

感情反応を惹起する触覚刺激の統制された提示方法の開発

○金山 範明 (広島大学), 原 正之 (埼玉大学), 高崎 正也 (埼玉大学), 山脇 成人 (広島大学)

Tactile stimulator for emotional neuroscience

○Noriaki KANAYAMA (Hiroshima University), Masayuki HARA (Saitama University), Masaya TAKASAKI (Saitama University), Shigeto YAMAWAKI (Hiroshima University)

Abstract: Studies in psychological research field have tried to clarify what the emotion is. However, the sensory modality used in the emotion research in psychology was limited to visual or auditory. This study aimed to develop the device to control and deliver the tactile stimulus with emotional valance to human participants in psychological and cognitive neuroscience studies. To this end, we have to use MRI compatible materials to make the device for neuroimaging research. Using ultra sonic motor, we have developed a device, which could control the touch timing of tactile stimulus, and pressure and velocity during stroking stimulation. Also we have developed the software to control the tactile device movement using PC, in order to randomize the stimulation order. As a result, we have successfully developed the device to give any tactile stimulus on participant's palm, back of hand, and arm in fMRI scanner room.

1. 緒言

心理学領域では主に視覚、聴覚を用いた研究が盛んに行われているが、触覚・味覚・嗅覚に関連する刺激を用いた研究は相対的に非常に少ない。これは前者 2 つの感覚モダリティに比較して、後者 3 つは制御が非常に難しいことに起因している。実際、視覚刺激は近年発達したディスプレイ技術により、パソコンを使用すればかなりの精度で同じ刺激を再現できるし、その提示時間やタイミングの制御も簡単である。さらに聴覚刺激に関しても、デジタル信号で音声をあつかうことが非常に容易になった近年では、その様々な特性を容易にコントロールすることが、市販のパソコン一台で十分行うことができる。こうした刺激制御は、パソコン用ソフトウェアに標準に装備されており、数万円から数十万円のコストで、非常に広い範囲の視覚、聴覚刺激を十分な統制下で提示することができる。

一方で触覚、嗅覚、味覚は、刺激のデジタル化がなされていないため上記のようなことはできない。心理学者、認知科学者がこれを用いて実験するには、各実験者がそれぞれ刺激を

このような状況では以下の問題点が解決されないままである。第一に、実験間での刺激の相違に関する定量的な評価ができないことが挙げられる。第二に、同一の刺激を再現できないということも問題である。本研究でも目的としている感情喚起の実験などでは、その刺激提示がどのくらいの圧力で提示されたか、どの程度の早さで提示されたかが非常に重要であることはすでに実証されている (Citation)。しかしながら、これらの

実験においても「よく訓練された実験者が速度を保って刺激を与えた」などという記述がなされ、マニュアルで十分に統制されない刺激提示方法を用いていたことがわかる。

これらを解決するためには、安価で、さまざまな実験状況で使用可能な刺激提示装置を作成し、標準化をはかる可能性がある。この際に、近年心理学領域でも非常に大きな測定指標として認識されている fMRI により測定された脳血流が測定できる環境下での使用に耐えることを条件とした。

2. 方法

2.1 装置の作成

装置は二つの超音波モーターを、パソコンから制御することで、刺激時間、圧力の制御を可能にするものであった。超音波モーターは既に心理学実験において十分な精度を有する上、fMRI スキャナ内での駆動が可能であることが実証されている (Hara et al., 2014)。第一のモーターの回転部に放射状に取り付けた 8 つのロッドにより、一度の実験で 8 つの素材を同時に扱うことを可能にした。ロッドの先に素材を貼りつける土台を取り付け、取り外しを容易にすることで、実験ブロックの合間に、素材を付け替えることも可能にした。第二のモーターにより、素材の上下位置を操作し、机に置いた手のひらや手の甲、あるいは腕に刺激を接触させたり離したりできる上下運動を制御した。全ての素材は MRI compatible なものを使用するため、樹脂、プラスチック、真鍮、チタンで作成された。

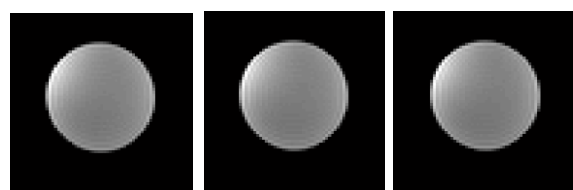
2.2 実験

2.2.1 主観評定実験

8つの素材を用いて、硬い毛を使用した際には強い不快の感情を惹起することがわかった。硬い毛はヘアブラシを加工して作成した。一方で柔らかい毛を使用した場合、中程度の快の感情を惹起することがわかった。同一個人に対して、これまで国際標準とされてきた視覚刺激及び聴覚刺激による感情喚起実験を行ったところ、一般に快感情を引き起こすとされている画像及び音声刺激に関しては中程度の快感情を、一般に不快感情を引き起こすとされている画像及び音声刺激に関しては強い不快感情を引き起こすことがわかった。

2.2.2 fMRI 実験

本機を fMRI スキャナの中に入れて、稼働させ、稼働中の撮像を行った。撮像対象はファントムを用い、装置設置、稼働によるノイズの増減を、temporal Signal-to-Noise Ratio (tSNR; Van Der Zwaag et al., 2012) を用いて確認した。ファントムのスキャンにおいて、目視によるノイズの確認をしたところ、影響は見られなかった。これを定量的に検討したところ、画像のうちファントム内の中心と考えられる 9 ピクセルの数値変動に関して、装置を設置しないベースラインの tSNR は 242.87 (SD = 15.27)、装置設置後停止中の tSNR は 230.80 (SD = 12.23)、装置稼働中の tSNR は 222.23 (13.05) と、装置稼働による tSNR 減退の範囲は 10% 以下に抑えられていた。図 1 に、それぞれの MRI 撮像画像を提示する。また図 2 にはファントム撮像時の画像の差分画像を提示した。これらを見ても、目視で変動がほぼ見られないことがわかる。



装置なし条件 装置設置条件 装置稼働条件

Fig. 1, MRI によるファントム撮像画像

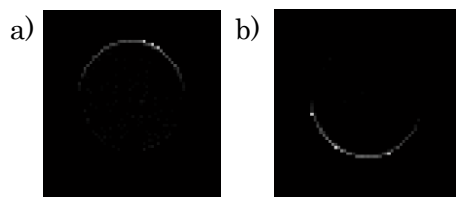


Fig. 2, MRI によるファントム撮像画像の比較

a. 装置を設置しない条件で撮像したファントム画像を、

同条件で撮像したものと比較し、差分画像としたもの。

b. 装置を設置しない条件で撮像したファントム画像を、装置を設置し稼働状態で撮像したものと比較し、差分画像としたもの。

3. 結言

本装置の開発により、これまで自動的な刺激制御があまりなされていなかった触覚刺激に対して、その他の感覚モダリティと同様の反応を引き起こしうることが明らかになった。これにより、他の感覚モダリティと同様に感情喚起実験を、刺激をコントロールしながら行うことができるようになった。

またこの装置を fMRI スキャナ内で稼働させたところ、稼働によるノイズの増加は 10% 以下に抑えられていたことが確認された。よって本装置を用いて、感情喚起を行いながら、脳血流反応を測定することができ、触感関連感情反応に関わる神経イメージングの促進に寄与することが示された。

謝辞

本研究は、科学研究費(挑戦的萌芽研究課、題番号 16 K13507)および国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」の支援によって行われた。

参考文献

- Hara, M., Salomon, R., van der Zwaag, W., Kober, T., Rognini, G., Nabae, H., ... Higuchi, T. (2014). A novel manipulation method of human body ownership using an fMRI-compatible master-slave system. *Journal of Neuroscience Methods*, 235, 25–34. <http://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2014.05.038>
- Löken, L. S., Wessberg, J., Morrison, I., McGlone, F., & Olausson, H. (2009). Coding of pleasant touch by unmyelinated afferents in humans. *Nature Neuroscience*, 12(5), 547–548. <http://doi.org/10.1038/nn.2312>
- Van Der Zwaag, W., Marques, J. P., Kober, T., Glover, G., Gruetter, R., & Krueger, G. (2012). Temporal SNR characteristics in segmented 3D-EPI at 7T. *Magnetic Resonance in Medicine*, 67(2), 344–352. <http://doi.org/10.1002/mrm.23007>