



## 多指力覚提示機構のシステム拡張

曾根順治<sup>1)</sup>, 中島乃樹<sup>1)</sup>, 関谷涼<sup>1)</sup>, 松本康義<sup>1)</sup>, 長谷川晶一<sup>2)</sup>

- 1) 東京工芸大学 工学部 (〒243-0207 神奈川県厚木市飯山 1583, sone@cs.t-kougei.ac.jp)  
2) 東京工業大学 精密工学研究所 (〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, hase@pi.titech.ac.jp)

**概要**: 本研究では, 多指力覚提示システムを開発している. これは, バーチャルリアリティ開発環境の SpringHead を拡張して, 内側に多指力覚提示機構を設けており, 多指に力覚提示できる. さらに, 手首にも, 力覚を広い領域で力覚を提示可能である. このハードウェアに対して, グラフィックス, 物理計算, 力覚を制御するためにシステムを拡張している.

**キーワード**: Multi-finger haptic display, SPIDAR, Haptic presentation system, Force calculation, physical simulation

### 1. はじめに

本近年, 3D-CG 技術の発展によって多くの力覚・触覚技術の研究が行われ, 今後の研究開発の発展により医療, エンターテインメントにおいて力覚提示を用いた VR シミュレーションが可能となると考える. 現在まで, SPIDAR<sup>(1)</sup> のような多くのハプティックデバイスが考案されている. また, Spidar8 や Cyber Grasp においても物体と指の接触点固定されている問題がある. 日常の作業においては, 指の接触点が増減しており, 高い精度の人工現実感を得るためには, 横小路先生の提唱されている遭遇型<sup>(2)</sup>のシステムが必要である. 本研究においては, 力覚提示点を変更できる力覚提示機構を設計し, 力覚提示位置を変更する機構を開発している<sup>(3)</sup>. 従来では, Springhead<sup>(4)</sup>を用いて, VR 空間と生成とデバイス制御を行っていた<sup>(5)</sup>. システムの拡張性を考慮して Unity<sup>(6)</sup>を使用することによりマルチプラットフォーム対応のシステム開発を可能にすることを目的とする.

### 2. システム開発概要

#### 2.1 力覚提示デバイス

図 1 は力覚提示デバイスを示す. リングに取り付けられた 3 つの力覚提示機構はそれぞれ親指, 人差し指, 中指に対応する. また全ての力覚提示機構は内リングに固定されている. 各指には力覚提示機構が備わっており, 糸を巻きつけたプーリを装備したアクチュエータ制御用モータで駆動される. また, 力覚提示がない場合は指力覚提示部を指で自由に移動させることが可能である.

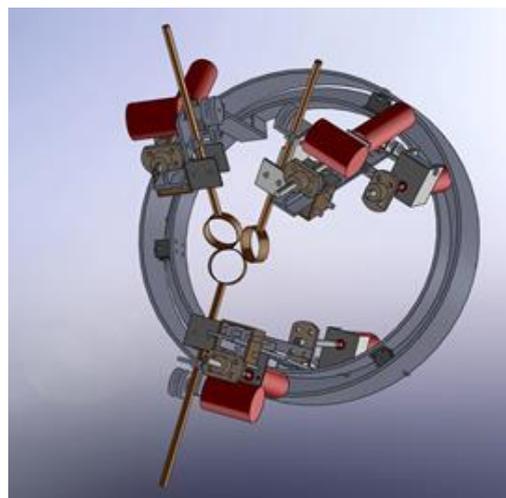


図 1. 多指力覚提示デバイス

#### 2.2 システム開発方法

システムは, Unity と SpringLib から構成される. SpringLib は, SpringHead のインターフェイス制御, デバイス制御, 数学ライブラリを抽出して DLL 形式にライブラリ化している. その概要を図 2 に示す. SpringLib は指のデバイス制御の Hand3 クラスと, 手首の位置と姿勢を制御する SpidarG6 クラスから構成される.

Unity では, グラフィック, 衝突判定, 物理計算を行う. 力覚提示デバイスで得た指の位置情報を SpringLib の関数から受け取り, 3D-CG 空間内に反映する. この実装により, 3D-CG の指が, 被験者の指に装着したデバイスの動きに合わせて動かすことが可能になる. また, 3D-CG 空間内で指と物体が衝突した際に, 抗力を計算し SpringLib のモータ制御機能を使い, 力覚を発生させる. これは, モータと糸で指フックの力制御を行う.

開発概要は, Unity では, グラフィック, 衝突判定, 物

Junji SONE, Daigo NAKAJIMA, Ryou SEKIYA,  
Yasuyoshi MATSUMOTO and Shoichi  
HASEGAWA

理計算機能を開発した。移動などは C#により開発した。また、SpringLib は、SH4 アンプ（力覚制御）との接続、初期化、指の位置情報の取得、各指の力覚提示、手首の位置情報、姿勢情報の計算、Unity への位置や姿勢情報を受け渡しを行うことにより、Unity で全般を制御できるように構築した。

図 3 は Unity で開発したグラフィック内の把持目標物体と多指力覚ポインタを示す。

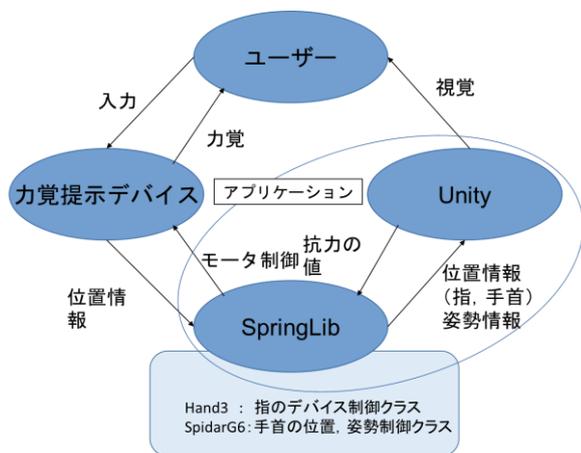


図 2. 開発システムの構成



図 3. グラフィック内の把持目標物体と多指力覚ポインタ

### 3. まとめ

Unity と SpringHead を統合することにより、多指力覚システムの機能拡張を行った。Unity ではグラフィック、衝突判定、物理計算機能、SpringLib ではデバイスの初期化、

力覚生成のモータ制御、手首の位置・姿勢制御機能を作成した。

今後の課題は、指モデルを高精度化し遭遇型の機能を実現することである。さらに、触覚提示と力覚提示を同時に実現させることである。

### 謝辞

本研究は、科学研究助成事業 (JSPS KAKENHI 15K12089,17K00285) の助成を受けて実行している。また、ユニバーサル未来社会推進協議会の「教育・コミュニケーションロボットの研究開発」および、私立大学研究ブランディング事業の「色の国際科学芸術研究センター」のテーマとして、実施している。

### 参考文献

- [1] M. Sato: Development of string-based force display:Spidar. Proc. The Eighth International Conference on Virtual Systems and Multi Media VSMM 2002, pp.1034–1039, 2002.
- [2] Y. Yokokohji Y.: Design and path planning of an encountered-type haptic display for multiple fingertip contacts based on the observation of human grasping behavior, IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.1986—1991, 2004.
- [3] J. Sone, T. Mori, O. Itamoti, S. Hasegawa, M. Sato: Development of Mechanism in Multi-finger Haptic Display - Development of Haptic mechanism and fusion with Spidar - Proceeding of ASIAGRAPH 2008, pp.91-96, 2008.
- [4] Springhead Project Website : <http://springhead.info/>.
- [5] 伊藤 健一郎, 曾根 順治, 赤羽 克仁, 長谷川 晶一, 佐藤 誠, 指触覚提示のためのモータ制御機能の開発, 力触覚の提示と計算研究委員会 第 8 回研究会, 2012.
- [6] Jonathan Linowes : Unity による VR アプリケーション開発, オライリー・ジャパン, 2016.