fNIRS による MCT 実施時の前頭前野の賦活域

西原小百合 Sayuri NISHIHARA

吉田晴行 Haruyuki YOSHIDA

知花弘吉 Kokichi CHIBANA

西原一嘉 Kazuyoshi NISHIHARA

概要：空間認識力向上に図学が有用であるとされている。その判定方法として様々な方法が試みられてきた。本研究では、空間認識力判定問題として MCT問題を解く際には脳のどの部位が関係しているかという観点から、島津製作所製の「機能的近赤外分光分析法 (fNIRS)」を用いて仮想切断面実形視テストにおける脳機能の解析を行った結果について報告する。

キーワード：図学教育/空間認識

1. はじめに

近年の脳マッピング研究により脳の役割分担が解明されつつある。脳を機能的にみると、中心部より前は、運動と行動の制御を、後は感覚と知覚情報の分析を司っているとされている^[文1]。マッピング研究のために使用される方法には、機能的核磁気共鳴画像法 (fMRI)、陽電子放出断層撮像法 (PET) などがあるが、装置の大規模なこと、被験者が仰臥のままで行動が制限されるという欠点がある。しかし、近年注目されている機能的近赤外分光分析法 (fNIRS) は、小型の機器で、被験者の行動の制限が少なく、装着したまま歩行や手を動かすことが可能となった。そのためリハビリをはじめとする医学、心理学、教育学、情報工学分野等で用いられるようになってきた。fNIRS は脳表面部位の酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビンの変化を測定し、脳の活動を測定するもので、例をあげると、タスクとしては、摂食時の脳賦活、香り刺激、漢字想記時の前頭前野脳賦活等の研究があげられる。空間認識力を脳の活動に関連づけ

る研究としては、脳波測定を用いたものがなされているが^[文2]、空間認識力の脳活動部位をfNIRS により特定した研究は見られない。そこで、本研究では MCTの問題をタスクとして与え、脳の活発化部位を解明することを試みた。

2. 測定装置及び方法

島津製作所から派遣された担当者の指導の下で測定を行った。装置は、近赤外光を用いた、脳表面の酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビンをとらえる光脳機能イメージ測定機である FOIRE-3000 (Functional Optical Imager for Research)を用いた。実験日は2007年9月1日～7日、実験場所は大阪電気通信大学Y号館 208 号室。被験者は男子14名、女子2名である。被験者の頭部に、自由調整曲面ホルダ:FLASH (Flexible Adjustable Surface Holder)を装着する。ファイバホルダには([頭頂用]頭頂部の測定に使用) ([側頭用]両側頭部あるいは前頭部あるいは前頭部・後頭部の測定に使用) ([全頭用]全頭部の測定に使用)の3種類がある。本測定には一例のみ側頭用(3×7)(3×3)の2個と、他は側頭用(3×7)のみ用いた。fNIRS の測定装置と測定位置を図1、図2^[文2]に示す。

図1 FOIRE-3000

図2-1 本研究におけるファイバ設定位置

図2-2 国際 10-20 システム基準点の確率分布

A 国際 10-20 システム B 頭表上 C 頭表上の基準点分布
中心が各基準点の最確位置を、円の半径が基準偏差の範囲を示している。

測定ホルダの取り付け方法。

図3に示すように、縦は後頭部の突出部と鼻の付け根を計る。横は左右両耳の付け根と頭頂を通り測った長さの midpoint と、額を通して計った長さの midpoint を結び、上から 5 分の 2 (大体 60 ミリ) の位置がファイバホルダの中心となる。そこでホルダを頭皮に密着させ、位置のずれの調整をする。ファイバホルダには 30 ミリ間隔で前後左右 21 個のホルダがあり、耳かきでホルダ内の頭髮をかき分け、頭皮にヘッドが当たるようにしながら、各ホルダにファイバヘッドを挿入していく。

3-1 横の長さを測る

3-2 縦の長さを測る

3-3 ホルダの中心

3-4 位置のずれの調整

3-5 ファイバヘッドを挿入

3-6 装着終了

測定の手順は、最初に、被験者を安静状態として何も考えないように指示を与える。次にタスクの内容 (MCT) を説明し、タスクを実行させる。

被験者リストとタスクの内容。

被験者を2つの班に分けた。タスクについてはいくつかのやり方を試みたが、ここでは2つの場合について説明する。1つの班の被験者には、事前にMCT25問全てに同じタスクレストの時間の配分を決める。実験開始時には、MCTの各問題について、係りのものが、時間をはかり、始めの合図でタスクに入り、止めの合図でレストに入ることにし、各々マークを付ける。2 つ目の班の被験者には、各タスクレストの時間は決めず、1 番目の問題を解き終われば次の問題へと連続的に進んでいくようにする。その場合には、被験者が 1 つのタスクを終了すると、片手をあげ合図させる。それとともに、係りの者がそのつどマークを入れていく方法で同じく25回実施した。以下に被験者リストとタスクの内容を表1に、タスク実施風景を図4に示す。

表1

T	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (5-50-5)
S	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (5-50-5)
N	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (5-35-5)
Y	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (5-25-5)
K	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (5-25-5)
G	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (5-35-5)
S	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (5-35-5)
K..S	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
I	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
N..S	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
T	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
T..S	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
S..N	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
Y..N	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
N..T	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
H	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)
A..S	Task-1 : 仮想断面実形視テスト (連続)

図4-1 安静時

図4-2 タスク実施時

プログラム上の都合で、6名分だけの分析を行った。

NIRStation 分析方法

- ①NIRStation を立ち上げる。
- ②画面上のリストボタンをクリックする。
- ③登録されているデータから読み込みたいデータを立ち上げる。例えば、MCT 問題の場合では MCT. OMM と保存しているデータを立ち上げる。
- ④1から 32 チャンネルまでの各問題もしくは連続したデータが立ち上がる。
- ⑤例えば、問題1のデータをテキストファイルに保存させる場合、画面上の連続もしくはタスクボタンに選択。問題1を選択する。
- ⑥テキストファイル保存ボタンをクリックしてさらにテキストファイル名を設定しOK ボタンを押して保存完了。
- ⑦保存先からテキストファイルを開いてエクセルに変換する。
- ⑧変換されたエクセルファイルの中で使用するチャンネルと Oxy Hbデータでグラフを作成する。

EXCELによる分析方法

(info200770903)

被験者 A

- ① カスタム補正ボタンを押す。
スムージング点数を39にする。
スムージング回数を10にする。
実行ボタンをおす。
連続 → タスク
1番をテキストファイルに保存する。
テキストファイル保存を選び、設定する。
デスクトップにファイル名をつけて保存する。

[OK]ボタンを押す。

NRStationをクリックする。

[終了]ボタンを押し、[OK] キャンセル

テキストファイルをクリックする。

[CTL] +A (全選択)

右クリック し、コピーを選ぶ。

[スタート] ボタンを押し、EXCELを立ち上げ、貼付する。

OxyHb だけ選ぶ、32箇所各channelのMAXをとる。

グラフ表示する。

3. 結果と考察

解析プログラムの検定

MCT の各被験者の成績一覧表を表2に、NIRStation の解析プログラムの一覧を図5に、Excelで分析した図6を以下に示す。

表2

MCT(大阪電気通信大学)2007年度 2007.9.1~7 熟考○ 普通○ 直感△																										
正解	B	C	E	E	B	A	A	D	B	C	E	C	E	B	D	C	D	A	D	A	D	A	E	A	C	
番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
15 正誤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
AS	B	C	E	E	B	A	A	D	D	E	E	E	A	A	A	D	C	D	A	D	A	A	A	D	B	D
21 正誤	○	△	△	△	○	○	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
K	B	C	E	E	B	A	A	D	D	C	E	C	E	A	D	C	D	A	D	A	D	A	D	A	D	D
18 正誤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
YN	B	C	E	E	B	A	A	D	D	E	E	C	C	A	A	C	D	A	D	A	D	A	D	A	D	D
14 正誤	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
SN	B	D	E	E	B	A	A	D	B	A	E	D	E	A	E	C	A	A	A	E	D	C	D	A	E	E
11 正誤	△	○	○	△	△	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△
TS	D	C	E	A	B	A	C	A	C	B	C	A	E	B	A	E	C	A	D	A	A	A	B	D	D	D
17 正誤	○	○	△	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	△	○	○	△	○	△	○	△	○	○	○	○	○
DT	B	D	E	E	B	A	E	D	C	E	E	A	C	B	D	C	D	A	D	A	D	C	E	A	D	D
13 正誤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
NS	B	D	E	E	B	A	A	D	B	E	A	A	A	A	A	D	C	A	D	A	E	D	C	D	A	C
20 正誤	○	△	△	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	△	○	○	△	○	△	○	△	○	○	○	○	○
I	B	C	E	E	B	A	A	D	B	C	E	A	E	B	D	C	D	A	D	A	D	C	D	B	D	D
10 正誤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
KS	B	A	E	C	B	A	A	A	D	E	D	D	A	A	D	C	A	A	B	D	D	A	D	B	A	A
16 正誤	○	○	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
AS	B	C	E	E	B	A	A	A	C	C	E	C	A	B	D	C	A	A	C	A	A	A	D	B		
21 正誤	△	○	△	○	△	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
AG	B	C	E	E	B	A	A	D	C	C	E	C	B	D	C	D	A	D	A	D	A	D	B	C		
9 正誤	○	△	△	○	○	○	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○
KK	B	B	E	C	B	D	E	D	C	E	E	A	E	B	A	E	A	C	D	C	C	A	D	B	B	
21 正誤	○	△	△	○	○	○	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○
SY	B	C	E	E	B	A	A	D		C	E	C	E	B	D	C	D	A	D	A	D	A	B	B	E	
21 正誤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
N	B	D	E	E	B	A	A	D	B	C	E	A	E	B	D	C	D	A	B	A	D	A	E	A	E	
14 正誤	○	△	△	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○
S	B	D	E	E	B	A	A	D	B	E	A	C	B	A	C	B	A	A	D	A	E	A	D	B	D	
16 正誤	○	○	△	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○
AT	B	C	E	A	B	A	A	D	C	E	E	B	C	B	D	B	D	A	A	A	A	D	C	E	A	A

NIRStation の解析プログラムの図とExcelで分析したグラフはでは、同じ結果であった。それ故、このプログラムは信用できると考え、以後の解析に使用する。

図5-1 全 25 問の連続表示例
(被験者 A, スムージング前)

図5-2 問題 1 の部位 13(スムージング前, 生データ)

図5-3 図5-2 の生データをエクセルに変換

図5-4 全 25 問の連続表示例
(被験者 A, スムージング後(点数 39, 回数 5))

図5-5 問題 1 の部位 13(スムージング後, 生データ)

図5-6 の生データをエクセルに変換

図5-7 問題 1 をタスク 5-25-5 で解いているときの
各部位におけるヘモグロビンの変化量

図5-8 問題 1 の部位 1(Channel 1)の拡大図

図5-9 問題 1 の部位 1(Channel 1)のデータ処理後
(Oxy のみ)

図5-10 各部位におけるデータ処理後の O_{xy} 最大値

図6-4

図6-5

図6-1

図6-6

図6-2

図6-7

図6-3

図6-8

図6-9

図6-10

図6-11

図6-12

これらの図から言えることは、被験者 A,B、C に共通して 6, 13の部位の動きの活発化がみられた。それ以外の部位は各人まちまちの動きを示した。被験者 A は、最初に活発化の程度が上がり後は下がっている。被験者 B は、A とは逆に最初は低く後は上がっている。被験者 C は、A と B のミックス形で最初は高く中間で下がり後で上

がっている。被験者全体としてみれば、MCT 問題を解く時に共通して活性化が顕著であったのは、部位6番、13番、次いで1, 7, 20番であった。真ん中の部位はほとんど変化がみられなかった。前の問題における動きは少なく、後の問題における動きは大きかった。

4. まとめ

- 代表的な問題として MCT 問題の1番、3番、9番、23番の4問を選んだ。
- 被験者3人に限って言えば、タスク(MCT)実施時の脳活性化部位には3つのパターンがあるが、共通している部位として、6, 13が得られた。
- タスク(MCT)実施時の脳活性化部位が前頭前野の左側が賦活されていることが確認されているが、さらに6, 13の特定部位が得られた。
- 今後の課題として、
他の被験者も同様に解析すること。
今の活動部を MRI とのマッピングにより
特定すること。
空間認識能力における男女の脳の相違点
の解明。
MCT の問題別の解析。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、全面的なご協力を頂いた島津製作所の井上正雄氏に感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 佐久田博司、廣實崇、伊東由佳、二宮理恵、“動的/静的図形の脳波に及ぼす効果” 日本図学会関西支部学術講演論文集(2004)、pp.29-32
- [2] 檀 一平太、“食生活研究への適用のためのfNIRS単独での脳機能マッピング法開発”、食総研ニュース NO.13(2005)P.5

著者紹介

にしはら さゆり、よしだ はるゆき、にしはら かずよし：
大阪電気通信大学工学部、
572-8530、寝屋川市初町18番8号
ちばな こうきき：近畿大学理工学部、
577-8502 東大阪市小若江 3-4-1