

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 3 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12082

研究課題名(和文) 風力による空中拘束型力覚インタフェース

研究課題名(英文) Mid-air Constrained Haptic Interface Using Wind Power

研究代表者

竹村 治雄 (Takemura, Haruo)

大阪大学・サイバーメディアセンター・教授

研究者番号：60263430

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、デバイスから風を出し、その反力をユーザに返すことで、バーチャルの物体の硬さや重さとしてユーザに力を感じさせる、あるいは誘導するための方向をユーザに力で教える手法の開発を行いました。特に利便性を高めるためにユーザが手指に装着することなく、手に持つだけで使用できるデバイスを開発し、それによってユーザに水平方向と回転方向について8割以上の正確さで方向を伝えることができ、特に回転方向については高い正確性と迅速な情報伝達が可能であることが確認されました。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a haptic interface using wind power for a user to perceive forces of object stiffness and weight, or to navigate a direction. In particular, the device was designed to allow a user to grab instead of wearing for higher usability. As a result, the developed device could let a user to perceive the translational and rotational directions with more than 80% accuracy. Higher accuracy and quick transfer was achieved especially in rotation direction.

研究分野：ユーザインタフェース

キーワード：力覚提示 非接地 非装着 風力

1. 研究開始当初の背景

広い空間でユーザーに力覚を提示するために、デバイスを空間に固定しない非接地型デバイスの開発が盛んに行われている。一方、3次元ユーザインタフェース(3DUI)で操作を行う場合、完全にフリーな状態ではなく一部の自由度が拘束されている方が入力精度が向上することが知られている。

2. 研究の目的

本課題では、風力により空中にデバイス(の一部あるいは全自由度)を固定させ、安定したインタフェース操作が可能な空中拘束型の力覚インタフェースの実現に挑戦した。風力の抗力を用いることにより、環境に固定されない非接地力覚提示を実現する。非対称振動による疑似的な非接地力覚提示に比べて、現実の外力の提示により、逆向きへの力の知覚が起きにくいと考えられる。この特性は方向を伝えるナビゲーションなどで有効と考えられる。

3. 研究の方法

図1に示すとおり、風力に対する抗力を用いた力提示を原理として用いた新たな力覚提示装置の開発を行った。DCファンを用いることで、把持型の非接地力覚提示装置を実現した。具体的には、送風機を接続したジンバルを把持部の両端に各1個装着し、ジンバルの姿勢制御により、同じ向きに送風した場合に並進力、逆向きに送風した場合に回転力の提示を可能とする。各機器の組み立てに必要なアタッチメントや把持部の具材は、3Dプリンタ MakerBot 製 Replicator2 により製作した。図2には、アタッチメントと各部位の接続の様子を示す。

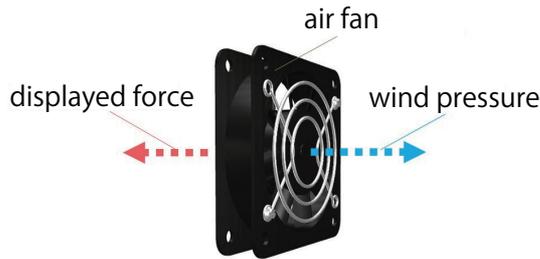


図1 風力による力提示の原理

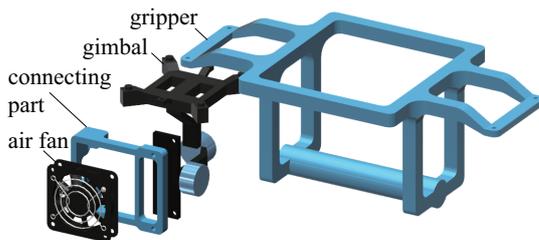


図2 アタッチメントと各部位の接続

4. 研究成果

開発したデバイスは、図3のようにジンバルによりデバイスの姿勢によらず指定した方向の風力を提示することができることを特徴としており、今回は図4のとおり重量などの関係で2軸のジンバルを用いて実装した。

開発したデバイスを用いて被験者実験を行った結果、図5のように8割以上の正解率で提示方向を認識させることができていたことが確認された。このようにナビゲーションという観点で非接地力覚提示の有効性が確認された。

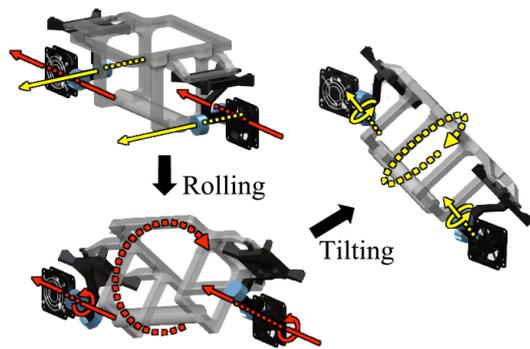


図3 ジンバルによる姿勢調整

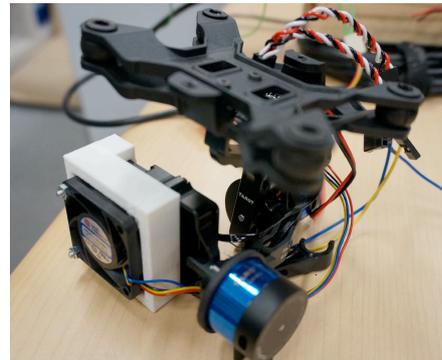


図4 2軸ジンバルを用いた実装

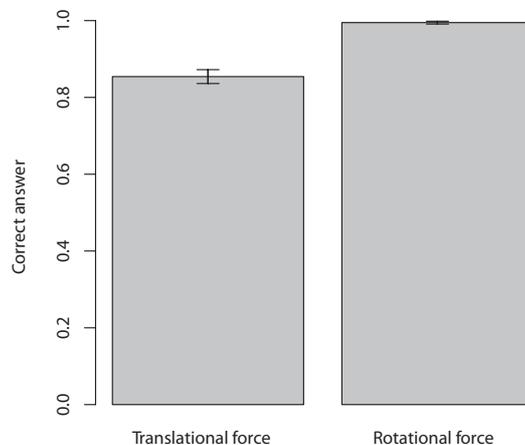


図5 方向提示の正解率

開発が順調に進んだことから、風力を用いた別の実装形態の力覚提示の設計・開発に取り込むこととした。これまでは、ユーザはデバイスを手に持つ必要がある把持型のデバイスを開発していた。しかし、何も接触していない状況のバーチャル環境を再現できないという課題があるため、理想的にはバーチャル環境で接触したときのみユーザとデバイスが接触する遭遇型で実現することが望ましいと考えられる。そこで、本研究では、ユーザに先回りして反力を提示する遭遇型デバイスを近年発達が著しいUAV(Unmanned Aerial Vehicle)を用いることで非接地で実現する方法を世界に先駆けて考案し、国際会議 SUI2016 で開発内容について発表を行った。図 6 は、力の提示部を柔軟物とすることでユーザからの押込みに対して浮遊用の風力が反力を提示する様子を示す。実験の結果、風力がない場合に比べて大きな力の提示が可能となっていることが分かる。この成果を元に、さらなる機構の開発を進めたいと考えている。

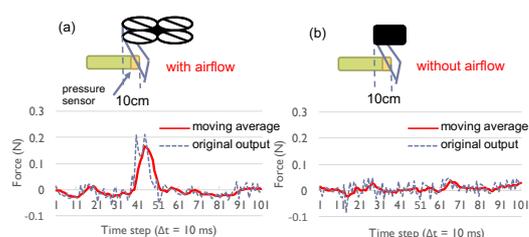


図 6 風力を利用した力提示。風力ありにおける提示部での力 (左図)、風力なしにおける提示部での力 (右図)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

1. Y. Kuroda, K. Seki, K. Kiyokawa, H. Takemura; Non-grounded Haptic Display by Controlling Wind Direction, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 12, No. 3, 2017. 査読あり
DOI: 0.1002/tee.22391
2. G. Kato, Y. Kuroda, I. Nisky, K. Kiyokawa, H. Takemura, Design and Psychophysical Evaluation of the HapSticks: A Novel Non-grounded Mechanism for Presenting Tool-mediated Vertical Forces, IEEE Transactions on Haptics, 2017. 査読あり, (in print)
DOI: 10.1109/TOH.2016.2636824

[学会発表] (計 9 件)

1. G. Kato, Y. Kuroda, I. Nisky, K. Kiyokawa, H. Takemura, HapStep: A

Novel Method to Sense Footsteps while Remaining Seated using Longitudinal Friction on the Sole of the Foot, AsiaHaptics, 13A-1 (2016/11/30) Kashiwa-no-ha.

2. K. Yamaguchi, G. Kato, Y. Kuroda, K. Kiyokawa, and H. Takemura. A Non-grounded and Encountered-type Haptic Display Using a Drone. ACM Spatial User Interaction (SUI '16), pp. 43-46, 2016.
3. G. Kato, Y. Kuroda, I. Nisky, K. Kiyokawa, H. Takemura: A Novel Method to Present Vertical Forces in Tool-Mediated Interactions by a Non-Grounded Rotation Mechanism, IEEE World Haptics Conference 2015, pp. 400-407, (2015/06/22-25), Evanston, 2015.
4. 西山周平, 黒田嘉宏, 竹村治雄, 歩行動作の疑似力覚のための筋骨格シミュレーション, 電気学会研究会資料, PI-17-067, pp. 67-72 (2017/03/28) 小金井.
5. 鋒山健太, 黒田嘉宏, 加藤銀河, 清川清, 竹村治雄, 湿度制御による弱存在感ディスプレイ, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp. 391-396 (2016/09/09)
6. 西山周平, 黒田嘉宏, 竹村治雄, 力触覚提示装置の手指への動力伝達効率の計算手法, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 14A-03 (2016/09/14) 筑波.
7. 加藤銀河, 黒田嘉宏, 清川清, 竹村治雄, 前後方向の足裏への摩擦を利用した座位姿勢での足ふみ感提示装置, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 11A-03 (2016/09/14) 筑波.
8. 鋒山健太, 加藤銀河, 黒田嘉宏, 清川清, 竹村治雄, Behind You!: 湿度制御による弱感覚ディスプレイ, インタラクション論文集, pp.774-776 (2017/03/04) 小金井.
9. 黒田嘉宏: 生体構造と力触覚インタラクション, 生体医用画像研究会 第3回若手発表会, 豊中(2016/03/12). (招待講演)

[その他]
ホームページ等

竹村研究室ホームページ
<http://www.lab.ime.cmc.osaka-u.ac.jp/>

研究紹介ページ (黒田嘉宏)
<https://sites.google.com/site/ahchlab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹村 治雄 (TAKEMURA, Haruo)
大阪大学・サイバーメディアセンター・教授
研究者番号： 60263430

(2) 研究分担者

黒田 嘉宏 (KURODA, Yoshihiro)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授
研究者番号： 30402837

清川 清 (KIYOKAWA, Kiyoshi)
大阪大学・サイバーメディアセンター・准教授
研究者番号： 60358869

大城 理 (OSHIRO, Osamu)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授
研究者番号： 90252832