

# 人間力を拡張する 「さわれる情報環境」その生成と伝達

舘 暲

## 1. 人間力を拡張する

人間は、その20万年といわれる歳月の間に、多くの人工物を生み出し、それを実環境の中で使用することで現在の繁栄を手にしてきた。それらの生み出された人工物はコンピュータの出現までは、巨大な建物であれ、空を飛ぶ飛行機であれ、出来事を記録する写真機やビデオカメラ、離れていても話ができる電話などのすべての人工物が、我々の住むこの現実世界に、新たに加えられた新しいモノであって、それ自体が実世界とは別の世界を作り出す存在ではなかった。コンピュータが出現した当初も、それは計算をする機械にすぎず、電卓の高度なモノで従来の人工物とかわらず実世界に存在するモノにすぎなかった。勿論、ワープロとして利用している時も、それはタイプライターの延長として実世界に存在するモノである。

しかし、Ivan E. Sutherlandが、1965年にThe Ultimate Displayの論文で、コンピュータが「新たな世界をつくりだす」としたところから、人々は、コンピュータの作り出す世界が実世界とは別の世界として存在しうる可能性に気づきだした。それが、サイバースペースといわれるものである。サイバースペースという言葉は、1980年代に、SF作家のWilliam Ford Gibsonが自著『Neuromancer』の中で使用したサイバネティクス (cybernetics) と空間 (space) を合わせた造語であるが、1990年台のバーチャルリアリティ

(VR) の進展と、インターネットの普及によって、単なる空想世界ではなく現実世界の所産として、その存在を主張し始めたといえる。

最近になって、サイバー世界と実世界を、より密接に一体化させる方向が盛んになってきている。例えば、実世界に浸透した組み込みシステムなどが構成するセンサーネットワークなどの情報を、サイバー空間の強力なコンピューティング能力と結びつけ、より効率のよい高度な社会を実現するためのサービスでありシステムである cyber-physical system、モノをインターネットに接続して計測データ、センサーデータ、制御データの通信をすることでモノのインターネットを実現するIoT (Internet of Things)、眼下の実世界にコンピュータの情報を三次元的に付加してサイバー空間を重ね人間の様々な行動や所作を助けるAR (Augmented Reality) などがその好例である。

上記の方向がどちらかという実環境をサイバー空間で拡張する、いわば環境の側の変革であるのに対して、人間そのものの能力を進展させていこうという考え方も盛んになってきている。携帯やウェアラブルなどの機器を身に纏いサイバー空間と繋ぐことで人間能力の補綴と拡張を図る拡張身体を試みであるAH (augmented human) や、サイバー空間と通信可能な機械と人間を統合して人機一体で人間を超人にするスーパーヒューマン (superhuman)、離れた実空間やコンピュータが生成したサイ

バー空間に、あたかも自分自身が存在しているかの感覚をもって入り込み、そこでの行動を可能とすることをめざすテレグジスタンス (telexistence) などが挙げられる。これらは、まさに人間の人間力や社会力を強化するための技術ということができる。

これらの新しい人間力の拡張技術は、人間が見たり聞いたりする機能の拡張にはとどまらない。むしろ、いままでは手がつけられていなかった行為や作務といったフィジカルな機能の拡張が重要な部分をしめる。つまり、遠隔空間やサイバー空間、あるいは、それらが統合された空間で行動する際、単に情報のやりとりを行うことに留まらず、実社会に物理的に働きかける、すなわち、何らかの行為や肉体的な作業を行うことを目指している。情報のやりとりにおいては、視覚や聴覚が大きな役割を占めるため、情報の臨場的な提示のためのメディア技術は、視覚や聴覚が中心となって進展してきた。ところが、作業や行為を伝達しようとする、作業や行為はフィジカルなものであり、従って、身体を伴うものであるため、身体性とそれに付随する触覚が重要となってくる。しかし、触覚に関しては、視覚や聴覚がメディア技術として確立されているのに比べ、メディア技術として確立されていないのが現状である。

そのような背景のもと触覚をメディアとして扱えるようにすることを目指して、著者の研究チームは、2009年10月から2015年3月まで、



## PROFILE

館 暉

(たち すすむ)

日本学会議連携会員・工学基盤における知の統合分科会委員長（～第22期）・計測工学研究連絡委員会委員長（～第17期）、東京大学名誉教授

専門：バーチャルリアリティ学、ロボット学、計測工学、システム情報学

科学技術振興機構 (JST) のCREST研究として、「さわれる人間調和型情報環境の構築と活用 (さわれる情報環境)」の研究を行った。触原色の仕組みを解明し、その原理に基づく設計法を確立して、皮膚感覚を自在に提示できるディスプレイを研究開発し、離れていても直接触っているような感覚を伝え、実際には存在しない人工物であっても、それに触っているような触感を与えたりできる情報環境の構築を行った。

## 2. 触原色

視覚における三原色の発見は、人間の知覚原理に基づく視覚情報の自在な分解、記録、再生、合成の技術を生み出し、今日ではネットワークを通じて世界中で映像情報がリアルタイムに伝達され、ハードウェア、ソフトウェア、コンテンツそれぞれが巨大な産業構造を構築するに至っている。一方、触覚は近年その有用性が社会的に広く認識されつつあり、携帯電話やビデオゲーム機における振動フィードバックなどの試みがなされるなど、その萌芽的を迎えている。しかしながら、触覚においては、視覚の

三原色に相当する機序の解明がなされておらず、アドホックな手法による触感の伝達は数多く試みられるものの、自在な触覚情報の記録や再生を行う手段は存在しなかった。著者らは、触覚における視覚の三原色に相当するものを「触原色 (Haptic Primary Colors)」と呼び研究を進めている。

人間の触覚は大きく皮膚感覚 (圧覚、振動覚、温度感覚、痛覚) と固有受容感覚 (力覚、姿勢感覚、運動感覚) に分類することができる。このうち皮膚感覚の知覚は皮膚下に存在する数種類の触覚受容器からの神経信号の合成により生成されていることが知られている。各触覚受容器の活動を感覚基底と捉え、原理的にはこれらの基底の合成によってあらゆる皮膚感覚パターンが表現できるはずである。つまり、これらの受容器からなる触覚情報基底が、生理空間における触原色である。さらに、皮膚感覚を司る受容器のうち Meissner 小体、Merkel 細胞、Pacini 小体、Ruffini 終末のすべてが基本的には、「振動」「圧力」の受容器であり、加えて「温度」の受容器が存在することから、物理空間での触原色が、実は「圧力」「振動」「温度」の3基底として表現できることを見いだして、実験による検証を重ねてきている (図1)。

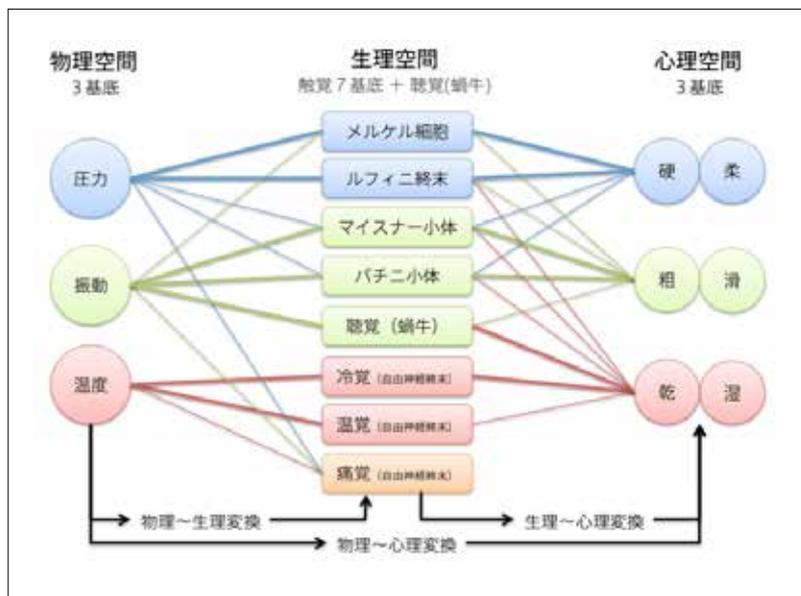


図1 触原色原理における物理空間・生理空間・心理空間

### 3. テレイグジスタンス

CREST「さわれる情報環境」で研究を進めてきた各種要素技術を統合し、触覚伝送にとどまらず、人間の遠隔行動・遠隔体験を可能とすることを目指した「テレイグジスタンス触覚伝送プラットフォーム」TELESAR V



図2 TELESAR V外観

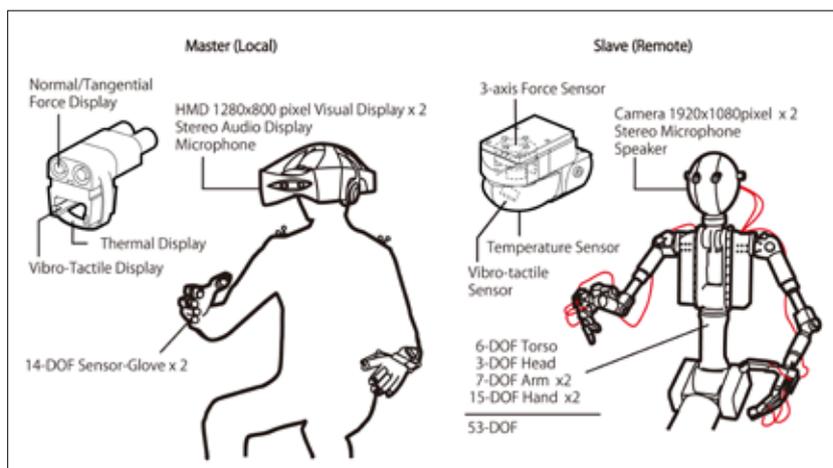


図3 システム構成

(TELExistence Surrogate Anthropomorphic Robot version V)を構築した。本システムによって、対象の表面をなぞる動作に伴う能動的な触覚と視聴覚を統合することで詳細な触感の伝送が実現し、人が遠隔地からロボットの居る場所に存在するような感覚を有して「見たところを見たように触る」ことが可能となった(図2,3)。

## 4. おわりに

いままでの遠隔からの在宅勤務は、映像や資料、また会話などを伝えるペーパーワークやコミュニケーションに限られ、実際にその場に居ないと行えない工場などでの労働や建設現場の作業などを在宅で行うことは不可能であった。テレイグジスタンスは、五感のみを伝える遠隔コミュニケーションという従来の範疇を逸脱して、人間の身体機能そのものを伝達してしまう画期的な方法を実現し、いままで不可能であっ

た労働や作業を伴う遠隔就労をも可能とすると期待されている。

その際のキーテクノロジーが「身体性」であるため、現在、著者らは「身体性メディア」の研究開発をJSTのACCELの枠組みで開始したところである。触原色原理に基づく触覚の伝送技術をさらに発展させ、視聴

覚と同様にメディアとして扱えるようにして、新たな身体的経験を生み出し、放送やエンターテインメント、遠隔就労、医療・福祉分野など実世界での応用に繋げてゆく。

### 参考文献

Susumu Tachi: Telexistence 2nd Edition, World Scientific, ISBN 978-981-4618-06-9 (2015)