

# 令和元(2019)年度シンビオ社会研究会 第2回研究談話会報告

日時：令和元(2019)年10月25日(金) 14:30~18:00

場所：京都大学百周年記念時計台会館 2階 第三会議室

URL (www.kyoto-u.ac.jp/ja/clocktower/) 参照

参加者数：15名

## 基調テーマ：システミックスと原子力

### 【概要】

ヒューマンエラーは、過誤と違反に分けられる。個人の無意識的な情報処理の誤りである過誤は防止対策が比較的容易だが、人を取り巻く組織的、文化的要因が背景にある違反の防止は容易でない。今回の研究談話会はシステミックという新たなキーワードで現代技術システムの人的要因を考察した。第1部では原発施設の確信的な破壊行為を防御するための物理防護システムの研究について講演があった。第2部では技術、組織、社会の中でのシステミックのとらえ方、対処について、鉄道や原子力といったバックグラウンドの異なったコメンテータとフロアーの参画による総合討論を行った。

~~~~~プログラム~~~~~

開会の辞

14:30~14:40

シンビオ社会研究会

吉川 榮和 会長

### 第I部 講演

14:40~15:20

司会 吉川 榮和 理事

### 【表題】原子力発電所の物理的防護システムの仮想環境による有効性解析の研究

【講師】 Zou Bowen 博士 (岡山大学ポスドク)

### 【概要】

物理的防護システム (Physical Protection System: PPS) は、窃盗、テロ行為その他の悪意ある人間の攻撃から財産、施設を保護するための要員、手順、設備を統合したシステムである。このような PPS の定性的、定量的な有効性評価方法の先駆的研究は、1970 年代に米国サンディア国立研究所 (Sandia National Laboratory: SNL) で行われた。当時 SNL により開発された“悪意ある妨害シーケンスの推定法 (Estimate of Adversary Sequence Interruption: EASI) は、PPS による侵入の検知、その遅延、対応と交信の特性によってどの程度攻撃を止められるかを確率で評価する方法である。EASI は予め脅威を与える侵入経路を1つだけ指定して計算するが、侵入できるポイントや経路の数が大きくなると計算量が飛躍的に増大する。そこで“PPS の効率的評価のため仮想環境内に適用できる経験的経路の発見法 (HPEP)”を提案した。そして PPS の3次元モデルの機能を自動的に2D 設計作図生成法と組み合わせた PPS の統合的解析設計法 (IPAD) を提案し、それによりユーザは1つのプラットフォーム上に PPS の理解しやすい可視化した情報を提供して PPS を迅速に設計できるようにした。そして PPS の解析とリハーサルを行うシナリオ解析用 IPAD プラットフォームに DiD リスクモニタを組み合わせ、侵入され、対応したが敗北するといった不利なシナリオを模擬する相互作用のシミュレーションを行い、PPS の効果を評価できるようにした。

Zou Bowen 氏の発表資料は[こちら](#)

### 【質疑応答】

Q1: AI はどこに入っているか?

A1: ヒューリスティックを組み込んでいるだけである。

Q2: ドローンの機能は?

A2: 今は組み込んでいない。今後の興味あるテーマだ。

Q3: アクター間のコミュニケーションはどうしているか?

A4: インタラクションシミュレーションに入っている。

### 3. 第Ⅱ部 総合討論 (システミックスと原子力) 15:30～17:55 オーガナイザ 榎木 哲夫理事

- ①【オーガナイザによるシステミック概念提示と総合討論の趣旨説明】 15:30～15:45  
それぞれ機能を異にするシステムが相互関連をもって全体を維持することに着目するシステム観をシステミック思考という。旧来のシステム思考が、徹底的に対象を分解し、つじつまの合うところだけを組み立てていくシステマティックなシステム観に対し、システミック思考は、対象それ自体の形成過程に配慮し、分解すること自体よりも、創発的全体性に注目するのが特徴である。  
本総合討論では、従来のシステム思考をシステマティック思考と位置づけ、これに対するシステミック思考を対峙させる捉え方についてまず展望した。引き続きシステミック思考に基づく安全分析の動向について、3名の講師からの話題提供をお願いしたのちフロアとの総合討論を行う。  
オーガナイザ榎木哲夫氏発表資料は[こちら](#)
- ②【話題提供1】 15:45～16:05 久郷 明秀氏  
福島第一事故をシステミックアプローチで分析を試みた結果について話題提供する。人・組織・技術、そして環境要因を書き出し、相互関係をループ・ダイアグラム(関連図)に描くことで、ループ中で円滑に流れない部分(隘路)とその要因を見つけ、それに対する対策を立てていく。  
久郷明秀氏発表資料は[こちら](#)
- ③【話題提供2】 16:05～16:25 福田 啓介氏  
鉄道安全を対象として、榎木教授の指導下で昨年度末学位論文「組織における作業の変容と定着が列車運行の安全性に及ぼす影響に関する研究」をまとめた。同論文では、作業現場における新規な機械・道具の導入に伴う作業員の作業変容を組織的要因との相互作用の観点から明らかにするべく、社会技術システムとしてのモデリングと分析のための手法を提案した。安全は長期的に見れば必ずしも静態的パターン継続として捉えられるものではなく、“ゆらぎ”をもつシステムが定常状態を維持しながらも、そのなかで生起する突発的変化を契機にその臨界点を超えて作業変容が改変されていくような不可逆過程の動的パターンであることに着目した。  
福田啓介氏発表資料は[こちら](#)
- ④【話題提供3】 16:25～16:45 五福 明夫氏  
マルチフローモデリング(MFM)の手法の新たな展開として、従来のシステマティックなモデリングによるモデル(MFMモデル)を基礎として、システムの部分的なモデルに対して成り立つ定性的な推論を用いて、予め手順書が用意されていない不測の事態が発生した場合に、システム要素の設計時には想定されていない機能も活用することにより、事態の収束を可能する代替の対応操作手順を生成する手法を導出した。  
五福明夫氏発表資料は[こちら](#)
- ⑤【全体討論】 16:55～17:55 司会 榎木 哲夫 理事  
司会：システミックが原子力分野でも言われているのに驚いているが、まず話題提供者の解釈と自分の提起したシステミックの概念提起とに共通性があるのか考えてみたい。  
久郷氏は、冰山モデルによって背景を明らかにすることをシステミックと捉えている。水面に顔を出している顕在化した出来事だけに注目するのではなく、その出来事が繰り返される行動パターンや思考パターンを把握し、さらにそのパターンを生み出す人と組織と技術の相互関係からなる構造と、これを作り出した価値観を明らかにすることで、冰山全体を把握して行くことをシステミックとする。これに対し、福田氏は全体と部分、組織と個人の力学が絡み合って作業変容が生じてそれが定着していく過程をシステミックと捉え、そして五福氏は緊急時の機能表現に自由度を持たせることで、不測の事態が発生した場合においてもシステム要素設計時には想定されなかった新しい機能が創発できることをシステミックと捉える。いずれの話題にも共通するのは、個と全体の関連の中で全体が成り立つこと、そして加算原理に基づく線形的な関係としてではなく、より複雑な相互関連重視の新しい全体論に言及しなければならないことを主張している点である。安全文化の視点からは、システミック・アプローチは分析・実装の手法というよりは、基本思想ないし世界観と広く考える方が適切である。この思想を正しく展開することで、エラーを潰すための単発的かつ直線的な原因・対策の取り組みだけではなく、「人」・「技術」・「組織」の各種要因が複雑に絡み合う一つのきわめて複雑で動的なシステムとして安全文化を捉えて行くことができる。  
以下、フロアからの質疑を受付けて総合討論が進行した。以下その後の主な発言を記す。

コメント1 JRの福田さんのご研究で、組織の変容によりもたらされた shortcut がどのようなリスクがもたらされるかが気がかりになった。Shortcut しうる様々なチェックポイントを洗い出してどこで許容できないリスクが

発生しうるかを検討し、教訓として活用できないかと思った。Deep learning のようにたくさんのデータを蓄積するやり方では無理で、一例からでも教訓を得て活用できる。しかし、社内から社外への教訓の広がりは無理で期待できない。

コメント(五福)：思い至らなかったことをモデル表現できるのかという問題がある。信楽線事故ではお互いにどのような状況かを知る手段がなかったことが事故の教訓だった。

司会：JCO 事故では使いにくい機器、マニュアルを改善する意識が、結果的には悪い方向に働いてそれが事故につながった。

久郷：使いにくい手順、マニュアルという点では、福島事故ではせっかく自動起動している非常用復水器 (IC) を人間の判断で On-Off するという行動が電源喪失時に冷却機能を確保するという当初の設計思想をオーバーライドした。TMI 事故でも加圧器逃し弁が開いたままになって、圧力低下で設計思想通り自動起動していた高圧注水ポンプを操作員が原子炉水位が満水だと誤判断して停止したことが炉心の状況を悪化させた。その時々の人間の判断が、時に設計思想とは違った状況を作り出してしまうという点で、ダイナミックの動きの中で人間の認識とシステム全体の健全性の相互関係にもっと注意を払う必要があると感じている。

コメント2：システムックという新しい概念は、要するにトータルで考えようということと理解した。原子力安全の歴史を振り返ると、そのドメイン内と外とのインタラクションの在り方についてシステムックな考え方に欠けるところがあったのかと思った。

#### 4. 閉会の辞

17:55~18:00

シンビオ社会研究会 榎木 哲夫 副会長



Zou Bowen 氏の講演風景



榎木哲夫氏の趣旨説明



久郷明秀氏の話題提供



福田啓介氏の話題提供



五福明夫氏の話題提供



全体風景