

# 波形パターン分析を用いた課題遂行時脳血液量変化の評価

田村 拓郎<sup>†</sup> 竹内 裕之<sup>†</sup>

<sup>†</sup>高崎健康福祉大学健康福祉学部 〒370-0033 群馬県高崎市中大類町 37-1

E-mail: tamura-t@takasaki-u.ac.jp

**あらまし** 近赤外分光法 (NIRS) を用いることで脳内血流変化を非侵襲で安全に計測することができる。しかし NIRS から得られる信号はヘモグロビン濃度の絶対値ではなく、測定開始時からの相対的な濃度変化であり、個人差の影響も大きく、その解析法が重要となる。本研究では、認知症高齢者と健常者の脳血液量変化について、NIRS 信号の時間変化の波形の形状に着目し、折れ線による回帰分析を行い、課題時の波形パターンの比較、検討を行ったので報告する。

**キーワード** 近赤外分光法、脳血液量、回帰分析

## 1. 背景

認知症高齢者の増加は大きな社会問題であり、国内外において認知症の早期発見、早期介入に関する研究が多く進められている。近年、近赤外分光法 (Near infrared spectroscopy, NIRS) を用いたリハビリテーションや精神疾患の診断補助が注目され、多くの研究が行なわれており、本学でも近年、認知症鑑別診断のための脳血流計測データの解析などが行なわれている [1][2]。

NIRS とは、非侵襲脳機能計測法のひとつであり、生きた脳の活動をリアルタイムで観察することが可能となる。赤外線波長の短い部分である近赤外光を頭皮上から照射し脳の血流変化を計測する。近赤外光のうち、波長が 700~1000nm のものは、骨を含む生体組織を通過し、かつヘモグロビンにより吸収されやすい特性をもつ。また、酸化ヘモグロビンと脱酸化ヘモグロビンによる吸収は波長により異なるため 2 波長以上で同時に計測することでそれぞれの濃度を算出することができる [3][4]。NIRS は、脳波計や磁気共鳴画像装置 (MRI) などの他の計測法と比べ、計測プローブが容易に装着でき、拘束も少なく、同時に多チャンネルの計測が可能で、さらに、時間分解能が高く脳機能の時間変移を測定可能という利点がある。さらに、最近ではポータブル式の装置により、より自由度の高い計測が可能となっている。

しかしながら、NIRS は周囲のノイズや環境の影響を受けやすく、被験者による個人差も大きいという課題がある。NIRS は、照射から検出までの光路長が計測できないため、得られる信号はヘモグロビン濃度の絶対値ではなく測定開始時からの相対的な濃度変化であり、さらに計測部位、個人によって測定する光路長が変化するため、計測部位間、個人間の信号変化量の比較は難しいといわれている。

これまでに我々は、NIRS の個別の波形について、脳

血流変化量とその反応時間の関連性を抽出するため、時系列データに対し複数本の直線による折れ線回帰分析による解析を行なった [5]。その結果、折れ線回帰分析を用いることで脳賦活の大きさとタイミングに加え、詳細な変化時間を示すことができ、時間分解能が高いという NIRS の特徴をさらに活かした分析が可能となった。

本研究では、認知症の重症度の判定に利用されている立方体模写に着目し、折れ線回帰分析を用いて認知症高齢者と健常者の課題遂行時の脳血液量変化の評価を行ったので報告する。

## 2. 方法

本実験の対象は認知症高齢者 20 名、本学に在籍する学生ボランティアの健常成人 20 名とした。NIRS 測定に用いる課題は、立方体模写とした。計測プロトコルは十分に安静を保持したのち、0 秒から 30 秒までは図形の円を多く描かせ統制課題とし、30 秒から 60 秒まで立方体をできるだけ背核に模写させた。その後、60 秒から 90 秒まで再度円を描かせた。

本研究に用いた NIRS は株式会社日立製作所製頭部近赤外光計測装置 (HOT121B) である。測定部位は国際 10-20 法に準拠し、前頭前野領域である FP1 (左前頭局部) とし、酸化ヘモグロビン、脱酸化ヘモグロビン、総ヘモグロビンの 3 種類のデータを算出した。本研究では脳活動の指標として酸化ヘモグロビンの変化量に着目した。

## 3. 結果と考察

図 1 に被験者群毎の平均の NIRS 測定結果を示す。データ解析の前段階として、高周波成分を除去するため、移動平均法をもちいてデータの平滑化を行なった。また、データの比較を行なうため、立方体模写課題直前の統制課題時の 30 秒間の平均値が 0、標準偏差が 1

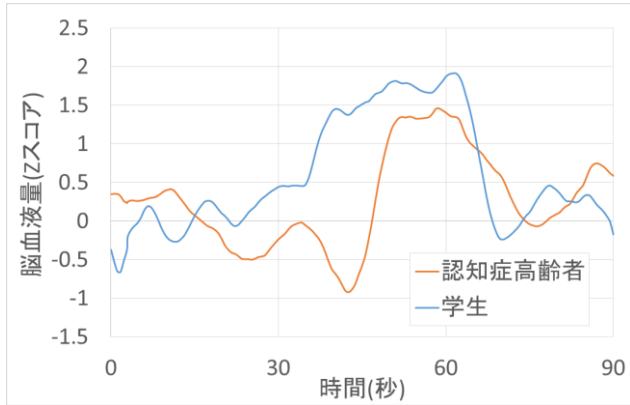


図 1 平均脳血液量の時間変化

となるように(1)式を用いて数値の標準化を行なった。

$$Z = \frac{\text{oxyHb} - \text{統制課題時のoxyHb平均}}{\text{統制課題時のoxyHb標準偏差}} \quad (1)$$

図 1 より全体の傾向として認知症高齢者では統制課題中の脳血液量は減少を続け、立方体課題開始後も減少が続き、課題開始から 15 秒程度遅れて脳血液量の増加が起こることがわかる。学生では統制課題開始後、脳血液量は徐々に増加し、立方体課題開始後は、さらに大きな増加が起こり、その後一定値になることがわかる。

課題時の個別データの波形分析として、ある時点においてグループに分割した後、それぞれ最小二乗法を用いて回帰直線を求め、それぞれの残差平方和が最も小さくなる点を求めることで折れ線による回帰分析を行った。図 2 に立方体課題開始である 30 秒から 60 秒における 1 人分の脳血液量変化を 3 本の直線からなる折れ線による回帰分析を行った結果を示す。図 2 より、課題開始から約 5 秒間は脳血液量の増加は見られず、その後、脳血液量の増加を示す部分と、増加後一定を

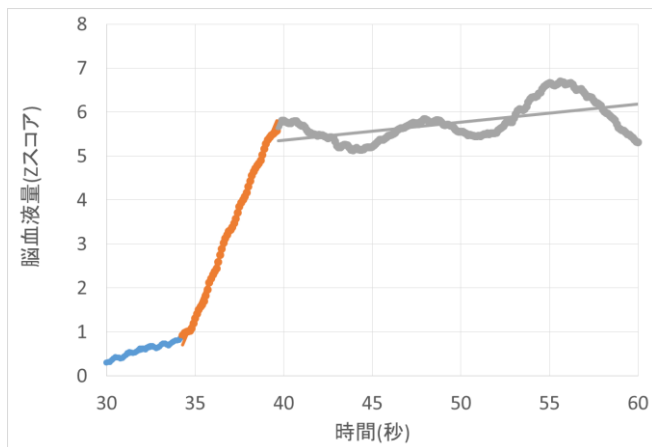


図 2 折れ線による回帰分析結果

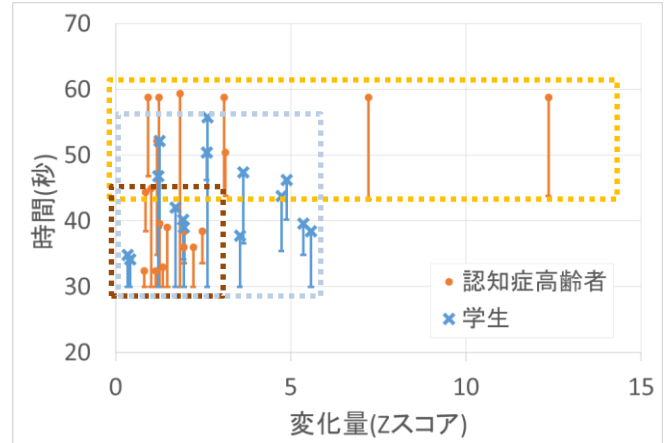


図 3 折れ線回帰分析による脳血液量変化の比較

示す部分に波形を分割できることがわかる。

図 3 に折れ線回帰分析によって得られた脳血液増加を示す波形の変化量と、その変化開始地点の時間及び変化終了地点の時間をまとめたグラフを示す。図 3 より認知症高齢者では、黄枠で示す課題開始から 15 秒程度遅れて脳血液量の増加が起こる群と茶枠で示す課題開始直後に脳血液量の増加が起こるが増加量が小さな群の 2 つが観測された。特に遅れが出る群の個別の波形に着目すると、統制課題によって増加した脳血液量が課題開始後一度減少した後、徐々に増加していることがわかった。またそれらの血液量の増加はすべて課題終了の 60 秒まで続いていることがわかった。一方、学生では課題開始後 0 秒から 5 秒の間に脳血液量の増加が起こることが分かった。また変化量に着目すると、認知症高齢者の 2 例で学生と比べて大きいことがわかる。本研究では統制課題における脳血液量変化を基準として標準化を行っている。このため統制課題での脳血液量の増加が少ない認知症高齢者の方が、標準化された変化量では大きくなったと考えられる。このため今後は課題時のみでなく、統制課題、安静時も含め折れ線回帰分析を行い、さらに増加だけに注目するのではなくより詳細な脳血液量の変化について分析する必要がある。

### 参考文献

- [1] 村井友樹,高橋真悟,児玉直樹,竹内裕之,小杉尚子,清水幸子,“課題遂行時における前頭前野領域脳血流動態の測定”,日本認知症予防学会誌 2(1),14-17(2013).
- [2] 高橋真吾,児玉直樹,小杉尚子,竹内裕之,“カテゴリー調整課題と近赤外光を用いた認知症診断の可能性”,電気学会論文誌.C 135(4), 381-386(2015).
- [3] 福田正人,亀山正樹,山岸裕,佐藤利正,上原徹,伊藤誠,須藤友博,井田逸郎,三國雅彦,“NIRS”,臨床精神医学,584-588(2004).
- [4] 江田英雄,“NIRS の問題点と今後の展開”,システム/制御/情報 53(4),155-161(2009).

- [5] 田村拓郎,児玉直樹,竹内裕之,“近赤外文光法の波形パターン分析”,第9回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム DEIM Forum 2017 I4-3(2017).