

感性工学

—人間と工学の新たな関係—



感性という、あいまいな要素を
工学という科学技術の体系に
取り入れていこうという試みが活発化している。
それは「人をしあわせにする」ことを強く意識した
新たな人間中心の工学への道程でもあるという。
今回は、あらゆる工学ジャンルへの応用が想定される
感性工学の潮流に目を向けてみよう。

感性を技術にとり込んでいく試みが進行中 各プロジェクトにみる「人間」工学への新たな潮流

通商産業省工業技術院の産業科学技術研究開発制度では人の感覚を計測してその結果を工業技術に応用しようという「人間感覚計測応用技術」や人の五感に調和したコンピュータ・メディアの開発をめざす「ヒューマンメディア」などのプロジェクトが推進されている。またその一方で「感性工学」といわれる新たな工学のジャンルが誕生し、文部省の科学研究費プロジェクトに選定されるなど、工学・工業技術に人の感性というあいまいな要素を取り込んでいこうという試みが進んでいる。感性と工学という異質な要素を同一の平面でとらえていこうという試みは何を意味しているのだろうか。各プロジェクトの現状を概観するとともに、その根幹ともいべき感性工学に着目してみる。

感性による「違い」を工学に

ここに2枚の音楽用CDがあると仮定しよう。曲目は同じクラシックの交響曲。ただし指揮者、演奏が違っている。両者を聞き比べてみると、明らかに印象が異なることが分かるだろう。どちらか一方を聞き馴れていたとすれば、もう一方には違和感を感じるかもしれない。あるいは異なる解釈を新鮮に感じるという場合もあるだろう。いずれにせよ両者が同じ曲でありながら、「感じる」というレベルではまるで違うということを意識せずにはいられないはずだ。

楽譜という共通の厳密なルールにのっとって「再現」されているはずなのに、これほど際だって違っているという事実。そして実はその違いの中にこそ何らかの価値が秘められていることは、音楽愛好者には、いまさら述べ立てるのもばかばかしいほどの「自明の理」でもあるだろう。

工業技術による生産物にも、実はこれと同様の「定量化されていない違いが重要」なことがあるはず、と感性工学では考える。むしろ人間が五感で感じる「主観的」で「あいまい」ともいえる要素を、工学の領域に取り込んでいこうという発想である。こうした感性工学の発想が近年クローズ・アップされつつある。

日本学術会議の「材料工学研究連絡委員会」では、1990年前半から感性工学についての小委員会が設置され、やがて専門部会へと進展していった。平成8年度には、文部省の科学研究費プロジェクトにも選定されている。

感性工学が認知されるようになっていった時期は、バブル経済崩壊後の時期とオーバーラップしているが、それは阪神大震災、オウム関連事件など、いわば「日本のシステム」の挫折の時代であったことも示唆的といえるかもしれない。工業技術は、戦後、物質的に豊かな社会をめざして邁進してきた日本にとっての「背骨」であったが、その工業技術によって支えら

れる日本的システムの挫折とともに、工業技術そのものにも、ひとつの問いかけがなされていったようにも思える。それは、はたして今まで築いてきた技術は、本当に人間を幸福にしてくれるものだったのか、という問いである。

こうした問いが1980年代からおこってきた世界的な工学の見直し機運とあいまって、「人間を中心にすえた工学」がさまざまなレベルで問い直されるようになってきたとも考えられそうだ。

「工学は本来、人のコンフォタビリティ（comfortability）に資するものであったはず」と日本学術会議の感性工学専門部会委員長・鈴木邁氏（千葉工業大学教授）は指摘する。そしてそのコンフォタビリティ、さらにいえば「人のため」の生産物をつくるための指標が、感性なのではないかという。

だが感性という「あいまい」な要素を取り込んでいくことが、工学のベースである自然科学の体系に大きなリスクをもたらすことになるという考え方は根強く存在している。厳密な客観性をよりどころとする体系に、十人十色ともいわれる、むしろ主観的な要素を取り込んでいくことは、やはり大きな不安材料だというのである。

むずかしい「定量化」の問題

感性が主観的な要素だとしても、工学に取り込んでいくためには「定量化」が不可欠となる。これが実はむずかしい。感性を工業製品に取り込んでいくノウハウについては、繊維やインダストリアル・デザインの分野で比較的はやくから取り入れられており、鈴木教授らは、その手法をもとに感性の定量化の方法を模索している。

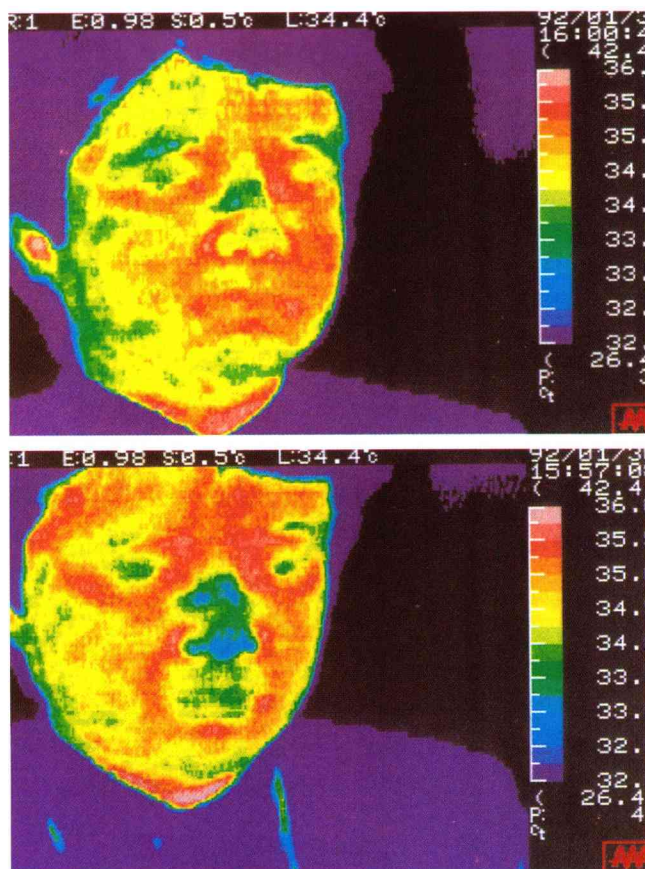
感性を定量化する方法は、大きく2つに分けられるという。ひとつは、統計的な手法を用いるもので、たとえば「やわらかい」「ごつごつしている」などの感覚的な指標を数段階に分けたグラフをもとに、複数の対象物をマッピングしたり、あるいは



ストレスホルモン計測装置。



覚醒度モニター（長期変動用）。



非接触ストレスモニターによる顔面皮膚温の分布画像。
安静時（上）とストレス負荷時（下）。



音環境の評価実験。

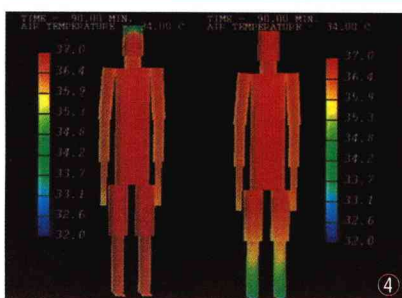
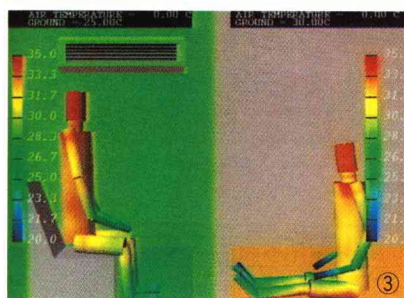
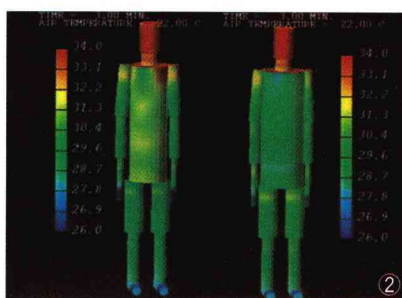
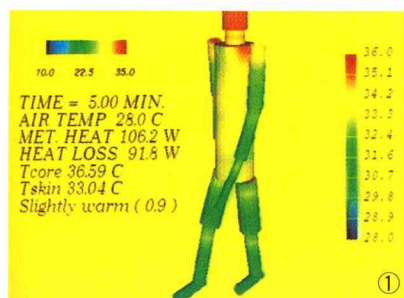
は複数の人から回答を募って、統計的なピークとなる指標を、その対象から受ける感覚を代表するものとみなすなどといった方法である。いわば、大多数の人がよしとする「共通の快適さ」を探しだし、モノづくりに生かしていくわけだ。そのほかに個人差にもとづいて多品種・個性化した製品づくりに生かしていく方向もありえるが、それはむしろ第二段階といえるかもしれない。こうして得られる感性的な要素を多変量解析することによって、感性を定量化していく。これはSD法（Semantic differential method）といわれるもので、製作者の発想上のヒントを得るには有効な方法だが、数値の客観性、妥当性など、

あいまいな部分が残る。

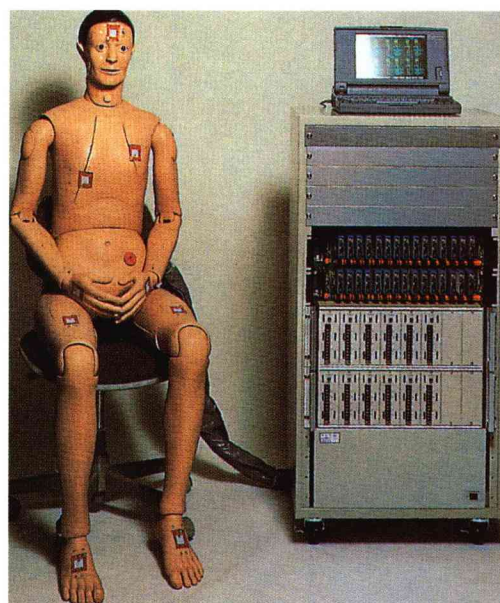
もうひとつの方法は、人の生理的データをもとにするもので、ある感覚刺激を得た時に人の生理反応がどう変化するかを計測し、それを指標とするものだ。呼吸数、体温、発汗、瞳孔の変化など、生理的な変化を器機を使って計測する方法である。「私個人としては、こうした医学的データを活用する方法が将来は有効なのではないかと考えています」（前出・鈴木教授）。

感性工学の試みは、さまざまな個別の研究例として着手されはじめている。その対象も快適な公園のモデル研究から味覚センサー、触覚とインタフェース、よりよい三輪車をつくるための研究、見落としにくい標識の提示法、快適さを決めるさまざまな感覚の階層構造について、デザインと消費者反応……と実に多方面に渡っている。こうした事例からも推察されるところ感性工学は、すべての工学分野に適用が可能な横断的な性格をもつ新たな潮流であると理解できる。

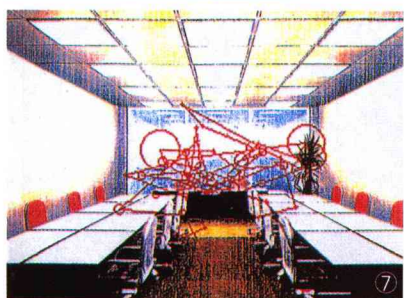
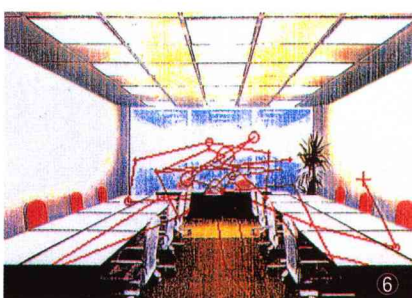
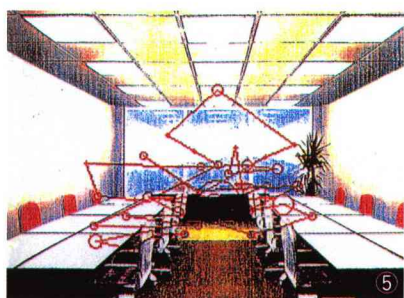
感性工学にきわめて近接したジャンルのひとつに人間工学といわれるものがある。人体構造などのデータにもとづいて、工業製品に「快適さ」や「安全性」を付与していこうとするものだが、近年は心理学や五感に関わる指標も対象になってきており、人の感覚を対象としている点では、感性工学と重な



①温冷感予測のための人体熱モデル画像。②痩身者（左）と肥満者（右）の人体熱モデル比較。
③エアコン使用時（左）と床暖房時の人体熱モデル。④不均一気流がある場合の体温分布。



発汗マネキンと環境や衣服などの製品評価を行うためのヒューマン・コンフォートメーター。



⑤開放感を感じるときの視線軌跡の例。⑥広がり感を感じるときの視線軌跡の例。⑦快適感を感じるときの視線軌跡の例。⑧眼機能計測装置。

り合う部分も大きいようだ。ただし鈴木教授らがめざしている感性工学は、こうした人間工学も含めて、さらに広い範囲の対象を感性という視点でとらえなおし、工学に取り入れていこうというもののようである。そこでは美学や環境、法律や経営までもが横断的に活用されることになるという。感性による既存の工学の融合という表現が近いだろうか。

人間感覚の定量化と応用に挑むプロジェクト

感性の定量化に相当する技術の開発は、実は国のプロジェクトでも進行している。「人間感覚計測応用技術」と呼ばれるもので、通産省の産業科学技術研究開発制度によって（社）

人間生活工学研究センターといくつかの国立研究所、大学、企業によりNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）からの委託事業という形で研究開発が進められている。

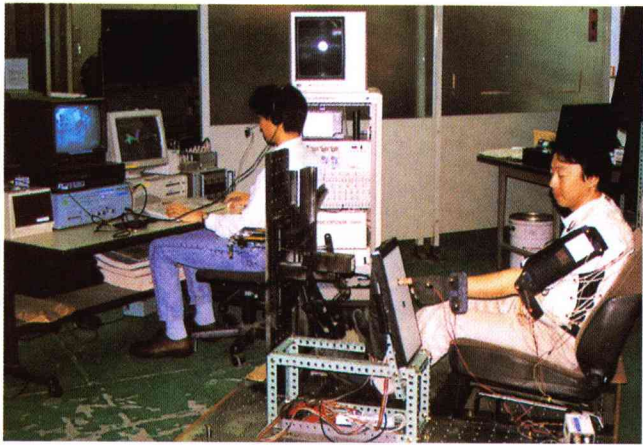
同研究所では、人間生活工学という視点から「人間の特性を科学的に把握する」ことを目指しているが、その発想の方向性は感性工学に共通している。

プロジェクトでは人間感覚をどんな方法で指標化するかという技術とともに、その指標をどのように応用して製品や環境を評価する器械、シミュレータ、モデルなどを構築していくかという研究が行われている。

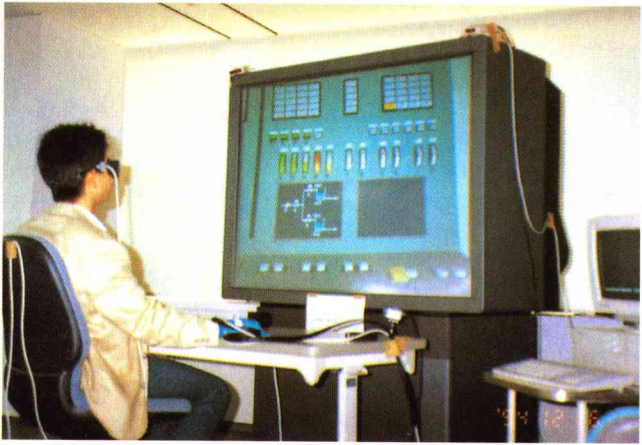
前者の人間感覚指標化技術では、おもに3つの切り口から人の「感覚」を定量化する試みがなされている。①ストレス・疲労・覚醒の指標化、②環境適合性の指標化、③製品適

合性の指標化である。

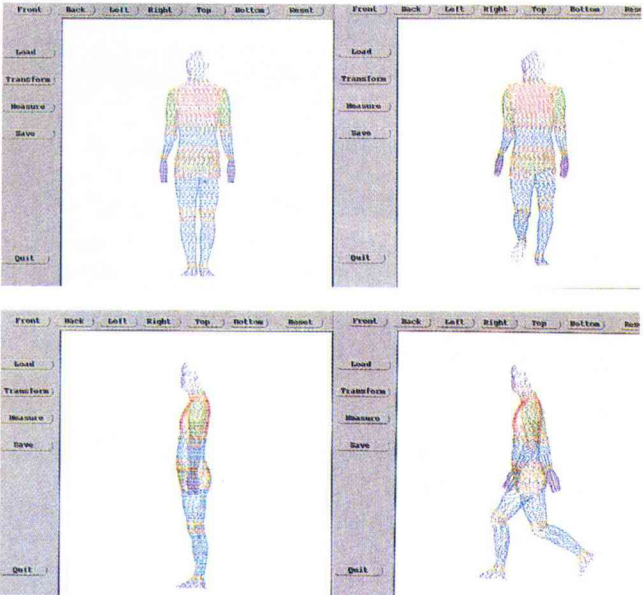
①のストレス・疲労・覚醒の指標化では、人がストレス、疲労を感じるパターンを生理反応から計測し、そのデータをもとに人のストレス・疲労・覚醒のパターンを分析している。24時間社会、高度情報化社会に生活する人々のストレスや疲労を少しでも軽減できる生活環境・労働環境の構築が目的だという。生理反応の計測例としては、唾液中のストレスホルモンを短時間で分析定量する方法、顔面の皮膚温度を画像化してストレスがかかっている状態を計測できる方法、鼓膜温度・心拍数・脳波を計測して作業者の覚醒度の変動をモニターする方法などがあり、関連の装置も含めて開発が行われた。



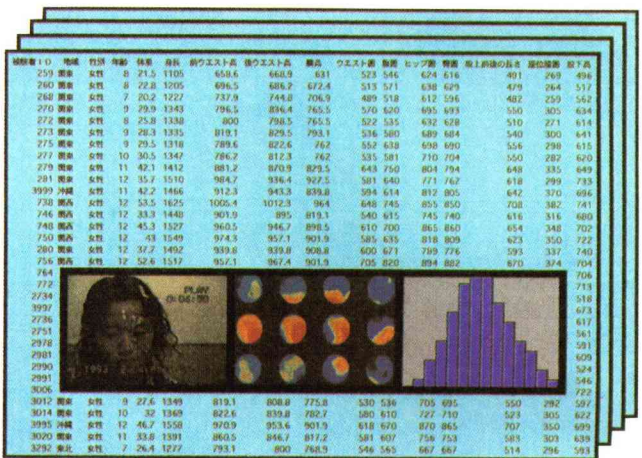
座位姿勢の負荷を計測する装置（姿勢・反力同時計測システム）。



原子力発電所等の操作基盤設計に際し情報提示形態を評価するための装置。



人体の静的・動的形態特性から製品の適合性を評価するためのシステム。



人間感覚データベースモデルの画面例。

②の環境適合性の指標化では、音環境、温熱環境、視環境という3側面から指標化が試みられた。空間設計をするにあたって「快適さ」という感覚的・感性的な指標を設定しようという試みである。

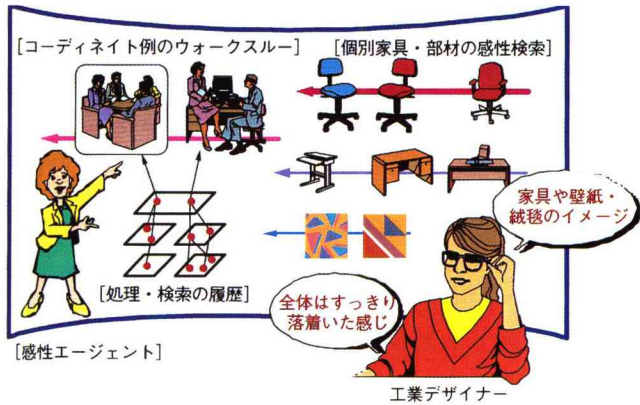
音環境の評価では、静かさや聴きやすさ、振動やうるささと、それらに対する慣れに関する指標を得るために、空気伝播音、固体伝播音、低周波音を複合して提示する装置を備えた「複合音響提示室」での実験と計測が行われた。音の面からの快適さを追究する試みである。

温熱環境の評価では、コンピュータを用いて末梢部の皮膚血管反応に着目した人体熱モデル（画面上）を開発し、身体表面温度を視覚的に表示して、ことなる環境での温冷感の予測ができるシステムが開発された。寒暖に関する室内の快適さを分析・予測するのが目的である。またこのデータをもとに発汗マネキンを用いた衣服評価のためのシミュレータも開発されている。

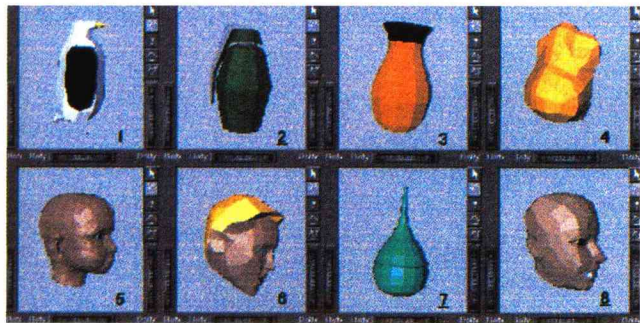
視環境では、眼球の動きを計測する眼機能計測装置によって、「開放感」「広がり」「快適」などを感じる時の人の眼球の動きを分析し、空間をデザインする際の設計支援システムの基礎データ構築がなされた。気持ちがいよと感じる空間と「視線の軌跡」の関係をつかめれば、より有効な空間設計ができるというわけだ。

③の製品適合性の指標化では、「座る」という姿勢で体にかかる負荷・反力などを計測するシステム、人体の静的・動的形態の特性を定量化して使いやすい製品の設計に役立てようというシステム、機器の使い勝手や操作の確実性を指標化するノウハウなどが研究された。それぞれにより快適で使いやすい製品づくりのデータとしたり、監視作業や遠隔操作などを、適切に見落としなく行うための情報表示のしかたを分析するなど、人間特性を工業製品設計に応用することで、人にやさしい製品をつくらうというもののだといえるだろう。

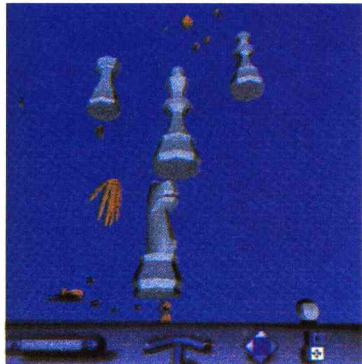
さらにプロジェクトでは、各指標づくりの段階で得た被験者



感性工房の概念図。



感性工房の画面検索例。



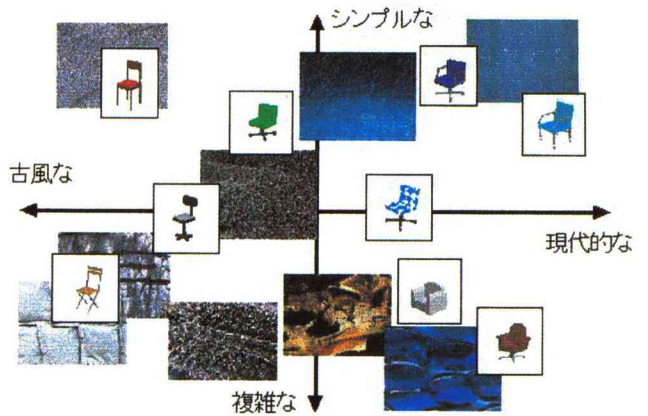
に関する数値をデータベース化し、「人間感覚データベースモデル」の構築をめざしている。順次サンプル数を増やしていくことで、実用レベルのデータセットにしていくという。

またこれらの過程でえられた人間感覚についての指標は、新たな製品づくりや環境設計、さらにはISOやJISの新評価基準の提案にも応用されていくという。

「人間感覚計測応用技術」は平成2年度に始まり、平成6年度までの第Ⅰ期に続く、第Ⅱ期の研究開発が今年平成10年度に終了し、最終結果が報告されることになっている。

コンピュータ・メディアに感性と身体性を

人の感性を重視した技術体系を創造しようという潮流は、情報メディアの分野でも必然的に起こってきている。やはり通産省の産業科学技術研究開発制度によって（財）イメージ情報科学研究所がNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発



感性工房で使用するイメージマップの例。

機構）からの委託事業として実施している「ヒューマンメディア」がその先端での研究例といえるだろう。同プロジェクトでは、これまで論理を中心としてきたコンピュータ・インターフェースの世界に感性（情緒性）と身体性（体感性）を取り込んでいくことを大きな目標としている。具体的には従来からのVR（バーチャル・リアリティ）の発想をさらに一歩進め、それによって人を中心においたメディア環境をつくっていくという。

プロジェクト期間は平成8年度から12年度までの5年間（第Ⅰ期）で、現状では感性工房、都市環境、次世代プラント（インターフェース）といった3つの切り口から人間中心のメディア・システム開発がめざされている。

まず感性工房だが、これはインダストリアル・デザインの現場で、設計者を支援するためのマルチメディア・システムだと考えればいいだろう。プロジェクトでは、感性工房の第一歩としてオフィスの空間デザインをする場合をモデルケースとして選び、それを支援するためのシステムと周辺技術が開発されている。主要な部分は、たとえば先に紹介したSD法的な感性指標や画像データベースを組み合わせたシステムによって、いくつかのキーワード（たとえば「モダンな」とか「明るい」など）から、それに相当するようなインテリアのデザインパターンを一覧で画像表示できるといったシステムだ。同様に外形上の類似性から3次元のオブジェクトを検索したり、構図、色などの要素から画像情報を検索したりすることができる。これらのデータ・ベースからデザインの要素を選択することで、仮想空間内で空間デザインを組み立ててみることも可能になる。また、周辺技術としては、室内などの実物写真から模様などのデザイン・パターンやインテリアなどのエレメントを切抜き使用することを可能にするための画像補正技術などが並行して開発されている。これにより、現実の写真風景から、これはと思うデザイン・パターンやインテリアなどをデータ・ベースに蓄積していくことができるようになるという。

次に都市環境ヒューマンメディアだが、この研究では大型の

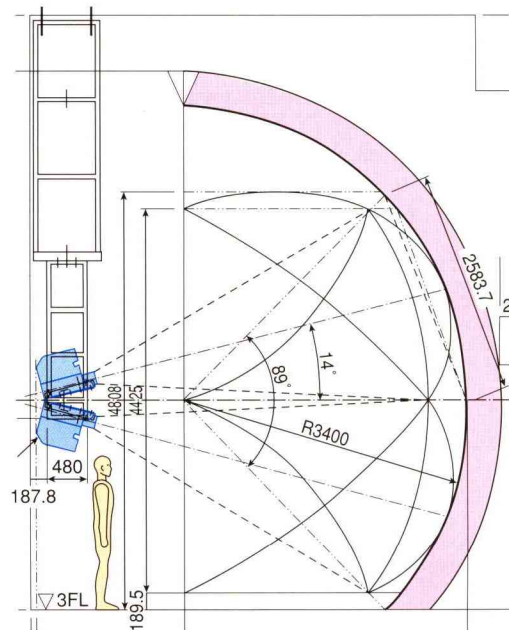
ドーム型スクリーンにプロジェクター（画像投影装置）を用いて、都市景観などを体験するシステムがある。その特徴は、既存の都市景観画像（実物映像）とCG（コンピュータ画像）とを自由に合成して、3次元レベルでの都市景観をシミュレートすることができる点にある。都市再開発などを行う場合に、開発後の都市景観がどう変わるのかを、複数の視聴者が同時にVR体験できるようにしようというものだ。ドーム型スクリーンと液晶ガラスを用いることで仮想空間内に入り込んで、環境を体験でき、水平方向のみならず、頭上方向までを含めて立体視できる。工事後の街の印象はもとより、時間にもともなう日照の変化や風の流れ方なども視覚化できるという。

都市再開発では、住民をはじめとする地元関係者と事業者との調整にきわめて多くの時間と費用がついやされている。こうした試行錯誤や検討の時間を圧縮するには、再開発案が実現された後の都市景観を仮想体験してみることが効果的である。従来のような小さな映像や模型で再現する方法では、なかなか実物とのギャップを埋めることは難しい。その点、実物大のスケールで仮想の都市に入り込んでみることでできれば、感覚的に状況が把握でき、比較検討もスムーズになるというわけだ。

ドーム状スクリーンのあらゆる視線方向に、立体的な都市の景観を見せるには、複数のプロジェクターを用いるとともに、ドームの曲面に応じた画像補正技術を駆使することになる。膨大な情報を処理することから、処理情報を小さな単位に分け、計算機を回線速度等に応じて階層化し、分業処理する方法が考案され、そうした分散処理のためのシステムもプロジェクトの課題のひとつとなっている。

最後に次世代プラント用インターフェースだが、これは運転中のプラント状態を、運転員に提供される種々の情報を整理統合して表示し、プラントのおかれている状況を感覚的に把握することを可能にしようというシステムである。

プラント用インターフェースといえば、メーターやグラフ表示から運転員が経験と頭脳を駆使してプラントの状況を読み取るというものだったが、こうした従来方式は熟練を要するとともに「直観的」な判断が難しいという側面があった。次世代インターフェースでは、CG（コンピュータ・グラフィック）による仮想空間表示などを駆使し、運転員の自然な直感を生かしやすい表示機能をもたせ、さらにはデータを「意味表示」するなど、運転員という「人」を中心に組み立てていくものとする。また運転支援のための自律的な人工知能なども開発し、そのためのインターフェースとしては音声によるメッセージ出力なども考えられている。こうした新たなインターフェースの実現によりプラント運転作業にともなう余分なストレスを減らし、より効率的で快適で安全な作業環境を実現していくという。



大型ドーム表示装置構成図（側面図）



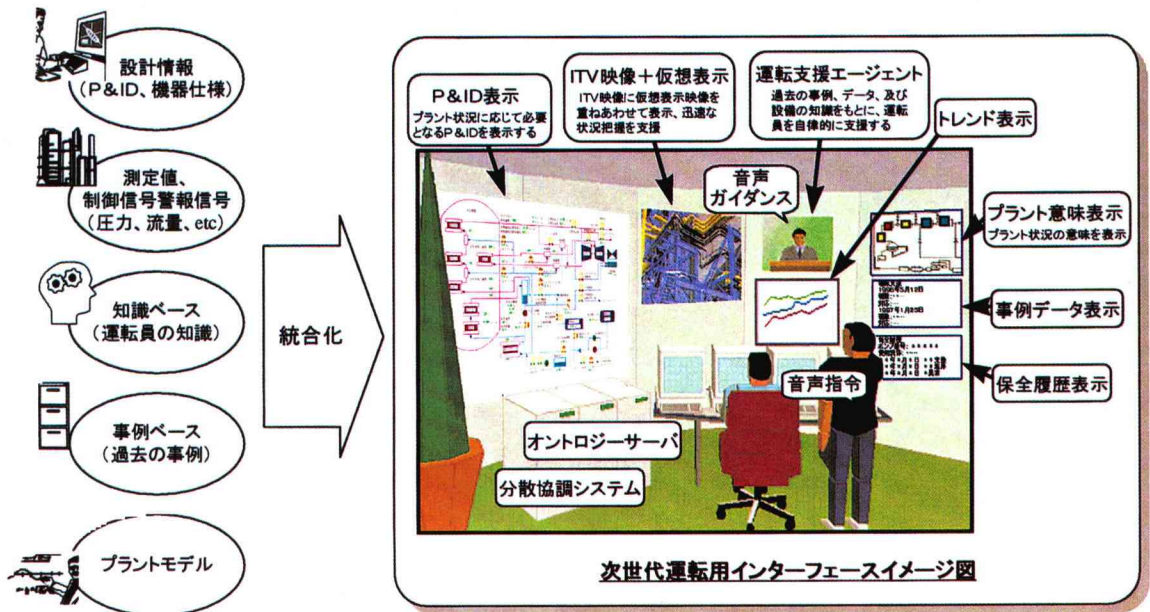
仮想空間表示用大型ドームとプロジェクター。

「理」と「感」の調和による新たな工学

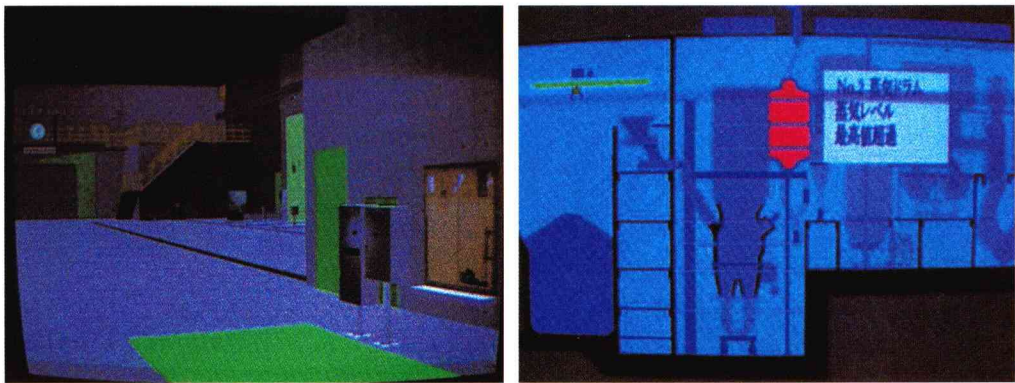
工学・工業製品を、人を中心としたものにしていくうえで感性という要素をいかに取り入れていくかがさまざまな局面で求められているわけだが、鉄鋼というジャンルでも、実は、こうした発想は有望なものとなる可能性はあるだろう。たとえばさまざまな景観材や建築材料、さらにはスチールハウスなど、工学・工業技術を前提としつつも、「定量化されにくい」感性的な要素が、いっそうの快適さを実現できるというジャンルは少なくないからである。

また広義では、環境適合性なども含めた大きな意味での「人のしあわせ」に価値を置いた工学・工業の実現という理想への道も、そこには見えるように思える。こうした方向性は1980年代的な多品種少量化とはことなる新たな人間中心主義の工学・工業技術への道を示してくれるもののようにも思える。

工学や工業技術と人間の感性を調和させようという試みは、



次世代プラント用インターフェースの概念図。



次世代プラント用インターフェースの画面例。仮想プラント表示（左）と「異常発生」の表示画面例（右）。

今世紀初頭にドイツを中心として起こってきたバウハウス運動を想起させる。バウハウス運動*のスローガンは、「工業と芸術の一致」ということだった。時はまさに理性と科学にもとづく国家づくりをとなえる共産主義の勃興期にあたり、芸術といわれるような人間活動にも理性による再構築をめざすべきだという潮流が起きていた。バウハウス運動に参加した主要な芸術家の幾人かが建国直後のソ連に参加していることから、そのムードというものがある。その後、ソ連に参加した芸術家たちの挫折の歴史の一方で、本家のバウハウス運動は、ドイツのクラフトマンシップに影響を残したともいわれる。ドイツ製の見事な工業製品には、バウハウスの影があるのだ。

バウハウス運動は、芸術という感覚的・感性的な作業を、当時の時代の潮流であった工業技術という理の体系とすりあわせていく活動だった。今日の感性工学は、理性と感性の間のすりあわせを図る点では同様の試みだが、理の体系として確立されてしまった工学・工業というものに、ふたたび人間的な感性を取り入れていこうという試みでもある。そこにはやはり

近代合理主義への見直しという潮流が存在しているだろう。「人をしあわせにする」という視点に立つかぎり、工学とても合理的の体系だけでは十分ではなかったという認識である。理性と感性の両方を調和させた工学あるいは工業技術というものをめざすべき時代がやってきつつあるのかもしれない。近年耳にするようになった文理の融合というテーマも、じつはその言い替えなのではないだろうか。

感性工学の登場は、そうした時代の潮流を象徴しているともいえる。

* バウハウス運動
バウハウスは1919年、ドイツのワイマールに建築家のグロピウスらが創立したデザイン学校の名称。このバウハウスを中心に起こった芸術と工業の一致をめざす運動をバウハウス運動と総称する。建築をはじめ絵画、彫刻、デザインに大きな影響をおよぼした。近代建築運動もここから始まったとされる。バウハウスはその後1933年に解散。

取材協力：千葉工業大学・鈴木研究室
取材協力・写真提供：(社)人間生活工学研究センター、
(財)イメージ情報科学研究所