



全身触覚ウェアを用いた人に触られる体験の実現

○芹澤洗希¹⁾, 増田祐一¹⁾, 鈴木颯¹⁾, 野田聡人²⁾, 藤原正浩¹⁾, 牧野泰才¹⁾, 篠田裕之¹⁾

1) 東京大学 新領域創成科学研究科 (〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5,
{serizawa, masuda, suzuki, yosutoshi_makino, hiroyuki_shinoda}@k.u-tokyo.ac.jp,
Masahiro_Fujiwara@ipc.i.u-tokyo.ac.jp)

2) 南山大学 理工学部機械電子制御工学科 (〒466-8673 名古屋市昭和区山里町 18,
anoda@nanzan-u.ac.jp)

概要: 近年, 個別配線なく布上に固定された多数の振動子と通信し, 給電を行うウェアラブル二次元通信 (two-dimensional communication, 2DC) 技術の実現により, 服上への高自由度な振動子の配置が可能となった. 体を触られる体験の実現には, なでられる, つつかれるなど多彩な触覚表現が求められており, 触覚提示振動子の個数や固定位置が今後の触覚表現において重要であると考えられる. 本研究ではウェアラブル 2DC 技術を全身触覚ウェアに応用し, VR 映像と同期した触覚提示を行うことで, 全身にわたり人に触れられる体験が可能な VR システムを提案する.

キーワード: VR, 全身触覚提示, ウェアラブル二次元通信

1. はじめに

本稿では, 全身にわたり人に触れられる体験が可能な VR システム (Full-body Touch Sensation System: FTSS) を提案する (図 1). FTSS では, 被験者は VR 空間内に投影された自身のアバターを直感的に制御できる. オペレーターが VR 空間にて体験者のアバターに手で触れたとき, 体験者は全身触覚ウェアを通じて視覚的接触に応じた振動触覚を得ることができる.

全身にわたる触覚提示方法の一つとして, 服上に取り付けた振動子を個別制御する方法が挙げられる [1][2]. 触られる触覚刺激には「なでられる」「つつかれる」などが挙げられるが, これらの多彩な触覚表現を実現するには触覚提示振動子の空間解像度が重要であると考えられる. しかしながら, このような機能を日常的に長時間にわたって利用可能とするためには, 衣服の着用性を損ねることなく多数の振動子を個別配線する必要があり, 実装上の課題となる.

FTSS では, 個別配線なく布上に固定された多数の振動子と通信し, 給電を行うことができるウェアラブル二次元通信 (two-dimensional communication, 2DC) 技術によりこの問題を解決する [3].

Kohki Serizawa, Yuichi Masuda, Shun Suzuki,
Akihito Noda, Masahiro Fujiwara, Yasutoshi Makino
and Hiroyuki Shinoda



図 1: FTSS の概略図

映像提示には体験者自身が操作するアバターを自分の体として認識することが求められる. FTSS では Kinect と Head Mounted Display (HMD) を用いて体験者が一人称視点で自分の体を視認でき, 映像と同期した触覚提示を行う.

2. ウェアラブル 2DC

ウェアラブル 2DC を用いた全身触覚ウェアの実装例を図 2 に示す. ウェアラブル 2DC では基布の表面と裏面に導電性の繊維を刺繍した 2DC シートを通信・給電の媒体として用いる (図 3(a)). シートの内側と外側の導電面は互いに絶縁されているため, 一枚の布の両面に独立した 2 本の電流パスが形成される. ここに物理素子をピンパッジのように突刺して固定することで導電繊維と接触導通させ,



図 2：全身触覚ウェア (a) 前面, (b) 背面

電気回路に給電を行う(図 3(b)).

図 2 に示す試作ウェアでは計 35 個の振動子が並列接続されている。着用性の許す限り、より多くの振動子を接続する事も可能である。

ウェアラブル 2DC は多数の振動子を配置・制御可能だけでなく、場所により空間解像度を自由に調節可能である利点を持つ。例えば、全身の中でも触覚受容器の配置密度が高い胸などでは振動子を密に、配置密度が低い背中には振動子を疎に配置するなどの配置パターンの調節が容易である。また、着用者に応じこれらの設定を後から変更することも容易である。

2DC シートは任意の位置で端末の固定と接触導通を行う反面、表裏 2 面(2 本)の伝送路で通信と給電を同時に行う必要がある。ある同一の伝送路で複数の信号をやり取りする多重化には、複数の方式が採用可能である。周波数分割多重化(FDM)では直流電源線に制御信号を重畳させる手法が提案されている[4]。文献[4]では制御可能な振動子数の上限は扱う周波数のチャンネル数で決定される。また、I²C 通信プロトコルを用いることで、2 つの信号線により

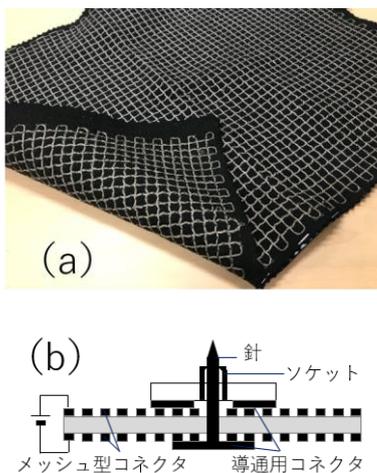


図 3：(a) 2DC シート。布の両面に導電糸がメッシュ状に刺繍されており、互いに絶縁された導体面を形成している。(b) 2DC シートに物理素子を固定した場合の断面図

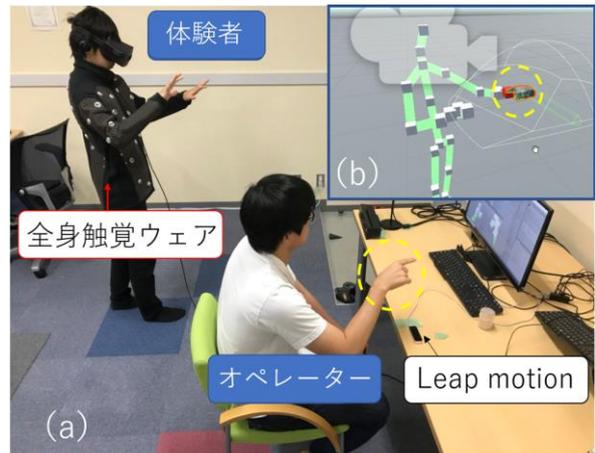


図 4：(a) 本システムの全体図, (b) VR 空間における被験者の骨格映像(三人称視点), (c) 被験者視点での骨格映像

多数の振動子を制御する手法も提案されている[5]。

3. FTSS (Full-body Touch Sensation System)

VR 空間における触られる体験の実現には、触覚刺激だけでなく体験者が操作するアバターを自分の体として認識することが必要である。表示する映像の解像度は体験者の仮想空間への没入度という点で本研究と密接に関係していると考えられる。本研究では図 4(b)のように骨格映像を被験者のアバターとして提示する。オペレーターは Leap motion を用いてアバターと接触し、体験者は全身触覚ウェアを通じて視覚的接触に応じた振動触覚を得る(図 4(c))。

4. まとめと展望

本研究では VR 空間における触られる体験を実現するシステムを提案した。詳細な評価は未実施であるが、FTSS を体験した数人の体験者からの感想によると、視覚情報のみを与えた場合であっても触れられた箇所でも温かみやすぐったさを感じると報告された。より現実世界に近い視覚情報を与え、そこに触覚刺激を加えることは今後の VR 体験に高い没入感を与えることが期待できる。

謝辞

本研究で用いた全身触覚ウェアは帝人株式会社から提供されたものである。また本研究の一部は科研費 16H06303 および 17H04685 の支援を受けている。

参考文献

[1] R. W. Lindeman, R. Page, Y. Yanagida, and J. L. Sibert.

- “Towards full-body haptic feedback: The design and deployment of a spatialized vibrotactile feedback system”, Proceedings of ACM Virtual Reality Software and Technology (VRST), 2004, pp.146–149.
- [2] A. Bloomfield and N. Badler, “Collision Awareness using Vibrotactile Arrays”, IEEE Virtual Reality Conference, 2007, pp.163-170.
- [3] A. Noda and H. Shinoda, “Frequency-Division-Multiplexed Signal and Power Transfer for Wearable Devices Networked via Conductive Embroideries on a Cloth”, 2017 IEEE MTT-S International Microwave Symposium, 2017, pp1-4.
- [4] E. Wade, and H.H. Asada, “Cable-free wearable sensor system using a DC powerline body network in a conductive fabric vest,” IEEE EMBC 2004, pp.5376-5379.
- [5] A. Noda and H. Shinoda “I2C-Enabled Batteryless Sensors on Double-Layered Conductive Fabric”, Proceedings of the 15th IEEE Conference on Body Sensor Networks, 2018, p.1.