



## ヒューマン・マシン・システム研究部会発足にあたって

副部会長 木口 高志

工学の世界は、すべて人間と機械の協調で成り立っています。人間と機械の役割分担は永遠の課題であり、トラブルが発生するたびに、私たちを悩ませてきました。

人間と機械の役割分担の見ごとな例を、昨年NASAが打ち上げた火星探査機マーズ・パスファインダー、探査ロボット・ソジャーナーに見ました。この探査機には、いくつかの原子力技術が使われています。例えば、エレクトロニクス部品や光ファイバーの宇宙線照射の影響評価には、ブルックヘブン国立研究所の加速器が使用されました。また、ソジャーナーには、エレクトロニクス部品を火星の厳寒の環境から守る、プルトニウム238の崩壊熱を利用したヒータ、キュリウム244から放出されるアルファ粒子を試料に照射し、反射して戻ってくるアルファ粒子、プロトン、X線を分析し岩石成分を推定するスペクトロメータが搭載されています。しかし、私がそれ以上に注目したのは、ソジャーナーのナビゲーション・システムです。

地球からの遠隔運転は、電波の送信に時間がかかるため、実時間では不可能です。火星から送られてくる画像にもとづき、地球上のコンピュータ内に仮想空間を造り、あるいは実際に火星表面をモックアップした空間を造り、これらの仮想空間内でNASAの技術者が運転戦略を立てる。それをソジャーナーに送信し、その戦略にもとづきソジャーナーは自律的に動作をすると聞きました。想定外の事態への判断は、人間の得意とするところであり、戦略は人間がつくる。その戦略にもとづく具体的操作は、自動機械にまかせる。人間と機械、各々の得意、不得意を理解した上での見ごとな協調であったと思います。火星という未知の空間で、しかも全世界の人々の注視のもとでのミッションの達成であり、感銘を受けました。研究開発、設計、製造、検査、運転、保守、修理、それぞれのフェーズで人間と機械は深く関与しあっています。トラブルが発生するたびに、各フェーズでの人間のミスが指摘され、人間を理解することの困難さに直面してきました。逆に、困難な課題を見ごとに解決してゆく人間を見るとその知恵に感銘するとともに、ここでも人間を理解することの難しさに困惑します。さらに、私たちひとりひとりが社会の一員であるという意味では、開かれた広い世界と個人とのかかわり、人間と人間のかかわりの理解の重要性もますます増しています。昨今の私たち原子力技術者を取りまく環境を考えますと、特にその感を強くします。本部会は、「人間」という切り口で物事を理解し、その知見を工学システムへフィードバックしてゆこうという、あえて極めて困難な課題にチャレンジしてゆくことを目的のひとつとして、発足しました。永遠の課題ではありますが、会員相互の研鑽で少しでも前進してゆきたいと考えております。

さて、マーズ・パスファインダー、ソジャーナーはミッションを達成したあと通信がとだえました。NASAでは、火星着陸から4ヶ月目の昨年11月4日に、ジャズを流しながら陽気な葬式を行い、火星探査の終結と勝利を宣言したとのことです。このプロジェクトでは、人間と機械の見ごとな協調に心地よい興奮をおぼえました。私たち部会も、夢のある情報の発信源になりたいと思っております。

((株)日立製作所 電力・電機開発本部)



## 第8回マンマシンシステム研究夏期セミナー参加報告

7月24日(木)、25日(金)に宮城蔵王のラフォーレ蔵王を会場に、第8回マンマシンシステム研究夏期セミナーが開催された。マンマシンシステム研究連絡会には、マンマシンシステム研究調査委員会が設置されており、原子力分野に限らず広範な領域での人間と機械との関わりに関するテーマについて調査・研究が進められてきたが、原子力施設の安全性、経済性の一層の向上のためには、保守保全の高度化が重要課題との認識により、学際的協力の下に体系的な調査・分析、望ましい技術開発の方向性や要素技術を調査検討する場として、今年度より新たに「原子力施設の保守保全高度化」研究調査委員会が設置されることとなった。これを受けて今回のセミナーは、北村正晴教授(東北大)を実行委員長として、種々の産業分野における保守保全の新しい技術の展望と、技能の訓練と継承の2つの大きなテーマを切り口として企画された。40名余りの参加者には、これまでの夏期セミナーでは、お見受けしない方々も加わり、マンマシンシステム研究の新たな展開を感じさせるセミナーであった。以下、各講演、総括討論の概要を紹介する。

### 1 「複雑大規模システムにおける事故防止 - 航空機整備をめぐる - 」

宮城雅子氏(航空法調査研究会)より、複雑大規模システムの事故防止のための研究活動として、氏自らが開発されたインシデント・レポーティング・システム・アナリシス(IRSA)による航空機整備におけるインシデント(前事故事象:事故にまでは進展しなかった事象)の分析に係わる講演があった。その中で、真の安全の向上に役立つ普遍的な知見を得るには、他者による事故、あるいはインシデントの事後の「発見」レポートではなく、報告者自身の過誤に係わって発生したインシデントを報告した「発生」レポートに基づく分析が重要であるとの指摘がなされた。

### 2 「大規模システムの保守保全技術」

#### (1)原子力プラント保全活動について

佐藤友保氏(東京電力)より原子力プラントの保全活動の現状および今後の取り組みについて講演があった。原子力プラントの予防保全を状態監視保全と時間計画保全に分類し、時間計画保全を重点的に実施している現状の保全方式についての紹介があった。経年劣化対策にも修理期間の長期化のリスクを回避することなどのために時間計画保全の考えが採用されてきた。今後は機器の劣化形態を予測、監視することで状態監視保全も積極的に取り入れ、高経年化するプラントにも対応できる保全活動の体系的な仕組みを確立して、原子力発電の安全・安定運転と信頼性を確保していくという方向性が示された。

#### (2)原子力プラントの予防保全

内田俊介氏(日立)より原子力プラントの機器の構成材料の変化特性を事前に予測することに基づく予防保全技術について報告された。BWRプラントの機器構成ごとに、構成材

料の経年変化機構を明らかにすることにより、機器の状態予測あるいは機器の機能低下の予測を行う。この予測結果とともに運転中の機器の異常を監視、診断することにより、タイミングのよい予防保全が可能になる。このほか、材料特性改良、腐食環境緩和および取替技術に分類される機器、材料の健全性向上策についての紹介があった。これらの予防保全技術は高経年プラントを主な対象として適用されている。

### 3 「各種産業分野における保守・保全の取り組み」

#### (1) 鉄道分野における車両保守・検査の最近の動向

松田智宏氏（JR東日本）より、鉄道車両の保守・検査の現状と最近の動向を紹介する講演があった。JR東日本では、約14,000両の車両を約8,000人の要員をかけてメンテナンスが行われており、総売り上げの約30%が費やされ、今後の人手不足の時代の到来、保守コストの低減など、保守業務の現状と課題が紹介された。保守の基本は、現在も蒸気機関車時代の体系を踏襲しておりこれを改善すべく実施されている、手のかからない新型車両の導入、新しい検査体制の構築、検収設備の近代化、業務のシステム化等の具体的な取り組みについて紹介された。

#### (2) 航空機の保守保全の現状と動向

高橋 健氏（日本エアシステム）より、航空機の保守保全の現状と動向と題して、整備の種類、整備要目の種類等航空機整備の現状、航空機の進歩に合わせた航空機の整備手法の歴史的変遷について講演があった。初期のオーバーホール方式から、B747の登場に伴い、ハードタイム方式等の航空機を構成する部品に基づき整備の方式を決定する手法を経て、現在では、システムの不具合からその影響を評価して整備要目を決定する手法が採用されていることが説明されるとともに、主として運行乗務員について行われていたヒューマンファクタの取り組みが、整備面についても実施されるようになった現状について紹介があった。

#### (3) 化学プラントにおける保守保全の現状と動向

八重樫彰氏（出光興産）より、保守の向上で設備故障の低減を図り、長期連続運転を可能にすることで、保守の合理化、コストの低減を実現した例について紹介があった。定期補修工事を、大規模工事と小規模工事に分け、隔年に実施する等の合理化を進めるとともに、点検検査基準の整備、検査結果の技術監査等設備管理における改善に取り組み、設備故障を大幅に低減し、長期連続運転上の障害要因の排除に努め、安定連続運転を実現し、大幅な保守コストの削減を可能にしている。

### 4 「技能の習得と継承」

#### (1) 女川原子力発電所の保守業務の現状について

井上 茂 氏（東北電力）より、原子力発電所の保守における技能の習得と継承に着目し、その現状を紹介する講演があった。原子力発電所での保守の全体の概要の説明の後、

電力会社、元請け会社、工事施工会社から成る保守の組織的な体制、保守業務に必要な技能、技能の習得と継承への取り組みの現状について説明がなされた。各組織とも、技能の習得・継承はOJTを主体にしている点で共通しているが、電力会社、元請け会社は、教育・訓練のための独自の設備を有するの対して、工事施工会社は、元請け会社の訓練に参加する等、教育・訓練の場はあるものの、専門職種を扱う会社、原子力特有の技術を扱う会社が多く、類似作業の繰り返しにより専門技能が身に付き易い特徴がある等の現状の紹介があった。

#### (2) 計算機を用いた知的学習支援 - 原子力プラント運転手順教育の例 -

横田 毅氏（日立）より、計算機を用いた運転手順学習支援の一例として緊急時運転支援の知的CAIシステムの開発に関する講演があった。システムはテキスト形式の教育とプラントシミュレータを用いた教育を組み合わせることでプラントの物理挙動の理解を高める工夫が成されており、それら双方の学習結果を共通の学習者モデルで管理することで運転手順の理解とプラント挙動の理解を結びつけた効果的な学習支援ができる特徴を有している等の説明があった。さらに、知識レベルの異なる被験者を用いたシステムの評価に関する結果も紹介された。

#### (3) 「ふげん」の保守最適化のためのプロセス状態監視手法

Lund氏（OECDハルデン計画、現在国際特別研究員として動燃滞在）より、ハルデン計画で開発したMOCOM(Model Based Condition Monitoring System)を用いて「ふげん」の特定の機器の状態を監視するシステムCONFU(CONdition monitoring at FUgen)の開発を紹介する講演があった。現在、補機冷却系熱交換器の海洋生物の付着による性能劣化の監視を目的としたシステムが開発され、通常の制御・警報システムを用いた監視には不向きな緩やかな状態変化の監視に有効であることが、実測データをもとに示された。

### 5 総括討論

本セミナーの締めくくりとして、北村正晴教授の司会で講師がパネリストとなって、総括討論が行われた。各講師の発表した内容に含まれていたキーワードについて討論する形態が取られた。キーワードとして「発生、発見」、「故障・保守・履歴」、「事例データベース」、「予防と状態監視・予測」、「故障の評価」、「コスト・リスク低減」、「技能と継承」が取り上げられた。以上のキーワードに関して、過去の履歴をうまくデータベース化し、活用すること、熟練者のノウハウを抽出してうまく役立てることが重要である等の意見が寄せられた。最後は、北村正晴教授による総括と閉会の辞で、本セミナーは幕を閉じた。今回のセミナーでは、保守・保全を中心に多彩な分野からの発表があった。分野毎に特有の規準、規制があるものの、同一の技術的課題を抱えていることが認識され、具体的な取り組みに関する質疑が活発におこなわれた。一日半という短い期間ではあったが、充実した興味深いセミナーであった。

（文責 吉田一雄（原研）、山田直之（日立））



## マンマシンシステム研究連絡会 活動報告

### 1. マンマシンシステム研究調査委員会

#### 第26回会合

1. 日時：平成9年4月10日(木) 13:30 - 17:00

2. 場所：国立教育会館 509会議室

3. 出席者：19名

北村主査、高橋(東北大)、古田副主査(東大)、今(日本原燃)、金野(筑波大)、渡辺、吉田(原研)、吉川、藤井(遠藤代理)(動燃)、松岡(原子力安全システム研)、福嶋(安藤代理、発電技検)、藤家(河野代理)(東電)、金井(中部電力)、徳稻(関電)、吉村(電中研)、小松原(三菱重工)、小林(日立)、西尾、吉村(東芝)

4. 配布資料

(1) マンマシンシステム研究連絡会 第19回研究調査委員会 議事録

(2) 稲垣、文献リスト、「人間の判断と機械の判断」'95予防時報、  
「不确实情報の処理とシステムの安全制御」

(3) 稲垣、「人間-機械系の安全性と信頼性」機械の研究、第47巻 第12号、  
pp.1207-1213.

(4) 山海、「医療・福祉におけるヒューマンインタフェースに関して」

5. 議事

講演1「ヒューマン・マシン・システム：不信と過信が交錯するもの」

筑波大 稲垣敏之 氏

高度に自動化の進んだ大規模システムの安全性を確保する上で、人間の果たすべき役割はますます重要さを増している。ここでは、人間と機械の協調に関わる以下のテーマについて、数理的アプローチによる考察を試みた。

(1) 警報のインタフェース

(2) 情報処理・情報提示・意思決定を独立に論じるときの落とし穴

(3) 自動化システムは度のような状況でも人間の部下であるべきか？

(4) 誤報を減らせば欠報が増えるものと諦めていませんか？

Q1：代替案の数について

A1：複数の代替案を前提にしている。ここでの議論は統計的決定論の形に書くことができる。

Q2：Yagerのルールが最も安全型と考えてよいのか？

A 2 : SP型 (安全証明型) の場合はそうである。しかし、FW型 (危険証明型) の場合は異なる。

Q 3 : 情報を統合する場合の不確定性について。

A 3 : Dempsterの規則は、2つの知識源からの情報に矛盾があっても無視する考えであり、Yagerの規則は、2つの知識源からの情報に矛盾があるときは、それが「無知」を表すものと解釈する。

Q 4 : 意見が不一致の時、原因は知識の差、用いる状況証拠の差等色々考えられるが。

A 4 : 2つの命題の論理積ではその様な差を表現できない。

Q 5 : 基本確率割当をオンラインで行う場合の問題点について。

A 5 : 時間が足りなくてわからないことと本質的にわからないこととの区別が問題である。

Q 6 : 写像関数の作り方について。

A 6 : 命題の組に解釈を割り振る。

Q 7 : 自動化レベルを決める要因として、コンピューター対人間というよりは、設計者対オペレータと考えられるのでは？

A 7 : Yes. 設計者が全てを予見できるわけではない。

Q 8 : 時間余裕の考え方について。対応が遅くなると状況が悪化する？

A 8 : 状況によりポリシーの切り換えが必要。

## 講演 2 「医療への応用におけるヒューマンインタフェース」

筑波大 山海義之 氏

仮想人体を核とするメディカルインタフェースは、1) 生体生理インタフェース (患者と治療装置)、2) 知的インタフェース (医師と治療装置)、3) 適応的インタフェース (患者や医師になじむ) から構成される。今回は、人工心臓を用いた治療制御分野と福祉分野への展開について、臨床と基礎実験とを交えながら報告された。

Q 1 : 治療履歴データの表示方法について。

A 1 : 時系列データとして蓄えられている。

Q 2 : オーバースhootは好ましくないのは何故か？

A 2 : 実験では、安定領域内にとどまらせるため。

Q 3 : virtual physiologyのモデル化はどこまでできているか？

A 3 : 体液、血圧制御系、筋特性、力学モデル等。神経伝達は遅れのみ。モデルは複数持っている。文献から得られたモデルもすぐに取り入れられる様になっている。

Q 4 : 健常者モデルについて。

A 4 : 教科書 (ハンドブック) にある健常者モデルからパラメタを変化させる。ファジイ制御のロジックを用いる。

Q5：生体モデルでオブジェクトを選んでモデルを作る時、採用しなかったオブジェクトの影響は？

A5：影響はある。治療に適用する場合と、単なる生体モデルではパラメタ同定に対する厳しさが違う。

Q6：病院では計算機資源が少なくてもモデルの複雑さへの制約が出るのでは？

A6：ゆっくりした治療（サンプリングタイムがゆっくりでよい場合）ならばOK。

Q7：障害者向けコミュニケーションシステムの発話システムのメカニズムについて。

A7：音声合成を行っている。

Q8：神経系での補間、どの様につなぐ？

A8：脊椎に入れるのではなく筋肉に入れる。モーターポイントに刺激を与えて筋肉を収縮させる。以上

## 第27回会合

1．日時：平成9年6月10日 13：30－17：00

2．場所：国立教育会館702研修室

3．出席者：田辺主査、古田副主査、末松（アドヴァンスト・コンサルティング・ネットワーク）、吉村、西尾、門田（東芝）、金野（筑波大）、小林、山田（日立）、大野（三菱重工）、鷲尾（阪大）、金井（中部電力）、松岡（原子力安全システム研）、安藤（発電設備技術検査協会）、北村、高橋（東北大）、荻野（三菱電機）、三友（船研松岡代理）藤家（東電）、川島（BTC）、徳稲（関電）、古田（NUP EC）、手塚（京大吉川教授代理）、吉川（動燃）

4．配布資料

マンマシン研究連絡会第27回研究調査委員会資料：「日本組織の構造的問題を考える」

5．議事

第26回研究調査委員会議事録の確認

講演1 末松千尋氏 「日本組織の構造的問題を考える」

企業における組織の段階的発展説、即ち、組織が自然発生、集中、分散、統合という形態に変遷進化していくモデルが提示された。そして、それに沿って各組織形態の特徴（強み、弱み）、情報システム（ハード、体制）、段階上位移行の障害などについて、各々の特徴づけが与えられた。この中で最も発展した統合段階において、種々の強みを具備した最も効率的で創造的な組織が実現されるとの主張がなされた。また、自然発生的な組織が段階的発展を遂げるために必要な条件として、体系化された経営システムが

構築され、それが組織にしっかり根付くことが重要であるとの指摘がなされた。最後に、米国シリコンバレーの先端的企業の組織構造・形態と日本企業のそれが比較され、前者が高付加価値型創造的事業に適しており、後者が安定的高度成長事業に適していることの主張がなされた。

## 質疑応答

Q 1 : E C R , Q R という略語を説明して欲しい。

A 1 : E C R は Efficient Consumer

Response の略、Q R は Quick Response の略であり、何れも顧客の要求に企業が効果的、効率的、柔軟に対応することを指している。

Q 2 : 段階的発展において統合まで行き着くのは、エリート企業や人材に限られるのではないか。

A 2 : その通りでエリートにしか真の意味で統合的組織は作れない。ただ、シリコンバレーでは多くの一般の人々がそのエリートの指導の下で業務をこなしている。その意味では、大企業の方が統合的組織に移行するのが難しい。

Q 3 : それぞれの段階での特徴が、次の段階でどのように継承されて行くのか。

A 3 : 特徴の中でも強みは次の段階でも包含される。また弱みは各段階での構成員の価値観を変革していくことで克服する。

Q 4 : 分散型においては部分最適が起こると言われるが、それにも短期的な最適性、リスク管理などの長期的な最適性など様々なものがあり得るのだろうか。

A 4 : 確かに分散型で長期的最適性を追求するのはむづかしい。そこで統合型に向かう必要が出てくる。このような認識の下で、多くの企業が集中型から一足飛びに統合型に行きたがる傾向がある。スイスユニオン銀行が現在トライ中である。しかし、分散と統合はベクトルが逆であり、それを同時並行して進める場合には実質上集中に戻ってしまうなど、困難が伴う。

Q 5 : 組織発展の原動力は、コスト的なプロフィット以外にもあり得るのか。もし、そうならばその評価関数をどう設定可能だろうか。

A 5 : プロフィット以外の内部矛盾の克服などを動機付けとして、発展する場合もあり得る。ただし、その際的评价関数としては、何らかのプロフィットに置き換えるものを与えるところが現実的であろう。シリコンバレーではプロフィット以外を目的とする種々の統合型組織が形成されている。

Q 6 : システム指向については要素還元主義のみでいいのか。

A 6 : システム指向は要素還元主義のみで成り立つのではない。構成要素は人間であり、それは極めて柔軟性に富むという認識が、システム指向の前提である。

Q 7 : 現実には予測困難なカオス的狀況が起り得る。システム指向でそのような状況に対応できるのか。

A 7 : 組織の目的はすべての問題を 100% 解決することではない。80% 解決できればよい。そして、残りの 20% に遭遇した場合には、その段階で更に 80% を救うような戦略をシステム指向の範疇で考えていくことは十分可能。

Q 8 : 価格破壊などの厳しい状況下で、日本でも各企業内で集中、分散、統合を部分的に実現している。組織形態がこのように綺麗に分類できるものなのか。

A 8 : 感想として日本企業の実態は柔軟性に乏しく、システム指向の発想が少ない。組織が十分にシステム化せず、どうしても自然発生的な個人のやり方をベースにしている部分が多い。組織の段階的発展は明確な経営システムが前提であり、その意味で日本企業の現状は種々の要素を含むものの、明確な構造を持っていない。

Q 9 : 段階的に全ての組織が発展しなければならないのか。統合の弱みもあるのではないか。

A 9 : 常にあらゆる企業が統合に至る必然性はない。業種や構成員によっては、途中段階に留まることもあり得る。

Q 10 : 組織指導部のアカウンタビリティが乏しい日本組織の場合、この部分を改善しないと自己変革力はつかない。どうすればいいのか。

A 10 : 各人の権限と責任を明確化できない文化を我々は背負っている。その意味でアカウンタビリティの確保は非常に難しく、名案はない。

Q 11 : 組織の多様性をどうすれば確保できるのか。

A 11 : システム指向を意識して行くしかなく、特効薬は存在しない。

Q 12 : 統合型ではオープン化が 1 つの特徴だが、競争が激しい社会において、オープン化は可能なのか。可能ならどのようにオープン化すべきなのか。

A 12 : オープンにするといっても、業務発注の流れなど製品開発や企業戦略に直接関わらないインフラ部分をオープンにすればよい。ただし、日本の場合にはその部分が個人の人脈などに強く依存するため、それさえオープンにできないという問題がある。

なお、夏期セミナーの計画が東北大高橋氏より紹介された。

(担当幹事：鷲尾、吉川)

## 第 28 回会合

1. 日時：平成 9 年 10 月 27 日（月）13:30 ~ 16:30

2. 場所：東京大学大学院 工学系研究科システム量子工学専攻会議室（工学部 12 号館 2 階）

3. 出席者：18 名

北村正晴主査（東北大），古田一雄副主査（東大），稲垣敏之（筑波大），高橋信（東北大），田辺文也，吉田一雄（原研），吉川信治（動燃），徳稲晃生（関電），横江勝克（中部電），小谷文夫（INS S），川島秀三（BTC），滝澤洋二，吉村貞紀（東芝），大野崇（三菱重工），北村（三菱電機），増井隆雄（三菱総研），河野龍太郎（東電），五福明夫（岡山大）

4. 配布資料：

(1) マンマシンシステム研究連絡会第 24 回調査委員会議事録

(2) マンマシンシステム研究連絡会第 25 回調査委員会議事録

(3) マンマシンシステム研究連絡会第 27 回調査委員会議事録

(4) アフォーダンス：「制御」から「接触」へ

(5) 生態学的インタフェースの原子力プラントへの応用

5. 議事：

主査の北村教授から，議事録の読み合わせは省略するが指摘事項は高橋委員まで連絡して修正いただくこととしたいとの発言があり，直ちに講演に入った。

演題 1 「生態学的心理学の基礎」

早稲田大学

三嶋 博之 氏

生態学的心理学（ecological psychology）には，ロジャー バーカーと J. J. ギブソンの提唱した二派があり独立に発達してきていることが述べられた。現在，生態学的心理学の国際学会には，The International Society for Ecological Psychology があり，その活動は Web のホームページ <http://www.trincoll.edu/psyc/isep.html> で知ることができることが紹介された。

講演では J. J. ギブソン派の生態学的心理学が述べられた。その内容を以下に要約する。

J. J. ギブソンは著書「生態学的視覚論」で，「見ること」を知覚としての視覚だけでなく行動も含めて，知覚 - 行為の循環として捉え，その循環のプロセスを制約している法則を見つけることを研究テーマとすることを提唱した。環境が生物の形態に大きな影響を及ぼしていることが，鯨の尾びれと魚の尾のような相近（系統の異なる生物が似た形態を持つよう進化すること）が多数見られることからわかる。

J. J. ギブソンは目で見ているものは情報であり，観察者の固有の動きに一对一に対応した光の流れを観察していると述べた．その例として，鳥が魚を捕まえるために水に飛び込む時の羽をすぼめる動作があり，同一点の網膜上での動きである光のフローで飛び込む瞬間を知覚している．

生態学的心理学以前の生理学実験では，実験を統制するために passive touch であったが，人間は active touch でないと物の形が認識できない．アフォーダンスとは，環境が有機体に対して与える可能あるいは不可能な行為（の集合）であり，「もの」の「素質」と捉えることができる．また，アフォーダンスは独立して存在するのではない．一方，情報（information）はアフォーダンスを特定（一对一に対応）するものであり，知覚（perception）はアフォーダンスを認識することである．さらに，エフェクティビティ（effectivity）はアフォーダンスを実現するための有機体の性質（素質）のことである．

質疑応答：

Q：ボールを受ける場合前後のフローは分かりにくいのでは？

A：コンピュータグラフィックスを用いた実験では知覚できている．

Q：effectivity と有機体を持っている目的との関連は？

A：アフォーダンスと effectivity は同時に存在するはず．切り分けて研究する場合には，行為と環境の循環で考えるべきである．リソースは同一物体でなくてもよい．物が behavior に与える影響をアフォーダンスと呼ぶ．

Q：意図形成を考えた時，intension があるのでは？

A：物質の持つ性質は無限に近い有限．effectiveness は行為者側の性質であり，in tension は自律形成のようなものとして考えたい．意図が先行する場合もあるが，ec ological psychology としてどう考えるかはわからない．

Q：環境の構造，特性がわからないと intension を規定するものがわからないのでは？  
環境の特性を抽出することは重要視されている？

A：重要視されているが決まった方法はない．まず behavior を見るしかない．

Q：クリティカルな点は生得的なものあるいは学習的なもの？

A：学習的．ただし，人間の形をしているのは生得的．クリティカルな点はあまりきれいにはでない．

Q：生物は進化や適合するが，生態学的心理学では特性が一定と考える時間のスケールは？

A：タスクに依存している．タスクが終了するまでより少し長い時間．

Q：身体性の問題と perception の関連は？

A：知覚は身体の活動によって実現される．その意味では純粋な だけでは不十分．それは，行為者の特性が入っていないから．しかし，行為者の特定の行為と とを一つのまとまった単位と考えるなら は重要．

演題2 「生態学的インタフェースの原子力プラントへの応用」

東芝 滝澤 洋二 氏

BWRプラント用生態学的インタフェースの開発について，いくつかの実例を交えて紹介があった．以下にその要点をまとめる． 未知事象にたいする運転員の支援を対象とする．プラント運転では一般に人間（運転員）も重要な要素であり，E I D開発では人間もシステムに含めて考える．すなわち，人間の情報処理特性を考慮して，原子力プラントの複雑さに対処できるインタフェースを考える．

E I Dでは生態学的認識論にヒントを得て画面設計を考察した．キーワードはインバリアンス（環境の規則性を律するもの）とアフォーダンス（環境が持つ意味）である．そして，人間の持つ強力な直感的認識と操作能力に注目し，行動と認識の制約を考慮して，未知事象に対する問題解決のためのシンボリックな支援を提供する．インタフェース設計に際しては，内部の機能構造を射影する「透明な」インタフェースとなるようにした．

運転員のメンタルモデルを対象の目的 - 手段と全体 - 部分の関係でとらえ，スキルベース，ルールベース，知識ベースの全認知制御レベルの同時サポートをねらうとともに，必要以上の高い認知制御レベルを必要としない表示とした． 類似研究事例として，心臓診断と DURESSII が紹介された． 本E I Dの要求機能は，1) Work system のインバリエントをインタフェースに射影し，ユーザが適切なアフォーダンスを読みとるための visual ecology を実現すること，2) 豊富な局面文脈認知の支援により，ユーザの積極的な環境探索を可能とすること，3) 直接知覚の支援，4) 多重解釈の支援である． プラントの機能を a) 崩壊熱除去，電力生産，安全性確保の機能目的表現，b) 抽象機能表現，c) 一般機能表現，d) 物理機能表現（設計図に近い表現）の4つで階層表現する．この機能階層表現では定性的情報のみが表示されているので，E I Dにより定量的情報を補足する．

E I Dの要点は，i) 動的環境における新しい要求に適応するために必要な目的 - 手段，機会，制約の思索に配慮すること，ii) 思考実験のための複雑で豊富な情報内容を有すること，iii) すべての認知制御レベルを支援すること，iv) 認知制御レベルを動的にスイッチできることである．

Q & A：

Q：全体構想の中でのE I Dの位置づけは？ A：ルールベースのガイダンスでできるも

のはルールベースのエキスパートシステムで提供する．ガイダンスの内容を運転員が評価するために生データを分かりやすく表示する必要があるとの認識から E I D が必要．

Q：操作の効果等の評価で高速シミュレータは必要ない？ A：初期化や故障をどのように設定するかが高速シミュレータは難しい．運転支援の一つのアイテムと考えており，否定はしないがこの構想では含めていない．

Q：エキスパートシステムを含めて，問題解決支援におけるスコープは？ A：人間の判断結果を計算機に入力して事象を絞り込むインタフェースも考えている．

Q：気づきや cueing といった論理に裏づけのない直感が入り込む余地は？ A：E I D の先で考えうると思われる．

C：気づきは E I D のようなもので大部分カバーできるのでは． C：運転員は非常に能力が高いので，情報をうまく提供してやることだけでも効果があると思われる．

Q：ルールベースと知識ベースの知識の整合がうまくとれていないのでは？ A：個別に開発してきた経緯もあり，実験的な評価を含め今後の課題と思っている．

Q：どういうエキスパートシステムを用いるのが E I D の根本思想と整合するか？ A：ルールと知識の切り換えで段差がないかどうかは難しい問題．

Q：運転員の教育に変化がある？ E I D は理論的に考察されてきているので，運転員のメンタルモデルと一致していないのでは？ A：プラントの機能階層を理解していないといけないので教育も異なる．シミュレータと組み合わせた思考実験が必要．

C：運転員の判断が必ずしも正しいとは言えない場合がある．やはり論理的に考えていくべき．

Q：原子炉の Lawful を表現した E I D を作るのがポイントと思われる．働きかける側のアフォーダンスは現在どうなのか？

C：環境とインタラクションすることで情報が増加することを生態学的心理学では強調するが，原子力でのどのように応用できるかに興味がある．航空機にはうまく当てはまる．

C：抽象度の差では？ Direct manipulation とは目的と操作との関連で考えるべき． C：E I D は生態学的心理学を出発点として生態学的な情報表示を設計していくのではないか．

Q：E I D ではこのような表示で個々の計測値を関連づけているが，センサの計測誤差等でこの動きに矛盾が生じることはないか？ A：逆に相互に関連づけていることでセンサ故障を早く発見できる可能性がある． C：生態学的心理学では関連づけられた量

の知覚を探求しているのに対し、EIDは関連づけを人為的に行っている点がアプローチとして異なる感じがする。

(担当幹事：河野，五福)

## 第29回会合

日時：平成9年12月11日(木) 13:30-16:45

場所：大手町ファイナンシャルセンター2104号室

出席者：小林康弘(日立)、鍋島邦彦(原研)、吉田一雄(原研)、西尾正英(東芝)、広瀬行徳(東芝)、徳稻晃生(関西電力)、安藤博(発電技検)、宮村鉄夫(中央大)、横江(中部電力)、高橋信(東北大)、佐伯昭(三菱電機)、大野崇(三菱重工)、河野龍太郎(東電)、渡辺澄夫(東京工大)、金野(筑波大)

ニューラルネットおよび寿命の数理の基礎に関する2件の講演があり、講演の途中及び、講演後質疑応答が行われた。

講演1：ニューラルネットによる統計解析(東工大：渡辺澄夫氏)

1. ニューラルネットの作る関数族  
ニューラルネットは役にたつのか？
2. 回帰分析とニューラルネット  
階層型の推論機構の精度は？
3. 判別分析におけるニューラルネット  
ニューラルネットは識別確率を自動的に学習するが、
4. 主成分分析の一般化  
砂時計型ニューラルネットによる非線形主成分分析
5. 未来に向けて望まれることは？

ニューラルネットによる統計解析のキーポイントを数学的に明らかになっている点とそうでない点を明快に解説され、NNを応用する立場の者にとって有用な情報が提供された。

### 質疑応答

Q1: 関数族の直交化はNNの場合も常に可能か？

A1: 可能である。

Q2: パラメータを最適化したときの自乗誤差を  $E(n)$  とすると線形モデルでは  $D$  を  $\text{vec}\{x\}$  の次元として  $E(n) \leq C/n^{2/D}$  となるが、ニューラルネットでは  $E(n) \leq C/n$  となるとい

うことだが、係数  $C', C$  が大きな値をとる場合にはかならずしもニューラルネットが良いとは言えないのではないか？

A2: 数学的な証明は実際のところ、 $n$  の大きな極限でしか出来ていない。実際の状況では  $n$  が有限のところまで計算しているので、係数  $C, C'$  の評価は難しい。従って、上記の誤差評価は定性的傾向をあらわしているに過ぎない。

Q3: 回帰分析の学習誤差は正則な線形モデルでは  $(1 + \frac{2F}{nL}) E_n(\omega)$  であるがニューラルネットの場合、 $(1 + \frac{2F \log n}{nL}) E_n(\omega)$  と予想されているということであるが、 $\log n$  となる根拠は何か？

A3: ある特殊なNNで基底関数まで最小化しようとする、 $\log n$  となることが示せることが根拠となっている。

Q4: 主成分分析で、最適な正規直交ベクトルの数  $H$  を決定する方法はあるのか？

A4: 現在のところ、最適な  $H$  を決める方法は未解決である。しかし、3つ以上の主成分の寄与率を求めることはあまり意味がないので、3つくらいで止めているのが現状である。心電図の100個のデータから引き出せる有用な情報はNNの場合多くて3個である。

Q5: NNでAICは使えないというコメントがあったが、誤った結果が出るという意味か？

A5: 実際上は、AICはかなり有効ではある。しかし、AICの評価を行っても途中で止めて最尤推定はしないことが肝要である。これは過剰学習をしないようにする経験則である。経験的には30個位の異なる種類のものを重ねあわせるとよい。NNの場合、サンプル数が多くなっても過剰学習はあるので注意が必要である。

Q6: NNの場合に、ベイズ推定をすると誤差は  $(1 + \frac{2 \log F}{nL}) E_n$  となり、 $\log n$  が現れて来ないが、「これはベイズ推定をせよ」ということか？

A6: そのとおりである。経験的にもベイズ推定の方が良いので、それで実行することを推奨する。

Q7: 主成分分析のための砂時計NNは誰が名前を付けたのか、また、どのような具体的対象の解析の為に考えられたのか？

A7: 最初に考えたのは日本人のIrie-Miyake(1987)らであると思う。しかし、これは日本語で書かれた電子通信学会の予稿であり外国人は知らないだろう。具体的な解析対象はなく、一般理論として提唱された。

講演2：信頼性保証の進め方と寿命予測の数理 (中央大：宮村鉄夫氏)

## I. 信頼性保証の考え方

1. 品質と信頼性・安全性
2. 信頼性の課題解決の基本的な考え方

## II. 信頼性設計と評価

1. 設計とは
2. 信頼性設計
3. 信頼性評価技術

## III. 寿命予測の数理

1. 余裕の把握
2. 寿命予測の数理の概要
3. 統計量の解析
4. 信頼度の解析

## IV. まとめ（信頼性設計・評価の進め方）

寿命の数理そのものよりも、現実のシステムでの法則の抽出・発見と普遍性の確認作業が重要である点を強調された。また、各種の統計的検定・統計分布(チェビシェフの不等式、カイ2乗適合検定、Kolmogorov-Smirnov検定、修正Kolmogorov-Smirnov検定、漸近分布、ワイブル分布、逐次確率比検定、ストレス・ストレングスモデル、マイナー則、Birnbaum-Saunders分布)がどのような状況のもとで有効であるのかを簡明に解説された。

質疑応答：

Q1: 寿命分布としてワイブル分布が普遍的な分布として提出されているが、現実の系では対数正規分布や二重指数分布のほうが当てはまりが良い場合がある。ワイブル分布は普遍分布として考えてほんとうに良いのか？

A1: 対数正規分布は裾をきれいにし出すのに適しているが、ワイブル分布で実用上は良い。

Q2: しかし、物理的に考えた場合、故障発生メカニズムはシステム構成やミクロの相互作用と関係しているため、ワイブル分布の導出の際の故障の発生率が時間のべきに比例した減少関数、増加関数などと置いたことの影響が出るはずである。

A2: そのような物理的なモデルと分布の関係は医学分野で増山元三郎という人が考察している。

Q3: 設計の最適化をするとき、意図せざる機能を発見するのが重要であると指摘されたが、これを抽出する組織的でうまい方法はないのか？

A3: 残念ながら、うまい方法は一般的にはない。

Q4: マイナス機能の評価の拾いあげ方はどうするのか？

A4: 昔、戦闘機のパイロットで撃墜されない人がいたがその人は周辺視がよくできる人で、通常、何キロも先の飛行機は見えないが、その人は見えたという。これは、実際は見えないが周りの状況のちょっとした違いを感知・識別する能力があったからであるとされている。

Q5: 周辺視を養うための方法論は？

A5: N=1,2 から信頼性を評価することを通常は行っており、機械などでは通常行われている。現実の状況ではかなり難しい。

Q6: 通常はハードウェアの故障に関する考察が行われているが、ハードとソフトの両方を含めたシステムの解析はどの様に考えたら良いのか？

A6: 通信制御の分野でCAV方式と言われている方式の場合にはこのような検討が重要になってくると考えられる。

## 2. 原子力施設保守保全高度化研究調査委員会

### 第一回会合

日時：平成9年9月8日 13:30 - 17:00

場所：財団法人 発電設備検査技術協会 第1会議室

参加者：

北村正晴、高橋 信（東北大学）、吉川栄和、手塚哲央（京都大学）、大島栄次（工学院大学）、安藤 博（発電技研）、吉野賢治（電中研）、田辺文也（原研）、井口幸弘（動燃）、森 治嗣（東京電力）、吉井義晴（関西電力）、高橋文信（日立）、兼本茂（東芝）、門田一雄（アイテル）、上野信吾（三菱総研）、吉村貞紀（東芝）、松岡由了(INSS)、大井 忠（三菱電機）

配布資料：

発電設備技術検査協会の保守関連活動  
（財）発電設備技術検査協会の業務活動  
リスクインフォームドインスペクション  
バーチャルリアリティを利用した保守作業訓練システム

1. 委員長の挨拶（京大・吉川教授）

本委員会の設立の経緯の説明

## 2. 運営の基本方針（東北大・北村教授）

保守作業の学問としての体系化を目指す

今までは現場中心の技術として学会等での中心的なテーマとして扱われることが少なかったが、原子力で今後一層重要性が大となる領域でもあり、可能な限り学際的な対応をしたい。

自己紹介：委員、参加者より自己紹介がなされた

## 3. 発電設備検査技術協会の保守関連活動（発電技研 安藤幹事）

質疑：

Q. 色々なプロジェクトを紹介いただいたがそれぞれのステータス（プランニング、実施等）は？

A. 強いていえば1-9図

Q. RIIに関してはどうか

A. 現在勉強中、リスクの概念が日本で受け入れられるかが問題。米国では規格化して一部実施しているが、日本ではリスクの概念が受け入れられるかが課題である。

Q. SCCに関する取り組みは？

A. かつてSCCの検出性、発生要因の検討等の研究は実施済み。SCCが発生した炉内構造物の取り替え、保全工法の確立はNUPECの方で進めている。インコネル等の特殊材料について今後行う予定。

- 予防保全という観点から、レーザクラッキング技術(8-4ページ)
- レーザ固溶化熱処理法(8-5ページ)

Q. (1-7)に関して、熟練技術者の確保の困難化に対して発電技検としての何らかの取り組みは？

A. これに関してはメーカーの問題であると認識している。

Q. 運転中監視技術に関して

A. 状態監視が本当に状態をきちんととらえているかが問題。

・（大島先生コメント）

- JISの分類は単なる分類で、どの分野にどのような保全を使うかが問題。
- その中でRCMという考え方が航空の分野から出てきている。
- 時間軸の議論が不足している。
- 時間基準保全方式が理想 しかし寿命が既知である必要がある。

- 状態監視保全は時間基準保全への中間的ステップ。
- モニタリングするということは良くわかっていないということ。
- モニタリングは予測ではない、寿命が分かっていないからモニタリングが必要。

Q.WHのSRRA等の手法の妥当性に関しては何？

A.基本的にはサーベイを行ったまで。

RIIへの応用にあたっては更にASMEとの議論を深めていく予定。

コストの問題を抜きにすることはできない。

#### 4.保守支援・高度化への高度情報処理技術の応用（京都大学・手塚助教授）

質疑：

Q.VRを利用したシステムにおいて、出来ることと出来ないことの分類はどのように考えるか？

機器の構造の理解には有効であろうが、組み立て訓練のスキルという意味では不足している点があるのではないか？

A.今回は組み立ての手順に尽きる、実際には油に汚れていたり、ハンマーで殴る必要があったり、VRでは再現の難しい要素は多い。現時点ではドライビングシミュレータのようなイメージを持っている。

Q.ページ7の仮想空間を利用したシステムへの期待について

A.下から4つ、体験というのは現時点でのリアリティー技術では難しいのではないか。

Q.「仮想空間」と「仮想現実感」とは何？

Q.現場レベルでの実用化という意味ではどのくらいの時間レンジで考えればいいのか？

A.訓練センターでも実際の放射線場は体験できないという意味で仮想現実であるという点は変わらない。

・電力共研では計算機を使ったポンプの分解、組み立て手順に関するインストラクションの研究をしている（吉井委員）。

・手順の教育は別の方法でもできるが「やってみたらどうなるか」という点で意味がある。（熱いところ触ったら、、）（上野委員）

・技能にも色々ある、認知的・運動技能等。認知的技能の向上にはVRは有効であろう。

・訓練システムにはシミュレータは含まれており、VR技術はあくまでもインタフェースとして捉えている。

#### 5.今後の運営に関する意見交換

マンマシンシステム研究連絡会内の二つの研究調査委員会の関係について、どのように考えるか。

・マンマシン研究調査委員会との共通の領域は多いので、参加したい人はどちらにも参加できるようにするべきで、できればスケジュールが重ならないように（例えば奇数月は保守、偶数月はマンマシン）してほしい。共通の話題は合同で行うような機会を作る。

先にあった委員会との共通点が多いとすれば、なぜ新たに委員会を作る必要があるのか？

- ・ 理念的な問題 新たに保守という領域に取り組むのに、既存の委員会に追加という形では弱い。
- ・ 現実的な問題 現実的には人的なリソースが限られている。

従来、マンマシンシステム研究連絡会は、高度情報処理・ヒューマンファクタ・人工知能と分けていたが、一旦一本化しているという経緯がある。研究連絡会全体の活性化を目指して保守領域を新たに対象とすることとした。

学会に部会からという形で特集記事を組んだり、報告書を出したりしていきたい。

運転と保守という切り口での分類を考えている。

本来は、連絡会員全体を対象としているが、委員としての区別は明確にするべき。

案内は双方に出すようにする。

委員としての案内と連絡会員への案内は区別する。

他学会の連携の可能性

必要に応じた連携は行っていくべき。原子力の村にこもらないようにするために連携は必要。

他学会と合同の研究会を行うようなことも視野に入れる。

講演を聞いて勉強するだけの委員会にはしない。早い時期にポジションレポートを出すようなことを考えている。

レポートの骨子を作成するワーキング的な集まりを予定している。

今後の委員会の頻度は？

従来の委員会は隔月ということを考え、年6回、隔月程度。但し今年は年度途中からのスタートということで+1回程度を予定。

電子メールを最大限利用していきたい。

- ・ ニーズ側、シーズ側という切り口もある

## 第二回会合

日時：平成9年11月28日

場所：航空会館

参加者：

北村正晴、高橋信（東北大）、吉川榮和、手塚哲央（京都大）、幸田武久（京都大（講演者））、古田一雄（東京大）、若林二郎（未来エネルギー研究協会）、入江勤（動燃もんじゅ 遠藤昭氏の代理）、吉川信治（動燃大洗）、小倉信治（原子力発電技術機構（講演者））氏田博士（原子力発電技術機構）、吉野賢治（電力中研）、田島一毅（関西電力 徳稻晃生氏の代理）、横江勝克（中部電力 後藤明氏の代理）、吉井義晴（関西電力）、松岡由了（原子力安全システム研究所）、田中俊彦（発電技研 安藤博氏の代理）、佐伯 昭（三菱電機）、鈴木祥布（東電環境エンジニアリング）、松野秀男（三菱重工）、上野信吾（三菱総研）、兼本 茂、西尾正英（東芝）、川島秀三（BWR訓練センター）、中原宏尊（日立 高橋文信氏の代理）

配付資料：

- 1.原子力プラント保全技術信頼性実証試験 - 炉内構造物取替工法の概要 -
- 2.システム挙動モデルに基づく故障影響度解析 - ボンドグラフによるアプローチ -  
（12月5日付で後日学会事務局より送付）

講演 1：

原子力プラント保全技術信頼性実証試験 - 炉内構造物取替工法の概要 -  
（財）原子力発電技術機構 小倉信治 氏

原子力発電技術機構小倉信治氏から、配付資料1に基づき、原子力プラント保全技術信頼性実証試験 - 炉内構造物取替工法の概要 - について御講演いただいた。講演では、原子力発電プラントに対する高経年化対策の一環として行われている、炉内構造物の取り替え工法の信頼性と取り替え後の構造物の健全性の実証についてお話があり、講演後以下のような質疑応答が行われた。

質疑：

形状記憶合金による接合における残留応力は問題にならないのか？

- ギャップによる軸方向への逃げが確保してある。

接合後切断して調べているが、均一の組織で応力の存在は見られない。

試験の結果、SCC発生の要因も認められない。

炉心支持板シュラウドにどのように取り付けられているのか？

- ボルトによる締結

炉心構造物は30年と考えた場合、圧力容器の寿命は？

- 約40年と考えている。

通産省では60年運転は問題ないだろうという結論が出ている。

形状記憶合金を使う意味は？

150度で組成変形、それ以上では温度の影響を受けない。

ステンレスの菅を締め付ける役割。

被曝評価は？

鉛の板を円周上に並べたものを上から釣ってその中に作業員が入れるようにする。

0.2-0.3シーベルト程度の線量。

溶接部は全て検査するのか？

そうである。

新しいシュラウドの材質は？

SUS316L(Low Carbon)

取り替え工事の期間は？

二 - 三カ月程度。

動的機器に関してはどのように考えるのか？

通産省の評価は取り替え出来ないものを対象にして60年としている。

現在動的機器に対する評価を行っている。

PSAでは動的機器と静的機器では影響が一桁違う。動的機器も単純にrepair-as-newの考え方ではいけないのではないか？

講演2：

システム挙動モデルに基づく故障影響度解析 - ボンドグラフによるアプローチ -

京都大学 幸田武久 氏

京都大学幸田武久氏より、システム挙動モデルに基づく故障影響度解析 - ボンドグラフによるアプローチ - と題して講演いただいた。講演では、設計仕様に基づいたシステム挙動モデルを用いて、出来るだけシステム解析者の主観的な判断を除いてより客観的に要素故障の影響を解析、評価する方法が紹介された。講演後以下のような質疑応答が行われた。

質疑：

ラプチャーディスク等のバイナリー的な動作をする機器の表現は？

- 特性式の定義に埋め込む

フィードバックがあるような系は？

- それも扱える

- 情報の流れもアクティブボンドを使えば表せる

- ボンドグラフはシグナルフロー線図やブロック線図の拡張となっている

逆流とかはどう扱えるか？

- マイナスのエネルギーとして扱う  
エネルギーフローモデルとして階層的に使えるのか？
- 診断向けのボンドグラフの研究例もある  
多階層化するアプローチもあるのか？
- マルチレベル化は考えない  
ボンドグラフはアナログシミュレーションと同じでは？
- そうだと思ふ。  
ボンドグラフは既存のシミュレーション言語とどう違うのか？
- ボンドグラフはモデリングのフロントエンドとして考えられる
- 現在は部品毎のモデルのデータベースの作成を行っている  
無駄時間要素は？
- 制御系等はあまり考えていない。今後の課題。  
熱交換器のモデル化は？
- リアクタのモデル化の論文がある。  
色々な制約あるにも拘らずボンドグラフを使うのは？  
因果関係の方向性の定義の利点。  
設計の段階で影響の評価が可能である点が利点。  
グラフというからには見て直観的に理解できるようになっているのか？  
ある程度わかりやすくはなる。

\* 委員会の運営に関して

次回は一月の下旬を予定している。現場寄りの話と理論的な話の2本立で行く。

個別の保守保全技術

個別技術 / システム統合

ヒューマンファクタ

技能の伝承・継承 / トレーニング (知識 / 技能)

話題提供にあたっては、上記のどれに対応するかを明確にして進めていきたい。  
システム側に係わるヒューマンファクタ、人間側の視点からの話が欲しい。



## 研究グループ紹介

# 安全・安心を育むヒューマンサイエンス技術を目指して - (株)三菱総合研究所 総合安全研究センター -

### 1. はじめに

(株)三菱総合研究所は昭和45年に設立されたシンクタンクであり、官公庁ならびに一般企業からの委託研究を主要な業務としている会社である。委託研究の中身は、市場調査や経済予測、経営コンサルティングからコンピュータシステムの設計・開発、科学技術解析・評価まで多岐にわたっており、委託元のニーズに合った調査・研究成果を提供することで、社会の様々な問題の解決に寄与することを使命としている。

本稿で紹介させていただく総合安全研究センターでは、主として大規模プラントや輸送機器等の工学システムを対象として、「安全」に関わる調査・分析・評価ならびに手法・システム開発を主要業務としてきた。「安全」を考える上で工学システムを扱う人間、あるいは人間も含めた工学システムの問題を扱うことの重要性が広く認識される中で、約10年前からヒューマンファクタ研究(ここでは、人間及び社会の認知、行動を対象とした研究という意味で用いる)にも着手し、研究開発の領域を広げつつある。弊社の他部署においても様々な形でヒューマンファクタ研究が行なわれているが、当研究グループにおける特色は「安全」をキーワードとして「工学的アプローチ」から研究に取り組んでいる点にある。

以下では、当研究グループがこれまでに取り組んできた、あるいは取り組みつづけるヒューマンファクタ研究の概要について、年代の流れに沿って紹介してみたい。なお、前述したように弊所における研究のほとんどは委託研究であるため、詳細な内容の記述ができなかったものもあることをご了承願いたい。

### 2. ヒューマンファクタ研究への取り組み

#### (1) これまで

#### HRA手法のツール化、人的過誤率データベース、人的過誤タクソノミー研究

当研究グループにおいてヒューマンファクタに関連する委託研究が始まったのは、チェルノブイル事故後、原子力発電所に対する確率論的安全性評価(以下、PSA)が実施に向かって大きく動き始め、それと同時にその一部である人間信頼性評価(以下、HRA)に

についても検討が始まったことがきっかけとなっている。このような背景があるため、当研究グループにおける初期の研究は、それまでにほぼ出そろっていたHRA手法の国内プラントへの適用方法の検討及びツール化、HRAの最大の問題の一つである過誤率データの検討及びデータベース化が主たる内容であった。また、これと並行して、原子力発電所での人的過誤の様相を知るため、国内の原子力発電所で発生した「軽微な故障」を対象とした「エラー分析」、即ち人的過誤が発生するプロセスに対するタクソノミー研究を行ってきた。

HRA手法に関しては、PSA手法との整合性及び過誤率データの充実度からいってTHERPが群をぬいており、実用的手法としてはこれ以外は考えられない状況であった。当時、当研究グループで開発したESHERIEは、このTHERPをベースにした人間信頼性解析支援システムである。本システムはタスク解析、HRAイベントツリー生成、感度解析等の支援機能と人的過誤率、PSF等のデータベースを有したパソコン用ソフトである。一方、人的過誤率データベース関連では、THERP以外にも航空機産業、米軍やシミュレータ実験にデータ源を求め、それらの内容についての調査分析結果をパソコン用データベースとして構築した。

また、タクソノミー研究に関しては、THERPのもつ行動主義的なコンセプトに対するアンチテーゼとして、ラスムッセンやリーズンらによる心理学、特に情報处理的な心理学を基本としたモデルが活発に議論されていた。当研究グループも、このような動向に沿った研究を進めてきたが、比較的早い時期から情報处理的な心理学のもつ限界を認識し、今で言う「分散認知」「状況論」「活動理論」への接近を始めてきた。

### コックピット、航空管制ワークプレース研究

当研究グループの初期の研究活動は、主にその対象を「原子力発電所」に限定していたが、原子力発電所を対象としたHRA研究及びエラー研究は、複雑・巨大システムには共通に存在する課題であるため、他分野への水平展開も図ってきた。その一例が、航空分野へのアプローチであり、コックピットにおける認知の問題、航空管制におけるワークプレース研究などである。

コックピットにおける研究では、認知タスクを詳細に記録したビデオをデータ源としてマイクロインタラクション分析手法を用いて分析し、実際の作業現場で作業がどのように行なわれているか、人間はコックピットの中のリソースをどのように活用し、協調してタスクを成功あるいは失敗させているのかを、忠実に解明することを試みた。また、航空管制における研究では、運航スケジュールの過密化に伴って増加している管制官のワークロードの軽減を目的として、管制官のタスク分析を行い、管制官のメンタルモデルに合致した適切な管制卓インタフェースのありかたを検討することを試みた。

現実には、これらの研究は諸般の事情により本格的実施には至らなかったものの、分散認知の視点からのコックピットのクルー・コーディネーションの研究は、ハッチンスの研究を比較的はやい時期に継承しようとしたものであり、また航空管制におけるワークスペース研究は、着想だけは英国及び北欧での研究に先んずるものであった。現時点では着想から5年以上を経過したにも係わらず未だに実現しておらず、研究実績としては欧米に水を開けられる結果となってしまったことは残念なことである。

### インタフェースの高度化

人間とシステムとの高度な協調を実現するためには、それらの接点であるインタフェースの高度化が是非とも必要である。こうした認識のもと、人間の状態を把握し、人間と機械に適切なタスク配分を行う「相互適応インタフェース」の概念設計を行った。その中で、人間とのインタラクションを通して、人間のエラーを検知しその内容に応じて適切なアドバイスを提供することにより人間の能力の向上、システムの学習、タスクパフォーマンスの向上を図る「クリティック」の考え方を取り入れ、「手掛かり」の利用という観点から、人間の思考過程を推定し認知エラーを分析する枠組みを提案した。

## (2) 現在

### インタフェース評価、改善

当研究グループでは、これまでに蓄積してきた人間工学、認知心理学の知見に基づいて、原子力発電所中央制御盤を対象としたヒューマンシステムインタフェース(以下、HSI)評価項目をまとめる作業を進めている。HSI評価項目はすでいくつかのものが提出されているが、それらの多くはインタフェースの物理的な構成要素と人間の生理的な条件との適合性を中心をまとめたものであるのに対し、本研究ではインタフェース構成要素が媒介して伝達する情報の意味内容が人間の理解や判断のプロセスに適合しているかどうか、というように認知情報処理的な観点からまとめていることに特徴がある。現在、基本となる「通常時」「個人」に関する評価項目をまとめているが、今後は、「異常時」や「チーム行動」に拡張していくとともに、できるだけ豊富な具体例図を添付し、インタフェース設計を支援するためのデータベースとしての充実を図っていきたいと考えている(図1参照)。

これとは別に、ダム用ゲート操作盤を対象としたインタフェース改善研究も実施中である。ダム用ゲートの操作・制御は通常は操作頻度も少なく比較的単純なタスクであるが、洪水時における操作エラーや機器故障への不適切な対応により大きな危険につながる。これまでは、制御装置のインタフェース設計はダムごとにばらつきも大きく、系統的な人間工学的観点が取り入れられてこなかった。このため、ゲートの安全かつ円滑な

運用の実現を目的として、洪水調整時のゲート操作タスクについて詳細な分析を行い、タスク特性を踏まえてゲート操作盤の HSI 設計ガイドラインを作成した。さらに、通常時すなわち時間的余裕があり負荷の軽いタスクのみではなく、異常な降水や機器故障など緊急時を考慮した体制、タスク環境、HSI の在り方についても調査、検討を行っている。

### 教育訓練の高度化

システムやインタフェースがいかに高度に自動化、知能化されようとも、人間の役割が完全になくなるとは考えにくく、むしろ、機械システムで扱うには難しい仕事ばかりが人間に廻ってくる恐れもある。緊急時の状況判断や問題解決などがそうである。機械システムが扱いにくい仕事は人間にとっても扱いにくいのは同様であり、人間がこのような難しい仕事をこなすためには、当然ながら十分な教育訓練と経験による能力向上が欠かせない。そこで、当研究グループでは教育訓練の高度化をテーマとした研究にも取り組み、教育訓練手法及びシステム設計・開発等を手掛けている。

現在進行中の電力会社との共同研究プロジェクトでは、原子力発電所の保守員を対象として、OJTや模擬設備を利用した訓練では不足しがちなトラブル時の状況判断や原因追及能力を育成するための訓練システムを開発中である。この訓練システムでは、「発見型学習環境」を基本的な考え方として取り入れ、仮想現実感技術（以下、VR技術）を用いて設計開発を進めている。VR技術はユーザの第一人称経験を可能とし、学習の帰納的過程を支援するという点でここでの目的に最適な要素技術と考えている。

この研究の他にも、安全教育、ヒューマンファクタ教育をテーマとした研究プロジェクトが進行中である。

### (3) 今後

#### ワークプレイスから社会、日常生活への研究領域拡大

これまでは、主として大規模プラントや航空機等の産業分野におけるワークプレイスを研究フィールドとして活動を進めてきたが、今後は社会、日常生活そのものを視野に入れ、研究領域を拡大していきたいと考えている。

日常生活の場におけるヒューマンファクタ研究としては、種々の工業製品（現状では人間 - コンピュータインタラクション（以下、HCI）に関するものが主流であるが）を対象としたユーザビリティ評価がある。コンピュータをはじめとして、インタラクティブな機器が氾濫する社会において、人間と機械とのよりよい関係を作り上げてゆくためには、利用者中心（＝人間中心）の設計が是非とも必要である。しかしながら、これを実現するためにはデザイナーが単独で頑張っても難しく、デザイナー、ユーザ、専門家

などが頭を寄せた多角的な研究が必要である。ユーザビリティ評価は、主にこのような研究を志向したものであり、実務に直結した種々の評価手法の開発・検討も行われている。当研究グループでも、これまでに蓄積したヒューマンファクタに係わる知見を活かす良い場でもあり、ユーザビリティ評価に係わる研究に積極的に取り組んでおり、今後は広く世の中にアピールしていきたいと考えている。

また、日常生活の不特定多数のユーザ層を考えると、利用弱者といわれる障害者や高齢者、あるいは日本語が不自由な外国人等に対する配慮が不可欠である。なぜならば、高齢化、国際化が進むにつれこうした利用弱者は社会の構成員として大きな比重を占めることになること、また、いわゆる弱者に対しての配慮（バリアフリー）は、そうでない人にとっての使いやすさ、わかりやすさにもつながる（ユニバーサルデザイン）ためである。障害者や高齢者を含めたすべての人ができるかぎり自立的に安全、快適に生活できる社会の実現をめざして、日常生活に直結したさまざまな道具、設備のインタフェース、公共的施設の設計や運用のありかたなどといったテーマに取り組んでいく予定である。

### 認知工学パラダイムシフト

このような、日常生活から職場までも含めた広範な状況における種々の設計・評価を行おうとすると、当然のことながら「人間の認知とはどのようなものか」という本質的な問題が改めて問われることとなる。従来の情報处理的なモデルは、心理学と工学との橋渡しという点では大きく寄与するものではあったが、現実の人の活動を解釈できない部分を持っていることもまた明らかである。このため、当研究グループでは分散認知、状況的認知、活動理論等の、情報処理モデルとは一線を画した分野の基礎的な研究も必要と考え、所外の様々な分野の研究グループとの交流を通じて知見、技術力の向上に努めている。このような研究が、HCIをはじめとした工学分野、特に設計に対してどのような寄与を生むのかということに関しては未知数であるが、「人をよく理解する」ため、今後も積極的に取り組み、工学への反映を考えてゆきたいと思っている。弊所での研究には、「新たな可能性を探る」ということも一つの大きなミッションとして存在することから、機械に振り回されない技術を確立するためにも、この種の基礎研究は必要であろうと考えている。

### リスク認知、コミュニケーション

これまでのヒューマンファクタ研究の多くは、人間と機械の相互作用を扱うものであったが、機械に取り巻かれている中での人間どうしの相互作用も重要な視点である。この



### 3. おわりに

以上、簡単ではあるが当研究グループにおける研究活動の一端を紹介させていただいた。分担執筆のため、研究スタッフ面々（写真1）の「思い入れ」が色濃く出てしまった部分もあり、読みづらい文面となってしまったことをお詫びしたい。

ヒューマンファクタ研究は扱う対象が未知なる人間であり、研究手法的な面でも、成果の評価の面でも、本質的に非常に難しいテーマであることを実感している。が、それ故興味がつきない分野でもある。

実用的なヒューマンファクタ研究という意味では、研究フィールドとなる労働現場を持たない弊所のような研究グループなどは、ともすると机上の空論に終わりかねないことを十分に意識し、積極的に現場に飛び込んで見聞き体験することによって現実を真摯に捉え、現場の人との議論を交わすことが重要と考えている。

今後も研究活動を通じて微弱ながらも社会に貢献していきたいと考えている。

（上野 信吾）

（株）三菱総合研究所・総合安全研究センター

住所：〒100 東京都千代田区大手町2-3-6

電話：03-3277-0769 FAX：03-3277-3480 e-mail：ueno@mri.co.jp



写真1 当研究グループの面々（掲載に適した写真がないので。。）



## 学生の声

### 日本での3年間の留学生生活を振り返って 京都大学大学院エネルギー科学研究科

(吉川 榮和 研究室)  
D1学生 Wu Wei

私は、中国から参りました留学生で、Wu Weiと申します。日本での留学生活はもう三年になりました。中国にいたときは、清華大学で「熱エネルギー及び原子力の利用」という名前の専攻で五年間（清華大学は五年制です）の勉強を修めました。中国の大学時代には、他の学生と同じように、大学を卒業してどこか海外の大学へ留学し、修士、博士号を取るのが夢でした。私の場合、中国が改革開放政策を実施し始めた1980年代に両親が最初の留学生として日本の大阪大学に留学し、父母とも阪大で博士号を取得した影響で、私も日本への留学を夢見てきました。

1994年の夏、私は中国での大学の学業を修了し、清華大学を卒業し、その後、秋の10月に、ずっと思い続けた海外への留学が実現し、日本の一流大学京都大学に留学することができました。（来日当初は、京都大学原子エネルギー研究所・吉川研究室に、私費外国人研究生として配属）。来日当時は、すべてのことが新鮮な経験でしたが、やはり翌年春の大学院入学試験が迫っていたため、私は直ちに受験勉強の生活に入りました。受験勉強といっても、まず言葉の問題が出てきました。それは、来日以前には、日本語の勉強をしていなかったからです。なぜ日本の留学を目指していたのに、日本語を勉強しなかったかということ、実は私の大学での第一外国語はロシア語で、第二外国語は英語でした。また、「日本での留学には英語を欠かせない」と両親からのアドバイスもあって、来日以前には、ずっと英語の勉強をしました。

そのため、大学院の受験準備では、まず日本語の勉強に没頭しました。幸いに、ある程度日本語、特に文法の勉強をすると、日本語にも漢字が使われているおかげで、漢字を手がかりにし、勉強した文法を参考にすることによって、文章の意味をある程度なんとか理解できるようになってきました。そして、その時点から、中国の大学では勉強していなかった科目の学習を始めました。このように、10月から翌年の1月まで、受験勉強を続けました。その間に、修士課程入学志望の、京都大学電気系大学院入院試験の過去10年間のほぼすべての問題もやりました。

そして、一生懸命の努力が実った結果、翌年の2月に留学生大学院入試を合格し、4月には、京都大学大学院工学研究科修士課程電気工学専攻に入学しました。このようにして私は、修士課程の留学生生活を本格的に歩み始めましたが、講義の受講が始まっ

てから、日本語能力の不足を実感しました。そのため、修士課程の各科目の受講の傍ら、日本語の勉強を続けました。そのうち、「外国人日本語能力試験1級」という日本語能力を評価する試験があると知り、その合格を目指して頑張るようになりました。日本語の上達につれ、修士課程の授業勉強が楽になるだけでなく、研究室の学生との交流もできて友達が一杯できました。そして、ついに1995年12月には、「外国人日本語能力試験1級」にも合格できました。

修士1回生の時は、1年先輩の修士の安田さんと一緒に、その修士論文研究のお手伝いで、研究を分担していましたが、2回生になると、私自身が修士論文の研究を本格的に始めることとなります。この頃には、いわゆる言葉の壁も既に越えていたため、修士研究を進めるには障害になりませんでした。私の修士研究テーマは、原子力プラントの運転員のモデル、即ちヒューマンモデルに関する研究を志向することに、先生たちとの相談で決めました。そのうちに、私は生涯に初の研究会発表、しかも外国語（日本語）での発表を迎えました。それは、1996年4月の計測自動制御学会・ヒューマンインタフェース部会の研究会でした。研究会の発表は、事前によく準備したおかげで、緊張しながらも結果はなんとか成功裏に終わりました。その後、修士論文の研究は吉川先生の指導で、確実に進んでいきました。具体的には、プラント運転員の認知信頼性を評価するためのヒューマンモデルの開発と実験検証がテーマですが、関連研究の文献調査、ヒューマンモデル構築のためのソフトウェアの勉強、システムの構築などと、一步一步と順調に進んでいました。そして、1996年10月には、横浜で開催された第12回ヒューマン・インタフェース・シンポジウムに参加し、私の修士研究の中間成果を発表しました。そして、1997年2月には、修士論文を日本語で書き上げて、公聴会の発表を迎えました。私の修士論文では、「プロセス制御における人間信頼性評価のためのヒューマンモデル研究」と名付けて、修士課程の研究内容を纏めました。3月に修士課程を修了し、卒業証書もいただきました。さらに、うれしいことに、その後すぐ4月中旬に祖国中国の北京で開かれた、ANS主催原子力熱流動・運転・安全国際トピカルミーティングに参加することができ、修士課程の研究成果を英語で発表しました。会場には、清華大学の恩師の先生や先輩、同級生も聴講してくれていて、会場は立ち見の人もあるほど、盛況でした。北京の国際会議では、うれしいことに、3年ぶりに両親と会いました。また、清華大学の同窓生と久しぶりに交歓しました。

現在、私は京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻の博士課程学生です。そして修士課程の研究に引き続いて、人間信頼性解析の研究に適用するため、ヒューマンモデルの更なるモデル向上と、人間-機械相互作用の総合シミュレーション手法への発展を目指して研究を行っています。この研究では、三菱電



機産業システム研究所との共同研究であるため、これから私が研究を進めてきたヒューマンモデルを実機規模のプラントシミュレーションシステムに組み込もうとしています。

今年は、日本での留学生活は4年目に入りました。現在、研究室のみなさんや三菱の研究所のみなさんと、楽しい、充実した生活を送っています。ここで、留学生のみなさんに言いたいことは「目標を決めて一生懸命頑張れば、必ずいいことがある」ということです。良い留学生活を送りましょう。



## 雑 感

吉川 榮和

朝ぼらけ 宇治の川霧たえだえに あらはれわたる 瀬々の網代木

(権中納言定頼\*)

向寒の候、京大・宇治キャンパスよりご挨拶申し上げます。当方、平成8年4月より、京大に新設の、エネルギー科学研究科に移りましたが、相変わらず宇治の旧原子エネルギー研究所（現在は、エネルギー理工学研究所と改称）の本館に、同居しております。

平成9年は、大学院に移行したことで、私にとっては新しい経験を得る年でもありましたが、それはさておき、最近の原子力事情に関わるところで雑感を申し述べさせていただきます。

平成9年4月には、エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻の、初代専攻長の任務から解放され、久しぶりに国際会議に出席しました。写真は、平成9年4月中旬に、中国北京で開催された、ANS主催の原子力熱流動・運転・安全国際トピカルミーティングに出席した際の、中国人民大会堂前でのスナップ写真です。（撮影は、本号で学生の声の欄に寄稿している、中国人留学生のWu Wei君。一緒に写真に写っているのは、若林二郎先生ご夫妻と、当研究室の社会人ドクター学生・福島君、修士学生・石井君及び当方の長男です。）

この国際会議冒頭のプレナリセッションでは、マンマシンシステム研究連絡会の初代委員長で本部会の産みの親でもある、若林 二郎 先生は、我が国を代表して、「通産省・原子力発電セーフティ・サポート・システム・プロジェクト」を基調講演されました。なお、最近の中国の大規模な原発建設計画を反映してか、アメリカ、フランス、韓国の基調講演では、それぞれ中国市場への参入を意識した、宣伝臭の強い講演が続いたことが印象的でした。一方、テクニカルセッションの各会場では、どの会場でも中国人の聴講者が一杯で、熱心に聴講、質問される様子を見て、昔、私が動燃・高速炉部にいたころ、アメリカ、フランス、ドイツ、イギリスの研究者が、情報交換



会議で動燃を訪問した際に、皆で取り巻いて熱心に質問した姿を、懐かしく思い起こすとともに、中国での原発開発に掛ける意気込みと熱気を、ひしひしと感じました。東アジアでは、韓国、中国と、これから益々原子力開発が進められますが、我が国とは一衣帯水の間柄でもあり、世界的に最高水準にある我が国の原子力発電の運転管理技術の、これらの諸国への技術移転、技術協力が、これから益々重要になり、要請されるであろうとの感慨を抱きました。

翻って、我が国の最近の原子力の状況は、動燃での残念な相次ぐトラブルの発生のため、ご案内のように、マスコミ報道では、原子力の今後の方向を巡って国論を二分するかの様相を呈しています。昨年末に京都で開催された、COP3会議もあり、最近地球環境問題の克服のため、炭酸ガスの排出を先進国間で抑制していこうとの機運が高まっていますが、マスコミの論調では、COP3会議の中での原子力発電の位置づけを巡る議論が必ずしも正確に伝えられていないとの批判も耳にします。しかしながら、このようなマスコミの論調の背景には、一般に、「科学技術と社会の関係」を巡って、見直しが必要との社会認識が、最近、高まってきていることを、私たちは認識する必要があるように思います。事実、今年1月8日掲載の日経紙の社説では、「・・・科学技術に対し、受け身であった社会が、科学技術のあり方に関与する方向に動き出した。・・・科学技術と社会の関係の変化は、その過程である種の摩擦を生む可能性がある。・・・原子力の問題が典型である。・・・科学技術コミュニティが門戸を開き、社会の声に耳を傾け、社会が受け入れやすい科学技術を目指すことが重要とな

る。・・・」と、述べております。

私たち、機械システムをヒューマンファクターの視点から眺め、人間と機械とのシステム全体のあり方を研究する部会では、技術的な「安全」と社会の技術への「安心」とは、次元の異なる問題であることを認識し、技術の「社会的安心」の観点からも、一層、問題を掘り下げて研究を進める必要を痛感しています。

これからの我が国の高齢化社会の趨勢を考えますと、必然的に女性の役割が、従来の家庭中心から社会の各分野への進出が高まると思います。例えば、男女の就業の機会均等が社会的に普及している米国やフランスでは、原発を訪問しても、女性技術者、女性運転員が、誇りと自信をもって職務に励んでいる姿を目にします。最近では、スポーツや芸術文化の分野で、日本女性の世界的な目覚ましい活躍振りを見るにつけ、原子力においても、PRセンターでのガイドさんから更に発展して、女性が原発の設計チームに加わり、女性が原発の運転や管理に携わる、責任を持つ、というところまで、原子力で女性が活躍するようになれば、益々社会にも調和し、また素晴らしい技術展開が期待できることでしょう。当部会の会員には、才能豊かな女性が大勢いらっしゃいますので、是非、積極的な取り組みとご活躍をお願いしたいと思います。

21世紀の急速な科学技術の進歩によって発展した現代社会は、世紀末になってその科学技術故の様々な問題も孕みながら、間もなく新世紀を迎えようとしています。とくに原子力は、よきにつけあしきにつけ、21世紀を代表する科学技術であったでしょうが、これまでのように、先進欧米諸国に目を向け、その技術導入とcatch-upに邁進する技術開発のあり方から、社会全体、近隣アジア諸国と共に考え、「自発自得（自ら発意し、自ら得る）」（\*\*）を旨とした取り組みが、これからの我が国の原子力の進む道ではないかと、大いに自戒し、微力ながらも研鑽に励む所存であります。

最後になりましたが、会員の皆様方のご健勝と益々のご発展を祈念いたします。

（平成10年1月18日記す）

\* 権中納言定頼は、宮中の歌合わせに招かれた、うら若い小式部内侍を、「お母さん（奔放な女流歌人で有名な和泉式部）からまだ代作の歌はきませんか？心細いでしょう」と、からかって、「大江山 いく野の道の 遠ければ まだふみも見ず 天の橋立」と、即座に切り返された、藤原貴族です。

\*\* 「自発自得」については、京大創設時の入学者宣誓式での初代総長・木下廣次先生の訓辞から引用しました。

- 書評 -

## The Logic of Failure

(Metropolitan Books, Henry Holt and Company, New York (1996))

Dietrich Doerner著)

本会会員には、表題をThe Logic of Mistakeとした方がピンとくるかもしれない。慎重に検討を重ねて決断したはずなのに結果が無残な失敗に終るということは、考えたくないが結構よくあることである。本書はこうした熟慮の末の核心的判断ミス、我々になじみの深い言葉でいうと知識レベルのミスティクが起きる要因と、その処方箋について論じたものである。

本書は学術的な内容を淡々と解説するのではなく、具体事例を多数参照しながらわかりやすい文章で解説するスタイルで書かれている。最も多く登場する例は、西アフリカの架空の国、タナランドを舞台としたシムシティーのようなシミュレーションゲームを用いて著者らが行った実験的研究である。このゲームの世界モデルにはパラメータ間の現実的で複雑な関係が想定されており、被験者はよほどよく考えて行動しないと国を破滅に導いてしまう。たとえば、人道的動機にかられて医療レベルを安易に引き上げたりすると、すぐに人口増加に食糧生産が追いつかなくなって飢饉で死者が大発生する結果をまねく。平均的な被験者は、壊滅的な飢饉にしてしまうことが多いそうである。第1章では、まずこうした大失敗の事例が紹介されている。

つぎにこうした大失敗を起す要因を、意思定論的あるいは認知的観点から分析している。第2章では、問題の複雑さやダイナミクスなど、失敗事例で扱われた対象問題に共通する特徴を明らかにしたのち、難問題に対する対応行動が、目標設定、情報収集とモデル構築、予測と外挿、計画と実行、評価と戦略変更の5つのステップで構成されることを説明している。そして第3章以降では、重大な判断ミスがどのような要因で起きるのかを、これらのステップごとに解明する作業が続く。ここでもまたタナランド・ゲームを含む豊富な具体事例が参照されており、読者の理解を容易にしてくれる。特に第5章は、ダイナミックな問題を考える際に重要な時間認識に関する問題を扱っており、幾何級数的ダイナミクスや、行為の効果が現れるまでの時間遅れに対する認識不足が失敗の原因として指摘されている。

こうした失敗の分析をふまえ、最後に失敗を避けるための教訓と対策を述べて本書は終わっている。著者は特に、複雑状況における思考訓練と失敗からの学習の重要性を強調しており、仮想空間での思考実験に対する批判があることを十分意識した上で、

現実では難しい経験をつむためのツールとして、シミュレーションの役割に期待している。このように、本書では知識ベースのミステイクに関してかなり細かい分析を行っているが、非専門家でも読める教養書風に仕上がっている。昨今の世情からすると、経営や政策決定の責任ある方々に是非読んでいただきたい気がするが、ヒューマンエラーの専門家にとっても楽しく読めて参考になるところが多い本である。

(古田一雄)

---

「カール・セーガン 科学と悪霊を語る」

カール・セーガン著、青木 薫 訳、新潮社

訳書の多くの場合そうであるが、原タイトルの意味合いが正しく伝わっていない日本語題である。原題は"The Deamon-Haunted World -Science as a Candle in the Dark"という。先頃亡くなった有名な天文学者カール・セーガンの渾身のラストメッセージである。

直接、原子力やマンマシンシステムに関わることを扱っているわけではないが、正しく科学技術を伝えるということに関して多くのことを教えてくれる本である。扱っている領域はUFO、超能力、心霊術、死後の世界、宗教と幅広く、そういった似非科学の手口、そしてなぜ人は騙されるのかを詳細に分析している。筆者は、正当な科学が正しく理解されず、このようなまがい物の神秘主義が幅広く受け入れられていることを深く憂慮している。事実、私の経験でも大学で工学を学んでいる学生の2, 3割がUFOを信じ、エリア51で秘密裏のUFO開発が行われていると信じているのである。これは恐ろしい事実である。このような間違った認識、科学的考え方の欠落が、原子力に対するありもしない恐怖を助長するのではなからうか。また、この本では、科学者の倫理的な責任についても言及している。誤った科学の利用はそれ自体大きな罪になりうるということを、アメリカの核軍事戦略に携わってきたエドワード・テラーを例に取りその社会的な責任を追求している。

死を間近に感じてのカール・セーガンのメッセージは、ある部分では悲観的になりながらも、科学がもたらす未来に対する希望を失ってはいない。人間の健全な部分への信念を失ってはいない筆者の姿勢には感動させられる。

この本は、このような科学エッセーにありがちな無機的なところが感じられない。前書きで、科学を志す心を教えてくれた両親を語る部分は泣かせます。是非ご一読を。

(高橋 信)



## 編集後記

毎年、会報の電子化と言いながら、今年も紙媒体で会報をお送りいたします。部会への移行に伴いWWWも一新してと思いながらも、つつい情報のアップデートが後手に回ってしまいます。近日中には部会のWWWの更新を行い、この会報を含む過去の情報のPDF形式による提供を行いたいと考えております。

やはりホームページを持つからには、形式的なものではなく、そこにアクセスすると有用かつ新鮮な情報が得られるのだという信頼感がなければ意味がないのではないのでしょうか。そのためには、絶え間ないアップデートとコンテンツの見直しが必要になるでしょう。これは正直言って私一人で出来ることではありません。部会員の皆様のご協力をお願い申し上げる次第です。





# ヒューマン・マシン・システム研究

No.8

1998年2月発行

## 目次

1. 巻頭言 「ヒューマン・マシン・システム研究部会発足にあたって」	・・・・木口 高志	1
2. 第8回「マンマシンシステム研究夏期セミナー」報告	・・・・吉田一雄、山田直之	2
3. 活動報告		
「マンマシンシステム研究調査委員会」	・・・・	5
第26回～第29回会合		
「原子力施設保守保全高度化研究調査委員会」	・・・・	17
第1回～第2回会合		
4. 研究グループ紹介	・・・・	24
「安全・安心を育むヒューマンサイエンス技術を目指して		
- (株)三菱総合研究所 総合安全研究センター -		
5. 学生の声		
京都大学大学院エネルギー科学研究科(吉川榮和研究室)	・・・・ Wu Wei	31
6. 寄稿コーナー		
「雑感」	・・・・吉川榮和	34
書評	・・・・古田一雄、高橋 信	37
7. 編集後記	・・・・	39
8. 会員名簿	・・・・	40



