

空気噴流を用いた力覚と触覚の同時提示手法の提案

酒匂 大輝^{1,a)} 山崎 陽一¹ 井村 誠孝¹

概要：本稿では空気噴流に振動を付与することでユーザーと非接触な状態で触覚と力覚を提示する触覚提示ディスプレイについて提案する。エアコンプレッサから噴出される空気噴流を、モーターと穴の空いた円板で周期的に遮ることにより噴流に振動を付与し、噴流自体の力覚と振動による触覚を一つのデバイスで提示する。構築したデバイスが提示する触感に対しアンケートによる評価を行ったところ、提示部と指との距離に応じて触感に違いが生じることが示唆された。

1. はじめに

バーチャルリアリティ分野におけるハプティクスとはユーザーの感覚器官に適切な刺激を与えることで、物体の形状、硬さ、粗さ、重さなどを提示する技術である。触感を提示するディスプレイのことを触覚ディスプレイと呼ぶ。触覚ディスプレイの多くは手指にデバイスを装着する方式や、ディスプレイを直接手指で触れる方式を採用している。これらの方式には、デバイスが直接皮膚に接触するため強い提示刺激を保てるという利点があるが、ユーザーを拘束するため物理的制約が生じるという問題がある。このような問題を解決する方式として非接触方式が挙げられる。非接触方式の触覚ディスプレイはデバイスと皮膚が接触せず、ユーザーを拘束しないため、提示における自由度が高いという利点がある。しかし、皮膚とデバイスの距離が離れるため、提示刺激が弱くなる傾向にある。

本研究では空気噴流を用いて力覚提示を行う。空気噴流は噴流自体の圧力により、デバイスから離れた位置においても強い力覚を提示することができ、非接触方式の触覚ディスプレイに適用しやすい。本稿では空気噴流に周期的な強度の変動をもたらすことで触覚の提示を行い、一つのデバイスで力覚と触覚の両方を提示可能なディスプレイを提案する。

2. 関連研究

提示に用いる刺激物に振動を付与する方式のディスプレイの一つに星野らのシャワーを用いた触覚刺激装置がある[1]。シャワーヘッドから出る水流をクランク機構により制御し、振動触覚提示を行っている。非接触で触覚を提示す

る方式には風覚を用いた方式のほか、超音波、熱、磁気などを用いた方式がある。橋本らは風覚を情報提示に利用するために必要な知覚特性について研究しており、人間が指先で気づくことのできる風覚の閾値を検証し、最小の刺激量や知覚できる強さの方向、知覚誤差などを明らかにしている[2]。甲斐らは水が沸騰した際、手をかざしたときに生じる指が持ち上げられるような圧覚に着目し、新たな非接触の提示手法として提案している[3]。Hoshiらは超音波を放射する振動子を二次元的に配列した触覚ディスプレイを考案し、三次元空間に任意の圧力パターンを生成している[4]。

3. 提案手法

本研究では噴出する空気噴流に振動を付与し、変動周期をもたらすことで力覚と触覚を提示するディスプレイの構築を提案する。図1に構築するシステムの概要を示す。エアコンプレッサにホースを接続し、空気噴流をホース先端から噴出する。ホースの先端に、空気噴流の噴出方向と回転軸が平行になるようにDCモーターを接続する。DCモーターの回転軸には穴の空いた円板を装着する。円板が回転し、円板に空いた穴が噴流を通し、穴が空いていない部分で噴流を塞ぐことによって噴出口を高速で開閉する機構を実現できる。モーターの回転速度をマイコンからのPWM信号により操作し、取り付けられた円板が噴出口を周期的に遮る変動周期を操作することで、噴流自体の力覚に加え振動による触覚を提示する。

4. 試作システム

振動を付与した噴流を生成するためにエアコンプレッサ、ホース、DCモーターでデバイスを構成した(図2)。静音オイルレスエアコンプレッサ(TAKAGI社製,13L ACP-

¹ 関西学院大学
Kwansei Gakuin University
^{a)} ey188484.kwansei.ac.jp

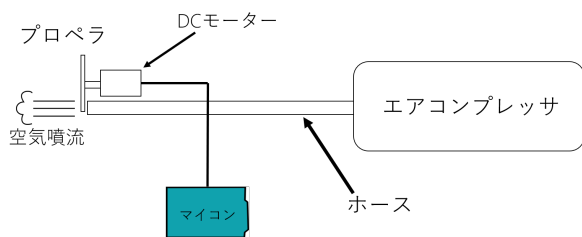


図 1 システム概要

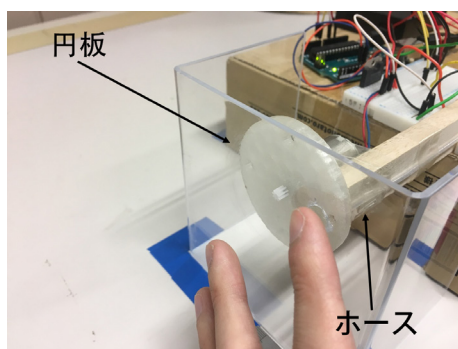


図 2 提示部の構成



図 3 3D プリントした円板

13SLA) に内径 1mm のホースを接続し、ホースを板に固定した。板に DC モーター (RE-260RA) を固定し、DC モーターには円板を接続した。

円板は 3D プリンターでプリントし、直径 60mm の円に直径 6mm の穴が 4 つ等間隔に空いている (図 3)。

モーターの回転速度の制御はモータードライバ (TOSHIBA 社製, TA7257P) とマイコンボードの Arduino Uno R3 を用いた。Arduino から 5V の PWM 信号をモータードライバに送信し、DC モーターの回転速度は 0~1 の duty 比で制御するものとした。提示部には円板と留め具、また手をかざした際の危険防止のため穴のあいたアクリル板を設置した。そのためホース先端の噴出口と提示部との距離は約 3cm となった。

5. 実験

提示される触感の特徴を明らかにするため、自由記述式のアンケートを行なった。

5.1 実験手順

実験参加者は提示部に人差し指をかざし、提示される刺激に対しどのような感触であるか、どのように感じたかについて自由記述で回答した。提示部には定規を置き、参加者には噴出口からの距離もあわせて記述するよう指示した。全 2 試行とし、1 試行目は PWM の値を duty 比 0.6 に固定して行い、2 試行目では参加者に可変抵抗によって PWM の値を duty 比 0~1 の範囲で任意に変更できる状態により行う。参加者は 21 歳から 22 歳までの男性 5 名である。エアコンプレッサの吐出空気圧は 0.5MPa に設定した。

5.2 実験結果と考察

自由記述の結果から、提示部からの距離によって生じる触感の違いが見てとれた。提示部からの距離約 3cm 以内では、人が受け取る感覚に関連する「かゆい」や「こそばゆい」のような言葉が多く見受けられた。提示部からの距離約 3~5cm では対象物に触れるような感覚が生じ、記述された言葉には「何かに触れている」や「あらい質感」のような対象物の性質に言及する言葉が見受けられた。さらに提示部から離れた位置では「圧」や「風」といった言葉が多く、噴流自体の特性が顕著に見受けられた。このアンケートはサンプル数が少なく主観性が強い傾向にあるため、より適切な評価手法の検討を必要とする。

6. おわりに

本稿では空気噴流に振動を付与することで、ユーザーにデバイスと非接触な状態で力覚と触覚を提示するディスプレイを提案した。アンケートの結果、提示部からの距離によって提示される触感の特性が異なることが示唆された。提示される触感には人が受け取る感覚や対象物に触れるような感覚から圧覚まで幅があった。今後はデバイスの客観的評価のために空気噴流の荷重と時間周期の計測を行うとともに、より適切な評価手法の検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 星野圭祐, 高下昌裕, 梶本裕之: シャワーを用いた浴室での触覚刺激装置の提案, エンタテインメントコンピューティング (EC2014), pp.151-154, 2014
- [2] 橋本渉, 今枝良司: 人間の指先における微風の知覚特性に関する研究, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.29, No.20, pp.35-40, 2006
- [3] 甲斐卓弥, 小島雄一郎, 橋本悠希, 梶本裕之: 蒸気圧覚に関する研究, 第 14 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2009
- [4] T. Hoshi, M. Takahashi, T. Iwamoto, and H. Shinoda: Noncontact Tactile Display Based on Radiation Pressure of Airborne Ultrasound, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 3, No. 3, pp. 155-165, 2010