

NIRSによる奥行知覚時の脳血流量の変動に関する研究

著者	長谷川 裕紀, 赤司 和博, 阿部 光貴, 陳野 悠人, 魚住 超
雑誌名	サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー年報
巻	8
ページ	59-60
発行年	2009-03
URL	http://hdl.handle.net/10258/496

NIRSによる奥行知覚時の脳血流量の変動に関する研究

長谷川裕紀¹⁾, 赤司和博(B4)²⁾, 阿部光貴(M1)³⁾, 陳野悠人(M1)³⁾, 魚住超^{1,2)}

1) 室蘭工業大学 サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー

2) 室蘭工業大学 工学部 情報工学科 3) 室蘭工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

1. 研究背景及び目的

近赤外分光法 (near-infrared spectroscopy : NIRS) は、非侵襲的に血液循環や酸素代謝の変化を測定する方法であり、脳機能計測への応用が期待されている。この分野の先行研究では、言語野や前頭前野に関する報告が多く、近年ではさらに後頭葉や頭頂葉など幅広い領域での計測も行われるようになってきた¹⁾。そのため、今後は各領域の機能的な繋がりを調べるのが重要になってくると考えられる。

そこで本研究では、ランダムドットステレオグラム (以下 RDS) を用いて、視覚と認識に関する脳機能の測定を行った。RDS は、従来から生理学・心理学実験に広く用いられている視覚刺激であり、両眼視差のみを手がかりとして立体視を行う²⁾。立体視が行われることにより、対象物を認識していない状態から認識している状態へと推移するため、一つの視覚刺激を見続けながら脳の活動の変化を観測することができる。本研究では、視覚機能を司る後頭葉と、認識や判断などの高次機能を司る前頭葉の脳血流量の変化に着目する。その両者の血流量の変化を比較することで、視覚と認識に関連する脳の活動の推移を考察する。

2. NIRS 計測

NIRS による脳機能計測では、近赤外線 (700 nm ~ 2,500 nm) を用いて脳表面における血液中のヘモグロビン (以下 Hb) の酸化状態から血流量の変化を測定する。血液中の Hb は、酸化状態 (酸化 Hb) と脱酸化状態 (還元 Hb) で近赤外線に対する吸収特性が異なる。そのため、頭皮・頭蓋骨を透過し大脳で反射してきた光の減衰量を計測することにより、脳内の酸化 Hb、還元 Hb およびその和である総 Hb の変化量を求めることができる。

また、神経活動によって局所的な脳の活動が行われた場合、その部位の酸素消費の増加とともに、それを上回る血流の増加を伴うため、酸化 Hb・総 Hb の増加と還元 Hb の減少が観測されることが多い³⁾。そのため、本研究では酸化 Hb の増減を脳の活動の指標とする。

3. 実験

3.1 実験環境

実験は、健康な成人男性 5 名 (平均年齢 22.4 歳) に対して行った。実験で使用した RDS は、「3D ステレオグラム for Windows」より作成したものを A4 横向きに印刷し、被験者には RDS を視点から約 30 ~ 40 cm の間で任意に固定してもらった。提示した RDS は、大文字のアルファベット 1 文字である。

3.2 実験手順

RDS 提示実験のプロトコルを図 1 (上) に示す。被験者は、文字を認識できた場合は口頭で合図を行い、その後 1 分間、立体視の状態を維持する。5 枚の RDS 提示の終了後に、文字の識別と立体視維持の可否の確認などを問うためアンケートを実施した。1 回の実験で提示する RDS の枚数は 5 枚とし、日を改めて同様の実験を行うことにより、合計 10 枚の RDS を提示する。

また、RDS を注視している場合と閉眼安静時の活動の違いを見るため、図 1 (下) のプロトコルで対照実験を行った。RDS 提示実験と計測時間を合わせるため、一度の実験では 5 セットとし、2 回実験を行った。

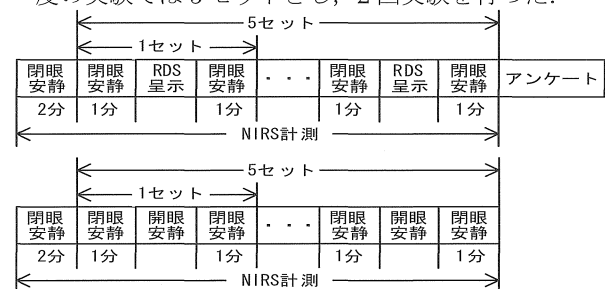


図 1 実験プロトコル (上: RDS 提示実験 下: 対照実験)

3.3 実験装置

本実験では、赤外線酸素モニタ装置 NIRO-200 およびマルチファイバアダプタシステム (浜松ホトニクス社) を用いた。測定部位は、前額部 (左右 1 ch ずつ) と後頭部 (左右 4ch ずつ) であり、後頭部の測定部位は国際 10-20 法を参考に P3, P4, O1, O2 の 4 点の内側の領域を計測した。サンプリングタイムは 2.0 秒である。

4. 解析方法

測定データは、計測開始時を基準とするチャンネル毎の相対的な変化量となる。そのため、計測開始からの閉眼安静時 2 分間の平均値を基準 (0) とし、その値からの差をとることにより、脳の活動の推移を見る。RDS 提示実験では、アンケートの結果から、文字の認識の可否によりデータを分類し、認識できた場合のデータについて加算平均を行う。また、文字を認識し合図を行った時間を 0 秒とし、認識前 60 秒 (閉眼安静(a)), 提示から認識時 (b1)), 認識後 60 秒 (b2), 提示後の閉眼安静 60 秒間 (c) の加算平均を行った。対照実験では、閉眼 60 秒 (a'), 開眼 60 秒 (b'), 閉眼 60 秒 (c') の 10 回の加算平均を行った。さらに今回、後頭部の変化には同様の傾向が認められたため、左右別に加算平均を行っている。次に、前頭葉と後頭葉の活動を比較するため、状

態ごとに相関係数を求めた。また、両実験の Hb 変化量を比較するため、時間毎の平均値を算出し、それぞれの差を求めた。

5. 実験結果

代表的な結果として、被験者 A と被験者 B の結果を示す。RDS 呈示実験の結果を図 2 及び図 3 の (上) に、対照実験の結果を図 2 及び図 3 の (下) に示す。被験者 A が、RDS を見始めてから文字を認識して合図を行うまでの最短は 8 秒、最長は 10 秒であった。同様に、被験者 B が RDS を見始めてから合図を行うまでの最短は 12 秒、最長は 34 秒であった。また、表 1 に RDS 呈示実験の相関係数を示す。

2つの実験において、両被験者とも前頭葉の左右と後頭葉の左右の領域では、いずれの時間帯も同様の変化を示していた。RDS 呈示実験では、被験者 A の前頭葉と後頭葉の比較では、呈示時に非常に強い相関がみられ (b1)、次に認識後に相関が強い (c)。また、認識後では負の相関を示しており、両者で異なる変動が認められた (b2)。被験者 B の前頭葉と後頭葉の比較では、認識後の閉眼安静に非常に強い相関を示し (c)、次に呈示時に相関が強い (b1)。

対照実験における前頭葉と後頭葉の比較では、被験者毎に異なる相関を示し、一貫した結果は得られなかった。開眼時は閉眼時と比べて Hb の増加が見られるが、増加量は RDS 呈示実験より少ない (被験者 A : RDS 呈示実験 1.19 (b2)-(a), 対照実験 0.13(b')-(a'), 被験者 B : RDS 呈示実験 2.37(b2)-(a), 対照実験 0.54(b')-(a'))。

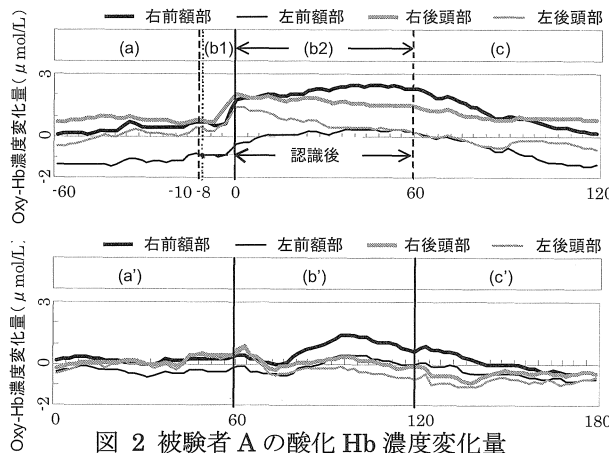


図 2 被験者 A の酸化 Hb 濃度変化量 (上: RDS 呈示 下: 閉眼-開眼安静)

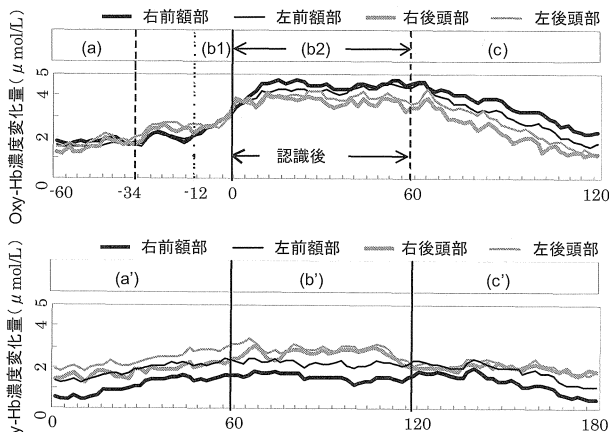


図 3 被験者 B 酸化 Hb 濃度変化量 (上: RDS 呈示 下: 閉眼-開眼安静)

表 1 RDS 呈示実験の相関係数表

	被験者 A				被験者 B			
	a	b1	b2	C	a	b1	b2	c
右前と右後	0.037	0.910	-0.845	0.772	0.591	0.670	0.585	0.970
左前と左後	0.669	0.978	-0.872	0.620	0.532	0.931	-0.040	0.967
右前と左後	0.886	0.975	-0.900	0.762	0.559	0.559	0.140	0.948
左前と右後	-0.260	0.926	-0.790	0.784	0.559	0.711	0.524	0.976

6. 考察

RDS 呈示時 (b1) と呈示後の閉眼安静 (c) では、両被験者とも前頭葉と後頭葉では高い相関を示した。RDS 呈示時は、両眼を使い文字を見ようとする行為により血流量が増加するものと考えられる。後頭葉部位は、閉眼状態から眼に入ってくる情報を処理する活動へ移るため、血流量の著しい増加が起こり、前頭葉部位でも見えてくる対象物が何かを判断とする働きや、視点をコントロールする働きにより、後頭葉と連動して活発に活動するものと考えられる。呈示後の閉眼安静では、眼を閉じることにより脳の処理される情報量が減るため、両領域とも安静状態へ移行する。したがって、相関としては高い値が得られやすい。

一方、立体視の維持を行っている認識後 (b2) では、被験者毎にその傾向は異なる結果となった。立体視の維持のための焦点を一定の位置に保つ活動は、焦点の調節を行うよりも負荷の少ない活動であると考えられるため、その時間帯において、血流量の変化が著しい増加傾向からゆるやかな変動に移行すると考えられる。そのため、立体視の慣れや不慣れ、見えたことによる意識の変化など個人差が反映されやすい時間帯と考えられる。

次に対照実験の結果より、閉眼安静から開眼安静の状態になっても血流量は増加することが確認された。そのため、両実験の増加量の差は、その被験者にとって RDS を見るために必要とした活動の指標として近似できると思われる。両被験者とも RDS 呈示実験の方が血流量の増加する傾向があるが、増加量には個人により大きな差がある。このことから、現時点では RDS を見ることに要した時間や慣れが、血流量の変動に影響するのではないかと考えている。

7. おわりに

RDS 呈示から認識までは両領域とも協調して活動するものの、一度認識した後では被験者により各領域の活動に変化が生じた。これは、認識までに時間を要する RDS の特性が現れていると考えられる。また、本研究では文字を認識した時点を被験者の合図から得たが、サンプリングレートが 2.0 秒であることを考慮すると、認識の前後をより詳細に解析するためには認識時点を得る方法に改善が必要となる。今後は、眼電位の測定を同時に行い、合図を行った時点と眼電位の変化を比較し、より脳内での認識時点に近い時間を検出していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 小島治幸, 前原吾朗, 田谷修一郎, 宮地弘一郎, 片桐和雄: 近赤外分光法 (NIRS) 計測による視覚関連脳機能測定, 臨床脳波 vol48, no.4, pp195-205, (2006)
- 2) 奥村政彦, 小林和恵, 鈴木隆文, 前田太郎, 館暉: 視覚刺激に関する VEP の計測並びに考察, 第 11 回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp429-432, (1996)
- 3) 片山 容一, 酒谷 薫: 臨床医のための近赤外分光法, 日本脳代謝モニタリング研究会, (2002)