

「21世紀の共生型原子力システムに関する国際会議（ISSNP）」報告

吉川 榮和

期間： 平成19年7月9日（月）－11日（水）
会場： 福井県敦賀市 若狭湾エネルギー研究センター
主催： 日本原子力学会ヒューマンマシンシステム研究部会、JSPS 日韓拠点大学事業
「エネルギー理工学」サブタスクグループ「原子力発電の運転保守技術高度化」、
特定非営利活動法人シンビオ社会研究会

ISSNP は次の3つを目的として今回初めて開催しました。

A. 21世紀の共生型原子力システムについてとくに次の3つの分野の新たなアイデアの提起と研究情報の交換を行う。

- (1) 制御とコミュニケーションのための計測、監視、処理方法に関する技術
- (2) システムシミュレーション技術
- (3) ヒューマンインタフェース技術
- (4) 技術の社会、環境との共生のありかた

B. 東アジアの原子力開発国の若手研究者の人的ネットワークの構築に資する

C. 若狭湾地域の原子力関連施設や人的資源を活用するエネルギー研究教育の拠点形成に資する

ISSNPでは、上記のAについて、4つの分野の研究論文の応募を行い、採択された論文52件の講演、内外の著名講師による6件の招待講演（プレナリ講演3件およびキーノート講演3件）で、プレナリセッションおよびテクニカルセッションのプログラムを構成しました。また、Bについて、日韓原子力学会による学生・若手研究者のサマースクールの同時開催を行いました。そしてCについて、初日のプレナリセッションを、地域の一般市民に公開して広く参加を求め、同地域でのエネルギー研究教育拠点形成計画への理解と共生型原子力システムへの知識啓発に貢献致しました。

ISSNP会議への参加者は、合計117名で、国外からの参加者は合計43名（韓国20名、中国15名、台湾2名、米国2名、スウェーデン2名、デンマーク1名、ノルウエイ1名）、国内参加者は74名（ノルウエイ大使館員1名、中国人留学生3名を含む）でした。初日のプレナリセッションには、ISSNP会議参加者117名に、地域の企業、大学、一般市民の参加者約90名を加えて、約200名の参加者がありました。

テクニカルセッションでは、3つのキーノート講演と、3つのパラレルセッションで応募論文の発表がありました。発表された全応募論文数は52件で、その内訳は日本27、中国11、韓国7、台湾3、ノルウエイ1、米国1、スウェーデン1、デンマーク1でした。テーマ別には、運転支援システム、新型制御室、システムシミュレーション技術、非破壊検査技術、診断技術・ハザード解析、機能モデリング、拡張現実感・仮想現実感技術、運転訓練、計装制御システム、人間中心システムの心理・ユーザビリティ評価、技術と社会の共生の発表があり、とくに技術と社会の共生では、人間信頼性解析、意思決定支援、経済学的考察・経済性評価法、安全文化、リスクコミュニケーション、と多彩なテーマで発表が行われました。

テクニカルセッションの終了後、もんじゅおよび若狭湾エネルギー研究センターの2つのコースに分かれて施設見学会がありました。

日韓サマースクールについては、ISSNP に並行して開催しました。福井大学の福井 卓雄 教授 を 校長、石井 先生（日本・京大）、リーナヤンさん（韓国・ソウル大学）、周 楊平 さん（中国・清華大学）をコーディネータとして、日韓学生・若手研究者だけでなく、中国からの参加者も含めて日韓中3カ国の学生・若手研究者によるサマースクールとなりました。参加学生・若手研究者数は21名で、その内訳は、中国7名（ハルビン工程大学7名、清華大学2名）、韓国8名（KAIST 7名、KAERI 1名）、日本6名（京大5名、岡山大1名）でした。なお、このプログラムの実施には日本原子力学会日韓学生交流事業連絡会より支援をいただきました。

本ISSNPの開催には、関西電力株式会社、福井県、敦賀市、若狭湾エネルギー研究センター、日本原子力研究開発機構、日本原子力学会、関西エネルギーリサイクル研究振興財団、福井観光コンベンション協会に様々な形の後援を得るとともに、ヒューマンインタフェース学会、日本保全学会、計測自動制御学会関西支部、日本人間工学会関西支部の協賛をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

ISSNPプレナリセッション報告

平成 19 年 7 月 9 日 (月) 午後 12 時から若狭湾エネルギー研究センターにて受付開始し、ISSNP プレナリセッションを行いました。参加者は ISSNP 会議参加者 (117 名) に、地域の企業、大学、一般の無料オープン参加者約 90 名を加えて約 200 名の参加がありました。プレナリセッションは、午後一杯大ホールにて同時通訳付きで、来賓の祝辞と森本 浩志 大会名誉会長による主催者代表挨拶及び福井県エネルギー研究教育拠点化構想への電気事業者の取り組みの紹介を中心とした開会式と内外の識者による 3 件のプレナリ講演が行われました。また、プレナリセッション終了後はウエルサンピア敦賀ホテルに場所を変えて立食形式でのウエルカムパーティーが行われ、プレナリセッション参加者が多数参加し懇親の実を上げました。以下、開会式とプレナリ講演の概要を示します。

- I 開会式次第 午後 1 時～1 時 50 分
総合司会 大会長 吉川 榮和 (京大名誉教授)
1. 開会の辞
 2. 大会長挨拶及び役員紹介 (日本語)
大会長 吉川 榮和 (京大名誉教授)
 3. ご来賓挨拶
福井県知事 西川 一誠 (イッセイ) 様 (日本語)
(祝辞代読 森阪 輝治 総合政策部企画幹 様)
敦賀市長 河瀬 一治 (カズハル) 様 (日本語)
(財)若狭湾エネルギー研究センター所長
新宮 秀夫 様 (京大名誉教授) (日本語)
 4. 主催者代表挨拶及び電気事業者の取り組み紹介 (日本語) (PPT 資料日英語)
名誉大会長 森本 浩志 (関西電力 副社長)
 5. 閉会の辞 (日本語)
- II プレナリ講演会次第 午後 2 時～4 時 30 分 (すべて英語)
総合司会 実行委員長 松本 英治 (京大教授)

講演 1. 我が国の科学技術政策

司会 Poong Hyun Seong 氏 (韓国・先端科学技術研究院 教授)

講師 大江田 憲治 氏 (日本・内閣府大臣官房審議官)

概要

現在我が国の科学技術政策は、2006 年 3 月内閣承認の第 3 期科学技術基本計画 (2006-2010 年) により推進されている。その計画の基本は、科学技術は公衆に支持され、社会に利益を還元するもの、人的資源を育成し、競争的環境を創造するもの、となっている。基礎研究に多様性をもたらすため、研究対象には政策課題対応型研究中の 5 つのキーテクノロジーを含む 62 の戦略的科学技術が選定されている。研究の人的資源については若手研究者、女性研究者、および外国人研究者を育成維持すべく人材開発計画を改善する。さらに日本を革新性に富む国家にするため、2025 年に向けての将来像を「イノベーション 25」として示し、これには「科学技術の革新」、「社会システムの革新」、「人的資源の革新」を統合し推進することとしている。

講演 2. ペブルベッドモジュール型高温ガス炉プロジェクト

司会 張 志俊 氏 (中国・ハルピン工程大学教授)

講師 張 作義 氏 (中国・清華大学教授)

概要

HTR-PM とは、中国が自主開発で建設する計画のペブルベッドモジュール型高温ガス冷却炉の実証炉である。このプロジェクトは、2013 年に完成予定で、その所有会社と主契約会社は選定済みで、中国東部の山東省に立地予定である。HTR-PM は、2003 年以来運転中の清華大学 INET 開発の 10MW 高温ガス炉 (HTR-10) の技術経験に基づくもので、世界の先端を行く技術を採用している。プラントは 2 つの原子炉モジュールで構成され、個々のモジュール原子炉は、熱出力 250MW の 1 領域円筒型ペブルベッド炉心である。2 つの原子炉モジュールは、1 つの蒸気タービンに接続され、プラントの電気出力は 200MW である。講演では、HTR-PM の技術的、コスト的検討の詳細が説明された。

講演 3. OECD ハルデン原子炉プロジェクトの人間-技術-組織 (MTO) 研究

司会 モルテン リンド 氏 (デンマーク・デンマーク工科大学教授)

講師 フリデイトフ オウレ 氏 (ノルウェイ・エネルギー技術研究所 研究理事)

概要

先端的な計算機応用システムと革新的なヒューマンシステムインタフェースは、現在の原子力発電所インタフェースの更新だけでなく、将来の原子力発電所用の新型インタフェースの導入に反映されている。ハルデン原子炉プロジェクトの MTO 研究では、人間のパフォーマンス、革新的ヒューマンインタフェース、制御室設計、仮想現実感や拡張現実感技術、計算機ベースの支援システム、ソフトウェアシステム信頼性等の広範な実験研究を進めてきた。その実験環境として HAMMLAB 実験施設を有し、多数の運転員支援ツールのパイロット版を HAMMLAB のシミュレータに接続し、原子炉運転員によるフルスケール実証実験を行っている。また、ハルデン VR ラボや最近開始した協同作業環境の研究ラボも備えている。講演では、MTO 研究施設の紹介と、人間信頼性研究、革新的なヒューマンマシンインタフェースおよび仮想現実感・拡張現実感技術の研究成果の実例を紹介された。

プレナリセッションでの森本名誉大会長のスピーチおよび新聞報道は、シンビオ HP で紹介していますのでご覧下さい。 <http://sym-bio.jpn.org/homepage.php>

ISSNP での 3 件のプレナリ講演および 3 件のキーノート講演での PPT は、ISSNP の HP からダウンロードできます。 <http://www.issnp.org/invited.html>

ISSNPテクニカルセッション報告

平成 19 年 7 月 10 日の午前と午後のセッションおよび 11 日の午前セッションに、テクニカルセッションを行いました。それぞれ冒頭に参加者全員が大ホールにてキーノート講演を聴講の後、3 つの会場に分かれたパラレルセッションにおいて、一般公募の論文発表と活発な討議が行われました。

テクニカルセッションへの参加者数は 117 名で、海外の参加者は韓国 20 名、中国 15 名、台湾 2 名、米国 2 名、スウェーデン 2 名、デンマーク 1 名、ノルウェイ 1 名 で合計 43 名でした。国内参加者は 74 名ですが、そのうちにはノルウェイ大使館員 1 名および中国人留学生 3 名を含みます。

7 月 10 日夕刻には、ISSNP 参加者の晚餐会がウエルサンピア敦賀ホテルで行われました。晚餐会では、若狭地域の風物紹介ビデオの後で若狭湾エネルギー研究センターの所長代理の野坂さんが、福井県のエネルギー研究教育拠点化プロジェクトの全体計画を PPT で紹介されました。

7 月 11 日の午後の施設見学では、JAEA もんじゅ見学会および若狭湾エネルギー研究センターの加速器等の見学会がありました。

以下、キーノート講演の概要と、パラレルセッションの論文発表の概要をまとめます。

キーノート講演の概要

キーノート講演 1： 7 月 10 日 午前 9 時～9 時 50 分

「現在および将来の原子力発電所への計測、制御およびヒューマンマシンインタフェース技術の挑戦」

司会： 五福 明夫 氏（岡山大学 教授）

講師： デイビッド・ホルコウム博士（米国オークリッジ国立研究所）

概要

計測、制御、ヒューマンマシンインタフェース (ICHMI) は原発のパフォーマンスと運転コストの影響を与える基幹技術である。原子力産業の ICHMI は、現在伝統的なアナログ型システムから総合デジタル化システムへの移行期にある。この移行は、現状プラントで個々のシステムごとにパッチワーク的に進められ、規制上の憂慮で大きな制約が課せられてきた。国際的には技術が進化して導入されたり、最近の米国での新プラント建設の期待はプラント全体をより総合的にデジタル化した ICHMI の設計へ関心が寄せられていますが、原子力への応用ではその経験はまだ限られています。

さらに米国エネルギー省による第 4 世代プログラム (Gen IV) や次世代原子炉 (NGNP) のような先進原子炉概念の設計・開発プログラムでは、(より高温や異なった冷却材という) 異なったプラント条件や、(小型原子炉群に共有システムも付加したマルチユニットプラント、変更可能なコジェネオプシオン付のプラント構成のような) ユニークなプラント構成を導入しており、そのために ICHMI の能力を強化して経済的競争性、安全性と信頼性、持続性、核不拡散耐性や PP といった多様な目標を達成することの必要性が求められています。その結果、原子力産業が現代の ICHMI 技術を安全で効果的に利用するように効率的に完璧に使いこなすように努力する余地があります。

このような技術的挑戦に対し、ICHMI 技術の専門家によって予備的な研究開発実証のロードマップを検討中です。このロードマップ作成では NGNP や Gen IV のための ICHMI の課題に特化していますが、すべての DOE の原子力プログラムで共用できる横断的プログラムとして役立つと考えられます。このロードマップでは ICHMI に関して幾つかの目標、その目標を達成するための挑戦課題と、それを克服するための技術的必要性および革新性を設定し、記載しています。本講演では、このロードマップで取り上げている先進的 ICHMI 技術への課題を展望しています。

キーノート講演 2： 7月10日 午後1時40分～2時30分

「倫理的な技術者の有益な行動への前向きの歩み」

司会： 北村 正晴 氏（東北大学名誉教授）

講師： 西原 英晃 氏（京都大学名誉教授）

概要

子供時代から我々は哲学的ないし倫理的な文化に晒されている。学生時代は学校の校訓があった。その後会社などの技術者あるいは学会の会員として、社訓、企業理念を学んだ。このようなモットーや哲学に基づいて我々は職業人として倫理的に行動できると考えてきた。しかし、我々はしばしばもっと具体的なルールに基づいて道徳的判断が求められる状況に遭遇する。二人の技術者は職業人として技術的日常生活には書きものとしてのマニュアルにそって同じように行動するが、道徳的判断が求められる場合は必ずしもそうではない。職業倫理ということばで このようなモットーは基本原則という。これは聖書での自分がそうして欲しいように他人にして上げなさいという黄金律から導かれる。この原則の解釈は人によって違うし、職業人は自分の解釈によって行動する。だから職業人を倫理的に案内するには統一した標準が必要なのだ。

この目的のため職業的な社会では実用的なルール、指針を持っている。指針はお互いに矛盾していることもある。あるいはどこに優先度を置くかグループのメンバーで相違する。このような困難を克服するには、職業人の社会やそのメンバー内で意見を交わしあいもし現状に問題があればよりよい解決を求めるべきだ。時には実例をあげて討論するのが良いだろう。

指針には倫理的行為への積極的な刺激を備えるべきだ。また倫理的に行動する職業人のプラスのイメージを公衆に見せるべきだ。倫理コードはよく「何々してはいけません」というようなネガティブはトーンで書かれている。しかし、このようなトーンではプラスの効果がない。

プラスの動機を与えるには、前向きあるいは未然に準備するアプローチが推奨される。このようなアプローチは、悪いことが起こってからどうしたらよいかを考えさせるのではなく、そうならないように事前に状況を変えることだ、といえる。

講演では技術者に求められるそのような未然準備の実例を考えたい。

キーノート講演 3： 7月11日 午前9時～9時50分

「どのようにヒューマンマシンインタフェースシステムを評価できるか」

司会： 古田 一雄 氏（東京大学教授）

講師： Poong Hyun Seong 氏（韓国 KAIST 教授）

概要

世の中には多数のマンマシンインタフェースがある。それは世の中に沢山の機械があり、大抵の場合、機械は運転員に機械の状態を示し、マンマシンインタフェースを通じて運転員の制御を受け取る必要があるからだ。

我々はマンマシンインタフェースを設計し開発する。我々はこれを従来の方法に従ったり工学的判断で行う。マンマシンインタフェースの設計を終わった後でよく設計を評価する必要がある

じる。それではどのようにマンマシンインタフェースを評価したらよいのか？これが本講演の主題である。

世の中には多くの評価方法があるが、本日の講演は私の研究室で開発してきた方法だけを紹介したい。その評価方法は2つに分類できる。一つは解析的方法でもう一つは実験的方法だ。解析的方法は、情報理論から導かれたもので、実験的方法はさらに主観的方法と客観的方法に分かれる。そしてすべて人間パフォーマンス評価支援システム HUPRESS を用いる。

解析的方法では、マンマシンインタフェースの複雑さを測定し、マンマシンインタフェースの設計を評価する。3種の複雑さがある。操作上の複雑さ、インタフェースの複雑さ、スクリーンの複雑さである。これらすべては情報エントロピーで測定される。定量的な複雑さが低く測定されればマンマシンシステムは優れていると評価できる。

実験的方法では、マンマシンインタフェースのユーザはインタフェース使用后マンマシンシステムを主観的に判断できるようになってから質問に答えるように求められる。これは現実のマンマシンシステムの評価法としてよく用いられる方法である。例えば NASA-TLX の質問紙など。マンマシンインタフェースの実験的評価の別のやり方は、インタフェースでのユーザ行動の様々な側面をはかる方法である。アイカメラで運転員の眼の動きを計る、インタフェースを使用中の運転員の脳波を計る。マンマシンインタフェースの評価に他の心理生理指標の計測を応用できる。

講演では、個々の解析的方法と実験的方法を説明する。

パラレルセッションの論文発表の概要

3つのパラレルセッションで発表された全論文数は 52 件 で、その内訳は日本 27、中国 11、韓国 7、台湾 3、ノルウエイ 1、米国 1、スウェーデン 1、デンマーク 1 である。テーマ別には、運転支援システム、新型制御室、システムシミュレーション技術、非破壊検査技術、診断技術・ハザード解析、機能モデリング、拡張現実感・仮想現実感技術、運転訓練、計装制御システム、人間中心システムの心理・ユーザビリティ評価に関するテーマで 42 件の発表があり、技術と社会の共生では、人間信頼性解析、意思決定支援、経済学的考察・経済性評価法、安全文化、リスク管理・リスクコミュニケーションのテーマで 10 件の発表があった。なお技術と社会の共生関連の発表は中国 1 件以外はすべて日本であった。

以下、テーマ別に概要を述べる。

運転支援システム 3 件 (韓国 2、中国 1)

- ・ 制御室の運転員支援システムを故障診断、運転手順、操作確認の 3 要素で構成、故障診断と操作確認はニューラルネット、運転手順はカラードペトリネットで構成して MCDS として統合化 (韓国)
- ・ 計算機化緊急時運転手順の表示でフローチャートとグラフを用いて運転員負担の軽減 (中国)
- ・ 中央制御室の運転員間のコミュニケーションエラーを防止するため、緊急時運転のシミュレーター訓練データをコミュニケーション分析 (韓国)

新型制御室 3 件 (日本 2、ノルウエイ 1)

- ・ シットダウン操作、タッチ操作、大型ディスプレイ、自動確認機能、運転員間コミュニケーション改善のための大型ディスプレイ・運転員コンソール・当直長コンソール間の表示分割を基本とする計算機化新型制御盤の特徴を生かし、通常時操作まで含め操作性向上と作業負担低減を図る新たな運転法の開発 (日本)
- ・ 監視と操作の一体化、インタロックの自動確認、関連付けたスクリーン表示、情報共有用 LDP、動的な警報プライオリタイゼーション、緊急時運転支援にシステムを主要要素とする PWR 用の計算機化制御盤の作業負担低減およびヒューマンエラー低減効果をシミュレーターで実証、PWR の新型プラントと制御室近代化に適用中 (日本)
- ・ 天然ガス油田のコントロールセンター向けの大型スクリーンディスプレイで、VR を活用した豊かな情報表示システムの開発 (ノルウエイ)

システムシミュレーション技術 7 件 (中国 6、台湾 1)

- ・ HTR-10 の定常温度分布の THERMIX-KONVEK コードによる解析 (中国)
- ・ ノーダルグリーン関数法に基づく炉心出力分布の実時間計算法の検証 (中国)
- ・ 垂直矩形の狭隘流路の $\kappa-\varepsilon$ 渦粘性係数モデルを用いた自然対流伝熱流動解析 (中国)
- ・ ABWR の安全解析への PCTTRAN-ABWR コードへの改善した ECCS モデルの組み込みと TRACB ベンチマーク問題による検証 (台湾)
- ・ 濃縮度 20% の平板型合金燃料による稠密炉心での流路閉塞事故の RELAP5/MOD3.2 による過渡解析 (中国)
- ・ HTR-PM の安全解析や運転開始前にそのシミュレーターシステムを各コンポーネントのモジュール統合で開発中で、とくに伝熱流動挙動シミュレーション部を、HTR-10 のシミュレーターのコンポーネントモジュールから開発中 (中国)
- ・ 450MW のペブルベッド高温ガス炉の強制対流運転での減圧事故の FLUENT コードによる解析 (中国)

非破壊検査技術 6 件（日本 5、米国 1）

- PWR 一次系のプロセス計装や化学サンプリングに多数使用されている、1 インチ以下の計装用の小口径ステンレス鋼配管は通常の NDT では信号と欠陥の区別ができないので、新たな手法として表面せん断水平波による UT 法を開発し実証した（日本）
- PWR の水位系や圧力制御弁用の銅製配管の非破壊検査にも同様に、表面せん断水平波による UT 法の有効性を検証（日本）
- ECT による SCC などによる複雑形状の欠陥サイズの同定法として、複数のクラックが隣接した形状の試験体複数個を用いて ECT 計測値をもとにクラック形状をベストフィットするモデルを導出（日本）
- 2 つのマトリクスアレイ UT により、オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の欠陥の深さ計測精度を向上させる技術を開発した（日本）
- 加齢による機器の長期的な機能劣化は、ゆっくりした傾向ないし短時間過渡のため運転員や通常のモニタリングで見過ごされやすいし、自動系の補償で見えにくくしているとして、多数のセンサー群をマルチインテリジェントエージェントで自動モニタさせることで加齢効果を健康診断すべしとの方法論の提起。次世代炉や宇宙炉が対象（米国）
- 表面欠陥と内部欠陥の双方を計測する NDT として、EC と EMAT を一体化したセンサーを開発しその精度を実験検証（日本）

診断技術・ハザード解析 3 件（中国 1、日本 2）

- 原発の事故診断法のレビュー：著者開発のプロダクションシステムによる診断が小 LOCA 診断には不向きだったことから種々の異なった原理の診断法を組み合わせたハイブリッド診断への発展を志向（中国）
- HTTR の実時間状態診断に 2 つのニューラルネットを開発。1 つは自己想起方多層パーセプションモデルで 15 のプラントパラメータをモニタして全体的な異常検出、もう一つは 8 パラメータからヘリウム漏れを検知（日本）
- 高速炉もんじゅの WEB と LAN を活用した分散型のプラント監視・診断分析・コミュニケーションシステム。ソフトウェアプラットフォームの汎用化でシステムの機能モジュールの追加更新が容易（日本）

MFMM 機能モデリング 4 件（スウェーデン 1、デンマーク 1、中国 1、日本 1）

- プラント事故時の制御室でのアラームの洪水からオンラインで根本原因を分析する方法として MFMM の適用が多数の入力処理、単一・複合原因、因果のループに係わらず強力なツールでソフト開発時間も短時間で済む（スウェーデン）
- システム信頼性解析に MFMM を応用して定量解析する手法を提起（中国）
- 機能モデリングが抽象化の階層や従来の微分方程式と混乱して利用される傾向に鑑み、機能モデリングの WHY、WHAT、HOW を考察し、さらに MFMM の定式化と理論的基礎を考察（デンマーク）
- MFMM によるプラント状態表示の適用性（優位性？）を視点固視率と主観評価の相関性から検証（日本）

拡張現実感・仮想現実感技術 4 件（日本 3、中国 1）

- 原発のデコミッション作業支援に拡張現実感技術を開発。プラントの 3 次元 CAD データをもとに作業現場で切断除去する部分のイメージを重畳表示する機能と切断除去作業の履歴をスタイラスペンで記入保存する機能を開発して、目下解体が進行中のふげんプラントで評価実験して有効性を検証（日本）
- 3 次元仮想空間内で原発の主要機器の組み立て分解に関する操作を可視化し、模擬する VR システムを開発中（中国）

- ・ 原発の保守作業支援に拡張現実感技術を適用する方法として、ラインコードマーカによるランドマークのカメラ画像処理で、3次元位置計測で実時間位置計測する際の誤差を実時間推定するアルゴリズムの提案と実験評価（日本）
- ・ 原発の保守作業支援に拡張現実感技術を適用するため関連要素技術として実施した5つの課題（円マーカとラインコードマーカによる実時間トラッキング、マーカ設置数を減らすためのハイブリッドトラッキング法、マーカ設置方法の最適化、デバイスとしてのHMDとハンドヘルドディスプレイの比較、原発デコミッション作業支援へのAR適用のユーザビリティ評価）のレビュー（日本）

運転訓練2件（日本1、台湾1）

- ・ 既存プラント給水制御系のデジタル制御システムへの入れ替えに伴うプラント応答や実機プラント表示系を変更した。それに伴い訓練用シミュレータでも実機の環境変更を再現する必要がある、その方法としてシミュレータに実際のデジタル制御系ソフトを組み込み表示系だけ入れ替える方式にした（台湾）
- ・ ナトリウム漏洩事故後のプラント改修で停止中のもんじゅ高速炉プラントの運転再開に備え、その運転教育訓練コースを大幅に改善した。訓練コースの改善、もんじゅ訓練スクールの開校、訓練用シミュレータのモデル改良、訓練用専門組織の発足、SATの導入などで、国内国外技術者の要請にも開放（日本）

計装制御システム7件（韓国4、日本2、台湾1）

- ・ デジタルI&Cシステムのソフトウェア検証法として順序ツリー法に基づくシステムレベルのハザード解析を行うことにより、通常のエキスパート判断より客観性を向上（台湾）
- ・ 韓国次世代軽水炉でデジタル安全系に使用のPLC(プログラマブルロジックコントローラ)の実時間オペレーティングシステムのソフトウェア信頼性評価法をツールセットとして開発し、検証した（韓国）
- ・ 韓国次世代軽水炉用のデジタル非安全制御系および情報系の開発環境 OPERASYSTEM（韓国）
- ・ 信頼度と保守性向上を目的とした韓国次世代軽水炉 APR-1400 用新型出力制御システム（原子炉反応度制御系、出力カットバック系および制御棒駆動機構制御系を統合するもの）の開発（韓国）
- ・ 周期点検時間と故障発生時の平均修復時間の削減手段として、プラント現場要員とメーカー技術者間の協働による遠隔保守の導入に備え、そのネックになるセキュリティ保護の機能要求をISO/IEC15408基準で検討（日本）
- ・ PLCに組み込むソフトはFBD（機能ブロックダイアグラム）で作成されるが、通常HAZOPなど手間の掛かる作業である。このFBDのソフトウェア安全解析に、フォールトツリ解析を適用したテンプレート方式で半自動化する方法を提起（韓国）
- ・ 日本におけるデジタル計算機の安全系への適用におけるソフトウェアV&Vのガイドライン。とくに品質管理や変更管理面の強化のため民間規格として更新中（日本）

人間中心システムの心理・ユーザビリティ評価3件（韓国1、日本2）

- ・ 統合型メンテナンス作業支援システムに組み込まれた類似性検索と診断支援の2つの機能の検証にシナリオベースの評価を導入、ユーザによる質問紙によるユーザビリティ評価を主体にしたユーザ参加型設計改良を行っている（日本）
- ・ 複雑な診断タスクでの注意資源配分の適切さを評価する指標として、動的タスク達成に必要な情報源の同定にAHPの適用、そしてその必要情報減への固定視の割合をもとに注意配分比を算出、これを統合して選択的注意効果比率を導出するという評価法を提起、実験で有効性を検証、将来状況認識の評価に発展（韓国）

- ・ 拡張現実感技術の現場作業支援へのユーザとの適用性を評価する指標として、タスク完成時間、タスクエラー率、NASA-TLX、主観疲労度、尿酸値を選択して対比実験を行った結果、タスク完成時間、NASA-TLX が有望との結果を得た（日本）

技術と社会の共生 10件

人間信頼性解析 1件(日本)

- ・ 保守作業・計画におけるヒューマンエラー多発に鑑み、SHELモデルを参考にした背景要因まで含めた新たなヒューマンエラー分類法の提起

リスク管理・リスクコミュニケーション 6件（日本）

- ・ 高レベル放射性廃棄物地層処分の社会的啓蒙のためのWEBコミュニケーションモデル
- ・ 高レベル放射性廃棄物地層処分の社会的ジレンマ克服のための若い世代へのダイアログとブレインストーミングのEラーニング
- ・ 高危険産業のリスク管理能力を自己評価するシステム
- ・ 原子力の研究機関、大学におけるSR（社会的責任）のガイドラインの提起
- ・ 原発への国際テロのリスクをPRAのようなマイクロ評価でなく、他産業へのテロによる被害との比較によるマクロ評価する手法
- ・ 高レベル放射性廃棄物地層処分について専門家と非専門家間の知識伝達を支援するWEBシステムの社会実験による検証

経済学的考察・経済性評価法 2件（日本1、中国1）

- ・ エキセルギーによりHTGR核熱の多目的利用を最適化する計算法（日本）
- ・ TMIやチェルノビルのインパクトによる逆風を克服し、原子力カルネサンスを迎えた欧米原子力発電の歴史的経緯を進化経済学の視点から分析（中国）

安全文化 1件（日本1）

- ・ 原子力現場組織での安全意識を高める自発的活動を助長する活動理論による分析

日韓サマースクール概要報告

福井 卓雄 教授 を 校長、石井 先生(日本・京大)、リーナヤンさん(韓国・ソウル大学)、周 楊平 さん(中国・清華大学)をコーディネータとして、日韓学生・若手研究者だけでなく、中国からの参加者も含めて日韓中3カ国の学生・若手研究者によるサマースクールとなりました。なお、このプログラムの実施には日本原子力学会日韓学生交流事業連絡会より支援をいただきました。以下、その実施概要を報告します。

1. 参加学生・若手研究者数 21名

中国 7名(ハルビン工程大学 7名、清華大学 2名)
韓国 8名(KAIST 7名、KAERI 1名)
日本 6名(京大 5名、岡山大 1名)

2. スケジュール

7月9日 午前

開校式・・・校長の福井卓雄教授(福井大学)の挨拶

全員チェーン発表・・・自己紹介、自分の研究紹介

校長による質疑・・・幾人かが研究テーマにしているヒューマンエラーの定義について校長が質問、答えに窮する学生もいて盛り上がった。

7月9日 午後

ISSNP のプレナリセッションに参加・・・ISSNP 開会式の行事後、3件のプレナリ講演を聴講、夕刻はISSNP のウエルカムパーティに参加

7月10日午前・午後—7月11日午前

3つのパラレルセッション前に共通に行われた3つのキーノート講演を聴講、各講師から提出された質問に後日インターネットで回答。3つのパラレルセッションには自由参加。7月10日夕刻のISSNP バンケットに参加

7月11日午後

もんじゅサイトの施設見学。日本における高速炉開発計画の位置づけについての講義を聴いた後、3Dスクエアにおいて3次元プロモーション映画の見学、Na 燃焼実験、もんじゅ模型の見学を行ったのち、ISI 建屋にて容器・配管欠陥の検査ロボット等の施設見学、その後、もんじゅシミュレータ室の見学を行った後に、修了式を行い、福井校長より全員に修了証が授与された。

感想

いずれも英語を母国語としていない日中韓3国からの参加学生には、お互いに英語で聴講し発表することは新鮮な経験であったようだ。チェーン発表では、校長の福井先生から例えばヒューマンエラーの研究というが、ヒューマンエラーとはどう定義しているのか、というような自分の研究の前提を自問させる質問があり、会場で学生同士議論を始める等、日頃、所属研究室では問いかげられないことを初めて考える機会になり、大変良い教育法であった。中国からはハルビン工程大学と清華大学の学生さんが多数参加した。いずれも初めての国外旅行で大変良い経験と喜んでいた半面、韓国では最近政府が大学生1人1人に海外の学会に派遣させる特別待遇のプロジェクトをしているだけに学生さんが外国慣れをしてきていると感じた。