

ウェアラブルNIRSを用いた脳活動計測システムの開発

日大生産工(院) ○須藤 健 日大生産工 柳澤 一機 日大生産工 綱島 均

1 緒言

生体工学の発展に伴い非侵襲的に脳機能を計測する方法として近赤外分光法(NIRS: Near-infrared spectroscopy)を用いた研究が盛んに行われている。特に、完全ワイヤレス化されたウェアラブルNIRSは従来と比べて様々な場面で簡便に計測が可能になった。しかし、信号処理においては機能的磁気共鳴画像法(fMRI: Functional magnetic resonance imaging)とは異なり統一的な解析法が確立されていないため、脳活動を解析するには専門的知識が必要である。

本研究では、簡便に計測とデータ解析を行うことができる、ウェアラブルNIRSを用いた脳活動計測システムを開発する。

2 NIRSを用いた実験計測システム

NIRSは、近赤外光を用いて脳血流内のヘモグロビン濃度変化量を測定することで、間接的に脳活動を非侵襲的に計測する装置である。脳の神経活動に伴い血流量が局所的に変化することで、血液中のヘモグロビンの濃度が変化する。そのため、脳に生体への透過性が高い近赤外光(700~900 nm)を照射し、その透過光・拡散光から酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)、脱酸素化ヘモグロビン

(deoxy-Hb)の濃度変化及び酸素飽和度(StO₂)を計測することが可能である。oxy-Hbとdeoxy-Hbの計測値は絶対値ではなく、基準値からの濃度変化量という相対値であるが酸素飽和度とは総Hbのうちのoxy-Hbの割合を表す絶対値であり、健康者の酸素飽和度は60~70%という基準があるため測定値の比較をすることが可能である¹⁾。

3 NIRSを用いた実験計測システムの構成

3.1 実験計測システムの概要

本研究では簡便に計測とデータ解析を行うことができる、ウェアラブルNIRSを用いた脳活動計測システムを開発を行った。

本研究で開発した計測システムの構成図を図1に示す。開発したシステムはウェアラブルNIRS計測装置と計測・解析用PC、課題提示デバイス(スマートフォン、タブレット等)をそれぞれ無線接続し、課題の開始と計測の開始を連動して自動で計測を行うことができる。計測システムはPythonを用いて視覚的に操作が可能なアプリを作成した。計測課題には様々な課題を使用することができ、課題終了時に正答率等を保存することができる。

信号処理では計測終了後に離散ウェーブレット変換による多重解像度解析により、NIRS計測信号から課題に関連した信号を抽出することが

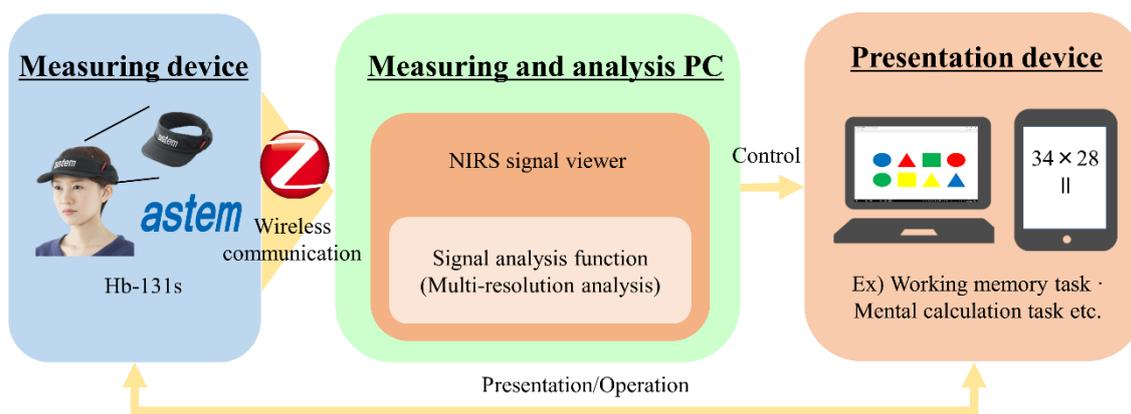


Fig.1 System configuration of the developed NIRS measuring system

Development of brain activity measurement system using wearable NIRS

Takeshi SUDO, Keito AIBARA
Kazuki YANAGISAWA and Hitoshi TSUNASHIMA

可能である。抽出する信号の成分は、実験のデザインに基づいて決めることができ、トレンドや計測装置のノイズの除去を行うことができる。

3.2 NIRS計測装置

脳機能計測部では課題を行っている使用者の脳活動を計測する。計測に用いる装置はStO₂の計測を行うことができるNIRS計測装置Hb-131S(株式会社アステム社製)を用いて計測する。Hb-131Sを用いて計測されたNIRS信号(サンプリング周波数2Hz)は計測装置と計測PCの間でのZigbeeによるシリアル通信で計測・解析用PC内の作成したシステムに転送される。

3.3 計測・解析PC

測定したNIRS信号においては、実験課題に関連した脳活動の信号以外に計測装置のノイズや呼吸による影響、血圧変動などの生体雑音が含まれているため、実験課題に関連した脳活動の信号を抽出する必要がある。そこで本研究では、NIRS信号における信号処理方法として、移動平均や離散ウェーブレット変換による多重解像度解析を用いて処理を行う²⁾。

3.4 課題提示デバイス

課題提示連動部では計測・解析用PCと課題提示デバイスの間を無線接続して、課題の開始と計測の開始を同期させることにより自動計測を行う。本システムでは、計測PCと課題提示デバイスの間はWi-fiによる通信で接続する。

計測課題に対し、計測・解析用PCで立ち上げたサーバーから開始信号の送受信することにより連動を行う。サーバーはPythonのモジュールであるtornadoを使用して作成した。tornadoに含まれているWebsocketを使用することにより、リアルタイムでの信号の送受信を可能にした。

本システムでは提示課題をスマートフォンやタブレット端末での動作を可能にするために、HTML5、CSS、JavaScriptを使用したWebアプリケーションで作成した。

4 検証結果

本研究で開発した計測システムの動作検証を行った。開発したシステムからサーバーを立ち上げて、PCやタブレット上のブラウザから提示課題アクセスし、提示課題の動作や計測システムと連動ができる事を確認した。

また、開発したシステムを用いて測定したNIRSの原信号を図2(a)に示す。また原信号に多重解像度解析を行った信号を図2(b)に示す。図2(a)の原信号では、トレンドやノイズにより課題に関連した脳活動が読み取れないことがわかる。図

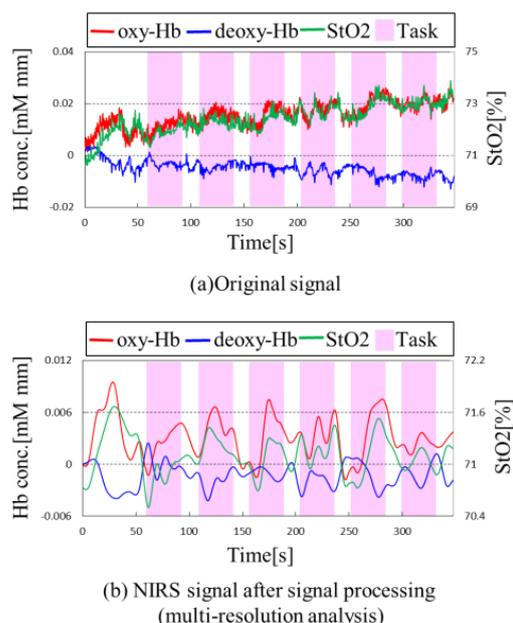


Fig.2 Comparison of original and reconstructed signal

2(b)の解析後の信号ではoxy-Hbと酸素飽和度が課題を行っているときに増加し、脳の活動が見られた。また、課題を行っていないときには減少し、脳の活動が見られなかった。そのため、多重解像度解析により原信号から課題に関連した信号を抽出できることが確認できた。

5 結言

本研究では簡便に計測とデータ解析を行うことができる、ウェアラブルNIRSを用いた脳活動計測システムの開発と動作検証を行った。

PCやタブレット上で課題提示を行い、計測システムと課題の連動ができる事を確認した。また離散ウェーブレット変換による多重解像度解析を用いて、トレンドやノイズを除去し、脳活動に関連した信号を抽出できることを確認した。

今後は、開発したシステムを健康管理等へ応用できるように改良を行う予定である。

「参考文献」

- 1) 斎藤良一, 市来寄潔, 近赤外分光法による非侵襲的酸素代謝モニタリング, 慶應医学.Vol81, No.2(2004),pp.109- 115
- 2) 柳澤 一機, 綱島 均, 丸茂喜高, 広瀬 悟る, 清水 俊行, 泰羅 雅登 土師 知己, 機能的近赤外分光装置(NIRS)を用いた高次脳機能計測とその評価, ヒューマンインターフェース学会, Vol.11, No.2, (2009), pp.183-191.