



# 顔面への吸引触覚提示における感覚提示手法の検討

Examination of Sensory Presentation Method in Suction Tactile Presentation to the Face

亀岡嵩幸<sup>1)</sup>, 今悠気<sup>1)</sup>, 梶本裕之<sup>1)</sup>

Takayuki KAMEOKA, Yuki KON, and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 情報学専攻 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {kameoka, kon, kajimoto}@kaji-lab.jp)

**概要** : HMD の普及により高品質な VR 体験への需要が高まり, 指先へ触覚情報を提示することで没入感を高める取り組みがなされているが, 着脱の手間や指の動きを制限することから普及には至っていない. これらを解決するために HMD に触覚提示機構を内蔵し本来手指に発生する触覚情報を目元周辺へ転移することで体験の質を損なわず, 装着性を向上させた Haptopus を提案する. 触覚提示手法として吸引刺激を提案し, 知覚錯覚を用いた自然な接触感を提示する.

**キーワード** : HMD, 吸引触覚, 顔面触覚

## 1. はじめに

近年, 多種多様なヘッドマウントディスプレイ (HMD) が開発され, 安価な HMD の普及やコンテンツの充実に伴いバーチャルリアリティ (VR) 体験への需要も高まっている. 合わせて VR 環境をより没入感を伴って感じられるよう視覚情報と触覚情報を組み合わせた提示を行う研究が数多く行われている. ウェアラブルな触覚提示に関しては Pacchierotti らによりレビューがなされている [1].

しかしながらこれまでに提案された装着型のデバイスは装着が煩雑である, 各指に装着した場合に装置同士が干渉して指の自由な動きを妨げるなどという問題を持っており, HMD の普及に対して触覚提示を組み合わせた VR 体験は普及していない. このような問題を解決するために VR 空間で指や手に生じる触覚を直接指や手に提示するのではなく, 体の他の部位に提示する提案が行われている [2]. こうした異部位への触覚提示は感覚義手の研究では一般的な方法であり, 腕や肩に振動子を配置する試みは数多く存在する [3]. VR 環境への適用としては例えば, 空気圧によりピンを押し出し, 触覚提示を行う装置を用いて手が受けた触覚を足裏へ提示する研究などが行われており, これにより手にデバイスを装着する事無く触覚が提示できる可能性が示唆されている [4].

我々はこうした手掌部以外への触覚提示として HMD への触覚提示装置の内蔵が有望であると考えた. HMD は多くの VR アプリケーションが装着を前提としているため, そこに触覚提示装置を組み込めば追加の装着が不要となる.

筆者らはこれまでの報告にて吸引触覚提示機構を内蔵した HMD である Haptopus を開発した [5]. 本稿においてはこれまでの課題であった接触感の提示ができない, 吸引痕が残るという問題を解決する多点吸引型触覚提示機構について述べる.

## 2. 関連研究

HMD 自体に触覚提示機構を内蔵する提案はすでに多数されており [6] [7] [8], その中でも特に関連する研究に関して述べる.

Oliveira らは振動子を内蔵した HMD を開発し, VR 空間内での方向知覚に対する有効性を検証した. 振動子を使った触覚提示は安価かつ高品質な体験を作ることができるが, 振動触覚は何かに触れた際の重要な触覚情報である圧覚を振動に変換する必要があり記号的な情報提示となっている [9].

Kon らはバルーンによる圧迫提示機構を備えた HMD を開発し, 受動的な触覚情報を提示するコンテンツの製作とその評価を行った. バルーン圧迫を用いることで顔面部への圧覚の提示に成功しているが, 提示する際には HMD 自体を押し上げ, 動いてしまうという問題が生じる [10].

Chang らはサーボモータを用いて HMD のベルト部分を締め付けることで顔面に純粋な圧迫力を提示することに成功した. さらに VR コンテンツと組み合わせその評価

を行った。純粋な圧迫力の提示に成功しているが、ベルトを巻き取るという構成上、提示する力の方向はベルトの本数と向きに依存し、細かな力制御は難しい [11]。

Peiris らはペルチェ素子による温度感覚提示機構を内蔵した HMD を製作し、方向知覚及び温度感覚の提示を用いたコンテンツの製作を行った。温度感覚は皮膚感覚提示において重要であり、触覚提示を高品質なものにできる。一方で局所的な提示が難しく、手掌部の触覚情報を HMD 接触部という限られたスペースで提示するには向いていない [12]。

### 3. Haptopus

従来研究の問題点として、物に触れた際に最も重要と考えられる圧覚がほとんど提示されておらず、提示可能な場合も HMD の固定を妨害してしまう状況であったり、局所的な提示が困難であったことが挙げられる。また指の触覚を HMD で顔付近に提示する試みも筆者らの知る限り存在していなかった。

こうした問題を解決するために我々は吸引刺激による触覚提示手法を提案した [5]。皮膚はひずみの大きさは分かるが、ひずみの方向は知覚することが難しいため、適切に皮膚を吸引することで圧迫と錯覚させることができる [13]。これによりバルーン圧迫 [10] の場合のように HMD が動いてしまうということなく皮膚に圧覚を提示できる。

我々の提案するシステム Haptopus は指先の触覚を顔面へ転移させており、HMD に内蔵可能な小型吸引機構を用いて知覚錯覚によって圧覚を提示する。この装置は圧覚を中心とした指先触覚を目元に転移させ、かつ複数指に対応することが出来る。本デバイスにより、ユーザは指先デバイスを装着することなく、VR 空間内での指先触覚情報を顔面にマッピングされた触覚情報として知覚することができる。これまで目元周辺への吸引刺激感覚の調査として吸引気圧、吸引径の変化による知覚変化や刺激知覚しきい値の調査を行ってきたが、吸引部を一点ごとに明瞭に感覚を生じられるように比較的大きく（直径 12mm）作成しており、このため当初予定していた「押される感覚」を安定的に提示することが難しく、また吸引痕が残る可能性があった。

### 4. 吸引装置

吸引部が穴ごとに異なる場所として知覚される必要がなければ、複数の吸引口をつける手法が考えられる(図 1)。この場合、穴のエッジの総長が大きくなることから全体としての知覚量は大きくなる。また穴径が小さいことにより吸引による感覚を圧迫感と解釈しやすくなると期待される。

吸引は空気吸引ポンプ (SC3701PML, SHENZHEN SKOOCOM ELECTRONIC) で行い、電磁弁 (SC415GF, SC0526GF, SHENZHEN SKOOCOM ELECTRONIC) と気圧センサ (MIS-2503-015V) を用いて吸引気圧を制御する。電磁弁、気圧センサの制御はマ

イコン (ESP-WROOM-32) を用いて行う。

皮膚に痕を残さないために吸引径を小さくし、皮膚変形量を最小限に留める。また最大吸引気圧値は 500hPa を上限とする。吸引部の吸引径は予備実験より多数の試作から選定し、直径 5 mm, 中心間距離 6mm とした。複数人で試したところ、顔面において安定的に吸引による圧迫感を提示することが出来た。



図 1: 吸引部 (UV 樹脂製)

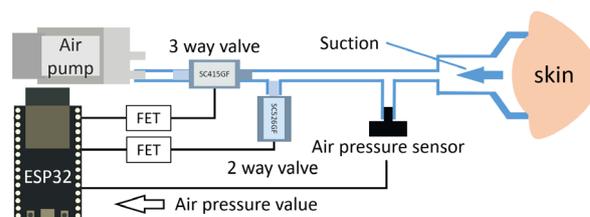


図 2: 吸引気圧調整システム



図 3: Haptopus の全体図

### 5. まとめ

本稿では触覚情報を加えた VR 体験を快適に実現することを目的とした吸引触覚提示機構内蔵 HMD の改良を行った。吸引触覚提示部の形状として多数の吸引点による多点吸引を採用し、知覚錯覚による圧覚提示を安定的に行えることを確認した。

今後の課題として本システムを用いた評価実験の実施と各指に対応した吸引刺激点のマッピング調査、

Haptopus を用いたコンテンツの製作などが挙げられる

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP18K19806 の助成を受けた  
ものです

#### 参考文献

- [1] C. Pacchierotti, S. Sinclair, M. Solazzi, A. Frisoli, V. Hayward and D. Prattichizzo, "Wearable Haptic Systems for the Fingertip and the Hand: Taxonomy, Review, and Perspectives," in *IEEE Trans. Haptics*, 2017.
- [2] T. Moriyama, A. Nishi, T. Nakamura, V. Yem and H. Kajimoto, "Hap-link: wearable haptic device on the forearm that presents haptics sensations corresponding to the fingers," in *SIGGRAPH Asia Emerging Technologies*, 2018.
- [3] C. Antfolk, M. D'Alonzo, B. Rosen, G. Lundborg, F. Sebelius and C. Cipriani, "Sensory feedback in upper limb prosthetics," *Expert Review of Medical Device*, vol. 10, no. 1, pp. 45-54, 2013.
- [4] T. Okano, K. Hiki, K. Hirota, T. Nojima, M. Kitazaki and Y. Ikei, "Development of a Sole Pressure Display," in *AsiaHaptics*, 2016.
- [5] T. Kameoka, Y. Kon and H. Kajimoto, "Haptopus: haptic VR experience using suction mechanism embedded in head-mounted display," in *SIGGRAPH Asia 2018 Virtual & Augmented Reality*, 2018.
- [6] N. Ranasinghe, P. Jain, N. T. N. Tram, K. C. R. Koh, D. Tolley, S. Karwita, L. Lien-Ya, Y. Liangkun, K. Shamaiah, C. E. W. Tung, C. C. Yen and E. Y.-L. Do, "Season Traveller: Multisensory Narration for Enhancing the Virtual Reality Experience," in *CHI*, 2018.
- [7] J. Gugenheimer, D. Wolf, E. R. Eiriksson, P. Maes and E. Rukzio, "GyroVR: Simulating Inertia in Virtual Reality using Head Worn Flywheels," in *UIST*, 2016.
- [8] S. Kato and T. Nakamoto, "Demo of olfactory display with less residual odor," in *SIGGRAPH Asia Emerging Technologies*, 2018.
- [9] V. A. d. J. Oliveira, L. Brayda and L. Nedel, "Designing a Vibrotactile Head-mounted Display for Spatial Awareness in 3D Spaces," in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2017.
- [10] Y. Kon, T. Nakamura and H. Kajimoto, "HangerOVER:HMD-Embedded Haptics Display With Hanger Reflex," in *ACM SIGGRAPH 2017 Emerging Technologies*, 2017.
- [11] H.-Y. Chang, W.-j. Tseng, C.-E. Tsai, H.-Y. Chen, R. L. Peiris and L. Chan, "FacePush: Introducing Normal Force on Face with Head-Mounted Displays," in *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 2018.
- [12] R. L. Peiris, W. Peng, Z. Chen, L. Chan and K. Minamizawa, "ThermoVR: Exploring Integrated Thermal Haptic Feedback with Head Mounted Displays," in *CHI*, 2017.
- [13] Y. Makino, N. Asamura and H. Shinoda, "Multi Primitive Tactile Display Based on Suction Pressure Control," *International Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, pp. 90-96, 2004.