

# ストリング型力覚提示装置の研究開発を振り返る

佐藤 誠 (東京工業大学) \*1

## Research and Development of String-based Haptic Display SPIDAR

Makoto SATO \*1

\*1 Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology  
R2-13 4529 Nagatsuta Midori Yokohama Kanagawa Japan

This lecture presents the history and evolution of the haptic interface system SPIDAR throughout the last decades. Since its first version in 1988, SPIDAR system was adopted and customized to various kinds of virtual environments to meet user and task's requirements. Ranging from a simple pick and place task to more complicated physical based interactions, SPIDAR has emerged as a distinguished haptic interface capable of displaying various aspects of force feedback.

**Key Words** : Virtual Reality, Haptic Interface, Force Display, String, SPIDAR

四半世紀以上も前のことになるが、1980年代の後半ごろから、コンピュータグラフィックス（CG）の技術が急速な進歩を遂げはじめた。そのとき、近い将来CGで描き出された世界を実世界と同じように操作できるようになるに違いないと考えた。VR世界の3D物体を操作するには3次元のポインティングデバイスが不可欠である。そして、単にポインティングするだけでなく、手で掴んで動かすことができ、さらにそこから触感が指先に伝わってくれば、より豊かで楽しいインタラクションができるだろうと考えた。SPIDARと名付けたインタフェースデバイスの研究開発は1988年にスタートしている。SPIDARは、SPace Interface Device for Artificial Realityの略語である。今はArtificial Realityという言葉はあまり聞くことがないが、当時はVirtual Realityという言葉よりよく使われていた。SPIDARは、名前のようにクモと同様に糸を活用した力触覚ディスプレイである。ここでは、これまでに開発してきた様々なタイプのSPIDARを紹介したい。

### ストリング型力触覚ディスプレイ SPIDAR

**SPIDAR** : SPIDARの仕組みはとても簡単である。立方体のフレームの四隅からそれぞれ糸が中央にある指先キャップに繋がっている。各隅にはそれぞれDCモータとロータリーエンコーダの付いたプーリーがあり、糸はこれに巻きつけられている。エンコーダにより、糸の長さを測定し、モータにより糸に張力を加える。使用者は、キャップを指先にはめてポインティング操作をする。4本の糸の長さから、時々刻々の指先の3次元位置が計測できる。4本の糸の張力を制御することにより、指先に任意の力を提示することができる。(1991)

**SPIDAR-II** : 積み木遊びのように物体を持ち上げて、どこかに置くといった作業は一本の指ではできない。必ず親指と他の指の2本以上が必要である。SPIDAR-IIは、このようなVR空間での積み木作業のために開発した。ユーザは親指と人差し指（あるいは中指）にキャップをはめて積み木操作をする。(1993)

**SPIDAR-H** : SPIDARは糸を用いたシステムのため、任意の大きさにすることが比較的容易である。等身大の作業環境を実現するために、ほぼ2m立方のフレーム内にシステムを構成した。両手の中指に糸の取り付けられたリングをはめることにより、左右の手のひらに力覚が提示できる。(1996)

**SPIDAR-N** : SPIDARを操作インタフェースとして用いた計算機環境をネットワークで繋ぐことにより遠隔の使用者との間でハプティックインタラクションが可能となる。使用者間でVR物体の重さを感じ

ながらの受け渡し作業や、相手の手を力覚により誘導する力覚教示システムを実現することができる。  
(1994)

**SPIDAR-G**：このインタフェースはグリップを8本の糸を用いて吊っている。8本の糸に加える張力を制御することにより併進力、モーメント力ならびに把持力の7自由度の力覚を提示することができる。物体をつかみ、移動操作と回転操作を同時に行うことができる VR 空間のための3次元マウスである。  
(2002)

**SPIDAR-8**：両手多指操作のためのデバイスを開発した。直方体のフレームには、合わせて24本の糸が取り付けられている。指先につけるキャップの数は8個であり、各キャップにはそれぞれ3本の糸がつけられている。両手の親指から薬指までの8本の指による両手多指操作ができる。(2001)

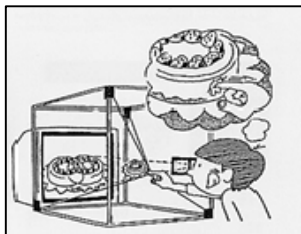
**SPIDAR-I**：通常の SPIDAR では周囲のフレームからグリップに向けて糸が張られているが、グリップの内部に支柱を設けて内側から糸を張る構造のデバイスである。可動範囲は限定されるが、使用者の手が糸に触れることがないので操作性に優れている。(2004)

**SPIDAR-M**：4本の糸を使用した2次元 SPIDAR である。デバイスの構造が大変簡易な上に、通常のマウスを併用することによりコンテンツ制作のプログラミングも容易である。誰でも自分でデバイスを作ってハプティックインタラクションを楽しむことができる。オープンソースデバイスとして製作方法が全てネット上に公開している。(2009)

ハプティックインタフェース SPIDAR はいくつの特長をもっている。すなわち、(1) Simple (簡易性)、(2) Smooth (円滑性)、(3) Scalable (拡張性)、そして(4) Safe (安全性)である。特に、(4)の安全性はハプティックインタフェースの普及を考える際には重要であると考えられる。

## 文 献

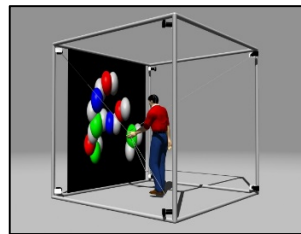
佐藤誠, 平田幸弘, 河原田弘, “空間インタフェース装置 SPIDAR の提案”, 電子情報通信学会論文誌 D-Vol.J74-D-7, No.7(1991), pp. 887-894.



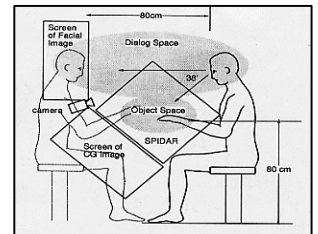
SPIDAR



SPIDAR-II



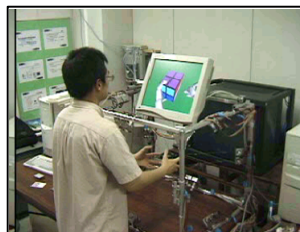
SPIDAR-H



SPIDAR-N



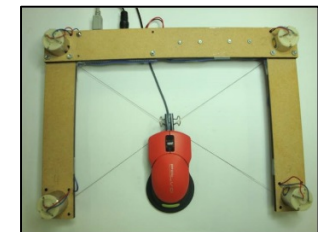
SPIDAR-G



SPIDAR-8



SPIDAR-I



SPIDAR-M

(注) 本稿は日本機械学会 2014 年度年次大会講演論文集 [2014.9.7-10, 東京] より転用しました。