定量的計測、fMRIは空間分解能に優れている¹⁴⁾。他方、本研究において用いるfNIRSは、近赤外光を用い酸素化ヘモグロビン濃度変化($\Delta[\text{oxygenated hemoglobin ; Oxy-Hb}]$)と脱酸素化ヘモグロビン濃度変化($\Delta[\text{deoxygenated hemoglobin ; Deoxy-Hb}]$)を計測することができる技術であり、他の脳機能計測法に比べ時間分解能や空間分解能において格段に優れているわけではないが、安全性や低拘束性、可搬性の高さなどの特徴を有するため、様々な対象者の日常的な環境下における作業活動時の脳機能計測が可能である¹⁴⁾。

そこで、本研究においては「創造的作業」と「単純反復作業」実施時における前頭前野領域の脳賦活の違いについて検討するためにfNIRSを用いた。

II. 方法

1. 対象

対象は、保健医療福祉系大学に在籍する学生に本研究の趣旨を説明し賛同が得られた健常成人10名(男性6名、女性4名、平均年齢21歳)とした。利き手は、エディンバラ利き手テスト¹⁵⁾による判定で右利き8名、左利き2名であった。なお、本研究の計測は、日本神経科学学会「ヒト脳機能の非侵襲的研究」に関する倫理小委員会策定「ヒト脳機能の非侵襲的研究」の倫理問題等に関する倫理指針¹⁶⁾(2009年2月3日改定、2009年12月4日、2010年1月および3月語句訂正)

に準拠して実施し、事前に研究目的や方法、安全性に関する説明を口頭と書面によって行い、同意を得た。

2. 計測課題

fNIRS 計測は、レゴブロック (レゴジャパン, 東京) を使用し、課題 a・課題 b の 2 課題とした。課題 a は、「創造的作業」として 9 色 11 種 90 個のブロックを用いて、被検者が作りたいものを基礎板上で自由に創造する活動とした。また、課題 b は、「単純反復作業」として白色 1 種 16 個のブロックを用いて、基礎板上にブロックを 1 個ずつ付け、全て付け終えた後に 1 個ずつ外す作業を繰り返す活動とした。

fNIRS 計測時間は、先行研究において用いられている計測プロトコルを基に¹¹⁻¹³⁾、安静状態を 60 秒間保持した後、課題を実施し、終了後に再び安静状態を 60 秒間保持した (図 1a)。「創造的作業」の課題 a の課題実施時間は被検者毎に異なり作品を仕上げるまでの時間とした。課題 a と課題 b の計測順序は被検者毎に無作為に決定したことから、「単純反復作業」の課題 b は、課題 a の実施時間と同じ時間、または、課題 a の平均時間である 7 分とした。なお、fNIRS 計測姿勢は、計測中の頸部の傾きによる脳賦活の変化¹⁷⁾を防ぐために、顎台を用い頸部を固定し、アーチファクトの混入については計測中の観察および計測後のビデオ映像で確認した。

3. fNIRS 計測・分析

fNIRS 計測は、光トポグラフィ装置 ETG-4000 (日立メディコ, 東京) を用い、前頭部に近赤外光の照射プローブと検出プローブを 3 cm 間隔で格子状に配置し、22 チャンネルの同時計測を行った (図 1b)。近赤外光の照射・検出プローブは、EEG 計測の電極配置法として用いられる国際 10-10 法¹⁸⁾による Fpz を基準に配置した。このプローブ配置は、ブロードマン 9, 10, 11, 45, 46, 47 野を覆うことが推定できる¹⁹⁻²⁰⁾ことから、

前頭前野領域⁵⁻⁶⁾の脳賦活が計測可能といえる。

fNIRS データの分析においては、主に $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ が脳賦活の変化を最も反映している²¹⁾ことから、 $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ を主な分析対象とし、得られた $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ から線形のトレンド成分を除去し、5 秒間の移動平均処理を行った²²⁾。次に、課題開始直前の安静時 60 秒間における $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ データの標準偏差 (standard deviation ; SD) を用いて有意水準 (3SD) を算出した。この有意水準を基準として、課題実施前後に $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ の増加が有意に認められたチャンネルを賦活したチャンネルとし、課題間において比較した¹¹⁻¹³⁾。 $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ と有意水準の算出は MATLAB R2006a (MathWorks, Natick, MA) を用い²³⁾、2 課題間における賦活したチャンネル数の比較は、IBM SPSS Statistics 19 (IBM, Armonk, NY) による Wilcoxon の符号付順位検定を用いた。また、作業活動の創造性の有無による思考過程の違いと脳賦活の様相を明らかにするために、fNIRS 計測後、課題 a・課題 b の各々について「課題提示直後に考えていたこと」、「課題実施中に考えていたこと」、「課題終了直後に考えていたこと」について聴き取りを行った。

III. 結果

1. 各課題実施時の前頭前野領域の脳賦活範囲

被検者全員の課題 a における作品を図 2、fNIRS 計測波形の典型例 (被検者 A) を図 1c, d に示した。図 1c は課題 a、図 1d は課題 b 実施中の $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ と $\Delta[\text{Deoxy-Hb}]$ を各々示している。図 1 の通り、課題 a 実施中は、全チャンネルで安静時に比べ有意に高い脳賦活を認めた。課題 b 実施中の脳賦活は、22 チャンネル中 9 チャンネルに限られていた。次に、課題 a と課題 b において、被検者全員の前頭前野領域における $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ の有意な増加が認められたチャンネル数 (賦活したチャンネル数) を表 1 に示した。課題 a と b を比較し、課題 a の方が賦活したチャンネル数が多かった者は 10 名中 8 名、課題 b

の方が賦活したチャンネル数が多かった者は 2 名であった。また、課題 a における賦活したチャンネル数は、22 チャンネル中 15.7 ± 2.3 (mean \pm SE) チャンネル、課題 b においては 10.0 ± 1.4

(mean \pm SE) チャンネルとなり、課題 a は課題 b に比べ、賦活したチャンネル数が多く、広範囲の脳賦活を認めた (図 3, $p=0.018$)。

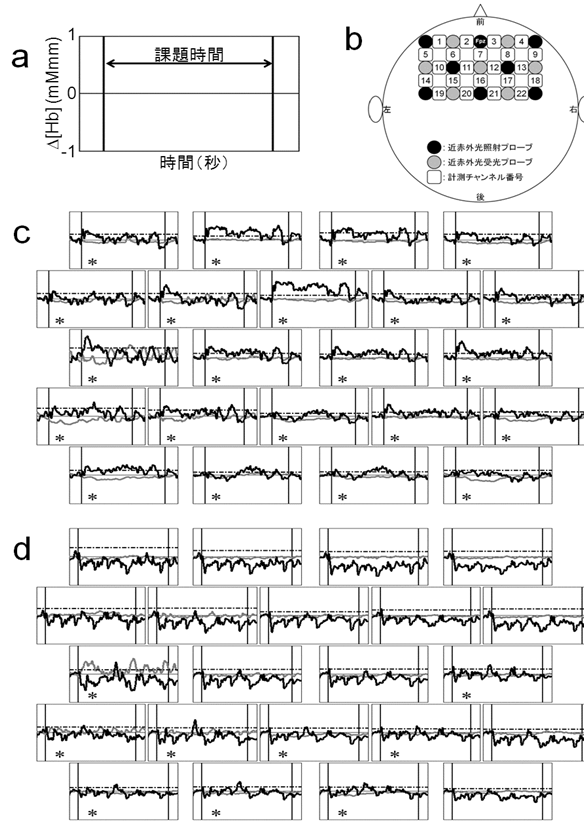


図 1 計測プローブ配置と計測結果例

- a : 縦軸は $\Delta[\text{Hb}]$ (mMmm) の値, 横軸は時間 (秒) を示す. 太線と太線の間が課題実施時間である.
- b : 計測プローブ配置と計測チャンネル番号を示す. 国際 10-10 法¹⁴⁾ の Fpz に鼻根側中央の近赤外光照射プローブを配置した.
- c : 被検者 A の課題 a における $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ と $\Delta[\text{Deoxy-Hb}]$ を示す (*: $p < 0.01$, 黒色実線 : $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$, 灰色実線 : $\Delta[\text{Deoxy-Hb}]$, 黒色一点鎖点 : 有意水準). 各波形の並びは, 計測チャンネルの配置に対応している.
- d : 被検者 A の課題 b における $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ と $\Delta[\text{Deoxy-Hb}]$ を示す.

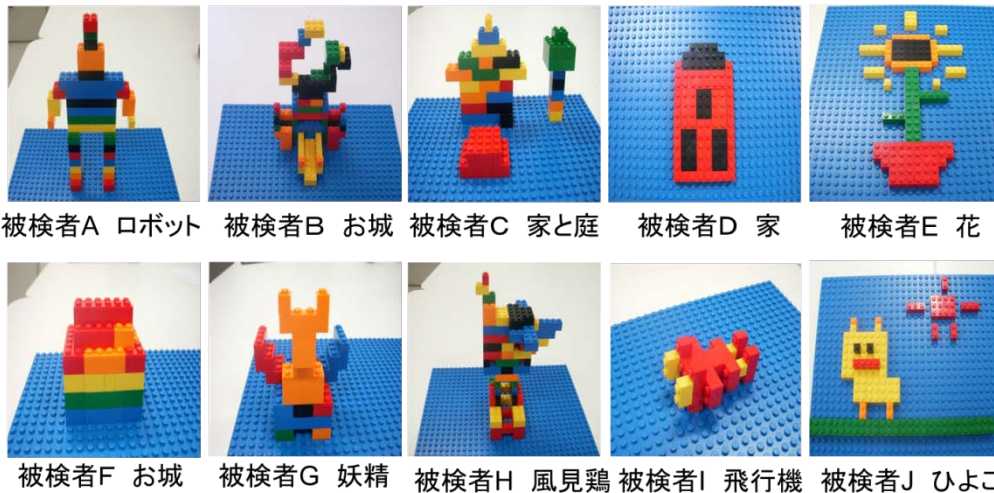


図 2. 被検者全員の課題 a における作品

表 1. 被検者全員の賦活したチャンネル数

被検者	性	利き手	課題a	課題b
A	男	左	22	9
B	女	左	6	9
C	女	右	21	10
D	男	右	22	19
E	男	右	15	12
F	女	右	22	8
G	男	右	1	2
H	男	右	20	13
I	男	右	15	12
J	女	右	13	6
mean			15.7	10.0
SE			2.3	1.4

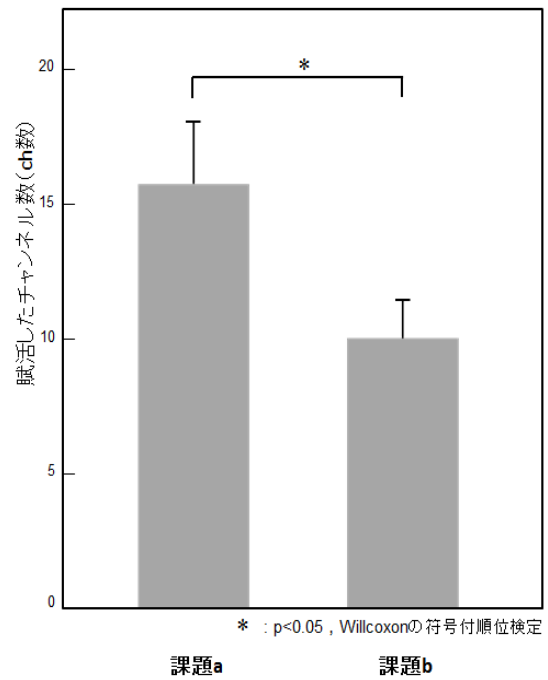


図 3. 賦活したチャンネル数の比較

2. 各課題に対する思考過程

被検者全員の各課題に対する思考過程を表 2 に示した。課題 a においては、課題提示直後は、「何を創作するか考えていた」など作品をイメージしたと回答した者が 10 名中 10 名であった。課題実施中は、「組み立てるうちに目的が明確になりどうすれば自分のイメージした形になるか考えていた」などとイメージした作品の出来に対する進捗や修正を行ったと回答した者が多かった。課題終了直後に考えていたことは、「思ったより変な作品になった」、「出来上がりに満足した」、「この位でいいと思った」などと作品の出来に対する評価を行ったと回答した者が多かった。

一方、課題 b において、課題提示直後は、「何も考えなくてよいので楽だと思った」、「単純な繰り返し作業も意外と楽しいと思った」など課題に対し気楽な気持ちで挑んでいたという回答が多かった。課題実施中は、「疲れてきた」、「飽きてきた」など課題に対する関心の減少に関する表現が多く、課題終了直後に考えていたことは、「早く終わりたい」、「完全に飽きていた」など課題を止めたいと思っていた者が多かった。

IV. 考察

1. 「創造的作業」と「単純反復作業」実施時における前頭前野領域の脳賦活の様相

従来の脳機能計測法では、作業療法士が治療手段として用いる作業活動実施時の前頭前野領域の脳賦活について計測することは困難であった。本研究においては、fNIRS の低拘束性といった特長を活かし、健常成人 10 名を対象に 2 種類の作業活動実施時における前頭前野領域の脳賦活について検討を行った。その結果、ブロックを用い作りたいものを自由に創造する課題 a は、ブロックの付け外しを繰り返す課題 b に比べ、前頭前野領域の脳賦活範囲が有意に広いという知見が得られた。前頭前野領域は、様々な認知機能を目的に合わせて統合する遂行機能に関わり、目的の設定、計画の立案、目的に向けての計画の実行、効果的な行為という主に 4 つの要素が含まれているとされる⁷⁾。本研究において得られた課題 a と課題 b における前頭前野領域の脳賦活の違いは、課題 a が課題 b に比べ、被検者の内省からも得られているようにイメージした作品に向け思い巡らす課題であり、目的の設定、目的達成に

表 2. 被検者全員の課題に対する思考過程

被検者	時期	課題a	課題b
A	前期	何を作ろうかと考えていた	自分で考えなくてよいので楽だと思っていた
	中期	どの様な構成にしようかと考えていた	どうすれば効率がよくなるかと考えていた
	後期	今、何分くらいかと考えていた	あと何回繰り返すのかと思っていた
B	前期	何を作ろうかわくわくしていた	繰り返すのも楽しいかなとちょっとした期待
	中期	もっと色々な形をしたブロックが欲しいと思った	いつ終わるのかという思い
	後期	まだ作りたいと思った	イライラしていた
C	前期	何を作ろうかと不安な気持ち	指示通りできるか不安な気持ち
	中期	思うようにうまくいかないと考えていた	無心
	後期	これでいいやという気持ち	いつまで繰り返すのかと思っていた
D	前期	何を作ろうかと迷っていた	単純作業なので楽だと思っていた
	中期	どんな形にしていくかと考えていた	疲れて違うことを考えるようにした
	後期	出来上がりに満足した	疲労を感じていた
E	前期	何を作ろうかと考えていた	どの位繰り返すのか考えていた
	中期	どの様にすればイメージ通りにできるかと考えていた	もっと早くやってみようかと考えていた
	後期	もっと良いモノにするにはどうすればいいかと考えていた	結構長いなあと考えていた
F	前期	何を作ればいいのか分からず困った	製作するものを考えなくてよい分気楽だと思った
	中期	とりあえず何か作ろうと思った	ブロックを外すコツが分かり面白くなってきた
	後期	どこまで作ろうかと迷ったがこの位でいいかと思った	どうすれば効率よくできるか楽しく行った
G	前期	どんなモノを作るか考え込んでいた	地味だけど意外と楽しいと思っていた
	中期	大体のイメージが頭で出来てきたので集中した	どうすれば楽にできるかと考えていた
	後期	タイトルをどうするか考えていた	何も考えずにポーっとやっていた
H	前期	何をやるか迷った。まずは無意味にブロックを重ねた	できるだけ丁寧に行おうと思っていた
	中期	段々と目標となるものが決まってきた	疲れから段々と正確でなくなった
	後期	目標に向けてブロックを組み立てた	早く終わることを望んでいた
I	前期	何を作ろうかと考えていた	簡単そうと思った
	中期	思うように上手くブロックが組めなかった	飽きてきた
	後期	思ったよりも変なモノができた	すごく疲れた
J	前期	何を作ろうか思い浮かばず焦った	うまくできるか緊張した
	中期	作るものが決まり楽しくなってきた	あと何分するのだろうかと段々飽きていた
	後期	変な作品になったが完成して良かった	完全に飽きていた

課題に対する思考過程について、課題提示直後を前期、課題実施中を中期、課題終了直後を後期とした。

向けた計画の立案, 実行, 効果的な行為を要する課題であったために生じたと考えられる。また, Tower of London task を用いた研究²⁴⁾や麻紐編みにおける編み方の手順の教授方法の違いと前頭前野領域の脳賦活について検討を行った研究¹³⁾においては, 完成するまでの過程を思い描くことができるかが前頭前野領域の脳賦活に影響を与えると述べられている。本研究の課題 a においても, 被検者自身が作りたいものを自由に創作することにより, 作品の完成までの過程を具体的に思い描くことができ, 前頭前野領域の脳賦活に

影響を与えたと推測できた。

2. 前頭前野損傷患者の遂行機能の改善と作業療法

本研究の結果について, 前頭前野損傷患者の遂行機能障害に対する作業療法の視点から考察する。遂行機能障害は, 前頭前野を中心とした損傷により出現し²⁵⁾, 近年遂行機能の各要素についての積極的なリハビリテーションアプローチが模索されている²⁶⁾。遂行機能障害に対する作業療法介入において, 左前頭葉損傷患者に対し, 形

状の異なる部品を組み合わせて、物の創作を自由に行う Tinkertoy²⁷⁾ を用いて訓練を行った結果、遂行機能に改善を認めたという報告²⁸⁾ や、右前頭葉背外側部損傷患者に対し、Tinkertoy²⁷⁾ と一定の計画に基づいてリングを移動させるハノイの塔を用いて遂行機能訓練を行った結果、行動におけるゴールの形成とその維持能力の上昇および計画能力の改善と視覚性注意力の改善傾向を認めたという報告²⁹⁾ がある。これらの報告は、前頭前野領域の脳賦活に言及したものではないため、本研究結果と直接結びつけて考えることはできない。しかし、今回得られた結果と先行研究²⁸⁻²⁹⁾ の結果から、作業療法において作りたいものを自由に創造する課題を用いることは、前頭前野領域における脳賦活範囲を広めるとともに、先行研究²⁸⁻²⁹⁾ で報告されているような行為の企画、思考能力を高めることに役立つ可能性があることを示すものであった。

本研究は健常成人を対象としたものであり、遂行機能障害に対する本結果の可能性については上述したが、得られた結果を作業療法対象者の脳機能に直接当てはめることは早計であるかもし

れない。今後、損傷部位や障害などを限定した上で作業療法対象者における検討や計測を行っていく必要があると考えられる。また、本研究において前頭前野の脳賦活の様態が異なったことに影響すると考えられる他の要因として、課題 b における馴れや、課題 a と課題 b で使用した色の違いなどの影響も考えられる。今後はこれらの点に留意し、実験デザインを検討する必要があると考える。

V. 結論

本研究の目的は、「創造的作業」と「単純反復作業」実施時における前頭前野領域の脳賦活の違いを把握することであった。その結果、ブロックを用いて作りたいものを自由に創造する課題 a は、ブロックを繰り返し付け外す課題 b に比べて前頭前野領域の広範囲な脳賦活を認めた。

このことから、作業療法士が治療手段として用いている創造的な作業活動は、前頭前野領域の脳賦活に影響し、作業活動選定時に考慮すべき一つの要素となり得ることが示唆された。

引用文献

- 1) Dickerson AE, Fisher AG. Effects of familiarity of task and choice on the functional performance of younger and older adults. *Psychology and Aging* 1997;12:247-253
- 2) Murphy S, Trombly C, Tickle-Degnen L, et al. The effects of keeping an end-product on intrinsic motivation. *The American Journal of Occupational Therapy* 1999;53:153-158
- 3) Sietsema JM, Nelson DL, Mulder RM, et al. The use of a game to promote arm reach in persons with traumatic brain injury. *The American Journal of Occupational Therapy* 1993;47:19-24
- 4) Nelson DL, Konosky K, Fleharty K, et al. The effects of an occupationally embedded exercise on bilaterally assisted supination in persons with hemiplegia. *The American Journal of Occupational Therapy* 1996;50:639-646
- 5) 小野武年,西条寿夫.知・情・意の神経機構. *BRAIN and NERVE 神経研究の進歩* 2008;60:995-1007
- 6) Pessoa L. On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience* 2008;9:148-158
- 7) 虫明元, 斉藤尚弘, 坂本一寛ら. 行動から見た脳: 目的志向性行動計画の神経機構. *脳* 21 2007;10: 371-376
- 8) 松田博史. 前頭葉・側頭葉と精神機能: 画像診断による前頭葉・側頭葉機能評価. *脳と精神の医学* 1995;6:155-163
- 9) 村田伸, 村田潤, 児玉隆之ら. 地域在住高齢者における Trail Making Test 施行時の脳循環動態. *理学療法科学* 2008;23:561-565
- 10) 白濱勲二, 東登志夫, 友利幸之介ら. 神経心理学的課題施行時の前頭側頭部の脳血流動態の変化. *日本作業療法研究会雑誌* 2010;13:9-14
- 11) 平野大輔, 谷口敬道, 武田湖太郎ら. 近赤外分光法(NIRS)による脳機能計測を用いた重症心身障害児・者の個別応答の明確化. *発達障害研究* 2008 ; 30 : 388-398
- 12) Hirano D, Taniguchi T, Takeda K, et al. Physiological changes of an individual with severe motor and intellectual disabilities as a result of care staff intervention:a near-infrared spectroscopy case study. *Proceedings of 18th International Society for Brain Electromagnetic Topography* 2009:249-252
- 13) 藤岡崇, 谷口敬道, 平野大輔ら. 手工芸活動における教授方法の違いによる前頭前野領域の賦活の様相—近赤外分光法(NIRS)を用いた計測—. *作業療法* 2010 ; 29 : 20-28
- 14) 平野大輔, 藤岡崇, 谷口敬道. リハビリテーション実践過程における機能的近赤外分光法(fNIRS)の有用性. *国際医療福祉大学紀要* 2011;16:34-46
- 15) Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness : he Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 1971; 9: 97-113
- 16) 日本神経科学学会. 2009年2月3日改訂,2009年12月4日, 2010年1月および3月語句訂正. 「ヒト脳機能の非侵襲的研究」の倫理問題等に関する指針. <http://www.jnss.org/wp-content/uploads/2012/02/rinri.pdf>
- 17) 武田湖太郎, 渡邊観世子, 群司幸也ら. 頭部傾斜が Near-infrared spectroscopy 計測へ与える影響. *脳科学とリハビリテーション* 2008 ; 8 : 21-24
- 18) American Electroencephalographic Society. American Electroencephalographic Society guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology* 1991 ; 8 : 200-202
- 19) Singh AK, Okamoto M, Dan H, et al. Spatial registration of multichannel multi-subject fNIRS data to MNI space without MRI. *NeuroImage* 2005;27:842-851
- 20) Rorden C, Brett M. Stereotaxic display of brain lesions. *Behavioural Neurology* 2000 ; 12 : 191-200
- 21) Hoshi Y, Kobayashi N, Tamura M. Interpretation of near-infrared spectroscopy signals : a study with a newly developed perfused rat brain model. *Journal of Applied Physiology* 2001;90:1657-1662
- 22) 武田湖太郎. 近赤外脳機能計測のリハビリテーション領域への応用における信号処理. *国際医療福祉大学紀要* 2007;12(2):72-78
- 23) 武田湖太郎, 加藤宏之. Near-infrared spectroscopy データ解析ソフトウェアの開発. *脳科学とリハビリテーション* 2008;8:15-20
- 24) Baker SC, Rogers RD, Owen AM, et al. Neural systems engaged by planning : a PET study of the Tower of London task. *Neuropsychologia* 1996;34:515-526
- 25) 種村純. 遂行機能の臨床. *高次脳機能研究* 2008; 28:312-319
- 26) 三村将. 前頭葉機能障害のリハビリテーション. *老年精神医学雑誌* 2004;15:737-747
- 27) Willems RM. The neural construction of Tinctoroy. *Journal of Neuroscience* 2007 ; 27 : 1509-1510
- 28) 山本吾子, 遠藤美帆, 坂本俊夫ら. 遂行機能障害に対する作業療法訓練の経験—Tiker Toy Testを用いた試み—. *認知リハビリテーション* 1997;2:45-47
- 29) 加藤元一郎. 脳損傷と認知リハビリテーション. *脳神経外科ジャーナル* 2009 ; 18 : 277-285