

【研究報告】

# 注意障害のリハビリテーションにおける直接刺激法課題の検討 ～近赤外線分光法を用いた解析から～

中島ともみ

聖隷クリストファー大学

(連絡先) 聖隷クリストファー大学

E-mail tomomi-n@seirei.ac.jp

## Exercise Tasks in Stimulation Therapy for Attentional Disorders — Based on Analysis Using Functional Near Infrared Spectroscopy —

Tomomi Nakajima

Seirei Christpher University

### 要 旨

本研究では、注意障害のリハビリテーションの一つである直接刺激法において効果的とされている課題の一つを取り上げ、その有効性について検証し考察を加え報告する。

直接刺激法とは、注意機能にかかわる脳領域を反復刺激によって直接的に刺激する方法であるとされており、注意機能そのものの回復を目的としている。そこで、現在直接刺激法の課題の一つとされるパソコンを用いた文字入力課題について、注意に関わる脳領域が活性化されているか否かを、脳の活動を間接的に示すとされる脳血流動態の変化を、近赤外線分光法（functional near infrared spectroscopy：以下fNIRS）によって測定し、検証した。また、入力操作の繰り返しを行うことで、入力操作はスキルとして学習されていると捉え、学習方法の違いによっても注意にかかわる脳領域の活性化に違いが生じるか否かを比較検討した。

結果、パソコンの文字入力課題では、学習が進むに従い注意機能を担う脳領域のOxy-Hbの変化を示す波形は下降した。またその傾向は、学習の方法に差異はなく、パソコンを用いた文字入力課題は、直接刺激法として効果的ではない可能性が示された。

キーワード：背外側前頭前野，運動学習，注意

Key word：dorsolateral prefrontal cortex(DLPFC),motor learning, attention

## 1. はじめに

注意は、ヒトの認知機能のうちのひとつであり、また、ヒトの脳が活動を行う為には、必要欠くべからざる存在 (Parasuraman, 2000) であるが、注意は様々な要因で容易に機能低下を起こしやすい。作業療法の臨床においても、注意障害は非常に頻度の高い高次脳機能障害の一つであり、様々な作業療法アプローチがなされている (国立障害者リハビリテーションセンター (以下国リハ), 2004) (白石ら, 2006) が、その方法は確立されているとは言い難い状況である。

### 1. 注意障害のリハビリテーション

注意障害の認知リハビリテーションには、直接刺激法 (stimulation therapy) と行動的条件づけ法 (behavioral conditioning)、ストラテジー置換法 (strategy substitution)、全般的運動刺激による注意・覚醒の向上の4つの方法があるとされている (豊倉ら, 2004: 相沢病院総合リハ, 2005)。鹿島ら (1999) は、注意に関するリハビリテーションを施行する場合には、日常生活上の行動を反復練習にて学習させる方法と、行動の基盤をなす注意という認知機能に焦点をあて、これを訓練する事で日常生活上の行動の改善を目指す方法の大きく二つのやり方があるとし、後者の方がより効果的であるとされることが多いと述べている。先に挙げられた、4つの認知リハビリテーションのうち直接刺激法は、注意機能にかかわる脳領域を反復訓練によって直接的に刺激する方法で、注意機能そのものの回復を目的としており (相沢病院総合リハ, 2005)、後者に属する方法であると言える。具体的にはAttention Process Training (豊倉, 1992) や、公文式教材、各種パズル、電卓操作、パソコン、

ワープロ、集計作業など (国リハ, 2004) があげられ、机上課題を中心に構成されていることが多い。しかし、これらのプログラムの効果の報告は、パフォーマンスの変化を効果の基準として報告されており、脳の活動を測定できなければ、直接刺激法の効果として把握することは難しい。また「どの課題をどの程度施行するのかの、具体的手順や各手法の有効性に関する科学的根拠は明確ではない (本田, 2007)」とも指摘され、「注意障害に対し、さまざまな認知訓練が勧められるが、その訓練課題に関しては十分な科学的根拠はない」 (日本脳卒中学会, 2009) ともされており、課題の設定方法、その効果について科学的根拠を検討する必要があるものと考えられる。

### 2. 直接刺激法における課題の選択

特定の脳領域を直接刺激する目的のために、どのような課題をどのような設定で行い、またどのようにその効果を検証すれば良いのであろうか。筆者は、課題例として挙げられている電卓操作やパソコン操作といった課題が、道具使用の課題であることにした。直接刺激法が反復訓練によって行われるのであれば、課題は繰り返し遂行され、課題の遂行手順は、スキルとして学習されているのではないかと考えられる。スキル課題には、人と環境要因が相互に作用し、常に変化する課題で、環境の変化を予測する必要のある課題である「open task」と、固定的で変動性のない課題「closed task」がある (Gentile, 1975)。Gentile (2000) は「状態が一定していないような課題では、多様な状況に対応できるように、常に環境を監視する必要がある、注意資源は情報の経過と運動の企画に分配される。変化に富む環境での行動は、管理と制御が常に行われるような特性がある」と述べ、open task

での注意資源の利用に特性がある事を示唆している。

また中島ら（2011）は、open taskの課題において、注意資源の利用は学習方法の違いにも影響されるのではないかと仮説を立て、課題遂行中の脳血流動態を測定している。中島らの報告では、open taskとして矩形を用いた「描画課題」を設定し、試行錯誤の学習であるErrorful learning（以下 EF）と、誤りをさせない学習法Errorless learning（以下 EL）で学習させている。その結果、open taskをEFで学習した場合、左背外側前頭前野の脳血流における酸素化ヘモグロビン濃度が、学習の進行とともに上昇する事を報告していた。背外側前頭前野は、注意機能と密接に関連するワーキングメモリーを担うとされ、また「処理の水準が深く抽象度が高くなると左背外側前頭前野が重要とされる（苧坂, 2000）」とも言われ、中島らは、open taskとEFの組み合わせが注意機能を活性化させる可能性を示唆しているのではないかと述べている（中島ら, 2011）。

### 3. 直接刺激法での効果測定

直接刺激法では、課題の遂行によって直接に特定の脳領域を刺激しているとエビデンスを示す必要がある。近年では、急速に発達したfMRI（機能的核磁気共鳴撮像法：functional magnetic resonance imaging）やfNIRSなどの脳イメージング手法から得られる情報と脳活動領域が関連付けられるようになり、神経機構からリハビリテーションによる介入効果が検討されている。本研究では、課題の遂行時に目的とする脳領域が活性化しているか否かを検討する為に、fNIRSにて脳血流動態を測定し、注意機能に関与する脳領域の活動の変化を検証することとした。

fNIRSは、光ファイバーのつながるプローブから頭部頭骨表面へ照射される近赤外線（光の波長650～1,000nmの帯域）の散乱反射光から脳表層の展開画像を得る方法であり（小泉ら, 2004）、その長所は、小型・可搬型の装置であること、被験者が寝台に固定されず拘束性が少なく、原理的に被験者が動けること、そして高い安全性が確認されていることであるとされる。

fNIRSが捉える計測の指標は、血液の酸化状態を示すオキシヘモグロビン濃度とデオキシヘモグロビン濃度の比率の変化で、この指標は、実際に情報を処理している神経活動そのもののあらわれではないが、間接的な脳機能の指標となりうる(玉木ら,2007)とされている。この仮定は、脳の情報処理においては、(a)神経活動が担う情報伝達系と、(b)神経活動を支えるエネルギー供給系の二つの系が密接に関係していると考えられていること（小泉,1997）が基礎となっている。小泉は、神経活動が起これば、その周囲にある血管が拡張し、エネルギー源となる酸素やグルコースを含む多くの動脈血を供給する調整機構が働いて、活動神経近傍の組織では、血流量・血液量が増大し、血液の酸化状態が変化していると述べている。なお、本研究では、特に神経活動に比例していると言われる、オキシヘモグロビンの濃度変化を指標として用いた。

### 4. 注意と脳の機能解剖

前頭葉損傷に特徴的と考えられている多くの認知・行動障害は、前頭前野領域の病変と関連しているとされる。また、前頭前野はさらに背外側部(Brodmannの主に8・9・46野)、眼窩部(主に10・11野)、腹内側部(主に11野)に区分され(図1)、このうち背外側部(背外側前頭前野：dorsolateral prefrontal cortex)は、問題解決-遂行

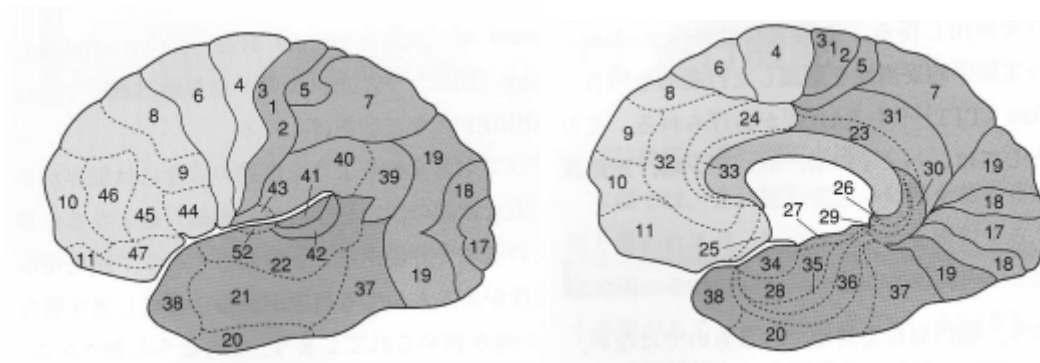


図1 Brodmannの脳地図 薄いグレー部分が前頭葉部

機能に直接的にかかわる認知的側面の基盤をなすと考えられ、情報の操作・処理を担っているとされている（三村, 2006）。また、注意機能と関係すると言われるワーキングメモリーが機能する課題でも、前部帯状回（anterior cingulate cortex 以下ACC, Brodmannの主に24.32野）とともに背外側前頭前野で活動上昇が認められるとされている。

## 5. 用語の定義

注意（A.R.Luria, 1978）：ヒトの意識に流入してくる感覚や運動、および知的操作を行うために必要な記憶痕跡は、著しく狭められており、その出現の蓋然性（事が起こるか否かの確実さの度合い）は等しくなく選択的である。このような、あるもの（重要であるかまたは新しいもの）は優位となり、他のもの（重要でないかまたは周知のもの）は抑制されるような、精神過程のこの選択性を心理学では注意と名づけられている。

Luriaは、「注意とは、精神活動にとって本質的な要素を選び出すことを保証している要因および精神活動の正確で組織だった遂行のための調節を維持している過程」とであると定義した。

スキル：Schmidt(1994)によると、スキル（skill）とは、最高の正確さで、また最小の時間とエネルギーの消費で、特定の結果を生じるように学習された能力である。したがって、例えば指を無駄にくねらせるといったような、無目的の運動とは異なったものとして考えられている。

open task：人と環境要因が相互に作用し、常に変化する課題で、環境の変化を予測する必要のある課題（例：キャッチボール テニスの試合）。open taskは、予測が不可能で多様な環境における学習となる為、対応性・柔軟性のある多様な運動パターンを発達させる事を教える。環境を監視し、適応的に遂行を調整する必要がある

closed task：固定的で変動性のない課題であり、例としてGentile（1975）は、歯磨き、体重計に乗るなどをあげ、Schmidt(1994)は、体操、アーチェリー、タイプライターを打つなどをあげている。作業の環境が安定し予測できる為、遂行者は前もって環境の状態を評価し、運動を組織化して運動が開始すると、修正を要しないで実行できる。

Errorful learning（以下 EF）：学習過程で誤り



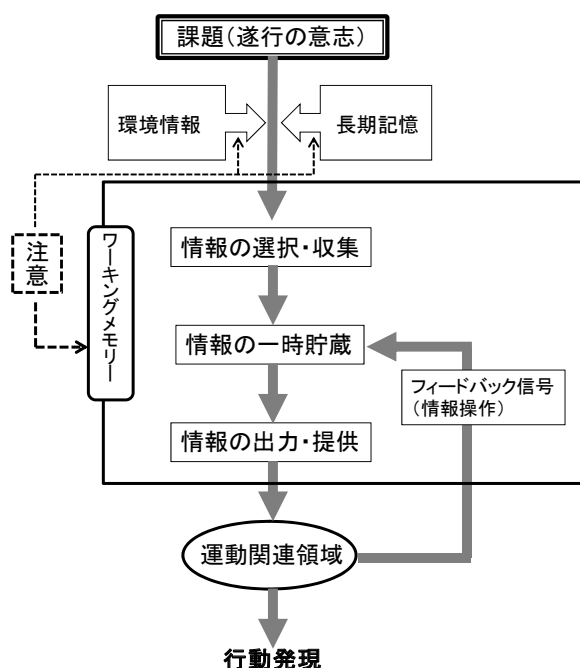


図2 課題遂行とワーキングメモリーを構成する要素過程の関係模式図（舟橋,1995より改編）

環境からの情報と長期記憶に保存されている情報は注意によって取捨選択され、またワーキングメモリーの働きにも注意は重要な役割を果たしていることを示している。

も起こりうる学習。即ち、試行錯誤（trial&error）による学習。言語化されたルールを収集し、二重課題（dual task）の状況で行為を遂行する。ワーキングメモリーの働きに依存するとされている(Maxwell ら, 2001)。

Errorless learning（以下 EL）：誤りをさせない学習法。この方法は、環境からの手がかりを最初に設定するもので、誤りをできるだけさせないように手がかりを設定した状態から、手がかりを漸減してゆく方法。潜在記憶を利用した学習で、注意資源の利用は少ないとされる（Baddeley Aら, 1994）。

オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビン：酸素と結合したヘモグロビンを、オキシヘモグ

ロビン（酸素化ヘモグロビン：oxyhemoglobin 以下Oxy-Hb）、酸素と結合していないヘモグロビンはデオキシヘモグロビン（還元ヘモグロビン：deoxyhemoglobin 以下Deoxy-Hb）と呼ばれている。

ワーキングメモリー：Baddeley（1986）は、ワーキングメモリーをactive memoryという言葉を使って説明している。Baddeleyは、入力されてきた情報が時間経過とともに次々に消滅してゆくような記憶貯蔵様式をpassive memory、これに対して、リハーサルや注意などにより入力された情報がある期間そのままの形で保持し続ける貯蔵様式をactive memoryと呼んで区別し、ワーキングメモリーとは後者のような能動的なプロセスにより情報が保持される機能であるとしている。舟橋（1995）は、ワーキングメモリーを能動的な情報の保持機構を含むいくつかの要素過程から構成されるダイナミックな神経機構であるとし、情報の能動的な保持機構、情報の収集や選択、情報の提供、情報の消失・変換・置換・関連づけなどの操作をも含む一つのシステムとして捉えるべきであると述べている（図2）。また、ワーキングメモリーの機能は注意機能が密接に関与しているとされている（荻坂, 2000）。

## II. 目的

本研究の目的は、注意障害のリハビリテーションのひとつである直接刺激法で用いられている課題であるパソコンの文字入力で、入力操作の学習方法（ELとEF）の違いにより、注意資源の利用に差は生じるか否かを、注意機能を担う脳領域の脳血流動態を遂行中に測定し、比較検討する事で明らかにすることである。

なお、本研究は聖隷クリストファー大学倫理委員会の承認を受けて実施した。(承認番号09-020)

### Ⅲ. 方法

＜対象＞対象者の条件は、健常成人、右利き、ひらがなでのタッチタイピング（キーボード面の文字刻印に頼ることなく、指先の感覚だけを頼りにしてキーを叩くタイピング技法）を習得していない者であることを口頭にて確認した者10名とした。EL条件：5名（男性2名、女性3名）平均年齢 $25.6 \pm 4.2$ 歳、EF条件：5名（男性2名、女性3名）平均年齢 $29.4 \pm 7.1$ 歳。EL・EFの2群で同条件となるよう配慮した。

＜課題＞非利き手（左手）で、指定されたひらがなをタッチタイピングで入力する（図3）。使用機器：パソコン、入力ソフト：エクセル、日本語変換入力ソフト：Microsoft Office IME 2007。

＜課題実施の手順＞ 対象者は、ひらがなの

「つ」「さ」「そ」「ひ」の4文字をカードによって呈示され、タッチタイピングにて入力操作を行う（カードに示された4文字を左から順に入力していく（図3）。呈示文字は、乱数表を用いて、ランダムなセットとなるよう作成した。“テスト0”は、練習前の入力操作レベルを確認する為に実施した。“テスト0”の後には9枚の“練習1”を行い、“テスト1”を実施、その後再度9枚の“練習2”の後で“テスト2”、同様に“練習3”の後で“テスト3”を実施した。テスト3の後は、難易度を上げた応用課題として入力指定文字を2文字加えて6文字（「つ」「さ」「そ」「ひ」「こ」「み」）とし、3枚のカード（3枚とも入力文字順序はランダムとした）を入力させた。テスト0～3の課題はすべて、同じ順列での文字入力「そ・つ・ひ・さ」の4文字で文字入力を行った。実施の手順を図4に示す。

＜ELとEFの条件の違い＞ 練習の際、ELの練習時には、4文字のキー配列を参考にできるように入力画面左下に呈示した。EFでは、キー

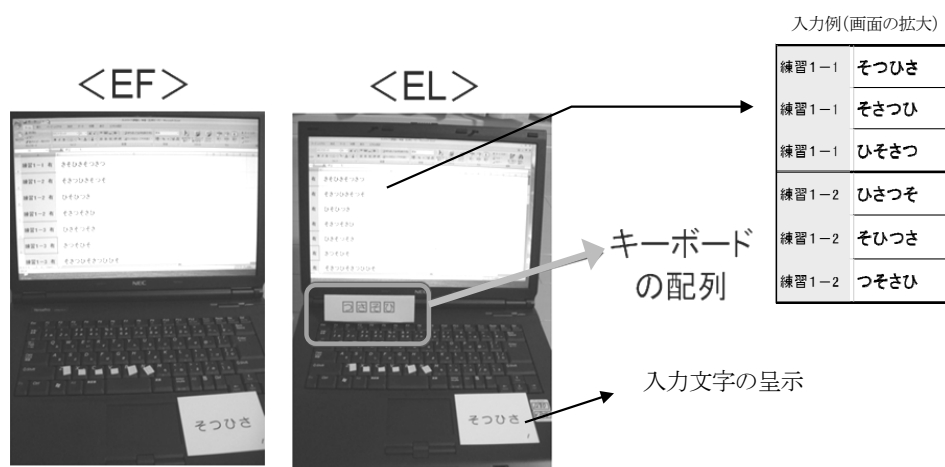


図3 使用機器の設定： 入力文字の呈示方法（左・中）  
ELでのキーボード配列のヒントの呈示方法（中）  
エクセルを使った入力例（右）

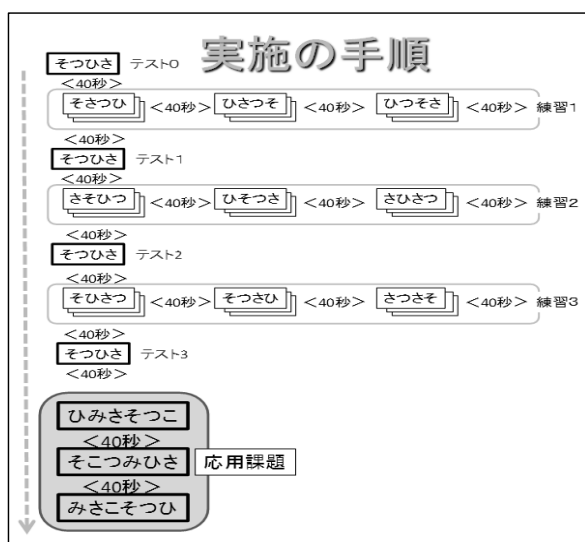


図 4 実施の手順  
 図中の<40秒>はレスト課題の実施を示す  
 各練習は9枚のカードを入力し、3枚入力ごとに40秒のレスト課題を実施している  
 9枚の練習後にテストを実施する事を1セットとし、3セット繰り返し  
 3セット終了後に6文字入力の実用課題3枚を実施した

配列は呈示せず、試行錯誤で練習させた(図3)。  
 <応用課題> 4つのキーの横に「こ・み」の2つのキーを加え、6つのキー操作を行う入力を応用課題とし、3課題実施した。応用課題では、EL・EFともに、キーボードの配列の呈示はなく、どのような文字が増えたかは、カードを呈示されて初めてわかるように設定した。  
 <タスクとレスト> fNIRSの測定におけるタスクとタスクの間には、レストを各々40秒間挟んだ(図4)。レストでは、目を閉じて1から10までのカウントを無言で行いながら、ノートパソコンのアームパッド部分上で示指～小指のタッピング動作を行った。  
 <測定機器> 脳血流動態の測定には、日立メディコ社製 光トポグラフィ装置 ETG-7100、プローブは3×10列で、47チャンネルを使用した。測定部位は、背外側前頭前野部を含む前頭連合野領域とし、プローブの設置は、脳波測定基

準10-20法を参考にチャンネル(以下 ch)の位置をFp1・Fp2からT3・T4への直線のラインにチャンネル39からチャンネル47が配列されるように前頭部に装着した(図5)。測定法は、Event Measurementで、Continuous解析を行った。測定指標は、Oxy-Hb・Deoxy-Hbとそれらを合わせた総ヘモグロビン濃度(以下 Total-Hb)を測定した。

#### IV. 結果の処理法

脳血流動態の測定については、被験者別に全ch、フルタイムデータ出力し特徴的波形を示すチャンネルの読み取りと波形の分析を行った。

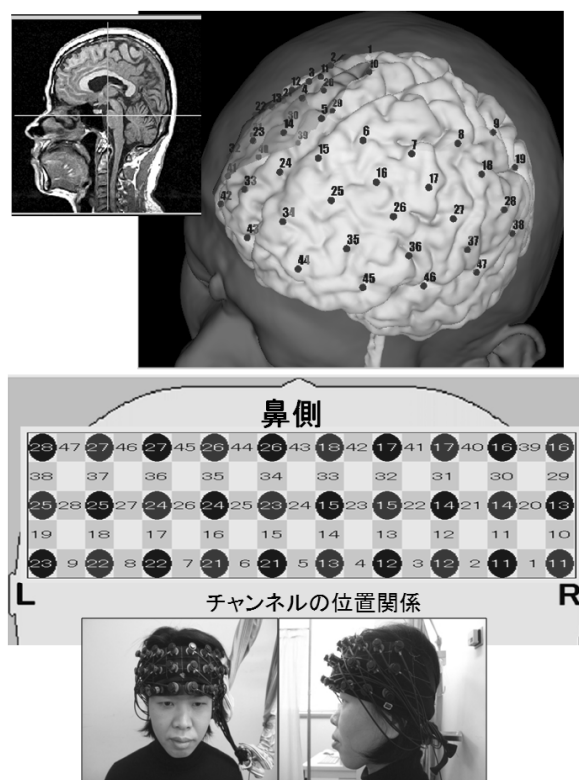


図 5 プローブの配置  
 上： 脳表面解剖とchの位置関係  
 中： fNIRSのチャンネル配置  
 下： プローブの配置は脳波測定基準10-20法により、Fp1・Fp2からT3、T4への直線のラインにチャンネル39からチャンネル47が配列されるように前頭部に装着した

注目領域は「処理の水準が深く抽象度が高くなると左背外側前頭前野が重要とされる（苧坂, 2000）」と指摘されている左背外側前頭前野を含む26ch・25ch・34ch・35ch・36chの5chと設定した。

得られたデータの処理とその統計的検討を以下に示す。学習の過程における変化を比較する為、練習1・2・3それぞれ9枚の練習用のカードのうち最初の3枚を入力するタスクと、応用問題として行った6文字でのキー操作入力3枚のうち1枚目の入力を行ったタスクの、4タスクについて、タスク直前の15秒間の注目領域のOxy-Hbの平均値と、タスク開始から15秒間の注目領域のOxy-Hb濃度の平均値をt検定にて有意差（有意差  $p < .05$ ）を求めた(Tsujimoto S, 2004)。その結果から、タスクに関連して有意に上昇(↑)、有意差なし(→)、有意に下降した(↓)の3変化にまとめて表に示した(表1)。また、サンプルサイズによる影響を考慮し、効果量を求めた上で、検定力( $1-\beta$ )が0.8以上を真に有効な変化とした(水元, 2010: Cohen, 1988)(表2)。

ここで言う効果量の値とは、対象の2グループごとの平均値の差を標準化したもの(standardized mean difference)で、算出される数値は、標準偏差を単位として平均値がどれだけ離れているかを表しており、たとえば $d=1$ なら、1標準偏差(SD)分だけ離れていることを意味している(水元, 2010)。計算式を以下に示す(式1)。

$$d = \frac{(\text{実験群の平均} - \text{統制群の平均})}{\sqrt{\frac{\text{実験群の標準偏差}^2 + \text{統制群の標準偏差}^2}{2}}} \quad \text{式1}$$

検定力は、( $1-\beta$ )で定義され、「本当は差があるのに、差がない」と判断してしまう確率の $\beta$ を1から引くことで、残りの「本当は差があ

り、差がある」と判断する確率を表している(水元, 2010)。Cohen(1988)が推奨している $\beta=0.2$ の場合、 $1-0.2$ で0.8となる。検定力が0.8ということは、実際に有意差があるときには、80%の確率で有意差を検出できることを意味している(水元, 2010)。検出力 $Z_{1-\beta}$ は、式2で得られた値を、標準正規分布の累積分布関数のパーセンタイル値に変換することで求めることができる(竹安, 2011)。

$$Z_{1-\beta} = \frac{d(n-1)\sqrt{2n}}{2(n-1) + 1.21(Z_{1-\alpha} - 1.06)} - Z_{1-\alpha} \quad \text{式2}$$

ただし、 $\alpha$ は片側の値(よって、両側確率を求めたい場合は $\alpha$ を2で割る必要がある)、 $d$ は効果量、 $n$ は各グループのサンプルサイズ、 $Z_{1-\alpha}$ は標準正規分布の累積分布関数の $1-\alpha$ のパーセンタイルの値(竹安, 2011)。本研究では、G\*Power3 (<http://www.psych.uni-duesseldorf.de/abteilungen/aap/gpower3/>)を用いて計算した結果を用いた。

④EL・EFの条件間での有意差は、上昇した人数と、変化なしもしくは下降の人数で $2 \times 2$ の分割表を用いフィッシャーの直接確率で検討した( $P < .05$ を有意水準とした)。

次に、代表的なfNIRSの波形データとchの位置関係を図6に示す。

## V. 結果

①EL条件での練習時にOxy-Hbは練習1-1で5人中2人、2-1、3-1で5人中3人の上昇を認めた。また、EF条件では、1名のみ練習1-1、2-1、3-1のすべてで上昇を認めたが、4名では全てで下降もしくは増減なしであった。ただしEL・EFの条件間に有意差は認めなかった(練習1-1フィッシャーの直接確率  $p=1.00$ 、練習2-1・練習3-1  $p=0.523$ )。③EL・EF条件いず



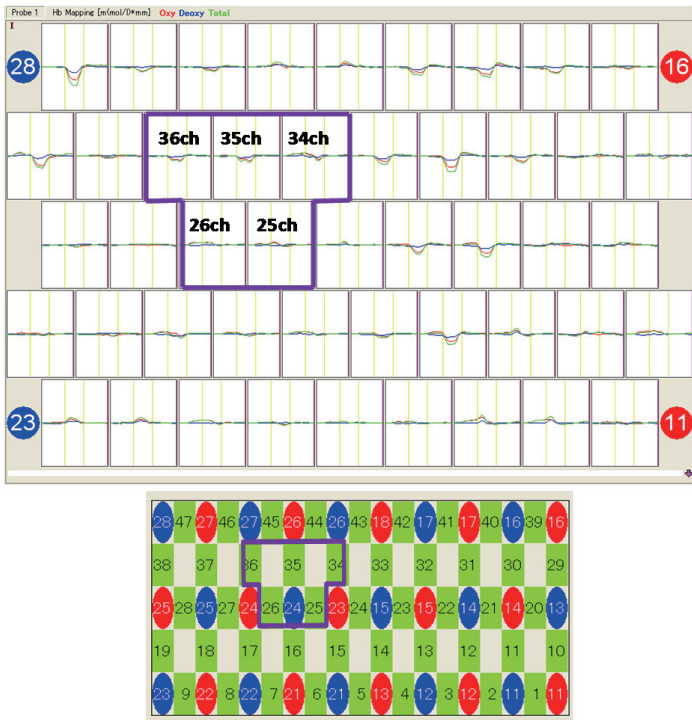


図 6 代表的なfNIRSの波形データとチャンネルの位置関係  
注目領域は、左前頭葉背外側部を含むc h  
：上図は波形、下図はc hの配置を示す。  
関心領域のchを太枠で囲み、数字はchのNo. を示す  
赤線Oxy-Hb、青線Deoxy-Hb、緑線Total-Hb、縦の黄色線はタスクの開始と終了を示す  
：Hb Range HbMax 2.00 ～ HbMin-2.00

れも、学習が進んだ後の応用的課題では、両条件とも1名を除き注目領域(左背外側前頭前野)のOxy-Hbは下降傾向となり、またEL・EFの条件間に差は無かった(フィッシャーの直接確率  $p=1.00$ )。⑤応用課題でOxy-Hb濃度が上昇した対象者は、EL・EFどちらの条件でも練習時にOxy-Hbの上昇を常に認めた対象者であった。(表1・表2・図7)。

VI. 考察

パソコンの文字入力課題ではEL・EFいずれの学習でも、学習が進んだ後の応用的課題では左背外側前頭前野の脳血流量(Oxy-Hb)に増加傾向は認められなかった。

先に述べたようにGentile(2000)は、課題遂行時に観察される人のパフォーマンス特性につ

表 1 対象者のタスク時のOxy-Hbの変化

対象者ID	練習1-1	練習2-1	練習3-1	応用課題1
EL-1	↑	↑	↑	↑
EL-2	↓	↓	↑	↓
EL-3	↑	↑	↑	↓
EL-4	↓	↑	↓	↓
EL-5	↓	→	→	↓
EF-1	↑	↑	↑	↑
EF-2	↓	↓	↓	↓
EF-3	→	↓	↓	↓
EF-4	↓	↓	↓	↓
EF-5	↓	↓	↓	↓

表2より  $P<0.01$  効果量 $d=0.4$  検定力 $(1-\beta)=0.8076$   
 $P<0.05$  効果量 $d=0.2$  検定力 $(1-\beta)=0.4078$   
検定力 $(1-\beta)>0.8$  以上を有意な差があると判断

↑:有意( $P<0.05$ )に上昇 ↓:有意( $P<0.05$ )に下降 →:有意な変化

表2 レストとタスク感のt-検定統計値

対象者ID	練習1-1				練習2-1				練習3-1				応用課題1-1			
	レスト15秒 平均	タスク15秒 平均	統計量 t	効果量 d	レスト15秒 平均	タスク15秒 平均	統計量 t	効果量 d	レスト15秒 平均	タスク15秒 平均	統計量 t	効果量 d	レスト15秒 平均±SD	タスク15秒 平均±SD	統計量 t	効果量 d
EL-1	0.0023 ± 0.0068	0.0448 ± 0.026	19.3 **	2.6	-0.0004 ± 0.04	0.0408 ± 0.03	10.58 **	1.2	-0.0010 ± 0.022	0.0800 ± 0.028	27.34 **	3.2	0.0031 ± 0.01	0.0404 ± 0.05	8.54 **	1.1
EL-2	-0.0123 ± 0.0564	-0.4726 ± 0.115	43.9 **	5.4	0.0613 ± 0.04	-0.1833 ± 0.11	25.97 **	3.3	0.0040 ± 0.068	0.1580 ± 0.109	14.61 **	1.7	-0.0170 ± 0.05	-0.0840 ± 0.09	8.30 **	1.0
EL-3	0.0020 ± 0.001	0.0420 ± 0.058	8.2 **	1.2	0.0012 ± 0.03	0.0178 ± 0.05	3.90 **	0.5	0.0010 ± 0.041	0.0740 ± 0.02	19.69 **	2.4	0.0030 ± 0.04	-0.0198 ± 0.02	6.67 **	0.8
EL-4	0.0007 ± 0.0913	-0.2155 ± 0.03	27.6 **	3.6	0.0004 ± 0.01	0.0158 ± 0.01	14.17 **	1.6	0.0010 ± 0.01	-0.0070 ± 0.013	5.76 **	0.7	0.0023 ± 0.09	-0.1263 ± 0.039	15.48 **	1.9
EL-5	0.0001 ± 0.0151	-0.0858 ± 0.019	42.8 **	5.0	0.0014 ± 0.03	0.0007 ± 0.02	0.26	0.03	-0.0029 ± 0.0172	-0.0890 ± 0.0133	3.5 **	0.4	-0.0010 ± 0.02	-0.0120 ± 0.01	6.36 **	0.8
EF-1	-0.0047 ± 0.0442	0.0282 ± 0.045	6.4 **	0.7	0.0032 ± 0.04	0.0911 ± 0.08	9.65 **	1.2	0.0015 ± 0.099	0.1966 ± 0.1224	15.16 **	1.8	0.0047 ± 0.03	0.2267 ± 0.06	40.87 **	5.1
EF-2	-0.0006 ± 0.008	-0.0527 ± 0.019	31.1 **	3.9	-0.0013 ± 0.01	-0.0425 ± 0.01	4.97 **	0.5	0.00004 ± 0.009	-0.0891 ± 0.0452	23.71 **	3.3	0.0005 ± 0.01	-0.0802 ± 0.03	22.49 **	2.9
EF-3	-0.0008 ± 0.0158	-0.0120 ± 0.051	1.9 *	0.2	-0.0008 ± 0.02	-0.1059 ± 0.04	25.92 **	3.1	0.0010 ± 0.024	-0.0250 ± 0.05	5.83 **	0.7	-0.0003 ± 0.02	-0.0885 ± 0.04	20.90 **	2.6
EF-4	0.0010 ± 0.004	-0.0050 ± 0.012	5.5 **	0.7	-0.0019 ± 0.01	-0.1129 ± 0.02	51.46 **	6.5	-0.0004 ± 0.027	-0.0658 ± 0.0319	19.21 **	2.2	0.0003 ± 0.02	-0.0795 ± 0.06	16.69 **	2.2
EF-5	0.0010 ± 0.038	-0.1340 ± 0.053	25.3 **	3.0	-0.0021 ± 0.01	-0.0828 ± 0.02	56.30 **	6.8	0.0004 ± 0.013	-0.0180 ± 0.0233	8.37 **	1.0	0.0009 ± 0.03	-0.0862 ± 0.02	22.85 **	2.8

P&lt;.01\*\* P&lt;.05\*

P&lt;.01 効果量d=0.4 検定力(1-β)=0.8076

P&lt;.05 効果量d=0.2 検定力(1-β)=0.4078

効果量d=0.8 検定力(1-β)=0.9999

効果量d=0.7 検定力(1-β)=0.9997

効果量d=0.5 検定力(1-β)=0.9581

効果量d=0.4 検定力(1-β)=0.8076

効果量d=0.2 検定力(1-β)=0.4078

いて、「環境が固定されている場合であれば自動処理的な行動が観察される」と示唆している。この自動処理（automatic processing）での行動は、特定の刺激に対して常に同じ反応を示し、固定的な反応である為、処理速度は速く、他の課題処理に妨害されることなく行われるような処理方法であり、注意を必要としない（Suhmidt,1994）。しかし、この処理方法では、環境が安定し予測可能な場合には有利となるが、環境が最後の瞬間に変化してしまうと重大なミスを生むことになる。したがってこの方法は、環境が一定で予測が可能となるようなclosed taskで、もっとも有効であると指摘されている（Suhmidt,1994）。

本研究で用いたパソコンのタッチタイプ入力課題は、特定のキーの位置を認識し、指定された文字の呈示に従いキーを押すだけの固定された環境の中で行われるclosed taskである。その為、学習が進むに従い、運動企図の情報は自動処理されるようになり、注意は必要とされなくなっていくと考えられた。

一方、丹治(1999) は、背外側前頭前野領域である46野が「ある活動に必要な情報を利用する目的で一時的に能動的に保持する記憶であるワーキングメモリーの機能を担う領域で、ここが障害されると外部事象の情報だけでなく、自分がどのような行動を行ったかという情報をモニターし、組織化して次の行動選択に役立てるといった行動制御の側面に関して障害が生じる」と述べている。また三村(2006) も、背外側前頭前野が「問題解決-遂行機能にかかわる認知的側面の基盤であり、検索された記憶痕跡が保持されながら、より複雑なモニタリングや操作を行う」と述べている。EFの学習は、試行錯誤の中で失敗の原因を検証し、目的達成のための仮説を立て、自らの行動を企画して遂行を

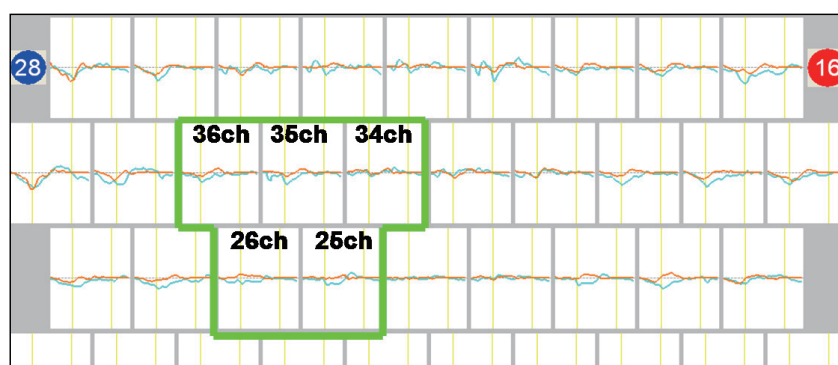


図 7 EL群5名（オレンジ色線）、EF群5名（水色線）の応用的課題時におけるOxy-Hbの平均波形の重なり図

：関心領域のchを太枠で囲み、数字はchのNo. を示す。

縦の黄色線はタスクの開始と終了を示す。

：Hb Range HbMax 2.00 HbMin-2.00

繰り返し、外部事象のルールを収集しながら記憶する学習である。この学習の過程は、ワーキングメモリーの機能に依存する（Maxwellら,2001）と言われており、したがって、EFであれば背外側前頭前野は活性化され、Oxy-Hbの濃度は上昇する可能性があった。

しかし、本研究の課題であるタッチタイプ入力、モニタリングすべき複雑な環境の変化はないclosed taskであった。その為自動処理での学習で充分記憶可能であり、環境の変化に対応する為の複雑な操作の記憶は求められず、EFであっても、ワーキングメモリーは必要とされなかった可能性がある。その結果、ワーキングメモリーの働きに関連すると言われている背外側前頭前野のOxy-Hb濃度が上昇する傾向は認められなかったのではないかと考えられた。

以上より、環境に変化のないスキルであるパソコンのタッチタイプ入力課題では、学習方法の違いにより、注意機能を担う脳領域の脳血流動態に差がない事が示唆された。

## 参考文献

- BaddeleyA, WilsonBA. (1994). When implicit learning fails: amnesia and the problem of error elimination. *Neuropsychologia*, 32, 53-68. Britain: Elseier Science Ltd.
- CohenJ. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- GentileAM. (1975). Structure of motoe tasks. *Professionnelle de L7Activite Physique de Quebec*, 11-28.
- GentileAM.(2000).Skill Acquisition;Action, Movement,and Neuromotor Process. 著: CarrJanet, ShepherdRoberta（共同編集）, *Movement Science Foundation for Physical Therapy in Rehabilitation second edition*（ページ: 111-187）. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers,Inc.
- MaxwellJP, MastersRS, KerrE, WeedonE. (2001). The implicit benefit of learning without errors. *Q J Exp Psychol A*, 54, 1049-1068.
- ParasuramanRaja. (2000). Issues and prospects. 著: ParasuramanRaja, ParasuramanRaja（編）, *The*

- Attentive Brain (ページ: 3-16). Cambridge: The MITpress.
- Parasuraman Raja. (2000). The attentive brain: Issues and prospects. 著: Parasuraman Raja (編), The Attentive Brain (ページ: 3-16). Cambridge: The MIT press.
- Schmidt A (調枝孝治 訳) Richard. (1994). 運動学習とパフォーマンス. Tokyo: 大修館書店.
- Tsujimoto S, Yamamoto T, Kawaguchi H, Koizumi H, Sawaguchi T. (2004年Jul月). Prefrontal cortical activation associated with working memory in adults and preschool children: an event-related optical topography study. Cereb Cortex, 14(7), 703-712.
- ルリア. (1978). 注意. 著: 神経心理学の基礎 (ページ: 268-290). 東京都: 創造出版.
- 国立障害者リハビリテーションセンター. (2004). 高次脳機能障害支援モデル事業報告書－平成13年度～平成15年度のまとめ－. 参照日: 2012年1月, 参照先: 高次脳機能障害支援モデル事業: <http://www.rehab.go.jp/ri/brain/mokuji.html>
- 三村将. (2006). 遂行機能. 著: 武田克彦, 波多野和夫 (共同編集), 高次脳機能障害その概念と画像診断 (ページ: 156-178). 東京都: 中外医学社.
- 鹿島晴雄, 加藤元一郎, 本田哲三. (1999). 高次脳機能障害のリハビリテーション. 著: 鹿島晴雄, 加藤元一郎, 本田哲三, 認知リハビリテーション (ページ: 102-206). 東京都: 医学書院.
- 舟橋新太郎. (1995). 前頭連合野の機能とワーキング・メモリー仮説. 脳と精神の医学, 6(3), 323-328.
- 小西海馬, 陳韻如, 加藤元一郎. (2011). 注意障害の評価とリハビリテーション. 老年精神医学雑誌, 22 (3), 95-301.
- 水本篤, 竹内理. (2010). 効果量と検定力分析入門－統計的検定を正しく使うために－. 著: 外国語教育メディア学会 (LET) 関西支部メソドロジー研究部会 2010 年度報告論集 (ページ: 47-73).
- 先崎章, 加藤元一郎. (2004). 注意障害. 著: 高次脳機能障害のリハビリテーション Ver.2 (ページ: 20-25). 東京都: 医歯薬出版.
- 相澤病院総合リハビリテーションセンター. (2005). 注意障害のリハビリテーション. 著: 高次脳機能障害ポケットマニュアル, 高次脳機能障害ポケットマニュアル (ページ: 119-123). 医歯薬出版.
- 竹安大. (2011). エクセルを用いた検定力分析 Statistical Power Analysis with Microsoft® Office Excel. Philologia, 42, 89-105.
- 中島ともみ, 宮前珠子. (2011). Open Taskの学習におけるErrorless Learning とErrorful Learningの効果－前頭連合野の脳血流量の解析から－. 日本作業療法学会抄録集, 229.
- 宇坂直行. (2000年). 脳とワーキングメモリ. 京都: 京都大学学術出版.
- 脳卒中学会. (2009). 脳卒中ガイドライン2009 認知障害に対するリハビリテーション. 参照日: 2012年12月1日, 参照先: 脳卒中学会: [http://www.jsts.gr.jp/guideline/327\\_330.pdf](http://www.jsts.gr.jp/guideline/327_330.pdf)
- 白石英樹, 伊藤文香, 小林隆司, 灘村妙子, 川田尚美. (2006年07月). 高次脳機能障害患者に対する作業療法の実態と作業療法士の認識調査－作業療法士へのアンケート調査. 3(7), 680-687.
- 豊倉 穰. (1992). 注意障害に対するAttention Process Trainingの紹介と有用性. リハビリテーション医学, 29, 153-158.
- 本田哲三. (2007). 高次脳機能障害リハビリテーションの課題と展望－医療サイドから. JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION, 16(1), 37-41.



## **Exercise Tasks in Stimulation Therapy for Attentional Disorders — Based on Analysis Using Functional Near Infrared Spectroscopy —**

Tomomi Nakajima

Seirei Christopher University

Key word : dorsolateral prefrontal cortex(DLPFC),motor learning, attention

### **<Summary>**

In the study, we examined exercise tasks in stimulation therapy, which is one of methods used in rehabilitation for attention difficulties. As a method known to directly stimulate the brain region involved in attentional function by repeated practice, the stimulation therapy is aimed at restoring the attentional function itself. We examined, using functional near infrared spectroscopy, whether the brain region involved in attentional function is activated by repeated practice of the PC character input exercise, which is currently used in stimulation therapy. We also considered whether any difference arises in the activation of the brain depending on learning methods.

As a result, a possibility has been suggested that the activity of the brain region associated with attentional function is reduced as the learning progresses regardless of the learning methods.