

脳活動計測用 NIRS 装置の体動アーチファクト補正

[1] 組織

代表者：鈴木 光
 (株式会社アステム)
 対応者：庭山 雅嗣
 (静岡大学電子工学研究所)
 分担者：横山 豊 (株式会社アステム)
 岡崎 勝己 (株式会社アステム)
 千年 幸男 (株式会社アステム)

[2] 研究経過

脳 NIRS(ニルス)(Near-Infrared-Spectroscopy)は非侵襲で脳内の血量を可視化するセンシング技術平成 23 年度「経済産業省技術開発助成事業」で開発、Hb13 の型式で研究用途に限定して販売を行ってきた。当初は精神疾患の診断ツールとして開発したが、有用な用途が多岐にわたることが半明し、手術中の脳血流量モニターあるいは救急医療用脳血流量モニターとして、医療機器メーカーへライセンスし、薬事登録および認証のための試作機を製作している。装置を使用して顕著に表出される現象は「集中すると前頭前野の血流量が増加する」ことで、これは多数の脳研究者の共通した知見である。この計測法は、たとえば車を運転しているときの生理状態や心理状態を知るためにも期待を集めている。このように、様々な状態で使用するニーズが高まっているなかで、脳 NIRS 計測の最も大きなアーチファクトの一つとされる頭皮の血液の影響について、その補正法についてはいまだ確立されていない。

頭皮の血液の影響に関して、26 年度の共同研究で 1 名の被験者を対象として予備的試験を行って知見を得ている (図 1)。本研究では、頭皮血流の影響補正法のための基礎検討をするためのデバイスをアステムで作製に、圧力を用いた補正法の基礎的検討を行うことが目的となる。

以下、研究活動状況の概要を記す。

静岡大学にて研究打合せと試作、実験を行った。アステムにおける電子回路試作と静岡大学における理論解析及び実験を数回繰り返して実施した。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

基礎的な実験においては、アステムと静大で共同開発した脳組織用の回路 (型番 Hb13) を用いた。送光器波長は 762nm, 830nm で、受光器は図 2 のように Si フォトダイオードが 4 つ配置されているが、本研究ではそのうちの送受光間距離 4mm 及び 35mm の受光器を利用した。

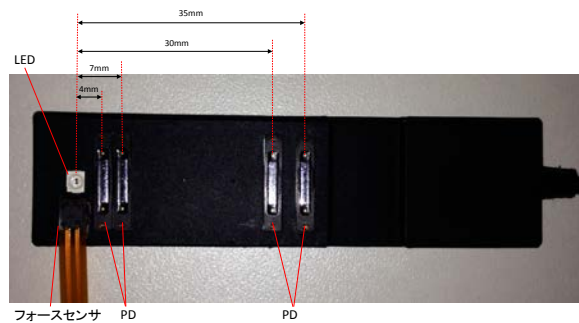


図 2 フォースセンサ付き光プローブ

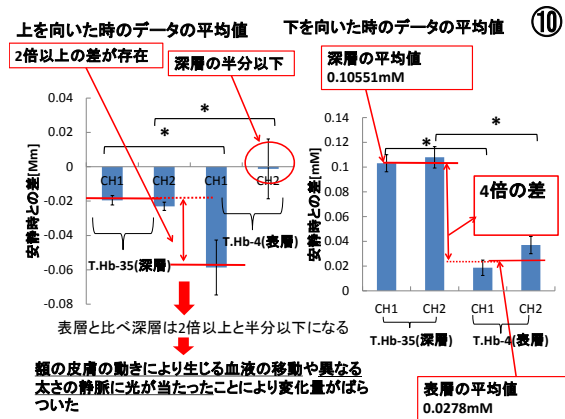


図 1 脳血流量変化

本研究では頭皮の血流量の影響を調べるために、フォースセンサを併用した。フォースセンサは、イナバゴム株式会社製のイナストマー フレキシブル基板型(SF シリーズ)を使用した。

送受光間距離 4mm, 35mm における吸光度変化をそれぞれ ΔOD_{35} , ΔOD_4 とし、圧力を加えたときの吸光度変化を考える。頭皮上から軽い圧を加えると皮膚内の血液が湧出されて皮膚の血液量が変化し、頭蓋骨より深い部分には影響しないので、皮膚の吸収係数のみを変化させることができる。

$$\Delta OD_{35} = \Delta \mu_{\text{skin}}(L_1 + L'_1) \quad (1)$$

$$\Delta OD_4 = \Delta \mu_{\text{skin}} L_2 \quad (2)$$

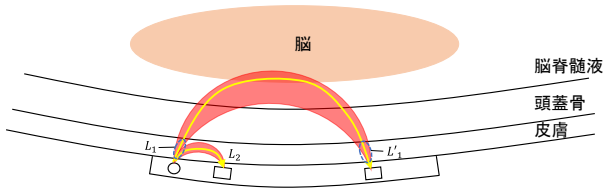


図3 皮膚の影響補正に関わる原理図

頭皮の影響を除去する方法の原理にかかわる模式図を図3に示す。送受光器間距離35mmの信号nは、皮膚と脳の両方の情報が含まれており、その中の皮膚の光路長をL1+L1'とする。当然、皮膚のみを通して35mm受光器に到達するものもあるので、図3のように明確に分けることができないものではなく、すべての光路の光子の重み付け平均で皮膚の平均光路長を求めたものが、L1+L1'という変数である。送受光器間距離4mmの信号は、主に皮膚のみを情報を持っており、皮膚内の平均光路長をL2とする。この各送受光器間距離での光路長の比をKとし、以下のように定義する。

$$K = \frac{L_1 + L'_1}{L_2} = \frac{\Delta OD_{35}}{\Delta OD_4} \quad (3)$$

その光路長比Kが求めれば、以下の式を用いて皮膚の影響を補正することが可能になる。この式において $\Delta OD'_{35}$ は、皮膚の血液の影響が除去され、脳みの血液の情報を有すると見なすことができる。

$$\Delta OD_{35} - \Delta OD_4 \times K = \Delta OD'_{35} \quad (4)$$

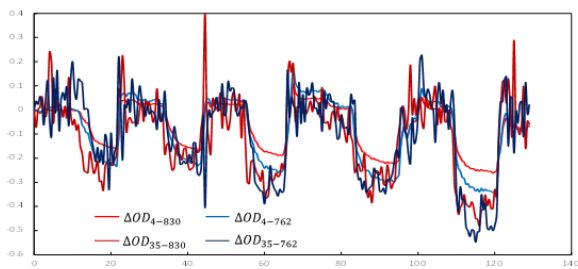


図4 繰り返し圧力印加時の吸光度変化

図4は前頭部にプローブを装着し、繰り返し圧力を加えたときの吸光度変化の測定結果である。圧力印加に同期して吸光度が変化していることから、皮膚内血液量の変化を捉えているものと推察される。これらの結果から、Kの値を算出した結果が図5となる。押す回数や、強さなどの条件によってばらつきはあるものの、数回皮膚を押す動作を行うことで、皮膚の補正係数が求まり、個人差に対応した補正も期待できる。

今後は、ばらつきの要因を減少させるため、プローブ全体を同程度の力で押すための治具や方法を検討し、安定に光路長比Kを実測できる手順を確立する必要がある。

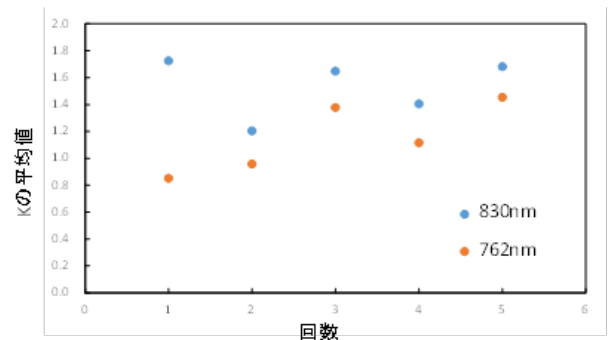


図5 光路長比Kの算出結果

(3-2) 波及効果と発展性など

近年の脳NIRSは、携帯可能で被験者の拘束感が少ない機器が市場に出ているが、脳NIRSの適用範囲をさらに広げるためには、頭皮血流の影響補正は必須であり、本共同研究の成果は、測定データの信頼性や正確度向上に役立つものである。脳活動の計測は、認知症診断、脳活動から集中力、感情、健康状態の把握などにもつながるものであり、車載用や脳科学の面での解析などに貢献することが期待される。

[4] 研究成果

(1) T. Uchida, N. Kanayama, M. Mukai, N. Furuta, H. Itoh, H. Suzuki and M. Niwayama: "Examiner's finger-mounted fetal tissue oximetry: a preliminary report on 30 cases," Journal of Perinatal Medicine, DOI 10.1515/jpm-2014-0297 (2015)

本プロジェクト経費での出張支出はない