

筋電気刺激による触覚オーグメンテッドリアリティ

石丸 嵩也^{1,a)} 嵯峨 智^{1,b)}

概要: ユーザへの触覚フィードバックの新たな手法として筋電気刺激を用いた触覚オーグメンテッドリアリティ (触覚 AR) を提案する。筋電気刺激を用いた触覚 AR とは実空間のものからの直接刺激に筋電気刺激を重ねさせて触覚を表現する手法である。本論文では提案手法の詳細, 実装ならびに有用性の検証のための心理物理実験を実施した結果について述べ, 提案手法がある程度の触覚情報提示を実現したことを報告する。

Haptic augmented reality by electrical muscle stimulation

Abstract: We propose a haptic augmented reality (haptic AR) method which employs electrical muscle stimulation. Haptic AR method using electrical muscle stimulation is a technique to express haptic information by superimposing muscle electrical stimulation on a direct haptic stimulation from real things. In this paper, we describe details of the proposed method, an implementation of the method and results of psychophysical experiments

1. 導入

近年バーチャルリアリティ (VR) 技術の発展により VR 空間内のもので触れる技術が普及しつつある。触覚研究の分野においても、周波数と強度を自由に調整可能な Voice coil motor を利用した振動子は数多く利用されている [1], [2]。

しかし、振動子を用いた触覚フィードバックでは再現できることに限界がある。我々はオーグメンテッドリアリティ (AR) 空間内で様々な触覚フィードバックを行える新たなデバイスを提案する。

本研究では触覚における AR を実現するために、筋電気刺激を重ね触覚刺激に用いた触覚提示手法を提案する。

2. 筋電気刺激による重畳触覚提示

2.1 筋電気刺激

筋電気刺激ははじめは医療におけるリハビリテーションなどに利用されていた。Tamaki らによる Possessed Hand [3] により筋電気刺激が商用の触覚インタフェースにおいても利用されるようになった。その後、VR 空間の物へ触れる手段として筋電気刺激を用いたハプティックインタ

フェースが Lopes らによって提案された [4]。この研究は筋電気刺激による筋収縮の力で壁を表現する。

2.2 触覚における錯覚

人の錯覚を利用した研究にはさまざまなものがある。Minamizawa らの Gravity Grabber [5] による力覚表現や Bicchi らの接触面積変化ディスプレイ [6] によるやさしさ表現などが報告されている。同様に Saga らの 2.5 次元ディスプレイ [7] では糸による剪断力により形状の錯覚表現を実現している。我々は Saga らの糸による剪断力に代えて、タッチパネルからの直接刺激に筋電気刺激による力を重ねさせ、位置にあわせた刺激を加えることで凹凸を表現する。

2.3 提案手法

本研究では図 1 に示すような筋電気刺激装置、電極、タッチパネル型 PC からなる提示システムを使用する。筋電気刺激装置は梶本らの電気触覚ディスプレイ [8] として開発された電気刺激装置を使用する。刺激に利用する波形は筋収縮や痛みなどを考慮した結果、パルス幅 0.1 [ms]、周波数 55.6 [Hz] に設定する。また、電極は (株) メディカルタウンの一般医療用単回使用心電用電極 (50 [mm] x 35 [mm]) を用いる。

¹ 熊本大学
Kumamoto University
^{a)} ishimaru@saga-lab.org
^{b)} saga@saga-lab.org

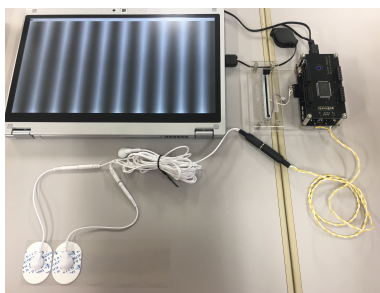


図 1 提示システム

Fig. 1 Display system

3. 実験

3.1 実験内容

実験参加者は健康な 22~24 歳の右利きの男性 8 人である。参加者が主体的に振幅の変化をおこなえる調整法により再現した凹凸の等価刺激を測定する。用意した凹凸は振幅の異なるアクリル製の正弦波である。正弦波は振幅 0.5 [mm] 刻みで 0~5 [mm] (peak to peak), 波長 20 [mm] である。初めに提示する凹凸が 0 [mm] のパターン A と 5 [mm] のパターン B の 2 パターンで選んでもらう。回数は A, B のパターンを 3 回ずつ、計 6 回行う。行う順番はランダムに決め、順番が結果に影響しないように配慮する。

3.2 結果

参加者ごとに選んだ凹凸の平均値と標準誤差を図 2 に示す。全体の平均値は 2.36 [mm] である。しかし、参加者ご

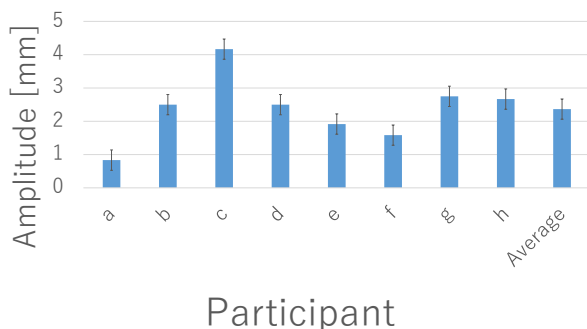


図 2 参加者ごとの凹凸の平均値

Fig. 2 Average value of bump's amplitude for each participant

とにみると個人差がある。この原因を考察していく。

3.3 考察

選ばれた凹凸の平均値より約 2.36 [mm] 程度の凹凸と近いものが表現できている。“凹凸を感じた”とコメントした参加者もいた。しかし、多くの参加者が凹凸とは思えないというコメントをしていた。多くの参加者が主観的には凹凸とは思われなかった理由として、横方向の力しか制御していない点が挙げられる。つまり、実際の凹凸とは受け

る力が異なるため多くの参加者が凹凸とは思われなかったと我々は考える。

以上のことから、筋電気刺激で力を提示することができれば触覚情報を提示できる。しかし筋電気刺激によって力を提示するためにはモーターポイントの場所や速筋と遅筋の割合の個人差など考慮すべきパラメータが多い。これらの問題を解決する必要があることがわかった。

4. 結論と今後の展望

本稿では、筋電気刺激を用いた触覚オーグメンテッドリアリティ (触覚 AR) を提案した。有用性の検証のための心理物理実験を実施した結果、現状の提案手法では実験協力者に凹凸を表現することは現状ではできなかったが、何らかの触覚情報を提示できたことがわかる。本手法では考慮すべき個人差が多いため全ての人に同じような力を提示することが難しいが、電極の貼付位置や、電気刺激の強度制御など、さらに細かい制御ができるようになれば様々な触覚を AR 的に提示できることが期待できる。

参考文献

- [1] Erik C Chubb, J Edward Colgate, and Michael A Peshkin. Shiverpad: A glass haptic surface that produces shear force on a bare finger. *IEEE Transactions on Haptics*, Vol. 3, No. 3, pp. 189–198, 2010.
- [2] David Wang, Kevin Tuer, Mauro Rossi, and Joseph Shu. Haptic overlay device for flat panel touch displays. In *Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2004. HAPTICS'04. Proceedings. 12th International Symposium on*, p. 290. IEEE, 2004.
- [3] Emi Tamaki, Takashi Miyaki, and Jun Rekimoto. Possessedhand: techniques for controlling human hands using electrical muscles stimuli. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 543–552. ACM, 2011.
- [4] Pedro Lopes, Sijing You, Lung-Pan Cheng, Sebastian Marwecki, and Patrick Baudisch. Providing haptics to walls & heavy objects in virtual reality by means of electrical muscle stimulation. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1471–1482. ACM, 2017.
- [5] Kouta Minamizawa, Souichiro Fukamachi, Hiroyuki Kajimoto, Naoki Kawakami, and Susumu Tachi. Gravity grabber: wearable haptic display to present virtual mass sensation. In *ACM SIGGRAPH 2007 emerging technologies*, p. 8. ACM, 2007.
- [6] Antonio Bicchi, Enzo Pasquale Scilingo, and Danilo De Rossi. Haptic discrimination of softness in teleoperation: the role of the contact area spread rate. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 16, No. 5, pp. 496–504, 2000.
- [7] Satoshi Saga and Koichiro Deguchi. Lateral-force-based 2.5-dimensional tactile display for touch screen. In *Haptics Symposium (HAPTICS), 2012 IEEE*, pp. 15–22. IEEE, 2012.
- [8] 梶本 裕之, 川上 直樹, 前田 太郎, 舘 暲. 皮膚感覚神経を選択的に刺激する電気触覚ディスプレイ. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 84, No. 1, pp. 120–128, 2001.