

近赤外線分光を用いた側頭葉の記憶と 大脳機能偏在の原則に関する研究

鎌倉 勝利*

Study on the Memories of Temporal Lobes and the Principles of Lateralization Using a Near Infrared Spectroscopy

Katsutoshi KAMAKURA*

Abstract: In this study we measured the variation of brain blood quantity (Oxy-Hb, Deoxy-Hb and Total-Hb) in the temporal lobes using a near infrared spectroscopy (NIRS) when the tasks of the memories were presented to the subjects. The tasks of the memories are the long-term memory (LTM) and the short-term memory (STM). The subjects joined in this study are 11 persons who are university students including graduate students. In the case of the LTM the variation of Oxy-Hb in the left temporal lobe is larger than that of Oxy-Hb in the right temporal lobe. This result coincides with the principles of lateralization. The LTM meditated language function is much stored in the in the left temporal lobe than in the right temporal lobe. The variation of Oxy-Hb in the task of STM concerning number sequence is smaller than that of Oxy-Hb in the task of LTM.

Keywords: NIRS, memories, temporal lobes, Oxy-Hb, Deoxy-Hb, lateralization.

要 旨：本研究では側頭葉を対象とし、被験者に記憶課題を提唱して近赤外線分光（NIRS）により脳血液量（酸化ヘモグロビン、還元ヘモグロビン、全ヘモグロビン）の変化量を測定した。記憶の課題は長期記憶と短期記憶である。本研究に参加した被験者は大学生、大学院生の11名である。長期記憶の場合は左側頭葉の酸化ヘモグロビンの変化量が右側頭葉のそれと比較して大きい。この結果は大脳機能偏在の原則に符号している。言語機能により語られた長期記憶は右側頭葉よりも左側頭葉に貯蔵されている。数字の復唱に関する短期記憶の課題では酸化ヘモグロビンの変化量は長期記憶の課題のそれと比較して低下している。

1. ま え が き

近赤外線分光（Near Infrared Spectroscopy, NIRS または光トポグラフィとも言う）を用いた脳機能の計測が最近行なわれ、脳の診断、治療のための臨床検査としても応用されている。[1-4]また生体のイメージング法であるポジトロン CT 及び機能的磁気共鳴描画（f-MRI）を用いて脳の高次機能のイメージングが行なわれている。

脳の記憶は側頭葉及び前頭葉後方部の機能によると一般的に言われている。本研究では側頭葉を対象とし、被験者に課題を提唱して NIRS により脳血液量（酸化ヘモグロビン、還元ヘモグロビン、全ヘモグロビン）の分布と時間的変化量を測定している。記憶の課題は長期記憶（long-term memory）と短期記憶（short-term me-

memory）である。脳の記憶課題において、左側頭葉の賦活が右側頭葉より顕著に現れる現象については生理学及び心理学分野では大脳機能偏在（lateralization）の原則[5]と言われている。大脳機能偏在の原則によると大脳の左半球は言語と行為に、右半球は視空間認知に優位性がある。本研究の長期（エピソード）記憶課題では被験者は言語を用いて回答している。更に記憶は言語を獲得することにより脳に貯蔵（storage）される。エピソード記憶の課題は言語と密接に関係していることが明白である。それ故エピソード記憶の課題においては左側頭葉が右側頭葉より賦活する可能性がある。左側頭葉と右側頭葉の賦活の相違については著者により既に研究[6]されているが、本論文では被験者数を増加して大脳機能偏在の原則が約70%のヒトに見られることを明らかにしている。短期記憶の課題については数字列を提唱して短時間に提唱した数字を被験者が復唱する課題について NIRS を用いて脳血液量を測定している。また数字列を逆唱す

* 工学部電気電子工学科 教授 工学博士
Department of Electrical and Electronics Engineering,
Faculty of Engineering, Professor, Dr. of Engineering.

る課題についても実施して、短期記憶の脳血液量の時間的変化と長期記憶のそれとの比較検討を行っている。

2. 記憶の課題と研究方法

記憶の課題は心理学の分野でよく用いられる長期記憶と短期記憶である。

2.1 長期記憶

長期記憶にはエピソード記憶 (episodic memory) と意味記憶 (semantic memory) があるが、本研究ではエピソード記憶を採用している。(例 小学生から中学生の頃、印象が強く記憶に残っていることを思い浮かべて話してください。)

2.2 短期記憶

数字列を提唱して短時間に提唱した数字を被験者が復唱する課題を用いている。数字の数は5文字 (例 3, 8, 6, 2, 1) から10文字を使用している。さらに提唱した数字を逆唱する課題も行なっている。

以上の課題を被験者に提唱して、NIRS を用いて側頭葉の賦活部分を測定している。被験者は大学生、大学院生の11名 (男性5名, 女性6名) である。側頭葉の賦活部分の測定においては、最初に長期記憶次に短期記憶について課題を提唱している。

3. 測定結果と検討

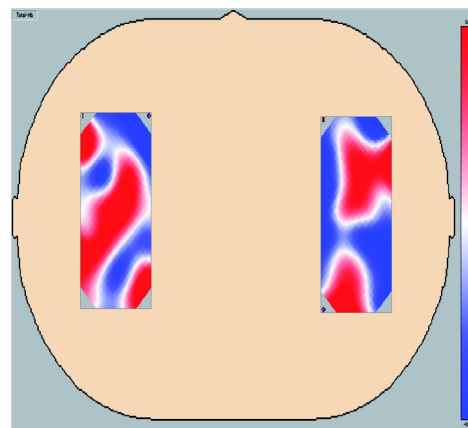
3.1 長期記憶

長期記憶の場合は NIRS 表示の賦活部分 (酸化ヘモグロビン濃度) は時系列的に増加するが、課題について学生は比較的容易に回答可能である。

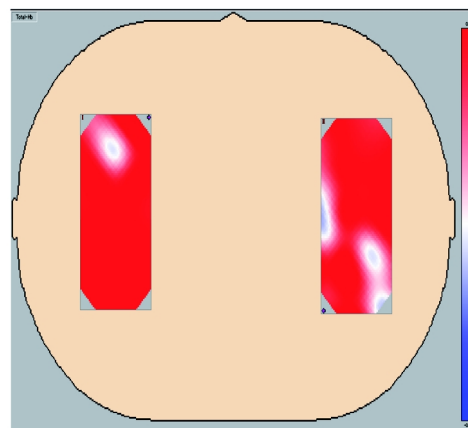
図1に長期記憶における代表的な NIRS による側頭葉の賦活部分 (赤色) の表示を示す。

図1に示すように長期記憶の課題について思い浮かべ、その内容を語る間、時系列的に側頭葉が徐々に賦活している様子が観測される。特に左側頭葉が右側頭葉に比べ賦活 (酸化ヘモグロビン濃度の増加) している。

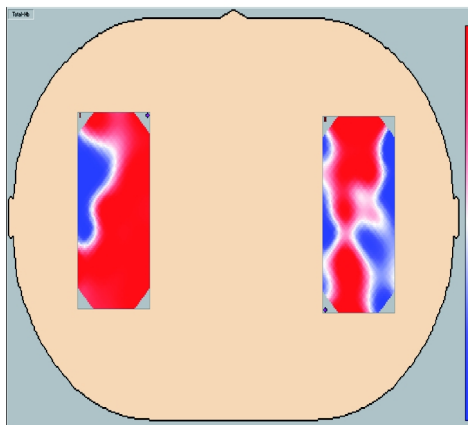
図2に酸化ヘモグロビン濃度 (Oxy-Hb)、還元ヘモグロビン濃度 (Deoxy-Hb) 及び全ヘモグロビン濃度 (Total-Hb) の時間的変化量を示す。図2(a)が左側頭葉のヘモグロビン濃度、図2(b)が右側頭葉のヘモグロビン濃度を示している。図2(a), (b)より左側頭葉の酸化ヘモグロビン濃度 (Oxy-Hb) と全ヘモグロビン濃度 (Total-Hb) の時間的変化量が右側頭葉のそれらより顕著に増加して現れていることがわかる。それらの濃度は課題を提唱してから約15秒で最大値になり、回答終了では全ヘモグロビン濃度 (Total-Hb) はほとんど0となる。脳の記憶課題において、左側頭葉の賦活が右側頭葉より顕著に現れる現象については生理学及び心理学で言われている大脳機能偏在 (lateralization) の原則に符号する。大脳機能偏在の原則によると大脳の左半球は言語と行為に、右半球は視空間認知に優位性がある。本研



(a)



(b)



(c)

図1 長期記憶における代表的な NIRS による側頭葉の賦活部分の表示

- (a) 課題を提唱した直後 (t=0 sec)
- (b) 20秒後 (t=20 sec)
- (c) 40秒後 (t=40 sec)

究のエピソード記憶課題では被験者は言語を用いて回答している。更に記憶は言語を獲得することにより脳に貯蔵 (storage) される。長期記憶は、記憶の内容によって宣言的記憶 (declarative memory) と手続記憶

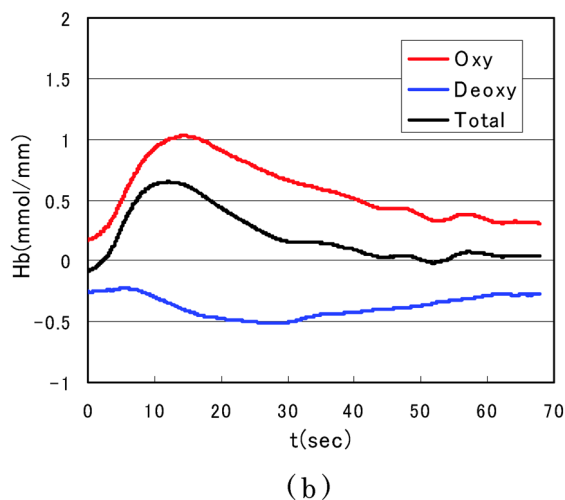
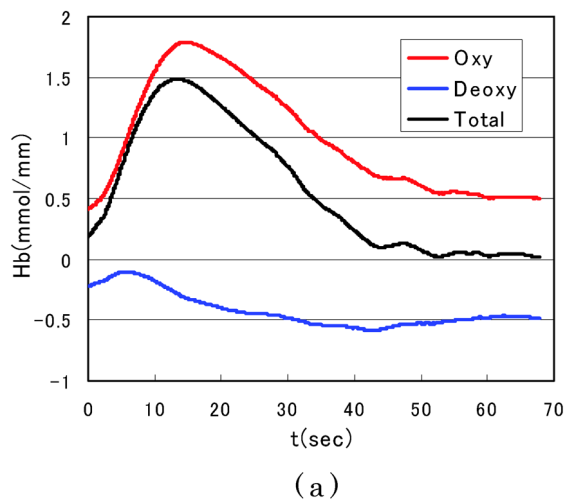


図2 ヘモグロビン濃度の時間的変化量
(a) 左側頭葉のヘモグロビン濃度
(b) 右側頭葉のヘモグロビン濃度

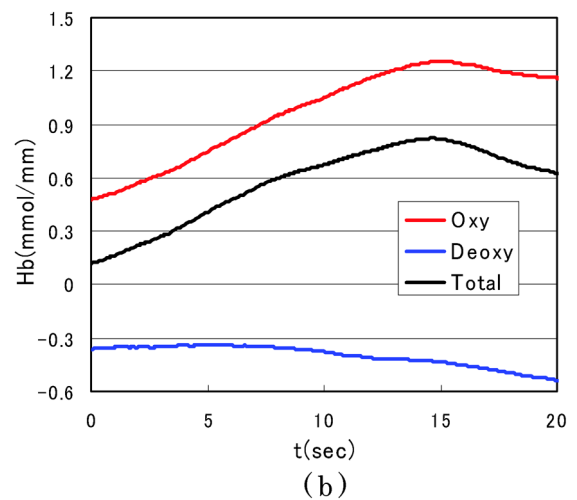
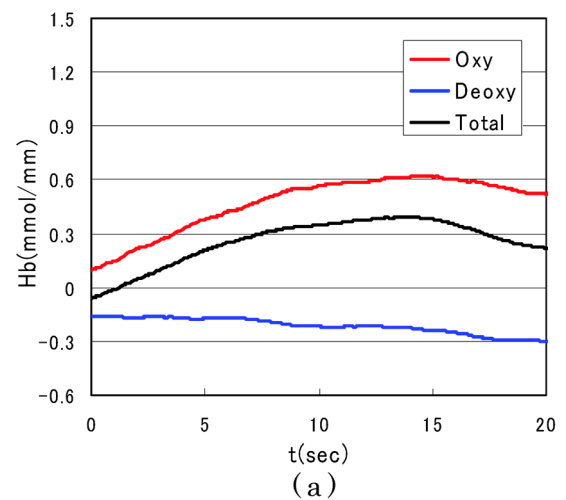


図3 ヘモグロビン濃度の時間的変化量
(a) 左側頭葉のヘモグロビン濃度
(b) 右側頭葉のヘモグロビン濃度

(procedural memory) に分類される。宣言的記憶とは言語によって記述できる事実に関する記憶である。エピソード記憶は意味記憶と共に宣言的記憶である。

以上述べたように本研究のエピソード記憶の課題は言語と密接に関係していることが明白である。それ故エピソード記憶の課題においては左側頭葉の賦活が右側頭葉より顕著に現れると考えられる。しかしながら大脳機能偏在の原則はヒトの大脳すべてに適応可能かについてはNIRSを用いて解析されていない。著者は同等な長期記憶課題に関し酸化ヘモグロビン濃度が左側頭葉より右側頭葉が顕著に増加する被験者についても測定を行うことができた。

図3に右側頭葉の酸化ヘモグロビン濃度が顕著に増加する被験者のヘモグロビン濃度の時間的変化量を示す。図3より本被験者の場合では左側頭葉より右側頭葉の酸化ヘモグロビン濃度が顕著に増加していることがわかる。被験者の父親は左利きであるが、遺伝的要素が

左右側頭葉の機能の相違に関係しているかは現在では明確でない。他の被験者で母親が左利きである場合についての測定は左側頭葉が右側頭葉より賦活している結果が得られている。

図4は被験者の平均酸化ヘモグロビン濃度を表している。また図5は酸化ヘモグロビン濃度の最大値（ピーク値）を表している。

図4の場合では被験者、男性5名中2名が左側頭葉より右側頭葉の平均酸化ヘモグロビン濃度が多い。また女性では6名中2名が平均酸化ヘモグロビン濃度が多い。

図5の酸化ヘモグロビン濃度の最大値（ピーク値）の場合では男性1名、女性2名が左側頭葉より右側頭葉のヘモグロビン濃度が多い。被験者、男女合計11名中8名が左側頭葉が右側頭葉より賦活している結果が得られた。

図4、5より左右側頭葉の酸化ヘモグロビン濃度がほ

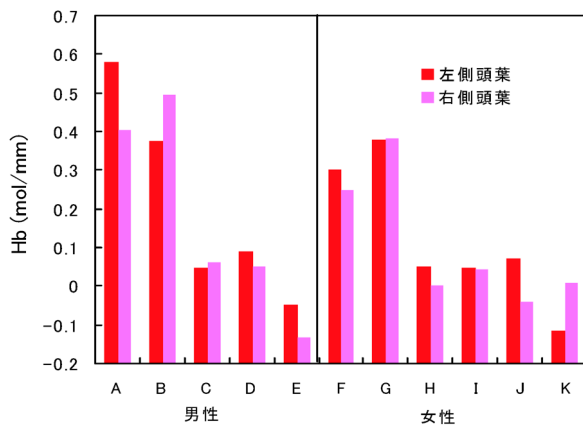


図4 平均酸化ヘモグロビン濃度

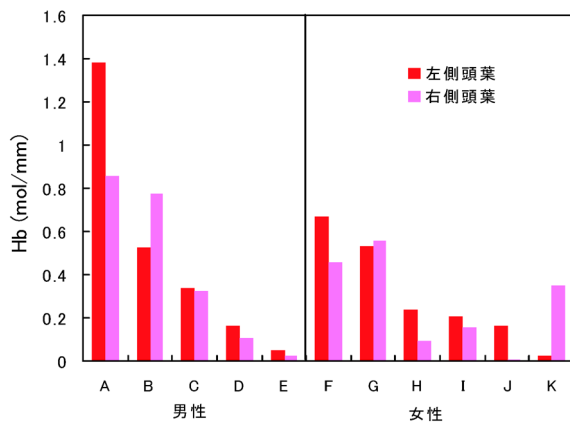


図5 酸化ヘモグロビン濃度の最大値 (ピーク値)

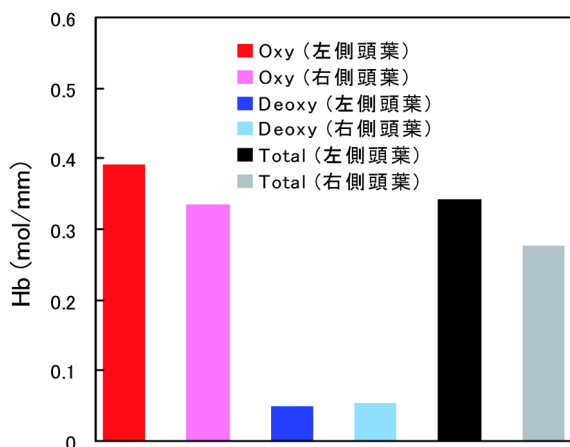
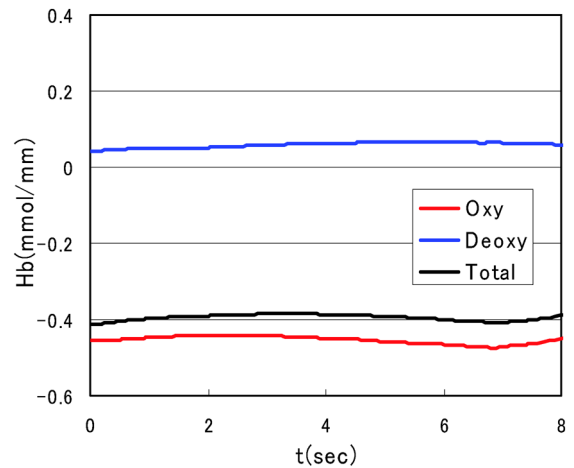


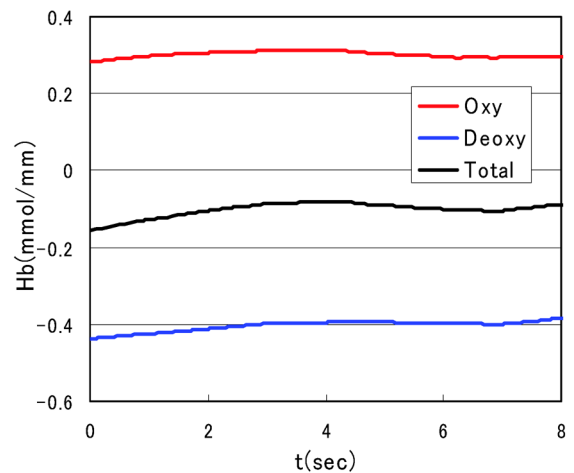
図6 酸化ヘモグロビン, 還元ヘモグロビン, 全ヘモグロビンの平均濃度

ば同等である被験者が2名程みられる。以上の結果より長期記憶に関する脳機能偏在の原則(記憶機能は右側頭葉に比べて左側頭葉に優位性がある)は約70%のヒトに見られると言える。

図6に長期記憶の課題が回答されている間の男女11



(a)



(b)

図7 ヘモグロビン濃度の時間的変化量
(a) 左側頭葉のヘモグロビン濃度
(b) 右側頭葉のヘモグロビン濃度

名の酸化ヘモグロビン, 還元ヘモグロビン, 全ヘモグロビンの平均濃度を示す。長期記憶の課題が提唱された後, 課題について回答が終了するまでの酸化ヘモグロビン濃度は左側頭葉が右側頭葉よりも多い。このように被験者全員の酸化ヘモグロビン濃度の平均値が右側頭葉に比べ左側頭葉の方が大きいことは脳機能偏在の原則を示唆する根拠となり得ると考えられる。

3.2 短期記憶

短期記憶では数字列を提唱して短時間に提唱した数字を被験者が復唱する課題を用いている。

最初に測定者がいくつかの数値を提唱して, 被験者が同じ数値を復唱している時間内のNIRSによる側頭葉の賦活部分を測定している。尚, 数字列の数字の数は5文字から10文字まで順次増加している。次に数字列の逆唱についても測定している。

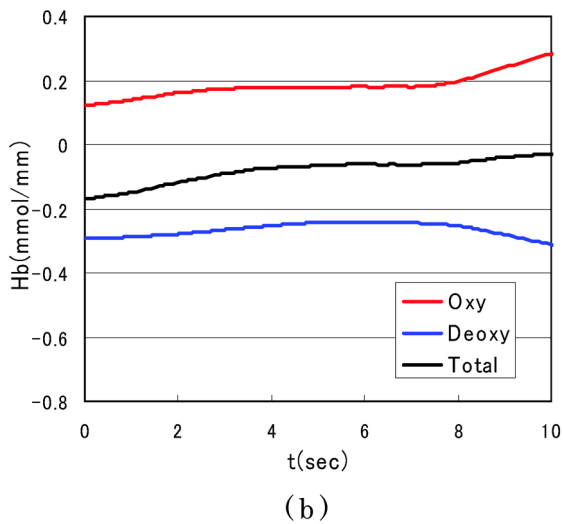
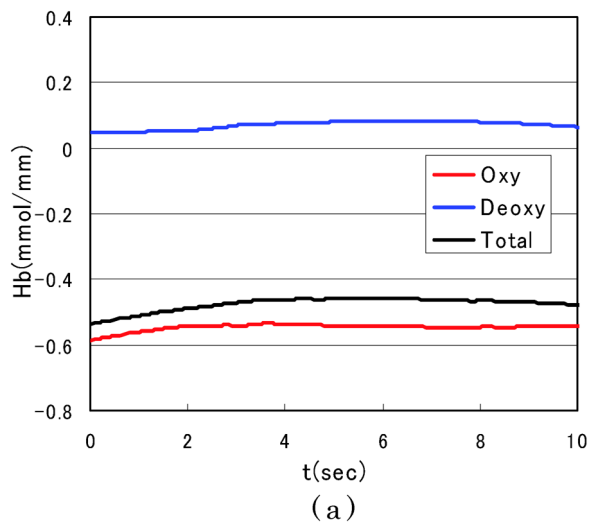


図8 ヘモグロビン濃度の時間的変化量
(a) 左側頭葉のヘモグロビン濃度
(b) 右側頭葉のヘモグロビン濃度

数唱範囲（正しく復唱することができる文字数）の平均値は8文字数である。9文字数以上では側頭葉の賦活部分の範囲が増加している。

図7に7文字数の復唱の場合における酸化ヘモグロビン濃度（Oxy-Hb）、還元ヘモグロビン濃度（Deoxy-Hb）及び全ヘモグロビン濃度（Total-Hb）の時間的変化量を示す。

酸化ヘモグロビン濃度（Oxy-Hb）の変化量は長期記憶の場合（図2）と比べてかなり低い量であることがわかる。7文字数の復唱は被験者にとって簡単であり、側頭葉の賦活はほとんど生じていないと考えられる。

図8に5文字数の逆唱課題における酸化ヘモグロビン濃度（Oxy-Hb）、還元ヘモグロビン濃度（Deoxy-Hb）及び全ヘモグロビン濃度（Total-Hb）の時間的変化量を示す。

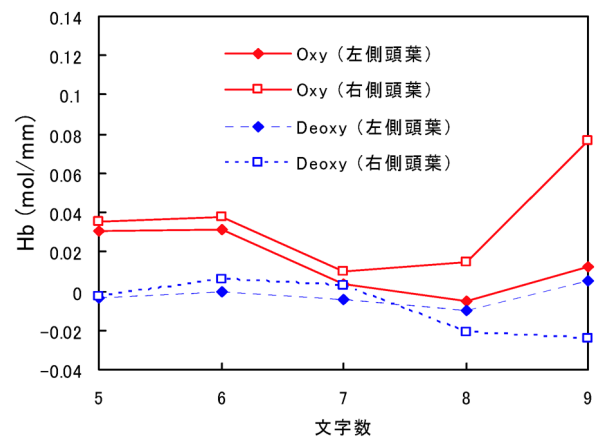


図9 復唱課題における平均ヘモグロビン濃度と文字数の関係

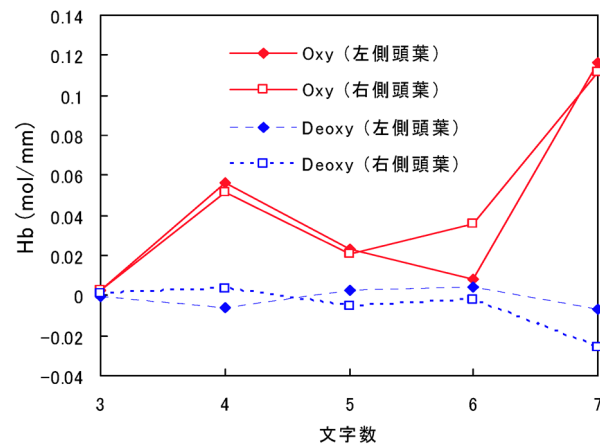


図10 逆唱課題における平均ヘモグロビン濃度と文字数の関係

図8に示した5文字数の逆唱の場合では右側頭葉の酸化ヘモグロビンが増加してより賦活することがわかる。逆唱においては文字数が多くなると記憶と共に思考過程が導入されていると推測できる。

図9に復唱課題における平均ヘモグロビン濃度と文字数の関係、図10に逆唱課題における平均ヘモグロビン濃度と文字数の関係を示す

図9における復唱課題の場合、酸化ヘモグロビン濃度は文字数が7（または8）文字の場合最小値を示している。復唱課題は5文字数から始め、文字数が6、7と順次増している。文字数が7の場合には課題に対する慣れが生じ酸化ヘモグロビン濃度が減少していると考えられる。9文字数では簡単に正解な数を答えることが困難であり酸化ヘモグロビン濃度は増加している。数唱範囲は8文字数であり、数唱範囲を超えると記憶と共に思考過程が導入されると推測される。

図10に示す逆唱課題の場合の酸化ヘモグロビン濃度は文字数が5（または6）文字で減少している。数字列の逆唱の数唱範囲の平均は5文字数である。7文字数で

は酸化ヘモグロビン濃度が増加している。このことは図9の場合と同様に文字数かなり増し、数唱範囲を超えると記憶と共に思考過程が導入され酸化ヘモグロビン濃度が増加すると考えられる。

4. む す び

脳の記憶について側頭葉を対象としてNIRSを用いて脳血液量（ヘモグロビン濃度）の分布と時間的変化量を測定した。記憶の課題としては、被験者に長期記憶（long-term memory）と短期記憶（short-term memory）を提唱している。本研究では長期記憶はエピソード記憶（episodic memory）を採用している。被験者は大学生、大学院生の11名である。短期記憶は数字列を提唱して短時間に提唱した数字を被験者が復唱する課題を用いている。また数字列の逆唱についても測定を行なっている。長期記憶の場合は側頭葉の賦活部分（酸化ヘモグロビン濃度）が時系列的に増加する。特にエピソード記憶の場合は左側頭葉の酸化ヘモグロビン濃度が右側頭葉のそれと比較して増加している被験者が多い。この結果は脳機能偏在の原則、即ち言語と密接に関係している記憶は脳の左半球に機能の優位性があることに符号している。

短期記憶の場合は数唱範囲の平均値は8文字数である。7文字数の復唱課題では長期記憶の課題に比較して簡単に回答できる。この場合は酸化ヘモグロビン濃度が長期記憶のそれと比べて低下している。

数字列の逆唱においては数唱範囲の平均値は5文字数で6文字数以上では正解率は低下し、この場合は側頭葉の賦活部分の範囲はかなり増加する傾向がある。

今後、本研究の結果（青年を対象とした記憶課題）を参照（reference）として加齢を考慮して被験者の長期記憶及び短期記憶に関してNIRSにより脳の賦活部分、範囲及び脳血液量の変化について測定、分析することが有益と考える。

参 考 文 献

- [1] 渡辺英寿, 画像診断, Vol. 22, No. 5, pp. 518-524 (2002).
- [2] 小泉英明, 牧 敦, 山本 剛, 川口英夫, 川口文雄, 市川祝善, 計測と制御, 第42巻, 第5号, pp. 402-407 (2003).
- [3] 福田正人, MEDIX, Vol. 39, pp. 4-10 (2003).
- [4] 宮井一郎, MEDICAL NOW, No. 52, pp. 33-36 (2004).
- [5] 河村満, こころの科学, No 11, pp. 51-54 (2001).
- [6] 鎌倉勝利, 国土館大学工学部紀要, 第38号, pp. 51-55 (2005).