

# 知っておきたいキーワード

## ハプティックインタフェース

牧野泰才<sup>†</sup>, 前野隆司<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学

"Haptic Interface" by Yasutoshi Makino and Takashi Maeno (Graduate School of System Design and Management, Keio University, Yokohama)

キーワード: ハプティックインタフェース, 触覚ディスプレイ, 力覚ディスプレイ

### ハプティックインタフェースとは

近年、視聴覚情報の提示技術は急速に進歩しています。3次元映像の提示や、サラウンドスピーカシステムなど、あたかもその場にいるような臨場感あふれる感覚を得られるようになってきています。これら視聴覚情報に触覚情報を付与して、更なるリアルな体験を実現しようというのが、次に目指すべき一つの大きな課題です。

日本語で「触覚」といった場合、主に二つの感覚について言及しています。一つは、対象のマクロな形状や質量などを、各指の関節角度の変化や関節にかかる力として知覚するものです。これは分厚い手袋をしていても知覚できる感覚で、「力覚 (Haptic)」と

呼ばれます。一方、対象のザラザラ、スベスベといった、指先の皮膚変形によって感じられる感覚もあります。これは、分厚い手袋をしている場合には知覚できないもので、「触覚 (Tactile)」と呼ばれます。ハプティックインタフェースという場合には、主に前者を対象としたデバイスを指す場合が多いですが、本稿では両方を対象として話を進めます。

触力覚 (触覚および力覚) 情報の再現、提示には、二つの装置が必要となります。一つは触力覚センサ、もう一つは触力覚ディスプレイです。これは、映像をカメラで撮影しテレビに表示する、あるいは、音声をマイクで録音しスピーカで再生する、という関係と同じです。触力覚センサで対象の触感に関するさまざまな情報を取得し、触力

覚ディスプレイでそれを再現します。この触力覚情報の取得・提示を行うデバイスを総称して、「ハプティックインタフェース」と呼びます。本稿では、この中でも特に、触感を提示する触力覚ディスプレイについて解説します。

触覚は、視聴覚など他の感覚と比べて、感覚器が局在していないという特徴を持ちます。指先の感度が高く、背中の感度はそれに比べて鈍いなど、部位により感度や解像度の差はありますが、ヒトは全身で対象との接触を知覚することができます。したがって、触力覚ディスプレイはさまざまな部位で実現可能です。ただし、一般的には手を使って対象を操作する場合が多いため、手のひらや指に対して感覚を提示するようなシステムが大半を占めています。

### 力覚ディスプレイ

力覚ディスプレイは、すでに市販され、一般に利用できるものがいくつか存在します。

最も有名なものはPHANTOM<sup>1)</sup> (図1)です。ペン状のデバイスがリンク機構に固定されており、各関節のトルクを

制御することで、位置や姿勢に応じた反力を返すことが可能となっています。これにより、映像内に表示された仮想物体を、ペンデバイスを介して触ることができます。

SPIDAR<sup>2)</sup> (図2)は、把持部分 (ポール) が8本のワイヤで周囲のフレームから吊られた構造を持ちます。各ワイ

ヤは、モータに接続されており、その巻取り量で位置、姿勢を推定し、また巻取りのトルクで反力を返します。PHANTOM同様に、映像内の仮想物体を、ポールを介して触った感覚が得られます。

CyberGrasp<sup>TM3)</sup> (図3)は、手袋型のデバイスです。各指にワイヤが

接続されており、その巻取り量により、指の曲げに対する反力を提示します。小指以外の各指に独立に反力を提示できるため、前二つの力覚ディ

スプレイよりも多様な操作を可能にします。

このように、映像として映し出された仮想物体を触る方法として、そのマ

クロな形状や質量感を提示することは、すでに充分可能になっていると言えます。



図1 PHANTOM  
(提供：SensAble technologies社)



図2 SPIDAR  
(提供：東京工業大学佐藤研究室)

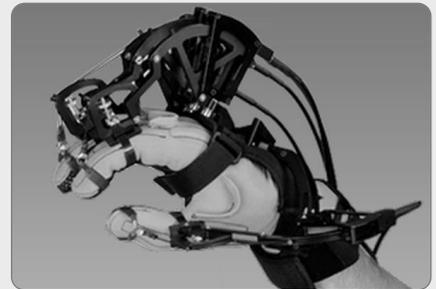


図3 CyberGrasp™  
(提供：CyberGlove Systems LLC)

### 触覚ディスプレイ

力覚ディスプレイとは異なり、対象の表面性状を提示する触覚ディスプレイは、ほとんど市販されていません。しかし、より臨場感あふれる体験を創出するには、「動物の毛並みをなでた感覚」や「洋服の手触り感」といった触覚情報は非常に重要であり、更なる研究が望まれる分野です。以下に最近発表された、興味深い触覚ディスプレイシステムをいくつか紹介します。

筆者らの研究グループは、触感に重要な物理パラメータを実験により選出しました。それらパラメータを再現することで多様な触感を提示するシステムを、東北大学の研究グループと共同で開発し、実現しています<sup>4)</sup> (図4)。触覚ディスプレイを小型に実現し、PHANTOMのペン部分に搭載するこ

とで、触力覚を同時に提示することが可能です。触感情報を少ないパラメータ(粗さ感、摩擦感、硬軟感)で表現しているため、テレビの映像のように、触り心地を遠隔地へ伝送し再現することも可能となります。離れた場所で多様な触感を体験できることから、遠隔医療を始めとし、さまざまなエンタテインメントへの応用を考えています。

超音波を利用し、空中に触感を提示するというTouchable Holography<sup>5)</sup> (図5)という研究もなされています。これは、超音波の放射圧という現象を利用して空間中に圧力の高い点を作りだし、圧覚を生成するものです。何もない空間中に刺激を提示でき、その際に装置を手手に装着する必要もないため、3次元映像と容易に組み合わせることが可能な技術です。

Gravity Grabber<sup>6)</sup> (図6)は、指先に

装着するタイプの触覚ディスプレイです。指先の皮膚に水平方向の力を加えることで、手に持った箱の中に仮想的なボールが入って動いているような感覚を提示することができます。触覚(皮膚感覚)により、力覚のような感覚を提示するという、大変興味深い研究です。

ここまで紹介してきた触覚ディスプレイは、すべて指先や手のひらを対象としていましたが、胴体に刺激を提示するものもあります。/ed<sup>7)</sup> (図7)は、腹巻状の振動子アレイを腹部と背部に装着することで、刀で切られたり、貫かれたりするような感覚を提示するものです。離散的な振動点を、時間的にずらして刺激することで連続的に感じさせるという、人間の触覚受容特性を巧みに利用したシステムです。ゲームなどのエンタテインメントに

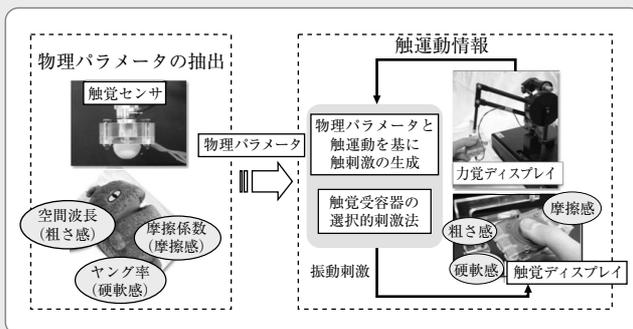


図4 触覚伝達システム (提供：東北大学田所研究室)

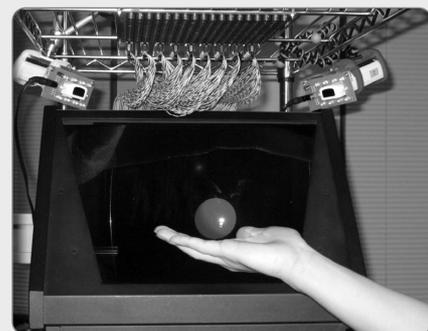


図5 Touchable Holography  
(提供：東京大学篠田研究室)

向いた触覚ディスプレイといえます。

これら以外にも、点字提示装置など、特定のパターンを提示するものもあります。これらは、対象表面の特性を再

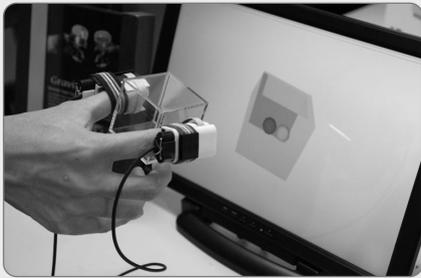


図6 Gravity Grabber  
(提供：東京大学館・川上研究室)

現するという目的ではなく、情報を符号化し、触覚情報に置き換えるというものです。

このように、触覚ディスプレイは力覚ディスプレイと異なり、汎用性の高

いものはまだなく、研究段階の技術です。より汎用性の高い刺激提示を目指すもの、あるいは特定の感覚提示に特化するもの、どちらも今後更なる研究が望まれる分野です。

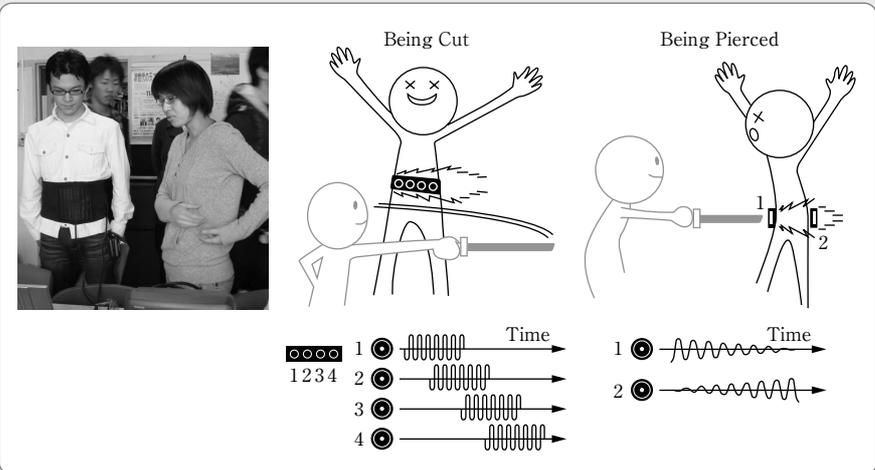


図7 /ed (提供：電気通信大学梶本研究室)

### 今後の課題

ハプティックインタフェースは、まだまだ発展中の研究分野です。昨今の映像機器の高性能化、あるいは通信環境の充実に伴い、触覚の伝送・再現が期待されるシーンが増えてきています。しかし、特に触覚ディスプレイの分野では、まだそれに見合う技術が確立されていないのが現状です。今後更なる進展が期待されます。

しかし、仮に必要な触感提示デバイスが実現されたとしても、それだけでリアルな感覚が再現されるとは言いきれません。例えば、目隠した状態で何か物体を触った場合、それまでに触ったことのあるモノでも、それが何かを当てるのは困難です。つまり、触覚情報はそれ単体では情報量としては不十分です。映像・音声情報と効果的に組合せることで、より臨場感あふれる感覚を生じさせるものなのです。

例えば、現在利用可能な単純な振動刺激だけでも、ゲームのコントローラやアミューズメントパークの動く椅子のように、状況に即した刺激であればリアルな感覚を提示することができます。今後、ハプティックインタフェースの技術が発展し社会に浸透するには、より効果的な映像・音声技術との融合が、重要な課題の一つであると言えます。  
(2009年11月30日受付)

### 参考文献

- 1) <http://www.sensable.com/>
- 2) S. Kim, S. Hasegawa, Y. Koike, M. Sato: "'Cutting edge" Force-Feedback Device : SPIDAR-G", Proceedings of the 32nd ISR (International Symposium on Robotics), 4, pp.1771-1776 (2001)
- 3) <http://www.cyberglovesystems.com/>
- 4) 山内, 昆陽, 岡本, 日高, 前野, 田所: "マスタ・スレーブ型触覚伝達システムの開発~第4報:粗さ・摩擦・硬軟を含む多様なテクスチャ感の遠隔伝達~", 第14回VR学会論文集
- 5) T. Hoshi, M. Takahashi, K. Nakatsuma and H. Shinoda: "Touchable Holography", SIGGRAPH 2009, Emerging Technologies (2009)
- 6) K. Minamizawa, S. Fukamachi, H. Kajimoto, N. Kawakami, S. Tachi: "GravityGrabber: Wearable Haptic Display to present Virtual Mass Sensation", SIGGRAPH 2007, Emerging Technologies (2007)
- 7) S. Ooshima, Y. Fukuzawa, Y. Hashimoto, H. Ando, J. Watanabe and H. Kajimoto: "/ed", SIGGRAPH 2008, New Tech Demos (2008)



**牧野 泰才** (まきの やすとし) 2002年、東京大学計数工学科卒業。2004年、東京大学大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻修士課程修了。2007年、同専攻博士課程修了。同年より、同専攻にて、学術振興会特別研究員。2008年より、特任研究員。2009年より、慶應大学にて、特別研究助教。触覚情報処理の研究に従事。



**前野 隆司** (まえの たかし) 1984年、東京工業大学工学部機械工学科卒業。1986年、東京工業大学理工学研究科機械工学専攻修士課程修了。同年、キヤノン(株)入社。1995年、慶應義塾大学専任講師、同大学助教授を経て、現在、教授。博士(工学)。