

巻頭言

The Reality Of Risks

Erik Hollnagel

It is a great honour for me to have been asked to write this preface for the Annual Report of Human, Machine and System division of the Atomic Energy Society of Japan. But it is also something of a challenge, since I was given the freedom to choose a subject of my own. The challenge is, of course, not to find something to write about, but rather to select from the many issues that come to mind in the wide field of human and machine interaction.

One place to start is by considering the most recent transition from the old year to the new year. In the West considerable commotion and concern surrounded this, since we happen to use a calendar system where this particular transition was from 1999 to 2000. Quite apart from the superstition and mumbo-jumbo that often is associated with round numbers, including dire prophecies about the end of the world, the transition was seen as a potential risk due to some peculiarities of the computing systems that we use. This risk, unfortunately, was not confined to the West, since the same information technology successfully had been exported to most of the world.

In the end, nothing untoward happened, at least on a cataclysmic scale. Aeroplanes did not fall from the sky, patients did not die as sophisticated hospital machinery failed, nuclear power plants did not experience scrams, telecommunication did not grind to a halt, etc. There were, of course, lots of minor disturbances, many of which are only slowly beginning to be detected. But for better or worse, life went on as usual. The question that is now being asked, is what all the fuss was about. More specifically, did the billions of dollars that were spent on scrutinising billions of line of code really have an effect? In other words, were the risks grossly overestimated and all the work therefore in vain, or was the risk assessment correct and the counteractions effective?

If this seems remote from the day-to-day problems of getting human-machine systems to work, it is only because of the scale. In the daily activities we face exactly the same challenges to understanding and preventing system failures, and we face them repeatedly. The challenges are:

- Whether it is possible to understand what the problem is?
- Whether it is possible to envisage the consequences and to differentiate between large and small risks?
- Whether there are any known means by which the risks can be reduced or eliminated?

In the case of the case of the so-called Y2K “bug” the problem was easy to understand. Everybody, from housewives to managing directors and politicians, could understand that it was impossible to write a four-digit number with two digits only. It was also easy to understand that a failure to distinguish between 1900 and 2000 would have some consequences, although the detailed mechanisms by which it could occur were sometimes obscure. However, everybody knew that computers were all over the place, and everybody had at some point in time had the experience of a failure of a computer system – either in the bank, at the ticket counter, at work, or at home. It was therefore easy to imagine that seriously bad things might happen if computers began to crash. Finally, there seemed to be an obvious solution, namely that of going through the software and change all the places where years were represented by two digits only. Overall the Y2K problem thus benefited from having a clearly described and easily understood scenario, as well as a clearly defined solution – at least in principle.

The situation is, however, radically different on the scale of the problems that occur in day-to-day practice. First, it is often not easy to understand what the problem is, or to see that there is a problem at all – at least not until an accident has happened. This is in no small

measure due to the success of eliminating the simpler problems, those due to really bad interface design, to improper working procedures, to incompatible working conditions, etc. As a result of that practically all of the obvious problems have been taken care of, which means that only the complex ones remain. System failures are therefore mostly due to unusual combinations of conditions, which involve the poorly understood characteristics of socio-technical systems and organisations. While specialists in human factors, cognitive engineering, or risk analysis may still be able to understand what the problems are, this understanding often eludes people at a managerial and policymaking level.

Because the problems are difficult to understand, it also becomes difficult to envisage the consequences and to pinpoint the significant risks. The events that one would want to avoid may first of all only occur very infrequently, and are possibly so-called rare events – meaning that they are almost never repeated. Since their aetiology is unclear, it may further be very difficult both to determine what consequences may obtain and to assess their likelihood. Finally, even if the risks can be assessed, the complexity of causes makes it hard to identify simple and robust countermeasures. Without a clear focus, it is very difficult to know how to respond, particularly if the response must be cost-efficient.

There is no shortage of examples that can illustrate the above analysis. One of the more recent ones is the criticality accident that occurred at the nuclear fuel conversion facility of JCO in Tokai-mura on September 30, 1999. This has all the markings of a rare, but complex occurrence. It was not easy beforehand to understand what the problem was, or even to see that there was a problem at all. In retrospect we may say that *if* experts on organisational risk had analysed the nature of the work and the working conditions, *then* they would have been able to spot the potential dangers. The fact of the matter is that no one even thought of looking at the work practices, and that none of those who were involved and who actually did the work had any way of appreciating the risks. In the aftermath, people may be motivated to look more closely at the practices in similar types of installations, but the enthusiasm will soon wear off.

Even if the situation had been analysed, the risks would have been very difficult to assess. The accident was due to an unusual combination of several events, which together managed to render inefficient the barriers of the system. The main problem with such latent conditions is that we can only look for the ones that we know. It is furthermore very difficult to categorise them, which means that the search is based on cases or exemplars rather than on a well-defined classification scheme. The lack of a clear understanding of how multiple events and latent conditions interact also makes it very difficult to propose effective means that can prevent similar accidents in the future.

In relation to the field of human-machine interaction and cognitive systems engineering, the main lesson to be learned – one more time – is that accidents are due to usual actions under unusual circumstances, rather than unusual actions under usual circumstances. In other words, the exceptions cannot be found nicely tucked away in a single part of the joint system, such as the operator or the interface, but are rather due to the dynamics and the complexity of the interaction. People always try to optimise their work, at all levels and at all stage of the system life cycle. Sometimes they lose control of what they do. The challenge is to understand when and why it happens.

Erik Hollnagel

Professor, Department of Computer and Information Science,
University of Linköping, Sweden.

Visiting Professor, Yoshikawa Laboratory, Graduate School of
Energy Science, Kyoto University.

活動報告 第10回「ヒューマン・マシンシステム研究セミナー」報告

1999年7月20, 21日 (軽井沢スケートセンターホテル)

標記セミナーが、7月20, 21日の2日間にわたって軽井沢スケートセンターホテルで開催され、51名が参加した。今年はヒューマンファクタ (HF) の重要性が認識される契機となったTMI事故より20年、また本セミナーが始まってから10年目にあたることから、「21世紀に向けてのHF研究」をテーマにHF研究の現状認識と将来展望に焦点をあてたプログラムを企画した。以下に各セッションの概要を紹介する。

1. 原子力と他分野における HF 研究

今瀬正博氏 (三菱電機)、永井哲郎氏 (三菱重工) から、原子力発電における異常拡大の防止、運転・保守における人間の負担軽減による安全性・信頼性の向上、ならびに人的能力の維持・向上を目的とする原子力プラントセーフティーサポートシステム (SSS) の開発が紹介された。SSSは、異常事態の発生を未然に防止することを目的とした異常予知総合判断システム、運転・保守における負担軽減を目指した高度自動化システム、人的能力の維持・向上を図る高度運転情報提供システムで構成される。これらのサブシステムにおける人間と機械の役割分担は、ユーザへのアンケート結果をふまえて決定された。中央計装システムでは、PWR5電力の標準化設計を検討しており、さらに次世代制御室に導入すべく要素技術の開発も行われている。

菅原政治郎氏、福田護氏 (原子力機構) からは、「確率論的安全評価 (PSA) における人間信頼性解析 (HRA) の取り扱い」について講演が行われた。レベル1 PSAにおけるHRAの位置づけは、事故シーケンスを構成する運転員の試験・保守時の過誤や事故時の応答失敗の炉心損傷頻度への寄与を評価するものである。手法としては主にTHERPが使われており、作業間の従属性、回復操作、PSFを考慮しながらタスク失敗のイベントツリー解析を行う。エラーは主にオMISSIONを対象とし、事故前のタスクと事故後のタスクにおける過誤に分類される。人的過誤の炉心損傷頻度への寄与はBWRで約80%、4ループPWRで約60%もあり、また運転時よりも停止時の方が人的過誤の寄与が大きいことなどが報告された。

つぎに、高度道路交通システム (ITS) におけるヒューマンインタフェース研究が仲谷喜雄氏 (ドーシス) より紹介された。事故、渋滞、環境汚染の問題を解決するために、ITSの研究開発が各国で行われており、我国では5省庁の協力によるITS全体構想が敷かれている。ITSには、ナビゲーションの高度化、自動料金収受、安全運転など10の分野と21のサービスが提案されている。VICSはVICS仕様のカーナビを用いて道路交通情報を提供するものである。今後はカーナビを携帯情報端末と

して使う多様なサービスが普及すると考えられる。ETCは電子的通行料金収受システムで、全国共通規格、低エラー率、高いセキュリティーなどを特徴として1999年より導入される予定である。AHSは自動運転技術であり、各国でプラトニングのデモ走行が行われている。交通渋滞の解消法としては、パーク&ライドなどの様々な交通需要管理手法が提案されている。

1日目の最後は、榎木哲夫氏（京大）の「人間中心のエージェント設計とインタラクションの複雑性」と題する講演であった。人間中心の自動化が提唱されているが、これを実現しようとするするとシェリダンが指摘するように様々な問題が発生する。人間にとって対等なパートナーとしての社会的なインタラクションを可能にする「社会性重視の自動化」を提案する。そのためには、「どんな関係が失われるか」への配慮、利用者の視点にたったインタフェース、設計者／利用者／自動化システムの3者の意図共有が重要となる。認知の社会性を考慮するための枠組みとして、naturalistic decision-makingなどの概念が提案されている。さらに、概念被覆や時間依存効用の概念を用いて社会的インタラクションを実現するための具体的試みが紹介された。

2. 社会における原子力

このセッションでは、主に組織論およびHF研究の海外動向がとりあげられた。最初に高野研一氏（電中研）より「ヒューマンエラー低減に及ぼす組織要因の係わり」についての講演があった。内容は組織要因とその構造、組織安全に関する研究の流れ（安全性と組織要因の関係、安全文化）、建設業および化学工業における労働災害と組織要因の調査（調査概要、アンケート調査様式、調査結果）、ヒューマンエラー低減のための組織的観点からの戦略（管理するための戦略、防止の具体策）などである。ヒューマンエラー低減策については、組織要因（安全施策、安全活動）、作業開始（作業基準、危険予知、ワンポイントアドバイス）、認知・判断過程（危険認識）、行動（不安全行動監視、作業確認）、設備（フェールセーフ、エラープルーフ）の5層を取り上げている。質疑では、現在、電力でも組織改善の取り組みを行っているが、それを定着化するにはどうしたらよいかという質問に対して、その取り組みを管理・規程などの形にすること、ならびに継続的活動とすることが必要との回答があった。

ついで、門田一雄氏（原子力機構）より、「OECD／NEAの人的因子に係わる活動報告」について発表があった。NEAの原子力施設安全委員会（CSNI）には5つの作業グループ（PWG）があり、人的因子の活動はPWG-1（運転経験と人的因子）に属する。人的因子についてはさらにPWG-1内に「人的因子に関する拡大タスクフォース」が設けられ、1990年より大別して人的因子に係わる研究戦略および組織因子の同定と評価について活動を行っている。特に組織因子についてはワークショップが行われ、組織的な安全性能の決定の上で重要な、外部の影響、ゴールと戦略、管理機能と監査、資源配分、人的資源管理、訓練、仕事の連携、組織内知識、手順化、組織文化、組織における学習、コミュニケーションの12の組織因子が同定

された。また現行 PSA に組織的観点を統合することは困難なようであり、新しい PSA 手法の模索が行われつつある。

3 件目の講演として、田辺文也より（原研）「原子力安全条約・国別報告に見る HF 海外動向」について発表があった。原子力安全条約の目的は、原子力施設における高水準の安全を世界的規模で達成する理念を法的拘束力を持って実現しようとする国際的な取り決めを行うことで、12 条には人的な要因に関する記述がある。人的要因に関して、主にベルギー、スイス、韓国、フランス、イギリス、スウェーデン、カナダ、ドイツ、ロシア、ウクライナからの国別報告が紹介された。ロシアの報告では、エラー低減方法として「安全系の制御で運転員の介入を 10-30 分間防止するための技術的手段を講じなければならない」との記述が注目を引く。またベルギーの報告では典型的なエラー低減方法を提案しており、その内容は手順書の改善、ディスプレイの改善、訓練、運転経験フィードバックを行うことをあげている。フランスの報告では DSIN が 6 つの優先分野（人間工学、手順、訓練、管理・監督、運転対話、運転経験）を同定した。EDF は作業方法等における変化、訓練、マンマシンインターフェースから構成される新方針を策定したことの報告があった。

3．特別講演とパネル討論

古田一雄氏（東大）による特別講演は、これまでの HF 研究を総括するとともに今後我々が何をなすべきか問題提起するものであった。HF 研究を学問的譜系からみると、実験手法の進歩、計算機の登場などにより、観測可能な外面的事実のみで人間の行動を説明しようとする行動主義から人間の心は情報処理装置と考える認知主義、さらには人間行動は環境との相互作用のうちに創発するという生態主義に基づく研究へと変遷を重ねてきた。一方、我が国の HF 研究は、全体的には活動の低下が懸念され、また、分野別にみると監視支援や異常診断などの支援技術研究が主流を占めることなどが報告された。また軽水炉時代が長期化する中で、今後開発する軽水炉は安全性の維持・向上、経済性の向上、環境との調和などが目標とされており、その中で HF 研究がどのような貢献ができるのかを考えるべきであると指摘された。たとえば、環境との調和なら、説明責任を果たすことが重要であり、そのためには、HF として安全文化が必要になることが指摘された。HF 研究の成果を目に見えるようにすることが大切と考えられ、そのためには適切な評価手法をみつける努力をするとともに、統計的な有意性を出すためにはヒヤリハットレベルまでトラブル報告の敷居値を下げる努力も必要である。また、なぜ研究成果が活用されないのかを、研究、現場それぞれのレベルで考え、活用されるよう工夫していく努力が求められている。以上の観点を踏まえ、今後 10 年の HF 研究のテーマとして、HRA 手法の高度化、設計想定外の状況に対する HF、保守・運転環境の高度化、事例データベース、社会組織要因・安全文化の 5 つが提案された。

セミナーの最後では産・学の若手を中心となり、「HF 研究の課題と展望」をテー

マにパネル討論を行った。まず、それぞれの立場から HF 研究の課題について問題提起を行った後、その中からでてきたいくつかの代表的問題について、フロアを交えて活発な討論を行った。主な論点は以下のとおりであった。

(1) 運転と保守について

運転業務は対象となる人間や状況がある程度限定されているので研究実績があり、成果の適用や実用化も比較的容易である一方、保守業務は対象が多岐にわたり、流動的要素も大きく、方法論をたてづらい。しかし、ニーズは運転以上にあるのでこちらを優先的に研究し、問題解決を図るべきとの指摘がされた。これに対し、問題を評価し、定量化しないと会社では予算がつかないという現実や、HF研究の重要性を訴えるためには、ヒヤリハットも含め、統計処理を行い問題点の抽出を行えるだけの事例を収集することがまず重要なのではないかとの指摘があった。またPSAという観点からいうと、現場のニーズにあまりとらわれる必要はないのではという意見もあった。

(2) 現場主義と規範主義

現場に合わせた方法論・対策が第一であるとする一方で、現場の方法論は必ずしも人間の特性を考慮したものではないという問題が提起された。このような意見に対し、メーカとしては、現場に提案し、受け入れられなければなぜ受け入れられないのか謙虚に聞く必要があること、電力の現場でも新技術や研究成果の導入を試みようとしているが、HF研究が本当に役立つのか疑問視している人がいるのも事実であるなど、現場の実情を含めた意見がだされた。その他、画面設計のガイドラインのあり方などについて議論があった後、フロアから複数の問題が同時に起きた場合の問題、運転や保守だけではなく管理側の問題、外部環境と認知資源との相互作用の視点からの問題解決の必要性などの意見が出た。

最後は木口高志（日立）部会長による総括が行われ、研究成果を具体的に示すことの重要性の指摘と、自己評価やベンチマークを行うことが提案されて本年度のセミナーを終了した。

（文責 古田一雄，吉村誠一，文沢元雄 1999 年 7 月 26 日記）

活動報告

マンマシンシステム研究調査委員会

<第34回委員会>

日時：平成11年4月28日（水） 13:30～17:00

場所：東京大学山上会館002会議室（三四郎池裏手）

出席者：古田（東大）、下田（京大）、高橋（東北大）、古川（筑波大）、河野（東電）、川島(BTC)、松野（三菱重工）、松倉、文沢（船研）、丹治(NUPEC)、大賀（日立）、井口（サイクル機構）、岡田（発電技研）、藤井、佐久間（東芝）、佐伯（三菱電機）、今川（中部電力）、内田（東電ソフトウェア）、原田（法政大学）

講演1：「使いやすさ」とは何か：コミュニケーションシステムを事例として 原田悦子 氏（法政大学社会学部）

法政大学の原田氏より、「使いやすさ」とは何かという主題で、コミュニケーションシステムを例として講演があった。「使いやすさ」は構成概念であり、研究の進展とともに変化してきている。ここでは、人工物間比較に基づく認知的課題分析というアプローチから、対話システムにおける「使いやすさ」とは何かを検討した結果について述べられた。

質疑：

Q:テレビ会議が好まれないという話があったが、会話の内容が問題になるのではないか？

A:確かにそうであるが、人は相手を見たくても自分はみられたくないという傾向があり、そのために利用している人は居心地悪く感じることもある。テレビ会議システムも実際に導入されてはいるが積極的には利用されている例は少ない。

Q:利用者の多様性はどのように考慮されるべきなのか？

A:Universal Design + Freedom of Customization というのがあるべき方向ではないか。

Q:評価の軸はどのように選択するのか？

A:明確な選択の基準があるわけではない。ある意味職人芸的なところがある。

Q:ビデオ映像+テキスト（音声なし）という形態もあるのではないか？

A:そういう実験もありうる。

Q:テレビ電話は、既存のテレビ（一方的な映像）という概念に縛られている。

生まれたときからテレビ電話がある環境で育った人は、異なる反応を示すのではないか？

A:確かその通り。最近の女子高生で写真がはやっているが、彼女たちは撮られることがすきなので、こういう人たちを対象に実験すれば興味深い結果が得られるかもしれない。

講演2：新しいインタフェース環境「ヴァーチャルコラボレータ」の実験研究 京都大学大学院「エネルギー科学研究科」 下田 宏 氏

京都大学の下田氏より、新しいインタフェース環境「ヴァーチャルコラボレータ」の実験研究に関する講演があった。

従来のインタフェースとは全くコンセプトの異なる新しいインタフェースとして、仮想空間内で人間と自然なコミュニケーションを行うことができる知的ロボットである「バーチャルコラボレータ」の概念を提唱している。この実現には、ヒューマンモデル、インタフェースデバイス開発、生体情報行動認識、人体モーションの生成などの要素技術と、仮想空間構築支援、分散型仮想環境などの統合化実験環境が必要であり、講演ではそれらの実験研究の状況が紹介された。

質疑：

Q:ヒューマンモデルで間違いを犯す例は、誤りの知識があらかじめ入っているのか？

A:実際の認知実験で誤った例をシナリオ化し、その履歴をそのまま入力している。

Q:擬人化の危険性はないのだろうか？

A:現時点はあまり考慮していない。

Q:磁気センサーはどのような仕組みなのか？

A:交流磁気を発生するソースと、センサーの組み合わせ。

Q:音声認識のシステムは？

A:IBM の Via-Voice、Enroll はしていない。人によって認識率はかなり違う。

Q:CG のモデルのリアリティーはこの程度なのか？

A:計算量的にはもっとリアルにできるが、今回は自然な動きを再現することに重点を置いた。

Q:なぜ擬人化が必要なのか？ 擬人化をする事で、人は期待を抱く。

擬人化しなくても、人はそれなりに楽しめる。

A:技術的な挑戦的な意味合いがある。



＜第35回委員会＞

日時：平成11年6月23日（水） 13：30～17：00

場所：東京大学システム量子工学科会議室
工学部12号館2階

講演1：「マルチモーダル対話の動向」

新田 恒雄先生（豊橋技術科学大学 大学院工学研究科（知識情報工学専攻））

概要：

次世代のH I 技術の一つとして、マルチモーダル対話が注目されている。この技術の概要／難しさ／今後についてお話頂いた。

講演2：「ヒューマン・ファクタから見た不安全行動」

大久保 堯夫先生（日本大学 生産工学部 管理工学科）

概要：最近の作業の特徴と人間特性の変化、不安全行動を惹起する種々の要因（主として人的因子を中心）、作業システム設計と人間工学原則の導入についてお話頂いた。



**<マンマシンシステム研究調査委員会第36回会合>
<原子力保守保全高度化研究調査委員会第10回会合>**

日時：平成11年11月19日（金） 13：30～17：00

場所：東京大学 システム量子工学専攻（1階123講義室）

出席者：

古濱（東電・原子力研）、佐久間（東芝）、三友（船研）、後藤（中部電力）
高橋（NUPEC）（門田代理）、松倉（船舶技研）、大賀（日立）、高橋（東北大）田中（発電技研）、高岸（発電技研）、岡田（発電技研）、内田寿（TSI）、藤井（東芝）、北村（東北大）、古田（東大）、下田（京大）、金野（筑波大）、松野（三菱重工）、高橋（日立）、鈴木（工学院大）寺隆（筑波大）、幸田（京都大）

配布資料：

- ・講演1資料「社会科学を実験科学に：エージェントで社会を見る」
- ・講演1資料「道しるべ：GAを使いこなすには」
- ・講演2資料「大規模システムの安全性評価」

1. 講演1：

「創発的計算技術と大規模システム安全性評価の現状と展望」

寺野隆雄氏（筑波大・社会工学）

講演概要：

創発的計算とは、生物の進化・適応現象に着想を得て発展してきた計算技術であり、進化と適応、および、複数の構成体の自律性/相互作用性に大きな特長がある。講演では、まず、この基本的な原理を提供する遺伝的アルゴリズムとエージェントの概念について、その概要が紹介された。遺伝的アルゴリズム(GA; Genetic Algorithm)は、最適化手法の1つであり、モンテカルロ法と擬ニュートン法の中間的な特徴を持つものである。GAを問題解決に適用する指針としては、解空間の見積もり、コーディングの工夫、遺伝的操作の設計、選択操作の設計、多峰性・多目的関数の最適化、パラメータ・チューニング、GAサイクルの分析が挙げられる。一方、エージェントとは、自律的なシステムの総称であり、自律的な行動、問題解決能力・知性、コミュニケーション、擬人性、ボトムアップな構成、がその特徴である。ついで、創発的計算の実践的な応用例として、電気回路の最適配置問題への適用事例が紹介された。これは、テレビ回路のプリント基板の部品配置問題を対象とする。既存の25個の部品配置に新たに20個の部品を追加した場合の最適部品配置を求める問題を例題とした。各部品を1つのエージェントとして、その間での相互作用により自律的に最適な配置を見出す。さらに、同じ問題を繰り返し解くことに

よって部品間での組織学習が進行し、より適切な配置が早期に得られるようになる。この方法により、専門家でも2時間程度かかる問題を2～30分で、より配線長の短い解を見つけることができる。もう一つの応用事例として、TRURLと呼ばれるネットニュース社会の形成に関する研究も紹介された。この他にも、実験社会科学へのエージェントの応用として、マーケティングへの応用、経済行動分析・設計への適用、ビジネス意思決定の教育・研究等がある。最後に、今後の展望について、Santa Fe 研究所の将来計画を紹介した。

質疑応答：

Q. 現実の現象を単純なエージェントで模擬するのは意味があるか？

A. エージェントを用いると非常に複雑な現象が発現するのを観測することができる。しかも、我々の研究で用いているエージェントは、Axelrod のいう KISS (Keep It Simple and Stupid) 原理からみると非常に複雑な機能をもっている。しかし、シミュレーションの目的は単なる複雑な現象の発見ではない。シミュレーションによって興味のある現象を発見し、その原理を解明するきっかけにすることが重要である。これにより、その現象を説明する簡単な原理に還元する。

Q. ネットワーク社会に関して、社会的な行動の尺度をどう定義するのか？

エージェントの行動の平均値や揺らぎの方でみるのはどうか？

A. マクロな社会指標として、どのような量をもってくるのかが問題である。ここではエージェント間の通信量に関するネットワークトポロジーから評価尺度を構成している。複数回の実験の平均値をグラフで示している。

Q. 会社や組織の人員の配置等にエージェントを適用できるのか？

A. 実際に研究を進めている。例題として企業の情報投資のありかたなどを対象としている。

Q. GA の成立する背景としていくつか挙げられているが、ここではルールが洗練化されてもアクションがうまく定義できていないのではないのか？

A. 確かにアクションがうまく作られてないとこの枠組みはうまくいかない。設計原理としては、対象問題を一段上のレベルから見てルールの構成を考えなければならない。

Q. エージェントの性質での「擬人性」とは？

A. マイクロソフトの「イルカ」のつもり。別にこれがなくともエージェントといえる。実験社会科学ではエージェントが人を表すしているが、これが「擬人性」かどうかは疑問である。しかし、エージェントと人間とが融合したシステムでは、「擬人性」は重要である。

Q. 計算コストや目的自体含んだ形で最適化することはできるのか？

A. 回路設計はその例である。

Q. 人間と対話しながら最適なものを逐次変更して選ぶことはできるのか？

A. 対話型進化計算がある。これについては人工知能学会誌 1988 年の解説を参照さ

りたい。

Q. 社会のシミュレーションでは、どのように社会淘汰するのか？

A. エージェントはエネルギー値がゼロになると淘汰される。かわってランダムなエネルギー値をもつエージェントが参入する。GA では、社会全体を淘汰する。

Q. 社会として進化させるという考え方は？

A. エージェントも淘汰され社会も淘汰されるという二重構造になっている。

Q. ネットワークトポロジー、構造、社会のような研究例は他にあるのか？

A. Robert Axelrod の著書「The Complexity of Cooperation」が参考になる。

Richard J Gaylord et al. 「Simulating Society」は、Mathmatica のプログラムも掲載されている。

2. 講演2

「大規模システムの安全性評価」

幸田武久氏（京都大・航空宇宙工学）

講演概要：

大規模システムの安全性を評価する確率論的リスク評価(PRA)の基本的概念が紹介された。講演では、まず、工学的システムの設計における確率概念の利用について概観したのち、確率論的方法と決定論的方法、リスク概念の定義・定量化・解析方法を説明し、リスク解析とリスク評価からなる PRA 手順について具体的な説明があった。一方、人間は安全性評価のみならず、システム故障に至る事故連鎖においても重要な役割を果たす。そこで、PRA における人間に関連した問題として、確率の定義や評価、リスクの許容、ヒューマンエラー解析が取り上げられた。PRA における確率は、客観的確率（反復試行における頻度で定義される確率）よりも、主観的確率（解析者の事象に対する確信度）と考えるほうがより適切である。また、人間がリスクを評価する際には専門家と一般人ではリスク認知が異なり、一般大衆の合意を得るためのリスクコミュニケーションの重要性が指摘された。人的過誤(Human Error)の問題では、ETAとFTAの枠組みでの代表的な評価手法として、THERP、HCR、CM 等が説明され、その問題点と最近の HE 解析の傾向が紹介された。

Q. JCOの事故の検討では、時系列の解析とはどのようにすればいいのか？ ベイズ更新的にすればいいのか？ 過去にその事例があるのか？

A. 航空機分野で用いられているVT(Variation Tree)法では時系列的に発生事象を整理し、標準手順からのずれに関する関連因子を探索して原因を導出する。時系列をベイズ更新的に解析するには人間の行動モデルを仮定する必要があるのではないかと。ところで、人間の意思決定という観点からJCO事故を眺めると、安全に関する認識がなかったことが一連の行動の原因と考えられる。事故解析では標準からのずれの伝播を注目するが、JCOの場合は作業行動の開始からすでにずれていた。それを引

き起こした背景要因に会社JCOの体質が影響しているが、各個人が危険を認識していればあのような行動は選択されなかったのではないか。

Q.安全性の考え方では、素人と専門家ではちがう。過去に合意をとったような事例はあるのか？

A. あいにく存じあげない。ただ、一般の人にリスクを説明する場合は、リスク認知での重要な因子であるリスクの大きさと制御可能性で説明するほうが理解を得やすいのではないか。リスクをリスク大きさ／制御可能性で表すと、いくら対策を施してもリスクは絶対にゼロにはならないと説明しやすい。日本は絶対安全の考えが強く、一般的には「確率」では議論できないようだ。

Q.PRAでの現状技術の課題は？

A. 一般的な性能設計の中にうまく組み込まれていないのではないかと思います。設計で使うモデルとPRAで使うモデルがうまく連動していない。

Q.原子力の場合では、PRAの使い方がさだまっていない。航空分野ではどうか？

A. 実際の適用についてはよく存じ上げない。別の分野であるが、フィンランドの企業では安全性を取り上げないといけない状況になっており、安全性が設計項目の中に取り入れられている。日本ではまだあまり行われていないのではないかと。技法に対する熟知が足りないせいか、あるいは考え方の違いかもしれない。

Q.PRA技術は成功を収めた最近の事例は？

A. NASAがスペースシャトル設計にPRAを応用した(1995年に報告書)。予算が制限された状況でより効果的な安全性の向上すべき部位の選定に有効であった。

Q. 数学的な新しい展開とは？

A. 全体的な理論的枠組みとしては変化していないのではないかと。方法論的には、FTAにBDD(Binary Decision Diagram)の応用やダイナミックな要素の導入が行われている。

Q.PRAの適用対象は大規模システムでないとペイしないのか？ 小規模では？

A. 安全性という観点からは同じではないか。ただ、小規模では詳細なFTAをやらず、資源をかけずに簡略化して安全指標を評価される。

3. その他

PSAM5参加のお願い

JCO関係のセッションを作りたいので進んで投稿してほしい。

春の学会でJCO事故関係の企画がでてくると予想される。作業会の結果を報告する。一般の発表とは別件で投稿できる。

部会でも何か企画する。作業会から出てきたものを企画の方に取り込みたい。

メーリングリストに登録されていない方は、お知らせください。

活動報告 原子力施設保守保全高度化研究調査委員会

＜第8回委員会＞

日時： 5月7日（金） 13：30～17：00

場所： （財）原子力発電技術機構(NUPEC) 6階 第7会議室

（東京都港区虎ノ門3-17-1，藤田観光虎ノ門ビル）

内容： 報告書作成のための作業会。前回の委員会で分担した報告書の原案を各委員から紹介していただいた。

＜第9回委員会＞

日時 平成11年7月2日（金） 13：30～17：00

場所 発電設備技術検査協会 9階 第2会議室

内容： 報告書作成のための作業会。

＜第10回委員会＞

マンマシンシステム研究調査委員会と合同開催

＜第11回委員会＞

日時： 11月11日（木） 13：30～17：00

場所： （財）原子力発電技術機構(NUPEC) 6階 第7会議室

内容： 報告書作成のための作業会。

上述のように、原子力施設保守保全高度化研究調査委員会では、以下のメンバーが中心となり中間報告書の作成を進めてきており、3月を目処に学会内での配布を行う予定である。

- ・北村正晴（東北大）
- ・手塚哲央（京大）
- ・吉井義晴（関電）
- ・松野秀男（三菱重）
- ・徳永克巳（原電）
- ・兼本 茂（東芝）
- ・安藤 博（発電技研）

以下に、配布予定の報告書の概要をご理解いただくために、現段階での目次を添付する。

中間報告書

原子力発電所保守保全のヒューマンファクター：現状と課題

目次（案）

- 1 はじめに
- 2 保守保全業務の概要
 - 2.1 はじめに
 - 2.2 具体的な保守保全活動
 - 2.3 保守保全の方針の確立
 - 2.4 保守保全計画の策定
 - 2.5 工事の計画・準備から実施、完了までの業務フロー
 - 2.6 工事の計画、準備業務
 - 2.7 工事実施に関わる各種管理／監理
 - 2.8 官庁検査の受検
 - 2.9 定検準備に係わる活動
 - 2.10 定検管理活動
 - 2.11 結果の記録、評価、報告
 - 2.12 事故、故障、トラブル対応
 - 2.13 保守保全活動を支える活動
 - 2.14 その他
- 3 業務遂行とヒューマンファクター
 - 3.1 保守保全方式の選定
 - 3.2 長期計画案
 - 3.3 定期検査計画策定
 - 3.4 定期検査実施
 - 3.5 日常的点検と品質維持管理
 - 3.6 教育・訓練
- 4 保守保全業務高品質化への技術（シーズ）支援
 - 4.1 定期検査（供用期間中検査）の概要
 - 4.2 検査・点検技術の適用状況
 - 4.3 定検期間の短縮への課題
 - 4.4 保守保全業務の支援（シーズ）技術
 - 4.5 結言
- 5 まとめ

JCO臨界事故におけるヒューマンファクター上の問題

JCO事故調査特別作業会

主 査 古田一雄

1. はじめに

今回の事故では、発生後の比較的早い時期から機器設備の故障や誤動作ではなく、正規の手順を逸脱した作業員の不安全行為が直接原因として事故が起り、さらにこの背後に作業員の不安全行為を抑止し得なかった事業者や安全行政の組織要因が存在することが明らかになった。この点に重大な関心を抱いたヒューマンマシンシステム研究部会では、本事故の本質を解明するにはヒューマンファクター（HF）の観点からの事故調査が不可欠であると判断し、「JCO事故調査特別作業会」を設置して、主にHFの観点から事故原因の解明と再発防止策の検討を行うこととした。ここに紹介するのはその事故調査の結果を要約したものである。

2. 事故原因の分析

事故を直接引き起したのは、作業員が臨界安全の制限値をはるかに超える16kgものウランを、沈殿槽に投入した不安全行為である。そこでまず、この不安全行為の背景要因をJ-HPES、拡張CREAMなどの手法で分析した結果、背景要因として次のような事項が摘出された。

(1) 作業効率向上のための沈殿槽の利用

当該設備は本来二酸化ウラン製品を製造する目的で設計されたものであり、これを溶液製造に流用し、さらに発注者の要求で質量管理の目的と明らかに矛盾する均一化工程を加えたことから作業性の点で様々な問題が生じた。作業員はこれを改善するために、正規の手順と違う沈殿槽の利用を思いついたものと考えられる。

(2) 沈殿槽利用の安全性の誤認識

作業員も、相談を受けた核燃料取扱主任有資格者も、沈殿槽に16kgのウランを投入しても問題ないと誤認した。この背景要因には、手順書で16kgのウランを貯塔に投入する手順であったこと、作業員が十分な教育を受けておらず、臨界安全に関する知識を有していなかったこと、核燃料取扱主任有資格者も資格に見合う知識を有していなかったことなどがあげられる。

(3) 作業を急いだ心理的側面

10月1日に配属される新人に廃液処理を初めからやらせたかったこと、またスペースなど作業環境が悪く、他の会社に居るような感覚を持ったことから、作業を早く終わらせたいという心理が働いた。

(4) 手順書を逸脱する社内的傾向

SUSバケツを使う原料溶解や作業計画の前倒しなど、現場の判断で既定の手順や規則を逸脱することが日常化していた。

以上の要因は、おおまかに設備・手順の不適切な設計と、作業管理の不備に分類できるが、さらにその背景には安全管理・企業経営の問題、ならびに安全行政の問題があることがわかる。これらの背景要因について、以下詳細に述べる。

なお、これ以外に正規手順を逸脱してSUSバケツを用いてウランを溶解していたことが問題とされているが、この行為は事故の直接要因ではなく、上記(2)(4)を介しての背景要因である。SUSバケツでの作業の背景要因としては、以下の2点があげられる。

(1) 主に作業性向上のためにSUSバケツを使う手順が発案され、マニュアル化されていた。

(2) 規制当局の巡視などにより事業許可に違反するこの行為が発見できなかった。

3. 安全管理および企業経営の問題

(1) 安全管理組織の不備

安全管理の実務を複数の管理グループで分掌し、さらにクロスチェックをかけるシステムになっていたが、管理職の兼務が多いためにクロスチェックが機能しない状況にあった。

(2) 安全管理体制の形骸化

現場作業は指示書、臨界管理(CC)リリース、手順書の3文書で指示・管理されていたが、これらは品質保証を主目的とするもので、現場作業の安全管理のための具体的手段が存在せず、手順書作成への安全管理グループの関与がなかった。核燃料取扱主任者、安全専門委員会の社内的権限も限定されており、安全管理が形骸化していた。

(3) 業務改善活動の不備

QAパトロールや危険予知活動も品質保証や労働安全を目的とするもので、安全管理上重要なチェックを行っていなかった。作業改善には熱心だったが、現場の裁量で行われた変更を管理部門が追認するという形で行われ、管理部門による現場作業の管理が有効に働いていなかった。

(4) 危険意識の欠如

作業員に臨界事故の危険を意識させるような効果的な教育や指示が行われておらず、スペシャルクルーへの異動に際しての教育訓練や資格認定も十分でなく、知識と経験のない者に作業を任せていた。

(5) 企業経営の問題

安全管理形骸化の徴候は転換加工試験棟の事業許可直後の事業拡大期に始まっているので、喧伝されているような経営合理化が安全の軽視につながったとする説は正しくない。しかし、経営合理化による直接部門の人員削減が熟練者不足や兼務の

増加を招き、事故の要因となったことは十分考えられる。安全管理の形骸化を是正できず、さらにこうした点に配慮せずに合理化を実施したことから見ると、経営層にも危険意識が欠如していたと思われる。

(6) 発注者との関係・原子力政策の問題

軽水炉用燃料の製造を本業とする JCO にとって「常陽」用燃料の製造は特注品であり、収益への寄与も小さい。このような事業に対して追加投資か事業撤退かの判断を避けた経営者、親会社、およびウラン燃料という理由で民間任せにしていた国の高速炉開発路線には問題がある。また、質量管理と矛盾する均一化を要求しながら設備変更の費用負担をしなかった発注者（旧動燃）も安全性への配慮が欠いていたのではないかな。

4. 安全行政の問題

(1) 安全審査の問題

安全審査が使用施設から加工施設への変更という点を中心に行われたため、粉体製造設備を溶液製造に流用するという工程変更に関わる審査を行わなかった。また、現行の安全審査は機器設備のハード面のみを審査しているため、使用条件、工程管理、作業性などの点で明らかな問題があってもチェックできない。

(2) 安全審査指針の問題

濃縮度 5% を超える燃料の加工施設についての詳細指針がなく、安全審査で「基本指針」を基に「ウラン加工施設安全審査指針」を流用してしまったことは安易に過ぎる。また他の原子力施設と比較して、条件付きながら臨界事故を想定しなくてもよいととれる指針は深層防護原則に照らして不適切である。この点について基本指針は、後に制定された「加工施設の設計及び工事の方法の技術基準に関する総理府令」と矛盾しており、総理府令制定時に指針改訂や既存施設への追加措置を実施していなかった。

(3) 安全行政の整合性の問題

発電炉に比べて科技庁が管轄する 200 を超える原子力施設は種類が多様で、これらを所有・運用する組織の規模も多様であることから、安全文化の醸成には細かなケアが必要である。ところが核燃料加工施設については定期検査が義務づけられておらず、保安規定遵守状況調査も平成 4 年以降実施していない。平成 10 年に運転管理専門官が巡視を行った際には転換試験棟は操業しておらず、不正な操業を発見できなかった。細やかな規制を実施する上で、担当者の人員も十分でなかったのではないかな。

(4) 原子力安全委員会のあり方

原子力安全委員会の事務を科技庁が担当しているが、規制官庁と独立の組織にすべきではないかな。委員の人数、審議時間も十分とは言えないのではないかな。

(5) 核燃料主任技術者の資格認定の不備

核燃料取扱主任有資格者の誤認の原因には、安全管理に十分な知識を持っていな

かったことが考えられる。過去の約10年の試験問題には臨界安全に関わる定量的問題や、さらに深層防護など安全管理原則に関する問題の出題がない。また試験に一度受かってしまうと、再審査や研修の制度もない。

5. 事故対応（行政対応）の問題

今回もまた、事故発生後の対応の不手際によって事故の終息が遅れ、事故の影響を拡大したことが問題とされているが、その背景にも事業者、政府、地方自治体にわたるHFが関与している。事業者の対応については、刑事訴追の対象となっているためか事実関係の確認が困難なので、ここでは政府、自治体の対応を中心に問題点を述べる。

（1）初期通報の不備

JCOから事故の第一報が科技庁に入ったのは事故発生から40分後、茨城県、東海村への通報はさらに20分後であった。近隣であるのもかかわらず、那珂町には安全協定がなかったために、JCOから通報は行われなかった。さらに自治体への事故情報の提供が遅れたために、事故発生の認識が遅れた。消防への出動要請では、原子力事故の可能性を連絡しなかったため、救急隊員が被曝した。

（2）退避・避難勧告に関わる役割分担の曖昧さ

東海村が避難要請を検討する時点で政府の事故対策本部が設置されておらず、東海村は独自の判断で350m圏内避難を決断せざるを得なかった。茨城県が10km圏内の屋内退避を決定した際にも政府の技術的指導・助言は不十分であった。避難・退避の決定権限は自治体にあるとされながら、自治体には必要な知識・情報が十分でない。

（3）関係機関間の調整不足

茨城県と政府が協議中にNHKが10km圏内屋内退避を報道し、地元市町村への問合せ電話が殺到した。このために県から市町村への正式な退避決定の連絡が遅れた。

（4）住民への不十分な情報開示

避難要請解除に関して、東海村村長が政府の現地対策本部に出向いて情報開示を求めたが開示されなかった。

5. 再発防止のための提言

事故原因の分析に基づき、今回のような事故の再発を防止するために以下にあげるとような措置を講ずることを提言する。

（1）事業者に関して

* 安全管理に関わる社内活動の実効性を絶えずチェックする体制を確立するとともに、第三者評価を導入する。

* 安全管理の観点を含む統合的品質保証活動を推進する。

* 管理職層と実務職層の業務連携を強化するための具体的措置を講ずる。

* 危険に対する感受性を高め、作業ノウハウと知識体系の双方を結びつけて修得できる教育訓練を実施する。

* 組織、企業、業種を超えて安全に関わる思想、知識、教訓などを共有するための制度をつくる。

(2) 安全行政に関して

* 変更申請では元の施設も含めた一貫性のある審査とするとともに、安全審査では施設の構成や機能のようなハード面だけでなく、作業性、管理方法、手順のようなソフト面までも含めた審査を行う。

* 核燃料を扱う施設でも定期検査を義務づけ、施設稼働時に立入検査を行う。

* 核燃料取扱主任者の能力、権威を高めるべく資格認定方法を見直すとともに、保安規定遵守状況調査では、その権限、独立性が十分であることをチェックする。

* 規制機関に専門性を有する十分な人員を配置するとともに、原子力安全委員会の独立性と機能を強化する。多様な原子力施設の規制に一貫性を持たせる。

(3) 防災対策に関して

* 初動を迅速化するために、詳細な事態想定に基づいた緊急時宣言のための基準づくりと、被害情報収集体制の整備を進める。

* 原子力防災新法に定めるオフサイトセンターが有効に機能するよう、詳細な運用計画を立てるとともに、関係機関は意思決定の権限を有する者をオフサイトセンターに派遣するようにする。

* 事態をシナリオ化し、具体的な意思決定を模擬した実践的な防災訓練を実施する。

6. まとめ

以上述べたように、設備、手順の不適切な設計や、安全管理の不備によって形成された状況が、作業員の違反行為を誘発してしまったことが今回の事故の直接要因であり、さらにこの背景には、事業者の企業風土・経営方針や、安全行政の問題といった要因があることが明らかとなった。したがって、事故を招いた作業員の不安全行為は従来型のヒューマンエラーとは考えられず、組織エラーと呼ぶべきものである。また事後の対応においても、事業者、政府、地方自治体の間での情報伝達や役割分担など、防災体制の不備のために、事故の終息が遅れて余計な被曝者を出す結果となったが、これも組織エラーに分類することができよう。こうした組織エラーによって起る組織事故の対策においては、機器設備の改修・改良、作業員の訓練・管理の強化、監視や規制の強化など、単に直接要因への対処療法を施すだけでは不十分であり、その背景となる組織要因までも考慮した対応を検討することが不可欠である。

事故の根本原因を要約すれば、安全管理に必要な思想、知識、教訓などの安全情報が異なる組織間で共有されていなかったことにあると言えよう。たとえば、事業者においては管理職層と実務職層、安全行政においては核燃料加工施設の規制部門と原子炉施設などの規制部門、安全審査当時の担当者と現在の担当者、規制当局と

事業者、さらに政府と地方自治体、原子力産業の異なる事業セクターなどの間で安全情報が交換されず、原子力界全体として安全文化を醸成しようとする努力が不十分だったために、安全文化の空白地帯を作ってしまったのではないだろうか。

したがって今回の事故の教訓として、安全文化とはある特定組織や領域の中だけで完結するものではなく、異なる組織、領域、時間を超えて安全情報を共有することにより危険意識の風化を防止するとともに、相互に刺激し学習する努力によって醸成されることを、原子力関係者は認識しなければならない。政府や産業界は、こうした安全情報共有のための具体的な仕組造りを進めるべきであり、先般設立されたニュークリア・セーフティ・ネットワークが産業界側の仕組として有効に機能することに期待したい。また、これまでとかく専門分野ごとの活動になりがちだった学会は、専門分野を超えてこうした安全に関する大局的な思想や知識を交換、議論する場として機能し、さらに社会に対する啓蒙活動を行ってゆく必要があると考える。

後 記

本調査の詳細な結果を部会より出版・配布することを、またその要約版を原子力学会誌のJCO事故特集記事に投稿することを予定している。また、E.Hollnagel氏からは英訳して国際学術誌に投稿すべきであるとの意見をいただいております、前向きに検討していることを附記しておく。

参考資料

- [1] 電力中央研究所調査報告、ウラン加工工場臨界事故に関するヒューマンファクター的分析－臨界事故発生に関わる行為の分析（中間報告）－，S99001，平成11年11月
- [2] ウラン加工工場臨界事故調査委員会資料



1. はじめに

東京大学では、従来の領域化した学問体系の枠を超えて21世紀にふさわしい新たな学術体系を構築することを目指して、平成11年4月に新領域創成科学研究科を発足させた。新領域創成科学研究科は基盤科学、先端生命科学、環境学の3つの研究系で構成され、数年後には千葉県柏市に取得した新キャンパスへの移転を計画している。なお、新研究科は学部を持たない独立研究科であり、独自の入試によって国内他大学や海外からも広く学生を受け入れるとともに、社会人入学などにも力を入れている。

新研究科発足にともない、工学系研究科システム量子工学専攻からも数名の教官が異動したが、古田研究室は近藤研究室から独立する形で環境学研究系環境学専攻人工環境学大講座の所属となった。環境学専攻は、人類にとっての最重要課題になった感のある環境問題を解決するために、「環境」というキーワードを核に英知を結集して新たな学術体系を構築することを目標としている。ここで環境とは、「環境汚染」「自然環境保護」などでイメージされるいわゆる環境はもちろん、人体内、生活空間、経済、社会、文化などをも包含する広義の環境を意味し、我々は「人間が認識し得る全ての対象」と定義している。このため、環境学専攻に参集した教官の出身は、工学、理学、農学、社会学、経済学、政治学、医学と非常に多岐にわたる。環境学専攻は教官数約60名、修士定員約150名の研究科といってもいい規模を持ち、自然環境学、環境システム学、人間環境学、人工環境学、社会文化環境学、国際環境基盤学の6大講座で構成されており、教育もほぼ大講座を単位に行われる。

2. 人工環境学と認知システム工学

我々が活動の場とする環境は大きく人間、自然、人工物の3つの要素で構成されるが、20世紀には人工物の占める割合が急速に拡大し、今や我々はほとんど人工物に取り囲まれて生活している。このように、人工物によって構成され、現代人の生存圏となっている場を「人工環境」と呼んでいる。人工環境の拡大につれて、人工物と人工物、人工物と人間、人工物と自然の間の連関・相互作用が強くなり、単独の人工物ではなく人工環境あるいは人間・自然・人工物をトータルに捉えなければ解決できない問題が生じている。そこで、人工物が人間および自然におよぼす影響を計量・評価しつつ、人間・自然に調和する人工環境を構築するための方法論、技術体系について研究するのが人工環境学である。

一方、マンマシンシステムやマンマシンインタフェースなどとして研究されてきた分野においても、人間と機械、あるいは人間・機械・行動環境を一体のシステムととらえる認知システム工学が提唱されるようになってきている。したがって、認知システム工学は、人間－人工物の相互作用を中心に人工環境の問題を研究する点にお

いて、人工環境学に不可欠な分野であると言える。

3. 研究室の概要

現在、当研究室は教授1名（古田一雄）、博士課程学生4名（留学生1名）、修士課程学生5名（留学生1名）、卒論学生2名のメンバーで構成されている。

我々がこれまで原子力プラントのマンマシンシステムを対象に行ってきた研究は、原子力プラントのみならず人間調和型の人工物を構築するための一般的方法論としても有効であると確信している。また、原子力プラントを対象とする設計評価、状態監視、異常診断、意思決定、運転管理、保守保全のための情報処理技術は、人工環境のみならず自然環境の設計・管理・保全にも適用可能であろう。そこで我々の研究室は、人間調和型人工物の実現を期して以下のような研究に取り組んでいる。

(1) ヒューマンモデリング 人の振舞いを理解、予測することは、人間協調型の人工物を設計するために最も基本的な課題である。我々は長年、原子力発電所運転員のヒューマンモデリングの研究を行ってきたが、認知実験や計算機シミュレーションによるヒューマンモデル研究を引続き行っている。さらに、プラント運転員を対象に得られたモデルの一般化と、ヒューマンモデルをインタフェース設計評価以外の工学的目的にも活用する方法論の研究を行いたいと考えている。

(2) 意志疎通型インタフェース 従来のマンマシンインタフェース開発は効率的な情報伝達を目標に行われてきたが、人と人工物の相互理解を形成するためには、意図や信念といった高次レベルでのコミュニケーションが必要となる。そこでヒューマンモデルを用いて人の行動意図を推定し、行動意図に整合した内容と形態で情報を提供するとともに、システムの状況、振舞い、自動制御機能などを、人の思考に整合した形で説明できる知的機械の研究を行っている。特に現在は、人や集団の行動意図を推論する手法の開発に力を入れており、ヒューマンモデル全体を考慮に入れた手法の開発を行っている。

(3) 知的教育訓練支援 高度な自動化が導入されるにつれて、人に期待される役割はマニュアルにあらかじめ決められた手順に従った判断や行動から、経験したことがないような状況で問題解決を行い、臨機応変の行動をとることに移ってくる。そこで未経験の状況での問題解決能力はどのような知識、知識の使い方に依存しているのかを解明するとともに、そのような能力を獲得するのに有効な教育訓練の支援方法について研究している。これまでに、知識モデルの可視化による深い理解支援システムや、保守技術者を対象とした知識継承支援システムなどを開発した。

4. まとめ

以上、新研究科の宣伝が中心になってしまったが、研究室の近況を紹介した。環境学はまだ体系化されていない若い分野であり、また個人的には環境学に移っても原子力を止めるつもりはないので、今後とも本部会の皆様のご支援をお願い申し上げる次第である。

筑波大学では開学以来、研究組織と教育組織が分離されている。教官は研究組織である「学系」に所属し、学生が所属する教育組織である「学群・学類」や「大学院」に講義に出かける。教官が教育組織に所属しないのは、教育上の要請に拘束されることなく、研究の進展に応じて研究組織を柔軟に改変できるようにするための工夫であったと聞く。

さて、平成12年度の上記研究室のメンバーは、教官2名（稲垣敏之教授、古川宏講師）、大学院生9名（5年一貫博士課程5名、修士課程4名）、学類4年生5名であり、「人間機械共生系」の基礎から応用課題まで、メンバーの興味と個性を最大限に活かして研究を進めている。紙面の都合で研究テーマのうち一部のみ紹介させていただく。

（1）状況適応自動化機構（situation-adaptive autonomy）

観測情報や知識の信頼性、メンタルワークロード、緊急性などを考慮し、人間とコンピュータの間で動的に権限委譲を行う機構の開発と認知工学的評価。

（2）証拠理論にもとづく推論と決定

不完全情報の統合と動的更新、情報処理と意思決定（システム安全制御など）の協調的最適化、Naturalistic Decision Making の数理的モデルの構築と実験的検証。

（3）グラスコックピットにおける状況認識

ヒューマンインタフェースや自動化システムが誘発する状況認識喪失現象の解析。特に、CFIT（Controlled Flight into Terrain）事故事例における状況認識喪失過程の解析。

（4）離陸安全のためのヒューマンインタフェースと自動化システム

離陸継続・中断決定過程の数理モデル表現と解析、決定支援インタフェースならびに状況適応自動化システムの設計、シミュレータを用いた認知工学的評価。

（5）時間制約のもとでの認知と判断の遅れ

限られた時間内での状況判断とそれに基づく対応が求められるとき、時間余裕が少ないほど、逆に判断・対応に遅れが生じる現象の実験的解析。

（6）生態学的インタフェースによる状況認識支援

複雑システムの状況を直観的に把握するためのインタフェース設計論として、Ecological Interface Design の有用性と具体的設計方法を理論的・実験的に検討。

（7）ドライバーの経路知識

知的なナビゲーションシステム開発のための基礎的理論として、運転者の経路知識の構造とその獲得過程についてのモデルを、実写動画仮想空間を用いた認知実験を通して構築。

当研究室は平成8年4月から、筑波大学先端学際領域研究センター（TARA（タ

ラ) センター) マルチメディア情報研究アспект研究プロジェクト (代表者: 稲垣) にも関与している。複雑な動的システムにおける異常に際し、人間の指令がなくとも危険回避と安全制御を自律的に実行する高度自動化システムを構成することは技術的には可能である。しかし、このような自動化システムを受容できるか否かは議論が分かれる。実際、「人間中心の自動化」を主張する研究者の間でも、「権限の所在」に関してはコンセンサスが得られていない。本研究プロジェクトでは、数理モデルに基づく解析に加え、認知心理学的アプローチを取り入れ、高度自動化システムあるいは決定支援システムに対する人間の依存と受容を解析している。

この産官学研究プロジェクトは当初3年間の予定で開始されたが、平成11年4月からの第2期目が認められた。現在、電子・情報工学系、心理学系の教官のほかに、東京電力河野龍太郎主管研究員、電気通信大学田中健次助教授、伊藤誠助手、船舶技術研究所松岡猛室長、沼野正義室長、航空宇宙技術研究所田中敬司室長をはじめとするヒューマンファクターの研究者に加わっていただいている。全日空のパイロット、技術研究部門スタッフから技術指導を受ける体制も整っている。また、客員教授として、第1期目は門田一雄氏 (NUPEC ヒューマンファクターセンター長)、第2期目は高橋宏氏 (日産自動車電子情報研究所シニアリサーチャー) をお迎えしている。

Neville Moray 教授 (U. of Surrey), Thomas B. Sheridan 教授 (MIT), Raja Parasuraman 教授 (Catholic U. of America) にも客員研究員としてメンバーに加わっていただいております。相互訪問を含めた研究交流を行っている。特に Moray 教授には3年間で7回、のべ5ヶ月にわたり当研究室での共同研究に参加していただいた。これらの方々と研究上の討論だけでなく、文化、言語、習慣について多岐にわたる会話を楽しむことができるのも、このうえない悦びである。また、Nissan Cambridge Basic Research と共同研究を開始した。



1. はじめに

近年の計算機情報処理伝送技術の著しい進展に伴い、高度に自動化した機械システムが普及してきた。このことは、人間にとって複雑な機械システムの操作負担を軽減し信頼性向上に役立っているが、あまりにも大規模化、複雑化、ネットワーク化した機械システムがしばしば人間の理解を越える、自動化した機械がブラックボックス化するなどで、機械システムの運転管理や保守点検作業で、ヒューマンエラーによる思いがけない大規模なトラブルを招く原因にもなっている。過日の京都市内の大規模な停電も、変電所の保守作業の人的ミスが原因であった。機械システムの自動化、ネットワーク化による大規模・複雑化では、人間と機械システムとの接点（マンマシンインタフェース）のあり方が大きな課題である。

当研究室では、人間と機械システムとが相互に協調する理想的なインタフェースとして、操作盤の新しい設計や盤面上の情報提示方法の改良といった、従来のアプローチとは全く異なるコンセプトによる新しいコミュニケーション形態の実現を目標にしている。具体的には、人工物としての機械システムと人間との媒介者(インタフェース)を、仮想空間内の知的ロボットとしての「バーチャルコラボレータ」の形態で構成する、擬人化したインタフェースエージェントシステムの研究を進めている。

2. バーチャルコラボレータ研究の構想

バーチャルコラボレータとは、仮想映像空間を通じて、人間と同じ形態で、同じように話し、動き、身振りをし、考え、感情を持ち、人間と自然に交流する、擬人化した知的インタフェースエージェントである。この研究では、機械システムの具体的対象として、原子力プラントを取り上げ、その制御操作を支援する知的エージェントとしてバーチャルコラボレータを研究している。このようなコンセプトのバーチャルコラボレータには、大別して、(1)周囲の状況から自律的に判断・思考する機能、(2)仮想映像空間で会話・行動する機能、(3)交流相手の人間の思考や感情等を推定する機能、(4)人間との物理的な接点を提供する機能、が必要であり、これらを有機的に統合して、プラント制御操作の支援のために、仮想映像空間内で人間と自然に交流できる機能を実現する。

3. バーチャルコラボレータの全体構成と要素技術の研究

図1に示すように、仮想映像空間中のプラント制御室にバーチャルコラボレータを配置し、人間はその空間に没入してコラボレータと共同で機器の操作を行う。コラボレータは、(1)ヒューマンモデル部を核として、主に、(2)人体モーション生成部、

(3)人間情報行動認識部、(4)インタフェースデバイス部から構成される。(1)ヒューマンモデル部は、コラボレータの知能を実現する部分であり、機械システムと人間の状態や状況を入力として、それに応じて判断・意志決定を行い、コラボレータ自身の発話や行動を生成する。(2)人体モーション生成部では、その動作指令を受け、コラボレータの行動や表情などの外面的な動きを仮想空間内に実現する。(3)人間情報行動認識部では、人間の発話、身振り、表情、各種生体指標などを測定して、人間の思考や感情などを推定し、ヒューマンモデル部への入力とする。(4)インタフェースデバイス部は、実際に仮想空間を提示すると同時に、物理的な人間情報行動認識のための人間の各種生体情報を計測する。これまでコラボレータの知能としての1.ヒューマンモデルと会話コミュニケーション機能、人間の状態推定として2.人間情報行動認識、コラボレータの行動生成として3.人体モーションと表情の合成、人間との物理的接点として4.デバイス開発、の研究開発を進めてきた。次にこれらの研究状況の概要を個別に説明する。

○ヒューマンモデル・・・現在までに、プラント運転員がマンマシンインタフェース(MMI)を介して異常事象を検知・診断する認知行動を対象に、人間の認知情報処理モデルを基礎として、運転員認知モデルとその実時間シミュレーション手法を開発した。さらに、プラントシミュレータを用いた被験者実験で得た、運転員の異常検知・診断の時間対信頼性曲線のデータとの対比により、モデルの妥当性を確認した。今後は人間との会話による双方向コミュニケーションモデルの組み込みを課題としている。

○会話コミュニケーション・・・音声処理と画面提示を分担するパソコンと、リアルタイムエキスパートシステム G2 による知識処理を分担するワークステーションのシステム構成で、音声コミュニケーションを行う会話エージェントを用いた CAI システムの研究を個別に進めている。

○人間情報行動認識・・・バーチャルコラボレータは実体として機械であり、その感覚を人間と同じ五感機能だけに限定する必要はないが、その計測・認識技術はできるだけ人間の負担を与えないものが望ましい。そこで、上記の音声認識以外に、人間の視覚に対応するものとしては顔のビデオ画像を画像処理して動的に表情認識や視線検出から感情を推定する手法、その他に心拍・皮膚電位反応等の電氣的生理指標の心理生理的計測法も進めている。また、人間の MMI での操作履歴データと思考発話の時系列処理により、内面的な思考過程を実時間で推定する手法の研究も進めている。

○人体モーション及び顔表情の合成・・・バーチャルコラボレータの制御室内の移動と盤面操作を対象に、人体動作の VR アニメーション手法と、顔表情の合成法の研究を個別に進めている。

○インタフェースデバイスの開発・・・バーチャルコラボレータを含めた仮想環境と人間との交流のための物理的接点となるインタフェースデバイスに要請される条件として、(1)人間が臨場感をもって没入できること、(2)人間とバーチャルコラボレー

タとが双方向に交流できる仕掛けを有すること、が挙げられる。これらの条件を満たすデバイスとして、両眼に立体画像を提示しながら赤外線CCDカメラにより視点位置や瞳孔径などの視覚系指標をリアルタイムで計測できるヘッドマウントディスプレイ Eye-Sensing HMD を開発した。

4. バーチャルコラボレータ：そのプロトタイプと応用の展望

以上の要素技術の1. ヒューマンモデル、および2. 人体モーション合成と、当研究室が三菱電機（株）との共同研究により別途開発した人間機械系総合シミュレーションシステムSEAMAID（注：SEAMAIDは通産省及び原子力発電技術機構の委託により開発された）を統合して、原子力プラントの中央制御室でバーチャルコラボレータが異常発生時の緊急時操作を行う状況をコンピュータネットワーク上で分散統合シミュレーションし、大型ディスプレイ上にアニメーション化して表示する統合仮想環境のプロトタイプシステムを完成した。図2に仮想の制御室中でコラボレータが制御盤を操作する様子を示す。現状ではコラボレータが人間と相互交流する機能は実現していないが、現状のプロトタイプシステム自体でも、原子力プラントのMMIの設計検証やプラント運転員の教育訓練へ応用することができる。

5. おわりに

本稿では人間と機械の新しい交流方法として、擬人化インタフェースエージェントの実現を目指すバーチャルコラボレータの研究状況を紹介した。現在は、バーチャルコラボレータが人間と自然に対話するための音声会話、人間の意図推定、感情推定と生成等の研究を進めており、将来、コンピュータネットワークが構成する分散型共有仮想環境上でバーチャルコラボレータと人間とが相互交流する仮想社会への発展を目標としている。



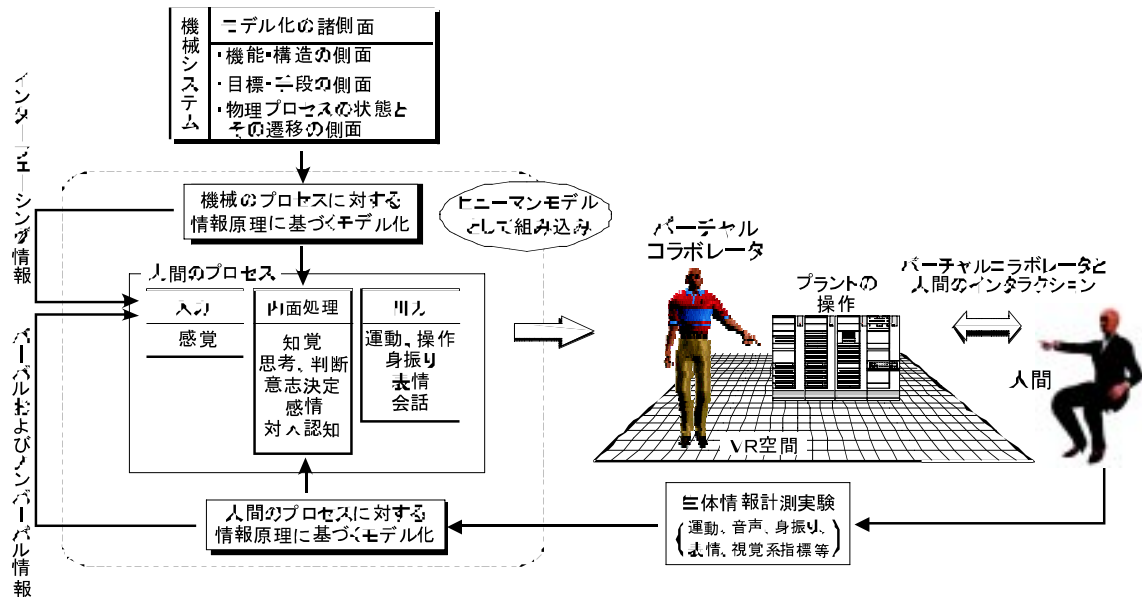


図1 バーチャルコラボレータの構成

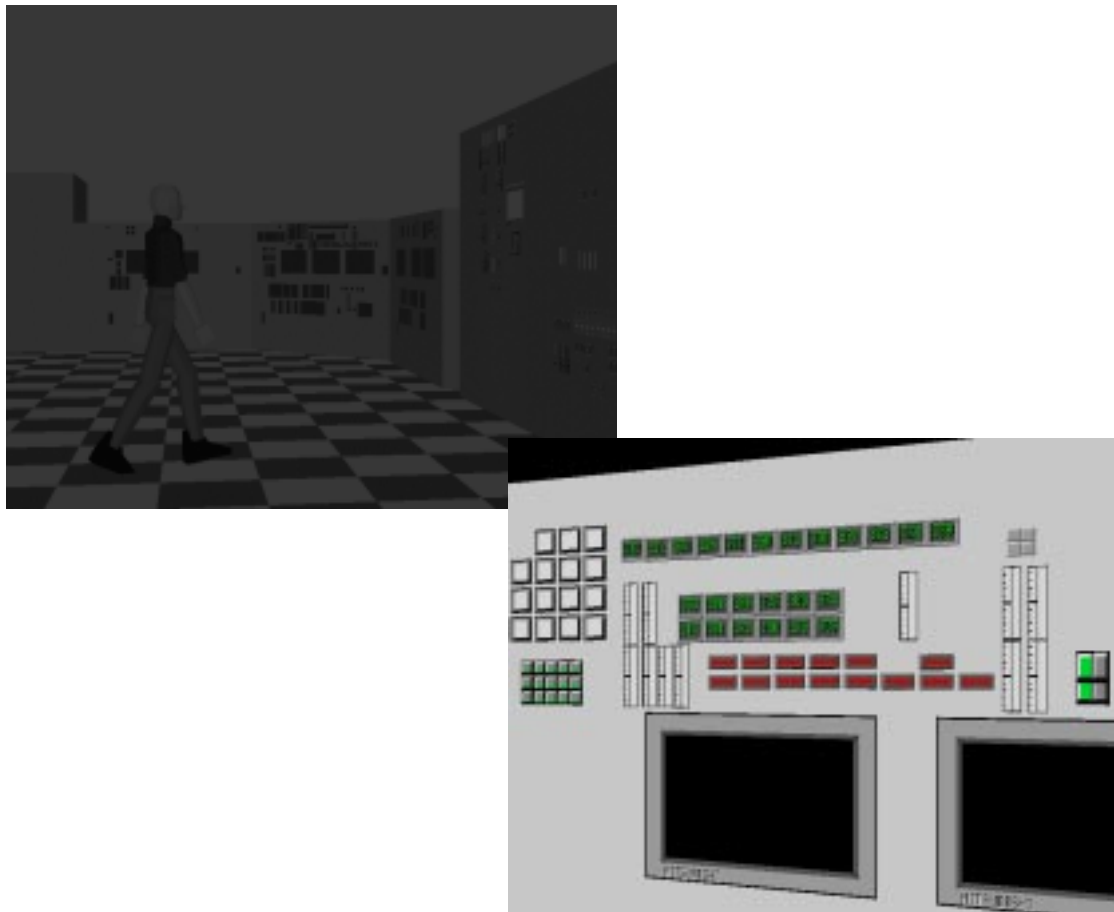


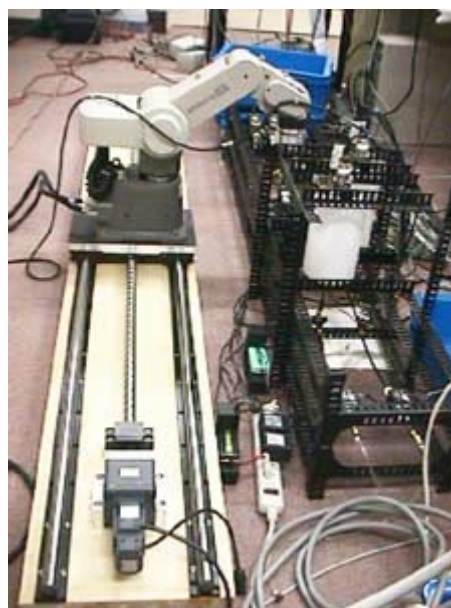
図2 仮想制御室の可視化

東北大学大学院工学研究科北村研究室では、大規模システムの安全性を向上させるためには人間・機械・環境の調和が最重要と考え、大規模システムの高安全化、知能化という観点から研究を行っている。従来の機械の知能化研究は、人間の置き換え（無人化）を指向している例が多いが、今後は計装計測技術の知能化を通じて人間と協調する支援型問題解決システムを指向するのがもっとも有効と考えており、当研究室ではそのための要素技術、システム化技術の革新を多面的に研究している。研究室はスタッフ2名（北村正晴教授、高橋 信助手）と学生20名（博士課程4名、修士課程9名、4回生7名）で、研究活動を行っている。以下に、北村研究室における主要な研究内容について紹介する。

○保守・保全への知的情報処理技術の応用

大規模システムの安全性の向上という観点からの研究の一つとして、原子力プラントにおける保守・保全への知的情報処理技術の応用に関する研究を行っている。ロボット技術、知的計測技術、ネットワークエージェント技術等の最先端の技術を応用して、信頼性が高くかつ人間側の負担が少ない保守作業環境の実現を目指している。具体的には、ロボットマニピュレータを用いた能動的計測技術の開発と、ソフトウェアエージェント群による非同期分散監視予兆監視の研究の二つの主要プロジェクトが進行中である。前者では、実際にロボットマニピュレータとレーザ式振動計を用いて、動的なセンシングを行う手法について研究を行っている。後者では、模擬プラントシステム上に実際にセンサーを配置して、それをネットワーク上の複数のセンシングエージェントの協調により監視を行う環境を構築している。

- ・ モバイルエージェントを利用した診断監視
- ・ 分散症候データベースによる運転・保守活動の支援
- ・ 対象モデルに基づく目的指向センシング技術の開発
- ・ 仮想空間における教示に基づく半自律遠隔センシング
- ・ 画像処理技術を応用したフィールドセンシング



移動センシングシステムと
監視対象としての DURESS

・超音波を利用した異常同定のための自律的センシング

○遠隔操作のインタフェースに関する実験プロジェクト

本研究プロジェクトでは、今後宇宙開発や海底開発等において重要な役割を果たすことが予想されるロボットマニピュレータの遠隔操作に対するインタフェースの高度化に関する研究を行っている。マニピュレータを用いた遠隔操作作業においては、人間と機械の協調という観点から考えると様々な形態が考えられる。機械組立のような単純な繰り返し作業においては、完全な自動化がすでに実現されているが、宇宙空間や極限環境における多様な作業環境においては、現時点では高度に訓練されたオペレータにより手動で操作される場合が多い。マニピュレータ側に様々なセンサーを取り付け、ある程度の自律性を持たせるオペレータは上位のタスクレベルで指示を与えるという研究も行われているが、現時点ではまだ多様な作業環境に対応するには至っていない。

本研究グループでは、現時点で実現可能なオペレータによる遠隔操作への支援の一形態として、仮装力感覚情報に基づくマニピュレータの拘束指向支援に関する検討を行っている。力情報に基づく操作支援は様々な方向から研究が行われているが、本研究ではマニ



ロボットマニピュレータによる障害物回避タスク環境

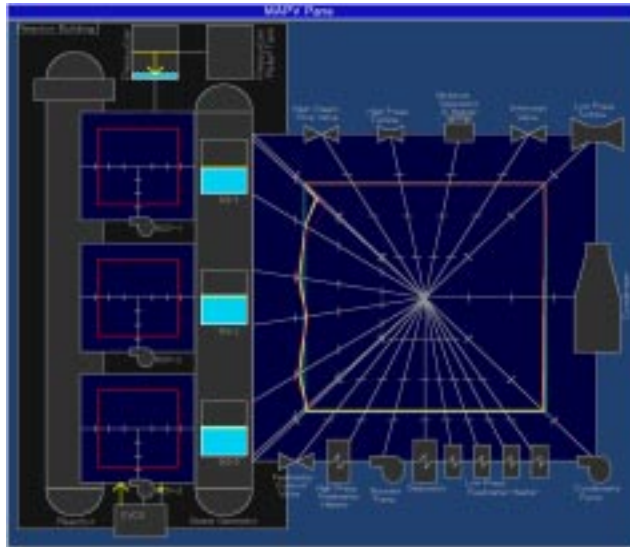
ピュレータを用いたタスクを行う際の仮想力感覚情報に基づく支援の有効性を、ユーザの熟練過程に着目し実験的に検証することを目的としている。

- ・ユーザ適応許容型インタフェースの実験研究
- ・仮想力覚情報に基づくマニピュレータの拘束指向支援に関する実験研究
- ・仮想空間における多重解像度画像による操作支援

○マン・マシンインタフェースの高度化・知能化に関する研究

安全性向上のためのもう一つの重要な視点として、運転員とシステムの接点となる、マンマシンインタフェースの高度化・知能化が挙げられる。大規模システムを安全にかつ効率的に運転するためには、運転員が適切にシステムの状態を把握し、かつ非常時には適切な対応ができなければならない。そのためには、システムとの接点となるインタフェースが極めて重要な役割を果たす。本研究室では、大規模シ

システムにおけるインタフェースの評価法及び情報の提示の形態についての研究を行っている。プラントにおける情報の提示及び操作に関しては、ヒューマンファクタの観点から各方面で研究が行われているが、本研究室では機械知能の支援に基づく人間とシステムとの新たな関係の構築を目指している。本研究テーマでは対象を原子力プラントに限ることなく、Boeing 767等のグラスcockピットや実験用加速器設備のインタフェース等幅広い対象に関して、インタフェースの高度化・知能化に関して研究を進めている。



PWR プラント Macroscopic Overview Display

- ・ 原子炉プラントにおける Proactive/Reactive Interface に関する研究
- ・ 実験用加速器のインタフェース高度化
- ・ 航空機cockピットにおける SA に関する研究

○ニューラルネットワークを利用した高度解析技術の応用

ニューラルネットワークを用いた高度解析技術の応用も本研究室の大きなテーマの一つである。ニューラルネットワークとは人間の神経細胞の挙動を数学的にモデル化した手法であり、これまでの線形モデルでは表現が難しかった対象挙動を表現することを可能にした技術であり、様々な分野で応用されている。本研究グループでは、この手法を用いて様々な分野における現象の解明を進めている。ニューラルネットワークを用いた脳機能画像のスクリーニングに関する研究では、SPECTと呼ばれる脳機能画像撮影法により得られた画像データに対して、正常、鬱病、パーキンソン病そして痴呆症の区別を行い、医者の診断を支援するためのシステムの開発を進めている。

- ・ニューラルネットワークを用いた脳機能画像のスクリーニング
- ・ニューラルネットワークによる陽電子崩壊スペクトルの解析
- ・ BWR 炉内冷却材状態の監視に関する研究

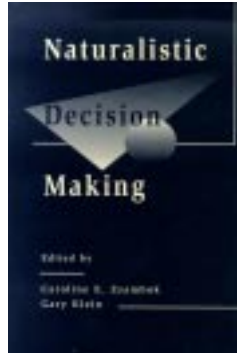
本研究室では、上記のような研究課題を中心に、電力各社、メーカ各社とも共同の研究を行っている。今後とも本部会の皆様のご支援よろしくお願い申し上げます。



書評

Naturalistic Decision Making

榎本哲夫



Edited by Caroline E. Zsombok and Gary Klein
Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
NJ, USA. 1997. 414 pages.

人間が行う意思決定の要因を決定者の内部のみに求めるのではなく、その周りの環境や利用可能な資源を含めた状況の特性がどのように決定を方向づけるのかという観点からの取り組みは、ヒューマンファクター研究分野でもこれまで状況認識 (situation awareness) の問題として活発な研究が進められてきている。状況認識を難しくするのは、熟知したルーチン活動時や単発的な意思決定時ではなく、突然複数のタスク要求が与えられたとき、とくに緊急時のような資源制約下の状況である。そこでは、環境的要因と認知的要因の間での相互作用、すなわち次々に外部から投入されてくる問題ストリームに対して複数の内部認知プロセスが準並列的に活性化し、それら相互の間で認知の競合が生じる。このような複雑性を呈する広義の意思決定活動をモデル化するには、従来の単発的な決定局面での合理的な選択のみを論じる規範的モデルの限界があり、さらに決定主体の記憶や認知など内部機構にのみに依存した閉じた意思決定を論じる記述的モデルでも難しい。そこでこのような実践の場での決定について深く考えようと組織されたのが、自然主義的意思決定 (Naturalistic Decision Making; NDM) の研究グループである。1989年に第1回のNDMの会議が開催され、その4年後の1993年に、NDMを主題として扱った著書としては初の単行本 "Decision Making in Action: Models and Methods" (Edited by Klein, G., Orasanu, J., Calderwood, R. and Zsombok, C.E.) が出版されている。本書はこの第2回の会議 (Dayton, Ohio, USA, 1994) での議論を中心に、NDMの立ち上げ以来中心的な役割を担ってきた Caroline E. Zsombok and Gary Klein の編集により1997年にまとめられ発刊されたものである。

第1回の会議で Orasanu and Connolly が NDM がアプローチすべき問題として掲げたのは、「変動の激しい実時間の意思決定文脈下で同時進行の複数タスクに対して熟練者が連続的にどう行動しているのか、またこのような実時間マルチタスキングを可能にしている情報の選択とコード化や状況のサイズアップ (size up) が、どのように変動する負荷に見合った柔軟な決定行動を可能にしているのか、そしてこれらが個人の決定行動だけではなくチームによる組織的な決定行動にどう結びついて

いるのか」の諸点についてであった。本書はこの問題提起以来過去5年間の間にどのような研究展開がなされてきたかについて、多数の著者による共同執筆の形でまとめられている。前掲の初本に比べると、著者の顔触れ、内容ともに膨らみが格段に増しており、

- ・ 専門知識 (expertise)
- ・ 問題解決 (problem solving)
- ・ 生態心理学 (ecological psychology)
- ・ 状況認識 (situation awareness)
- ・ 行為に指向した思考 (action-oriented thought)
- ・ 状況依存認知 (situated cognition)
- ・ プロセスの制御 (process control)

等の幅広い切り口から網羅的にまとめられている。

本書は大きく5部構成になっており、第1部：NDMの総説、第2部：NDMの応用事例、第3部：NDMの研究事例、第4部：方法論と理論、第5部：今後の展望、からなり、全部で35章から構成されている。各章は読み切り型で、各章の割り当て分量も短いことからエッセイ的なものも混在しており、内容的に深く突き詰めたい向きには不満は残るが、一方でさまざまな異種の現場における熟練者の決定行動の共通性・普遍性を理解するには好適と言える。原子力発電プラントでのオペレータを始め、パイロット・消防士・集中治療室(ICU)での医師・麻酔医・陪審員・バトルコマンダ(battle commander)のC&C(command and control)など、緊急性、同時進行の複数タスク、複数の情報源、急速に変動する環境状態の分析／更新、決定的な手掛かりの適格な認識と事象波及予測、などで特徴づけられる熟練者の意思決定のフィールドスタディが数多く紹介されている。

熟練者の意思決定の特徴は、自身以外の周辺要素、環境や状況、文脈からの拘束条件を巧みに知覚・利用すると同時に、自らの能動的・構成的な理解を重ね合わせて文脈を創りだすことで巧みに選択自由度の軽減を計っている点が挙げられる。NDMではその説明として、熟練者はさまざまな代替案の間の評価を網羅的に行っているわけではなく、むしろこのような競合代替案が生まれないような状況の照合とシナリオ生成(story building)の能力に長けること、そして負荷の状況に見合った限られた数の診断や代替案の想起や有限資源(時間、メモリ、エネルギー)の有効活用を可能にしている点に着目する。本書で紹介されている主なモデルとしては、1. Recognition/Metarecognition (R/M) Model (by Cohen, Freeman, and Thompson): 非想定事象に対する熟練者の思考と意思決定のモデル。状況評価の的確さとこれらを一つの辻褄の合う(説明のできる)話(シナリオ)として構成する能力(explanation-based decision making)と反証証拠から直ちに代替の話を構成できる能力を強調。2. Recognition-Primed Decision Model (by Klein): 決定の活動には診断や仮説検証の作業が並列的に進行している点を強調。そしてこれらの作業がやはりシナリオ生成を核に行われていることを指摘。

3. Model of Situation Awareness (by Endsley): 決定に先立つところの3つのステップ, すなわち, 気づき (perception), 理解 (comrehension), 予測 (prediction), からなる状況認識 (situation awareness) の重要性を指摘.

4. Model/Theory Development and Testing (by Serfaty, MacMillan, Entin, and Entin): 熟練者のメンタルモデルの複雑さと異常への気づきのプロセスに関する仮説の提起と実験的検証.

5. Recognition Primed Decision Making as a Schemata-Driven Mental Modeling (by Lipshitz and Shaul): 「過去の経験の記憶の構成」と「現時点で利用可能な情報」の双方を言及した構成体 (construct) のモデルを提起.

などが挙げられる. これら以外にもさまざまなモデルが提案されてはいるが, 工学的に計算アルゴリズム化を行い計算機シミュレーションまで結び付けているモデリングの事例は僅かであり, むしろより概念的なレベルのモデルの構築と検証を重ねることで, 意思決定支援やチーム等の組織設計, 訓練の在り方を系統的に探っていくとする研究目的としての色彩が濃い.

本書の執筆に参加している著者の中には前述の研究者の他にも, 純粋人工知能批判で著名な Hubert L. Drefus をはじめ, 本部会でも馴染みの深い Kim Vicente, D. John Doyle, David D. Woods, Christine M. Mitchell, J.G. Morris らの有名どころが執筆に加わっており, それぞれの分野と NDM との絡みについて述べている.

ところで, "naturalistic decision making" という表現については当初の 1989 年の会議の折りにも拳々諤々の議論があったようである. 正直なところ, これまで規範的意思決定論, 記述的意思決定論, 人工知能, 認知科学, 状況認識 (SA), 生態心理学などをつまみ食いしてきた拙者としては, 本書で取り上げられている学問的背景の各々に対する新規性はさほど感じられなかった. さらに NDM での知見を活かしたインタフェース設計や計算論的モデル (エージェント) への応用の途が直ちに見出せるようなものでもなく, 提案されている概念のレベル, モデル記述のレベルは現象説明のための心理学モデルの域を出ていないのも確かである. しかし逆に考えるならば, これだけ多様な概念を「実践の場での決定」を核として結び付け, 共通の議論の土俵を用意し, 今後の展開の途をつけたという点での意義は大きいと考える.

本書では明確には述べられていなかったが, "naturalistic" という言葉は本来「自然のままの」あるいは「自然に従った」という意味をもつ. それに対して "decision making" という語彙からは多分に主体的で意志的な響きを感じる. そのような両方の相対する意味を繋げているところにこの分野が目指す研究の本質があるとみることもできる. 人間の決定が内部で閉じて行われている訳はなく, といって生態心理学者が強調するように外部環境が全面的に人間の決定や行動を誘導しているという前提も過言であろう. あくまで人間の意思決定活動を認めた上でその背後の認知と環境との間での双方向インタラクションに着目すること, そしてそこでの複雑性やそれが醸し出すダイナミクスを正面からアプローチしていくことは, 今後ますます

重要なトピックとなってくるはずである。「意思決定」のモデリングを最終目標と据えるのではなく、チーム設計やヒューマンエラー，組織事故の系統的な解析を目指すという点からも，NDM 研究の今後の展開に期待したいと考える。

(京都大学 工学研究科 榎木 哲夫)



編集後記

ヒューマン・マシン・システム部会報第10号をお届けします。去年は、大幅に発行が遅れてしまいご迷惑をおかけしましたので、今年は早めに編集を進めてこの時期にお届け出来ることになりました。お忙しい中原稿を執筆していただいた方々に厚く御礼申し上げます。

今年から多少デザインを変えて、新しいロゴらしきものを使ってみました。本当は部会としての見栄えの良いロゴが欲しいところです。どなたかセンスの光るロゴをお作り頂けないものでしょうか？

(ヒューマン・マシン・システム部会 広報担当幹事 高橋 信)

ヒューマン・マシン・システム部会 会員名簿（機関別）

（財）原子力発電技術機構

安藤 泰正
氏田 博士
大野 崇
加藤 正美
亀田 晃之
鈴木 勝男
渡辺 兼秀
門田 一雄

（財）電力中央研究所

高野 研一
吉村 誠一

（財）発電設備技術検査協会

八島 清爾

（株）BWR運転訓練センタ

鈴木 弘一

（株）間組

丸山 能生

（株）三菱総合研究所

河合 潤
寺邊 正大
増井 隆雄

（株）東芝

長江 博
原田 光宏
角山 茂章
兼本 茂
佐久間 正剛
内藤 憲夫
福本 亮
吉村 貞紀
瀧澤 洋二

（株）日立製作所

杉崎 利彦
有田 節男
大賀 幸治
中原 宏尊
木口 高志
加藤 監治
高橋 文信
山田 直之
小林 康弘
久保田 龍治
高島 義衛
松本 雅喜
村田 扶美男
弓立 忠弘
福岡 孝治

（株）日立エンジニアリングサービス

奥田 直紀

（株）富士総合研究所

三橋 利玄

MTA辰星技研（株）本社

宮田 勝仁

アイテル技術サービス（株）

田辺 章

コジエマ・ジャパン（株）

グルー フランソワ

（財）電力中央研究所柏江研究所

円満字 大輔

阿南工業高等専門学校

三木 哲志

旭エンジニアリング（株）

佐藤 信義

岡山大学工学部

五福 明夫
鈴木 和彦

サイクル機構

遠藤 昭
素部 益武
玉山 清志
吉川 信治
中井 良大
井口 幸弘

京都大学原子炉実験所

宇根崎 博信
木村 康洋

京都大学大学院エネルギー科学研究科

吉川 榮和
下田 宏
手塚 哲央
石井 裕剛
件 威
小澤 尚久
山本 倫也

金沢工業大学

鳥居塚 崇

九州大学大学院工学研究科

工藤 和彦

研究産業協会

町田 祐三

原燃輸送（株）

田畑 信之

広島国際学院

下桶 敬則

三菱重工業（株）

野村 真澄
穂坂 重孝

三菱電機（株）

萩野 敬迪
佐々木 和則
山中 芳宣
大井 忠
佐伯 昭
中川 隆志
藤井 光彦
北村 雅司

秋田大学鉱山学部

成田 裕一

出光興産（株）

新林 栄一

静岡産業大学国際情報学部

佐野 典秀

摂南大学工学部

山田 澄

川崎重工業（株）

戸田 信一

船舶技術研究所

丹羽 康之
松岡 猛
松倉 洋史
三友 信夫

総理府気付原子力安全委員会

松原 純子

大阪大学産業科学研究所

鷲尾 隆

筑波大学

金野 秀敏
古川 宏

中部電力（株）

渡邊 将人

東海大学

黒田 義輝

東京大学

近藤 駿介
古田 一雄

東京電力（株）

藤家 美奈子
磯田 清
古濱 寛
河野 龍太郎

東芝アドバンスシステム（株）

畑 孝也

東芝システムテクノロジー（株）

小原 司

東芝プラント建設（株）

早川 博康

東電ソフトウェア（株）

内田 寿賀子

東電環境エンジニアリング（株）

鈴木 祥布

東北大学

北村 正晴
高橋 信
西川 雅章

日本ヒューマンファクタ研究所（有）

黒田 勲

日本原子力研究所

久語 輝彦
小林 健介
島崎 潤也
田辺 文也
横林 正雄
吉田 一雄

日本原子力発電（株）

長嶺 徹
樋口 雅久
徳永 克己

発電設備技術検査協会

安藤 博

富士電機（株）

渡辺 裕夫

法政大学工学部

須田 信英

未来エネルギー研究協会

若林 二郎

名古屋工業大学

梅野 正義

名古屋大学

小津 智明

小幡 行雄

鈴木 穎二
高橋 金四郎
築城 諒
西原 英晃

賛助機関

東京電力（株）
関西電力（株）
中部電力（株）
（財）電力中央研究所
（株）原子力安全システム研究所
（財）原子力発電技術機構
（株）BWR運転訓練センタ
（株）東芝
（株）日立製作所
三菱重工業（株）
日本原子力発電（株）
（株）原子力発電訓練センタ
核燃料サイクル開発機構
（財）発電設備技術検査協会
旭エンジニアリング（株）
東電環境エンジニアリング（株）

2000年2月21日現在

部会員 130名

ヒューマン・マシン・システム研究

No.10

2000 年 3 月発行

目 次

1. 巻頭言	・ ・ ・ ・ ・ Erik Hollnagel	1
2. 第 10 回「ヒューマン・マシンシステム研究セミナー」報告	古田一雄	3
3. 活動報告		
「マンマシンシステム研究調査委員会」	・ ・ ・ ・ ・	7
「原子力施設保守保全高度化研究調査委員会」	・ ・ ・ ・ ・	14
「JCO 事故調査特別作業会」	・ ・ ・ ・ ・	16
4. 研究室紹介		
東京大学大学院 古田研究室	・ ・ ・ ・ ・	22
筑波大学 認知システム科学研究室	・ ・ ・ ・ ・	24
京都大学大学院 吉川研究室	・ ・ ・ ・ ・	26
東北大学大学院 北村研究室	・ ・ ・ ・ ・	30
5. 書評「Naturalistic Decision Making」	・ ・ ・ ・ ・ 榎木哲夫	33
6. 編集後記	・ ・ ・ ・ ・	37
7. 会員名簿	・ ・ ・ ・ ・	38