

|  |   |         |          |
|--|---|---------|----------|
| 氏 名  | TULIS JOJOK SURYONO   |         |          |
| 授与した学位   | 博 士   |         |          |
| 専攻分野の名称  | 工 学   |         |          |
| 学位授与番号   | 博甲第 5 8 2 7 号   |         |          |
| 学位授与の日付  | 平成30年 9月27日   |         |          |
| 学位授与の要件  | 自然科学研究科 生命医用工学専攻<br>(学位規則第4条第1項該当)  |         |          |
| 学位論文の題目  | Study of a Computer-based Emergency Operating Procedure with Desirable Features for Human Operators of Nuclear Power Plants<br>(原子力プラントの運転員に望ましい特性を持つコンピュータ化緊急時運転手順書に関する研究) |         |          |
| 論文審査委員   | 教授 五福 明夫  | 教授 見浪 護 | 教授 阿部 匡伸 |
| <b>学位論文内容の要旨</b>   |   |         |          |
| <p>Operating procedures are guidance for operators to monitor, make decision and take related counter actions in normal, abnormal and emergency conditions of nuclear power plants. Currently, most of modern main control rooms of nuclear power plants are equipped with computer-based procedures (CBPs). CBPs provide more benefits, such as dynamic information representation, providing navigational links to other necessary procedures, providing path tracking in the procedure and providing supplementary information related to the procedure. In an emergency condition, operators should take appropriate actions following the instructions in the emergency operating procedures (EOPs) to mitigate the accident. Such counteractions, indicated by the change of states of components, consequently affect other plant components and also the plant behavior. The information (components influenced and future plant behavior) is useful for operators to help them to predict and anticipate the future condition of the plant. However, most of CBPs do not provide this additional information. The lack of the information will decrease the situation awareness of operators. In addition, in the era of resilience, operators are expected to have the ability to anticipate the future condition of the plant. Therefore, the thesis discusses the additional information as the desirable features for CBPs to increase the situation awareness of operators and to achieve a resilience system. Multilevel Flow Modeling (MFM) as a functional modeling is used to investigate how to derive the additional information. As a case study, a steam generator tube rupture (SGTR) accident is applied to an MFM model of PWR plant. The counter action, modeled by a control function in MFM, is conducted which represents the controlling (changing state) of a component based on an operational condition or objective of the procedure step of the EOP of SGTR. Moreover, by using causal effect relation and influence propagation, the algorithms to derive the additional are proposed. The additional information is presented in the form of explanation sentences which is understandable by human operators. Providing the additional information related with the functions of components and future plant behavior will reduce the commission errors of operators because operators will understand the intention of counter actions. The future works include the evaluation of the proposed CBP user interface by the real operators.</p> |   |         |          |

## 論文審査結果の要旨

本論文では、原子力プラントの異常時に運転員が対応操作を行うにあたって参照するコンピュータ化運転手順書（Computer-Based Procedure : CBP）が提示する情報について検討している。これまでに開発されたCBPでは、対応操作によって影響を受けるコンポーネントや対応操作後のプラント挙動については情報提示されていないが、運転員の状況判断（Situation Awareness）や、あらかじめ用意された対応操作が実行できない場合のレジリエントな対応にとって、重要であると考えられる。そこで本論文では、これらの情報を付加的情報として提示することを提案している。

また、付加的情報をプラントの機能モデルに基づいて導出して文章表現に変換するアルゴリズムを提案している。ここでは、Multilevel Flow Modeling (MFM) の枠組みで対象プラントの図的な機能モデルを構成し、運転員の行う対応操作を制御機能シンボルにて表現し、MFMモデルにimplicitに表現されている影響波及関係を用いて対応操作の影響を定性的に推論することにより、影響を受けるコンポーネントや対応操作後のプラント挙動を得ている。そして、推論結果を簡易的な規則により文章表現に変換している。

提案手法を、加圧水型原子力プラントの蒸気発生器細管破断事故時の対応操作手順に対して適用し、対応操作手順を構成するいくつかの対応操作に対して付加的情報を導出し、その妥当性を検討している。さらに、付加的情報を追加表示できるCBPの画面設計を行い、実験的評価方法について検討している。

以上の学術的研究成果は、機能モデリングの応用性を拡大するとともに、大規模工学プラントの異常時対応における運転員のヒューマンエラーを低減して安全性を高めることに貢献すると判断され、また、論文発表会での発表や質疑応答の内容も優れており、学位授与に値するものと判定される。