利き手・非利き手での書字活動時における脳血液動態の比較

― NIRS 及び筆圧握圧計測装置による測定を通しての試論―

信州大学　小 林 比出代

1. はじめに

筆者は、「左利き者の望ましい硬筆筆記具の持ち方に関する文献的考察 ―書写教育の見地から―」(『書写書道教育研究 第20号』収録) において、生物学・心理学分野での先行研究に基づき、利き手や左利きに関わる問題は大脳の機能の体制と直接かつ密接に関係することを指摘した。本研究では、脳活動計測装置を用いて利き手と非利き手それぞれでの書字活動時における脳活動に関して測定し、その違いについて考察する。具体的には、右利き者が右手で文字を書く場合と左手で文字を書く場合、及び左利き者が右手で文字を書く場合と左手で文字を書く場合では、脳が活性化する部位にどのような差異が生じるのか考察し、非利き手での書字行為の妥当性について推考する。

本研究では、利き手、非利き手各々での書字活動時における大脳皮質の脳血流の変化を、近赤外分光法 (near-infrared spectroscopy. 以下「NIRS」) によって計測する。NIRS は、頭皮上から照射した近赤外光により、脳活動で賦活した細胞に酸素を供給するため変動する脳内の酸素化ヘモグロビン (以下「oxy-Hb」) と脱酸素化ヘモグロビン (以下「deoxy-Hb」) それぞれの濃度の変化を多点で測定し、その血流変化を脳表面に沿って画像化する方法である。NIRS による実験は、被験者に身体的な制約を課さない上に、曇天時の太陽光より弱い近赤外光を用いることで、人体に無害な安全性の高い測定が比較的簡便に行える。また、NIRS での解析に合わせ、筆圧握圧計測装置で、筆圧、筆記具に加わる握圧値、文字を書く所要時間も測定し、双方からの考察も試みる。

なお、今回の実験は被験者数が限られているため、その検証考察は一事例でのものとなり、あくまでも試論の域を出ない。本研究で用いる実験方法や解析結果を、今後、書写教育の見地からだけでは進展させにくい利き手及び左利き者の書字に関する研究を多角的に行うための布石と位置づけたい。

2. 実験の概要

2-1　測定の方法

(1) NIRS による測定の方法

頭部は、外側から内側に向かって順番に、頭皮、頭蓋骨、硬膜、大脳皮質の層状構造を成している。近赤外光が頭皮の上から届くのは 20mm 程度[1] で、これは大脳皮質の辺りになる。大脳皮質には全ての感覚情報が送られ、認知、記憶される。また、大脳皮質は思考の場にもあたり、行動の計画や発動等を行う運動機能の最高中枢とされる[2]。本研究では、NIRS を用いて大脳皮質での血流量の変化を計測する。ただし、空間分解能は 20 ～ 30mm にとどまることから、活動に伴っての大脳皮質の細かな部位の特定は行わないこととする。

(2) 筆圧握圧計測装置を用いた測定の方法

右利き者と左利き者それぞれでの、利き手、非利き手各々を用いた書字行為時の運動データを、a. 紙面にかかる筆圧 b. 指にかかる把持圧 c. 課題の書字に要した時間 d. 定位置から撮影した画像データの 4 点から分析する。

2-2　被験者

「2-1 (2)」の被験者は、右利きの健常大学生 2 名、左利きの健常大学生 3 名 (全員 3 年生 (20 ～ 21 歳) 女性) とした。各人のラテラリティ係数 (Laterality Quotient. 以下「LQ」)[3] は、表 1 の通りである。

「2-1 (1)」の被験者は、右利き者 R 2、左利き者 L 2 の各 1 名 (表 1 の網掛け部分参照) である。なお、実験概要や計測装置及びその安全性については事前に説明を行い、文書で同意を得た上で実験を行った。

表1（※網掛け＝「2－1（1）」の被験者）

	①	②	③	④	備考
R1	100	16	8	右利き	母　姉
R2	100	14	10	右利き	いない
L1	−100	36	−9	左利き	祖母
L2	−47	33	−5	左利き	いない
L3	−100	39	−10	左利き	いない

※①：Edinburgh Handedness Inventory[4]
②：Chapman[5]　③：H．N．きき手テスト[6]
④：①〜③をふまえての評価（利き手）
備考：2親等以内の家族に左利き者がいるか

2-3　実験に使用した装置の仕様

(1) 光トポグラフィ装置

大脳皮質は、大きく4つの領域（葉：前頭葉、側頭葉、頭頂葉、後頭葉）に分けられる[7]。前頭葉には行為や行動、記憶、言語等に関わる機能があり、その前方に高次機能を司る前頭前野を含む。側頭葉には聴覚や記憶、形態情報処理等に関わる機能があり、一次聴覚野を含む。頭頂葉には触覚と空間情報処理等に関わる機能が、後頭葉には視覚的認知及び視空間認知等に関わる機能がある[8]。

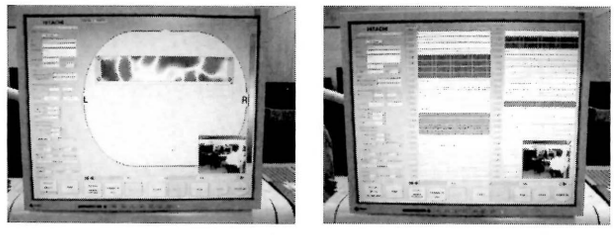


図1　光トポグラフィ



図2　光トポグラフィ装置 ETG-4000



図3　書字動作データ収集装置

光トポグラフィでは、脳活動に伴う大脳皮質上の血液量変化の分布を、図表やグラフによって表示することができる（図1）。本研究では、日立メディコの光トポグラフィ装置ETG-4000（図2）を使用する。最大48チャンネルで計測できるが、脳全域を同時に計測するにはチャンネル数が足りないため、前頭前野を含む前頭葉を中心とした前頭部と、一次聴覚野を含む側頭葉を中心とした側頭部に限定して、前頭部22チャンネル、右側頭部12チャンネル、左側頭部12チャンネルの計46チャンネルで計測した。また、測定時の被験者の姿勢は椅子座位とした。

(2) 書字動作データ収集装置（筆圧握圧計測装置）

○測定可能物理量　◦筆圧　◦握圧
◦筆記具の傾き角度
◦画像データ
○各測定範囲　◦筆圧（1点）0〜5kgf
◦握圧（最大4点）0〜2kgf
◦傾き角度　X，Y，Z方向に分解した角度での表示
○データ測定範囲　16cm×7cm（縦・横方向記述可能、右利き・左利き対応）

2-4　実験タスク

NIRSによる実験では、鉛筆で平仮名五十音を書くタスクを課した。漢字もしくは文章を課した場合、その内容からイメージが起こったり感情が関わったりしてしまう可能性があり、本実験では、書写することに特化した単純作業の方がよいと考えたためである。計測ブロックは以下のようにデザインした。

前レスト（10秒）→ タスクⅠ：利き手で「あ」から平仮名五十音を書く（120秒）→ レスト（30秒）→ タスクⅡ：非利き手で平仮名五十音の続きを書く（120秒）→ レスト（30秒）→ タスクⅠ（120秒）→レスト（30秒）→ タスクⅡ（120秒）→ 後レスト（30秒）

筆圧握圧計測装置を用いた実験では、鉛筆で以下の課題を書くタスクを課した。

【予備実験】以下の課題を、あなたの利き手で書いてください。〔＊縦 17cm×横７cmの縦長用紙マス目入り１枚〕
※【課題参照】拙稿「硬筆筆記具の執筆法と字形の関係における分析的研究」（学会誌第 19 号）pp.77-78
1　次の単語の下線部を漢字でていねいに書いてください。　月曜び　おてん気　手がみ
2　「ハルカゼ」をひらがなで書いてください。
3　「ぽろしゃつ」をカタカナで書いてください。

【本実験】
A　以下の課題を、あなたの利き手で書いてください。〔＊縦 17cm×横７cmの縦長用紙マス目入り１枚〕
4　ひらがなの五十音を「あ」行から「な」行まで書いてください。
B　以下の課題を、あなたの非利き手で書いてください。〔＊縦 17cm×横７cmの縦長用紙マス目入り１枚〕
5　ひらがなの五十音を「は」行から「わ」行と「ん」まで書いてください。
C　以下の課題を指定された手で書いてください。〔＊縦７cm×横 17cmの縦長罫線だけの用紙１枚〕
※【課題参照】拙稿「硬筆筆記具の執筆法と字形の関係における分析的研究」（前掲書）pp.77-78
6　次の文を、くずし字や続け字はさけて、普段と同じように自然に書いてください。
【利き手】家族で訪れた北陸の宿は、大きな林の近くにあった。「深い緑の中を歩くのは健康に良い」との能書きもあり、地元で人気の穴場スポットといった様子だった。僕は退屈しのぎに、小さな妹を連れて散策してみることにした。ところが、はしゃいだ妹は、ものすごい速さで林の奥へと走って行ってしまった。
【非利き手】「おい、どこへ行くんだよ」と必死で後を追いかけると、妹は、木の根につまずいて泣いていた。「仕方ないなあ」と妹を背負った瞬間、僕は、道に迷ったかもしれないという不安に襲われ始めた。どうしよう。反面、妹に不安を感じさせないのも兄の役目だ。頭の中では、彼が遺したあの曲が流れていた。
D　以下の課題を右手で書いてください。〔＊縦17cm×横７cmの縦長用紙マス目入り１枚〕
※【課題参照】拙稿「左手書字での紙の置き方と字形の関係に関する分析的研究
—毛筆書写と硬筆書写の比較—」（『信州大学教育学部研究論集 第８号』）pp.63-64
7　次の文字を普段と同じように書いてください。北　月　式　光　近　の　り　ろ　つ　ん
E　以下の課題を左手で書いてください。〔＊縦17cm×横７cmの縦長用紙マス目入り１枚〕
8　次の文字を普段と同じように書いてください。北　月　式　光　近　の　り　ろ　つ　ん
F　以下の課題を、あなたの非利き手で書いてください。
※【課題参照】拙稿「硬筆筆記具の執筆法と字形の関係における分析的研究」（前掲書）pp.77-78
9　次の文を普段書いている書きぶりで書いてください。〔＊縦７cm×横17cmの横長罫線だけの用紙１枚〕
「太陽の光にあこがれた情熱の画家ゴッホ（1853-1890）は南仏アルルに滞在した。」
※【課題参照】拙稿「硬筆筆記具の執筆法と字形の関係における分析的研究」（前掲書）pp.77-78
10　次の英文を活字体（ブロック体）で書いてください。〔＊縦７cm×横17cmの横長罫線だけの用紙１枚〕
「The quick brown fox jumps over the lazy dog.」
G　以下の課題を、あなたの利き手で書いてください。〔＊「F」に同じ〕
11　次の英文を活字体（ブロック体）で書いてください。
「The quick brown fox jumps over the lazy dog.」
12　次の文を普段書いている書きぶりで書いてください。
「太陽の光にあこがれた情熱の画家ゴッホ（1853-1890）は南仏アルルに滞在した。」

なお、NIRS による実験は 2016 年７月、筆圧握圧計測装置を用いた実験は同年６月に実施した。また、NIRS による実験での微細さを考慮し、NIRS による実験と筆圧握圧計測装置を用いた実験は別立てで行った。

2-5　解析

(1) 光トポグラフィ装置

光トポグラフィで計測できるのは、oxy-Hb、deoxy-Hb、総ヘモグロビン（以下「total-Hb」）であるが、タスクに伴う脳血流の変化をより反映しているのは oxy-Hb である[9]。そこで、本研究では oxy-Hb を用いて解析する。計測データは、基準状態（レスト）から相対的に変化した量に対応しており絶対値ではない。単位は、ヘモグロビン濃度（mM）に光路長（mm）を乗じたミリモーラ・ミリメートル（以下「mM・mm」）である。解析の前処理として、ノイズチャンネルのデータ除去及びデータのベースライン補正[10]を行った。

(2) 書字動作データ収集装置（筆圧握圧計測装置）

採取した全データの筆圧（最大・最小筆圧）・握圧・書字に要した時間を、静止画像写真及び動画とともに整理した。その結果、特徴が顕著に表れた課題６～12 を取り上げてデータ整理及び分析を行った。

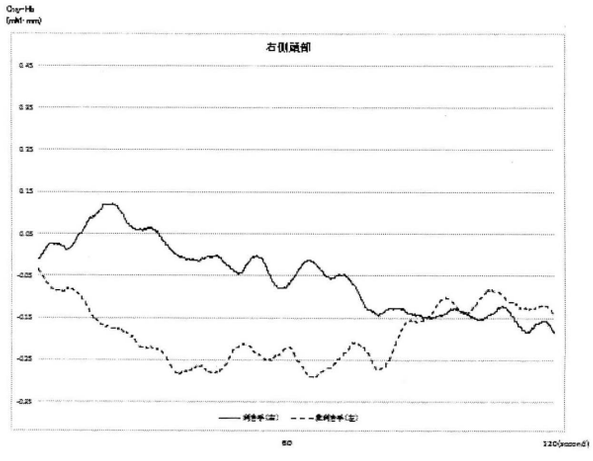
3. 結　果

3-1　NIRS による実験結果

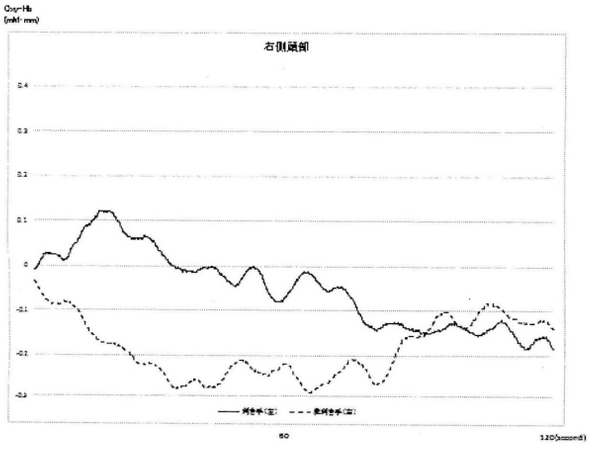
(1) 右側頭部

右側頭部について、タスクⅠ（利き手）とタスクⅡ（非利き手）の oxy-Hb の比較を行う。右側頭部は計12チャンネルで構成されるが、そのうちノイズチャンネルを除去後、7チャンネルの平均値を用いた。右側頭部のタスクⅠ（利き手）とタスクⅡ（非利き手）の oxy-Hb の変化を時間軸に沿ってグラフ化する。各タスクともに1回目と2回目の加算平均処理を行った結果である。グラフ1は右利き者（R 2)、グラフ2は左利き者（L 2）のデータを示す。なお、グラフの縦軸は oxy-Hb の濃度（mM・mm)、横軸は時間（秒(second)）を示し、折れ線は、実線が利き手、破線が非利き手を示す（グラフ3～6も同様)。

グラフ1［右利き者（R 2)］



グラフ2［左利き者（L 2)］

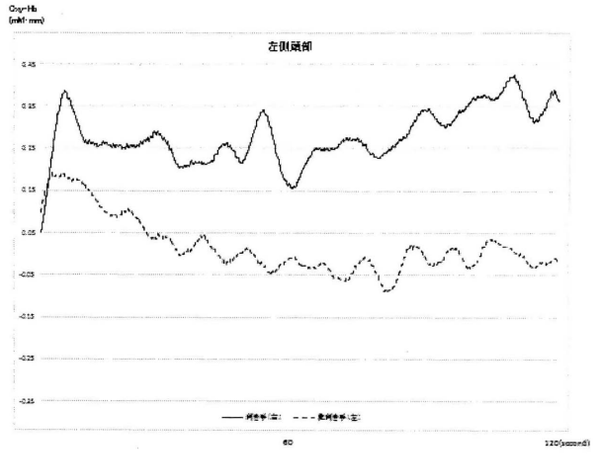


グラフ1及び2から、右利き者と左利き者に共通して、利き手で書いている時の方が、全体的に oxy-Hb が高まることがわかる。すなわち、右利き左利きの別を問わず、利き手で書字活動を行っている際に右側頭部は活性化する、右側頭部の脳活動は活性化するとの可能性が示唆される。

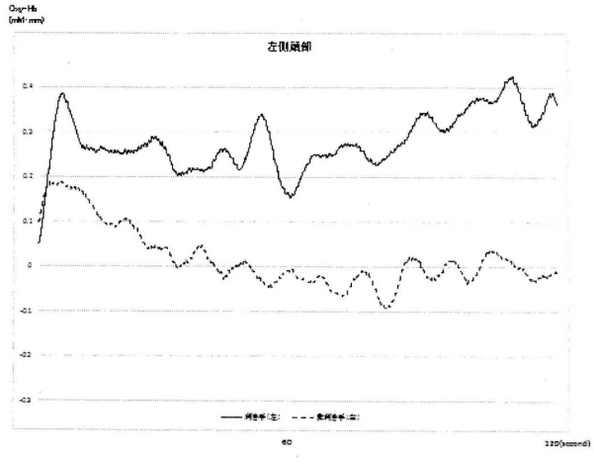
(2) 左側頭部

左側頭部での oxy-Hb の比較は、右側頭部の場合と同じ方法で平均値を出しグラフ化した。グラフ3は右利き者（R 2)、グラフ4は左利き者（L 2）のデータである。

グラフ3［右利き者（R 2)］



グラフ4［左利き者（L 2)］

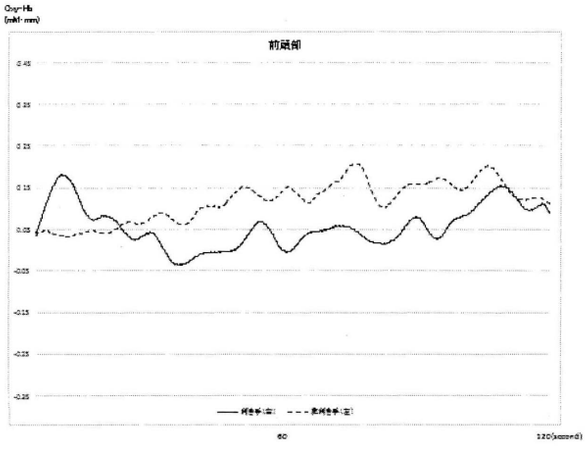


左側頭部も、右側頭部と同様に、右利き者左利き者に共通して、利き手で書いている時の方が、全体的に oxy-Hb が高まることがわかる。すなわち、左側頭部も、右手左手の別ではなく、利き手で書字活動を行っている際に活性化すると推察できる。

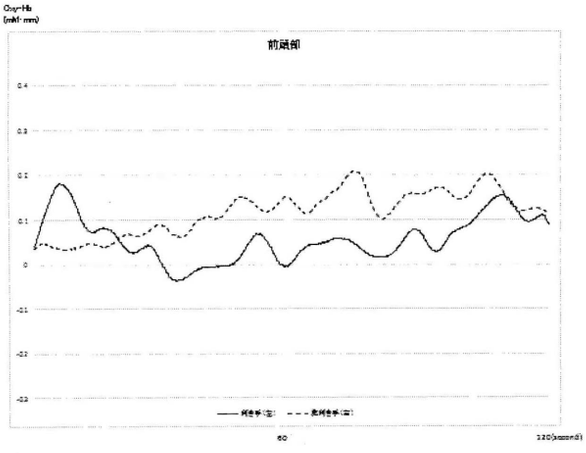
(3) 前頭部

前頭部について、タスクⅠ（利き手）とタスクⅡ（非利き手）のoxy-Hbの比較を行う。前頭部は計22チャンネルで構成されるが、ノイズチャンネルを除去後、17チャンネルの平均値を用いた。前頭部のタスクⅠ（利き手）とタスクⅡ（非利き手）のoxy-Hbの変化を時間軸に沿ってグラフ化する。各タスクともに1回目と2回目の加算平均処理を行った結果である。グラフ５は右利き者（Ｒ2)、グラフ６は左利き者（Ｌ2）のデータを示す。

グラフ５［右利き者（Ｒ2)］



グラフ６［左利き者（Ｌ2)］



前頭部の中段辺りには前頭前皮質と呼ばれる部位があり、最も高次な脳機能に関与すると考えられている。前頭前皮質は、覚醒している時に強く活動する背外側前頭前皮質という部位を含む。全ての認識活動に関与し、あらゆる種類の意識的な学習に必須な部位とされている[11]。こうした重要な部位を持つ前頭部では、右利き者左利き者双方の場合とも、利き手で書いている時よりも非利き手で書いている時の方がoxy-Hbはより高い状態にあることがわかる。ただし、その差はわずかである。

3-2　書字動作データ収集装置（筆圧握圧計測装置）を用いた実験結果

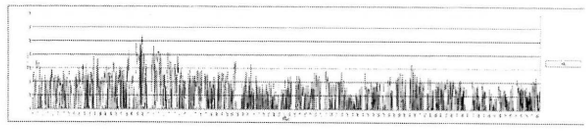
※特徴が顕著に表れた課題について特記

(1)【課題６】

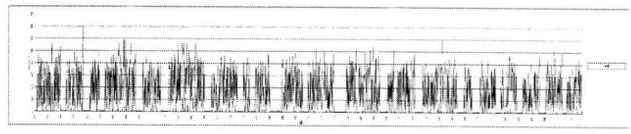
※グラフは課題全文（各138文字）に関して表示

注：「Ｒ１―６」＝Ｒ１の【課題６】

グラフ７　Ｒ１―６Ａ（利き手での課題）
縦軸：筆圧　横軸：時間



グラフ８　Ｒ１―６Ｂ（非利き手での課題）
縦軸：筆圧　横軸：時間



利き手では、全体を通して、リズミカルに書いている（空白部分が規則的に現れる）状態と、書き始めから書きおわりまでの安定状態（筆圧値が最大平均200gf前後）が持続している（グラフ７）のに対し、非利き手では、持ち方の不安定さや書き慣れないことにより筆圧のばらつきが見られる（グラフ８)。また、書字速度が利き手の場合より2.3倍程遅くなっている。さらに、グラフ７からは、利き手では書き始めの筆圧はやや高めの傾向にあるが、書きおわりにかけて軽やかで適度な筆圧（110gf ～ 220gf）で書かれていることもわかる。一方、グラフ８からは、非利き手での書き慣れていない状態が判断でき、持ち方を途中で変えたことも相まって、筆圧変化が大きく変動し、特に後半では筆圧が低い傾向が続いていることがわかる。この結果は罫線シートの濃淡の変化からも推察できる。

(2)【課題７】【課題８】

各文字の筆圧と平均値は、右利き者も左利き者も非利き手での数値が総じて低く、最小筆圧値が利き手での半分以下の場合もある（例：「光」最小筆圧値　Ｒ１利き手185gf／非利き手50gf、「式」最小筆圧値　Ｌ１利き手140gf／非利き手70gf)。以下に、各文字の所要時間、文字間に要する時間、合計時間について、また、筆圧変化、握圧、書字時間に関して、非利き手の場合と利き手の場合とで比較考察した結果をまとめる。

非利き手が各文字を書くのに要する時間	右利き者	利き手の2.79倍	左利き者	利き手の2.49倍
非利き手が文字間に要する時間	右利き者	(同)1.35倍	左利き者	(同)2.04倍
非利き手での書字活動の合計時間	右利き者	(同)2.3 倍	左利き者	(同)2.3 倍

筆　圧：利き手の場合、筆記具をしっかり把持しているためか筆圧値がやや高い傾向にある。非利き手の場合、力が十分加わらず、筆圧軌跡にぶれが生じ、やや低い傾向にある。（例：Ｌ３（平均的な値をとる左利き被験者）の平均筆圧値「月」利き手155gf／非利き手79.5gf、「ん」利き手205gf／非利き手129.5gf）

握　圧：利き手を問わず親指の握圧が他指より高く（例：Ｌ３利き手の親指握圧最高値「月」270gf「ん」200gf／示指同値「月」125gf「ん」65gf）、示指、中指と相まって筆記具を上下左右へ移動させている。

書字時間：全被験者とも非利き手の場合利き手の約２倍に上る（例：Ｌ３「の」利き手0.8sec／非利き手1.7sec）。

書き方：利き手では画や文字ごとに時間間隔のバランスがとれており、全体を通じスムーズに書けている。一方、非利き手では筆圧の変化や時間間隔の差が顕著に見られ、書きにくい様子が読みとれる。（例：Ｌ３ 課題10文字の所要時間 利き手 文字12.3sec 字間4sec／非利き手 文字20.5sec 字間10.2sec）

(3)【課題９】【課題12】

数字を書く際も、非利き手の場合を利き手の場合と比較すると、平均して書字に約３倍、数字と数字の間には10倍以上、総じて４倍弱の時間を要している（例：Ｒ２「1853-1890」の総所要時間 利き手4.5sec／非利き手15.6sec）。また、筆圧は1.5倍前後高くなっている（例：Ｒ２の平均筆圧値 利き手54.6 gf／非利き手79.9 gf）。

(4)【課題10】【課題11】

英単語を書く際も、非利き手では利き手より平均して書字に2.5倍、単語間に1.5倍、総じて2.4倍の時間を要し（例：Ｒ２「lazy」の総所要時間 利き手2.1sec／非利き手6.9sec）、筆圧変化のばらつきが目立つ不安定な状態にある。また、英文の場合も、日本語の文章の場合（【課題６】参照）と同様な特徴が見てとれる。利き手では、空白部分が規則的に現れリズミカルに書けており、筆圧も安定状態にある一方、非利き手では、空白部分が不規則で、筆圧のばらつきが目立つ。書字速度も2.4倍遅い（例：Ｒ２の総所要時間 利き手23.2sec／非利き手55.1sec）。

4. まとめと今後の課題

NIRSによる実験結果から、利き手の別を問わず、利き手で書字活動を行った時の方が、右側頭部及び左側頭部の賦活が大きいことが明らかになった。ただし、前頭部については、非利き手で書いている時の方が、僅差ではあるがoxy-Hbが高くなる。前頭部は、高次の思考や判断等を司る前頭葉が位置する部位である。重要な機能を持つ部位 前頭部におけるこの結果について専門領域からの解明が必要とは考えられるが、以下の推論は導き出せる。

一般の学習活動においては、無意識のうちに望ましい文字が書ける（望ましい文字が書けることが自動化している）方がよい。学習活動時に前頭部が活発であってほしいのは思考を伴う学習活動本体に対してであって、書字活動自身は自動化されていることが望ましい。よって、通常の書字活動にあたっては、前頭部は活性化しない方がよい、前頭部でのoxy-Hbは下がっている方がよいと考えられる。今回の実験のように、平仮名五十音を書く、すなわち、書写することに特化した単純作業において、非利き手での書字活動時に前頭部が活発であることは、学習活動が有機的になされるためには理想的でない。前頭部は、望ましい文字が書けることに対して活性化されない方がよいのである。このように、脳生理学、脳活動の観点から検証考察すると、非利き手での書字は望ましいものではないと推考できる。

しかし、今回のデータは限られた人数によるものであり、その実験結果について断定できないため、現段階ではあくまでも一事例からの推論とするに留める。今後はデータを増やし、実験結果の解釈の信憑性を高める必要がある。

ただし、本論考を通して、脳生理学からの科学的な根拠をもとに、書字に関しては「“右手”“左手”」といった概念ではなく、「“利き手”“非利き手”」との認識が不可欠であることは推考できる。これは、筆圧握圧計測装置による実験結果、すなわち、右利き者でも左利き者でも、非利き手では、書字活動において、（書き慣れているかの差異はあれども）筆圧、握圧、書字速度全てに関して難を伴う結果となったことからも明らかである。「右手」「左手」との捉え方ではなく、「利き手」「非利き手」との観念に基づいた書字及びその指導が重要である。

本研究では、NIRSによって大脳皮質でのoxy-Hbを測定することから論考を試みたが、書写書道教育研究において脳生理学による科学的な研究手法を導入するのはまだ萌芽の段階にある。今後は、他領域の研究を俯瞰しながらデータの蓄積に努め、利き手に関して各人の脳機能が生かされる書字活動の在り方を考究していきたい。

【謝辞】

本研究はJSPS科研費 JP15K04419、JP15H0349801の助成を受けたものである。

なお、NIRS及び光トポグラフィ装置とその解析に関しては齊藤忠彦先生から、書字動作データ収集装置とその解析に関しては滝本貢悦先生から多大なる御指導を賜りました。衷心より御礼申し上げます。

主要参考文献　※「注」に記した文献は除く

- 福田（2009）『精神疾患とNIRS —光トポグラフィ装置による脳機能イメージング—』中山書店
- 志村（2009）『近赤外分光法による前頭前野計測 —認知症の早期発見とリハビリテーション方法の評価—』コロナ社
- Eero Vuoksimaa, Markku Koskenvuo, Richard J. Rose, Jaakko Kaprio（2009）: Origins of handedness: A nationwide study of 30161 adults. *Neuropsychologia*, 47
- 吉田（2010）「右利き, 左利きの考え方」『Equilibrium Res Vol. 69（3）』
- 齊藤（2010）「音楽鑑賞における楽曲の違いが脳血液に及ぼす影響 —光トポグラフィによる計測をもとに—」『信州大学教育学部研究論集 第2号』（信州大学教育学部）
- 長谷他（2010）「左利きと右利きの書字動作の比較」『日本作業療法学会抄録集 44巻』（日本作業療法士協会）
- 齊藤（2011）「歌唱表現におけるカラオケ使用時の大脳皮質前頭部・側頭部の活動の特徴 —無伴奏，カラピアノ使用時と比較して—」『音楽教育学 41（1）』（日本音楽教育学会）
- 皮質活動の比較—光トポグラフィによる計測を通して—」『信州大学教育学部研究論集 第4号』（信州大学教育学部）
- 松田他（2011）「左利き者の両手動作時の脳神経活動：機能的MRIによる分析」『専門リハビリ第10巻』（専門リハビリテーション）
- 齊藤・小野（2012）「音楽聴取時の心理的指標と生理的指標の比較 —NIRSを用いた脳活動計測を通して—」『日本感性工学会論文誌 Vol.11 No.3』（日本感性工学会）
- 鈴木他（2012）「左利き者の書字動作の分析 —右利き者との比較—」『作業療法 31巻6号』（日本作業療法士協会）

注

1 山本他（2006）「近赤外分光法を用いた脳光イメージングの現状と可能性 —文献的考察」『神戸学院総合リハビリテーション研究 第1巻第1号』p.84.

2 A.R.クロスマン，D.ニアリー著　野村・水野訳（2014）『神経解剖カラーテキスト』医学書院，p.146，p.149.

3 八田（1996）『左ききの神経心理学』医歯薬出版株式会社，pp.26-30.

4 R. C. Oldfield（1971）: The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 8（1）

5 Loren J. Chapman, Jean P. Chapman（1987）: The measurement of handedness. *Brain and Cognition*, 6（2）

6 八田（1975）「きき手に関する研究 —きき手とManual Activityの関係について—」『適正研究』，pp.1-13.

7 Neil R.カールソン著　泰羅・中村監訳（2008）『第2版カールソン神経科学テキスト —脳と行動—』丸善株式会社，p.86.

8 厚東・濱田（2008）『よくわかる！ 脳とこころの図解百科』小学館，pp.14-16.

9 灰田（2008）「光トポグラフィを用いた学会発表・論文作成のポイント」『日立メディコユーザー会資料（2008.2.16）』，p.20.

10 本研究ではタスク直前のPre TimeとPost Timeを5秒、Recovery Timeを30秒に設定した。Pre TimeとPost Timeのoxy-Hbの平均値を結ぶ直線をoxy-Hbのベースラインとする線形ベースライン補正はIntegral解析の自動補正機能を使った。

11 M. J. T. FitzGerald, Jean Folan-Curran著　井出他訳（2008）『カラー 臨床神経解剖学　機能的アプローチ』西村書店，p.261.