



LABNIRS による VHI 発生時の脳賦活状態の計測

Observation of brain activation induced by VHI using LABNIRS

小杉宏明¹⁾, 小村啓¹⁾, 大岡昌博¹⁾

Hiroaki KOSUGI, Hiraku KOMURA, and Masahiro OHKA

1) 名古屋大学大学院 情報学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町, ohka@is.nagoya-u.ac.jp)

概要: VHI(Velvet Hand Illusion)とは, 2本のワイヤーを平行に張り両手ではさみ滑らせると, ベルベット生地のようなすべすべした触り心地がする錯覚現象であり, Haptic デバイスへの応用が期待されている。本研究では, 全頭型の NIRS(Near-infrared Spectroscopy)により脳の賦活状態を計測する。実験の結果得られた VHI 発生時と未発生時の脳の活性化状態を比較することで, VHI 発生に関係する脳領域を解明する。実験の結果, VHI 時に右の中前頭回に顕著な賦活領域が認められた。

キーワード: 「力触覚基礎」「Velvet Hand Illusion」「NIRS」「錯触」

1. 緒言

触覚を再現する VR には多大な関心が集まっており [1][2], 特に実物の手触り感を再現可能なハプティック・デバイスの実現が期待されている。そのようなデバイスの実現に向けて前報[3]では, 錯覚現象を利用して手触り感の制御を可能とすることを旨として, 錯覚現象のメカニズムの調査を行った。そこでは, 錯覚現象として Velvet Hand Illusion (VHI) に着目して VHI 発生時の脳活動を計測した。

このときの脳活動の計測には, ハプティック・デバイスから発せられる電磁波などの影響を受けにくい Near-infrared Spectroscopy (NIRS) を用いた。実験では, 前頭葉の右半球と左半球に限定した計測を行う PocketNIRS を用いた。実験の結果, VHI 生起時に右半球に顕著な賦活が生じることが観察された。

本研究では, その後続の研究として, 前頭葉以外の賦活が生じるのか検討する。そのために全頭型の LABNIRS を使用して, VHI 生起時とそれ以外の状態の脳の賦活状態を調査する。

2. VHI とは

VHI とは, 六角形の金網を両手で挟み, 手を前後に動かし, 金網と手の間に相対的な運動を生じさせると, 金網の当たっていない手と手の間に, ベルベット生地のようなすべすべとした触感を感じる錯覚現象である [4]。なお, この現象は, 2本の平行なワイヤーでも発生することが分かっている (Fig. 1) [3]。

3. 実験

実験参加者は 20 代の男性 6 名である。実験参加者には, あらかじめ実験内容の説明を行い, 同意を得ている。

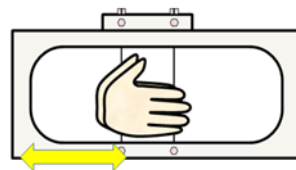


Fig. 1: VHI が発生する条件

3.1 実験装置

実験材料として, 本物のベルベット生地と 1 本, 2 本, 3 本のワイヤーの全部で 4 種類を実験条件として選定した。ワイヤー 2 本の条件では, 線間距離を 60[mm]とし, 3 本の条件では 30[mm]とした。これらに合わせて, ベルベット生地の幅は 60[mm]とした。したがって, Fig. 2 に示すように合計 4 種類の刺激呈示装置を用いた。

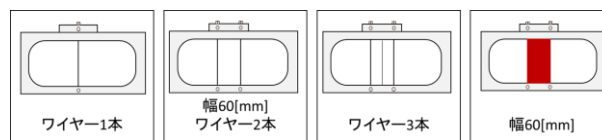


Fig. 2: 4 種類の刺激呈示装置

プローブ装着時の様子と各チャンネルの位置を Fig. 3 に示す。刺激の与え方は受動触とし, 被験者は自動ステージ上に設置された試料を両手で合掌することで挟み, ステージを往復運動させることによって手と試料の間に相対的な運動を生じさせる。

3.2 実験方法

4 種類の刺激を受けているときの脳活動を順に NIRS により計測した。NIRS は, 血液中の酸素化ヘモグロビンの濃度変化を算出することにより, 賦活状態を調べるもので

ある [3]. 観察した領域は, Fig. 3 に示されている. このように, 測定領域は前頭葉から頭頂葉とした.

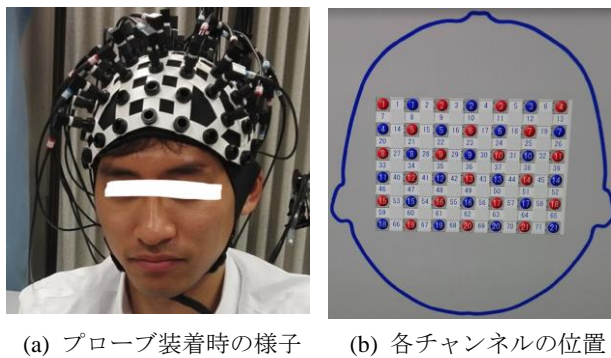


Fig. 3: プローブの装着の様子とチャンネルの位置

1 回の実験は 24 セッション (4 種類の刺激の順列は 24 通りでこれをランダムに実施した) から成り, 1 セッションは 5 フェーズから成る. 各フェーズの意味は以下の通りである.

- ・休憩状態 10[s]: 何もしないでリラックスする
- ・安静状態 10[s]: 合掌して試料を挟み, 静止する
- ・刺激呈示状態 20[s]: ステージを動かして刺激を与える
- ・安静状態 (2 回目) 10[s]
- ・休憩状態 (2 回目) 10[s]

1 セッションの構成を Fig. 4 に示す.

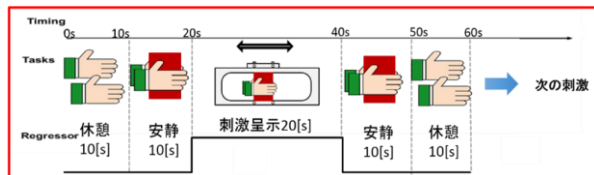


Fig. 4: 実験のタスクデザイン

4. 実験結果と考察

被験者間の比較を行うために, 実験結果の解析には oxy ヘモグロビンの変化から z-score を計算してそれを用いた. z-score の計算では, 各セッションで得られた oxy ヘモグロビンのデータに対して, 最初の休憩状態をベースラインに取り, 刺激呈示状態の 20[s] の z-score の平均を被験者ごとに求めた. さらに, 全被験者の z-score の平均を求めて, 仮説: "4 種類の刺激の母平均は等しい" に対する分散分析を行い, その結果求めたチャンネルごとの有意確率を Fig. 5 に示す. 赤い丸は特に有意確率が低いチャンネルを示し, 左から ch13, ch53, ch66 である. これらのチャンネルのうち, 2 本のワイヤーにおいて最も z-score が大きくなっていったのは ch13 のみであった. ch13 の z-score 平均を Fig. 6 に示す. z-score の値が大きいほど脳が活性化していることを表す. ch13 は右中前頭回に含まれており, この結果は先行研究の右中前頭回が賦活したという結果とも一致している [3]. 以上の結果は, 右中前頭回に限定することで PocketNIRS のようなチャンネルの少ない計測装置でも

VHI が簡易的に調査できる可能性を示している.

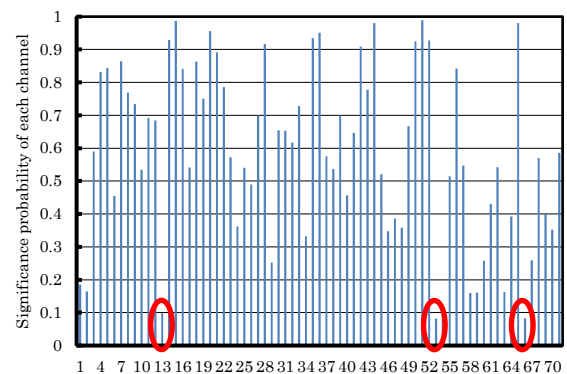


Fig. 5: 各チャンネルの有意確率

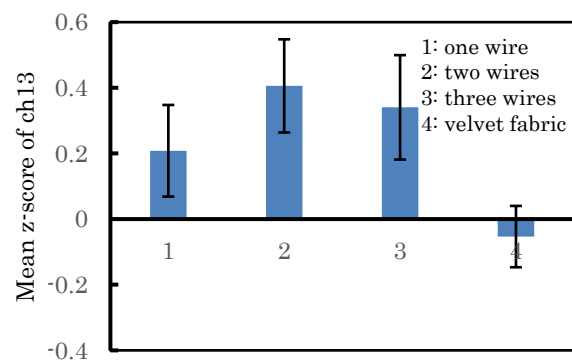


Fig. 6: ch13 の平均 z-score

5. 結言

VHI 発生時の脳の賦活状態を脳の計測装置である NIRS を用いて計測した. z-score による解析の結果, ch13 においてワイヤー 2 本の条件で有意な脳の賦活が観察された. ワイヤー 3 本の条件では z-score が低くなっていることから ch13 がワイヤーそのものの触覚入力ではなく, VHI 発生のメカニズムに関係している可能性を示唆している.

謝辞

本研究は, 豊秋奨学会と文部科学省科学技術研究費補助金挑戦的萌芽研究 (19K22869) の助成を受けたことを付記し謝意を表す.

参考文献

- [1] 館暲, 伊福部達編: バーチャル・リアリティの基礎 4 人工現実感の評価, 培風館, pp. 1-92, 2000
- [2] 佐藤誠, 平田幸広, 河原田弘: 空間インターフェース装置 SPIDAR の提案, 信学論 (D - II), J74-D-II, 7, pp.887-894, 1991
- [3] 三井雄介, 小村啓, 松下翔二郎, 大岡昌博: ポケット NIRS による VHI 発生時の脳賦活状態の計測, 2017
- [4] Mochiyama, H., A. Sano, N. Takesue, R. Kikuuwe, K. Fujita, S. Fukuda, K. Marui, and H. Fujimoto: Haptic Illusions induced by Moving Line Stimuli, Proc. of World Haptics Conference 2005, pp. 645-648, 2005