



# 釣竿を用いたハプティクスデバイスの開発

Development of haptic device using fishing rod

内藤大樹<sup>1)</sup>, 梶本裕之<sup>1)</sup>

Daiki NAITO, Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学大学院情報理工学研究所 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {naito, kajimoto}@kaji-lab.jp)

概要：力覚提示はバーチャル空間の物体の存在感を提示させる重要な要素である。これまでワイヤによる設置型のシステムが多数提案されているが提示可能範囲がやや小さいという課題があった。そこで我々は釣竿を用いて指先に力覚を提示するデバイスを開発する。釣竿から出ている糸を指に取り付け、糸の巻き取りを制御することで指に力覚を提示する。また、釣竿を釣りつける固定台を多方向に傾けることが可能な構造にすることで、指先に提示する力の向きを変化させるとともに提示可能範囲を広げる。本稿では指に取り付けた 1 本の糸に対するデバイスについて報告する。

キーワード：力覚提示, ヒューマンインタフェース, 釣竿, バーチャルリアリティ

## 1. はじめに

バーチャルリアリティの分野では、人間が実世界で感じる感覚を再現する感覚提示デバイスの研究が盛んに行われている。実世界をコンピュータが作り出すバーチャル空間でより正確に再現するには視覚情報だけでなく、触覚情報など様々な感覚情報との併合が望まれる。本研究では特に触覚情報の中の力覚に着目する。バーチャル空間の物体の存在感を向上させるため、力覚提示は必要な要素である[1]。

力覚提示に関する研究では多くのデバイスが開発されており、その代表的な手法の 1 つが SPIDAR[2]のような指先に糸を取り付けて力覚を提示するデバイスである。糸は軽量であるため、指先に糸を取り付けても装着者に負担を与えない。また複数本の糸を使用することで自由度の高い操作が実現できる。しかし、この装置を設置型で利用する場合、糸を繰り出す台座が固定され、複数の力の方向を表現するために複数の糸を用いるが、糸同士の干渉の問題から指先の動作範囲が制限されるという課題がある。

そこで、本研究では、設置型の、糸を用いた力覚提示デバイスでありながら広範囲で力覚提示が行える、1 本の糸と移動する台座(釣竿)を用いた力覚提示デバイスを提案する。

## 2. 関連研究

糸を使った力覚提示デバイスは大きく分けて装着型と設置型に別れる。

装着型は、デバイスをユーザの身体に装着し力覚を提示する手法である。装着型の力覚提示デバイスは、Hirose らの HapticGEAR[3]や Hosseini らが開発した糸のねじれによるアクチュエータを利用したデバイス[4]がある。

HapticGEAR は背中に装着したデバイスから伸びる 4 本の糸を巻き取り制御することにより力覚を提示するディスプレイである。対して、Hosseini らが開発したデバイスは、肩に取り付けたモータを回転させることで糸をねじり、これによって力覚を提示するデバイスである。糸を使った装着型の力覚提示デバイスの特徴は、デバイスを身体に装着しているため、利用できる場所が限定されないことである。しかし、身体に装着したデバイスで力覚を提示すると、意図した部位への力覚の反力が装着部で発生してしまうという課題がある。

対して設置型は、デバイスを壁や床に固定し力覚を提示する手法である。糸を用いた設置型力覚デバイスとして、佐藤らの SPIDAR[2]が挙げられる。SPIDAR の基本構成はキューブ型フレームとその頂点の 4 つのモータであり、各モータで巻き取る 4 本の糸の結合部をユーザの指に取り付け力覚を提示する。SPIDAR は長期にわたり開発が続いており、様々なバリエーションが存在する[5]。複数の糸を用いるという基本構成から生じる提示可能範囲が狭くなるという課題に対しては、1 本の糸でユーザの指に力覚を提示する SPIDAR-S[6]や、回転可能なフレーム構造を用いることで手首のひねりに対応した SPIDAR-MF[7]が提案されている。しかし SPIDAR-S については多自由度の力覚提示は想定しておらず、SPIDAR-MF は多指への対応時の糸の干渉防止が主眼であった。

本研究で提案する釣竿を用いた力覚提示デバイスは設置型に分類される。1 本の糸を用いて広範囲で多方向の力覚を提示することを目指す。

## 3. 提案システム

本研究で提案するシステムを図 1 に示す。釣竿から出る

糸をユーザの指に取り付ける。ユーザにバーチャル空間を映像として提示し、映像内にはユーザの指も提示する。指の動きに合わせて釣竿の糸の巻き取り量を制御し、指に力覚を提示する。指先と釣竿の先の座標は OptiTrack で検出する。指先と釣竿の先の座標が検知されると糸の張る方向を求めることができる。この方向は力覚提示を行うときの力の向きに相当する。

加えてピッチ軸、ヨー軸で回転する機構も導入する(図2)。これによって糸の方向を可能な限り VR 空間で提示すべき力の方向に合わせ、また糸の牽引のみの場合と比べて素早い応答が期待できる。

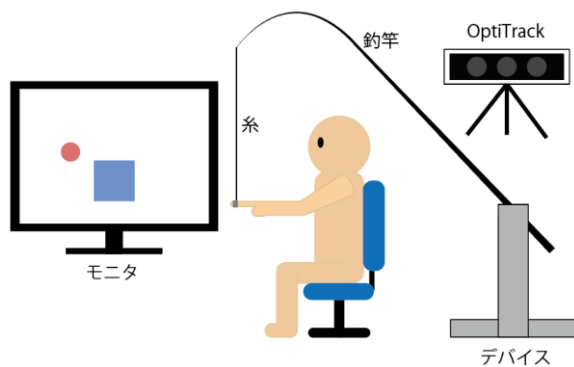


図 1 概要図

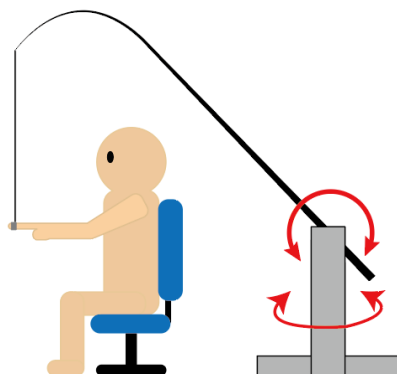


図 2 デバイスの回転方向

力覚提示を行うために釣竿を用いることで 3 つの効果を得られる。1 つめは、糸と身体との干渉を比較的少なく抑えることができる効果である。釣竿から出る 1 本の糸のみでユーザの指先に力覚を提示するため、複数本の糸を用いる力覚提示デバイスと比較すると、糸と身体の接触を抑えることが可能である。また、1 本の糸しか用いないため、糸同士の接触を考慮しなくてよい。さらに 1 本の場合は、糸の張る方向が指先に加える力の方向と一致するため、複数本の糸による力の分解を考える必要がない単純さも利点として挙げられる。

2 つめは、釣竿が軽量であるため、高速に釣竿の姿勢を制御できる効果である。高速な姿勢制御が実現できると、指先に加える力の方向も高速に変更可能となる。

3 つめは、釣竿のしなり自体が強い力を指先に提示できる効果である。基部の姿勢を制御するモータに釣竿の長さとの糸の張力から計算されるトルクが働くが、釣竿のしなりは釣りの長さを等価的に短くする働きを持つため、強い力を必要とする場合に必要なトルクを抑えることができる。

後者 2 点の利点、高速性と力の強さの両立は、力覚提示のダイナミックレンジの広さと言い換えることができる。これはそのまま、実際の釣りにおける釣竿の使われ方から類推することが出来る(素早くアタリを取り、重い魚を釣り上げる)。以上の釣竿の特徴の恩恵をうまく活かせるデバイス構成が必要となる。

#### 4. 提案デバイス

本研究で使用する釣竿は全長 2.55m、重さ 110g である。また、調子(釣竿のもっとも曲がる部分の位置を比率で表したもの)は 5:5 であるため、釣竿の全長の中心位置でしなる仕様となっている。しかし、2.55m の釣竿を垂直に立てると釣竿の先が天井と接触してしまい、釣竿が破損してしまう可能性があるため、手持ち部分から 0.5m までを切断した。切断部にはリールの取り付け部があったため、切断後の釣竿の重量は約 54.8g となった。図 3 に本研究で開発したデバイスの全体図を示す。また、釣竿とデバイスの接続部を図 4 に示す。本デバイスは床に設置するものである。デバイスの高さは 0.6m であり、釣竿の先からデバイスとの接続点までの長さは 1.89m である。

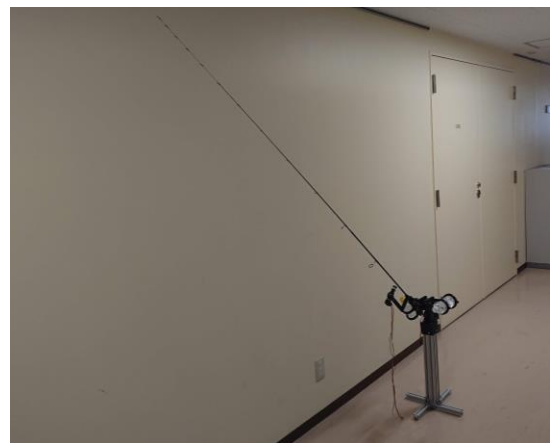


図 3 全体図



図 4 釣竿とデバイスの接続部

釣竿をピッチ軸，ヨー軸で回転させるため，それぞれの回転はサーボモータを使用して実現した．図 4の 2つの赤丸はそれぞれの回転軸に対するサーボモータの位置を表す．釣竿をそのままデバイスに接続すると，釣竿の重さによりサーボモータは釣竿を安定して持ち上げることはできない．そのため，釣竿の持ち手方向に負荷として水が入ったペットボトル(図 4中の A)を取り付けた．また，ヨー軸の回転に関しても重さのバランスを考え，釣竿とデバイスの接続部とは逆方向に水が入ったペットボトル(図 4中の B)を取り付けた．

## 5. おわりに

本研究では，糸を使った新しい力覚提示デバイスとして釣竿を用いる手法を提案した．釣竿を用いると，1本の糸で指先に力覚を提示でき，釣竿の姿勢制御を同時に行うことで，1本の糸で多方向の力を提示できる．

本論文執筆の時点では，釣竿の姿勢制御の基本動作確認と糸の巻き取りの確認，および指先の OptiTrack による位置検出に関して完了している．今後は VR 空間中で提示すべき力を最大限方向も合わせて提示することに取り組んでいく．

**謝辞** 本研究はJSPS 科研費 JP18H04110 の助成を受けたものである．

## 参考文献

- [1] 青木孝文，三武裕玄，長谷川晶一，佐藤誠：ワイヤによる皮膚感覚刺激を用いた指先装着型接触感提示デバイス，TVRSJ Vol.14, No.3, pp421-428, 2009
- [2] 佐藤誠，平田幸広，河原田弘：空間インタフェース装置 SPIDAR の提案，電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J74-D-II, No.7, pp.887-894, 1991.
- [3] M. Hirose, K. Hirota, T. Ogi, H. Yano, N. Kakehi, M. Saito, M. Nakashige, “HapticGEAR: The Development of a Wearable Force Display System for Immersivve Projection Displays,” Virtual Reality 2001 Conference.
- [4] M. Hosseini, R. Meattini, G. Palli, C. Melchiorri, “Development of sEMG-Driven Assistive Devices Based on Twisted String Actuation”, 3rd International Conference on Control, Automation and Robotics, 2017.
- [5] M. Sato, “Development of String-based Force Display: SPIDAR,” December 2002.
- [6] 戸島幹智，赤羽克仁，佐藤誠：音声信号を用いた携帯端末に装着可能な力覚提示装置 SPIDAR-S の提案，情報処理学会 インタラクシオン 2015, 2015.
- [7] 丸山直紀，劉蘭海，田上想馬，赤羽克仁，佐藤誠：フレーム可動型両手多指力覚提示装置のフレーム制御に関する提案，情報処理学会 インタラクシオン 2014, 2014.