



撃力提示装置の提示力向上手法の検討

Improvement of presentation power on an impulsive force display

池田尚登¹⁾, 嵯峨智²⁾

Naoto Ikeda and Satoshi Saga

1) 熊本大学大学院 自然科学教育部 (〒 860-8555 熊本市中央区黒髪 2 丁目 39 番 1 号, ikeda@saga-lab.org)

2) 熊本大学大学院 先端科学研究部 (〒 860-8555 熊本市中央区黒髪 2 丁目 39 番 1 号, saga@saga-lab.org)

概要: 我々は球技における撃力提示再現を目的とし, 手掌部へ瞬発的に牽引力をかけることで撃力の再現を行う撃力提示装置の開発, 評価を行ってきた. これまでの装置では, 再現率の向上や, 提示力の向上などのいくつかの課題があることがわかった. 本稿ではこれらの問題を踏まえ, 牽引手法の再検討および, 再設計した撃力提示装置についての提案と定量的検証結果について報告する.

キーワード: 触覚, 提示, 力覚・体性感覚, 機構・アクチュエータ

1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) 技術の発展に伴い, VR 空間上でのスポーツ体験が可能になりつつある. 中でも, 球技における撃力再現の場合, 従来は振動子を用いた提示が多かったが, この刺激手法は不向きである. そこで我々は手掌部へ瞬発的に牽引力をかけることで撃力再現を行う撃力提示装置の開発, 評価に取り組み, 振動子による提示手法に対して有意差のある結果を得ることが出来た. しかし, 再現率の向上や, 提示力の向上などいくつかの課題がある事がわかった. 本稿ではこれらの問題を踏まえた上で, 牽引手法による撃力提示装置の再設計手法の提案および, 新たに実施した定量的検証結果について報告する.

2. 提案手法

本章では我々が提案する, 手掌部への大面積での撃力提示手法を説明する.

2.1 概要

我々は VR 環境における利用を想定し, 非接地型の触覚提示装置において球技の捕球などの大面積への撃力提示を再現することを目指している. 最近のコンシューマ向けゲームコントローラ [1] に代表されるようなデバイスは, 触覚提示のために振動子を用いられることが多いが, 撃力提示のような強い力を表現することは難しい. CyberGrasp [2] のように指先を牽引するような装置もあるが, 装置が大掛かりとなる. VR 環境における非接地型の触覚提示装置での触覚の再現は, 数多くの研究も行われている [3, 4] が, 撃力を再現性高く実現している例はない. 我々は球技の捕球などを再現するにはこれまでの提示手法ではいくつかの問題があると考え, 大面積への撃力提示を実現する手法として, 接触部の工夫と牽引装置による提示手法を提案する.

2.2 設計

提案する撃力提示装置の設計にあたって, 撃力提示部と駆動部の間を分離し, 糸により牽引力を伝達させる事により, 提示部の軽量化を実現し, 使用者の身体の運動を阻害しない設計とする. また, 提示部では手掌部に取り付けたビニール製の被膜を後方に牽引する事で, 大面積での撃力提示を狙う. また駆動部では瞬発的な撃力を提示するために大きな外力を発生する必要がある. そこでステッピングモータの回転を抑止するブレーキ構造体を用いる事で, モータによる駆動力より大きな外力の発生を実現する. 設計における今回の改良点として, ブレーキの交換による提示力の差異の軽減のため, 3D プリントにより同形状のオブジェクトを複製可能とした. また糸と接触する面をカーブ状のものから鋸状のものに変更し, 摩擦力の向上を図った. また, ブレーキパッド本体の形状を勾玉状に変更し, ブレーキパッドの動作方向を牽引方向 (図 1 左) から弛緩方向 (図 1 右) に変更したことで, 動力源からのトルクがなくても, 張力があれば機構的にブレーキがかかる状態を実現した.

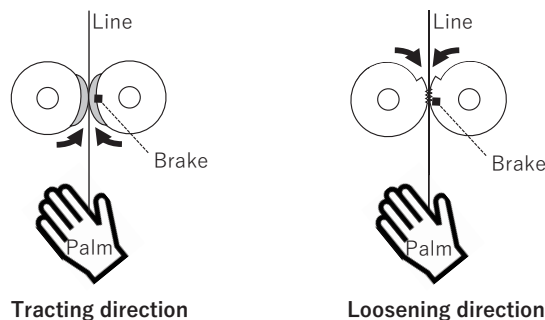


図 1: ブレーキパッドの動作方向 (左: 牽引方向 右: 弛緩方向)

3. 提示手法比較実験

本章では、今回改良した装置と、触覚提示手法としてよく用いられている振動子を用いて実施した心理物理実験について詳述する。この実験の目的は以下の4点である。

- 装置によって提示された感覚が実際のボールを捕球した感覚に対しどのくらい再現できていたかの定量的検証。
- 振動子によって提示された感覚が実際のボールを捕球した感覚に対しどのくらい再現できていたかの定量的検証。
- 改良による装置による再現性の変化の定量的検証
- 実験後のアンケートによる提示された感覚の主観的なコメントの収集。

実験協力者は全員右利き、21歳から25歳の健康な男性10人とした。実際のボール（ゴム製、直径約20cm）による実際の捕球感覚、既存の振動提示手法（Tactile toolkit）による感覚、提案手法による感覚の3つを比較することで評価を行う。実験時はヘッドマウントディスプレイを装着させ、サッカーのパナルティキックのシーンをゴールキーパー視点から投影する。評価は Visual Analogue Scale (VAS) [5] を用いたアンケートを実施し、各提示手法がどれくらい実際の捕球感覚に似ていたかを被験者に主観的に評価してもらう。アンケート結果より本研究の提示手法の撃力再現性を評価する。実験の様子を図2に示す。

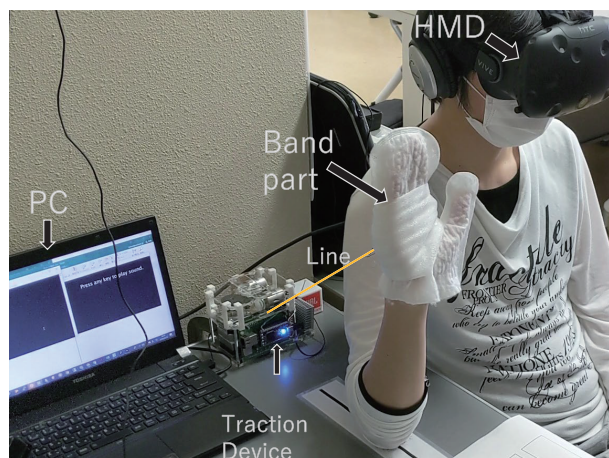


図2: 実験中の様子

4. 実験結果と考察

上記の実験を行った結果を改良前の結果と合わせて以下に示す。

4.1 撃力再現率の比較

実験協力者全体の、各手法での5回分のデータの平均を再現率とした結果を改良前の結果と合わせて図3に示す。これらの結果を Student の t 検定を用いて分析した結果、改良前後のいずれも提案手法と既存手法間で $a < 0.05$ となり、有意水準5%で差があることがわかった。このことから、提案手法が既存手法よりボールの再現性が有意に高いとわかる。また提案手法による再現率も改良の前後で有意水準5%で差があることから、提案手法の再現率が向上している事がわかる。

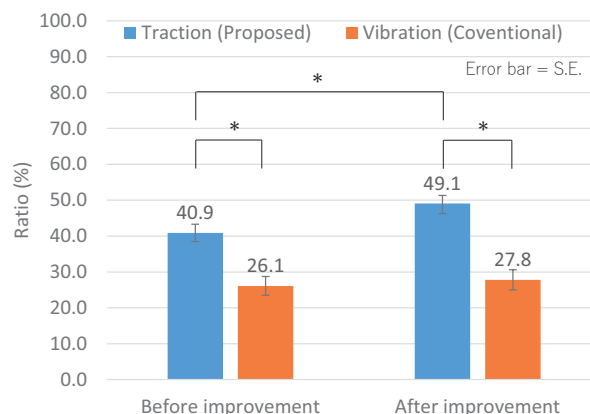


図3: 改良前後の実験協力者全体の再現率。Tractionは提案手法、Vibrationは振動子を指す。図中の*は有意水準5%で差があることを示す。

5. まとめと今後の予定

本研究では球技における撃力再現手法の一つとして開発を行っている提案装置の改良及び提案装置による生起感覚の既存手法との比較実験を行った。大きな改良点としてブレーキパッド本体の形状および、動作方向の変更があげられる。これらにより動力源からのトルクがなくても、張力があれば機構的にブレーキがかかる状態を実現した。実験の結果、従来の振動を用いた既存手法より有意に優れた結果を得られたと共に、改良による生起感覚の再現率向上を実現できた。また、別途行った提示力の定量的検証からは、撃力を知覚できる閾値の検証や、ブレーキ機構の摩耗による提示力減少等の課題も見つかった。

今後は摩耗や大きな提示力にも耐えられるブレーキ機構の検討を行った上で、刺激領域の拡大や主体的運動の有無による生起感覚の定量的な評価も実施する。

参考文献

- [1] VIVE — Discover Virtual Reality Beyond Imagination. <https://www.vive.com/us/>.
- [2] Georgios Nikolakis, Dimitrios Tzovaras, Serafim Moustakidis, and Michael G Strintzis. Cybergrasp and phantom integration: Enhanced haptic access for visually impaired users. In *9th Conference Speech and Computer*, 2004.
- [3] Susumu Tachi. Roles of tactile display in virtual reality. *IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines*, Vol. 122, No. 10, pp. 461–464, 2002.
- [4] Kentaro Yoshida, Seki Inoue, Yasutoshi Makino, and Hiroyuki Shinoda. VibVid: VIBration Estimation from VIDEo by using Neural Network. In *ICAT-EGVE 2017 - International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments*. The Eurographics Association, 2017.
- [5] Monson Hayes. Experimental development of the graphics rating method. *Physiol Bull*, Vol. 18, pp. 98–99, 1921.