

中枢神経活動に及ぼす単語連想時に絵を描く効果の解析

— 近赤外分光法による検討 —

草山太一¹⁾、浅野和仁²⁾

- 1) 帝京大学文学部心理学科、
2) 昭和大学保健医療学部作業療法学科

要 約

脳の活動を直接的に観るニューロ・イメージング法を用いて、図解表現技法を活用する効果を調べるための予備実験をおこなった。NIRSを用いて、単語から連想された文章を書き出す条件と、単語からイメージしたイラストを描く条件で、前頭葉の血流量に違いがあるか13人のボランティアを対象に検討した。その結果、連想した単語を書き出す条件と、イラストを描く条件で、酸化ヘモグロビンの増加変化に違いは認められなかった。課題遂行中の血流量の増加は、実際の作業と必ずしも相関しているわけではないが、脳の左右差については、左前頭葉のほうが活性していた。

Key Words : 近赤外線分光法 (NIRS)、図解表現技法、イメージ

目 的

図解表現技法の1つに、表現したい概念の中心となるキーワードに関するイメージを図の中央に描き、そこから放射状にキーワードやイメージを繋げていくことで、発想を延ばしていくマインドマップ[®]と呼ばれる方法がある。マインドマップは文章のまとめ方に有効と考えられ、一般的なノートテイクが上から下に情報を語句や文章で記述することに対して、1枚の地図のように情報を視覚的にまとめることができる¹⁾。視認性の良さをはじめ、問題点を整理しやすい、学習意欲が高まるなどの理由から教育現場で導入する試みもある。

図1にマインドマップのアウトラインを示す。できるだけ効果的な図解表現を目指して、マインドマップにはいくつか注意すべきルールがある。最初にマップの中心にテーマやトピックを表すイラスト

(セントラル・イメージ)を描く。そして、セントラルイメージから連想したキーワードを放射状に広がった枝(ブランチ)に単語で書き入れていく。書き出した単語からまた別のアイデアや単語が思い浮かんだら、さらにブランチを増やし、ときにはそのときにイメージしたイラストもマップの余白に描き残しておく。通常のノートテイクでは、新しいアイデアを思いついたら、その順序で書き留めていくが、放射状に書き込んでいることで、いくつかのアイデアを同一のカテゴリーにまとめることもできるし、ブランチ間で自由に連想することができる。アイデアを1枚のマップに集約することで、それぞれのアイデアの連携や問題点の発見にも有用と考えられている。

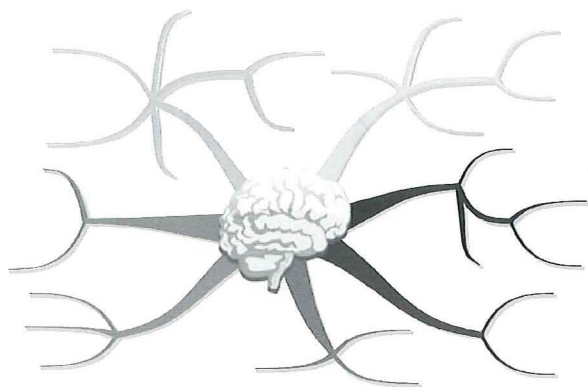


図1. マインドマップのアウトライン

マインドマップの鍵は、単語とイメージ（絵）の連結にある。またマインドマップ作成にあたっては、できるだけカラフルなイラストで表現することが求められている。記憶として貯蔵されている情報の詳細さの水準はあまり高いものではないと考えられているが、言語的に何かを記憶するよりも、画像のほうが記憶保持率が高いことは、画像優位性効果として知られている。画像的情報の記憶に関する代表的な理論として、Paivio は言語的情報と非言語的情報とが異なった形で記憶されていると考える二重符号化説を唱えた²⁾。記憶システムは、基本的に独立であるが、相互の結合も存在するような2つのサブシステムである言語的システムと非言語的システムから成り立つと考えた。言語的システムは、言語情報を取り扱うために専門化されたシステムで、言語の処理に大きく関係している。一方、非言語的システムは、非言語的対象や事象を処理するために専門化されたシステムで、画像の処理に大きく関係している。絵を描くことは対象を指示する言語コードと、その対象となるイメージコードの両方で符号化されるので、記憶の再生において二重の手がかりが利用可能なため、イメージのほうが再生率が高いと説明している。このため、図形やイラストなどを用いて、データや文章を視覚的に表現することは非常に有用と考えられる。

本研究では、マインドマップの効果を調べる予備的研究として、単語から文章を書き出す場合とイラストを作成する場合で脳活動にどのような違いが認められるか、ニューロ・イメージング法を用いて検討することを目的とした。ニューロ・イメージング

法とは、非侵襲的に脳の活動を画像化する技術であり、現在、急速に発展している脳科学研究では欠かすことのできない方法といえる³⁾。いくつかあるニューロ・イメージング法の中でも、実験協力者への拘束性が低く、計測中の動きにも強いことが特徴とされる近赤外線分光法（NIRS）を用いて、前頭葉を計測対象部位に、それぞれの条件間における大脳皮質の活動と連動したヘモグロビンの凝集率を測定した。

方 法

1. 実験参加者

基礎疾患を有していない健常な大学生13名（男性4名、女性9名、20～22歳）を対象とした。そのうち男性1名が左利きであり、残りの12名は右利きであった。実験の趣旨を説明し、将来的にデータを公表する可能性があることなど、十分なインフォームドコンセントを得て協力を依頼した。

2. 装 置

脳内のヘモグロビンの変化を測定する装置としては、NIRSの多チャンネル同時計測装置（日立メディコ、ETG4000）を用いた。プローブは実験参加者の前額に装着して、脳の前頭前野付近の計測を行った。この装置の近赤外線の波長は695nmと830nmの2波長で、3×11に配置された発光部と受光部のプローブ使用で52チャンネルの領域を測定した。それぞれのプローブ間の距離は3cmで、実験参加者の額から両耳の上部までをプローブで覆った。

3. 刺 激

「家」「犬」「食べ物」「車」と書かれた4枚の単語カード（10cm×14cm）を用いた。単語カードの提示順序は実験参加者によってランダムに変えた。

4. 手続き

実験参加者の前額にNIRSのプローブを装着し、全てのチャンネルにおいて正常に近赤外線を受光できることを確認してから、それぞれの条件下での酸化ヘモグロビンおよび還元ヘモグロビンの変化量を

測定した。ある単語から連想された言葉を書き出す場合と、物語を作成する場合と、イラストを描く場合で、計測数値にどのような違いが認められるかを調べるために、実験参加者を「単語-イラスト条件群」と「物語-イラスト条件群」の2つのグループに分けた。「単語-イラスト条件群」では、まず初めに実験参加者は提示されたカードに書かれた単語から連想した言葉を2分間の制限時間の中で、できるだけ多く書き出すように教示を与えた。そして、30秒間の休憩を挟んだ後、新たな別のカードを提示し、そのカードに書かれた単語からイメージしたイラストを作成することを求めた。12色の色鉛筆を使用し、自由にイメージした絵を2分間の制限時間で描いた。このように、カードに書かれた単語から連想された言葉を書き出すことと、カードに書かれた単語からイメージしたイラストを作成することが、それぞれ30秒間のインターバルを挟んで、交互に2回繰り返された。

「物語-イラスト条件群」の実験参加者では、さきほどと同じ手続きで、4枚の単語カードから、単語より連想した物語を書くことと、イメージしたイラストを描くことが求められた。

結 果

単語カードから連想される言葉を書いたり、イラストを描く課題において、全ての実験参加者は制限時間いっぱいまで、ずっと手を動かし、真剣に取り組んでいた。図2に、それぞれの条件で単語カードを提示してから実際に書き始めるまでにかかった時間を示す。これらの時間計測は実験の様子を録画したビデオ映像を用いて調べたが、ビデオ録画に問題が生じ、1試行目のデータについては1名分だけ抜けてしまった。このため1試行目については12名分のデータでの解析となった。単語カードの提示から実際に書き始めるまでにかかった平均時間は全体では8秒前後であった。また物語条件の1試行目について、他よりも反応時間が長くなっていたが、これは1名の実験参加者の結果に由来する。この実験参加者は初回のみ103秒の時間がかかり、この人物を除いたグループ全体の平均反応時間は6.8秒となった。単語条件と物語条件を比較すると、実験参加者が実際

に文字を書き始める時間は単語条件のほうが早い傾向が認められた。またイラストを描き始める場合と、文字を書き始める場合ではほとんど違いは認められなかった。

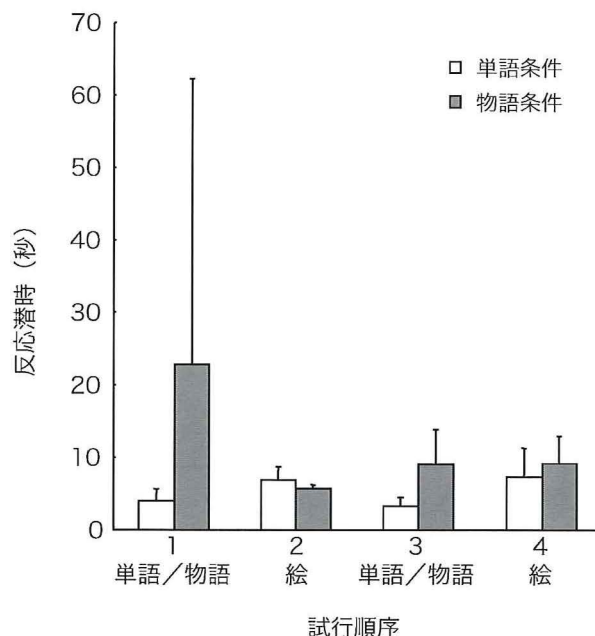
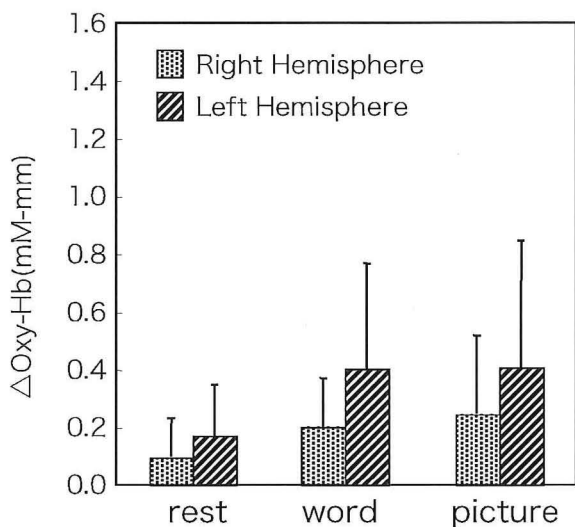


図2. それぞれの条件における平均反応時間

全ての条件において酸化ヘモグロビンの増加に伴って、還元ヘモグロビンが減少する傾向が認められた。そして、30秒間のインターバルと比較して、課題を実施しているときは顕著に酸化ヘモグロビンの増大変化が認められた。図3に実験参加者間で平均した条件ごとのNIRSの測定結果を示す。単語から連想された言葉を書き出す条件とイラストを描く条件では、酸化ヘモグロビンの変化にほとんど違いは認められなかった(図3a)。一方、物語を作成する場合とイラストを描く場合では、物語を作成する条件のほうが酸化ヘモグロビンの増加変化は高い傾向があった(図3b)。脳の左右差に注目すると、いずれの条件でも左前頭葉のほうが活性は高い傾向にあった。個人差も強く認められ、実験参加者によっては、最初の試行のみ酸化ヘモグロビンの増大変化が顕著に表れ、文章を書く条件とイラストを描く条件で特に違いが認められないこともあった。

(a) 単語条件



(b) 物語条件

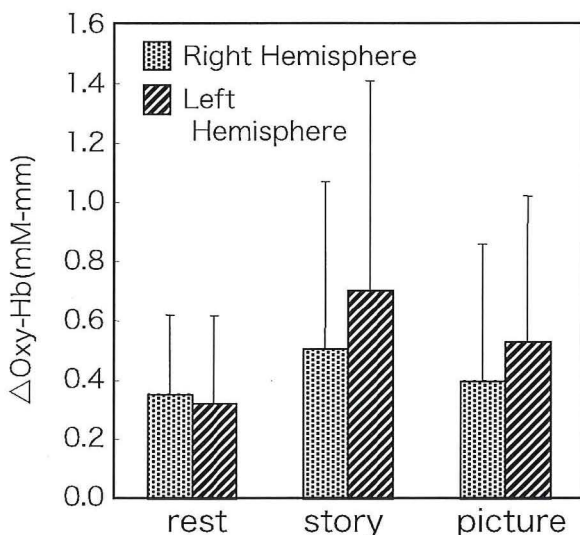


図3.各条件におけるNIRSの測定結果

インターバル中に計測した酸化ヘモグロビンの凝集率を基準に条件間の比較を試みた(図4)。その結果、単語条件では言葉を書く場合でもイラストを描く場合でも同じ程度に高く活性していた。一方、物語条件では課題の種類や左右の脳半球の活動で違いが認められた。

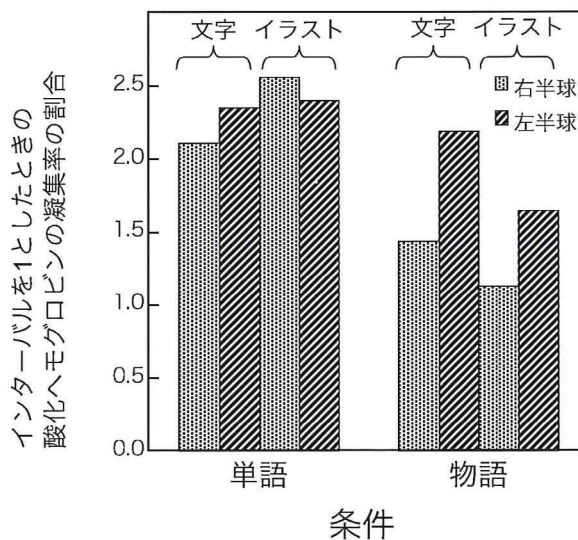


図4.インターバル中の酸化ヘモグロビンの凝集率を基準としたときの各条件の活性割合

時系列的に酸化ヘモグロビンの変化を見ると、物語条件の初回で、増大変化は大きくなっているが、実際のところ個人差も大きかった。文字を書く場合と、イラストを描く場合とでは大きな違いは認められなかった。

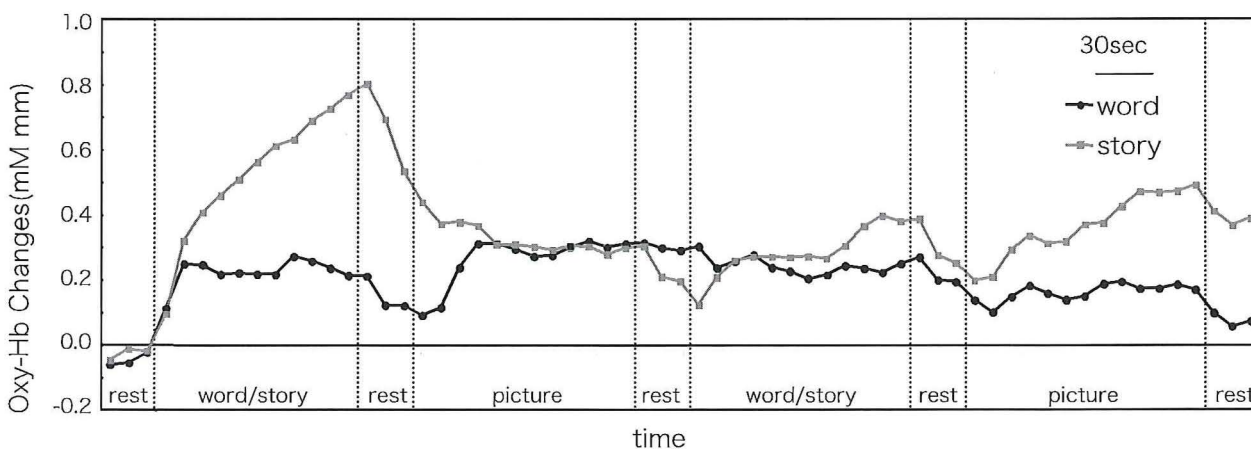


図5.各条件における酸化ヘモグロビンの時系列的变化

考 察

酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの変化を調べると、全ての実験参加者において酸化ヘモグロビンの増加に伴った還元ヘモグロビンの減少傾向が認められた。健常な成人を対象とした多くの NIRS 測定では、活性化した脳の領域において、酸化ヘモグロビンの増加に伴った還元ヘモグロビンの減少が報告されている⁴⁾。本実験の結果でも、同様の傾向が認められた。このように酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの変化が他の研究報告と同じような傾向が認められたことは、NIRS の測定が正常に行えたことを示唆する。

連想した単語を書き出す場合とイラストを描く場合では、酸化ヘモグロビンの増加変化に顕著な違いは認められなかった。脳の左右差については、左前頭葉のほうが活性化していた。

課題遂行中の血流量の増加は、実際にマインドマップを作成した場合の効果と必ずしも相関しているわけではない。このため、マインドマップを作成する場合と通常のノートテイクでどのような違いが生じるか、定性的な評価はもちろんのこと、イメージ化に深く関わると考えられている頭頂葉にプローブをあてるなど、計測対象部位も広げたさらなる検討が必要と考えられる。

NIRS で得られるデータはヘモグロビンの絶対値ではなく、あくまでも相対的な濃度変化である。特に物語条件の最初の刺激提示で、個人差はあったものの実験参加者の酸化ヘモグロビンの凝集率はもともと高かった。また次の課題のインターバルの期間でも、濃度変化は高く維持される場合があった。これらが課題による要因なのか、それとも偶然の結果であるのかを区別するためにも、基準をいかに決定するかが計測のポイントと考えられる。

マインドマップの医学教育への導入の試みがいくつかの研究成果として報告されている。例えば、Farrand らは、自己流の勉強法とマインドマップを活用した場合を比較し、マインドマップを用いたほうが、記憶保持が良かったことを示している⁵⁾。また Edwards & Cooper は、PBL (Problem Based Learning : 問題解決型授業) においてマインドマップを用いる有用性について強調している⁶⁾。さらにデータ数や条件を追加して、脳科学の視点からマインドマップを用いる効果について検討していきたい。

文 献

- 1) トニー・ブザン(2008)頭がよくなる本. 東京図書.
- 2) Paivio A. (1971) Imagery and verbal processes. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- 3) 呉田陽一. 2009) 近赤外線分光法 (NIRS) を使った機能的ニューロ・イメージング研究 : その利点と制約. 昭和大学保健医療学雑誌. 6:1-8.
- 4) Hock C, Müller-Spahn F, Schuh-Hofer S, Hofmann M, Dirnagl U, Villringer A. (1995) Age dependency of changes in cerebral hemoglobin oxygenation during brain activation: a near-infrared spectroscopy study. Journal of cerebral blood flow and metabolism. 15: 1103-1108.
- 5) Farrand P, Hussain F, Hennessy E. (2002) The efficacy of the 'mind map' study technique. Medical Education. 36:426-431.
- 6) Edwards S, Cooper N. (2010) Mind mapping as a teaching resource. The clinical teacher. 7: 236-239.

Effect of association from word and drawing picture
A preliminary study on cerebral blood oxygenation changes measured by
near-infrared spectroscopy (NIRS)

Taichi KUSAYAMA¹⁾, Kazuhito ASANO²⁾

1) Teikyo University, Faculty of Liberal Arts, Department of Psychology, 2) Showa University,
School of Nursing and Rehabilitation Sciences, Department of Occupational Therapy

Abstract

We measured changes in the concentration of oxyhemoglobin and deoxyhemoglobin induced by a condition of writing sentences associated from the word and a condition of drawing the illustration imaged from the word in the bilateral prefrontal cortex of healthy 13 volunteers. The difference was not admitted in the increase change in oxyhemoglobin on both conditions. Although an increase in the blood flow volume accomplishing the problem doesn't necessarily correlate to actual work, they showed highly increases of oxyhemoglobin in the left prefrontal cortex.

Key Words: . near-infrared spectroscopy, illustration expression technique, imagination