

# 人間行動適合型生活環境創出システム技術

## － ヒトの行動を理解して生活を支援する技術 －

人間福祉医工学研究部門 赤松 幹之  
ヒューマンストレスシグナル研究センター 松岡 克典

### 1. 人間行動プロジェクトの概要

人間の行動というものは意外と分らないものである。他人がどのような行動をしているか知らないし、自分自身の行動であっても、自分に都合の良いように解釈されることも多い。したがって、人間の行動特性に合うような製品や生活環境を作るためには、人間の行動を客観的に計測して、その行動特性を明らかにする必要がある。「人間行動適合型生活環境創出システム技術」(通称：人間行動プロジェクト)は経済産業省の産業基盤技術研究開発制度のもと、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)プロジェクトとして平成11年度から5年計画で始まり、年間約10億円の予算で(社)人間生活工学研究センター(HQL)が受託して、企業16社と2つの大学が参画し、産総研との共同研究として実施している(図1)。研究の拠点として産総研つくばセンターに「操作行動ラボ」、産総研関西センターに「移動行動ラボ」が置かれている。

ここでは(1)人間行動の計測技術の開発、(2)行動データの蓄積と理解、(3)それに基づく行動支援技術の開発を行っている。この研究プロジェクトの目的は、生活場面での人間行動の計測を行い、そのデータを蓄積することにある。これによって個人各々の行動パターンを明らかにし、これを基にしてその個人に適合した行動支援技術すなわちパーソナルフィット技術を開発しようというものである。

人間の行動は多岐にわたることから、人間生活を住む場、働く場、通う場に分け、さらに働く場を屋外で広範囲にわたって移動する作業と、製造業での作業に分け、プロジェクト全体で4つの場面を対象としている。具体的には、建設作業やプラントメンテナンス作業現場での行動、住宅内の行動、自動車運転行動、製造業でのものづくり作業行動である。以下では、自動車運転行動とものづくり作業行動に関する研究開発内容を紹介し、次に住宅内行動と建設作業お

よびプラントメンテナンス作業での行動に関する研究開発を紹介する。

### 2. 自動車運転行動での行動適合型支援技術

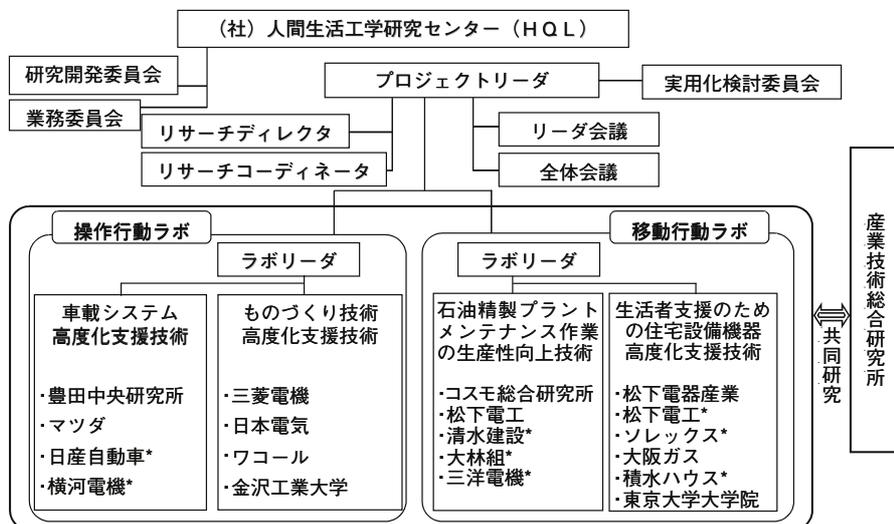
#### 1) 自動車運転行動適合化技術のねらい

近年、センサ技術、通信技術等によって自動車と道路を高度化して安全で効率的な交通を実現しようというITS(高度道路交通システム)の開発が推進されている。ITSでは車間距離などの物理的なパラメータのみで警報等のタイミングを決定しているが、決まったタイミングだけで警報が出ると運転の仕方(車間距離など)によっては煩わしいし、人によっては手後れになりかねない。そのため、個人個人の行動特性の把握が望まれている。一方、交通事故の90%以上がヒューマンエラーが原因といわれている。それは、たまたまスピードを出した時に前方で渋滞していたといった、交通の乱れと行動上の乱れが同時発生することで事故に至ると考えられる。そのように考えると、運転行動の通常からの逸

脱を検知することが事故低減につながると考えられる。これらのためには通常の行動を計測・蓄積することで、個人の通常の運転行動をとらえ、その行動に対する適合性を評価しなければならない。

#### 2) 運転者属性評価技術

個人ごとにもっている運転のタイプすなわち運転者属性を計測する手法として、運転スタイルチェックシートの開発を行った。これを用いることで、「運転に対する自信」「運転に対する消極性」「几帳面な運転傾向」「事故に対する心



\*は集中研協力企業

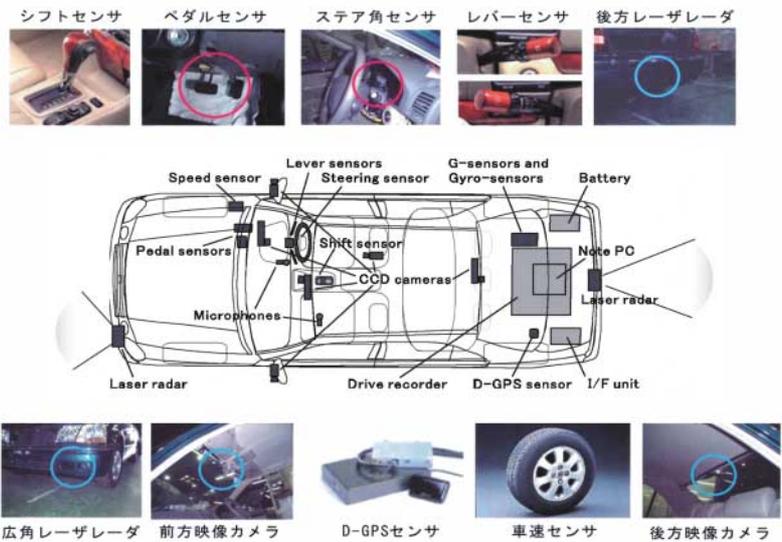
● 図1：研究開発体制

配性的傾向」などの運転スタイルの8つの指標のスコアが得られる。これを利用して、高齢者は若年者に比べて運転に対して消極的であるが、若年者の方が事故を起こすことに対して心配する傾向が強いことなどを明らかにした。

### 3) 運転行動計測技術とモデル化技術

自動車運転は外的状況に影響を受ける行動であるが、実際の道路では二回と同じ状況にはならない。その問題を解決し、高い精度で運転行動を計測できる装置としてドライビングシミュレータを開発した(写真1)。これを用いて、例えば一旦停止交差点において、優先道路側に通過車両が見えるか見えないかによってブレーキタイミングや停止線での最低速度が影響を受けるといった状況依存型の行動を明らかにした。また、このドライビングシミュレータに眼球運動計測装置と頭部運動計測装置を組み込み、道路座標系における視線ベクトルの高精度な計測を可能とした。これによって、交差点を左折する際に、几帳面な運転傾向が低い運転者はあまり内側を見ずに左折していることなどを明らかにした。

一方、実際の道路での運転行動計測のための車両も開発した(図2)。この車両には10種類あまりのセンサと6台の小型 CCD カメラが組み込まれており、どこでどのような状況下でどのように運転行動を行ったかを記録できる。この計測用車両を使って、92名



●図2：実路運転行動計測用車両につけられたセンサ類

の被験者に2ヶ月間に渡って平日の決まった時間につくば市内の運転を毎日行わせて行動を記録し、その記録データ(約1200トリップ)をデータベース化している。また、これらの計測結果を基に、ベイジアンネットワークおよび隠れマルコフモデルの手法を用いて、運転行動の通常からの逸脱を検知する行動理解技術を開発している。

### 3. ものづくり作業行動

#### 1) ものづくり作業行動適合のねらい

我が国の製造業では、若手不足による技能の伝達が問題となっているとともに、産業構造の変化から作業技能の空洞化が問題になっている。これを解決する一つの方法が、ものづくり作業

行動の計測と蓄積によって、製造業における技能を伝達するための技術の開発である。

製造業においては機械化・自動化が進む一方で、少量多品種生産については人の手作業により行っている。ここでは手指動作による作業としてマシンによる縫製業を取り上げるが、これは材料が軟らかく機械によるハンドリングが困難な作業である。一方、金属加工においては機械の自動化が進み、工作機械の70%がNC(数値制御)工作機械になっている。NC工作機械による加工は機械に入力したプログラムにしたがって自動的に行われるが、初回加工においてはプログラムのチェックは人によって行わなければならない。そこで、ここでは自動化機械による作業行動として、NC工作機械による初回加工におけるプログラムチェック作業を取り上げる。

#### 2) 手指作業行動の計測技術

縫製作業における主な技能は手指動作に現われるが、マシンによる縫製作業を計測する場合には、機械や生地による手指の隠蔽が問題になる。そこでここではグローブ型の手指センサとカラーマーカーによるモーションキャプチャー装置、そして超小型の CCD カメラを埋め込んだ眼鏡型の作業者の視野を計測する装置を統合した計測システムを開発した(写真2)。これを用いて、実際の作業者の縫製作業中の姿

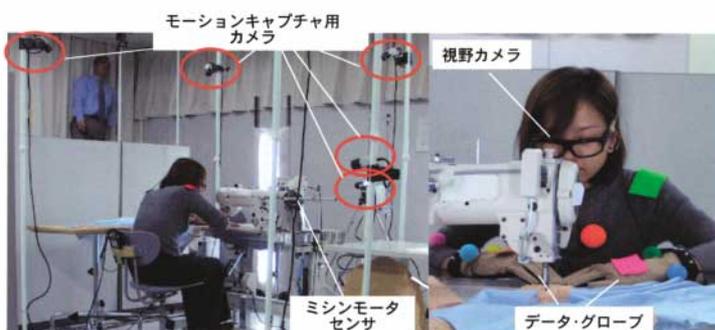


●写真1：運転行動計測用ドライビングシミュレータ

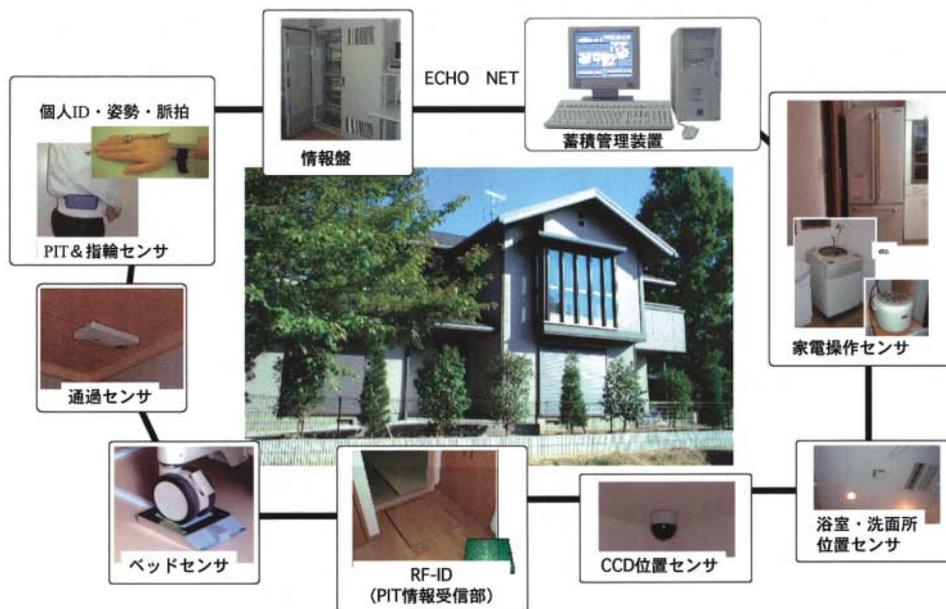
勢や動作を比較すると、高度技能者は肘および手首の位置が高く、自由に手指が動かせる姿勢であることが分かった。さらに、高度技能者は布地を送る時には大きく指の開閉をしていること、ミシン台への布地の押し付け力が小さいことなどが明らかになっている。そしてこれに基づいて、高度技能者と技能未習得者との工程ごとの行動上の差異を表示して、比較が行えるための行動理解技術の開発を行っている。

**3) NC工作機械におけるプログラムチェック作業行動のモデル化技術**

NC工作機械でのプログラムチェック作業においては、作業者がプログラムのステップを進めながら工具とワークの干渉（衝突）をチェックしたり、プログラムのバグによる予期しない動きに対応しなければならない。そこで、NC工作機械模擬装置を用いた実験室的実験や実際の工場現場での実験を行い、作業者の注意行動と対処行動を計測した。高度技能者は加工プログラムで起きやすい間違いや入力ミスが何であるかを考えながらプログラムチェック行動を行っている。そこで、加工パスごとの工具とワークの位置関係と注意行動、また全体の工程における各加工パスの位置などと注意行動の関連性を解析した。これらから、工具が下向きに動く時や、これまでになかった加工パスが出現する時などに注



●写真2：手指作業行動計測システム



●写真3：住宅内行動常時計測のための実験住宅と設置されたセンサ類

意行動を行っていることなどが明らかになった。これに基づいて、加工プログラム中のどこに注意しなければならないかをモデル化し、作業者が加工プログラムのステップ送りをしているときに必要なチェックの指示を与えることのできるNCコントローラの開発につなげていこうとしている。

**4. 住宅内行動場面での行動適型支援技術**

**1) 住宅内行動適化のねらい**

住宅内での日常生活行動は、朝起きてトイレに行き、食事を済ませ、着替えて仕事に出かけるといったように、基本となる生活行動の一連の繋がりとして表現できる。この一連の生活行動は、具合が悪い時や異常時には順序が変わったり、行動に要する時間が長くなったりする。このような生活行動の

変化を自動的に検知して、異常時の自動通報支援や健康管理支援を行う技術の開発を進めている。

住宅内での事故は高齢化と共に年々増えており、65歳以上の住宅内事故死が交通事故死の1.7倍にもなっている。少子高齢化や核家族化が進む中で、人が生活者を見守ることが困難になっている現代、生活者を見守る技術に期待が寄せられている。

**2) 住宅内行動の常時計測**

住宅内の行動は人によって様々であるため、異常検知の基準となる普段の生活行動の蓄積が重要になる。生活行動の常時計測・蓄積技術を開発するために、住宅内に13種類のセンサ群を144個配置した実験住宅を構築した(写真3)。人の動きを検知する赤外線センサ、人の生活動線を抽出する画像センサ、人体の姿勢・活動量・脈拍数を計測するウェアラブルセンサ、窓・扉の開閉センサ、家電製品の使用状況検知センサを開発して組み込んだ。

**3) 生活行為の推定技術**

生活行動の時間幅はいつも同じではなく、センサの応答も人の距離や動きの大きさによって異なる。そのためセンサ情報の単純な比較で異常を検知することは困難で、センサ情報から抽出した生活行為の時系列情報として比較する技術の開発を進めてきた。生活に

必要な13種類の生活行為を選び出し、これらの基本行為を概ね70%程度の正答率で推定する技術を開発した。

#### 4) 日常生活の中での異常の検知技術

- (1) 生活時間の異常:各部屋の滞在時間やセンサ反応が無い不応答時間から、異常を検知する手法を開発した。倒れて動けない状態などの危急時状態の早期発見が可能となる。
- (2) 生活リズムの異常:加速度センサ情報から昼間の活動量を、体動や心拍から睡眠の質を推定して、一日の生活リズムを評価できるようになった。光刺激による生活リズムの回復支援など生活の質の維持・向上が期待できる。
- (3) 生活行為の順序・頻度の異常:健康状態の変化やうつ状態などの精神状態の変化に伴って生じる生活行為の順序や頻度の乱れを検知して、疾病予防や健康維持を目指している。

### 5. 広域作業行動場面での行動適合型支援技術

#### 1) 広域作業行動適合化のねらい

プラントメンテナンス作業や建設作業のような広域作業では、安全性を損なうことなく生産性を向上することが大きな課題となっている。例えば、石

油精製プラントメンテナンス作業では、1ヶ月のプラント停止期間と、ピーク時で3000名もの作業員の投入が必要となる。作業期間を1割短縮できるだけで、年間数十億円の経済効果が見込まれる。

このような広域作業では、個別作業員レベルで2~3割の割合で発生する「空き時間」を短縮することにより生産性を向上できる。また、作業現場の事故の90%以上が不安全行動に起因しており、作業行動に基づいた安全管理システムが求められている。そこで、空き時間を短縮する工程シミュレーション技術、および不安全行動に基づいた安全教育システムの開発を進めている。

#### 2) 広域作業の計測技術

作業負担を評価する加速度センサと心電図計測センサ、および入退出管理機能を組み込んだウェアラブルセンサを開発した。加速度と心電図から、作業時の消費エネルギーを推定して作業負担を評価する。また、作業者の体調を評価するバランス評価装置、作業者のヒヤリ・ハット状態を検知して危険な作業場面を自動蓄積する技術の開発も進めている。

#### 3) 空き時間を短縮する作業工程シミュレーション技術

石油精製プラントメンテナンス作業

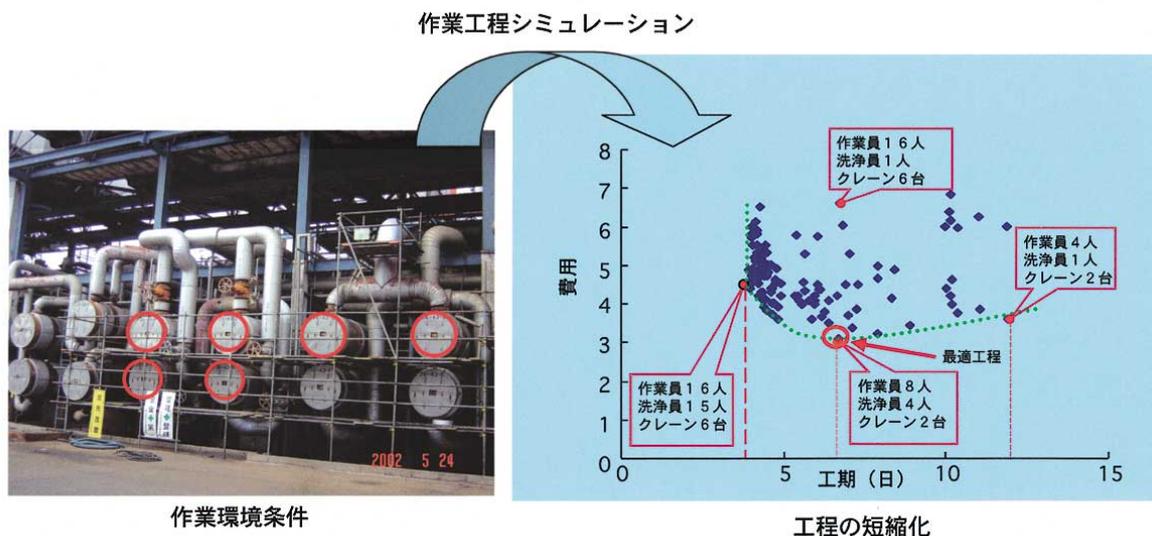
のクリティカルパスとなる熱交換器メンテナンスに焦点を絞り、職種別の作業員人数、クレーン数、作業禁止条件(上下作業禁止など)を入力することにより、空き時間を省いた作業工程を生成するシステムの開発を進めている(図3)。シミュレーションでは4割程度の工程短縮が可能な結果も得られており、実証実験を通じた検証と改良を現在進めている。

#### 4) 不安全行動データベースと安全教育システム

石油精製プラントメンテナンス作業におけるヒヤリ・ハット事例(550件)を収集し、作業内容と作業条件からヒヤリ・ハット事例の生起予測リストを生成するシステムを開発した。最終的には、作業現場で作業内容に応じた安全のための指示を作業員に教示するシステムの開発を目指している。

### 6. 今後の展望

生活様式の多様化、生活の価値観の多様化、高齢化が進む中で、各生活者・作業員に応じた機能や情報を提供する製品やシステムが、より質の高い人間生活を構築する上で不可欠となってきている。本研究開発で進めている個人適合型生活支援技術が、このようなニーズに応える新しい基盤技術として貢献できるように努力していきたい。



●図3: 石油プラントメンテナンス作業における工程と費用の関係