

## 近赤外分光法によるブレイン・コンピュータ・インターフェースを目的とした

## ニューロフィードバックトレーニング

日大生産工 (院)

○浅賀 恭平

日大生産工 (院)

柳沢 一機

日大生産工 綱島 均

## 1. 緒論

現在、体を動かせない身体障害者の生活支援やリハビリテーションなどのため、脳と機械を直接つなぐ技術として、BCI (Brain-Computer Interface) の研究が注目されている。脳機能の計測法として、装置が小型で被験者に対し自然な状態で実験を行うことができる近赤外分光法 (NIRS: Near-Infrared Spectroscopy) が注目されている。

しかし、BCIの使用は、被験者に大きく依存しているため、被験者自身のトレーニングが必要不可欠となる<sup>1)</sup>。そのためのトレーニング方法としてニューロフィードバック (NF: neuro-feedback) がある。NFとは現在の脳の状態を、使用者自身に呈示することで課題に反映させ、トレーニング効果を促す方法である。

飯塚ら<sup>2)</sup>はNIRSを用いたBCIのNFトレーニングの効果を検討している。運動野を計測部位とし、運動イメージを課題とした5日間のNFトレーニングを行った。その結果、5名中2名の被験者でトレーニングの効果が認められ、BCIにおけるNFトレーニングの有効性が示されている。運動野を計測部位としたBCIは多く検討されており、運動のイメージから実際に運動を行うなど直感的な使用ができる利点がある。しかし、運動野は骨が厚いなどの理由からNIRS信号のS/N比が悪く、被験者によっては計測が困難な場合もある。一方、注意や、認識や意図など高度な機能を司っている前頭葉に注目することで、新しい応用も期待できる。また、前頭葉はNIRSでの計測も容易という利点もある。しかし、前頭葉に注目したBCIは少なく、NFトレーニング効果を検討した研究は行われていない。

そこで本研究では、NIRSを用いて前頭葉の脳活動を計測し、NFトレーニングを行い、被験者の脳活動がどのように変化するか検討し、提案の判定方法の有効性を示す。

## 2. 実験方法

## 2.1. NF システム

本研究で用いたNFシステムを図1に示す。NIRSで計測した使用者の酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb) 信号をPCに転送し、リアルタイムに解析を行い<sup>3)</sup>、ディスプレイに脳活動の状態を色として表示し、oxy-Hbが上昇するほど濃い赤色、oxy-Hbが下降するほど濃い青色に変化するよう設定した。解析後のoxy-Hb信号の情報は0.5s毎に更新されディスプレイに表示される。また、色は65段階で変化するようにした。この画像の変化を使用者に視覚的に提示することで、自身の脳活動の状態を把握させることができる。

## 2.2. 実験内容

NFを用いたトレーニングを行うことで前頭葉において脳活動が変化するか検討するために、前途のNFシステムを用いた7日間のトレーニング実験を行った。測定装置は島津製作所製、近赤外光イメージング装置 OMM-3000 を用いた。訓練内容として、画面の色を赤にするイメージの想起を行うよう教示した。被験者に呈示する色の画面の色はoxy-Hbの増減に対応した色に変化させた。前レスト15秒、タスク30秒、後レスト15秒とし、6回行った。レスト中は閉眼し

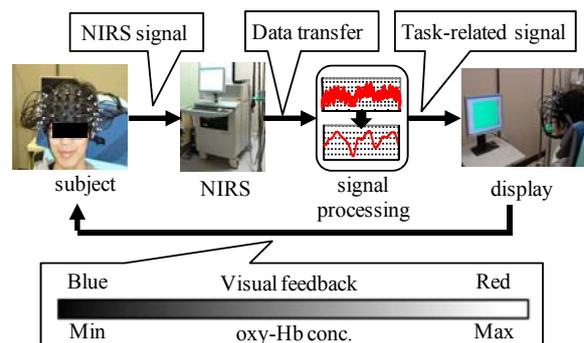


Fig.1 BCI-Neurofeedback system

安静にするよう教示した。被験者は20代男性10名、女性1名とし、事前にインフォームドコンセントを行い、被験者の安全と人権保護に十分配慮した。

### 3. 実験結果

11名に7日間のNFトレーニングの実験を行った。そのうち2名は、1日目、7日目において良好な計測を行うことができなかつたために除外した。残りの9名で検討を行った結果、9名中7名で、7日間のNFトレーニング後に脳活動の変化が確認できた。なお、このNIRS信号は1日目と7日目で比較を可能にするため、標準得点化<sup>2)</sup>を行った。

被験者Aの1日目の結果を図2に示す。タスクの加算平均した信号を図2(a)に示す。1日目には、タスクに関連したoxy-Hbの顕著な上昇は確認できなかった。タスク時の脳機能画像を図2(b)に示す。脳機能画像からもoxy-Hbの顕著な上昇する部位は確認できなかった。そして、NFトレーニングを行った後の被験者Aの7日目のタスクの加算平均した信号を図3(a)に示す。7日目は、タスクに関連したoxy-Hbの上昇を確認できた。タスク時の脳機能画像を図3(b)に示す。脳機能画像からも前頭葉外側部にて、タスク中にoxy-Hbが上昇している傾向が確認できた。

### 4. 結論

NIRSを用いて前頭葉の脳活動を計測し、NFトレーニングを行うことで被験者の脳活動がどのように変化するか検討するため、画像呈示によるNFシステムで7日間の訓練を行った。

その結果、9名中7名が7日間のトレーニングを行うことで、前頭葉外側部にてoxy-Hbの上昇が顕著にみられるようになるなどの変化が確認できた。このことから、7日間のNFトレーニングを行う事で、前頭葉において脳活動を制御できる可能性を示した。

今後の課題として、NFトレーニングの効果の定量的な評価を行う。

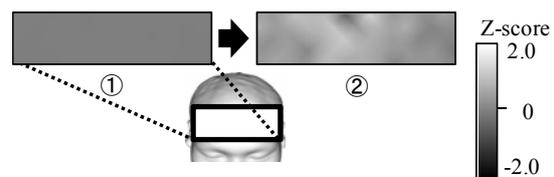
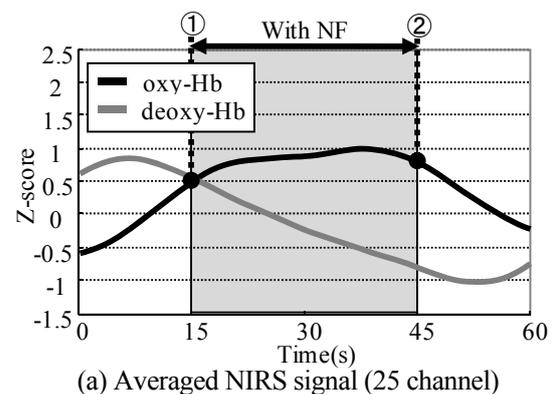
平成23年度日本大学学術助成金(総合研究)(近赤外分光法(NIRS)を応用したブレイン・コンピュータ・インターフェースの開発:綱島均)の助成を受けた。

#### 「参考文献」

1) 川人光男, 脳情報とブレイン・マシン・インターフェース, バイオフィードバック研究, Vol.36(2), (2009), pp101-106,

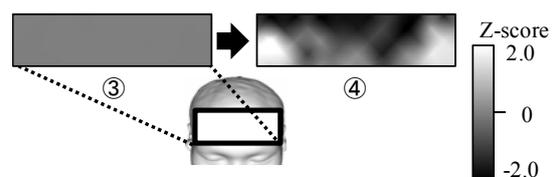
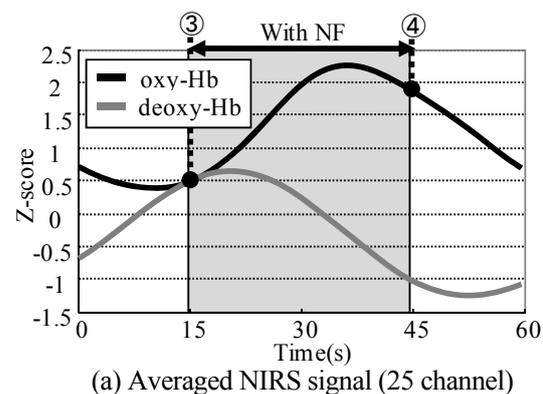
2) 飯塚慶, 他, 運動イメージ時の脳活動におけるNIRS信号を用いたニューロフィードバックの効果, NIRSによる評価, 電子情報通信学会信学技報, vol.61, (2009), pp.59-64

3) 柳沢一機, 他, 機能的近赤外分光装置(fNIRS)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誌, 11-2, (2009), pp.183-192



(b) Functional brain imaging

Fig.2 Result of neuro-feedback training with NF (first day)



(b) Functional brain imaging

Fig.3 Result of neuro-feedback training with NF (seventh day)