

氏名	中川隆志
学位(専攻分野)	博士 (エネルギー科学)
学位記番号	エネ博第10号
学位授与の日付	平成11年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻
学位論文題目	新しい人間機械系相互作用シミュレーションのインタフェース設計評価への応用に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 吉川 榮和 教授 笠原三紀夫 教授 片井 修

論文内容の要旨

本論文は、大規模工学システムの安全性・信頼性の向上を図る、マンマシンインタフェース設計の新しい評価分析法として、人間機械系相互作用の計算機シミュレーションを用いる評価分析法を構成し、それを原子力発電所のマンマシンインタフェース設備の改善に適用した結果をまとめたもので、第1章の序論から第5章の結論まで5章で構成されている。

第1章の序論では、大規模工学システムのマンマシンインタフェースの品質を向上させるために、インタフェース設計の原型モデルを、短時間に分析評価して、その結果を原型モデルの修正に反映し、更に分析評価する反復過程の繰り返しで設計案の向上と洗練化を図る必要性を述べ、本研究の目的を示している。

第2章では、インタフェース設計案の分析評価過程の加速化とコスト低減のために、インタフェースの原型モデルの試作による分析評価を、計算機による人間機械系相互作用シミュレーションで置換する方法に着目し、まず、それに必要な機能条件を規定し、次いで、シミュレーションシステムとしての構成法について、インタフェースでの運転員の制御行動を模擬する運転員行動シミュレータ、評価対象となるマンマシンインタフェースの構成と機能を計算機で模擬するマンマシンインタフェースシミュレータ、及び原子力プラントの動特性を模擬するプラントシミュレータ、の3つのシミュレータで、人間機械系相互作用シミュレーションを実現している。そして、これら3つのシミュレータを統合して、計算機による人間機械系相互作用の実時間シミュレーションを行い、そのシミュレーション結果が実際の原子力発電所中央制御室での運転員の制御行動と同等の行動履歴を再現できることを示している。

第3章では、マンマシンインタフェースの評価方法に関する内外の研究を調査し、原子力発電所のインタフェース設計の多角的な分析評価方法を、客観的定量評価、主観的定量評価、定性的評価の3つに分類して、それぞれのマンマシンインタフェース設計の評価における観点の相違を明確にしている。次いで、以上の調査を基に、マンマシンインタフェース設計の、計算機による効率的な評価作業の支援の観点から、新しいインタフェース評価ツールとして、人間機械系相互作用シミュレーションから、客観的定量評価と主観的定量評価の観点での多角的な評価指標を導出する、相互作用分析器を構成している。

第4章では、実際の原子力発電所で運用されている、中央制御室と変圧器保護リレー盤の、インタフェース設計改善のために、人間機械系相互作用シミュレーションと、相互作用分析器を統合した、マンマシンインタフェース評価システムを用いて、評価・分析を行った結果を述べている。その結果、それぞれの設計案に潜在する潜在的問題点の摘出とその原因の究明、改善対策の導出に、本研究で提唱し、開発した、人間機械系相互作用の計算機シミュレーションを用いる評価分析法が、マンマシンインタフェース設計の品質向上と、経済的、時間的コスト低減の、双方の達成に効果的であることを示している。

第5章の結論では、本論文の研究成果を要約するとともに、本研究を更に発展する上での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、大規模工学システムの安全性・信頼性の向上を図る、マンマシンインタフェース設計の新しい評価分析法として、人間機械系相互作用の計算機シミュレーションを用いる評価分析法を構成し、それを原子力発電所のマンマシンインタフェース設備の改善に適用した結果をまとめたものであり、得られた成果は次のとおりである。

1) 大規模工学システムの、マンマシンインタフェースの品質向上と洗練化のための反復的な設計プロセスに対し、従来の実物模型の試作による実験的評価を代替する手段として、計算機による人間機械系相互作用のシミュレーションを用いて、マンマシンインタフェースの評価指標を多角的に検討する、マンマシンインタフェース設計評価法を新たに提起した。

2) 上記の設計評価法に必要な、人間機械系相互作用の計算機シミュレーションについて、運転員行動シミュレータ、マンマシンインタフェースシミュレータ、およびプラント動特性シミュレータ、の3つのシミュレータ群をネットワーク接続する、分散型の実時間シミュレーションシステムを実現した。そのうち、運転員行動シミュレータについては、機械システムを制御する運転員の認知情報処理モデルの枠組みを基に、ベトリネットを応用する新しいシミュレーション方法を考案し、一方、マンマシンインタフェースの物理的構成と機能階層について、オブジェクト指向表現でオンライン知識データベース化することで、マンマシンインタフェースシミュレータを実現した。また、3つのシミュレータを独立度の高いモジュール構成にすることにより、プラント中央制御室の設計検討ばかりでなく、他用途のインタフェースの設計検討にも容易に適用可能とした。

3) マンマシンインタフェースの設計評価を多角的に行う上で必要な、多数の客観的定量指標及び主観的定量指標データを、人間機械系相互作用のシミュレーション結果から効果的に算出する支援ツールとして、相互作用分析器を開発し、これを用いて、実際の原子力発電所で運用されている、中央制御盤と変圧器保護リレー盤のインタフェースを改良した。また、その過程で、本研究で提案したマンマシンインタフェース評価システムの使用が、設計案に潜在する問題点の抽出、原因究明、対策立案に効果的なことを示した。

これらの研究により、新たに提起され、実証された大規模工学システムのマンマシンインタフェース設備の設計評価法は、エネルギープラントの一層の安全性、信頼性の向上に寄与する、設計評価手段を提供するものであり、エネルギー科学分野に大きく貢献するものである。

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あるものと認める。また、平成11年7月6日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。