

多数の直動型振動子を用いた 手全体への触覚提示が可能なグローブの開発

○田辺 健太（電気通信大学）、武井 聖也（電気通信大学）、
梶本 裕之（電気通信大学、科学技術振興機構さきがけ）

Development of the Whole Hand Haptic Feedback Glove Using Numerous Linear Resonant Actuators

○Kenta TANABE(UEC), Seiyu TAKEI(UEC), Hiroyuki KAJIMOTO(UEC, JST PRESTO)

Abstract: Haptic feedback enriches the experience of Virtual Reality contents. While most haptic devices focused on the fingertip, or some required huge setups, we developed a simple glove-type master hand that has two features. One is that it uses numerous actuators to cover the Whole hand (48 vibrators). The other is that we employ linear resonant actuators to achieve high-speed response. As a result, the device can be used to haptically interact with VR contents using the whole palm.

1. はじめに

VR空間内でのバーチャル物体とユーザのインタラクションにおいて、バーチャル物体に触れた際の触覚フィードバックは、没入感や操作感に大きく関わりと考えられ、数多くの研究が行われている。

特にユーザの手に触覚フィードバックを行う装置として手に装着するタイプのものが挙げられ、マスタハンドと呼ばれる。マスタハンドは、装置が手掌部の外側に配置されるCyberGrasp[1]のような外骨格型と、装置を手袋のように着込むCyberTouch[2]のようなグローブ型に分類できる。

外骨格型デバイスは骨格があるために力覚提示が可能であるという利点がある。また同時に触覚を提示するデバイスも開発されており[3]、外骨格型デバイスは指先への触覚提示に長けていると考えられる。一方で力覚提示には複雑な機械的機構を必要とするため、実用化の際に障害となることが考えられる。さらに、現在のところ外骨格型デバイスによってサポートされている触覚提示部位は指先のみであるため、対応できるユーザの触覚動作が限定的である。例えば指先で「つまむ」動作には対応できるが、例えば手の平への接触を伴う「握りこむ」動作や、手全体を使う「はたく」といった動作には対応できないと考えられる。

一方でグローブ型デバイスは、力覚提示はできないものの、多数の振動子をグローブへ取り付けることで、外骨格型装置と比較して広範囲への触覚提示

が可能である。しかし、これまでの提案の多くは現在のところ偏心モータ型の振動子を使用しているため、触覚提示にかかる時間遅延が大きい。そのため、ユーザの素早い運動に対応する触覚提示が遅れ、結果としてユーザは、自然な動作とは異なる動作を強いられ、没入感や操作感を損なうと考えられる。

そこで本研究では、単純・小型な構造で、手全体に遅延しない触覚フィードバックが可能なデバイスが必要であると考え、グローブ型デバイスでの触覚提示に、応答速度の早い多数の小型直動形振動子を採用する触覚提示デバイスを提案する。直動型振動子は従来のグローブ型デバイスに用いられていた偏心モータと比較して応答速度が早い。よって時間遅延の少ない触覚フィードバックを手掌部及び手の甲の手全体に提示することができると考えた。応答速度の早い触覚フィードバックを手全体に行うことが可能になると、VR空間上において従来の触覚動作よりも素早く、かつ握る、はたく、転がす等の多彩な動作でオブジェクトとインタラクションを行うことができ、没入感、操作感の向上につながると考えられる。

2. デバイスの構成

本システムは触覚提示グローブ及びその制御基板によって構成される。

触覚提示グローブをFig. 1, Fig. 2に示す。振動提示に用いた小型の直動型振動子（C10-100 Precision

Microdrives 社製) はグローブ全体で 48 個搭載されている。振動子はオブジェクトに触れることが多い各指骨中央や、盛り上がっている母指球や小指球を中心とした手全体に配置した。なお手掌側の中指骨に当たる部分には「握る」動作等に支障をきたすと考え今回は配置しなかった。振動子は直径 10mm、高さ 3.6mm、共振周波数 175Hz である。本振動子は、175Hz 以外での周波数で触覚提示を行うことは難しいが、信号入力から最大振幅の 8 割の振動を発生するまで約 8ms と、ほぼ同サイズの偏心モータ型振動子 (310-113 Precision Microdrives 社製) の同約 80ms に対して 10 倍程度応答が早くなっている。(Fig. 4)

振動子の制御基板を Fig. 3 に示す。制御基板はマイクロコントローラ (mbed NXP LPC1768 NXP 社製)、6 つのシフトレジスタ (TPIC6A595NE, TEXAS INSTRUMENTS 社製) によって構成されている。このシフトレジスタは 1 つあたり 8 つのオープンドレイン出力を持ち、通常のロジック IC よりも多くの電流を流すことができ、結果として振動子を直接駆動できる。この各チャンネルに 1 つずつ振動子を取りつけることでそれぞれの振動子の個別制御を実現している。本システムでは、制御基板は各駆動対象振動子へ 175Hz の矩形波を生成、送信している。



Fig. 1, Haptic feedback glove (Palm side)



Fig. 2, Haptic feedback glove (Back of the hand)

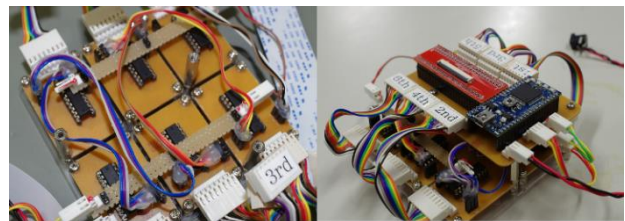


Fig. 3, Control board

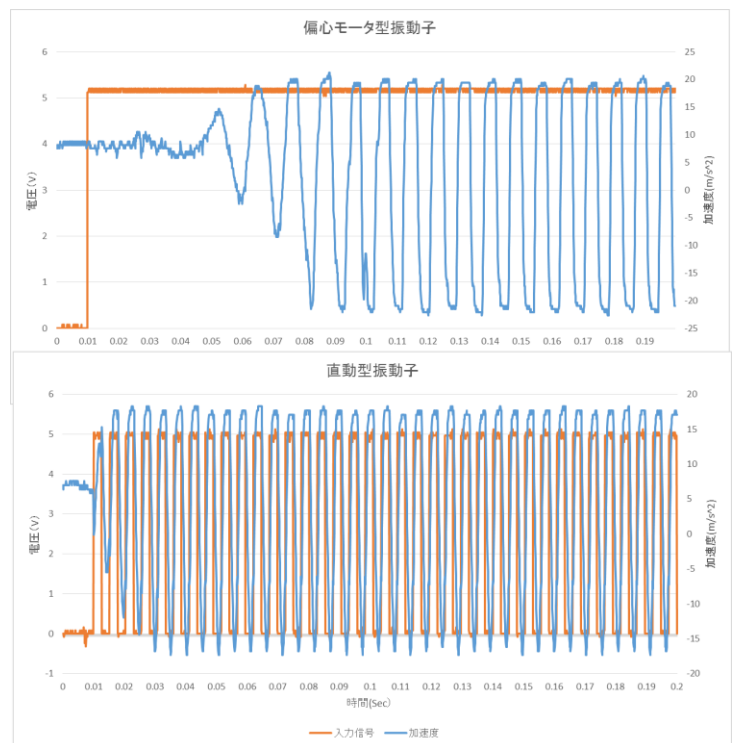


Fig. 4 Response time of actuators

3. おわりに

本研究においてこれから取り組むべき課題は主に二点あげられる。

一点目は手の姿勢及び位置の高速トラッキングである。VR 空間上のオブジェクトとインタラクションを行うためには、触覚フィードバックだけでなく実際の手の姿勢や位置を VR 空間上に反映する必要がある。手のトラッキング方法は様々なものが考えられるが、本システムの「応答の速い触覚提示」を最大限に活かすためにはトラッキングそのものも高速である必要がある。そのため、LeapMotion[4]や、再帰性反射材を用いた RetroDepth[5]のような高速かつ高精度に手の 3 次元情報を取得することのできるシステムによって手のトラッキングを行うことが課題として挙げられる。

二点目は振動以外の触感表現の調査である。前述のように今回用いた振動子は応答性が高い一方で振動子自体の周波数が限定されており、触感表現のためには触覚自体の錯覚現象や視覚などとのクロスモーダル現象を利用する必要がある。振動刺激を用いた例では、朱らが行った手掌への Cutaneous Rabbit 現象の呈示[6]や黒木らの流れ場の提示[7]が挙げられる。これらは振動子を単純に駆動するだけでなく、駆動する順番等を工夫することで、錯覚等により振動子の個数以上の刺激点の生起や新たな表現を可能にしている。また視覚的なフィードバックを用いた例としては、ARAtouch[8]のような Pseudo-Haptics を提示するものが挙げられる。本研究においても、HMD を装着し自身の指が見えない状態で視覚的なフィードバックを行うことで Pseudo-Haptics を生起させる。本システムの「手掌部全体に振動子を搭載している点」、「振動のタイミングを細かく制御できる点」を利用した、錯覚の提示や視覚的なフィードバックを用いた Pseudo-Haptics の提示によって、「やわらかさ」を始めとした触感表現が可能であるかも調査していく。

参考文献

- [1] CyberGrasp:cyberglovesystems.com:
<http://www.cyberglovesystems.com/products/cybergrasp/overview>
- [2] CyberTouch;cyberglovesystems.com:
<http://www.cyberglovesystems.com/?q=products/cybertouch/overview>
- [3] K. Sato, K. Minamizawa, N. Kawakami, S. Tachi: Haptic Telexistence, ACM SIGGRAPH 2007, Emerging Technologies, 2007.
- [4] LeapMotion: <https://www.leapmotion.com/>
- [5] D Kim, S Izadi, J Dostal et al: RetroDepth: 3D Silhouette Sensing for High-Precision Input On and Above Physical Surfaces, ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1377-1386, 2014.
- [6] 朱 , 澤田:手掌への Cutaneous Rabbit 現象の呈示, 計測自動制御学会 第13回システムインテグレーション部門講演会 (SI2012), pp. 2048-2011, 2012
- [7] 黒木, 広田: 把持操作における触覚対側提示の効果に関する検討信学技報, vol. 113, no. 501, HIP2013-100, pp. 113-116 ,2014
- [8] A. Kokubun, Y. Ban, T. Narumi, T. Tanigawa, M. Hirose: ARAtouch: Visuo-haptic Interaction with Mobile Rear Touch Interface, ACM SIGGRAPH Asia 2013 Emerging Technologies, 2013.