



永久磁石の貼り付けによる振動触覚提示システムの検討

Preliminary Study of Vibrotactile Presentation System by Attaching Magnet

鵜重誠¹⁾, ロシャン・ペイリス¹⁾, 南澤孝太¹⁾

Makoto UJU, Roshan PEIRIS and Kouta MINAMIZAWA

1) 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 (〒 223-8526 神奈川県横浜市港北区 4-1-1), uju@kmd.keio.ac.jp

概要: 映像や音声を主とするコンテンツに触覚情報を付加することによる視聴体験の向上が試みられている。しかし、身体への複数の振動子の装着は負荷が大きい。本研究では身体や物体に直接永久磁石を貼り付け、環境に埋め込まれた電磁石を駆動し振動を提示することを提案する。本研究では、まず物体への永久磁石貼り付けによる触覚提示プロトタイプの作成を行い、物体を経由した振動触覚の提示が可能であることを示した。

キーワード: 振動触覚, 電磁石, 永久磁石

1. はじめに

視聴覚コンテンツは映像と音声で構成されている。昨今では映像や音声コンテンツに触覚情報を付加することによる視聴体験の向上が試みられている。また、触覚提示を身体の数箇所に対して行うことでより高解像度な体験を提示することも行われている [2]。しかし、このような多点に対する触覚提示システムは身体へ多数の振動子を装着するため、重量が重く長時間の装着は負担が大きい。さらに、ケーブルが接続されるため身体への自由度が制限される。一方で振動子を身体に装着することなく振動触覚を提示する手法もある。Carter らは超音波を搬送波として振動を変調し、掌部へ振動触覚を提示している。また焦点の演算を行うことで同時に複数の箇所への振動提示に成功している。しかし、超音波による触覚提示では障害物などにより振動が阻害される、比較的振動強度が弱いなどの弱点もある。そこで障害物や振動強度の問題を解決できる手法として、永久磁石を指に貼り付け磁力によって振動を提示する研究が行われている。Karunanayaka[3] らは、鉄芯入りの電磁石とホール素子のアレイを構成し、永久磁石の位置を推定しポインティングを行う。ユーザーの動作に合わせて電磁石を駆動し永久磁石を振動させる。McIntosh[4] らは軽量化のために鉄芯入りの電磁石ではなくコイルのみを使用し、スマートウォッチと組み合わせて使用する。しかしいずれのデバイスも出力する振動は単一の周波数の振動であり、触覚の提示先も指先に限られる。

本研究では身体や物体に直接永久磁石を貼り付け、環境に埋め込まれた電磁石を駆動し任意の波形の振動を提示することを提案する。永久磁石は小型、軽量、安価であり永久磁石を利用したピップエレキバンなどの健康器具を利用すれば入手性もよく、提示終了後そのまま体験者に配布することも可能である。また、環境へ埋め込んだ電磁石への

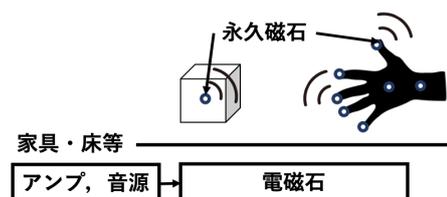


図 1: 提案システム概要図

みケーブルを接続するため身体への拘束はない。さらに、広範囲へ磁力を発生させることにより身体に複数箇所貼り付けた永久磁石を駆動し、多点への触覚提示やイベント会場などでの複数人への触覚提示も可能になる。

2. 提案手法

提案するシステムは大きく分けて電磁石などを含むボイスコイル部と永久磁石に別れる。システム概要図を図 1 に示す。本研究では先行手法と異なり視聴覚コンテンツと合わせて使用するため任意の波形、周波数の振動を提示することを目標とする。また、環境への埋め込みを行うため 1 つの電磁石でより広い面積とより遠方の永久磁石への振動提示を行う。よって電磁石は水平方向に面積が大きくなるようにする。電磁石へ入力する信号はオーディオ用アンプを利用して増幅される。永久磁石は身体や物体へ粘着テープによって貼り付けられることを想定する。永久磁石は複数箇所へ貼り付けることもできる。また、将来的に永久磁石を利用したピップエレキバンやより磁力の強いカスタマイズを施した健康器具を利用した振動提示が可能になれば、普及への足がかりになる。提案手法で想定するアプリケーションを図 2 に示す。なお、電磁石はテーブル、ベッドなどの家具や壁面、床面などの建物に組み込まれているものとする。

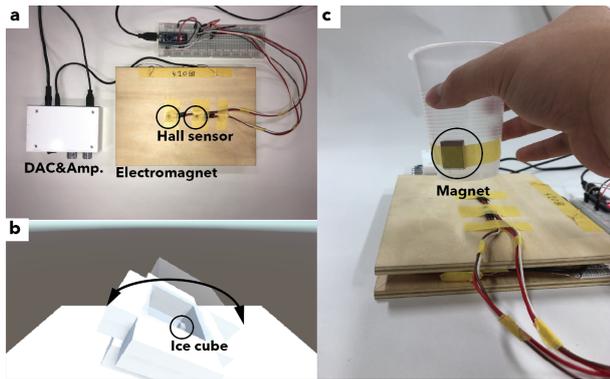


図 3: 物体への永久磁石貼り付けによる触覚提示プロトタイプ。 a: ハードウェア。 b: コンテンツ, プラスチックカップの傾きと連動してオブジェクトが移動する。 c: プラスチックカップと永久磁石。

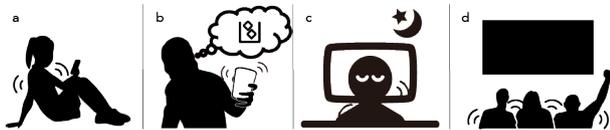


図 2: 想定するアプリケーション。 a: モバイルデバイスからの全身触覚提示。 b: コップに貼り付けた永久磁石による空のコップ内の氷の触感提示。 c: 就寝時の肩への触覚提示。 d: 会場に埋め込まれた電磁石による多人数触覚提示。

3. 物体への永久磁石貼り付けによる触覚提示プロトタイプ

提案手法の実現可能性を確認するために物体への永久磁石貼り付けによる触覚提示プロトタイプの作成を行なった。プロトタイプシステムの概要を図 3 に示す。

3.1 ハードウェア

電磁石はテーブルに組み込まれることを想定しサイズを設定した。鉄芯は厚さ 10mm, 奥行き 100mm, 幅 160mm の鉄板である。鉄芯を挟み込む保持材として厚み 6mm, 奥行き 160mm, 幅 210mm のシナベニヤ材をカプトンテープで絶縁済みの鉄芯に接着した。電磁石の線材は 0.5mm の UEW を使用し 1 層あたり 20 回ずつ鉄芯の周囲に隙間なく巻きつけた。層間はカプトンテープを挟み絶縁する。これを 20.5 層作成した。総巻き数は 410 回である。電磁石の駆動には TECHTILE Toolkit[5] を利用し, PC からの振動を USB DAC を通じて電磁石へ入力した。電磁石の表面中央部には磁石の位置を検出するためにホールセンサー A1324LUA-T を 2cm の間隔で 2 つ貼り付けた。ホールセンサーの値は 0G で 2.5V を基準とし, 5mV/G でアナログ電圧をリニアに出力する。この電圧を Arduino で読みとり 1000Hz で PC ヘシリアル送信する。振動提示先として今回のプロトタイプではプラスチックコップを使用する。プラスチックコップの側面を挟み込むようにネオジム磁石を取り付けた。ネオジム磁石は厚さ 5mm, 奥行き 15mm, 幅 20mm, 磁束密度は 0.3T である。

3.2 コンテンツ

今回のプロトタイプでは氷がガラスコップを滑りガラスへ衝突する触感をプラスチックコップの角度に合わせて提示するコンテンツを作成した。振動は TECHTILE Toolkit のマイクをガラスコップに取り付け氷を落下させたものを録音した。Unity で氷の摩擦を再現したオブジェクトを作成し, 2 つのホールセンサーの値の差分からどちらのセンサーに近接しているか計算を行いオブジェクトの角度に反映する。角度の変化に伴い滑り出したオブジェクトが壁に衝突した際に TECHTILE Toolkit 内臓の USB DAC へ収録した触覚を出力する。

3.3 提示試験結果

24 才男性被験者にプラスチックコップを電磁石の上で移動させ触感を体験した際「振動の強度は問題ないほど強い」, 「ボヨボヨとした圧力を感じる」, 「触覚の提示タイミングがずれた時に混乱する」などのコメントを得た。

4. まとめ

本研究では身体や物体に直接永久磁石を貼り付け環境に埋め込まれた電磁石を駆動し任意の波形の振動を提示するシステムを提案した。プロトタイプにより物体への永久磁石貼り付けによる振動触覚提示が可能であることが示された。振動の提示強度に関しては十分であったが, 力触覚の提示を行っていないにも関わらず圧力を感じたなど振動子としての特性を把握する必要がある。引き続き振動強度や周波数特性などより技術的な評価を行う。今後は提案手法の別アプリケーションである身体への永久磁石貼り付けによる多点触覚提示の検討を行う。また, 提案手法は電磁石から強い磁力を出力するため健康面や安全面に対して検討を行う。

謝辞 本研究は JST ACCEL Embodied Media Project(JP MJAC1404) の一環として実施された。

参考文献

- [1] Carter, T., et al.: UltraHaptics: multi-point mid-air haptic feedback for touch surfaces, UIST '13, pp. 505–514, 2013.
- [2] Konishi Y., et al.: Synesthesia suit: the full body immersive experience, SIGGRAPH '16, Article 20, 2016.
- [3] Karunanayaka, K., et al.: Magnetic Field Based Near Surface Haptic and Pointing Interface, Lecture Notes in Computer Science, HCI 2013, vol 8007, 2013.
- [4] McIntosh, J., et al.: Magnetips: Combining Fingertip Tracking and Haptic Feedback for Around-Device Interaction, CHI '19, Paper 408, 2019.
- [5] Minamizawa, K., et al.: TECHTILE toolkit: a prototyping tool for design and education of haptic media, VRIC '12, Article 26, 2012.