

# 折れ線分析を用いた温熱刺激課題施行時脳血液量変化の評価

田村 拓郎<sup>†</sup> 高橋 真悟<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）は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、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、その解析法が重要である。我々が提案した折れ線による分析法では、個別の波形において統制課題による脳血液量の増加と実験課題による脳血液量の増加が起きている場合でも、実験課題遂行時脳血液量変化の抽出が可能となった。本研究では、温熱刺激による体性感覚機能に対する認知及びその処理機能を調べることを目的として行った温熱刺激課題施行時脳血液量変化について、折れ線分析を用いて評価したので報告する。

**キーワード** 近赤外分光法、脳血液量、温熱刺激課題、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に関する、多くの研究が行なわれており、本学でも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[3][4]。しかしながら、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。

これまで我々は、NIRS の個別の波形について、脳血液量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、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、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。また、個別の波形において統制課題による脳血液量の増加と実験課題による脳血液量の増加が起きている場合でも、実験課題遂行時脳血液量変化の抽出が可能となった[6]。

本研究では、個別の NIRS データ波形の評価を目的として、温熱刺激課題施行時脳血液量変化について、折れ線分析を用いて評価し、その有効性について調べた。

## 2. 実験方法

本研究では、温熱負荷に対する認知機能評価の可能性を検討するため行った温熱刺激課題施行時の前頭前野領域脳血液量測定実験のデータを用いた。実験は、本学に在籍する学生ボランティアの健康成人 10 名を対象とした。被験者の手のひらに温熱刺激を与え、その時の前頭前野領域の脳血液量について NIRS を用いて計測を行った。温熱刺激にはペルチェ素子を用いた自作装置を用い、血流動態計測には日立ハイテクノロジー製の WOT-HS を使用した。計測部位は Fp1、Fp2 領域とし、計測チャンネルは 7CH～16CH の計 10CH を使用し、酸素化ヘモグロビンの濃度変化で評価した。

計測プロトコルは、0 秒から 60 秒までを安静とし、安静時の温度は 25 度で一定とした。60 秒から 120 秒までの間に温熱刺激装置の温度を 25 度から 35 度へと徐々に変化させ温熱刺激課題とした。その後、120 秒から 180 秒まで装置の温度を徐々に下げ、初期温度の 25 度まで戻した。また課題開始後、被験者が温度上昇に気づくまでの反応時間の計測を、被験者がスイッチを押すことで行った。

## 3. 結果と考察

データ解析の前処理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、それぞれの個人間のデータの比較を行なうため、数値の標準化処理を行なった。今回は、計測した 10CH 分のデータを平均したものを個人のデータとして用いた。図 1 に測定データの得られた被験者 9 人の平均の NIRS 測定結果と温熱負荷変化を示す。図 1 から温度増加開始後、脳血液量は増加を開始し、15 秒程度で最大になることがわかる。また、その後は温度上昇が続いているにも関わらず脳血液量は減少していることがわかる。

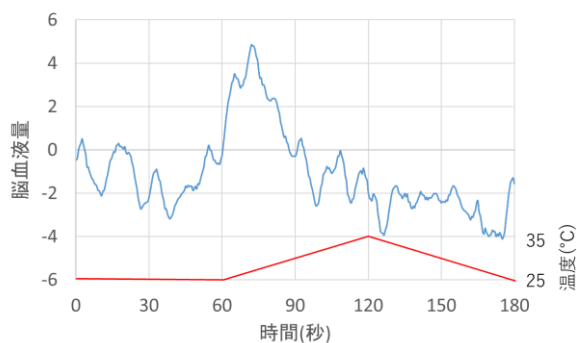


図 1 平均脳血液量の時間変化

図 2 は温熱刺激課題を課題開始から 20 秒間の課題前半とその後の課題後半に分けた時の、安静、課題前半、課題後半のそれぞれの脳血液量の平均値を比較した結果を示す。多重比較検定を行った結果、課題前半時のみ脳血液量が有意に増加していることが確認できた。温度上昇が続いているにもかかわらず課題後半では脳血液量の増加が認められないことから、脳血液量の増加は温度上昇によるものだけではなく他の要因によって起こったと考えられる。

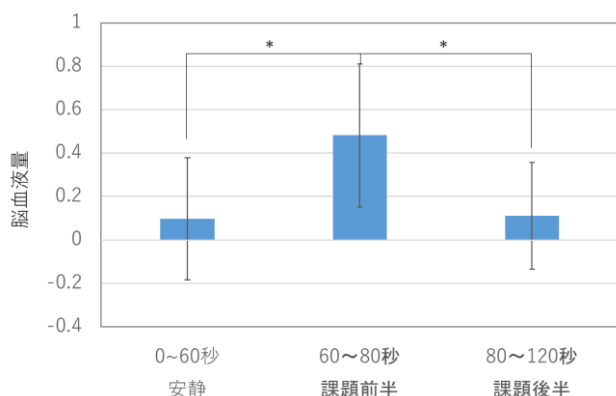


図 2 課題時平均脳血液量の比較

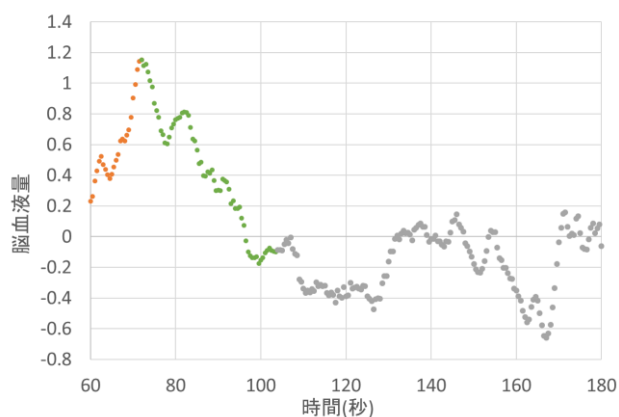


図 3 温熱刺激課題時脳血液量変化の折れ線回帰分析

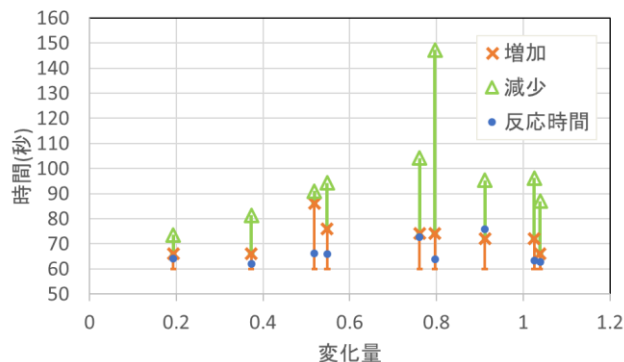


図 4 温熱刺激課題時の個別の脳血液量変化と反応時間

本研究ではそれぞれの個別のデータの波形分析を行うため、温熱刺激課題時の脳血液量変化に対して折れ線による回帰分析を行った。図 3 は、1 人分の脳血液量変化の 60 秒から 180 秒における折れ線回帰分析結果を示す。図 3 より課題開始後、脳血液量は増加を開始し、10 秒程度で最大になることがわかる。さらに、増加後はすぐに脳血液量が減少していることがわかる。また、120 秒から 180 秒の温度減少時にはアンダーシュートしているが、安静時の脳血液量以下で推移しており脳血液量の増加は起こっていないことがわかる。

図 4 に折れ線回帰分析によって得られた 9 例それぞれの脳血液量変化と温度上昇の反応時間計測結果を示す。増加していると判別された時間とその変化量を赤のバーで、その後、減少していると判別された範囲で安静時の脳血液量に戻るまでの時間を緑のバーで示す。今回の実験では 9 例全てにおいて、課題開始直後から脳血液量の増加を確認することができた。また、増加後は全ての例で脳血液量は一定とならず、すぐに減少していることも確認できる。脳血液量変化と反応時間の関係については、図 4 から 9 例中 8 例で脳血液量増加中に反応時間があり、残る 1 例についても反応時間の直前まで脳血液量が増加していることがわかる。これらのことから、今回計測された前頭前野領域における脳血液量増加は、温熱刺激に対する認知機能によるものではなく、温度上昇感知時にスイッチを押すという反応時間計測課題の遂行機能によるものと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、温熱刺激による体性感覚機能に対する認知及びその処理機能を調べることを目的として行った温熱刺激課題施行時の脳血液量変化について、折れ線分析を用いて評価した。その結果、課題時に脳血液量が増加していることが確認されたが、温度変化との関連は得られず、脳血液量の増加中に温度上昇感知ス

スイッチが押されていることが分かった。これらのことから今回計測された前頭前野領域における脳血液量増加は、温熱刺激に対する認知機能によるものではなく、温度上昇感知時にスイッチを押すという課題遂行機能によるものと考えられる。今後、前頭前野領域脳血液量計測を用いた体性感覚機能調査についてはさらなる検討が必要であるが、折れ線回帰分析による個別のNIRS データ評価はその解析に非常に有効であると考えられる。

### 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 14-3(2017).
- [6] 田村拓郎,”波形パターン分析を用いた課題遂行時脳血液量の抽出”,第 11 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 2019 P1-146 (2019).