

**人間適合性評価支援技術に関する
調査研究報告書**

平成10年3月

社団法人 人間生活工学研究センター

目 次

第1章	はじめに	1
第2章	調査概要	
2.1	目的	3
2.2	位置づけ	3
2.3	体制	7
2.4	報告書の構成	8
第3章	人間適合性評価支援技術の概念	
3.1	人間適合性評価支援技術の社会的必要性	9
3.2	人間適合性評価支援技術の種類と利点	9
3.3	人間適合性評価支援技術の現状	11
第4章	人間適合性評価支援技術に関する文献調査	15
4.1	『人間代替物』技術	
4.1.1	二次元・三次元マネキン	22
4.1.2	靴型	26
4.1.3	人体計測（寸法、形状）データベース	30
4.1.4	高齢者・身体障害者の疑似体験	34
4.1.5	高齢者視認特性システム	37
4.1.6	臨場感遠隔会議	41
4.1.7	UIテスト	45
4.1.8	ヒューマンコンフォートメータ、発汗マネキン	48
4.1.9	その他の事例	52
4.2	『製品・環境代替物』技術	
4.2.1	可変クッション椅子	54
4.2.2	ドライビングシミュレータ	57
4.2.3	手操作シミュレーション	62
4.2.4	内視鏡手術ナビゲーションシステム	66
4.2.5	空間設計シミュレーション	70
4.2.6	バーチャル・ハウジング	73
4.2.7	The Distributed Virtual Wind Tunnel	79
4.2.8	マスクングによるインタフェース評価法	84
4.2.9	風合い評価試験機	87
4.2.10	その他の事例	92

4.3 『人間、製品・環境代替物』技術	
4.3.1 乗員挙動解析システム(人体動作解析システム)	97
4.3.2 寸法設計のガイドライン	101
4.3.3 コンピュータマネキン	105
4.3.4 眼鏡枠のオーダーシステム	110
4.3.5 頸部有限要素法モデルを用いた衝撃解析	114
4.3.6 電動車椅子走行シミュレーション	117
4.3.7 短下肢装具の力学特性と歩行運動機能評価技術	121
4.3.8 都市環境ヒューマンメディア	125
4.3.9 新製品ニーズに基づく最適設計案評価システムの研究開発	129
4.3.10 コンピュータゲーム	132
4.3.11 その他の事例	137

第5章 人間適合性評価支援技術に関する海外調査 139

5.1 支援技術関連製品の研究開発動向	
5.1.1 TNO自動車研究所/衝突安全リサーチセンター	142
5.1.2 ディビジョンリミテッド社	149
5.2 企業における支援技術の活用動向	
5.2.1 ジーメンス デザイン&メッセ社	151
5.3 大学・研究機関における支援技術及び関連技術の研究開発動向	
5.3.1 シュツットガルト大学 機械構造建築学科	153
5.3.2 フラウフォッファー財団 労働経済研究所	155
5.3.3 デルフト工科大学 人間工学科	159
5.3.4 オウル大学/フィンランド応用人間工学研究所	164
5.3.5 フィンランド労働保健研究所	168
5.3.6 アイントホーヘン工科大学/加齢工学研究所	172

第6章 個別技術の水平垂直展開提案 177

6.1 身体特性	
6.1.1 人間代替物	178
6.1.2 製品・環境代替物	179
6.1.3 人間、製品・環境代替物	182
6.2 動作特性	
6.2.1 人間代替物	185
6.2.2 製品・環境代替物	186
6.2.3 人間、製品・環境代替物	187

6.3	知覚特性	
6.3.1	人間代替物	189
6.3.2	製品・環境代替物	190
6.3.3	人間、製品・環境代替物	191
6.4	認知特性	
6.4.1	人間代替物	192
6.4.2	製品・環境代替物	196
6.4.3	人間、製品・環境代替物	199
6.5	官能特性	
6.5.1	人間代替物	203
6.5.2	製品・環境代替物	205
6.5.3	人間、製品・環境代替物	206
6.6	生理特性	
6.6.1	人間代替物	208
6.6.2	製品・環境代替物	209
6.6.3	人間、製品・環境代替物	210
6.6.4	将来展望	211
6.7	行動特性	
6.7.1	人間代替物	213
6.7.2	製品・環境代替物	216
6.7.3	人間、製品・環境代替物	219
第7章	人間適合性評価支援技術の近未来像	
7.1	人間適合性評価支援技術を支えるこれからの技術開発	223
7.2	整備されるべき人間のモデル化、人間データベース	224
7.3	人間適合性評価支援技術の近未来像	231
第8章	おわりに	233
	付録	
付録1	海外調査持参資料一式	235

第1章

はじめに

第1章 はじめに

近年「個性の時代」、一方でのバブル経済の崩壊により、消費者の製品を見る目は一段と厳しくなり、消費者は様々な意味で「自分自身に合ったもの」を要求するようになった。高度経済成長期の、ものを所有することに価値を見いだす購買行動、バブル経済期にみられた高額商品の衝動買いともいえる購買行動は影を潜め、製品が使い手に本当に「適合していること」を動機とする購買行動が主流となってきた。中でも「高齢化社会」「製造物責任法の施行」「健康志向」などの流れにみられるように、「安心、安全、快適」は、製品の必須要件になってきている。

一方、企業においては、コンカレントエンジニアリングに見られるように、製品の開発期間の短縮、開発コストの削減は、競争を勝ち抜くために、従来にもまして強い要求事項となってきた。

つまり、現下の企業は、より短期間に、より少ないコストで、消費者個々人の「安心、安全、快適」を保障するもの作りを迫られてきているといえ、この流れは、今後ますます加速されるものと見込まれる。

この様な状況にあっては、製品を作ってから、おもむろに「製品」が「使い手」に適合しているのかを評価していたのでは、コスト的にも、市場の変化への追従の点でも、企業は競争から脱落してしまう。製品が、使い手に適合しているかどうか、従前にもまして丹念に評価しなくてはならず、しかもそれを開発の各段階で迅速に評価しなくてはならない。そのためには、これからの企業は、何等かの技術（設計評価支援技術）を利用せざるを得ないであろう。しかし現状では、それら支援技術を用いている企業（業界）は一部にとどまり、また、用いている企業からは、それら技術には、まだ改良の余地が多分にある、という声も聞く。

本委員会では、こうした企業を取り巻く厳しい状況を踏まえ、製品開発の早い段階から、使い手との適合を製品に織り込むための技術としての「人間適合性評価支援技術」の調査研究を行った。

具体的には、「安心、安全、快適」設計の基本となる、人間の「身体」「動作」「知覚」「認知」「官能」「生理」「行動」の各特性・各能力と、製品との適合性を評価するための評価支援技術について、

- ◎現在、国内外で用いられている諸技術を網羅的に調査し、
- ◎各技術の他業界への水平展開の可能性、及び、当該技術をより高度化するための垂直展開の方向性について検討した。

さらに、

- ◎今後、現在の技術をどの様に革新していくべきか、及び、今後、新たにどのような評価支援技術が開発されるべきか等、適合性評価支援技術の開発研究の方向性及び、
- ◎今後、適合性評価支援技術の改良、新規開発、実用化を進める上で必要となる、ブレイクスルーすべき技術を検討した。

本研究は通商産業省生活産業局のご指導のもと、（社）人間生活工学研究センターにおいて行われたものであり、ご指導、ご協力を賜った関係各位に厚くお礼申し上げます。

平成10年3月

人間適合性評価支援技術に関する調査研究委員会

委員長 小松原 明哲

第2章

調査概要

第2章 調査概要

2.1 目的

近年、コンピュータを主とする高度な技術の急速な発展とは裏腹に、日常生活や就労場面で利用される製品や環境が、人間の特性に適合していないために生じる事故や健康への悪影響が顕在化してきている。また、急速な高齢化が進行している現代社会を考えると、製品や環境ひいては産業及び社会全体を人間に適合させていくことは緊急の課題である。

製品や環境を人間に適合させるためには、人間特性の把握、人間適合性評価方法の確立、そして人間特性に合致した「モノ」作りを支援する「人間適合性評価支援技術」の開発・整備が不可欠である。

本調査研究では、人間特性データに基づく人間と製品・環境の適合性評価支援技術や設計支援技術、すなわち人間特性、製品・環境特性、適合性評価技術等のモデル化及びそのシミュレーション技術の調査研究を行い、人間特性に適合した「モノ」作りを目的とした新しい支援技術構築のための方策を検討、提案する。

2.2 位置づけ

人間生活系科学技術の重点領域を図2-1に示す。研究開発ターゲットは以下の3つである。

1) 基盤技術開発

人間・生活特性の計測技術、製品評価基盤技術などの基礎的なデータの収集・評価方法に関する技術開発である。

2) 知的基盤

基盤技術開発において得られたデータや知見を、それぞれ人間生活特性、製品特性として整理し、だれもが使える「共通のものさしとリファレンス（データベース構築と標準化）」を目指すものである。

3) 公共ニーズ対応研究開発

知的基盤の基礎データ等の利用及び応用技術に関するもので、企業における製品開発研究を促進するための研究開発である。

本調査研究は、図2-1の「3) 公共ニーズ対応研究開発」の『製品開発・環境設計支援ツール』に位置づけられる。人間適合性の評価に関する基礎的なデータの蓄積や評価手法の確立及び標準化といった技術基盤の整備から得られた成果を、生活や産業一般で広く応用するための技術構築を目指すものである(図2-2)。

人間生活工学とは：

人間とその営みである生活の特性を科学的に把握し、その知見を製品やシステム・環境づくりに応用すること。

人間生活分野の技術ターゲット：人間・生活特性の知的基盤形成のための基盤技術開発及び公共ニーズに対応した研究開発を実施すること。

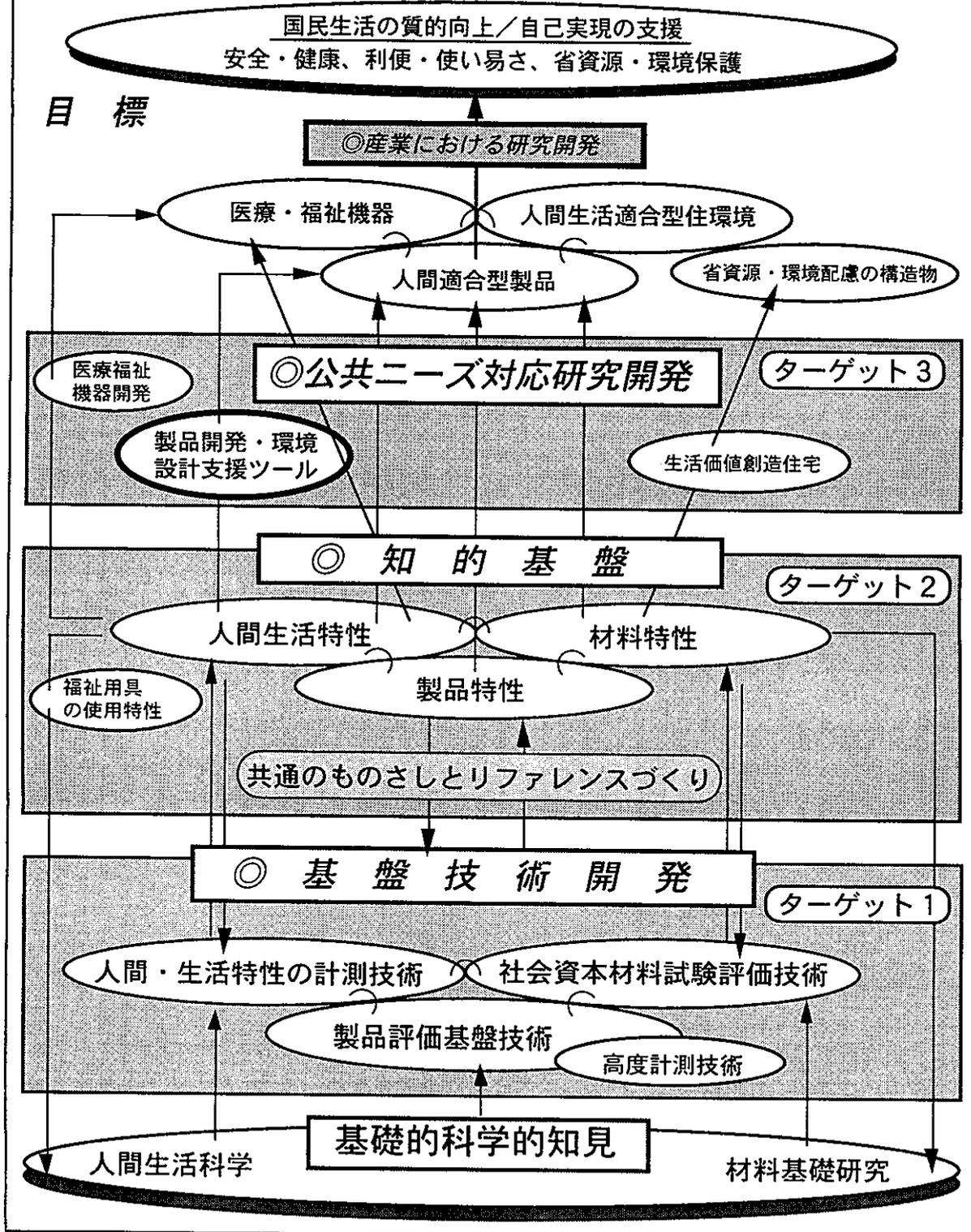


図2-1 人間生活系科学技術の重点領域

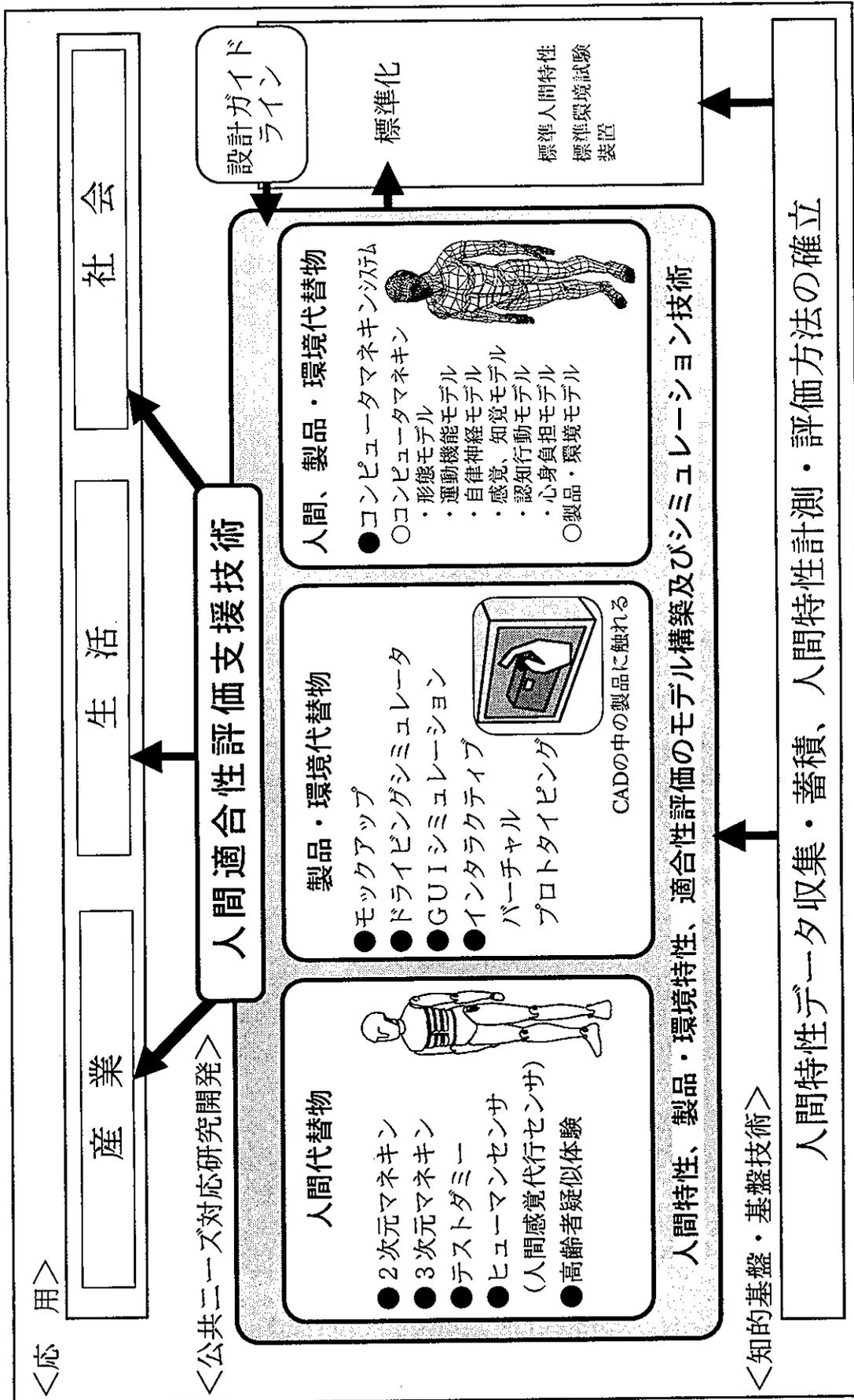


図2-2 人間適合性評価支援技術

なお人間生活科学系では3つのターゲットに対して次のような研究開発等が実施されている。

1) 基盤技術開発

(1) 人間感覚計測応用技術〔産業科学技術研究開発〕(H2~H10年)

人間の感覚を反映した快適な生活製品、ストレス等の少ない居住・職場環境等の設計・製作を行うため、人間の諸感覚を簡易かつ定量的に測定・評価できる人間感覚計測技術、及び人間の諸感覚を製品や環境の設計に反映する人間感覚応用技術を確立する。

(2) 人間行動適合型生活環境創出システム技術〔先導研究〕(H8~H9年)

〔産業技術基盤研究開発プロジェクト(提案中)〕

高齢社会において多様化するユーザにとってより安全で使いやすい製品の創出促進を目的に、生活の中での個々の人間の日常における行動を把握、理解し、この個人の行動情報(パーソナルコンテンツ)を製品設計や緊急時対応に活用するための基盤技術を開発する。

2) 知的基盤

(1) 知的基盤整備〔工業技術院標準部〕(H8~H12年)

人間と生活に適合した製品・環境を作るために必要な技術基盤の確立及び国際標準化への貢献を目的として、標準的人間特性に関する評価手法確立及びデータベースの構築を行う。

(2) 高齢者等身体機能データベースの構築

〔工業技術院医療福祉機器研究開発室〕(H5~H14年)

加齢による視力、聴力、筋力等身体機能の低下状況等についての総合的かつ体系的なデータベースを構築し、高齢者等の身体機能に配慮した製品等の設計に役立てることを目的として、既存データの収集・整理、必要な計測項目・計測手法等のデータベース構築のための調査研究を行う。

3) 公共ニーズ対応研究開発

(1) コンピュータマネキンの将来展望に関する調査研究(H8年)

人間の形態及び諸特性を考慮した人間適合性の高い製品や環境を実現するための評価技術の検討を行い、CADシステム上での人間特性を考慮したシミュレーションを可能にするなど、製品や環境の人間適合性を向上させるための新しいコンピュータマネキン開発に関する基礎的な検討を行う。

(2) コンピュータマネキンに関する国際標準規格化

〔国際標準創成型研究開発制度〕(H9年)

人間の形態特性や動作特性の係わる身体への力学的負荷を製品との関係で評価できるコンピュータマネキンの国際標準についての研究開発を行う。

(3) 生活環境改善に効果のあるアルコール製剤の開発〔基礎産業局アルコール課〕

殺菌・防臭効果を有する化学物質や、人間の五感に好影響を及ぼす香り等特定機能を有する機能性化学物質とアルコールを組み合わせることにより生活環境改善に効果のあるアルコール製剤を開発する。

2.3 体制

本調査研究を実施するにあたっては、学識経験者及び業界有識者から成る「人間適合性評価支援技術に関する調査研究委員会」を発足させ、調査及び検討を行った。

人間適合性評価支援技術に関する調査研究委員会 名簿

(委員長)

小松原明哲 金沢工業大学
人間・情報・経営系 生活環境デザインコア 教授

(委員) [五十音順]

岡田 明 大阪市立大学
生活科学部 生活環境学科 助教授

志甫 雅人 石川県工業試験場
製品科学部 デザイン開発室 専門研究員

首藤 俊夫 株式会社三菱総合研究所 エンジニアリングシステム研究センター
エンジニアリングシステム部 機械技術システム室 室長

鈴木 哲生 三菱自動車工業株式会社
車両実験部 実験総括グループ グループ長

野村 淳二 松下電工株式会社
システム開発センター 所長

福井 幸男 工業技術院 生命工学工業技術研究所
人間環境システム部 システム設計研究室 室長

森本 一成 京都工芸繊維大学
工芸学部 電子情報工学科 講師

(オブザーバー)

小島 幸治 通産省 生活産業局 生活文化産業企画官

岩瀬 恵一 通産省 生活産業局 生活文化産業企画官付 企画調査班長

太田 聡 通産省 生活産業局 生活文化産業企画官付 企画係長

傘木 和俊 通産省 製品評価技術センター 技術部管理課長補佐

(事務局)

鈴木 一重 (社) 人間生活工学研究センター 専務理事

吉岡松太郎 (社) 人間生活工学研究センター 研究開発部長

大矢 高司 (社) 人間生活工学研究センター システム担当課長

吉田 光一 (社) 人間生活工学研究センター 主任研究員

2.4 報告書の構成

1) 人間適合性評価支援技術の概念 [第3章]

人間適合性評価支援技術に関する具体的事例を文献調査し、社会的必要性、枠組みや利点等について検討を行い、その概念を整理した。

2) 人間適合性評価支援技術に関する文献調査 [第4章]

収集した具体的事例を下記のような代替物技術（3項目）と人間特性（7項目）で分類、整理した。また、その中の27事例については、各々の現状をレポートすると同時に課題検討を行った。

- ・代替物技術：「人間」、「製品・環境」、「人間、製品・環境」
- ・人間特性：身体、動作、知覚、認知、官能、生理、行動

3) 人間適合性評価支援技術に関する海外調査 [第5章]

欧州（イギリス、オランダ、ドイツ、フィンランド）の企業、大学、研究機関を訪問し、人間適合性評価支援技術の現状と今後の動向を調査した。

4) 個別技術の垂直水平展開提案 [第6章]

人間適合性評価支援技術を人間特性（7項目）と代替物技術（3項目）のマトリックスに分割し（計21項目）、それぞれのレビューを記載すると共に、水平展開（他産業への適用）、垂直展開（当該産業での技術の高度化）等の提案や将来展望を述べた。

5) 人間適合性評価支援技術の近未来像 [第7章]

人間適合性評価支援技術を進歩発展させるためのブレークスルーすべき技術、人間適合性評価支援技術の全体像としての将来展望を述べた。

6) 付録

付録として海外調査に持参した資料を添付した。

第3章

人間適合性評価支援技術の概念

第3章 人間適合性評価支援技術の概念

3.1 人間適合性評価支援技術の社会的必要性

「個性の時代」「高齢化社会」「製造物責任法の施行」などの流れの中で、消費者が製品を見る目は一段と厳しくなっている。すなわち、消費者は、「自分に合ったもの」、つまり、自分への適合度の高い製品への要求を高めている。ここでいう「自分にあった」とは、「使い勝手がよい」「自分の感性にあっている」「安全、安心である」などであり、具体的には、人間(使い手)の、「身体」「動作」「知覚」「認知」「官能」「生理」「行動」の各特性に、製品がフィットしていることが意味される。このような要求により、企業は、今まで以上に適合性を考慮し、しかも、使い手の要求に応じて、多品種少量生産、オーダー生産をせざるをえなくなる。つまり、企業からすると、手間のかかる製品開発を余儀なくされる。

一方、バブル経済の崩壊により、企業間の競争は厳しく、商品の開発コストと開発期間の削減要求は一段と厳しい状況にある。

これらの状況より、企業は、今までと同じやり方で、製品開発をしていることができなくなってきた。コンカレントエンジニアリング等のキーワードに見られるように、商品企画、設計の早い段階から、消費者への人間適合性を強く意識し、製品開発を進めなくてはならない。そのためには、消費者個人への適合度の高い製品開発を支援するための技術としての、「設計支援技術(人間適合性評価支援技術)」が開発され、企業において的確に活用されなくてはならない。

3.2 人間適合性評価支援技術の種類と利点

「人間適合性評価支援技術」は、大きく分けて3種類あり、それぞれ、多大な利益を与えてくれる。

(1) 評価する人間の代わりとなる「人間代替物技術」

企画、開発した製品が、ユーザに適合しているかを確認するためには、最終製品やプロトタイプを、ユーザに実際に評価してもらうことが理想である。しかし、それが出来ない場合もある。

これらの場合には、実際の評価者の代わりになる人間代替物(仮想人間)を構築し、これを通じて、製品を評価せざるを得ない。

典型的な例として、次がある。

◎ユーザへの適合性評価をもとにして、製品の設計図を作成したいとき。例えば、自動車の操作パネル設計において、運転者が着座したときに手が届く範囲を知り、その範囲内に操作ボタンを配置したいとき。眼鏡であれば、ツルの寸法を、人間の頭部の形状寸法に基づき設計したいとき。

このようなときには、とりあえず最終製品やプロトタイプを作ってから、実際のユーザの評価を得ているのでは、開発期間やコスト的に間に合わなくなってしまうので、人体マネキンを用いざるをえない。

◎自動車の衝突安全性評価など、評価者が危険にさらされるため、実際の人間を評価者

に用いることが出来ないとき。ダミー人形を用いざるをえない。

◎高齢者むけ商品など、評価者を多数集めにくいとき。高齢者の特質を模擬出来るツールを用いて、若年者が評価せざるをえない。

(2) 評価対象となる製品や環境の代わりになる「製品・環境代替物技術」

評価者として実際のユーザを用いることはできても、評価をさせたい製品が実際に準備できない場合がある。この場合には、製品の代わりになる製品代替物を構築し、それにより製品がユーザに適合しているか否か、評価せざるをえない。

典型的な例として、次がある。

◎住宅、公共空間、列車や車両などの大型製品では、最終製品はもちろんのこと、試作品も簡単に作れない。しかし設計に取りかかる前の企画段階で、最終製品のイメージをユーザに納得してもらったり、製品を試用しての意見（ユーザからの要求仕様）を出してもらいたいという希望も多い。この場合には、イメージ図、アニメーションなど、擬似製品により、製品イメージを体験してもらわなくてはならない。

◎開発期間が短く、最終製品で問題点が分かっても、いまさら設計変更できない場合。開発期間の初期で、人間適合性に問題点の見逃しを避けたい。この場合には、仮想製品でもよいから、ユーザに試用してもらい、適合性に問題がないか、意見を聴取したいという希望がある。

◎例えば、ストーブの熱放射状況、気流状態など、目に見えない製品要素は、適合性評価が行いにくい。これらについて、熱分布や気流をビジュアルに表現できれば、直感的に把握、評価できるので、評価が迅速に遺漏なく進む。

◎設計の一部を変更したときに、どのような状況になるか、すぐに確認したいとき。また、設計変更による適合性への影響を、シミュレーションしたいとき。この場合には、ハード的、又はソフト的に仮想製品を次々に作成し、評価を順次、迅速に行うための、仮想製品生成技術が必要になる。

(3) 評価する人間、評価対象となる製品や環境の双方の代わりになる「人間、製品・環境代替物技術」

仮想人間、仮想製品双方をそれぞれ作成し、それらを掛け合わせることで、製品のユーザへの適合状態を確認することが出来る。

典型的な例として、次がある。

◎評価者、製品ともに実物を準備できない場合。例えば、オフィスの改修をするとき、オフィス模型（製品代替物）だけでは、実際に事務職員が働くようになったときの景観イメージが評価しにくい。そこで、オフィスの縮尺模型を作り、そこに同縮尺の事務職人形を配置し観察すれば、改修設計図だけではつかみにくい、改修後のオフィスイメージを把握することが出来る。なお、この場合、模型、人形をハード的に作成して掛け合わせてもよいが、コンピュータグラフィック上に両者を作成すれば、模型開発コスト削減につながり、シミュレーションも容易になるだろう。

◎人間適合性の観点から、製品の自動評価を行いたいとき。人間特性と製品仕様とをコンピュータに入力し、さらに適合性評価の評価指標も入力しておけば、人間、あるいは

は製品のパラメータを変えると、製品の適合性評価がコンピュータ上でシミュレート出来る。逆に、人間パラメータを変えると製品の最適設計値も自動変更されるようになれば、個人に適合した製品開発が、きわめて効率よく進められるだろう。

3.3 人間適合性評価支援技術の現状

本委員会が調査した人間適合性評価支援技術の個別事例は、第4章において詳説するが、これら技術の現状、及び今後の開発動向を概観すると、表3-1にまとめられる。

以下、代替形式別に要点を説明する。

(1) 「人間代替物」技術

人間（身体寸法、動作域、視野等）と製品との関係性を評価するものとして、古くから、いわゆる人体マネキンが用いられてきた。2次元マネキンについては、大型機器の設計図に、同じ縮尺で作られた樹脂製2次元マネキンを当てはめ、操作姿勢や、作業域内に操作器が配置されているかなどの検討がなされている。3次元マネキンについては、木製のマネキン人形を椅子に着座させ、椅子への着座状態を評価する等として用いられてきている。近年、これら技術は、マネキンをコンピュータ上（CAD上）に取り込み、同じくCAD上に表した製品との適合性を、画面上で確認評価する、「人間、製品・環境代替物」技術としての、「CADマネキン」「コンピュータマネキン」へと発展してきている。

一方、当該製品の評価の内容に応じて、全身、または人間の特定部分の、人間を模した精巧な実体物も開発されてきている。例えば、靴型、ヒューマンコンフォートメータ、自動車衝突実験用ダミー人形などがそうである。これらは、人間の足との適合性評価、体感評価、衝突時の人体への影響など、特定評価目的のために特化したマネキンである。人間構造の解明が深まり、また製品から受ける人間への影響検出技術（センサー技術）の発達により実現してきたものであり、今後もこれらの技術が発達することで、より精巧な評価支援のための技術が開発されていくものと期待される。

(2) 「製品・環境代替物」技術

製品においては「モックアップ」が、環境においては例えば「景観イメージ図」が、それぞれ古くから用いられてきた。一方、コンピュータグラフィックス（CG）技術の進歩により、それらモックアップ、イメージ図を、コンピュータ画面上に静止画として表現する技術が実用化された。これにより、モックアップ、イメージ図の作成が省かれ、また、画面上で、設計仕様の変更シミュレーションが容易に行えることから、大幅な開発期間の短縮が可能になった。

近年は、CG技術、バーチャルリアリティ（VR）技術の急速な進歩により、動画表現はもとより、バーチャル空間内で、仮想製品を取り扱ったり、バーチャル環境内を自由に歩き回るなどして、仮想製品、仮想環境を評価することも可能になってきた。今後も、この流れは一段と加速され、製品のビジュアルな面での評価はもとより、聴感、触感、さらには将来的には、味覚、嗅覚的な側面からの製品、環境評価も、バーチャル空間内でバーチャル製品を用いて行われるようになるものと思われる。

一方、触感など、特定の感覚側面からの評価については、製品の物理的特性と体感評価

との関係研究が進み、当該製品の物理的特性を測定することで、体感評価を予測できるシステムも開発されてきている（例えば風合い評価試験機）。これは「人間、製品・環境代替物」技術ともいえるが、製品の持つ特定側面の評価については、特化した評価支援技術が開発されていくものと思われる。

（3）「人間、製品・環境代替物」技術

人間、製品ともにモデル化し、その両者の関係性を評価するための技術としては、人間の構造を定式化し、一方で製品構造等を定式化し、さらにその両者の関係を定式化することで、製品構造から人間が受ける影響を計算的にシミュレーションするものがある。例えば「電動車椅子走行シミュレーション」「頸部衝撃解析」などが該当する。

一方、CADマネキン、CGマネキンに見られるように、人間と製品との関係をグラフィックス的に表現し、評価者の直観に訴えて製品評価を行うことも実用化されている。

これらの支援技術では、人間、製品・環境のそれぞれのパラメータを同時に変化させることが出来るので、個々の人間に合わせた製品、環境を効率よく評価していくことが出来る。ただ、現状で、実用化されているものは、身体寸法、強度など、身体特性に関係した製品、環境評価にとどまっている。これは、人間、製品・環境の両者の特性を、同じ単位で記述しなくては、コンピュータ上（計算式上）においてシミュレーションが出来ないためであり、身体特性に関係したパラメータは、比較的容易に定量化が可能のためである。

ところで以上は、人間、製品・環境をコンピュータ上（計算式上）で組み合わせる技術であるが、両者をハード的にそれぞれ代替し、それを組み合わせることも考えられる。例えば製品の縮尺モックアップを作成し、それに同縮尺のマネキンをセットして、両者の関係を確認する、というものである。実際に室内イメージ評価などで用いられているが、近年のコンピュータグラフィックス技術の進歩により、CGマネキンにより実現されることが多くなった。

（小松原明哲）

表3-1 人間適合性評価支援技術の概観

人間特性と適合性評価例	主な利用産業状況						代替形式と支援技術の例			
	家庭 機器	情報 機器	公共 機器	産業 機器	輸送 機器	建築 建設	アパ レル	人間代替物	製品・環境代替物	人間、製品・環境 代替物
身体 ・姿勢 ・身体形状 ・身体強度など	○	○	○	○	○	○	○	・マネキン ・ダミー人形 ・靴型、人台	・形態モックアップ ・バーチャルハウス	・コンピュータマシ ・コンピュータマシ
動作 ・作業域/動きやすさ ・身体的(筋骨格系)負担など	○	○	○	○	○	○	○	・マネキン ・高齢者動作疑似 体験ツール	・操作モックアップ ・操作シミュレータ	・コンピュータマシ
知覚 ・情報受容性 (見やすさ/聞きやすさ)など	○	○	○	○	○	○	○	・騒音計 ・高齢者視覚疑似 体験ツール	・見る：CGシミュレータ ・聞く：音響機器 (シミュレータ等)	
認知 ・わかりやすさ ・覚えやすさ など	○	○	○	○	○	○	○	・臨場感遠隔会議	・操作系モックアップ ・画面デザインシミュレータ	
官能 ・官能評価 (色彩、形状、風合い)など	○						○	・靴型	・意匠モックアップ ・画面デザインシミュレータ ・風合い評価試験機	
生理 ・体感(物理的負荷) ・疲労(生理、精神的)など					○	○	○	・ヒューマンコンピュータ ・自律ロボット	・操作シミュレータ ・人工環境室	・人体熱モデル
行動 ・生活行動など							○	・自律ロボット	・建造物モックアップ ・バーチャル空間	・群衆行動シミュレーション

第4章

人間適合性評価支援技術に関する文献調査

第4章 人間適合性評価支援技術に関する文献調査

1) 概要

人間適合性評価支援技術・設計支援技術の具体的な事例（66件）を収集し、マップによる整理を行った。さらにその中の27事例については詳細レポートを作成し課題検討を行った。

2) 事例マップ

収集した66件の事例を、下記のような代替物技術と人間特性で分類し、その利用業界と実用化レベルを記載した（表4-1、表4-2、表4-3、表4-4）。代替物技術別の件数は、「人間代替物」技術が17件、「製品・環境代替物」技術が32件、「人間、製品・環境代替物」技術が17件である。なお、複数の人間特性に該当する事例は重複して記載した。

<代替物技術>

- (1) 「人間代替物」技術
- (2) 「製品・環境代替物」技術
- (3) 「人間、製品・環境代替物」技術

<人間特性>

- (1) 身体特性：姿勢、身体形状、身体強度など
- (2) 動作特性：作業域／動きやすさ、身体的（筋骨格系）負担など
- (3) 知覚特性：情報受容性（見やすさ／聞きやすさ）など
- (4) 認知特性：わかりやすさ、覚えやすさなど
- (5) 官能特性：官能評価（色彩、形状、風合い）など
- (6) 生理特性：体感（物理的負担）、疲労（生理、精神的）など
- (7) 行動特性：生活行動など

<利用業界>

- (1) 家庭機器：家電製品、住宅設備機器など
- (2) 情報機器：パソコン、電話機、FAXなど
- (3) 公共機器：POS、自動改札機など
- (4) 産業機器：工場用機械・設備、医療機器など
- (5) 輸送機器：乗用車、航空機など
- (6) 建築建設：オフィス環境など
- (7) アパレル：衣服など

<実用化レベル>

- (1) 研究段階、(2) 試用段階、(3) 実用済み

収集した事例の中には、教育訓練、コミュニケーション、アミューズメント等のモノづくりを主目的としない事例も含むが、そこで利用されている技術は人間適合性評価支援技術としての適用も可能と考える。なお、人間に関する基礎的な研究や技術は関連技術とした。

「参照章」はレポート記載の章番号を示す。以下の「人間代替物」技術（8件）、「製品・環境代替物」技術（9件）、「人間、製品・環境代替物」技術（10件）の事例については、詳細レポート（個別事例レポート）を記載した。他の事例は「その他の事例」の章でその概要を述べた。

4.1 「人間代替物」技術

- 4.1.1 二次元・三次元マネキン
- 4.1.2 靴型
- 4.1.3 人体計測（寸法、形状）データベース
- 4.1.4 高齢者・身体障害者の疑似体験
- 4.1.5 高齢者視認特性システム
- 4.1.6 臨場感遠隔会議
- 4.1.7 UIテスト
- 4.1.8 ヒューマンコンフォートメータ、発汗マネキン
- 4.1.9 その他の事例

4.2 「製品・環境代替物」技術

- 4.2.1 可変クッション椅子
- 4.2.2 ドライビングシミュレータ（製品開発用としての）
- 4.2.3 手操作シミュレーション
- 4.2.4 内視鏡手術ナビゲーションシステム
- 4.2.5 空間設計シミュレーション
- 4.2.6 バーチャル・ハウジング
- 4.2.7 The Distributed Virtual Wind Tunnel
- 4.2.8 マスキングによるインタフェース評価法
- 4.2.9 風合い評価試験
- 4.2.10 その他の事例

4.3 「人間、製品・環境代替物」技術

- 4.3.1 乗員挙動解析システム（人体動作解析システム）
- 4.3.2 寸法設計のガイドライン
- 4.3.3 コンピュータマネキン
- 4.3.4 眼鏡枠のオーダーシステム
- 4.3.5 頸部有限要素法モデルを用いた衝撃解析
- 4.3.6 電動車椅子走行シミュレーション
- 4.3.7 短下肢装具の力学特性と歩行運動機能評価技術
- 4.3.8 都市環境ヒューマンメディア
- 4.3.9 新製品ニーズに基づく最適設計案評価システム
- 4.3.10 コンピュータゲーム
- 4.3.11 その他の事例

3) 個別事例レポート記載形式

個別事例レポートは、以下の形式に沿って記載した。

- (1) 概要
 - 総括表
- (2) 事例紹介
- (3) 解説
- (4) 参考文献

4) 個別事例レポート記載内容

個別事例レポートは、以下の観点から記載した。

- (1) 人間特性
 - ・人間特性の何を代替しているか。
- (2) 代替、表現技術
 - ・人間特性を何に代替しているか、どのように表現しているか（モデル、シミュレーション技術）。
- (3) 人間適合性評価・設計技術
 - ・人間特性に関するどのような評価や設計を支援しようとしているか。
- (4) 適用分野
 - ・どのような業界で、どのような製品や環境に適用されているか。
- (5) 適用目的、メリット
 - ・なぜ利用するのか、メリットは何か。
- (6) 利用者
 - ・誰が利用するのか（設計者、最終ユーザなど）。
- (7) 利用段階
 - ・いつ利用するのか（研究、設計、製品評価など）。
- (8) 利用する際に必要なもの
 - ・利用する場合に必要な人間特性データベース、ソフトウェア、ハードウェアなど。
- (9) 適用限界、デメリット
 - ・適用可能な範囲、利用することによって生じるデメリットなど。
- (10) 技術的ブレイクスルー
 - ・現状の技術開発課題など
- (11) その他

表4-1 人間適合性評価支援技術の事例マップ（「人間代替物」技術）

人間特性	事例		利用業界							実用化レベル
	参照章	標題	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル	
1 身体	4.1.1	二次元・三次元マネキン	○	○	○	○	○	○		3
	4.1.2	靴型							○	3
	4.1.3	人体計測（寸法、形状）データベース	○	○	○	○	○	○	○	3
	4.1.3	平均的人体寸法ダミー							○	3
	4.1.9(1)	衣料用人台							○	3
	4.1.9(2)	医療用ダミー				○				3
2 動作	4.1.4	高齢者・身体障害者の疑似体験	○					○		3
	4.1.9(3)	〔関〕 三次元筋骨格モデル								1
	4.1.9(4)	〔関〕 神経生理（運動制御等）モデル								1
3 知覚	4.1.4	高齢者・身体障害者の疑似体験	○					○		3
	4.1.5	高齢者視認特性システム			○		○			2
	4.1.6	臨場感遠隔会議		○						1
	4.1.8	ヒューマンコンフォートメータ、発汗マネキン						○	○	1
	4.1.9(5)	騒音計						○		3
	4.1.9(6)	感覚知覚神経モデル								1
4 認知	4.1.6	臨場感遠隔会議		○						1
	4.1.7	UIテスト	○	○	○	○				1
	4.1.9(7)	〔関〕 メンタルモデル		○						1
5 官能	4.1.2	靴型							○	3
	4.1.8	ヒューマンコンフォートメータ、発汗マネキン						○	○	1
	4.1.9(8)	衣料展示用マネキン							○	3
6 生理	4.1.8	ヒューマンコンフォートメータ、発汗マネキン						○	○	1
	4.1.9(9)	〔関〕 自律神経系モデル								1
7 行動										

注1：〔関〕は関連技術を示す。

注2：実用レベルは、「1：研究段階」、「2：試用段階」、「3：実用済み」を示す。

表4-2 人間適合性評価支援技術の事例マップ（「製品・環境代替物」技術1/2）

人間特性	事例		業界							実用化レベル	
	参照章	標題	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル		
1 身体	4.2.1	可変クッション椅子	○		○	○					1
	4.2.6	バーチャル・ハウジング	○								2
	4.2.10(1)	古典的なモックアップ、試作技術	○	○	○	○	○	○	○	○	3
2 動作	4.2.1	可変クッション椅子	○		○	○					1
	4.2.2	ドライビングシミュレータ				○	○				3
	4.2.3	手操作シミュレーション	○			○	○				2
	4.2.4	内視鏡手術ナビゲーションシステム				○					1
	4.2.6	バーチャル・ハウジング	○								2
	4.2.10(1)	古典的なモックアップ、試作技術	○	○	○	○	○	○	○	○	3
	4.2.10(2)	VRによるシステムキッチン設計支援システム	○								3
	4.2.10(3)	操作パネルのロジック、操作性評価システム					○				3
	4.2.10(4)	操作シミュレータ		○			○				2
	4.2.10(5)	フライトシミュレータ					○				3
	4.2.10(6)	車椅子シミュレータ				○					3
4.2.10(7)	アミューズメント用シミュレータ				○					3	
3 知覚	4.2.2	ドライビングシミュレータ				○	○				3
	4.2.3	手操作シミュレーション	○			○	○				2
	4.2.4	内視鏡手術ナビゲーションシステム				○					1
	4.2.6	バーチャル・ハウジング	○								2
	4.2.7	The Distributed Virtual Wind Tunnel					○				2
	4.2.8	マスキングによるインタフェース評価法	○	○	○	○					1
	4.2.10(1)	古典的なモックアップ、試作技術	○	○	○	○	○	○	○	○	3
	4.2.10(2)	VRによるシステムキッチン設計支援システム	○								3
	4.2.10(4)	操作シミュレータ		○			○				2
	4.2.10(5)	フライトシミュレータ					○				3
	4.2.10(6)	車椅子シミュレータ				○					3
	4.2.10(7)	アミューズメント用シミュレータ				○					3
	4.2.10(8)	手足で触れるCG	○	○				○			1
	4.2.10(9)	車両取り廻し性検討システム					○				3
	4.2.10(10)	画面デザインシミュレーション	○	○	○	○	○				3
4.2.10(11)	GUIの評価システム	○	○							3	
4.2.10(12)	建築音響設計のためのシミュレーション						○			3	
4.2.10(13)	人工環境実験室	○	○	○	○	○	○	○	○	3	
4.2.10(14)	「動物園に行こう」システム		○							1	
4 認知	4.2.5	空間設計シミュレーション			○			○			2,3
	4.2.8	マスキングによるインタフェース評価法	○	○	○	○					1
	4.2.10(1)	古典的なモックアップ、試作技術	○	○	○	○	○	○	○	○	3
	4.2.10(3)	操作パネルのロジック、操作性評価システム					○				3
	4.2.10(9)	車両取り廻し性検討システム					○				3
	4.2.10(10)	画面デザインシミュレーション	○	○	○	○	○				3
	4.2.10(11)	GUIの評価システム	○	○							3
	4.2.10(14)	「動物園に行こう」システム		○							1
	4.2.10(15)	発電所制御室デザインレイアウト検討システム						○			3
	4.2.10(16)	車室内デザイン検証システム					○				3
	4.2.10(17)	工作機械の安全作業の教育訓練システム				○					3
4.2.10(18)	建築物内の避難シミュレータ用システム						○			3	
4.2.10(19)	エンジン保守作業トレーニングシステム					○				3	

表4-3 人間適合性評価支援技術の事例マップ（「製品・環境代替物」技術 2/2）

人間特性	事例		業界						実用化レベル	
	参照章	標題	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設		アパレル
5 官能	4.2.1	可変クッション椅子	○	○	○					1
	4.2.2	ドライビングシミュレータ				○	○			3
	4.2.5	空間設計シミュレーション			○			○		2,3
	4.2.8	マスクングによるインタフェース評価法	○	○	○	○				1
	4.2.9	風合い評価試験機							○	3
	4.2.10(1)	古典的なモックアップ、試作技術	○	○	○	○	○	○	○	3
	4.2.10(7)	アミューズメント用シミュレータ				○				3
	4.2.10(10)	画面デザインシミュレーション	○	○	○	○	○			3
	4.2.10(13)	人工環境実験室	○	○	○	○	○	○	○	3
	4.2.10(14)	「動物園に行こう」システム		○						1
	4.2.10(16)	車室内デザイン検証システム					○			3
	4.2.10(20)	ルノーが挑むリアリズム					○			3
	4.2.10(21)	建物のウォークスルー・プレゼンテーションシステム						○		3
	4.2.10(22)	都市開発シミュレーション						○		3
4.2.10(23)	Volvo社事故シミュレータ					○			3	
6 生理	4.2.1	可変クッション椅子	○	○	○					1
	4.2.2	ドライビングシミュレータ				○	○			3
	4.2.10(1)	古典的なモックアップ、試作技術	○	○	○	○	○	○	○	3
	4.2.10(4)	操作シミュレータ		○			○			2
	4.2.10(5)	フライトシミュレータ					○			3
	4.2.10(13)	人工環境実験室	○	○	○	○	○	○	○	3
7 行動	4.2.10(1)	古典的なモックアップ、試作技術	○	○	○	○	○	○	○	3
	4.2.10(14)	「動物園に行こう」システム		○						1

注1：実用レベルは、「1：研究段階」、「2：試用段階」、「3：実用済み」を示す。

表4-4 人間適合性評価支援技術の事例マップ（「人間、製品・環境代替物」技術）

人間特性	事例		業界						実用化レベル	
	参照章	標題	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設		アパレル
1 身体	4.3.1	乗員挙動解析システム（人体動作解析システム）				○	○			3
	4.3.2	寸法設計のガイドライン	○	○						3
	4.3.3	コンピュータマネキン	○	○	○	○	○			1,2
	4.3.4	眼鏡枠のオーダーシステム							○	2
	4.3.5	頸部有限要素法モデルを用いた衝撃解析					○			1
	4.3.8	都市環境ヒューマンメディア						○		1
	4.3.9	新製品ニーズに基づく最適設計案評価システム	○	○	○	○	○	○	○	1
	4.3.11(1)	衣服CADのための人体3次元形状モデル							○	1
	4.3.11(2)	CADマネキンを用いた設計支援システム	○					○		1
	4.3.11(3)	仮想服飾環境							○	1
2 動作	4.3.1	乗員挙動解析システム（人体動作解析システム）				○	○			3
	4.3.2	寸法設計のガイドライン	○	○						3
	4.3.3	コンピュータマネキン	○	○	○	○	○			1,2
	4.3.6	電動車椅子走行シミュレーション				○				2
	4.3.7	短下肢装具の力学特性と歩行運動機能評価技術				○				1
	4.3.8	都市環境ヒューマンメディア						○		1
	4.3.9	新製品ニーズに基づく最適設計案評価システム	○	○	○	○	○	○	○	1
	4.3.10	コンピュータゲーム	○							3
	4.3.11(2)	CADマネキンを用いた設計支援システム	○					○		1
	4.3.11(3)	仮想服飾環境							○	1
3 知覚	4.3.8	都市環境ヒューマンメディア						○		1
	4.3.9	新製品ニーズに基づく最適設計案評価システム	○	○	○	○	○	○	○	1
	4.3.10	コンピュータゲーム	○							3
4 認知	4.3.8	都市環境ヒューマンメディア						○		1
	4.3.9	新製品ニーズに基づく最適設計案評価システム	○	○	○	○	○	○	○	1
	4.3.10	コンピュータゲーム	○							3
5 官能	4.3.4	眼鏡枠のオーダーシステム							○	2
	4.3.9	新製品ニーズに基づく最適設計案評価システム	○	○	○	○	○	○	○	1
	4.3.11(4)	縮尺模型を用いたオフィスの心理的評価						○		3
6 生理	4.3.11(5)	人体熱モデル	○				○	○	○	1
	4.3.11(6)	温熱指標（PMV,標準新有効温度SET*など）	○				○	○	○	3
7 行動	4.3.11(7)	群衆行動のシミュレーション			○			○		1

注1：実用レベルは、「1：研究段階」、「2：試用段階」、「3：実用済み」を示す。

4. 1 「人間代替物」技術

4. 1. 1 二次元・三次元マネキン

1) 概要

人体の寸法や形状を模擬した平面及び立体のマネキンで、椅子や自動車等の設計、自動車の衝突実験の評価に用いられる。

表4.1.1-1 「二次元・三次元マネキン」の総括表

1	標題	二次元・三次元マネキン						
2	代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	樹脂や金属製などの平面もしくは立体形状のハードウェアモデル						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

人体の寸法や形状等を模擬したモデルである。平面形状のものを二次元マネキン、立体形状のものを三次元マネキンもしくはダミーと呼んでおり、椅子やベッドの設計、自動車等の室内設計、自動車の衝突実験や医療実験等の評価に用いられる¹⁾³⁾。

マネキンを用いることにより実際の製品をつくる前にその人間適合性を容易に評価できる。また実際の人間を用いることができない実験の代用としても利用されている。

(1) 二次元マネキン

人体の側面形状を平面で示したマネキンで、プラスチック等でできており、関節部分はピンで結合されていて動かすことができる(図4.1.1-1)³⁾。自動車、二輪自動車、椅子等の用途や人間の属性(人種、年齢、性別等)に応じてその形状が異なる。各属性の5、10、50、90、95パーセント値のものや縮尺1/1、1/2、1/5、1/10のもの等がある。

主として自動車分野では、アメリカのSAE(Society of Automotive Engineers)の規格に基づいて作られたSAE型や、それに準じて作成されたJSAE型等のマネキンが用いられている。

二次元マネキンを用いることによって、図面上で人体寸法や形状及びその動作と、製品・環境との関係を検討・評価することができる。さらに検討した結果をプレゼンテーションする際にも利用できる。但し、利用の際は、骨格構造が簡略化されていたり柔軟な動きが

できない等の、実際の人間との相違点があることに留意する必要がある。

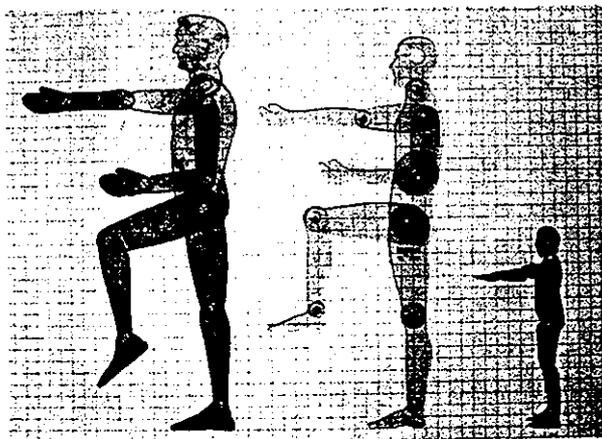


図4.1.1-1 二次元マネキンの例
左からバイオドッカ（スウェーデン）、
ドイツ製、そして野呂研究室製³⁾

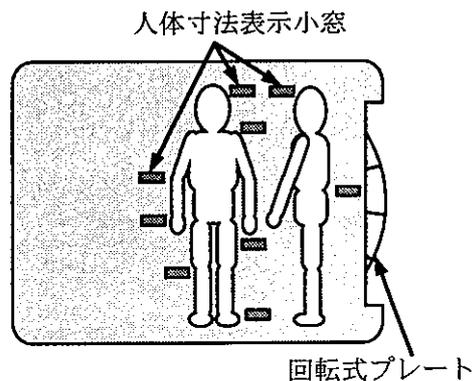


図4.1.1-2 HUMAN SCALE⁴⁾

また、図4.1.1-2のように回転式プレートを回すことによって、異なった属性の人間の寸法等が小窓に表示されるような樹脂製のスケールも発売されている。例えば、回転プレートを成人男子50パーセンタイル値に合わせると、小窓にその人体各部の寸法値が表示されるような構造になっている⁴⁾。

(2) 三次元マネキン

人体の形状や重量を模擬したもので、椅座位等での人体と製品・環境との静的な関係を三次元的に測定するために用いられる。二次元マネキンが製品設計の段階で用いられるのに対して、三次元マネキンは主として製品の評価段階で利用される。

日本工業規格では、「自動車室内寸法測定用三次元座位人体模型 (3DM-JM50)D 4607」が規格化されている⁵⁾。この模型は、座位の標準的日本人成人男子体位を単純化したもので、主として自動車の室内構造物と着座した乗員との静的な位置関係（寸法・角度）を測定するためのものである。“3DM-JM50”は三次元の日本人 (Japanese) の成人男子 (Male) の50パーセンタイル値という意味である。日本人成人女子の10パーセンタイル値の場合は、“3DM-JF10”のように表示される。

図4.1.1-3は、日本工業規格「自動車におけるH点の決め方 D0024」で用いられる3次元マネキンである⁶⁾。

(3) 動的実験用マネキン

自動車の衝突実験や医療分野の実験等で、実際の人間を用いて実験ができない場合の人間の代用として利用される三次元マネキンである。人間の寸法、形状、強度等の身体特性がモデル化されている。自動車衝突実験用ダミーには、成人、子供（新生児、生後6ヶ月、3歳、6歳、10歳等）、側面衝突実験用などがある（「5.1.1 TNO自動車研究所」参

照)。図4.1.1-4は、子供の自動車衝突実験用ダミーである⁷⁾。

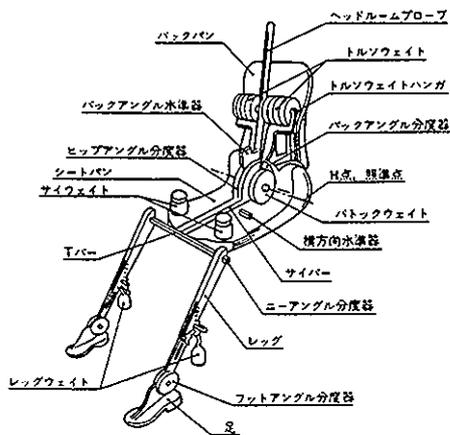


図4.1.1-3 三次元マネキンの例⁶⁾

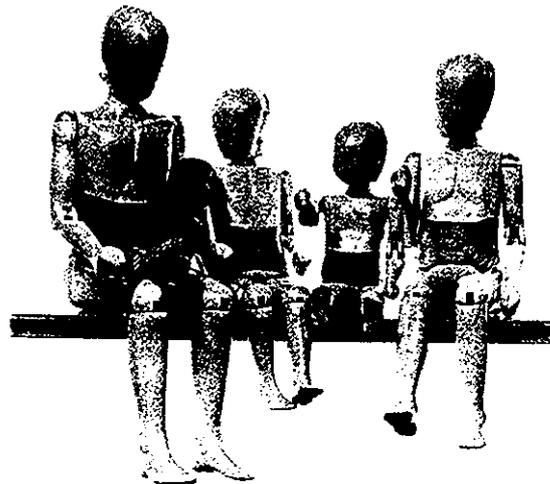


図4.1.1-4 動的实验用マネキンの例⁷⁾

3) 解説

マネキンは、数値データを直感的に理解・利用できるので設計や評価の場で有効である。但し、マネキンは実際の人間を忠実に再現しているわけではないので、マネキン利用の際には、そのマネキンの適用限界に注意する必要がある。

近年、CAD/CAM等の設計・製造の電子化に伴い、マネキンの電子化、いわゆるコンピュータマネキンの研究開発が進められている（「4.3.3 コンピュータマネキン」参照）。コンピュータマネキンは以下のような利点がある。

- ・人体計測データベース等とリンクさせれば必要な体型を持つ人体を瞬時に作成することができる。
- ・任意の点の位置や寸法等が容易にわかる。
- ・従来、実製品を用いて行っていた評価が製品をつくる前の図面上でわかるので試作のコストが削減できる。
- ・身体特性以外の人間特性データも搭載することができる。例えば視覚の特性データを搭載すれば、視覚の観点からの評価もできる。

しかし実体マネキン同様、コンピュータマネキンにも限界がある。実体マネキンやコンピュータマネキンを用いて製品仕様を絞り込んだ後、やはり最終的な製品評価は、コストや被験者の安全性等の制約条件の許す範囲で、実際の人間と実際の製品・環境で行うべきであろう。

また、マネキンはアパレル業界等で衣料品などの展示用にも利用されている。但し、この用途では、必ずしも人体データを再現しているとは限らず、販売イメージにそったデフォルメ等が加えられている場合がある。

参考文献

- 1) 野呂影勇編：図説エルゴノミクス，264～266，日本規格協会，1990。

- 2) 小原二郎, 内田祥哉, 宇野英隆 : 建築・室内・人間工学, 52~54, 鹿島出版会, 1969.
- 3) 野呂影勇, 安達幸四郎, 服部等作, 山本敏雄 : エルゴノミクスデザイン, 57~62, 日科技連出版, 1991.
- 4) Niels Diffrient, Alvin R. Tilley, Joan C. Bardagjy : HUMAN SCALE 1/2/3, 4/5/6, 7/8/9, MIT Press, 1981.
- 5) 日本規格協会 : 日本工業規格 自動車室内寸法測定用三次元座位人体模型 (3DM-JM50) D4607, 日本規格協会, 1994.
- 6) 日本規格協会 : 日本工業規格 自動車におけるH点の決め方 D0024, 日本規格協会, 1985.
- 7) TNO Crash-Safety Research Center : Crash Dummies パンフレット, TNO Crash-Safety Research Center, 1997.

(吉田光一)

4. 1. 2 靴型

1) 概要

製品を作るときに、それを使う人に代わって使われる3次元的な型で靴型は、革から靴製品一つ一つ作るときに使われる足型で、皮革に各種加工を施す受け台ともなっている。

表4.1.2-1 「靴型」の総括表

1	標題	靴型						
2	代替形式	人間		製品・環境		人間、製品・環境		
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	皮革を当てる足をプラスチック製 (または木製)の靴型に代替する						
5	利用業界	家庭 機器	情報 機器	公共 機器	産業 機器	輸送 機器	建築 建設	アパ レル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

1. 靴型とは

靴型とは、主としてプラスチックで作った足の代替品であり、その上に靴をかぶせて作る型のことである。したがって、靴型の善し悪しが、それを元に作った靴の、足に対するフィット性や、履き具合、機能に大きな影響を及ぼす [1]。

2. 靴型の使用者は

靴型の使用者は、専ら靴を製作する専門業者であり、従って一般の靴製品使用者（消費者）が靴型を見る機会はほとんど無い。

3. 靴型の特徴

靴型は、そのもつ形状が足の代替品として機能する他、その上に皮を乗せて皮を靴型にあわせて変形をさせるときの作業台としての機能も持つ。そのために、正確な形状だけでなく、かなりの程度の材料強度と表面硬度が必要で、しかも気温や湿度によって長さなどが変化しないことが重要である。

4. 靴型の製作

靴型のデザインや設計は非常に複雑であり、靴メーカーではなく、靴型メーカーによって作られる。モデル製作者は、個人技能者として最高度に熟練を必要とし、技術者であり、

芸術家、建築家でもある。モデル製作者は、靴の仕様に基づく要件をモデル型に「変換」する。靴型のデザインは、靴の仕様を決める靴メーカーが決め、それによって、靴型のスタイルとフィッティング特性が決まる。靴型はすべて曲面であり、この曲面の出来方次第でフィット性が左右されるため、30種類以上もの個別の寸法が測定されて、最終的な靴型の形が決定されている。図4.1.2-1に靴型の例を示す。

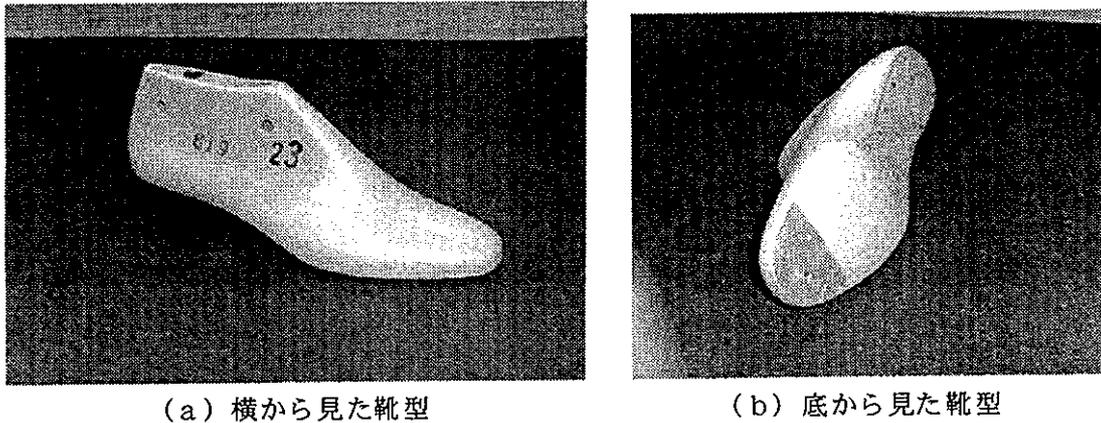


図4.1.2-1 靴型の概形

異なるサイズの靴型を作るときは、比例的靴型割出し方式が使われるようになってきた。これは、サイズが大きくなれば、靴型のあらゆる部分でサイズを、等差ではないが〔2〕、大きくすることでフィット性を向上させる。モデルの靴型ができれば、靴型は、主としてプラスチック材から精巧な靴型用倣い旋盤で作られる。

5. 靴型の使用形態

靴型は、様々な方式がある靴の製作工程のなかで、裁断された材料から足の甲に当たる部分を作る縫製（製甲）工程、表底、中底、月型芯、先中芯、不踏芯、ヒールなどを甲につけて靴の半製品をつくる釣込み、底付け、ヒール加工などの工程において、革を袋上に縫いつける作業を行うときに形を形成させるための型として使われる。すなわち、人間の足の複雑な形状を模擬した靴型に合わせて、引っ張りながら密着させて沿うように皮革を変形させながら、曲面を生成させる〔1〕〔3〕。このように、靴を製作する大部分の工程において、それを履く足のかわりに使われるのが靴型である。

6. 靴型のメリット

平面に近い皮革の形状から、かなり曲率の変化がある足にフィットするような靴の形まで変形させるためには、足に近い（正確に足形状に一致させる必要は無い）倣い型を使うことで、容易に曲面生成が可能となる。材料が皮革でなくて、立体的な材料から切り出して曲面を創生するのであれば、NC加工機を使えるのでこのような型は必要ないが、面状

素材から作り出すことで、立体的な型が必要となっている。

7. ブレイクスルー課題

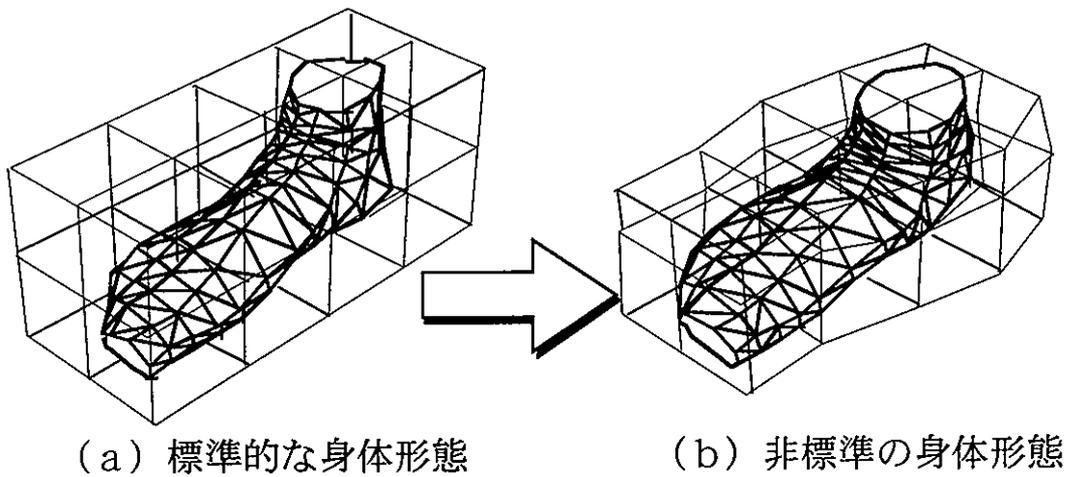
足と靴型との形は完全に同じではない。それは、足と靴とが全く同じものである必要がないからである。しかし、全く同じものでないために、どのような形状にしたら良くフィットするかが数式的に表現できないため、長年の熟練によって、靴型のモデルを製作している。ところが、現実の足の形は千差万別であり、小さな変化は無視しても統計的な形状の分布と、靴型の形状の種類との対応が必ずしもよくフィットしていない点が課題である。したがって、今後の課題として、足の形状の分布に対応した靴型形状の種類を開発するとともに、分布から大きくはずれた位置にある形状の足に対応した靴型も、容易に製作可能とする技術開発が必要とされている。

3) 解説

靴型は、足に直接接する靴の形状を決定する重要な製作上のツールであるが、単に足の形に近づけることを目的に靴型の形状が決まる訳ではなく、靴に使う皮革の特性を生かしながら、足と皮革とがほど良い圧力で接するように形状を決めなければならない点に、単純に計算できないむずかしさがあると思われる。靴型に似た機能をもつ工業製品に人台がある。これも、衣料品を製作するとき、フィット性などを考慮して衣料品の立体形状を決定するときに使われる人間の形状を模擬したツールである。いずれも、全く人体形状に一致させていない点で、その形状決定には、かなりのノウハウが必要である。このノウハウを客観的に記述でき、コンピュータに載せることができれば、個人の体格、あるいは、少数の分布範囲にある形の足に対応した靴や衣料品の製作が可能となる。この新しい技術に挑戦している研究を次に紹介する [4]。

足と靴型との対応に関する研究：

この研究では、標準的な足の形状とそれに対応した靴型との対応関係を保ったまま、標準的でない扁平足などの足に対応した靴型を自動的に求めることを目的としている。足形状の分布から大きく離れた形状の足には、なかなかフィットする靴が得られにくい。それは、需要が多くないため、特殊な靴型を作るコストが大きくなり、生産量が少なくなって割高となっている。そこで、標準的な足と靴型との関係を、非標準的な足に対応した靴型の形を求めるために使う試みである。手法としては、足と靴型との形状の違いは、標準的足でも、非標準的足でも類似しているのではないかという仮定のもとで、標準的足を非標準的足に変形させるように空間を歪ませたときに、同じ空間歪を標準的な足に対応する足型に与えれば、非標準的な足に対応する足型が得られるのではないかという前提で行われるものである。図4.1.2-2にその説明を図で示している。通常は、(a) 標準的な足形状であり、(c) はそれを元に熟練技術者が製作した標準的な足型である。この両者の関係を保ったまま、コンピュータで (a) の形状が非標準の (b) の形状になるように空間を歪ませたとき、同じ空間におかれた (c) の足型は (d) のように変形される。(a) と (c) の関係がフィット性が高ければ (b) と (d) の関係も同じ関係を保っているので、フィット性が高まり、容易に足型の形状を求めることができるという手法である。



変換関数（制御格子点）の取得

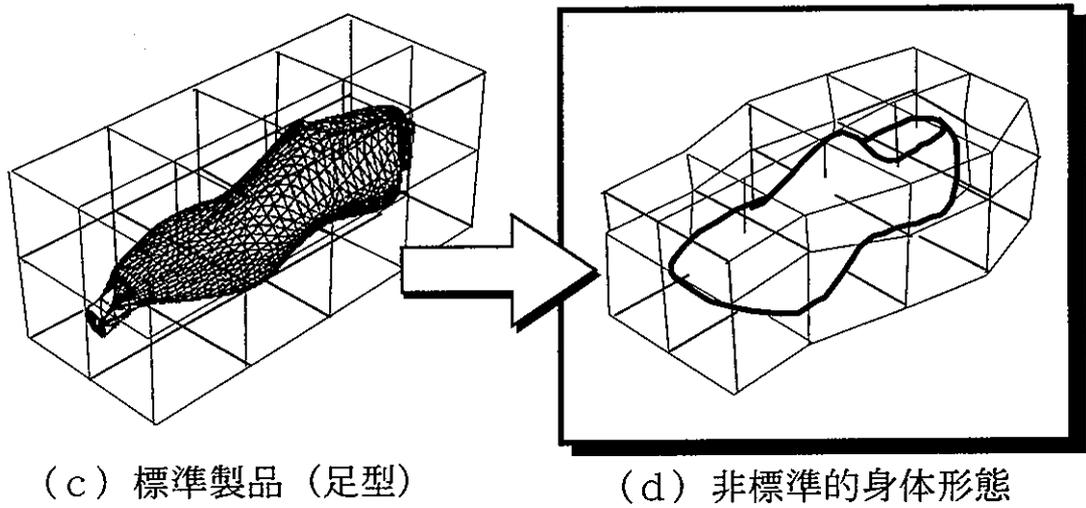


図4.1.2-2 足と靴型との対応に関する研究

参考文献

- [1] ウィリアム A. ロッシ、ロス テナント著、熊谷温生訳：プロフェッショナルシューフィッティング 靴合わせのプロ、日本製靴（株）、1987
- [2] 河内まき子、山崎信寿：足と靴型のアロメトリー、人類学雑誌、第100巻第1号、101-118、1992
- [3] 宮川俊雄：靴の商品知識、（有）ぜんしん、1991
- [4] 持丸正明、河内まき子、福井幸男、堤江美子：FFD法による形態間距離に基づく足部三次元形態の特徴分類、人間工学、第33巻、第4号、229-234、1997

（福井幸男）

4. 1. 3 人体計測（寸法、形状）データベース

1) 概要

人体の寸法や形状等のデータベースで、製品・環境の形状設計等の基礎となるものである。

表4.1.3-1 「人体計測（寸法、形状）データベース」の総括表

1	標題	人体計測（寸法、形状）データベース						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	数値データ、三次元の形状データ						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

従来から製品・環境の形状設計等の基礎データとして、人体寸法等の計測が行われてきた¹⁻⁴⁾。測定方法は、“ISO 7250 Basic human body measurements for technological design”や“JIS Z 8500 人間工学 人体寸法測定”で基本的な事項について規定されている。またこれらのデータをもとに、各種の二次元・三次元マネキンやコンピュータマネキンの寸法や形状の設計がなされている。

以下、（社）人間生活工学研究センターの人体計測データベースについて述べる⁵⁻⁷⁾。

1992年から94年の全国規模の人体計測キャラバンにより、7歳から90歳代の男女3万4千人の178箇所の身長寸法値データ（図4.1.3-1）と3次元画像データ（図4.1.3-2）を収集した。

計測数、項目数、画像データの収集の面で世界にも他に類をみない膨大なデータ量である。提供データは、生データ、統計データ（平均値、最大値、最小値、標準偏差、パーセントイル値、度数分布表、ヒストグラム）、相関データ（二つの部位寸法の関係）、3次元画像データである。3次元画像データは、xyz座標データとしてIGES、DXF形式で提供され、パソコン上で表示することによって、任意の2点間距離、断面積、周囲長、体積、表面積などの数値情報を得ることができる。さらに、数値データだけではわからない身体形状を調べたり、CADを利用した製品設計において重要なデータとして注目されている。

データの利用状況については、1994年8月からデータの提供を開始し、衣料品、自動車、家電、OA機器、医療機器、眼鏡、家具、住宅などさまざまな産業分野における製品設計や、衣料品、靴などのJISサイズ改正の基礎データとして広く活用されている。

1997年3月現在で延べ1,800万データの利用があった。

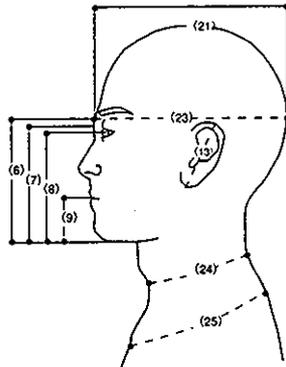


図4.1.3-1 寸法データの例⁷⁾



図4.1.3-2 画像データの例⁷⁾

最近の新しい活用事例としては、(株)七彩と共同で「平均的人体寸法ダミー」を開発した(図4.1.3-3)⁸⁾。このダミーは20代の男性・女性、40代女性の平均値を忠実に反映した人体マネキンである。「平均的人体寸法ダミー」の特徴は、長年のマネキン作りのノウハウを活かして、忠実に再現された人体形状と寸法が「目の当たり」に確認できることで、しかもその寸法が計測可能なように計測点が記されている点である。

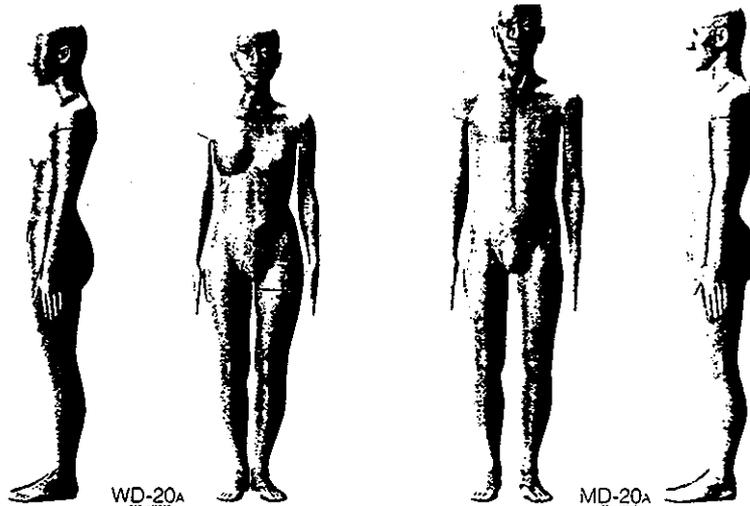


図4.1.3-3 平均的人体寸法ダミー (20代の女性・男性)⁸⁾

生命工学工業技術研究所においても1991年から1992年にわたって、人体寸法計測が行われた⁹⁾¹⁰⁾。被験者は、青年群として18歳から29歳までの青年男女各約200名、高齢者群として60歳以上の高齢者男女各50名である。計測項目は全身約260項目である。

人体の内部形状も含む3次元解剖データベースとしては、米国のコロラド大学で行われている"Visible Human Project"が著名である¹¹⁾。コンピュータトモグラフィー(CT)画像、磁気共鳴(MR)画像、及び人間の全身連続切片(男性は1mm厚、女性は1/3mm厚)

の断面形状をデジタル化してコンピュータにとりこみ、解剖学的構造や組織形態を三次元的に再構築した画像データベースである。現在、Gold Standard Multimedia 社から、"The Complete Visible Human Male" 第2版が発売されている（図4.1.3-4）¹²⁾。応用の一例として、バーチャルリアリティ技術を用いた外科手術のトレーニングシミュレータの研究開発も行われている（「4.2.3 手操作シミュレーション」参照）。



図4.1.3-4 Visible Human Male ¹²⁾

また、メタボール手法を用いたモデラー（METAEDITOR）によって、人体の外形、骨格、内臓から細胞、血管、末梢神経などの細かい部分にわたる三次元CGの人体データベースの構築が進められている。さらに人体データに加え、部位名や発音、テーマ別のアニメーション映像などを統合したライフサイエンス情報統合システムの開発も行われている（図4.1.3-5）¹³⁾。医学現場でのコミュニケーションや、一般向けの情報サービス等に利用されている。

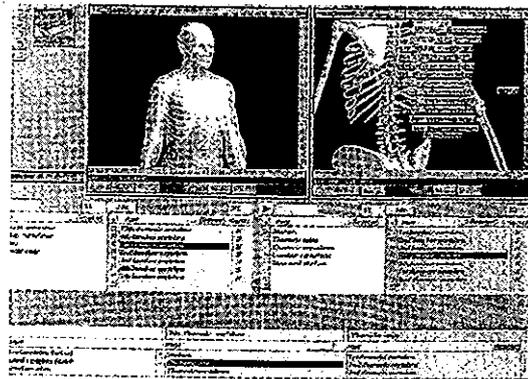


図4.1.3-5 ライフサイエンス情報統合システム¹³⁾
MDSCOPE (Multidimensional Scope)

3) 解説

人体寸法や形状は、製品・環境の形状設計や配置等にとって基盤となるデータである。今後は、設計や製造のデジタル（電子）化、統合化の進展に伴い、3次元の人体形状測定等から得られたデジタル化された人体のデータの重要性が高まると考えられる。そのためには、計測方法の標準化、設計者が簡単に利用できるデータベース（生データに加えて数々

の観点から解析されたデータや知見を含む)の構築などが望まれる。また、実際の設計では人間の動作とモノとの位置関係がその適合性を検討する上で重要である¹⁴⁾。したがって動作データベースのようなものの構築も必要であろう。

これらのデータや知見を設計に活用するためのコンピュータシステムが、コンピュータマネキンと言われるものである(「4.3.3 コンピュータマネキン」参照)。産業科学技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術(1990~1998)」の中では、“形態・動態適合性評価システム”の名称で、空間設計や機器配置の場で活用できる人体モデルを中心としたシステムを開発中である¹⁵⁾。

また、内部構造をも含む人体データベースの構築は、製品設計のみでなく医学分野での研究・教育用や患者とのコミュニケーション等、人間研究全般にも役立つと思われる。

参考文献

- 1) 航空開発実験集団 航空医学実験隊編：航空自衛隊員の身体計測値(装備品等設計のための人間工学的資料 1988年測定)，1992年3月31日。
- 2) 日本建築学会編：建築設計資料集成，丸善，1980。
- 3) 大島正光監訳：ヒューマンファクター，135~147，同文書院，1988。
- 4) 佐藤方彦監修：人間工学基準数値数式便覧，3~50，技報堂，1992。
- 5) (社)人間生活工学研究センター編：人体計測データベース構築に関する報告書，(社)人間生活工学研究センター，1996。
- 6) (社)人間生活工学研究センター編：日本人の人体計測データ：(社)人間生活工学研究センター，1997。
- 7) (社)人間生活工学研究センター編：人体サイズ計測データベース活用のご案内：(社)人間生活工学研究センター，1997。
- 8) 株式会社七彩：平均的人体寸法ダミーカタログ，1996。
- 9) 生命工学工業技術研究所編：設計のための人体寸法データ集：(社)人間生活工学研究センター，日本出版サービス，1997。
- 10) 生命工学工業技術研究所編：設計のための人体計測マニュアル：(社)人間生活工学研究センター，日本出版サービス，1994。
- 11) Victor Spitzer, Michael J. Ackerman, Ann L. Scherzinger, David Whitlock : The Visible Human Male: A Technical report, Journal of the American Medical Informatics Association Volume 3, Number 2, 118~130, 1996.
- 12) Victor Spitzer, David : The Complete Visible Human Male version 2.0 カタログ, WhitlockGold Standard Multimedia Inc., 1996.
- 13) 高沖英二 : MDSCOPE (Multidimensional Scope) の現状と未来, Medical Imaging Technology, Vol.14, No.2, March 1996.
- 14) 小原二郎編：デザイナーのための人体・動作寸法図集，彰国社，1985。
- 15) (社)人間生活工学研究センター、(財)日本産業技術振興協会編：人間感覚計測応用技術 平成8年度研究開発成果報告会テキスト，85~88，1997。

(吉田光一)

4.1.4 高齢者・身体障害者の疑似体験

1) 概要

装着具の着用や疑似体験装置を通して、高齢者や身体障害者になった時の疑似体験ができる^{1~4)}。他の属性の人間になって、例えばユーザの視点から、製品・環境設計の検討や評価が可能である。

表4.1.4-1 「高齢者・身体障害者の疑似体験」の総括表

1	標題	高齢者・身体障害者の疑似体験						
2	代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	実際の間人が疑似体験用の装着具を着用						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

バリアフリーやユニバーサルデザインが提唱され、製品や環境の開発、設計において、高齢者や身体障害者等の社会的弱者への配慮が強く求められている。老化や身体障害に伴い視覚、聴覚、動作機能の低下などが生じるが、それらを具体的に把握することは製品設計者にとって従来容易では無かった。高齢者・身体障害者の人間特性の研究が進み、アメリカ等ではすでに20年ぐらい前から疑似体験用の装着具や装置の開発が行われており、近年日本でも日本人の特性に合ったものが実用化されている。装着具を着用することによって身体的な変化に加えて、その変化に伴う心理的な変化も擬似的ではあるが体験できる。

高齢者・身体障害者の動作特性や知覚特性を疑似体験することによって、設計者が現在の製品や環境の問題点を実感すると共に、ユーザの視点に立った製品・環境開発を検討することが可能となる。またエンドユーザにとっても、将来自分が老化した場合のことも考慮した製品や環境（例えば住宅等）の評価ができる。

製品開発以外の用途では、医療・福祉に携わる人々の教育研修、高齢社会を迎えるに当たっての啓蒙活動等に利用されている。

疑似体験には、大きく分けて以下の2つのタイプがある。

- (1) 装着具を着けて住宅、百貨店、駅、公共施設などの実際の生活の場を体験する。
(階段の登り降り、電話をかける、切符を買う、電車に乗る、食事をする等)
- (2) 疑似体験用の装置や体験ブースに入って体験する。

疑似体験装着具は以下のようなものがある。

- (1) ゴーグル、眼鏡
視力の低下、白内障、視野狭窄等を体験できる。
- (2) 耳栓
聴力（高音域）低下を体験できる。耳栓をしてさらにヘッドフォンからノイズ音を聞くシステムもある。
- (3) 手袋
触覚、温度感覚等の皮膚感覚機能の低下を体験できる。
- (4) 重り
腕や脚に装着して筋力低下を体験できる。また左右に異なった重量の重りを装着して平衡感覚の低下を体験できる。
- (5) サポーター
肘や膝などの関節に装着して、関節の曲がりにくさを体験できる。
- (6) 妊婦体験用装着具
図4.1.4-1のような装着具を着用する²⁾。腹部に重量が加わるとともに腹部の出っ張りでもとが見にくくなる事などを体験できる。
- (7) 片まひ体験用装着具
装着具を着用し、からだのバランスがとりにくい、膝、足首が曲がらない等の状態を体験できる。
- (8) 車椅子：車椅子体験ができる。



図4.1.4-1 妊婦の疑似体験²⁾

疑似体験装置、体験ブースは以下のようなものがある³⁾。

- (1) 視覚変化体験
黄変照明や透明度を変えられるフィルターを備えた部屋の模型を覗くことで、老人性白内障等の高齢者になった時の物の見え方が体験できる。
- (2) 聴覚変化体験
日常生活で聞いているような踏切音等を電氣的に加工して、高齢者の耳に聞こえる音で聞くことができる。

3) 解説

コンピュータを主とする高度な技術の急速な発展によって高機能な製品や複雑な操作方法を持つ製品が生み出され、逆に人間の方は高齢社会を迎えてその人間特性能力の低下が見られる。このような二つの要因による、製品と人間の間で広がるギャップを埋めることは重要な課題である。

疑似体験を通して高齢者や身体障害者の視点に立ち、製品や環境を評価検討することは、有効な方法である。但し、この場合、体験するのは自分自身であるので評価結果は主観的なものとなる。例えば同じ疑似体験装着具を装着しても、自分と他者が同じ体験をしているかどうかは不明である。あくまでも疑似体験であるので、実際の製品・環境設計の場では客観的な評価検討も必要である。

参考文献

- 1) 通商産業省 工業技術院 暮らしとJISセンターパンフレット, 1996.
- 2) 積水ハウス株式会社 総合住宅研究所 納得工房ガイドブック, 1995.
- 3) 後藤義明: 納得工房における体験学習と防災, 建築防災, 233, 7~11, 1997.
- 4) (社)長寿社会文化協会: 高齢者疑似体験プログラム”うらしま太郎”パンフレット, 1993.

(吉田光一)

4. 1. 5 高齢者視認特性 システム

1) 概要

日本の人口構成は、97年には高齢者（凡そ65歳以上）人口が年少者（0から14歳）の人口を上回り、2005年には総人口に占める高齢者の割合は、ほぼ20%に達すると予測されている。まさに高齢化社会は目前に迫っており、その対応技術を確立しておくことが急務となっている。ここでは、高齢者の視覚機能低下の概要とそれらを模擬する技術について紹介する。

この技術を用いることにより、高齢者にとって、どのような表示がどの程度見にくいかを客観的に評価することが出来る。今後、製品の表示文字、カタログやディスプレイ、メータ類の文字などを高齢者に、より見やすくするために活用できる。

表4.1.5-1 「高齢者視認特性 システム」の総括表

1 標題	高齢者視認特性システム						
2 代替形式	人間		製品・環境		人間、製品・環境		
3 人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4 代替、表現技術	ディスプレイに年齢相当の視認特性を模擬						
5 利用業界	家庭 機器	情報 機器	公共 機器	産業 機器	輸送 機器	建築 建設	アパ レル
6 開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7 実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8 備考							

2) 事例紹介

1. 機能低下と模擬技術

加齢に伴う視機能の低下は、眼球の光学特性の変化から生じるものと、制御特性の変化に起因するもの、視神経線維の減少が原因と考えられているものがある。光学特性の加齢変化は透光体の新陳代謝の不良と瞳孔の縮小により分光組成の変化、空間的な感度特性の変化、グレアの増大をもたらす。一方、制御特性の加齢変化は、焦点調節機能や眼球運動特性の低下をきたす。

また、視神経の加齢変化によるものとしては、短波長光と高空間周波数に対する感度低下がある。

ここでは、高齢者の視認性定量評価支援技術によく使われる分光特性、空間周波数特性、焦点調節特性の変化と模擬技術について紹介する。

①分光特性

加齢に伴い、瞳孔の縮小による光量の減少と、水晶体の透過率が低下してくる（図4.1.5-1）。低下の度合いは特に短波長域で大きい。これは、水晶体を構成する蛋白質が加齢に伴って不溶性の蛋白質になり、黄白色化することが原因と考えられている。透過率の低

下は加齢に伴い全体的に暗く、青色盲に似た状態で知覚されることになる。

この様な状態は、各年齢による分光透過率低下の割合を、R（赤）G（緑）B（青）成分毎に補正したり、NDフィルタを使用して再現する事が出来る。

②空間周波数特性（コントラスト感度）

空間的に刺激強度が正弦波状に変化する縞パターンを用い、縞間隔や刺激強度を変化させコントラスト弁別能力を定量化する。この空間周波数特性は加齢に伴い、中・高空間周波数帯域において感度低下が起こり（図4.1.5-2）、小さな文字やエッジが見えにくくなる。この劣化の原因は、眼球の光学系と、網膜から脳に至るまでの視神経伝達系の劣化によるものと考えられている。

この視機能低下は、あらかじめ画面にローパスフィルタリングを施すことにより中・高空間周波数成分を設定年齢に応じて取り除き、高齢者のコントラスト感度を再現できる。

③焦点調節特性

老眼（近点距離の延長）に代表される焦点調節力の低下がある。調節力は歳をとってから低下するものではなく、図4.1.5-3に示されるように子供の頃から変化している。

一方、焦点調節に要する調節速度の低下は、加齢と共に進行し、結像不良によるぼけや、運動物体の輪郭がぼやけて見える動体視力の低下（図4.1.5-4）をもたらす。これは加齢に伴って、徐々に水晶体の弾力が失われていくことによる。

調節力の不足は合焦点位置の網膜からのずれ量を画像処理により近似する。焦点調整力の低下については、反射鏡やホログラムを用いて実際の表示位置をずらしてより遠方に表示させることで再現できる。

これらの一部を組み込んだ装置の例を図4.1.4-5に示す。

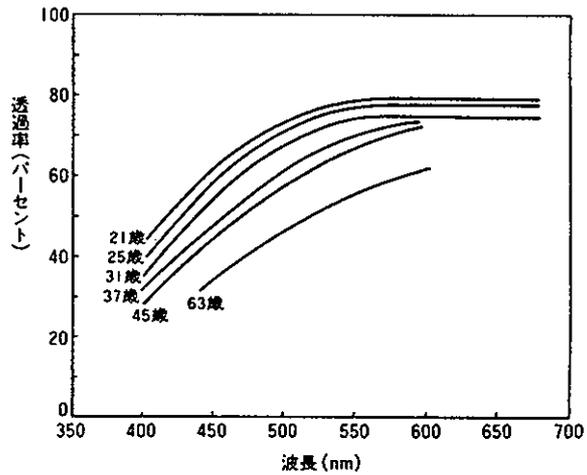


図4.1.5-1 水晶体の透過率

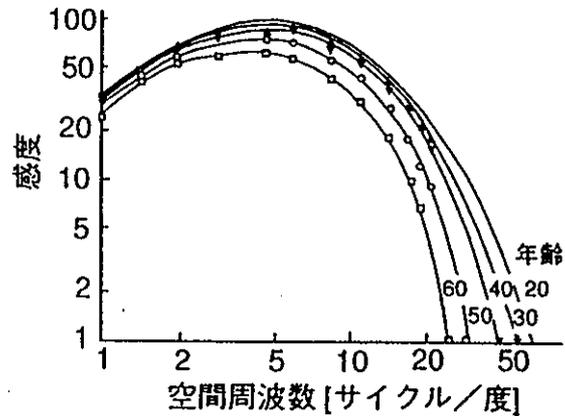


図4.1.5-2 コントラスト感度と年齢

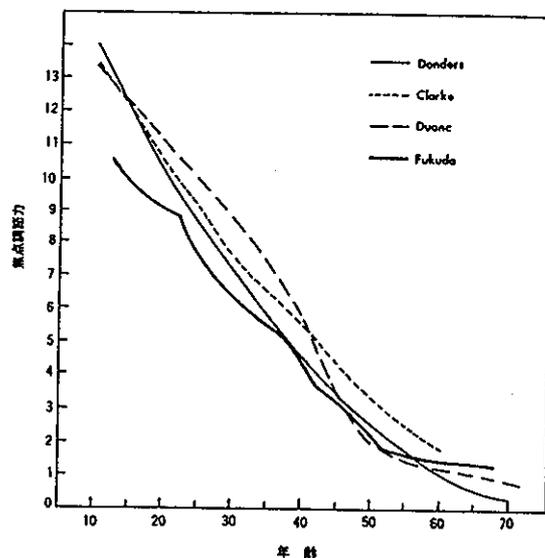


図4.1.5-3 調節力と年齢

2. 高齢者視認特性システムのメリット

高齢者がどのように見えているかは、従来、試作品を作り多数の高齢者に質問に答えてもらう形で評価をおこなったり、開発者がレンズ等を通して強制的に視力を変化させることにより評価してきた。

画像処理を含むこのシステム（CGソフト、CRT、輝度計、工学フィルター類）を用いることにより、視覚情報処理特性を任意に変化させ、視覚機能の加齢に伴う変化の一部を模擬できるようになった。このシステムを用い、高齢者でない設計者、研究者でも高齢者にとって、なにがどのように見にくいかを客観的・定量的に評価することができる。

製品開発の場では、主に、高齢化社会に向けた製品の仕様検討で用いられ、研究者がシステムを開発しながら活用しているのが現状である。しかしながら、最近の画像処理技術の進歩はめざましく、ごく近い将来には、設計者のレベルまで使用できる段階に来ると思われる。

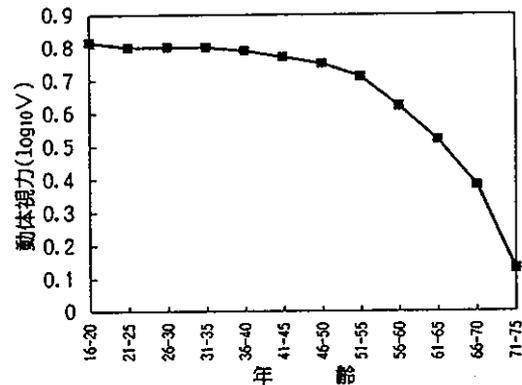


図4.1.5-4 動体視力と年齢

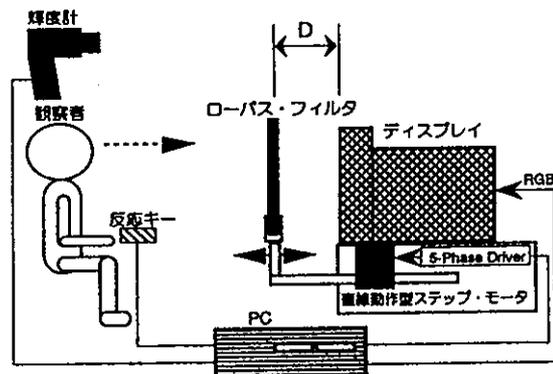


図4.1.5-5 視認性評価実験装置

3) 解説

現在、この技術は主に、車両に搭載するディスプレイ、計器・制御板の文字などを、高

齢者に、より見やすくするための研究開発に活用されている。最近では、公共設備等の道順や非常口を、高齢者に分かり易い表示にするための研究にも使われ始めている。また、製品に使われる文字や、取扱説明書の書体や色、背景色の組み合わせと、高齢者の可読性との研究に応用すれば、より鮮明な製品文字や印刷物を提供できる。

この技術は標準的な年齢者の薄暮時や夜間、霧、火災等の煙によって、表示はどのように見えにくくなるかを模擬することも可能である。これらの技術を道路標識をはじめ、駅や空港の表示板、広告用の看板にも適応すれば、我々の視空間は驚くほど違ったものになるのではないだろうか。

さらには、色弱者や弱視者がどのように見えているのかを完全ではなくとも、より具体的に知ることができ、これらから得られる知見は、医療現場で治療の確認補助に使えないだろうか。

参考文献

- ・ 樋渡、安田、大串、斉藤共著 視聴覚情報概論 昭晃堂
- ・ 池田光男、池田幾子共著 目の老いを考える 平凡社

- ・大頭、行田、年齢による時空間周波数特性の変化、日本眼光学学会誌、VOL.8(1)'87
- ・金谷他、高齢者の視覚と視環境 National Technical Report Vol.38 NO.6 D
- ・渥美一成、動体視力と運転特性、'93医学と工学から見た交通安全対策
第2回日本交通医学工学研究会学術総会
- ・平成2年度 高齢者の運転特性に関する研究、(財)日本自動車研究所報告書
- ・山本、高齢者に見やすい車載ディスプレイの表示方法、'96医学と工学から見た
交通安全対策 第5回日本交通医学工学研究会学術総会
- ・舟川、高齢者の視覚とそのシミュレーション、日産技法 第33号 ('93-6)

(鈴木哲生)

4. 1. 6 臨場感遠隔会議

1) 概要

臨場感遠隔会議システムは、複数箇所の遠隔地に居る人々を代替させて、それぞれの人のところ一カ所にみんなが集まって話し合っているかのような状態を作り出すシステムである。テレビ電話、テレビ会議システムは市販されるようになってきているが、映像の品質、音場の再現性、多地点間での通信性などの点で、技術的課題があり、さらに、臨場感、心理的距離感などの人間の心理的な側面でのバリアの定量的評価手法の開発などの課題がある。

表4.1.6-1 「臨場感遠隔会議」の総括表

1	標題	臨場感遠隔会議						
2	代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	会議をする複数の相手の顔を、直接、またはコンピュータ合成技術で代替する						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

1. 臨場感遠隔会議とは

複数箇所の遠隔多地点にいる人々が、通信設備を利用して仮想的に集まって会議をする情報システムとする。このとき、ある人から見れば自分以外の人が自分のところに集まっているかのように感じられるシステムである。したがって、地点の数だけ自分のコピー（本物を含めて）が作られて送られる。

2. 臨場感遠隔会議の使用者は

この会議は、通常の会議の機能を通信設備を使って行うもので、お互いの表情や仕草を見ながらその場の雰囲気に応じて意見を出し合うインタラクティブな情報交換の場で、ビジネスマンや、ネットワーク上で話し合う一般市民などが使用者となりうる。将来は、物を購入するときに、単なる通信販売と違って、店舗に出向かなくても店員と話し合って納得してから購入する商品購入形態も考えられる。学校や、塾、職場でさえ、このような仮想空間での情報交換の場となることも情報技術が大幅に進化すれば考えられる。

3. 臨場感遠隔会議の特徴

3.1 臨場感遠隔会議システムの目的

遠方地点にいる人々が一箇所に集まって会議をするためには、日程の調整、交通手段を使った往復にかかるコストが必要であり、この問題を解決するために、通信手段等を使って仮想的に集まったかのような臨場感のある場を作り出すことを目的としている。

3.2 現状の技術

人と人が会って話し合う場の臨場感を演出するために必要な主な情報は、視覚情報、聴覚情報であると考えられる。これを実際の会議場と類似した情報提供する場を作る技術であり、現在実用化、または研究されているものに、(1)テレビ会議システムに代表される双方向実画像伝達システム、(2)画像認識技術を用いて人間の特徴量を抽出して送り、受け手側でコンピュータグラフィックス技術で再生して提示する臨場感会議システム、(3)コンピュータネットワークを利用してコンピュータ上のソフトウェアで画像、音声情報を双方向のみならず、3箇所以上の地点での情報を相互に交換できるネットワーク会議システム等がある。

3.3 臨場感遠隔会議の利用形態

本来、会議とは3人以上の人が意見を述べ合い、調整していくものであるが、これまでのシステムでは、主として2地点間での利用がなされている。テレビ会議システムでは、電話の延長としてのテレビ電話を発展させたもので、映像情報を双方向に送ることで、3人以上いても、ふたてに分かれて利用することが多い。その場合、どうしても参加者の意識が、こちら側と相手側の2手に分かれてしまうことが多い。また、コンピュータネットワークを利用して、3地点以上の画像を別々のウィンドウに表示して、互いに表情などを送る実験も行われているが、いまだ臨場感という雰囲気ではなく、相手の顔情報がわかる程度で、実用的な利用には至っていない。

また、2地点間利用形態には、エンドツーエンドと、センターツーエンドという分類も挙げられる[1]。エンドツーエンド形態では、会話のように双方向が対等であるのに対し、センターツーエンドでは、一方方向の情報の流れが大きいなど偏った情報のながれであり、通信衛星を利用した遠隔授業や、コンピュータネットワークを利用した仮想ショッピング街などの利用がこの形態となる。

3.3 メリットとデメリット

臨場感遠隔会議のメリットは、もちろん、遠方に出張して時間とお金をかけて会う手間を省くことが挙げられる。人の代替物としてその人の映像と音声を遠隔地に送ることで、実在の人が移動することを省くことができる。2者間での対話では、言葉によって伝えられる情報は全体の35%に過ぎず、残りの65%は、話しぶり、動作、ジェスチャー、視線の変化、表情の変化など、言葉以外の方法で伝えられると言われている。

しかしながら、現状の技術ではこの65%の、言葉以外の部分を完全に伝える能力が無いため、これがデメリットとして働き、実用化されていてもそれほど普及していない。また、技術的には解決の可能性は高いが、現在市販されているテレビ会議システムでは、情

報の品質が極めて悪い。相手一人に対して、ハイビジョン並みの解像度で表情を捉えないとなかなか、微妙なところは把握できない。さらに大きな点として、空間の壁は越えても、時間を共有しなければならない制約があって、多忙な現代のビジネスマンにはそれほどのメリットが感じられない。そのために、たとえ情報としては極めて低レベルの文字情報であっても時間の壁を越えられる電子メールが、はるかに普及してきているのが現状である。

4. ブレイクスルー課題

現在、それほど普及していないテレビ会議システムに考えられる課題を挙げてみる。大別して技術課題と、人間側の心理的な課題である。技術課題の一つは、人間は非常に多くの情報を発信し、また受信できる能力があり、現在の電子技術を利用した遠隔情報通信システムの容量ではとうてい及ばないほどの情報交換を実際の会議では行っていると思われる点がある。また、漫画のどらえもんが持っている「どこでもドア」のような便利さが無い点も課題である。これらの技術的な課題は、随時性、可搬性、多対地、高品質情報、操作性などに集約されると思われる。技術の進歩が著しい現在、これらの課題はやがて克服されることが予想される。

情報通信量のボトルネックを解決することを目標に、コンピュータグラフィックスによる顔の合成技術も研究されている。これは、表情の成分を映像から抽出して符号化し、少ない情報量で相手側に送り、相手側にはもともと送られている静止画像を、送られてくる表情の情報に合わせてダイナミックに変化させて再現させる技術である[2]。

一方、もう一つの大きな課題として、人間側の心理的なバリエーションがあると考えられる。たとえば、典型例として留守番電話に伝言を伝えるときに、誰でもある種の気まずさを感じた経験があると思われる。この気まずさはどこからくるのかを考えると、人間の特性として、これまでなじんでいなかった環境では緊張して、普段の状態になりにくいのかかもしれない。相手がそこにいるという感覚が伝わらないと、なかなか自然に対話できないという心理的なバリエーションがあるように思われる。このバリエーションをいかに定量的に把握して、評価、克服するかという課題がある。

3) 解説

ネットワーク環境の整備が進む中で、遠隔地においても容易に入手できる情報が増えているにも関わらず、人間が直接関係する情報交換、会議はなかなかネットワーク上で実現しにくい面がある。ただ、リアルタイム性を除けば、文字情報を交換するパーティのような議論はよく利用されている。これは、新聞や読書で文字情報の入力に慣れており、また、論文執筆などで文章を書くことにも慣れているためかも知れない。

このようなことを考えれば、画像情報の交換も慣れてくれば自然に対応できるようになるのかも知れない。しかし、慣れるまでの間、インタフェースとしてどのように改善していくかを考える必要があると思われる。ここで、相手との心理的な距離感を縮めるための工夫を施した遠隔画像交換システムの研究を紹介する[3]。

この特徴は、自分の姿を複製し、仮想的な自分を、同じく仮想的な姿の相手の近くまで移動させることにより、自分も相手も同じ仮想空間を共有することによって、相手との心理的距離感を縮める原理である（図4.1.6-1参照）。



図4.1.6-1 超鏡の実験図

(右側の男性の像がスクリーンに鏡のように映っているが、スクリーンには遠方にいる他者(白い服を着た人)も存在する)

人と人とのコミュニケーションでは、相手の全身から発する情報を総合して受け取り、相手の考えていることを理解しようとしている。臨場感遠隔会議システムにおいて、人から発する全情報をどの程度忠実に伝達できるか、ということが製品としての評価に結びつくはずである。そのためには、人間の生理特性と会議システムの物理特性とのマッチングの問題だけでなく、会議システムを経由した人と人とのマッチング特性を評価することによって、会議システムという製品の評価が行われることになると思われる。

参考文献

- [1]吉井博明:「テレビ電話・テレコンファレンスへの期待—利用者の立場から—」、テレビジョン学会誌、Vol.42, No.11, pp.1226-1232 (1988)
- [2]広瀬通孝:バーチャル・リアリティ応用戦略、1992
- [3]O.Morikawa, T.Maesako: "HyperMirror: a Video-Mediated communication system", CHI'97 Extended Abstracts, pp.317-318, 1997

(福井幸男)

4. 1. 7 UIテスト

1) 概要

UIテストは機器の設計者が使いやすさの評価を効率的に行えるようにするためのツールであり、設計者による評価の一部を自動化しコンピュータによって製品評価を支援するものである。ユーザによる機器操作の対話履歴を自動集積し、操作時間および誤操作パターンを分析することで使いやすさを評価出来る。指定した対話状況における対話時間を集積できる特徴を持つ。

表4.1.7-1 「UIテスト」の総括表

1 標題	UIテスト						
2 代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3 人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4 代替、表現技術	人の操作特性の評価を支援						
5 利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6 開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7 実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8 備考							

2) 事例紹介

従来のユーザテストはデータ解析に時間がかかり、評価結果を再設計にフィードバックするのが遅くなることや、評価者によるデータ解析のばらつきがあることなどの欠点を持っていたが、UIテストはユーザが機器を操作する状況(操作時間と誤操作)を計算機によって自動集積および分析することで、仕様設計段階でのより正確な評価を可能にしている。図4.1.7-1にUIテストの基本構成を示す。

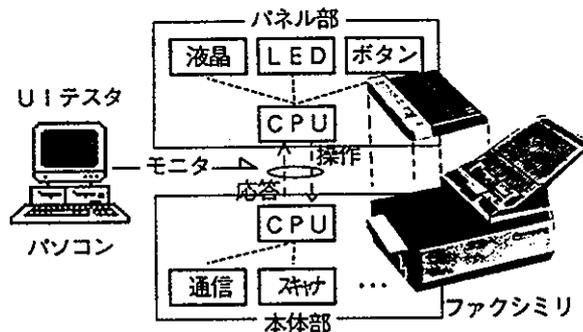


図4.1.7-1 UIテストの基本構成¹⁾

対話履歴はユーザの操作とそれに対する表示内容の時系列的な記録である。応答履歴内

内容をノード、操作履歴内容をアークとした状態遷移図により全体の対話状況の複雑さの把握、冗長な対話箇所の見出し、誤操作の分析を容易にしている。単に操作時間を収集しても操作のわかりやすさを判定することはできない。たとえば、誰もが迷わずに誤りの操作をする場合があったり、同じ箇所の操作では1回目の操作時間だけが意味を持つこともある。このような状況に柔軟に対応したデータ収集を可能にするために、表4.1.7-2に示すように正しい操作、誤操作、1回目の操作、2回目以降の操作それぞれに集計するか否かの設定が評定者側で出来るようになっている。

表4.1.7-2 操作時間集計パラメータ²⁾

正解操作	誤操作	1回目	2回目～
on/off	on/off	on/off	on/off

履歴の表現法としては単に時系列なダイアグラムではなく、対話場面と誤操作の関係を明確に表現できる対話構造ダイアグラムを用い、従来方式のアイアグラム表示(図4.1.7-2)での問題を克服している。図4.1.7-3のように帯状の表示で対話の手順を表し、機能選択などの状態の属性を構造化して表現している。

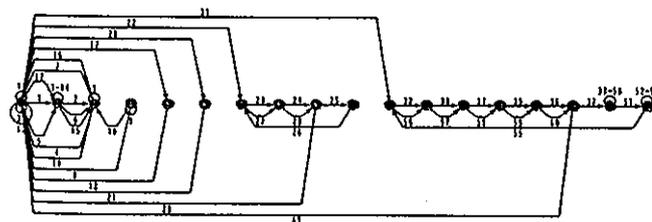


図4.1.7-2 従来方式のダイアグラム¹⁾

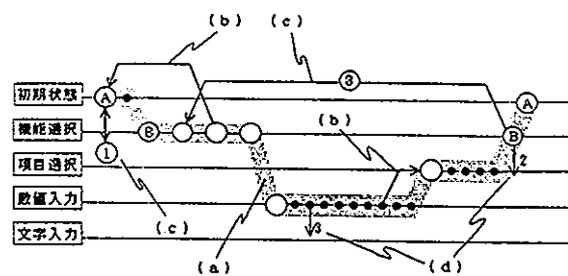


図4.1.7-3 対話構造ダイアグラム¹⁾

構造化ダイアグラムの特徴は以下の4点である。

1. 標準的対話手順(デザインモデル)とユーザによる対話(ユーザモデル)との差を明示できる。
2. 対話の属性の時間的推移が表示されるので対話状況を把握しやすい。
3. 構造化表示法により対話量が増えてもある一定の範囲で表示できる。
4. 複数ユーザの対話履歴を集積することで共通操作時間モデルを作ることができる。

UIテストは操作時間などの集計結果をグラフで表現する。生データを分布図で示すことができるが、図4.1.7-4のように棒グラフにより操作ごとの操作時間の平均値(標準偏差)を表したり、対話構造ダイアグラムでは平均値の大きさをノードの大きさで表すことができる。

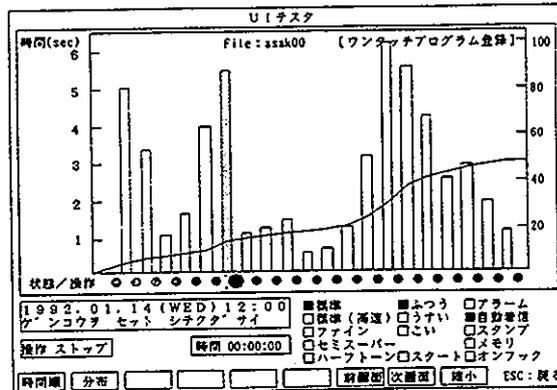


図4.1.7-4 操作時間グラフ表示¹⁾

UIテストをプロトタイプ操作パネルの評価に適用した結果、正しい操作を見つけるまでに時間のかかった箇所、迷うことなく誤った操作をした箇所を容易に抽出できたと報告されている。

なお、UIテストは対象機器の操作に必要な内部信号をコンピュータに取り込む必要があるため、対象機器に応じたインタフェースを必要とする。汎用性の高いシステムとして利用できるようにすることが望まれる。

3) 解説

誤操作の原因がどこにあるかの評価は困難であるが、仕様設計段階でユーザテストの分析が短時間で出来る。また、操作内容の複雑さを図的に表現しているので理解しやすい。従って、UIテストを用いることで早期プロトタイピング、評価、設計改善による製品開発の効率を上げることが可能になると思われる。また、現在では評定者に頼っている最終的な判定を下すための知識をシステムにインプリメントすることでさらに知的な評価システムになる可能性がある。

コンピュータへの電気信号のインタフェースを共通化することで様々な機器を対象とすることが可能になるし、ネットワークを介した遠隔地間での評価システムへの発展も期待できる。また、グラフィカル画面の設計評価のためのユーザ特性のデータベース作成にも利用できる。

参考文献

- 1) 旭敏之、岡田英彦、井関治：使いやすさの計測：UIテスト、第8回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集、287-290、1992
- 2) 岡田英彦、旭敏之、井関治：UIテストによる共通操作時間モデルの分析、第10回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集、649-652、1994

(森本一成)

4. 1. 8 ヒューマンコンフォートメータ、発汗マネキン

1) 概要

(1) ヒューマンコンフォートメータ

温熱に関する人間の快適性を評価することを目的とした、人間に近い温熱生理及び心理特性を有する人体形状マネキンシステムである^{1~4)}。

(2) 発汗マネキン

衣服縫製品の熱・水分移動特性を計測することを目的とした、発汗量・皮膚温を実際の人間に近い状態で再現できる人体形状マネキンシステムである^{5~9)}。

表4.1.8-1 「ヒューマンコンフォートメータ、発汗マネキン」の総括表

1	標題	ヒューマンコンフォートメータ、発汗マネキン							
2	代替形式	人間		製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動	
4	代替、表現技術	人体形状は樹脂や金属等のハードウェアモデルで、温熱感覚等は発熱用ヒータ、センサ、制御・演算用コンピュータ等で代替							
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル	
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売		
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み			
8	備考								

2) 事例紹介

(1) ヒューマンコンフォートメータ

産業科学技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術（1990～1998）」の一部として現在、研究開発中である。

用途は、大型プラントの集中制御室や、オフィス・住宅・自動車・建機キャビン等のパーソナル空間の温熱に関する人間の快適性評価等であり、温熱機器の開発者や温熱環境設計者用の温熱環境評価装置である。実際の被験者を用いた実験を行うことなく、従来に比べて、個人差を含めたきめ細かい温熱環境の計測・評価ができる。

構成は、等身大のボディ、ボディ各部に埋め込んだ12個の温熱感覚エレメント、エレメントどうしを統合し制御するための全身統合用制御システム及び人間の感覚に変換する快適性判断ソフトウェアから成る（図4.1.8-1）⁴⁾。

人体形状ボディは、身長155cm～175cmの範囲内で可変で、肘や膝等の関節は人体と同じように曲げ及び捻りが可能で姿勢を変えられるような構造である。全身の材質は樹脂（FRP）を基本とし、関節部はアルミ製で、全身重量は温熱感覚エレメントの配線類を含めて約26Kgである。温熱感覚エレメントは、表面温度制御用の熱電素子と内部

温度制御用のヒータで構成される。また空気温度、放射温度、湿度、気流を計測するためのセンサーもエレメント周辺のボディ表面に取り付けてある。全身統合用制御システム及び快適性判断ソフトウェアによって、温熱環境の状態、それに対して反応した温熱感覚エレメントの状態、これらと人間の温熱感覚のデータベースとの演算を行い、温冷感、風量感、放射感、乾湿感、熱的快適感等の温熱感覚を算出するシステムとなっている。

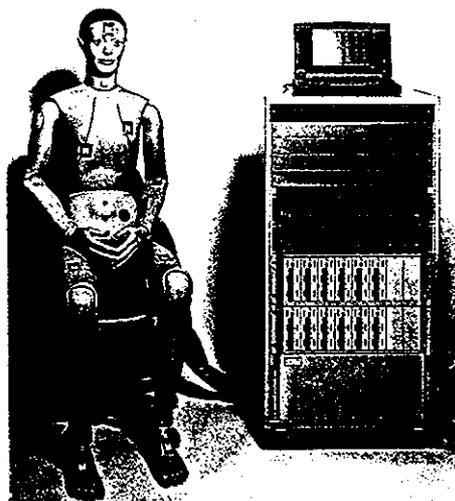


図4.1.8-1 ヒューマンコンフォートメータ⁴⁾

温熱感覚のデータベースは、環境温度、湿度、気流速、クロー値、及び放射温度等の温熱環境条件を変化させて被験者実験を行い、身体各部位の皮膚温・熱流束等の生理量、温冷感・熱的快適性等の心理量を計測解析したデータで構成される。

(2) 発汗マネキン

サーマル・マネキン⁸⁾と言われるマネキンが、衣服縫製品の保温性評価等に用いられている。等身大の人体形状、熱特性を持つマネキンの皮膚温を人体に近い分布となるように加温したもので、衣服縫製品の材料、構造、着衣方法の違いによる保温効果（クロー値）を計測することができる。発汗マネキンは、上記のサーマル・マネキンに発汗機能を付加したもので、広義のサーマル・マネキンである。例として工業技術院大阪工業技術研究所の「発汗サーマルマネキン」を図4.1.8-2に示す。

以下は、産業科学技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術」（1990～1998）の一部として現在、研究開発中である発汗マネキンについて記載する。

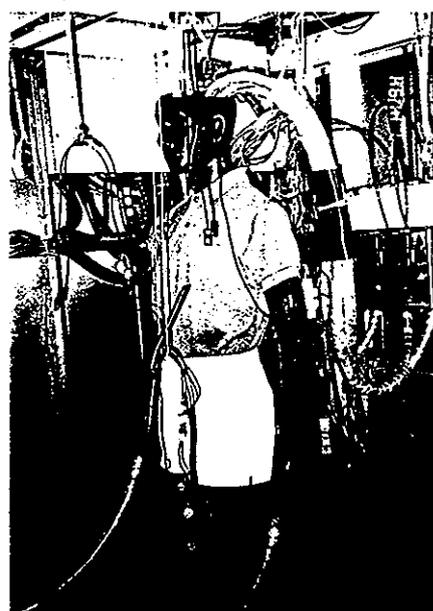


図4.1.8-2 発汗サーマルマネキン⁹⁾

発汗マネキンは、発汗量、皮膚温を実際の人間に近い状態で再現できるマネキンである。人体形状を有するマネキンを用いることによって、衣服材料単独の評価では得られないような縫製された衣服の着衣状態での熱・水分移動特性を計測することができる。実際の被験者を用いた衣服の評価実験では、個人差が大きい、人体の疲労による誤差が大きい、季節によって人間の温熱感覚が変動する等の問題点があるが、マネキンを用いることにより標準的な評価が可能となる。

従来マネキンでは、皮膚温や発汗量が自動で経時的に変化しない、液体の汗が出ない等の課題があった。

研究開発中のマネキンボディは日本人25-29歳男子の平均形状で、全身を9つに分割(体幹前・後、腰、左右の腕・大腿・下腿)し、関節部・頭部・手・足以外の部位で人間に近い産熱・発汗機能を有する。また、両肩・腰-大腿部・膝に関節を備え「立つ、寝る、座る」の姿勢変化が可能である。産熱・発汗制御は、皮膚温で室温～50℃、発汗量で0～500g/m²h(チューブポンプ送水法)の能力があり、経時変化設定が可能である。汗腺数は160ch/9部位である。計測項目は、衣服内温度、衣服内湿度、表面温度、ボディ加温に要する消費電力である。また皮膚温と発汗量に関連する人間の心理量(温冷感・湿潤感・むれ感等)との関係についても検討中である。

3) 解説

(1) ヒューマンコンフォートメータ

人間の形状を有し各部位にセンサーが配置してあるので、従来からの温熱指標のような全身的な温熱評価に加えて、部位別の評価が可能である。そのため、個別空調装置などの家庭機器の評価にも利用できる。

さらに多方面に適用するためには、多くの異なった属性の被験者実験を行い、温熱感覚データベースの充実を図る必要がある。

現在は、人体の形状特性と温熱感覚を代替しているが、動作特性や他の知覚(聴覚、視覚、臭覚、…)等を持ったマネキンシステムが開発されればさらに広い業界で利用可能と考えられる。

(2) 発汗マネキン

アパレル等の衣服の評価が主目的であるが、マネキンを椅子に座らせたり、ベッドに横たわらせて、椅子やベッドの表面素材などの評価へも適用可能と考えられる。

またヒューマンコンフォートメータと同様に、さらに多方面に適用するためには、多くの異なった属性の被験者実験を行い、人間特性データベースの充実を図る必要がある。

参考文献

- 1) (社)人間生活工学研究センター編：人間感覚計測応用技術 平成7年度研究開発成果報告会テキスト, 321～330, 1995.
- 2) (社)人間生活工学研究センター、(財)日本産業技術振興協会編：人間感覚計測応用技術 平成7年度研究開発成果報告会テキスト, 131～134, 1996.
- 3) (社)人間生活工学研究センター、(財)日本産業技術振興協会編：人間感覚計測応用技術 平成8年度研究開発成果報告会テキスト, 115～118, 1997.

- 4) (社) 人間生活工学研究センター編：人間感覚計測応用技術パンフレット，12，1996.
- 5) (社) 人間生活工学研究センター編：人間感覚計測応用技術 平成7年度研究開発成果報告会テキスト，313～320，1995.
- 6) (社) 人間生活工学研究センター、(財) 日本産業技術振興協会編：人間感覚計測応用技術 平成7年度研究開発成果報告会テキスト，135～139，1996.
- 7) (社) 人間生活工学研究センター、(財) 日本産業技術振興協会編：人間感覚計測応用技術 平成8年度研究開発成果報告会テキスト，119～122，1997.
- 8) 人間-熱環境系編集委員会編：人間-熱環境系，193～200，244～251，日刊工業新聞社，1989.
- 9) 足立公洋：発汗サーマルマネキンによる衣服内気候の測定，HQL，No.27，12～14，1997.

(吉田光一)

4. 1. 9 その他の事例（人間代替物）

（1）衣料用人台

デザイン、立体裁断、仮縫い、縫製などの衣服を立体的に仕上げていく過程に必要な人体の模型である。（吉田）

[参考文献]

- 1) 文化服装学院編：文化ファッション講座 婦人服 1、文化出版局、1984.

（2）医療用ダミー

人工呼吸訓練用ダミーや動脈付脳模型等の実体ダミー、VR技術を用いた手術シュミレーションシステム等である。医学関連の教育、訓練用に利用されている。（吉田）

[参考文献]

- 1) (株)坂本モデル：<http://www.donet.co.jp/sakamoto/jisssyu.htm>
- 2) 小山博史：世界のVR技術の医療応用の現状と将来
<http://www.shimane-med.ac.jp/jcmi97/paper/S-24.htm>

（3）三次元筋骨格モデル

生体内負荷を推定するための身体の筋骨格系モデルである。身体障害動作やスポーツの評価、作業動作の改善等に 응용されている。（吉田）

[参考文献]

- 1) 長谷和徳、山崎信寿：汎用3次元筋骨格モデルの開発、日本機械学会論文集（C編）、61巻591号、295～300、1995.

（4）神経生理（運動制御等）モデル

人間理解の研究として、脳に関する各種のモデルが研究されている。（吉田）

[参考文献]

- 1) 伊藤正男：脳的设计図、中央公論社、1980.
- 2) 塚原仲晃：脳の情報処理、朝倉書店、1984.
- 3) 川人光男：脳の仕組み、読売新聞社、1992.

（5）騒音計

耳の感度に似せた周波数補正回路を組み込んだ音圧レベル計測器である。騒音計を用いて測定した聴感補正ずみの音圧レベルを騒音レベルという。規格は、JISもしくはIEC（国際電気技術委員会）で定められている。（吉田）

[参考文献]

- 1) 庄司光 他編：衛生工学ハンドブック（騒音・振動編）、20～40、朝倉書店、1980.

（6）感覚知覚神経モデル

人間理解の研究として、脳に関する各種のモデルが研究されている。（吉田）

[参考文献]

- 1) 伊藤正男：脳的设计図、中央公論社、1980.
- 2) 塚原仲晃：脳の情報処理、朝倉書店、1984.
- 3) 川人光男：脳の仕組み、読売新聞社、1992.

(7) メンタルモデル

あるシステムに対してユーザがその頭の中に持っているモデルであり、そのシステムとのインタラクションにより得られてきたものである。システムをうまく運用・管理していく上で重要な役割を果たしている。(吉田)

[参考文献]

- 1) 西田正吾、佐伯胖：ヒューマンコンピュータ交流技術、オーム社、1991.

(8) 衣料用展示用マネキン

衣類等を着せて飾るディスプレイ用のマネキンで、衣類等の販売のために利用される。その形状は販売効果を考慮してデフォルメしている場合もあり、必ずしも人体計測データに基づいているとは限らない。(吉田)

(9) 自律神経系モデル

自律神経系は身体の内・外環境の変化に応じて身体内部の各器官の調整を行っている。自律神経系を測定することにより、外部環境から受ける身体の影響を把握できるので各種のモデルが提案されている。(吉田)

[参考文献]

- 1) 中山昭雄：温熱生理学、370～381、理工学社、1981.
- 2) 大須賀他：心臓血管系の自律神経制御モデルを用いたメンタルワークロード評価の試み(3)、第10回生体・生理工学シンポジウム論文集、173～176、1995.

4. 2 「製品・環境代替物」技術

4. 2. 1 可変クッション椅子

1) 概要

可変クッション椅子は設計者がユーザの好みにあった椅子を設計・評価するために使用する。座面および背もたれの寸法、角度、クッションの固さとその分布および表面形状を任意に調節でき、着座時の圧縮力とせん断力および沈み込み量を同時計測できる実験用椅子である。設計者の設定したクッション性についてユーザが評価を行うが、座り心地の好みの評価にも利用できる。

表4.2.1-1 「可変クッション椅子」の総括表

1	標題	可変クッション椅子						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	椅子の座り具合いの評価を支援						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

開発された可変ばね式実験椅子は図4.2.1-1のように背もたれ部と座面部が可変ユニットで構成されている。可変ユニットは3mmの隙間間隔で背もたれ部に10個、座面部に6個組み込まれている。背もたれ長は約360～880mm、座面長は約400～540mm、背もたれと座面の幅は550mm、背もたれ角度は0～90°、座面角度は+30～-15°、クッションの硬さは2.5N/mm～61N/mm、最大沈み込み量は100mm、表面形状の調節範囲は100mmである。圧縮力と沈み込み量は可変ユニットの上下方向について計測される。なお、椅子と身体との接触面の左右方向の変形は扱っていない。また、測定は静的な最終安定姿勢について行う。

背もたれと座面部の角度調節は油圧シリンダで行う。身体支持面の荷重検出には片持ちはりの4面に貼った歪みゲージを用いている。身体支持面の沈み込み量は可動部の上下方向にばねで一定張力を加えたワイヤを渡し、これを多回転ポテンションメータに巻き付けて計測している。なお、着座姿勢は体表面上の骨格特徴点に評点シールを貼りその中央を3次元座標計測装置で計測する。図4.2.1-2はその計測データ例である。各支持面の圧縮力とせん断力をベクトルで表示する。また、各支持面の沈み量をなめらかな曲線で結び最終安定形状を表示できる。

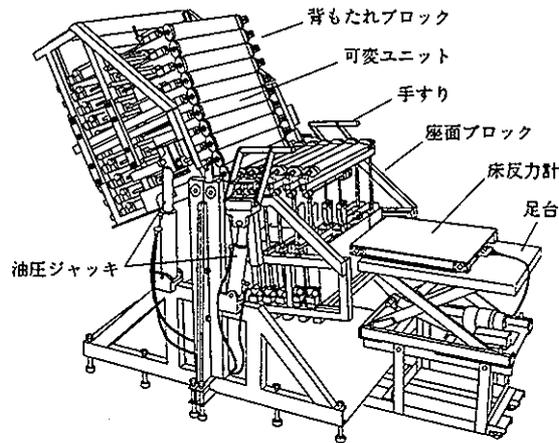


図4.2.1-1 可変クッション椅子¹⁾

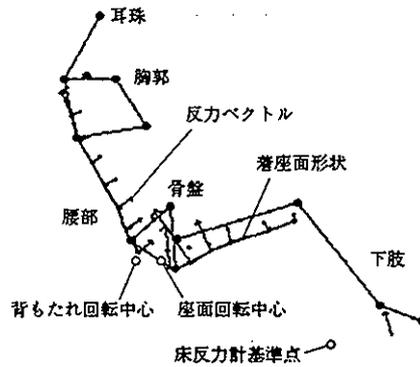


図4.2.1-2 計測データの解析結果の表示例¹⁾

実験椅子を用いると実際の椅子の寸法、角度、表面形状を容易に模擬できるが、クッション特性に関してはばね定数への理論的変換が困難なため、官能量による調節を必要とする。従って、クッション特性を考慮した評価を行うためには、ばね定数の設定方法を確立する必要がある。そこで、たとえば自動車用の椅子を対象とした場合、自動車用椅子と実験椅子とのクッション特性が同じになるように、ばね定数の大きさと分布を被験者に調節させる実験により、ばね定数を設定する方法を提案しその妥当性を確認している。つまり、座り比べによる平均的ばね定数分布を実験椅子に設定することによって、実車シートの静的特性を再現できる。

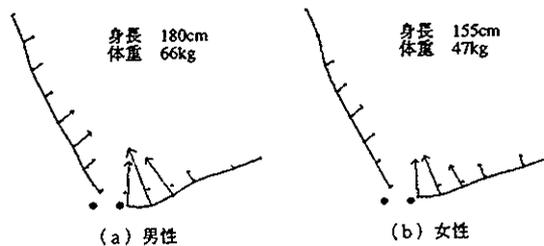


図4.2.1-3 男性と女性の着座特性の違い¹⁾

図4.2.1-3は同一椅子のクッションに対する男女差を示している。このように被験者ごとの着座特性を客観的に表すことも可能である。

3) 解説

実験用可変クッション椅子は普通乗用車の後部座席に対する評価実験により実車シートの静的特性を再現できることを明らかにしているが、乗用車に限らず様々な椅子の設計段階で利用でき、従来の試行錯誤的設計試作評価プロセスの理論化と短縮化に有効である。また、クッションの固さを含めた総合評価が可能であるので、好みの評価精度をより高めていると思われる。測定例では自動車後部座席の適合クッション条件を求めているが、これに限定されずあらゆる椅子の評価に利用できる。クッションの固さの変化はばね定数を変えることで得ているが、将来はクッションの材質をも含めた評価が可能になればさらに評価効率が上がり、応用範囲が広がる。人のデータとフィッティングのデータとの関係データベースを構築することにより、座る動作を含めた椅子の設計のためのデータベースの開発が可能である。

参考文献

- 1) 山崎、佐々木、相澤：個別適合条件の探索を目的とした可変クッション椅子の開発、人間工学、Vol. 33、No. 4、211-218、1997

(森本一成)

4. 2. 2 ドライビング シミュレータ

1) 概要

車両の運転状況を模擬する装置であり、ドライビングシミュレータの運転者の操作に応じて車体の挙動、振動、加速度、ハンドル反力に加え、車外の景色、走行音、対向車などの走行環境の模擬映像を連動させる“製品・環境代替物”である。

車両及び搭載機器の性能と人間（運転者）の動作、感覚等との整合性を評価する目的のものと、シミュレータ側の制御をある条件に規定し、人間の運転特性の調査研究用のものに大別できる。

車両・搭載機器開発用及び人間運転特性試験用としてのドライビングシミュレータは、車両開発者、人間工学担当者の使用が主体であるが、最近は一定の機能を持ったドライビングシミュレータを運転訓練の一助としている自動車教習所もある。また、新車のデモンストラクションで新車の運転特性をユーザに体験してもらいアンケート調査するために活用している企業もある。

表4.2.2-1 「ドライビング シミュレータ」の総括表

1	標題	ドライビングシミュレータ						
2	代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	車両の運転状況を模擬する装置。						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

ドライビングシミュレータの事例は、自動車教習所やゲームセンターに見られるように、比較的少ない機能のレベルから、実物の大型トラックを搭載して動きを模擬できるレベルの物まで、多種類存在するが、ここでは中規模クラスのシミュレータが一般に備えている機能を述べる。

(1) システム構成

ドライビングシミュレータの主要構

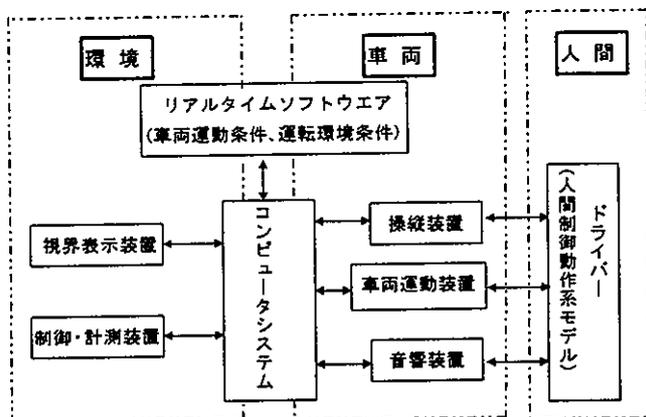


図4.2.2-1 主要構成装置

成装置とそれらの位置づけを図4.2.2-1に示す。

①操縦装置：実車と同じ操縦装置を備え、アクセル、ブレーキ、クラッチペダルの位置、踏力、ストロークや、ステアリングホイールの反力、メータ類の動きなども実車と同じ条件に合わせるよう計算された動きを与える。

②車両運動装置：人が操縦装置から入力した条件に応じて振動、慣性力、操作反力、路面からの入力等をシミュレートする装置。車両運動モデルに応じてシミュレータの運転席や視界表示を、あたかも車両が動いているように連動させる。

代表的な機構と動きを図4.2.2-2に示す。

③音響装置：速度感覚を得ることを支援するため、走行音響装置を備え、速度に応じたエンジン音、路面からのタイヤ音、空力騒音、対向車・追い越し車両の音、衝突衝撃音等を模擬する。

④視界表示装置：操縦装置の動作と同調して動く道路、周辺の風景、先行車、対向車、歩行者等車両周辺状況を表示する装置。それらの画像を予めデータとして用意しておく。カラーモニター画面を利用する方式と、プロジェクターでスクリーンに投影する方式とがある。フロントウインドウからの視界は乗員の目を基準に、水平約120deg. x 垂直約30deg. あり、全視界を模擬するのが理想であるが、テレビ画面程度の装置も多く見られる。

⑤制御・計測装置：車両運動モデル式や、運転環境等の制御条件を設定し、リアルタイムソフトへ入力する。また、計測項目の設定や、計測データの出力を行う装置。

⑥リアルタイムソフト：運転操作に応じて、車両の動きを計算し、視界表示装置、操縦装置、車両運動装置、音響装置をリアルタイムで制御するソフトである。コンピュータはパソコンレベルのものから、ダイムラーベンツ社のように処理速度の速いEWSを6台連動させるレベルのものまで、シミュレータに要求する模擬内容によって様々である。

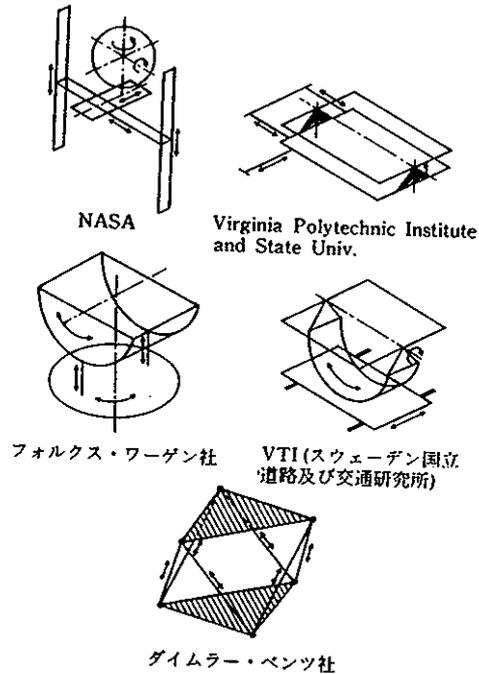


図4.2.2-2 各種車両運動装置の機構

表4.2.2-2 人間-機械系とシミュレータの関係

関連性能	人間特性	人間の官能	人間-機械系	シミュレート可否
動力性能	制御特性、心理特性、反応時間	加速のレスポンス、前後方向の操舵感	アクセル/クラッチの操作、機構、パワーアシスト、駆動力	○
制動性能 安全性	操作反応、時間踏力、挙動	効き味、予知能力、ペダルのストローク	ブレーキ操作、ブレーキ容量、制動力配分、タイヤ摩耗力等	○
強度耐久性	—	—	—	×
操縦安定性	制御特性、反応時間、心理特性、挙動	予知能力、運転慣れ、習熟度	旋回性能、操縦性、250-G、回避運動、操舵力、保舵力、タイヤ特性が変化する時の操縦性等	○
振動騒音	振動・騒音感知特性、	許容振動騒音、異常振動レベル、音色	—	×
乗り心地	人体寸度、心理特性、挙動	人間の感知特性	旋回0-90度、リアクション特性、タイヤ動作回数、	○
衝突安全性	人体の対衝撃耐性、挙動	—	インパクト	×
空力特性	—	—	—	×
運転容易性 快適性	人体寸度、疲労・緊張度、反応時間、挙動	心地よい走り、操作感、開放感、予知能力	視界視認性、シートのリクライニング、座り心地、ドライビングポジション、車載機器・スイッチ類の配置	○
環境保護	—	—	—	×

リアルタイムソフトへの入力は、パワートレインモデル（エンジン・駆動系）、ブレーキモデル、タイヤモデル、シャシモデル、ステアリングモデル、空力モデル等の「車両運動条件」と、道路状況、障害物等の「運転環境条件」があり、それぞれのモデルのパラメータを制御装置から設定する。

機器開発用としてのシミュレータは車両の運動力学的台上試験装置であり、評価している性能は主に操縦安定性、制動性能(安全性)、動力性能、乗り心地、運転容易性、快適性、操作性等である（表4.2.2-2）。

シミュレータに開発車種の車両条件を入力し、評価者がシミュレータを運転し、目標性能に対し評価、仕様を検討する。

搭載機器の評価では、実製品や模型をシミュレータに搭載、シミュレータを運転しながら搭載機器を操作し、運転容易性や操作性を評価する。

一方、人間の運転特性の研究対象は、運転による疲労・緊張度、心理状態の変化、操作時の挙動、運転行動の変化、人間の心理状態の変化、運転者の視覚情報の入手の仕方とその知覚認知過程の解明や、最近ではシミュレータ酔いの原因究明まで中広く行われている。被験者の走行データ、操作／挙動データとともに、生理データを解析する。

さらに、人間の制御動作系のモデル作成にも活用され（図4.2.2-3）、制御動作系モデルを用いて被験者の実験値をシミュレートすることも試みられている。

この様にドライビングシミュレータは、人間と車両、環境を一体で試験／評価できる装置である。

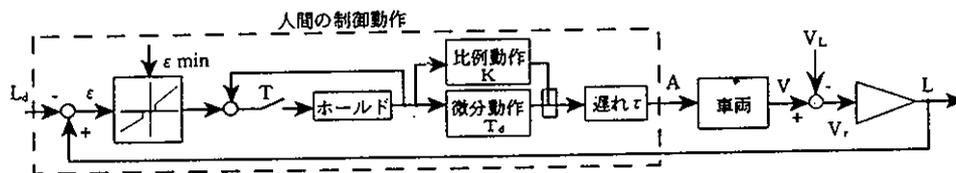


図4.2.2-3 車間距離制御モデル図

(2) シミュレータのメリット

ドライビングシミュレータは実車試験に対し、次のようなメリットが考えられる。

1. 再現性。試験環境、条件を容易に且つ正確に再現でき、同一条件下で繰り返し試験が行える。
2. 条件設定が容易。車両特性の設定、路面状況や道路、周辺の景色、天候や障害物等の環境設定の変更が容易で、車両特性変更毎の試験車を作る必要はない。
3. 安全性。危険を伴う車両性能の極限状態での試験や評価、事故を想定した試験も安全に行える。
4. 計測が容易になる。実車走行試験では測定が困難な部位のデータも計測、解析が容易となる。また、必要なデータは即座に被験者、計測者に表示することもできる。

一方、シミュレータは実車走行と異なり、交通事故を起こす心配はないので、人間に安心感を与える。このことにより被験者の心理、緊張状態が実車と異なり、生理学的計測結果は実車走行と異なる場合があることに注意すべきである。

また、シミュレータの精確度、特性を把握するために、実車で同じ試験、もしくは類似の試験を行い、検証しておく必要がある。

3) 解説

このようなシミュレータは、航空機、船舶、鉄道等で同様な機器構成で用いられており、いずれも主に専門の操縦者になるための「訓練装置」として利用されてきた。

一方、ドライビングシミュレータは「車両開発」や「運転動作解析」を主目的として開発されてきたため、一般に完成品として販売されているものではなく、購入側に車両に関する技術ポテンシャルと、リアルタイムソフトに組み込む各モデルの要素技術を持っていることが必要である。シミュレータメーカーとの共同開発となる場合も多い。また、機器導入後でも、試験目的によって改良や機能追加が行えるように設計しておくことも重要である。

この様に、ドライビングシミュレータは自動車関連企業や、一部研究機関で使われてきたが、最近、一定の機能を持ったドライビングシミュレータが、自動車教習所の運転訓練用、交通事故低減のための安全運転教育用としても活用されてきた。

今後、高齢化社会に向かって、高齢者を対象にした運転適合判定用としての利用が考えられる。人間は加齢に伴い身体機能が徐々に低下していくが、その事実を高齢者自身が自覚しにくいところに、大きな危険が潜んでいる。従ってドライビングシミュレータで本人の運転機能の低下をチェックし、運転時にはどのような注意をすべきか、場合によっては、機能がこれだけ低下しているから、交通安全上運転は断念すべき、といった判定クリニックを行えば自動車交通環境も変わってくるのではなかろうか。

道路情報評価用としての活用も考えられる。運転者の視覚情報の入手の仕方とその知覚認知過程を解明し、その知見をもとに、道路巾や、信号、標識を変更する場合の運転行動がどのように変化するかを事前に評価する。それによって、事故の増減、渋滞を予め検討できれば、道路情報の最適な設定を、より合理的に計画することが出来よう。

さらに、40年近くも年間1万人前後の交通事故死者を出している日本は、交通事故はどのようなときに起こるのか、事故の人的要因、運転行動、対向車や歩行者の交通行動の研究は、重要なテーマである。現在、これらの研究は、主に実際の事故のデータをもとに解析されているが、事故現場の保存、検証、条件設定が行えない等の問題がある。いま、シミュレータは、この分野の研究ツールとして活用が計られても良いレベルまで、性能があがってきている。条件設定や再現性が容易であることを生かし、実車では困難な事故分析に積極的に活用すべきである。

参考文献

- ・ (社)自動車技術会編 自動車技術ハンドブック 第3分冊
- ・ S.Hahn and E.Kalb THE DAIMLER-BENZ DRIVING SIMULATOR SET-UP AND RESULTS OF FIRST EXPERIMENTS '87 SUMMER COMPUTER SIMULATION CONFERENCE PROCEEDINGS
- ・ S.Hahn and W.Käding THE DAIMLER-BENZ DRIVING SIMULATOR INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION '88

- ・ 澤田、小口、車間距離制御における運転者の動作特性、人間工学 '97 VOL. 33 NO.6
- ・ 大久保他、運転シミュレタによる道路線形と運転者の運転行動の基礎的研究、人間工学 VOL.29 特別号('93)
- ・ 宇野、平松他、シミュレタにおける運動感覚のしきい値に関する調査、自動車研究、18巻、3号、'96
- ・ 櫛田、シミュレタ酔いに関する研究、自動車技術会、学術講演会前刷り集946、'94-10
- ・ 鈴木他、乗り心地評価のための実験装置改良、人間工学、'97 VOL. 33 No.2

(鈴木哲生)

4. 2. 3 手操作シミュレーション

1) 概要

バーチャルリアリティ技術を応用したシステム。コンピュータ画面上の立体表示と手ごたえ感覚（力覚フィードバック）により、仮想の道具や装置を手で操る擬似体験が得られる。すでに手術シミュレーションなど医学訓練用には実用化されているが、製品の操作性評価や手先を用いた造形作品の創作などにも応用が可能である。

表4.2.3-1 「手操作シミュレーション」の総括表

1	標題	手操作シミュレーション						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	バーチャルリアリティ						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

この技術を用いた以下の応用事例が考えられ、あるいは実用化されている。

(1) 手術や手先を使った治療を学ぶ研修医の訓練用（実用化）：

失敗が許されない手術や治療を、経験の浅い研修医がいきなり実施するのは不安や危険を伴う。そこで、バーチャルリアリティ技術を応用した手操作シミュレーションシステムによる模擬手術や模擬治療での体験訓練が求められる。図4.2.3-1はそのために開発された外科手術のトレーニングシミュレータである。コンピュータ画面に表示されているのは眼球とメスである。立体眼鏡をかけたオペレータ（右側）はそれを3次元的に見ることができる。同時に、ファントムと呼ばれる力覚フィードバック装置に接続された擬似メスを手でつかみ、それを操作することにより、画面上の仮想角膜を切開することができる。その際の手ごたえや感触は、力覚フィードバックとして擬似メスをつかんだ手にかえってくる。

このシステムにより、実際の手術や治療に立ち向かう前に、その手ごたえや微細な動作を習得することができる。医師の技量に基づく安全性や信頼性の向上に有効である。

また医療場面に限らず、微妙な手ごたえや手の微細な動きを必要とする高度な手操作を行う機械オペレータの訓練用にも応用が可能である。

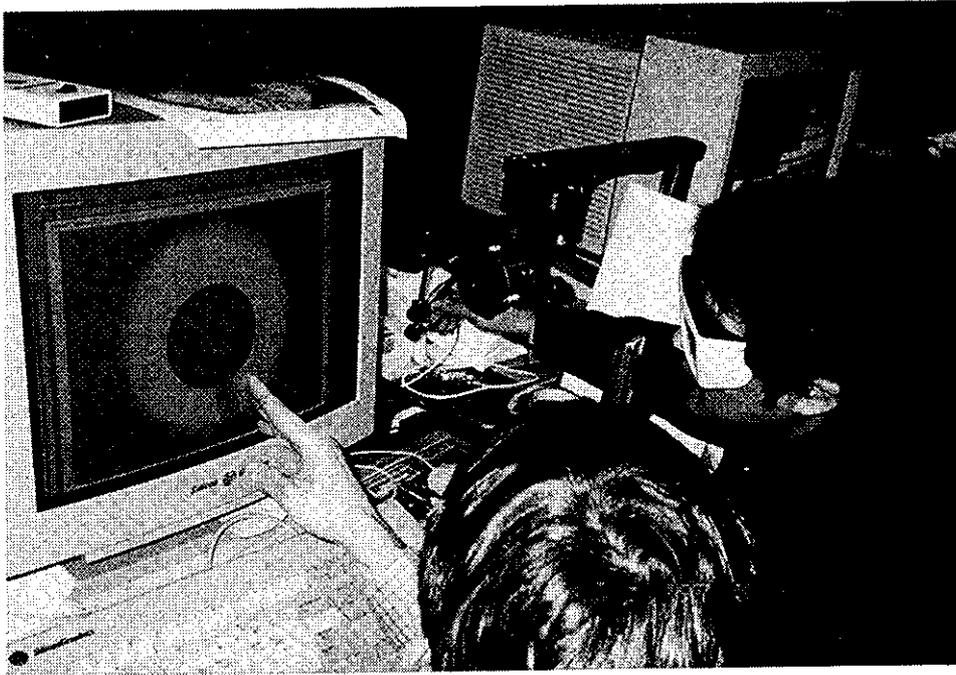


図4.2.3-1 外科手術のトレーニングシミュレータ（コロラド大学，アメリカ）
（詳細は本文参照）

（2）製品設計段階での操作性検討用：

カメラ，AV機器，家電製品など、手で操作する製品を開発する際、その使い勝手や操作性を試作品になってから評価検討するのでは大変効率が悪い。そこで、設計段階でそれを擬似操作体験し、その使い勝手や操作性を推定できれば、開発期間を大幅に短縮できるだけでなく、製品のパラメータを容易に変更できるので様々な状況での推定評価が可能になる。基本的には上記（1）と同じ構成システムをとる。CAD設計中の製品と手の動きに連動したモデルの手をコンピュータ画面上に立体表示し、力覚フィードバックが与えられた手により擬似操作する（図4.2.3-2）。手でボタンを押したりレバーを引く時などの力の大きさや動きの負担を感覚的に知ることができる。その操作体験により、使い勝手や操作性をある程度推定し、設計段階でその適正值を求めることができる。

なお、このシステムは設計者だけでなくあらゆる人が使えるため、ユーザの操作上の好みや癖を前もって知ることができる。

（3）手先の技術を用いた仮想芸術作品の創作：

筆を用いた絵画や手指を用いた陶芸と同じタッチの芸術作品制作などにも応用できる。手先の技術（手の微細な動きや力の入れ加減など）とこのシステムを併用することにより、コンピュータ画面上に仮想の芸術作品を創作することができる。その結果を実際の画像や形として出力できれば、従来とは異なるプロセスによる芸術作品や工芸品の量産化も可能となる。

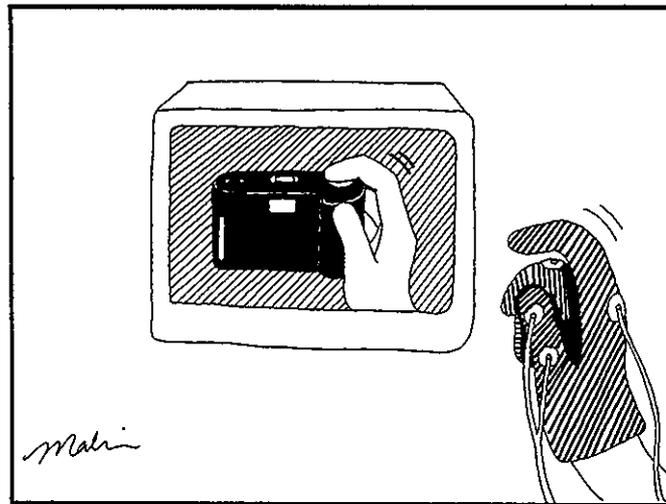


図4.2.3-2 CAD設計段階での擬似操作体験
(詳細は本文参照)

3) 解説

構成と技術：

このシミュレーションは基本的に、立体表示が可能なバーチャルリアリティシステムと力覚フィードバックシステムにより構成される(図4.2.3-3)。バーチャルリアリティシステムについては現在のところ、3次元的に表示できるコンピュータシステムとそのソフト、およびそれに連動して立体的に認知するための液晶眼鏡等が一般化している。一方、これと組み合わせる力覚フィードバックシステムについては、個々の目的に対応して作成される必要がある。上記事例(1)で紹介した外科手術のトレーニングシミュレータでは、手ごたえ反力を発生させる機械装置(ファントム)に取り付けられた擬似メスを用いている(図4.2.3-1)。事例(2)や(3)では、データグローブのようなもの到手ごたえ反力を付加した形式も考えられる。

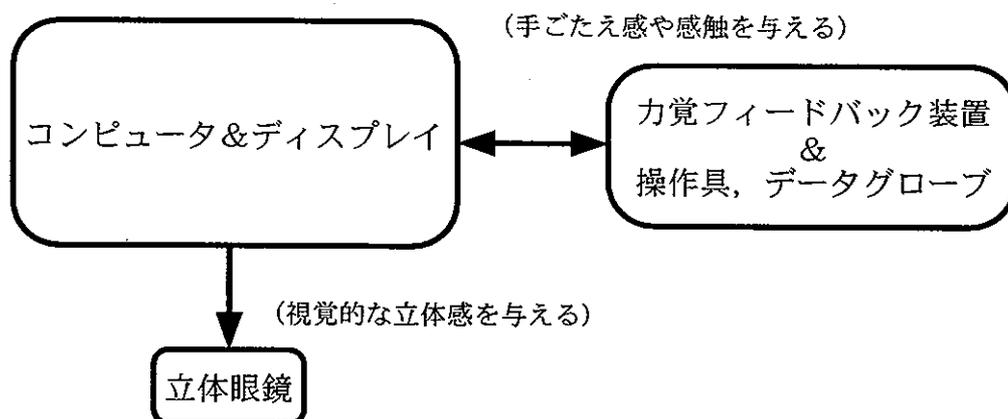


図4.2.3-3 手操作シミュレーションシステムの基本構成

実用化の可能性：

上述したように、事例（１）はすでに開発され、実用化されている。事例（２）や（３）は、まだ実用化に至っていないが、現在バーチャルリアリティ研究の一環としてさかんに研究がなされている。対象によっては、近年中に実用化されるだろう。

長所と限界：

手術シミュレーションのように、失敗が許されない手操作の訓練用には有効である。また、上記事例（２）のように、設計段階で操作性などの評価がある程度できるので、開発期間の短縮がはかれ、経済的メリットは大きい。さらにCAD設計中は製品の寸法や形状などのパラメータを容易に変更できるので、詳細な評価検討が可能となり、操作性などについてより幅の広い検討ができる。

しかし、これらはいくまでもシミュレーションによる訓練や評価のためのツールであり、万能ではない。いずれも最終的には、実際の人間による訓練や試作品の実物での評価も行わなければならない。現在のところ、それらの回数や労力、期間を減らすことができるツールとして位置づけられるが、今後これらのシミュレーション技術がさらに向上すれば、より現実と変わらない訓練や評価が可能となろう。

応用分野：

- ・家庭機器 カメラ、家電機器などの操作部の使い勝手や操作負担の評価
- ・情報機器 コンピュータなどの入力装置の使い勝手や操作負担の評価
- ・公共機器 切符券売機、ATMなどの入力装置の使い勝手や操作負担の評価
- ・産業機器 クレーン、建設機械などの操作部の操作性や操作負担の評価、訓練
- ・輸送機器 自動車、航空機などの操作部の操作性や操作負担の評価、訓練
- ・医学 手術や治療の訓練
- ・工芸 芸術作品、工芸品などの制作

参考文献

- ・デモビデオ「University of Colorado, Center for Human Simulation」
- ・甲斐慎也、内山明彦、高津光洋、鈴木直樹「触感を伴った手術シミュレーションのための弾性臓器モデルの開発」医用電子と生体工学, Vol.35, 特別号: 264 (1997)

(岡田 明)

4. 2. 4 内視鏡手術支援ナビゲーションシステム

1) 概要

内視鏡を利用した手術は、その低侵襲性から患者の負担を軽減するため、最近急速に広がりつつあるが、一方術者にとっては、きわめて少ない情報と低い操作性で作業を行うため負担が増えている。この負担を軽減させる技術として発展しつつある。

表4.2.4-1 「内視鏡手術支援ナビゲーションシステム」の総括表

1	標題	内視鏡手術ナビゲーションシステム						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	患部形状をコンピュータ数値表現（サーフェスモデル）に代替する						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階	実用済み			
8	備考							

2) 事例紹介

内視鏡は体腔内の視診用器具として体内深部の患部を診断したり治療するときに使われる医療用器具である。情報面から言えば、手術操作の入出力インタフェースとみることもしできる。内視鏡に限らず、複雑な手術やその前段階の診断をコンピュータで支援する技術がさまざまな領域で開発、進化しつつある。使われる領域は、消化管、気管支、泌尿器領域、そして耳鼻咽喉科領域などである。内視鏡の機械的な特性として、壊れない硬性内視鏡（耳鼻咽喉科、泌尿器科関連）とたわむ撓性内視鏡（消化管、気管支系統）がある。光学的には、リレーレンズ系を用いて光学像を伝える方式（硬性内視鏡）、グラスファイバー束で光学像を伝える方式（撓性内視鏡）、先端に超小型CCDチップをとりつけて光学像を直ちに電子化して伝える方式（電子内視鏡）などの種類がある。

内視鏡手術支援ナビゲーションシステムの使用者は：

ナビゲーションシステムは内視鏡を操作する医師が、内視鏡を操作しながら使うものである。そのために、操作インタフェースは特に注意を払ってわかりやすく設計されるべきで、緊急時にも直ちに対応できるような視認性をもつべきと考える。

ナビゲーションシステムの特徴とメリット：

内視鏡の操作は診断用の操作と、治療用の操作があるが、いずれも、細い部分から体腔

内に挿入して先端の細い光学系から見える光学像をたよりに操作を行う必要がある。操作時に得られる情報が、非常に狭い視野の光学像と、微妙な操作力覚に限定されるために、操作を誤ると、周りの組織を損傷させる事故も起きかねない。特に、患部周辺に神経や重要な器官が隣接していると、これを損傷したときには大きな後遺症が残ることも起こり得る。そのために、術者はきわめて慎重に操作をしなければならないという負担がある。また、治療用の器具も内視鏡と同程度の大きさのものを使うため、通常の手術器具に比べてきわめて小さく操作がしにくい面がある。このように術者の精神的と同時に肉体的な負担が大きいため、負担を少しでも軽減させるためにナビゲーションシステムが考えられた。現在内視鏡先端がどの深さまで入っていて、その周辺にどのような組織が存在するかを、外部モニターに表示させて術者に教示するシステムであり、特徴として、何らかの位置検出システムと、その3次元的位置を提示する表示システムがある。これにより、術者は安心して操作を行うことができるようになるものである。

ブレイクスルー課題：

ブレイクスルー課題は大別して2つある。一つは、位置計測技術であり、他の一つは情報提示技術である。すなわち、位置計測技術は、体腔内に挿入されて見えない内視鏡先端位置をミリメートルオーダーでリアルタイム計測する必要がある。このときに、操作者の操作を邪魔するような余分なセンサなどをつけることが困難である。見えない先端位置を推定するためには、見える内視鏡の手元位置の、同一直線上にない少なくとも3点を同時に正確に計測する必要がある。

次に、内視鏡先端位置が正確に計測されたとして、それをどのように操作者に伝えるかと言う情報提示技術の課題がある。計測された先端位置が体腔内のどの位置にあるかを表示するためには、体腔の形状と同時に提示することによって、相対的な位置関係を提示する必要がある。しかし、患者のその場での体腔の形状と内視鏡の位置との相対関係が、正確にわかっていないといけなため、単に内視鏡だけでなく、患者の体腔形状も同時に表示する必要がある。そのためには、身体と内視鏡との相対関係を計測しておく必要がある。これをいかに簡便に正確に行うかという課題が大きい。また、身体と内視鏡の相対関係がリアルタイムで計測できたら、次に、それをどのように操作者に提示すれば理解しやすいかという問題がある。身体は立体的な構造をしているので、通常の2次元視覚ディスプレイでは、正確に表現することが困難である。たとえば、鼻の内部は複雑な迷路になっており、この迷路のどの位置にいるかを、内視鏡で見た映像だけから理解するのはほとんど不可能である。

3) 解説

内視鏡そのものの技術開発はさらに進んで、ますます小型化、多機能化、高性能化していくと思われるが、それを操作する人間側とのインターフェースはますます重要になってくるはずである。提示された情報の解釈で苦労したら、何のためのナビゲーションシステムかわからなくなってしまう。ナビゲーションシステムは市販されているものもある。それは、3次元的位置関係を表示するために、三面図を用いる方法である(図4.2.4-1)。現在の内視鏡先端位置を含む3つの直交した平面で身体を切断したときの切断面を表示す

る方法である。この方法では、内視鏡が動く度に切断面の形状も変わるため、表示されている画面も時々刻々変わることになり、非常に見にくい画面となる。これを改善するためには、提示方法を変えなければならない。一つの方法は実際の身体を仮想的に切断したときに見える状態の断面を提示すれば、非常に分かりやすいはずである。実際にこれを実験で確認している。このような研究により、インタフェースとして優れた内視鏡手術支援ナビゲーションシステムが開発されることになると期待される。

内視鏡手術は患者にとっては低侵襲であるが、危険性も少なくない。そのため、術者は高度の技能が要求されるため訓練が重要となるが、対象が人間であるために内視鏡操作訓練の機会がすくないのが現状である。したがって、本ナビゲーションシステムは初心者の術者の訓練効果と様々な方式の内視鏡の操作性の評価なども兼ねるような機能を持たせることが期待できる。

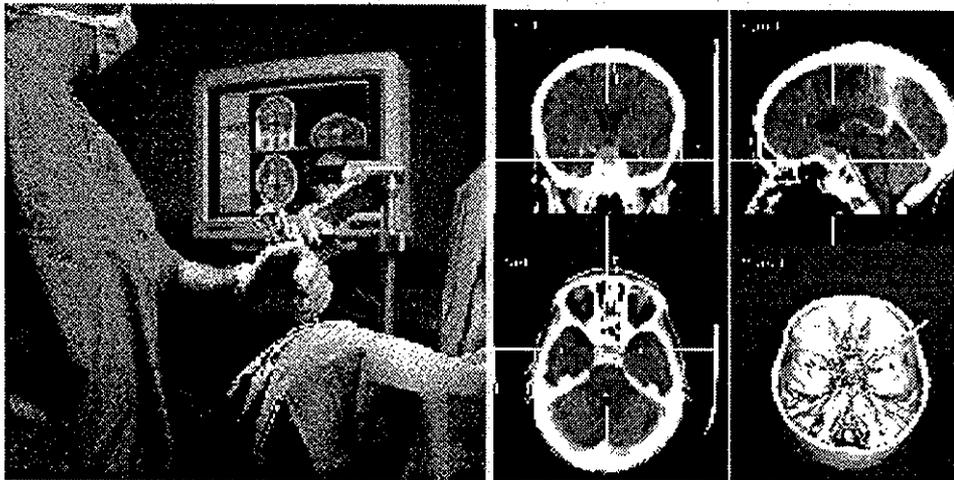


図4.2.4-1 ViewingWand ナビゲーションシステム (カナダ)

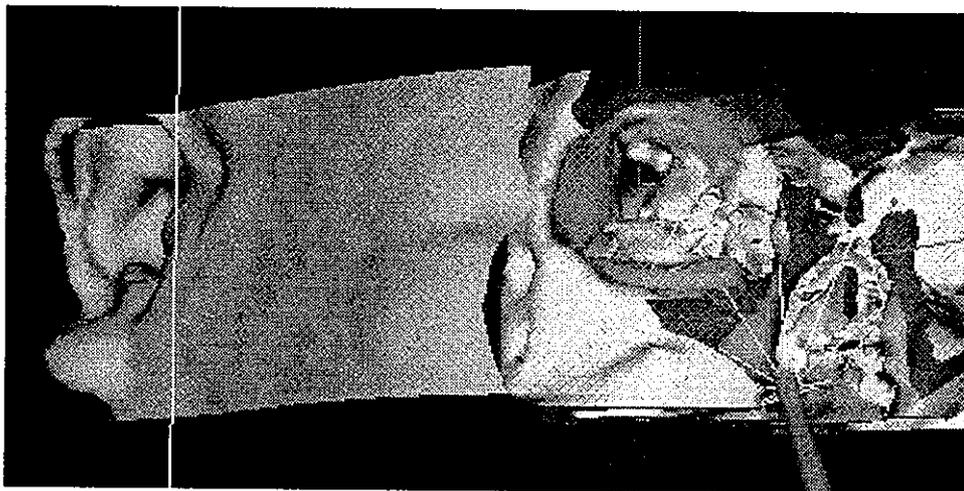


図4.2.4-2 透視的断面表示によるナビゲーションシステム例 文献(2) 研究例より

参考文献

- (1) 森健策他：仮想化内視鏡システム、画像ラボ、1998.2
- (2) J.Yamashita et. al., "A 3D Navigation System for Endoscopic Sinus Surgery", Proc. of The 6th International Conference on Artificial Reality and Tele-Existence, pp.115-122, Nov. '97
- (3) J.B.Anon, S.P.Lipman, D.Oppenheim, and R.A.Halt, "Computer-Assisted ENdoscopic Sinus Surgery", Laryngoscope, Vol.104, pp.901-905, 1994
- (4) M.P.Fried, J.Kleefield, and R.Taylor, "A New Armless Image Guidance System for Endoscopic Sinus Surgery", Proc. American Academy of Otolaryngology - Head & Neck Surgery Meeting, 1995

(福井幸男)

4.2.5 空間設計シミュレーション

1) 概要

建物の内部空間や町並などのシミュレーションをコンピュータ画面上に3次元的に作成し、マウスなどの操作でその中を仮想的に歩いたり見渡したりすることができる。インテリアデザインや景観設計などの評価に有効である。

表4.2.5-1 「空間設計シミュレーション」の総括表

1	標題	空間設計シミュレーション						
2	代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	3次元グラフィックス						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

この技術を用いた以下の応用事例が考えられる。その多くは実用化されている。

(1) 建築構造物の出現による景観の評価（実用化）：

コンピュータ画面上に新たな建築物や橋などの構造物とそれが設置される空間を仮想的に表示し、その見え方や周囲の景観との調和など心理的な影響を評価検討する。従来から用いられてきた完成予想図を、さらに動的立体的に表現するシステムであり、絵画的なレベルのものだけでなく写真に近いリアリティの高いものまでである。

(2) 室内空間構成の評価（実用化）：

コンピュータ画面上に仮想の室内空間や家具を表示し、インテリアの色彩や形状、あるいはライティングによる雰囲気の変化、家具の配置や構成による見え方や室内全体との調和など心理的効果の評価検討するシステムである（図4.2.5-1）。これはインテリアデザイナーだけでなく、自宅を新築・改造する一般の顧客ユーザが好みの色彩や形状を選択するのに利用することもできる。

(3) 地下街等の空間認知の評価：

地下街や大規模建物空間は、一般に複雑でその把握が難しい。その結果、自分の居場所や目的地への移動が困難になることが多い。そこで、どのような空間形態に構成すれば、人は迷わずにその空間内を自由に移動できるのかを評価し検討する必要がある。しかし、それらを試作したり試行錯誤の工事を行って実験することは不可能である。そのため、対象となる空間をコンピュータ画面上に3次元的に再現し、その中をコンピュータゲームのごとく仮想的に歩くことにより、適正空間形態を実験的に評価することができる。



図4.2.5-1 インテリアデザインの仮想空間での評価

(4) 案内表示デザインの評価：

駅や公共空間に設置される行き先案内表示板をデザインするためには、その表示のわかりやすさについて評価し検討する必要がある。しかし、そのために試作された表示板を実際の現場に取り替え引き替え設置して実験することは、現実には困難である。そこで、設置空間のシミュレーションをコンピュータ画面上に再現し、その中にデザインされた案内表示を仮想的に設置する(図4.2.5-2)。それにより、見えやすさやわかりやすさを実験的に評価することができる。

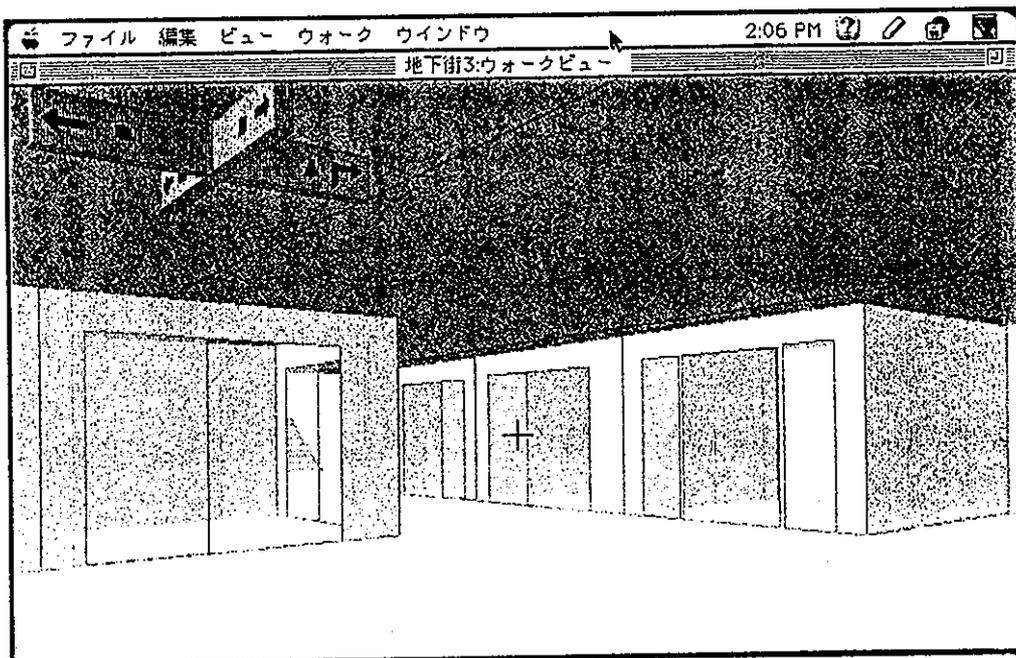


図4.2.5-2 案内表示デザイン評価のためにコンピュータ上に作成された仮想空間と案内表示の例

3) 解説

構成と技術：

基本的にはコンピュータと専用ソフトがあれば実現可能である。コンピュータはパーソナルコンピュータレベルでもある程度の評価はできる。このレベルでのソフトウェアとして、ウォークスルー・プロ（ラムズ(株)）などがある。安価にシステムを構成できることが最大のメリットといえる。

実用化の可能性：

上述したように、いくつかの場面ですでに実用化、あるいは評価研究用として利用されている。さらに空間表示のリアリティを高めることが、今後の課題である。

長所と限界：

実際に評価対象となる建物や空間をつくらなくても、その見え方や空間認知度をある程度推定し評価することができる。特に大きな建物や大規模空間は実験用に試作するわけにはいかないの、その意味では非常に有効である。また、そのための評価技術は既存のコンピュータと一般ソフトでも可能であり、安価に構成できる。

ただし、これはあくまでもシミュレーションのためのツールであり、最終的には実空間での評価も必要である。特に、コンピュータ画面に表示された空間を視点の移動だけで仮想的に歩くのと、実際に足を使って歩くのでは、視覚や運動覚のフィードバック情報が根本的に違うため、現実と大きな隔たりがある。したがって、少なくとも対象となる空間がどれだけ優れているかを絶対的に評価することは難しい。しかし、いくつかのデザイン候補となる空間を作成し、その中で最も優れたものを選ぶような相対的な評価には有効である。

応用分野：

- ・ 公共機器 情報表示装置，公共サインなどの見やすい設置場所の評価
- ・ 建築 大規模建物，地下街などの空間認知のしやすさの評価

(岡田 明)

4. 2. 6 バーチャル・ハウジング

1) 概要

住まい手自身が設計した空間を住宅が完成する以前にその使い勝手や雰囲気を体感でき、家族全員で住宅展示場に行き、住み心地を体感するようなことがコンピュータシステムとして実現できれば非常に便利になる。バーチャル・ハウジング技術はこのようなことを実現させる技術である。

表4.2.6-1 「バーチャル・ハウジング」の総括表

1	標題	バーチャル・ハウジング						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	住空間の広がり感、使い勝手、デザイン等の疑似体験モデル						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

新工業化住宅生産技術・システム開発プロジェクト（21世紀住宅開発プロジェクト）は、来るべき21世紀に向けた新しい住宅の生産にかかわるシステムの開発を目的として、平成元年度より7年度にかけて実施された¹⁾。通商産業省生活産業局主管の研究開発プロジェクトである。このプロジェクトの中の「住まい手参加型住空間設計・シミュレーションシステムの開発」で、VR技術によるシミュレーションシステムが開発された。具体的には、光・視環境、温熱環境、空気質環境、音・振動環境などのシミュレーション結果を疑似体験できるシステム開発を行った。VR技術を応用して、住環境を疑似体験することの意義は、実在しない住空間を仮想世界に構築して、ここに生活する人が見た目の満足度、使い勝手の満足度、住みやすさの満足度を事前に十分に検討できることにある。そこで、住環境を疑似体験するために必要な技術として、次の三つの開発に取り組んだ。

(1) 実物と区別がつかないようリアルティのある住空間データを作成する。住空間データは、三次元形状データと材質感データからなる。材質感データは、テクスチャーデータと反射率などの物性値からなる。さらに、照明、太陽光による陰影を与えることにより、リアルティはより高くなる。

(2) 仮想世界に構築された住空間に、体験者自身を投影して没入感を得る。このために

は、仮想世界に体験者の位置、向き、動きを取り込んで表現する。そして体験者の動きに応じて仮想空間がリアルタイムに連動する。体験者は、歩く、手を使う、道具を使うなどの自然な動作により移動や操作を行う。すべてのオブジェクトとのインタラクションを取ることができ、回転式の扉ならば回転して開くように、オブジェクトは自然現象・物理法則に従って反応する。

(3) 体験者は、住空間をリアルに体験するだけでなく、住環境の目に見えない快適性に関しても体験することができる。さらに、体験するだけでなく、住環境を自由に変更することで、よりよい快適性を創造することが可能になる。快適性に影響を与える要素としては、騒音、換気状態、温度環境などが考えられる。換気状態や温度環境は、住空間温熱空気環境シミュレーションによって事前に予測し、より快適な環境を研究することができる。

○システムの概要

視環境、温熱環境、音環境等のシミュレーション結果をVR技術により疑似体験可能なシステムの概要について説明する。図4.2.6-1はコンピュータシステムの基本構成図である。

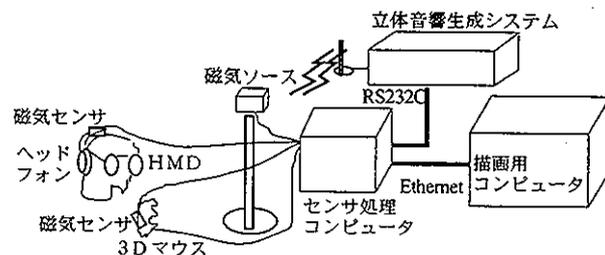


図4.2.6-1 基本システム構成

(1) 温熱環境疑似体験システムの開発

住宅の温熱環境（温度、PMV値、空気の流れ）を、設計段階でVR上で視覚的に体験できるシステムを開発した。即ち、温熱環境サブシステムのシミュレーションプログラムの出力データフォーマットからVRデータフォーマットへのデータ変換ソフトウェアの開発と、VR上に温熱環境を表示して体験する機能の開発を行った。また、より現実に近い雰囲気では体験できるようにするために、後述の光・視環境サブシステムの住空間データをVR上で合わせて表示する機能も開発した。

その結果、パーティクル表示、流跡線表示、等値面表示、二次元断面表示といった従来から用いられている流体解析結果の表示と、それに加えてデジタル計表示が、VR上で可能となった。体験者は、VR上で自由に動き回り色々な位置や方向から表示内容を確認できるのは勿論のこと、表示されたデジタル計や二次元断面などを手に持って、確認したい場所に自由に動かして体験することができる。

体験時の操作の様子を図4.2.6-2に、体験者が仮想空間上で操作する仮想メニューの例

を図4.2.6-3に、温熱環境の表示例を図4.2.6-4に示す。



図4.2.6-2 体験時の操作の様子

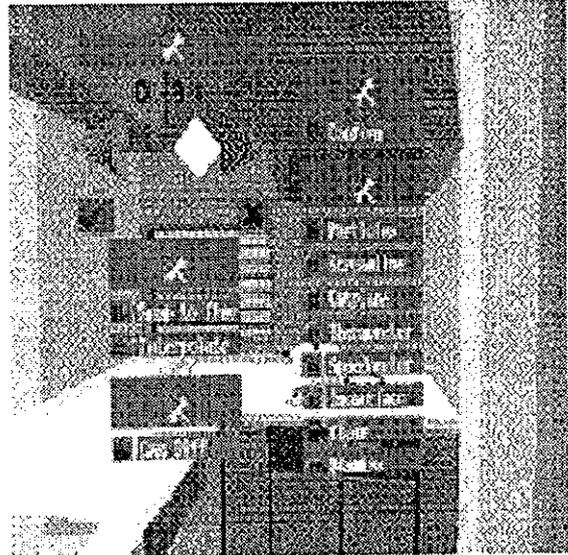
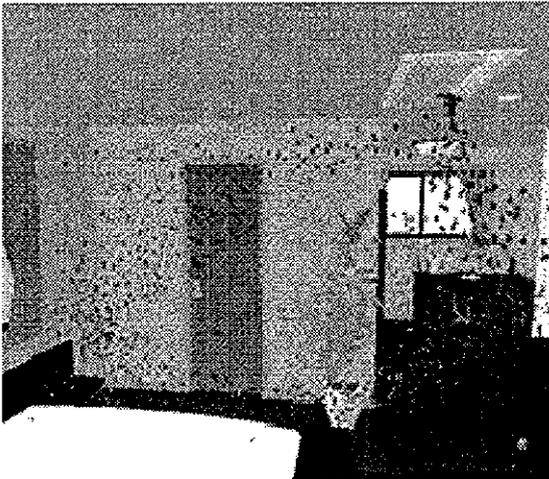
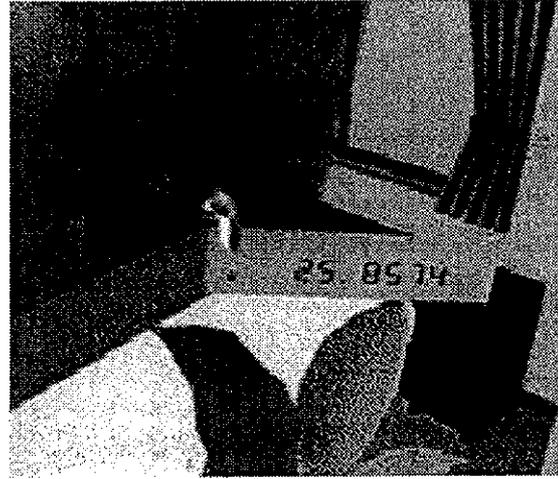


図4.2.6-3 仮想メニューの例



(1) パーティクル表示の例



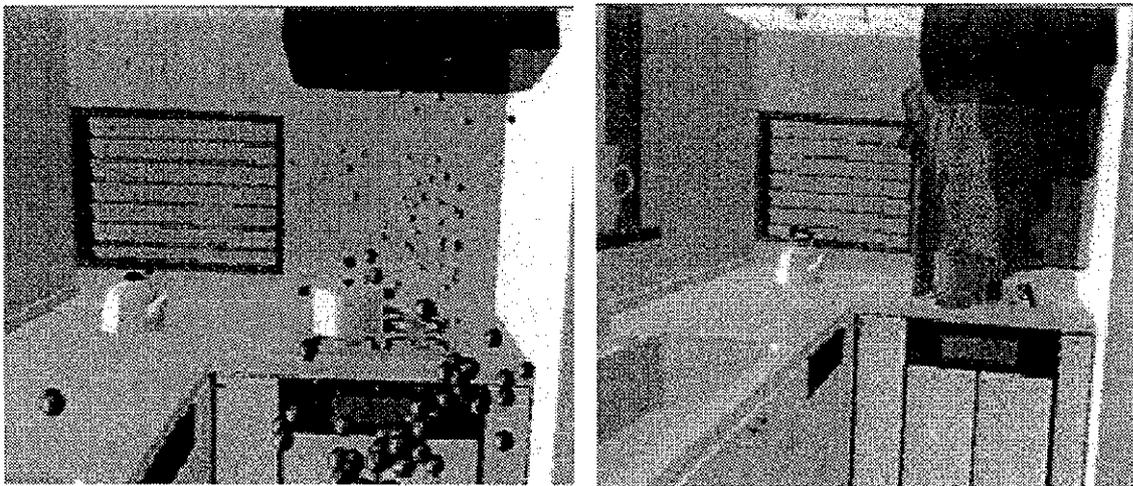
(2) デジタル計及び二次元断面表示の例

図4.2.6-4 温熱環境疑似体験システムにおける表示例

(II) 空気質環境疑似体験システムの開発

住宅の空気質環境（濃度、空気の流れ）を、設計段階でVR上で視覚的に体験できるシステムを開発した。即ち、空気質環境サブシステムのシミュレーションプログラムの出力データフォーマットからVRデータフォーマットへのデータ変換ソフトウェアの開発と、VR上に空気質環境を表示して体験する機能を開発した。また、より現実に近い雰囲気体験できるようにするために、後述の光・視環境サブシステムの住空間データをVR上で合わせて表示する機能も開発した²⁾。

表示方法及び体験方法は、温熱環境疑似体験システムと同様である。表示例を図4.2.6-5に示す。



(1) パーティクル表示の例

(2) 等値面表示の例

図4.2.6-5 空気質環境疑似体験システムにおける表示例

(III) 視環境疑似体験システムの開発

光・視環境サブシステムの住空間データフォーマットからVRデータフォーマットへのデータ変換ソフトウェアを開発し、住宅の内観、外観を設計段階でVR上に表示し、確認できるシステムを開発した。このとき、VR上で部屋単位に表示を切り替える機能を開発したことにより、描画スピードの向上が図れた。表示例を図4.2.6-6に示す。

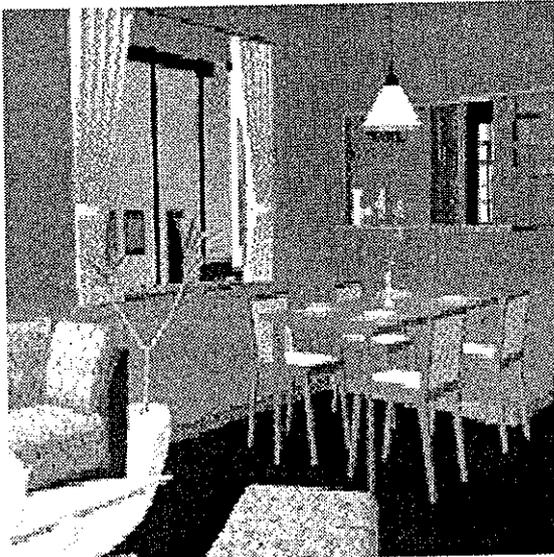
(IV) 音環境疑似体験システムの開発

VR上で仮想の住宅の中を動き回り、住宅の防音・遮音性能を、設計段階で視覚と聴覚により体験、確認できるシステムを開発した。音の生成には、米国 Crystal River Engineering社の立体音響生成システムを利用した。

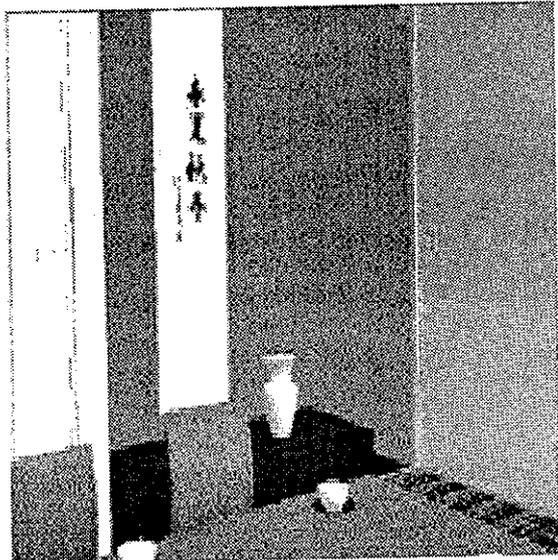
本システムでは、音・振動環境サブシステムのシミュレーション結果、即ち、住宅の壁、扉、床などの防音・遮音性能を、ヘッドフォンを通して方向性を持った立体音で体験、確

認できる。この体験は、光・視環境サブシステムの住空間データをVR上に表示し、視覚情報と連動して、仮想の住宅の中を移動しながら行うことができる。

また、音の再生時に精度を落とさずかつデータ量を減らすことを狙いとして、IIR (Infinite Impulse Response) フィルタを採用し、立体音響生成システム内でデジタルデータのままでデータハンドリングを行うことにより、音質の向上も図った。



(1) 表示例その1 (リビング)



(2) 表示例その2 (和室)

図4.2.6-6 視環境疑似体験システムにおける表示例

(V) 安全性・機能性疑似体験システムの開発

VR上で、扉開閉時の周囲の空間余裕、キャビネットや引き出しの位置、廊下を通る際の広さ感などを、設計段階で体験、確認できるシステムを開発した。ここで、VR上でのこれらの体験に必要なデータは、光・視環境サブシステムの住空間データを利用し、それに扉や引き出しの可動範囲などの情報を付加することにより作成する。

体験者の頭や手の位置の計測には磁気センサを用いているが、その計測誤差は0.08cmであるため、十分な精度で高さや奥行の体験をVR上で行うことができる。現実空間での体験と仮想空間での体験との対比例を図4.2.6-7に示す。また必要に応じて標準的な体系を有する種々の姿勢をした人間形状データをVR上に表示し、周囲の空間余裕を客観的、視覚的に把握することも可能にした。

(VI) 感性工学を利用した疑似体験システムの開発

以上の開発に加えて、感性工学を利用した疑似体験システム、即ち、住まい手の感性を把握しその感性を住宅デザインのディテールへと変換しながらVR空間を構築するというシステムの開発を行った。対象の住空間としてはキッチンを取り上げた。さらに、対象とする住空間や住まい手の層が変わったり、時間の経過とともに住まい手の感性が変化し

たりしても、それらの変化に対応した感性データベースをシステムが持てるように、感性データベース構築ツールの開発も合わせて行った。



(1) カウンター高さの体験例

(2) 吊戸棚の体験例

図4.2.6-7 仮想空間と現実空間との対比例

3) 疑似体験システムと快適性評価について

快適性評価の代表的なものとしては、1967年にFanger, P. O.が発表した快適方程式とそれを基にしたPMV (Predicted Mean Vote) 及びPPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) がある³⁾。これらの指標は種々な環境要素を単一尺度として数量化したもので、評価尺度としては非常に優れたものである。しかし人種、性別、年齢、気候順応の程度等の要因によって様々に変化する各個人の快適性評価には必ずしも最適な尺度とは言えない。特にDIYに代表されるように、住宅設計に施主自身が参加できるようなシステムが実用化されると快適性の評価指標はPMVやPPDのような指標とともに施主自身の快適感に対応するような指標が不可欠になってくる。21世紀住宅開発プロジェクト成果としての疑似体験システムにより、施主は家が建つ前に設計段階で施主自身が設計した結果としての空間の広がり、使い勝手、内装、外装のデザイン、遮音性能・防音性能等が体験可能になってきている。このような体験型システムをベースに体者自身の快適性評価を定量化する研究が今後必要になってくると思われる。

参考文献

- 1) 高橋、野村、バーチャルハウジング、日科技連出版社、(1996)
- 2) 柴野伸之他、VRを応用した住空間温熱空気環境疑似体験システムの開発、第11回HIS論文集、pp.527-533、(1995)
- 3) Fanger, P. O.、Calculation of Thermal Comfort, Introduction of Basic Comfort Equation, ASHRAE Transactions, 73- II, p. III.4.4-10、(1967)

(野村淳二)

4. 2. 7 The Distributed Virtual Wind Tunnel

1) 概要

巨大な3次元非定常状態の流れ場のインタラクティブな表示を分散仮想環境において共有する仕組みについて紹介する。流れ場の可視化計算は、ConvexC3240によって行い、可視化データは、高速ネットワークによってSiliconGraphics社のIrisワークステーションに送られ、そこで描画される。使用者はグローブ型センサーによって仮想空間の中にインタラクティブに指示を与え、6軸自由度を持つBOOMと呼ばれる表示装置を使用してその結果を確認する。

表4.2.7-1 「The Distributed Virtual Wind Tunnel」の総括表

1	標題	The Distributed Virtual Wind Tunnel						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	コンピュータによる風洞実験シミュレーションモデル						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

メリット:

スペースシャトルや航空機、さらには大規模建築物など設計に空気の流れを考慮しなければならないものについて、従来より風洞による実験や流体計算（以下、CFD - Computational Fluid Dynamics）によるシミュレーションを実施し、その結果得られる大量の数値を十分に経験を積んだ研究者のみが理解し設計にフィードバックすることが行われてきた。この数値の羅列は流れの状態を記述しているので、この流れ場を3次元空間に直接表現することで経験とノウハウに頼っていた流れ場の設計を可能にした。図4.2.7-1に本システムでスペースシャトルをモデルにした場合の空気の流れ場可視化例を示す。

誰がいつ使用するのか:

研究者など専門家が流れ場の設計・検討時に使用する。

必要なもの:

- ・描画用の高速グラフィックスコンピュータとして、SiliconGraphics社のVGX380
- ・表示装置として、FakeSpaceLabのBOOM
- ・ユーザインタフェースとして、VPL社のDataGlove

- ・ 描画データ作成のスーパーコンピュータとして、ConvexC3240
 - ・ VGX380とConvexC3240を結ぶ高速ネットワークとして、HPPI
- 図4.2.7-2にシステム構成図、図4.2.7-3に体験中の様子を示す。

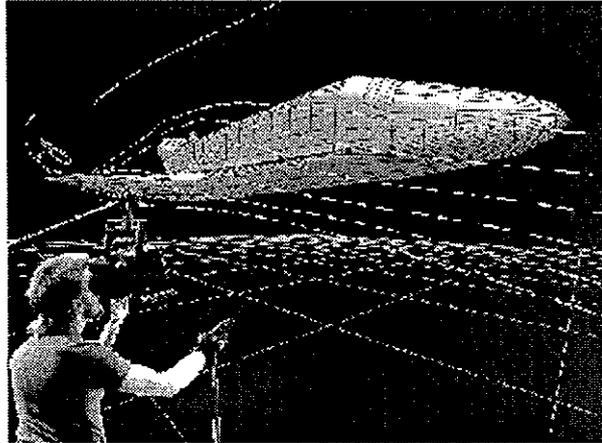


図4.2.7-1 スペースシャトル周りの空気の流れ場¹⁾

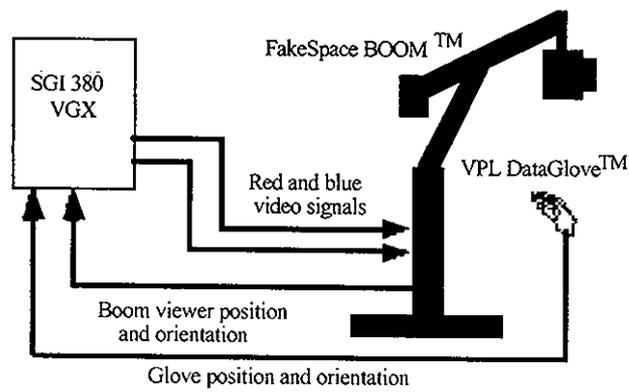


図4.2.7-2 システム構成図¹⁾



図4.2.7-3 体験中の様子²⁾

本システムの特徴：

流れ場をインタラクティブに可視化するツールとして、streakline, particle paths, streamlineの3つを開発した。

(1) streakline

指定された位置からのある時間断面の流れの軌跡を可視化するツール、煙を発生させているようなイメージになる。図4.2.7-4にスペースシャトルをモデルとした翼上の流れを可視化したものを示す。

(2) particle paths

streaklineとは異なり時間を進行させたときの流れを可視化するツール

(3) streamline

指定された位置及び時間断面における流速ベクトルの積分曲線を示す。図4.2.7-5に図4.2.7-4と同じモデルで流れを可視化したものを示す。

いずれのツールもあらゆる位置で指定することや複数指定することが可能である。また、ツールをグローブ型センサーで移動することができ、移動に伴って再計算された軌跡が直ちに表示される。

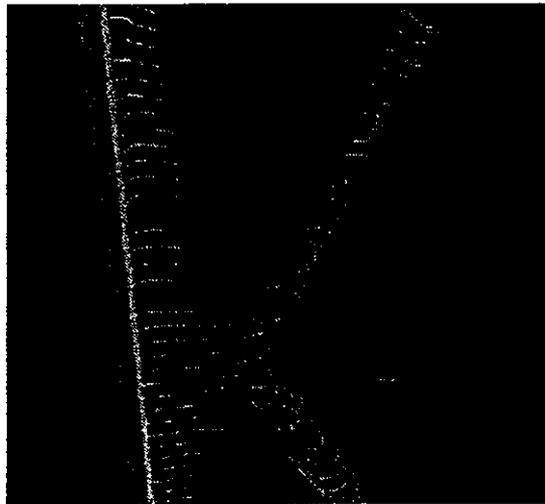


図4.2.7-4 streaklineによる可視化²⁾

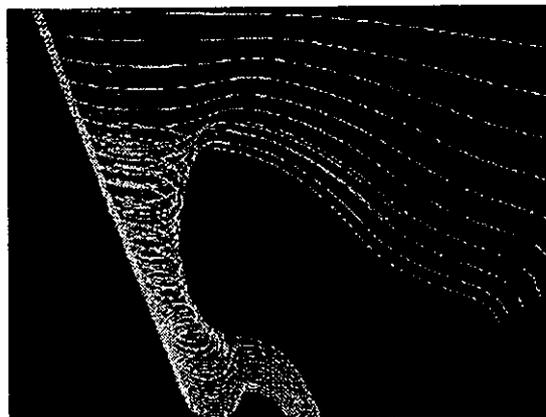


図4.2.7-5 streamlineによる可視化²⁾

本システムの特徴として、さらに高速ネットワークを利用して分散環境を構築している。すなわち離れたところにあるディスクやCPUをネットワークを介して利用できるような環境を構築したことである。この目的のためにDistributed Library (dlib) を開発している。図4.2.7-6にネットワーク環境を示す。

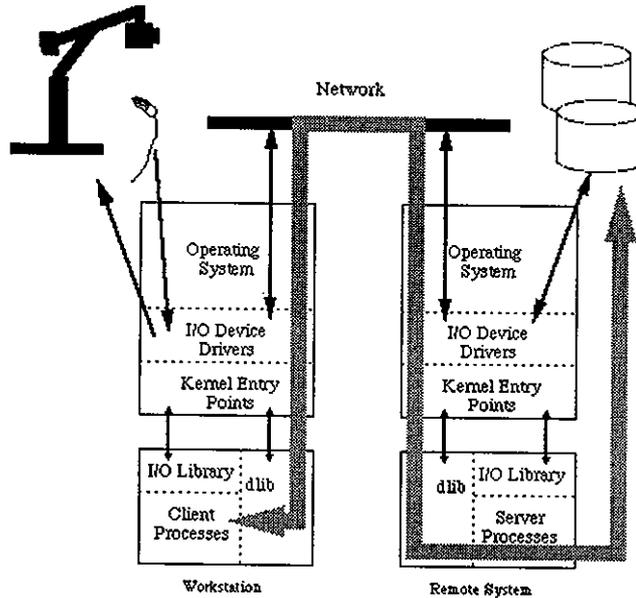


図4.2.7-6 ネットワークを利用した環境²⁾

3) 解説

流体シミュレーションの結果はその膨大な計算時間と大容量のデータボリュームのために、スーパーコンピュータを利用してもせいぜい2次元のイメージを作成して3次元の状態を想像するしか方法がなかった。それをバーチャルリアリティの仮想空間に立体的に表示し、さらにバーチャルリアリティのリアルタイム表示・インタラクティブという特徴を活かして、より直感的に流れ場を理解できる仕組みを開発したという点で画期的であった。また、バーチャルリアリティの有効な応用の姿を示すものとなった。

しかしながら、同時に当時としてはすさまじいほどの豪華なハード構成となっている。例えば、SiliconGraphics社のVGX380は、物理メモリー256Mバイト・8つのCPU (MIPS R3000) を搭載するという構成であった。さらにネットワークはNASAのUltraNetという100Mバイト/秒を実現していた。現在ではこの10倍のパフォーマンスを持つハードウェアを数分の一の価格で購入できる。しかし本システムで要求されているパフォーマンスとして、100万要素ポイントのデータを描画するには114Mバイト/秒の転送量が必要とされており、これは現在でも実現するのは困難である。

参考文献

- 1) Steve Bryson, Creon Levit: The original Virtual Windtunnel Prototype, Visualization '91, San Diego, CA, 1991

2) Steve Bryson, Michael Gerald-Yamasaki: The Distributed Virtual Windtunnel,
Supercomputing '92 Minneapolis, Minn., 1992

(野村淳二)

4. 2. 8 マスキングによるインタフェース評価法

1) 概要

機器の操作部の一部を隠してステップ式に課題を与え、隠された操作部分をユーザ自身に作成させ操作法を推測させることでインタフェースの問題点の発見と改善をする。評価には被験者を必要とし、データ収集解析が自動化されていない。実験結果の解析とその評価は実験者が行わなければならない。

表4.2.8-1 「マスキングによるインタフェース評価法」の総括表

1	標題	マスキングによるインタフェース評価法						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	操作における人の認知と行動の予測						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

従来のユーザテストにおける対象機器のインタフェースの定量的評価指標として、操作時間や誤操作などが用いられている。しかし、誤操作の箇所は特定できても原因の特定はできなかった。また、主観評価法では使いやすさなどの程度を推定できるが、なぜ使いやすいのかあるいは使いにくいのかの厳密な解析は困難な場合が多い。マスキングによるインタフェース評価法ではそうした原因の特定が困難な理由はユーザの操作イメージが特定できないことにあるとの仮定の基に、ユーザが機器に対して持つ操作イメージと操作の進行による操作法の理解がどのようになされるかを知ることが重要視している。

マスキング法とは機器操作部の一部を隠し、ステップ式に徐々にヒントを与え、その時点ごとに推測した操作法を聞き取るという方法であり、研究、仕様設計段階での評価が可能である。評価対象機器とマスキングのための材料(粘土)ならびに被験者にインタフェースを作成させるための紙類があれば実験が可能である。極端な場合は機器そのものが紙に描かれた物であってもよく、非常に安価な材料で簡便な評価が可能である。しかし、評価結果の分析には専門的な知識と経験が必要とされる。

図4.2.8-1は電卓のインタフェース評価の実験風景である¹⁾。被験者には課題をステップ式に与える。まず、ステップ1では図のように機器の一部を隠しておき、操作の課題を与える。被験者はその部分に必要なボタンなどを想定し、紙で作ってマスクの上に張り付ける。その後、被験者の考えた操作法を説明させる。ステップ2ではマスクをはずして、そこにあるボタンの意味などについて聞き取りをする。この時に実際の操作はさせない。最

後のステップ3で、実際に操作をさせて被験者が推定した最終的なボタンの意味など説明させる。



図4.2.8-1 粘土と紙でボタン部分をマスクした状態¹⁾

ステップ1はユーザの知識や経験が使い方にどのように影響しているかを知る事が出来る、ステップ2は設計者とユーザの思考モデルの違いの一端を明らかに出来る。ステップ3は実機のボタン応答などを手がかりにしたモデル推定がされると仮定している。このようにステップ的に課題を与えることで、被験者の考える使い方に関するモデルが機器の外見や操作の展開により変化していく様子がわかるという。竹内らは2人の被験者が同時に同じ課題に取り組んでいる¹⁾。2人の方がインタフェースの作成において検討の程度が大きいと述べているが、操作イメージの形成プロセスは必ずしも2人の被験者に共通のものとはならない危険性を持っているので、本来は1人で評価する方が正しい結果を得ることができる。

また、マスキング法による実験中に観察された被験者の行動や発言を時系列的に記述して行き、被験者の行動と思考のパターンを分析する²⁾。この方法を使用エピソードシナリオ法と命名し、操作に関わる様々な要因の相互作用によって出来る操作イメージや行動パターンの抽出を目的としている。ビデオの予約操作の実験により、従来のユーザテストでは見逃されがちであった次の3点を確認している。(1)問題は何に起因しているのか。(2)問題は個人的なのかあるいは共通しているのか。(3)問題は操作全体にどの程度の影響を与えるか。しかし、竹内らがどのような解析をしたかの詳細が不明なため、シナリオ法の運用方法は明かでない。ただし、ユーザモデルの記述法³⁾や行動の記述法⁴⁾と同様の目的を持って開発されており、これらの方法による分析結果との比較が可能と思われる。

3) 解説

マスキング法では操作時間による評価ができない。また、ユーザは機器の全体像を見てユーザモデルを作成するので、全体像がユーザに見えない。このためマスキング法ではユ

ユーザモデルの構築が逐一的になる。従って、結果的に生成されるモデルがデザインモデルと一致するとは限らないという欠点を持つ。ただし、ステップ式にヒントを与えることでユーザの内的プランがどのように形成されていくかを見るには有効であろう。操作イメージの形成プロセスを分析することは重要であるが、それをデザインに結びつけるためには、イメージの形成に関連するインタフェース部品とその寄与度の検証が必要である。また、将来的にはデータの集積と分析の自動化が必要である。

参考文献

- 1) 竹内晃一、三樹弘之：インタフェースの一部をマスクするユーザビリティ評価法、第12回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集、697-706、1996
- 2) 竹内晃一：シナリオベースのユーザビリティ評価とマスキング法、第13回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集、533-538、1997
- 3) 両角清隆、長崎正道、柴田幸治：バッチ処理型機器における戻り操作のわかりやすさの分析、Progress in Human Interface、65-72、1994
- 4) 田丸恵理子、広瀬真：メモリ送信型ファクシミリにおけるユーザの行動の分析、第10回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集、653-660、1994

(森本一成)

4. 2. 9 風合い評価試験機

1) 概要

布の性質の判断法の1つに風合いがある。風合い評価試験機は人が布に触ったときの風あい感覚量を予測するシステムである。布の力学的な基本特性を数台の試験機(引張り、せん断、曲げ、圧縮、表面粗さ等)で測定し、標準的試料から得られている測定値と比較し、多変量解析によって風あいの感覚量を人が直接布に触らなくても得る方法である。

表4.2.9-1 「風合い評価試験機」の総括表

1	標題	風合い評価試験機						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	風あいの感覚量を繊維の力学的特性から予測						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

風あいの感覚量は人により異なるため標準的な評価困難であったが、川端らの開発した試験機を使用すれば、風あいを数値で表現できる。彼等は風合いの概念を次のように定義している。1) 風合いは主として布の力学的特性から来る感覚によって判断される。2) 風合いの判断はその布が被服材料として用いられる時、その用途に適合した性質を持つかどうかということに基準を置いている。

男スーツ用布地の風合いを表現する言葉として表4.2.9-2に示すぬめり(Smoothness)、しゃり(Crispness)、こし(Stiffness)、はり(Spred, anti-drape)、ふくらみ(Fullness and softness)が熟練者に使用される言葉から選ばれた。これらの表現に対して布の品質評価における重要度の割合も決められている。標準試料は熟練者による手触りの強さ感覚により選定され、0から10の風あい値が定められた。

婦人外衣用中厚地の基本風あいはこし、ぬめり、ふくらみとソフトさ(Soft feeling)である。ソフトさはかさ高さ、曲げやわらかさ、なめらかさの混じった柔らかい感覚であり、しゃり感が少なく、軽くて、ふくらみとぬめりが高く、こし、はりが弱いようなものの感覚と定義されている。婦人外衣用の薄地の風あい表現は、こし、はり、しゃり、ふくらみ、きしみ(Scrooping feeling)としなやかさ(Flexibility with soft feeling)である。きしみ感は絹織物から強く得られ、絹に特有の感覚である。しなやかさはソフトな柔らかさ、曲げ柔らかくなめらかな手触りの感覚と定義されている。

表4.2.9-2 風合いを表現する言葉¹⁾

風合い表現	感覚内容
ぬめり	細くて柔らかい羊毛の繊維を触ってもたらされる、なめらかさ、しなやかさ、柔らかさの感覚。
しゃり	粗く硬い繊維や強撚の糸に触って得られるしゃりしゃりした感覚。
こし	触って得られる可撓性、反発力、弾性のある充実した感覚。
はり	張る感じ。曲げかたさが強く関係する。弾力性の有無は関係しない。
ふくらみ	かさ高で、よくこなれたふくよかな布の感覚。

風合いを評価するときの動作に特定の決まりはないが、熟練者には共通した動作があるようである。風合い値は各評価語に対応した尺度が記されたチャートにプロットすることにより、評価対象の性質を調べることができる。このチャートには総合的な風合いの善し悪しをみるために、よい風合い感覚の範囲が定められており、評価した布の風合いを総合的に評価できる(図4.2.9-1)。

以上のような感覚量と布の力学的特性の関係を成立させるために、表4.2.9-3に示した引っ張り、まげ、表面、せん断、圧縮、重量・厚みの6項目について力学的特性を調べる。各測定値は布の性格を表現するチャートにプロットされ、力学的な特徴をつかめるようになっている。

布の力学的特性から風合い値を計算するための変換式が定められている。6項目(ブロックと呼んでいる)のそれぞれについて多変量回帰分析を施し、次に、残差回帰法を適用してブロック間の回帰を段階的に行うことにより、最終的な風合いを予測する線形式を求めている。計算で求められる風合い値と熟練者の判定した風合い値を比較し、図4.2.9-2に示すように計算値は熟練者による評価のばらつき範囲内にほぼ入ることを確かめている。

織物の仕上性能などを予測するためにオーストラリア連邦科学産業機構(CSIRO)のシドニー研究所によりFAST(Fabric Assurance by Simple Testing)が開発され、織物、アパレル生産工場において実用性試験も行われている^{2),3)}。FASTは織物仕上げの評価予測の他に品質管理、仕上加工管理に利用される。客観的な測定項目は圧縮、曲げ、引っ張り、寸法安定性(湿潤緩和処理)である。圧縮試験器では全体の厚さ、表面の厚さ、緩和での全体と表面の厚さを測定し、仕上がりの安定性を評価する。引っ張り試験では経と緯の伸張性とバイアス伸張性を測定する。バイアス伸張性はせん断の硬さの評価に用いる。曲げの硬さと伸張性により布のフォーマビリティ(圧縮できる範囲)を計算する。FASTチャートに個々の測定値をプロットすることによって製造中あるいは後の問題発生への予測が可能である。織物の性質と外観縫製上の問題には複数の要因が複雑に関連しており、FASTでは風合いの評価に織物の物理的、機械的、表面性能による予測式を用いていない。風合いの評価式は日本以外には受け入れられていない。

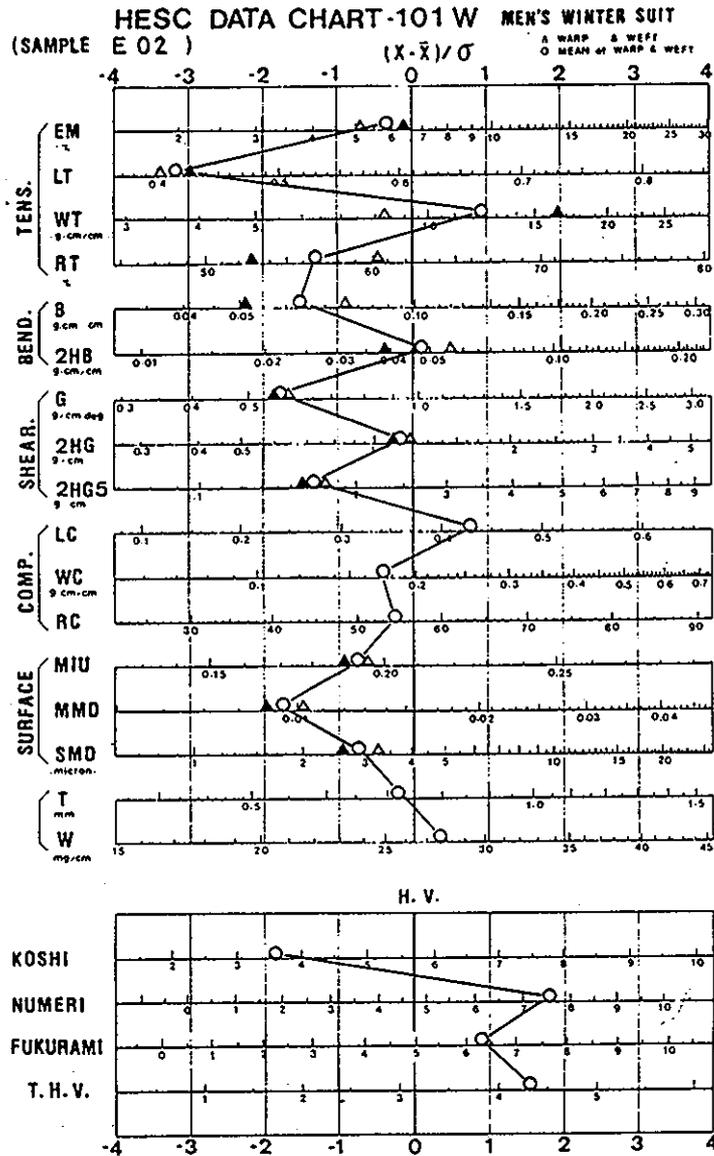


図4.2.9-1 風あい評価尺度¹⁾

表4.2.9-3 布の力学的特性測定項目¹⁾

力学的特性	特性値
引張り	引張りの線形性, 単位面積当たりの面積当たりの引っ張りエネルギー, 引っ張りレジリエンス.
曲げ	単位長さ当たりの曲げ剛体, ヒステリシス.
表面	平均摩擦係数, 摩擦係数の平均偏差, 表面粗さの平均偏差.
せん断	せん断剛性, せん断角0.5° と5° におけるヒステリシス.
圧縮	圧縮特性の線形性, 圧縮エネルギー, 圧縮のレジリエンス.
重量・厚み	圧力0.5gf/cmにおける厚み, 単位面積当たりの重量.

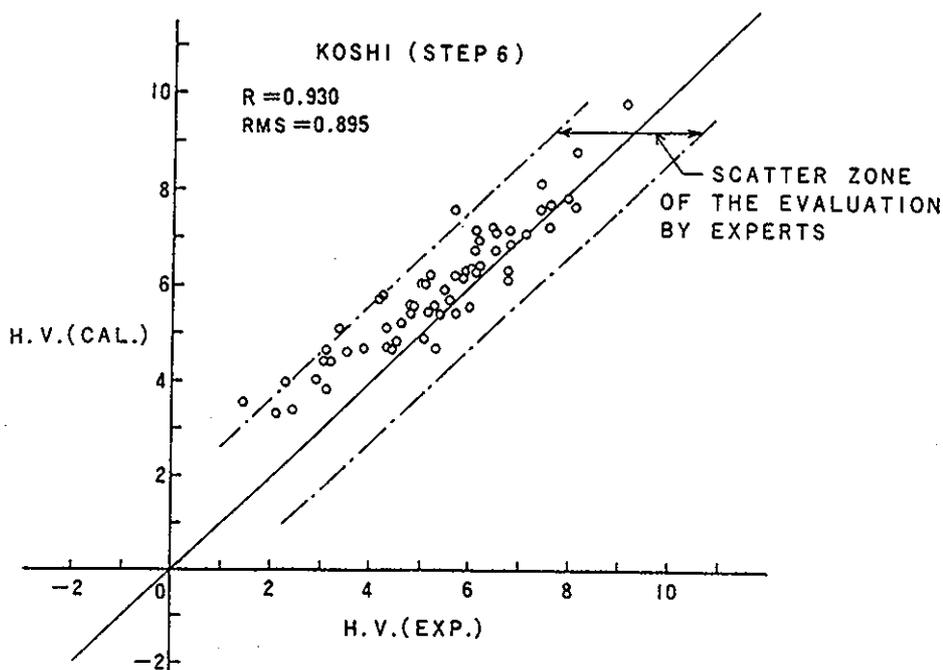


図4.2.9-2 風あい評価値と計算により求めた風合い値の関係¹⁾

3) 解説

風あい試験機は通常、KESシリーズ(Kawabata Evaluation System)と呼ばれている。風合い(布を触ったときの硬さ感、厚み感、ドレープ感など)を表現するために必要な標準試料の風合い値は熟練職人の感によって決定されるが、現在では職人が少なくなったため新

たな評価基準(標準値)の更新は進んでいない。

FASTはKES試験機と構造が異なる。また、KESの試験機を含めた全体のシステムは生地
の風合いを表現するのに必要な、はり、ふくらみ、ぬめり等の官能量を多変量解析を駆
使して最終的に求めるのに対し、FASTは製造工程の管理を中心としている。FASTは管
理する繊維製品として羊毛製品を対象と考えており、ハイグラルエクспанションといわ
れる羊毛繊維特有の性質を評価するための機器であるため、KESには存在しない寸法安定
性試験機という機器が含まれている。

参考文献

- 1) 川端季雄：風合い評価の標準化と解析(第2版)、日本遷繊維機械学会、1980
- 2) 国際羊毛事務局一宮技術センター：FAST織物試験法、Clothing Service Information、
33、1990
- 3) Buckenham,P.：Bias-ention measurements on woven fabrics, J.Text.Inst., 88, 1, 33-
40,1997

(森本一成)

4. 2. 10 その他の事例（製品・環境代替物）

（1）古典的なモックアップ、試作技術

従来から製品イメージの具体化の手段として用いられている実体のモデルである。粘土、木、紙、石膏、樹脂、金属等の材料で製作され、製品の研究開発、プレゼンテーション、機能確認に利用される。原寸でつくることが望ましいが、建築、車両などのように大きいものは、縮尺モデル等も用いられる。（吉田）

〔参考文献〕

- 1) 工業デザイン全集編集委員会編：工業デザイン全集 第4巻（デザイン技法 - 造形技法 - ）、148～177、日本出版サービス、1982.

（2）VRによるシステムキッチン設計支援システム

VR技術を応用した、顧客参加型のシステムキッチンCADシステム。1991年より松下電工（株）の新宿ショールームで稼動中である。（野村）

〔参考文献〕

- 1) 野村淳二：人工現実感によるシステムキッチン体験システム、精密工学会誌、Vol.57、No.8、1352～1355、1991.

（3）操作パネルのロジック、操作性評価システム

輸送機器のパネル等をコンピュータ画面上で構成、配置し、ロジックの検討・評価を行うシステムである。（鈴木）

〔参考文献〕

- 1) Paul Green and Alan Olson：SAE960352 Practical Aspects of Prototyping Instrument Clusters, Univ. Michigan Transportation Research Institute

（4）操作シミュレータ

機器操作の操作確実性、機器操作感などを設計段階で把握するために、実際の製品使用環境を模擬した操作環境で試作機器を実際に操作して、その人間に与える影響を評価するシステムで、フライトシミュレータ、ドライビングシミュレータ（4.2.2章参照）、電車運転シミュレータ、クレーン操作シミュレータ等がある。（福井）

〔参考文献〕

- 1) 廣瀬通孝：バーチャル・リアリティ応用戦略、オーム社、1992.
- 2) 藤本英雄編：人工現実感の新展開、コロナ社、1994.

（5）フライトシミュレータ

コンピュータ技術、メカトロニクス技術、光技術などを用いて航空機の振る舞いや飛行環境を厳密に模擬することによって、実航空機を使用することなく屋内において航空機の操縦訓練や試験飛行を可能にする装置である。（吉田）

〔参考文献〕

- 1) 原島博、廣瀬通孝、下條信輔編：仮想現実学への序曲、143～155、共立出版、1996.

2) 大島正光監訳：ヒューマンファクター、843～865、同文書院、1989.

(6) 車椅子シミュレータ

VR技術を利用した、電動車椅子の操作性体験装置である。(吉田)

[参考文献]

1) 三菱プレシジョン：<http://www.mindnet.or.jp/mpc/kisu.html>

(7) アミューズメント用シミュレータ

アミューズメント用のコンピュータゲームで、四輪や二輪のレーシングゲーム、スキー、スノーボード等がある。(吉田)

(8) 手足で触れるCG

コンピュータのつくり出した論理的な実体(例えばカメラ)を手で触って確かめることができるシステムである。(吉田)

[参考文献]

1) 服部桂：人工現実感の世界、154～160、工業調査会、1991.

(9) 車両取り返し性検討システム

CADデータから構成した立体画像の車両(インテリア、エクステリア)と背景を使って目線の位置から車両、景色の見え方、視界障害、視認性の評価を行うシステムである。

(鈴木)

[参考文献]

・開発中のため文献なし

(10) 画面デザインシミュレーション

コンピュータ画面そのものにデザインの対象となる画面をソフト的に作成し、それをシミュレーション操作することができる。パソコンレベルでかなり実際に即したシミュレートができる。ハイパー・トーク、マクロメディア・ディレクターなどのソフトにより構築。市販システムでは、"Rapid" (製品のヒューマン・マシン・インターフェースの動作、機能をシミュレートすることができるプロトタイプングソフトウェア) 等がある。

また、"Visual CASE" (家電製品のユーザインタフェースの設計とそのプログラムが同時に行えるシステム) や"マン・マシン・対話CAD" 等が開発されている。(岡田)

[参考文献]

1) 日本人間工学会・アーゴデザイン部会スクリーンデザイン研究会編：GUIデザイン・ガイドブック 画面設計の実践的アプローチ、海文堂、1997.

2) 住商エレクトロニクス(株)：Rapidパンフレット

3) 松下電器産業(株)：Visual CASE、Pana News、1992年12月1日4面.

4) 野呂影勇編：図説エルゴノミクス、617、日本規格協会、1990.

(11) GUIの評価システム

デザイン事務所の(株)ノーバス(東京渋谷区)では、主に家電・情報機器のグラフィックインタフェースのデザイン、設計を行っている。さらにCGやCADでデザイン、設計を行ったグラフィックユーザインタフェースの評価システムの開発(操作フロー図)も自社で行っており、クライアントの要求に答えている。(志甫)

[参考文献]

- 1) 鱗原晴彦:「GUI開発の現場:操作フロー図を活用して画面構成の適性を判断する」、第11回ユーザビリティ研究談話会、計測自動制御学会ヒューマンインタフェース部会主催、1997年2月14日。

(12) 建築音響設計用のためのシミュレーション

壁面の形状、角度、吸音面の配置、壁面等の材料、残響時間等を入力して、音の経路・大きさ・響き等の物理指標を算出、検討するためのシステムである。(吉田)

[参考文献]

- 1) 野呂影勇編:図説エルゴノミクス、616、日本規格協会、1990。

(13) 人工環境実験室

用途に応じて、温度・湿度・気流・気圧・雨・雪・日射などの様々な気象環境を人工的に作り出すことができる実験室である。製品の評価や人間の生理機能の計測等に利用されている。(吉田)

(14) 「動物園に行こう」システム

長期入院している児童に対して、動物園に行く雰囲気を楽しんでもらうために開発されたバーチャルリアリティシステムである。特徴は、園内の道路に沿った風景が立体画像で提示され、分岐点ではどちらの道に進むかを児童の意志で選択してレバー操作ができ、あたかも自分で行っているかのように感じられるシステムである。(福井)

[参考文献]

- 1) 廣瀬通孝:バーチャル・リアリティ応用戦略、オーム社、1992。

(15) 発電所制御室デザインレイアウト検討システム

発電所の制御室のデザイン、レイアウトを検討するためのパソコンを主体としたシステムである。壁、天井、床の色やブラインドの開閉、機器の配置などをリアルタイムに変更できる。また事故シミュレーションも行える。(吉田)

[参考文献]

- 1) パソコンとネットワークでVRが変わる、日経CG、98~103、1996年6月号

(16) 車室内デザイン検証システム

デザイン検証のためのCADと連携したインタラクティブ・バーチャル・プロトタイプングシステムである。例えばハンドルをデザインする場合、デザイナーはヘッドマウント・ディスプレイを装着し3次元マウスを持ってVR空間に入り、ハンドルの色彩、形状、テ

クスタ、照明条件等をリアルタイムで変更しながらそのデザインの検討ができる
(「5.1.2 ディビジョンリミテッド社」参照)。(吉田)

[参考文献]

1) 松下インターテクノ(株)

: <http://www.mitc.co.jp/visualsystem/VR/DIVISION/SAMPLE.HTML>

(17) 工作機械の安全作業の教育訓練システム

工作機械(ボール盤)の安全作業の教育・訓練用のパソコンを主体としたシステムである。作業着の着用からボール盤作業までの工程を体験することができ、誤った操作を行った場合に生じる事故も疑似体験できる。(吉田)

[参考文献]

1) パソコンとネットワークでVRが変わる、日経CG、98~103、1996年6月号

(18) 建築物内の避難シミュレータ用システム

建築物内での災害時の避難シミュレータ用のパソコンを主体としたシステムである。3次元のホテル空間を作成し、宿泊室から非常口にたどり着くまでの避難者の行動や心理データを収集することが出来る。(吉田)

[参考文献]

1) パソコンとネットワークでVRが変わる、日経CG、98~103、1996年6月号

(19) エンジン保守作業トレーニングシステム

米国マクダネル・ダグラス社が、F/A-18戦闘機の保守作業トレーニングに用いているコンピュータ・ベース・トレーニングシステムである。戦闘機からのエンジン取り外し作業を、各作業ステップ毎に忠実に再現し、保守作業のトレーニングが可能である。(吉田)

[参考文献]

1) 松下インターテクノ(株)

: <http://www.mitc.co.jp/visualsystem/VR/DIVISION/SAMPLE.HTML>

(20) ルノーが挑むリアリズム

フランスの自動車メーカーのルノーが目指すリアリズム画像について記載。モックアップの代わりにフォトリアリスティックな映像でデザイン評価を行い、作業時間短縮とコスト削減を目指している。(吉田)

[参考文献]

1) ルノーが挑むリアリズムの追求、日経CG、141~145、1996年6月号

(21) 建物のウォークスルー・プレゼンテーションシステム

150インチのディスプレイに2万ポリゴンのVR空間を表示し、リアルタイムに歩き回れるシステムである。GWSを主体とし開発ツールは「dVS/dVISE」を利用している。(吉田)

[参考文献]

1) パソコンとネットワークでVRが変わる、日経CG、98~103、1996年6月号

(22) 都市開発シミュレーション

新規住宅団地の開発のための用いられているシステムである。開発設計図をもとに汎用3次元CADによるモデル作成を行いVR空間を構築する。街路樹や標識などを再現すると同時に、街灯による路面や周囲への照度も再現できる。(吉田)

[参考文献]

- 1) 竹村喜成：ヴァーチャル・リアリティの自動車分野への応用、日本交通科学協議会講演会、1995.

(23) Volvo社事故シミュレータ

運転者に仮想空間の中で事故を体験させ、Volvo社の車の安全機能をアピール、説明するために用いられているシステムである。(吉田)

[参考文献]

- 1) 竹村喜成：ヴァーチャル・リアリティの自動車分野への応用、日本交通科学協議会講演会、1995.

4.3 「人間、製品・環境代替物」技術

4.3.1 乗員挙動解析システム（人体動作解析システム）

1) 概要

乗員の運転姿勢、操作、乗降動作などの挙動を画像として取り込み、人体各部位の挙動を物理量や数式で表し、快適な動作に必要な3次元空間を求め、定量的に空間のレベルを評価するのに用いる。車両の動きと運転者の挙動との関連、衝突試験の供試車に搭載する人体模型の挙動解析にも適応される。

製品開発の場合では、主に開発研究部門、人間工学担当者が、研究・仕様設計段階で使用している。

表4.3.1-1 「乗員挙動解析システム（人体動作解析システム）」の総括表

1 標題	乗員挙動解析システム（人体動作解析システム）						
2 代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3 人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4 代替、表現技術	空間の座標点として表現。時間変化を追跡。						
5 利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6 開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7 実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8 備考							

2) 事例紹介

(1) システムの構成と機能

このシステムは挙動物体を画像として取り込む画像収録装置と、取り込んだ画像を処理するデータ解析装置とから成り立つ。システムの構成例を図4.3.1-1に示す。

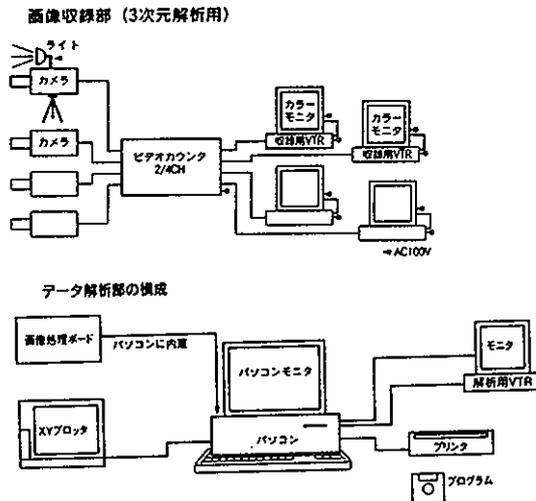


図4.3.1-1 システム構成例

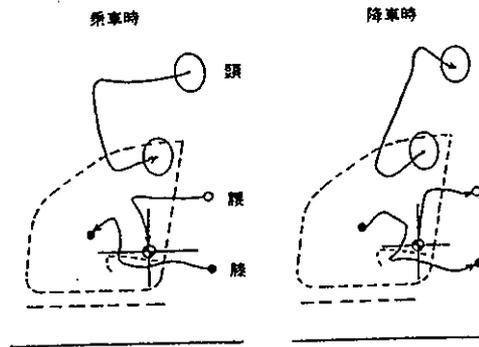


図4.3.1-2 乗降時の乗員挙動比較

被験者の人体各部位の基準となる点に識別マーカーを付け、操作中の挙動をCCDカメラで撮影し、収録用VTRに画像を収録する。収録した画像からマーカー点のアナログ信号をAD変換し、予め設定した空間を基準としてマーカー点の軌跡をデータ解析装置で座標データに変換してパソコンに取り込む。座標データに変換された後はプログラムにより移動距離や、座標の時間変化を計算、速度、加速度、角加速度等を求める。各部位の質量、重心が分かれば、運動エネルギー、運動量、仕事量その他の物理量を求めることもできる。

二次元の座標を求めるには1台のカメラでよいが、三次元座標を求めるには二台以上のカメラが必要である。その際、複数台のカメラの同期をとることが必要となるため、それぞれの画像に同一のコマのカウンタ値を写し込むビデオカウンターが用意されている。レンズを交換することにより、大空間から小空間までの計測が可能であると共に、動きの早い挙動物に対しては高速度ビデオカメラを使用する。1秒間600コマ程度の高速度撮影が可能である。

現在、基準点の識別マーカーは輝点識別方式と色抽出方式がある。

大量の座標データを扱うため、ディスクキャッシュ、RAMディスクなどの機能を使うと処理が早く行える。出力用にビデオプリンタ、X-Yプロッタなどを備えると便利である。

最近は画像処理ソフトが発達してきたので、取り込んだデータから各物理量を計算し、リアルタイムでグラフ表示や、各部位を結んだ人体モデルのアニメーション表示も可能である。

(2) 適用例

人体動作の例として、図4.3.1-2は車両への乗降時の挙動軌跡を求めたものである。スポーツ車、セダン、RV車等の車両形態の違いによる乗員の挙動と官能評価の関係を明

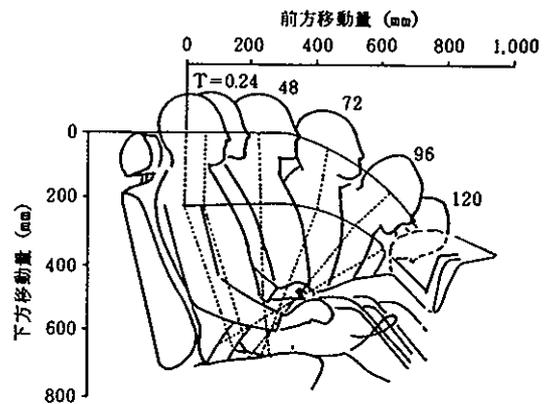


図4.3.1-3 乗員ダミーの挙動軌跡

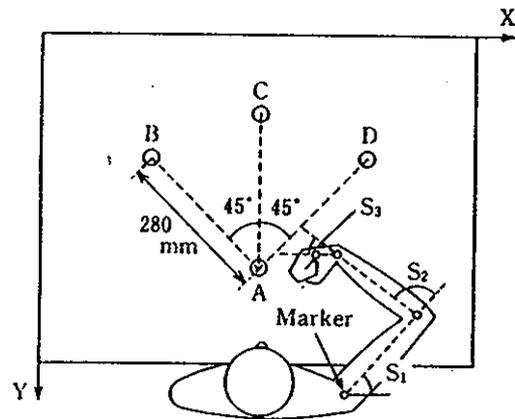


図4.3.1-4 机上のポイントと関節角

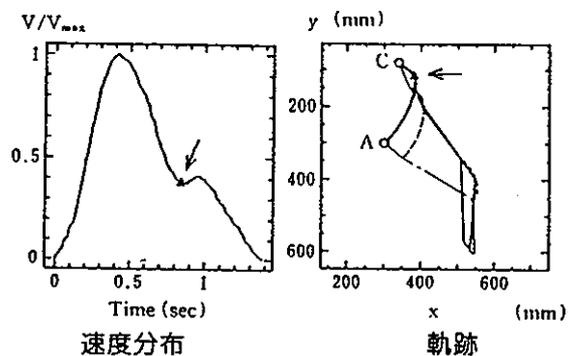


図4.3.1-5

点Cへコップを取りに行く動き

らかにしている。また、車両衝突時の乗員ダミーの挙動軌跡の例を図4.3.1-3に示す。

衝撃速度約25Km/h、二点ベルト装着時のもので、Tは衝撃時からの時間 (ms) である。シートベルトの有無、方式の違いによる乗員挙動の差、乗員の各部位の移動量と速度の関係、車体との接触位置と衝撃速度、加速度などを求めている。

実車のみならず、ドライビングシミュレータ上で故障や事故を想定したコースを設定し、その際、車両の動きと共に乗員がどのような運転操作、挙動を示すか調査する研究も行われている。

一方、図4.3.1-4のように机上のガラスコップを取りに行く上肢2点間運動のような、基本的な人体挙動を解析する装置にも使われている(図4.3.1-5参照)。図中、点Aは被験者の体正面175mmの位置にある始点を示し、手を軽く握った状態で置く。B、C、D点はガラスコップが置いてある位置で、始点Aから取りに行く動作を行う。解析結果をロボットの制御に適用して人間とロボットの協調作業を行う際に、人間にとって負担が少なく、スムーズな動きを得ようとするものである。

さらには、バイオリン演奏における指と腕の動きを解析し(図4.3.1-6,7)、手関節と肩関節の役割と、演奏動作のような微妙な力を制御する必要がある作業においては手関節の働きが重要であることを明らかにしている。演奏動作と同様に縫製作業中の運針動作の解析から、熟練者と未熟練者との差は何かを明らかにしようとする研究にも活用されている。

(3) 挙動解析システムのメリット

このシステムのメリットは、ターゲットユーザとなる寸度の人体挙動を一度収録しておけば、三次元的な動きを画面上で繰り返し再現し、解析結果を確認しながら観察できること、さらに、挙動を各物理量の定量値として捉え、挙動の時間変化と官能評価、生理データ(心拍数、血圧、筋電位等)との相関、車両機器などの動きを同時に比較・解析できることである。官能評価と人体各部位の挙動と物理量の関係を求めれば、以後は各物理量を

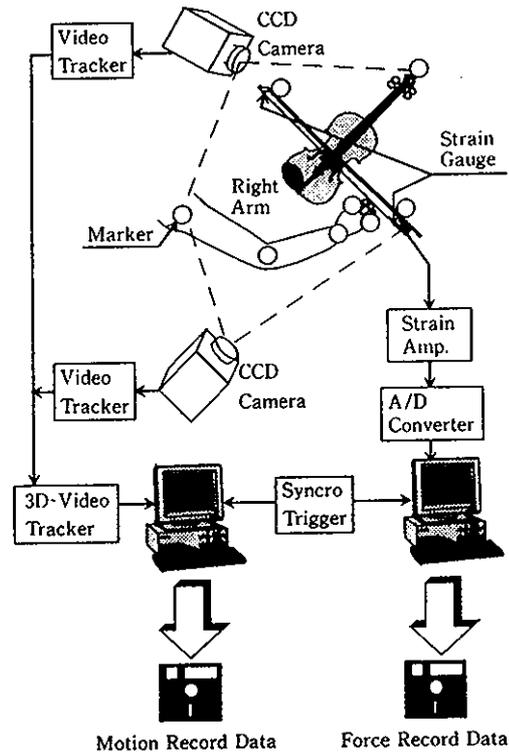


図4.3.1-6 バイオリンボウイング運動の計測

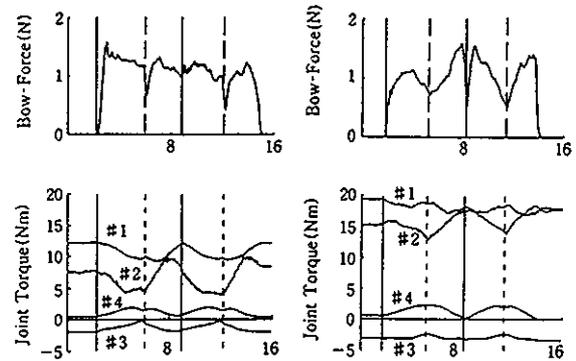


図4.3.1-7 弓圧と手首の関節トルク
(職業演奏家：左と未経験者：右の比較)

もとの、快適な動作に必要な空間設計ができる。

また、非接触で計測できるので、人体の動きに制約を与えないこと、計測中の安全確保が容易になることや、被験者にあまり意識させることなく計測できるメリットも大きい。

3) 解説

CADマネキンや衝突シミュレーションが実用化されつつあるが、実際の人体各部位の挙動を調べ定量化することにより、はじめて人体模型や、CADマネキン、シミュレーションソフト上の人体の動きを規定することが出来る。その為にも人体挙動解析は重要な支援技術となる。これらを発展させ、人体の挙動解析と共に、筋肉の伸縮、筋電位等の生理データと官能評価を関連づけてデータベース化すれば、一層詳細な検討が可能となる。定量化されたデータをもとに、使いやすさからの評価を、製品の計画・デザイン段階で行うことができる。ロボット工学では、これらのデータがマニピュレータの開発や歩行制御モデルの基礎検討に役立つであろう。

医療面では、整体治療に、患者と正常者の動きとを定量値で比較し、治療方法の改善や、進捗度を把握できる。更に義手や義足を付けた人の挙動を、より普通の動きに近づける研究にも役立てることが出来るように思う。

スポーツや楽器演奏などでは、上級者と初心者の挙動を定量値で比較できる装置として映像ソフトをセットし、インストラクターが解説するといったサービスを行えば、学校教育や各種スポーツ教室に導入し、より効果的に短期間で訓練できるのではないだろうか。この場合、高い精度は必要ないので、価格を低く設定できよう。

人体に限らず、基準点に付けたマーカーを識別し非接触で解析できるので、キャリブレーションを注意して行えば、直接動きを計測しにくい物体、例えば非常に大きな建造物や、動きが遅くて計測者がついていられないもの、計測器具をつけられない微小物体の動き、危険物等々の変位、振動、さらには生物の（地上に限らず、水生生物も含め）行動計測にも応用できる。

参考文献

- ・ 中道、宇佐美他、乗降性評価法について、自動車技術46-1 '92
- ・ (財)日本自動車研究所報告書、衝突時における大型車乗員の挙動の研究、昭和62年3月
- ・ 柴田他、位置決め精度が必要な人間上肢運動に関する実験的考察、人間工学、93, Vol.29, No.5
- ・ 渋谷他、バイオリン演奏の弓圧調節における上肢各関節の役割分担人間工学、95, Vol.31, No.5
- ・ 鈴木他、動作解析コンピュータシステムによる縫製作業分析の研究、人間工学、94, Vol.30, No.5
- ・ 宮代他、衝突時における大型車乗員の挙動の研究、日本自動車研究所報告
- ・ 松浦他、車両運動に対する運転者の挙動の定量化分析について、自動車技術会、学術講演会前刷集975 '97-10

(鈴木哲生)

4.3.2 寸法設計のガイドライン

1) 概要

メーカーのデザイン、設計部門では、人間と製品との寸法適合性を検討、評価するために、寸法設計のガイドラインとして、これまで人間工学関連の文献資料やチェックリスト、ドラフター設計での二次元マネキンなどが利用されてきた。近年では、CAD設計の普及とともに、CAD上で扱え、モニター上で寸法適合性が視覚的に判断できるマネキン形式のものが見られるようになった。

表4.3.2-1 「寸法設計のガイドライン」の総括表

1	標題	寸法設計のガイドライン						
2	代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	二次元コンピュータマネキン技術						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

・家電・情報機器メーカー

設計の初期段階で、製品のアイデア展開を行いながら、人間と製品との寸法適合性を設計案に盛り込む手段として、これまで様々な人間工学データ利用の工夫がなされてきた。ドラフター上に人間の身体側面図にあたる樹脂製の二次元マネキンを、立位や座位の姿勢で配置し、これを寸法設計のガイドとして行うテープドローイング設計などはその代表的な例の一つと言える。この場合、製品寸法と人間（マネキン）寸法との関係を、ビジュアルに直感的に検討、評価できるため、これまで多くの設計現場で一般的な手法として用いられてきた。

また人間工学関連の文献データを利用する場合でも、建築設計資料集¹⁾や図説エルゴノミクス²⁾、Humanscale³⁾など、身体寸法や動作域等がグラフィカルに図示されているデータが、デザイナーや設計者にとって使いやすいデータとなっていて、設計現場で活用されてきた。これはデザイン、設計部門でのワークが、スケッチ作成や図面作成といった作図作業が主となるため、設計現場で活用される人間の寸法データも視覚的に扱えるものが使いやすく、人間と製品との寸法適合性を考慮した製品プランの作図展開を行うのに効果的であるからと考えられる。

このような中で、最近、CAD設計で利用できるマネキン形式のシステムを、寸法設計のガイドラインとして利用している企業が増えてきている。図4.3.2-1、図4.3.2-2、図

4.3.2-3は電機メーカーのデザイン部門で使用されているマネキンのガイドラインシステムである。市販のものではなく、社内での使用を目的に独自に開発したものである。

図4.3.2-1は、マネキンや機器、環境のデータベースのデータ検索画面であり、マネキンの選択を行っているところである。マネキンデータには成人男子、成人女子、高齢者、子供（10才）の種別があり、それぞれに立位、座位の基本姿勢の正面図、側面図、上面図がある。また、パーセントイルのバリエーションとしては、5パーセントイル、50パーセントイル、95パーセントイルの3種類がある。同じく図4.3.2-2は、デスク、チェア、CRTモニター、キーボード、車イス等の機器データベースから、設計に必要な機器データを検索している画面である。また図4.3.2-3は、選択したマネキンデータを二次元CADに配置した画面で、このマネキンを寸法設計のガイドラインとして、製品の基本設計を行おうとするものである。

このガイドラインシステムは、マックOSをベースに、画像データベース及びデータ検索部分はスーパーカードで作られたものである。また、二次元CADとしてはアシュラベラムを使用している。

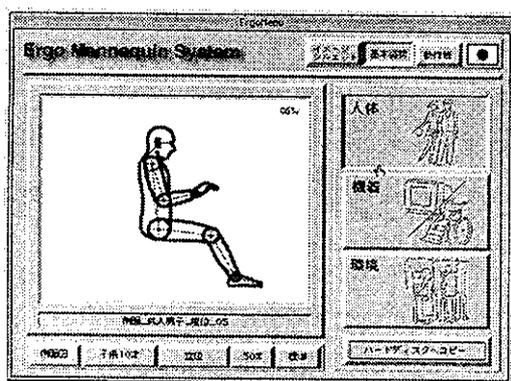


図4.3.2-1 データ検索画面（人間）

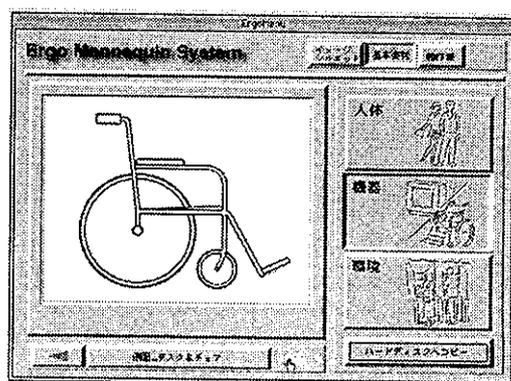


図4.3.2-2 データ検索画面（機器）

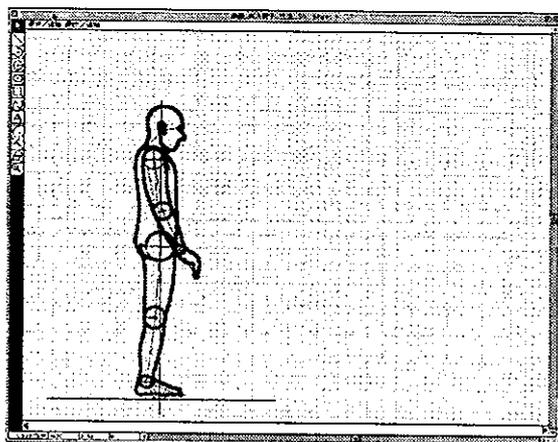


図4.3.2-3 マネキンをガイドラインにした寸法設計

実際に設計現場で利用した感想としては、立位、座位の基本姿勢マネキンを、設計に必要な様々な生活姿勢に変えることが困難であるといった声が多く聞かれたそうである。使用している二次元CADソフト上でマネキンの姿勢を変化させようとする時、マネキンを

構成する各オブジェクトのグループ化、リンク化の変更を度々行うことになり、最終的な生活姿勢を得るまでに数多くのコンピュータ操作が必要となるためである。また生活姿勢を想像しながらマネキンを変化させる作業も実際には難しく、得られたマネキンの姿勢が適切な生活姿勢を示しているかどうか大いに疑問に感じるとのことであった。こうした問題への対応として、家電、情報機器の設計に必要な数多くの生活姿勢のマネキンをデータベース化することが考えられるが、そのための時間とコストを企業が負うことは、現在のところ難しい状況とのことであった。

3) 解説

紹介したマネキンは、これまで現実の製図板上で使われてきた二次元マネキンの機能を、CAD設計で使えるようにしたものであり、本報告書でも取り上げられているコンピュータマネキンの基本的かつ初歩的なものとして位置付けることができる。

事例で取り上げたメーカーでは、このガイドラインシステム導入の動機を次のように説明している。最近の経験の少ない若いデザイナー、設計者のプランの傾向として、スタイリングやフォルムのおもしろさを大いに追求するが、人間と製品との寸法適合性に関しては十分な検討がなされていないことが多い。そこで新人デザイナーに対して寸法適合性を考慮するように促す一つの方法として、このようなマネキン形式のガイドラインシステムを研究、応用しているとのことである。製品設計において、人間と製品との寸法適合性の検討は基本的で重要な要素であり、新人デザイナー、設計者に限らず、設計者全般が設計において工夫する部分でもある。このようなことから、CAD設計が主流となっている今日、このようなガイドラインシステムは今後広い産業分野で活用されていくであろうと考えられる。その流れの中での技術的な問題点、課題についていくつか述べると次のようになる。

まずマネキン形式のガイドラインをCADで使う場合に、CGソフトとCADソフトとの間でのデータの互換性の問題が上げられる。マネキンの表現としては、例えば自由に姿勢を変えられるなど、CGソフトを利用した場合に効果的と考えられる事項が多いが、現実には精度のある設計を行うのはCADソフト上である。CGとCADでは、根本的にそのソフトウェアそのものの考え方や目的が異なってこれまで発展してきているため、現状ではデータの受け渡しに様々な障害を生じているし、CAD上でのマネキンの自由度も低いものとなっている。ただし近年の三次元データを中心としたコンカレントエンジニアリングの考え方の台頭により、三次元CGや三次元CADの関係がシームレスになっているソフトウェアも見られるようになってきている。またドイツ製のコンピュータマネキンソフト「アントロポス」のように、CADソフトのプラグインモジュールとして販売されているものもある。いずれにしても、近い将来コンピュータ技術の進歩が解決してくれる問題であると考えられる。

また、事例で取り上げたようなカード型データベースを利用してガイドラインシステムを今後発展させる場合には、設計に必要な数多くの種類の生活姿勢のマネキンデータが必要となる。また人間(マネキン)データに限らず、関連の製品データも膨大なものとなるであろう。こうした設計に必要な人間関連、製品関連のデータの蓄積を行っていくためには、業界全体としての、あるいは産学官連携等の協調作業が今後必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：建築設計資料集成，鹿島出版会，1973
- 2) 野呂影勇編：図説エルゴノミクス，（財）日本規格協会，1990
- 3) Henry Dreyfuss Associates, Humanscale, The MIT Press, 1981

（志甫雅人）

4.3.3 コンピュータマネキン

1) 概要

コンピュータ画面上に表示される人体マネキン。体格やプロポーションを自由に設定できる。また、関節も動くので、様々な姿勢や動作をとらせることができる。CAD設計上の製品や空間と組み合わせれば、それらと人間の寸法・動作・感覚等との整合性を画面上で推定・評価することが可能である。

表4.3.3-1 「コンピュータマネキン」の総括表

1 標題	コンピュータマネキン						
2 代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3 人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4 代替、表現技術	3次元グラフィックス、人間工学データベース						
5 利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6 開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7 実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8 備考							

2) 事例紹介

この技術を用いた以下の応用事例が考えられ、あるいは実用化されている。

(1) 製品・空間と人体寸法との整合性評価（実用化）：

たとえば自動車のインテリアなどのように、限られた空間に人間が居住する場合、無理なく快適に運転できるよう適正な広さや形に設計されなければならない。あるいは、オフィスチェアなどは、様々な体格のユーザが腰掛け、快適に仕事を続けられるよう身体に合った寸法や形に設定されなければならない。従来は試作品を作成してから、それらの評価検討を行ってきたが、その結果明らかになった改善点を再び設計段階に戻すプロセスの繰り返しは大変効率が悪い。そこで、設計段階でそれを評価検討できれば、開発期間を大幅に短縮できるだけでなく、設計中の製品や空間の寸法や形状のパラメータを容易に変更できるので詳細なチェックが可能となる。

コンピュータマネキンをCAD設計上の製品や空間内に入れることにより、その使い勝手や負担をコンピュータ画面上で評価することができる（図4.3.3-1）。特に、あらゆる体格やプロポーションのユーザでの検討が寸法パラメータを変えるだけで可能になるので、子供や高齢者を含めたあらゆるケースについての評価が期待できる（図4.3.3-2）。

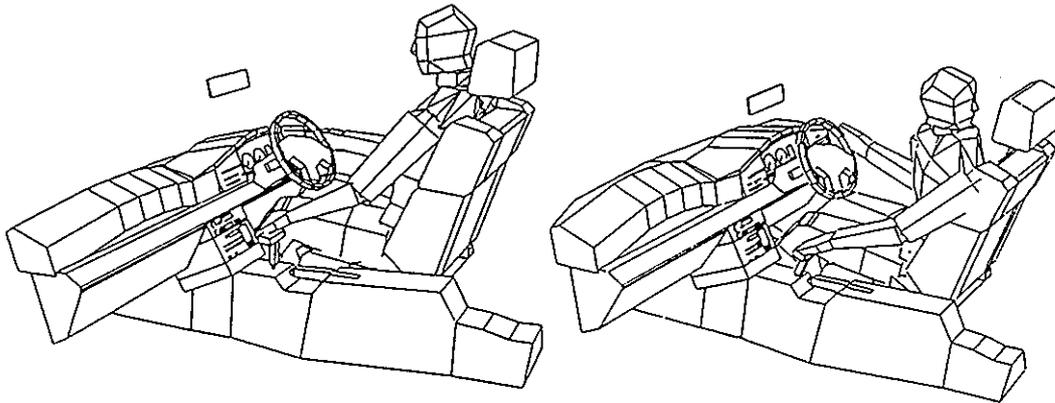


図4.3.3-1 運転者（コンピュータマネキン）と自動車インテリア空間との寸法的整合性の検討例（SAMMIEモデル，イギリス）（Wilson & Corlett, 1991）

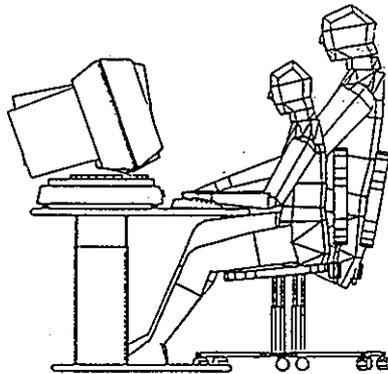


図4.3.3-2 コンピュータマネキンを用いたVDT作業における体格の整合性の検討例（SAMMIEモデル，イギリス）（Wilson & Corlett, 1991）

（2）人間が見渡せる視野範囲の評価（実用化）：

上記事例（1）のコンピュータマネキンに“目”をつければ、その空間内にいる人間が見ることのできる視野範囲を推定することができる。たとえば、死角の出来るだけ少ない自動車の設計や計器盤の見やすさなどを検討するのに有効である（図4.3.3-3）。

（3）製品を扱う際のヒューマン・インタフェース評価（一部実用化）：

ある姿勢をとったり何かを操作する時に筋・骨格・関節などに発生する負荷情報を、上記事例（1）（2）で紹介したコンピュータマネキンに組み込めば、身体負担の推定評価を行うことができる。体幹・頭部・上肢・下肢のそれぞれの部位の重さと重心位置などの

情報を入れれば、たとえば、コンピュータ画面上でコンピュータマネキンが重量のある製品を仮想的に持ち上げたり、重い扉や引きだしを押し引きする際に、腕や腰の各関節にどの程度の負担がかかるかを推定できる。それにより、CAD設計の段階で、少しでも負担の少なくなる製品の形態や操作方法を検討することが可能になる。

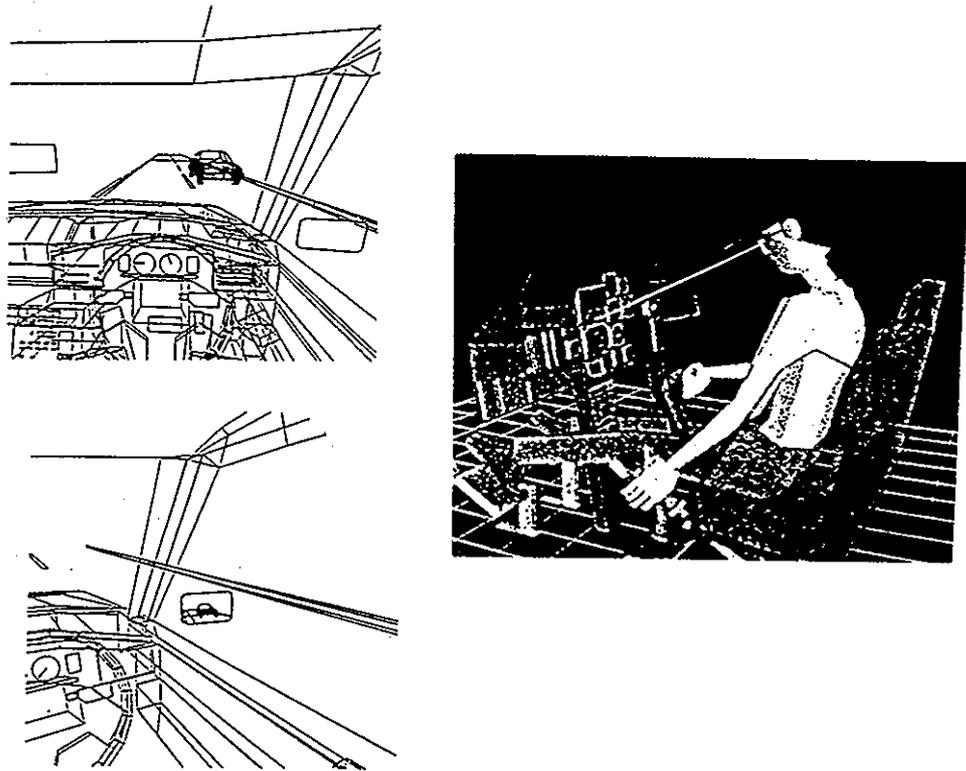


図4.3.3-3 コンピュータマネキンによる視線評価の例

左：自動車運転席での前方視界、バックミラー、計器盤の見やすさの評価
(SAMMIEモデル、イギリス) (Wilson & Corlett, 1991)

右：ヘリコプターコックピットでの操縦性と計器盤の見やすさの評価
(目から伸びている白い線は視線を表わす) (JACKモデル、アメリカ)

(4) 製品や空間の安全性評価：

さらに、皮膚や内臓の物理的特性を組み込めば、実際の人間では実験不可能な状況での推定を行うことができる。たとえば、自動車事故による傷害の度合を調べたり、危険で近寄ってはいけない場所からの安全距離を検討したり、製品がクラッシュした時にユーザが被る被害を推定するなどが考えられる。こうした状況をコンピュータ画面上でシミュレートし、人間の代わりにコンピュータマネキンが参加すればよい。

3) 解説

構成と技術：

いずれも、コンピュータ・マネキンの形態を表現するためのコンピュータシステムとそのソフト、およびコンピュータマネキンの寸法や関節可動域などを決める人間工学データベースから構成される。その多くはシリコン・グラフィックスのUNIXマシンなどで動作可能である。ひとくちにコンピュータマネキンといっても様々な種類とレベルがある。現在、公開され、あるいは市販されているコンピュータマネキンの主なものを表4.3.3-2に示す。

コンピュータ画面上への3次元表示動作技術はかなり進んできたが、コンピュータマネキンはそれ単体で使うことはあまりない。上述の事例でも説明したとおり、設計評価場面では、推定評価する製品や空間を表示したコンピュータ画面中で使われることがほとんどである。そのため、ソフトの汎用性や互換性の技術も重要な要因となる。

実用化の可能性：

現在実用化がなされているものは、表4.3.3-2に示す通りだが、その多くは事例(1)や(2)で示した寸法や視野の検討用である。また、(3)についてもラフなレベルでは一部実用化されている。しかし、コンピュータマネキンを用いて推定評価できる精度次第で、同じ目的でも実用化やその可能性は大きく左右される。すなわち同じ寸法評価でも、室内を歩く際の動作範囲や手を伸ばして届く範囲などは現在のコンピュータマネキンでも十分使えるが、指先の動きなど細かい動作を忠実にシミュレートできるものはまだない。また、重量物を持ち上げる時の腰の負担を大まかに推定するコンピュータマネキンは存在するが、パソコンのキーボードをたたいている時の指や手の負担を正確に推定するものはない。このように、目的よりもその要求精度を満たせるかどうかで実用化の可能性が大きく変わってくる。これはコンピュータ技術上の問題もさることながら、必要とされる人間工学データ自体の存在の有無とその信頼性にかかってくる。指先の細かい動きや負担、肩関節の忠実な動き、体を曲げた時の皮膚のたるみなど、まだすべての要求精度に耐えうるだけの人間工学データが完備されているわけではないので、その構築が今後の課題である。

上記事例の他にも、さらに感覚機能や認知機能を持たせて様々高度な推定評価が可能なコンピュータマネキンも考えられている。究極のコンピュータマネキンは、人間と同じ身体や感覚を持ち、コンピュータ画面上を自由に動きまわるものである。それを目指した研究が現在さかんに行われている。

長所と限界：

製品や空間と人間との整合性を、実際の人間を用いなくて、コンピュータ画面上で仮想的に評価検討できるのが特徴である。そのため、設計段階で最終製品の評価検討ができ、開発期間の短縮とその結果としての経済性が大きな利点となる。また、実際の人間では困難な、あるいは危険を伴う状況での評価検討も可能となる。

しかし、これらはコンピュータシミュレーションによる推定評価のツールであり、万能ではない。最終的には実際の人間による評価検討も必要となる。今後コンピュータマネキン技術がさらに向上すれば、より現実と変わらない推定評価が可能となろう。

表4.3.3-2 存在する主なコンピュータマネキン

((社)人間生活工学研究センター, 1997より要約)

名称	開発目的	開発元・体制	評価内容	動作環境
RAMSIS	自動車内装の人間工学的評価	欧州の自動車メーカーと座席メーカーが協力	視野 リーチ 距離の表示 姿勢の快適性	UNIX
Anthropos	作業環境の安全性など	I S T GmbH	視野 リーチ 距離の表示 関節ストレス 衝突検出	PC, EWS
SAMMIE	姿勢評価など	Nottingham 大学で開発、Loughborough 大学が引き継ぐ 販売は SAMMIE CAD, Ltd.	視野 リーチ 距離の表示	SUN, SGI, HPなどのWS
ERGOMAN	人間工学データベース ERGODATA を実際の設計に活かすため	Dene Descartes 大学	視野 リーチ 距離の表示 衝突検出	EUCLID-IS が稼動するハード
Jack	製品設計の人間工学的評価	Pennsylvania 大学で開発 販売は Transom 社	視野 リーチ 距離の表示 関節ストレス 衝突検出	シリコングラフィックスのWS

参考文献

- ・(社)人間生活工学研究センター (1997) コンピュータ・マネキンに関する調査報告書
- ・Wilson, J.R. & Corlett, N. (1991) Evaluation of human work.

(岡田 明)

4. 3. 4 眼鏡枠のオーダーシステム

1) 概要

福井県工業技術センターでは、地場の眼鏡枠産業の要望を受け、CG、CAD/CAM技術の導入支援とともに、今後の業界での眼鏡サイズのあり方、顔面への圧迫度等の人間工学の視点から眼鏡枠設計データの作成を行ってきた。その成果として、業界でのコンピュータ技術の普及が上げられるが、人間工学データを利用した設計支援技術の普及は、現在なお立ち遅れている状況である。特にオーダーメイド製品については、個のユーザにとっての最適設計案が検討、評価されることになり、一人一品種生産に対応した設計技術や製造技術が必要となっている。この課題に対して、福井県工業技術センターでは、三次元CAD及びCGシステムと光造形法のラピッドプロトタイピング（高速試作加工）システムを利用した眼鏡枠のモデリングシステムを研究し、その普及を図っている。製品のリードタイムの短縮化はもとより、一人一品種生産への対応技術としても、その進展が大いに望まれている。

表4.3.4-1 「眼鏡枠のオーダーシステム」の総括表

1	標題	眼鏡枠のオーダーシステム						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	三次元CG・CAD・CAM技術、ラピッドプロトタイピング技術						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

・眼鏡枠メーカー

福井県鯖江市の地場産業である眼鏡枠産業では、多品種少量生産への対応として、デザイン開発から金型製作まで一貫して行えるコンピュータシステム技術の導入が課題となってきた。福井県工業技術センターでは、このような業界の技術課題を受け、眼鏡枠の製品開発を支援するコンピュータシステム技術の研究開発と指導をこれまで行ってきた。

具体的な事業としては、昭和58年度から昭和60年度の3ヵ年でフロンティア技術開発事業を展開している。この事業の中で、眼鏡枠設計、製造のためのCAD/CAMシステム導入研究やCGシステムを用いた顔面と眼鏡枠との画像合成法の研究を行っている。

またこれらのCG、CAD/CAM技術の研究と並行して、「眼鏡枠機能向上に関する

研究」というテーマで、今後の業界での眼鏡枠サイズのあり方、顔面への圧迫度等の人間工学の視点から眼鏡枠設計データの作成を行っている。眼鏡使用者が眼鏡枠に対して感ずる疲労度を測定するシステムや、顔面寸法測定のためのモアレ画像を利用したシステムを開発するとともに、最終的には500人の顔面寸法の測定と形態の把握をしている。^{1) 2)}

このような福井県工業技術センターの技術支援の成果として、福井県眼鏡工業組合参加企業でもCGシステムやCAD/CAMシステムの導入が進み、製品開発の合理化が計られている状況である。しかし、人間工学データに基づく設計支援技術の導入は立ち遅れており、今後の課題となっている。その理由としては、眼鏡枠生産のほとんどがレディメイド製品で、春夏商品と秋冬商品の年2回のペースで新商品開発を行う必要があり、その開発期間の短さから、色、フォルムのデザインを行うのが精一杯であるということが上げられる。また、ユーザ側も眼鏡枠を購入する際に、製品の外観デザインの好き嫌いや、似合う似合わないが大きなポイントとなっており、自分の顔面寸法、形態への適合性については、販売店が行うフィッティングという微調整で済ましているのが普通である。価格、デザインがまず優先され、装着感、掛け心地といったこだわりが二の次となっている。このような理由で、開発者側も人間工学データを利用した設計技術の重要性についての認識は強いものの、レディメイド製品に関してはどうしようもないという状況が続いている。

一方、現在数は少ないものの、オーダーメイド製品については、時間、経費等のコスト的制約が幾分か緩くなるため、ユーザにとっての最適設計案が検討されることになり、一人一品種生産に対応した設計及び製造技術が課題となってくる。具体的には、個人差のある人間特性、例えば顔面寸法や装着感、好み等に迅速に対応した設計技術や製造技術が必要となってくる。

福井県工業技術センターが平成5年度に行っている「工業デザインモデリングシステムの開発」³⁾ 研究は、工業デザイン全般におけるデザイン開発の効率化、リードタイムの短縮化を図ったものであるが、眼鏡枠における一人一品種生産への対応技術としての方向性を示唆していると考えられる。内容としては三次元CAD及びCGシステム、光造形法によるラピッドプロトタイプングシステムを利用したモデリングシステムの研究である。

図4.3.4-1は三次元CADによる眼鏡枠のモデリングであり、図4.3.4-2はこのモデリングデータを用いた三次元CGによるリアルスティックな外観シミュレーション画像である。また図4.3.4-3はモデリングデータを二次元データに変換し、顔写真に眼鏡枠の画像を組み入れ編集したものである。三次元CADデータを利用することにより、現実感のある完成品画像や装着時のシミュレーション画像を得ることができ、デザイン、設計の検討が行える。

また図4.3.4-4は三次元CADデータを利用して光造形装置で作成した眼鏡枠型で、プロトタイプ作成に用いるものである。三次元CADシステムと造形装置の利用により、迅速な製品試作を可能にしている。実物のプロトタイプモデルによって、より具体的なデザイン、設計の検討、評価を行えるメリットがある。

近年の三次元データを用いたコンカレントエンジニアリング関連技術は、製品開発のリードタイムの短縮化はもとより、一人一品種生産への対応技術としても、その進展が大いに望まれている状況である。福井県の眼鏡枠産業においても、顔面形状入力を自動化する非接触の三次元デジタイザ等を今後併用することにより、個人対応の眼鏡枠のオーダーシ

システムが確立されるものと考えられる。

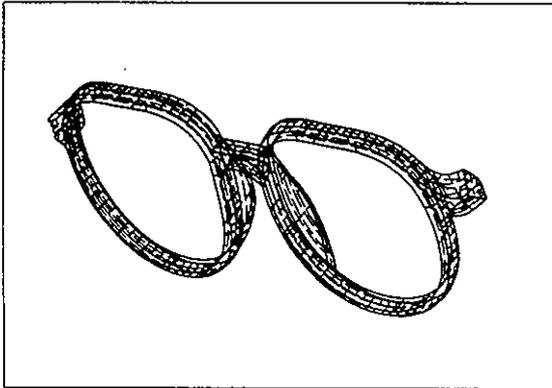


図4.3.4-1 三次元CADのモデリング

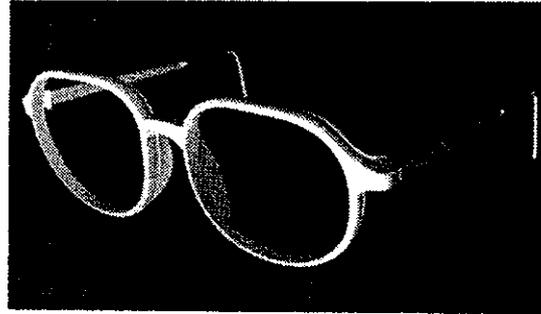


図4.3.4-2 三次元CG画像



図4.3.4-3 顔写真との合成画像

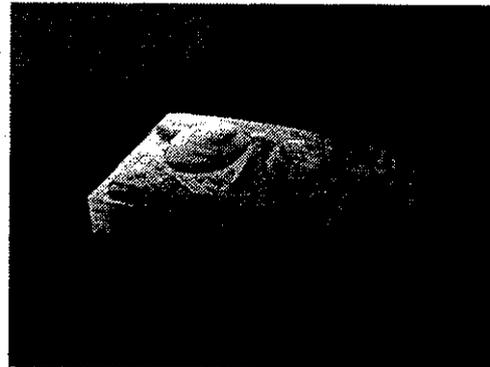


図4.3.4-4 光造形による眼鏡枠型

3) 解説

眼鏡枠と同様に、靴や下着、各種アパレル製品などの業界では、直接身に付ける製品であるが故に、その設計を行う場合に、身体寸法、形態への適合性や着心地、履き心地、掛け心地といった装着感が重要なポイントとなってきた。また近年のユーザの嗜好性、ファッション性の多様化も手伝って、多品種少量生産への移行を早い時期より進めてきた業界でもある。

こうした業界の近未来像を描くとき、多品種少量生産から一人一品種生産への移行が一つの方向性として見えてくる。個へ対応した製品づくりであるが、それを支える新製造技術として今後期待されるのが、コンカレントエンジニアリング関連技術である。三次元データによるCGシミュレーション、CAD設計と解析、さらにはその三次元データを生産に活用するCAM技術などがその中心であるが、さらに三次元形状の入力自動化を図る三次元デジタルイザや、最近研究の進む様々な方式のラピッドプロトタイピングシステムなども重要な要素技術である。

事例で紹介した眼鏡枠のオーダーシステムは、設計技術や製造技術の進展によって、より高度化していくと考えられるが、現状一つの大きな問題点がある。それは製品の流通システムである。眼鏡枠製品の流通は、他の製品と同様に、製造→卸→小売→ユーザの経路をたどるが、現在のところ製造元とユーザが直接コミュニケーションすることはなく、ユーザニーズは間接的に製造元へ伝えられる仕組みになっており、オーダーシステムとはいえ、完全なものとは言い難い。大手メーカーの中には、小売の段階でユーザニーズを直接把握するシステムを研究開発しているところもあるが、地場産業の中小企業ではそのようなシステムを提案することは現実的には無理である。このような問題点の解決法としては、コンカレントエンジニアリング技術の普及とともに、ネットワーク通信の高度化が絶対に不可欠であると考えられる。設計データ、シミュレーションデータなどが高速に小売（ユーザ）とメーカー間でやり取り可能となっていけば、中小企業レベルでもオーダーシステムを発展させていけるのではなかろうか。

参考文献

- 1) 福井県工業試験場：福井県工業試験場報告No.16, 1984
- 2) 福井県工業技術センター：研究報告書No.2, 1985
- 3) 福井県工業技術センター：研究報告書No.10, 1993

(志甫雅人)

4.3.5 頸部有限要素法モデルを用いた衝撃解析

1) 概要

本解析技術は、頸部有限要素法モデルを用いて鞭打ち損傷のメカニズムの検討と鞭打ち損傷を低減するための「シートバックを含むヘッドレストレイント」の技術開発に使用されている¹⁾。

表4.3.5-1 「頸部有限要素法モデルを用いた衝撃解析」の総括表

1 標題	頸部有限要素法モデルを用いた衝撃解析							
2 代替形式	人間		製品・環境		人間、製品・環境			
3 人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動	
4 代替、表現技術	有限要素法モデル							
5 利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル	
6 開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売		
7 実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み			
8 備考	身体特性として、非線形応力-ひずみ特性							

2) 事例紹介

本解析技術に用いられる有限要素モデルは、図4.3.5-1に示すように要素数約2000、節点数約1000の規模でモデル化されており、頭部から第2胸椎に至る、海綿骨、椎間板の層、皮質骨の層、横突間靭帯の層の3層の重ね合せからなる擬3次元有限要素モデルである²⁾。靭帯には、特に、生体の軟組織の挙動に特徴である下に凸型の図4.3.5-2に示すような非線形応力-ひずみ特性を持たせている。

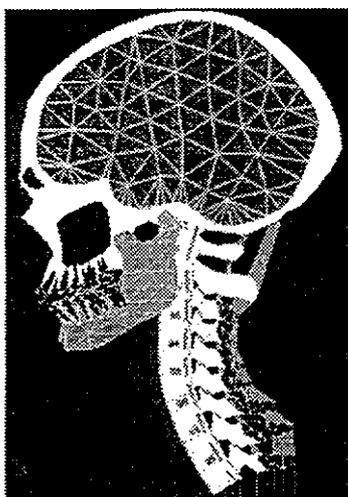


図4.3.5-1 FEMモデル¹⁾

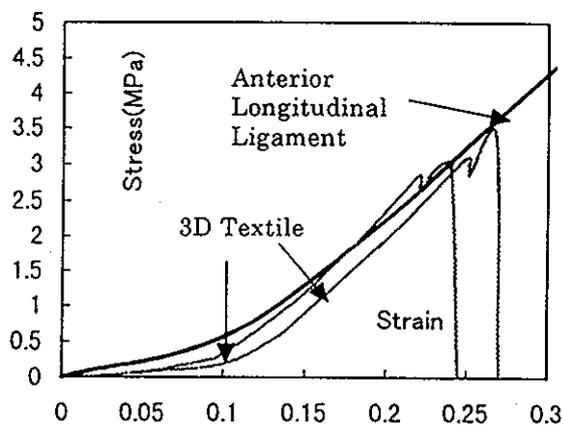
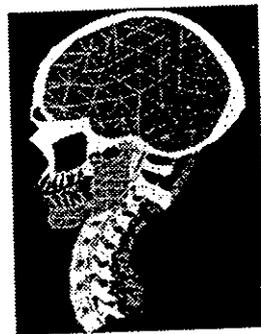
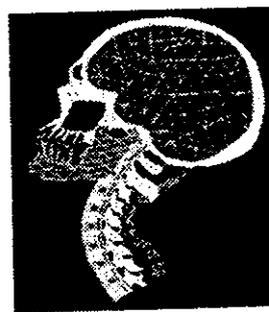


図4.3.5-2 3次元織物と靭帯の応力-ひずみ線図¹⁾

本有限要素モデルを用いた解析技術は、設計者が「シートバックを含むヘッドレストレイアウト」を研究開発するとき人間の頸部の靭帯を含む軟組織の強度特性と全体の変形挙動の評価をするのに用いられる。具体的には、図4.3.5-3に示すように頸部全体の挙動と頸部の各組織の挙動の関係を推定することができる。また、図4.3.5-4に示すように衝突後の時間推移のどの時点で頸部にどれくらいの応力集中が発生するかということも把握できる。有限要素法を用いた解析技術はパラメータスタディが容易で複数の条件の評価が比較的容易に実行できる。この解析技術を利用するには、動的解析が可能な汎用有限要素法解析ソフトウェアが必要になる。

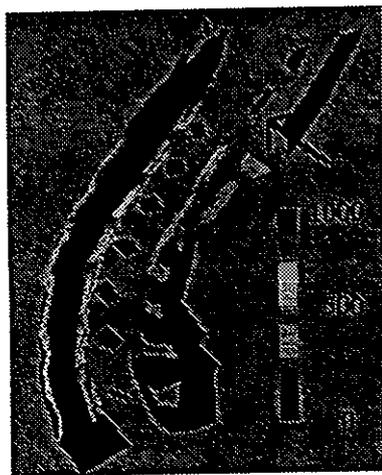


Deformation at
90ms after collision

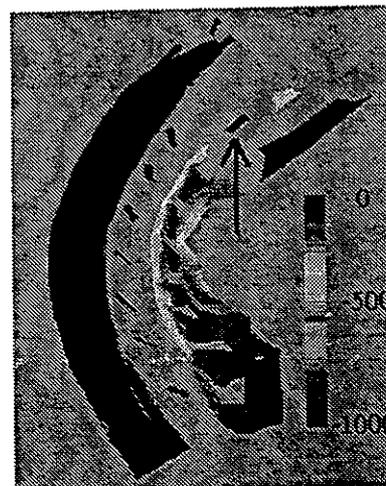


Deformation at
140ms after collision

図4.3.5-3 衝突後の変形挙動¹⁾



Maximum principal stress distribution in
the soft tissues at 90ms after collision



Minimum principal stress distribution in
the soft tissues at 140ms after collision

図4.3.5-4 衝突後の応力分布¹⁾

3) 解説

人体有限要素モデルをより生体に近い実用モデルにするには、完全な3次元モデルにする必要がある。そして、各部の材料特性が、どれだけ生体に近いものを定義できるかが実用化のポイントになる。人体有限要素モデルは、2つに分類する事ができる。1つは細部

まで忠実に再現した有限要素モデルではなく、少ない自由度で表現されたコンピュータグラフィックモデルである。これは、衝撃に対する人体のマクロ的影響や事故の再現、車両の安全対策等の分野で応用されている。もう1つは、細部まで忠実に再現した人体モデルである。このモデルは、開発が始まったばかりという状況であるが、生体工学の研究の知見を盛り込んで開発されるため、傷害メカニズムや傷害基準を考慮でき、形状の変化なども考慮することができるようになる。そして、より現実的な人体挙動のシミュレーションが可能になれば、細部まで忠実に再現した人体モデルは必要不可欠なものになると思われる。

参考文献

- 1) 堤・吉田・宮島, 日本機械学会論文集, 63-607 (1997) , 791-796
- 2) Tsutsumi, S. and Doi, K., Pseudo 3D Computer Simulation for Pathogenesis and Rehabilitation of Cervical Spine Deformity by Malocclusion. Int. J. Industrial Ergonomics., 9(1992), 137-144

(首藤俊夫)

4.3.6 電動車椅子走行シミュレーション

1) 概要

車椅子の走行性能は、駆動方式のほかに、全体構造や搭乗者を含めた重心位置の影響が大きい。利用者個別の能力や体型を考慮し、雪道でも走行可能な電動車椅子を設計する必要があり、その支援技術として、計算機による走行シミュレーション手法が研究されている¹⁾。

表4.3.6-1 「電動車椅子走行シミュレーション」の総括表

1	標題	電動車椅子走行シミュレーション						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	質量、重心位置、慣性モーメントからなる剛体モデル						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

ここで紹介するシミュレーション手法は、マルチボディシステムによる動力学計算機能²⁾、車椅子モデルおよび搭乗者モデルの3つの機能から構成される。この手法を用い路面条件の違い、車椅子の駆動方式の違い等をモデルに反映させ、条件の違いによるスリップ度の変化に着目した走行性能評価に利用されている。

(1) マルチボディシステムによる動力学計算

これは、定義したモデル各要素の運動学的拘束条件を満足させるようにニュートン・オイラーの運動方程式の解を数値計算で求めるものである。解析には、汎用機構解析ソフトウェアDADS (Dynamic Analysis and Design System) を利用している。

(2) 車椅子モデル

車椅子のモデルは、図4.3.6-1に示す要素で構成している。フレームには、フットプレート、バックシート、アンダーシート、アームレストを含んでおり、車椅子モデルとしては、全部で13の要素から構成されている。モデルの各要素は全て剛体で、各要素の入力データは、質量、重心位置、慣性モーメントおよび各要素間のジョイントの形態と位置である。要素の重心位置は、モーメントのつりあいから実測により求めている。慣性モーメン

トは、まず要素を単純形状のユニットに分割し、その個々について求め、平行軸の定理を利用して、重心点に関する慣性モーメントに換算している。

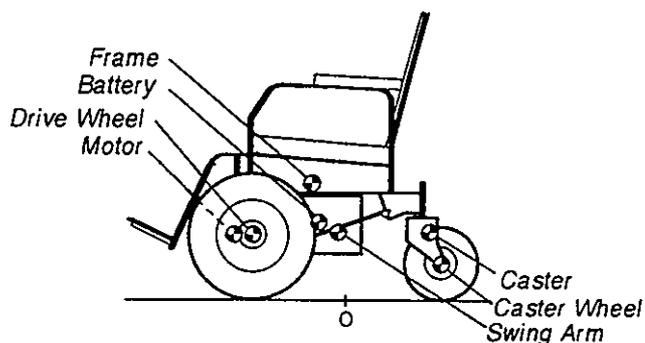


図4.3.6-1 車椅子のモデル形状¹⁾

ジョイントは、駆動輪-動力部、キャスト-キャストおよびスイングアーム-フレームとの間は固定としている。本事例では直線走行のみを対象としているので、キャストとフレームの間は固定としている。

スイングアーム-フレーム間のサスペンションは、バネ定数と減衰係数を入力している。また、タイヤの垂直剛性もバネ定数として入力している。これらの値は実測値を使用している。

(3) 搭乗者モデル

車椅子と同様に各部位毎に定義してモデル化している。本モデルは、人体を10の部位に分割し、文献3)を参考に各部位の質量と形状を決定している。搭乗者の体重は高齢者男性の平均体重56.2kgとしている²⁾。図4.3.6-2に搭乗者モデルを示す。

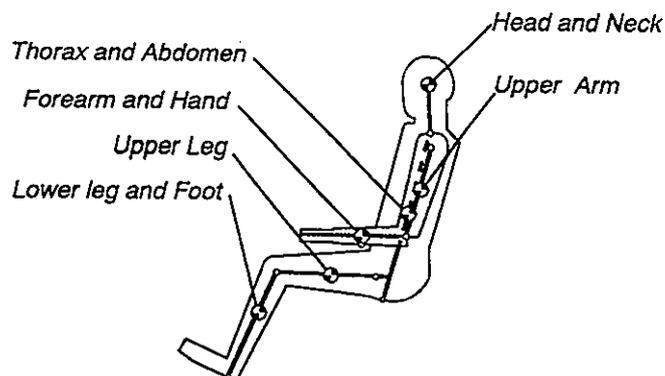


図4.3.6-2 人体のモデル形状¹⁾

このモデルでは、体幹および上肢（肘上）をバックシート角度に合わせ、鉛直方向と 15° の角度とし、下肢（膝上）はアンダーシート角度に合わせ、水平方向から 4° としている。さらに、下肢（膝下）は、鉛直方向から 25° としている。各重心位置は、図心としている。慣性モーメントは、各部位の密度を一定と仮定して幾何形状から求めている。各部位間の結合は、体幹と上肢（肘上）および体幹と下肢（膝上）の間を球ジョイントとし、その他を回転ジョイントとしている。

この搭乗者モデルは、人間と製品を一体モデルとしたとき、そのモデルの運動性能に最も影響を及ぼす人間の質量、重心位置および慣性モーメントを人間の特性としてモデル化している。

（4）シミュレーション例

本シミュレーション例では、車椅子と搭乗者をアンダーシート、左右アームレストおよび左右フットプレートの5ヶ所で固定し、図4.3.6-3、図4.3.6-4に示すような一体モデルを構成し、車椅子の発進から加速時を想定し、また、路面条件は平坦路面および勾配路面の走行を想定した解析を行い、路面と駆動輪のスリップ度を評価している。

本シミュレーション手法は、電動車椅子の開発技術者が基本仕様設計および最終製品評価時に使用するのに適していると思われる。本シミュレーション手法は、製品モデルおよび人間モデルを組み替えることによって容易に解析条件を変更することができ、与えられた環境に最適な走行性能を持つ製品を開発することが可能になる。



図4.3.6-3 後輪駆動のモデル¹⁾



図4.3.6-4 前輪駆動のモデル¹⁾

3) 解説

本シミュレーション手法で用いられているモデル化技術および運動性能評価技術は、機械構造物の動特性を把握する最も一般的な方法である。本事例では、電動車椅子の開発に適用しているが、製品開発にあたって、人間と製品を一体として運動特性を評価しなければならないような場合、本事例のモデル化の考え方にしたがって人間モデル、製品モデルを構成し、それらをDADSに取り込むことによって運動解析が可能になる。本事例では汎用機構解析ソフトウェアとしてDADSを用いているが、同様の機能を有したソフトウェア

であれば他のソフトウェアを使用することも可能である。例えばADAMSというソフトウェアでも同様の解析を行うことができる。

参考文献

- 1) 但野茂・ほか4名, 日本機械学会論文集, 63-607 (1997) , 707-714
- 2) Haug. E. J., Computer Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical System, Vol.1, Basic Methods, Allyn and Bacon, (1989) , 224.
- 3) 但野茂・ほか2名, 整形外科バイオメカニクス, 13 (1992) , 419.

(首藤俊夫)

4.3.7 短下肢装具の力学特性と歩行運動機能評価技術

1) 概要

本評価技術は、失われた運動機能を定量的に評価し、それに適合した装具設計を行うために、具体的には、短下肢装具（以下、AFO : Ankle Foot Orthosis）の力学特性を下腿ダミーに装着し評価する技術とこのAFOを人間が装着した場合の歩容と下肢関節モーメントへの影響を体節リンクモデルを利用して評価する技術である¹⁾。

表4.3.7-1 「短下肢装具の力学特性と歩行運動機能評価技術」の総括表

1	標題	短下肢装具の力学特性と歩行運動機能評価技術						
2	代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	下肢ダミー、体節リンクモデル						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考	動作特性として、低背屈角度-補助モーメント特性、関節モーメント						

2) 事例紹介

この評価技術は、2つの技術から構成されている。1つはAFOの剛性特性を測定するために人間の下腿を下腿の柔らかさおよび形の特徴を中心に下腿ダミーで代用し、そのダミーにAFOを装着し、図4.3.7-1に示すように引張試験機で負荷をかけ、図4.3.7-2に示すような底背屈角度-補助モーメント特性を得、歩角による剛性の違いによる装着感、装着強度を評価することができる。2つめは人間の歩行運動機能を胴体から足先までの体節リンクモデルという骨格運動力学モデルで代用し、人間の歩行運動特性を評価することができる関節モーメントを求めることによって、歩行運動能力を評価するものである。

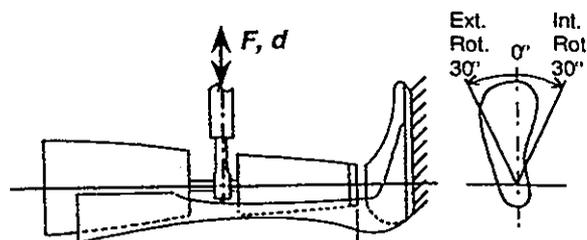


図4.3.7-1 靴べら型AFOの剛性試験¹⁾

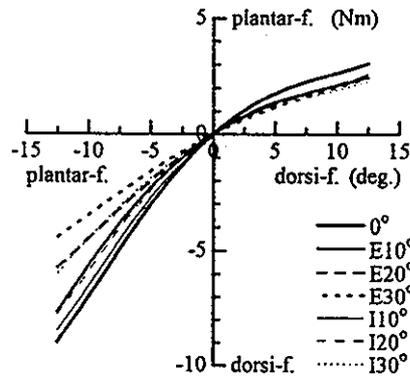


図4.3.7-2 AFOの底背屈角度-補助モーメント特性¹⁾

人間の歩行は、足関節、膝関節などを主として下肢各関節の動きにより生成される運動である。下肢筋が収縮し、各関節周囲にモーメントを発生させることで目的の運動が達成され²⁾、下肢筋と関節の受動的組織である靭帯等の働きにより、歩行過程の関節運動の安定性が保たれる。ここで定義している関節モーメントとは、関節軸回りに働く筋張力、受動的抵抗、体節の慣性といった内力と体節に働く重力などの外力を全部足し合わせた結果、関節を回転させるように発生したモーメントである。したがって、関節回転への最大寄与である筋力が不足すれば、おのずと関節モーメントは小さくなり、そのモーメントで達成しうる歩容に限定される。すなわち、関節モーメントを評価することができれば、歩行能力が評価できるということである。関節モーメントを求めるには、外力である床反力や体節の動きから歩行の運動学および運動力学モデルに基づく逆力学解析の手順をとることが必要になる。そのために、図4.3.7-3に示すような歩行計測システムで床反力と作用点、体節の空間座標を求める必要がある。

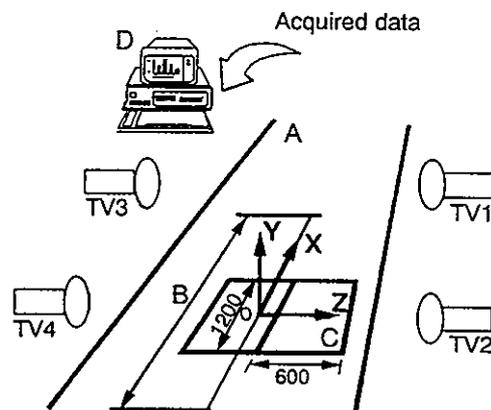


図4.3.7-3 床反力をともなう運動計測システム¹⁾

(A: 10m walkway B: 2m field of view C: KISTLER force plates D: ELITE3D system
TV: Infrared LED and CCD camera)

体節リンクモデルとは、体表面上のマーカ点から体内の関節点を第二近似法³⁾により求めて構成した、図4.3.7-4に示すような関節モーメントの計算に必要なリンクモデルである。具体的な股関節点は、マーカ位置より空間左右軸に沿って両大転子間距離の18%内側とし、膝関節点は、マーカ位置から空間左右軸に沿って、膝関節の左右径の1/2だけ内側と定める。足関節点および中足骨関節点も膝と同じく、それぞれ左右径と幅の1/2だけ内側とする。

体節リンクモデルを用いることによって、図4.3.7-5に示すような裸足歩行条件(A)およびAFO装着歩行条件(B)の立脚期の膝・足関節角度および膝・足関節モーメントというような種々の条件の関節モーメントを比較することが可能になる。

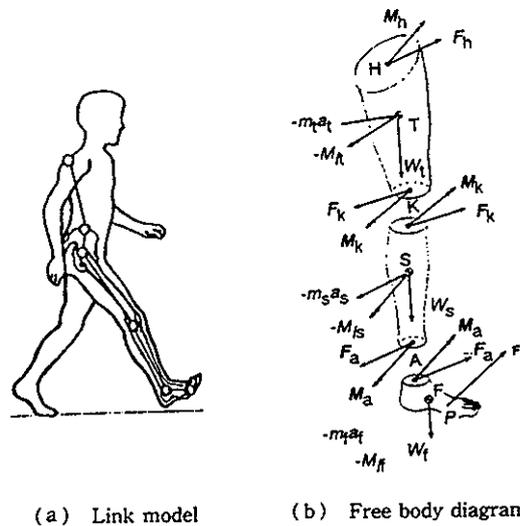


図4.3.7-4 下肢のリンクモデルシステム¹⁾

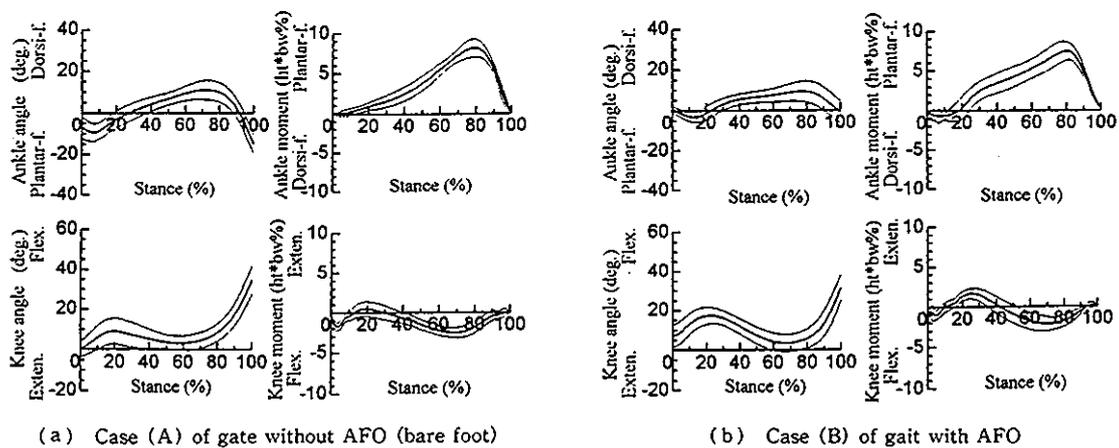


図4.3.7-5 ゆっくりとした歩行の関節角度と関節モーメント¹⁾

これらの評価技術は、リハビリテーションセンターの理学療法士や義肢装具士が臨床現場で患者の残された運動機能を定量的に評価し、その運動機能をサポートするのに最適なAFOを処方するとき使用される。そして、これらの技術を使用することによって、これまで正確に把握できていなかったAFOの運動拘束機能を正確に知ることができる。また、種々のAFOを装着したときと装着していない時の関節モーメントを比較することによって、運動拘束力による歩行運動への影響を検討することが可能になり、患者の運動機能に合った最適なAFOを作成することができるようになる。この評価技術を利用するには、歩行計測システム用の計測カメラ4台、床反力計、データ収集およびリンクモデル計算用パソコンとAFO力学特性測定用の汎用引張試験機が必要となる。

3) 解説

ここで紹介した技術は、まだ研究段階で使用されているために、製品であるAFOの力学特性は、汎用引張試験機で求めておき、その結果を体節リンクモデルで計算した関節モーメントと比較して歩行への影響を評価しており、評価するのに手間が掛かり実用的ではないように思われる。関節モーメントを計算できる体節リンクモデルは、AFOの評価だけに用いられるというのではなく、骨格モデルを基準にしたコンピュータ・マネキンの人間モデルを用いて、歩行運動特性を評価しようとするときにもこのモデル評価手法の考え方が利用できる。

これらの技術の実用化という観点から必要と思われることを次に述べる。まず第一に骨格モデルを基準にした体節リンクモデルのコンピュータ・マネキンに重心移動を正確に計算できる機能を導入する。第二に地面からの反力を計算できる機能を導入する。第三に関節モーメントを計算できる機能を導入する。第四にカメラあるいは3次元位置センサーによる体節位置測定結果をリアルタイムにコンピュータ・マネキンの人間モデルの体節に反映させ、逆運動学解析により歩行運動をコンピュータの中で再現する。第五にAFOの力学特性の評価は、汎用引張試験機ではなく有限要素法モデルを構築し、コンピュータでその特性を求めてしまう。

以上のような観点で技術開発を進めれば、臨床現場で実用的に利用できる歩行運動評価支援システムの実現が可能になると思われる。

参考文献

- 1) 田中・赤澤・中川・劉本, 日本機械学会論文集, 63-607 (1997), 816-822
- 2) 大橋正洋, 脳血管障害のリハビリテーションが望むものー片麻痺歩行分析についてー, バイオメカニズム学会誌, 18-4 (1994), 198-205
- 3) 臨床歩行分析懇談会, 歩行データ・インタフェース・ファイル活用マニュアルー歩行データフォーマット標準化提案書ー, (1992), 臨床歩行分析懇談会

(首藤 俊夫)

4. 3. 8 都市環境ヒューマンメディア

1) 概要

都市開発・設計、防災計画などのために、複数の専門家が協調して都市全体、都市内の構造物などを設計・評価できるとともに、一般市民が同時に体験・評価できるような仮想都市を構築する基盤技術およびシステムの開発を目指している。

(参考)

本研究開発は、通商産業省の産業科学技術研究開発制度のもとで、平成8年度からスタートした「ヒューマンメディアプロジェクト」における研究開発テーマの一つである。本プロジェクトの第1期の研究期間は5ヵ年である。

表4.3.8-1 「都市環境ヒューマンメディア」の総括表

1 標題	都市環境ヒューマンメディア						
2 代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3 人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4 代替、表現技術	都市環境の評価指標とその疑似体験モデル						
5 利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6 開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7 実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8 備考							

2) 事例紹介

研究開発内容：

都市環境は複雑かつ多様なものであり、また容易に変更や再構築が難しい設計対象であるため、最適に設計することは非常に困難である。具体的な設計対象としては、都市全体、都市の一部、都市内の構造物、ライフライン・通信網などの都市基盤、都市を構成する工業製品などがある。これらの都市環境の設計においては、以下のような障害がある。

- ・都市環境の設計の段階で、専門家同士の意思疎通を支援する手法が確立していない。
- ・都市環境は試作できない。
- ・都市環境の評価手法が（特にアメニティの評価に関して）確立していない。

これらの問題を解決するために、都市環境の設計および評価を支援するための技術開発として、

- ・異なる専門分野を持つ複数の専門家が、意思の疎通を図りながら協調して設計・評価を実施するためのヒューマンメディア技術（共同設計支援ヒューマンメディア）

- ・共同設計支援ヒューマンメディア技術により設計された仮想都市環境（たとえば仮想建築物、仮想街区、仮想都市）を、一般市民を含む多数の人間が同時に、相互にコミュニケーションを行いながら、従来のメディア技術で表現が困難であった感性的な情報も含めて体験することを可能にするヒューマンメディア技術（多人数参加感性評価ヒューマンメディア）

の2つの基盤技術を中心に、技術開発を推進している。

都市環境ヒューマンメディアの研究開発の全体イメージを図4.3.8-1に示す。

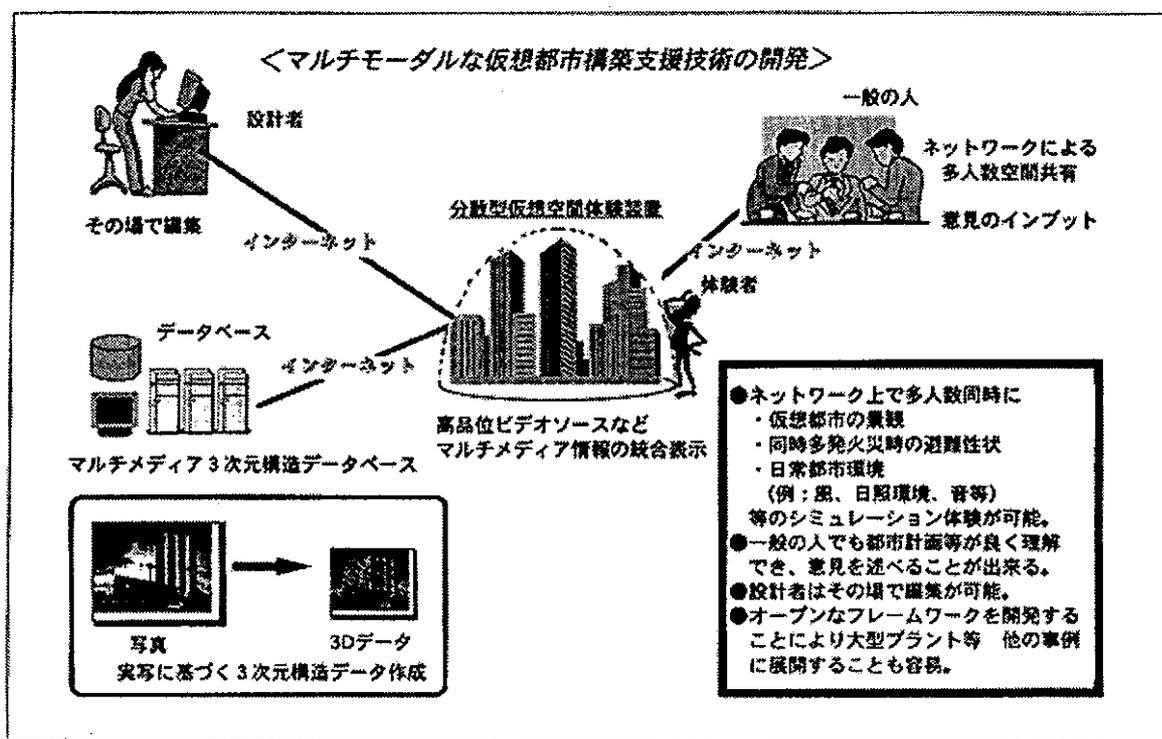


図4.3.8-1 都市環境ヒューマンメディア研究開発の全体イメージ
(NEDO NEWS Vol.17 157号,1997より引用)

上述の2つの基盤技術を実現するための具体的な取組み内容は以下の通りである。

(1) 仮想都市構築支援マルチモーダル・プレゼンテーション・システムの開発

高速ネットワークによって接続されクラスタ化されたワークステーションをベースにした計算機システムをインターネットで相互接続した、分散型バーチャルリアリティ (VR) 体験システム=マルチモーダル・プレゼンテーション・システムを構築する。これにより、VRにネットワーク透過性を付加して使用場所の制約を取り除くと同時に、複数人数による仮想空間共有、共同作業といった分散協調作業の枠組みを提供する。また、このシステムでは、ユーザの動きなどをセンサーフュージョンで直接取り込み、不自然なVRセンサ

一群を排除する。またリアルタイムで種々のシミュレーションシステム、CADなどとリンクさせ、ユーザ、仮想都市設計者などにきわめてシームレスな仮想空間を提供する。仮想都市の多重スケールレベルのデータ管理を行うデータベースシステム構築技術の開発にも取り組む。

(2) 都市のアメニティ評価の研究

都市計画設計・評価支援及び、設計された都市での地震・火災などの災害時の行動を多数の人間が同時に仮想体験可能とするようなシステムの構築に必要な基盤技術の確立を目指し、以下の内容を実現する技術開発を行う。

- ・都市空間・環境／都市防火・防犯に関するデータベース化を行い、計画段階からの都市空間の多角的環境評価を可能とする。
- ・都市の快適性、安全性、利便性についての評価手法を確立し、計画された建物・周辺環境を含む環境要素（音、熱、光、視、空気等）および防火・防犯にいたる総合的な評価を可能とする。

(3) 仮想環境の効果的構築方法と効率的内部表現手法に関する研究

大規模都市環境を効率よくモデル化するため、既存都市環境の実写画像を入力とし、仮想環境を構成する要素の形状モデルを多重スケール化し、必要に応じて適切な詳細度の形状モデルを選択し表示する手法について研究する。

(4) マルチモーダル仮想環境の基礎技術に関する研究

都市環境内の建物や室内の様々なオブジェクトを参加者自らの手、指先で直接操作するため、任意の力を提示する力覚提示装置を適用したヒューマンインターフェースについて研究する。

3) 解説

本研究開発の産業・社会への波及効果としては、以下のようなことが挙げられる。

(1) 都市計画策定、都市設計、街路設計および関連産業への波及効果

阪神・淡路大震災の後の区画整理事業に関する議論や、遷都に関する議論の進展などに見られるように、都市計画の決定および評価についてのコンセンサスを得ることは、今後ますます困難になることが予想される。これは、都市機能の多様性、アメニティの向上に対する要求の高まり、都市に居住する人々の多様化、これらの人々の価値観の多様化などの要因によるものと思われるが、同時に、複雑か高度化した計画の決定に必ずしも多くの人々が参加できていないこと、提案から具体的な計画のイメージを得ることが困難になっていること、実際の計画に対してのシミュレーションなどによるアセスメントが必ずしも行われていないため評価が困難なこと、などにも起因するものと思われる。都市環境の調和ややすらぎ、快さなど、従来定量的に評価がなされていない側面からの評価の必要性も指摘されている。

本研究開発により、仮想都市設計のプロトタイプシステムを構築できれば、迅速かつ多

くの専門家が参加した都市計画の策定が可能となり、また住民など多数の関係者の参加するアセスメントが実現できるため、よりよい都市環境の構築が可能となる。

(2) 都市防災計画、防災訓練などの防災行政および関連産業への波及効果

多人数が実際に参画可能な防災シミュレーション環境が実現されることにより、各種防災計画の具体的検証ならびに都市住民が自ら参加した形での防災訓練の実施が可能となる。これにより、従来は予測困難であった災害時の人間の行動を、感性評価を含めてさまざまな側面から検討することができるとともに、災害時のよりの確な避難誘導、情報提供などの計画が策定可能となる。また、実際の災害に対しても都市に関する情報ベースが集約されているため、救援活動、救援物資輸送などの計画をより円滑に策定できる環境が提供できる。また、防災訓練のコスト削減や訓練効果の向上も期待できる。

(3) 製品デザイン、製造業および関連産業への波及効果

21世紀に向け、製造業では製品開発の速度向上と消費者指向に沿った市場開発がますます重要になる。こうしたものづくりの体制を確立するには、複数の視点を持つ専門家が参加しかつよりわかりやすく操作が簡単な設計環境を実現し、製造者や消費者も設計プロセスに積極的に参加できるような基盤を作る必要がある。本研究開発は、工業製品を都市の構成要素としてとらえ、これらも含めた形での一貫した設計・製造・評価サイクルの構築を目指しているため、これらの技術的基盤を固めるものでもある。

すなわち、工業製品の設計においても、異なる知識背景を持つ専門家間の意思の疎通が図れることにより、より完成度の高い各種工業製品のデザイン、設計が可能となるとともに、消費者参加型の評価サイクルが構築できる。これにより、多様なニーズに対応できる一品種一生産的な製品から、より多くの消費者を満足させる大量生産品まで、目的に応じた柔軟な供給が可能となる。また、各種評価システムおよびそのプラットフォームとなるハード、ソフト要素の製造産業や、評価システムを利用したコンサルタント産業などを創出せしめる効果も期待できる。

参考文献

- 1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、(財)イメージ情報科学研究所：平成6年度ヒューマンメディアの調査研究報告書(1995)。
- 2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、(財)イメージ情報科学研究所：平成7年度ヒューマンメディアの調査研究報告書(1996)。
- 3) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、(財)イメージ情報科学研究所：平成8年度産業科学技術研究開発制度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託事業 ヒューマンメディアの研究開発成果報告書(1997)。
- 4) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、NEDO NEWS、Vol.17、157号(1997)。
- 5) 野村、澤田：日本ファジイ学会編・ソフトコンピューティングシリーズ第10巻・バーチャル・リアリティ、第3章・ヒューマンメディア技術、朝倉書店(1997)。

(野村淳二)

4. 3. 9 新製品ニーズに基づく最適設計案評価システムの研究開発

1) 概要

企業における新製品の企画、設計段階では、新製品ニーズ（ユーザ側のニーズと開発者側のニーズ）をもとに、両者の意見調整、最適設計案評価などを総合的に支援するシステムが確立しておらず、研究開発が望まれている。本研究では、ユーザ側と開発者側の協調作業の下で、両者の要求を反映した、新製品開発を総合的に支援する方法を検討した。また、この支援方法を実装したコンピュータシステムを開発し、評価実験を行い、その有用性を示す結果を得た。当システムの応用範囲は広く、人間適合性評価支援技術として運用された場合にも、その利用価値は高いと思われる。具体的には、高齢者ユーザのニーズに基づく製品設計支援への応用などが考えられる。

表4.3.9-1 「新製品ニーズに基づく最適設計案評価システムの研究開発」の総括表

1 標題	新製品ニーズに基づく最適設計案評価システム						
2 代替形式	人間	製品・環境	人間、製品・環境				
3 人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4 代替、表現技術	グループ意思決定支援システム (GDSS)						
5 利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6 開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7 実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8 備考							

2) 事例紹介

・研究段階

製品開発の企画、設計段階では、ユーザ側のニーズと開発者側の専門家としての経験や知識に基づくニーズをもとに、両者の意見調整、設計方針の具体化等を通して最適設計案の評価が行われる。しかし現状では、新製品ニーズの分析、意見調整、設計案の評価法など、総合的な支援技術は確立しておらず、研究開発が望まれている。

本研究は、ユーザと開発者の要求を反映した最適設計案の評価支援方法を検討し、これを実装したコンピュータシステムの開発と評価を目的とするもので、石川県工業試験場と北陸先端科学技術大学院大学が共同で行っている。

このグループの合意形成を支援する対話型協調作業支援システムは、図4.3.9-1に示すようにLAN上での利用を前提としたもので、ユーザあるいは開発者の要求分析を行うニーズ分析モジュールと、設計案の評価を行う設計案評価モジュールから構成される。

図4.3.9-2は、三人のユーザによるニーズ分析画面例を示したものである。このニーズ分析モジュールについては、Windows環境に移植して、AHP-aidという単体システムでの利用も可能となっている。

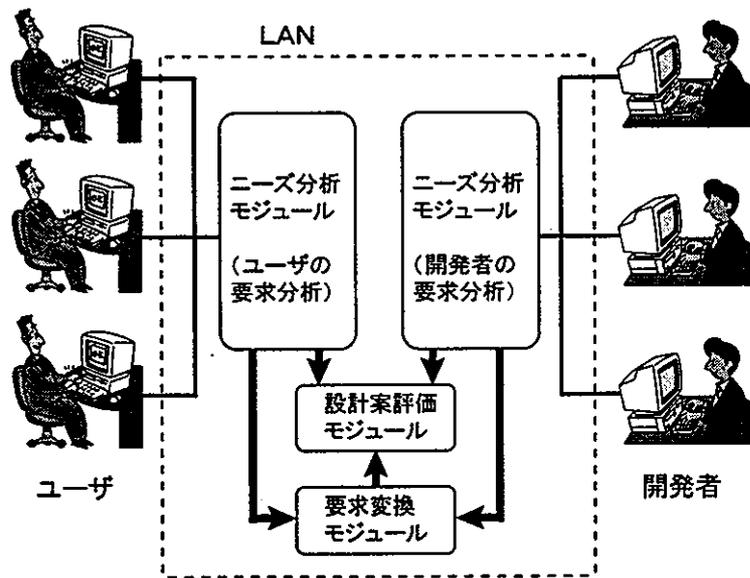


図4.3.9-1 システムの構成

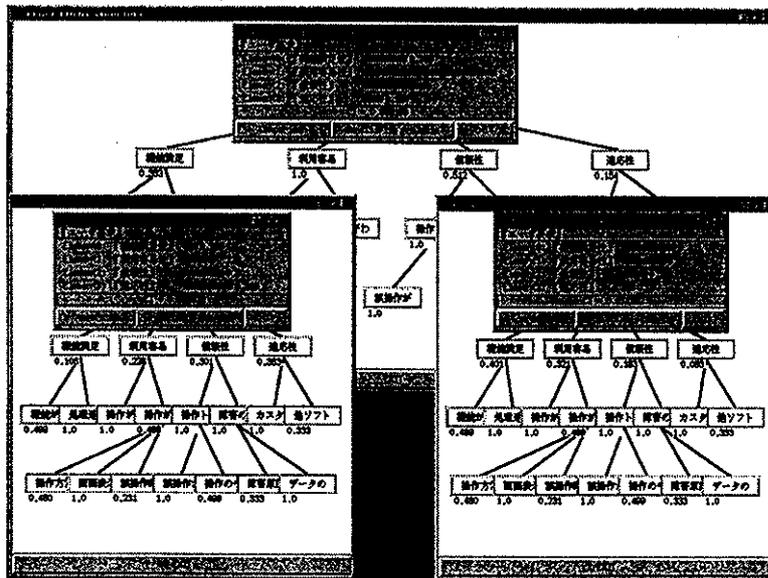


図4.3.9-2 ユーザニーズの分析画面例

本システムの利用により、お互いの価値観の相違点の把握とその意見調整をコンピュータで支援することが可能となった。また、各参加者の意見をグループ全体で合意のとれた状態に早く収束させる効果が評価実験から得られ、本システムの有用性が示された。

現在、当システムは研究開発段階であるが、その応用範囲は広く、人間適合性評価支援技術として運用された場合にも、その利用価値は高いと思われる。具体的には、高齢者ユーザーのニーズに基づく製品設計支援への応用などが考えられる。高齢者のための製品設計において、一般成人用製品とは異なる重視すべき機能はどんなものであるかを、実際の高

年齢ユーザのアンケートに基づく要求から求めることが可能である。この重視すべき機能の分析によって、高齢者ユーザのニーズを盛り込んだ製品設計を支援していくものである。

今後の研究開発の課題としては、新製品ニーズに基づく設計案評価の具体的事例の蓄積などが上げられる。

3) 解説

グループによる知的協同作業の支援を目的としたCSCW (Computer Supported Cooperative Work) あるいはグループウェアの研究が近年多く行われている。この応用研究領域の一つに、グループ意思決定支援システムGDSS (Group Decision Support System) があり、その概念は1980年代に提案されている。従来のグループ意思決定支援システムが、データベースを基本にした客観的な判断に基づく意思決定支援を行うものが主流であるのに対し、事例紹介したシステムのグループ意思決定手順は、参加者の主観的判断が反映された視点情報の共有とその差異に着目し、グループメンバー間の合意形成支援を重視した点に特徴がある。またユーザと開発者のように、知識や立場の違いから異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成を支援する方法を提案している点に、その新規性を見ることができる。

コンピュータネットワークによるグループ意思決定支援という研究分野は、参加者の認知、心理などまだ十分に科学的に解明されていない研究分野と密接に関係している。また個人からグループの意思決定へと状況設定が移った段階で、組織論や社会科学との関わりも生じてくる。したがって、グループ意思決定に関しては、上記の研究分野ともまたがる研究領域が存在し、今後も多種多様な関連研究の実施と多大な研究努力が必要である。

参考文献

- 1) 加藤直孝, 中條雅庸, 國藤進: 合意形成プロセスを重視したグループ意思決定支援システムの開発, 情報処理学会論文誌, vol.38, No.12, pp.2629-2639, 1997
- 2) 國藤進, 加藤直孝, 田村賢之: 関連度行列に基づく合意形成支援システムの研究, 計測自動制御学会第17回システム工学部会研究会資料, pp.29-36, 1995
- 3) 加藤直孝, 中條雅庸, 國藤進: AHP支援ソフトウェアAHP-aid for Windows, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, pp96-97, 1997

(志甫雅人)

4.3.10 コンピュータゲーム

1) 概要

コンピュータゲームには、テーマパークで大がかりな装置を使って視覚・聴覚のみならず、椅子や部屋全体を動かすことに依って体性感覚にまで訴える大がかりなものから、家庭で使う専用ゲーム機やパソコン上で動くゲームソフトにいたるまで、様々な種類のゲームソフトがあるが、いずれも、本人、仲間、または、相手方である人間や動物等を代替する機能をもつ。

表4.3.10-1 「コンピュータゲーム」の総括表

1	標題	コンピュータゲーム						
2	代替形式	人間	製品・環境		人間、製品・環境			
3	人間特性	身体	動作	知覚	認知	官能	生理	行動
4	代替、表現技術	ゲームの対象物等とまわりの環境をCG視覚情報表現に代替する						
5	利用業界	家庭機器	情報機器	公共機器	産業機器	輸送機器	建築建設	アパレル
6	開発プロセスでの利用段階	研究	企画	設計	製造	評価	販売	
7	実用化レベル	研究段階		試用段階		実用済み		
8	備考							

2) 事例紹介

1. コンピュータゲームの世界

コンピュータゲームは、コンピュータで作成する2次元または、3次元の仮想世界を感覚ディスプレイ（主として視覚ディスプレイ）を通して人間に提示し、人間側の反応を、スイッチボタンの組み合わせ操作やジョイスティックなどでコンピュータ入力し、この情報を元に、コンピュータで作成した仮想世界を変更して人間に提示する。この一連のサイクルを高速に繰り返すことにより、操作する人間は、提示された世界を能動的に動かすことができるため、あたかも実在世界を操作しているかのような錯覚を感じる。操作する人間にとって、ゲームの世界は、自分が主体的に入り込める仮想世界である。特に、子供達は容易に仮想世界にとけ込むことができ、現代、室内で最も人気の高い遊び対象となっている。

2. コンピュータゲームの利用者は

コンピュータゲームの利用者の大半は、子供（小学生、中学生、高校生等）達である。コンピュータゲームに打ち込む理由、あるいはゲームに期待していることとして、ストーリー性がある展開が面白い、人工環境に容易に入り込める精神的柔軟性を持つ、現実世

界では、かなりの努力しなければできないことがゲームでは比較的容易に実現できること、自分のほぼ思い通りに仮想世界を動かすことができること、ゲームの主人公になりかわって、冒険などをスリル感をもってやることができる等の他に、現実社会での勉強のストレスや人との関係がわずらわしくそれらから逃避するため、などが考えられる。ゲームでは、人間の行動、およびその環境を代替していると考えられる。

3. コンピュータゲームソフトの特徴

一番普及し、多くの子供達が使っている家庭用ゲームソフトの特徴を挙げてみる。ゲームソフトは数多くの種類が市販されているが、ゲームの内容からいくつかに分類できる。

(1) ロールプレイングゲーム

操作者が仮想世界での主人公になって、冒険の旅にでたり、悪者をやっつける戦いを行う。主人公は、いくつかの種類の武器をもつことができ、相手の強さに合わせて使い分ける判断を行うなど、考える場面が設定されているが多い。例として、ドラゴンクエストシリーズ、ファイナルファンタジーシリーズ等がある。

(2) アクションゲーム

操作者が主人公になって行動をするのはロールプレイングゲームと同じであるが、ストーリー性が少なく身体を派手に動かすことで面白さを出しているのが特徴となる。例として、スーパーマリオシリーズ等がある。格闘ゲームもこの種類に入ると考えられる。

(3) シューティングゲーム

操作者が武器で敵を攻撃することが主な内容で、いかに早く多くの敵を撃退することができるかで、面白さを出している。古典的なスペースインベーダーから、ガンダム、エースコンバット等の例がある。

(4) スポーツゲーム

レーシングゲーム、野球ゲーム、サッカー、テニス、ゴルフなど様々な種類がある。特にレーシングゲームなどでは、操作者が運転席にいる視点から見た世界を提示するためには、非常に高速に仮想世界を変更する必要があるが、最近のコンピュータ技術の進歩により、それが可能となっている。

(5) シミュレーションゲーム

操作者が為政者や事業家、運転者になることで、様々な施策や事業展開を仮想世界で行ったり、マシンを操作するゲーム展開となる。現実世界になるべく近づけるために、類似した条件設定があり、頭脳や運動神経を試すものであり(図4.3.10-1例参照)、単に画面展開が感覚的に面白いというゲームとは性格が異なっている。等の例がある。また、行動特性をプログラム化しながら組み立てたロボットで、敵を攻撃する高度なプログラミングテクニックを必要とするソフトもある。特にこれは、コンピュータのプログラミングの考え方をゲームの中で身につけることができる。

(6) アドベンチャゲーム

操作者が主人公となって未知の世界を冒険するゲームで、幻想的な仮想世界を散策するものから、ミステリーものなどがある。

(7) パズル

麻雀やパチンコなど現実世界でも存在するものを表現したものや、連なった正方形図形のはめ合わせ等の幾何学的な図形ゲームなどがある。

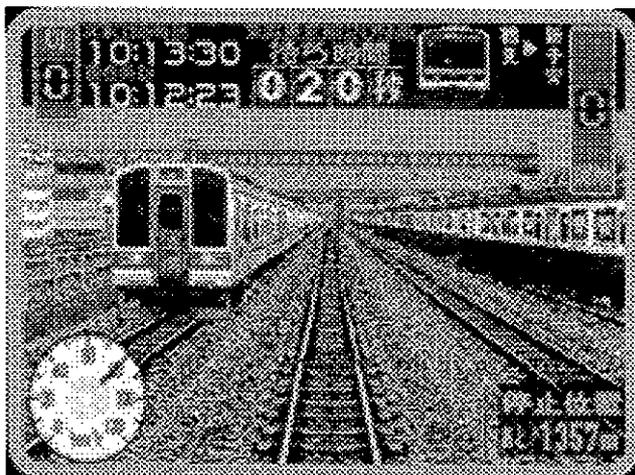


図4.3.10-1
シミュレーションゲームの画面例¹⁾

4. コンピュータゲームの入出力機器

コンピュータへの情報入力手段は、家庭用ゲーム機では、安価で踏んでも壊れないような頑丈なマイクロスイッチを使ったパッドの他に、アナログジョイスティック、マウス、ねじって使うコントローラ、ピストルタイプのガンコントローラなどが出回っている。ゲームセンターなどでは、専用のハンドル、操作レバーなど本物に近づけたものも多い。

コンピュータからの情報出力は、家庭用ではほとんどがテレビモニターを画像と環境音出力に利用している。一方、大がかりなテーマパークなどでは、椅子自体が情報出力装置となっていて、衝撃を受けたときには揺れるなどして体性感覚に訴えるような情報機器もある。また、電話回線を使って遠方の仲間と共同でゲームを展開できるようなインタフェースも出現している。

コンピュータ本体のCPUも、本格的に家庭用ゲーム機が8ビットマシンから、16ビットへ、さらに32ビットから64ビットマシンも出現しており、より高品質の動画が描けるようになってきている。また、家庭設置用機器の他に、携帯用ゲーム機も市販されている。

5. コンピュータゲームのメリット

自分の意志で相手や、周りの環境を変更させることができるため、映画鑑賞など単に受動的に参加するだけでなく、能動的、積極的にゲームに参加できるため、より強烈にゲームの世界に浸ることができ、実際に体験するのに近い印象を得ることができる。また、教育的な要素をゲームの中に入れておけば、教育手段としても使える。

6. ブレイクスルー課題

(1) 計算処理速度

技術的な面では、初期の頃の単純なグラフィックスを使ったものから、リアリスティックなフルカラー画面を使ったり、2次元画面から3次元グラフィックスを利用したものも登場しており、かなり進歩している。しかしながら、高速な画面更新を要求するような動きの早い場面を生成するゲームでは、さらに高速処理が要求される。

(2) 入出力インタフェース

現在のインタフェースは、わずかな指の動きで操作するものが大部分であるが、子供が遊ぶ場合、遊びが心身の発達を促すべきだと考えたときに、このような偏って身体の一部を酷使するものは、遊び道具としては適切ではない。また、テレビ画面を長時間見ることになり、目にも悪影響が懸念される。したがって、今後のインタフェースのあり方として、身体全体を動かして、運動機能を高めながら楽しめるようなゲームインタフェースが望ましいと考えられる。そうすると、単に子供の遊びだけではなく、リハビリを楽しくやったり、高齢者が安心して仲間と使うことができるようになる。

(3) コンテンツ

ゲームの内容が子供の健全な社会性を阻害するような、興味本意や、残虐、恐怖場面などを多用する内容のものがあるが、これらは排除していくような環境を大人達が注意して作っていかなければならない。そうしないと、殺人などの反社会的行為をゲーム感覚で平気を行うような精神構造を育てる原因の一つになることも考えられるからである。したがって、やったあとに心が暖かくなるような、優しい心を育てるようなソフトを育てていくべきである。ゲーム中に演奏されるバックグラウンドミュージックも美しいもので情操性豊かなものでなければならない。

3) 解説

(1) 今後の積極的な活用分野

コンピュータゲームはやりだすと止まらなくなるほど面白い魅力を持っている。そこで、自制心のない子供に子守代わりに、親の監督無しに与えていると、長時間遊ぶことになり、精神的にも肉体的にも偏った疲労がたまり、危険となる。逆に言えば、使い方次第で退屈なりハビリやトレーニングなどを魅力的なものに変える手段にもなり得ることになる。

(2) インタフェースの課題

・情報提示の課題

このときに問題となりそうなものが、ゲーム機と人間とのインタフェースである。たとえば、操作者がゲームの世界に没頭するためには、自分から見た視点で世界が見える必要がある。現在のゲームソフトでは、アクションゲームにしても、ロールプレイングゲームにしても、自分と同一視すべき主人公を第3者の視点で描く場合が多い。

・情報入力

一方、動作入力手法では、身体を大胆に動かす拳闘ゲームにおいても、スイッチ群の操

作シーケンスで様々な動作パターンを入力する方式を採用している（鉄拳、闘神伝等）。ところがこの操作シーケンスパターンと、動作パターンとの対応を学習して操作を習熟しないと操作できない。これはあまりに不自然である。今後は、身体の動きに対応したインタフェースを導入すべきである。これは身体の動きを高速画像処理により捉える必要がある。

・情報入出力のマッチング

入出力情報が人間の感覚に正しく対応していないと、たとえ、身体の動きで主人公の動作入力ができても不自然となる。アクションゲームで身体を動かして相手とやり合う場合、主人公の視線と身体の動きが操作者のそれらと一致することが望ましい。この場合、相手側の表示も距離感情情報が必要となるために、立体的に表示させる必要が出てくる。

（3）人間特性の研究

・情報インピーダンスマッチング

人間の感覚器官は、自然界の風景やものの動きを捉えることに適しているが、人工的なゲーム内の情報は、強い刺激を追求するあまり、感覚器官の許容量を越えてきわめて高い場合がある。このような場合、人間側の生理反応に異常を来たすことが報告されている。技術と人間の特性との「情報インピーダンス」のマッチングの課題も大きい。

（4）人間適合性の観点から

コンピュータゲームは基本的なグラフィックコンピュータとインタフェース機器としてのハードウェアと、それに載せるソフトウェアから成り立っている。製品評価に関しては、ハードウェアの評価は、人間の生理特性に合っているかどうかという点に関しては、従来の画像機器と同様であるが、ゲーム用ソフトウェアの評価が人間適合性という観点では使用者が主に子供である点を考慮すると、以下のような観点が考えられる。

1. 人間性が向上するような心を豊かにさせる暖かい視点があるか
2. 社会性、協調性、積極性などを育てる視点があるか
3. 知的興味を起こさせ、さらに知的訓練になるか
4. 単に刹那的な享楽性、残虐性、自虐性、攻撃性などを助長させていないか

残念ながら現在市場に出回っているソフトウェアの大部分が、これらの観点から見るとまだ進化の余地があると思われる。

参考文献

- 1) 「ファミ通 P S」 Vol.3, No.3, p.71 1998 (2月20日号、通巻 35号)

(福井幸男)

4. 3. 1 1 その他の事例（人間、製品・環境代替物）

（１）衣服CADのための人体 3次元形状モデル

衣服CADに組み込むことを目的とした人体の3次元形状モデルである。（吉田）

[参考文献]

- 1) 黒川隆夫、篠崎彰大他：衣服CADのための人体 3次元形状モデル、画像工学コンファレンス論文集、Vol.22nd、235～238、1991.

（２）CADマネキンを用いた設計支援システム

高齢者の身体寸法と入浴動作に基づく身体形状モデル（CADマネキン）を利用しながら、コンピュータ上の三次元空間で高齢者用浴室を設計していくシステムである。（吉田）

[参考文献]

- 1) 志甫雅人、高橋哲郎：CADマネキンを用いた設計支援システムの開発と応用(2)、石川県工業試験場平成7年度研究報告、No.45、77～84、1996.

（３）仮想服飾環境

人体、環境、服飾の三種の要素から構成される仮想服飾環境（Physical based environment of artificial Reality for Dress Simulation）内で、人体の動きに応じて衣服形状が変形するシミュレーションシステムである。（吉田）

[参考文献]

- 1) 阪口、美濃、池田：仮想服飾環境（PARTY）-人体が動く場合の衣服形状計算法、電子情報通信学会論文誌 D-II、Vol. J79-D-II、No.10、1712-1718、1996.

（４）縮尺模型を用いたオフィスの心理的評価

室内居住人員や居住形態（立位・座位者比率）などの居住者を前提としたダイナミックなオフィスイメージを把握するため、オフィス及び人体の模型（縮尺1/6）を用いて両者の関係を検討している。（吉田）

[参考文献]

- 1) 小松原明哲、横溝克己：オフィス人員とオフィスの心理的評価について、人間工学、第24巻特別号、202～203、1988.

（５）人体熱モデル

不均一・非定常な熱環境の評価を目的としたソフトウェアである。人体末梢部の皮膚血管反応に着目した人体熱モデルである。（吉田）

[参考文献]

- 1) （社）人間生活工学研究センター、（財）日本産業技術振興協会編：人間感覚計測応用技術 平成8年度研究開発成果報告会テキスト、71～74、1997.

（６）温熱指標

温熱環境の評価に用いられる指標である。環境計測により温熱因子の物理的評価をする

もの、生理学的な反応に基づいて環境評価するもの、被験者による環境に対する主観的な判断に基づき温熱因子の組み合わせを等価判断するもの、熱平衡式に基づき環境因子及び生理反応のかかわりあいを総合評価するもの等がある。(吉田)

[参考文献]

1) 中山昭雄編：温熱生理学、58～72、理工学社、1981.

(7) 群衆行動のシミュレーション

災害時や事故等の諸条件下での人間の集団行動を予測するためのシミュレーションである。(吉田)

[参考文献]

1) 野呂影勇編：図説エルゴノミクス、615、日本規格協会、1990.

2) 長能正武：パソコンCADを利用した簡便な群衆行動シミュレーションシステムの試作、竹中技術報告、No.52、69～73、1996.

3) 鵜沼宗利、安生健一、武内良三：群衆行動のモデリング、電学論C、115巻2号、1995.

第5章

人間適合性評価支援技術に関する海外調査

第5章 人間適合性評価支援技術に関する海外調査

1) 目的

人間適合性評価支援技術・設計支援技術の概念整理・体系化及び新しい支援技術の構築方策の検討のため欧州の関連研究機関や企業を訪問し、以下の観点からその概念についての討議や実際の事例の活用動向の現地調査を行う。

(1) 研究開発の現状と今後の動向

- a. 人間特性データの計測・収集技術、データ蓄積・解析技術
- b. 人間及び製品・環境特性の代替（モデル、シミュレーション）化技術
- c. 人間と製品・環境との適合性評価技術
- d. その他、関連する研究や技術に関する現状と今後の動向

(2) 活用事例の現状と今後の動向

2) メンバーと調査日程

(1) 調査団A

- a. メンバー：小松原明哲 委員長
首藤 俊夫 委員
- b. 日程：平成9年11月30日（日）～12月10日（水）

表5-1 調査団A 調査概要

日程	所在地	調査機関と調査項目
12月1日 (月)	イギリス (ブリストル)	ディビジョンリミテッド社 (http://www.division.co.uk/)
		VR技術を用いた設計、試作、運用保守作業等の効率化ツールの人間適合性評価への適用現状と今後の動向
12月3日 (水)	ドイツ (ミュンヘン)	ジーメンス デザイン&メッセ社 (http://www.siemens.de/)
		総合重電機メーカーの工業デザイン部門における人間適合性評価支援技術に関する現状適用事例と考え方
12月4日 (木)	ドイツ (シュツットガルト)	シュツットガルト大学 機械構造建築学科 (http://www.imk.uni-stuttgart.de/)
		工業デザインおよび人間工学関連研究に関する現状と考え方
12月5日 (金)	ドイツ (シュツットガルト)	フラウフォッファー財団 労働経済研究所 (http://www.iao.fhg.de/)
		人間工学関連研究に関する現状と考え方
12月8日 (月)	オランダ (デルフト)	デルフト工科大学 人間工学科 (http://www.io.tudelft.nl/)
		加齢工学研究、身体機能の低下と工業デザインに関する研究

(2) 調査団B

- a. メンバー：志甫 雅人 委員
 石山 誠一 (社) 人間生活工学研究センター
- b. 日程：平成9年12月13日(土)～21日(日)

表5-2 調査団B 調査概要

日程	所在地	調査機関と調査項目
12月15日 (月)	フィンランド (オウル)	オウル大学/フィンランド応用人間工学研究所 (http://www.sel.oulu.fi/Welcome_eng.html)
		加齢に伴う人間特性の変化と、高齢者と製品・環境との適合性に関する研究
12月16日 (火)	フィンランド (ヘルシンキ)	フィンランド労働保健研究所 (http://www3.occuphealth.fi/e/)
		就労者の人間特性データの計測・収集と職場環境改善への応用に関する研究
12月18日 (木)	オランダ (デルフト)	TNO自動車研究所/衝突安全リサーチセンター (http://www.tno.nl/)
		自動車衝突シミュレーションで使う実体クラッシュダミーとコンピュータシミュレーションダミーの研究
12月19日 (金)	オランダ (アイントホーヘン)	アイントホーヘン工科大学/加齢工学研究所 (http://www.tue.nl/gerontechnologie/index.html)
		新技術によってもたらされる情報機器や住宅と高齢者との適合性に関する研究



図5-1 海外調査先マップ

3) まとめと感想

(1) 調査団 A

今回の海外調査において、人間適合性評価支援技術に関しては、特に目新しいものは無かったが、全体として以下のような知見が得られた。

- ・人間特性あるいは製品特性を代替する技術の一つであるVR技術は、人間特性そのものの定義がまだ固まっていないので、それを評価する技術に使用するというよりも、デジタルモックアップという技術で、設計生産活動の根本を仮想生産という概念で変革しようとする動きが主流になっているように感じた。
- ・人間代替技術の一つであるコンピュータマネキンに関しても現状ではRAMSIS、ANTHROPOS等の従来からあるものを使用しており、特性評価についても、可動域、視界等のチェックの域を出ていない。しかし、欧州（Techmath社）と米国（Transom Technologies社）が新しい仮想人間モデルの研究を開始したことと、ドイツでマネキンの標準化プロジェクトが進行しているというのは、注目に値する。
- ・欧州の企業は、人間工学に関する取り組みが活発で、組織的な裏付けもあり日本の企業と比較して、人間工学を十分踏まえて製品設計をするという考え方がかなり浸透していると感じた。
- ・今回の海外調査において、製品を評価するときどのような人間特性が必要かを明らかにし、指標としてどのようなものが必要かを整理しないと、人間適合評価支援技術というものが見えてこないということをつくづく感じた。

（首藤俊夫）

(2) 調査団 B

今回の海外調査で、欧州における人間適合性評価支援技術に関して次のような知見、認識が得られた。

- ・人間適合性研究のターゲットとして高齢者がクローズアップされており、とくに情報機器、住宅、労働環境と高齢者の適合性が研究課題となっていた。また関連して欧州での加齢工学研究の活発な動向が印象深い。
- ・人間代替技術として知られているクラッシュダミーも、急速にコンピュータシミュレーションダミーに移行しており、そのプログラムの有用性を確認できた。また子供ダミーの開発など、人間適合性研究の広がりを感じた。
- ・多くの調査や実験などにより、設計ガイドラインやチェックリストが欧州で着実に作成されつつある状況を見聞できた。
- ・人間特性データベース作成のためには、国際的な研究協力体制が重要であるということすべての訪問先で聞かれた。欧州での協力体制の状況を把握するとともに、日本と欧州の関連機関の協力体制の必要性を強く感じた。

最後に、このような今回の海外調査で得られた知識を、使いやすく、安全な製品のデザイン開発技術に関する研究と企業指導に活かしていきたいと考える。

（志甫雅人）

5. 1 支援技術関連製品の研究開発動向

5. 1. 1 TNO (オランダ応用科学研究機構)

自動車研究所/衝突安全リサーチセンター

TNO Road-Vehicles Research Institute/Crash-Safety Research Centre

1) 概要

(1) 調査目的: 自動車衝突安全シミュレーションのためのクラッシュダミーを研究する
当研究所を訪れ、実体ダミーとコンピュータシミュレーションダミーの
研究開発に関する現状と今後の動向について探った。

(2) 場 所: デルフト市 (オランダ)

- ・住所 Schoemakerstraat 97, P.O.Box 6033, 2600 JA, Delft, The Netherlands
- ・TEL +31 15 269 70 24
- ・FAX +31 15 262 43 21

(3) 日 時: 平成9年12月18日 (木) 10:00~18:00

(4) 面会者:

- ・ Dr. Riender Happee (Program Manager Databases of Crash-Safety Research Centre)
/e-mail happee@wt.tno.nl
- ・ Dr. Jac Wismans (Deputy Manager of Crash-Safety Research Centre)
/e-mail wismans@wt.tno.nl
- ・ Dr. Michiel van Ratingen (Crash-Safety Research Centre)
- ・ Rene van Haaster (Crash-Safety Research Centre) /e-mail VanHaaster@wt.tno.nl
- ・ Robert Kant (Crash-Safety Research Centre) /e-mail kant@wt.tno.nl
- ・ Pieter van Veen (TNO Crash Dummies BV, Certification Laboratory)
/e-mail dum@wt.tno.nl
- ・ Hein Daanen (TNO Human Factors Research Institute, Dept. of Work Environment)
/e-mail daanen@tm.tno.nl
- ・ Dr. Gerand Blaauw (General Manager of Crash-Safety Research Centre)
/e-mail blaauw@wt.tno.nl

2) 内容

(1) 衝突安全リサーチセンターについて (Riender Happee氏)

オランダ TNO 応用科学研究機構 (Netherlands Organization for Applied Scientific Research) は、自然科学分野における応用研究を行うことを目的として、オランダ議会によって1930年に設立された、欧州では最大規模を誇る総合受託試験研究機関である。職員数は4,000人で、年間予算は約530億円にもものぼる。TNO自動車研究所はその研究機関の一つであり、200名の職員から構成されている。今回訪れた衝突安全リサーチセンターは、自動車研究所の中核を成す研究センターであり、機械工学、情報工学、バイオメカニクスなどを専門とする研究員が、自動車衝突時の衝撃を計測する数学的人体モデル(クラッシュダミー)に関する研究開発を行っている。

当センターの組織構成を図5.1.1-1に示すが、次の4つの研究部門と、実際にクラッシュダミーの製作、調整、販売を行う関連会社部門とから成る。

- ①Research&Development部門（クラッシュダミー作成のための基礎的な研究開発）
- ②Engineering部門（産業界のためのデザイン・設計支援）
- ③Laboratories部門（フルスケールの衝突テスト）
- ④Business Unit MADYMO部門（自動車衝突シミュレーションソフトMADYMOの開発）
- ⑤TNO Crash Dummies社（クラッシュダミーの製作、調整、販売）

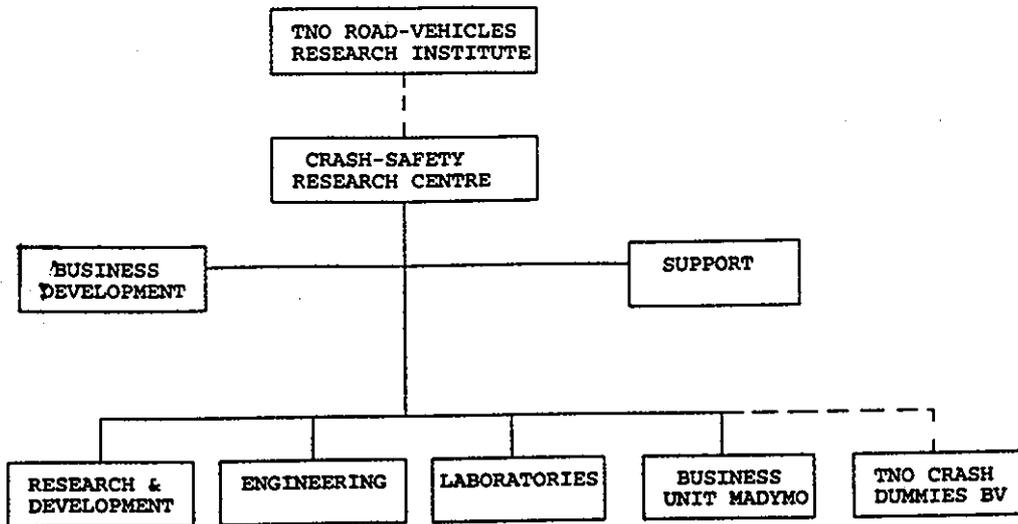


図5.1.1-1 衝突安全センターの組織構成

当センターの基本的な研究目的は、事故を無くすことではなく、事故が起きた場合の人間の体の動きをクラッシュダミーを用いて把握し、それを設計にフィードバックすることにより危険を軽減することである。そのためには、身体計測データや動作解析データに基づき、身体寸法や体の中の重さ分布そして動きも人間に近似したダミーの研究開発が必要となる。

また実体ダミーの他に、最近ではコンピュータ上での自動車衝突シミュレーションが注目を集めており、当センターでもシミュレーションプログラムとしてMADYMOを開発し、高い評価を得ている。現在このソフトウェアでは標準の人体モデル（成人男子）のモデリングを完成させているが、今後様々な種別の人体のモデリングを2年以内に完了させ、これまでの実体ダミーでの実験をコンピュータマネキン・シミュレーションに置き換えるよう特命を受けている状況である。（この場合でも、法的に最終の試作車に対しては実体ダミーで実験をする必要がある。）そのためには人間特性や解剖学に関する様々な基礎研究による知識の統合が必要であり、当センターでは、ヨーロッパ共同研究という意識で欧州の大学や企業との連携を目指しているとのことであった。

(2)クラッシュダミーとバイオメカニクス研究について(Michiel van Ratingen氏)

TNOのクラッシュダミーシリーズとしては、TNO-10（正面からの衝撃テスト用）や

EUROSID-1（側面からの衝撃テスト用）などの成人男子のダミーがよく知られているが、最近はこれに加えてPシリーズやQシリーズと呼ばれる子供のダミーの研究開発を進めている。図5.1.1-2は新製品のQ3-Child Dummyという名称の3歳児のダミーである。

これは子供の同乗者の安全性を確認するためのダミーであり、従来の前方と後方からの衝撃に加えて、後部座席の側面衝撃の実験の必要性が高まってきたために開発されたものである。またダミーの材料も従来の大人のものに比べると柔らかかなものを使用しており、シートベルトをしていても衝撃で動いてしまう子供の体の動きをリアルに再現するように工夫されている。

この子供ダミーの開発では、CANDATと呼ばれる世界の子供の身体計測データの中から、欧州と米国のデータを統合したものをを用いている。またCRESTと呼ばれる車内の子供の安全研究プロジェクトの事故調査データを参考にしている。それでも子供の身体データが不足しており、大人の身体データを子供のデータとして類推するなどの手法をとっている。

このQ3-Child Dummyでは、とくに子供の肩と骨盤部分のバイオメカニクス研究がポイントとなっているそうである。



図5.1.1-2 Q3-Child Dummyと呼ばれる3歳児のクラッシュダミー

(3)シミュレーションソフトウェア「MADYMO」について(Rene van Haaster氏)

コンピュータ上で自動車衝突シミュレーションを行うMADYMOは、当センターがこれまで蓄積してきた衝突実験ノウハウやクラッシュダミー開発のための研究データをコンピュータマネキンに反映したものである。図5.1.1-3は前述のEUROSID-1型実体ダミーとMADYMO数値モデルの写真である。

自動車の衝突安全分野をはじめ航空機、ヘリコプター、列車の安全分野、各種事故シミ

ュレーション、バイオメカニックスの調査研究分野など、多くの人間と製品・環境の適合性研究で利用されているとのことである。

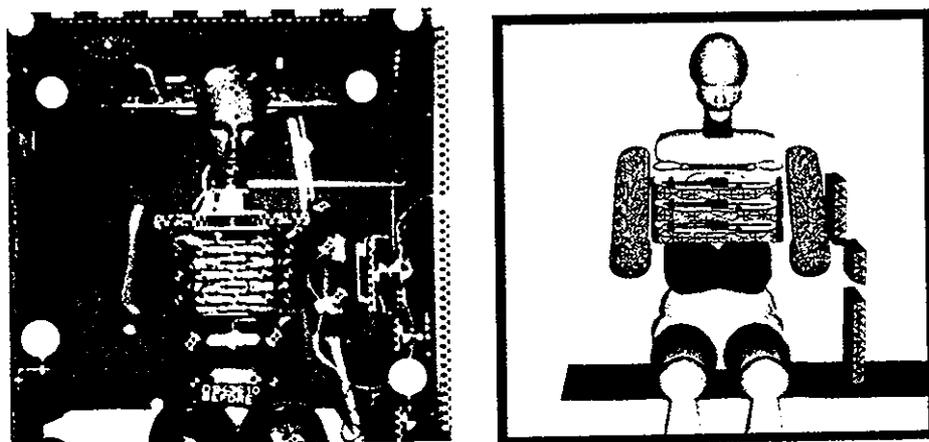


図5.1.1-3 実体ダミーとMADYMO数値モデル

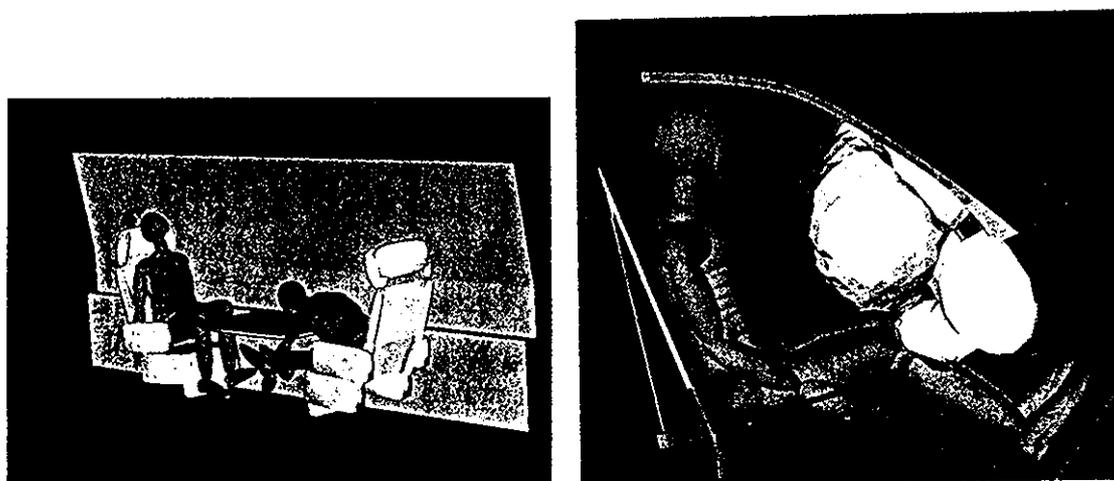


図5.1.1-4 ビジネスジェット機の衝突シミュレーションと
ニーバックのシミュレーション

MADYMO利用の利点としては、基本設計段階で乗員の安全性の評価を行うことが可能であり、MADYMOユーザは迅速に詳細設計へ移行できること、またコストのかかる実機プロトタイプ製作の必要性を減少させることなどが上げられる。それによってリードタイムの短縮化が図られ、製品開発にかかる時間とコストの削減が可能とのことであった。

さらにMADYMOの特徴として、次のような点が上げられた。

- ①マルチボディ技術、有限要素技術、ハイブリッドモデリング技術など異なるモデリング技術が備わっており、基本設計や詳細設計など用途に合わせたモデリング技術を選ぶことができる。
- ②マルチボディ技術は、MADYMOの中核的技術であり、剛体モデルとフレキシブルモデ

ルを組み合わせた高い計算効率をもつモデリング技術で、MADYMOのダミーモデルはこの方法で作成されている。また迅速な製品、部品のプロトタイプモデル作成にも最適である。

- ③有限要素技術は、構造部品の詳細モデリングに活用される。
- ④ハイブリッドモデリング技術は、複数のモデリング技術を組み合わせて一つのモデルを作るものであり、MADYMOの新世代ダミー作成の主要技術となっている。
またMADYMOモデルの設計パラメータを変化させて、MADYMOモデルのシミュレーションを実行し、最適解を短時間で見つけることができる最適化ツールとしてMADYMIZERが開発された。SGI社、HP社、IBM社、SUN社等のワークステーション上で稼働し、MADYMO自身はバージョン5.2.1以上が必要とのことであった。

(4)ダミーデータベースについて(Robert Kant氏)

Robert Kant氏より、衝突シミュレーションプログラムMADYMOのダミーモデルデータベース作成に関する説明があった。MADYMOは1997年12月にバージョン5.3にアップグレードされ、その中で前述のとおり新世代ダミーをハイブリッドモデリング技術によって提供している。この技術は複数のモデリング技術を組み合わせて、一つのモデルを作る当センターで開発された新技術である。ハイブリッドモデリング技術によるMADYMOのダミーデータベース作成の手順は次のとおりである。

- ①人体の部分モデルを作成し、評価テストを行う。
- ②部分モデルを組み合わせて、評価テストを行う。
- ③最終的にダミーを作成し、フルダミーテストを行う。
- ④ダミーのデータベース化を行う。

(5)ヒューマンボディモデリングについて(Riender Happee氏)

衝突安全に関する分野で近年コンピュータシミュレーションが利用される理由として次の点が上げられた。

- ①怪我のメカニズム究明に役立つ
- ②事故を再現できる
- ③ダミーの反応要素が解明できる
- ④ダミーを様々に取り替えられる
- ⑤ダミーの姿勢を変えられる

また今後のヒューマンボディモデリングの課題として次の点が指摘された。

- ①生物的材料の類似性の追求
- ②人間工学、バイオメカニクスに基づく関節のモデル化
- ③以上の研究を推進するための国際的研究協力体制の必要性

(6)TNOクラッシュダミー社ダミー検定研究所の見学

(Riender Happee氏, Pieter van Veen氏)

TNOクラッシュダミー社は、当センターの研究に基づき、実際に実体クラッシュダミーを製作、販売する会社である。その中にあるクラッシュダミーの調整、検定を行う研究

所を訪れ、ダミーの調整、検定に関する実験について見聞した。

(7)シーザー (CAESAR) 計画について(Hein Daanen氏)

現在の人体計測データベースを更新拡充するために、アメリカ人8,000人、ヨーロッパ人6,800人の合計14,800人の人体計測 (64計測データ) を2000年までに行う計画が欧米で進行中である。対象は18歳から65歳までの様々な体重の男女一般市民で、三次元データの採集を行っている。プロジェクト名のシーザー (CAESAR) はCivilian American and European Surface Anthropometric Resourceの略である。現在、一般市民を対象とした人体計測の必要性は多くの産業分野に広がっているが、このプロジェクトもこうしたニーズに応えるため欧米各国の政府、産業団体のジョイントベンチャーとして進められている。

人体計測の三次元データ採集の手法としては、アメリカ空軍のコンピュータ利用の人体計測研究所 (CARD) の三次元スキャン手法に基づいて行われている。

ちなみに、オランダでのデータ収集は1998年から開始される予定である。

3) まとめ

クラッシュダミーの分野で世界標準となるダミーを長年研究開発している当センターを訪れ感じたことは次のとおりである。

まず第一に、従来の成人ダミーの研究開発に加え、同乗者である子供ダミーの研究開発が盛んに行われていたことである。子供が衝突時に同乗者として被害を被るケースが問題視されており、その被害を軽減すべく研究が進められている。しかし成人に比べ子供の人間特性データが現在のところ不足しており、大人の動きとは異なる子供の動きを代替するダミーの作成に、様々な工夫をしている様子が伺えた。

次に、実体ダミーからコンピュータシミュレーションダミーへの移行が迅速に進行していることである。自動車衝突シミュレーションソフトウェアMADYMOにみられるように、従来の衝突実験ノウハウやクラッシュダミー開発のための研究データがコンピュータマネキンソフトに反映されており、コンピュータ上での高精度な衝突シミュレーションを可能にしている。また人体や製品のモデリング技術においても、その演算能力を高める技術が研究開発されていた。MADYMOは用途、目的、使用される設計段階、使用メリットがはっきりしており、それがMADYMOの有用性を決定づけていると感じられた。今後の我が国のコンピュータマネキン研究においても、具体的な設計現場ニーズの把握が不可欠であると考えられる。

最後に人間特性データベース作成の国際的な研究協力体制の必要性を当センターが強く認識していることである。シーザー計画やMADYMOのダミー開発研究において担当者がその必要性を強調していたことが印象に残った。

入手資料

- 1) TNO自動車研究所パンフレット
- 2) 衝突安全リサーチセンターパンフレット、組織図、ビデオ
- 3) クラッシュダミー総合パンフレット
- 4) クラッシュダミーQ3-Child Dummy、EUROSID-1、

- The TNO Pedestrian Headform Impactorsパンフレット
- 5) MADYMOパンフレット（日本語）
 - 6) MADYMO ver.5.3パンフレット
 - 7) MADYMIZERパンフレット（日本語）

（志甫雅人）

5. 1. 2 ディビジョンリミテッド社 (DIVISION Limited)

1) 概要

- (1) 調査目的：VRシステム構築ツール開発・販売の有力企業である当企業を訪問し、VR技術を用いた設計、試作、運用保守作業等の効率化ツールの人間適合性評価への適用現状と今後の動向について調査した。
- (2) 場 所：ブリストル (イギリス)
・住所 19 Apex Court, Woodlands, Almondsbury, BRISTOL BS12 4JT, UK
・TEL +44 (0) 1454 615554
・FAX +44 (0) 1454 615532
- (3) 日 時：平成9年12月1日 (月) 10:00～17:00
- (4) 面会者：Colin Christopher (Sales Manager-Asia Pacific)

2) 内容

DIVISION Limitedの概要：

1990年、世界最大のVRプロトタイプ of 最大手として設立された。90名の社員がおり、1000万円の売上実績があり約400社の顧客を持っている。最近、イタリアとドイツにオフィスを開設している。米国DIVISION Inc.はアメリカ市場を担当している。アメリカでは、3D CADが非常に進んでいるので、その対応が中心である。アジアではまだ、あまり売上が伸びていないのでオフィスを開設していない、松下インターテクノとは1991年から契約をしている。



図5.1.2-1 DIVISION Limitedにて、右から2人目がColin Christopher氏

(1) VR製品の使用の考え方

VR技術を使用して、対象にしている技術あるいは製品をいかに理解させるかということを中心に事業をおこなっている。VRの考え方は、ここ5年間で非常に変化してきている。5年前までは、VR技術を問題解決をするということを中心に使用していたが、現在、DIVISION社においては技術、道具、製品を作り上げる技術を構築するということを中心に事業展開している。すなわち、設計および生産そのもののやり方を変えてしまおうとしている。

(2) VR製品の特徴

リアルタイム、3Dなので対象物を直感的に理解しやすい。DIVISION社のVR製品は、他社の3D CADと比較してメモリが非常に少なく、100～50000ぐらいまでの部品を扱うことができるので、モデル全体をviewすることができる。

(3) 人間工学的な適用例

- ・ LEVERという洗剤会社が、スーパーの棚に洗剤の瓶を並べてみて、他社の製品と比べてどんな感じがするかということを試験するというような応用。（見た感じ）
- ・ DV/Manikinという人間モデルを用いて、リーチ、アイポイントのチェックなどに使用している。人間の体型としては、5%、50%、95%タイルの統計データを使用しており、これで80%の問題を解決できると考えている。

(4) デモ見学

- ・ ローバーのRV車と人間モデル
- ・ フォークリフトの操作訓練
- ・ ブルネル共和国の空港プレゼンテーション
- ・ レーシングカーのアッセンブリ

入手資料

- 1) Virtual Products - Bring your design to Life : OHP資料、関連パンフレット

(首藤俊夫)

5. 2 企業における支援技術の活用状況

5. 2. 1 ジーメンス デザイン&メッセ社 (Siemens Design & Messe)

1) 概要

- (1) 調査目的：総合重電機メーカーであるSiemens社の工業デザイン部を訪問し、企業における人間適合性評価支援技術に関する現状適用事例と考え方について調査した。
- (2) 場所：ミュンヘン（ドイツ）
 - ・住所 Postfach 70 16 46, 81316 Munchen
 - ・TEL + (089) 636-83603
 - ・FAX + (089) 636-84760
- (3) 日 時：平成9年12月3日（水）9：00～15：30
- (4) 面会者：
 - ・Roland Schoeffel（人間工学アドバイザー）
 - ・Mr.Schultes（チーフデザイナー）
 - ・Ms.Katia（インダストリーデザイナー）

2) 内容

Siemens社の概要：

Siemensは今年で設立150周年を迎えた。受注高は1兆マルクを超えており、利益は税込みで総売上上の2%で、研究開発費は80億マルクである。従業員はグループ全体で38～40万人いる。事業は16分野に分割されており、それ以外にも色々なセンターがある。Design & Messeは別会社のセンターとして独立して、7ヶ月目である。人間工学を中心に50名のデザイナーがいる。1年間で700種類の製品のデザインを手がけている。Siemensだけではなく社外とも強力して製品開発を実施している。Siemens全体では世界中で約150名の社員が人間工学の研究をおこなっており、それぞれ、心理学、生体工学、人体学等の専門分野の出身者から構成されている。日本では、病院、家事ロボットの研究を行っており、病院用ロボットの第一号機がテストに入る段階になっている。

(1) 人間工学分野の研究

以下に示す研究を例にとり、一般的製品の成立過程、それに対比して人間工学に基づく製品の成立過程と評価支援ツールの説明を受けた。

- ・高齢者向けも含めたコミュニケーションツールに関する開発に重点をおいている。
- ・発電所のオペレーションルームの職場環境の研究
- ・電灯のスイッチの操作性についての研究
- ・医学分野への応用を考えたタッチスクリーンの研究
- ・ドイツ鉄道（株）ICE3（超特急）のデザイン

技術よりデザインが優先して開発されたはじめての例

- ・機械／人間の協調作業の研究
- ・運転中の携帯電話使用による事故多発の対応研究（ヘッドセット）
- ・音声によるカーナビゲーションの研究
- ・ホームエレクトロニクスシステムを対象に人間工学的な模範製品の研究

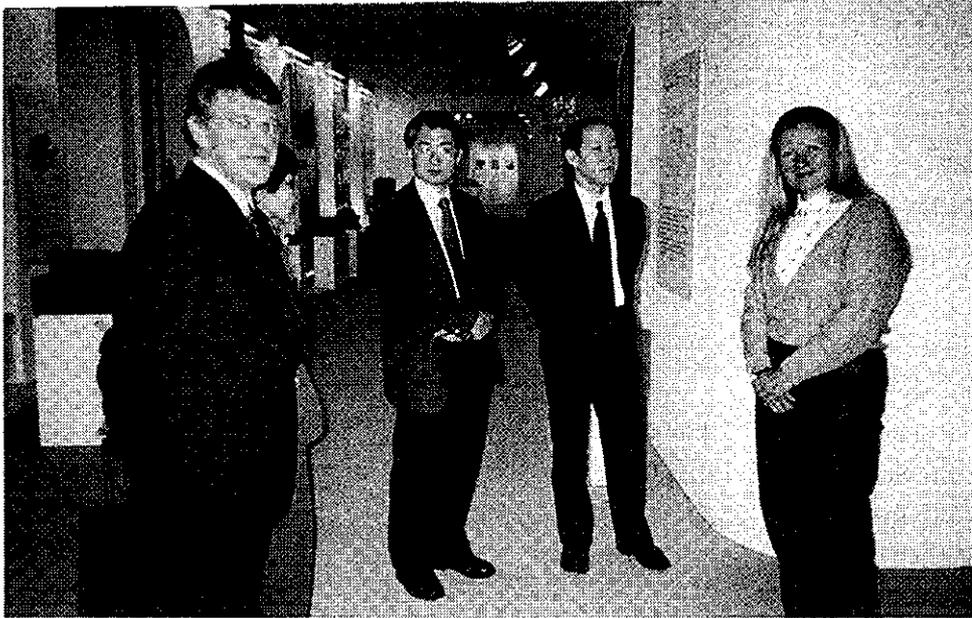


図5.2.1-1 Siemens社にて、左がRoland Schoeffel氏

(2) 人間工学研究の目標

自動切符発売機だろうがそれ以外の機械だろうが、普通の人間の行動パターンを研究して、その結果定義した人間パターンを使えば、95%の人間が問題なく操作できる製品を作り上げたいということである。

(3) 施設見学

最初に、デザイン工房を見学した。この工房は、医療器具、オフィス製品、電話等幅広い製品をデザインしている。天井には、ドイツオリンピックチームが使用した舵付きフォアのボートがつるしてあった。このボートは、機能を究極まで追求した結果として最適な設計がおこなわれた象徴的な製品として展示されており、毎日、このボートを見ながら仕事をしているということが印象的であった。次に、Siemens Forumという博物館を見学した。ここには、Siemensの創業期から現在までの代表的な製品が展示されており、それらを見学しながらSiemensの歴史の説明を受けた。

入手資料

- 1) Usability Engineering, Evaluation und Evaluation Support Technologies : OHP 資料
- 2) News and Views, 4/August 1997
- 3) 150 Years of Siemens

(首藤 俊夫)

5. 3 大学・研究機関における支援技術及び関連技術の研究開発動向

5. 3. 1 シュツットガルト (Stuttgart) 大学

1) 概要

- (1) 調査目的：当大学を訪問し、工業デザインおよび人間工学関連研究に関する現状と考え方について調査した。
- (2) 場所：シュツットガルト (ドイツ)
 - ・住所 Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart, Postfach 80 1140, 70511 Stuttgart
 - ・TEL (07 11) 685-6062
 - ・FAX (07 11) 685-6219
- (3) 日 時：平成9年12月4日 (木) 14:00～17:30
- (4) 面会者：
 - ・Prof.Dipl.-Ing. H.Seeger
 - ・Dipl.-Ing. Jochen Vogel

2) 内容

Stuttgart大学の概要：

大学全体では、14学部、32の専門課程があり、20000人以上、5000人以上の教職員から構成されている。また、140のインスティテュートがあり、250人の研究者がいる。予算は、4億5千マルクで1/3が産業界からまかなわれている。機械／構造／トランスミッション研究所の技術デザイン研究室は1966年に設立され、Seeger教授が担当教官で、3～4名の助手がおり、Vogel氏もそのひとりである。この研究室は、産業界においてデザイン的な考え方のできる学生を養成している。

(1) デザインの考え方

- ・人間に対してのユーザビリティと品質がうまく合わさって初めてデザインであると定義している。また、内面性（機能）、外面性を含んでデザインと定義する。
- ・統一のとれたデザインが、安全性を高めると考えている。

(2) 人間工学的デザインを考える時のチェックリスト

人間チェックリスト (人間モデルの同定)

- ・人数
- ・年齢
- ・性別
- ・障害者かどうか
- ・民族あるいは人種
- ・教育程度 (ユーザーとしての知識があるかどうか)
- ・作業状況 (姿勢、集中度等)

その他チェックリスト

- ・作業環境（季節、温度等）
- ・操作時間（ライフスタイル）

志向指標（顧客ニーズ優先）

- ・ブランド志向
- ・新しもの好き
- ・美しければよい
- ・安全志向
- ・能力志向
- ・センシビリティ志向
- ・安物志向
- ・伝統志向

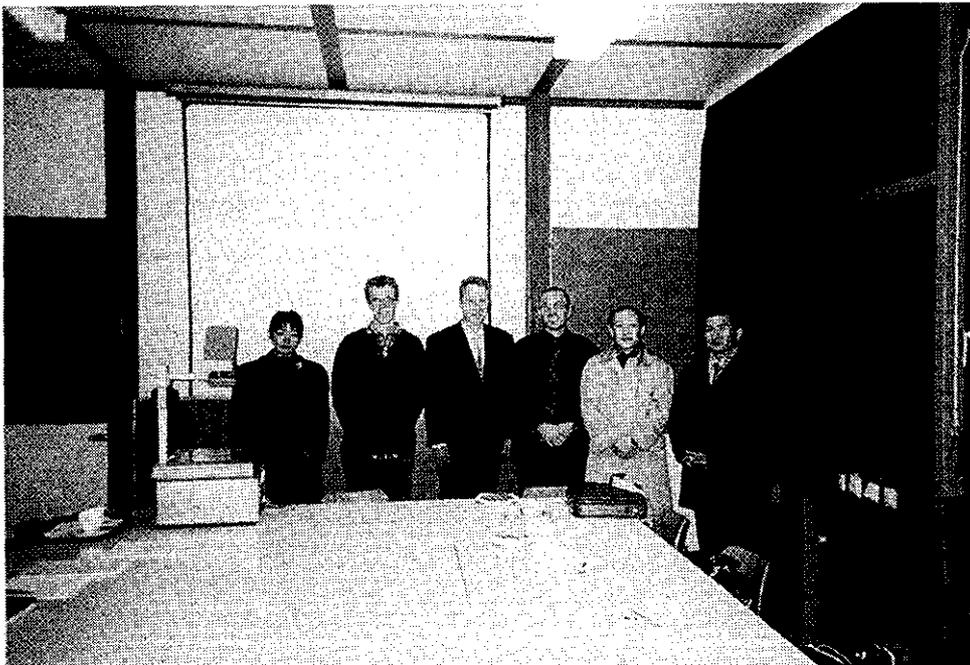


図5.3.1-1 Stuttgart大学にて、右から3人目がVogel氏

(3) デモ見学

- ・2次元CAD上でのボッシュデータを用いた人間モデル
- ・ANTHROPOSの3次元版
- ・Pro/Engineer Human Factor Library

入手資料

- 1) Design Science for and in Design Practicer : ICED 95でのOHP資料
- 2) CAD-Applikation der BOSCH-Schablone : OHP資料

(首藤 俊夫)

5.3.2 フ라우ホッファー財団 労働経済研究所

Fraunhofer Institut Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

1) 概要

- (1) 調査目的：当研究所を訪問し、人間工学関連研究に関する現状と考え方について調査した。
- (2) 場 所：シュツットガルト（ドイツ）
 - ・住所 NobelstraBe 12, D-70569 Stuttgart
 - ・TEL +49 (0)711/970-2107
 - ・FAX +49 (0)711/970-2299
- (3) 日 時：平成9年12月5日（金） 10:00～15:30
- (4) 面会者：Dr. Manfred Dangelmaier（人間工学の専門家）

2) 内容

Fraunhofer (IAO)の概要：

Fraunhoferは1949年連邦研究所が母体となって設立された独立協会の形をとった研究所群であり、約8000人の職員がいる。建物および基本的設備は連邦予算によって賄われているが、研究費および事業費は、受託研究の契約費によって賄われている。IAOは、予算の半分を民間企業から残り半分を官公庁からの研究委託で賄われている。IAOはシュツットガルト大学構内の敷地にあり、研究的には大学と密接なネットワークを結んでいるが、予算は全く別になっている。

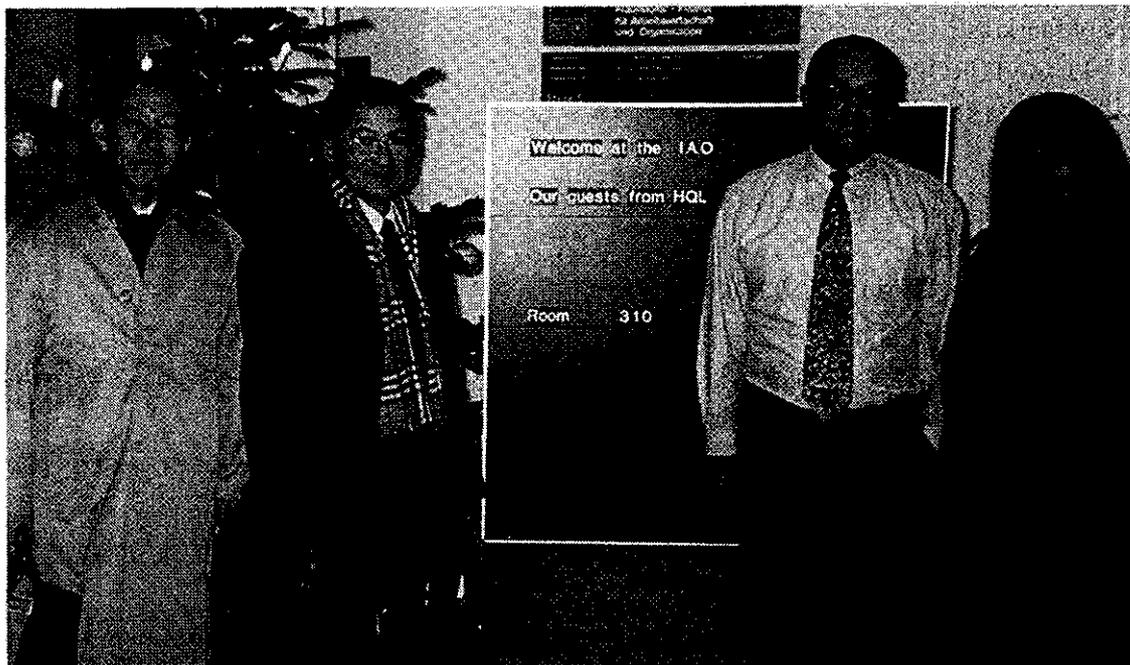


図5.3.2-1 Fraunhofer (IAO)にて、右から2人目がDr. Manfred Dangelmaier

(1) IAOの研究内容

技術と人間をインタフェースする仕事を中心に人間および生産品の範囲を超えて以下のような仕事をしている。

- ・ソフトウェア技術
- ・ソフト人間工学
- ・人間に親和性の高いソフトウェアの開発
- ・技術者の育成
- ・生産プランニング（人間と生産工程の融和に主眼）
- ・労働のプランニングをどうすれば一番良いかというようなことも研究
- ・人間工学的なVRの応用研究（人間工学的ダミーとVRとの合体の方法）
- ・オフィスエンジニアリング（レイアウトプランニング等設計の段階からコンサル）
- ・健康マネジメント（労働安全+仕事上での健康に関して企業に考え方を促進する）

(2) 人間モデルの適用現状

Anthropometric methods :

- ・テンプレートの利用に長い歴史がある。
 - 1) Somatographie
ドイツの工業規格として最初に規定されたもの。単純に線であらわしたもの。
 - 2) Kieler Puppe（キール大学のユルゲンス教授が開発したもの）
 - 3) Burg-Schablonen（東ドイツ時代のテンプレート）

CAD-Manikins :

- 1) ANTHROPOS
 - 2) RAMSIS
- ・RAMSISのTechmath社は人間をレーザスキャンして、そのデータを3次元モデルに変換する技術を開発している。
 - ・FraunhoferではVirtual ANTHROPOSの研究をしている。
 - ・RAMSISのTechmath社もJackの会社と協同でVirtual ANTHROPOSの研究を開始した。
 - ・VRプロジェクトは、現在までは表現技術の段階で、人間の計測データに基づいたデータで妥当性を検討しているわけではない。
 - ・VR技術は、過去4年間は人寄せパンダのようなものであったが、ようやく実用化できる段階に入ったと認識している。
 - ・Virtual Prototypingは、ドイツでドイツ研究所財団を中心に大プロジェクトが開始している。
 - ・マネキンの標準化プロジェクトが進行しており、Techmath社、ダイムラーベンツ社の研究所等が参加している。

(3) EUのSAVEプロジェクトの説明

重大な自動車事故の30%強が、アルコールとかドラッグの乱用、居眠り運転、ドライバーの健康上の問題等が原因であるとされている。

SAVEは、上記に示されたようなドライバーの状態を検出することができる統合システムを開発することを目標とした交通遠隔計測のEUプロジェクトである。システムの具体的なイメージは、事故の切迫した危険あるいは他の危険を検知した場合、システムは、ドライバー、周辺交通および緊急センターに情報を流す。もし、ドライバーの健康状態が異常になり、自動車を安全に制御できなくなったら、SAVEシステムが、自動的に自動車を道路脇に操作し、そこで、効果的な助けを提供する。

このプロジェクトの仕事は、提案システムに対するドライバーのニーズ、期待、容認性の解析をすることから着手された。そして、この解析は、EUの3つの国の500人のボランティアグループのインタビューを通して行われた。ユーザーのグループは、トラックドライバー、バスドライバー、プロの長距離レースドライバー、警察ドライバーおよび高齢者と身障者ドライバーと同様に一般大衆のメンバーも含まれる。

開発フェーズの第一段階では、酔っぱらい運転、疲労、深刻な出来事をリアルタイムに検出するDriver Impairment Monitoring (DIM) と呼ばれるサブシステムを実現することである。DIMは、ドライバープロフィールの認証、道路上での自動車の位置変更予測、適切な交通安全規則に対する違反検出、ドライバーの顔の観察、瞬きにおける視点、居眠りあるいは脇見運転の検出およびハンドルのグリップ力の測定を含む多数の間接的な技術をベースにしている。様々なサブシステムの全ての信号は、Integrated Monitoring Unit (IMU) によって、後処理と順序付けされる。またIMUは損害の原因と重大さを分析し、ドライバーとシステム間の最適なインタフェースも提供する。

IMUによって指摘された緊急事態の場合、事前緊急警報システムはドライバーと周辺交通に情報を流す。起こっていることから2次災害を防ぐために車線と障害物の認識サブシステムを用いて、道路の端の安全な駐車位置に自動車を漸次ストップしたり動かしたりするために、Automatic Control Device (ACD) が動作し、縦と横の両方向に自動車の制御を行う。ACDの全体の仕事は、あらかじめ決定した緊急事態制御戦略を道路、自動車、交通および環境条件に依存しながら追従することである。

緊急警報システムは、マルチメディアコンセプトをベースにしており、ACDの動作より前にドライバーに警告する。そして、2次災害をさけるためにACDの動作の前あるいは動作中に周辺交通に警報する。そして、自動車が安全に静止位置に到達してから、周辺交通と緊急コントロールセンターからの助けを呼ぶ。

プロジェクトは、National Automobile Clubと自動車業界を通じて、緊急システム上の設計ガイドラインと規制案を提供すること、大規模な開発を遂行すること、プロジェクト結果の普及をすることによって終了する。

仕事の最終成果は、SAVEプロトタイプに統合化されたIMUとACDと緊急警報システムである。

入手資料

1) Profile of the Fraunhofer-Gesellschaft : Its purpose, capabilities and prospects

- 2) Fraunhofer Institut Arbeitswirtschaft und Organisation : I · A · T Institut
Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement Technology Management
Market Focus Units, Competence Centres and Contacts VIS-Laboratory : Laboratory for
Virtual Interactive Systems
- 3) Integrierte Produktgestaltung Innovationen nach MaB
- 4) SAVE : System for Effective Assessment of the Driver State and Vehicle Control in
Emergency Situations, TR 1047

(首藤 俊夫)

5.3.3 デルフト (Delft) 工科大学

1) 概要

- (1) 調査目的：加齢工学研究する当大学を訪問し、身体機能の低下と工業デザインの関係に関する研究の現状について調査した。
- (2) 場所：デルフト (オランダ)
 - ・住所 Jaffalaan 9, 2628 BX Delft, The Netherlands
 - ・TEL 0031 (15) 278 3086
 - ・FAX 0031 (15) 278 7316
- (3) 日時：平成9年12月8日 (月) 13:00～18:30
- (4) 面会者：
 - ・ Dr. Johan F.M. Molenbroek
 - ・ Dr. J.M. Dirken Eur Ing (機械、海洋工学部長)
 - ・ Dr. ir. L.P.A. Steenbekkers
 - ・ ir. Pyter N. Hoekstra
 - ・ H. Kanis

2) 内容

Delft工科大学の概要：

Delft工科大学は、1842年に設立され現在は7学部13学科、学生約10000人、教職員約4500人を有する工科系大学である。

訪問したDesign, Engineering and Production学部は、以下に示す3つの学科からなる。

- ・ Industrial Design Engineering：約1800人の学生が在籍、研究費は約2500万ギルダーで95%を国から残りの5%を民間から調達している。
- ・ Mechanical Engineering
- ・ Marine Technology

上記のIndustrial Design Engineeringは、さらに以下に示す4つの講座から構成されている。

- ・ Marketing New Product Department
- ・ Ergonomics Department：教育関係者10人、研究者10人、アシスタント10人が在籍。
- ・ Engineering Department
- ・ Forming Department

今回の訪問に最も関係が深いErgonomicsはさらに以下の3つの研究室に分かれている。

- ・ Phigical Ergonomics
- ・ Information Ergonomics
- ・ Applied Ergonomics

我々の訪問に際して中心になってお世話していただいたDr. Molenbroekは、Phigical Ergonomicsの主任である。

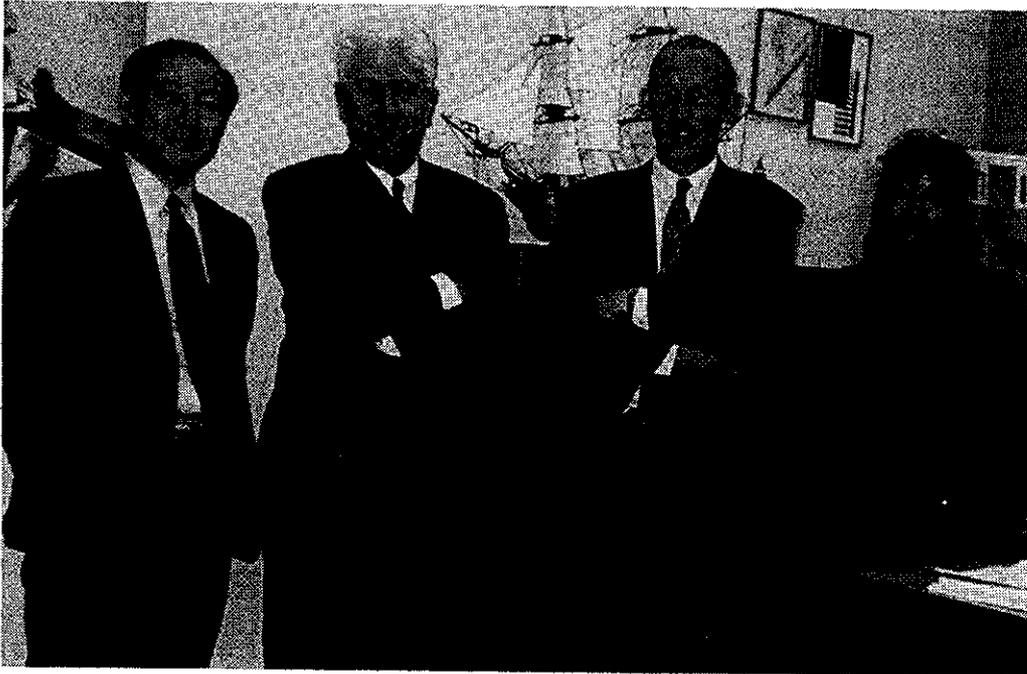


図5.3.3-1 Delft工科大学にて、右からDr. Molenbroek、 Dr. Dirken Eur Ing

(1) コンピュータ上での人間モデルの適用デモ

ir.Hoekstra上級研究員より、ADAPS (Amoropometric Design Assessment Program System) というシステムを用いて、身体障害者用に開発されたフランスの自動車の設計例を2次元人間モデルを使った評価例のデモ説明を受けた。人間モデルは、全部で27関節から構成されており、評価対象物のスケールを変更すると視角の変化の様子がわかるようになっている。また、マウスで人間モデルの各部位を移動させるとそれに伴って関節が動くようになっている。システムとしては、非常にシンプルで使いやすくir.Hoekstra上級研究員自身は、市販されている種々の高度な人間モデルシステムより使いやすいと評価している。

(2) 認識に関する計測の研究

H. Kanis上級研究員より高齢者のための家電製品の設計のガイドラインの研究の説明を受けた。

この研究は、使用感、反応の継続性のテストを通じて、製品設計にあたって一般的なまちがいを起こさないようなガイドラインを作ることであり、実際に家庭の中で良く起こりうる問題に対してテレビとかVTRを対象に70のガイドラインを作成しており、産業界から市場性が高いと評価されている。

このガイドライン作成にあたって重要であると思われることは、高齢者および若者両方が使いやすい製品であるかどうかということ、高齢者向けのデザインを絶対してはいけないということ、高齢者はアイコンというものを理解しにくいということ等である。

(3) 高齢者に関する視覚計測に関する研究およびその他特性の計測技術について

Dr.ir. L.P.A. SteenbekkersよりGerontechnologyプロジェクトの紹介を受けた。このプロジェクトは、以下に示す3つの平行プロジェクトからなり、高齢者にも適応可能な製品のガイドラインを作ることが目的である。

- ・データバンクと基準を構築するための物理的能力、感覚能力の測定
- ・コンピュータ内蔵製品を用いた認識実験
- ・理論と予備ガイドラインをテストするために、学生の助けを借りた製品開発が産業界で実行された。

変数の測定：

高齢者について、以下に示す物理的能力、感覚的能力、認識能力を50才～60才、60才～70才、70才～80才および80才以上の4つのグループ、また、若者との比較のために20才～30才までのグループを加え、合計5つのグループに分類して測定している。

- ・物理的能力変数
 - 静的人体測定：質量、身長、座った状態の肩の高さ、臀部～膝長さ、肩幅、座った状態の臀部幅、手の長さなど30の人体サイズ。
 - 機能人体測定：ステップ幅、歩行速度、ステップ高さ、リーチ
 - 体力範囲：グリップ力、プッシング、引張力、持ち上げ力、トルク
 - 細かい運動機能：釘差し盤による手先の器用さテスト、手の安定度
 - 関節の動作範囲：リスト、人差し指、首
 - 立った時のバランス（目を開けたとき、目を閉じたとき）
- ・感覚能力変数
 - 視覚変数：近くのものを読みとる能力、コントラスト感度
 - 触覚能力：手触り感度、形状認識
 - 聴覚能力：聴力検査
- ・認識変数
 - 視覚と音による刺激に対する反応時間
 - 記憶能力
 - ADL機能（アンケートによる評価、日常における実際の製品使用上の能力比較）

測定結果：

実際の製品を用いた使用テストでは、その製品の使用方法がわからなかったり、使いにくい場合、以下に示すような補正行動が見られる。

- －異なる方法で製品を使う
- －それ以上は製品を使わない
- －その製品を使いたいとは思わない。
- －他の人に尋ねる
- －他の能力を使う

設計ガイドライン：

視覚に関する測定結果から得られるガイドラインの例を以下に示す。

- ・コントラスト33%で12.6ptのレターサイズだと、80才以上の高齢者の30%が読むことが出来る。
- ・コントラスト100%で8ptのレターサイズだと、80才以上の高齢者の50%が読むことが出来る。

測定装置の見学：

加齢工学関連で以下に示すような人間の諸特性を測定する装置を見学した。

- ・色の好みテスト
- ・形状認識テスト
- ・触覚テスト
- ・目と指の動作関連テスト

(4) 人間工学情報システムに関する説明

Anthropometric Information System (AIS) というソフトウェアの概要説明を受けた。このソフトウェアのねらいは、人体測定データとデジタルフォーマットで添付されているガイドラインをどのように提示するのが良いのかを研究するために開発された。そして、Windowsプラットフォーム上でポーランドのDELPHIという開発ツールを用いて開発されており、その構造は、設計過程の仮定された認式モデルに限りなく近づいたものになっている。開発の背景には、人体測定データを使用する上で以下のような問題点があり、それを解決する方法を研究する必要があるがあった。

- ・データの欠落
- ・信頼性のないデータ
- ・データの正否を判断するための設計者の知識不足

このソフトウェアのデータ提示の具体的な例は、人体測定データを製品ごとに合わせて、計測データを置き換えて表示している。例えば、椅子のようなものであれば、人間の膝下寸法が椅子の座る位置の高さに対応しているといったようなものである。データの取扱いの考え方は、常にCube-modelという個体差（男性、女性、子供等）、人体測定値、製品（個人環境、人工環境、支持、グリップと力等）の3つの軸で整理分析している。

入手資料

- 1) M. J. Munnik, J. F. M. Molenbroek, A. H. Marinissen: The use of mobility aids by children with cerebral palsy: a pilot investigation, journal of rehabilitation sciences 6, nr. 1 - 1993
- 2) W. A. M. Hoefnagels, J. F. M. Molenbroek, R. Vermeulen: Adapted kitchens, journal of rehabilitation sciences 5, nr. 1 - 1992

- 3) J. F. M. Molenbroek: Anthropometry of elderly people in the Netherlands; research and applications, Applied Ergonomics 1987, 18.3, 187 - 199
- 4) D. A. Hobson, J. F. M. Molenbroek: Anthropometry and design for the disabled: Experiences with seating design for the cerebral palsy population, Applied Ergonomics 1990, 21.1, 43 - 54
- 5) Johan Molenbroek: Anthropometry for the elderly: Current state and applications
- 6) Johan Molenbroek, Rosmarrijn Visser: Anthropometric Information System(AIS)
- 7) H. Kanis: Variation in results of measurement repetition of human characteristics and activities, Applied Ergonomics Vol 28, No. 3, pp155-163, 1997
- 8) H. Kanis: Usage centred research for everyday product design, Applied Ergonomics Vol 29, No. 1, pp75-82, 1998
- 9) L. P. A. Steenbekkers: Visual capacities of the elderly, relevant to man-product interaction, assessed in the Delft Gerontechnology project, Proceedings of the 2nd International Conference on Gerontechnology, 15-17th october 1996
- 10) L. P. A. Steenbekkers: Gerontechnology at Delft university of technology, Proceedings of the 2nd International Conference on Gerontechnology, 15-17th october 1996
- 11) Physical Factors of Man-Product Interaction
- 12) J. M. Dirken, R. H. M. Goossens, C. J. Sniijders: Medesign

(首藤 俊夫)

5. 3. 4 オウル大学/フィンランド応用人間工学研究所
University of Oulu/Finnish Laboratory of Applied Ergonomics
(Soveltavan Ergonomian Laboratorio, SEL)

1) 概要

(1) 調査目的：欧州を代表するGerontechnology（加齢工学）の研究機関として知られる当研究所を訪れ、加齢に伴う人間特性の変化と高齢者と製品・環境の適合性に関する研究開発の現状と今後の動向について探った。

(2) 場 所：オウル市（フィンランド）

・住所 Aapistie 1, Fin-90220, Oulu, Finland

・TEL +358 8 5337721

・FAX +358 8 5375661

(3) 日 時：平成9年12月15日（月） 10:00～16:00

(4) 面会者：

・ Vesa Tornberg (Manager of Finnish Laboratory of Applied Ergonomics)

・ Prof. Hannu Virokannas

(Dept. of Public Health Science and General Practise, University of Oulu)

・ Markku Pirinen (Finnish Laboratory of Applied Ergonomics)

/e-mail markku.pirinen@oulu.fi

・ Terhi Hautala (Dept. of Finnish, Saami and Logopedics, University of Oulu)

/e-mail terhi.hautala@oulu.fi

・ Kaija-Liisa Loisa (Sales Manager of Videra Ltd)

・ Juho Toivonen (Export Sales Manager of VoiceBit Ltd)

・ Prof. Seppo Vayrynen

(Dept. of Process Engineering, Work Science, University of Oulu)

/e-mail seppo.vayrynen@oulu.fi

・ E.Kangas (Dept. of Process Engineering, Work Science, University of Oulu)

2) 内容

(1) 応用人間工学研究所について(Hannu Virokannas教授, Vesa Tornberg氏)

当研究所は、近年欧州で活発な研究活動が伝えられているGerontechnology（加齢工学）に特化した研究所であり、加齢に伴う人間特性の変化と高齢者と製品・環境の適合性についての研究を行っている。研究の基本的な課題としてHannu Virokannas教授は次の3点を語っている。

①高齢者の健康と身体機能を維持すること

②衰退した高齢者の身体機能をテクノロジー技術によって補完すること

③高齢者とテクノロジー技術による最新の製品・環境との適合性を図ること

当研究所は別名SELとも呼ばれ、現在SEL-PROJECTなる具体的な次の研究開発を進めている。

①コンピュータを利用して、住宅内における高齢者の日常生活の動きを把握する研究

- ②電話を用いた高齢者向けの自動サービスについての研究
- ③リハビリ患者を対象にした高齢者の行動安全性に関する調査研究
- ④家具、テレビ電話を含む高齢者にとって安全な住宅設計の研究
- ⑤ニューテクノロジーによってもたらされる新しい情報機器等の使用実験

フィンランドはコンピュータや携帯電話の普及率が世界一であり、情報化が進んでいる国であるが、そのような中で高齢者と情報機器とのより良い適合性を図るとともに、高齢者の日常生活を支援する重要なツールとして情報機器を位置付けている姿勢が伺われた。

また当研究所は、ビデオ会議システムや電話自動サービスシステムを研究開発する企業との結びつきも深く、オウル大学キャンパスに隣接して建てられているインキュベーションセンターであるメディポリスセンターに入居する情報機器企業を技術支援している。図5.3.4-1は当研究所の研究開発における外部との連携を表したものであるが、企業の研究開発部門や福祉関連機関との強い結びつきを示している。

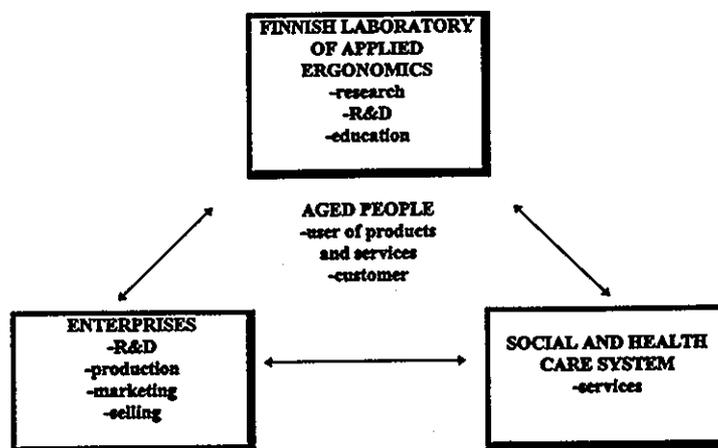


図5.3.4-1 応用人間工学研究所の研究体制

(2)住宅の安全性に関する研究について(Markku Pirinen氏)

高齢者の住宅内での転倒事故の増加に伴い、転倒する理由の究明と安全な住宅設計に関する研究が1994年に開始された。

転倒事故に関する研究は、70才以上の高齢者を対象に、住宅での転倒に関する高齢者の心理的な計測を行ってきた。これまでの研究では、転倒の理由として次のような原因があると考えられる。

- ①廊下、通路の狭さ
- ②障害物がある
- ③家具の寸法
- ④照明が暗い

しかし、転倒に関しては理由が複雑であり、はっきりとした原因については現時点で十分に解明されていないとのことであった。

また高齢者にとっての安全な住宅の設計研究については、当研究所でその設計ガイドラ

インがマルチメディア利用で構築されており、建築業や住宅設備機器企業で利用されているとのことであった。



図5.3.4-2 応用人間工学研究所でのミーティング風景

(3)電話を用いた高齢者支援システムについて(Terhi Hautala女史)

言語学の立場から、高齢者に対する電話を利用したサービスについて1995年より研究している。加齢により、言語がどう変わるかということがベースになるが、具体的には、

- ①高齢者の電話使用の現状調査
- ②プッシュフォン電話による自動電話サービスシステムNextInfo (VoiceBit社)の研究開発
- ③どの位の言葉の量、スピードで高齢者が理解できるかの実験

などを行ってきた。

現在では、ホームヘルパーが高齢者の買い物代行を行っている現状を改善するために、高齢者自身が電話で買い物ができるシステムの確立を目指している。

(4)メディポリスセンターの見学(Kaija-Liisa Loisa女史, Juho Toivonen氏)

応用人間工学研究所が技術支援する、オウル大学キャンパスに隣接したインキュベーションセンターのメディポリスセンターに入居する情報機器企業を見学した。

Videra社は1993年設立された会社で、ビデオ会議システムを研究開発しており、遠隔医療での利用を想定している。ビデオ画像によって在宅での診療が可能のため、当社のシステムの普及は進んでおり、急成長を遂げている。

またVoiceBit社は前述の電話自動サービスシステムNextInfoを研究開発する企業であり、高齢者が在宅で様々なサービスを受けることを可能にしている。

両社とも、応用人間工学研究所の研究成果としての具体的な企業化例である。

(5)高齢者の動作シミュレーションについて(Seppo Vayrynen教授, E.Kangas女史)

Seppo Vayrynen教授の研究室では、製品の使いやすさや安全性の追求が最大のテーマであり、具体的にはシステムキッチンでの調理や電球の取り替え、靴を履くなどの日常生活での人間の動作をビデオに撮って動作解析を行い、解析した結果を製品開発に役立てていく研究を行っている。その手法としてコンピュータによる人間の動作シミュレーションを用いている。

最近では応用人間工学研究所との共同研究が多く、高齢者の生活動作に関する解析、製品設計のための動作シミュレーションが研究課題となっている。研究開発の事例として、高齢者の被験者を用いた木製椅子の改善設計が紹介された。またフィンランドの携帯電話メーカーのNokia社との共同研究も行っているとのことであった。

3) まとめ

社会の高齢化に伴い、人間と製品・環境との適合性を早急に図っていかねばならないターゲットは高齢者であるということを実現化している研究所であった。また高度情報化が進む中で、高齢者と情報機器とのインターフェイスを重要な研究課題としている姿勢がとくに印象に残った。

製品開発における高齢者の人間特性に関するデータベースの必要性は、当研究所での調査で随所に出てきたが、加齢工学をキーワードにEU共同体としての研究協力体制が確立しつつあるとのことで、今後の高齢化社会の進行に対応した人間適合性評価支援技術の国際的な研究体制のあるべき姿を示していると感じられた。

また大学での研究活動と企業の研究開発のインターフェイスとしての当研究所の役割は大きく、その名のとおり人間工学研究の成果を実際の生活現場に応用、還元している機関であった。今後社団法人人間生活工学センターが当研究所と密接な関係を持ち、高齢者にとって使いやすく安全な製品・環境の研究開発に対して、技術支援がより強化されることを願うものである。

入手資料

- 1) 応用人間工学研究所リーフレット
- 2) Seppo Vayrynen教授の研究論文“Simulation of Home Daily Activities for the Development of Improved Technology for the Elderly”
- 3) オウル大学労働科学部リーフレット
- 4) オウル大学パンフレット
- 5) Videra社ビデオ会議システムパンフレット
- 6) VoiceBit社自動電話サービスシステムNextInfoパンフレット

(志甫雅人)

5. 3. 5 フィンランド労働保健研究所 Finnish Institute of Occupational Health

1) 概要

- (1) 調査目的：職場の安全性や労働環境の改善についての研究を行っている当研究所を訪れ、就労者の人間特性データの計測・収集と職場環境改善への応用に関する研究開発の現状と今後の動向について探った。
- (2) 場 所：ヘルシンキ市（フィンランド）
- ・住所 Laajaniityntie 1, FIN-01620 Vantaa, Finland
 - ・TEL +358 9 47 471
 - ・FAX +358 9 890 713
- (3) 日 時：平成9年12月16日（火） 14:00～18:00
- (4) 面会者：
- ・Prof. Jorma Saari (Director of the Dept. of Occupational Safety)
/e-mail josa@occuphealth.fi
 - ・Prof. Juhani Ilmarinen (Director of the Dept. of Physiology)
/e-mail jilm@occuphealth.fi

2) 内容

(1)労働保健研究所について(Jorma Saari教授・労働安全部長)

当研究所はその職員数が約700人の大規模な研究所で、内プロパーが580人、残りが関連機関、企業からの出向者である。研究職員の専門分野も、医学、化学、工学、心理学、社会科学、物理学、数学、統計学、生物学、コンピュータサイエンスなどと広範囲に及んでいる。ヘルシンキにある中央研究所は生理、心理、労働医学、労働安全、産業衛生等に関する8つの研究部門で構成されている。またフィンランド国内に6つの支部研究所を有する。

当研究所は16歳～65歳までの就労者を対象に、労働者の健康と労働能力に関する研究、労働環境の改善に関する研究、新しい労働社会に関する研究の3つを基本としているが、近年の労働者の高齢化がやはり大きな問題となっている。

この研究所の基本的機能としては、

- ①研究、調査 40%
- ②実際の労働現場に出向いての測定、調査
- ③職場指導員の養成
- ④広報

などがある。とくに1991年～1994年にかけては年間約600～950件の職場調査をこなしている。

また研究の背景となるフィンランドにおける職場の動向としては、

- ①職場への情報機器の普及
- ②職場の国際化
- ③労働者の高齢化

④労働者の一人当たりの仕事負荷の増加

⑤就業形態の変化（フレックスタイム、パートタイム、ダブルワーク、契約社員等）

⑥ニュースモールスケール企業の増加と従来型企業の弱体化

などが指摘された。

また事故という観点から、住宅内での事故、交通事故、職場での事故といろいろあるが、政府機関のセクショナリズムから国内研究所間の連携が全然とれていない状態である。そのため事故の原因究明のための実験もいろいろなところでやっけていて無駄を生じており、事故に関する研究も立ち遅れている。事故は本来人間が動くから起きるものであると考えるが、フィンランドではまだ人間の動きに関する研究は進んでおらず、今後この研究を国内外の研究機関と連携して進めていきたいとの意向であった。

最後に労働安全部門の具体的な企業指導事例が紹介された。これは米国のコンピュータマネキンソフトのJACK human model をベースにし、職場の安全設計のためのシミュレーションを行うものである。図5.3.5-1はコンピュータマネキンが実際の人間の動きと連動している様子を示したもので、病院で使う化学分析装置を操作する場合の安全性を計測しようとするものである。



図5.3.5-1 コンピュータマネキンを用いた職場の安全設計指導

(2)労働能力指数について (Juhani Ilmarinen 教授・生理学部長)

Juhani Ilmarinen 教授が部長を務める生理学部は、労働生理、時間生理、人間工学生理、運動生理の4部門から成っていて、医学、生理、心理、他技術者約50名で構成されている。研究60%、企業指導40%で業務を行っている。

労働者の加齢と労働能力に関する研究は1981年に開始され、当時平均年齢51歳の被験者6,500人を対象として、現在まで継続研究を行っている。同じ被験者に対して1985年(平

均55歳)、1992年(平均62歳)、1997年(平均67歳)の各時点におけるアンケート調査を実施し、労働能力に関する比較研究を行っている。研究成果としては、2年間の試行で作成された7項目の非常に簡素化されたチェックリストによる労働能力指数(Work Ability Index)の確立が上げられる。この労働能力指数は国外各国にも紹介、実施され成果を上げているとのことであった。

また今後の予定として、1998年夏に人間の脳研究のための新しい研究所を設立し、その中で人間の視覚、聴覚に関する研究をスタートさせ、得られたデータを工場の操作室や操作系レイアウトの設計に役立てたいといったことが聞かれた。

最後に高齢者研究の第一人者として Jyvaskyla 大学の Eino Heikkinen 教授の名前が上がり、教授の著書として preparation of aging (加齢の準備)が紹介された。

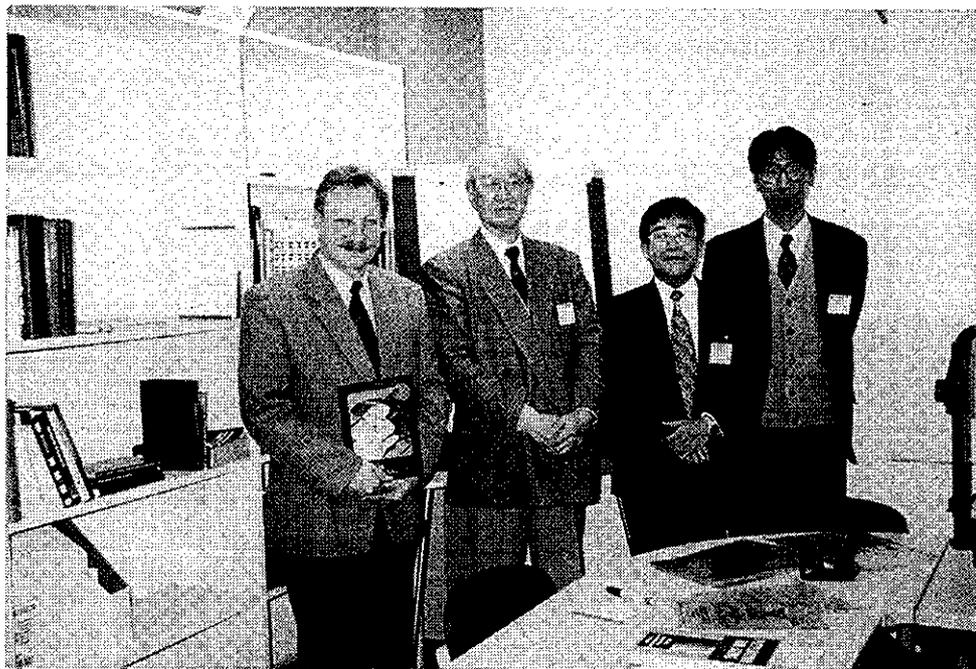


図5.3.5-2 Juhani Ilmarinen 教授と調査メンバー

3) まとめ

職場の安全性の追求と労働環境の改善を目的とする当研究所においても、最近の急速な職場の情報化、国際化、そして労働者自身の高齢化が大きな問題であり、今後の研究課題となっていた。その中でとくに当研究所が今後力を入れていきたい話された分野は、人間(とくに高齢者)の動きのデータ及び知覚(視覚、聴覚)データの計測、収集、解析研究であった。

今回の(社)人間生活工学研究センターの調査訪問に対しても積極的な姿勢が感じられ、当研究所より、両機関での人間特性に関する研究方法やデータの交換や高齢者に関する共同研究のプロポーザルがなされた。

「5.3.4 オウル大学/フィンランド応用人間工学研究所」と同様に、今後の高齢化社会の進行に対応した人間適合性評価支援技術の国際的な研究体制が、我が国でも早急に検討・整備される必要性を感じた。

入手資料

- 1) Finnish Institute of Occupational Health Annual Report 1996
- 2) Juhani Ilmarine教授のOHPプレゼンテーション資料のコピー集
- 3) Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, volume 23, supplement 1, 1997

(志甫雅人)

5. 3. 6 アイントフォーフェン工科大学／加齢工学研究所,
IPOユーザインターフェイス研究センター
Eindhoven University of Technology/Institute for Gerontechnology,
IPO Center for Research on User-System Interaction

1) 概 要

- (1) 調査目的：加齢工学に関する研究活動の中核的存在として知られる当研究所を訪れ、新技術によってもたらされる情報機器や住宅と高齢者との適合性に関する研究開発の現状と今後の動向について探った。
- (2) 場 所：アイントフォーフェン市（オランダ）
- ・住所 P.O.Box 513, 5600MB, Eindhoven, The Netherlands
 - ・TEL +31 40 247 46 58
 - ・FAX +31 40 244 33 35
- (3) 日 時：平成9年12月19日（金） 10：00～15：30
- (4) 面会者：
- ・ Prof. Herman Bouma (Scientific Director of Institute for Gerontechnology)
/e-mail h.bouma@bmg.tue.nl
 - ・ Jan A.M. Graafmans (Executive Director of Institute for Gerontechnology)
/e-mail j.a.m.graafmans@bmg.tue.nl
 - ・ Dr. Jan Rietsema (Assistant Professor of Institute for Gerontechnology)
/e-mail j.rietsema@bmg.tue.nl
 - ・ Yvonne A.W. Slangen-de Kort (Eindhoven University of Technology)
/e-mail y.a.w.d.kort@tm.tue.nl
 - ・ Dr. Huib de Ridder (IPO Center for Research on User-System Interaction
/Assistant Professor of Institute for Gerontechnology)/e-mail h.d.ridder@bmg.tue.nl

2) 内容

(1)加齢工学研究所について(Herman Bouma教授, Jan A.M. Graafmans氏)

加齢工学研究所は、アイントフォーフェン工科大学の学部間連携の研究活動拠点として、1994年に設置された研究所である。研究所名に使われているgerontechnology（加齢工学）という言葉は、人間の加齢に関する科学的究明を行うgerontology（加齢学）とtechnology（工学）から成る造語で、当研究所のHerman Bouma教授によって提唱されたものである。

加齢工学は当然、生理学、心理学、医学など人間を科学する研究分野や建築、電気、情報、機械、化学といった工学の研究分野と密接な関係をもち、人間の老いのメカニズムに基づき、高齢者と製品・環境のより良い関係を研究開発することを主目的としている。

当研究所設置に先立ち、1991年に第1回国際加齢工学会議がアイントフォーフェン大学のHerman Bouma教授やJan A.M. Graafmans氏らの呼びかけによって当地で開催され、200人の参加者を得て成功をおさめている。1996年にはヘルシンキで第2回国際会議が開催され400人が参加している。1999年にはミュンヘンで第3回国際会議開催が予定されており、EU共同体を中心とした加齢工学研究の国際協力体制が整いつつある状況である。

加齢工学研究所はその目標を、高齢者が家庭や地域社会で自立した日常生活を営めることとしており、そのためには製品・環境の設計者が、加齢に伴う人間特性の変化にもっと留意し、高齢者の人間特性に設計案を適合させていくことを唱えている。このような観点から、その研究領域を示すキーワードとして次の5つを上げている。

- ①Mobility, Transportation (可動性、移動性)
- ②Communication, Information (コミュニケーション、情報)
- ③Housing (住宅)
- ④Home health care (健康管理)
- ⑤Education&Work (生涯教育と仕事)

またこの5つの研究分野での具体的な研究プロジェクトとしては、

- ①生活行動把握のための酸素摂取量の測定や三次元加速度計を用いた加速度測定の研究
- ②高齢者の新技術(インターネットやテレビ電話など)に対する適応性の研究
- ③在宅自立型高齢者適合住宅の開発研究
- ④住宅内空気改善のためのアレルゲンの研究
- ⑤ディスプレイ上テキストの判読性の研究

などがある。

図5.3.6-1はXY軸に人間と製品との関係を、Z軸に時間軸をとった加齢工学のコンセプトマップである。人間の知覚や操作による人間と製品の相互作用と、過去、現在、未来におけるその推移を示したものである。

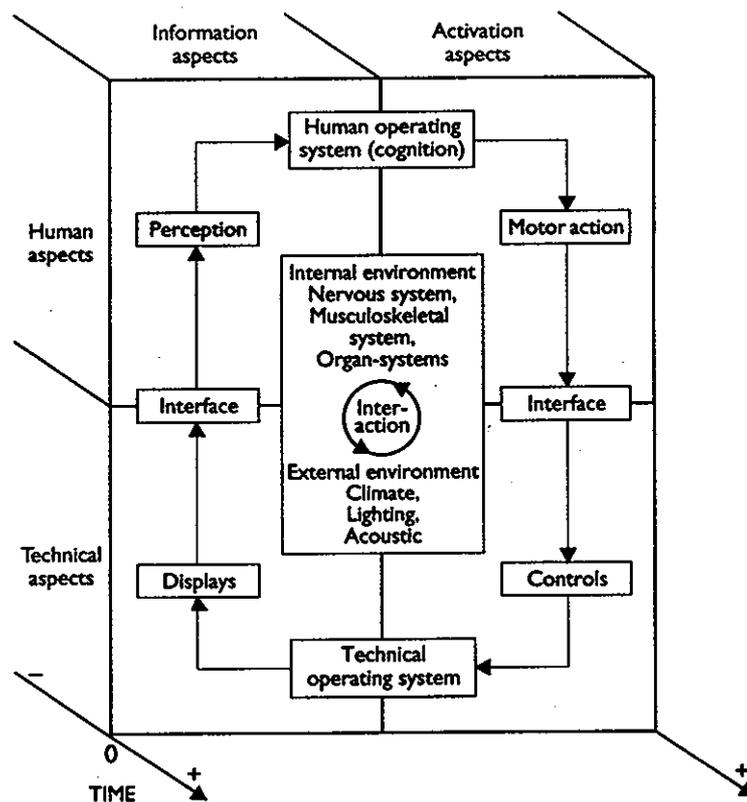


図5.3.6-1 加齢工学のコンセプトマップ

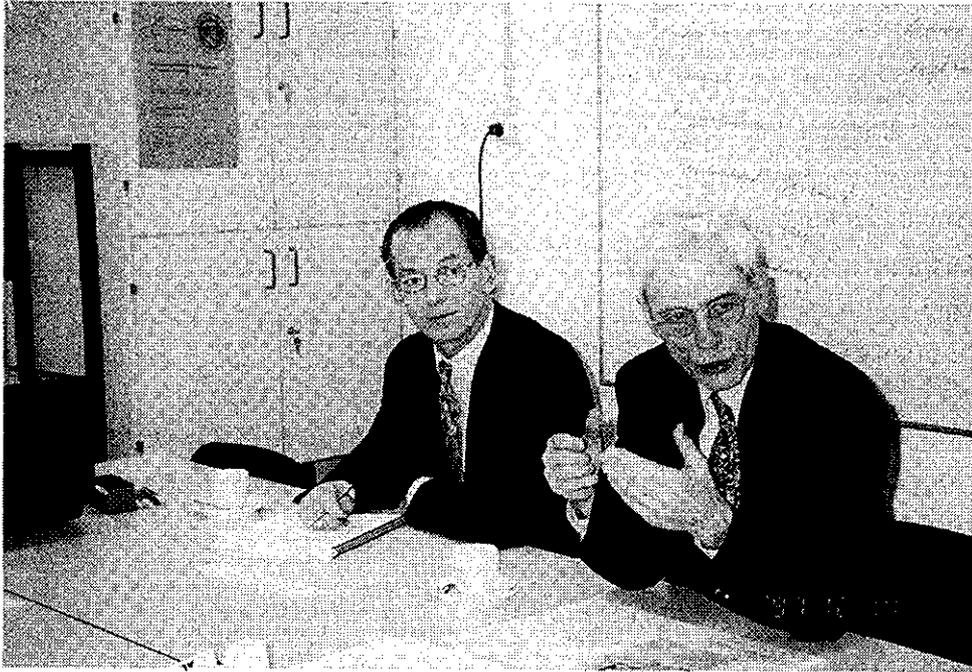


図5.3.6-2 Prof. Herman Bouma氏とJan A.M. Graafmans氏

現在当研究所はオランダのフィリップス社やオランダテレコムなどの企業と共同研究を行っており、また表向きには発表されていないが、シーメンス、ボッシュ、ペンツ等とも連携を図っている。

また前述の加齢工学国際会議での活動を基盤として、欧州では1991年からCOST(コスト)と呼ばれる加齢工学に関する協力体制が確立し、現在17カ国が参加し、およそ100のプロジェクトが進行中とのことであった。

(2)高年齢者用住環境チェックリスト「シニアラベル」について

(Jan Rietsema氏, Yvonne A.W. Slangen-de Kort女史)

シニアラベルは、高齢者にとって住環境(住宅の周辺環境も含む)が適切なものかどうかを評価するチェックリストであり、1980年代後半より、オランダで施行されているものである。このチェックリストは全体で71項目から成り、うち31項目が最低限満たさなければならない必須項目となっている。また各項目には点数が配分されており、チェックリストの総合点が老人にとって住みやすい家かどうかの評価基準となる。そういった意味ではこのシニアラベルは高齢者適合住宅の保証書ともいえる。

このチェックリスト作成に当たっては、最初に老人団体を対象に高齢者の住環境に関する要求事項をヒアリングし、42のリストが作られた。そしてそれをまとめて現在のリストとなったそうだが、次の4つの主要な部分からなる。

- ①身体能力に応じた家の改造ができるかどうか (adaptability)
- ②高齢者が出入りしやすい家かどうか (accessibility)
- ③日常生活での怪我や障害をなくす工夫がされているかどうか (safety and easy to use)
- ④安全保安上の設備の有無 (security)

現在は建築業界用リストとそれを簡素化した一般ユーザー向けリストがあるとのことである。

またシニアラベル住宅の規格化も進められており、住宅建設のイニシャルコストも特別高くなく、途中での改造費もかえって安くつくそうである。

(3) IPOユーザインターフェイス研究センターについて (Huib de Ridder氏)

IPOセンターは製品と使用者の相互関係を研究する機関であり、当初はフィリップス社の研究機関であったが、現在は当大学の研究機関として位置付けられている。

研究の背景としては、多機能電話やテレビ電話、テレビ、ビデオ、各種リモコンなど、製品機能がますます複雑化し、使用者にとって使いこなすことが難しくなっていることにある。特に高齢者にとっては重大な問題となっている。例えば多機能電話やテレビ電話は、今後の高齢者のライフラインとして在宅での自立生活を支援するものと注目されているが、高齢者にとってその使い方を学習することは困難であり、どう使えばよいか分からないというのが現状である。

そこで当センターでは、使用者の中でもとくに高齢者をターゲットとした製品の使用性調査や実験を行い、製品設計のガイドラインに結び付けることを行っている。手法としては、ユーザに研究開発段階から加わってもらい、プロトタイプテストを行ったり、製品の最終試作品での実証化テストを行ったりしている。内容としては、製品のグラフィクスユーザインターフェイス (GUI) やメニュー階層に関する研究が多いそうである。そして研究プロジェクトはフィリップス社をはじめとする企業や加齢工学研究所、アイントフォーフエン大学などとの協力で実施されている。

3) まとめ

前述のフィンランド応用人間工学研究所と同様に、欧州での加齢工学研究と産業応用についての現状及び今後の動向が把握できた。

加齢工学研究の応用製品分野としては、設備機器を含む住宅、高齢者の今後のライフラインとして考えられている情報機器、高齢者の労働環境で使われる機器などが重要視されており、多くの研究プロジェクトが実施されていた。とくに情報機器と高齢者との適合性研究が、今後の大きな課題となっていた。

また研究手法に関しては、とくに目新しさは感じられなかったが、高齢者へのアンケート調査や老人被験者によるプロトタイプテストなどによる設計ガイドラインやチェックリスト作成を着実に進めている印象を強く受けた。

最後に、フィンランドでも感じたことであるが、加齢工学研究をEU共同体全体で進めていこうとする姿勢がオランダでも強く感じられた。高齢化社会が急速に進む今日、人間（高齢者）と製品の適合性問題は決して一国のものでなく、また逆に国際的な研究協力体制なしでは乗り越えられない課題であると思われた。

入手資料

- 1) アイントフォーフエン大学加齢工学研究所パンフレット
- 2) 加齢工学国際学会資料

- 3) Herman Bouma&Jan A.M. Graafmans, Gerontechnology, IOS Press, 1992
- 4) シニアラベル研究論文 (オランダ語)
- 5) アイントフォーフエンIPOユーザインターフェイス研究センターパンフレット

(志甫雅人)

第6章

個別技術の水平垂直展開提案

第6章 個別技術の水平垂直展開提案

人間適合性評価支援技術を表6-1のように人間特性格（7項目）と代替物別（3項目）のマトリックスに分割し（計21項目）、それぞれのレビューを記載すると共に、水平展開（他産業への適用）、垂直展開（当該産業での技術の高度化）等の提案や将来展望を述べた。

表6-1 個別技術の垂直水平展開提案のマトリックス

代替物 人間特性	人間代替物	製品・環境 代替物	人間、製品・環境 代替物
1. 身体特性	6.1.1章	6.1.2章	6.1.3章
2. 動作特性	6.2.1章	6.2.2章	6.2.3章
3. 知覚特性	6.3.1章	6.3.2章	6.3.3章
4. 認知特性	6.4.1章	6.4.2章	6.4.3章
5. 官能特性	6.5.1章	6.5.2章	6.5.3章
6. 生理特性	6.6.1章	6.6.2章	6.6.3章
7. 行動特性	6.7.1章	6.7.2章	6.7.3章

6. 1 身体特性

6. 1. 1 人間代替物

ここでは、身体寸法や形状、強度、姿勢など、人間の身体特性と製品・環境との適合性評価支援技術の中で、実際の人間ではなく人間の代替物を利用する支援技術の将来展望について考えてみたい。

1) 現状技術について

まず最初に、製品開発プロセスの各段階で現状利用されている支援技術について、その代表的なものを概観してみると次のようになる。

企画、設計段階では、図面作成時に製図板上で利用されてきた二次元マネキンがあるが、近年のコンピュータを利用したCAD設計への移行により、コンピュータマネキンとしての研究開発が進められている状況である。

製造段階では、靴や衣料を製造する時に利用される靴型、人台がある。直接身につける製品ほど身体寸法、形状との適合性を図るの必要があり、今後も研究開発とその応用が必要な技術である。

評価段階では、人体と製品・環境との静的な関係を三次元的に測定する三次元マネキンや、自動車衝突実験用ダミーのように身体強度データも備えた動の実験用マネキンが上げられる。これらのマネキンも、二次元マネキンと同様に、コンピュータシミュレーションのためのコンピュータマネキン化の傾向を示している。

また製品開発には直接関係ないが、関連技術として、医療の教育訓練に使われるマネキンやダミーがあり、身体寸法、形状のほかに身体の内部構造データを備えている。

これらのマネキンやダミー作成の基礎データとして重要なのが、人体計測データであり、近年、国内外で大規模な人体計測プロジェクトが行われている状況である。

2) 将来展望

大規模な人体計測プロジェクトとしては、国内では（社）人間生活工学研究センターが1992年から1994年にかけて、7歳から90歳代の男女34,000人に対して行った全国規模の人体計測プロジェクトがある。計測数、項目数の多さや三次元画像データの収集など、世界に類をみない膨大な人体計測データベースとなっている。データの利用は1994年より開始され、衣料品、自動車、家電、OA機器、医療機器、眼鏡、家具、住宅など様々な産業分野で活用されている。

また海外では、アメリカ人8,000人、ヨーロッパ人6,800人の合計14,800人の人体計測を2000年までに行う計画が進行中である。プロジェクト名はシーザー（CAESAR）計画で、Civilian American and European Surface Anthropometric Resourceの略である。対象は18歳から65歳までの様々な体重の男女一般市民で、三次元データの採集を行っている。現在、一般市民を対象とした人体計測の必要性は多くの産業分野に広がっているが、このプロジェクトもこうしたニーズに応えるため欧米各国の政府、産業団体のジョイントベンチャーとして進められている。

近年の人体計測データベースの特徴として、過去のデータが自衛隊や軍隊、オフィスワ

一カーを対象としたものが多かったのに対して、かなり幅広い年代層や体形の一般市民を対象としていること、また三次元CADでの利用を想定した三次元画像データを採集している点が上げられる。さらに、今後のデータベース強化のためには、国際的な研究協力体制が不可欠であるといった認識を各国の関連機関が強く認識していることも重要なポイントである。

身体、動作、知覚、認知、官能、生理、行動などに分類される人間特性の中で、身体寸法、形状といった身体特性と製品・環境との適合性に関する技術は、あらゆる産業分野にとって必要である。これまで取り上げてきた人間代替物を利用した支援技術も、産業分野での広がりや技術そのものの進化が望まれるが、そのためのポイントを次にいくつか述べたい。

- (1) これまで紹介してきた従来技術としてのマネキンやダミーは、確実にかつ急速にコンピュータマネキン化されると予測される。クラッシュダミーの分野で世界標準となる実体ダミーを長年研究開発しているオランダのTNO自動車研究所／衝突安全リサーチセンターにおいても、今後2年以内に、これまでの実体ダミーでの実験をコンピュータマネキン・シミュレーションに置き換える研究プロジェクトを進行させていることが、その典型的な例として上げられる。
- (2) この場合、製品開発プロセスの各段階で異なるであろうデザイナー、設計者のニーズに注目する必要がある。マネキンを手掛かりに迅速に基本設計を行いたいという場合には、様々なデータや情報を備えたマネキンより、様々な生活姿勢を選べる人体画像データベースや、人間の種別が簡単に選択できる形式のものの方が有効であることも十分考えられる。また操作系の設計や製品種によっては、ある身体部位に特化したものも必要となってくるであろう。また基本設計から詳細設計にいたる段階で、どのようなマネキンがどの段階で有効活用されるかといった検討も重要である。また評価段階で利用する場合には、マネキンを用いた評価方法の研究とともに、現場でストレスなく使われるマネキンの実証化研究が必要である。
- (3) バリアフリーデザインやユニバーサルデザインの考え方が、今後社会や産業界の基本的な考え方として受け入れられていくためには、高齢者や子供、身障者などの身体特性データの収集、利用の研究がより一層必要である。これは身体特性データに限らず、姿勢や力、動きのデータ、知覚データなどについても同様である。このようなデータがマネキンを進化させる基礎データである。

また、人間とマネキンとの間の生物的素材の類似性を追求する研究や、バイオメカニクスに基づく関節や人間の動きのモデル化研究なども、マネキン技術にとっての今後の重要な要素技術として考えられる。

以上のような、身体特性データベースの充実や、マネキン作成のための要素技術、さらにはマネキンを設計現場で利用するための応用研究によって、多くの産業分野での当支援技術の利用が見込まれると考えられる。

(志甫雅人)

6. 1. 2 製品・環境代替物

ここでは、身体寸法や形状、強度、姿勢など、人間の身体特性と製品・環境との適合性

評価支援技術の中で、完成品としての製品・環境ではなくその代替物を利用する支援技術の将来展望について考えてみたい。

1) 現状技術について

現在、最もポピュラーな方法として、モックアップや試作と呼ばれる実物の製品モデルを利用する方法がある。今仮に、車椅子利用者に配慮した公衆電話用ブースを設計する場合を想定してみよう。基本設計で電話ブースの寸法を決定した後に、製品とは異なる手軽な素材、例えばベニヤ板等で原寸モデルを作成し、実際に車椅子利用者にアプローチから電話をかける一連の動作を行ってもらい、ブースの設計寸法をチェックするといった具合である。身体寸法と設計寸法との適合性を評価する場合に、原寸モデルを実際に人間が使用してみることが一番確実であるが、寸法違いのいくつかの設計案に対して比較検討を行う場合にモデル準備に時間とコストがかかること、また原寸モデルとして作れる製品モデルの大きさや材料、寸法精度に限度があることなどが欠点として上げられる。

これに対して最近研究が進められているものに、VR（バーチャルリアリティ：仮想現実）技術を利用したハウジングや職場設計がある。ハウジングの場合には、例えばVR上でのキッチンのカウンター高さや吊戸棚の扉の開閉などをユーザが疑似体験することが可能であり、安全性、機能性の検討を行うことができる。また寸法や位置の変更もコンピュータ上で迅速に行え、最適設計を合理的に行える利点がある。さらに設計者だけでなく、ユーザが設計に参加できることも大きなメリットと言える。将来の設計評価支援技術として大いに期待がもたれていることは周知のとおりである。

2) 将来展望

ここでは、製品・環境代替物を利用した身体特性との適合性評価支援技術の将来展望として、近年注目を集めているRP（ラピッドプロトタイピング：高速試作加工）技術と前述のVR技術について取り上げてみたい。

(1) RP技術

近年、製品開発のリードタイムの短縮化が図られる中で、コンカレントエンジニアリングという言葉が、製造業でキーワードとして使われ始めている。これはコンピュータ上の統一された三次元製品データを用いた同時・並列的な設計・製造・評価手法を意味し、デザイン・設計から試作・製造までの工程を合理的に行おうとするものである。図6.1.2-1はその概念と要素技術を示したものであるが、この要素技術の中で、三次元CADで設計されたデータを利用して三次元の製品モデルを迅速に作成するのがRP技術と呼ばれる造形システムである。

現在のところ、この造形システムに関する研究は特にアメリカが先駆的であり、次のようなシステム装置を研究開発している。

- ① 光硬化性樹脂をレーザーまたはランプ光で硬化させる光造形システム
- ② 粉末材料をレーザーで焼結させる粉末焼結型造形システム
- ③ 樹脂を溶融して可動ノズルから射出、吐出する樹脂溶融型造形システム
- ④ シート状の材料を切断・接着するシート積層型造形システム

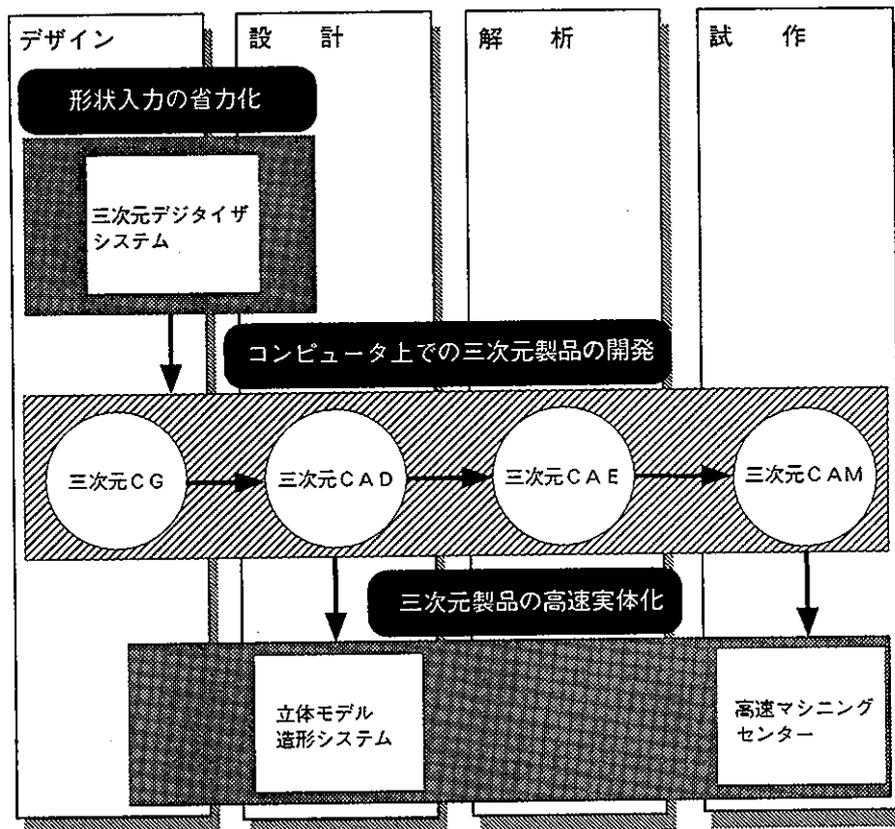


図6.1.2-1 コンカレントエンジニアリングと造形システム

このような造形システムを利用した試作加工は、デザイン形状の検討、確認及び提案が、CG画像ではなく実際に手に取れる実物で行えるところに大きなメリットがある。当然、身体特性と製品との適合性評価の面でも利用が見込まれ、操作グリップ、眼鏡枠、カメラボディ、携帯電話、家電製品等その利用範囲は広いと考えられる。ただしこのRP技術は、その利用が近年行われはじめた新しい技術であり、次のような問題点、課題がまだ現在のところある。

- ① システムの価格が高価であり、また試作加工できる製品の大きさに制限がある。現在のところ比較的小さな製品の試作加工にコストパフォーマンスを感じられる。
- ② 造形システムで用いられる材料が専用材料であり、実際の製品材料とは異なる。
- ③ 造形精度は年々向上しているものの、試作品として使うためには後処理加工が必要でありそのための手間暇がかかる。
- ④ 製造のための型製作を行えるものが一部あるが、生産に直接結びつくシステムが少ない。また実際に動かしてみるなどの機能性試験に耐え得るものも少ない。

この中で、試作加工品の大きさについては、システムの装置としての大きさの制限からそうスケールアップしないであろうが、造形材料や造形精度については急速に改善されていくものと考えられる。

(2) VR技術

RP技術は、小型・中型の製品の試作加工技術として今後有効であると考えられるが、環境、例えばハウジングや工場、オフィスの職場設計などの場合には、CG技術やセンサー技術を核とするVR技術の利用が代替技術として今後大いに見込まれる。

NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）が行っているウェルフェアテクノハウス・プロジェクトのように、住宅内での高齢者の生活支援機器等の研究開発を行う国家プロジェクトの場合には、大きな予算による実物のモデルハウスの構築が可能であり、また実際の住宅を用いた実験データの採集や開発製品の実証化テストも有意義である。しかし一方では、個別ニーズに対応した住空間設計や職場設計、さらには公共ニーズを踏まえた建築物や公園などの公共空間設計の場合には、原寸モデルの作成は不可能であり、VR技術によるシミュレーション技術は今後有効な支援技術と考えられる。

今回は製品・環境を代替する評価支援技術の潮流として、RP技術とVR技術を取り上げたが、誤解を招くことを恐れずに言うならば、比較的小さな製品開発の場合にはRP技術が、大型製品や環境開発の場合にはVR技術の利用が今後進展するのではないだろうか。

（志甫雅人）

6. 1. 3 人間、製品・環境代替物

ここでは、身体寸法や形状、強度、姿勢など、人間の身体特性と製品・環境との適合性評価支援技術の中で、人間も製品・環境も共にその代替物を利用する支援技術の将来展望について考えてみたい。

1) 現状技術について

現状技術の整理を行う場合、まず前提としたいのがコンピュータ利用技術であるということで、その推移をみる場合には、二次元データを利用するものなのか、三次元データを利用するものなのかという視点も必要になる。

二次元データ、つまりは二次元CADやCGを利用する支援技術はこれまで一般的であり、その例としてはCGによる合成画像を利用する技術や二次元CADで使われるコンピュータマネキン技術が上げられる。また三次元CADやCGを利用する支援技術は近年その導入が始まっており、その例としてはやはりCG画像の利用やコンピュータマネキン技術が上げられる。

今日、三次元CADでの利用を前提として、研究開発され運用されているコンピュータマネキンシステムとしては、ドイツのRAMSIS、ANTHROPOS、イギリスのSUMMIE、フランスのERGOMAN、アメリカのJACKなどがあるが、日本で活用している企業は少数である。それはこれまで、三次元CADシステムが大変高価なものであり、大学や研究所の研究レベルでは導入されていたものの、産業界一般としては、二次元CADが設計支援のツールとして主に利用されていたためである。しかし近年のコンピュータシステムの性能向上と低価格化の流れの中で、産業界での三次元CAD利用が急速に進んでおり、三次元CADでのコンピュータマネキン技術の利用も普及するであろうと考えられる。我が国でも（社）人間生活工学研究センターがコンピュータマネキン開発プロジェクトを発足させており、システムの完成が待たれるところである。

2) 将来展望

三次元CAD普及の要因として、これまで高価なUNIXワークステーションをプラットフォームとした高価な三次元CADソフトウェアが多かったのに対して、近年ではWindows NTなどの低価格なパーソナルワークステーションをプラットフォームとした低価格な三次元CADソフトウェアが提供されはじめている点が上げられる。このようなCAD設計環境の変化により、コンピュータマネキン技術も急速に普及するであろう。

前述の現在市販されているコンピュータマネキンシステムの多くは、リーチテストや衝突検出など、人間と製品・環境との寸法適合性評価を行うことを主目的としており、身体寸法や形状、姿勢の身体特性データに基づくものであり、様々な産業分野での利用が想定される。一方、オランダのTNO自動車研究所/衝突安全リサーチセンターで研究開発されている衝突シミュレーションソフトMADYMOのコンピュータマネキンは、衝突安全分野での利用を前提としており、これまでの実体クラッシュダミー開発のための研究データに基づき、身体強度、関節の動きなどの身体特性データも併せ持ったマネキンをモデリングしている。このように人間の身体特性を代替するマネキンだけでも、今後その目的、用途によって様々なコンピュータマネキンシステムが研究開発されると予測される。その際、なるべく設計プロセスを踏まえたシステムの研究開発が必要であると考えられる。

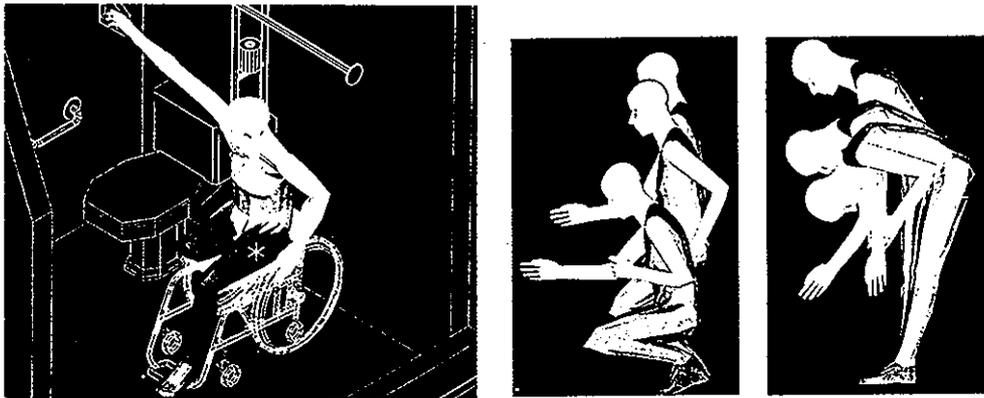


図6.1.3-1 コンピュータマネキンANTHROPOSのリーチテスト

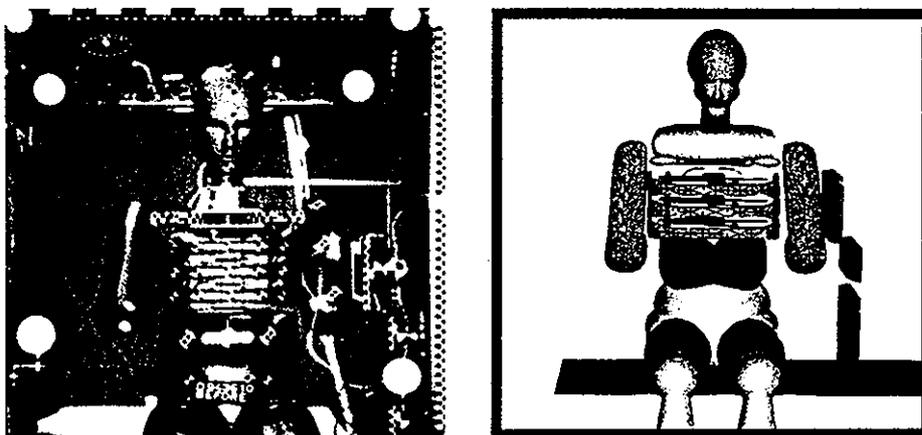


図6.1.3-2 TNOの実体クラッシュダミーとMADYMO数値モデル

最後に、コンピュータマネキンが今後産業界で普及していくために必要と思われる点をいくつか述べたい。

- (1) コンピュータマネキンのヒューマンボディモデリングに関する研究が、今後もっと進められるべきである。それは人間の様々な身体特性データを加えていけるような拡張性に関する研究や、設計支援、評価支援のシチュエーションによってマネキンのデータ量を調節できる研究である。
- (2) コンピュータマネキンシステムのデータ互換の問題としては、様々な三次元CADシステムでの利用が可能であるか、コンピュータマネキンシステム自体に様々なCADの製品三次元データが呼び込めることが必要である。
- (3) コンピュータマネキンによる適合性評価の手法研究も必要である。デザイナーや設計者が利用者であるということを想定した、評価方法の明確化と自動化の研究が進められるべきである。特に経験の浅いデザイナー、設計者の場合、マネキンデータだけを100パーセント信用する傾向が強いので、マネキンの適用限界を明示する必要がある。
- (4) 今後三次元CAD設計では、人間適合性評価のほかに様々な設計評価システムがリンクされると考えられる。そういった複数の評価システムとの関係も重要である。言い換えれば三次元データを利用した設計開発フローの把握が重要である。
- (5) コンピュータマネキンのヒューマンボディモデリングに用いた人間特性データおよびモデリング方法の情報公開がなされるべきである。それによって、よりシステムユーザのニーズに適合したシステムの発展が望める。
- (6) インターネットやLANなど、コンピュータネットワークの将来像を想定したシステム開発が必要である。様々な協調作業や対話型のプレゼンテーション等、コンピュータネットワークによる設計作業の変化を予測すべきである。

(志甫雅人)

6. 2 動作特性

人間工学的観点から適合性を評価すべき動作特性は、次のように分類できる。

- ・作業域（可動域）：手、足等のとどく範囲。（身体部位の長さ、関節可動角の関係より求められる）
- ・補助動作：ある動作を行うときに他の動作が自然と付随する場合、この付随する動作をいう。
- ・動作経路
- ・動作時間
- ・判断を伴う動作
- ・無意識の動作

上記のように分類できる動作を念頭に現状の固有技術を把握した上で、水平垂直展開が可能な今後の固有技術について論じたい。

（首藤俊夫）

6. 2. 1 人間代替物

動作特性に関する人間代替物の固有技術において、現状を整理すると以下のようなものがあげられる。

（1）二次元マネキン（テンプレート）

基本的なものはプラスチック版で作られた胴体部、大腿部、下腿部、足部、バックバーの5部分からなり、それぞれが回転部でねじ止めしてあり、角度目盛りを見ながら調整して希望の姿勢がとれるようになっている。使用目的によっては、前述の基本構成部品のほかに頭頸椎部、腕部、アイリプステンプレートを増やしたものとか、胴体部を胸部、腰椎部、骨盤部に分割したものがある。主に、自動車の設計用、2輪自動車の設計用に使用されているほか、椅子の設計や機能検討に用いられている。

（2）三次元マネキン

身長、体重、各部寸法を模し、主として自動車乗員等の静的、立体的な人間-機械系の関係を測定するための基準立体模型である。主に、自動車、航空機、鉄道車両、船舶などの座席等の機能検討、事務用椅子等の寸法、機能検討に用いられている。

前述した現状の固有技術は、分類された動作特性のうち基本的には作業域の検討にのみ用いられるようなもので、残りの動作特性を評価する有効な技術が見あたらない。

以上のような現状から、水平垂直展開が可能な今後の固有技術は、6つの動作特性の評価機能を持つことが必須であると思われる。そこで、これらの機能を可能にできる固有技術は、高度に進化したリモコンロボットが考えられる。このロボットが持つべき機能を以

下に示す。

- ・可動範囲を自由に変更できる人工可動関節機能
- ・身体の各部位の寸法変更機能
- ・高度な自律運動制御機能
- ・対物センサーによる3次元空間認識機能
- ・位置、経路、時間記録機能
- ・高性能魚眼カメラ

上記のような機能を持つリモコンロボットが実現できれば、高齢者の不安定な歩行動作を簡単に実現できる。例えば、踵の関節の可動域を制限することによって歩行バランスが不安定になる。そうすると、自律運動制御機能により、重力による重心位置作用軸ができるだけ足の接地点に近づくように身体の各部位の位置を調節し、結果的に若干腰を曲げた高齢者の歩行姿勢をとって歩く動作を表現できる。また、対物センサーによる3次元空間認識機能、自律運動制御機能、位置、経路、時間記録機能等の組み合わせにより、自動車に乗り込みシートに座りシート位置の調整をするというような一連の動作を実現し、人間-機械系の関係を検討することが可能になる。これらの評価において、身体の各部位の寸法形状を自由に変更可能なので、一体のロボットで種々の体型の人間に対する製品評価が可能になり、複数の体型モデルを準備する必要がなくなる。

(首藤俊夫)

6. 2. 2 製品・環境代替物

製品・環境代替物の現状の固有技術の代表的なものは、VR技術を利用したバーチャル・ハウジングシステム、フライトシミュレータ等である。これらの技術は現状でも非常に高いレベルにあり、より現実感の高い仮想現実の世界を表現している。動作特性の評価支援技術の観点からこれらの技術を見てみると、前者は製品・環境代替物としての仮想空間を用意し、評価者としての人間が何らかのインタフェース装置を介して仮想空間に没入し、仮想製品・環境の操作性、使用感等の確認のような作業域の評価が主な機能である。後者は判断を伴う動作の評価に用いる技術の代表的なものである。

製品・環境代替物の今後の固有技術としては、判断を伴う動作の評価を支援する目的の技術がより高度化すると考えられる。例えば、VR技術と通信技術を結びつけ、仮想現実と現実の世界を同居させ、テレ・プレゼンス化するような技術である。これを実現する技術要素は以下に示すような技術の複合利用と高度化である。

- ・高速・高帯域の可搬形映像通信回線
- ・CAVE形ディスプレイ
- ・高性能位置センサを持つモーショントラッキング・システム
- ・VR技術
- ・高性能カメラ（移動機能、魚眼レンズ等）

具体的には、「入れるテレビ」といったようなもので遠隔地の2地点間を高い臨場感のもとで結びつけ、そこに現れる映像は現実のものもあれば、VR技術で作りに出したものとの合成もある。そして、人間の動作をモーション・キャプチャ・システムで検出しその動きに従い遠隔地の移動カメラを作動させ、あたかも遠隔地の空間の中で移動する体験をできる。この技術によって、高所における安全作業動作の訓練といった応用も考えられる。また、バーチャル・サッカーという実験システムの開発も行われているようである。これは、キッカーの動きをモーション・キャプチャ・システムの空間位置センサによって計測し、ボールの蹴り出し方向を検出し、その情報にもとづいてボールの飛行経路をシミュレーションしてCGで表現し、現実映像と合成された映像を見ることによってゴールキーパーは反応し、ボールを止めるために動作を開始して移動する。この動きを位置センサーで計測し、ボールの飛行経路に立ちまれば、キャッチ、そうでなければゴールと判定するといったような判断を必要とする動作の評価の典型的な例である。

(首藤 俊夫)

6. 2. 3 人間、製品・環境代替物

人間、製品・環境代替物の現状の固有技術の代表的なものは、コンピュータ・マネキンとVR技術あるいはCADで表現された製品・環境から構成される仮想世界である。この技術における動作特性の評価の現状は、コンピュータ・マネキンの動作に自律性が備わっておらず、マウス等で位置を指定しそれにしがたい姿勢が決まるといったようなもので、仮想世界の製品・環境との作業域の評価にとどまっている。

将来的な理想の技術形態は、仮想の製品・環境空間と自律的に挙動する人間モデルが同居するコンピュータという箱庭の中の仮想世界の実現である。この仮想世界の実現のために有効な技術あるいはシステムは、広範囲なデータベースから仮想世界を構成する要素(オブジェクト群)を連想性を有する動作(挙動)とともに自由にロード出来る仕掛けを有している必要がある。そして、オブジェクトと動作(挙動)を組立、編集、分解することができ、その結果をユーザーインタフェースを介してデータベースに戻すことが出来なければならない。また、新しいパターン(挙動)を追加する場合も既存の動作システムの機能追加システムという形態ではなく、データベースの新しい動作クラスの追加という形態で実現できるものでなくてはならない。

仮想世界を構築し実行するための重要なソフトウェアコンポーネントは、以下に示す4つのものが考えられる。

- 3次元の形状を構成するための形状モデラ
- 外見データを獲得・編集するための仕掛(テクスチャマップ、照明、材質など)
- レンダリングシステム
- 仮想世界内のオブジェクトの動作(挙動)を定義・作成する仕掛(他のコンポーネントについて、どのような種類のものを選択しようかと関係なく、独立して取り扱えなければならない)

上記に示した仮想世界を実現するためのソフトウェアシステムを構築する上で、最も重要なことは、動作（挙動）を表現する一般性のある形式あるいはフォーマットを規定することであると思われる。そして、このフォーマットはいかなる種類の動作オブジェクトも表現可能である必要がある。動作（挙動）を表現するクラス階層に必要であると思われる基本要素の例を示す。

- ・動作オブジェクト
 - ・制御構造基本要素
 - ・動作のシーケンス
 - ・IF-THEN
 - ・Whileループ
 - ・平行処理基本要素
 - ・スレッドの保留、再起動、遅延
 - ・セマフォ（通信）上で信号を送る・待つ
 - ・スケジューリング基本要素
 - ・運動（アプリケーションオブジェクト）
 - ・キネマティックス

人体の構造が、人体の各部位を表すリンクとリンクを連結する関節から構成されるものと単純化して考えれば、リンク間の関節角度を変化させることにより、人体の姿勢を表現できる。また、人体の姿勢の連続的な時間変化、すなわち各関節角度の時間に関する変化の集合が、人体の動作を表すことになる。したがって、部位毎に細かく分解した各リンクを、例えば右腕、左腕、右脚等のさらに大きな集合であるリンク群として、階層構造化し、これらのリンク群の基本動作パターンを定義するために関節角度の履歴テーブルデータを付加すれば人体の動作を定義できる。

このような人体の動作の考え方を前述した動作表現フォーマットに具体的に適用すると、動作のオブジェクトは、動作の単に形を指定するためのルートクラスと、スピードや動揺や経路に沿って起きるイベントを発生させるなどのデータを指定するためのサブクラスを持ったクラスシステムとして階層化されることになる。この動作オブジェクトを複数組み合わせ、動作のシーケンスを制御構造基本要素を利用して定義することにより、より複雑な動作の表現も可能になる。

以上のような技術が確立されることによって、仮想世界の中に各種の動作特性を持った人間モデルを配置し、各種製品との動作適合性評価の検討が可能になる。

(首藤俊夫)

6. 3 知覚特性（情報受容性、見やすさ／聞き易さ）

6. 3. 1 人間代替物

1) 知覚に関する人間代替物のレビュー

感覚に関する人間代替物には、古くから各種の計測器がある。たとえば、視覚ではカメラ撮影に使われる照度計がある。照度計はフィルム感光に最適的な絞りとシャッター速度の関係を決めるときに使われる。また、カメラのオートフォーカス機構は、焦点の合う位置を人間に代替して調節する機構である。

また騒音計は、人間の聴覚特性に対応した音圧レベルで測ることができる計測器である。ダミーヘッドは、人間にかわって、音がどのように響いて聞こえるかを検出する装置である。これらは、それぞれプロのカメラマンや、うるさい環境にさらされる人にとって替わって人間感覚を知覚するのみならず、再現性高く客観的に記録できる点で優れている。

触覚に関する例に、医療用マネキンがある。医者 of 触診などの教育用途で使われる。その他にも医者 of 代替物として眼圧計がある。熟練した眼科医ならば、閉じたまぶたの上から触るだけでわかるが、熟練した医者は少ないから、一般には眼圧計が使われることが多い。人間の皮膚の温度感覚や汗腺を模擬したサーマルマネキンも人間に代わって感覚情報を取り込む代替物である。

嗅覚に関しては、ガス警報器がある。これはガス漏れを早期に検知するためのセンサで、人間に代替して24時間働いている。

果実の糖度計は、人間の味覚の一部機能に関する代替物と言える。

2) 知覚に関する人間代替物の将来展望

将来の人間代替物となるものを考察してみると、五官の機能を統合させて代替し、助手として働く鉄腕アトムのような家事ロボットが夢の一つと考えられる。現在でもロボットは日本の産業界で良く使われているが、定型的なルーチン作業が多く、予めプログラムで動作を指定された状態で使われている。将来は人間の言葉や表情、しぐさによって動くロボットが望まれる。しぐさによる対話を試みている研究もあるが、まだ表現内容が幼稚な段階である。これは、センサ、アクチュエータなどの機能部品の高性能化とともに、頭に相当する知能をどう実現するかにも関わる大きな課題がある。また、人間とのインタフェースの問題もある。身近なインタフェースの課題では、ビデオ等のリモコン操作、銀行の自動支払預入機、駅の券売機のインタフェースがもう少し、利用者にわかりやすく改善できないものかと考えている。このためには、感覚機能だけでなく、人間が操作しながら対象物の機能を理解する状態を表現する認知モデル、認知機構の研究がさらに必要になる。

この認知分野での研究が進むことによって、ヒューマンインタフェース部分において、家電、自動車、公共設備等の産業が大きく飛躍することが期待できる。

現在、省エネルギーが世界的な課題の一つにあげられているが、車で走っていると信号機の無駄が多いのに気づく。車で使うエネルギーは大部分が加速時に使うもので、ここで得た運動エネルギーを減速時にブレーキで熱エネルギーとして捨てている。そこで、信号機が多いとその分、ブレーキをかける場合が多くエネルギーが無駄となる。かといって、

信号機を減らすのはそのままの道路事情では無理で、立体交差が一つの解決方法だがこれはそんなに容易に実現できない。そこで、その他の方法として、もう少し信号機が知能化すべきと考える。すなわち、車の流れを人間代替物となるカメラで常時モニターして、交差する双方の道に混み具合で、柔軟に信号を切り替えるようなことは現代の技術で容易に実現できるはずである。交差する車がないのに、時間で定期的に切り替わって、多くの車の流れを止めてエネルギーを無駄にしている信号機が極めて多い。新たに敷設する信号機はすべてインテリジェント化すべきであるのに、この技術の進歩の早い時代に、交通信号機は未だに数十年まえから何も進化していないのは何故だろうか。

(福井幸男)

6. 3. 2 製品・環境代替物

1) 知覚に関する製品代替物のレビュー

知覚に関する製品代替物は数多い。視覚に関しては、新製品を開発試作するまえに、CAD (コンピュータ支援設計システム) を用いて、製品の出来映えを視覚的に評価する技術が高度化されてきている。ここでは、CG (コンピュータグラフィックス) の技法で、物体上での光の反射状態を正確に計算するレイトレーシングや、ラジオシティのアルゴリズムが確立されてきたからである。正確でなくても動きを重視したCG技術はゲーム機にも積極的に応用されており、最近では極めて高速リアルな動きをグラフィック画面で登場するものも多い。

聴覚情報の製品代替物はオーディオ機器があげられる。製品や環境の音場をかなり忠実に再現できる技術が開発されている。記録媒体もデジタル化で、使う度に生じる品質の劣化を防ぐことが出来るようになった。

触覚に関する製品代替物は、最近バーチャルリアリティ技術で使われるようになった力覚表示装置がある。特に小規模の出力範囲では、スイッチを押す感覚をリアルに表現出来る小型マニピュレータが市販されている。

味覚、嗅覚に関する製品代替物は、種類が増えている。蟹やいくら模造品、人工甘味料、合成調味料、合成香料などがある。

2) 知覚に関する製品代替物の将来展望

視覚に関しては、製品代替表示技術として立体テレビが考えられる。動的ホログラフィー技術などが期待されるが、このような技術が実用化すれば、新たな家電産業が発展することが考えられる。これが眼鏡型ホログラフィーディスプレイに小型化できれば、場所の制約がなく、どこでも必要な情報が得られることになる。

触覚に関しては、現在触覚、力覚ディスプレイの研究がバーチャルリアリティの分野で行われているが、これが一般化、発展していくと思われる。そうすれば、カタログ情報に操作感覚が表示されることになり、より適合性評価が正確になる。さらには、人間の分布した触覚器官に対応した分布触覚ディスプレイ技術などが必要になってくる。それができると製品の肌触り、操作感覚が理解できるので、遠隔地でも製品をより正確に確認して購入できるようになる。また、電話、テレビ電話の次として、相手の手を握る力感覚や、手に汗をにぎる生理感覚をも伝えるようなアクチュエータを内蔵する電話機が出てくると、

よりダイナミックに心の変化を伝える力にもなる。そのような遠隔通信型インタフェース製品産業が発展することが考えられる。

聴覚に関する製品代替物は、現在のオーディオ機器の進化が考えられる。ヘッドホンは頭の位置にとりつけるが、長時間耳に入れると痛くなるが、耳に入れなくても、光に比べてはるかに周波数は少ないが空間音場をホログラフィー的に制御して、耳の位置だけに音波が生成されるようにすれば他人には迷惑をかけず、音を聞くことができる。

(福井幸男)

6.3.3 人間、製品・環境代替物

1) 知覚に関する人間・製品代替物のレビュー

現在行われている通産省の産業技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術の研究開発」においては、人間の疲労・覚醒、ストレスを生理指標で評価する評価式を開発中である。一方、照明環境、音環境、温熱環境の作業環境や休息環境への適合性を評価するために、被験者を使った評価式を開発中である。これらの評価式が開発されれば、それらの評価式の共通部分を抽出することで、人間と製品の双方を同時に評価することが可能となり、複合環境における総合評価式を大規模実験で開発することの意義は大きいと考えられる。

2) 知覚に関する人間・製品代替物の将来展望

人の感覚特性をデータベース化し、使いやすいインタフェースを備えたコンピュータシステムと、形状だけでなく機能や機構も組み込めるCADシステムで開発した製品評価システムを開発できれば、それらを組み合わせることにより、より適合した製品を開発することができる。

また、ネットワークを利用して、個人情報をつけてメーカー側を送ることにより、個人対応の衣料品を生産するような「ネットワークテーラーシステム」を開発すれば、無駄なサイズの製品を製造する無駄が省けて、省資源省エネルギーの生産システムが構築出来る。

(福井幸男)

6. 4 認知特性

操作方法がわかりやすい機械であるかどうか、内容がすぐに理解できるコンピュータ画面表示になっているかどうか、あるいは自分の現在位置が把握しやすい建築空間になっているかどうか、こうした評価を行ないクリアすることが、これらの設計には必要不可欠である。

ここでとりあげる「認知」とは、そうした製品や環境の状態、意味、構造などの理解を示すことばとして用いられている。その認知のしやすさが、人間とそれら製品や環境との適合性の重要なファクターとなる。上に述べた「わかりやすい」「すぐに理解できる」「位置が把握しやすい」という表現がそれに該当する。そしてその評価は、従来であれば人間が実際にその機械を使ったり、コンピュータ画面を見て考えたり、その空間に身を置いて確かめてみるしかなかった。しかし、実際の人間がそれを評価する際、危険を伴ったり、個人差が大きかったり、特定の個人であってもその時の気分や調子で変化する場合がある。あるいは、すでにそうした製品や環境を作り上げてからそれら进行评估するのでは効率が悪い場合もある。もし問題点や修正箇所が見つかったとしても、再度設計変更するのが困難であったりコストや時間がかかりすぎてしまうからである。

そこで、これらを何らかの別のかたちで評価できれば、設計上おおきなメリットが期待できよう。しかし、「認知する」という行為は、人間機能の中でも最も高度なもののひとつである。それだけにこの行為を代替する方法の多くは、技術や方法論のさらなる進歩が必要となろう。

(岡田 明)

6. 4. 1 人間代替物

人間の代わりに認知のしやすさを評価してくれるものである。これにはロボットのようなハードによる方法と、数式モデルなどのソフト的な方法が可能性として考えられる。

6. 4. 1. 1 認知ロボット

1) 概要

まだ世の中に登場しているわけではないが、SFなどに出てくる人間と同じ知能を持ったいわゆる擬人化したロボットを想像すればよい。これを仮に「認知ロボット」と呼ぶことにしよう。

認知ロボットは人間と同じような視聴覚等の感覚機能を持ち、外界の対象を認識し理解することができる。そして、人間の代わりに機械を操作（または擬似操作）して、その操作のわかりやすさを評価したり、情報を見て内容を判断したり、ルートを見つけながら正しい方向へ歩く試みをすることができる。したがって、目的や機能により必ずしも人間の形態をとる必要はない。人間が危険を伴ったり、まだ安全性が確認できない機械の操作や、緊急時の避難誘導のわかりやすさなどを検討するのに有効である。また、このロボットに子供や高齢者の認知能力を、あるいは異なる知識・経験・精神状態を持つように設定することができるので、様々なタイプのユーザを想定した評価が可能となる。以下にこのロボ

ットを用いた仮想応用事例を紹介しよう。(もちろん、以下に示す事例は架空のものであり、もし実現したらこのようなことができる、というたとえを示したものである。)

2) 仮想応用事例

(1) ATMの操作性評価:

電機メーカーのA社では、新しく開発したATM(現金自動支払い機)の操作性評価に認知ロボットを使っている(図6.4.1-1)。この認知ロボットは、視覚および聴覚のパターン認識部と認知回路を備えている。また、簡単な手を持っており、ボタン押し操作などを行なうことができる。人間と同じ形態をしているわけではなく、またその必要性もないが、将来的には操作姿勢や動作も同時に評価できるよう人間と同じ形のロボットも計画されている。

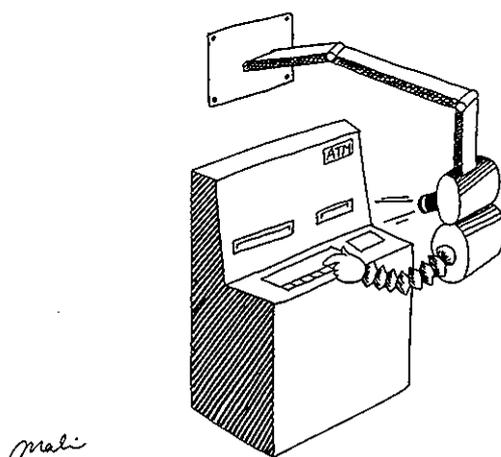


図6.4.1-1 認知ロボットによるATMの評価

操作画面デザインをいくつか試作し、どのデザインがわかりやすいかを、このロボットで推定する。実際の人間による評価も当然必要となるが、知識、経験、能力、操作時の緊張度などが異なる様々なタイプの人間をすべて揃えるのは不可能である。認知ロボットを用いる理由はそこにある。

この認知ロボットには、あらかじめ人間のあらゆる属性や必要な知識、あるいは擬似的な性格などをプログラムとして組み込むことができる。たとえば、 α 銀行と β 銀行のATMしか使ったことのない60~70歳代の電子機器に不慣れた女性の平均的な特徴を持ったロボットに設定したり、後ろに順番待ちの行列ができ、操作にあせりを感じているロボットなどに自由に設定することができる。

こうした様々な設定の認知ロボットに、試作した操作画面デザインを組み込んだATMを使わせた。その結果、有効と思われる画面デザインが選択された。これをもとに、最終的には人間のユーザによる検証が行なわれる予定である。

(2) 避難誘導サインのわかりやすさの評価:

B社は、先ごろ新しい避難誘導サインシステムを完成させた。これは、最近落成したC

市公民館に設置されたばかりであり、その有効性が評価されることになった。実際に公民館を停電にした上、煙を充満させ、そこにいる市民が誘導サインにしたがって安全に避難できるかを実験により検証する計画である。しかし、あらかじめ避難訓練であることを知らせた場合、人間は落ち着いていられるので、サインの有効性について正しい評価はできない。また、本当の火事であるかのように演出するのも不可能である。パニック状態による事故の恐れや、一時的にせよ恐怖心を与えることが問題になるからである。そこで、認知ロボットが採用されることになった。一般市民の代わりに数体のロボットが用意されたが、冷静さを保てる性格を備えたもの、すぐにパニック状態になるもの、無批判に他人に付き従うものなど、いくつかのタイプが設定されている。また、こうした避難誘導実験の内容を知っている人間のスタッフも参加し、認知ロボットに対して不安感や切迫感を煽りたてる演出も行なうことにした。

こうした条件設定の中で、模擬火災を再現し、認知ロボットが避難誘導サインに従って出口にたどり着くことができるのか、実験が行われた（図6.4.1-2）。その結果、サインシステム自体の有効性は示されたが、その設置場所については改善の余地のあることが判明した。

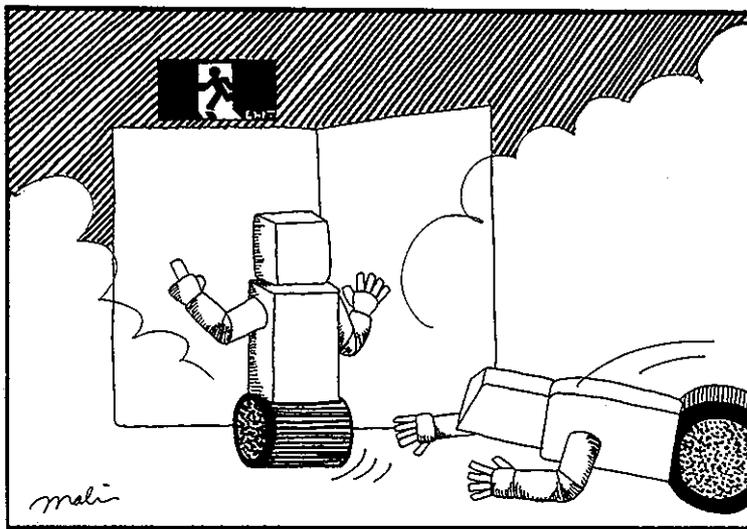


図6.4.1-2 認知ロボットによる避難誘導サインシステムの評価
（詳細は本文参照）

6.4.1.2 数式モデル

1) 概要

人間の代わりに評価する媒体はロボットのような有形物だけではない。推定式などの数式モデルでも、場合によっては同じ目的達成が可能である。たとえば、コンピュータ画面に表示される文字の見やすさ（ y ）が文字の大きさ（ x ）に比例することがわかっている（実際はそんな単純ではないが）、見やすさは次の（1）式で推定されよう。

$$y = f(x) = ax + b \quad \dots (1)$$

a, b は定数

つまり、推定される見やすさの度合い (y) は、文字の大きさという変数 (x) を含む関数で直ちに求めることができる。この場合、人間の代わりに従属変数 (y) が見やすさを判定してくれることになる。ただし、式自体は評価する製品や環境そのものではない。しかし、その独立変数である文字の大きさ (x) は、製品や環境を直接表わす要素になるので、「人間代替物」のひとつとみなしてここにとりあげた。

これと同じ考え方でさらに一般化すれば、認知のしやすさ (y) は n 個の変数 (x_1, x_2, \dots, x_n) を含む次のような関数で表現されることになる。

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \dots (2)$$

たとえば、仮にコンピュータディスプレイに表示されるメニュー画面のわかりやすさ (y) が、文字の大きさ (x_1) と文字数 (x_2) と選択肢の数 (x_3) の一次結合で表現されるならば (全くのでたらめであるが)、見やすさは次の式になる。

$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3^2 \quad \dots (3)$$

a, b, c は定数

実際に文字の大きさや数、選択肢の数をかえた画面表示をつくるかわりに、これらの変数を式に代入して結果を求めればよい。

この他に、ニューラル・ネットワークを用いたモデルも考えられる。実際の物理量に対して生じる理解度をニューラル・ネットワークに学習させて推定する方法である。たとえば、上の例のように表示文字の大きさ、文字数、選択肢の数の他に、表示色、表示位置、用語の知名度などのさまざまな組み合わせと、その時の理解度をニューラル・ネットワークに入力して学習させ、任意のこれら画面デザイン条件下における理解度を推定することが可能になるかもしれない。

実は、上述の認知ロボットを機能させるプログラムに組み込まれる認知評価部分のアルゴリズムは、このような推定式やニューラル・ネットワークのようなものによるだろう。

このような数式モデルが実現できれば、次のような事例が現実のものとなるだろう。

2) 仮想応用事例

推定式を用いたメニュー画面のわかりやすさの推定:

D社は新しく開発中のATM (現金自動支払い機) の画面デザインを行っている。少しでもわかりやすいメニュー画面をデザインするために、新たな理論にもとづく推定式を開発した。これは、文字数、選択肢の数、表示色、表示位置、用語の知名度など多くの変数を代入すれば、わかりやすさが数値となって求められるものである。

たとえば、文字数を3～5、選択肢数を8、文字を黒で背景が水色、などのデザイン要素を入力すると、わかりやすさが得点として算出される。

同様に、E社は開発中のコンピュータの画面デザイン評価にニューラル・ネットワークを用いている。上述の文字の大きさ、文字数、選択肢の数、表示色、表示位置、用語の知名度などを入力し、その組み合わせで推定される画面の理解度を求めながら、最適の画面デザインを行っている。

6. 4. 1. 3 技術の可能性と将来展望

冒頭にも述べたとおり、「認知する」という行為は、人間機能の中でも最も高度なもののひとつである。特に6. 4. 1. 1で掲げたロボットにそれを求めるとすれば、課題は大きい。まず、認知機能に情報を与える感覚機能、すなわち視覚パターン認識や音声入力の機能を完成させなければならない。

次の認知機能については、本当に認知という精神現象をコンピュータや機械の中につくり出すことは未だ夢の域を出ないものの、単純で擬似的なものを作り出すことは可能である。つまり、人間が認知するレベルや内容を推定したり、それを表現することは出来る。それを行うのが、まず推定式やニューラル・ネットワークのような数式モデルになろう。視覚や聴覚の情報（または刺激）を人間に与えた時の認知成績を調べ、両者の対応関係を人間自身の記憶、経験、緊張度、情動などとの関連でとらえることにより、モデルを構築することになる。しかし、従来の回帰分析や多変量解析などの統計的手法だけでは、まだ精度的に实用レベルまで到達しないだろうと思われる。精神の曖昧さを扱うファジィ理論や変動の複雑さを扱うカオス理論をはじめとする、さらに新しい理論や手法の導入も期待しなければならないだろう。

上述の感覚機能を備えたロボットに、こうしたモデルによるアルゴリズムを組み込めば、認知ロボットの出現ということになる。

このような技術が実用化されれば、上に紹介した仮想応用事例のように製品や環境に対するユーザの理解度を知る必要のある様々なメーカーが恩恵を被るだろう。自動車、電機、デザイン、建築、アパレルなどの業界がそれに含まれる。

(岡田 明)

6. 4. 2 製品・環境代替物

対象となる製品や環境そのものではなく、その代わりになるもので認知のしやすさを評価することも可能である。その方法には以下のものが考えられる。

6. 4. 2. 1 バーチャルリアリティ

1) 概要

評価すべき製品や空間をコンピュータ・グラフィックスなどで仮想的に創り出し、それを擬似操作したり、人間が空間の中に擬似的に入り込むことにより認知のしやすさを評価することが可能である。基本的には現在も試みられている手法の延長線上にある。今後さらに技術が進歩してリアリティの度合いが増せば、実用化を想定した以下の仮想応用事例

が考えられる。

2) 仮想応用事例

(1) 操縦シミュレータ：

F社は航空機の操縦シミュレータを手がけている。表示パネルの計器やディスプレイ、およびレバーやスイッチなどの操作具について、情報の出し方、形態、レイアウトなどをどのようにすれば、認識しやすく操縦性が増すかを評価検討したい。そこで、バーチャルリアリティ技術を駆使した操縦シミュレータを開発した。従来から操縦士訓練用のフライトシミュレータは存在していたが、それらの操縦シミュレータ自体は実物を模したハードモデルだった。この操縦シミュレータは、表示部、操作部を含めてすべて仮想的につくられている。4.2.3の手操作シミュレーションも基本的には同じ目的のためにつくられている。しかし、このシステムでは操作する対象物やそのシミュレーションの実体は全く必要としない。動きや触覚を邪魔されない特殊なグローブを手に装着することにより、仮想的に表示されたレバーなどの操作具に手をのぼし、コンピュータ画面上にしか存在していないそれらを、あたかも動かしているような操作感覚や手ごたえ感覚を得られることが新しい特徴である(図6.4.2-1)。

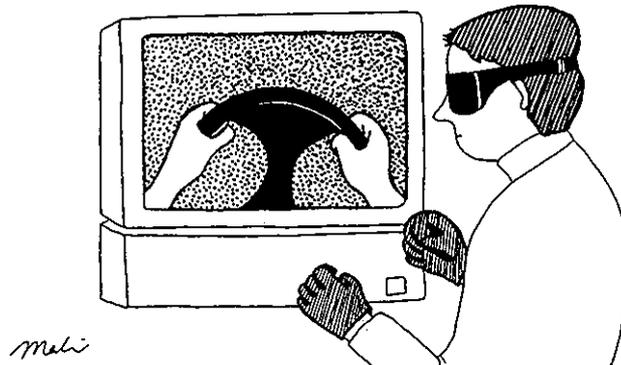


図6.4.2-1 バーチャルリアリティ技術による操縦シミュレータ
(詳細は本文参照)

このシステムにより、様々な表示部デザインや操作部デザインを組み合わせた仮想操縦シミュレータを設定し、各々の操縦体験を比較することができた。

(2) 空間移動シミュレータ：

今度建設が予定されている地下街の空間デザインに要求されている項目のひとつは、現在地や目的地の場所や方向が認識しやすい空間形態になっていることである。つまり、空間認知のしやすい地下街をつくるのが課題である。規模が大きすぎるので評価用の実物モデルをつくるわけにはいかず、完成させた後に変更するわけにもいかない。そこで、G建設ではバーチャルリアリティ技術を用いた地下街のデザイン評価用シミュレータを開発

した。このシミュレータは、パソコン画面に表示される迷路をマウス操作で通り抜けるようなゲームと異なる。実際に身体の動きもとり入れて、あたかも仮想空間内を実際に移動している感覚を経験することが出来る。空間認知は視覚的な情報だけでなく、実際に歩きまわることによる運動記憶も必要になるからである。室内空間評価用として、従来から似た様なシステムは存在している。身体の関節の動きや位置を検出する特別なスーツを着て、立体映像を表示する大型のゴーグルをかけるものであった。しかし、この新たなシミュレータは身体の移動と同期した立体映像を表示する小型のゴーグルをかけるだけでよい。視線を動かすための頭の動きは、ゴーグルに組み込まれたセンサーが検出し、全身の移動は人工衛星による位置検出システムで捕えることができる（図6.4.2-2）。ただし、評価対象となる空間と同じ広さの歩き回れる実空間を用意しなければならないのが欠点といえる。しかし、装置は移動できる大きさなので、障害物や危険物のない屋外でも評価が可能である。

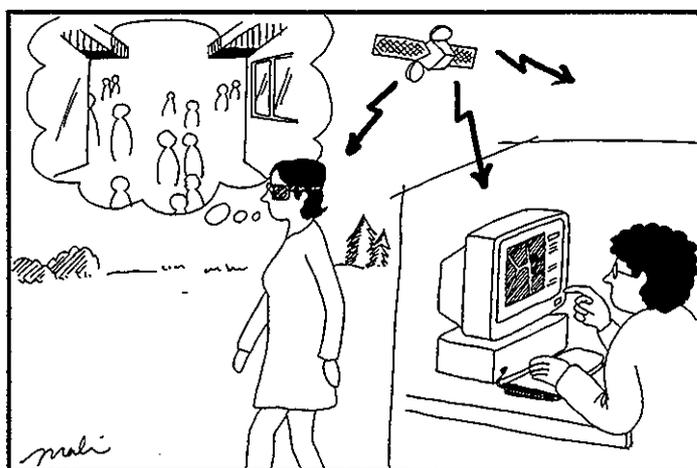


図6.4.2-2 バーチャルリアリティ技術による空間移動シミュレータ

このシミュレータに、様々な地下街の空間デザイン案を表示し、その中を擬似的に歩きまわることにより、どの案が空間認知しやすいかを評価検討することができる。

これによってこの会社では、実物の地下街をつくる以前に仮想地下街の探索を擬似体験し、いくつかのデザイン案の中から最適なものを出出することができた。

6.4.2.2 技術の可能性と将来展望

認知に関する人間適合性評価に製品・環境代替物を用いる場合、認知し評価するのは人間自身になる。したがって、製品・環境代替物がいかに実物を模擬しているかが最も重要なポイントである。手法としてとりあげたバーチャルリアリティ技術の有効性もそれにかかっている。

バーチャルリアリティ技術は現在でも様々な分野で使われている。しかし、認知評価については、まずそのための正確でリアリティ性の高い感覚情報が必要となる。特に、仮想事例（1）で述べたような操縦シミュレーションでは、視覚情報のリアリティ性の高さだけでなく、操作具をあやつる際の力や位置感覚のフィードバック情報も確実に得られな

ればならない。この辺が現存のバーチャルリアリティ技術では、まだ十分ではないところである。ただし、これらに関する技術開発や研究もさかんに進められており、近い将来、実用化の可能性は高い。同じく仮想事例（2）で紹介した空間移動シミュレータも既存の技術の延長線上にある。いずれも、認知に関する人間適合性の最も可能性の高い評価技術といえよう。

操縦シミュレーションは、その内容から上記の事例だけでなく、自動車や産業機械をはじめ、ハンドツールや工具など手で操作する機器全般の製品開発にも応用できる。また、空間移動シミュレータは、住宅や街並のデザイン評価などの他、仮想空間を自由に歩きまわることからアミューズメント方面への応用も期待できる。

（岡田 明）

6. 4. 3 人間、製品・環境代替物

対象となる製品や環境の代わりのもを用いて、それを人間の代わりになるものが評価してくれるシステムである。これには以下の方法が考えられる。

6. 4. 3. 1 コンピュータマネキン

1) 概要

コンピュータマネキンは現在でも設計評価用ツールとして用いられている（4. 3. 3. コンピュータマネキン参照）。たとえば、自動車の内装やオフィスチェアは人間の身体の寸法形状や動きに合致していなければならないが、それを検証するのに従来は試作品を作成させてから実際の人間で行っていた。その適合性評価の結果は再び設計段階にフィードバックされ、より改善された設計へとレベルアップされる。しかし、その繰り返しは効率が悪く、しかもユーザとして想定されるあらゆるタイプの人間が評価に参加できるわけではない。そこで、CAD設計上の製品や空間内に、目的とする人間の形態をもったコンピュータマネキンを組み込み、そのCADの対象になっているものを仮想的に使わせれば、実物を作成する以前の段階で評価することが可能になる。設計の効率化がはかれるだけでなく、あらゆる条件のユーザ特性（体格、機能障害など）をもったマネキンで適合性が検討できる。

さらに技術が進歩して、実際の人間とほとんど変わらない形態や機能を持つに至った究極のコンピュータマネキンがもし出現すれば、認知に関して次のような評価が可能になるう。

2) 仮想応用事例

交通標識デザインの検討：

H社の研究所では、少しでもわかりやすい高速道路上の行き先案内表示板のデザインや設置場所を検討している。基本的な条件としては、誘目性があり、一瞬で内容を正しく理解できることにある。いくつかのデザイン案と場所について比較評価を行いたいが、実際の高速道路上に設置しての実験は困難である。それは、設置変更の繰り返しや、結果的に評価成績の低いものを設置したことによる、ドライバーの苦情や事故の発生をひきおこす

する際の、人間適合性を推定することが可能になる。現在のところ、その可能性のあるモデルや具体的な応用場面は明らかではないが、ここではその概念について述べることにする。

この考え方とその応用の例として、自動制御理論の「伝達関数」を持ち出してみよう。Tustinは1947年にはじめて自動制御理論を、ものを操作する際の人間の特性推定の場に持ち込んでいる。その主な対象は、人間の「伝達関数」を求めることにある。伝達関数とは、ある要素（装置や機械など）に時間的変化が $x(t)$ なる入力情報を与え、その応答として $y(t)$ なる出力結果が得られたとしたら、その要素は x を y に変換したことになる。この変換式を G とおけば、

$$G = y / x \quad \dots (4)$$

と表わされる。実際は時間を変数とする x 、 y ではなく、それらをラプラス変換した形式で表わすことになる（大島，1972；長田，1977など）。

$$G(S) = Y(S) / X(S) \quad \dots (5)$$

この $G(S)$ を伝達関数と呼ぶ。その要素の伝達関数がどのようなものかわかっていれば、その要素に $X(S)$ なる入力を与えた結果の出力 $Y(S)$ は、(5)式を少しかえて、

$$Y(S) = G(S) \cdot X(S) \quad \dots (6)$$

という単純な掛け算で推定することができる。さらに要素が2つつながっていて、それぞれの伝達関数が $G_1(S)$ 、 $G_2(S)$ だとしたら、 $X(S)$ なる入力を与えた時の出力 $Y(S)$ は、

$$Y(S) = G_1(S) \cdot G_2(S) \cdot X(S) \quad \dots (7)$$

となる。構成要素がいくつつながっても単純な掛け算や割り算で表現できるので、便利である。

同様に、もし人間という要素の伝達関数がわかれば、人間に $X(S)$ なる情報を与えた時の反応 $Y(S)$ は、(6)式や(7)式により推定できることになる。たとえば、人間が自動車を操作する際に操縦しやすい操作系の特性（ハンドルや前輪の角度変化の特性）を求めたいとしよう（図6.4.3-2）。これから進む道の曲がり具合を $X(S)$ として、人間の伝達関数を $G_1(S)$ 、操作系の伝達関数を $G_2(S)$ 、そして結果としての自動車の曲がり具合を $Y(S)$ とおけば、それは(7)式で推定することができる。この $Y(S)$ が道の曲がり具合とうまく一致するように、操作系の操作特性を考えれば良いわけだから、その最適な伝達関数は(7)式を変形して、

$$G_2(S) = Y(S) / (G_1(S) \cdot X(S)) \quad \dots (8)$$

で求められることになる。

この場合、 $G_1(S)$ は人間そのものではなく、 $G_2(S)$ も製品や環境あるいはそれを表わす直接の要素ではないので、「人間代替物」の中であげた数式モデルとは異なる。

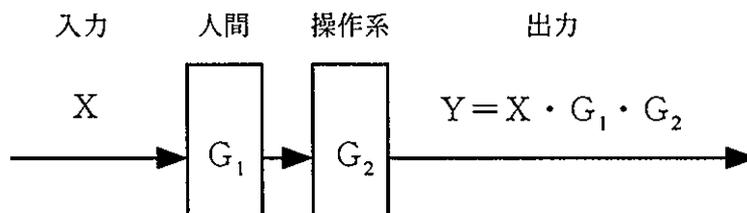


図6.4.3-2 伝達関数的な考え方

こうした伝達関数に代表される数式モデルは、上記の例でも示したように主として機械類の操縦性評価のために用いられてきた。人間の伝達関数については、その後1970年代頃までさかんに研究され、その分野では成果を納めてきた。ただし伝達関数の応用自体、マン・マシン・システムの中で人間を機械要素と同じレベルでとらえる考え方であり、また、人間をこのように単純な形で表現することに限界があることから、現在ではあまり用いられなくなった。

しかし、今後あらたな理論が導入されれば、認知評価においてもこのような伝達関数の考え方に似た数式モデルが開発される可能性もある。たとえば、(7)式を流用したら、こんなことが可能になるかもしれない。すなわち、ある機械を60～70歳代のユーザが操作する際、そうしたユーザの平均的な知識や経験にもとづく認知度（理解度）を表わす関数を G_1 、その機械の特性を G_2 とし、その機械を用いて行う課題を X とすれば、その操作成績 Y は(7)式のような簡単な形で推定できる、というものである。

6.4.3.3 技術の可能性と将来展望

コンピュータマネキンは今でもさかんに研究開発が行われ、それが継続していけばここで対象としている認知的評価も可能なものが実現できる可能性がある。コンピュータでの表現技術の進歩もさることながら、上記の数式モデルにみられるように、人間およびそれが扱う製品や環境自身の認知に関わる数式表現についての理論や技術も探し求めていかなければならない。逆にいえば、それが可能になれば、認知的評価ができるコンピュータマネキンの誕生は難しくないだろう。そうなると、冒頭にも述べた「わかりやすい」「すぐに理解できる」「位置が把握しやすい」製品や環境をつくるメーカーに大きな恩恵をもたらすことになるだろう。

参考文献

- ・大島正光 (1972) 人間工学, コロナ社.
- ・長田 正 (1977) フィードバック制御, オーム社.
- ・菅井清美、加藤和夫、松田甚一「ニューラルネットワークを利用した衣服の着用快適性評価」、医用電子と生体工学, Vol.35 (2): 147-157 (1997)

(岡田 明)

6.5 官能特性

社会生活はあらゆる対象との相互影響(インタラクション)の上に成り立つ。ある機器を操作して相手とコミュニケーションをとる場合、その機器は対話者同士の相互影響を支援する機器となる。従って、機器に必要なとされるのは機能だけではなく、機能がもたらす影響に対する配慮である。この配慮の如何によってインタラクションがうまくなされるかが左右されよう。また、その影響の質と量によって感覚的な満足度も変わる。機器の使いやすさや操作のわかりやすさは重要であるが、機器が社会生活において感覚的に満足の得られるものかどうかとも重要である。

官能をあらゆる感覚器官の働きによって得られる充足感であると考え、充足感はある感覚器からの情報が脳で統合されて評価されるであろう。ある物理量とある感覚との関係の評価することは評価対象によっては比較的容易であるが、官能を評価するには様々な物理量と感覚量との関係を総合的に評価することが必要である。様々な感覚と物理量との関連を明らかにすることによって、より質の高い生活環境を提供することが可能になると思われる。

官能特性に関する現状技術と将来展望が与えられたテーマであるが、以下では、より調和のとれた社会生活を実現するために必要と思われる空想評価システムについてのみ述べる。これらのシステムが近い将来実現されるとは考えないが、システムを構築するための基盤技術の種となるアイデアの1つになることを期待する。なお、案の一部には委員の方々から出されたものを採用させて頂いた。

(森本一成)

6.5.1 人間代替物

(1) 6感評価システム

人間の持つ第6感を含めた感覚を持つシステムである。人の危険が伴う状況、音環境、温熱環境、阿吽の呼吸が必要なコミュニケーションなど種々の状況の評価に利用できる(図6.5.1-1)。

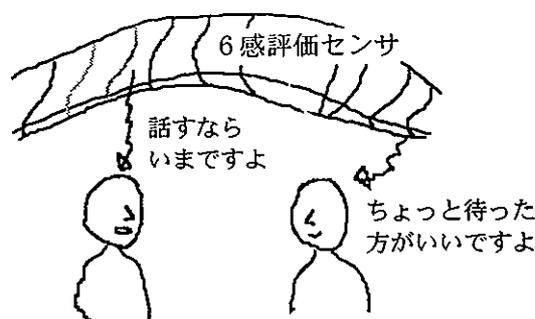


図6.5.1-1 阿吽の呼吸支援システム

第6感は非常に安定性が低く信頼性に乏しいという面を持っているが、物理的なデータからは計ることのできない情報を顕在化させ多くの場合において甚大な危機を救うことが

できる可能性を持っている。時宜を逸する前に決断が必要なときに6感評価システムを用いて、決断の支援をすることが可能になる。また、コミュニケーションにおける発話や話題転換のタイミングを適宜知らせしてくれるシステムは、特に、異文化圏に住む者同士のコミュニケーションにおいてその力をより発揮する。このシステムを現実のものとするには第6感を評価する方法を確立する必要がある。第6感は現代人にとって今後強く要求される感覚であり、システムの支援による感覚機能増強の可能性があるのでないだろうか。

(2) 障害者の生活における充足感評価システム

身体障害の機能を補助する道具は数多くあるが、補助具と生活環境との調和を考えた評価システムがあれば、障害者の充足感を支援するための環境が構築できる。個別の補助機器の寄せ集めによって生じる環境との不整合は決して望ましい状況ではない。このシステムは障害の程度に応じた仮想人間による生活環境の評価システムであり、身体的、精神的なケアを含めた環境の構築に利用できる。障害を促進させないためのリハビリプログラムは個人対応にする。障害者のあらゆる動作、補助具の操作や体の移動の仕方などをつぶさに感知し分析することによって、障害者が生活において不便と感じられることをあらかじめ予測することができる。

本システムには補助具のデザイン評価システムと障害者の医療用計測評価システムが必要となる。補助具のデザイン評価システムは障害者の身体特性と生理心理特性を簡便に計測でき、それを用具設計に利用できる形のデータベースを構築し、評価に利用できるシステムである。障害者の医療用計測評価システムは障害者の健康診断に使う。たとえば手話通訳を必要としない聴覚障害者のための胃ガン検診システムがあれば、彼らの胃ガンによる死亡率は大きく低下すると言われているように、障害者の病気の早期発見は生活における充足感を促進するために必要な要素である。

(3) 心(気持ち)の表示システム

気持ちの変化を相手に分かるように表示するシステムである。これの最大の特徴は誤解に基づくコミュニケーションの障害を低減できることである。心の表示センサを相手の胸に向け、知りたい気持ちを選択すれば、相手の気持ちの程度が仮想画面に表示される。センサは思いの程度、好感度などの他に温度、心拍、筋緊張、発汗量などの生理的な変化を非接触で計測できる(図6.5.1-2)。

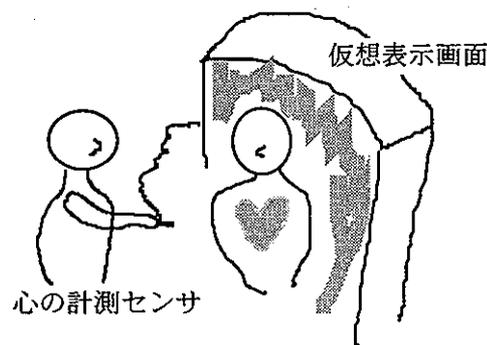


図6.5.1-2 心の計測表示システム

(4) 妊婦の健康状態評価システム

妊婦の生理的、心理的状态の変数を非接触自動入力することで、健康状態を評価するシステムである。黙って座れば妊婦の精神的、肉体的健康状態が評価できる。体から放射される微粒子を検知することで、体の微妙な変化を検査できる。これにより妊婦は医者にかからずに自宅での健康管理が可能になる。仮想の医者による診断や仮想の看護婦によるケアも可能である(図6.5.1-3)。

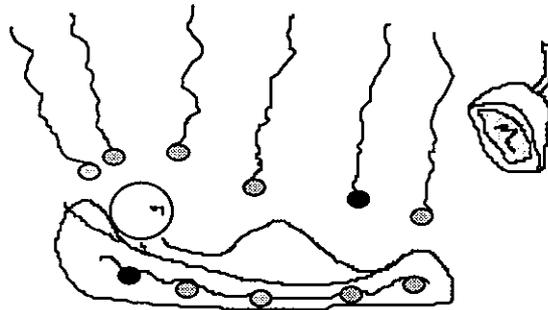


図6.5.1-3 心身変化計測センサ

(森本一成)

6.5.2 製品・環境代替物

(1) 癒しのデザイン評価システム

あらゆるインタラクションは相互影響であるとの視点でデザインを考えると、そこには癒しの状況が発生することが望ましい。このシステムは使いやすさのみならず利用者の心を癒すためのデザインの評価を支援する。本システムは設計コンセプトとデザインの合致をより高めるためのもので、別の言い方をすれば感性の協調支援システムである。つまり、癒しのデザインをするにはデザインする側と出来上がった者を使う側の感性が協調しあうことが重要になる。また、ライフスタイルにあったデザインの評価システムは癒しのデザインに欠かせない(図6.5.2-1)。

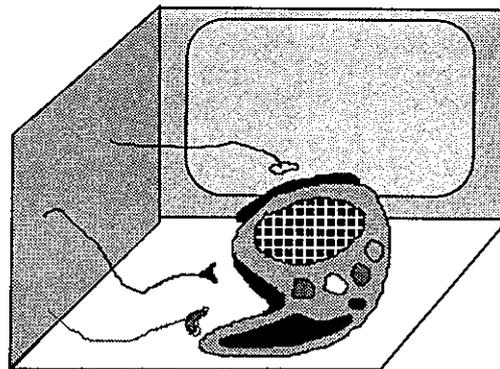


図6.5.2-1 仮想情報携帯端末の癒し度計測システム

ある製品のデザインという限られた領域では利用される感性評価語を限定することがで

きるの、その評価語と感覚量との対応を自動的に取り、製品の色や形や操作手順などに対する個別の評価と総合評価を行う。また、利用者の身体的な静特性ならびに動特性を考慮した製品とすることにより製品デザインの期間短縮とデザインにかかるコストの削減が飛躍的に増大し、利用者の心が癒される製品を供給することが可能となる。

(2) ノンバーバル情報の評価システム

相手の身ぶりや表情を読み取り円滑なグローバルコミュニケーションを可能にするための評価システムである。現在のところノンバーバル情報の分析手法は確立されていないが、これがあれば、言葉の壁を一気に壊すことが可能になる。ノンバーバル情報はあらゆる感覚を統合したものとして解釈されなければ、正しい解釈がなされない(図6.5.2-2)。

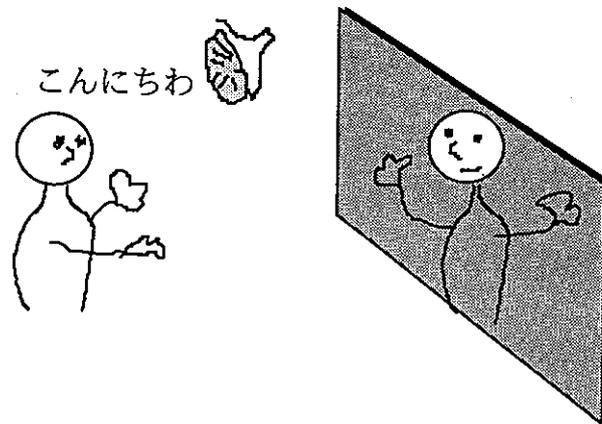


図6.5.2-2 ノンバーバル情報翻訳機

(森本一成)

6.5.3 人間、製品・環境代替物

(1) 恍惚感評価システム

仮想人間による仮想環境での恍惚感評価システムである。美しいものに接してうっとりする感覚を失わないことは生活において重要である。うっとりした状態における生理的・心理的データを基に、ある状況におけるうっとり感を評価することが可能になる。なお、現実と仮想の融合による感覚の混乱によって引き起こされる恍惚感を体験でき、生理的・心理的な依存症を引き起こさないことが必要である(図6.5.3-1)。

(2) 円満家庭構築支援評価システム

家族の会話、動作、表情などが自動的に検知され、家族の状況に応じた評価がなされる。精神状態や健康状態を推定し、必要とするときに評価結果を取り出すことができる。たとえば、会社からの帰りが遅く、子供との会話が少ないお父さんに対して、このままでは親子の断絶がもたらされる危険があるので、今度の日曜日には家族で散歩にでかけることを

働めるようなシステムである（図6.5.3-2）。

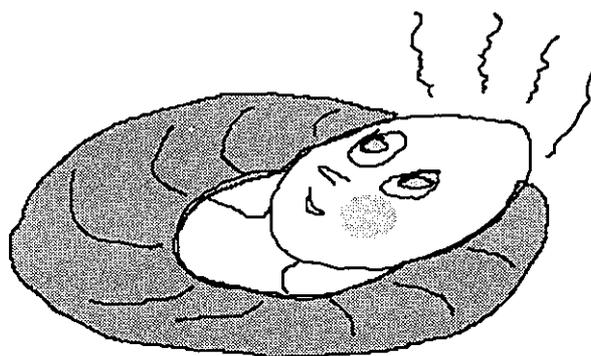


図6.5.3-1 うっとり感計測まくら

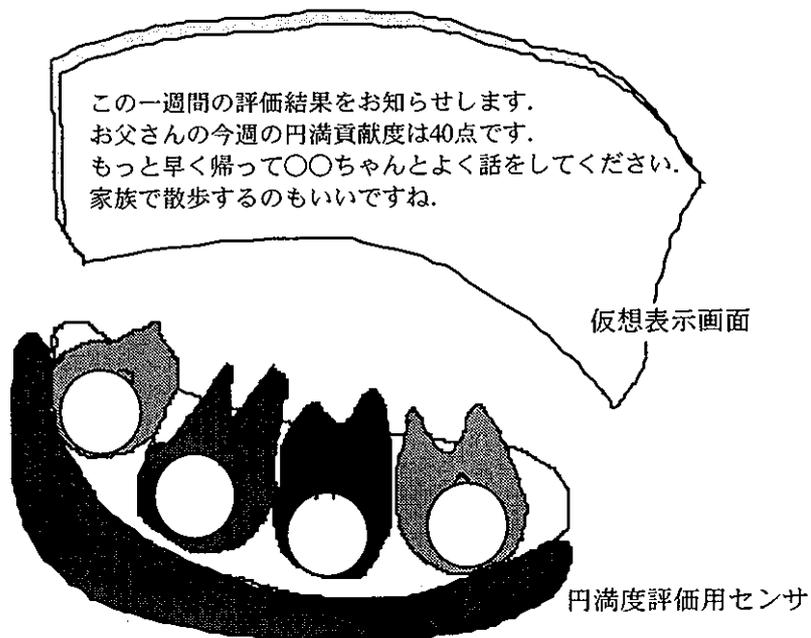


図6.5.3-2 円満家庭構築支援システム

（3）音声カクテルパーティ効果システム

我々が電車や雑踏の中でも相手と会話できるのは、相手の音声を抽出する能力があるからである。このことはカクテルパーティ効果と言われているが、必ず相手の音声が聞き取れるとは限らない。人間に本来備わっている能力を支援することにより、より負担を少なくして会話ができるようになる。このシステムは自分の声の特徴を相手の受信機に記憶させることで、互いの音声を選別し、増幅することができる。

（森本一成）

6.6 生理特性

1) 概要

人間が製品を操作したり、その中に入り込む場合、生理反応が見られる。これは人間一機械系における人間の心負担として評価することができ、心負担が大きい場合に不快を感じたり、誤操作や疲労を増大する。この心負担を生理反応から定量化し、人間と工業製品との適合性の評価に利用している。人間と工業製品の適合性評価に利用される生理計測は、主に非観血的で侵襲の少ない方法で測定できるものが用いられる。

一つは呼吸・循環系機能からの測定があり、血圧、血流、血中ガス、血管運動による体温変化、心拍数、心拍出量、呼吸量、呼吸パターン、発汗等がそれにあたる。

他の方法として、皮膚上に電極を付けて、神経や筋活動時に発生する十ミリボルト程度の生体電気信号変化から生理特性を計る方法がある。脳波、筋電位、末梢神経伝導速度、心電位等がこれにあたる。脳波、心電位、筋電位などの生体電気信号のおよその大きさを図6.6-1に示す。

2) 生理計測のメリット

人間と製品との適合性を評価する際に、生理計測を用いるメリットは次のようなものが考えられる。

- ・ 被験者の生理反応が客観的に測定可能。
- ・ 反応を実時間で計測できる。
- ・ 電圧、周波数、その他の物理量で表せる。
- ・ 被験者が意識しない刺激に対しても生理反応が現れる事があり、肉眼での観察では分からない心理事象の解析も可能。

3) 生理反応から見た適合性評価支援技術

現在、製品の適合性評価（快適性、操作性等）に生理変化を適応し客観的に評価する支援技術として、次のような技術が実用化、もしくは研究されている。（鈴木哲生）

6.6.1 人間代替物

(1) 人間を取りまく環境の変化が生理特性に及ぼす影響は従来から盛んに研究され、音や温熱環境、色、照明、姿勢・動作、作業負荷、振動、気圧等の変化に伴う生理特性を定量化したり、モデル評価式をつくり利用している。

(2) 最近では、(1)を発展させ、人体の振動モデルや、心拍変動モデルを構築しよう

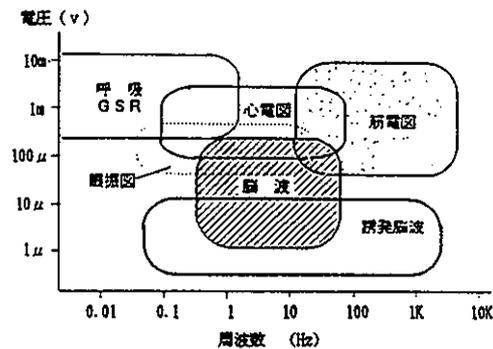
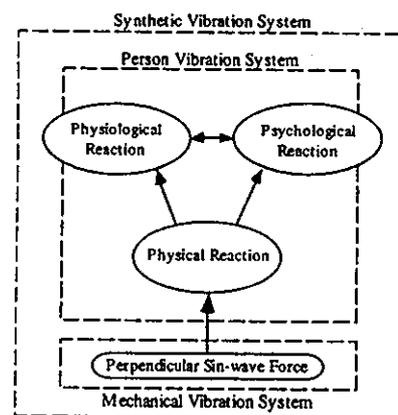


図6.6-1 生体電気信号の凡その大きさ



$$\begin{aligned}
 Y_1: \text{the number of heartbeats} &= 2.388 + 0.054X_1 + 0.200X_2 - 1.351X_5 \\
 Y_2: \text{the highest blood pressure} &= -0.812 + 2.055X_1 \\
 Y_3: \text{the most low blood pressure} &= 0.634 - 0.088X_1 - 0.175X_2 + 0.750X_5 \\
 Y_4: \text{the number of breathes} &= 2.550 - 0.212X_2 - 0.083X_3 - 0.692X_5 \\
 Y_5: \text{the saliva secretion quantity} &= 0.159 - 0.280X_1 - 0.423X_3 + 1.362X_5
 \end{aligned}$$

図6.6.1-1 人体振動モデル

とする研究がある。人の振動モデルは、機械振動からの人の物理的反応特性（身体各部の振動伝達特性）に加え、生理的反応特性、心理的反応特性の三反応をそれぞれ定量化し、反応間の相関式を求め、人体の振動モデルを構築する。車両の振動から伝わる身体各部位の振動伝達特性より、人特有の生理的、心理的反応を評価している（図6.6.1-1）。図中 X1, X2, X3, X5は各々頭部、胸部、腹部、下腿の振動伝達率である。将来、任意の振動下に於いて、人が示す総合的な振動特性を予測できる可能性がある。

心拍変動のモデルの例は、心拍のRR値の揺らぎに注目し、心負担と心拍変動における動特性を表現する動的な心拍変動モデルをニューラルネットワークシステム（NNS）を用い構築している（図6.6.1-2）。このモデルを用い、車両運転時の心拍変動をシミュレートし、実験と良い一致を見ている。

（3）冷暖房の温冷感評価では、相関の強い皮膚温度を、人体周辺の物理量(周囲輻射熱伝達量、対流熱伝達量、蒸発による熱伝達量、及び運動量の熱平衡)から算出した“モデル皮膚温”を用いて冷房感を定量化し、被験者による評価の代わりに冷房感計算値を求めることが行われている（図6.6.1-3）。

（4）人体模型ではマネキンの皮膚表面温度を人間に近い分布になるよう、各部位毎に内部から加温調節できるサーマルマネキンがある。サーマルマネキンに多孔質フィルム等を使った発汗機能を付加したものを特に発汗マネキンと呼んでいる。一例を図6.6.1-4に示す。着衣の熱、水分透過特性を計測し、温熱特性、蒸れ感、濡れ感、冷え感等の快適性評価の他、シートやベット生地の評価、建築物や自動車室内の冷暖房の快適性評価にも用いられる。

（鈴木哲生）

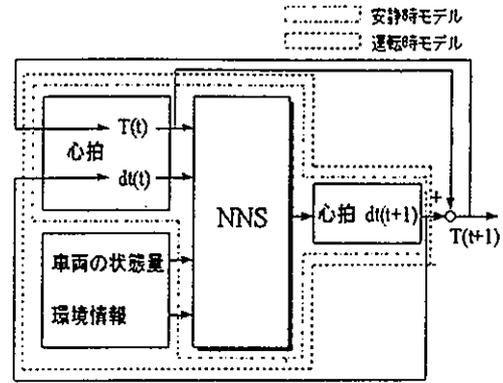


図6.6.1-2 人体心拍変動モデル

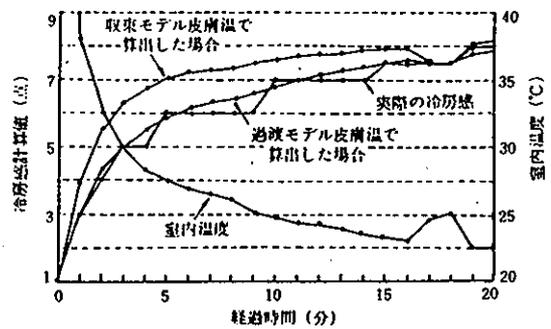


図6.6.1-3 冷房感計算例

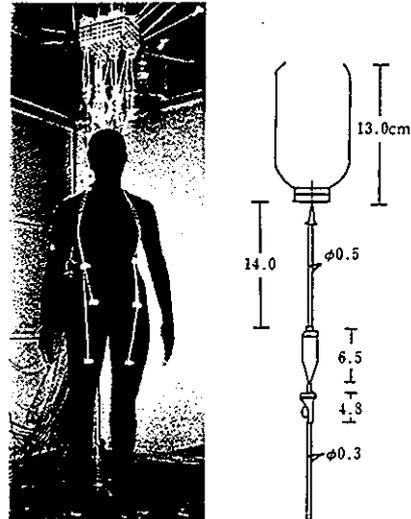


図6.6.1-4 発汗マネキン‘あや’

6.6.2 製品・環境代替物（製品や環境を代替物で作る人間が評価）

（1）製品の代替物の一つとしてシミュレータがある。製品の一部、もしくはその機能

をシミュレータに組み込み、製品の使用状態を模擬する。人間がシミュレータ上で製品を操作し、適合性を評価する。評価の際、疲労、快適性、操作性、温感等の官能評価に加え、生理特性を計測し、より客観的に評価しようと、官能評価と生理特性の相関関係を把握する研究が盛んに行われている。

一例として、シミュレータを使い、自動車運転時の疲労から生じる覚醒度の低下を、脳波、精神性発汗との関連から判定するアルゴリズムを研究している。覚醒低下度が一定値を越えたらアラーム (Detected点) を発する携帯型装置 (電極は手首と指に装着。図6.6.2-1参照) を開発、車両運転時に活用しようとしている。

(2) 製品の使用時に受ける環境条件を人工的に作り出し、製品の性能、人間との適合性 (快適性) 等を評価する装置として、環境試験室がある (高温室、低温室)。

図6.6.2-2は車両の冷暖房性能を評価するための環境試験室の例である。試験の目的により温度、湿度、風速、日射、路面放射の他、降雪、降雨、気圧が制御できる装置もある。車両の冷暖房評価では、走行状態を模擬する必要から、シャードイナモと車速に応じた風を送れる送風機を備えているのが一般的である。車両、航空機や建築物の一部を環境試験室に設置し、被験者が入り製品の性能、快適性等を評価する。
(鈴木哲生)

6.6.3 人間、製品・環境代替物

(1) 評価式、温冷モデル (生体内熱移動方程式) を組み込んだコンピュータサーマルマネキンモデルに取り込み、製品・環境との境界条件を交換しながらCFDでシミュレーション計算する方法がある。車載用エアコンの快適性評価や、劇場、イベントホールなどの建築内の空調温度分布評価には既に使われているが、熱連成大規模モデルとなり計算時間がかかること、車両熱特性が車種毎に異なる

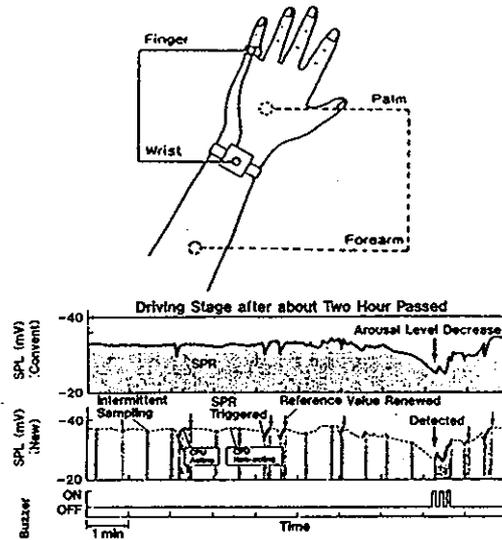


図6.6.2-1 覚醒度検出装置と検出例

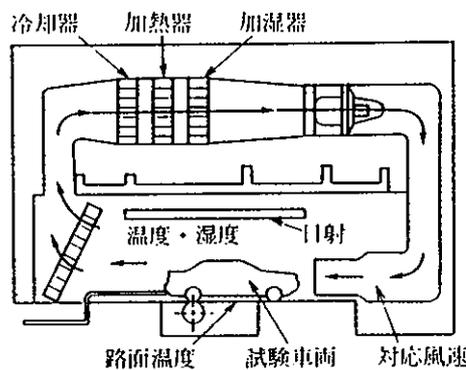


図6.6.2-2 車両環境試験室

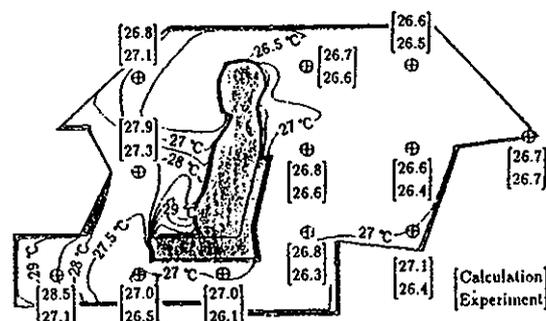


図6.6.3-1 車室内温度分布計算例

り、精確な境界条件の設定に手間取ること等から計画時の検討計算に用いられている（図6.6.3-1）。

（2）CGで作成されたマネキンに生体力学的なデータや視境界を組み込んだコンピュータマネキンのソフトウェアパッケージがある。コンピュータマネキンより人間に近いのでバーチャルヒューマンと呼ばれる。

CADで作られた製品や工場内にバーチャルヒューマンを置き、動作をパラメトリックに入力すると、製品を持ち上げたり操作する事ができる。

設計されたスペース内に人間が収まるか、必要な全ての場所に手が届くか、見えるべき物が全て見えるか、エネルギー消費はどのくらいか等を評価できる。（鈴木哲生）

6.6.4 将来展望

・生理反応から見た基本的人間特性データベースの構築

前項までに、生理特性の現状について概観したが、ここではこれらの技術を発展させ、将来の可能性について述べる。4.3.1乗員挙動解析システム(人体動作解析システム)の事例にあげられている上肢2点間運動のような、人間の基本的な操作挙動、知覚等に対する生理反応と共に心理的反応(官能評価)、物理的反応を明らかにし、人間適合性との関連をデータベース化する。握る、掴む、押す、引く等、人間の基本的な挙動、知覚、官能と生理特性との関連をデータベース化されれば、それらの応用動作としての製品の扱い方の適合性評価は、それらの組み合わせから凡そ推測できるであろう。また、試験を計画する場合にも計測すべき生理反応や、試験の範囲を絞ることが可能である。

例えば、ステップの上り下り、くぐり戸の通過、ソファへの座り込み/立ち上がりに対する各反応のデータが検索できれば、車両の乗降性を評価検討するとき、官能評価と最も相関の強い生理特性はどれか(足の筋電か、頭部の動きか、脳波か、又はこれらの組み合わせか等)、生理特性がどのように変化したときが適合性評価の高い状態を得られるかを概略予測できるであろう。

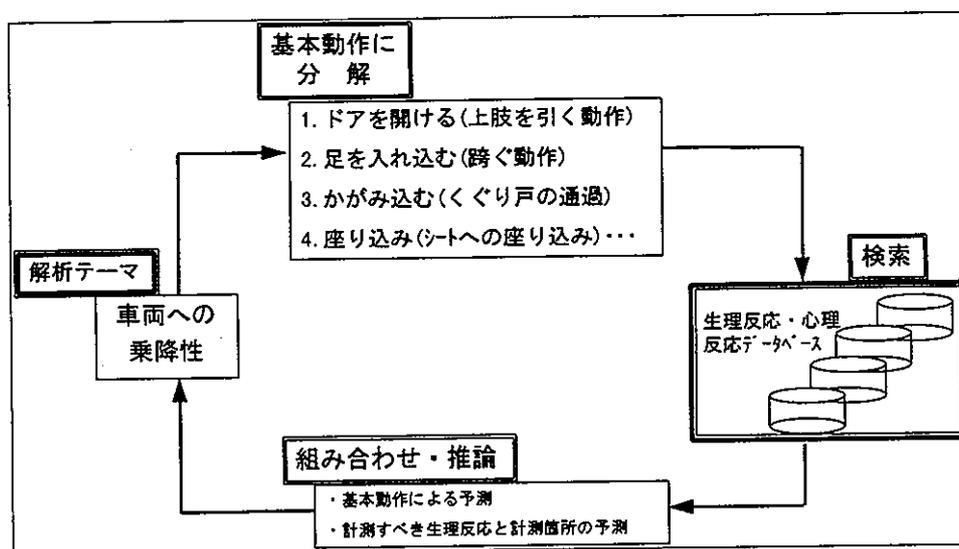


図6.6.4-1 基本動作特性データベースの活用

新たな製品開発の際に、製品の使用形態を基本的な挙動、知覚の組み合わせに分解し、このデータベースから人間との適合性評価の概略の予測結果をアウトプットできれば、計画段階での評価支援技術として利用できるであろう。（図6.6.4-1参照）

参考文献

- ・久保、人の振動モデル、日本自動車部品工業界 第9回シート技術研究発表会講演資料
- ・景山他、人間の心負担と心拍変動のモデル化に関する研究、日本機械学会 第5回交通物流部門大会講演論文集、NO.96-51
- ・田村、ヒトの温熱生理特性、人間工学、Vol.30, No.3('94)
- ・小島、皮膚電位を用いた覚醒度検出装置の開発、'92日本交通医学工学研究会学術総会
- ・小森谷、自動車室内気流の数値解析による乗員温冷感の予測手法について、自動車技術会、学術講演会前刷集 952
- ・（社）日本冷凍協会、冷凍空調便覧（空気調和編）
- ・野呂影勇編、図説エルゴノミクス、（財）日本規格協会
- ・佐藤方彦監修、人間工学基準数値数式便覧、技報堂出版

（鈴木哲生）

6. 7 行動特性

6. 7. 1 人間代替物（自律ロボット）

1) はじめに

近年、自らの行動を通じて積極的に環境と相互作用する行動型自律ロボットの研究が盛んになってきている。従来のロボット研究においては、行動型ではなく、知識重視型の典型的な人工知能ベースのロボット研究が主流であった。行動型自律ロボットの研究は、Brooksがサブサンプション・アーキテクチャ(Subsumption Architecture: SA)²⁾と呼ぶ理論を提唱した当初、それが従来の知的システム構築方法論を否定するものでもあったことから、当時主流の人工知能研究者から完全に無視されたが、彼の理論の重要性、新規性が一部の研究者によって次第に認められ、今日広まりつつある。ここでは、SA理論を主体にして行動型自律ロボットについて事例を交えながら簡単に紹介する。

2) サブサンプション・アーキテクチャ理論

従来の典型的な人工知能ベースのロボット研究は、ロボットが自らの内部に環境に関するモデル（知識）を持つ枠組みのもとでなされていた。その枠組みでのロボットは、センサなどを介して環境の情報を入手すると、それを自らの環境モデルに照らして解釈し、事後の行動計画を立てたうえで実行するものであった。しかし、この枠組みのもとでロボット実機を構成し、実環境に置いた場合、ロボットは多くの時間をかけて行動を決定し、ようやくひとつ実行することになるため、リアルタイム性に欠ける。また、完全な行動計画を立てたとしても、いざ実行の段階になったときに環境が激変していた場合、もう一度計画を立て直さなければならず、結果的に非常に効率が悪くなる。

Brooksは以上のような従来型ロボットにおける問題を解決するために、移動ロボットを例に挙げながら図6.7.1-1に示すようなサブサンプション・アーキテクチャ(SA)と呼ばれる新しい枠組みを提案した²⁾。すなわち、「歩行する」、「障害物を回避する」、「目標物を探索する」、「地図を作成する」など、移動ロボットのための単位行動モジュールを同時並行的に処理実行できる枠組みとし、それらの協調動作によってロボット行動を発現できるように構成した。個々の単位行動モジュールは、センサ情報に対応したアクチュエータの起動パターンといった単純な処理ルーチンであり、処理時間が短くて済むようになっている。この構成は、図6.7.1-2に示すような逐次直列的な従来型ロボット処理構成を、同時並列的な処理構成に組み直したものとみることができる。SA構成は、図6.7.1-1でわかるように階層的な構造であることから、通常は下位の単位行動モジュールが動作してロボット全体の行動を発動するが、状況によっては上位モジュールが下位モジュールの一部を制御したり、全部をとって代わったりするようになっている。下位モジュールは上位モジュールの完全な制御の下で動作するのではなく、自律性を持って動いており、もしも上位モジュールが何らかの原因で機能しなくても、下位モジュールは機能するのでロバストな行動を発現できることが特徴である。

3) SAの拡張

SAによるロボット構成手法は、従来の典型的な人工知能手法よりはるかにロボット自体

の行動を早く決定でき、実際に動くロボットとして自然な行動を発現できる印象を与えるものとなった。

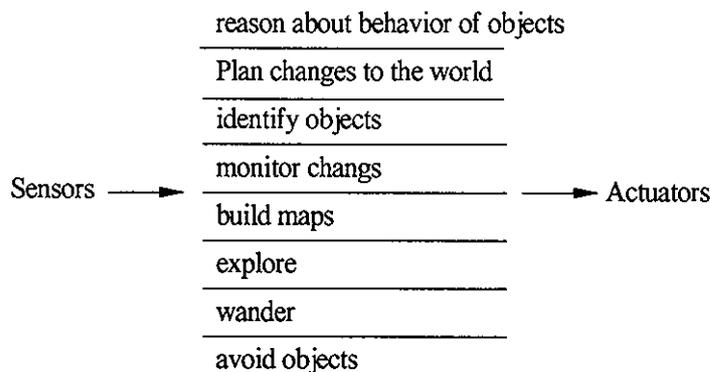


図6.7.1-1 SA型ロボットの処理構成²⁾

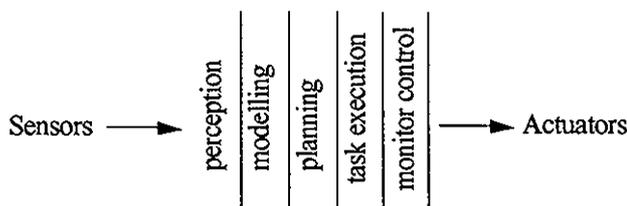


図6.7.1-2 従来型ロボットの処理構成²⁾

しかし、単位行動モジュールを階層的に構成し、上位下位間の制御の引き渡しといういわゆる優先順位関係は設計者が予め規定するものであり非常に難しい。したがって、優先順位関係をロボットに後天的に学習させたり、状況に応じて変更できるようにさせたりといったSAの拡張が行われている。嘉数らは、一つのロボット全体を、単位行動を実現する複数のサブロボットの集合体として設計、構成する手法を提案している³⁾。これはマルチロボットシステム(Multi Robot System: MRS)と呼ばれ、図6.7.1-3に示すような6本の脚をもつ移動ロボットに適用されている。この移動ロボットでは、脚1本1本を個々のサブロボットに対応させ、それぞれの脚が自分のサブロボットの制御下で独立、自律分散的に制御される。しかし、個々の脚が自分のサブロボットの下でばらばらに動作すると、ロボット全体として移動できない、転倒するなどの問題が生じ得る。したがって、個々のサブロボットの制御タスク間での調停作業を行うもう一つのサブロボットを組み込んでいる。これにより、各脚がそれぞれ自分の脚を動かすタイミングを環境内で移動しながら学習することにより、転倒することなく歩行できるようになっている。



図6.7.1-3 マルチロボットシステムの例³⁾

4) おわりに

ここでは、自律ロボットとして、Brooks のサブサンクション・アーキテクチャ(SA)を技術基盤とする行動型ロボットについて紹介した。SAを応用した移動型ロボットは、今後種々の分野に応用されることが期待されている⁴⁾。例えば、宇宙における無人探索ロボットや3K分野への応用、家電分野では掃除機(クリーナー)への応用が提案されている。掃除機への応用は、1970年から1984年の間に主に米国でビジネスとしての研究開発が盛んであったが、従来の人工知能手法に頼りすぎていたために、開発されたロボットが様々な動作環境に対応しきれずに失敗に終わっている。しかし、SA理論の興隆とともに、その理論を活かした自律クリーナーの研究開発が既に一部で進められている。また最近では、SA理論ベースのロボットがエンターテインメント、芸術、教育用の展示にも使われる傾向があり、多くの研究開発者と技術者が参加することで、実用化、商品化への道が開かれて行くことになるであろう。

参考文献

- 1) 白井: 感覚と行動の統合による実環境の理解, 計測と制御 Vol.35, No.4, 256/261 (1996)
- 2) R.A.Brooks: "A Robust Layered Control System for a Mobile Robot", IEEE Journal of Robotics and Automation, March (1986)
- 3) 嘉数: 生物型ロボット実現への模索, 挑戦: 知能化する機械, 142/152 (1997)
- 4) 五味: サブサンクション・アーキテクチャ, 日本ファジイ学会誌 Vol.7, No.5, 909/930 (1995)

(野村淳二)

6. 7. 2 製品・環境代替物（都市設計支援VRシステム）

1) はじめに

我々人間は、他人や動物、事物など自分とは別の対象とそれらの置かれている環境の中で生活を送っている。対象を知覚するときには重要なことは、ただじっと対象を眺めるのではなく、対象に近づいたり、実際に触れてみたり、別の角度から見直したり、自ら行動して多角的に観察することである。これによって、対象そのものや、対象と自らの相対関係、あるいは環境における対象や自らの絶対的な関係など、多くの情報を得ることができる。これは、アフォーダンス理論¹⁾と呼ばれる認知心理学の一学説において指摘されている。すなわち、我々の知的行動は、自らの行動によって生じる外界刺激の「動的変化」に大きく依存するのである。

バーチャルリアリティ技術は、現実には存在しない対象やその置かれている環境をコンピュータで生成し、いわゆる仮想世界での人間行動結果をリアルタイムに世界の動的変化として反映させ、再び人間に知覚させて次なる行動を誘発する技術であり、様々な産業分野で応用が試みられている。本稿では、今後設計、開発され得る都市空間における人間行動をVR技術で事前にシミュレートすることにより、施主、建築設計者、さらには将来の住民といった関係各者が都市設計を共同で進める都市設計支援VRシステムの開発事例について紹介する。

2) 都市設計支援VRシステム

都市あるいは建築設計は通常、パース図、建築模型、設計図面などを媒体に、施主、建築設計士らが互いに意見交換をすることで行われている。この場合、パース図、建築模型によって都市空間全体やそこに存在する建物のイメージが相互に理解される。さらに平面図や立面図は、個々の建物に関するより詳細の内容確認のために用いられる。しかしながらこれらの2次元図面情報から、関係各者各々が自らの頭の中に3次元空間を構成し、そのもとでお互いが抱く都市や建物イメージを交換しながら設計を進めることは非常に困難を伴う。これは通常、個々人の構成する3次元空間もそのもとで抱くイメージもその人の主観的なモデルであり、互いに違うことなどに起因すると考えられる。

これらの問題を解決するために、3次元空間をコンピュータで生成して大型スクリーンに投影することにより、複数のユーザが同時に都市空間内をウオークスルーできる種々のVRシステムが試作されている。図6.7.2-1は立体型の大型スクリーンを用いたシステムの概要を示し、ある街角に立った一人の歩行者の視点移動につれて街並みの風景が順次映し出されるものである²⁾。このシステムの特徴は、4台の立体プロジェクタとスクリーンを前、左右ならびに上面に配することでユーザに臨場感と没入感を生成し、広い視野角の映像表示を可能にしたことにある。このシステムで使われている、大型立体スクリーンでユーザの全周囲を物理的に囲い込むという考えは元来、図6.7.2-2に示すCAVE(Cave Automatic Virtual Environment)³⁾と呼ばれるシステムで採用されていたものである。CAVEシステムは市販の製品を組み合わせることで安価に構成できる全周囲型ディスプレイであるが、図6.7.2-2からもわかるように背後の投影スペースが必要になるために全体として大きな空間を必要とすることが問題と指摘されている。

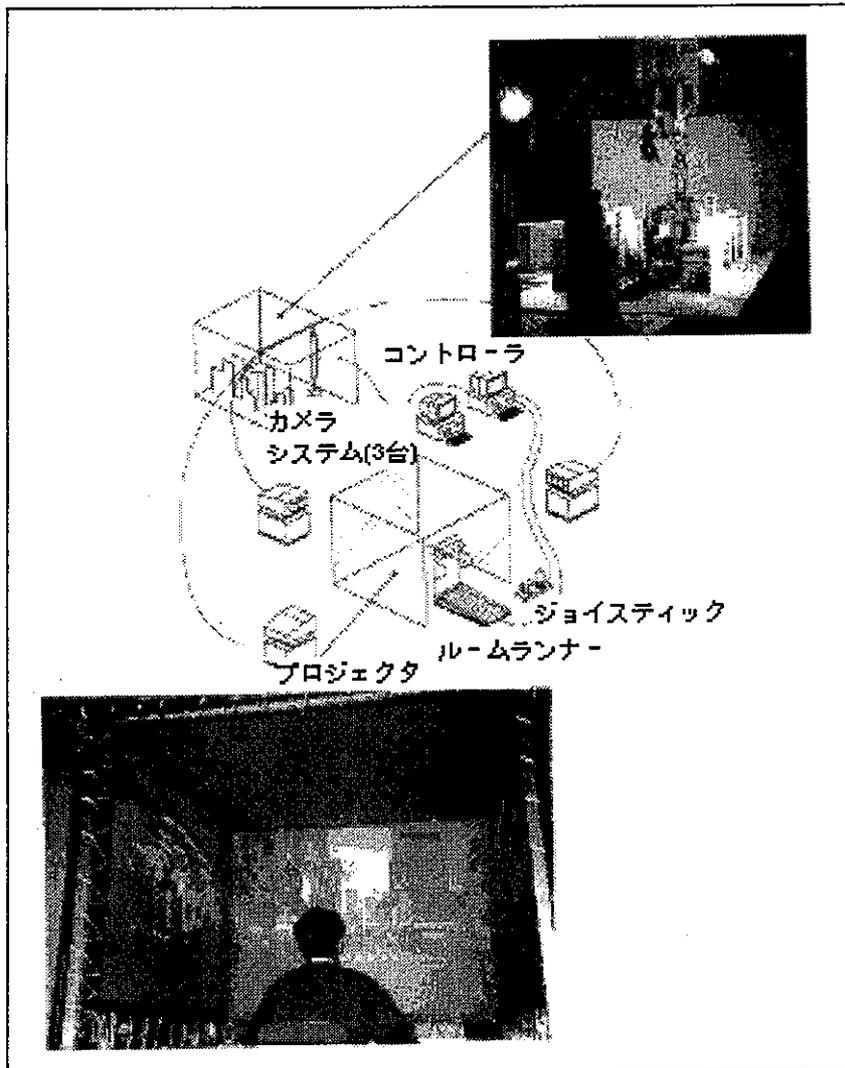


図6.7.2-1 都市シミュレータ²⁾

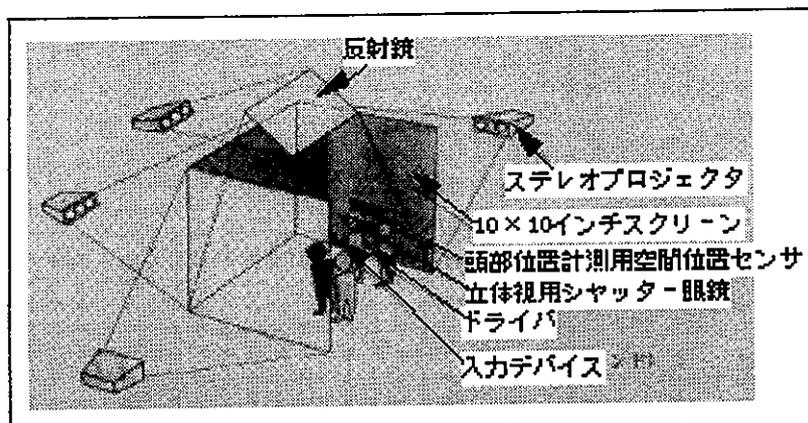


図6.7.2-2 CAVEの構造³⁾

図6.7.2-3はアーチ型の大型スクリーンを用いたVRシステムであり、複合商業施設の設計支援に用いられている⁴⁾。図6.7.2-4にVRシステムにおける動画の一例を、対比のため図6.7.2-5にCGによる夜間照明の静止画例を示す。

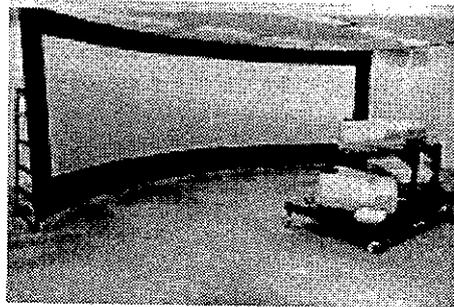


図6.7.2-3 アーチ型大型スクリーンシステム⁴⁾

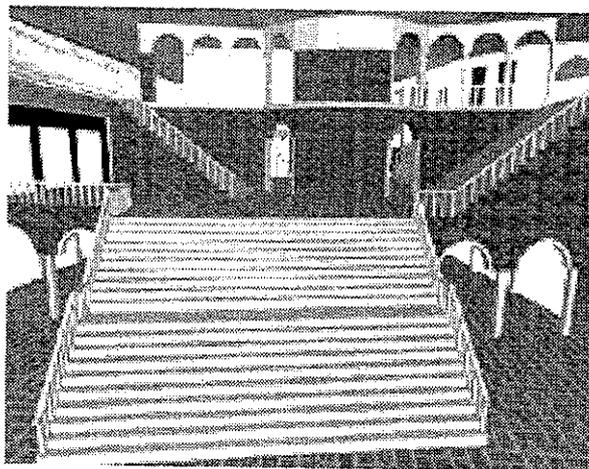


図6.7.2-4 画面例⁴⁾

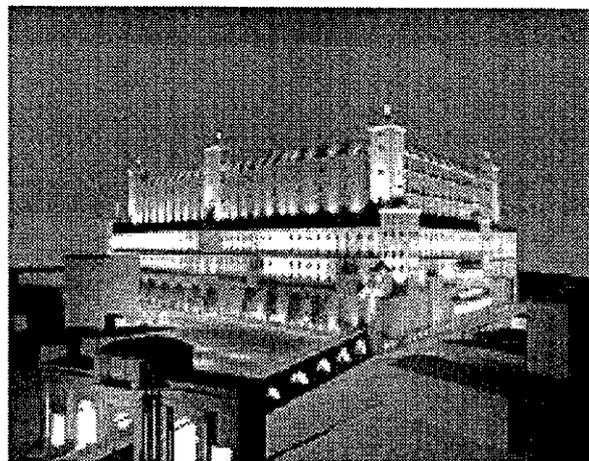


図6.7.2-5 CGによる画面例⁴⁾

VRによる疑似体験は、仮想空間の中での施主、設計者ならびに関係者による同一体験、イメージの共有を可能にするとともに、通路の幅や壁あるいは路面の色調などから受ける空間イメージのような、通常では施工後によく実体験できる細部の仕様についても事前にグループ討議できるメリットが確認されている。

3) おわりに

VR技術を用いた都市設計支援システムについて事例を交えながら紹介した。これは、複数の設計、建築関係者が個々別々に抱えている主観的なイメージを、コンピュータの生成する具体的なモデルとして目に見える形で表現し、互いのイメージの共有化を可能にするものである。これにより、関係各者の中で互いに異なっていた主観的イメージが一つのコンピュータモデル表現として統一されるので、これをベースにお互いが活発に情報交換をすることができる。さらにこのコンピュータモデルは、単なる静的なコンピュータグラフィクス表現ではなく、VR技術をベースとしていることから関係各者の動きがモデルの動的変化に反映され、アフォーダンス理論の示唆する各人の知的設計活動の活性化につながることになる。

本稿で紹介した、複数ユーザが対象モデルをVR空間の中で共有し、互いに協調しながら設計など知的行動を行うシステムの応用分野は都市建築設計に限らず様々な領域に適用可能であり、例えば新商品の設計など、今後ますますの応用展開が期待される。

参考文献

- 1) 佐々木:アフォーダンスー新しい認知の理論, 岩波科学ライブラリー 12 (1994)
- 2) 廣瀬:仮想工場ーバーチャルファクトリーー, 計測と制御, Vol.34, No.7, 560/564 (1995)
- 3) C.Cruz-Neira, D.J.Sandin, T.A.DeFanti: "Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality" The Design and Implementaion of the CAVE, Computer Graphics (Proc, ACM SIGGRAPH '93), 135/142 (1993)
- 4) 野村:建築におけるVRシミュレーション, 建築雑誌 Vol.110, No.1381, 32/33 (1995)

(野村淳二)

6. 7. 3 人間、製品・環境代替物

(トレイグジスタンス技術応用セキュリティロボット)

1) はじめに

人間オペレータと機械から成るマン・マシン・システムにおいて、テレプレゼンス¹⁾あるいはトレイグジスタンス²⁾と呼ばれる技術が注目を浴びている。これは、人間オペレータにロボットの作業現場の情報を可能な限り多く提供することにより、オペレータがあたかもその現場にいるかのような臨場感を提供するものである。トレイグジスタンスは汚い、厳しい、危険のいわゆる3K労働の代替技術として従来から期待されており、昼夜の連続監視作業を伴うセキュリティ分野への導入も、効果のある一つの応用と考えることができる。ここでは、トレイグジスタンス技術を応用したセキュリティロボットについて簡単に

紹介する”。

2) テレイグジスタンス技術応用セキュリティロボットシステムの概要

現在、いわゆるインテリジェントビルにおけるセキュリティシステムでは、監視用のテレビカメラ、あるいは不審人物の進入や火災検知用の各種センサがフロアの天井などに設置されている。しかし、カメラの視野やセンサの検知能力が限られていることから、フロアの状況把握があいまいになることが多い。したがってもし警報を発したセンサ付近の状況確認が必要になれば、危険な現場に人自身が急行しなければならないといった状況が起こり得る。

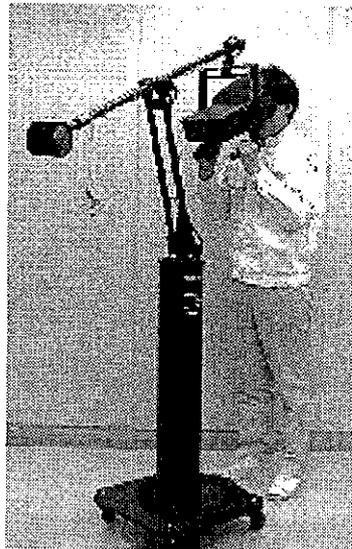


図6.7.3-1 BOOM (Binocular Omni-Orientation Monitor) ⁴⁾

これらの状況に対処するための一つのアプローチとして、テレイグジスタンス技術応用セキュリティロボットの導入が考えられる³⁾。当ロボットシステムの導入により、ビルの監視オペレータは安全な監視室に居ながらにして、図6.7.3-1に示すようなBOOM⁴⁾と呼ばれる特殊モニターを介して現場の状況を注視することになる。同時にBOOMを使って図6.7.3-2に示すような移動ロボットを遠隔で制御することができる。すなわちBOOMは、オペレータの頭の上、左右回転などの動きを捉え、その情報が無線を介してリアルタイムで移動ロボットに伝えられ、CCDカメラの動きに反映される。CCDカメラはオペレータの左右の両目に相当するように2台取り付けてあり、BOOMも両眼立体視用モニターになっているので、オペレータは自らの向く方向の3次元映像を見ることができる。

3) システムの部分的自律化

上述したセキュリティロボットシステムでは、監視オペレータはいつもBOOMを覗きながら移動ロボットに対して前進、後退、左右旋回などの移動コマンドを発行するようになっており、操作の負担が大きい。したがって、ロボットにいわゆる自律移動機能を具備することによって、オペレータの操作負担を軽減することが考えられる。この場合、自律化のレベルが問題になるが、完全な自律化は技術的に当面の実現は困難と考えられるので、

部分的な自律化が現実的である。ここでは、ロボット自体に、目標となる地点を与えると、そこまでの走行計画ならびに走行制御、さらに障害物を検知すればこれを回避する機能をもたせることによって部分的な自律化を行う。障害物の検知とその回避は、距離センサで障害物までのデータを入手し、ファジイ制御⁵⁾を用いて実現する。

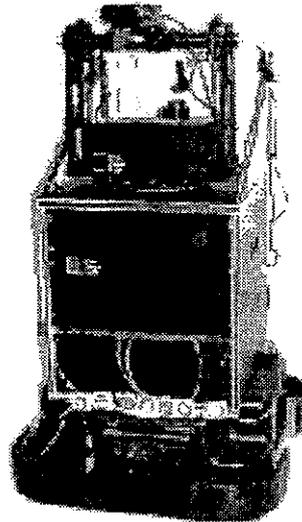


図6.7.3-2 移動ロボット³⁾

以上のような部分的な自律化により、監視オペレータはもしあるセンサから異常の情報から中央監視室で入手すると、そのセンサのある現場まで移動ロボットに急行するよう指令を与えることになる。自らは監視室において、他のセンサからの情報をもとにビル全体の大局的な状況把握に注力することができる。一方移動ロボットは、自らのもつビル全体の地図情報から異常のあったセンサ位置までの走行計画を立案して移動するとともに、もしその途上で障害物を検知すれば回避することになる。さらに現場周辺の状況をCCDカメラにて捉え、無線で監視室にいるオペレータに映像を伝送することになる。

4) おわりに

本稿では、レイグジスタンス技術を応用したセキュリティロボットシステムを紹介すると共に、その部分的な自律化について述べた。ここで実現した部分的自律化は、マンマシンシステム一般における人間オペレータとロボット間での役割分担に対する一つのアプローチを示したものである。元来、人間と機械の協調や役割分担は非常に難しい課題である。今後この課題は、人間の特性に合致したシステム設計、マン・マシン・インタフェース、オペレータ支援技術などともに、人間中心の自動化を目指して広く研究が進められる必要がある⁶⁾。

参考文献

- 1) S.S.Fisher et al.: Virtual Environment Display System, ACM 1986 Workshop on Interactive, 3D Graphics, 77/82 (1986)

- 2) S.Tachi et al.: Tete-Existence(I): Design and Evaluation of a Virtual Display with Sensation of Presence, Proc. of the 5th Symposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators, 245/254 (1984)
- 3) 西山: セキュリティへの応用, バーチャルリアリティ, 101/111, 日本ファジイ学会編「ソフトコンピューティングシリーズ10」(1997)
- 4) 澤田他: バーチャルリアリティの生成技術, バーチャルリアリティ, 13/23, 日本ファジイ学会編「ソフトコンピューティングシリーズ10」(1997)
- 5) 安信他: Fuzzy 制御による列車定位置停止制御、計測自動制御学会論文集, Vol.19, No.11, 873/880 (1983)
- 6) ミニ特集 人間中心の自動化, 計測と制御, Vol.32, No.3, 181/212 (1993)

(野村淳二)

第7章

人間適合性評価支援技術の近未来像

第7章 人間適合性評価支援技術の近未来像

7.1 人間適合性評価支援技術を支えるこれからの技術開発

人間適合性評価支援技術が、より様々な産業領域で用いられ、かつ、より精緻な適合性評価を可能とするためには、表現技術、シミュレーション技術など、コンピュータサイエンスに関係した技術開発が不可欠である。

しかしこれらの技術が進歩しても、そもそも、適合性評価の基本となる、人間特性に対する理解、特性値の測定、記述、データベース化が、信頼に足る形で整備されていなくては、適切な適合性評価は行えない。この点に関し、今後、以下に示す技術が、今まで以上に検討、開発されていく必要がある。

(1) 人間のモデル化技術

製品の人間への適合性を議論するときには、人間それ自身のモデル化が不可欠である。簡単な例で説明すると、「人間に適合した押しボタン」の設計をする場合、人間の指の大きさ、指の筋力、指先の弾力、指先の摩擦など、適合性には多くの人間特性が関係するものと思われる。また手袋を着用して操作する製品であれば、裸体の指先寸法値だけでは、適合性評価に役立たない。「人間代替物」を考えていくときには、これらの人間特性を的確に再現しなくてはならない。「製品代替物」の場合においては、それら人間特性に、正しく訴える仮想製品を制作しなくてはならない。

さらに、例えば、立位での下腿上の2点間距離と、座位での距離とは異なるように、人間の特性値は、動作等の状態により、刻々変化する。従って、ある状態で計測した値を、他の状態に適用するためには、計測値の変換式が必要となるだろう。つまり、評価対象製品、環境の適合性評価に影響を与える人間特性を明らかとし、それらをダイナミックに記述する「人間自身のモデル化」が必要になる。

(2) 人間特性の計測技術

当該製品、環境の適合性に関する人間モデルを作成できたなら、次に、人間それ自身を計測しなくてはならない。そのための技術が必要になる。

前述の例でいえば、指の大きさ、筋力、弾力、摩擦などを、どのように測定するかが問題になる。物理的単位のあるものならまだよいが、知覚、認知、官能、生理、行動などの心理・生理特性については、現状技術では、測定も困難なものが多く、また単位系もないため、記述も困難な場合が多い。しかし、今後、これらについても、よりの確な適合性評価を行うためには、これら人間特性の計測、記述がなされなくてはならない。

そのためには、人間それ自身の一層の理解が必要であるし、また、計測のための諸技術、例えば、特性計測のためのセンサー技術などの一層の発達が必要である。

(3) 「信頼できる人間データベース」の整備、確立

適合性評価の際に根拠となる人間特性値が、信頼に耐えるものでなくてはならないのは当然である。さもなくば、誤った製品評価を行うことになってしまう。しかし現状では、

例えば人体寸法値についても、日本人データはHQLのデータベースがあるものの、諸外国人については信頼に足るものがなく、輸出向け製品の評価の際に支障がでている。また、人体寸法以外、例えば動作、知覚、認知、生理、行動の中には、現状技術で計測可能な特性値もあるが、見るべきデータベースはほとんどない。

すなわち、製品適合性評価のための「生活者としての人間データベース」開発が、一層進められていかななくてはならない。

7. 2 整備されるべき人間のモデル化、人間データベース

7. 2. 1 人間の特性別の課題

人間適合性評価が、幅広い産業領域で精緻に行われるためには、前述のように、「人間のモデル化」から始まり、「信頼できる人間データ」まで、それぞれ整備、確立が是非とも必要である。

ここで、これらに関して、具体的にどのような検討がなされていくべきか、人間特性別に検討した結果を述べる。

(1) 身体特性

人体計測値として、古くから測定がなされてきているが、製品適合性評価を前提とした場合、まだまだ検討すべきことは多い。

◎諸外国人の年齢別・性別の人体計測値データベースの整備

輸出向け製品では、身体寸法に限らず、仕向け地の人間特性データが必要となる。

◎日本人人体計測値の見直し、トレンドデータベースの整備

日本人の人体計測値については、HQLの日本人人体計測値データベースが完備している。しかし、10年のオーダーでみた場合、体位の発達により、将来的にこれらが基準特性値として不適切となることが考えられる。従って、人体計測は定期的になされなくてはならないし、またさらに将来、どのように変化すると思われるか、推計式が示されなくてはならないだろう。

◎生活姿勢の人体計測値の取得

一般に人体計測値は、所定の計測姿勢をとった際の、所定の人体部位の寸法値が計測される。しかしこの姿勢で取得した値は、他の姿勢でも適合するという保障はない。例えば、先述のように、立位での下腿上の2点間距離と、座位での距離とは異なる。裸手の寸法値と、手袋をはめた際の寸法値は当然異なる。しかし、例えば自動車運転席の設計をする場合には、座位で運転手袋をはめた状態での適合性が評価されなくてはならない。そこで、これらの特定姿勢、特定状態の人体計測データベースを構築するか、あるいは、所定の方法で取得した人体計測値を、これらの状態での寸法値に変換する式が必要となる。

(2) 動作特性

動作特性については、上肢作業域、関節可動域などの一部の静的な側面については計測

がなされている。また上肢動作については、動作時間研究として古くからデータが蓄積されている。しかし、適合性評価を考えた場合、次の検討が引き続き必要である。

◎補助動作に関する検討

注視点を左から右に90度動かす場合、自然と首も回る。このように、主たる動作(この場合には眼球の転回)に付随して発生する動作(この場合は、首の回転)を補助動作という。補助動作がなされることで、身体への負担が軽減され、よりスムーズな動作が可能となる。しかし、どのような場合にどのような補助動作がなされるのか、断片的な知見しか得られていない。CGマネキンなどの動作は何か不自然であるとしばしばいわれるのも、補助動作が取り込まれていないこともあると思われる。

◎判断を伴う動作／反射的動作の検討

動作時間研究で対象としている動作は、目標に手を伸ばすなどの随意動作である。考えながら行う動作、また反射的に行われる動作に関しての知見は少ない。しかしこれらについても動作経路、動作時間等のデータが必要である。例えば、情報機器設計では、判断を伴う動作に関して、自動車設計では、衝突時の反射的な動作について、それぞれデータを必要としている。

(3) 知覚特性

知覚としては、外界の物理的刺激受容のための、視覚、聴覚、触覚(皮膚感覚)、化学的刺激受容のための、味覚、嗅覚、さらに内界状態受容のための、平衡感覚等がある。

◎知覚の解明と定量化

視覚、聴覚などは、製品適合性評価の点で十分とは言えないまでも、以前から検討がなされている。しかし、他の知覚について、適合性という点での検討は遅れている。

◎知覚情報の統合化

我々が製品を知覚的に評価する場合は、単一知覚により評価することはむしろ希である。当該製品を手にとり、目で見ながら触感を試す様に、複数の知覚情報の統合のもとに、製品を評価する。例えば、おいしいてんぷら料理は、見た目、油のはぜる音、香り、口に含んだ時の温度、歯触りなどからの食感、そして味覚により、総合評価される。これら知覚情報の統合により、相乗的、または相殺的に、当該製品の評価は統合される。このような知覚情報の統合化による適合性評価の研究は著しく立ち後れている。

(4) 認知特性

記憶、判断等の認知との適合性については、情報機器などのユーザビリティに関して、きわめて重要である。

◎認知のモデル化

ユーザビリティデザイン、ヒューマンインタフェースデザイン、認知人間工学などで、認知的側面に関する適合性について研究されてきている。しかし、製品評価のための設計原則、チェックリストなどの定性的な形で成果がまとまっている段階であり、適合性評価に使用できる形での認知構造のモデル化がなされていない。そのため、認知特性の「人間代替物」が構成できない。今後は、認知に関するモデルと、そのモ

デルに乗る形での人間の認知特性の記述が必要となる。

◎年齢、国際間比較

幼児期における認知の発達についての研究はあるが、高齢化に関して、加齢による認知特質の変化研究は立ち後れている。認知に限ったことではないが、加齢による人間特性の変化の検討は是非とも必要である。また、認知に関する国際比較はほとんどみるべきものがない。先天的か後天的かは不明であるが、例えば「赤」に対する感じ方には日欧で差異がある等、断片的にいわれており、自動車、家電等の輸出製品では問題になる。国際比較データベースの構築は急務である。

(5) 官能特性

個性の時代において、官能、感性はきわめて重要なキーワードである。官能、感性的な側面からの製品評価技術としては、官能検査の諸手法や、感性工学など、セマンティックディファレンシャル法などの多変量解析法を応用した方法がある。しかしこれらの方法は、基本的に、出来あがった製品の適合性(善し悪し)を後追的に「記述する」方法であり、設計段階で、設計コンセプトを形に表していく時には、必ずしも有益な情報を与えてくれない。

◎コンセプトを形に表すための支援技術

消費者の感性を記述するための技術、それをデザイナーが形に表していくための設計支援技術が必要である。

◎感性の意味の再吟味

「みずみずしい感性」「芸術家の豊かな感性」などの表現に見られるように、「感性」という言葉の意味するところは、美意識や、真、善などにも関係するきわめて奥の深い人間特性である。現在、感性工学等で扱われているものは、見た目の善し悪し、快適等皮相的な面を対象とし、本来の感性の意味から離脱している感もある。本来の感性の意味に立ち返り、感性特性への製品の適合問題について、再度根本から議論する必要がある。

(6) 生理特性

生理特性の点での製品の適合性評価では、主に、負担、快適性の観点での評価となるであろう。

◎生理特性の意味の検討

人間に負荷を与えると、多くの生理特性が変化する。これは負荷に対しての、生体側の恒常性の維持反応である。問題は、生理的状态が変化したということと、当該製品は人間に適合しているのか否かは別問題の場合が多いということである。例えば、ある製品を使用したときに、心拍数が増加したとする。この増加を、負担がかかって望ましくない、と評価することも出来るし、逆に、多少の拍数増加は、むしろ心肺機能の増進につながるから望ましい、と見ることもできる。つまり、生理指標を漫然と取得しても、製品評価には結びつかない。

生理特性から分かることは何か、その限界は何か、製品評価との関係をどう捉えるか、といった基本的問題の整理がなされる必要がある。

(7) 行動特性

行動は、人間の知覚、認知、動作の総体であり、また、価値観や性格、他の人間との相互作用も受けやすい総合的な人間特性である。一方で、例えば、建築物や、列車・航空機などの大型構造物では、緊急時の行動を予測した上で設計を進める必要がある。また百貨店、商店街などでは、ショッピング行動との関係で、店舗設計を進める必要があるなど、行動適合性は、構造物設計、環境設計上、重要な課題である。

◎行動特性のデータ取得

行動特性に関する知見は、行動科学などで断片的に蓄積されているが、製品評価に直ちに役立つ形にはまとまっていない。行動適合性の観点から蓄積されるべきデータは何か、それをどう取得するか、製品・環境適合性をどのように評価するか等、基本的な点を整理した上で、データが取得されなくてはならない。

◎支援技術のコンパクト化

行動特質は大きな動作を伴うことから、製品・環境代替物であると、大掛かりにならざるをえない。CGを利用した3次元体感システムとしたとしても、物理的にもシステム(ソフトウェア)的にもかなりの大きさ、規模になり、気軽に使用するわけにもいなくなる。行動特性の本質を損ねず、いかにコンパクトな支援技術を構築するかが重要な課題である。

7. 2. 2 人間モデルとデータベースの可能性

本報告書では、人間のモデル化、データベース作りの必要性を訴えている。ここで、特に認知、官能、行動などの側面について、このような人間モデルやデータベース作りは困難(不可能)なのではないか、という意見も一方ではある。そこで本報告書の趣旨から多少外れるが、この問題について、本報告書の立場を明かしておきたい。

(1) 人間モデルの可能性

人間のモデル化とは、「身体」「動作」「知覚」「認知」「官能」「生理」「行動」等の各側面において、それぞれ人間に共通した傾向を見出すことといえる。ところで、人間のモデル化、とりわけ認知、官能、行動などの心理的側面については、「人間のものの考えかた、感じ方、行動は千差万別で、共通パターンなど有り得ない」従って「モデルやデータベースなどは作れないのではないか」という意見を聞くことがある。しかし、われわれは、可能であると考えている。

これは、解剖学史に似ている。すなわち、かつて人間は一人一人、人体構造が異なると思われていた。しかし、実際に解剖をしてみると、臓器サイズに程度の差こそあれ、民族を問わず年齢を問わず構造は同じであった。さらに、人間はもちろん、脊椎動物であれば、基本的な構造は同じであった。このことは、個人差(個体差)は、モデルの違いではなく、程度の違いと理解すべきであることを示している。

認知や行動等の側面についても同じ事がいえるのではないだろうか。例えば、街路で虚空に向かって大声で叫ぶ人がいると、私たちは奇異に感じる。また街路に人だかりがあるとき、興味を示さずに黙って通り過ぎる人がいると、これも奇異に思う。このことは、「私

私たちはある状況では、ある行動を取るもの」ということを暗黙のうちに想定しているわけであり、それに反する行動がなされると、不自然に感じることを示唆している。つまり、私たちには共通の行動傾向＝人間行動モデルがあるのではないだろうか。もちろん、人だかりに吸い寄せられる人もいれば、視線を向けるだけで吸い寄せられない人もいるが、これは行動モデルの違いではなく、行動傾向の程度の差と理解すべきであろう。

これら共通の行動傾向は、どのようなものがあり、それらは、どのように体系的に整理できるかは今後の研究課題であるが、いずれにせよ、理由もなく最初から認知、官能、行動には共通傾向＝人間モデルは「ない」とする立場に立つべきではなく、「ある」とする立場に立つべきではないだろうか。

(2) 設計管理基準としての人間モデルとデータベース

人体構造を例にしてみれば、人間には「構造自体には個人差はない」といっても、毛細血管のレベルになると、走行本数や走行箇所には違いがある。このような事実をもって、人間のモデル化には無理があるとする意見がある。しかし私たちが知りたいのは、「製品設計を前提とした人間モデルであり、データである」ということを忘れてはならない。認知、官能、行動なども、心理学的に突き詰めていけば、共通行動傾向は有り得ないだろう。しかし、製品設計という前提の下での、実務的設計管理基準という見方で議論すれば、モデルは作られるのではないだろうか。

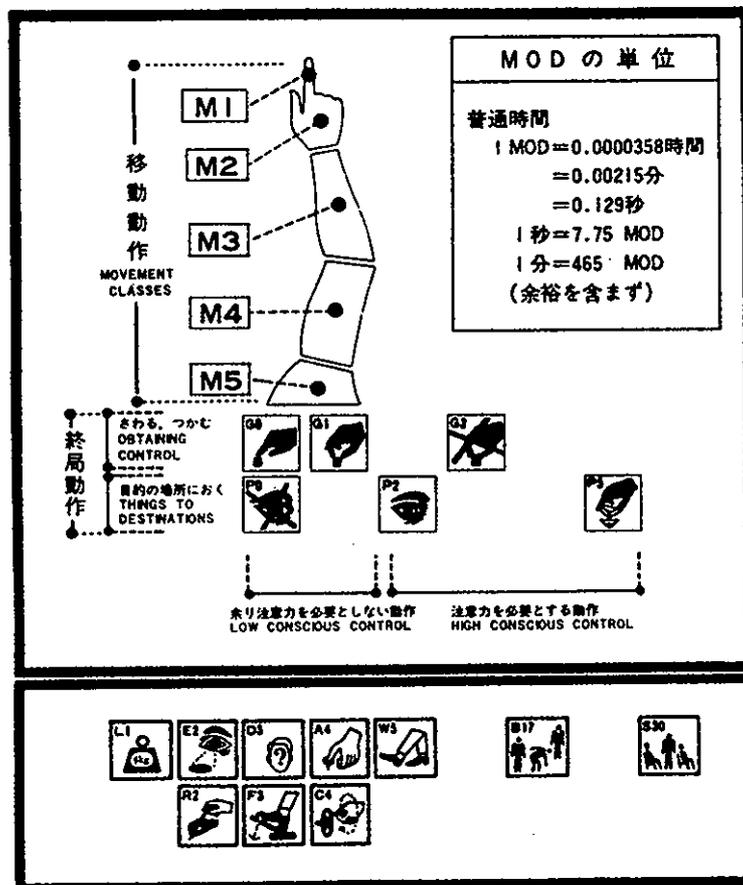
実務的管理基準ということでは、人間の上肢動作時間についての、P T S (Predetermined Time Standards) がその良い例である。これは動作種類と時間値との関係を調べた、一種の人間動作モデルであり、生産システム設計、たとえば生産工場でのベルトコンベアの作動スピードの決定などに用いられている。この人間動作モデルのおかげで、日本の工業生産は世界のトップクラスに至ったといっても過言ではない。図7.2.2-1は、P T S の例(MODAPTS)¹⁾であるが、一般に工場などで行われる動作は、この表に示される21個であり、この動作の組み合わせで作業動作が表現出来ることを示している。それでは、これ以外の動作は行われぬのか、というと、もちろんそのようなことはない。恐らく人間の動作の種類は無限であろう。しかし生産システム設計という前提に立った場合、細かい動作の差違にとらわれすぎずべきではなく、再現性のある代表的な動作を「動作モデル」として取り出し、それをもとに生産システム設計を行えばよいという実務管理基準的な考えをとれば、この21個の基本動作からなるモデルに集約できるといっているのである。

無論、製造品目により、図7.2.2-1は完全に対応できない(当該事業場に十分適合しない)場合もある。しかし、それは、P T S の考え方や、図7.2.2-1の基本モデルを否定している訳ではない。これをベースにして、より適合するモデルを自ら作れば良いだけの話であり、実際、多くの進んだ企業、事業場は、ノウハウとして自社用のP T S 動作標準表やデータテーブルを有している。製品の場合に当てはめれば、共通事項は守りつつも、各社の製品カラーなり、オリジナリティとして、製品差別化を図ることや、一人一人のユーザにより適合したモノ作りをすることに相当するだろう。つまり完全なモデル、万能なモデルは必ずしも必要ではない。検討の方向付けを示すモデルが、企業にとっては最も有益なのではないだろうか。

認知、官能、行動など、研究が遅れている人間特性についても、いたずらに細かい差違にとらわれるべきではなく、実務的な製品設計基準作りという観点から、「人間のモデル化」に取り組むべきである。

MODAPTS 基本図

MODular Arrangement of Predetermined Time Standards



MODAPTS を十分理解してからこの表をご使用下さい。

THE AUSTRALIAN ASSOCIATION FOR PREDETERMINED TIME STANDARDS AND RESEARCH
 Registered Copyright 1966. G.C.Meyde. All rights are reserved. No reproduction in any form without written permission from the publishers.

日本モダプツ協会

無断転載複製を禁ず

図7.2.2-1 P T S の例(MODAPTS)¹⁾

ところで、適合度の高い製品は、一足飛びに作れるというものではない。例えば、個人適合性の高い製品として、女性用ストッキングがあげられる。これは、製品の方から個人の体型、動作に適合してくれる現代では適合度の高い製品の一つといえるが、最初から適合度が高かったわけではない。戦後、ナイロンストッキングが開発された当座は、直立した姿勢での脚寸法、脚形状にあわせて織られていた。その結果、直立以外の姿勢を取ると、たるみや突っ張りがあり、適合度は低かったものである。これに対して、当初、婦人の生活姿勢、生活動作は千差万別であると思われ、適合度の向上は困難と思われていたが、生活姿勢、動作を調べると、「直立する」「椅子に座る」「正座する」「横座りする」「歩く」「立っている状態からしゃがんで再び立つ」「椅子に座って足を組む」など、いくつかの代表となる姿勢、動作しか行われてないことが明らかとなった。その結果、ストッキングで伸縮さすべき部分、摩擦に対して強める部分などが明らかになった。そしてそれを実現するために、伸縮性、耐久性などについて、素材、織り方などの繊維技術を格段に進歩させたのである。これは、より適合度の高い製品作りを目指す人間生活工学が、いわゆる工業技術を牽引した典型例である。また、ストッキングでの姿勢、動作研究は、スパッツ、ズボン、ブーツなどの衣類はもとより、椅子、住宅設備などの様々な製品設計に水平的に展開されてきたことも忘れてはならないだろう。

ストッキングについていうと、今日では、脚のよじれ、しわなどの形態的な側面だけでなく、締め付け部位・圧と快適感、透明感、外気温に応じた保温通気性などの官能的、生理的な側面についても詳細な検討がなされ、より個人適合度の高いストッキングが開発されているし、まだ現在でも、より個人適合度を高めるための研究が継続されている。しかし繰り返しになるが、最初からこのような適合性の高いストッキングであったわけではなく、地道な姿勢動作研究がなされ、姿勢動作モデルが作られ、そのデータが蓄積され、徐々に適合度の高い製品に成長してきたのである。つまり最初の段階では、「設計管理基準」といっても原始的であり、適合性から外れる人、状態もありえた。しかしだからそのようなモデルやデータベースが役に立たないのではなく、それを基盤にして、より適合性を高めるための継続的な検討がなされたからこそ、今日に至っていることを認識すべきである。

認知、官能、行動など、従来、製品設計管理基準という観点から扱われてこなかった側面についても同じである。まず基盤となるべき、設計管理基準としての人間モデルが作られ、それが徐々に高められていくべきであろう。

しかしいかに検討が進んでも、モデルは所詮モデルであり、現実を完全に代替表現するものではない。モデル(特に我々が主張する実務設計管理基準としてのモデル)や、そこから吐き出される結果は、真実ではない。一つの基準として設計に方向性を与え、設計案に疑問を持たせ、改良や、確認のきっかけ、ヒントを与えるものにしか過ぎないことを忘れてはならない。だが企業がまさに必要としているのは、このようなモデルであり、データベースなのではないだろうか。

7.3 人間適合性評価支援技術の近未来像

本報告書で繰り返し述べてきているように、消費者の製品に対する人間適合性の要求の高まり、製品の多様化、一方での製品開発コストと開発期間の削減要求の中で、企業は、人間適合性評価支援技術を、今まで以上に使わざるを得ないであろう。人間適合性評価支援技術の重要性がますます増すのは確実である。しかし、現在の評価支援技術は、まだ改良の余地、新規開発の必要性が多分にあることも、繰り返し述べてきた通りである。それでは、今後、どのような評価支援技術が開発されていくであろうか。人間適合性評価支援技術の近未来を考えたとき、次の3つのトレンドが考えられる。

(1) バーチャル化

「製品・環境代替物」を、ハード的に制作するとなると、制作期間、製作コストがかかり、何体も作れない。又、シミュレーションも困難である。そこで、バーチャルリアリティ（VR）による人間、製品・環境の代替化が進むだろう。ビジュアル(視覚)面はもとより、聴覚、力覚等の触覚適合性評価も、バーチャル製品によりなされる傾向が強まると思われる。ただし、それらの前提として、システムに搭載できる人間モデル、特性値データベースの整備がなされなくてはならないことは言うまでもない。

(2) 汎用型支援技術から、特化型支援技術へ

従来から、バーチャルリアリティを用いた適合性支援技術が、実用に供されている。しかし、現下の支援技術システムは、汎用性の高いものが多い。例えば、一つのシステムが、小さなプロダクトから、大型構造物まで再現でき、その再現形式も、単にモニタへの2D（二次元）表示から、力覚フィードバックを伴う3D表示まで対応することができる。このような汎用性の高いシステムは、どのような評価の観点でも対応できるものではあるが、逆に小回りが効かず、支援技術としては使い勝手が悪い場合も多い。

今後は、評価の視点、目的にピンポイント的に対応した、安価、軽便で、評価目的に適合した評価精度を有する、コンパクトな支援技術が種々開発されていくべきであり、そうなくては、企業が気軽に使用できないと思われる。なお、それらコンパクトな支援技術では、必ずしもVRを利用する必要はなく、製品開発の各過程、評価対象製品・環境の特質に応じて、ハード的なものを始め、様々な形態のものが用いられるべきであろう。

ただし、従来、汎用性の高いシステムが多かった理由の一つには、人間のどの特性との適合性を検討するか、評価側が曖昧であったために、汎用性を高めざるを得なかったという面もある。コンパクトな支援技術を作るためには、そもそも人間のどの特性との適合性を評価したいのか、支援技術の利用者側が、はっきりとした考え、評価視点を持つ必要がある。

(3) 「人間代替物」「製品・環境代替物」から「人間、製品・環境代替物」へ

「製品・環境代替物」のバーチャル化が進み、人間研究が進み「人間代替物」もコンピュータに搭載できる様になると、両者をコンピュータ上で掛け合わせる「人間、製品・環境代替物」による適合性評価も進むものと思われる。ここで、現下においても、CADマ

ネキン等が実用化されているが、評価それ自体は実際の評価者が行っている。すなわち、現在の「人間、製品・環境代替物」は、「人間」と「製品・環境」との関係状態を表示するまでであり、その関係を評価者が実際に観察して、適合性の善し悪しを判断している。

今後、評価者の判断基準が、コンピュータに搭載される形に記述されれば、「人間、製品・環境代替物」上での適合性自動評価も可能となり、熟達した評価者がいない企業においても、適切な製品・環境評価が行われ、企業競争力が一段と増すものと期待される。

参考文献

- 1) 日本モダプツ協会編：モダプツ法実践マニュアル，技法堂出版，1995.

(小松原明哲)

第8章

おわりに

第8章 おわりに

本調査研究が始まった当初は「人間適合性評価支援技術」の概念自体すらはっきりせず、事例を収集しながらの暗中模索の討議が続きましたが、結果的には、委員の先生方のご尽力によって、今まで世間に点在していた技術を体系的に整理し、将来に向けての提案をまとめることが出来ました。

このような多大な成果を得た一方、モノの急速な高機能化に対して人間に適合したモノづくりは追いついておらず、人間適合性評価支援技術やそれらを支える諸技術のさらなる改良と新規開発の必要性も痛感しました。また、人間に適合したモノづくりのためには、それらをトータルで考えるための設計方法論の確立も急がれると感じました。

本書をもとに人間と製品・環境との適合性に関する議論がさらに高まり、人間とモノとの適合性の問題を理解、解決するためのツールである人間適合性評価支援技術の研究開発が一層推進されることを切望いたします。

また本書がモノづくりに携わる現場の方々のお役に立つことを願うと共に、是非とも人間適合性評価支援技術をモノづくりの現場で実践していただき、皆様のご意見ご希望を伺えれば幸いです。現場での実践とその結果が、人間適合性評価支援技術の発展の糧となるのです。

最後に、小松原委員長をはじめ、委員の先生方には多大なるご協力とご指導をいただきました。この場をお借りして心よりお礼を申し上げます。

また、通産省の生活産業局、製品評価技術センターからは、一貫して貴重なご助言をいただきました。深く感謝申し上げます。

平成10年3月
事務局 吉田光一

付 録

付録 1 : 海外調査持参資料一式

1. Research Institute of Human Engineering for Quality Life (HQL)

The Research Institute of Human Engineering for Quality Life, called HQL for short, is an incorporated association established by the Japan's Ministry of International Trade and Industry (MITI) to promote research in human life engineering.

Human life engineering is a science that aims at developing technologies for the quantification of data on psychological and physiological human characteristics, and at promoting the application of the scientific knowledge of various human characteristics to improve working conditions and the quality of consumer products.

On the contrary to the recent technological advance, the number of accidents caused by misuse of consumer products has not been reduced. The adverse effects of inadequate working conditions have not totally eliminated. These conditions are less likely to change unless consumer products and environments are designed by taking into account various human characteristics. In addition, the number of aged people in Japan is rapidly increasing. It is, therefore, essential to develop technologies which can enhance compatibility of products and environments to humans.

Because of the existence of the inter- and intra-personal differences, standardized technologies for measuring and evaluating human characteristics have not yet been established. In other words, there are not enough objective data on human characteristics at present.

The ultimate goals of HQL are to establish human-oriented manufacturing and to create human-friendly living environment.

To achieve these goals, HQL has made the following technological targets:

a) Fundamental Technology Development

Establish the basis for human-oriented manufacturing by developing technologies for measuring and evaluating human characteristics.

b) Enhancement of Technological Infrastructure

Standardize assessment methods and references (databases) based on data and scientific knowledge obtained in the process of the development of the fundamental technologies.

c) Research and Development to Public Needs

Develop application technologies, including simulation technologies for evaluating human compatibility of products and environments, based on the standardized assessment methods and references.

Briefly, HQL intends to develop technologies for measuring and evaluating different human characteristics and various aspects of human life, for constructing databases, and for developing practical application of databases.

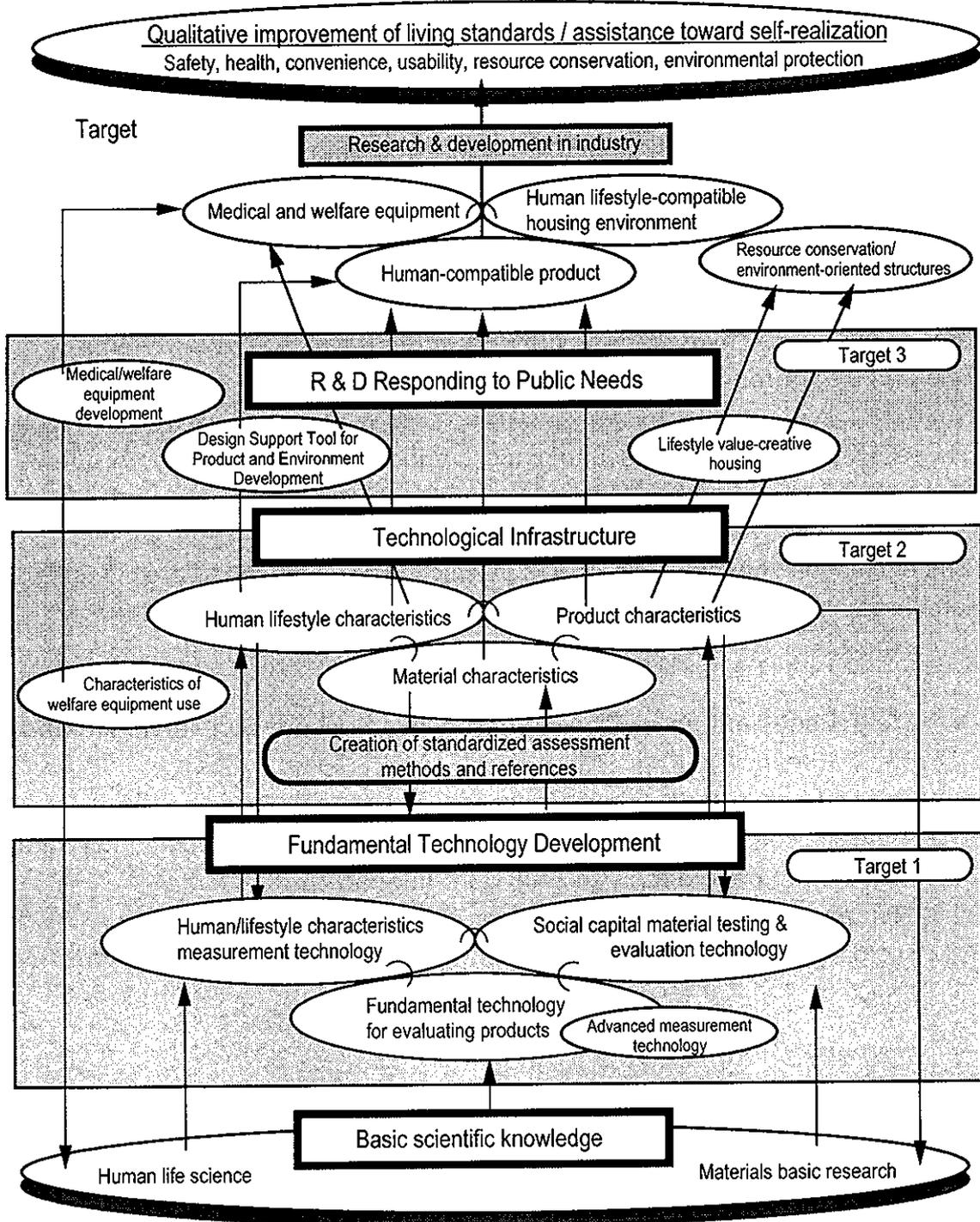
What the Human Life Engineering Involves

What is human life engineering?

---It is the scientific investigation of the characteristics of human beings and their everyday life, and the application of the resulting knowledge and understanding to the creation of products, systems, and environments.

Technological target of the human life engineering:

---Fundamental technology development for the formation of technological infrastructure for human/lifestyle characteristics and the conducting of R & D that respond to public needs



2. Research into Evaluation Support Technology for Assessing Human Compatibility of Products and Environments

2.1 Research Committee

Beginning 1997 fiscal year, we have undertaken a feasibility study aiming at studying evaluation support technology for assessing human compatibility of products and environments.

HQL organized a research committee whose members are listed below. (See page 6)

The objective of this committee is to investigate all types of evaluation support technologies that are currently used to evaluate the adaptability of products and environments to humans and that help designers to develop human-oriented designs.

These evaluation support technologies are those used for creating models and simulation systems of human and environmental characteristics.

The evaluation support technologies in which we are interested are classified into three categories.

- 1) Human Model
e.g. Body Templates, Testing Dummies, Sensors Simulating Human Feeling
- 2) Products and Environment Model
e.g. Driving Simulator, Interactive Virtual Prototyping, Simulation of what other people feel, Graphic User Interface Simulation
- 3) Human, Products and Environment Model System
e.g. Computer Manikins

2.2 Necessity for Evaluation Support Technology

- 1) To save time required to develop new products
- 2) Need for cost reduction
- 3) To meet needs of different users (an increase in the elderly population)
- 4) Growing demand for safer and more user-friendly products

2.3 Purpose of Our Research Visit

To gather any information about evaluation support technologies, especially about trend and problems.

1) Research and Developments

- technology for measuring, compiling, or analyzing data on human characteristics
- model/simulation technology for representing characteristics of humans, products and environments
- technology for evaluating the compatibility between products, environments and humans
- other related technologies

2) Use

- fields in which these technologies are used (industries, products)
- objective and advantages
- user (designers, end users, etc.)
- product development phase (research, design, product evaluation, etc.)
- limits in which these technologies are applied, demerits

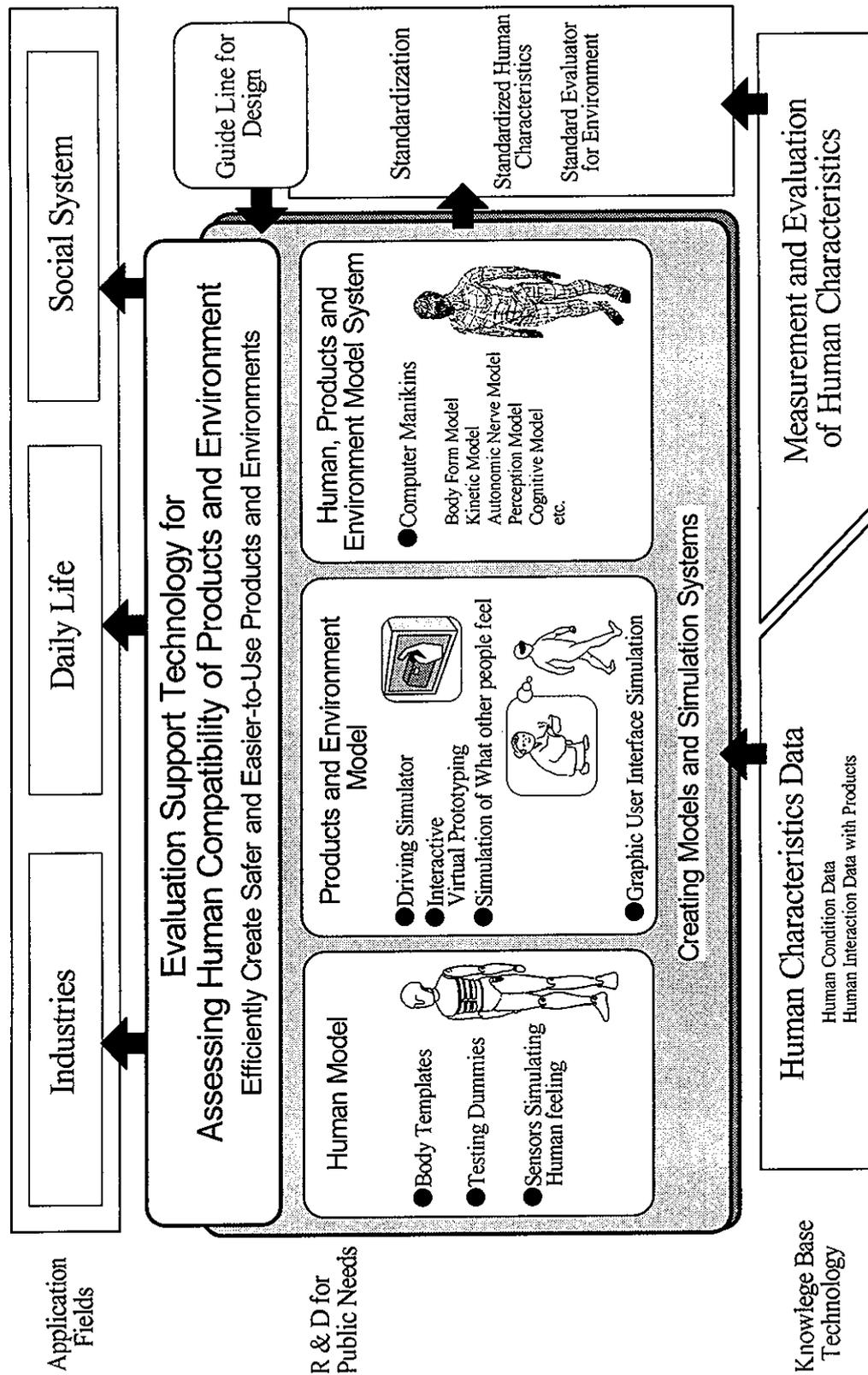
Based on the results of research, the committee will propose new method for developing evaluation support technologies.

- modification of conventional technologies (vertical development)
- new field
- proposing new evaluation support technologies and systems

Research Committee

	Name	Occupation
Chairman	Akinori Komatsubara, Ph. D.	Professor Department of Human Life and Environmental Systems Design Kanazawa Institute of Technology
Members	Yukio Fukui, Dr. Eng.	Senior Researcher System Design Section National Institute of Bioscience and Human-Technology
	Kazunari Morimoto, Ph. D.	Lecturer Faculty of Engineering and Design Kyoto Institute of Technology
	Junji Nomura, Ph. D.	Senior Staff Researcher Virtual Systems R&D Group, Information System Center Matsushita Electric Works, Ltd.
	Akira Okada, Dr. Med. Sc.	Associate Professor Faculty of Human Life Science, Osaka City University Osaka City University
	Masahito Shiho	Senior Researcher Design Lab. Industrial Research Institute of Ishikawa
	Toshio Shuto	Manager Engineering Systems Dept. Mitsubishi Research Institute, Inc.
	Tetsuo Suzuki	Manager Vehicle Evaluation Group, Vehicle Testing Department Mitsubishi Motors Corporation
	Observers	Kouji Kojima
Keiichi Iwase		Deputy Director, Office of Director for Quality of Life and Culture Industries General affairs Division, Consumer Goods and Service Industries Bureau Ministry of International Trade and Industry
Satoshi Ota		Subsection Chief, Office of Director for Quality of Life and Culture Industries General affairs Division, Consumer Goods and Service Industries Bureau Ministry of International Trade and Industry
Kazutoshi Kasagi		Dupty Director, Coordination Division Technology Department National Institute of Technology and Evaluation(NITE)
Secretariat	Kazushige Suzuki	Executive Director HQL/Research Institute of Human Engineering for Quality Life
	Matsutaro Yoshioka	Director of Research and Development Department HQL/Research Institute of Human Engineering for Quality Life
	Takashi Oya	Deputy Manager of System Development HQL/Research Institute of Human Engineering for Quality Life
	Koichi Yoshida	Senior Researcher Research and Development Department HQL/Research Institute of Human Engineering for Quality Life

Technical Problems to answer public needs in Human Life Field

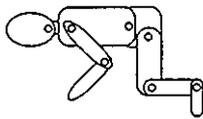


Evaluation Support Technology for Assessing Human Compatibility of Products and Environment
Map 1/3 (Human Model)

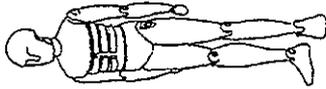
Human Characteristics	No.	Example Title	Industry					Technology Level
			Home Appliances	Information Machinery and Tools	Public Machinery and Tools	Medical Service, Industrial Plant, etc.	Transport Machinery (automobile, airplane, train, etc.)	
1 Physical Characteristics	1	2 Dimensional Manikin (Body Template, Human Scale, etc.)	○	○	○	○	○	In Use
	2	3 Dimensional Manikin					○	In Use
	3	Dynamic Test Dummy (Crash Dummy), 3 Dimensional Gravity Manikin					○	In Use
	4	Dressmaker's Model, Shoemaker's Last						In Use
	*Guideline	User Interface Guideline	○	○				In Use
	*Training	3 Dimensional Manikin for Medical Service				○		In Use, R&D
	*Database	Database of Human Body Shapes	○	○	○	○	○	In Use
	*Database	Visible Human Project				○		In Use
	5	The Simulated Experience of Aging and Physical Disability	○				○	In Use
	*Guideline	User Interface Guideline	○	○				In Use
2 Body movements	*Training	Virtual Surgical Operation System				○		R & D
	*Musculoskeletal Model	3 Dimensional Musculoskeletal Model						R & D
	*Neurophysiological Model	Neurophysiological Model						R & D
	5	The Simulated Experience of Aging and Physical Disability	○				○	In Use
	6	Noise Meter					○	In Use
	7	Human Comfort Meter					○	R & D
	8	Thermal Manikin						R & D
	*Training	Virtual Surgical Operation System				○		R & D
	*Communications Media	Television Conference System		○				R & D
	*Neurophysiological Model	Neurophysiological Model						R & D
4 Cognitive Characteristics	*Communications Media	Television Conference System		○				R & D
	*Cognitive Model	Cognitive Model						R & D
	4	Dressmaker's Model, Shoemaker's Last						In Use
	7	Human Comfort Meter					○	R & D
	8	Thermal Manikin						R & D
	9	Manikin used for the display of clothes					○	In Use
	7	Human Comfort Meter					○	R & D
	8	Thermal Manikin						R & D
	*Neurophysiological Model	Autonomic Nervous System Model						R & D
	*Behavioral Model	Behavioral Model						R & D
3 Perception	Vision							
	Hearing							
	Tactile senses							
	Smell							
	Memory, Decision							
	Impression							
	Comfort							
	Kansei							
	Autonomic Nerve							
	Stress, Fatigue							
5 Sensory Evaluation Characteristics	Behavioral Characteristics							

*Related Technology

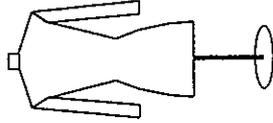
Evaluation Support Technology for
Assessing Human Compatibility of Products and Environment



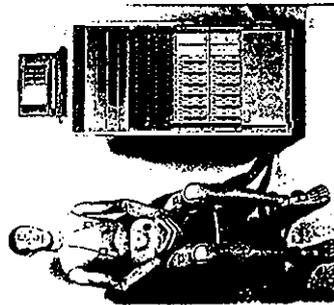
No.1 Two Dimensional Manikin



No.3 Dynamic Test Dummy (Crash Dummy)



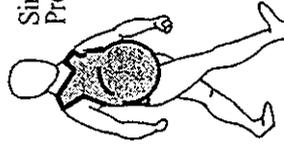
No.4 Dressmaker's Model



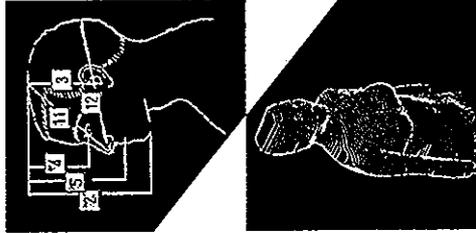
No.7 Human Comfort Meter

(Refer to Human Sensory Measurement
Application Technology's brochure page 12)

Human Model



Simulated Experience of
Pregnant Woman



*Database of Human body Shapes
(Refer to HQL's brochure)

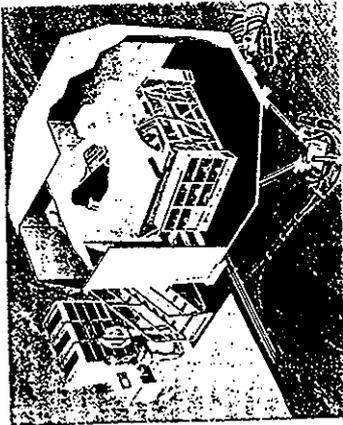
No.5 The Simulated Experience of Aging
and Physical Disability

Evaluation Support Technology for Assessing Human Compatibility of Products and Environment
 Map 2/3 (Products and Environment Model)

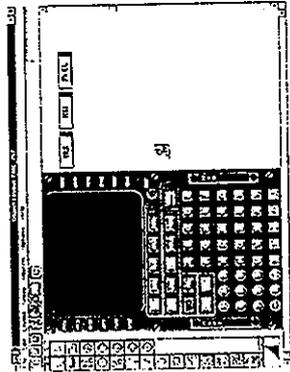
Human Characteristics	No.	Example Title	Industry						Technology Level
			Home Appliances	Information Machinery and Tools	Public Machinery and Tools	Medical Services, Industrial Plant, etc.	Transport Machinery (automobile, airplane, train, etc.)	Construction Industry	
1 Physical Characteristics Size Shape Reaching, Joint Angle Muscle Strength Time Required :	1	Mock-up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	2	Virtual Housing System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	1	Mock-up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	2	Virtual Housing System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	3	Operation Simulator (Driving Simulator, Flight Simulator, Wheelchair Simulator, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	*Amusement	Ski Simulator, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	1	Mock-up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
3 Perception Vision Hearing Tactile senses Smell :	2	Virtual Housing System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	3	Operation Simulator (Driving Simulator, Flight Simulator, Wheelchair Simulator, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	4	Graphic User Interface Simulation System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	5	Acoustical Simulation System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	6	Virtual Wind Tunnel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	7	Artificial Climate Room, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	*Amusement	Ski Simulator, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
4 Cognitive Characteristics Memory, Decision :	*Amusement	"Let's go to the zoo!" System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R & D
	1	Mock-up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	4	Graphic User Interface Simulation System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	8	Interactive Virtual Prototyping	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	*Training	Computer Base Training (Maintenance, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	*Amusement	"Let's go to the zoo!" System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R & D
	1	Mock-up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	4	Graphic User Interface Simulation System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
5 Sensory Evaluation Impression Comfort Kansei :	8	Interactive Virtual Prototyping	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	7	Artificial Climate Room, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	*Training	Computer Base Training	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	*Amusement	Ski Simulator, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	*Amusement	"Let's go to the zoo!" System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R & D
	1	Mock-up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	3	Operation Simulator (Driving Simulator, Flight Simulator, Wheelchair Simulator, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
6 Physiological Characteristics Autonomic Nerve Stress, Fatigue :	7	Artificial Climate Room, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	1	Mock-up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	*Amusement	"Let's go to the zoo!" System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R & D
7 Behavioral Characteristics	3	Operation Simulator (Driving Simulator, Flight Simulator, Wheelchair Simulator, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
	7	Artificial Climate Room, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use, R&D
	*Amusement	"Let's go to the zoo!" System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Use
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R & D

*Related Technology

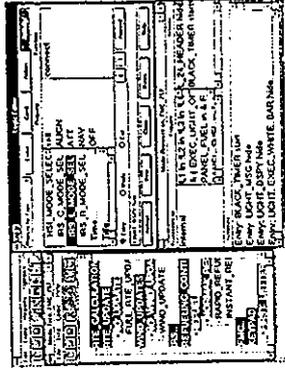
Evaluation Support Technology for
Assessing Human Compatibility of Products and Environment



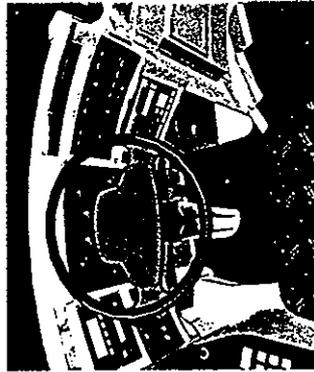
No.3 Boeing 767 Flight Simulator
(Handbook of Human Factor,
Jhon Wiley & Sons, Inc. 1987)



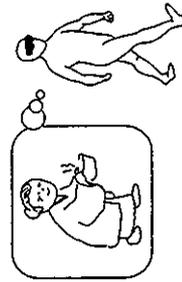
No.4 Graphic User Interface Simulation
(Rapid brochure, Emultek 1995)



Products and Environment
Model



No.8 Interactive Virtual Prototyping
(dVISE brochure, Division Limited 1997)



Simulation of What other people feel



*Training Computer Base Training
(dVISE brochure, Division Limited 1997)

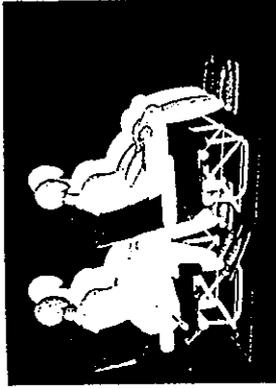
Evaluation Support Technology for
Assessing Human Compatibility of Products and Environment



No.1 Computer Manikin
Jack (Jack brochure,
University of Pennsylvania 1996)

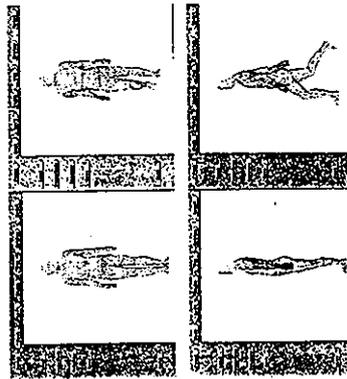


No.1 Computer Manikin
SAFEWORK (SAFEWORK brochure,
Genicom Consultants 1997)



No.1 Computer Manikin
MYDYMO (MADYMO brochure,
TNO Crash-Safety Research Center 1997)

Human, Products and Environment
Model System

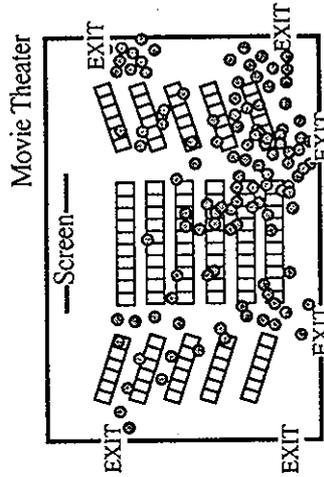


No.1 Computer Manikin
3-D human body model
(Refer to Human Sensory Measurement
Application Technology's brochure p10)



Applications
(left : air conditioning,
right : floor heating)

No.6 Thermal Model
(Refer to Human Sensory Measurement
Application Technology's brochure p8)



No.8 Simulation of Crowd Behavior in
Emergency Situation