

管理工学科における人間システム工学分野の役割と展望

岡田 有策, 大門 樹, 中西 美和

管理工学科における人間システム工学分野は、学科設立初期から、社会とのつながり、研究成果の社会への貢献の部分を中心に意識し、“ヒト”の視点に立って、社会・企業における諸問題の解決を図ってきた。本稿では、当分野の教育カリキュラムとして備える科目群を説明したうえで、3名のスタッフそれぞれがカバーするスコープとして、現在主に従事する研究活動、および、社会的活動について紹介する。また、時代の要請や期待に応じて今後、当分野から創出したい価値についても、それぞれのスコープのもとでの展望を述べる。

キーワード：人間システム工学、安全マネジメント、ヒューマンインタフェース設計・評価、製品／サービスデザイン

1. はじめに

福沢諭吉が実学（サイヤンス）を慶應義塾の根幹の一つとして提唱しているが、管理工学科はまさにこの教えを具現化する一つの形として生まれた学科とあってよいだろう。人間システム工学分野も、社会とのつながり、研究成果の社会への貢献の部分を中心に活動してきた。学科設立初期から、“ヒト”の視点に立ち、社会・企業における諸問題の解決を図ってきた。たとえば、「生体計測を用いた労働安全衛生活動支援」、「作業者の動作分析を通じた作業改善」、「信頼性解析手法を用いたシステム評価」、「手動制御特性を考慮したインタフェース評価と設計」などである。その後、社会状況、すなわち社会における新技術の導入にあわせる形で、新技術と人との調和に貢献するよう研究活動を進めてきている。どのような分野、業種を対象とするかは、その当時のスタッフの知的好奇心の強さ・広さが鍵となっていた。輸送（航空、鉄道、自動車）、エネルギー（電力、ガス）、製造（電気、機械、化学）、ITサービス、医療など、非常に多様な業界から課題をいただき、その解決を図ることで実用性の高い研究成果をあげることができた。加えて、幅広い分野で活躍できる人材を教育でき、社会に輩出し続けられたことは大きな成果であると考えている。

このように研究対象が変わっていくに従い、人間システム工学の基本である身体・認知・心理特性はもち

ろん、システム工学、制御理論、社会システム、組織論・マネジメント論などが問題解決に必要なようになってくる。問題発見から仮説立案までを実学の精神が支え、仮説検証から問題解決策の立案に対しては管理工学科の幅広いカリキュラムが基盤となっていることによって、当分野は社会に役立つ成果を提供し続けられていると考えている（図1）。また、大学・学会などの研究機関だけでなく、企業・団体における講演・講習の要請も非常に多くなってきている。昨今では、企業内の定期教育、定期セミナー、新入社員研修なども担ってきている。今後も、管理工学科というプラットフォームに立つ人間システム工学分野であるから成し遂げられることを積極的に挑戦していきたいと考えている。

管理工学的人間システム工学の経験を駆使すると、新技術（イノベーション）の出口戦略の提案など、他分野の研究活動・成果に貢献できるという実績も得られてきた。他分野の研究者が管理工学科分野の研究者と協働することでより高い社会的価値を得ることを期待してもらえよう、強靱でしなやかな研究組織になれることを目指していきたい。

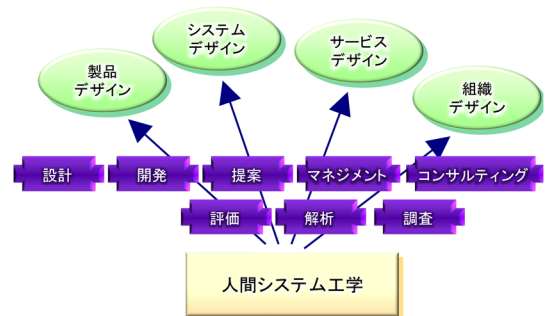


図1 管理工学科における人間システム工学分野の教育・研究スコープ

おかだ ゆうさく, だいもん たつる, なかにし みわ
慶應義塾大学理工学部管理工学科
〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1
okada@ae.keio.ac.jp
daimon@keio.jp
miwa_nakanishi@ae.keio.ac.jp

2. 当分野の教育カリキュラム

人間システム工学分野のカリキュラムは、学科配属の2年次から大学院まで一貫性のあるボトムアップ教育を意識して構成されている。まず、2年次に、当分野3名で共同担当する人間工学Ⅰ（ヒューマンファクターズ）が、学科の学生ほぼ全員が履修する特別指定選択科目として設置されており、ここで基本的な人間特性、システム特性、またそれらに関するモデル、さらに実場面への応用の歴史を学ぶことができる。続く3年次の春学期では、人間工学Ⅱ（ヒューマンインタフェース設計・評価論）で、人間特性とシステム特性を踏まえたヒューマンインタフェース設計および評価の考え方と手法を、また、人間工学Ⅲ（プロセスシミュレーション）ではシステム制御および信頼性評価に主眼を置いた分析手法を、さらに人間工学Ⅳ（計量心理学）では応用統計手法などを用いた主観データの取扱い方について学ぶ。3年次の春学期は、これらの講義科目と並行して、必修科目であるSHE (System Human Engineering) 実験が設置されており、学科に所属する全学生が、実験デザインから測定、分析、さらにグループのメンバや教員とのディスカッションを通して、人間システム工学分野の研究における考え方と手技に触れる。3年次の秋学期には、人間工学Ⅴ（ヒューマンエラーマネジメント）でヒューマンエラーに起因する事例分析手法をグループワークなどを通して学ぶ一方、人間工学Ⅵ（時系列パターンの解析）では、生理反応計測によって得られる時系列データの処理について、一部データ取得のための実験も取り入れながら、実践的に学ぶ。管理工学科では4年次から研究室配属がなされるため、3年次までの一連の科目を履修することにより、人間システム工学分野での研究に必要な知識とスキルはほぼすべて習得することができる。大学院科目として設置されている二つの科目のうち、人間工学特論Ⅰ（ヒューマンファクターズ特論）は4年生が先取履修することができるだけでなく、他学科出身の大学院生も履修可能となっている。ヒューマンファクターズの学術的な成り立ちについて学んだうえで安全マネジメントの諸手法と製品デザインにおける企画と評価の手法を、出身学部と学年をミックスしたグループで議論しながら学ぶ。また、もう一つの大学院科目である人間工学特論Ⅱ（システム分析・設計特論）は、人間とシステムのインタラクションを考慮したシステム設計および評価について、最新の事例を実践的に学ぶことができる。

3. 当分野の各研究室における現在の研究内容

3.1 岡田有策研究室

当研究室はヒューマンファクターズを主とし、安全工学、人的信頼性解析、システム工学を基盤として活動している。研究室設立当初からヒューマンエラー関係の研究を主軸に進めてきているが、2010年以降は、安全マネジメントを研究フィールドの中心に据え、ヒューマンエラー要因分析手法、ヒューマンエラー発生可能性評価手法、ヒヤリハット事象の収集・分析・評価システムの開発、安全文化評価手法、従業員の安全意識調査分析方法、管理監督者に対する安全教育方法、安全マネジメント実施者に対する学習システム、安全講習効果（安全態度、気づき能力）測定方法などの研究・開発・実装を、鉄道・重工業・IT・医療分野を対象に図2に示す戦略プランのもと行ってきた。特に、安全意識調査は過去10年で延べ50団体（従業員の90%以上に対して実施した団体数）に対して行っており、その調査結果をもとに、安全マネジメント活動に対するアドバイス・コンサルティングを実施するとともに、安全マネジメント活動の活性化を図るための人材育成も行ってきた。人材育成も含め10年以上にわたって活動を続けている6事業者については、関連団体のみならず監督官庁からもその安全マネジメント活動が高く評価されている。

さらに、安全マネジメント活動の成果を企業のレピュテーションとして捉え、活動の目標自体を企業価値の向上となるように、事業者における安全マネジメント活動の位置づけを変革させる取り組みを5年以上行ってきた。レピュテーションからブランド、さらには地域からの信頼というように戦略目標を段階的に引き上げることで、中間管理者を含め現場の安全活動への参加意欲の向上、現場提案型対策立案への変化、恒常的な対策および活動の（現場中心型の）見直しといったボトムアップ型の活動の進展が見られてきている。このことは一方でトップマネジメントの変化にもつながり、企業活動自体の活性化にもつながっている。

安全マネジメント活動支援から進展させた研究成果を、事業者におけるさまざまなマネジメント活動にも応用させることを通じ、利用者、地域住民にとっても安全・安心な社会が確立できるよう、今後も事業者目線で研究活動を進めていくつもりである。

3.2 大門樹研究室

当研究室は、自動車や道路環境・交通施設など人の移動に関わる分野を主な対象として、人間工学・システム

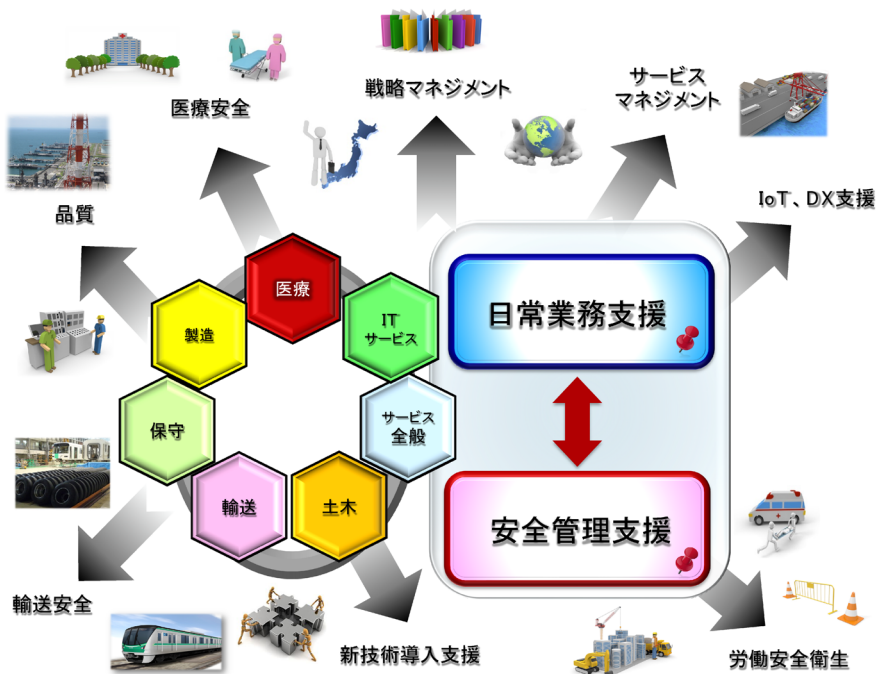


図2 企業におけるヒューマンファクターズに関わる問題解決を礎とした研究活動

工学の観点から、安全性や利便性の向上、安心感の提供などを目指して研究活動、教育指導を行っている。具体的には、自動車の車載情報システムや運転支援システム、道路インフラを利用した路車協調システムに関わる設計推奨やガイドラインの策定、標準化への貢献を目的として、人間の認知・判断・行動の特性やワークロードに関わる研究や、人間を支援するシステムとそのヒューマン・マシン・インタフェース/インタラクション (HMI: Human Machine Interface/Interaction) の設計・評価、システム利用に関わる認知・行動のモデル化に関わる研究を中心に行っている。

これまで、カーナビゲーションの市場導入初期にはカーナビゲーション利用時のドライバーの認知特性や経路誘導のための HMI 設計、自動車・道路インフラの情報・通信技術の高度化に伴う高度道路交通システム (ITS: Intelligent Transport Systems) の開発・導入期には路車協調型のドライバー安全運転支援のシステム設計などを対象に、常に人間工学・システム工学の観点に立って研究開発を進めている。この間、研究に関わる関係者は、自動車関連メーカーに留まらず、道路管理者や関係省庁も加わり、産学官連携に基づいた協調領域としての研究活動を行うに至っている。

2016 年からは戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の自動運転に関わる研究開発に参加し、自動

運転車の社会実装の観点から、自動運転車と周囲交通参加者 (歩行者や他ドライバーなど) との間の安全・安心で円滑なコミュニケーション/インタラクションの実現に関する研究開発を産学官連携のもとで進めている (図 3)。研究開発の当初から、自動運転車の意図や運行状態を伝達するための方法、特に外向け HMI (External HMI) と呼ばれるコミュニケーション装置に関して、周囲交通参加者の視点に立った基礎データや知見を蓄積しているが、近年、この外向け HMI に関わる国際標準などの議論が活発になり、その議論に関連した新たな研究準備も進めている。SIP 第 2 期では、中山間地での移動・物流サービスとして活用が期待されている低速走行の自動運転車を対象に、周囲交通参加者とのコミュニケーションの方法や設計に関する研究開発を行っている。地域住民の生活様式や地域産業の特徴などさまざまな要素を踏まえ、うえでの研究開発が必要であり、自動運転車と地域住民との安全・安心で円滑なコミュニケーションを提供できるよう、引き続き、人間工学・システム工学の観点から研究活動を進めたいと考えている。

3.3 中西美和研究室

当研究室では、人間特性 (身体、認知、心理) に基づいて、あらゆるモノ (製品、システムなど)、コト (サービス、訓練教育など) のデザインをすることは、工学



図3 安全で安心・円滑な自動運転車と周囲交通参加者のコミュニケーション実現のための研究課題

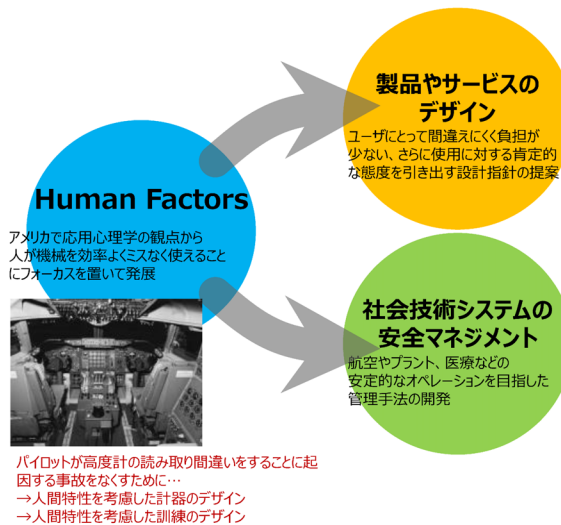
において最も理に適った方法であるとの信念のもとで、1) 人間特性の解明、2) 人間特性のモノ・コトへの実装提案、3) 人間特性に基づくモノ・コトが人間（ユーザ、消費者、作業者など）に与える効果検証を主なテーマとして研究を進めている。また、基本的にはラボ実験のアプローチをとるが、併用して、スマホアプリを用いた社会実験のアプローチに臨んだり、オープンデータを利用した分析的アプローチを加えたりなど、方法論に制約を設けず、研究課題の遂行に必要な手法を積極的に適用するようにしている。

現在の研究トピックスは、製品やサービスの企画手法の提案と検証、および、航空、化学プラント、医療などの社会技術システムの安全マネジメントに還元できる知見確立の、大きく二つの研究領域に分かれる（図4）。一見、全く別物に思われる両領域であるが、いずれも「人間中心設計」が不可欠かつ有効な領域であり、考え方においても用いる手法においても、両領域相補的に適用することができる。なお、当初から学生に人気がある研究テーマは前者だが、一方、取り組み始めるとその奥の深さの虜になっていく研究テーマは後者、という特徴もある。

特にコンシューマ向けの製品やサービスの研究は、タイアップ企業がないと成り立たない。これまで、わが国を代表する大手電機メーカー、自動車メーカー、自動車インタフェースメーカーなど多数の実務者と、それぞれの業種におけるイノベーションをどうやって作り出すかについて前向きかつ具体的に検討し、大学サイドでは学術的な価値を、また、企業サイドでは実利的な価値を追求して、両者 win-win とするべく、いずれの研究テーマも進めてきた。代表的なものとして、モノの

使いやすさに主眼を置いた従来の概念「ユーザビリティ」に対して、モノと人とのインタラクションにおける多様な価値に主眼を置いた概念「ユーザエクスペリエンス」の台頭に対応して、家電製品や自動車の実ユーザから収集した「良い体験」のデータをもとに普遍的なユーザエクスペリエンスの24の側面（UX 24）を明らかにしたり、これらを切り口として、製品のデザインプロセスで予測的かつ確率的にユーザエクスペリエンスを評価する手法を確立したりといったユーザエクスペリエンス研究、また、愛着や内発的動機づけなどに関する心理学理論をもとに、愛着形成を促進する製品デザインの手法を提案・検証したり、製品の積極的な利用態度を内発的動機づけと考えてその誘発の観点でのデザイン戦略を提案・検証したりといった、心理学理論の工学応用を狙った研究、さらに、シースルー型ヘッドマウントディスプレイや自動車のカメラモニタシステムなどを対象とした、ヒトの視覚特性に基づく視界デザインの研究が挙げられる。これらの成果のほとんどは、日本人間工学会、ヒューマンインタフェース学会、日本デザイン学会、自動車技術会などに原著論文として報告するとともに、個別の製品やサービス、また社内システムとして具現化しており、一部は共同出願による特許を獲得している。

一方、航空、化学プラント、医療などの社会技術システムの安全マネジメントの研究は、現場の実務者の声を具に伺う中で、研究テーマとなる課題を見出し、取り組んだものがほとんどである。特に、2010年に、日本人間工学会に安全人間工学委員会・研究部会が立教大学名誉教授の芳賀繁先生、早稲田大学教授の小松原明哲先生らを中心として設置され、そこでの活動の中



実用化の提案：しゃべる家電を対象として
 “愛着の4機能”を軸とした愛着形成戦略により、ユーザに長きにわたって心理的な価値を与える製品を提案。
 例：三菱電機(株)製レンジグリル(RG-HS1)に搭載する音声ガイドに採用されている。



レジリエンスを発揮するタイミングの定量化：
 火災発生時の消火活動を題材として、Human-in-the-loop simulation 実験。
 基本はマニュアル作業だが、定常時より6倍程度状況が悪化した場合はレジリエントな対応の方がうまくいく。

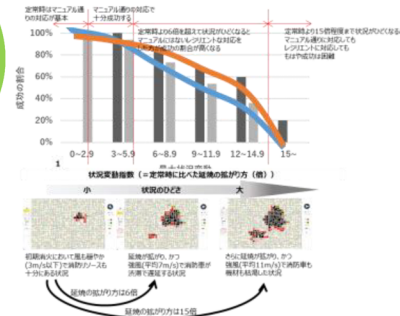


図4 人間特性に基づく製品・サービスのデザインと社会技術システムの安全マネジメントの研究展開

で、従来の安全概念に新風をもたらしたレジリエンス・エンジニアリングについて学び議論する機会に恵まれたことが、最近の研究テーマの着想基盤になっている。レジリエンス・エンジニアリングの代表的な提唱者である E. Hollnagel は心理学者であり、時には哲学的な観点での主張も多くあったが、これらの視点をどう実務・現場に適用するかの問題解決に焦点を当て、あくまで工学研究としての知見の収集・確立に努めてきたつもりである。代表的なものとして、人のレジリエンスを支援するインターフェースのあり方として指示や予測情報、フィードバック情報の提示形態を実験的に検討した研究や、消防救助を題材として、変動する状況の中でマニュアルベースの振る舞いからレジリエンスベースの振る舞いに切り替えるタイミングについて検討した研究がある。これらの成果についても、日本人間工学会、日本プラント・ヒューマンファクター学会で報告するとともに、各業界団体の季刊誌や安全大会などの場で紹介している。

1 節に、「サイヤンス (実学)」への言及があったが、時代と共に、人も技術もそしてそれを取り巻く文脈も変化することは必然であり、普遍的な人間特性に軸足をしっかりと置きつつ、一歩先に懸念される現実的な課題や期待に合う研究を積み重ねていきたいと考えている。

4. まとめ

本稿では、管理工学科における人間システム工学分野の教育、研究、および社会的活動について、3名のスタッフそれぞれがカバーするスコープを示しながら紹介した。福沢諭吉は「学者は国の奴雁(どがん)なり」と説き、雁の群れが一心に餌をついばんでいるときでも首を高く揚げて難に備える一羽の雁のような存在たれということ、慶應義塾での学びの先に求めているが、管理工学科の目指すところはまさに、変動的で多様性のある人・社会を、俯瞰のかつ現実的な視点で捉える研究の実践であり人材育成であり、そして社会への還元である。管理工学における人間システム工学の分野は、あえて核となる固有技術をもたず、学際的なスタンスで他領域の知識やテクニックを適切に駆使しながら、「人」を取り巻く現状を冷静に分析して未来に方策を提供する役割を果たすことを目指している。今後も、この分野に実社会からの多くの期待や要請がますます投げかけられることを楽しみにして、それらに確実に応えることができるよう研究知見を拡充するとともに、他領域の新技术を積極的に取り入れて柔軟によりよい未来を創り出せる人材の育成にも、引き続き注力していきたい。