

氏 名	ながまつ たかし 長 松 隆
学 位 の 種 類	博 士 (エネルギー科学)
学 位 記 番 号	論 エ ネ 博 第 37 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	人工システムの人的要因への情報技術の適用に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 吉 川 榮 和 教 授 中 込 良 廣 助教授 下 田 宏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、仮想環境技術やインターネットなどの高度な情報技術を、人間と機械システムの接点のヒューマンインタフェースに適用して、人工システムの設計、保守、事故時対応に関わる人的要因問題の効果的な解決方法を研究した結果をまとめたもので、5章からなっている。

第1章は序論で、人工システムの人的要因への情報技術の適用に関する研究の背景と目的、その対処法と具体的な研究対象、および論文の構成について述べている。

まず、機械システムとそれに関与する人的組織を「人工システム」と規定し、人工システムの人的要因が問題となっている背景に人工システムの多様化、複雑化を挙げてその解決には、個別問題の経験的積み上げでは困難なことからとくに人工システムに損害、危害を招来するヒューマンエラー等の人的要因に有効に対処するため、個々の人間あるいは異なった人々で構成される組織を統合的に取り扱う知識フレームの導出と応用を本論文の研究目的としている。そして人と機械システムあるいは異なった人々の間でのコミュニケーションの接点として導入するヒューマンインタフェースの認知システム工学に基づく新しい構成方法として、知識・状態・制御の3要素を含んだフレームが共通に適用可能として、①個人の単独作業レベル、②同じ目標の達成を指向する人々の集合するレベル、③異なった目標を持って行動する社会組織が広域に連携するレベル、の3つの段階での情報技術の適用法を考察し、3つの異なったレベルに具体的に様々な高度な情報技術のハードとソフトの組み合わせで効果的な人的要因問題が解決できるとしている。その後、上記の①、②、③にそれぞれ対応する具体的な3つの研究課題を示した後、本論文の構成を示している。

第2章では、個人の単独作業レベルの具体例として宇宙用原子炉の炉心の概念設計を取り上げている。まず、宇宙用原子炉炉心の新規な設計案の成立性を確認するための、熱電子発電方式を用いる特殊核燃料の特性計算と炉心核計算の組み合わせによる設計計算を実際に行っている。そして、その作業過程を考察して、設計者の概念設計作業における人的要因として認知負荷軽減、計算条件設定ミスの防止のためには、設計対象の実体構造と機能の可視化による理解向上、設計知識の知識ベース化、多数のパラメタスタディの実行と結果表示を効果的に支援するインタフェース機能が必要であることを導いている。ついで、その概念設計作業の効果的支援を実現するために、一連の設計過程の全てを仮想環境の中で一貫して実施できる設計支援環境を構築している。その際、設計対象物の構造・機能の一対一対応の階層的知識表現を用いている。構築したシステムは、仮想空間内に表現された原子炉実体モデルを操作したり、異なる視点から見たりすることを可能とし、作業者の対象に対する理解度の向上を図るシステムであるとしている。また、G2を利用した知識ベースシステムに設計対象に関する情報を表現し、設計情報を事例として蓄積することを可能としている。設計過程における数値計算支援では、必要な計算を全て仮想空間内から実行可能とし、効率的な設計過程の支援を可能とし、計算結果も仮想空間内で表示され、設計者は設計が全ての制約を満たしているかどうかを容易に確認できるようにしている。その後構築したシステムを用いて実際に一連の設計作業を実施し、システムの機能を確認するとともに、このシステムにより一人の設計者が複雑な解析作業を

見通しよく実施し、宇宙用原子炉炉心の概念設計の成立性を確認できることを示している。

第3章では、同じ目標の達成を指向する人々の集合するレベルの具体例として保守作業作業を取り上げている。人的要因が多く介在する保守作業の内、特にプラントの保守作業で多くの工程を占め、離れた場所に分散して協同して行う計装計器の校正作業を対象に、これに介在する人的要因として連絡ミスや手順ミス防止のための新たな教育訓練法に着目している。仮想空間を共有しその中で協同作業を行うことができるネットワーク仮想環境を用いて、個々のメンバーの適切な役割分担、作業内容の理解、連携コミュニケーションのための教育法を開発している。原子力プラントの高圧注入ポンプの動作確認試験を具体例に実際作業のタスク分析を実施し、それをもとに訓練の容易性と安価なシステム構成を考慮し、現場作業との相似性を重視したインタフェース設計を行っている。その設計に基づいて構築した訓練システムを用いて、模擬協同訓練実験を実施し、実験結果を分析評価して訓練効果を確認している。

第4章では、異なった目標を持って行動する社会組織が広域に連携するレベルとして事故対応訓練を取り上げ、タンカー事故時の広域災害対応における様々な立場の人間・組織間のコミュニケーションの仕方や意思決定法の訓練及びその分析のための新しい手法を開発している。先ずシステム開発に必要な要件の抽出、シミュレーション実施のノウハウの蓄積を目的に電子メールによる予備実験を行い、様々な立場の人間・組織間のコミュニケーションの仕方や意思決定の訓練及びその過程の分析のためのコミュニケーション支援方式を検討している。次いでその結果をもとに、WWWと知識データベースを組み合わせる遠隔地間での多人数の参加による容易な訓練の実施とデータ蓄積が可能なシステムを構築している。そして石油タンカーからの油流出事故の対応訓練の学生による模擬演習を行って、災害対応に関与するメンバー間のコミュニケーション過程を模擬でき、その演習が学習への動機付けや対処能力の向上に役立つことを示し、さらにシナリオ作成、シミュレーション時間の設定等に関する指針を導出している。

第5章の結論では、本論文で得られた成果を要約し、今後の課題を展望している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、複雑化する人工システムにおける人的要因を情報技術の適用により効果的に解決する方法を研究した成果をまとめたもので、得られた成果は次のとおりである。

1. 人間系と機械系を要素とする人工システムの多様な構成レベルに対し、それぞれのレベルでの人的要因の効果的な対処を行うためのヒューマンインタフェース設計法として、認知システム工学に基づいて知識、状態、制御の3つの要素から統合化する概念フレームを新たに提起した。
2. 人工システム内の複雑な情報コミュニケーションを適切に制御するために、人工システム構成の複雑さから個人レベル、同じ目標の人々の集合するレベル、異なった目標を持つ社会組織のレベルに分類した。そしてそれぞれのレベルでの、人間-機械コミュニケーション、グループ内の人と人のコミュニケーション、異なる組織集団の人々の多対多のコミュニケーションにおいて人的要因を改善するために上記1.の概念フレームに基づいて効果的に高度情報技術を適用するヒューマンインタフェースの設計方針を導いた。
3. 個人レベルの人的要因の事例研究として宇宙用原子炉の炉心の概念設計作業を対象にその複雑な設計計算作業を分析して全設計過程を効果的に支援するのに必要なヒューマンインタフェース機能を導出し、仮想環境を用いて、一人の設計者が一連の設計過程の全てを実施できる新たな設計支援環境を構築するとともに、その機能を確認した。
4. 同じ目標の人々の集合するレベルの人的要因の事例研究として、離れた場所に分散して協同で行うプラント計装機器の校正作業を対象にタスク分析を行ってグループコミュニケーションに必要なヒューマンインタフェース機能を導いた上でネットワーク仮想環境を用いて人的協同作業が実施できる訓練システムを構築し、これを用いて模擬協同訓練実験を行い、訓練効果や訓練の臨場感を確認した。
5. 異なった目標を持つ社会組織レベルの人的要因の事例研究として、石油タンカー事故時の広域災害対応を対象に、電子メールによる実験で災害発生時の効果的な多対多コミュニケーション方法を検討した後に、遠隔地間での多人数参加による容易な訓練の実施とデータ蓄積のためにデータベースとWWWサーバとを組み合わせるシステムを構築し、これを用いた模擬演習を行って訓練効果を確認した。

以上要するに、本論文は、人エシシステムの設計から運用、事故対応における多様な人的要因の改善向上のために、高度情報技術を適用する方法論の提起とその具体的開発事例を示したもので、これらの知見は学術上、實際上、資するところが大きい。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成16年1月6日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。