

## 特集 ■ インダストリアル触感デザイン

# 触覚デザインとインダストリアルルネッサンス

## Design of Haptic Feels and Industrial Renaissance



藤本英雄

名古屋工業大学

FUJIMOTO HIDEO

### 1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) がブームになり始めた初期のころから筆者らの研究室でもこの分野の研究に取り組んできた。そして、“感性”に関しては、計測自動制御学会誌に 1994 年 3 月 (計測と制御第 33 巻第 3 号 1994 年) <ミニ特集 心と感性の工学> [1] を筆者が担当して刊行している。今、バックナンバーを見直してみても新鮮で魅力的な記事が並んでいる特集であったと自負している。また、VR 研究の初期のころから、ものづくりへの応用を目指した“バーチャルファクトリ”(その後デジタルファクトリとも呼ばれる)の研究会を東京および名古屋地区で幅広く展開し、1992 年 11 月には、ロボット学会誌において、吉川恒夫編集長 (京大教授 当時)のもと<人工現実感>特集号 [2] を筆者らの担当で刊行している。この特集号はこの分野での初期の書籍としてコロナ社から 1994 年には整書として出版されている。感性への展開に関する記事も多く、また、特に VR のロボットやものづくり産業への応用としても参考になる 1 冊と思う。当 VR 学会においても筆者は<変形と力学に関する研究委員会>を 2004 年～2006 年にかけて開設し、この分野の若手の多くの研究者を集めて活発に活動したり、特集号を発刊している [3]。最近では、各学会誌で触覚、触感に関する特集号 [4] が多く組まれるようになってきていることは喜ばしいことである。それぞれの内容の詳細は、各文献を参照いただくことにして、本稿では、まずこの流れにもとづいた<触覚テクノロジー>のその後の筆者らのグループの研究展開を中心として述べる。そのあと本特集号のテーマである新しい価値の創造としての<触感デザイン>の将来のものづくり産業展開への指針を私見として述べたい。

### 2. 技と感性の力触覚テクノロジー

#### 2.1 力触覚への興味

20 年ぐらい前であるがバーチャルリアリティの研究

を始めて、当初は視覚の臨場感がこの分野の研究の主流であったが、当研究室では、製造現場でのものづくりやヒューマンマシンロボティクスとの関連において、視覚以外の五感にも興味を持つようになった。バーチャルファクトリにおいては、コンピュータ内の仮想の世界と同じように、遠隔での“実”の世界が対象になることが多くテレオペレーションの力触覚の操作臨場感に興味の主体があったからである。この様な背景のもとで、ある時研究室の院生の 1 人が、色には 3 原色があるが、触覚に関しても 3 原“触”があり解明できれば、いろいろ可能性が広まり面白いというようなことを研究室内の勉強会で言い出したことがきっかけで、力触覚のバーチャルリアリティの研究を本格的に始めることになったと記憶している。

力触覚を利用したネットワーク対応遠隔操作システム [5] (2000 ASME-ISCIE Japan-USA Symposium on Flexible Automation Best Paper Award) やマスタスレーブ型の遠隔臨場感多指ハンドシステム [6] (2005 年 SICE 論文賞・友田賞) を開発、研究した。後者の 2 指ロボットハンドのスレーブロボットは、力覚センサおよび滑りを検知できるソフトフィンガ触覚センサを搭載、マスタロボットは超音波を用いたすべりディスプレイが装備されており、すべり易い物体を把持したときの感覚を高臨場感で体験できる。応用として遠隔臨場感陶芸体験システムとして技能の保存・伝承の研究へ発展している。又、力覚を伴うトレーニング技術の研究へも展開している。これらの一連の研究は、筆者も専門委員として参加した「文化資源の保存、活用及び創造を支える科学技術の振興」文部科学省科学技術学術審議会の報告書 [7] の中に含まれ出版されている。

#### 2.2 力触覚テクノロジーの成果

力・触覚テクノロジーとしてのセンサとディスプレイに関する筆者の研究室での上記のような先行研究が評価

されたことに伴い、当時のトヨタ自動車(株)の首脳陣のお骨折りにより、筆者が世話教授となり、2003年から5年間、佐野明人教授(現 名工大教授),望山洋助教授(現 筑波大学准教授),武居直行講師(現 首都大学東京准教授),菊植亮助手(現 九州大学准教授)のメンバーで、トヨタ寄付講座が名古屋工業大学に開設された(のちに田中由浩助教(名工大助教)が参加)。そこでは、ヒトとの接点から観る、現場の声から挑む、理論から迫る、そして脳から探るという多彩で魅力的な切り口でロボティクスにおける技と感性の力触覚テクノロジーの研究を幅広く精力的に行った。その成果の多くは、学会等の場でも公表され高い評価を得ている。研究成果のうちから本稿のテーマに関する2,3を列挙する。

- 自動車の面歪検査作業は、熟練の検査技能者の手により行われている。数十ミクロンレベルの微妙な凹凸を触覚により感知することができる。この解析から軍手のメリヤス編の増幅効果をもとに開発したのが、ヒトの触覚・知覚を増強する道具、〈触覚コンタクトレンズ〉(2004 機械学会ロボメカ賞 [8], IEEE TE x CR 2004 Best Tech. Exhibi. Award [9], 2004 グッドデザイン賞 [10])である。誰でも簡単に微小な凹凸を知覚することができる。
- 重量物搬送と精密位置決め作業をアシストするロボットのニーズから作業者にどのような反力を与えると位置決め効率がアップするかに着目して、「クーロン摩擦特性」をロボットに実装する技術、「プラクシベースド・スライディングモード(PCMC)」の理論と実装の研究開発がある。
- 操作感に関する研究として受動ロボットやステアリング操作感に関する知覚現象を解析した研究なども行われた。一瞬のシフト操作をスローモーションで観察すると、人と機械の接点で微妙なバランスを見いだせる。人体・機械の挙動と操作性の関係について考慮し、操作感の生成メカニズムを探っている。その結果から、ヒトは重力による腕の振り運動を利用して楽に操作していると考えられ、ステアリング操作には受動操作が含まれていることがわかった。

などの成果である。

### 3. 触感デザインに向けて

#### 3.1 感性品質

ヒューマンインタフェースの分野の研究で、感性工学というのは、今では、英語になっている。アルファベットで〈KANSEI〉。筆者らも、この分野の研究の結構初期のころから、広島大や京都工織大の先駆的先生方と一緒に、感性の研究を始めている。筆者らは、1994年に計測自動制御学会のヒューマンインタフェー

ス研究会(当時、今はヒューマンインタフェース学会)主催の講演会で〈感性精度〉という概念を提案している [11]。ものづくりにおいて、設計・デザインから製造への情報伝達的手段として、従来から、技術者は製図を書いている。精度の概念として公差を用いる。感性精度は、ものづくりにおいてもこれとは別に、ヒトの感覚を表現するような制度の概念があってもいいのではないかとの発想から生まれたものである。例として音楽には楽譜がある。作曲家から演奏者へ伝える情報伝達的手段であるその楽譜を見て自己の感性でそれを表現し演奏する。これは、従来の技術の分野の設計・デザインの担当者、製造の担当者との関係とは異なる。ものづくりでは製造者は、設計者・デザイナーの精度を図面より読み取り、正確に設計者・デザイナーの意図を具現化する。一方、楽譜を用いる場合には、作曲家と演奏者両者がそれぞれの人格を持ち、それぞれの感性を表現している。同じような概念がものづくりにあってもいいのではないか。この感性精度は、最近、評論家の岸宣仁の書籍 [12] でも大きく取り上げられ注目されている。

トヨタ生産方式でも品質が非常に重要であると言われている。これらのものづくりにおいては、感性の品質が重要ではないか、そして触覚に関する感性品質が触感であり、その解析、評価の方法論の確立が望まれる。

#### 3.2 触覚イリュージョン

我々が感じている触覚は、従来の物理情報では“正確に”表せない部分がある。一つの例がサイズウェイトイリュージョンである。重さが一緒でサイズが異なる円筒があるとすると、天秤では同じ数値を示すが、ヒトがこれをもつと、ヒトは小さいサイズを重たいと感じる。天秤による結果を示した後、再度試行しても同様な感覚である。視覚ほど多くはないが、触覚にも錯覚がある。錯覚現象をもとに、脳における触覚の情報処理メカニズムを解明していきたいと考える。

官能評価の限界についてふれる。今日、ヒトの感性および知覚の評価には官能評価を用いる方法が一般的であり、触覚に限らず、味覚、視覚など様々なヒトの知覚を対象に行われている。しかし、官能評価にはいくつかの問題点が挙げられる。官能評価において、被験者は、実験者の用意した官能評価用語、つまり“なんとか感”などのような言葉によりポイントなどをつけて自分が感じた主観的な評価を目に見える形として落とし込む。すなわちこの官能評価用語が被験者の言いたいことを適切に表現できるようなものでなければならない。しかし、感じ方が個人個人異なること、言葉で言い表せないような知覚も存在するために、なかなか

か被験者の言わんとすることを端的に表せていないのが現状であると感じられる。

脳活動の計測による触感解析の手がかりについて述べる。

感性に響く心地よい触覚がある。触覚感性メカニズムに基づくシステムティックな触覚デザイン評価の確立、触覚デバイスの開発が望まれる。従来、物理量を計測器で測って、産業界ではものづくりの精度として使われている。これに対して、感覚とか感性を従来の普通に使われている官能検査とかアンケートとは違う意味で表現したい。どういうふうが違うかという、再現性があるかどうか、それなりにすごい主観を表しているのだけれども、何らかの客観評価ができるような方法が必要である。近年、脳画像計測技術の進歩、利用性の向上により脳科学手法への期待が高まっている。先行例を挙げる。

- 心地よい触覚の fMRI 脳機能解析が試みられている。Velvet Hand Illusion の心地よさを利用して MR 対応触覚ディスプレイが製作され、多くの所見が得られている。これにより、触覚的心地良さなどの所望の機能に関する脳部位が特定できるだけではなく、関連する知覚現象を発見できる可能性が高まっている。
- 触覚的内的バイアスの fMRI 脳機能解析  
例えば触感等価な触対象の選好判別をこっそり含めた“MR 対応簡易ロックボールモデルによるシフトフィールドの選好判断”の実験が行われ、内的バイアスに関する脳部位の活動の度合いを調べることにより官能評価者が下した選好判断の正当性が計測できる期待が生じている。その脳科学観点をテクスチャの心地よさなどに応用する研究も行われている。

#### 4. 日本のものづくりの進むべき道—インダストリアル ルネッサンス—

##### 4.1 未来のものづくりの指針 [13]

日本のものづくりは曲がり角にきている。20 世紀の後半には日本の自動化がもてはやされ、世界中で最も進んだものづくりの方法として考えられてきたが、それが一段落つき、日本のものづくりの将来のためには新しい方法論に関する方針を打ち出す必要に迫られている。

日本のものづくりの問題点としては、よく言われているように、技術者の使命感が不足してきていること。その点に関しては、従来日本のあらゆる分野のものづくりが持っていた、大変誇るべき特徴の一つである。日本のそれぞれの技術者が使命感を持ち、かつ同時に自分の技術に誇りを持っていたという状況、最近、欠落の傾向にあるその点をもう一度復権する必要がある。

それと同時に、ものづくりには基盤技術が重要で基本的な技術をマスターするという事が必要である。この点

に関しては、一つは基盤技術そのものをきちんと洗い出して、それをマスターした技術者を養成するという点。この点からは技の伝承ということが大きなポイントになると思われる。ここでは前述した力触覚テクノロジーが新しい技の伝承の方法論として大変重要な役割を果たすと思われる。

日本のものづくりの方向性に関する以上の議論の詳細は別の機会にゆずるとして、もう一つの重要な点、先ほど述べたような、今後の日本のものづくりを特徴づける自動化に代わる新しい、かつオリジナルな指針について、ここでは触れたいと思う。それは、快適さや使いやすさ、印象を表現する情報伝達や、評価に関する新しい価値の創造である。

かつてまた現在まで日本のものづくりの価値の根源は、“品質”であった。今後は、日本のものづくりにおいて“感性品質”がとってかわり、かつての“品質”と同等の役割を演ずることにより世界における日本のものづくりを復活することができることが期待される。

##### 4.2 インダストリアルルネッサンスとしての触感デザイン

日本のものづくりの閉塞感を打破するための新しい指針、“感性品質”を補足説明するとともにその具体的なテクノロジーの一つの方向性について述べたいと思う。

川崎デザインプロジェクトというものがある。これは従来、ものづくりにおけるデザイナーの役割が機能設計が終わった後、デザインを考えるという方法だが、川崎先生は、デザイナーが先行して何をづくりたいかということを中心にデザインをする、それに基づいて機能をそれに満足するように実装設計する新しい設計の方法論、これはこれからのものづくりに大変重要になってくる興味深い考え方だと思う。さらにここでは「3. 触感デザインに向けて」で述べたような、感性品質・感性精度・触覚イリュージョンのような考えをこれからのものづくりに積極的にいかすということが、世界の中で競争力を維持するためには日本のものづくりに求められていると思う。ご承知のように例えばイタリア等ではデザインを優先する文化がある。それに対して日本独自の新しい、言うならば触感まで含めたデザイン、日本が得手とした“品質”を進化させるようなものづくりというのをこれからは考えていく必要があると思っている。

先に述べたように、日本のものづくりにもう一度世界での競争力を復活させるカギは〈感性品質〉の導入である。そして、従来の物理量とその工学的計測技術に基づいた品質の評価から、製品を使用するユーザはヒトなのだから、ユーザ志向のデザイン品質管理と評価手法に変更すべきである。また、筆者らの関連する分野では、触

覚の感性品質である触感が未知の魅力的な分野であることも述べた。

この分野の先行開発事例として、ソフトフィール硬質面に関する研究と称して、筆者の研究室のスタッフメンバーも参加した(株)日産での成果がある。開発研究の概要は、硬質プラスチックを使い、かつソフトフィール塗装などをコーティングしないで、ある表面特性により高級な材質に勝るとも劣らないソフト感を生成した。開発したソフトフィール硬質面は、表面に微小凹を配置しただけの単純なものであるが、触ってみると、表面に何か塗ってあるかのような心地よい感触であり、しかもソフトな感触である。その成果は新型フェアレディZに搭載され、その紹介は、モーターファン別冊 第421弾:新型フェアレディZのすべて(平成21年2月7日発行)[14]に掲載されている。

### 4.3 触感デザイナー

さて、そのための担い手、いうならば<触感デザイナー>を養成すべきであることを提案したい。

現在、視覚にベースをおくアートを対象とするアーティストと呼ばれるデザインの専門家は多少はいるが<触感デザイナー>という職種は現存しないと思う。現存するアーティストは、彼らは触覚とか触感の専門技術者ではないであろう。この点が提案する触感デザイナーと現存するアーティストとの最大の相違点であろう。<触感デザイナー>には、触覚のサイエンス的な専門技術が必要である。現存するアーティスト、デザイナーと、工学の触覚技術者との中間的なところのヒト、こういうヒトを<触感デザイナー>として位置づけたい。これからの日本のものづくりの特色ある展開に必要なってくる。

官能検査とかアンケートのみを解析や評価に用いるだけでは、多分視覚を中心とするデザイナーと触覚、触感を対象とするデザイナーも同じ範疇であろう。本稿で述べた触覚イリュージョンの世界や感性品質という概念を取り入れた分野の触感デザイナーが必要であろう。

感性品質ものづくりにシステマティックな方法論でかかわることができる触感デザイナーが日本製造業の救世主となりうる。そしてその為には、その組織的、体系的な養成に着手することが、急務である。

### 参考文献

- [1] ミニ特集「心と感性の工学」計測と制御, Vol.33 No.3 (1994)
- [2] 特集「人工現実感」ロボット学会誌, Vol.10 No.7 (1992)
- [3] 特集「変形と力覚」TVRSJ, Vol.8, No.3 (2003)
- [4] 論文特集号「ロボテックバーチャルリアリティとシ

ステムインテグレーション」計測自動制御学会論文集, Vol.40, No.2 (2004)

- [5] Hideo Fujimoto, etc : Best Paper Award of 2000 Japan-USA Flexible Automation Symposium, Network-Based Micro Teleoperation
- [6] 佐野明人, 藤本英雄, 他: 触覚情報に基づく遠隔臨場感多指ハンドシステムの構築, 計測自動制御学会論文集, Vol.40 No.2, pp164-171
- [7] 文化資源の保存, 活用及び創造を支える科学技術の振興, 国立印刷局 (2004)
- [8] 藤本英雄, 他: 日本機械学会 第82期ロボティクス・メカトロニクス部門一般表彰 ROBOMECH 表彰, 触覚コンタクトレンズ-基本コンセプト-
- [9] Hideo Fujimoto, etc : Best Technical Exhibition Award in 2004 The 1st Technical Exhibition Based Conference on Robotics and Automation (TEXCRA2004), TouchLens: Touch Enhancing Tool
- [10] 藤本英雄, 他: 2004年度グッドデザイン賞受賞, 触覚コンタクトレンズ 手掌の皮膚に装着し, 触覚刺激を増幅する器具
- [11] 藤本英雄, 他: 自由曲面加工における感性精度, 計測自動制御学会第28回ヒューマンインタフェース研究会講演論文集 (1994)
- [12] 岸 宣仁 著: デジタル匠の誕生 - 「ものづくり日本」を再生せよ, 小学館, p243 ~感性精度, (2008)
- [13] 藤本英雄 著: 変わる生産のしくみ, テクノライフ選書, オーム社, (1994)
- [14] モーターファン別冊, 第421弾 新型フェアレディZのすべて (2008)

### 【略歴】

藤本英雄 (FUJIMOTO Hideo)

名古屋工業大学大学院 工学研究科 教授

1947年7月7日生。1970年名古屋大学工学部機械学科卒業。1985～1986年米国MIT, ドイツアーヘン工科大学在外研究員(客員教授)。1993年名古屋工業大学工学部機械工学科教授。現在同大学院教授。2008年3月まで同大学ものづくりテクノセンター長。現在, 同大学医学工学インテリジェント手術機器研究所所長など。手術支援ロボットの研究開発, 技能伝承, 力触覚テクノロジーの研究に従事。スケジューリング学会会長, 計測自動制御学会理事中部支部長, 文科省科学技術・学術審議会文化資源委員会委員など歴任。現在, 愛知県ものづくり人材育成推進協議会座長, 日本機械学会フェロー・評議員, 日本ロボット学会理事(本学会正会員)など。