

NIRS 計測における血液量変動の検出と補正手段の検討

佐藤 大輔[†] 福田 恵子[†]
[†] 東京都立産業技術高等専門学校

1. はじめに

近赤外分光法(NIRS: near-infrared spectroscopy)とは、生体を透過しやすい近赤外光を用いて頭表面にて照射・検出を行う方法であり、生体内の光の吸収度変化からヘモグロビン濃度変化を算出して、脳機能を推定する^[1]。しかし、得られる結果には、被験者の姿勢変化や呼吸変化等に伴う血液量変化などの脳機能に関連しない現象(以下、外乱)が混入することがある。そこで、本研究では外乱の影響を選択的に検出するために、正三角形の頂点と重心に検出点を設けた形状^[2]を用いて、補正方法を検証する。

2. 補正手法

光の照射検出を行うプローブ配置を図 1 に示す。各頂点A、B、Cにて照射と検出を行い、重心Dでは検出のみを行う。ここで、頂点Aから光を照射する際に、頂点Bで検出される信号を頂点信号AB、重心Dで検出される信号を重心信号ADとする。NIRS において、光の深部到達度は照射・検出プローブ間距離に依存するため、頂点信号は浅い信号(皮膚血液量変化)と深い信号(脳血液量変化)が取得される。また、重心信号はプローブ間距離が短いことから、皮膚血液量変化のみが取得されるため、これを補正に用いる。

補正演算の方法として、(1)頂点信号から重心信号を単純に減算する「減算補正」(2)重心信号に重み係数を与えて減算する「重み補正」(3)重心信号と頂点信号の振幅比と相関の係数を与えて減算する「相関補正」の 3 種類の演算式を提案した。

3. 計測条件

被験者の前頭部にプローブの辺 BC が眉の上 1 cm に平行になるように装着して、姿勢変化に伴う血液量変化を計測した。被験者は 1 名である。計測は、安静(姿勢変化 0 度)・姿勢変化(前に 30 度傾ける)・安静の順番で各 20 秒ずつ計 60 秒の課題を 4 回行った。4 回の姿勢変化に伴う計測結果を加算平均して、安静時の基準値に対して検出された信号を信号強度比として評価した。ここで、血液量が増加する際には、光が吸収されるため、信号強度比は基準値より小さくなる。

4. 計測結果

まず、姿勢変化に伴う信号強度比の時間変化を調べた。頂点信号と重心信号の信号強度比の時間変化波形は類似しており、多くの信号位置で相関係数は 0.9 以上であった。

次に計測結果に補正手法を適用した。今回の計測では、前頭葉が活動する課題は行っていないため、計測結果には脳の機能的信号が含まれていないと仮定して補正を行う。そのため、補正手法を適用することで、姿勢変化に伴う信号強度比の変化量が小さくなるのが望ましい。図 2 は補正効果を比較したものである。横軸は信号位置を示し、 $\lambda 1$ は波長 830 nm、 $\lambda 2$ は波長 780 nm の結果である。縦軸が姿勢変化に伴う信号強度比の変化量を表す。これらは 4 回の平均値である。補正の結果、すべての信号位置で元の信号より変化量が小さく、低減効果が得られている。その効果は AB では減算補正により最大 86%、AC では相関補正により最大 87%、BC では減算補正により最大 40%となった。しかし、信号位置や演算式によって効果に違いが見られた。このため、重み補正や相関補正では、重心信号間の相関係数を考慮して演算式を改善するなどの係数の与え方を工夫する必要があると考える。

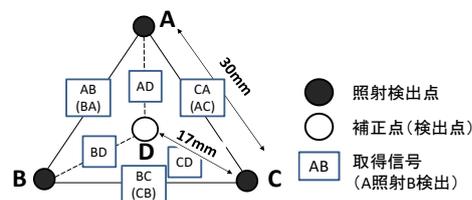


図 1 三角形プローブ配置

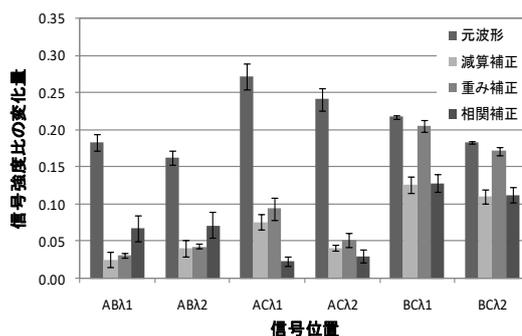


図 2 補正効果の比較(例)

5. まとめ

今後は、脳信号を含んだ計測結果に補正手法を適用し効果を検証する。しかし、生体信号は個体差が大きいので、計測課題や被験者数、プローブ配置等を慎重に定め評価する必要がある。

参考文献

[1] A. Maki, Y. Yamashita, Y. Ito, E. Watanabe, Y. Mayanagi, and H. Koizumi: Med. Phys. 22(12) : 1997-2005, 1995.
 [2] K. Fukuda, K. Koishi, and T. Murayama, : JJAP 52 (077001), 2013.