

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：15K12083

研究課題名（和文）道具による把持物体操作のための疑似力覚提示に関する研究

研究課題名（英文）A Study of Substitutional Force Display For Object Manipulation Using A Tool

研究代表者

黒田 嘉宏（Kuroda, Yoshihiro）

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：30402837

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、より軽量で使いやすい力覚提示デバイスの開発を目的として、ユーザが装着する必要がなく手に持つだけで道具操作によりバーチャルの重さ体験を可能とする新たな方法論の開発を行いました。アプローチとして、手首や腕などで重さを支える並進力の再現は行わず、指に生じる皮膚感覚や手に生じる深部感覚のみを再現することとしました。具体的には、単一のモータにより駆動可能な回転機構により小型で装着不要のデバイスにより道具先端の重さをバーチャルで再現可能なデバイスを実現し、さらに道具操作におけるバーチャルの重量と現実の重量の関係を初めて明らかにしました。

研究成果の概要（英文）：In this study, we established a method to display a virtual weight without wearing a device for the development of a light weight force feedback device with high usability. As an approach, we presented sensation only on a hand and fingers, not on a wrist and an arm to support the weight. In actual, we designed a rotation mechanism with a motor and a compact device that does not require wearing to represent virtual weight on the tip of the tool. In addition, we revealed the relationship between virtual and real weight hung on a tooltip.

研究分野：ユーザインタフェース

キーワード：力触覚 バーチャルリアリティ 道具操作 疑似力覚

1. 研究開始当初の背景

日常における箸やピンセット、また手術による道具操作では、物をもつ把持感覚より、むしろ把持した状態で物体を操作する感覚（操作感覚）がタスクの成否を決める。しかし、操作感覚提示は外力の提示を必要とするため、従来は机や床に固定する接地型デバイスが必要とされ、ユーザが空間に拘束されるという制約がある。一方、近年、現実の物理的刺激とは異なる刺激、あるいは限定された刺激により本来と知覚的に等価な力覚を小型・軽量のデバイスで実現する疑似力覚が注目されている。

2. 研究の目的

本研究では、道具による操作感覚を非接地で提示する疑似力覚提示法の確立に挑戦した。具体的には、物体の存在感を表す基本的な感覚の一つである重量感覚を対象に、持ち運び可能なデバイスで感覚の再現を目指した。

3. 研究の方法

これまで実現されていなかった道具先端への外力に伴う感覚を、図1のように非接地・非装着で実現するための回転機構の設計と機構を応用した箸型デバイスの開発を行った。道具先端にかかる外力が小さい場合、手首や腕に生じる運動感覚は小さくなる。一方、道具の回転中心から離れているため大きなトルクが発生する。その結果、道具を把持する指先は回転中心から近いため、大きな圧力が生じ、強い皮膚感覚が発生する。本研究では、この運動感覚と皮膚感覚のギャップに着目し、強い皮膚感覚を発生させる回転機構を実現した。

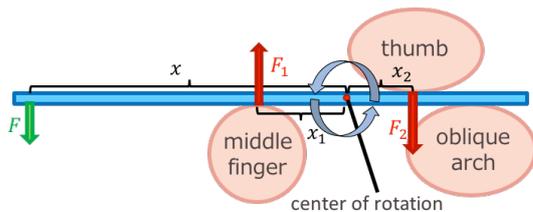


図1 道具先端への外力を手指にのみ提示する回転機構

4. 研究成果

反力の計測実験を行ったほか、被験者実験により道具先端におけるバーチャルの重量感覚の提示と現実の重量感覚の提示を恒常法により評価した。バーチャルの重量評価の実験環境は図2、図3のとおりである。ユーザはヘッドマウントディスプレイを装着してデバイスを操作し、バーチャルの物体を持ち上げる操作を行った。また、現実の重量評価の実験環境は図4のとおりである。どちらの評価実験においても、二つの物体を持ち上げたときに前後のどちらの物体を重いと感じたかを回答させた。

実験の結果、図5のとおり現実の重量感覚

に比べて提案手法によるバーチャルの重量感覚の方が弁別閾が大きくなることが分かったほか、従来の研究と同様に個人差がより顕著になることが明らかになった。興味深いことに、バーチャルの重量を識別できなかった被験者は識別できた被験者に比べて現実の重量の弁別閾が大きかったことが分かった。本成果は、当該分野において権威のある国際会議 IEEE WorldHaptics 2015 にて口頭発表で採択されたほか、IEEE Transactions on Hapticsに掲載が決定している。

また、SIGGRAPH ASIA2015 における Workshop on Haptic Media and Contents Design にも採択され、技術展示の様子は技術系メディアに取り上げられるなど関心を集めた。その他、温度感覚提示の手法開発を行い、提示時に外部の環境音の影響を調査した結果、影響は限定的であることが確認された。

今後は、道具の重量の違いによる影響の調査や疑似的な力覚提示のデバイス設計の支援技術の開発を行いたいと考えている。

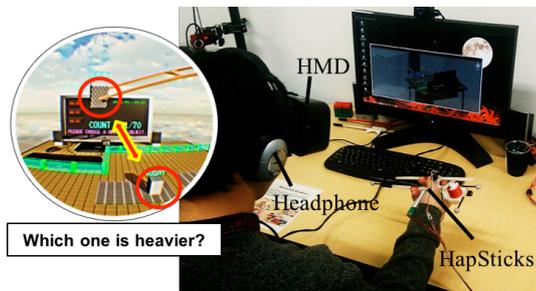


図2 バーチャルの重量感覚の実験環境

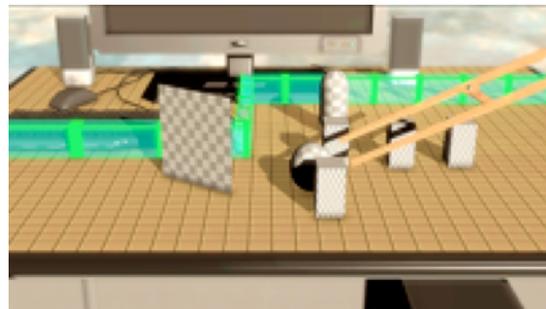


図3 バーチャル物体を操作する様子

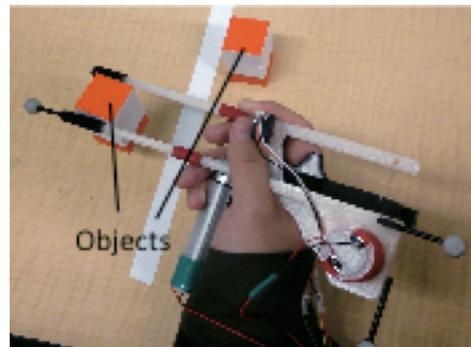


図4 現実の重量感覚の実験環境

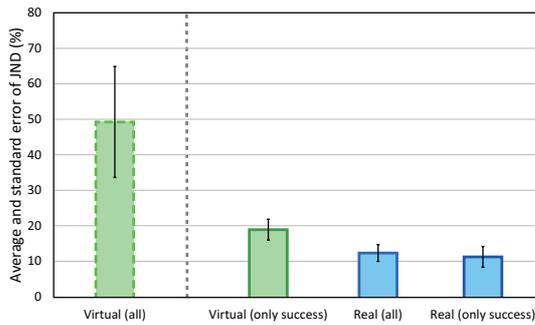


図 5 道具先端にかかるバーチャルと現実の重さ感覚の弁別閾：左側の棒グラフがバーチャル物体の重さの弁別閾。右側の棒グラフが現実物体の重さの弁別閾。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

1. 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
2. Y. Kuroda, K. Seki, K. Kiyokawa, H. Takemura; Non-grounded Haptic Display by Controlling Wind Direction, IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 12, No. 3, 2017. 査読あり
DOI: 0.1002/tee.22391

[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

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

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

(2) 研究分担者

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

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

吉元 俊輔 (YOSHIMOTO, Shunsuke)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教
研究者番号： 00646755

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