

令和元年6月6日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03136

研究課題名(和文)大規模プラント運転・操作におけるレジリエンス向上に関する研究

研究課題名(英文) Study on the improvement of resilience in the operation of complex industrial plants

研究代表者

五福 明夫 (Gofuku, Akio)

岡山大学・ヘルスシステム統合科学研究科・教授

研究者番号：20170475

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,000,000円

研究成果の概要(和文)：MFMモデルに基づいた影響波及推論手法と、それを応用して緊急時対応操作手順を生成するプロトタイプソフトウェアシステムを開発し、原子力プラントへ適用して妥当な対応操作手順が生成されることを確認した。

模擬プラントの立ち上げ時の操作を対象としたいくつかの操作実験により、操作ミスの指摘の有効性を確認し、自立的判断能力を高める操作手順書の作成へのガイドライン項目を抽出した。

脅威にうまく対処できた良好事例を、レジリエンスエンジニアリングの4つの基本能力の観点とSafety-IIの概念に基づいて分析し、手順書に記載の操作の目的、目標や根拠などを掘り下げて質問していく教育・訓練メニューを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、影響波及推論方法や手順の目的や根拠等を問う教育・訓練方法の開発を通して、機能モデルの有用性を学術的に例証している。また、緊急時に代替操作手順の生成と提示を行うシステムの開発や、レジリエントな思考を養う運転手順書や教育・訓練メニューの確立へ直ちに適用ができる。これにより、大規模プラントにおける安全性をさらに高めるとともに、想定していない事象に対しても、運転員が適切に(レジリエントに)対応する能力を高めることができる。

研究成果の概要(英文)：An influence estimation technique based on an MFM model is developed and a prototype software system is developed to generate plausible counter operation procedures in an emergency plant situation by applying the technique. The applicability of the system is evaluated by the applications to nuclear power plants.

Through several kinds of operation experiments to start up a model plant, the effectiveness of pointing out operation errors is confirmed and some guidelines to create operation manuals that can improve decision ability of operators.

Good cases that operators dealt with threats well are analyzed from the viewpoints of four basic abilities requested by resilience engineering and the concept of Safety-II, an education and training method such that the purpose, goal, ground, etc. of operations described in operation manuals are asked in a drilling down way.

研究分野：ヒューマン・マシン・インタフェース

キーワード：レジリエンス 工学プラント 運転員支援 対応操作 運転手順書

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2011年3月に発生した東京電力(株)福島第一発電所事故から4年半が経ち、その教訓に基づいて特に原子力業界ではハードウェアやソフトウェアの改良・改善が進められている。プラント運転支援の面では、プラント状況の把握の支援のためのセンサシステムの開発、プラントの状態表示や制御のための電源システムの強化、訓練における想定範囲の拡大、手順書の見直し等が行われている。また、所謂、政府事故調の報告書において委員長所感として指摘された、自らが考えて判断・行動する所員の育成の必要性[1]に対応した教育・訓練の改善も実施され始めており[2]、レジリエンスエンジニアリング(RE)[3]や新たな安全の概念として提唱されている“Safety-II”の観点をもった成功事例からの教訓抽出などが注目されつつある[4, 5]。一方、化学プラントにおいても、設備の老朽化、機器の信頼性向上に伴うトラブル経験の減少や運転員の世代交代によって、事故が増加傾向にあることから、国際競争力を高めるための省人化を前提とした安全性の更なる向上が模索されている。

このような社会状況を踏まえ、大規模プラントにおける安全性をさらに高めていくためには、想定していない事象に対しても、現場要員が能力を最大限発揮し、適切に(レジリエントに)対応できるような、緊急時に代替操作手順の生成と提示を行うシステムの開発や、レジリエントな思考を養う運転手順書や教育・訓練メニューの確立が不可欠であり、またこれらを通してプラント安全の再構築が必要である。

### 参考文献

- [1] 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会、最終報告(本文編)、(2012)。
- [2] 日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究部会、ヒューマンファクターの観点からの福島第一原子力発電所事故の調査、検討、(2015)。
- [3] Erik Hollnagel, David D. Woods, Nancy Levenson 編著、北村正晴 監訳、レジリエンスエンジニアリング概念と設計、日科技連、(2012)。
- [4] 大場恭子、吉澤厚文、北村正晴、Safety-IIの観点を踏まえた福島事故からの教訓抽出について—事故対応におけるリスクと人の役割、日本リスク研究学会第28回年次大会、(2015)。
- [5] 大場恭子、吉澤厚文、北村正晴、レジリエンスエンジニアリングに基づく安全向上方策の実装に関する検討(1) 4つのコア能力を高めるための施策についての検討、日本人間工学会誌第51巻特別号(日本人間工学会第56回大会講演集)、pp. 238-239、(2015)。

### 2. 研究の目的

従来は主に予め対応を想定した事象に対する安全性確保が目標であったプラント安全に対して、本研究では、対応の想定外とした事象に対しても柔軟に対応して破局的な状況を回避するために、手順書や教育・訓練を含めたソフトウェアの立場からのプラント安全の再構築を目的とする。具体的研究目標は、

- 1) プラントの機能モデルに基づいて、代替の対応操作手順の生成と提示を行うシステムの開発、
- 2) 自立的判断能力を高める操作手順書の作成に向けた情報の量と記述に関する実験的検討、
- 3) REの考え方を応用して、対応の想定外とした事象に対しても、柔軟で適切な運転・操作を行う能力を育成するための教育・訓練メニューの確立

である。

### 3. 研究の方法

研究目標1)に対しては、高度な安全性が求められ複雑な機構を有するプラント例として、加圧水型原子力プラントを対象とし、緊急時の対応操作手順の生成・提示手法を研究・開発して導出された対応操作手順の妥当性評価を実施する。なお、機能モデル構築に関して、研究協力者として機能モデリングの代表的な手法である MFM (Multilevel Flow Modelling) の提唱者である Morten Lind デンマーク工科大学名誉教授にアドバイスをいただく。

研究目標2)に対しては、手順書に含める情報の質や量と操作パフォーマンスの関係についての実験の計画・実施・結果の分析を行う。すなわち、(a) 操作指示文の記述法の具体性(数値・文字による程度表現、目標値の許容幅の程度表現など)、(b) 操作指示文全体の長短、(c) 操作の目的や効果の記述の有無を変えた場合の、プラント操作パフォーマンスへの影響(エラー率、タスク達成時間など)を評価する。ここでは、研究代表者が所有するボイラー型の発電プラントを模擬した小規模な実験設備、および、研究分担者(高橋)が所有する建屋換気シミュレーション環境を用いる。両模擬設備もセミスケールではあるが、ソフトウェアシミュレーションではなく現実の操作機器(ポンプ、バルブ、リレー、など)を有しており、化学プラント等での現実の運転・操作に近い環境を提供できる。

研究目標3)に対しては、時間の概念やリソースの有無、積極的な外部リソースの活用などに注目しながら研究を進める。ここでは、我が国で最初にレジリエンスエンジニアリングの応用性に注目された北村正晴 東北大学名誉教授や、元ANA機長の石橋明 安全システム研究所所長を研究協力者として、教育・訓練のメニューの開発に協力いただく。

### 4. 研究成果

本研究課題で設定した、3つの研究項目について研究実績示し、研究成果をまとめる。

### 1. プラント緊急時の代替対応操作を生成・提示するシステムの開発

MFMモデルを基礎とした影響波及推論手法を確立し、それを応用して緊急時対応操作手順の生成アルゴリズムを開発した。また、加圧水型原子力プラント（PWRプラント）の主要部分に対するMFMモデルを構築し、操作可能機器やシステムに関して、操作やその条件に関する情報を表現した。

PWRプラントにおいて、すでに電力会社において設定されている、緊急時に予め用意された安全システムが動作しない場合の対応操作手順（アクシデントマネジメント）の導出を試行し、アクシデントマネジメントと同等の手順が導出されるとともに、効果が見込まれる複数の代替操作手順を導出することができ、開発手法の有効性を確認した。

開発した代替対応操作手順の生成アルゴリズムを実行するプロトタイプのソフトウェアプログラムを作成した。そして、沸騰水型原子力プラント（BWRプラント）のMFMモデル（図1）を構築して、電源喪失事故に適用し、妥当な対応操作手順が導出されることを確認することにより有効性を検証した。図2にはプロトタイプのソフトウェアプログラムにより生成された対応操作手順の木構造表現を示す。

さらに、MFMモデルを基礎とした影響波及推論手法を、コンピュータベースの運転手順書に不足している操作の効果などの重要な付加的情報生成へと応用した。

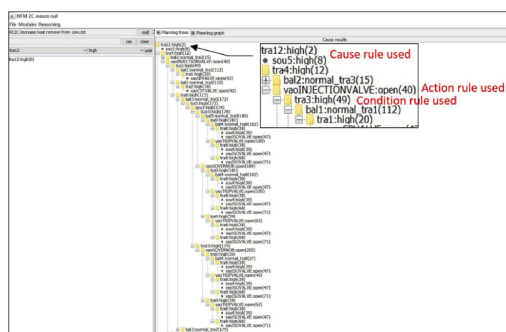
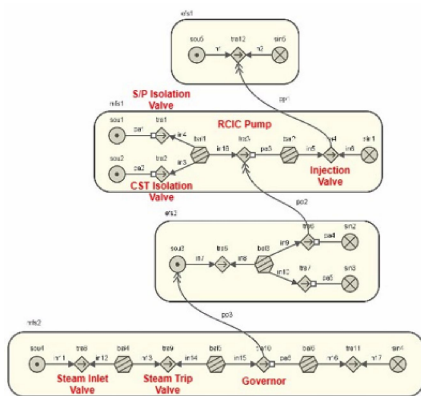


図1 BWRプラントRCICシステムのMFMモデル 図2 生成された対応操作手順の木構造表現

### 2. 自立的判断能力を高める操作手順書の作成に向けた情報の量と記述の質の解明

手順書に記載の通り通りに操作しないバイオレーションに着目し、ボイラー型の発電プラントを模擬したセミスケールの実験室レベルの模擬プラントの立ち上げ時の操作を対象として、手順書に記載の情報の量と操作パフォーマンスの関係を実験的に検討した。協力者20名に対する実験結果から、面倒と感じる度合いとバイオレーションの発生率に関して正の相関が示唆された。

また、模擬プラントの立ち上げ時の操作を対象として、通常型の手順書を用いた場合の操作ミス（行すべき操作の不実行や順序の変更など）の種類を実験的に検討した。その結果は、タスクステップを実行しない操作ミスが多く発生していた。これを踏まえて、新人運転員の操作学習を支援するためのトレーニングマニュアルを検討・開発し、それを用いた場合の操作スキル向上への効果について模擬プラントの操作により検討した。操作ミス数の実験回数による推移から、トレーニングマニュアルを使用している間は操作ミスが減少するが、それは操作の理解が向上したのではなく、操作ミスを犯さないための工夫を施したトレーニングマニュアルに頼っているからであると考察された。また、バイオレーション要因探究実験における実験条件が同じ実験参加者の操作ミス数の推移との比較から、理解度向上には操作ミスの指摘が効果的であることが明らかとなった。

さらに、協力者による立ち上げ操作実験での視線を計測し、操作手順の記述を操作時に参照していることのプラント操作パフォーマンスへの影響を評価した。この実験的検討の結果から、自立的判断能力を高める操作手順書の作成に関するガイドライン項目として、操作者が重要と認識する工夫を行うこと、本文記載情報の方が備考欄記載の情報より重要度が高いと認識されること、文字数の多い情報の方が注目されること、などを抽出した。

### 3. 想定外事象を含む運転・操作の教育・訓練メニューの確立

様々な事故の報告書等に記載の脅威に対してうまく対処できた良好事例を、レジリエンスエンジニアリングが要求する4つの基本能力の観点から分析し、良好な行動ができた背後要因や教育・訓練についての知見を得た。また、レジリエンスエンジニアリングのSafety-IIの概念に基づいて、福島第一発電所における事故影響を緩和した良好事例の背後要因について分析した。

これらの分析・検討の結果を踏まえて、緊急時に柔軟で適切な対応ができる能力を向上させて、大規模プラントの自主的安全性を高める総合的な教育・訓練メニューとして、手順書に書かれている操作の目的、目標や根拠などを掘り下げて質問していく教育方法を開発した。

#### 4. 研究成果のまとめ

本研究で得られた研究成果から、緊急時に運転員の対応操作を支援するためには、対応操作資源を有効に活用して可能性のある対応操作の生成を行うソフトウェアシステムの有効性を確認できた。また、ソフトウェアのアプローチから、手順書作成のガイドラインに関する知見や、現状の訓練ではあまり実施されていない操作の目的、目標や根拠を掘り下げて問う訓練が、プラント安全の再構築へ貢献できることを考察した。さらに、操作手順書の記述と質の解明に関する実験的研究を通して、運転員の認知的状態を考慮した運転員支援情報の適切な表示に関する研究の必要性を考察した。

#### 5. 主な発表論文等

##### 〔雑誌論文〕(計9件)

1. 五福明夫, 山岡暁造, プラントの基本操作習得への操作ミス指摘の効果の考察, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, Vol. 21, No. 2, pp. 199-202 (2019).
2. 澤里玄太, 佐藤博則, 星井義隆, 中野渡寛之, 高橋信, 手順書の整備が想定外事象のパフォーマンスに与える影響に関する実験研究, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, Vol. 21, No. 2, pp. 187-198 (2019).
3. Tulis Jojok Suryono, Akio Gofuku, Functional Information of System Components Influenced by Counteractions on Computer-Based Procedure, Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science, 査読有, Vol. 4, No. 4, pp. 044501-1 - 044501-4 (2018)
4. Mengchu Song, Akio Gofuku, Planning of alternative countermeasures for a station blackout at a boiling water reactor using multilevel flow modeling, Nuclear Engineering and Technology, 査読有, Vol. 50, Issue 4, pp. 542-552 (2018). DOI: 10.1016/j.net.2018.03.004
5. 吉澤厚文, 大場恭子, 北村正晴, 福島第一原子力発電所における冷温停止状態達成過程に着目した教訓導出, 人間工学(日本人間工学会論文集), 査読有, 54巻, pp. 124-134 (2018).
6. 吉澤厚文, 大場恭子, 北村正晴, 福島第一原子力発電所事故対応の分析に基づいたSafety-IIの概念活用による安全性向上のための研究, 人間工学(日本人間工学会論文集), 査読有, 54巻, pp. 1-13 (2018).
7. Tulis Jojok Suryono, Akio Gofuku, Techniques to derive additional information of operation actions for computer-based operating procedure, Journal of Nuclear Science and Technology, 査読有, Vol. 55, Issue 6, pp. 672-683 (2018). DOI: 10.1080/00223131.2018.1428122
8. 吉澤厚文, 大場恭子, 北村正晴, 人材育成の観点から見た福島第一原子力発電所の過酷事故対応の教訓, 日本機械学会論文集, 査読有, 83巻, pp. 1-17 (2017). DOI: 10.1299/transjsme.17-00263
9. Akio Gofuku, Takahisa Inoue, Taro Sugihara, A technique to generate plausible counter-operation procedures for an emergency situation based on a model expressing functions of components, Journal of Nuclear Science and Technology, 査読有, Vol. 54, Issue 5, pp. 578-588 (2017). DOI: 10.1080/00223131.2017.1292966

##### 〔国際会議論文〕(計15件)

1. Mengchu Song, Akio Gofuku, An Improved Algorithm of MFM-Based Procedure Synthesis for Identifying Operational Conditions of Components, Proc. Third International Workshop on Functional Modelling for Design and Operation of Engineering Systems, pp. 51-56, Kurashiki, Japan, (2018.5.25).
2. Ayumi Takashima, Akio Gofuku, An Investigation of Explanation Display of Counter Operation Procedure in an Emergency Situation of Plants, Proc. Third International Workshop on Functional Modelling for Design and Operation of Engineering Systems, pp. 22-25, Kurashiki, Japan, (2018.5.24).
3. Tulis Jojok Suryono, Akio Gofuku, Functional Modeling of Operator's Actions: An Approach to Enhance the Situation Awareness in Nuclear Emergency Condition, Proc. Third International Workshop on Functional Modelling for Design and Operation of Engineering Systems, pp. 5-8, Kurashiki, Japan, (2018.5.24).
4. Mengchu Song, Akio Gofuku, Accident Management of the Station Blackout at BWR by Using Multilevel Flow Modeling, Proc. International Symposium on Future I&C for Nuclear Power Plants (ISOFC2017), Gyeongju, Korea, 01\_Accident Management of the Station Blackout at BWR by Using Multilevel Flow Modeling.pdf, (2017.11.28)
5. Tulis Jojok Suryono, Akio Gofuku, Preliminary Investigation of Time Remaining Display on the Computer-based Emergency Operating Procedure, Presented in The 2nd International Conference on Nuclear Energy Technologies and Sciences (ICoNETS2017), Makassar, Indonesia, (2017.10.12), in Journal of Physics: Conference Series, 962, doi:10.1088/1742-6596/962/1/012008, (2018)
6. Tulis Jojok Suryono, Akio Gofuku, Functional Information of System Components Influenced by Operators' Actions on Emergency Operating Procedure, Proc. International Conference on Nuclear Engineering (ICONE 25), Shanghai, China, pp. V001T04A008, (2017.7.2-6)
7. Suryono TulisJojok, Gofuku Akio, Investigation of functional information display on computer-based emergency operation procedure, CD-ROM Proc. 8th International Symposium on Symbiotic Nuclear Power Systems for 21st Century (ISSNP 2016), Chengdu, China, Paper No. ISSNP 2016-007, (2016.9.26)
8. Inoue Takahisa, Gofuku Akio, A technique to prioritize plausible counter operation procedures in an accidental situation of plants, CD-ROM Proc. 8th International Symposium on Symbiotic Nuclear Power Systems for 21st Century (ISSNP 2016), Chengdu, China, Paper No. ISSNP 2016-002, (2016.9.26)
9. Atsufumi Yoshizawa, Kyoko Oba, Masaharu Kitamura, Extraction of New Lessons Learned from the Great East Japan Earthquake 2011 with Resilience Engineering Methodology, Proc. The 18th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials (PATRAM2016), Kobe, Japan, (2016.9.21)
10. Takafumi Ogawa, Makoto Takahashi, Ryuta Kawashima, Human Cognitive Control Mode Estimation Using JINS MEME, Proc. The 13th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (IFAC HMS2016) Kyoto, Japan, pp. 331-336, (2016.9.1)
11. Yoshitake Sohma, Keito Yoshii, Makoto Takahashi, Hiroyuki Nakanowatari, Yuki Yamamoto, Keyvan Kashkouli Nejad, Takayuki Nozawa, Motoaki Sugiura and Ryuta Kawashima, The Experimental Study on the

- Ability to Manage Unexpected Events Using Micro- world Simulation, Proc. The 13th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (IFAC HMS2016) Kyoto, Japan, pp. 480-485, (2016.9.1)
12. Takashi Matsubara, Akio Gofuku, Taro Sugihara, Experimental investigation for the essential information in the part of remarks of operation manual to support novice plant operators, Proc. The 13th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (IFAC HMS2016), Kyoto, Japan, pp. 462-467, (2016.9.1)
  13. Tulis Jojok Suryono, Akio Gofuku, The desirable features of computer based emergency operating procedure for nuclear power operation, Proc. The 13th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (IFAC HMS2016), Kyoto, Japan, pp. 403-407, (2016.9.1)
  14. Kyoko Oba, Atsufumi Yoshizawa, Masaharu Kitamura, Socially Constructed Resilience, Resilience Engineering, Four Cornerstones, Multi-Organizational Collaboration, Background Factors, Tokai No.2 Nuclear Power Station, Wall Installation, Ibaraki Prefecture, River System Section, Nuclear Safety Section, Proc. The 13th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (IFAC HMS2016), Kyoto, Japan, pp. 251-256, (2016.8.31)
  15. Atsufumi Yoshizawa, Kyoko Oba, Masaharu Kitamura, Lessons Learned from Good Practices During the Accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station in Light of Resilience Engineering, Proc. The 13th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (IFAC HMS2016), Kyoto, Japan, pp. 245-250, (2016.8.31)

〔招待講演〕(計7件)

1. 五福明夫, レジリエントな運転を目指して, SICE 安全のための計測・制御・システムを考える会第42回サロン, (2019.2.22).
2. Akio Gofuku, Co-operator to Increase the Safety and Resilience of Nuclear Power Plants, Keynote Speech in 2018 International Conference on Power System Technology, Guangzhou, China, (2018.11.8)
3. Akio Gofuku, Co-operator as an Intelligent Operator Support System for Resilient Operation of NPPs, Keynote Speech in International Symposium on Future I&C for Nuclear Power Plants (ISOVIC2017), Gyeongju, Korea, (2017.11.28)
4. Akio Gofuku, Counter Action Procedure Generation in an Emergency Situation of Nuclear Power Plants, Invited Speech in The 2nd International Conference on Nuclear Energy Technologies and Sciences (ICoNETS2017), Makassar, Indonesia, (2017.10.12) in Journal of Physics: Conference Series, 962, doi:10.1088/1742-6596/962/1/012001, (2018)
5. Gofuku Akio, Perspective to make nuclear power plants more resilient, 8th International Symposium on Symbiotic Nuclear Power Systems for 21st Century, Plenary speech, Chengdu, China, (2016.9.26).
6. 五福明夫, Multilevel Flow Modeling(MFM)とその原子力プラント運転員支援への応用, 日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究部会夏期セミナー, (2016.7.15).
7. Makoto Takahashi, Masaharu Kitamura, Emphasis on Human Positive Contribution to Safety, The Sociotechnical Constitution of Resilience, Singapore, (2016.6.21-22)

〔学会発表〕(計32件)

1. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, 現場組織の緊急時対応力向上を目指した福島第一原子力発電所事故分析, 4; レジリエントな安全を実現した行動を生み出した背後要因の関係性に関する検討, 日本原子力学会2019年春の大会, (2019.3.22)
2. 大竹和希, 高橋信, 計器監視作業における人間信頼性の実験的評価, 日本原子力学会 2019年春の大会, (2019.3.22)
3. 大竹和希, 高橋信, プラント運転における人間信頼性の実験的評価, 計測自動制御学会東北支部第318回研究集会, (2018.10.26)
4. 芝本真吾, 五福明夫, 大規模プラントの運転員が想定外の事態に対して柔軟に対応するための教育・訓練の検討, 第159回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2018.11.20)
5. 吉田康貴, 狩川大輔, 高橋信, 心拍データによる人間状態のモニタリング, 第159回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2018.11.20)
6. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, 福島第一原子力発電所事故のテレビ会議録からの教訓抽出(1) 定量的な分析を目指したデータベースの試み, 日本原子力学会2018年秋の大会, (2018.9.5)
7. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, レジリエンスエンジニアリングのコア4能力による福島第一原子力発電所事故対応分析, 日本人間工学会第59回大会, (2018.6.3)
8. 山岡晟造, 五福明夫, 杉原太郎, チェックリスト添付型マニュアルの基本操作習得への効果の検討, 第156回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2018.6.26)
9. 星井義隆, 狩川大輔, 高橋信, プラント制御室におけるコミュニケーションに関する実験研究, 第156回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2018.6.26)
10. 高島歩, 五福明夫, プラント緊急時の対応操作手順の説明表示手法の加圧水型プラントへの適応についての検討, 第156回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2018.6.26)
11. 五福明夫, 宋楚夢, 緊急時対応操作手順導出手法のBWRプラントへの応用, 日本原子力学会2018年春の年会, (2018.3.26)
12. 北岡朋展, 五福明夫, プラント運転における手順書情報の重要度と注目度の関係(調査方法の検討), 第152回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2018.3.10)
13. 山岡晟造, 五福明夫, 杉原太郎, 新人プラント運転員に規定作業の遂行を身につけさせるトレーニングマニュアルの提案, 第149回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2017.11.21)
14. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, 現場組織の緊急時対応力向上を目指した福島第一原子力発電所事故分析(3)能動的対応の抽出, 日本原子力学会2017年秋の大会, (2017.9.13)
15. 山岡晟造, 五福明夫, 杉原太郎, 新人プラントの運転員に規定作業の遂行を身につけさせるトレーニングマニュアルに必要な要素の検討, 日本保全学会第14回学術講演会, (2017.8.3)

16. Mengchu Song, Akio Gofuku, Design of a Functional Modeling Based Technique to Support Operators on Improvising Counter-Measures for Unexpected Events, 7th Resilience Engineering Association Symposium 2017, (2017.6.26-29)
17. 北岡朋展, 山岡晟造, 杉原太郎, 五福明夫, プラント運転における繰返しタスクと移動距離が面倒さと手順書の不遵守に及ぼす影響, 145回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2017.6.17)
18. Mengchu Song, Akio Gofuku, Generation of Mitigation Strategies for Station Blackout of BWR by Using a Functional Modeling Based Technique, 145回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2017.6.17)
19. 芝本真吾, 五福明夫, 辻建二, 大山正孝, 不測の事態に柔軟に対応できた良好な行動に効果のあった教育・訓練の分析, 第145回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2017.6.16)
20. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, レジリエンスエンジニアリングによる事故調査の評価と考察(II) -減災を実現した事例分析による総合的事例学習への提言-, 日本人間工学会第58回大会, (2017.6.3)
21. 吉澤厚文, 大場恭子, 北村正晴, レジリエンスエンジニアリングによる事故調査の評価と考察(I) -福島第一原子力事故等からの教訓の導出-, 日本人間工学会第58回大会, (2017.6.3)
22. 吉澤厚文, 大場恭子, 北村正晴, 現場組織の緊急時対応力向上を目指した福島第一原子力発電所事故分析 (2)時間的要素とレジリエンス, 日本原子力学会2017年春の年会, 1J07, (2017.3.27)
23. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, 現場組織の緊急時対応力向上を目指した福島第一原子力発電所事故分析 (1)複数タスク処理の作業負荷マネジメント, 日本原子力学会2017年春の年会, 1J06, (2017.3.27)
24. 佐藤博則, 狩川大輔, 高橋信, マイクロワールドシミュレーション環境を用いた想定外事象対応能力に関する研究, ヒューマンインタフェース学会第138回研究会, 京都, (2016.11.28)
25. 五福明夫, レジリエントな対応ができる人材育成のための教育・訓練メニュー検討 (アプローチ), ヒューマンインタフェース学会第138回研究会, 京都, Vol. 18, No. 9, pp. 13-16, (2016.11.28)
26. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, BCP(事業継続計画)とレジリエンスエンジニアリング(東日本大震災時の事例分析に基づく防災・減災力向上方策の検討), 日本機械学会2016年度年次大会予稿集, G1700302, (2016.9.12)
27. 五福明夫, 井上貴久, 原子力プラントの緊急時の代替対応操作手順の導出手法に関する研究 機能モデルに基づく手順導出アルゴリズム, 日本原子力学会2016年秋の大会, 2G08, (2016.9.8)
28. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, レジリエンスを実現する背後要因についての検討, 日本原子力学会2016年秋の大会, 2G07, (2016.9.7)
29. 大場恭子, レジリエンス社会の実現のためのRespondingの重要性と背後要因への検討, 安全工学シンポジウム2016, (2016.7.7)
30. 吉澤厚文, 大場恭子, 北村正晴, Safety-IIを組み込んだ安全向上方策の検討(2) -福島第一原子力発電所事故の現場対応の分析と教訓-, 日本人間工学会第57回全国大会, 2E2-2, (2016.6.26)
31. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, Safety-IIを組み込んだ安全向上方策の検討(1) -深層防護に基づく取り組みの評価と Safety-IIの必要性-, 日本人間工学会第57回全国大会, 2E2-1, (2016.6.26)
32. 大場恭子, 吉澤厚文, 北村正晴, Attitude醸成を目指した福島事故の活用, 第132回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2016.6.24)

〔学会誌記事〕(計6件)

1. 五福 明夫, 人と機械の調和とインタフェース, 日本機械学会誌, Vol.121, No. 1195, pp. 10-13 (2018)
2. 五福 明夫, 石橋 明, 氏田 博士, ヒューマンファクターの観点から原子力発電所事故を読み解く, システム / 制御 / 情報, Vol. 61, No. 6, pp. 213-219 (2017)
3. 鈴木 和彦, 五福 明夫, 亀川 哲志, 麓 敦子, 岡山大学におけるプラント安全技術関連の研究・教育, 保全学, Vol. 15, No. 4, pp. 8-17 (2017)
4. Inoue Takahisa, Gofuku Akio, A technique to prioritize plausible counter operation procedures in an accidental situation of plants, Int. J. Nuclear Safety and Simulation, Vol. 7, No. 2, pp. 144-152 (2016)
5. Gofuku Akio, Perspective to make nuclear power plants more resilient, Int. J. Nuclear Safety and Simulation, Vol. 7, No. 2, pp. 106-111 (2016)
6. Gofuku Akio, Inoue Takahisa Functional information in operator support systems Int. J. Nuclear Safety and Simulation, Vol. 7, No. 1, pp. 35-41 (2016)

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)

取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1)研究分担者

高橋 信	大場 恭子	杉原 太郎
TAKAHASHI Makoto	OBA Kyoko	SUGIHARA Taro
東北大学	日本原子力研究開発機構	岡山大学
大学院工学研究科	原子力科学研究部門	大学院自然科学研究科
教授	技術副主幹	助教
研究者番号: 00243098	研究者番号: 20367452	研究者番号: 50401948

(2)研究協力者

北村 正晴	LIND Morten	石橋 明
KITAMURA Masaharu		ISHIBASHI Akira