

ヒューマン・マシン・システム研究

No.13

2003 年 3 月発行

目 次

1. 巻頭言	北村正晴	1
2. 第 13 回「ヒューマン・マシン・システム研究セミナー」報告		3
3. 活動報告 「マンマシンシステム研究調査委員会」		
第 42 回マンマシンシステム研究調査委員会		14
第 43 回マンマシンシステム研究調査委員会		18
原子力学会誌連載講座「ヒューマンファクター」の執筆について		21
4. 研究所紹介		25
5. 会員名簿		28

巻頭言

新たな挑戦 -- Reactive から Proactive へ

北村正晴（HMS 部会長、東北大学）

2002年度中に数回、従来の自分の専門からかなり隔たりのありそうな学術領域の専門家と集中的に対話する機会を得た。リスクコミュニケーション、技術倫理、そして材料科学について、である。一見するとHMS部会とは無縁のこれらの領域は、本部会が研究対象領域として考えている{人間・機械・組織・環境}系のインタラクション問題と密接な関連を有している。最近の原子力安全に関係する一連の不祥事に目を向けるなら、リスクコミュニケーションの重要性は明らかであろう。ここでリスクコミュニケーションは、組織の内部から外部へ向けてのリスク情報発信だけでなく、組織内部での構成員同士の対話も意味している。安全に関わるシステムの設計や運用に携わっている人間がこのリスクコミュニケーションを真剣に考えるとき、単なる経験則やマニュアル至上主義では処理しきれないジレンマに遭遇することは避けられない。生産効率、開発効率、企業収益などの判りやすい目的と、廃棄物総量削減、エネルギー消費低減、環境保全、情報公開など伝統的には重視されてこなかった規範とは時に矛盾や相克を引き起こす。現代は人間の考える価値規範や行動指針が多様化している時代であり、このような矛盾相克をいかに解消するかについて従来以上に英知を絞って考える必要がある。この英知発見につながる重要な方法のひとつとして、技術倫理は位置づけることができる。倫理という術語につきまとう道徳教育的雰囲気にながしか反発を感じる向きもおられるかも知れないが、技術倫理は現実的な問題発見、解決技法につながるものである。

さらに、リスクコミュニケーションを適切に実施するためには、リスクそのものが正確に把握されていることが一般には前提となる。ところがこの把握は、蓄積事例の少ない分野では容易ではない。その場合には、既知知識の限界と未知知識の影響度についての関係者間での了解または知識の共有が必要である。今回のいわゆる東電事件においても、シュラウドや冷却水配管に生じるクラックについて、発生 of 事前予見可能性や進展速度の推測可能性が問題にされているが、残念ながら、現場技術者と管理者、監督官庁と学術専門家などの間で事前に重要な知識が共有されてはいなかったと思われる。よりよいリスク管理やコミュニケーション、そして最終的に施設の安全性確保の都合からも、これらの問題についての知識の共有とそれに基づいた安全上の意思決定が望まれる。

以上述べたように、安全の問題やそれに関わる広義のヒューマンファクタ問題に真正面から立ち向かうためには、視野を拡げて関係する広範な分野の知識を必要な詳細度と深さで認識できることが強く望まれる。

さて、本部会の活動は残念ながら年々次第に先細りする傾向にある。ヒューマンファクタ研究の重要性については会員の皆様と認識は共有されていると思うが、この退潮傾向に歯止めを掛ける名案はなかなか生み出せていない。もちろん原子力産業界全体のスランプ状態も大きな要因であるが、それをいいわけにしているのは新たな発展は全く望めなくなってしまう。HMS問題を従来型のヒューマンファクタ領域内部だけで規定し対処しようとする学問的ちぢみ指向、純粹指向から自由になって、今何が求められているかを真剣に見つめ

るなら、新たな発展への道筋は多々浮かび上がってくるのではないか。冒頭に挙げた3つの学術領域は筆者の個人的経験からの例に過ぎず、他にも色々な学際的領域はあり得よう。

筆者の限られた見聞の範囲でも、リスクコミュニケーションや情報公開を含む社会的意思決定に関わる領域、専門家と非専門家の共同作業としての意思決定やその理論的基盤としての技術倫理、ナノ材料科学の進展とそれがもたらす技術的メリットならびに危険などの分野においては、原子力分野の興隆期を思わせる活発な研究活動と討論がわき起こっている。原子力ヒューマンファクタ研究者は、これらの分野で従来から活動している研究者に対して、独自の経験に基づくユニークな問題を提示し討論できる素地は十分に有しているように思われる。

Reactive から Proactive へという姿勢変更は、言い換えれば与えられた問題解決指向から新しい問題の予見的発見、解決指向へと研究者としての基本発想を切り替えることを意味している。上記の3領域を含めた研究領域への視野拡大と参入は筆者なりのProactiveな挑戦のつもりであり、他にも様々な学際領域が存在することはいうまでもない。もちろんこのような研究対象領域の拡大に際しては、それなりの基礎知識学習や分野固有の研究方法論習得などの努力が要求される。しかしその努力は新しい学際領域の開拓とその深化という形で十分に報いられるはずである。実際にリスクコミュニケーションや技術倫理、科学技術社会論などの分野では、文系出身研究者の中でも、原子力やコンピュータ技術、遺伝子工学やナノ技術などについて、想像以上に深い知識を修めた上で鋭い考察を展開している研究者は少なくない。原子力ヒューマンファクタ研究者による学際領域進出はもっと積極的になされて良い。

本 HMS 部会員の有志によってなされた原子力学会誌上での連載講座の執筆は、素朴な意味でひとつの Proactive な努力の結晶であった。この試みに貢献された執筆者各位のご努力と、とりまとめに際してリーダーシップを発揮していただいた古田先生のご苦勞に対し深い謝意を表したい。そしてそのフォローアップとして企画されている拡大版の出版についても近々具体化すること、そしてさらにもう一段の Proactive な挑戦を心から期待して結びとする。

活動報告

第13回「ヒューマン・マシン・システム研究セミナー」報告

2002年7月25, 26日(大分県 湯布院温泉 湯布院ハイツ)

2002年のHMS研究セミナーは、初めて九州で開くことになった。開催地は、宿泊施設が完備し、夏にも快適ということで、大分県の湯布院町を選んだ。湯布院町は大分県のほぼ中央に位置する由布院盆地にある。「由布院」は平安の昔からの由緒ある呼称である。盆地内はいたるところ温泉が湧出し、湧出量は別府温泉、奥飛騨温泉郷に次いで全国第3位といわれている。会場として「湯布院ハイツ((財)日本勤労福祉センターの公共の宿)」を準備した。ここは由布院盆地の中腹にあり、由布岳と湯布院町を一望にできる露天風呂のある、大きい合掌造りの施設である。

最近多くの分野で注目を集めているリスク管理と脳科学、そして組織安全という3つのテーマを選定した。リスク管理では、品質管理、ヒューマンファクタ、組織管理と安全などについて、具体的事例を参照しつつ紹介があった。脳科学では、ヒューマンファクタ研究の基礎となる知識情報処理に関わる話題や医療・福祉に関わるインタフェース問題の最新の知見が解説された。組織安全として、装置産業の安全管理、原子力安全のための社会技術について講演が行われた。

参加者は講師8名を含め、44名であった。九州外からの出席者が34名もあり、遠路多数参加くださったことに感謝申し上げます。

[開会]

7月25日(木)13:30に、原子力は先端を担う技術としての責任があり、そのためにはわれわれは視野を広く持つ必要があるとの、北村正晴部会長(東北大学)の開会挨拶からセミナーが始まった。

[セッション1 (リスクマネジメント)]

「製造業に於ける品質問題の未然防止」

九大工学研究院機械科学部門教授吉村達彦氏

同氏は自動車製造業の品質管理に長年携わってこられている。多くの資料を示されて、自動車などの工業製品の、いわゆるクレーム発生を防ぐためには、「未然防止」が重要だとの説明がある。すなわち、問題が起こって、「問題解決」、「再発防止」から「未然防止」(将来発生する可能性のある問題を、未然に防止する)にまでつなげなければならない。非常な大量生産品の場合、品質のばらつきが統計分布で捉えきれない場合があり、設計でロバストネスを持たせることが必要である。そのため「GD³(GD cube)」(Good Design, Good Discussion, Good Design Review)を提唱する。また、よい設計の条件を見つけたら、それを安易に変えないことも重要だと指摘された。

燃料棒のリーク率(日本は 2×10^{-6} 、欧米は 6×10^{-6})の差についての指摘、未然防止にはサプライサイドの努力が重要などの意見交換があった。特に、設計変更の際の「変更管理」は、新たな問題を引き起こす危険があるので、十分なレビューが重要だとの指摘は、原子力産業と全く共通したものを感じた。

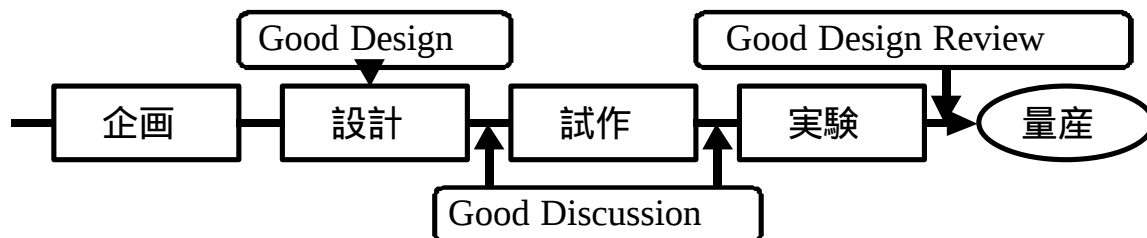


図5 GD の位置づけ

「緊張ストレス時における人的要因の推移と安全性」

九大工学研究院海洋システム工学部門教授 福地信義氏

人間の思考・行動能力は環境負荷や仕事内容などの外部環境によって大きな影響を受ける。また、事故時における避難安全性を考える上での難しさは、人的要因が事故の事態進展および避難行動に大きく影響することである。このために、船舶に衝突事故が発生するときの状況を解析して、緊張ストレスの度合いと事故生起の関係を調べた。船舶運行時のストレスを、心拍変動で計測し、スペクトル解析した。船舶速度の上昇によって緊張度も上がる。また、港内走行では、離岸時は緊張しているが、出航そのものは緊張度の値が低く、一方入港時には着岸までずっと緊張した状態が続いている。事故までの状態遷移をマルコフ過程として捉え、衝突事故の状態遷移を表すモデルが説明された。

また、火災や沈没などの緊急時における心理情報の処理プロセスの研究が紹介された。個人の特性は「理解スクリプト」、「行為スクリプト」、「モニタリング能力」で表され则认为。事故刺激が、ある限界値を超えると、「遮断現象」が起きて判断ができなくなる。この状態に陥った状況を、歩行速度の90パーセント低下として捉える。遮断状態の発生を回避するには、教育・訓練などにより経験を積んで理解スクリプトや行為スクリプトを共に高い質に向上することがより重要であるといえる。

人間 - 機械系システムの安全性確保のために、(1)信頼性解析および状態遷移解析において緊張ストレスを考慮することが必要である。(2)「判断」段階における支援対策を講じることが事故防止には効果的である。(3)心拍変動計測により緊張感を表現できるために、強い緊張時に対する装備支援により事故防止に役立つ。

また、心理情報処理の数学モデルは、事故時の刺激による能力低下と遮断現象の生

起をよく表現でき、避難などの緊急時の行動予測には事故刺激に対する心理的要因が及ぼす影響を考慮することが必要である、などが講演された。

装備支援として、Wearable Computer, Head Mount Display などが有効ではないか、遮断状態の把握は実際には相当難しい、などの質疑が交わされた。

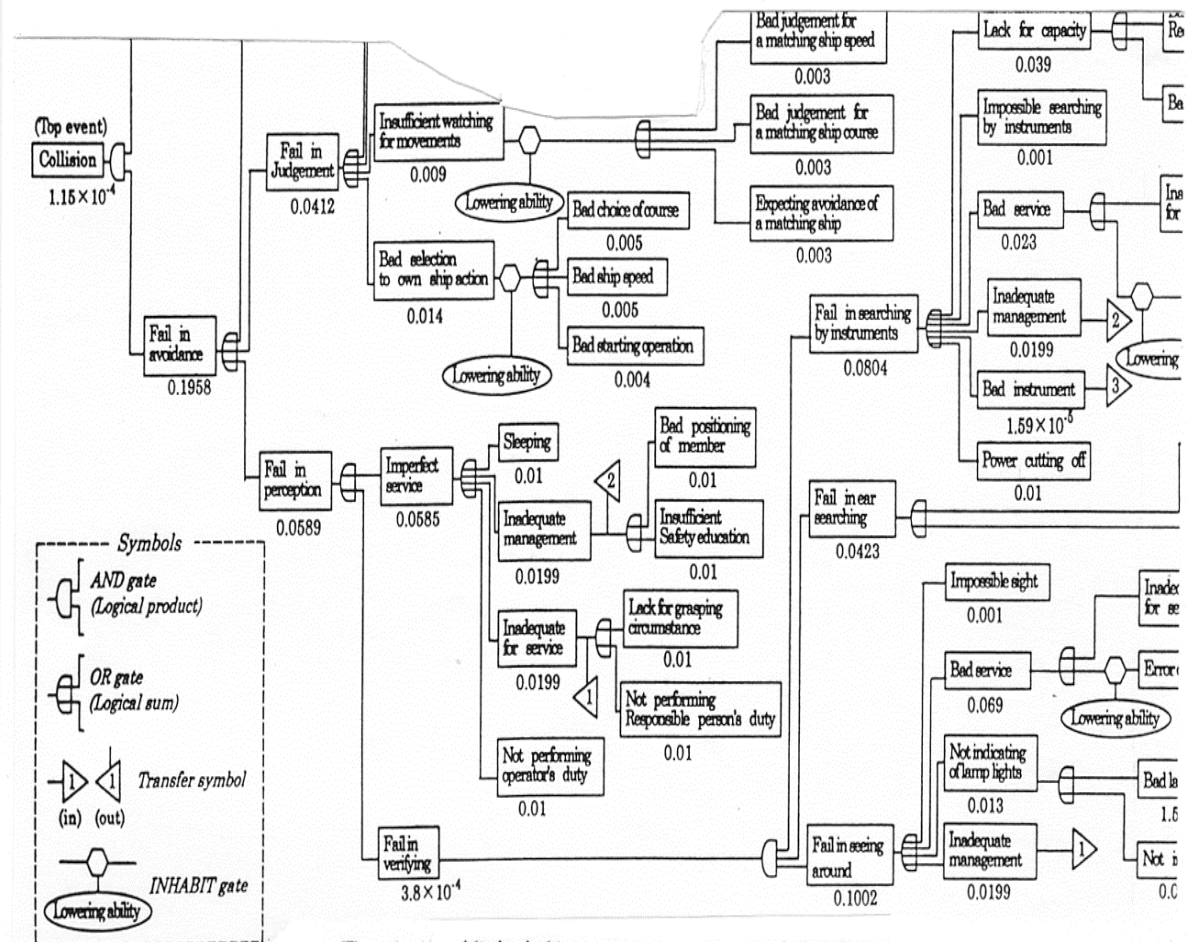


Fig.1.1 衝突事故の Fault tree と生起確率

「原子力発電所のリスク管理」

九州電力原子力管理部放射線安全グループ長 豊嶋 直幸 氏

以下の項目について、リスク管理の現状を交えて詳細な説明があった。

- 安全設計
 - (1) 多重防護
 - (2) 多重障壁
 - (3) 立地の選定及び自然災害対策
- 国の審査・検査
 - (1) 計画段階 環境影響評価

- (2)建設準備段階 経済産業省の安全審査、原子力安全委員会の安全審査
- (3)建設段階 工事計画認可、運転開始許可
- (4)運転段階 保安規定の作成、保安検査、定期検査、定期報告、トラブル報告
- 安全確保のための諸活動
 - (1)機器の点検・検査 自主点検・検査、予防保全
 - (2)品質保証活動 基準、要領などの整備、記録管理
 - (3)教育訓練 社内教育、社外教育
 - (4)予防保全、高経年化対応
 - (a)運転経験の反映 世界原子力発電事業者協会(WANO)
ニュークリアセフティネットワーク(NS ネット)
 - (b)定期安全レビュー(PSR) 定期的(約10年毎)安全性総合評価
確率論的安全評価(PSA)
 - (c)高経年化に関する技術評価(PLM) 営業運転30年前にPSR
 - (d)アクシデントマネジメント
 - (5)通報連絡処理 通報連絡の体制、通報連絡訓練
 - (6)防災対策 原子力災害対策特別措置法(原災法)
 - (a)国の対応 オフサイトセンター、原子力防災専門官、原子力総合防災訓練
 - (b)地方自治体の対応 地域防災計画、原子力防災訓練
 - (c)事業者の対応 防災業務計画、防災組織・管理者
- 安全確保の基本的設計方針
 - (1)設計基準事象の評価 (a)運転時の異常な過渡変化 (b)事故
 - (2)立地評価 (a)重大事故 (b)仮想事故
- シビアアクシデント対策
 - アクシデントマネジメント(AM)整備の経緯
 - アクシデントマネジメント整備報告書の概要
 - アクシデントマネジメント整備有効性評価報告書の概要

人間の諸活動の多くは、活動によって起こるかもしれない害と、得られる便益との適切なバランスの上に成立するものであり、その中でリスクを最小限にする努力を続けることが必要である、と締めくくられた。

アクシデントマネジメント整備は、事業者のリスク低減のための自主的な活動となっており、その内容が説明されることは少ない。本講演においては、AM整備報告書の概要まで含めて詳細に説明され、興味深かった。過酷事故時の運転者の対応、住民への説明、国の規制の状況、「設計想定外事象」の範囲、などについて活発な質疑があった。

表—1 整備したアクシデントマネジメント策	
機 能	今回整備したアクシデントマネジメント策
(1)原子炉停止機能	(i)緊急2次系冷却の多様化
(2)炉心冷却機能	(i)タービンバイパス系の活用
	2次系強制冷却による低圧注入
	2次系強制冷却による低圧再循環
	2次系強制冷却によるサンプ水冷却
	代替蒸気放出
	(ii)代替再循環 ^{*1}
	(iii)水源補給による注入継続及び代替再循環 ^{*2}
	(iv)格納容器内自然対流冷却
	(v)代替補機冷却
	(vi)クールダウン&リサーキュレーション
(3)放射性物質の閉じ込め機能	(i)格納容器内自然対流冷却
	(ii)格納容器内注水
	(iii)1次系強制減圧
(4)安全機能のサポート機能	(i)代替補機冷却
	(ii)号機間電源融通

[セッション2 (脳科学と医療技術)]

「脳科学研究に基づく知的情報処理技術の創製」

東北大学未来科学技術共同研究センター 教授 川島隆太氏

ヒトの脳内での情報処理機構の研究に、健常人の高次脳機能を画像として評価できる脳イメージング手法が多用されるようになってきた。現状での脳機能イメージング手法が紹介され、制限や限界が解説された。

○ポジトロンCT (PET)

60秒から90秒間の平均の脳活動が静止画のように撮像される。計測の間隔は10分以上必要。空間分解能最新の機械で数ミリである。比較的自由的な実験系の中で、脳の表面から深部に至る全ての領域からの信号を得ることができ、その定量化も可能である

○Functional MRI (fMRI)

通常のMRI検査との違いは、局所の磁化率の違いに鋭敏な反応を示す撮像法を用いることである。時間分解能は数秒の単位になる。空間分解能は、数ミリが限界である。磁性体の影響を受けやすく、実験環境の設定に制約が大きい。

○脳磁図、脳電図

いずれも脳の集合的な電気活動を計測する。時間分解能はミリ秒の単位で測定が

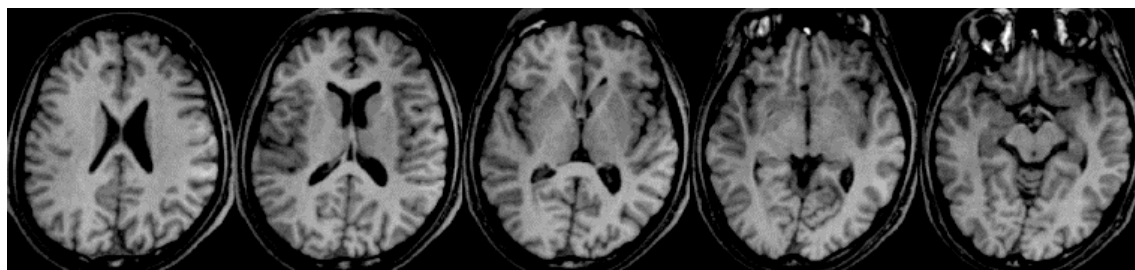
可能。空間分解能は、頭部表面に設置したセンサーの情報を用いた計測系のため制限がある

○光トポグラフィー

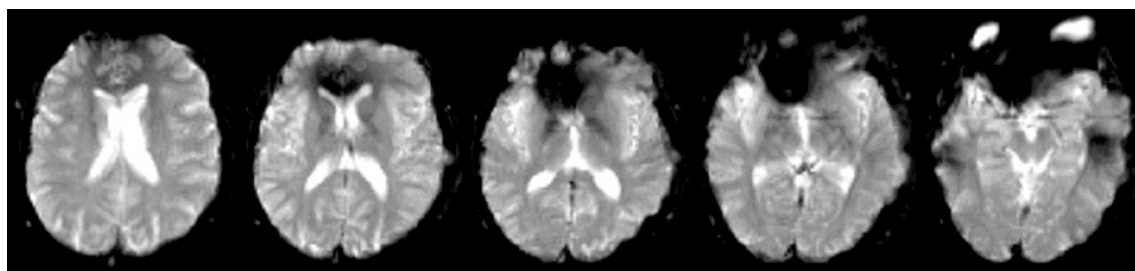
頭皮上から頭蓋内に弱い近赤外光を照射し、その反射光を計測する。時間分解能は、酸素代謝に係る信号の変化はミリ秒、血流の変化に依存する信号の変化は秒の単位になる。空間分解能はセンチメートルの単位である。

event-related functional MRI 法を用いて、画面上の物体の形状と位置を記憶するという課題遂行中の、情報の取り込み、保持、引き出しのそれぞれのフェーズでの脳活動を分離して解析する試みを行った。飲酒（ワイン3杯）後に、同じ課題において反応時間が短くなる（脳が活性化する）という興味ある結果も得られた。パターン認識が脳の前頭眼野で行われること、もっと飲酒した場合の反応は測られていないこと、探索問題における脳の働きかた、などについて質疑が交わされた。

MRI（T1強調）画像



Functional MRI (EPI) 画像



ポジトロン CT（脳血流）画像

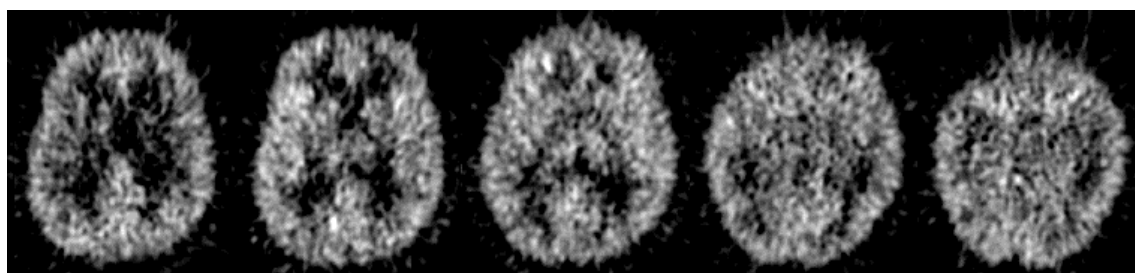


図2 同一被験者の脳画像

「相手の情動を読み取る - 脳機能画像研究からの考察 - 」

京都大学霊長類研究所 中村克樹氏

ヒトは身振り・表情などの動作や声の抑揚を用いて、感情・情動を他者に伝えることができる。このような機能は、言語とは異なり右半球が優位に制御していると考えられている。PET (positron emission tomography) fMRI (functional magnetic resonance imaging) 実験の結果をもとに、このような非言語コミュニケーションにおける脳の活動の部位に関する研究が紹介された。

被験者に次々と提示される4種類(笑い・無表情・怒り・悲しみ)の表情を示す顔を示し、その人の情的状態がポジティブ(笑い)、ニュートラル(無表情)、ネガティブ(怒り・悲しみ)のいずれであるか評価させた(表情評価課題)。有意に血流の増加を示した領域は、両側の後頭葉皮質、右半球の下前頭葉皮質、左半球の前頭眼窩回であった。

また、サルに人間のいろいろな感情を示して、顔面(主に鼻)の温度計測を行うことにより、サルの情動を客観的に評価する研究について紹介があった。

質疑のいくつかを要約する。

- ・自分の感情・情動を制御できない人(いわゆる、キレやすい人)が増えているが、脳の右半球前頭葉に関係しており、この部分の活動を高める訓練が必要である。
- ・サルの試験について、慣れは起こらないか。 - 慣れは少ない。記憶には残るようだ。
- ・危機感についても、このような研究が進められることを期待したい。

「医用ロボティクスとそのヒューマンインタフェース」

(株)東芝 医用社 南部恭二郎氏

手術マニピュレータを例にとり、医用ロボティクス開発について、具体例を交えて紹介された。

- 1 本来の目的は何か 目的が明確であれば専用機を考えることもできる。
- 2 自在に操れる器具 マニピュレータの先端に自分の手と目があるかのように感じられる操作環境が重要
- 3 設計のポイント
 - 目的とする動作の詳細な解析
 - 動作の実現方法 : 動作の実現方法には様々な選択肢がある
 - 複雑な動作をする器具をどうやって操作するかが課題
 - 器具を調整する事で、器具の機能を変化させる
 - 何をどうコントロールしているのかをいつでも確認できるようにしておく必要がある。
- 4 医用ロボティクス機器の安全性

産業用ロボットと比較すると、人体に直接影響を及ぼす手術機器では安全性についての考え方が根底から異なる。

- (1) 人体に作用する機器である。
- (2) プロが運転してアマが受益する機器である。

操作者の思い通りに動くためには以下の性質が要求される。

- (1) 器具の挙動が予測可能である
- (2) 概念・原理・構造が明快である
- (3) 性能の限界がはっきりしている
- (4) ポカミス防止策がとられている
- (5) 確実な回収

医用機器の開発は医師との闘いである、むやみなインテリジェント化は危険である、「手術工学」では患者に合わせて機器の開発が行われるのに対し、「先端工学外科学」では、医師が機械の術式に合うように患者を準備するということも行われる、など、事例を交えた医療機器開発の実情まで紹介された。

主な質疑

- ・ この産業が利益を得て継続していくための方策は
— マーケット育成と教育が重要
- ・ ケアレスミスの防止法
— 互換性だけでなく、標準化が必要だが、難しいものがある

[セッション3 (組織安全)]

「化学工業における安全管理の実情」

出光石油化学安全環境品質保証室 大野 晋氏

化学プロセスにおける最近の事故の状況が概説され、安全管理として実施されている状況活動全般、およびヒューマンエラー防止に取り組んでいる職場の実例が紹介された。

○最近の事故の傾向

- (1) 主な事故を運転管理と設備管理に起因するものと分類すると半々である
- (2) 作業の形態として定常と非定常にわけると発生割合は半々である。
非定常の場合は日常保全時の事故が目立つ。
- (3) 定常時には、サンプリング等の危険物や高圧ガスを系外に抜き出す等の作業時に事故が発生している。
- (4) 多くは人間が介在して事故に至っている。
 - (i) 確認すべきを確認しなかった。
 - ・ 確認したつもりであった。

- ・引継があいまいであった
- ・確認する項目と深さが曖昧
- (ii) 従来の経験した範囲で現象を判断し、最悪の事態を想定した対応がされていない
- (iii) なれた操作故、危険に対する感度、緊張感がうすれ手抜きをする。
- (iv) 具合が不具合のまま、放置され改善に向けて管理されなかった。
- (v) 変更管理が機能していない。
 - ・変更という認識がない（ゆでガエル現象）
 - ・自分の知見で対処できるという過信
- 安全管理の取り組み
 - (1) 事故防止の仕組みを整備して、「運転管理の仕組み」として集大成した。
 - (2) 設備管理や運転管理に関する管理項目が機能しているか、年に一度、「重大災害管理項目」として総合的に確認している。
- 安全活動の実際
 - (1) ヒューマンエラー防止活動
 - (2) T P M (Total Productive Management) における安全活動
 - 「安全部会」を結成し、自主的な活動を行い、種々の改善や遵守活動を展開している。
 - (3) 教育訓練
 - (i) 工場における訓練
 - (ii) 技術研修センターにおける教育訓練
 - (iii) 事例の活用
 - (iv) 安全活動評価 PDCA(Plan Do Check Action)を回す

現在の安全は、今後の安全を保障するものではない。安全管理の仕組みに抜けがないか常に診断出来るように、色々な切り口から確認しなければならない、安全管理や活動は仕事であると共に、社会の人間活動そのものである、などで締めくくられた。

これらについて、以下の質疑があった

- ・シビアアクシデントについての防災訓練は - シミュレーションを行っている
- ・突発的訓練はなされているか— 訓練で実機を止めてしまった事がある
- ・ヒューマンエラーの低減策は - 作業見直し、マニュアル整備など

「原子力安全のための社会技術」

東京大学 新領域創成科学研究科 教授 古田一雄 氏

平成13年度から5年計画でスタートすることになった、社会技術研究ミッションプログラム特定研究課題「原子力安全システムの総合的設計」の研究テーマをベースに、社会的受容、合意形成のプロセス、リスク協議、情報公開、意見集約な

どの情報技術について話された。本研究は、原子力分野に留まらず、複合システム全体として合理的にリスクが管理されており、その事実を人々が認識することによって安心が得られるような、リスクに配慮した社会の設計技術を開発することを目指している。

主な項目は

○原子力安全の体系化と情報共有

リスクコミュニケーション： 技術の便益とリスクとを公正に伝え、市民からの意見を聴取するコミュニケーション

原子力安全分野オントロジーの構築

○危機管理システムの評価手法と支援技術

原子力防災体制の現状と課題： 全体のパフォーマンスを解析、比較することにより、危機管理システムの設計の良否を評価することが必要

災害時の住民行動特性のモデル:住民行動を十分な根拠に基づいて予測することが必要

緊急時人間行動シミュレーション：マルチエージェントシミュレーション

○原子力の社会的受容・合意形成過程

社会的決定と合意形成： 対話的に行われる合意形成について目的にかなうモデルが必要

合意形成過程の認知システム工学的分析

合意形成過程のモデル

○放射性廃棄物処分安全の社会受容性：段階的アプローチの有用性

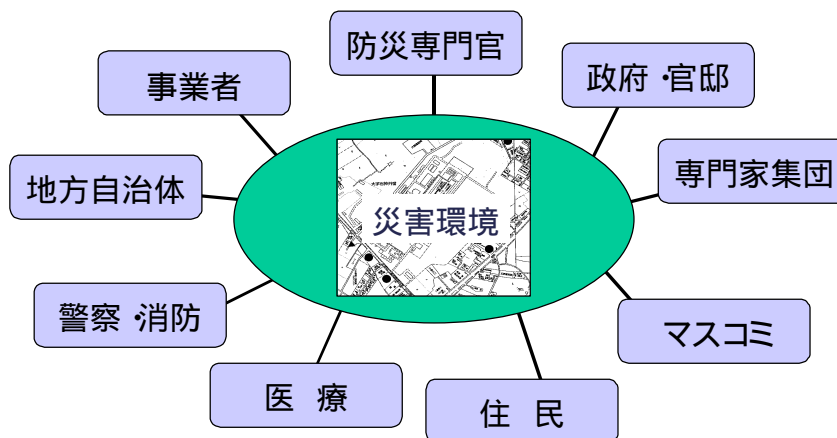


図 1 原子力防災に関連する主な人間・組織

[総括討論]

講演内容を含め、多くの意見交換がなされたが、主なものを要約する。

○安全に関する経営者・トップの役割

トップによる情報説明が重要。トップの意識改革が必要。

トップの責任をあいまいにする風潮が問題

○事故・トラブルの発生

皆が責任者と思ってがんばった結果、無責任体制になることもある

事故は複合的原因で起こることが多い

装置産業の安全は社会の安全に直結する

リスク社会ではリスクの原因が多様である。責任も分散する

安全文化のためには現場の人間が入ることが重要

リスク・ベネフィットのバランスも重要

工藤 和彦（九州大学）



< 第 4 2 回委員会 >

日時：平成 1 4 年 1 0 月 2 2 日

場所：電力中央研究所本部 第 1 会議室

出席者：(敬称略)

岡本（東洋英和）、田中（電通大）、吉村（電中研）、古田（東大）、

古田（東洋大）、鈴木（工学院大）、五福（岡山大）、古川（筑波大）、

増田（東電）、高野（電中研）、早瀬（電中研）、北野（NTC）、

増井（三菱総研）、渡辺（三菱重工）、大井（三菱電機）、大賀（日立）

議事

1 . 講演 1 「安全拡張のための社会心理学的装置の構想」

講師

岡本浩一 先生（東洋英和女子学院大学人文学部）

講演概要

JCO 事故、東電事件などの組織過誤の防止を目的にした社会心理学的装置の構想に関して、健全な法人意思決定、内部申告、企業風土などを概説した。会議での意思決定については、討議方法により結果を変えることが可能である。これを防止するためには、手続き遵守、教条主義的決定の回避、二段階決定、非属人的判断の保証などを実現する法人意思決定手続き認証制度が必要である。内部申告については、告発者保護のための法制化が必要であるが、個人を守るためには限界があり、窓口の第三者化や法人意思決定手続き認証制度に要件を含めるなどが必要となる。いずれにしても、コストがかかるが、最終的には法人利益にかなうという立場で、重要な申告が出るようにすることが必要である。企業風土は、意思決定に対する最大のフェイル・セーフであり、権威主義、教条主義などを防止するために、人事制度・昇進制度などで風土を調整する必要がある。また、企業風土は一枚岩ではなく、部署に応じたサブ風土があるなど多様性の確保が重要である。

質疑応答

Q：意思決定ルールが無いから日本で不祥事が起きるという話であるが、ルールがあれば全て解決ということにはならないのでは？

A：はい。日本人は学校教育の問題もあり、意思表示になれていない。自己意思表示が重要。

Q：会議の進行では、参加者全員で信頼性を高めることが重要。意見が言えないと

多様性が保てない。やり方を決めることで、これを保証するということか？

A：はい。ご指摘のとおり。

Q：企業風土が一枚岩では駄目という理由は？

A：部署・職種で違う風土を持ち、企業として多様性を持つべきということ。

Q：認証制度、企業風土を作っていくことが装置にあたるのか？認証などは第三者機関に実施してもらうなどが必要と思うが？

A：法人の意思決定の健全性を保つことが、安全文化につながると思う。機関としては、将来、保険会社が第三者機関の役割を担うと希望的に考えている。

Q：意思決定が合理的だと安全は守られるのか？

A：合理的な意思決定手続きに加え、個人が自分の意志を主張することが重要。

Q：内部告発は実態としては密告である。これが企業風土に悪影響を及ぼさないか？

A：及ぼすと思う。しかし、日本の法人意思決定が健全ではないことがわかってきた。これを解決するためには、密告も必要と考える。

Q：多様性の確保と認証制度との関係は少し矛盾するのではないか？

A：確かにそうだが、これについては未考察。

Q：米国では、トップは integrity first が要求されるとのことだが、この中でどのように safety が保たれるのか？

A：意思決定の際に、integrity first で短期的 / 長期的な safety を考えることで保たれる。

Q：組織の多様性の指標は？

A：個人に回答してもらった結果を基に、部署間での標準偏差などを求めて指標化する。

2．講演2「なぜインシデント情報は埋もれていくのか」

講師

田中健次 先生（電気通信大学大学院情報システム学研究科）

講演要旨

トラブル情報の利用は、トラブルの再発防止、未然防止に有効である。トラブル情報の組織内・組織間での活用、管理省庁への報告・一般への公開に関して研究している。組織内での活用については、懲戒の可能性、書類作成が面倒などの阻害要因に加え、自分がレポートするメリットがないという理由で、情報が集まらないという問題がある。また、契約会社間での情報伝達に壁があり、情報が届かないという問題がある。これを解決するためには、情報提供したくなるシステムの整備やルール・価値観を変更するメタレベルを含むメカニズムが必要である。組織間での活用については、特定機関（第三者機関）によるDB化とWeb公開の利用が有効である。提供する情報内容については、一般問題と個別問題の区別、システム全体と

しての対策を含むなど、使える情報とすることが重要。管理省庁への報告・一般への公開については、マネジメント組織・内部評価系と市民・外部評価系の評価にずれがあるが、安全か否かを決めるのは最終的には市民であり、組織的な隠ぺい工作を回避するなど、マネジメント側が自戒する必要がある。

質疑応答

Q：トラブル情報から学ぶためには、膨大な収集情報から予防情報を得ることが必要。このしかけが難しいのでは？

A：そのとおり。医療のレポーティング・システムは、情報を収集してフィルタリングしているだけであり、その点が問題になっている。何らかの基準で重要な事故を選択して、それを重点的に見るという方法、統計量（件数）を見るという方法を、今後採用しようとしている。

Q：トラブル情報の隠蔽に係るトップの役割は大きい。しかし、トップにどうアプローチすればよいか、また、役割の重要性についての意識を浸透させるためにはどうすれば良いか？

A：トップが現場を見なくなると危険に関する感覚がにぶるため、現場を見るようにしてもらうことが有効。また、トラブル情報を上にあげてことを奨励することが考えられる。

Q：対策を有効にするためにリスクマネジメント専門家の助言が必要とのことだが、どのような助言をもらうのか？

A：対策をとることで、新しい問題が発生するか否か、などの指摘をしてもらうことを考えている。

Q：事故調査委員会は、事故の当事者が依頼していることが多い。したがって、自分の責任を回避する意図が反映される。これを第三者機関にすべきでは？

A：地下鉄事故の例のように、そのような傾向にある。第三者機関での実施は日本では難しいため、まず、資料解析センタに情報を集めて利用することが必要。

Q：未経験トラブルの分類で、原子力では国外では経験しているが日本では未経験というものがあるが、これを考える必要はないのか？

A：国内外では、法律の違いがあり、トラブルの範囲が異なる。これを考慮する必要がある。

C：市民/マネジメント組織の安全性の評価にズレがあるとのことだが、市民は安全性ではなく、マネジメント組織（事業主体）の信用で評価していると思う。

Q：市民/マネジメント組織の他に、規制当局を考える必要がある。規制当局は、技術力はなく市民感覚で規制をやっている。規制の品質管理が必要と思う。小さなリスクは専門家であれば気にしないが、規制者は専門家ではないので、市民と同様にリスクの有無で判断している。規制者が専門家なら隠蔽せず情報は出ると思うがどうか？

A：市民と同じで無理難題を言うとしたら、情報を出したくなくなり、結果として

透明性がなくなるのではないかと思います。

C：市民はそんなに馬鹿ではないと思う。市民の考えは、一部規制側にあやつられているような気がする。市民・事業者・規制当局が、まぼろしを見ながら互いに首をしめている状況と思う。

C：市民 / マネジメント組織の間で、評価のズレがあるのはあたりまえであり、関与している度合いに応じて危険の許容度は高くなると思う。どういう基準で、ズレが出ているかを理解・把握することが必要。

Q：対策には良い面・悪い面があるが、報告書には良い面しか書かれていない。悪い面も抽出してDB化し、これを基に見る側が判断することが必要ではないか？

A：対策のフィージビリティ、効果、採り易さを、FMEAで分析する試みを実施中である。



< 第 4 3 回委員会 >

日 時： 平成 1 5 年 2 月 2 8 日

場 所： 日本原子力学会会議室

出席者（敬称略）

古田（東大）、高野（電中研）、上野（安全委）、古田（東洋大）、
河野（東電）、早瀬（電中研）

議事

講演 「安全文化醸成取り組みの海外動向 ～ IAEA リオ会議を中心に～」

講演要旨

海外における安全文化醸成取り組みの動向について 2002 年 12 月に行われた IAEA リオ会議の討議内容及び会議での上野氏の報告内容を中心に講演が行われた。講演後は以下の質疑応答が行われた。

質疑応答

Q：Schein のモデルとは何か。

A：文化の構造について述べたもので、直接観察可能な人工物、マネジメントにより変化し得る共有された価値観、直接観察不可能な前程の 3 層構造のピラミッド型になっている。このモデルが安全文化の議論のよりどころとなっている。

Q：定性的と定量的評価のバランスはどの程度が良いのか。

A：定量的評価は質問紙で調査して分析する。定性的評価は人類学のように直接現場に入って直接観察する。これら二つの調査を照らし合わせて評価することが文化の理解の促進につながる。質問紙による方法やインタビューでは、共有化された価値観はみることができるが、前提部分はこれでは見えない。したがって、直接観察により、行動のコンテクストを追う定性的アプローチも必要になる。

Q：細目規定型の規制と直接規制型それぞれにおける安全マネジメントの違いは何か。

A：細目規定型は、規定はするが、実施・運用は事業者の自主評価に任せることになる。直接規制型は、直接、規制者側が現場において監視および評価を行い、指導することになる。どちらかという先進国は細目規定型、開発途上国は直接規制型が多いようだ。

Q：タイプ II 直接規制型には指標はあるのか。

A：指標ごとに規制側がレーティングを行うシステムをとっており、規制に反映する。

Q：評価対象は制度だけか、アンケートまでとるのか。

A：コミュニケーションや安全意識まで視野にいれている。タイプ II を採用してい

る国は発電所の数が少ないので、細かくできるという気はする。

Q : Questioning Attitudeについて、日本の組織文化では人に対して批判しないのが文化となっているが、安全に関してはQuestioning Attitudeが大切であるということか。

A : そのとおり。

Q : Questioning Attitude促進の具体的なイメージはあるのか。

A : 具体的にはまだない。

C : アメリカでは外部のコンサルタントを利用して、社内で言いにくいこと、問題点の指摘を吸い上げる方式をとっているところがある。社内では匿名性の問題があって、意見が言いにくい、安全に限らず、コンプライアンス、倫理、モラルに関する申告を受け付ける民間組織と企業が連携して対処している例がある。

C : 柏崎では目安箱があるが、ほとんど入っていない。

C : アメリカでは、置いたらすぐにいっぱいになる。

C : 彼らはクレームの文化が根付いているので、そのような方式が機能するのであろう。

C : NRC の場合には、出された中で役立ったのは数%の割合でしかない。

C : 結局、操作できるのは制度的な問題であり、文化の根幹にまではなかなか踏み込めない。

C : 安全文化は事業者の自主的な取り組みが重要。規制側としてはムチでなく、アメの方をもっとした方がいいのではないか。

Q : 重大リスクは東電事件と関わるのか。

A : これは格納容器漏洩検査の方をイメージしている。

C : シュラウド問題にはこれは規制側にも責任がある。

C : 規制側の安全文化も必要。

C : 検査官の資質が問題。バックグラウンドを知らない人が現場にいけば混乱させるだけだという指摘もある。科学技術庁に入って、1年目でいきなり検査官になって現場に行かされてしまうと聞いた。

C : 検査官としての資格、資質を向上させるための研修制度に問題があるのではないか。

C : 転記ミスしかチェックしない検査官もいる。転記ミスがあると改ざんだと思われるため、そこだけ一生懸命チェックしているところもある。本来とるべき方向性とは違う方向に向けられてしまうことがある。その意味で規制のQualityマネジメントの問題として捉えるべきだ。

A : これは安全委員会でも意見として出てきている。

Q : 安全第一と言っているが、コストに対してはどう考えているか。

A : IAEA では、安全第一というより安全は前提。

C : 彼らはあたりまえと思っている。日本では、安全第一というと企業がつぶれても安全第一という認識を持っているが、合理的にやれば、安全はコストダウンになるはず。適当に頭に思いついた項目を適当に規制をかけているのは手抜き。今

までは費用対効果で考えていなかった。

Q：説明の中のコンポーネントモデルとは何か。

A：基本的にはオリジナルで考えた。特徴は、大きく組織の内と外に分け、個人と組織と環境に分ける。

Q：矢印は影響を表わすのか。

A：そうである。

Q：イネーブラーとは何か。

A：お互いに影響し合うと考えられるもの。もちろんすべてに同じように影響するのではなく、それぞれ与える影響の度合いは違う。

Q：そのイネーブラーとは結果としてパフォーマンスに現れるものなのか。

A：結果なのか、原因なのか難しい。

C：CRM では、Inquiry と Assertion がコアであると言われている。Questioning Attitude がイネーブラーとして作用するなら、それと同じ概念である。

Q：安全文化意見交換会のまとめに載せられている安全活動事例は、安全確保にとって効果があるという認識なのか。

A：インタビューである程度、役になっていると思うと聞かれたものを挙げている。

C：四国電力が行っている安全文化に関する新聞は評判がいい。

C：東電でも行っている。評判はわからないが。

活動報告

原子力学会誌連載講座「ヒューマンファクター」の執筆について
古田一雄（東京大学）

昨年の部会報でご報告のとおり、原子力学会誌に連載講座「ヒューマンファクター」を部会有志により執筆中である。連載は平成14年9月号の第1回を皮切りに、本稿執筆時点で4回まで無事に掲載が完了しており、3月号で全6回の講座が完成する予定である。

企画の段階で有志による作業会を何回か実施し、執筆方針を以下のように決定した。まず想定読者はHFの専門家ではなく非専門家とし、運用、開発、設計、規制を区別することなく原子力技術者全般を対象とするとした。すなわち、HFについての問題意識のある読者には問題解決の具体策を提示すること、問題意識のない読者にはHFの重要性について啓蒙を行うことが連載の目的である。したがって、最新の研究成果を紹介するというよりも具体的な事例を参照しながら現場の問題解決の方法を示し、規制分野を含む原子力技術者が最低限心得ていて欲しいHFのポイントを示唆するという方針で臨むこととした。

本連載講座における大きな試みは、HFのポイントを1つの大原則とHF10原則という形に表したことである。以下に、各回の内容を簡単に紹介することにする。

第1回 ヒューマンファクターとは（平成14年9月号）

大原則 「安全確保においてはハードとソフトの双方による安全防護障壁を考慮に入れたシステムズ・アプローチを実施せよ」

導入としてまずHFの定義と原子力においてそれが注目されるに至った経緯を簡単に解説したのち、HFが対象とする領域、およびその達成目標と期待される効用について述べた。HFは安全の確保のみならず、経済性の向上、従事者の福祉の向上を目指す学術分野であり、電力自由化による他電源との競争や社会的受容などの課題をかかえる原子力にとっては今後重要な分野であると考えられる。

そして、本講座では非専門家や初学者の方々が理解しやすいように、HFのポイントを10の原則として表すことを宣言し、これらの原則全体の基礎となる大原則と、10の原則の相互関係、原子力産業における各業務との関係について解説した。これらの原則は安全の観点から記述されているものの、経済性などその他の目標に対しても同様に有効な原則であるとした。

第2回 組織管理および集団作業における原則（平成14年10月号）

原則1 「経営から現場までが一体となって安全管理に努めよ」

原則2 「インタフェース設計や教育訓練の工夫によって円滑なチーム協調を促進せよ」

原則 1 に関しては、さまざまな領域で過去に起きた事故を分析・例示することにより、組織事故への対応が近年重要になっていることを指摘した。つぎに、このような組織事故から免れている安全優良組織が幸運の賜物ではなく特別な特徴を備えた組織であり、その特徴の中に組織事故を防止するためのヒントがあることを述べ、組織事故を防止するためにどのような組織的取り組みが有効か、一般産業と原子力産業の両者について解説した。

原則 2 に関しては、大規模複雑システムの運用で不可欠なチーム協調の問題について解説した。チーム行動についての過去の研究から、チーム行動がどのような因子に左右されるかに関する主要な理論モデルが紹介された。さらに、円滑なチーム協調を実現するための CRM などの教育訓練手法、インタフェースや警報などのハードウェア設計の工夫などを解説した。

第 3 回 教訓の反映および教育訓練（平成 14 年 11 月号）

原則 3 「エラーの根本原因まで分析し、教訓を活用するシステムを確立せよ」

原則 4 「実効的な教育・訓練プログラムを用意し、効果を持続させるシステムを確立せよ」

教訓の反映および教育訓練というテーマについて、原則 3、4 を軸にエラー低減のための取り組み方法等について紹介した。原則 3 は、再発防止と未然防止という 2 つのエラー防止の基本的考え方に基つき、各種エラー分析手法の背景にある共通的な考え、更には、教訓を活用するシステムを構築するにあたっての留意点などについて述べた。

原則 4 は、運転訓練センター等における教育訓練の方法論と教育効果を持続させるための仕組みや工夫について述べた。また、技能継承の面から、保修分野でどのような取り組みが必要か、更に、教育訓練の新たなトレンドであるヒューマンファクター教育の方法について紹介した。

第 4 回 システム設計の原則（平成 14 年 12 月号）

原則 5 「人間中心設計に則り、組織、チーム、人間、認知の順に概念設計せよ」

原則 6 「システムの安全評価においては人間信頼性を考慮せよ」

人間中心設計（HCD）というタイトルで、プラントに対する HF を考慮した新たな制御室や計装システムの設計基準を説明した。HCD は人間、ハード・ソフト、運転管理、環境まで含めた総合的な設計と、繰り返しとフィードバックを含む系統的設計を特徴とする。HCD は、具体的設計方法論を確立するまでには至っていないが、システム設計における心構えや標準的手続きを示しており、設計者がここに記載された原則を念頭において設計することが重要である。

つぎに、人間信頼性解析（HRA）について解説した。HRA はシステム評価に有効な

道具であるが、そのためにもその方法論の確立が望まれる。現在利用されている第一世代 HRA は、人間をシステムの一部と見なす方法論であるが、現在検討されている第二世代 HRA は、人間は状況に依存して正しい対応するという仮説の上に作成された方法論であり、現実の人間行動をより忠実に表現し得る。HRA は、プラントの総合的なシステム設計には必須の手法だと考えられる。

第 5 回 タスク設計（平成 15 年 2 月号）

原則 7 「人間、機械の各々に期待する役割と特性を明確にしてタスクを割り当てよ」

原則 8 「作業負荷が適正範囲になるようにタスクを設計せよ」

原子力発電における自動化の歴史的背景と今後の自動化の拡大への「ユーザ」側から見た要請をまず指摘した。そして原則 7、8 に基づいて、人間 - 機械系のタスク配分について述べ、それらを踏まえたタスク設計方法の基礎となる分析方法について、具体例を引用して述べた。タスク分析手法については、問題に応じて、設計者が実施しやすい方法を選ぶか、それが使い難ければ適当に変形すればよい。設計すべき問題を見極め、適切な方法で分析を試み、それから適切な設計を行う事が肝要である。最後に人間と機械のタスク設計でとくに人間側の行うタスクの手順化を計算機処理が可能な方向に進めることは、取りも直さず自律ロボット化に繋がっていくことについても若干触れた。

第 6 回 ヒューマンインタフェースに関する原則、結言と将来展望 （平成 15 年 3 月号）

原則 9 「人間の身体能力や作業性に配慮して機器・道具・作業環境などを設計せよ」

原則 10 「情報の重要度とユーザのメンタルモデルに基いてインタフェースを設計せよ」

原則 9 に関しては、まず身体能力や作業性を考慮したヒューマンインタフェース改善例を紹介し、人間の身体構造、運動特性、知覚特性には能力限界があること、それらの限界の範囲内でインタフェースを設計しなければならないこと述べた。そして、そのような設計を実行するための人間工学的設計や、ユーザビリティテストなどの方法を解説した。

つぎに原則 10 に関しては、注意機構、記憶、認知バイアスなど、人間が有するさまざまな認知特性についての認知心理学的知見を解説し、人間のメンタルモデルに整合したインタフェース設計を実施するための方法論と、エコロジカルインタフェースなど新たに提唱されている試みのいくつかが紹介された。

最後に、新技術のHFインパクト評価に係わる困難、リスクの社会的文脈性、大規模システムの「本質的危険論」など、最近の原子力を取りまく本質的問題を指摘した。そして、HF的視点に立つタスク設計、システム設計、組織管理、教育訓練などがこうした技術の限界論・悲観論に挑戦するための鍵であることを指摘して、連載講座全体のまとめとした。

このように、連載講座「ヒューマンファクター」はあとわずかで無事に完成する予定であるが、過酷なページ制限のためにせっきく原稿を削除しなければならないことが多かった。また、全6回ではカバーしきれなかったHFの重要課題がいくつか残っている。そこで、不十分な部分を補稿に追加した合冊版を発行する計画が進んでいる。合冊版は、部会員には割引料金で発売する予定なので、教育・啓蒙用に是非とも購入いただければ執筆陣として幸甚である。

最後に、貴重な時間を割いて連載講座の執筆にご協力いただいた有志の皆さまに、紙面を借りて厚く感謝の意を表する次第である。

寄稿コーナー

研究所紹介

OECD Halden Reactor Project

OECD Halden Reactor Project(以下、HRP)は、OECD NEA(Nuclear Energy Agency)の援助の元で 20ヶ国が出資して研究開発を進めている共同研究プロジェクトである。このプロジェクトは、ノルウェーの南端に位置するハルデンという町のエネルギー技術研究所(Institutt for Energiteknikk)で行われており、ここには研究施設として 2つの研究棟と実験用原子炉がある。HRP の主な研究領域は、燃料、材料、マンマシンシステムであり、それぞれ 3 年ごとに計画が見直されている。今年 2003 年は 3 年計画が始まる年にあたり 2005 年まで続けられる予定である。以下、本稿では主にマンマシンシステム(MMS)関連の研究施設を簡単に紹介する。

HRP で行われている MMS 関連の研究は、ヒューマンファクタ、制御室デザイン、運転支援システム、システムの安全性・信頼性の向上に大別できる。また、この関連の研究施設には、HAMMLAB(Halden Man-Machine System Laboratory)という実験施設、および HVRC(Halden Virtual Reality Centre)があり、これらの研究は、HAMMLAB や HVRC によるシステム開発、被験者実験、デモンストレーションに基づいて行われている。

HAMMLAB はプラントの制御室での運転員の行動を研究するための施設であり、図 1 に示すように、プラントシミュレータや操作支援システムがあるコンピュータールーム、CRT や大型ディスプレイの操作盤がある模擬制御室、および、実験をコントロールしたり実験中の被験者の行動を観察する実験者室からなる。シミュレータは、3 種の原子炉シミュレータと 1 つのオイルプラントシミュレータがあり、これらを使って実際のプラント挙動を模擬している。また、模擬制御室では実際のプラントオペレータが被験者となって様々な実験を行う。一方、実験者室では、実験全体の制御と被験者の行動観察を行う。さらに、被験者の行動はビデオカメラで記録されるとともに、操作行動も自動的に収集される。

図 2 に模擬制御室を示す。模擬制御室は、2 枚の大型スクリーンと多数の CRT モニタが配置されており、1 人のスーパーバイザと 2 人のプラント運転員が操作できるようになっている。また、これらの構成は実験の内容によって自由にレイアウト変更可能であり、被験者数が 1 人から 3 人までの実験を行うことができる。一方、図 3 は実験者室であり、ここから模擬制御室の被験者の行動を観察しながら実験全体を制御することができる。

HAMMLAB では、このような実験施設を利用して、実際の運転員を被験者とした実験による HRA データの収集や HRP で開発している各種運転支援システムの評価実験を行っている。

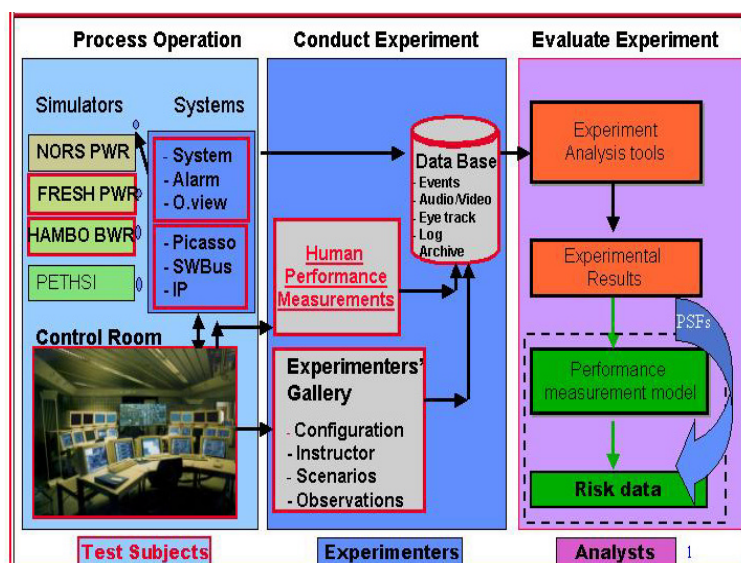


図 1 HAMMLAB の実験設備



図 2 模擬制御室



図 3 実験者室

一方、HVRC では、バーチャルリアリティ (VR) 技術を用いた HMI デザイン の設計・評価の方法を研究開発している。ここではその研究の一部を紹介する。

図 4 は、スウェーデンの発電プラントの制御室を VR によりモデリングしたものである。これは Virtual Mock-Up と呼ばれるものであり、制御室の設計を VR により可視化しながらインタラクティブに行うことができるシステムである。ここでは、単に 3 次元グラフィックとして表示するだけでなく、操作卓や表示機器のレイアウトの変更、操作員からの視点から見た映像の作成、デザインガイドラインへの適合性の検証など、実際に制御室を作成したかのように設計・検証を進めることができる。

図 5 は「ふげん」の VR モデルの一部である。HVRC では「ふげん」解体の計画作成のためのシステム開発を行っている。このシステムの目的は、解体時に作業員にかかる放射線被曝を最小限にできるように解体作業計画の立案を支援することである。さらに、このシステムを用いることにより、解体作業の事前トレーニング

グや周辺住民の理解の向上も図ることができる。図6は解体作業者の移動ルート近辺の放射線強度を視覚化したものであり、これを使って被爆を最小にする移動ルートを計画することができる。また、これに関連して拡張現実感(Augmented Reality; AR)技術を用いた放射線可視化の実験も行われている。



図4 制御室のVRモデル

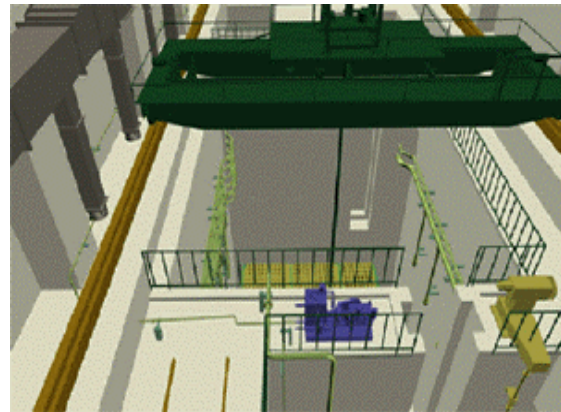


図5 「ふげん」のVRモデル

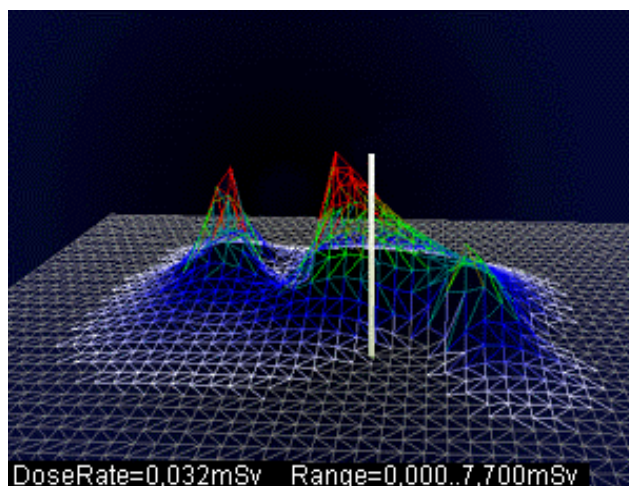


図6 放射線の可視化

本稿では、HRPで行われている数々の研究内容の詳細までは紹介できなかったが、興味のある方は以下のURLを参照されたい。

<http://www.ife.no/english>

(左側のメニューから「The OECD Halden Reactor Project」を選択、
2003年3月現在)

下田 宏(京都大学)

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

門田 一雄
亀田 晃之
木口 高志
鈴木 勝男
氏田 博士
加藤 正美
牧野 眞臣
渡辺 兼秀

(財)電力中央研究所

高野 研一
吉村 誠一
円満字 大輔

(財)放射線利用振興協会

島崎 潤也

(株)BWR運転訓練センタ

鈴木 弘一
村田 扶美男

(株)間組

丸山 能生

(株)三菱総合研究所

寺邊 正大
増井 隆雄

(株)社会安全研究所

八木 絵香
首藤 由紀

(株)東芝

長江 博
原田 光宏
兼本 茂
佐久間 正剛
内藤 憲夫
福本 亮
吉村 貞紀
瀧澤 洋二
宮崎 禎司
伊藤 壽一郎
渡辺 幸子

(株)日立製作所

杉崎 利彦
有田 節男
大賀 幸治
中原 宏尊
加藤 監治
高橋 文信
山田 直之
湯地 弘幸
久保田 龍治
高島 義衛
松本 雅喜
弓立 忠弘
福崎 孝治
高田 将年

(株)関西電力

川辺 康晴

(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

(株)原子力安全システム研究所

丹羽 雄二
作田 博
花房 英光
大橋 智樹
彦野 賢

M.T.A.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

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

岡山県立大学情報工学部

山本 倫也

核燃料サイクル開発機構

遠藤 昭
素都 益武
玉山 清志
中井 良大
井口 幸弘
戸田 信一
塩谷 洋樹
吉川 信治

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

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
洞 昭仁
川崎 泰明

研究産業協会

町田 祐三

広島国際学院

下桶 敬則

三菱重工業(株)

野村 真澄
渡辺 長深

三菱電機(株)

佐々木 和則
大井 忠
藤井 光彦
北村 雅司

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

宇宙開発事業団

河合 潤

海上技術安全研究所

丹羽 康之
松岡 猛
松倉 洋史
三友 信夫
岡崎 忠胤

原子力安全委員会

須田 信英

経済産業省資源研究所

清水 康一

大阪大学工学研究科

西嶋 茂宏

筑波大学

金野 秀敏
古川 宏

東京大学

近藤 駿介
古田 一雄

東京工業大学原子炉工学研究所

澤田 哲生

東京電力(株)

藤家 美奈子
磯田 清
古濱 寛
河野 龍太郎

東芝アイシー・ソリューション(株)

畑 孝也

東芝システムテクノロジー(株)

小原 司

東北大学

北村 正晴
高橋 信

日本エネルギー研究所(株)

黒田 勲

日本原子力研究所

小林 健介
田辺 文也
吉田 一雄
鈴木 知明
鍋島 邦彦

日本原子力発電(株)

長嶺 徹
樋口 雅久
市原 敦
山上 晶正
徳永 克己

日本原燃(株)

下瀬正信

富士電機(株)

渡辺 裕夫

未来エネルギー研究協会

若林 二郎

工学院大学

鈴木 穎二

社会技術研究システム

横林 正雄

松下電工(株)

小澤 尚久

神戸商船大学商船学部

長松 隆
志波 栄也

文部科学省

久語 輝彦

日本放送協会青森放送局

菊地 卓司

Institut for Energiteknikk

築城 諒

茨城大学

伊東 光博

会津大学

角山 茂章

(株)テクノバ

藤田 祐志

原子力システム(株)

北村 智美

文部科学省

三上 洋平

西原 英晃

黒田 義輝

鈴木 祥布

渡辺 幸子

賛助機関

東京電力(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)
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)

2003年3月3日現在

部会員 139名